行政院環境保護署

111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫

成果研究報告

（定稿）

計畫執行期間：111 年 01 月 01 日至 111 年 12 月 31 日止

計畫經費：新台幣壹仟玖佰玖拾六萬元整

受託單位：財團法人工業技術研究院

計畫主持人：　陳范倫　經理
協同計畫主持人：　朱振華　資深工程師
重要參與人員：　劉峻幗　莊雅茹
許震洋　莊雅婷
林雨璇　賴玫君
彭書憶　張依柔
李晨瑜　王儀婷

行政院環境保護署　編印

中華民國 111 年 12 月

111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫
計畫成果報告基本資料表

<table>
<tr><td>委辦單位</td><td colspan="3">行政院環境保護署</td></tr>
<tr><td>執行單位</td><td colspan="3">財團法人工業技術研究院</td></tr>
<tr><td>參與計畫人員姓名</td><td colspan="3">陳范倫、朱振華、許震洋、劉峻幗、莊雅茹、林雨璇、李晨瑜、王儀婷、莊雅婷、賴玫君、彭書憶、張依柔</td></tr>
<tr><td>年　　度</td><td>111 年</td><td>計畫案號</td><td>111B003</td></tr>
<tr><td>研究性質</td><td colspan="3">□基礎研究　■應用研究　■技術發展</td></tr>
<tr><td>研究領域</td><td colspan="3">環境工程</td></tr>
<tr><td>計畫屬性</td><td colspan="3">■科技類　　□非科技類</td></tr>
<tr><td>全程期間</td><td colspan="3">111 年 01 月～111 年 12 月</td></tr>
<tr><td>本期期間</td><td colspan="3">111 年 01 月～111 年 12 月</td></tr>
<tr><td rowspan="6">本期經費</td><td colspan="3">19,960 千元</td></tr>
<tr><td colspan="2">資本支出</td><td>經常支出</td></tr>
<tr><td colspan="2">土地建築＿＿＿＿千元</td><td>人事費 4479.8 千元</td></tr>
<tr><td colspan="2">儀器設備＿＿＿＿千元</td><td>業務費 9174.259 千元</td></tr>
<tr><td colspan="2">其他　＿＿＿＿千元</td><td>材料費 3410.0 千元</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>其他 2895.941 千元</td></tr>
<tr><td colspan="4">摘要關鍵詞（中英文各三則）
水質感測, Water quality sensing
物聯網水質感測器, IoT technology on water quality sensing
實場布建, Field demonstration</td></tr>
</table>

計畫成果中英文摘要（簡要版）

一、中文計畫名稱：111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫

二、英文計畫名稱：The Project Management and R＆D application of High Efficiency and Smart Water Continuous Monitoring with IOT (Internet of Things) in FY111

三、計畫案號：111B003

四、執行單位：財團法人工業技術研究院

五、計畫主持人（包括共同主持人）：陳范倫　協同主持人：朱振華

六、執行開始時間：111 年 01 月 01 日

七、執行結束時間：111 年 12 月 31 日

八、報告完成日期：111 年 11 月 21 日

九、報告總頁數：859 頁

十、使用語文：中文，英文

十一、報告電子檔名稱： 111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫成果研究報告

十二、報告電子檔格式：Microsoft Office WORD 2019

十三、中文摘要關鍵詞：水污染、水質感測、物聯網

十四、英文摘要關鍵詞：Water polluation、Water quality sensing、IoT

十五、中文摘要（約三百至五百字）：

臺灣經濟規模快速發展，工業化與城市化對環境帶來重大壓力，特別臺灣都市面積小，工業區造成的水污染很快就外溢到臨近住宅區，水質感測及防治已成為重要議題。過去感測仰賴人工採樣檢測，耗時耗力難以因應多變的環境需求。目前常用之水質感測器雖然可靠度佳，但大多為測站等級，由於體積大、安裝及維護費用高，難以廣為布建，對水質數據掌握仍存在極大缺口。有鑒於近年線上水質分析及資通訊技術之精進，使得開發一體積小、耐用佳、操作簡單、設置費用低廉且具無線數據傳輸與物聯網功能之新一代水質感測物聯網設備成為可行

之技術開發方向。為進一步達到高效化水聯網應用，本團隊延續前述環保署推動之工作，今年度將檢視過去建立的水聯網整體解決方案，投入基礎研發量能下，逐步擴大應用面。持續優化並強化品管，同時執行水質模式與多元化場域驗證與商業化探討。本年度完成四項重點工作，包括：（一）優化與精進水質感測器，並針對新感測項進行可行性評估；（二）強化水質感測器品管控制；（三）多樣化水質感測器產業化及空間應用；（四）推動地方政府水質感測物聯網合辦計畫應用及管理。本團隊從研發優化、數據解析至環境應用推廣，逐步擴大計畫影響面。中央到地方共同推動，從環境至產業跨域加值，將水聯網融入生活，把水質數據透明化，用科技改善環境品質，讓民眾有感。

十六、英文摘要：

Due to rapid development of economy in Taiwan, industrialization and urbanization have brought great pressure on the environment. In particular, industrial water pollution has immediate impact on residential areas because the small urban area increases the chances of pollution spreading. The conventional water quality sensing instruments, such as pH meter and conductivity measurement are reliable. However, frequent manual calibration and cleaning are usually required, thus the manpower demand for maintenance is heavy. Also, monitoring instruments for regulatory items related to enforcement, such as heavy metals and chemical oxygen demand have the disadvantages of large volume and high installation cost. Therefore, the conventional water sensing instruments are not suitable for application scenarios on mass installation and distribution. The project have completed the following tasks: 1. Optimize the feasilities of water quality sensors and evaluate the feasibility if sensoring new items of water quality. 2. Implementation the quality control of water quality sensor.3. Improve diversified water quality sensing technology and expand field application verification. 4. Promote the application and environmental management of local government sensing IoT joint projects. Base on R&D optimization, data analysis and environmental application, the team works with the central and local governments to gradually expand the impact of the project. Through the disclosure of water quality data, which cound

improve the quality of the environment and make people feel the change from technology.

摘要

臺灣經濟規模快速發展，工業化與城市化對環境帶來重大壓力，特別臺灣都市面積小，工業區造成的水污染很快就外溢到臨近住宅區，水質感測及防治已成為重要議題。過去感測仰賴人工採樣、送樣及檢測，耗時耗力難以因應多變的環境需求。目前常用之水質感測器雖然可靠度佳，但大多為測站等級，由於體積大、安裝及維護費用高，難以廣為布建，對水質數據掌握仍存在極大缺口。有鑒於近年來線上水質分析及資通訊技術之精進，使得開發一體積小、耐用佳、操作簡單、設置費用低廉且具無線數據傳輸與物聯網功能之新一代水質感測物聯網設備成為可行之技術開發方向。

環保署於 106 年引領推動水質物聯網領域，期藉由創新技術導入，提高數據時空解析度及環境執法效率。於四年計畫執行期間，本計畫已協助環保署從元件研發、設備整合、場域布建、資料分析及加值應用全面展開，奠定了臺灣水質物聯網基礎。感測元件方面，採用目前較新穎之電化學與光學分析法搭配抽換式無線通訊模組，依不同場域可搭配各種感測項目，包括酸鹼值、溫度、電導度、重金屬、化學需氧量、餘氯與濁度等，並組裝為固定式水質感測器，於全國多縣市布建，實際協助環境執法及水質背景基線建立，相較過去以人工採樣檢測方式，大幅提高了感測數據時間及空間解析度。此外，開發多樣化水質感測器，擴展水聯網應用場域，包括移動式及手持式水質感測器，與地方政府攜手合作推動，已於全臺應用超過 600 臺感測器。

為進一步達到高效化水聯網應用，本團隊延續前述環保署推動之工作，今年度將檢視過去建立的水聯網整體解決方案，投入基礎研發量能下，逐步擴大應用面。持續優化並強化品管，同時執行水質模式與多元化場域驗證與商業化探討。本年度共有四大執行重點，包括：（一）優化水質感測器；（二）強化水質感測器品管控制；（三）多樣化水質感測器產業化及空間應用；（四）推動地方政府水質感測物聯網合辦計畫應用及管理。持續彙整 110 年合辦計畫成果，並推動管考 111 年合辦計畫，另配合推廣放大計畫效益，協助辦理研討會或記者會，拍攝宣傳影片事宜。

本計畫達成之技術成果與結論簡述如下：(1)完成濁度與 COD/SS 光學水質感測元件精進工作，提升感測元件之精確度並新增零點偏移功能；(2)運用前期設備

可在水質變異性較小場域推估具備一定可信度之 BOD_5 結果，但並不適用於複雜水體場域；對於水體中真色色度易受到濁度干擾，但在高色度狀況下影響較小，可作為高色度之預警工具；於水中餘氯之分析，以安培法為基礎，搭配電極面積增加，可提升餘氯感測極限及感測頻率；如需針對同時多測項重金屬感測器建立，可採現有電化學反應槽與機台，惟電路板相關規格需進行硬體修正以符合多測項之規格需求；(3)生物晶片用於水質感測之研發成本高，其品管及保存技術亦較為困難，商業化用於水質監測具有困難；(4)完成固定式與移動式感測器的優化工作；(5)完成「物聯網之水質感測器、感測元件、資訊傳輸等驗證草案」及「水質感測物聯網安裝及數據應用指引」；(6)完成固定式與移動式水質感測器有效數據完整率與數據品質滿意度評估工作，各期數據完整率均大於 85%；(7)應用移動式感測器於科技廠及水產養殖場域進行感控評估及應用固定式感測器於科技廠、污水處理廠及淨水廠進行感測驗證，並提出水質感測器針對民生場域應用提出完整商品化產品可行性報告；(8)根據 WASP 模式運用固定式水質水量感測數據之模式初步模擬結果顯示以情境三（採用東門溪實測值及外加負荷）較為理想；(9)完成 110 年合辦計畫成果彙整、111 年合辦計畫管考、112-113 年合辦原則研擬、地方政府水質感測器數據品質查核與精進水科技物聯網平臺功能；(10) 提出 1 件新型台灣專利、1 篇中文及 2 篇英文論文並完成與儀展科技技術移轉 1 件，宣傳環保署水質感測器研發與物聯網成果；(11)辦理「生物晶片研討會」及「空品監測 30 週年」及「水質監測 20 週年」致贈典禮」2 場次會議，預計合辦原則定稿後於 111 年 12 月辦理 112-113 年合辦說明會議與 111 年合辦檢討會。

期望透過本計畫執行，在已建立之水聯網解決方案基礎上，從研發優化、數據解析至環境應用推廣，逐步擴大計畫影響面。從中央到地方共同推動，從環境至產業跨域加值，最後，將水聯網融入生活，將水質數據透明化，用科技改善環境品質，讓民眾有感。

目錄

計畫成果報告基本資料表 I
計畫成果中英文摘要（簡要版） II
摘要 V
目錄 VII
圖目錄 XI
表目錄 XVII
報告大綱 XXI
計畫成果報告摘要（詳細版） XXIII
第一章 緒論 1
1.1 計畫緣起 1
1.2 計畫目標與內容 3
1.3 章節安排 9
1.4 預定進度與查核點 10
第二章 優化水質感測器 19
2.1 精進濁度水質感測器感測元件 20
2.2 精進 COD/SS 水質感測器感測元件 38
2.3 研析運用前期設備演算生化需氧量（BOD）之技術可行性 57
2.4 研析運用前期設備研發即時光學色度感測傳輸設備之技術可行性 69
2.5 提升固定式餘氯感測器感測極限之經濟及技術研析 80
2.6 運用電化學感測技術整併多測項重金屬感測器之經濟及技術研析 87
2.7 生物晶片用於水質感測之經濟與技術研析 97
2.8 固定式水質感測器擴充市售感測元件 107
2.9 提升移動式水質感測器設備效能 144
第三章 強化水質感測器品管控制 155
3.1 建立物聯網之水質感測器、感測元件、資訊傳輸等驗證草案 155
3.2 研擬水質感測物聯網安裝及數據應用指引 159
3.3 維持固定式與移動式水質感測器良好數據品質服務 163

第四章　多樣化水質感測器產業化及空間應用.....197
4.1　水質感測器針對民生場域應用提出完整商品化產品可行性報告..... 198
4.2　運用固定式水質感測器研析水聯網的空間運用..... 229
4.2.1　模式選定及感測器會勘選點..... 230
4.2.2　模式長期間率定與驗證..... 234
4.2.3　連續監測資料研析..... 236
4.2.4　模式初步模擬與驗證..... 242
4.2.5　小結..... 245
第五章　推動地方政府感測物聯網合辦計畫應用及管理.....247
5.1　彙整 110 年合辦計畫成果..... 251
5.2　研提與推動 111 年及 112 年合辦計畫..... 253
5.3　查核地方政府水質感測器數據品質..... 261
5.4　分析彙整固定式、移動式及手持式水質感測器數據提出應用評估報告.... 265
5.5　協助精進水科技物聯網平臺..... 273
5.6　彙整及推廣水質物聯網計畫成果..... 276
5.7　應用與推廣會議..... 278
第六章　結論.....285
第七章　建議.....289
參考文獻.....291
附件一之一 「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」採購評選會議 意見回覆.....299
附件一之二 「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」啟動會議 意見回覆 305
附件一之三 「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」第一次工作進度報告會議 意見回覆.....309
附件一之四 「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」期中審查會議 意見回覆.....311
附件一之五 「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」成果報告驗

收審查會議 意見回覆 321
附件二之一 「111 年度水質感測器合辦應用計畫」說明會議紀錄 333
附件二之二 「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專業管理計畫」啟始會議紀錄 335
附件二之三 「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專業管理計畫」第一次工作進度報告會議紀錄 337
附件二之四 「生物晶片相關技術分享交流會」會議紀錄 339
附件二之五 「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」期中審查會議紀錄 343
附件二之六 「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」成果報告驗收審查會議紀錄 349
光碟目錄 357

圖目錄

圖 1-1 計畫作業架構及工作項目 9
圖 2-1 濁度推估模式建立步驟流程圖 25
圖 2-2 連續光譜儀量測不同濁度標準品之吸收度 26
圖 2-3 濁度感測模組之標準品驗證結果 27
圖 2-4 濁度感測器設計：(a)爆炸圖；(b)示意圖 29
圖 2-5 濁度感測器量測範圍測試結果 30
圖 2-6 濁度感測模組電路設計圖 31
圖 2-7 濁度感測模組電路照片 32
圖 2-8 濁度感測模組改裝照片 33
圖 2-9 整合濁度感測模組之固定式水質感測器照片 33
圖 2-10 散射/參考比值模式之濁度迴歸曲線 35
圖 2-11 穿透/參考比值模式之濁度迴歸曲線 35
圖 2-12 tCOD 與 SS 推估模式建立步驟流程圖 42
圖 2-13 COD 標準曲線試驗結果：不同濃度在不同波長之吸收度 43
圖 2-14 SS 標準曲線試驗結果：不同 SS 濃度在不同波長之吸收度 44
圖 2-15 COD/SS 感測器設計：(a)爆炸圖；(b)示意圖 45
圖 2-16 COD 光學元件：（a）UV LED（280 nm）;（b）UV PD（254-280 nm）.. 46
圖 2-17 新版紫外光 LED 光學元件對 COD 標準品測試結果 47
圖 2-18 SS 光學元件：（a） VIS LED （550 nm）;（b） VIS PD（550 nm） 48
圖 2-19 新版可見光 LED 光學元件對 SS 標準品測試結果 48
圖 2-20 COD/SS 感測模組電路設計圖 49
圖 2-21 COD/SS 感測模組電路照片 50
圖 2-22 COD/SS 感測模組照片 51
圖 2-23 整合 COD/SS 感測模組之固定式水質感測器照片 51
圖 2-24 SS 迴歸曲線 53
圖 2-25 COD 迴歸曲線 53
圖 2-26 前期設備演算 BOD 之可行評估流程 60
圖 2-27 期設備研發即時色度感測之可行評估流程 71

圖 2-28 應用前期計畫設備研析色度感測之實驗計畫架構 76
圖 2-29 色度(0-500 mg/L)檢量線建置結果 77
圖 2-30 電化學反應槽 80
圖 2-31 平板式電化學反應槽及 BDD 工作電極 81
圖 2-32 安培法（Amperometry）基礎理論（Alex Yartsev, 2015） 82
圖 2-33 餘氯還原波峰 83
圖 2-34 安培法量測圖譜及檢量線 84
圖 2-35 三種 BDD 電極形式之檢量線 85
圖 2-36 剝除伏安法原理 87
圖 2-37 Pt、Au 及 BDD 電極電位窗範圍比較 88
圖 2-38 單一重金屬感測伏安圖 89
圖 2-39 雙金屬感測伏安圖 90
圖 2-40 不同緩衝溶液中金屬之氧化峰電流與伏安圖 91
圖 2-41 電化學操作條件測試 92
圖 2-42 重金屬標準檢量線 93
圖 2-43 雙金屬間干擾測試 94
圖 2-44 參數修改後機台銅標準溶液測試 95
圖 2-45 用於水質檢測之生物感測器介紹 97
圖 2-46 電化學法生物感測器示意圖 98
圖 2-47 光學法生物感測器示意圖 99
圖 2-48 奈米型電化學電池生物晶片設計示意圖（Rachela Popovtzer et al., 2006） 100
圖 2-49 生物晶片對苯酚的電流曲線（Rachela Popovtzer et al., 2006） 100
圖 2-50 As（III）生物基因原理（Fernando Cortés-Salazar et al., 2013） 101
圖 2-51 RCA 比色法原理機制及濃度比色變化（Ji Won Lim et al., 2020） 102
圖 2-52 測量溶氧(DO)之生物晶片 103
圖 2-53 生物晶片裝置剖面示意圖 103
圖 2-54 生物晶片溶氧電位訊號圖 103
圖 2-55 美國 AtlasScientific 公司生產之 pH 電極(a)電極外觀;(b)電極設計 108
圖 2-56 臺灣儀展科技公司生產之 pH 電極(a)電極外觀;(b)電極設計 108

圖 2-57 美國 AtlasScientific 公司生產之 EC 電極(a)電極外觀;(b)電極設計..... 109
圖 2-58 臺灣儀展科技公司生產之 EC 電極(a)電極外觀;(b)電極設計..... 109
圖 2-59 Chemmit 公司生產之 Cu^{2+}及 NH_4^+-N 電極(a)電極外觀;(b)電極設計 109
圖 2-60 Chemmit 公司生產之 NH_4^+-N 比色法氨氮(類靛酚法)(a)設備圖;(b)架構圖 110
圖 2-61 Chemmit 公司生產之 Flow meter 外觀(a)設備錶頭;(b)感測器型態 110
圖 2-62 光學濁度感測模組照.....113
圖 2-63 光學 COD/SS 感測模組照.....113
圖 2-64 電化學(餘氯或重金屬)感測模組照.....113
圖 2-65 獨立式電極感測電路設計方塊圖.....114
圖 2-66 獨立式主機板電路圖(主功能版).....115
圖 2-67 獨立式通訊板電路圖(4G/藍芽).....115
圖 2-68 工業等級外罩整合各種不同電極.....116
圖 2-69 開發之固定式感測器機種示意圖.....117
圖 2-70 開發之感測器機種流程圖.....118
圖 2-71 開發之感測器機種機構結構圖(a)左視圖;(b)右視圖.....119
圖 2-72 開發之感測器機種機構結構圖(正面圖).....119
圖 2-73 可串接於固定式感測器之光學(tCOD 或 SS)模組(a)韌體優化參數;(b)電路板;(c)改良模組..... 120
圖 2-74 可串接於固定式感測器之電化學(餘氯或重金屬)模組(a)模組與電路板;(b)控制板..... 121
圖 2-75 利用水位計建立河川流量初步規劃..... 122
圖 2-76 大檜溪橋水位計裝設方式..... 122
圖 2-77 新型態固定式水質/水量感測器..... 123
圖 2-78 人工簡易河道斷面量測結果：(a)大埔橋(；b)東門溪橋；(c)大檜溪橋 .. 132
圖 2-79 水位推估河川流量結果：(a)大埔橋(；b)東門溪橋；(c)大檜溪橋 132
圖 2-80 固定式水質感測器 COD/SS 模組實驗室檢量線建置結果：(a)(b)東門溪 R_1; (c)(d)華亞科 W_02; (e)(f)南崁溪主流 R_2; (g)(h)南崁溪主流 R_1; (i)(j)新竹工業區 I_1; (k)(l)新竹工業區 I_2..... 134
圖 2-81、不同布建場域 CODs 之檢量線：(a)龜山工業區：(b)南崁溪流域..... 134

圖 2-82 新竹一二淨水廠取水口 R_1 濁度模組檢量線(a)散射用於低濃度;(b)穿透用於高濃度;(c)標準品測試與實測誤差 137
圖 2-83 新竹一二淨水廠前處理 T_3 濁度模組檢量線(a)散射用於低濃度;(b)穿透用於高濃度;(c)標準品測試與實測誤差 138
圖 2-84 新竹第二淨水廠 T_4 濁度模組檢量線(a)散射用於低濃度;(b)穿透用於高濃度;(c)標準品測試與實測誤差 139
圖 2-85 背景水質穩定性測試 140
圖 2-86 場域標準檢量線(銅) 140
圖 2-87 機台濃度變化反應能力測試 141
圖 2-88 10 臺固定式水質感測器布建點位 142
圖 2-89 臺灣 Industrial Grade Probs 145
圖 2-90 銅（Cu^{2+}）感測電極採用市售 Cole-Parmer 整合於移動式設備 146
圖 2-91 加裝銅（Cu^{2+}）感測電極實驗設計圖 147
圖 2-92 自來水+Cu^{2+}及複合型標準液測試結果 147
圖 2-93 電鍍廢水+Cu^{2+}及複合型標準液測試結果 148
圖 2-94 獨立式電極感測電路設計方塊圖/成品 149
圖 2-95 藍芽校正 APP 149
圖 2-96 岸上式機構設計 150
圖 2-97 水面式機構設計 150
圖 2-98 精進 9 臺移動式水質感測器布建點位 151
圖 3-1 水質感測物聯網整體技術架構流程 160
圖 3-2 110 年 30 臺固定式水質感測器布建地區 164
圖 3-3 110 年 15 臺移動式水質感測器布建點位 164
圖 3-4 111 年固定式水質感測器點位布建現況(1 月~4 月) 170
圖 3-5 111 年固定式水質感測器點位布建狀況(5 月~12 月) 173
圖 3-6 111 年移動式水質感測器點位布建狀況(5 月~12 月) 177
圖 4-1 新竹 PCB 印刷電路板廠水處理設施水質感測器裝設位置及感測項 200
圖 4-2 新竹 PCB 印刷電路板廠水處理設施感控示意圖 200
圖 4-3 水產養殖感控設施示意圖 201
圖 4-4 水產養殖感控系統 201

圖 4-5 水質感測器與水質自動監測及連線傳輸系統 CWMS 導電度比對..... 202
圖 4-6 華亞科污水處理廠 D01 出流水採樣箱..... 202
圖 4-7 華亞科污水廠_CWMS 裝機完工照..... 203
圖 4-8 新竹一二淨水廠取水口 R_1 布建概況..... 205
圖 4-9 新竹一二淨水廠前處理 T_3 布建概況..... 205
圖 4-10 新竹第二淨水廠 T_4 布建概況..... 206
圖 4-11 工研院光復院區污水廠處理單元流程圖..... 207
圖 4-12 污水廠處理廠佈建概況..... 207
圖 4-13 水處理設施水質感測器布建..... 208
圖 4-14 水處理設施進流水懸浮固體物過高導致穿透光為 0..... 209
圖 4-15 水處理設施放流水 COD 感測..... 210
圖 4-16 水處理設施放流水 SS 感測..... 210
圖 4-17 水處理設施放流水 pH 感測..... 210
圖 4-18 水處理設施放流水 Cu 感測..... 210
圖 4-19 水產養殖感控溶氧感測.....211
圖 4-20 水產養殖感控氧化還原電位感測..... 212
圖 4-21 微型能管系統畫面圖..... 212
圖 4-22 微型能管系統鼓風機作動圖..... 213
圖 4-23 水質感測器與華亞科污水廠水質自動監測及連線傳輸系統 CWMS 比對215
圖 4-24 雨量與頭前溪原水端至淨水廠內沉澱池之固定式感測器濁度感測值關係
..... 216
圖 4-25 無雨時與頭前溪原水端至淨水廠內沉澱池之固定式感測器濁度感測值關係
..... 217
圖 4-26 淨水廠內沉澱池之固定式感測器濁度感測值..... 217
圖 4-27 重金屬銅比對..... 218
圖 4-28 水質感測應用感控項目技術架構流程..... 219
圖 4-29 可程式控制器 PLC 基本結構..... 220
圖 4-30 南崁溪流域及 WASP 模式網格配置示意圖..... 231
圖 4-31 固定式與移動式水質感測器設置點位..... 234
圖 4-32 氨氮模擬驗證(2020-2021 年)..... 235

圖 4-33 南崁溪大埔橋及大檜溪橋 10 月流量比較 237
圖 4-34 南崁溪大埔橋及大檜溪橋 10 月氨氮濃度比較 238
圖 4-35 南崁溪大埔橋及大檜溪橋 10 月氨氮通量(flux)比較 239
圖 4-36 大埔橋及大檜溪橋氨氮累積通量與累積流量關係圖 240
圖 4-37 東門溪 10 月監測值 242
圖 4-38 大檜溪橋氨氮實測值與各情境濃度變化 244
圖 4-39 南崁溪晴雨天上下游濃度變化圖 245
圖 5-1 各縣市感測器設備應用情形（單位：臺） 247
圖 5-2 各年度稽查件數統計（單位：件） 249
圖 5-3 各年度裁罰金額統計（單位：萬元） 249
圖 5-4 各縣市稽查件數統計（單位：件） 250
圖 5-5 各縣市裁罰金額統計（單位：萬元） 250
圖 5-6 各縣市感測器設備應用情形（單位：臺） 252
圖 5-7「111 年度水質感測器合辦應用計畫」說明視訊會議辦理情形 254
圖 5-8 移動式設備抽驗結果 265
圖 5-9 感測器數據應用評估分析方法流程 266
圖 5-10 固定式感測器常更換之元件總類(110 年) 270
圖 5-11 優化前常更換元件之固定式感測器數量與更換元件種類占比(109 年) .. 270
圖 5-12 移動式各場域元件更換類型(110 年) 271
圖 5-13 移動式各場域元件更換類型(109 年) 271
圖 5-14 移動式感測器布建數量與稽查概況(110 年左、109 年右) 272
圖 5-15 水科技物聯網應用平臺 274
圖 5-16 水科技物聯網應用平臺（優化版本） 274
圖 5-17 生物晶片研討會議程規劃 279
圖 5-18 生物晶片研討會議概況 279
圖 5-19 致贈典禮活動照片 283
圖 5-20 112-113 年合辦說明會議與 111 年合辦期中檢討會（暫定） 284
圖 5-21 112-113 年合辦說明會議與 111 年合辦期中檢討會場地規劃（暫定） ... 284

表目錄

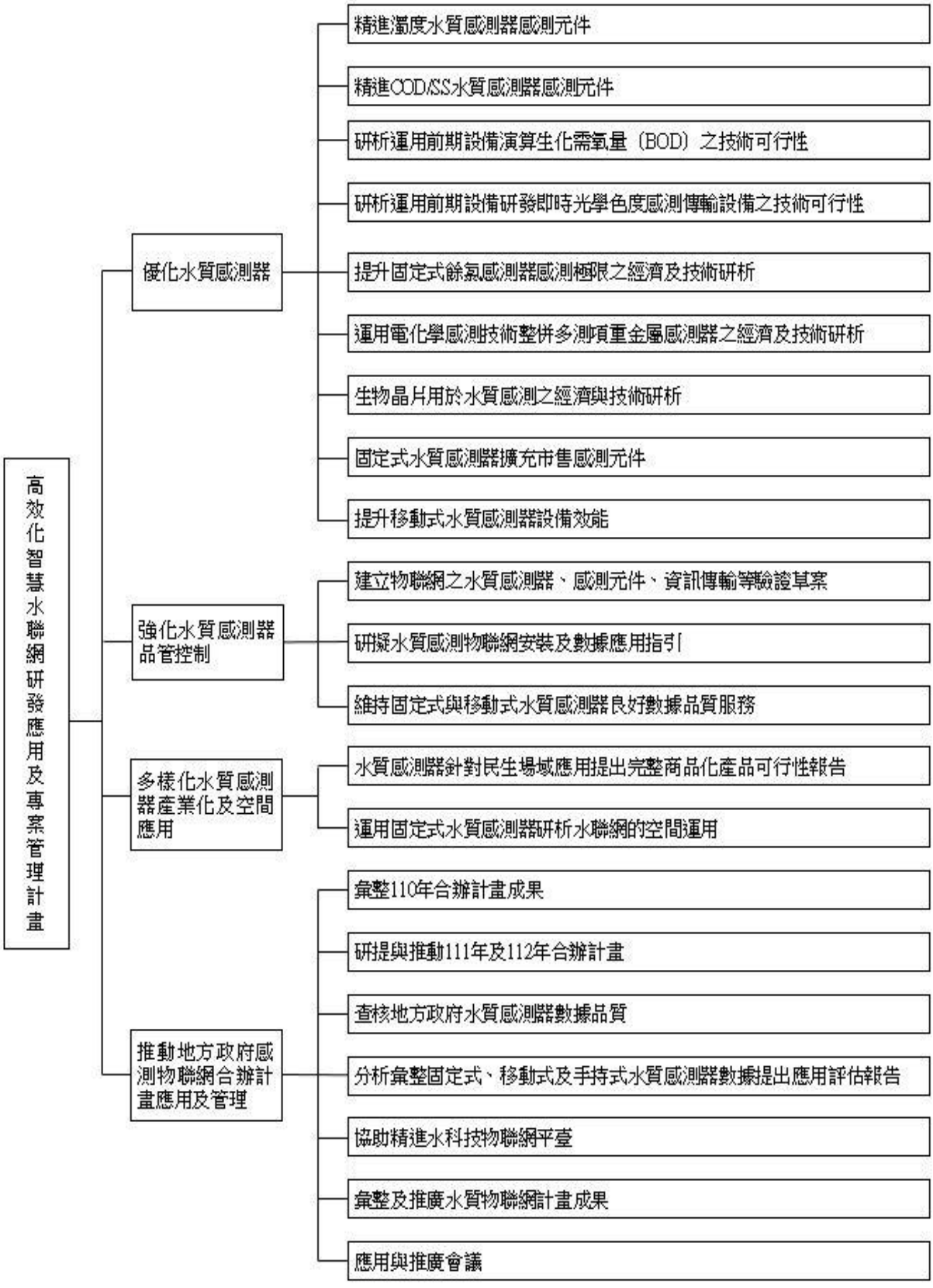
表 1-1 各查核點達成情形 10
表 1-2 預定工作進度（以甘特圖表示） 13
表 1-3 查核點說明 17
表 2-1 各波段量測濁度標準品之 R^2(MAX, MIN) 26
表 2-2 濁度感測器精進規格比較 34
表 2-3 濁度感測器標準品測試結果 36
表 2-4 濁度感測模組 24 小時測試結果(40 NTU 濁度標準液) 36
表 2-5 濁度感測器實場水-自來水量測數據 37
表 2-6 濁度感測器實場水-頭前溪水量測數據 37
表 2-7 建議之 COD 與 SS 量測波段與特徵波長 44
表 2-8 COD/SS 感測器精進規格比較 52
表 2-9 COD/SS 感測器單一 SS 標準品測試結果 54
表 2-10 COD/SS 感測器單一 COD 標準品測試結果 54
表 2-11 COD/SS 感測器 COD 與 SS 混合標準品測試結果 55
表 2-12 COD/SS 感測模組 24 小時測試結果(COD:100 mg/L；SS:50 mg/L 混合液) 55
表 2-13 COD/SS 感測器實場水量測數據 56
表 2-14 TMAH 理論與實測的 COD 與 BOD_u(BOD ultimate)（Chang et al, 2008） 59
表 2-15 標準方法與美國環保署中之 BOD 檢測方法 60
表 2-16 標準方法與美國環保署中之 COD 檢測方法 62
表 2-17 BOD 分析設備之監測方式與比較 63
表 2-18 COD 分析設備之監測方式與比較 64
表 2-19 河川流域之 BOD_5/COD 比例分析 65
表 2-20 南部工業區污水廠之 BOD_5/COD 比例分析 66
表 2-21 生活污水廠之 BOD_5/COD 比例分析 67
表 2-22 本計畫前期設備推估 BOD_5 之結果 68
表 2-23 標準方法與美國環保署中之濁度檢測方法 72
表 2-24 標準方法與國際標準組織中之色度檢測方法 73

表 2-25 濁度分析設備之監測方式與比較 74
表 2-26 色度分析設備之監測方式與比較 75
表 2-27 光學模組混合標準品之濁度準確度驗證結果 78
表 2-28 光學模組混合標準品之色度準確度驗證結果 78
表 2-29 110 年度固定式餘氯感測器規格 80
表 2-30 110 年度固定式餘氯感測器規格 85
表 2-31 電化學餘氯感測機台與常見餘氯分析方法之經濟評估及競爭力分析 86
表 2-32 電化學感測多測項重金屬操作條件 93
表 2-33 電化學重金屬感測機台與常見分析方法之經濟評估及競爭力分析 96
表 2-34 生物晶片應用案例文獻 104
表 2-35 Atlas Scientific 生產之 pH 電極及 EC 電極基本規格 111
表 2-36 Chemmit 生產之 pH 電極及 EC 電極基本規格 111
表 2-37 Chemmit 生產之銅 Cu^{2+}及氨氮 NH_4^+-N 電極之基本規格（固定式） 112
表 2-38 Chemmit 生產之氨氮 NH_4^+-N 比色法氨氮(類靛酚法)規格（固定式） 112
表 2-39 固定式水質感測器 pH 實驗室測試結果 124
表 2-40 固定式水質感測器 EC 實驗室測試結果 125
表 2-41 固定式水質感測器溫度實驗室測試結果 126
表 2-42 固定式水質感測器氨氮實驗室測試結果 127
表 2-43 固定式水質感測器銅離子實驗室測試結果 129
表 2-44 固定式水質感測器 COD/SS 模組實驗室 COD 盲樣測試結果 135
表 2-45 固定式水質感測器 COD/SS 模組實驗室 SS 盲樣測試結果 135
表 2-46 固定式水質感測器布建情形 142
表 2-47 臺灣 Industrial Grade Probs 基本資料 145
表 2-48 市售 Cole-Parmer 生產之銅 Cu^{2+} 146
表 2-49 精進版移動式感測器布建情形 152
表 3-1 本計畫採用之水質手持感測器規格表（廠牌型號:Hanna HI98194） 158
表 3-2 1/1~4/30 固定式感測器數據完整率（96.4%） 171
表 3-3 5/1~8/31 固定式感測器數據完整率（97.8%） 174
表 3-4 9/1~12/14 固定式感測器數據完整率（98.1%） 175
表 3-5 6/1~8/30 移動式感測器數據完整率（90.9%） 178

表 3-6 9/1~12/14 移動式感測器數據完整率（91.3%） 179
表 3-7 第一期固定式感測器比對查核數據結果彙整表（1/3） 186
表 3-8 第一期固定式感測器比對查核數據結果彙整表（2/3） 187
表 3-9 第一期固定式感測器比對查核數據結果彙整表（3/3） 188
表 3-10 第二期固定式感測器比對查核數據結果彙整表（1/3） 189
表 3-11 第二期固定式感測器比對查核數據結果彙整表（2/3） 190
表 3-12 第二期固定式感測器比對查核數據結果彙整表（3/3） 191
表 3-13 第三期固定式感測器比對查核數據結果彙整表（1/3） 192
表 3-14 第三期固定式感測器比對查核數據結果彙整表（2/3） 193
表 3-15 第三期固定式感測器比對查核數據結果彙整表（3/3） 194
表 3-16 第二期移動式感測器比對查核數據結果彙整表（1/2） 195
表 3-17 第二期移動式感測器比對查核數據結果彙整表（2/2） 195
表 3-18 第三期移動式感測器比對查核數據結果彙整表（1/2） 196
表 3-19 第三期移動式感測器比對查核數據結果彙整表（2/2） 196
表 4-1 固定式感測器餘氯及濁度感測值及商用設備比較 204
表 4-2 固定式感測器安裝於 PCB 印刷電路板廠 208
表 4-3 固定式感測器安裝於水產養殖感控 211
表 4-4 光復院區污水廠放流水水質 218
表 4-5 市面水質感測器及環保署投入之水質感測器控制成本比較 221
表 4-6 餘氯分析方式之比較 223
表 4-7 濁度分析方式之比較 224
表 4-8 重金屬分析設備之感測方式與比較 226
表 4-9 COD&SS 分析設備之感測方式與比較 227
表 4-10 南崁溪氨氮 WASP 模式主要參數表 232
表 4-11 南崁溪大檜溪橋測站氨氮模擬誤差 235
表 4-12 大埔橋與大檜溪橋之降雨事件尖峰流量比較 237
表 4-13 大檜溪橋各情境模擬結果 244
表 5-1 各縣市經費投入情形（單位：元） 248
表 5-2 110 年地方政府應用感測器感測數據完整率統計表 251
表 5-3 110 年地方政府應用感測器執行成果（統計至 111 年 4 月） 253

表 5-4「111 年度水質感測器合辦應用計畫」說明視訊會議議程 254
表 5-5「111 年度水質感測器合辦應用計畫」說明視訊會議提問與回覆 255
表 5-6 111 年地方政府申請合辦計畫統計移交應用情形 258
表 5-7 111 年地方政府應用感測器執行成果（統計至 111 年 10 月） 259
表 5-8 112~113 年水質感測器合辦應用計畫推動期程 259
表 5-9 移動式設備抽驗情形 261
表 5-10 各場域與產業別水質排放特性 272
表 5-11 水科技物聯網應用平臺優化建議彙整表 274
表 5-12 水科技物聯網相關計畫專利歷年申請及案件現況 277

報告大綱


高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫
優化水質感測器
精進濁度水質感測器感測元件
精進COD/SS水質感測器感測元件
研析運用前期設備演算生化需氧量（BOD）之技術可行性
研析運用前期設備研發即時光學色度感測傳輸設備之技術可行性
提升固定式餘氯感測器感測極限之經濟及技術研析
運用電化學感測技術整併多測項重金屬感測器之經濟及技術研析
生物晶片用於水質感測之經濟與技術研析
固定式水質感測器擴充市售感測元件
提升移動式水質感測器設備效能
強化水質感測器品管控制
建立物聯網之水質感測器、感測元件、資訊傳輸等驗證草案
研擬水質感測物聯網安裝及數據應用指引
維持固定式與移動式水質感測器良好數據品質服務
多樣化水質感測器產業化及空間應用
水質感測器針對民生場域應用提出完整商品化產品可行性報告
運用固定式水質感測器研析水聯網的空間運用
推動地方政府感測物聯網合辦計畫應用及管理
彙整110年合辦計畫成果
研提與推動111年及112年合辦計畫
查核地方政府水質感測器數據品質
分析彙整固定式、移動式及手持式水質感測器數據提出應用評估報告
協助精進水科技物聯網平臺
彙整及推廣水質物聯網計畫成果
應用與推廣會議

計畫成果報告摘要（詳細版）

計畫名稱：111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫

計畫案號：111B003

計畫執行單位：工業技術研究院

計畫主持人：陳范倫、協同主持人：朱振華

計畫期程：111 年 01 月 01 日起 111 年 12 月 31 日止

計畫經費：19,960 千元

摘要

臺灣經濟規模快速發展，工業化與城市化對環境帶來重大壓力，特別臺灣都市面積小，工業區造成的水污染很快就外溢到臨近住宅區，水質感測及防治已成為重要議題。過去感測仰賴人工採樣檢測，耗時耗力難以因應多變的環境需求。目前常用之水質感測器雖然可靠度佳，但大多為測站等級，由於體積大、安裝及維護費用高，難以廣為布建，對水質數據掌握仍存在極大缺口。有鑒於近年線上水質分析及資通訊技術之精進，使得開發一體積小、耐用佳、操作簡單、設置費用低廉且具無線數據傳輸與物聯網功能之新一代水質感測物聯網設備成為可行之技術開發方向。為進一步達到高效化水聯網應用，本團隊延續前述環保署推動之工作，今年度將檢視過去建立的水聯網整體解決方案，投入基礎研發量能下，逐步擴大應用面。持續優化並強化品管，同時執行水質模式與多元化場域驗證與商業化探討。本年度完成四項重點工作，包括：（一）優化與精進水質感測器，並針對新感測項進行可行性評估;（二）強化水質感測器品管控制;（三）多樣化水質感測器產業化及空間應用;（四）推動地方政府水質感測物聯網合辦計畫應用及管理。本團隊從研發優化、數據解析至環境應用推廣，逐步擴大計畫影響面。中央到地方共同推動，從環境至產業跨域加值，將水聯網融入生活，把水質數據透明化，用科技改善環境品質，讓民眾有感。

英文摘要

Due to rapid development of economy in Taiwan, industrialization and urbanization have brought great pressure on the environment. In particular, industrial pollution has immediate impact on residential areas because the small urban area increases the chances of pollution spreading. The conventional water sensing instruments, such as pH meter and conductivity measurement are reliable. However, frequent manual calibration and cleaning are usually required, thus the manpower demand for maintenance is heavy. Also, monitoring instruments for regulatory items related to enforcement, such as heavy metals and chemical oxygen demand have the disadvantages of large volume and high installation cost. Therefore, the conventional water sensing instruments are not suitable for application scenarios on mass installation and distribution. The project have completed the following tasks: 1. Optimize the feasilities of water quality sensors and evaluate the feasibility if sensoring new items of water quality. 2. Implementation the quality control of water quality sensor.3. Improve diversified water quality sensing technology and expand field application verification. 4. Promote the application and environmental management of local government sensing IoT joint projects. Base on R&D optimization, data analysis and environmental application, the team works with the central and local governments to gradually expand the impact of the project. Through the disclosure of water quality data, which cound improve the quality of the environment and make people feel the change from technology.

前言

臺灣經濟規模快速發展，工業化與城市化對環境帶來重大壓力，特別臺灣都市面積小，工業區造成的水污染很快就外溢到臨近住宅區，水質感測及防治已成為重要議題。過去感測仰賴人工採樣、送樣及檢測，耗時耗力難以因應多變的環境需求。目前常用之水質感測器雖然可靠度佳，但大多為測站等級，由於體積大、安裝及維護費用高，難以廣為布建，對水質數據掌握仍存在極大缺口。有鑒於近年來線上水質分析及資通訊技術之精進，使得開發一體積小、耐用佳、操作簡單、設置費用低廉且具無線數據傳輸與物聯網功能之新一代水質感測物聯網設備成為可行之技術開發方向。為進一步達到高效化水聯網應用，本團隊延續前述環保署推動之工作，今年度將檢視過去建立的水聯網整體解決方案，投入基礎研發量能下，逐步擴大應用面。持續優化並強化品管，同時執行水質模式與多元化場域驗證與商業化探討。本年度共有四大執行重點，包括：（一）優化水質感測器；（二）強化水質感測器品管控制；（三）多樣化水質感測器產業化及空間應用；（四）推動地方政府水質感測物聯網合辦計畫應用及管理。持續彙整 110 年合辦計畫成果，並推動管考 111 年合辦計畫，另配合推廣放大計畫效益，協助辦理研討會或記者會，拍攝宣傳影片事宜。在已建立的水聯網解決方案基礎上，透過本團隊從研發優化、數據解析至環境應用推廣，逐步擴大計畫影響面。中央到地方共同推動，從環境至產業跨域加值，將水聯網融入生活，把水質數據透明化，用科技改善環境品質，讓民眾有感。

研究方法

依據本計畫評選須知，本計畫工作項目展開如下：

一、 優化水質感測器：

(一) 精進水質感測器感測元件

1. 優化 2 臺 tCOD/SS 感測元件，強化演算軟體，使其具備自動光源補償或校正功能，並能量測總化學需氧量（tCOD）與懸浮微粒（SS）濃度。tCOD 量測範圍須達 0-300 mg/L，精密度之相對標準差須< 5%，比對標準液之準確度須介於±20 mg/L 或讀值之±40%，24 小

時之零點偏移為±10 mg/L；SS 量測範圍須達 0-100 mg/L，精密度之相對標準差< 5%，比對標準液之準確度須介於±20 mg/L 或讀值之±40%，24 小時之零點偏移為±10 mg/L。

2. 優化 1 臺濁度感測元件，強化演算軟體，量測範圍須達 0.1-1,000 NTU，精密度之相對標準差須< 5 %，比對標準液之準確度須介於±10 NTU 或讀值之±20%，24 小時之零點偏移為±5 NTU。

(二) 提升固定式水質感測器設備效能

1. 研析提升前期計畫（110 年度高效化智慧水聯網應用設置計畫）研發之國產化餘氯感測元件，濃度範圍下修至 0.1 mg/L 之經濟與技術可行性。
2. 研析運用電化學感測技術整併多測項重金屬感測器（如砷、鉛、鎳）之經濟與技術可行性。
3. 研析研發生物晶片取代傳統電化學元件之經濟與技術可行性。
4. 研析運用前期計畫設備，研發即時光學色度感測傳輸設備之經濟與技術可行性。
5. 研析運用 COD 設備，演算不同情境生化需氧量（BOD）之技術可行性。
6. 研析擴充或替換市售感測元件可行性，並運用至少 10 臺前期計劃設備進行測試，增加如銅離子、流速、水位、餘氯、鹽度、溶氧或氨氮等感測元件，並提出實驗室及場域測試報告。

(三) 提升移動式水質感測器設備效能

1. 強化演算軟體，提升溫度、酸鹼度、導電度及溶氧數據穩定性與解析能力。
2. 研析縮小移動式感測器機體、優化電路配置、強化防水機能及運用網路節點傳輸之可行性。

3. 研析擴充或替換市售感測元件可行性，並運用至少 5 臺前期計劃設備進行測試，增加如銅離子、流速、水位、餘氯、鹽度、溶氧或氨氮等感測元件，並提出實驗室及場域測試報告。

二、 強化水質感測器品管控制：

(一) 研擬水質感測器相關管制規定

1. 研擬物聯網之水質感測器、感測元件、資訊傳輸等驗證草案

2. 研擬水質感測物聯網安裝及數據應用指引

(二) 維持 30 組固定式水質感測器及 10 組移動式水質感測器，計畫期間（依據實際布設之有效監測時間，每測點連續數據分 3 次計算，第 1 期：1 至 4 月，第 2 期：5 至 8 月，第 3 期：9 至 11 月）之即時數據完整率及數據品質滿意度應達 85%以上之目標。滿意度未達 85%時，以下列方式計算扣罰價金總金額之比率，並於計畫結案時結算總扣款金額，前述即時數據品質滿意度之計算，執行單位可舉證排除因不可抗力因素所造成的筆數，並經本署審核認可後排除扣款計算。

數據品質及即時數據完整率	> 85%	71-85%	61-70%	51-60%	41-50%	< 40%
扣罰價金總金額比率	0%	1%	2%	4%	8%	16%

(三) 持續蒐集固定式、移動式及手持式感測器的應用者回饋意見，提供未來精進方向。

三、 多樣化水質感測器產業化及空間應用：

(一) 運用既有水質感測器進行如水質自動監測及連線傳輸系統、淨水水情揭露點水情資訊傳輸、遊憩水池加藥控制或養殖業投料控制等測試，研發完整商品化產品，並提出技術可行性、商品總成本與市場競爭力等可行性報告。

(二) 運用 10 臺增加感測元件之水質感測器，研析水聯網的空間應用

1. 運用既有水質模式資料進行模式校正評估，並研擬作業指引

2. 運用監測數據，研析污染物之時空變化趨勢

(三) 運用計畫成果經本署同意後，對外發表至少 1 篇中文及 2 篇英文之國際學術期刊或國際研討會期刊，以宣傳本署水質感測物聯網成效。

四、 推動地方政府水質感測物聯網合辦計畫應用及管理：

(一) 協助機關管理合辦計畫及彙整地方政府運作情形：管理追蹤各地方政府與機關辦理感測器應用工作（包含計畫執行、布建、維運、稽查、教育宣導、數據資料上傳情形、滿意度及完整率計算、感測器設備異常、平臺及 APP 異常協助排除等）及經費執行進度，須了解其執行進度困難點及提供本署改善建議，決標後提出管理方式並每個月提出檢討報告及管理建議，協助聯繫地方政府，並視需要與地方政府召開管理會議（應事前提出討論議題及會議資料）。協助本署研提 111 及 112 年度水質感測器合辦計畫：訂定計畫書及相關附件範本、合辦原則及 KPI 規範。另需維持「民生公共物聯網數據應用及產業開展計畫－智聯網－跨世代環境治理計畫」目標，達成全臺 120 臺水質感測器運作及推廣手持式感測器於環境教育之應用。

(二) 彙整水質感測器應用成果，建立操作說明手冊及標準應用程序：彙整水質感測物聯網相關計畫及合辦計畫成果，依本署需求彙整地方政府感測器數據及案例分析。另依固定式、移動式及手持式 3 種感測器之不同應用方式提出操作說明手冊及標準應用程序，需包括選址、安裝應用、移機、數據分析、熱區鑑定、執法應用、教育推廣、平臺及 APP 操作使用等。

(三) 協助本署及地方政府落實水質感測器布建評估、規劃、執行：提供專業分析及建議，協助其協調工作，必要時協助地方政府進行布建位置之實地勘查。

(四) 協助本署查核地方政府水質感測器數據品質：建立水質感測器查驗及抽測標準作業程序，經本署同意後，執行團隊須定期檢視地方政府感

測器數據狀況，並於合辦計畫執行期間每 3 個月抽驗 1 次地方政府感測器數據，以確保地方政府數據正確性。

(五) 彙整及分析全臺水質感測器數據分析：協助本署分析及彙整固定式、移動式及移動式水質感測器數據狀況（包含數據異常及設備異常），綜合本署 IoT 及 WoT 應用平臺分析功能，以大數據統計分析或其他分式解析感測數值，判斷地方政府使用狀況、各應用場域數據分布、感測器數據及設備衰減情形、數據品質及及環境應用效益，於 111 年 10 月 31 日前產出感測器數據應用評估報告 1 份。

(六) 協助精進水科技物聯網平臺功能：協助本署蒐集地方政府及相關單位應用水科技物聯網平臺之回饋意見，提出功能精進建議及訂定感測器資料介接之架構規範，協助本署及使用者調整與溝通平臺相關設定。

(七) 規劃及辦理研討會、記者會、研商會、說明會或教育訓練（半日以上，場地容納 51 人以上規模）共 2 場次，對象為環保局、業者及相關用水單位（不含校園），協助規劃及彙整資料，提供/製作簡報、海報、背板及相關文件等，必要時提供場地租借、器材租借、布場、展示品製作（如水質感測器 3D 列印模型）、說明素材製作、茶水及餐點，以機關實際需求為優先辦理。

(八) 協助本署辦理智慧水聯網布建發展相關事項，包含召開本署與地方政府布建發展研商會議、計畫成果發表、宣傳、活動策劃、海報及新聞稿研擬、機關報告案等相關素材、圖卡、懶人包及簡報等製作，以及機關臨時交辦事項。

(九) 配合 111 年度科技計畫辦理計畫調整、執行成果填報及提交年度重要成果效益報告。

(十) 針對水質感測技術或裝置，提出智慧財產申請送審 1 件次，以及進行技轉及智財授權 1 件次。依據「政府科學技術研究發展成果歸屬及運用辦法」，適時進行相關專利申請，並全權辦理感測器整合系統後續

技術橋接產業應用發展，協助感測器整合組裝系統後續技術轉移、製造生產及授權事宜。並依據「政府科學技術研究發展成果歸屬及運用辦法」第 17 條規定，相關智慧財產權產出及獲益總收入（授權金、權利金或價金）之一定比率，應交由環保署繳交國庫或循預算程序撥入行政院指定之基金。執行單位如公、私立學校或公立研究機關（構）者，其繳交收入比率為 20%，其他執行研究發展之單位，其繳交收入之比率為 40%。

結果

一、 優化水質感測器

(一) 本年度計畫已完成濁度與 COD/SS 光學水質感測元件精進工作，提升設備精密度並增加零點偏移功能，並完成實場水測試，目前均已應用於實際場域。

(二) 利用前期計畫光學設備研析對新感測項的可行性研析的的結果顯示：(1)對於 BOD_5 的推估結果顯示，在水質變異性較小之環境場域可推估出具備一定可信度之 BOD_5 結果，但用於推估水樣來源較複雜的場域則因其來源較不穩定容易產生較大之推估誤差；(2)同時具備濁度與色度水樣的推估結果顯示，NIR 因其感測不受色度影響，因此其對於濁度的推估更為準確；在真色色度的推估結果顯示，水樣中濁度相對不高時，其對色度推估具備一定之可信度－，整體誤差<10%，當濁度升至 100 NTU 以上時，其對色度的推估會因濁度貢獻而產生較大的偏移，但對於高色度的影響則較小。如以放流水標準來看，可作為高色度之預警工具。

(三) 完成利用前期計畫電化學設備研析對於感測極限及測項擴增之可行性評估結果顯示：(1)於水中餘氯之分析，以安培法為基礎，搭配電極面積增加，可提升餘氯感測極限及感測頻率；(2)於水中重金屬之分析，成功建立單一銅或鉛之感測技術與操作條件，未來如需針對同時多測

項重金屬感測器建立，可採現有電化學反應槽與機台，惟電路板相關規格需進行硬體修正以符合多測項之規格需求；(3)於電化學感測器開發之經濟性評估中可知，如需使用於即時連續監測之場域(如降低污染排放未察覺之情形發生(如每日至少需分析一次以上)，相較於現行餘氯、重金屬之分析方式，採用電化學線上即時感測機台除可獲得即時水質數據且更具經濟效益。

(四) 針對生物晶片用於水質感測之經濟與技術研析顯示，生物晶片用於水質感測之研發成本高，其品管及保存技術亦較為困難，且使用上亦受環境條件變異較大時而有影響，多半穩定性及耐用性不佳，具有許多限制尚待克服，如商業化用於廣布型水質監測具有困難。

(五) 完成 10 臺固定式與 5 臺移動式感測器的優化工作，目前已於(1)水產養殖及科技廠水質進行感控驗證；(2)CWMS、淨水廠及混合污水處理廠進行機台感測驗證；(3)河川流域之水質模式應用，分析水體污染物時空變化趨勢。針對上述多元場域之驗證，提出產品化可行性分析。

二、 強化水質感測器品管控制

(一) 已完成(1)物聯網之水質感測器、感測元件、資訊傳輸等驗證草案；(2)水質感測物聯網安裝及數據應用指引，後續將依據意見回覆做滾動式修正。

(二) 完成 30 臺固定式與 10 臺移動式水質感測器有效數據完整率與數據品質滿意度評估工作，各期數據完整率均大於 85%，符合計畫要求。

三、 多樣化水質感測器產業化及空間應用

(一) 為使水質感測器應用效果擴張多元，本計畫應用移動式感測器於科技廠及水產養殖場域進行感控評估及應用固定式感測器於科技廠、污水處理廠及淨水廠進行感測驗證，並據以提出水質感測器針對民生場域應用提出完整商品化產品可行性報告。

(二) 運用固定式水質感測器於南崁溪流域主流與支流進行連續水質水量感測，根據 WASP 模式初步模擬結果顯示以情境三（採用東門溪實測值及外加負荷）較為理想，提升研析水聯網的空間運用。

四、 推動地方政府感測物聯網合辦計畫應用及管理

(一) 合辦計畫管理情形分年度說明如後：(1)110 年合辦計畫共 15 縣市參與，移交地方政府應用 147 臺移動及 300 臺手持式水質感測器。藉由水質感測器異常趨勢成功稽查 17 案，累計裁罰金額超過 1,500 萬元；(2)111 年合辦計畫新申請縣市為彰化縣、高雄市與臺東縣，累計移交地方政府應用 175 臺移動及 360 臺手持式水質感測器。藉由水質感測器異常趨勢成功稽查 12 案，累計裁罰金額超過 300 萬元；(3)完成 112~113 年合辦原則研擬。

(二) 地方政府水質感測器數據品質查核結果顯示，設備不合格數量為 2 臺，不合格率為 9%，不合格原因皆為 DO 飽和溶氧異常。

(三) 依據水質感測器數據分析結果顯示，110 年度感測器優化後，元件衰減狀況較 109 年穩定許多，縣市應用感測器效益與稽查成效也有所提升，未來可持續收集數據，分析評估可持續精進的空間，使感測效益最大化。

(四) 蒐集各地方縣市環保局及其他使用者的操作使用建議，與卡米爾溝通協調出最佳操作介面方案，並持續依據實際操作情形提出改善建議與系統異常排除，精進水科技物聯網平臺功能。

(五) 針對光學裝置提出 1 件新型台灣專利並完成與儀展科技技術移轉 1 件，本團隊於量測資訊、Technologies and the 2022 Annual Meeting of Electrochemical Society of Taiwan 雙年會及 Journal of Sensors 提出 1 篇中文及 2 篇英文論文，宣傳環保署水質感測器研發與物聯網成果。

(六) 於 111 年 7 月 14 日辦理生物晶片研討會一場次，於 111 年 10 月 17 日於臺北花園大酒店舉辦「空品監測 30 週年」及「水質監測 20 週年」

致贈典禮。預計合辦原則定稿後於 111 年 12 月辦理 112-113 年合辦說明會議與 111 年合辦檢討會，後續將依實際狀況作議程與場地上的調整。

結論

本計畫達成之技術成果與結論簡述如下：(1)完成濁度與 COD/SS 光學水質感測元件精進工作，提升感測元件之精確度並新增零點偏移功能；(2)運用前期設備可在水質變異性較小場域推估具備一定可信度之 BOD_5 結果，但並不適用於複雜水體場域；對於水體中真色色度易受到濁度干擾，但在高色度狀況下影響較小，可作為高色度之預警工具；於水中餘氯之分析，以安培法為基礎，搭配電極面積增加，可提升餘氯感測極限及感測頻率；如需針對同時多測項重金屬感測器建立，可採現有電化學反應槽與機台，惟電路板相關規格需進行硬體修正以符合多測項之規格需求；(3)生物晶片用於水質感測之研發成本高，其品管及保存技術亦較為困難，商業化用於水質監測具有困難；(4)完成固定式與移動式感測器的優化工作；(5)完成「物聯網之水質感測器、感測元件、資訊傳輸等驗證草案」及「水質感測物聯網安裝及數據應用指引」；(6)完成固定式與移動式水質感測器有效數據完整率與數據品質滿意度評估工作，各期數據完整率均大於 85%；(7)應用移動式感測器於科技廠及水產養殖場域進行感控評估及應用固定式感測器於科技廠、污水處理廠及淨水廠進行感測驗證，並提出水質感測器針對民生場域應用提出完整商品化產品可行性報告；(8)根據 WASP 模式運用固定式水質水量感測數據之模式初步模擬結果顯示以情境三（採用東門溪實測值及外加負荷）較為理想；(9)完成 110 年合辦計畫成果彙整、111 年合辦計畫管考、112-113 年合辦原則研擬、地方政府水質感測器數據品質查核與精進水科技物聯網平臺功能；(10)提出 1 件新型台灣專利、1 篇中文及 2 篇英文論文並完成與儀展科技技術移轉 1 件，宣傳環保署水質感測器研發與物聯網成果；(11)辦理「生物晶片研討會」及「「空品監測 30 週年」及「水質監測 20 週年」致贈典禮」2 場次會議，預計合辦原則定稿後於 111 年 12 月辦理 112-113 年合辦說明會議與 111 年合辦檢討會。

建議事項

一、 國產化水質感測元件已經進入最後一哩路，建議針對具技術移轉之專利與商品，持續進行商業推廣模式建立，擴大本計畫之研發成果外溢效應。

二、 本計畫開發之餘氯感測技術，其於下修感測極限至 0.1 mg/L 雖具可行性，惟可能亦受水中其他物質干擾而降低準確性，且考量目前自來水廠之規範及需求，建議現行之餘氯感測機台仍維持現行感測範圍；另考量餘氯感測技術之應用範圍較為侷限，建議納入總氯感測技術之開發，以擴大應用範圍至污水廠。

三、 於重金屬多測項可行性評估中，因控制板硬體受限，以既有設備僅可針對水中單一重金屬分析（銅或鉛），惟重金屬間會互相干擾，未來如需針對同時多測項重金屬研析，建議可採分段式感測流程降低金屬間干擾，亦可採用不同電極與電解液之方式增加可感測之重金屬種類。

四、 建議持續加值水質感測器應用情境及水質模式驗證，增加驗證場域例如：擴增自來水廠合作場域（臺北自來水事業處）、漁電共生養殖漁業、校園自來水管末及水塔、泳池等遊憩水域水情揭露。

五、 建議持續收集固定式水質連續監測資料並詳細調查沿線支流晴雨天排放情形，除可提升模式模擬之精確度，亦可作為未來估算污染物通量及總量管制之基礎。

六、 持續推動地方政府感測物聯網合辦計畫，落實審查地方政府水感測器安裝資料，提出建議定期查驗。

七、 112~113 年合辦計畫結束後，環保署將不再分攤移動式水質感測器維運服務之合辦經費，需確認環保局是否可妥善規劃自 114 年起自籌財源以維持移動式水質感測器維運及數據品質。

第一章 緒論

1.1 計畫緣起

臺灣經濟規模快速發展，工業化與城市化對環境帶來重大壓力，我國各工廠與工業區之廢污水排放，除少數海放外其餘皆納入各縣市之天然水體如河川、區域排水等。我國人口密集度高，工廠與工業區部分鄰近民宅，導致各工廠或工業區廢污水未妥善處理而排放之陳情案件層出不窮；另有部分位於排放天然水體上游，而下游設有農田水利會之取水口，也常導致民眾對於健康之疑慮，近年來國內民眾環保意識抬頭，若可有效建立一套水質自動監控並搭配物聯網互動式資訊系統，除可降低各縣市環保局稽查人力需求外，也可以有效保障民眾生命財產安全並提高人民生活品質，同時對於自然水體之保護與永續發展有重要貢獻。由於環保稽查人力有限，無法隨時因應全國各地可能有排放疑慮之處進行稽查，突顯國內對於水體自動監測預警、各事業單位放流水自動監控之相關技術與管理措施需要加速開發與研擬。環保署為有效保障民眾生命財產安全並提高人民生活品質，同時基於對自然水體之保護與永續發展之需求，透過本工作計畫著手規劃未來長期發展方向。

環保署為強化監測全臺廢水排放，管制工業區、工廠業者加裝「廢水 24 小時自動監測與連線傳輸系統（Continuous Water Monitoring System, CWMS），密切控管有無偷排廢水，於民國 102 年展開第 1 階段，於 35 處大型工業區建置完成；而截至民國 109 年為止，已可針對核准許可廢（污）水排放量每日 1,500 立方公尺（CMD）以上之公共污水下水道系統進行放流水監測，可掌握全臺工業區九成以上水量即時排放情況。監測的項目包括進流的水量，以及放流口的水量、水溫、pH 值、導電度、化學需氧量、懸浮固體、其他指定項目及影像等。但上述計畫所運用之監測設備皆為目前常用之儀器，雖然可靠度佳，但一些常用之監測器如 pH 計、導電度計等需要人力定期校正與清洗等，增加人力維護需求；而重金屬、懸浮固體物（SS）與總化學需氧量（tCOD）等則有相對設置經費較高、設備體積較大等缺點。因此，目前常用之監測儀器並不適用於未來大量設置等應用情境。

106-109 年部分，為了完備我國環境物聯網體系，強化對環境領域的加值應用，由國家前瞻基礎建設計畫（行政院 106 年 4 月 5 日院臺經字第 1060009184 號函通過）中之數位建設計畫項下之「建構民生公共物聯網」計畫支持推動，整合我國空氣品質感測、地震觀測/速報、防救災成果、水資源管理等民生關注之物聯網、資訊系統，建構空品、地震、防救災、水資源物聯網基礎環境及網路運算基礎建構民生公共物聯網計畫整合了空氣品質、地震、災防、水資源、資料整合 5 個面向，並區分為 7 個分項計畫執行，其中水質方面為「分項一：環境品質感測物聯網發展布建及執法應用計畫」，由環保署負責執行，主軸為運用發展環境物聯網科技強化高污染潛勢農地灌溉水質監控及掌握高解析度空氣品質，以輔助環境治理與執法稽查智慧化，以維護環境品質。在基礎水質元件及設備研發方面，則基於行政院於 106 年 9 月 28 日通過的國家科學技術發展計畫（106-109 年），內容涵蓋「創新再造經濟動能」、「堅實智慧生活科技與產業」、「育才競才與多元進路」與「強化科研創新生態體系」等 4 大目標，其中「堅實智慧生活科技與產業」中之第 5 點為運用智慧感測科技，維護環境品質：研發高效能感測元件，分區布設感測點，建構環境物聯網。

110 年至 114 年部分，透過科技計畫研擬適切之防治改善之技術及措施，維護民眾健康安全及生活品質，持續運用智能監測，推動環境感測物聯網。110-114 年以環保科技為基礎共同合作規劃「民生公共物聯網數據應用及產業開展計畫」項目下智聯網-跨世代環境治理計畫之高效化智慧水質感測物聯網應用設置。同時以 111 年至 114 年「新世代污染鑑識及感測技術開發計畫」，研發新興水質感測技術提高水質感測量能，應用於多元化水體場域，為本工作計畫發展主軸。

環保署自 106 年起，與國內研發單位合作，投入國產化水質感測元件之開發計畫，如包含（1）電化學式 PET 感測元件、（2）電化學式銅離子/餘氯感測元件、（3）光學式 tCOD/SS 感測元件、（4）光學式濁度感測元件。其技術特色為反應時間短、分析迅速、低耗電量、價格合理，適合大量布建。109 年起提供適用不同應用場域之廣布型感測器，給各環保單位環境水質感測系統之

建置，並有豐富的應用分析案例及成果。本團隊將持續針對場域性質所應用的感測器與水質模式驗證進行討論，進階提供多樣化感測器「點線面時間」四維一體合縱連橫支撐並立體化高效化智慧水聯網。另協助環保署與地方政府合作之水質感測物聯網布建發展與執法應用工作，提出管理方式、檢討報告、彙整運作情形、評估規劃建議與協調、執行成果彙整與推廣，並協助計畫相關管考工作，以擴大計畫推動效益。

1.2 計畫目標與內容

一、 計畫目標

依行政院環境保護署之評選須知，本（111）年度計畫目標如下：

(一) 優化水質感測器

(二) 強化水質感測器品管控制

(三) 多樣化水質感測器產業化及空間應用

(四) 推動地方政府水質感測物聯網合辦計畫應用及管理

為如期完成所有工作項目與目標超越環保署期望，本工作團隊在規劃階段即研擬有效之計畫管理、分工合作及各項工作執行的作業流程，詳如後續各章節所述。

二、 工作項目：

依據本計畫評選須知，本計畫工作項目展開如下：

(一) 優化水質感測器：

1. 精進水質感測器感測元件

(1) 優化 2 臺 tCOD/SS 感測元件，強化演算軟體，使其具備自動光源補償或校正功能，並能量測總化學需氧量（tCOD）與懸浮微粒（SS）濃度。tCOD 量測範圍須達 0-300 mg/L，精密度之相對標準差須< 5%，比對標準液之準確度須介於±20 mg/L 或讀值

之±40%，24 小時之零點偏移為±10 mg/L；SS 量測範圍須達 0-100 mg/L，精密度之相對標準差< 5%，比對標準液之準確度須介於±20 mg/L 或讀值之±40%，24 小時之零點偏移為±10 mg/L。

(2) 優化 1 臺濁度感測元件，強化演算軟體，量測範圍須達 0.1-1,000 NTU，精密度之相對標準差須< 5 %，比對標準液之準確度須介於±10 NTU 或讀值之±20%，24 小時之零點偏移為±5 NTU。

2. 提升固定式水質感測器設備效能

(1) 研析提升前期計畫（110 年度高效化智慧水聯網應用設置計畫）研發之國產化餘氯感測元件，濃度範圍下修至 0.1 mg/L 之經濟與技術可行性。

(2) 研析運用電化學感測技術整併多測項重金屬感測器（如砷、鉛、鎳）之經濟與技術可行性。

(3) 研析研發生物晶片取代傳統電化學元件之經濟與技術可行性。

(4) 研析運用前期計畫設備，研發即時光學色度感測傳輸設備之經濟與技術可行性。

(5) 研析運用 COD 設備，演算不同情境生化需氧量（BOD）之技術可行性。

(6) 研析擴充或替換市售感測元件可行性，並運用至少 10 臺前期計劃設備進行測試，增加如銅離子、流速、水位、餘氯、鹽度、溶氧或氨氮等感測元件，並提出實驗室及場域測試報告。

3. 提升移動式水質感測器設備效能

(1) 強化演算軟體，提升溫度、酸鹼度、導電度及溶氧數據穩定性與解析能力。

(2) 研析縮小移動式感測器機體、優化電路配置、強化防水機能及運用網路節點傳輸之可行性。

(3) 研析擴充或替換市售感測元件可行性，並運用至少 5 臺前期計劃設備進行測試，增加如銅離子、流速、水位、餘氯、鹽度、溶氧或氨氮等感測元件，並提出實驗室及場域測試報告。

(二) 強化水質感測器品管控制：

1. 研擬水質感測器相關管制規定

(1) 研擬物聯網之水質感測器、感測元件、資訊傳輸等驗證草案

(2) 研擬水質感測物聯網安裝及數據應用指引

2. 維持 30 組固定式水質感測器及 10 組移動式水質感測器，計畫期間（依據實際布設之有效監測時間，每測點連續數據分 3 次計算，第 1 期：1 至 4 月，第 2 期：5 至 8 月，第 3 期：9 至 11 月）之即時數據完整率及數據品質滿意度應達 85%以上之目標。滿意度未達 85%時，以下列方式計算扣罰價金總金額之比率，並於計畫結案時結算總扣款金額，前述即時數據品質滿意度之計算，執行單位可舉證排除因不可抗力因素所造成的筆數，並經本署審核認可後排除扣款計算。

數據品質及即時數據完整率	> 85%	71-85%	61-70%	51-60%	41-50%	< 40%
扣罰價金總金額比率	0%	1%	2%	4%	8%	16%

3. 持續蒐集固定式、移動式及手持式感測器的應用者回饋意見，提供未來精進方向。

(三) 多樣化水質感測器產業化及空間應用：

1. 運用既有水質感測器進行如水質自動監測及連線傳輸系統、淨水水情揭露點水情資訊傳輸、遊憩水池加藥控制或養殖業投料控制等測試，研發完整商品化產品，並提出技術可行性、商品總成本與市場競爭力等可行性報告。

2. 運用 10 臺增加感測元件之水質感測器，研析水聯網的空間應用。

   (1) 運用既有水質模式資料進行模式校正評估，並研擬作業指引

   (2) 運用監測數據，研析污染物之時空變化趨勢

3. 運用計畫成果經本署同意後，對外發表至少 1 篇中文及 2 篇英文之國際學術期刊或國際研討會期刊，以宣傳本署水質感測物聯網成效。

(四) 推動地方政府水質感測物聯網合辦計畫應用及管理：

1. 協助機關管理合辦計畫及彙整地方政府運作情形：管理追蹤各地方政府與機關辦理感測器應用工作（包含計畫執行、布建、維運、稽查、教育宣導、數據資料上傳情形、滿意度及完整率計算、感測器設備異常、平臺及 APP 異常協助排除等）及經費執行進度，須了解其執行進度困難點及提供本署改善建議，決標後提出管理方式並每個月提出檢討報告及管理建議，協助聯繫地方政府，並視需要與地方政府召開管理會議（應事前提出討論議題及會議資料）。協助本署研提 111 及 112 年度水質感測器合辦計畫：訂定計畫書及相關附件範本、合辦原則及 KPI 規範。另需維持「民生公共物聯網數據應用及產業開展計畫－智聯網－跨世代環境治理計畫」目標，達成全臺 120 臺水質感測器運作及推廣手持式感測器於環境教育之應用。

2. 彙整水質感測器應用成果，建立操作說明手冊及標準應用程序：彙整水質感測物聯網相關計畫及合辦計畫成果，依本署需求彙整地方政府感測器數據及案例分析。另依固定式、移動式及手持式 3 種感測器之不同應用方式提出操作說明手冊及標準應用程序，需包括選址、安裝應用、移機、數據分析、熱區鑑定、執法應用、教育推廣、平臺及 APP 操作使用等。

3. 協助本署及地方政府落實水質感測器布建評估、規劃、執行：提供專業分析及建議，協助其協調工作，必要時協助地方政府進行布建位置之實地勘查。

4. 協助本署查核地方政府水質感測器數據品質：建立水質感測器查驗及抽測標準作業程序，經本署同意後，執行團隊須定期檢視地方政府感測器數據狀況，並於合辦計畫執行期間每 3 個月抽驗 1 次地方政府感測器數據，以確保地方政府數據正確性。

5. 彙整及分析全臺水質感測器數據分析：協助本署分析及彙整固定式、移動式及移動式水質感測器數據狀況（包含數據異常及設備異常），綜合本署 IoT 及 WoT 應用平臺分析功能，以大數據統計分析或其他分式解析感測數值，判斷地方政府使用狀況、各應用場域數據分布、感測器數據及設備衰減情形、數據品質及及環境應用效益，於 111 年 10 月 31 日前產出感測器數據應用評估報告 1 份。

6. 協助精進水科技物聯網平臺功能：協助本署蒐集地方政府及相關單位應用水科技物聯網平臺之回饋意見，提出功能精進建議及訂定感測器資料介接之架構規範，協助本署及使用者調整與溝通平臺相關設定。

7. 規劃及辦理研討會、記者會、研商會、說明會或教育訓練（半日以上，場地容納 51 人以上規模）共 2 場次，對象為環保局、業者及相關用水單位（不含校園），協助規劃及彙整資料，提供/製作簡報、

海報、背板及相關文件等，必要時提供場地租借、器材租借、布場、展示品製作（如水質感測器 3D 列印模型）、說明素材製作、茶水及餐點，以機關實際需求為優先辦理。

8. 協助本署辦理智慧水聯網布建發展相關事項，包含召開本署與地方政府布建發展研商會議、計畫成果發表、宣傳、活動策劃、海報及新聞稿研擬、機關報告案等相關素材、圖卡、懶人包及簡報等製作，以及機關臨時交辦事項。

9. 配合 111 年度科技計畫辦理計畫調整、執行成果填報及提交年度重要成果效益報告。

10. 針對水質感測技術或裝置，提出智慧財產申請送審 1 件次，以及進行技轉及智財授權 1 件次。依據「政府科學技術研究發展成果歸屬及運用辦法」，適時進行相關專利申請，並全權辦理感測器整合系統後續技術橋接產業應用發展，協助感測器整合組裝系統後續技術轉移、製造生產及授權事宜。並依據「政府科學技術研究發展成果歸屬及運用辦法」第 17 條規定，相關智慧財產權產出及獲益總收入（授權金、權利金或價金）之一定比率，應交由環保署繳交國庫或循預算程序撥入行政院指定之基金。執行單位如公、私立學校或公立研究機關（構）者，其繳交收入比率為 20%，其他執行研究發展之單位，其繳交收入之比率為 40%。

1.3 章節安排

本計畫主要工作執行方法將於後續章節說明，其計畫作業架構及工作項目如圖 1-1 所示。

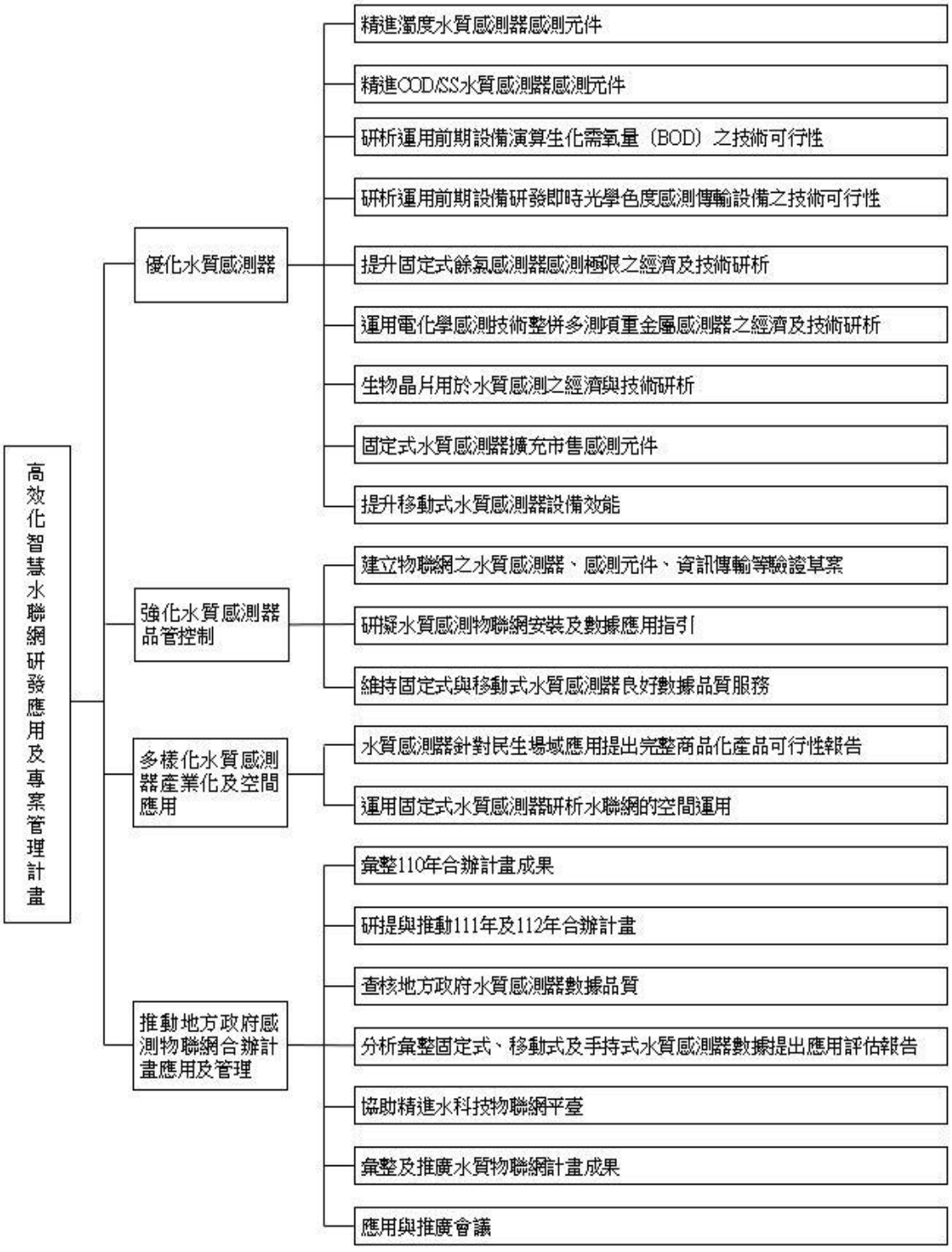


圖 1-1 計畫作業架構及工作項目

1.4 預定進度與查核點

一、 預定進度說明

按「評選須知」之規定，本計畫執行期間自 111 年 1 月 1 日起至 111 年 12 月 31 日止，於決標後即召開工作起始會議，111 年 5 月進行第一次工作進度報告，111 年 8 月提出期中工作進度報告。於本計畫執行期間最後一個月前提出期末報告初稿，送請環保署審查。截至 11 月 30 日止，已完成之查核點及達成情形如表 1-1：

表 1-1 各查核點達成情形

查核點	預定完成時間	查核點內容說明	達成情形
（17）	111.04.30	完成固定與移動式已布建水質感測器 1~4 月之有效數據完整率與數據品質滿意度評估，並均達到> 85 %之目標	已完成 30 臺固定式水質感測器 1~4 月之有效數據完整率與數據品質滿意度評估，數據品質完整率 96.4%；數據品質滿意度 94.5%。
（9）	111.05.31	生物晶片運用於水質感測之原理及機制探討	已蒐集生物晶片運用於水質感測之相關案例及原理，並彙整生物晶片應用於水質監測相關領域之優劣勢分析
（11）	111.05.31	完成 10 組擴充後固定式感測器現場安裝	已完成 10 組擴充後固定式感測器於南崁溪流域、華亞科技園區、新竹工業區、污水處理廠、新竹淨水廠之布建
（13）	111.05.31	完成5臺精進版移動式水質感測器布建工作	完成 5 臺精進版移動式水質感測器布建工作；桃園河道模擬 2 臺、高雄困難場域 3 臺。
（24）	111.05.31	第一次工作進度報告	已完成第一次工作進度報告
（1）	111.08.31	完成優化後濁度感測元件 1 臺	已完成優化後濁度感測元件 1 臺，並完成標準品規格驗證。
（3）	111.08.31	完成優化後 COD／SS 感測元件 2 臺	已完成優化後 COD／SS 感測元件 2 臺，並完成標準品規格驗證。
（5）	111.08.31	完成提升餘氯感測器感測極限之技術可行性評估	已完成以安培法為原理基礎，評估下修感測極限及增加數據量測頻率之可行性評估
（7）	111.08.31	建立多測項（至少兩項）重金屬電化學感測技術及操作參數	選定銅與鉛做為本年度多測項重金屬感測項目，並已完成感測技術與操作條件建立

查核點	預定完成時間	查核點內容說明	達成情形
（18）	111.08.31	完成固定與移動式已布建水質感測器 5~8 月之有效數據完整率與數據品質滿意度評估，並均達到＞ 85%之目標	已完成 30 臺固定式水質感測 5~8 月之有效數據完整率與數據品質滿意度評估，數據品質完整率 97.8%；數據品質滿意度 90.6%；10 臺移動式水質感測 5~8 月之數據品質完整率 90.9%；數據品質滿意度 92.5%。
（15）	111.09.15	提出水質物聯網之感測器驗證草案 1 份	已完成水質物聯網之感測器驗證草案 1 份
（25）	111.09.15	期中報告撰寫	已完成期中報告
（2）	111.10.31	完成濁度感測元件標準液規格驗證與實場水測試	已完成濁度感測模組之標準品與實場水樣驗證，符合計畫設定之精密度與準確度規格。
（4）	111.10.31	完成 COD／SS 水質感測元件標準液規格驗證與實場水測試	已完成濁度感測模組之標準品與實場水樣驗證，符合計畫設定之精密度與準確度規格。
（6）	111.10.31	完成提升餘氯感測器感測極限之經濟成本評估	已完成提升餘氯感測極限及量測頻率之技術可行性評估，並以既有電化學機臺為參考進行經濟成本評估。
（8）	111.10.31	完成多測項（至少兩項）重金屬電化學感測機臺之經濟成本評估	已完成多測項(銅和鉛)重金屬電化學感測技術可行性評估，並以既有電化學機臺為參考進行經濟成本評估。
（10）	111.10.31	完成生物晶片運用於水質感測之水質感測案例及可行性評估	已完成生物晶片運用於水質感測之水質感測案例及可行性評估
（12）	111.10.31	10 組固定式感測器實驗室及場域測試報告	已完成固定式感測器實驗室與場域測試報告
（14）	111.10.31	完成5臺精進版移動式水質感測器驗證報告 1 份	已完成 5 臺精進版移動式水質感測器驗證報告 1 份
（16）	111.10.31	研擬水質感測物聯網安裝及數據應用指引 1 份	已於 10 月 31 日完成指引 1 份並發文送出
（20）	111.10.31	完成水質模式應用於水聯網之可行性報告 1 份	已於 10 月 31 日完成水質模式應用於水聯網之可行性報告 1 份
（22）	111.10.31	彙整及分析全臺水質感測器數據分析	已於 10 月 31 日完成評估報告 1 份並發文送出

查核點	預定完成時間	查核點內容說明	達成情形
（19）	111.11.30	完成固定與移動式已布建水質感測器 9~11 月之有效數據完整率與數據品質滿意度評估，並均達到＞ 85%之目標	已完成 30 臺固定式水質感測 9~12 月之有效數據完整率與數據品質滿意度評估，數據品質完整率 98.1%；數據品質滿意度 89.8%；10 臺移動式水質感測 9~12 月之數據品質完整率 91.3%；數據品質滿意度 92.5%。
（21）	111.11.30	完成提交固定式、移動式及手持式之感測器操作說明手冊及標準應用程序	已完成固定式、移動式及手持式之感測器操作說明手冊及標準應用程序
（23）	111.11.30	完成對外發表 3 篇論文、專利申請 1 件及技轉 1 件	已完成投稿 3 篇論文與 1 件次專利與技轉 1 件
（26）	111.11.30	期末報告撰寫	已完成期末報告

二、 查核點

按評選須知之規定及預定工作進度，本計畫工作之預定進度及查核重點如表 1-2、表 1-3 所示：

表 1-2 預定工作進度（以甘特圖表示）

預定進度（以甘特圖表示）												
工作內容項目	年別	111										
	月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
一、優化水質感測器												
(一) 完成優化後濁度感測元件 1 臺									（1）			
(二) 完成濁度感測元件標準液規格驗證與實場水測試											（2）	
(三) 完成優化後 COD/SS 感測元件 2 臺									（3）			
(四) 完成 COD/SS 水質感測元件標準液規格驗證與實場水測試											（4）	
(五) 完成提升餘氯感測器感測極限之技術可行性評估									（5）			
(六) 完成提升餘氯感測器感測極限之經濟成本評估											（6）	
(七) 建立多測項（至少兩項）重金屬電化學感測技術及操作參數									（7）			
(八) 完成多測項（至少兩項）重金屬電化學感測機臺之經濟成本評估											（8）	

預定進度（以甘特圖表示）												
工作內容項目	年別	111										
	月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
(九) 生物晶片運用於水質感測之原理及機制探討						（9）						
(十) 完成生物晶片運用於水質感測之水質感測案例及可行性評估											（10）	
(十一) 完成 10 組擴充後固定式感測器現場安裝						（11）						
(十二) 10 組固定式感測器實驗室及場域測試報告											（12）	
(十三) 完成 5 臺精進版移動式水質感測器布建工作						（13）						
(十四) 完成 5 臺精進版移動式水質感測器驗證報告 1 份											（14）	
二、強化水質感測器品管控制												
(一) 提出水質物聯網之感測器驗證草案 1 份										（15）		
(二) 研擬水質感測物聯網安裝及數據應用指引 1 份												（16）

預定進度（以甘特圖表示）												
工作內容項目	年別	111										
	月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
(三) 完成固定與移動式已布建水質感測器 1~4 月之有效數據完整率與數據品質滿意度評估，並均達到 > 85 %之目標					（17）							
(四) 完成固定與移動式已布建水質感測器 5~8 月之有效數據完整率與數據品質滿意度評估，並均達到 > 85 %之目標									（18）			
(五) 完成固定與移動式已布建水質感測器 9~11 月之有效數據完整率與數據品質滿意度評估，並均達到> 85 %之目標												（19）
三、多樣化水質感測器產業化及空間應用												
(一) 完成水質模式應用於水聯網之可行性報告 1 份											（20）	
四、推動地方政府感測物聯網合辦計畫應用及管理												
(一) 完成提交固定式、移動式及手持式之感測器操作說明手冊及標準應用程序												（21）

預定進度（以甘特圖表示）												
工作內容項目	年別	111										
	月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
(二) 彙整及分析全臺水質感測器數據分析											（22）	
(三) 完成對外發表 3 篇論文、專利申請 1 件及技轉 1 件												（23）
第一次工作進度報告						（24）						
期中報告										（25）		
期末報告												（26）
預定進度累積百分比（%）		2	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

表 1-3 查核點說明

查核點	預定完成時間	對應章節	查核點內容說明
（1）	111.08.31	3.1.1	完成優化後濁度感測元件 1 臺
（2）	111.10.31		完成濁度感測元件標準液規格驗證與實場水測試
（3）	111.08.31	3.1.2	完成優化後 COD/SS 感測元件 2 臺
（4）	111.10.31		完成 COD/SS 水質感測元件標準液規格驗證與實場水測試
（5）	111.08.31	3.1.5	完成提升餘氯感測器感測極限之技術可行性評估
（6）	111.10.31		完成提升餘氯感測器感測極限之經濟成本評估
（7）	111.08.31	3.1.6	建立多測項（至少兩項）重金屬電化學感測技術及操作參數
（8）	111.10.31		完成多測項（至少兩項）重金屬電化學感測機臺之經濟成本評估
（9）	111.05.31	3.1.7	生物晶片運用於水質感測之原理及機制探討
（10）	111.10.31		完成生物晶片運用於水質感測之水質感測案例及可行性評估
（11）	111.05.31	3.1.8	完成 10 組擴充後固定式感測器現場安裝
（12）	111.10.31		10 組固定式感測器實驗室及場域測試報告
（13）	111.05.31	3.1.9	完成 5 臺精進版移動式水質感測器布建工作
（14）	111.10.31		完成 5 臺精進版移動式水質感測器驗證報告 1 份
（15）	111.09.15	3.2.1	提出水質物聯網之感測器驗證草案 1 份
（16）	111.10.31	3.2.2	研擬水質感測物聯網安裝及數據應用指引 1 份
（17）	111.04.30	3.2.3	完成固定與移動式已布建水質感測器 1~4 月之有效數據完整率與數據品質滿意度評估，並均達到> 85 %之目標
（18）	111.08.31		完成固定與移動式已布建水質感測器 5~8 月之有效數據完整率與數據品質滿意度評估，並均達到> 85 %之目標
（19）	111.11.30		完成固定與移動式已布建水質感測器 9~11 月之有效數據完整率與數據品質滿意度評估，並均達到> 85 %之目標
（20）	111.10.31	3.3.2	完成水質模式應用於水聯網之可行性報告 1 份
（21）	111.11.30	3.4.3	完成提交固定式、移動式及手持式之感測器操作說明手冊及標準應用程序
（22）	111.10.31	3.4.4	彙整及分析全臺水質感測器數據分析
（23）	111.11.30	3.4.7	完成對外發表 3 篇論文、專利申請 1 件及技轉 1 件
（24）	111.05.31		第一次工作進度報告
（25）	111.09.15		期中報告
（26）	111.11.30		期末報告

第二章 優化水質感測器

一、 現況說明

本團隊於前期計畫中利用光學與電化學原理，針對多項水質感測項目如：化學需氧量、懸浮固體物、餘氯、濁度等進行國產化元件的開發，並利用上述元件搭配成為固定式、移動式與手持式水質感測器。目前固定與移動式感測設備已應用於國內多種應用場域如：工業區、灌溉渠道與河川環境監測；而手持式設備也應用於環境教育與河川巡守隊等。為持續強化水質感測器的應用與推廣，依據本案要求團隊提出以下幾點規劃：(一) 精進水質感測器感測元件：針對淨水領域的濁度及廢水領域的 tCOD/SS 進行韌體與演算功能提升，並產出新版感測元件；(二) 提升固定式水質感測器設備效能：(1) 利用已開發設備，評估新感測項目如：生化需氧量、色度、重金屬等之感測可行性；(2) 利用既有設備研析擴充或替換市售感測元件可行性；(三) 提升移動式水質感測器設備效能：(1) 強化演算軟體之數據穩定性與解析能力；(2) 研析縮小移動式感測器機體、優化電路配置、強化防水機能及運用網路節點傳輸之可行性；(3) 利用既有設備研析擴充或替換市售感測元件可行性。

二、 執行策略與方法

本團隊於前期計畫中，已開發出利用光學原理量測濁度、化學需氧量及懸浮固體物及利用電化學原理量測重金屬銅離子與自由餘氯之感測設備，本年度計畫為達成前述計畫目標，預計之執行方式說明如下：

(一) 精進固定式光學感測設備部分：應用韌體更新、電路設計與軟體計算方式，持續提升設備對於感測項目之精確度，並增加零點偏移修正的功能。

(二) 研析既有設備對新測項開發之經濟與技術可行性：利用已開發設備，針對偵測極限下修、新項目感測、感擾去除、多元監測等，利用國內外文獻收集或可行性實驗等手法，評估開發之技術可行性與經濟效益。

(三) 精進固定式水質感測設備：研析擴充或替換市售感測元件可行性，並運用至少 10 臺前期計畫設備進行測試，增加如銅離子、流速、水位、餘氯、鹽度、溶氧或氨氮等感測元件，並提出實驗室及場域測試報告。

(四) 精進移動式水質感測設備：（A）強化演算軟體，提升溫度、酸鹼度、導電度及溶氧數據穩定性與解析能力；（B）研析縮小移動式感測器機體、優化電路配置、強化防水機能及運用網路節點傳輸之可行性；（C）研析擴充或替換市售感測元件可行性，並運用至少 5 臺前期計畫設備進行測試，增加如銅離子、流速、水位、餘氯、鹽度、溶氧或氨氮等感測元件，並提出實驗室及場域測試報告。

三、 預期效益

藉由優化固定式與移動式水質感測器，除可大幅提升感測之精確度，並提供高品質之感測數據供水質感測物聯網平臺使用。所新增或擴充之感測項，除在原有的環境管理、預警與稽查等情境可持續應用外，亦可針對其他領域如：系統加藥控制、養殖水體管理、河川水質模式推估等進行更多元之應用，預期除可應用於高風險區域之環境執法外，亦可對具商業價值之產業進行多面向之推廣，達到產業化應用之目的。

2.1 精進濁度水質感測器感測元件

目前即時水質感測技術之研究方法有光學頻譜分析量測、軟感測器(Soft sensor)、人工智慧及統計等技術。其中利用光譜分析量測之技術具有靈敏、準確、快速、降低干擾及全系統分析等多種優點，可取代多數水質分析實驗與傳統接觸式量測設備。光譜分析量測技術運用於水質檢測中，大多以可見光/近紅外光區段為普遍運用之方法，可量測水體中之濁度濃度。

本工作項目主要工作為精進 110 年開發之濁度感測元件，其規格包括：（一）量測範圍：0.1－1,000 NTU，除可涵蓋自來水清水及正常原水濃度範圍外，亦可針對汛期或暴雨時高濁度預警使用；（二）持續針對感測範圍、模組、演算模式及通訊各方面精進濁度光學感測模組，精密度之相對標準差須< 5%，

比對標準液之準確度須介於±10 NTU 或讀值之±20 %以內；（三）24 小時之零點偏移為±5 NTU。同時利用上述之技術，產出 1 臺優化濁度感測元件。

一、 國產濁度感測器光學演算模式建立

(一) 濁度水質光學特性之建立

針對待測之場域廢水中可能之成分進行分類與分析，建立各種水質光學頻譜特性，其內容包含界定水質成分量測項目、界定各種成分光學頻譜特性及建立各種成分交互關係，做為定性與定量演算法之基礎。

本計畫依實際場域水質量測之需求訂定水質成分量測項目，並配製標準品及掃描其吸收/散射光譜建立其光譜特性資料庫，並探討其各種成分是否有交互關係存在，其主要建置內容如下：

1. 訂定水質成分量測項目

水質濁度即水的外觀的一種指標，當水中含有粘土、細泥、有機和無機膠體、或浮游生物等會懸浮在水中的物質時，它會將經過的光線折射或反射，當含量較多時，水看起來就會污濁。濁度的單位是 NTU(Nephelometric Turbidity Unit)，當 1 公升的水中含有 1 毫克(mg)的二氧化矽(SiO_2)時，此時水樣的渾濁程度稱為 1 NTU 或 1 度。

為符合飲用者對自來水外觀的需求，「飲用水水質標準」的濁度最大限值是 2 NTU；雖然很多造成濁度的粒子是無害的，但它會保護細菌免受消毒劑的摧毀，如果濁度超過標準，亦被視為淨水和供水管理不夠完善，必須立即加以改善以確保飲用者的安全。現今常用的濁度分析為「散射比濁測定法」，簡單而言就是量測「光線通過水樣時受到阻礙」的程度，也就是比較「水樣」和「標準參考濁度懸浮液」受到特定光照之後，兩者所產生的散射光強度，散射光強度較大者，其濁度較大。因此，本計畫針對自來水重要之污

染參數-濁度做為量測項目，進行本計畫自動光學水質感測裝置之主要量測項目。

2. 界定濁度之光學頻譜特性

根據訂定量測之水質項目，標準品選用考量其成分特性及代表性，另一方面亦可與環保署環檢所之檢驗方法做比對。因此，本計畫以福馬林(Formazin)標準濁度懸浮液作為量測之標準品，其在成分特性上都較為穩定，可建立單一成分之光譜特性，以界定其成分之吸收/散射波段、特徵波長及吸光/散射係數，以做為後續演算法之基礎。

3. 建立各種成分交互關係

廢水中不同成分及組成之吸收/散射度是否影響整體吸收/散射光譜，造成各種成分在演算時無法準確定性及定量，本團隊亦探討其各種成分交互關係、各種成分互相影響程度、干擾程度，以避免在演算或量測時造成濃度高估與低估之情況。

(二) 廢水水質定性定量演算法建立

廢水水質定性定量演算之分析程序，其為利用全波段掃描之吸收與散射光譜，經過資料前處理及雜訊剔除，再根據所建置之光譜特性資料庫中，分別建立其吸收與散射光譜特性，依序定性及定量出廢水水質成分。演算法之分析程序主要分為光譜資料前處理、定性演算法及定量演算法三個部分，以下依各程序加以說明。

1. 光譜資料前處理

在進入定性及定量分析演算程序之前，對於掃描水質所得之吸收或散射光譜需訂定其資料分析之範圍值，進一步去除雜訊以選取較有意義之光譜資料做為後續演算法計算之依據。因此，選取資料上限時根據 Beer-Lambert 定律經驗計算公式，所得之吸光/散

射度其值若為 2 以上，代表其物質成分所吸光/散射光強度之程度在於 99%至 100%間，其吸光/散射光差異值只在於 1%以下，設定吸光/散射度 2 為吸收/散射光譜資料上限值，以做為資料前處理之依據；而選取資料下限值，往往取決於儀器偵測之靈敏度而定，因此於本計畫所使用儀器之偵測極限為 0.001，設定吸光/散射度 0.001 為光譜資料下限值，以做為資料前處理之依據。

2. 定性分析演算法

針對不同成分其吸收/散射波段亦不同，而定性分析法即為利用全波段掃描之吸收/散射光譜，比對所建置之水質光譜特性資料，由長波長至短波長依序檢視其吸光度以推估水樣中存在水質成分，並計算其初步推估濃度，以定性出水樣之成分。

3. 定量分析演算法

定量分析演算法主要根據定性分析之結果，利用初步推估之濃度，進一步推估水樣各成分之濃度。演算法首先需根據所建置之光譜特性資料庫，判斷水樣各種成分目間是否存在交互影響關係，在各種成分無干擾之下可依定量分析程序，以線性規劃與扣除濃度方法推估成分之濃度；若在各種成分間有交互影響關係存在，必需還原其造成之吸光度，再以同樣之演算程序推估水樣之成分濃度。

(三) 濁度推估模式建立步驟

本團隊將利用正常原水及自來水清水分別建立光譜資料庫，定義主要吸收/散射波長後，分別利用統計方式建立演算模式，同時針對欲建立演算法之特定場域，定義其濁度之貢獻度，來開發完整濁度推估模式，推估模式建立步驟如圖 2-1 所示，並將主要工作敘述如下：

1. 場域水質光譜資料庫建立：分別針對場域之水樣，掃描其濁度之吸收與散射光譜資料，並建立光譜資料庫。

2. Model Turbidity 推估模式建立：利用定性分析推估出之濁度特徵波長與大量水樣建立之吸光/散射資料庫，藉由統計方式同步考慮干擾物質之貢獻度後，建立濁度之推估模式-Model Turbidity，以推估真實水樣之濁度。濁度感測模組利用每一光源可量測到其散射光強度、穿透度與參考光源強度的結果，分別建立了以下五種演算模式，分述如下：

   (1) 純散射模式(Ts1)：利用散射光強度，來進行濁度運算。

   (2) 散射/參考比值模式(Ts2)：利用經過參考光強度修正後之散射光強度，來進行濁度運算。

   (3) 散射/穿透比值模式(Ts3)：利用經過穿透光強度修正後之散射光強度，來進行濁度運算。

   (4) 純穿透模式(Tt1)：利用穿透光強度變化，以 Beer-Lambert law 來進行濁度運算。

   (5) 穿透/參考比值模式(Tt2)：利用經過參考光強度修正後之穿透光強度變化，以 Beer-Lambert law 來進行濁度運算。

3. 實場濁度濃度推估：以實際濃度與推估濃度作為比對，平均誤差是否符合在期望值以內，來檢驗所建置 model 的可靠性。若不符合誤差範圍內，就必須重新修正演算法的建立，直到結果之平均誤差低於期望值。依據前期計畫成果顯示，低濃度(<20~40 NTU)以散射/參考比值模式(Ts2)結果較佳，而中高濃度(40-1,000 NTU)則以穿透/參考比值模式(Tt2)計算結果較佳。

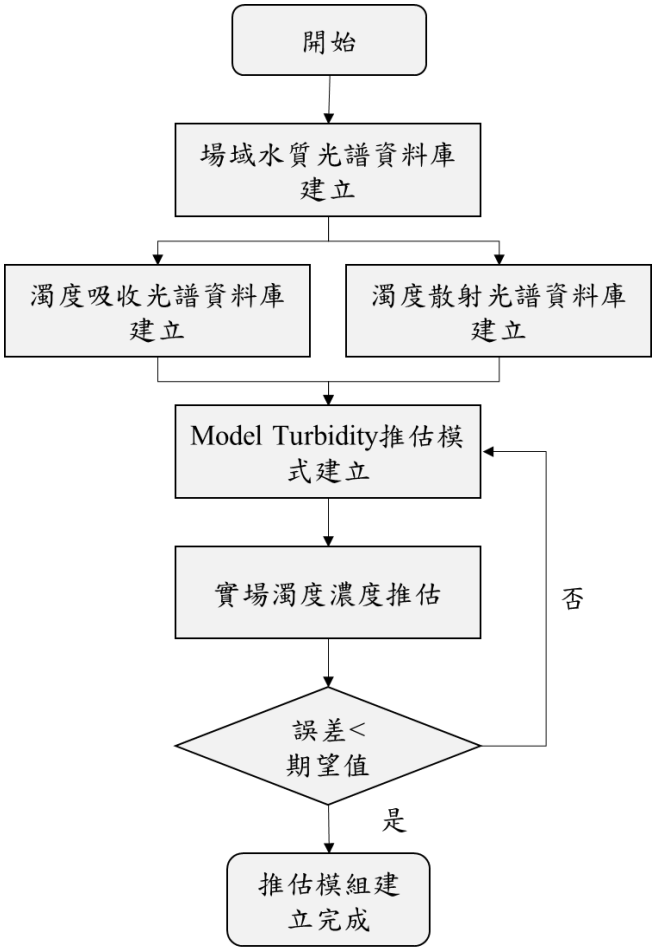


圖 2-1 濁度推估模式建立步驟流程圖

二、 工作進度說明

(一) 濁度光學特性建立

利用連續光譜實驗測試不同濁度在 200~890 nm 之吸收度，如下圖 2-2 所示。結果顯示，在 UV 波段(200-380 nm)其 R^2 介於 0.876-0.988 之間；在 VIS 波段(380 - 750 nm) 其 R^2 介於 0.985 - 0.999 之間；在 NIR 波段(> 750 nm)其 R^2 介於 0.996-0.998 之間，各波段量測濁度標準品之 R^2(MAX, MIN)如表 2-1 所示。由此可知，可見光與近紅外光對於濁度標準品吸收度之相關性較高，在濁度 0 - 500 NTU 之圖譜顯示均有足夠之鑑別度，後續感測模組內部元件選擇方向以 500 - 900 nm 之光源與光電偵測二極體(PD)為主要設計評估方向，結合參考國內標準方法（NIEA W219.52C）與國際標準方法（USEPA 180.1

與 ISO 7027）優先選取 550、850 nm 兩波段之光源進行可攜式濁度分析儀設計。

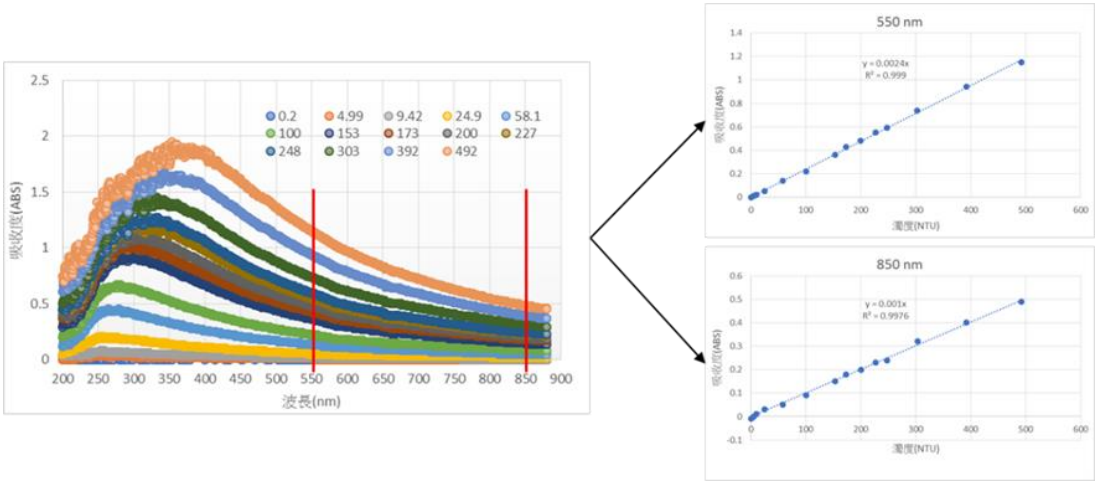


圖 2-2 連續光譜儀量測不同濁度標準品之吸收度

表 2-1 各波段量測濁度標準品之 R^2(MAX, MIN)

Wavenumber Range	$R^2_{(MAX)}$	$R^2_{(MIN)}$
λ= 200 - 380 nm	0.988	0.876
λ= 380 - 750 nm	0.999	0.985
λ= > 750 nm	0.998	0.996

(二) 濁度推估模式建立

經由前述濁度光學特性結果分析出之濁度特徵波長的基礎，本計畫進一步由過去所建立的天然原水包括：溪水、河水與自來水清水之水質吸光/散射光譜資料庫，藉由統計方式同步考慮干擾物質之貢獻度後，建立濁度之推估模式-Model Turbidity，以推估真實水樣之濁度。濁度感測模組利用每一光源可量測到其散射光強度、穿透度與參考光源強度的結果，分別建立了以下五種演算模式，分述如下：

1. 純散射模式(Ts1)：利用散射光強度，來進行濁度運算。
2. 散射/參考比值模式(Ts2)：利用經過參考光強度修正後之散射光強

度，來進行濁度運算。

3. 散射/穿透比值模式(Ts3)：利用經過穿透光強度修正後之散射光強度，來進行濁度運算。

4. 純穿透模式(Tt1)：利用穿透光強度變化，以 Beer-Lambert law 來進行濁度運算。

5. 穿透/參考比值模式(Tt2)：利用經過參考光強度修正後之穿透光強度變化，以 Beer-Lambert law 來進行濁度運算。

建立上述五種濁度演算模式後，以濁度標準品進行濁度感測模組之驗證，結果如下圖 2-3 所示，兩種光源(VIS、IR LED)於低濁度(0.1-50 NTU)，五種模式皆有良好的推估結果，誤差<15%；較高濁度(50-1,000 NTU)以穿透為主要計算方法之 Tt1 及 Tt2，有更好的推估結果，誤差<10%。經標準品驗證，以「低濃度散射」、「高濃度穿透」並搭配參考光強度的運算模式為最佳結果，本計畫後續針對人機介面的設計將會以上述散射/參考比值模式(Ts2)及穿透/參考比值模式(Tt2)做為主要顯示與演算模式。

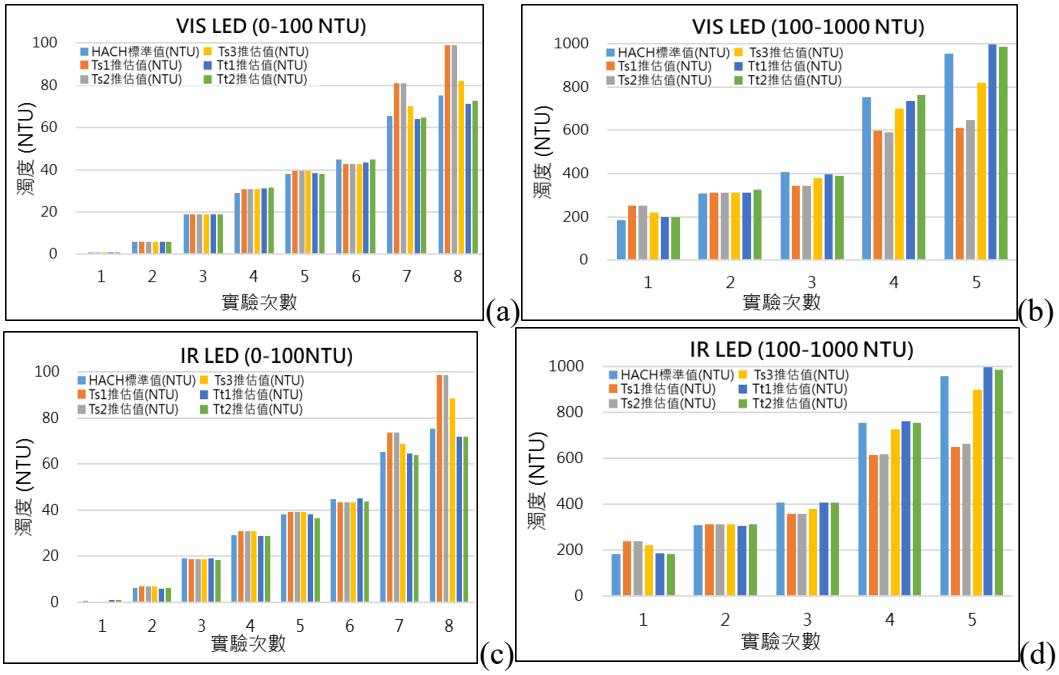


圖 2-3 濁度感測模組之標準品驗證結果

(三) 濁度感測模組與電路板優化設計

1. 流動/批次兩用光析槽設計(如圖 2-4(a))：

(1) 光析槽採用管狀設計，可減少死角區域所造成量測濃度不均勻之問題，也有助於量測後自動沖洗光析槽之清潔效果。

(2) 光析槽採用下進側出之流道設計，可減少連續進樣時之微氣泡生成，確保光分析路徑均有充滿水樣，水樣中若有懸浮物也能在不沉降之均勻混合狀態下進行量測，可降低量測濃度不均勻之情形。

(3) 光析槽下端採用錐底設計，可減少因平底設計導致槽底長期排水不良，造成懸浮物殘留沉積之情形。

(4) 光析槽上端採用可開口旋蓋設計，維護保養時可打開帽蓋手動清洗光析槽非常方便，若將進出口堵住改由上端開口批次進樣量測，可比擬一般可攜式濁度分析儀之操作，批次進樣也能大幅減少儀器校正時之標準品使用量。

(5) 光析槽治具採用一體成型與卡榫固定設計，維護保養時無需使用工具拆卸螺絲即可取出光析槽非常方便。

2. 雙光源多光偵測器設計(如圖 2-4(b))：

(1) 同時提供二種光源選用，可見光 LED 適用於透明水樣，近紅外光 LED 適用於有色水樣，可針對不同特性水樣選擇最佳光源。

(2) 每種光源具備三組光偵測器(散射光+穿透光+參考光)，並提供五種量測模式選用(純散射模式、散射/參考比值模式、散射/穿透比值模式、純穿透模式、穿透/參考比值模式)，可針對不同濁度範圍選擇最佳量測模式。

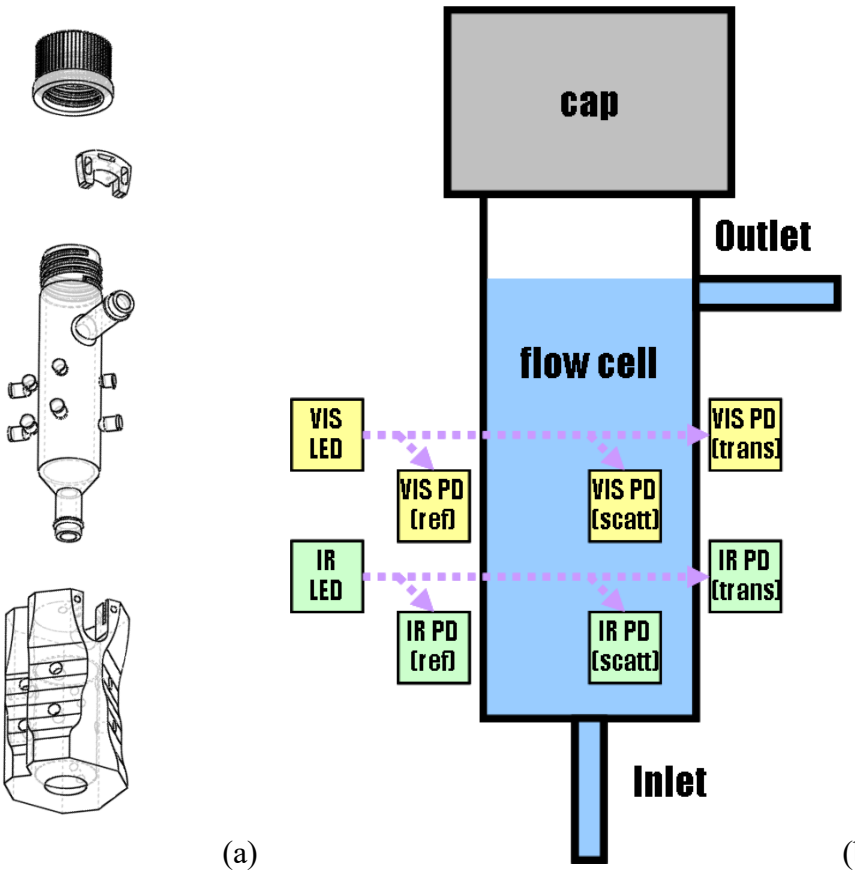


圖 2-4 濁度感測器設計：(a)爆炸圖；(b)示意圖

3. 濁度感測模組量測範圍

圖 2-5 為所開發之濁度感測模組量測範圍的測試結果，由圖可知，本感測模組針對 4,000 NTU 以下之濃度均有良好光學反應，與標準儀器比較結果顯示，0-20、20-2,000 NTU 之量測誤差分別為 <1%及 9%；但大於 2,000 NTU 以上可能因為樣本較容易沈澱造成光學量測上略顯不穩，但已可符合本計畫之需求(0.1-1,000 NTU)，未來若有高濁度感測需求，可考慮搭配流動式光析槽設計即可。

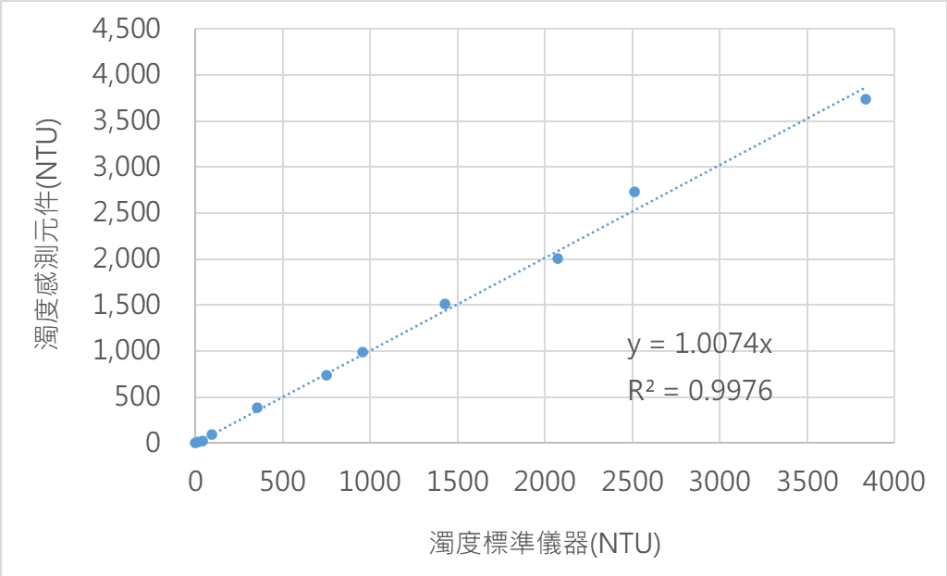


圖 2-5 濁度感測器量測範圍測試結果

4. 支援 Modbus 通訊協定之電路板設計

(1) 電路板硬體設計：

A. 可用跳線切換 RS485(預設值)或 RS232 介面，以及韌體可讀寫(預設值)或防寫入功能。

B. 同時具備 2-pin 端子台(RS485 專用)與 DB9 接頭(RS485 與 RS232 通用)，DB9 接頭配線規則為 pin 1 = D+／pin 5 = GND ／pin 6 = D-。

C. 具備支援 Modbus 通訊協定之 4.3 吋觸控人機介面，濁度感測模組直接升級可攜式濁度分析儀，無需與系統或平臺連接即可單機操作。

(2) 電路板韌體設計：

A. 具備內部校正與外部校正功能，具備 EEPROM 可存取校正參數。

B. 具備光源強度手動調整與自動補償功能。

C. 具備多段休眠省電模式。

(3) 電路板通訊設計：

A. Modbus 通訊協定格式：RTU slave／5 digits／2 byte mode。

B. Modbus 通訊協定參數：

(A) communication speed：19200 bps。

(B) data bit：8。

(C) parity bit：none。

(D) stop bit：1。

(E) device address：1 to 255 (預設值 255)。

C. 可擴充支援藍牙通訊協定。

已完成之電路板設計圖與實體照如圖 2-6 與圖 2-7，後續將執行詳細除錯流程除錯程序(Debug)，針對供電、耗電、穩壓、元件焊接正確性、線路連接妥善、觸發等程序進行確認，並與後續光學模具進行組合測試。

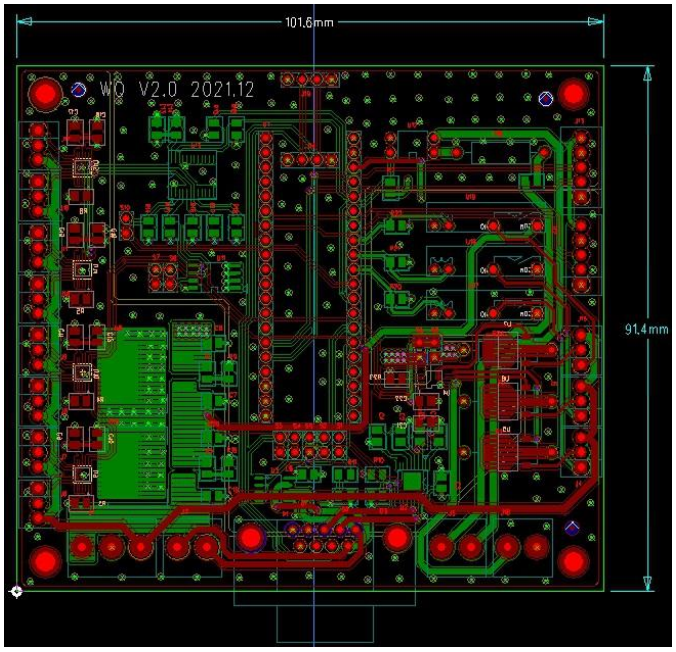


圖 2-6 濁度感測模組電路設計圖

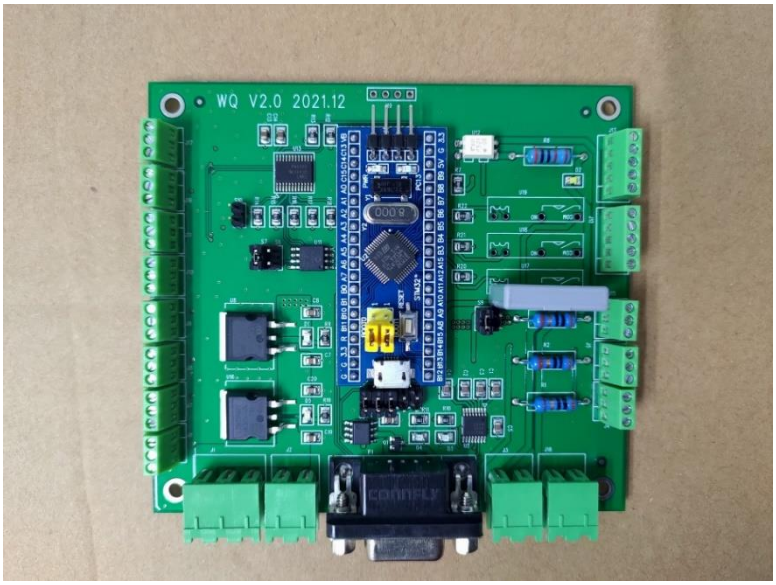


圖 2-7 濁度感測模組電路照片

(四) 濁度感測模組優化

利用前述選用之電路板與光學元件，目前本計畫已完成濁度感測模組之精進，並完成 1 組濁度感測模組改裝，如圖 2-8 所示，並組裝至固定式水質感測器中，如圖 2-9 所示。在機型優化後與前一代之差異處如表 2-2 所示，目前已完成相關的標準液規格驗證及實場水樣測試。

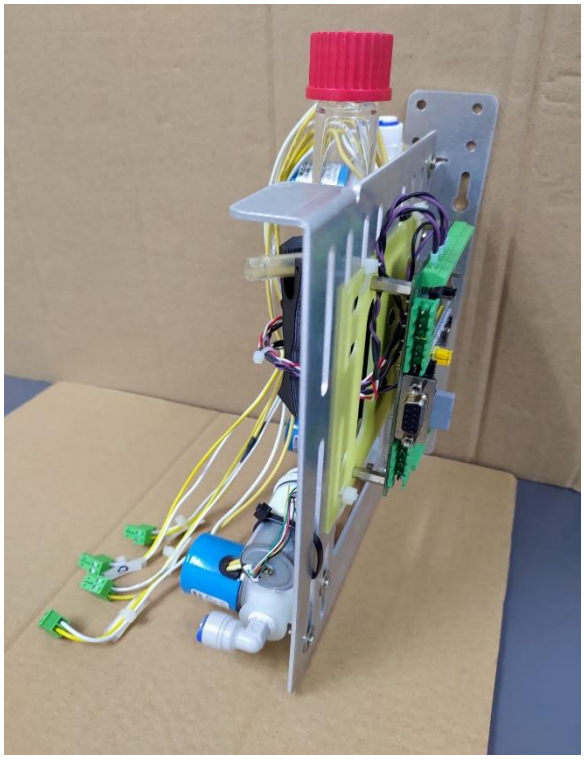


圖 2-8 濁度感測模組改裝照片



圖 2-9 整合濁度感測模組之固定式水質感測器照片

表 2-2 濁度感測器精進規格比較

項目	**110** 年	**111** 年
量測範圍	(0.1–1000) NTU	(0.1–1000) NTU
精密度	相對標準差< 10 %	相對標準差< 5 %
準確度	介於±10 NTU 或讀值之±20 %中較大者@標準液	介於±10 NTU 或讀值之±20 %中較大者@標準液
零點偏移	無	介於±5 NTU@24 小時
光析槽	流動/批次兩用設計 下進側出之管狀設計 下端錐底設計	流動/批次兩用設計 下進側出之管狀設計 下端錐底設計
光析槽治具	一體成型、卡榫固定	一體成型、卡榫固定
光源	雙光源(VIS 與 NIR LED 皆含) 光源強度自動補償	雙光源(VIS 與 NIR LED 皆含) 光源強度自動補償
光偵測器	散射光/穿透光/參考光 PD	散射光/穿透光/參考光 PD
量測模式	五種可選	五種可選
人機介面	觸控人機介面	觸控人機介面
校正模式	內部校正、外部校正	內部校正、外部校正
校正曲線	多段線性方程式	多項式方程式(最高五次方)
休眠模式	多段休眠省電	多段休眠省電
通訊模式	Modbus、藍牙(可擴充)	Modbus、藍牙(可擴充)

濁度感測模組設定在 100 NTU 以下時，會以散射/參考比值模式進行濁度量測，迴歸曲線採用五次方多項式方程式，可將校正曲線完美擬合（決定係數 R^2 值＝1.000），如圖 2-10 所示；超過 100 NTU 時，會以穿透/參考比值模式進行濁度量測，迴歸曲線採用三次方多項式方程式，亦可完美擬合校正曲線（決定係數 R^2 值＝1.000），如圖 2-11 所示。以此校正曲線進行濁度標準品之測試，在 0~1000 NTU 範圍內，可達到相當好的準確度，符合本年度精進的規格要求，如表 2-3 所示。

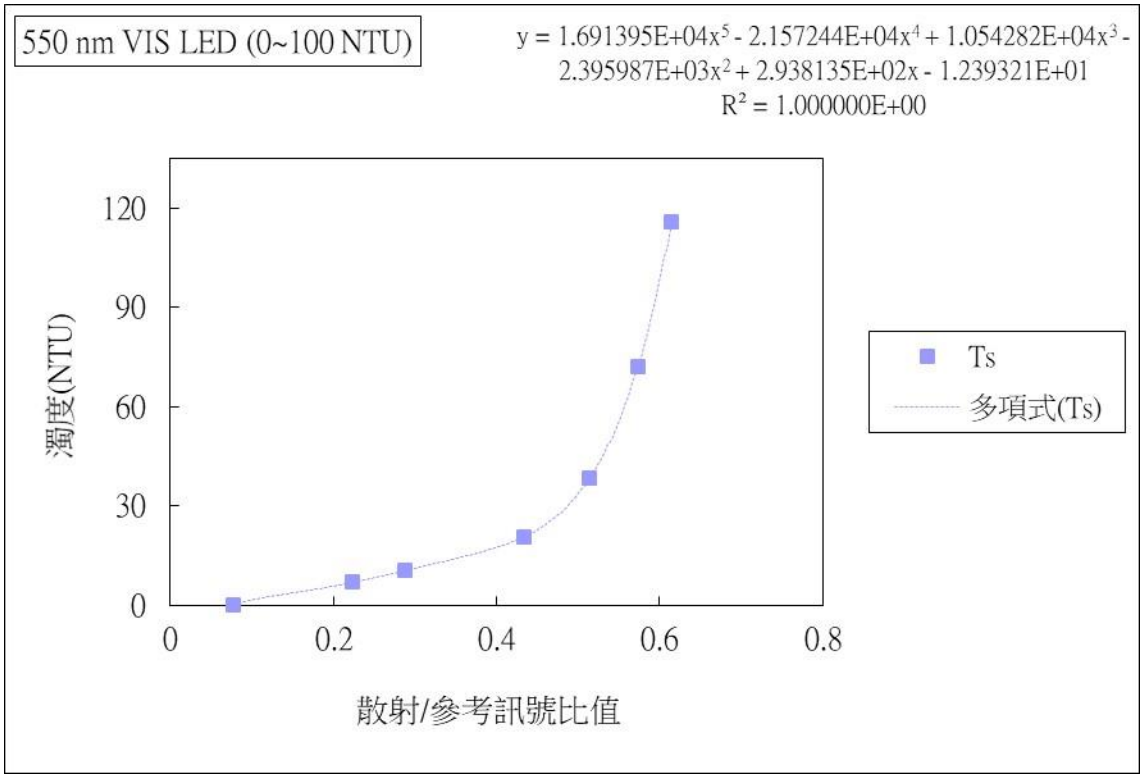


圖 2-10 散射/參考比值模式之濁度迴歸曲線

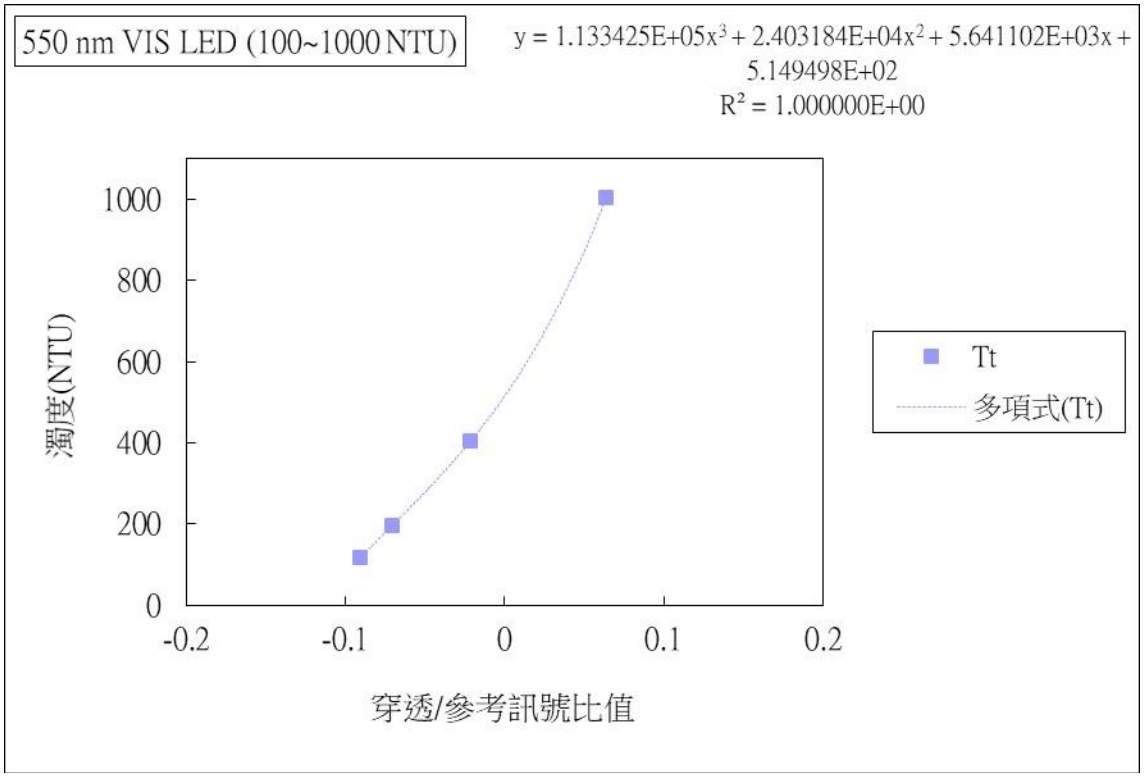


圖 2-11 穿透/參考比值模式之濁度迴歸曲線

表 2-3 濁度感測器標準品測試結果

濁度標準液 (NTU)	標準值 (NTU)	Ts	△Ts	△Ts%	Tt	△Tt	△Tt%
0	0.19	0.19	0.00	0.1%			
5	6.89	6.89	0.00	0.0%			
10	10.4	10.40	0.00	0.0%			
20	20.8	20.79	-0.01	0.0%			
40	38.3	38.31	0.01	0.0%			
70	72.0	71.99	-0.01	0.0%			
100	116	116.00	0.00	0.0%	116.00	0.00	0.0%
200	196				196.00	0.00	0.0%
400	404				404.00	0.00	0.0%
1000	1004				1004.00	0.00	0.0%

(五) 濁度感測模組零點偏移測試

濁度感測模組經優化並建立檢量線後，以濁度標準品配製 40 NTU 之測試溶液，於實驗室進行光學感測模組連續測試，其 24 小時感測結果如表 2-4 所示。結果顯示光學感測模組之測值誤差均小於 5 NTU，符合計畫要求之光學零點偏移 24 小時介於±5 NTU 之規格。

表 2-4 濁度感測模組 24 小時測試結果(40 NTU 濁度標準液)

測試時間	模組感測值(NTU)	絕對誤差(NTU)	相對誤差(%)
1	38.5	1.5	3.75
4	39.7	0.3	0.75
8	41.7	1.7	4.25
24	43.5	3.5	8.75

(六) 濁度實場水驗證

經濁度感測模組量測標準品範圍的測試結果後，以「低濃度使用散射/參考比值模式」、「高濃度使用穿透/參考比值模式」兩種運算模式為主，進行實場水之濁度驗證。

1. 自來水驗證

以自來水進行低濁度演算驗證結果如表 2-5 所示，由此結果顯示自來水為較低濁度水樣，其光學模組感測值與市售儀器標準值之量測絕對誤差皆可小於 0.1 NTU，符合計畫規格。

表 2-5 濁度感測器實場水-自來水量測數據

標準值(NTU)	模組感測值(NTU)	絕對誤差(NTU)	相對誤差(%)
0.92	0.91	0.01	1.09
	0.89	0.03	3.26
	0.95	0.03	3.26
1.85	1.77	0.08	4.32
	1.91	0.06	3.24
	1.94	0.09	4.86

2. 頭前溪水驗證

環境水樣取自新竹不同段之頭前溪水，並以市售標準濁度計與光學濁度模組進行實場水測試，測試結果整理於表 2-6，結果顯示此次採自頭前溪水之濁度值約為 40~60 NTU 之間，而光學模組與標準方法兩者量測值絕對誤差均小於 ± 5 NTU，相對誤差約為 ±6%，由此可證，經優化後之光學感測模組之量測準確度可符合 ±10 NTU 或讀值之±20%的準確度標準。

表 2-6 濁度感測器實場水-頭前溪水量測數據

標準值(NTU)	模組感測值(NTU)	絕對誤差(NTU)	相對誤差(%)
58.2	55.8	2.4	4.1
	55.3	2.9	5.0
	54.2	4.0	6.9
45.3	47.2	1.9	4.2
	47.8	2.5	5.5
	46.1	0.8	1.8
57.8	58.3	0.5	0.9
	57.5	0.3	0.6
	57.6	0.2	0.3

2.2 精進 COD/SS 水質感測器感測元件

目前即時水質感測技術之研究方法於濁度章節已有提及，但在化學需氧量、總有機碳、硝酸鹽類、總氮、金屬錯合物等項目，除前述可見光/紅外光區段外，尚須加入紫外光區段的資訊，方可進行進一步演算法的開發。關於光譜分析量測技術運用於前述廢水水質檢測中，將污染物與光學頻譜特性結合，建立其廢水指紋資料庫，以光學頻譜量測監控廢水之微量有機物濃度、懸浮固體物，並與標準方法之結果比對，發展一套可同時分析水中多種成分與其濃度之方法，稱之水質多成分定性定量演算法。

本工作項目主要工作為精進 110 年開發之 COD/SS 感測元件，其規格包括：（一）tCOD 量測範圍：0-300 mg/L，SS 量測範圍：0-100 mg/L；（二）持續針對感測範圍、模組、演算模式及通訊各方面精進濁度光學感測模組，tCOD 與 SS 精密度之相對標準差須< 5%，比對標準液之準確度須介於±20 mg/L 或讀值之±40%以內；（三）24 小時之零點偏移為±10 mg/L。同時利用上述之技術，產出 2 臺優化 COD/SS 感測元件。

一、 國產 COD 及 SS 感測器光學演算模式建立

(一) COD 及 SS 水質光學特性之建立

針對待測之場域廢水中可能之成分進行分類與分析，建立各種水質光學頻譜特性，其內容包含界定水質成分量測項目、界定各種成分光學頻譜特性及建立各種成分交互關係，做為多成分定性與定量演算法之基礎。本團隊依實際場域水質量測之需求訂定水質成分量測項目，並配製標準品及掃描其吸收光譜建立其光譜特性資料庫，並探討其各種成分是否有交互關係存在，其主要建置內容如下說明：

1. 訂定水質成分量測項目

實場操作或是廢水場域感測之依據，常以總化學需氧量(tCOD)與懸浮固體（SS）為各處理單元操作或是污染防制之依據，而進流之污染負荷（包含重金屬）含量更會影響整個污水處理廠各個處理

單元，另外其成分放流濃度亦應環保法規之放流水標準。因此，本團隊針對工業區重要之污染參數 COD 及 SS 做為量測項目之分類，做為廢水水質感測系統主要量測項目。

2. 界定各種成分光學頻譜特性

根據訂定量測之水質項目，其標準品之還用一方面考量其成分特性及代表性，另一方面亦可與環保署環檢所之檢驗方法做比對。因此，本團隊以高嶺土做為 SS 量測之標準品，以鄰苯二甲酸氫鉀(KHP)做為 COD 量測之標準品，兩者在成分特性上都較為穩定，可建立單一成分之光譜特性，以界定其成分之吸收波段、特徵波長及吸光係數，以做為後續多成分演算法之基礎。

3. 建立各種成分交互關係

廢水中不同成分及組成之吸收度是否影響整體吸收光譜，造成各種成分在演算時無法準確定性及定量，本團隊亦探討其各種成分交互關係、各種成分互相影響程度、干擾程度，以避免在演算或量測時造成濃度高估與低估之情況。

(二) 廢水水質多成分定性定量演算法建立

廢水多成分演算之分析程序，其為利用全波段掃描之吸收光譜，經過資料前處理及雜訊剔除，再根據所建置之光譜特性資料庫不同成分之吸收光譜特性，依序定性及定量出廢水水質成分。多成分演算法之分析程序主要分為吸收光譜資料前處理、多成分定性分析演算法及多成分定量分析演算法三個部分，以下依各程序加以說明：

1. 吸收光譜資料前處理

在進入多成分定性及定量分析演算程序之前，對於掃描水質所得之吸收光譜需訂定其資料分析之範圍值，進一步去除雜訊以選取較有意義之光譜資料做為後續演算法計算之依據。因此，選取

資料上限時根據 Beer-Lambert 定律經驗計算公式，所得之吸光度其值若為 2 以上，代表其物質成分所吸收光強度之程度在於 99%至 100%間，其吸光差異值只在於 1%以下，是故設定吸光度 2 為吸收光譜資料上限值，以做為資料前處理之依據；而選取資料下限值，往往取決於儀器偵測之靈敏度而定，因此於本團隊所使用儀器之吸光度偵測極限為 0.001，是故設定吸光度 0.001 為吸收光譜資料下限值，以做為資料前處理之依據。

2. 多成分定性分析演算法

針對不同成分其吸收波段亦不同，而多成分定性分析法分析即為利用全波段掃描之吸收光譜，比對所建置之水質光譜特性資料，由長波長至短波長依序檢視其吸光度以推估水樣中存在水質成分，並計算其初步推估濃度，以定性出水樣之成分。

3. 多成分定量分析演算法

多成分定量分析演算法主要根據多成分定性之結果，利用其初步推估之濃度進一步推估水樣各成分之濃度。其演算法首先需根據所建置之光譜特性資料庫，判斷水樣各種成分目間是否存在交互影響關係，在各種成分無干擾之下可依多成分定量分析程序，以線性規劃與扣除濃度方法推估成分之濃度；若在各種成分間有交互影響關係存在，必須還原其造成之吸光度，再以同樣之演算程序推估水樣之成分濃度。

(三) COD 及 SS 推估模式建立步驟

本團隊將利用真實水樣建立光譜資料庫，定義主要吸收波長後，分別利用統計方式針對 SS 及溶解性化學需氧量（sCOD）建立演算模式，同時針對欲建立演算法之特定場域，定義其 SS 對總化學需氧量（tCOD）之貢獻度，來開發完整之 COD 與 SS 濃度推估模式，推估模式建立步驟如圖 2-9 所示，並將主要工作敘述如下：

1. 特定場域水質光譜資料庫建立:掃描特定場域之 tCOD 與 sCOD 光譜資料，用以建立 tCOD 與 SS 光譜資料庫。
2. SS 對特定場域 tCOD 貢獻度建立：建立場域水樣利用標準方法量測之 tCOD、sCOD 與 SS 濃度，計算 ΔCOD（tCOD-sCOD），並建立特定場域之 $K_{\Delta COD}$，用以推估 SS 濃度轉化成 tCOD 之貢獻。
3. SS 推估模式 Model SS 建立:利用定性分析推估出之 SS 特徵波長，藉由統計方式建立 SS 之推估模式-Model SS，以推估真實水樣之 SS 濃度。
4. sCOD 推估模式 Model sCOD 建立：利用定性分析推估出之 sCOD 特徵波長,以步驟 1 建立之 tCOD 與 SS 光譜資料庫推估建立 sCOD 之吸光度（ABS_{sCOD}）之資料庫，藉由統計方式建立 sCOD 之推估模式-Model sCOD，以推估真實水樣之 sCOD 濃度。
5. tCOD 濃度推估：以步驟 4 推估之 sCOD 濃度加上步驟 3 推估之 SS 濃度乘上步驟 2 之 $K_{\Delta COD}$，即可求得樣品之 tCOD 濃度。
6. 以實際濃度與推估濃度作為比對，誤差是否符合±20 mg/L 或讀值之± 40%以內，來檢驗所建置推估模式的可靠性。若不符合誤差範圍內，就必須重新修正演算法的建立，直到結果小於誤差範圍。

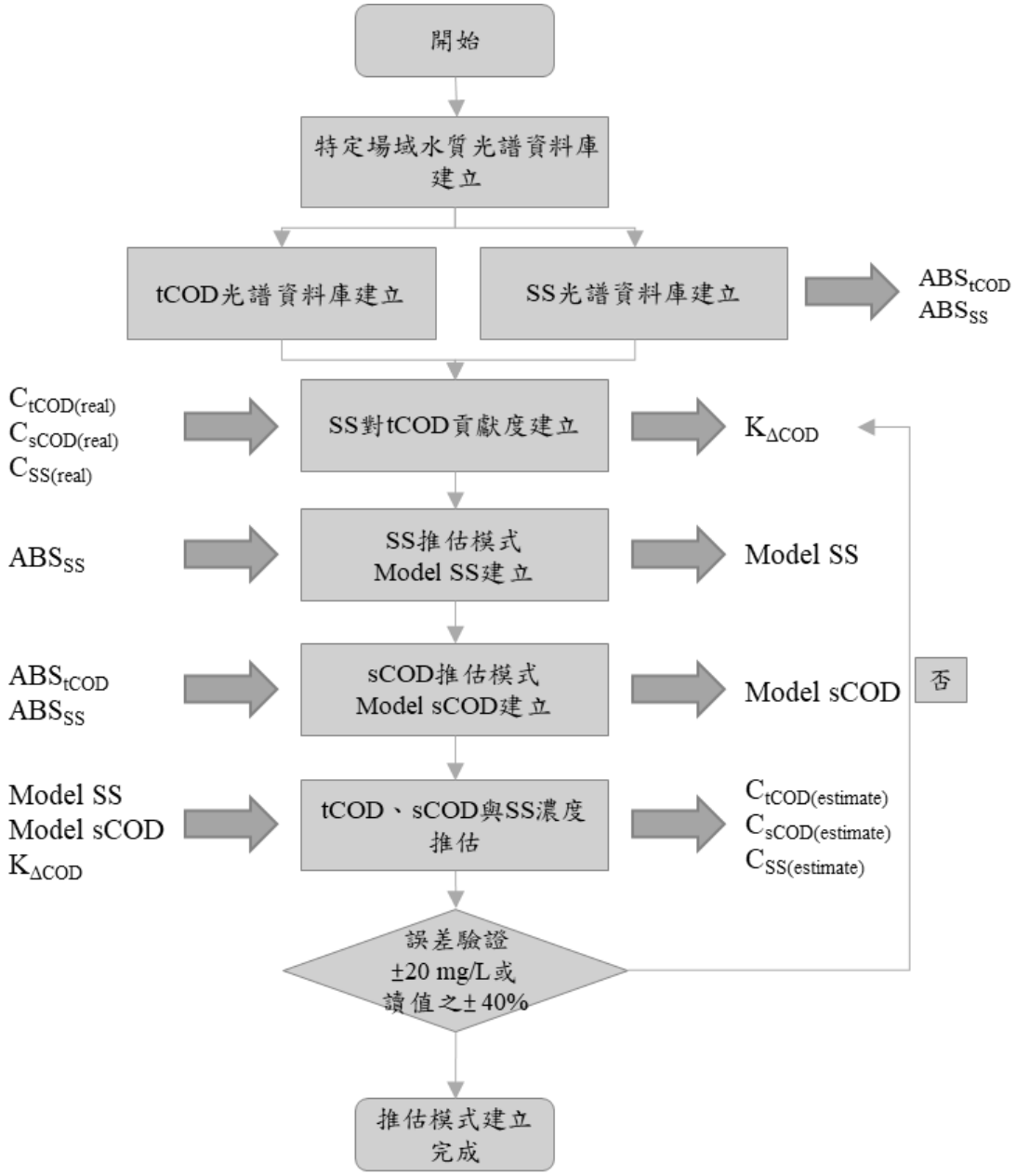


圖 2-12 tCOD 與 SS 推估模式建立步驟流程圖

二、 工作進度說明

(一) COD 與 SS 光學特性建立

利用配製不同濃度鄰苯二甲酸氫鉀（KHP）及高嶺土（Kaolin）溶液，藉由其成分特性穩定，為 COD 與 SS 標準水質時常用的標準品，以此做為所開發之 COD/SS 檢測平臺穩定性及準確性測試，其結果說明如下。

圖 2-13 為利用全光譜光學量測系統在不同濃度 COD 標準液所掃描出波長之平均吸光度值，與配製濃度做相關性分析，其結果如表 2-7 所示，由結果顯示，其吸光度與濃度之 R^2 值在 0.95 以上之波段橫跨 250 至 300 nm 之間，顯示量測系統對於不同濃度標準溶液所掃描出的相對應吸光度值，其在波長 250 nm 至 300 nm 間具有一定的相關性，以此可分別建立各濃度與各波長 250 nm 至 300 nm 吸光度之相關曲線，用以推估其他於濃度 500 mg/L 內的標準溶液濃度值。但由於其濃度超過 300 mg/L 時，其波長開始出現較為不穩定之波形，顯示已漸漸超出光學量測系統線性區域，並有接近吸收度上限的疑慮，本計畫所開發之檢測平臺 COD 濃度在超過 300 mg/L 時其濃度比例漸漸偏離線性範圍，因此在光電感測元件的濃度上限應列入參考。

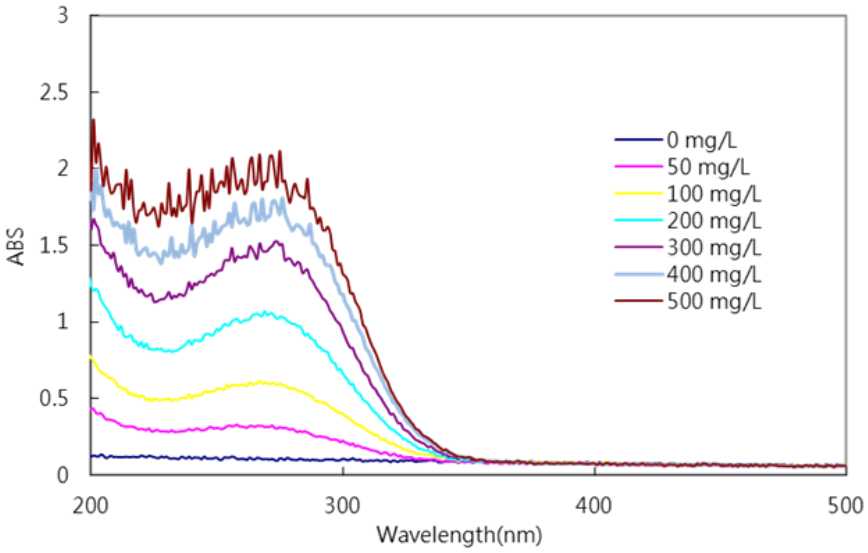


圖 2-13 COD 標準曲線試驗結果：不同濃度在不同波長之吸收度

圖 2-14 為利用全光譜光學量測系統在不同濃度 SS 標準液所掃描出波長之平均吸光度值與配製濃度之相關性分析結果，由結果顯示，實驗中所量測之波長大於 310 nm 後之 R^2 值幾乎全部在 0.99 以上，顯示量測系統對於不同濃度標準溶液所掃描出的相對應吸光度值，其在波長大於 310 nm 之波段均具有一定的相關性，可用以推估濃度 400 mg/L 內的標準溶液濃度值。而利用本計畫所開發之檢測平臺測試結

果顯示，在不同波長所呈現出之吸光係數對 SS 的濃度變明顯不同，可知在不同的環境水體其 SS 之吸光係數可能因為不同粒徑或物種導致其吸光係數有所差異，因此，未來在應用此檢測平臺時，應利用現場水樣來建置適合之標準曲線，以達到最佳化演算之效果。

綜合以上之標準品實驗結果，進一步整理出提供後續多成分定性定量演算法之建議參考波長區間如下圖 2-14 與表 2-7 所示。

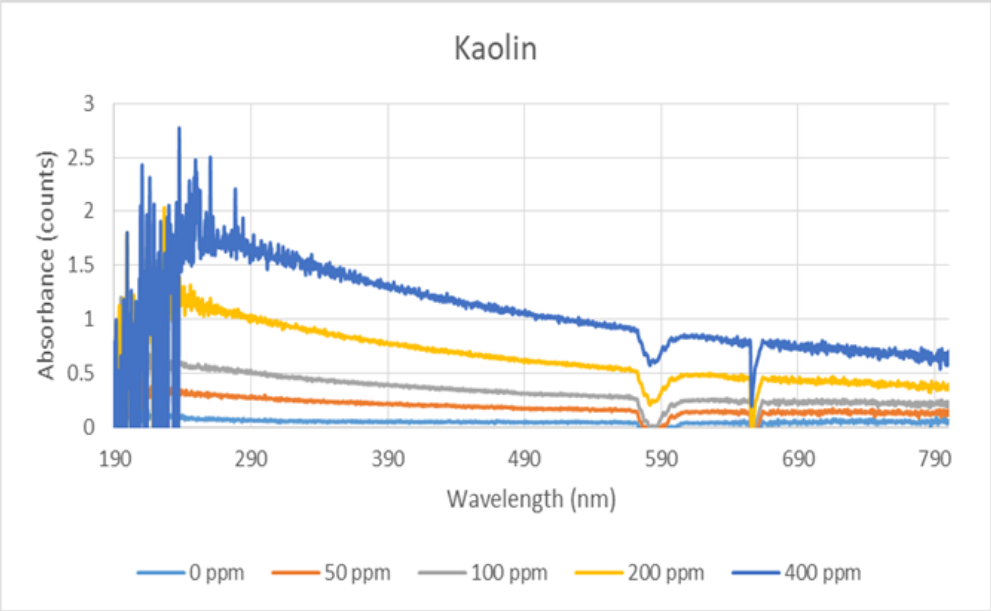


圖 2-14 SS 標準曲線試驗結果：不同 SS 濃度在不同波長之吸收度

表 2-7 建議之 COD 與 SS 量測波段與特徵波長

Water Parameters	Standard Solution	Absorption Wavelengths	Characteristic Wavelength
COD	KHP	190 – 310 nm	254 and 280 nm
SS	Kaolin	190 – 880 nm	310 – 880 nm

(二) COD/SS 感測模組與電路板優化設計

1. 流動/批次兩用光析槽設計(如圖 2-15(a))：

(1) COD/SS 感測器之光析槽，原則上比照濁度感測器之光析槽，採用下進側出之管狀設計，以及下端錐底與上端可開口旋蓋設計，因此可與濁度感測器一體成型之光析槽治具共用。

(2) 由於紫外光無法穿透一般玻璃，因此 COD/SS 感測器之光析槽材質會改用 GE 石英玻璃，取代原本濁度感測器光析槽使用之 Pyrex 硼矽酸鹽玻璃。

2. 雙光源多光偵測器設計(如圖 2-15(b))：

(1) 同時提供二種光源選用，紫外光 LED 專用於 COD 量測，可見光 LED 或紅外光 LED 可擇一用於 SS 量測，可針對不同特性水樣選擇最佳光源。

(2) 每種光源具備二組光偵測器(穿透光+參考光)，並提供四種量測模式選用(tCOD 純穿透模式、tCOD 穿透/參考比值模式、sCOD+SS 純穿透模式、sCOD+SS 穿透/參考比值模式)，可針對不同使用需求選擇最佳量測模式。

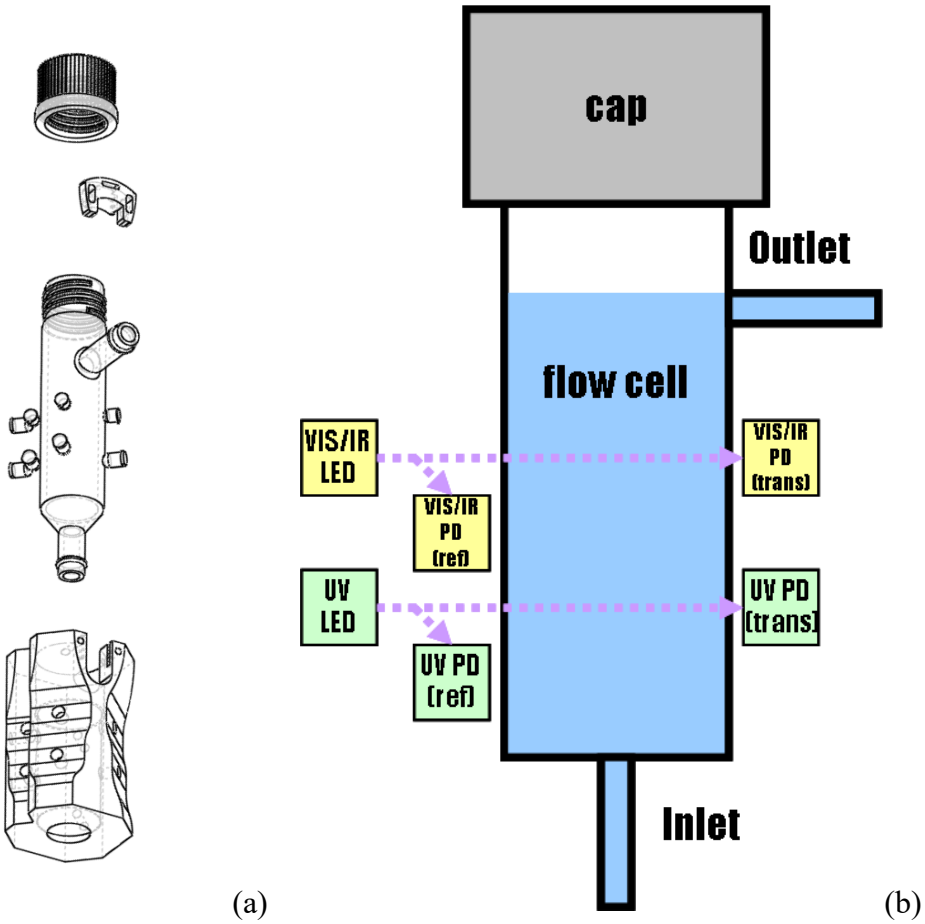


圖 2-15 COD/SS 感測器設計：(a)爆炸圖；(b)示意圖

3. COD 與 SS 光學感測元件選用

(1) 紫外光 LED 選用與效能測試

由於前一代之光學元件以 UV254 進行設計，部份模組因能量較高造成元件產生過熱導致光學系統受損情形發生，本年度先行評估 UV 光學元件之元件穩定性與量測可靠度，並重新匹配更適合之光學元件，其發現環境水樣利用 LED 254 nm 與 280 nm 量測結果之 COD 訊號差異不明顯，因此光學設計元件採用 280 nm 為主要強度之 UV 燈源，其匹配之光學接收器採用兼容 254 nm 與 280 nm 可接收之光學模組，光學元件實體圖如下圖 2-16 所示。

本年度 COD 光學元件測試係利用 KHP 為標準品量測在 0-600 mg/L 之吸光度顯示，300 mg/L 以下吸光度具線性關係，300-600 mg/L 須利用兩段式（高、低濃度）或多項式檢量線計算，後續將利用此 LED 進行光學機構與電路設計 ，圖 2-17 為新版光學元件測試結果，其驗證之 KHP 濃度分別為：（a） 0-300 mg/L；（b） 0-600 mg/L。

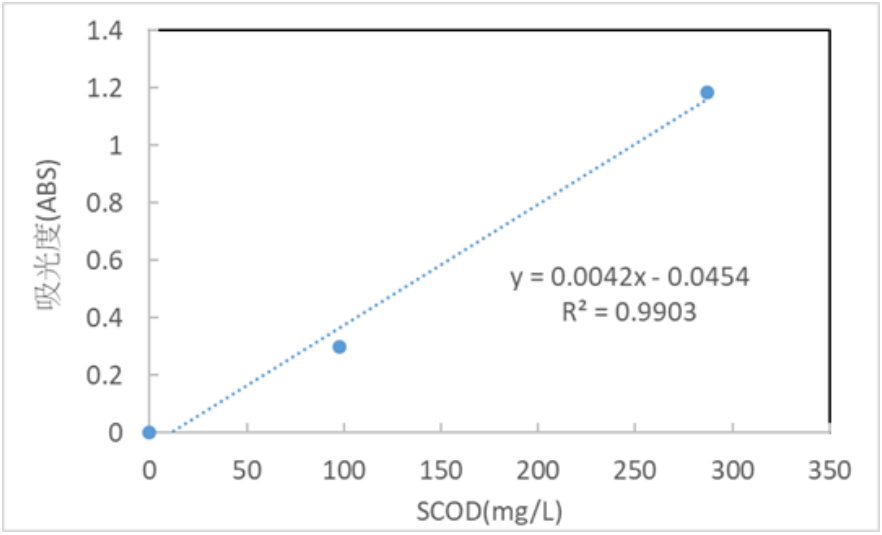


（a）

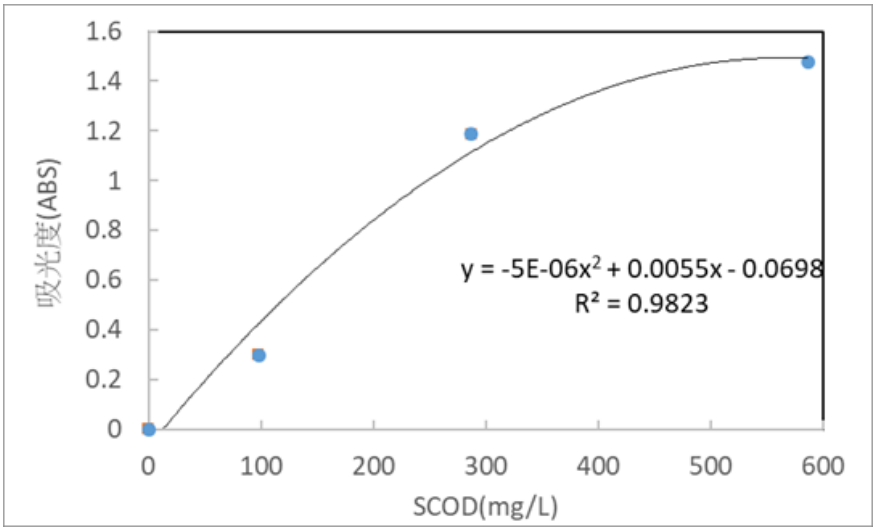


（b）

圖 2-16 COD 光學元件：（a）UV LED（280 nm）；（b）UV PD（254-280 nm）



（a）



（b）

圖 2-17 新版紫外光 LED 光學元件對 COD 標準品測試結果

(2) 可見光 LED 選用與效能測試

由於 COD/SS 感測模組與推估模式需另搭配一組可見光 LED 針對 SS 進行演算，藉由本計畫針對濁度模組的成功經驗，選擇繼續沿用濁度所選用之可見光光學元件，其光學訊號為以 550 nm 為主之可見光，光學元件實體圖如下圖 2-18 所示。

本年度 SS 光學元件測試係利用高嶺土為標準品量測在 0-400 mg/L 之吸光度顯示（圖 2-19），由圖可知，400 mg/L 之標準品在光源 550 nm 時吸光度具線性關係，後續將利用此 LED 進行光學機構與電路設計。

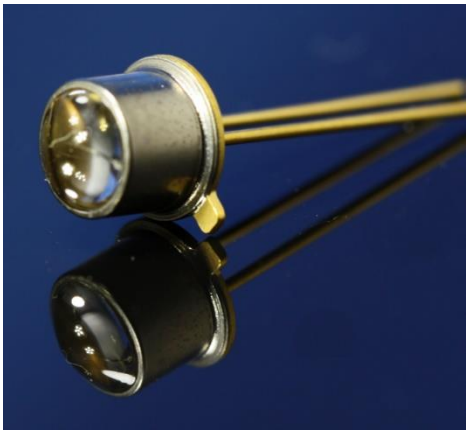

（a）

（b）

圖 2-18 SS 光學元件：（a） VIS LED （550 nm）；（b） VIS PD（550 nm）

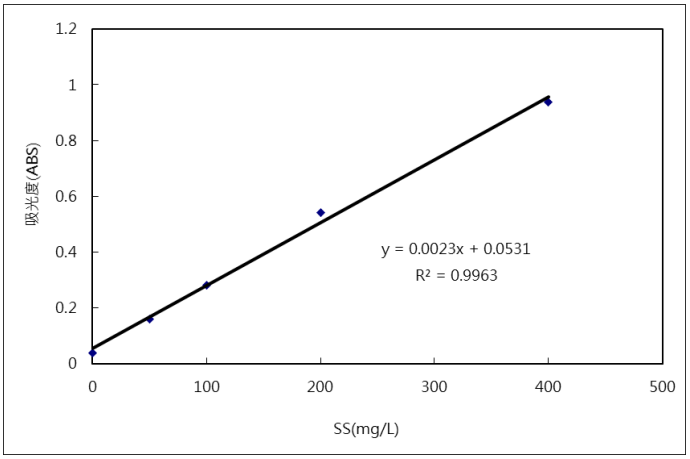


圖 2-19 新版可見光 LED 光學元件對 SS 標準品測試結果

4. 支援 Modbus 通訊協定之電路板設計

(1) 電路板硬體設計：

A. 可用跳線切換 RS485(預設值)或 RS232 介面，以及韌體可讀寫(預設值)或防寫入功能。

B. 同時具備 2-pin 端子台(RS485 專用)與 DB9 接頭(RS485 與 RS232 通用)，DB9 接頭配線規則為 pin 1 = D+／pin 5 = GND ／pin 6 = D-。

(2) 電路板韌體設計：

A. 具備內部校正與外部校正功能，具備 EEPROM 可存取校正參數。

B. 具備光源強度手動調整與自動補償功能。

C. 具備多段休眠省電模式。

(3) 電路板通訊設計：

A. Modbus 通訊協定格式：RTU slave／5 digits／2 byte mode。

B. Modbus 通訊協定參數：

(A) communication speed：19200 bps。

(B) data bit：8。

(C) parity bit：none。

(D) stop bit：1。

(E) device address：1 to 255 (預設值 255)。

已完成之電路板設計圖與實體照如圖 2-20 與圖 2-21，後續將執行詳細除錯流程除錯程序(Debug)，針對供電、耗電、穩壓、元件焊接正確性、線路連接妥善、觸發等程序進行確認，並與後續光學模具進行組合測試。

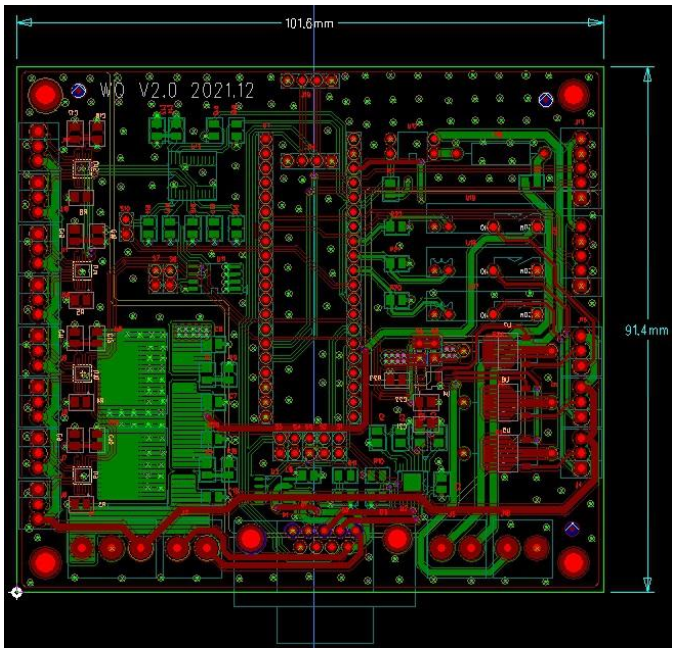


圖 2-20 COD/SS 感測模組電路設計圖

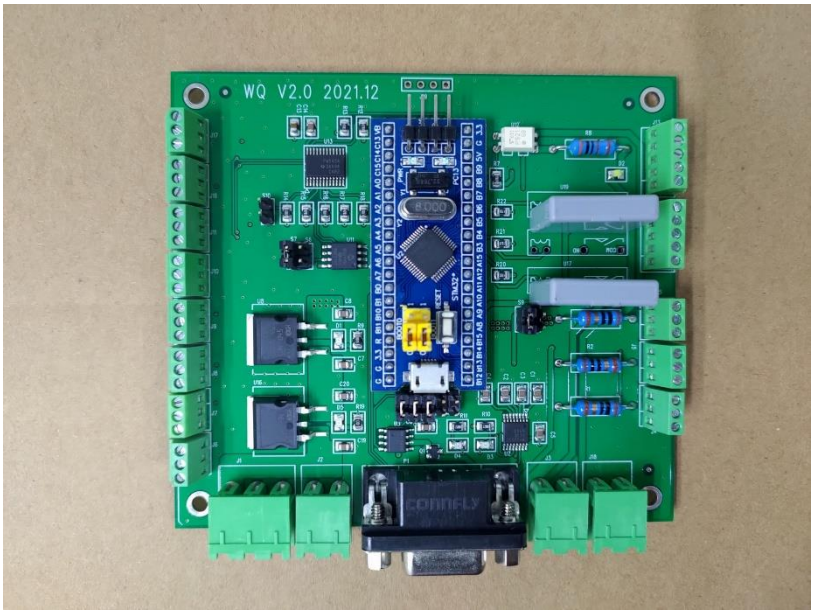


圖 2-21 COD/SS 感測模組電路照片

(三) COD/SS 感測模組優化

利用前述選用之電路板與光學元件，目前本計畫已完成 COD/SS 感測模組之精進，並完成 2 組 COD/SS 感測模組製作，如圖 2-22 所示，並組裝至固定式水質感測器中，如圖 2-23 所示。在機型優化後與前一代之差異處如表 2-8 所示，目前已完成相關的標準液規格驗證並進行光學模組零點偏移實驗與實場水樣測試。



圖 2-22 COD/SS 感測模組照片



圖 2-23 整合 COD/SS 感測模組之固定式水質感測器照片

表 2-8 COD/SS 感測器精進規格比較

項目	**110 年**	**111 年**
量測範圍	sCOD：(0.1–300) mg/L SS：(0.1–100) mg/L	tCOD：(0.1–300) mg/L SS：(0.1–100) mg/L
精密度	sCOD：相對標準差< 10 % SS：相對標準差< 10 %	tCOD：相對標準差< 5 % SS：相對標準差< 5 %
準確度	sCOD：介於±20 mg/L 或讀值之±40 %中較大者@標準液 SS：介於±20 mg/L 或讀值之±40 %中較大者@標準液	tCOD：介於±20 mg/L 或讀值之±40 %中較大者@標準液 SS：介於±20 mg/L 或讀值之±40 %中較大者@標準液
零點偏移	無	tCOD：介於±10 mg/L @24 小時 SS：介於±10 mg/L @24 小時
光析槽	流動/批次兩用設計 下進側出之管狀設計 下端錐底設計	流動/批次兩用設計 下進側出之管狀設計 下端錐底設計
光析槽治具	一體成型、卡榫固定	一體成型、卡榫固定
光源	UVLED+VIS 或 NIR LED 擇一 光源強度自動補償	UVLED+VIS 或 NIR LED 擇一 光源強度自動補償
光偵測器	穿透光 PD+參考光 PD	穿透光 PD+參考光 PD
量測模式	三種可選	四種可選
人機介面	無	觸控人機介面
校正模式	內部校正、外部校正	內部校正、外部校正
校正曲線	多段線性方程式	多項式方程式(最高五次方)
休眠模式	多段休眠省電	多段休眠省電
通訊模式	Modbus	Modbus

COD/SS 感測模組均是以穿透/參考比值模式進行 SS 與 COD 量測，SS 迴歸曲線採用線性方程式，即可將校正曲線幾乎完美擬合（決定係數 R^2 值＝0.999），如圖 2-24 所示；COD 迴歸曲線採用三次方多項式方程式，亦可充分擬合校正曲線（決定係數 R^2 值＝0.993），如圖 2-25 所示。

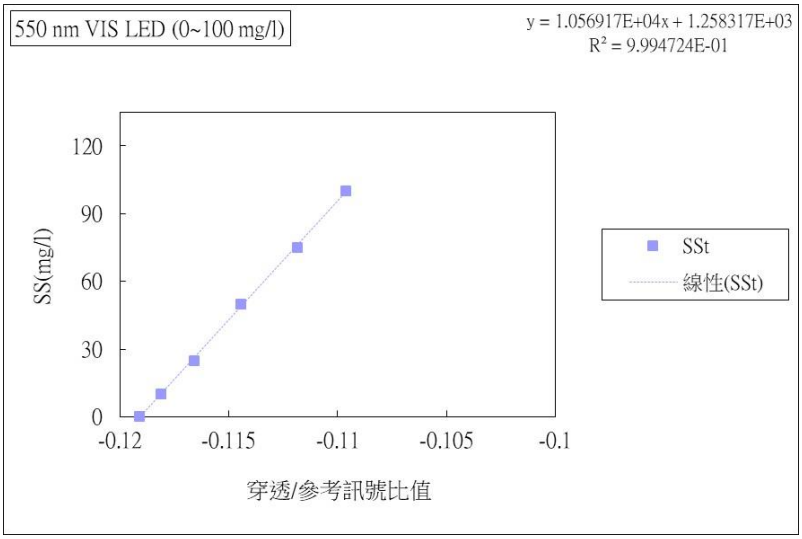


圖 2-24 SS 迴歸曲線

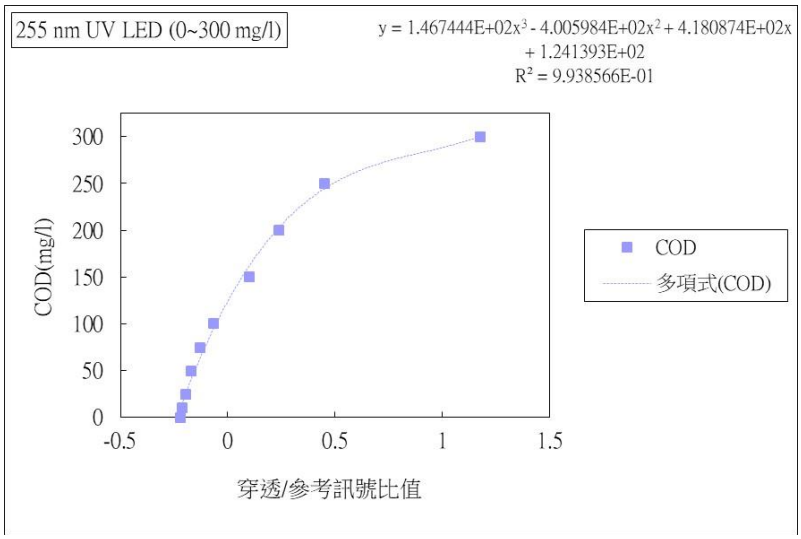


圖 2-25 COD 迴歸曲線

COD/SS 感測模組以此校正曲線進行 SS 單一標準品之測試，在 0~100 mg/L 範圍內，可達到相當好的準確度（＜±2 mg/L），符合本年度精進的規格要求，如表 2-9 所示；以此校正曲線進行 COD 單一標準品之測試，在 0~300 mg/L 範圍內，亦可達到良好的準確度（＜±13 mg/L），符合本年度精進的規格要求，如表 2-10 所示。

使用 COD 與 SS 混合標準品之測試結果，如表 2-11 所示。混合標準品是以 0~300 mg/L 之 COD 標準品，分別混入 50 mg/L 與 100 mg/L 之 SS 標準品所配製而成。測試結果發現，SS 在 50 mg/L 與 100

mg/L 所量測到的濃度，均可達到良好的準確度（＜±18 mg/L），符合本年度精進的規格要求；tCOD 量測濃度在經過 SS 濃度之補償修正後，換算得到的 sCOD 濃度，亦可達到良好的準確度（＜±15 mg/L），符合本年度精進的規格要求。

表 2-9 COD/SS 感測器單一 SS 標準品測試結果

SS標準液 (mg/l)	NIEA W210 SS標準值 (mg/l)	SSt	△SSt	△SSt%
0	0.01	-0.29	-0.30	-3035.1%
10	10.00	10.17	0.17	1.7%
25	25.0	25.88	0.88	3.5%
50	50.0	48.58	-1.42	-2.8%
75	75.0	75.93	0.93	1.2%
100	100	99.74	-0.26	-0.3%

表 2-10 COD/SS 感測器單一 COD 標準品測試結果

COD標準液 (mg/l)	NIEA W517 COD標準值 (mg/l)	CODs	△CODs	△CODs%
10	10.00	16.43	6.43	64.3%
25	25.0	24.72	-0.28	-1.1%
50	50.0	41.39	-8.61	-17.2%
75	75.0	62.58	-12.42	-16.6%
100	100	93.67	-6.33	-6.3%
150	150	162.58	12.58	8.4%
200	200	203.07	3.07	1.5%
250	250	244.92	-5.08	-2.0%
300	300	300.32	0.32	0.1%

表 2-11 COD/SS 感測器 COD 與 SS 混合標準品測試結果

COD標準液 (mg/l)	SS標準液 (mg/l)	SSt	△SSt	△SSt%	△SSs%	CODs	△CODs	△CODs%	CODt	△CODt	△CODt%
10	50	42.23	-7.77	-15.5%	-16.6%	10.01	0.01	0.1%	16.13	6.13	61.3%
25	50	37.52	-12.48	-25.0%	-24.9%	21.32	-3.68	-14.7%	26.76	1.76	7.0%
50	50	43.86	-6.14	-12.3%	-15.2%	38.46	-11.54	-23.1%	44.82	-5.18	-10.4%
75	50	44.60	-5.40	-10.8%	19.5%	62.90	-12.10	-16.1%	69.36	-5.64	-7.5%
100	50	41.24	-8.76	-17.5%	-16.5%	94.74	-5.26	-5.3%	100.72	0.72	0.7%
150	50	46.00	-4.00	-8.0%	1.5%	164.51	14.51	9.7%	171.18	21.18	14.1%
200	50	37.79	-12.21	-24.4%	-1.2%	206.27	6.27	3.1%	211.75	11.75	5.9%
250	50	37.13	-12.87	-25.7%	-1.1%	259.85	9.85	3.9%	265.23	15.23	6.1%
10	100	82.81	-17.19	-17.2%	-10.7%	10.21	0.21	2.1%	22.22	12.22	122.2%
25	100	96.69	-3.31	-3.3%	0.2%	18.34	-6.66	-26.6%	32.36	7.36	29.4%
50	100	92.24	-7.76	-7.8%	-14.8%	37.91	-12.09	-24.2%	51.28	1.28	2.6%
75	100	100.13	0.13	0.1%	-6.3%	63.78	-11.22	-15.0%	78.30	3.30	4.4%
100	100	99.47	-0.53	-0.5%	-10.7%	99.69	-0.31	-0.3%	114.11	14.11	14.1%
150	100	103.44	3.44	3.4%	-4.6%	163.32	13.32	8.9%	178.32	28.32	18.9%
200	100	94.87	-5.13	-5.1%	-7.2%	204.71	4.71	2.4%	218.47	18.47	9.2%
250	100	96.32	-3.68	-3.7%	-8.1%	252.60	2.60	1.0%	266.56	16.56	6.6%

(四) COD/SS 感測模組零點偏移測試

COD/SS 感測模組經優化並建立檢量線後，以 KHP 與高嶺土配製 COD 濃度 100 mg/L 與 SS 濃度 50 mg/L 之混合標準品，以此混合溶液於實驗室進行光學感測模組連續測試，其 24 小時感測結果表 2-12 所示。結果顯示光學感測模組之化學需氧量感測值絕對誤差均可小於±10 mg/L；懸浮固體之量測絕對誤差亦可小於±10 mg/L，此測試結果符合計畫要求之零點偏移於 24 小時介於±5 NTU 之規格。

表 2-12 COD/SS 感測模組 24 小時測試結果(COD:100 mg/L；SS:50 mg/L 混合液)

測試時間	COD 感測值 (mg/L)	絕對誤差 (mg/L)	相對誤差 (%)	SS 感測值 (mg/L)	絕對誤差 (mg/L)	相對誤差 (%)
1	98.4	1.6	1.6	48.2	1.8	3.6
4	96.5	3.5	3.5	48.5	1.5	3.0
8	94.3	6.7	6.7	47.7	2.3	4.6
24	92.7	7.3	7.3	45.1	4.9	9.8

(五) COD/SS 實場水驗證

表 2-13 為依據前述標準品建立 COD 與 SS 檢量線後，分別針對新竹市頭前溪(河川)、新竹市隆恩堰(區域排水)與桃園南崁溪(河川)批次採樣後之實場水驗證。由結果顯示，此三處為含有部分生活污水排入之自然水體，因此其 COD 與 SS 之濃度均相對較低濃度約為 10~30 mg/L，針對三處驗證場域之光學感測器 COD 與 SS 推估結果絕對誤差均小於± 20 mg/L 或相對誤差 40%以內，符合本計畫之準確度標準。

表 2-13 COD/SS 感測器實場水量測數據

樣品名稱	COD 標準值 (mg/L)	COD 感測值 (mg/L)	絕對誤差 (mg/L)	相對誤差 (%)	SS 標準值 (mg/L)	SS 感測值 (mg/L)	絕對誤差 (mg/L)	相對誤差 (%)
新竹市隆恩堰	18	16.2	1.8	10.0	8	6.1	1.9	23.8
	30	30.5	0.5	1.7	5	7.0	2	40.0
	16	19.0	3	18.8	11	9.4	1.6	14.5
新竹市頭前溪	9	8.4	0.6	6.7	14	17.2	1.2	22.6
	14	16.9	2.9	20.7	18	19.9	1.9	10.6
	13	12.7	0.3	2.3	11	14.1	3.1	28.2
桃園市南崁溪	24	27.1	3.1	12.9	27	31.4	4.4	16.3
	35	37.8	2.8	8.0	19	22.3	3.3	17.3
	26	29.4	3.4	13.1	23	24.6	1.6	7.0

2.3 研析運用前期設備演算生化需氧量（BOD）之技術可行性

一、 研析動機

由於廢水中有機物質含量種類多，有的廢水含有十幾種、幾十種，甚至上百種有機物質，如果對廢水中的有機物質一一進行定性定量的分析，既耗時間，又耗藥品。

環境科學研究者經過研究發現，所有的有機物質都有兩個共性：一是它們至少都由碳氫組成；二是絕大多數的有機物質能夠化學氧化或被微生物氧化，它們的碳和氫分別與氧形成無毒無害的二氧化碳和水。廢水中的有機物質不論是在化學氧化過程中還是在生物氧化過程中都要消耗氧，廢水中的有機物質愈多，則消耗的氧量也愈多，二者之間是呈正比例關係的。所以可利用化學需氧量（COD）與生化需氧量（BOD）來表示污水中還原性物質的含量。

在污水處理工程中，為了使處理後的水，實現達標排放，在污水處理的每個流程會用水質監測設備檢測水質，根據水質監測設備測得的數據，採用相應的處理方法，使各流程水質指標達到要求，再進入下一個處理環節。在這些水質監測指標中，最重要的兩個指標就是 BOD 和 COD。但目前針對 BOD 與 COD 的線上量測方式的研發，以 COD 的種類與形式居多，因此本團隊預計利用已開發之光學線上感測設備來評估是否可應用於不同場域下 BOD 推估的技術可行性。

二、 何謂 BOD 與 COD

(一) 生化需氧量（BOD）

是指在有氧的條件下，水中微生物分解有機物的生物化學過程中所需溶解氧的質量濃度。為了使 BOD 檢測數值有可比性，一般規定一個時間周期，並測定水中溶解氧消耗情況，一般採用五天時間，稱為五日生化需氧量，記做 BOD_5。BOD 數值越大證明水中含有的有機物越多，因此污染也越嚴重。BOD 是一種環境監測指標，單位為 mg/L，

用於監測水中有機物污染情況，有機物都可以被微生物分解，此過程中需要消耗氧，如果水中溶解氧不足以供給微生物的需要，水體就處於污染狀態。

(二) 化學需氧量（COD）

化學需氧量一般用於表示水中可被化學氧化之有機物含量。標準檢測方法係應用重鉻酸鉀為氧化劑，在強酸情況下加熱，將水中有機物氧化為二氧化碳及水，則所消耗之重鉻酸鉀換算成相當之氧量就是化學需氧量。一般工業廢水或含生物不易分解物質之廢水，常以化學需氧量表示其污染程度。COD 以 mg/L 表示，它反映了水中受物質污染的程度，通過水質監測儀器檢測出的 COD 數值越高，說明水中受有機物的污染越嚴重。

(三) BOD/COD 的數值意義：

BOD 跟 COD 主要的差異就是在分析時利用細菌取代化學藥劑（如：重鉻酸鉀），來量測有機物有多少電子可以被氧化。然而，一般情況下都會認為化學藥劑的氧化力比細菌的酵素強，所以在都市污水及容易分解的廢水常常發現 COD≧BOD 或是 BOD/COD≧0.6 之類的現象，但是有些污染物並不遵守這個原則，例如四甲基氫氧化銨（Tetramethyl ammonium hydroxide, TMAH） 是一個以氮當作中心原子，由四個甲基包圍構成的四面體有機物，雖然 TMAH 帶有四個富含電子的甲基結構，透過下表 2-14 卻發現正常的分析流程下，TMAH 這種物質竟然幾乎無法被量測到 COD，但是卻可被量測到部分的 BOD（TOC 可更準確的量測其有機成分），這是因為好氧菌中有一個族群專門分解帶有甲基的有機物，稱作 methylotrophs（一種嗜甲基有機物的細菌），可輕易的分解 TMAH 這種化合物，因此 TMAH 在實務上會發現 BOD≧COD，也正因為工業廢水經常會顛覆我們所學的認知，COD 不一定總是≧BOD，BOD/COD 的比值也不一定是≧0.6，

所以記得遇到工業廢水時，不一定可以用 COD 估算 BOD。

不過一般環境領域的情況，通常 BOD/COD 之比值可用來表示污水的可生化性，當 BOD/COD 大於 0.3 時，一般認為該廢水具有可生化性。另外，由於 BOD_5 測定需耗時 5 天，而 COD 測定約 3 小時即可完成，因此如需迅速獲得水質資料以供分析研判時，COD 測定具有實用價值，尤其在污染取締工作上，因有時效性，COD 之測定相當廣泛。在污水處理工程上，COD 值常被用於取代 BOD 值。

表 2-14 TMAH 理論與實測的 COD 與 BOD_u(BOD ultimate)（Chang et al, 2008）

化合物	實測濃度（mg/L）	實測 COD（mg/L）	實測 BOD_u（mg/L）
TMAH	212	2	343

三、 技術可行性研究重點

利用前期設備評估演算 BOD 之評估流程如圖 2-26 所示，工作流程敘述如下：

(一) 收集國內外現有 BOD 與 COD 之標準量測方法：針對目前國內外之法規與標準，綜合整理實驗室與線上設備之量測與設置規範。

(二) 收集國內外現有商用之 BOD 與 COD 之量測裝置：針對目前國內外之量測方法與裝置，綜合整理目前量測設備之現況。

(三) 採集不同場域之水樣，分別利用本團隊前期研發之光學感測設備與標準方法，量測其 COD 與 BOD_5 數值，評估不同場域之 BOD/COD 比例。

(四) 評估現有技術與監測裝置與國際間發展趨勢的差距，探討如何結合現有的裝置，發展新式的線上監控裝置，並提出技術可行評估結果。

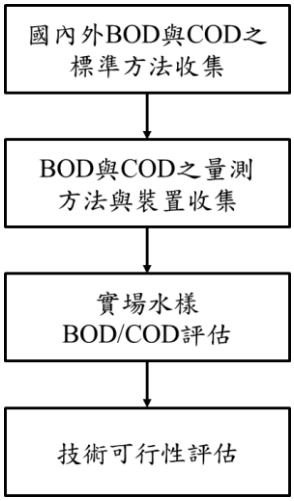


圖 2-26 前期設備演算 BOD 之可行評估流程

四、 工作進度說明

(一) 國內外 BOD 與 COD 之標準量測方法

1. 國內 BOD 標準量測方法說明

我國採用之 BOD 檢測標準方法為行政院環境保護署環境檢驗所所公告之水中生化需氧量檢測方法（NIEA W510.55B），其主要分析方法為利用生物植入水樣後觀察 5 日內溶氧（Dissolved Oxygen, DO）之變化。

2. 國外 BOD 標準量測方法說明

目前國際間較具公信力之 BOD 標準量測方法之公告單位為標準方法（Standard method）與美國環保署（USEPA），其對應之方法整理如表 2-15 所示，兩者方法幾乎一致，為國內 BOD 量測方法之來源依據。

表 2-15 標準方法與美國環保署中之 BOD 檢測方法

單位	量測物種	方法編號	相關章節
Standard Method	生化需氧量	5210	5210A 5210B 5210C 5210D
USEPA	生化需氧量	405	405.1

3. 國內 COD 標準量測方法說明

我國採用之 COD 檢測標準方法為行政院環境保護署環境檢驗所所公告之方法，共有中水中化學需氧量檢測方法－重鉻酸鉀迴流法（NIEA W515.55A）、含高濃度鹵離子水中化學需氧量檢測方法－重鉻酸鉀迴流法（NIEA W516.56A）、密閉式重鉻酸鉀迴流法（NIEA W517.53B）及水中化學需氧量檢測方法－自動監測設施法（NIEA W518.51C），可分為以下類型：

(1) 重鉻酸鉀氧化法：水樣在酸性溶液中，加入過量之重鉻酸鉀，迴流煮沸後，由消耗之重鉻酸鉀量，求得 COD 含量。

(2) 高錳酸鉀氧化法：水樣在酸性溶液中，加入過量之高錳酸鉀，加熱使高錳酸鉀還原成 Mn^{2+}後，由消耗之高錳酸鉀量，求得 COD 含量。

(3) 臭氧／紫外光氧化法：將水樣酸化，去除水中無機碳，再以臭氧與紫外光，將水中有機物氧化成二氧化碳，以非分散性紅外線偵測器偵測二氧化碳濃度，並換算成 COD 值。

(4) 高溫燃燒法：將水樣調整至酸性，於 600℃～900℃之溫度下，將水樣中有機物氧化成二氧化碳，以非分散性紅外線偵測器（NDIR）偵測二氧化碳之濃度，並換算成 COD 值。

(5) 吸收光譜掃描法：以紫外光（UV）至可見光（VIS），即波長 200nm～400 nm 間之光源掃描水樣，分析有機物在特定波長下之吸收度，換算求得 COD 值。

(6) 二階段高級氧化法：將水樣酸化，去除水中無機碳後，加入臭氧與氫氧根反應生成氫氧自由基（OH^-），再加入臭氧與錳氧化成二氧化碳，最後以非分散性紅外線偵測器偵測二氧化碳之濃度，並換算成 COD 值。

4. 國外 COD 標準量測方法說明

目前國際間較具公信力之 COD 標準量測方法之公告單位為標準方法（Standard method）與美國環保署（USEPA），其對應之方法整理如表 2-16 所示，其與國內相關方法大多有呼應，為國內 COD 相關量測方法之來源依據。

表 2-16 標準方法與美國環保署中之 COD 檢測方法

單位	量測物種	方法編號	相關章節
Standard Method	化學需氧量	5220	5220A 5220B 5220C 5220D
USEPA	化學需氧量	410	410.1 410.2 410.3 410.4

(二) BOD 與 COD 之量測方法與裝置

1. BOD 量測方法與裝置介紹

目前 BOD 設備除將水樣帶回實驗室進行量測外，目前有兩種設計方式之設備引入市場，本節介紹之 BOD 量測方法涵蓋利用傳統與光學方法之設備，其比較如表 2-17 所示，敘述如下：

(1) 第一種型態為利用標準方法之流程，將其每日量測之手法正規化，依據固定水樣與菌種的比例，搭配即時 CO_2 的感測，量測瓶內的氣體壓力變化，計算出 BOD 的結果。此設備因為設計基礎為標準方法之變化，因此其測定之結果與標準方法接近為其優點，但所需的水樣量與時間均非常多，因為期雖具準確性，但在價格與時效性上為其劣勢。

(2) 第二種型態之設備為以光學法為設計基準的線上自動量測設備，共有兩種類型的裝置，第 1 種為以連續光譜做監測設備的裝置，其設備因可量測連續光譜的設計，搭配演算的方式進行

物種的定性定量分析，目前國外有歐美設計的多功能感測器搭配國內系統整合的商品進行推廣，其優點為可量測多物種，但其缺點為價格居高不下及無法量測複雜水體。第 2 種為較為創新的方式，由於色氨酸（Tryptophan）已被證明與微生物活動（例如下水道和被糞便污染的廢水）、BOD 及細菌污染密切相關，據此，利用監測水體中之色氨酸濃度來代表 BOD 濃度，為此種設備之設計原理。利用了色氨酸類化合物（Tryptophan）在紫外光譜區的激發及螢光發射特性，利用 UV 光導入水樣後，再利用另一感測器接收其激發後之可見光，來測量物質發射的螢光強度，該螢光強度即表徵了被測物質的濃度。本設備的好處毋庸置疑的是可以即時量測（或是估計）場址的 BOD 濃度，且號稱具備一定的準確性，但其缺點除了設備相當昂貴外，因複雜場域物種干擾下，螢光感測裝置接收的激發光未必都是全部來自於色氨酸，因此該類設備有可能因場域的不同，對某些場址會有完全失效的問題。

表 2-17 BOD 分析設備之監測方式與比較

項目 \ 設備	國外BOD 即時檢測	國內/外BOD 線上量測	BOD 傳統分析方法
圖示			
代表廠牌	Modern Water	S::CAN 開創水資源	VELP Scientifica
測定原理	螢光分析法	光學法 螢光分析法	CO_2分析
量測方式	批次式	連續式/批次式	實驗室
價格(單位：仟元)	>800 (詢價中)	500 (詢價中)	300
優點	●即時分析 ●無藥劑成本 ●可線上量測 ●可現址安裝	●即時分析 ●無藥劑成本 ●可線上量測 ●可現址安裝	●標準方法
缺點	●建置成本高 ●準確性依場域不同	●建置成本高 ●需建立與修正資料庫及演算法	●建置成本高 ●須植菌 ●水樣量大 ●耗時

2. COD 量測方法與裝置介紹

本節介紹之 COD 量測方法涵蓋利用傳統氧化與光學方法之設備，其比較如表 2-18 所示，敘述如下：

(1) 目前 COD 設備如需同時具備線上安裝與即時量測功能，大多需要仰賴進口商提供之設備，例如：今日儀器提供之 S::CAN 與上泰公司提供之 Xylem，但其設置安裝成本居高不下（均超過 100 萬以上），且需搭配購買原廠水質資料庫，方可在較短時間內訓練完成，但其亦不能感測較複雜之水質，大多花了很高之購置成本僅能放在放流口感測（即時但低濃度）。

(2) 傳統水質利用化學氧化法雖然可偵測較高之濃度，但需要加藥反應時間（1-2 小時），並非真正即時量測，建置成本一樣會達到 80-150 萬，且需要許多的後續維護與加藥成本（可偵測高濃度但非即時）。

(3) 本團隊所開發的光學感測元件，除擁有小型化光學技術自主性可大量降低產品成本外，亦搭配多成分定性與定量演算法的開發，具有可偵測多種水質成分、即時感測性高、更具有設備體積小且操作成本低等優勢。

表 2-18 COD 分析設備之監測方式與比較

設備 / 項目	本計畫 開發設備	國外COD 線上即時監測	國內COD 線上整合儀器	COD 線上傳統量測	COD 傳統分析儀器
圖示					
代表廠牌	ITRI	S::CAN Xylem	開創水資源	無	無
測定原理	光學頻譜& 演算法	光學法	光學法	化學氧化法	化學氧化法 光學比色法
量測方式	實驗室/攜帶式 連續/批次式	連續式	連續式	批次式	實驗室 批次式
價格(單位：仟元)	100-150	1,000	200	800~1,500	500
優點	●同時監測兩項以上 ●即時光譜分析 ●具自動清洗功能 ●可線上量測 ●可現址安裝 ●無藥劑成本 ●建置成本較低	●同時監測兩項以上 ●即時分析 ●無藥劑成本 ●可線上量測 ●可現址安裝	●即時分析 ●無藥劑成本 ●可線上量測 ●可現址安裝	●標準方法 ●可線上量測 ●可現址安裝	●標準方法
缺點	●需利用短時間建立與修正資料庫及演算法	●需利用短時間建立與修正資料庫及演算法 ●建置成本高	●需利用短時間建立與修正資料庫及演算法 ●建置成本高	●單一量測 ●體積龐大 ●建置成本高 ●須藥劑成本 ●耗時(>2hr)	●建置成本高 ●須藥劑成本 ●耗時

(三) 應用前期計畫設備研析 BOD 感測之實驗計畫架構

本計畫預計針對國內重要水體類型進行 BOD_5/COD 比例進行初步收集後，應用前期計畫設備針對水體 COD 量測，再依據所收集之 BOD_5/COD 比例進行模擬推估，評估應用前期計畫設備同時量測 COD 與 BOD_5 之可行性。

1. 不同類型水體之 BOD_5/COD 比例

本計畫預計針對國內北中南不同河川、重點工業區污水處理廠與民生生活污水廠進行資料收集，建立 BOD_5/COD 比例之初步資料，敘述如下：

(1) 河川之 BOD_5/COD 比例

依據環保署河川監測資料，民國 111 年的採樣記錄整理如表 2-19 所示，由初步判定的 5 條河川顯示，除了目前北部南崁溪流域之 BOD_5/COD 比例大於 0.4 外，其均小於 0.3，且整體 BOD_5 及 COD 濃度亦偏低。這樣的結果可初步推論，受生化污染較為嚴重的區域如：南崁溪流域，因其氨氮及有機物負荷較高，導致其 BOD_5/COD 比例較高；反之，受工業污染較為嚴重的河川如：二仁溪流域，因其重金屬污染緣故，其 BOD_5/COD 比例較低；而一般河川之 BOD_5/COD 比例則大多落在 0.2-0.3 之間。

表 2-19 河川流域之 BOD_5/COD 比例分析

流域	BOD_5(mg/L)	COD(mg/L)	BOD_5/COD(Max.)	BOD_5/COD(Min.)	BOD_5/COD(Ave.)
南崁溪	3.5~103.0	17.1~269.0	0.70	0.19	0.41
頭前溪	1.1~2.6	4.6~9.8	0.35	0.12	0.23
濁水溪	1.0~2.0	4.0~8.1	0.40	0.21	0.27
高屏溪	1.0~5.4	4.2~23.6	0.44	0.11	0.23
二仁溪	1.0~4.0	4.4~18.0	0.24	0.08	0.14

(2) 污水處理廠之 BOD_5/COD 比例

依據南部工業區污水處理廠之資料收集結果顯示(表 2-20)，其 BOD_5/COD 比例介於 0.14～0.50 之間，不同工業區之差距十分明顯，這當然與各工業區主要產業分布有關，因此如需利用此係數，亦需注意場域之間的不同，造成推估的誤差。

表 2-20 南部工業區污水廠之 BOD_5/COD 比例分析

污水廠	BOD_5/COD	污水廠	BOD_5/COD
新營	0.24	鳳山	0.37
官田	0.42	屏南	0.25
永康	0.22	臨海	0.40
安平	0.50	大發	0.27
大社	0.37	永安	0.48
南科	0.14		

(3) 生活污水廠之 BOD_5/COD 比例

根據桃園地區某重點生活污水處理廠，其日處理水量約 60,000 CMD，其中約含截流站之工業區排放水 3,000 CMD，主要處理方式為生物處理法搭配沈澱與薄膜處理，民國 110 年之水質年報資料顯示(表 2-21)，其進流水 BOD_5/COD 比例約 0.49～0.51(平均 0.50)，但分析該污水廠納管之截流站工業廢水之 BOD_5/COD 比例為 0.36～0.43(平均 0.39)低於該站之進流水質，因此實際上進流水中生活污水之比例應落在 0.52～0.53 之間。而放流水之 BOD_5/COD 比例約 0.25～0.29(平均 0.27)，顯示一般未處理之生活污水其 BOD_5/COD 比例約在 0.5 附近，而因為該廠主要之處理方式為生物處理法，可將生活污水中大部分生物可分解物質分解，因此該廠處理後 BOD_5/COD 比例下降至 0.27 也屬合理。

表 2-21 生活污水廠之 BOD_5/COD 比例分析

水質項目	BOD_5(mg/L)	COD(mg/L)	BOD_5/COD(Max.)	BOD_5/COD(Min.)	BOD_5/COD(Ave.)
進流水	128.8~156.6	258.2~317.77	0.51	0.49	0.5
截流站	17.4~44.7	47.7~103.0	0.43	0.36	0.39
放流水	4.9~8.9	18.1~30.9	0.29	0.25	0.27

2. 利用本計畫前期設備推估 BOD_5 之驗證成果

依據前節分析不同水體之 BOD_5/COD 比例，本計畫初步利用環檢所生態池與嘉太工業區兩機台搭配河川與工業區之係數進行 BOD_5 推估，其結果如表 2-22 所示，結果顯示利用歷史資料之 BOD_5/COD 比例推估生態池塘之誤差<2 mg/L，但推估嘉太工業區的結果則低估較多，造成這樣的原因可能因該機台上方為染整業排放為主,該行業所排放廢水之 BOD_5/COD 比例生物分解性較高，且與一般南部工業區之特性不同，是造成整體推估濃度低估的原因。而在南崁溪流域的 BOD_5 推估結果顯示，大埔橋(主流上游)與東門溪(主要支流)利用歷史資料提供之 BOD_5/COD 可有不錯的推估結果，其體誤差均<3 mg/L。

五、 運用前期設備演算生化需氧量（BOD）之技術可行性

本計畫應用前期已研發之 COD 設備搭配不同場域之 BOD_5/COD 來推估 BOD_5 之結果顯示，在一般河川、流域與區域排水等環境場域可獲得較佳之推估結果，因此類場域之水質特性在大多時間較為穩定，不容易產生較大變異；反觀應用於工業區相關的場域，因遭遇的場域其上游廠商或是不同製程之影響，叫不容易取得相對較為穩定之 BOD_5/COD，因此容易產生較大的誤差。綜上所述，本計畫所研發之光學感測設備如欲應用在 BOD_5 的推估時，雖可搭配歷史資料推估出具備一定可信度之 BOD_5 結果，但僅適用於水質變異性較小之環境場域如：河川、放流水等；反之，如用於推估水樣來源較複雜的場域如：工業區…，則因其來源較不穩定容易產生較大之推估誤差。

另外，依據學理來看，利用本計畫 COD 設備所推估之 BOD 並非 BOD_5，而是更接近 BOUu(BOD ultimate)，因此未來如可進一步瞭解待測水體含有基質之粗略 K 值(生物分解速率常數)，再據以推估 BOD_5，會更具有可信度。

六、 預期效益

評估不同場域下 BOD 與 COD 之比例，除可取得不同應用情境下生物性與化學性有機污染的比例外，亦可評估是否可用現行光學感測設備推估 BOD 的技術可行性與經濟效益，進而提供可快速判斷水體生物性污染的指標，同時亦提高目前已開發設備之多元應用性，增加環境自然水體推廣之可行性。

表 2-22 本計畫前期設備推估 BOD_5 之結果

設備	日期	COD	BOD_5/COD	機台推估 BOD_5 (mg/L)	實驗室 BOD_5 (mg/L)	誤差 (mg/L)
環檢所生態池 P_01	7/22	13.6	0.41	5.6	7.2	1.6
	8/6	17.4	0.41	7.1	7.8	0.7
嘉太工業區排水道 I_1	7/20	119.2	0.27	32.2	48	15.8
	8/1	121.2	0.27	32.7	46	13.3
南崁溪大埔橋	10/3	23.6	0.41	9.7	11	1.3
	10/10	35.6	0.41	14.6	12	2.6
	10/14	19.5	0.41	8.0	8.8	0.8
南崁溪東門溪橋	10/3	37.3	0.39	14.5	17	2.5
	10/10	15.0	0.39	5.9	7.9	2.0
	11/9	14.9	0.39	5.8	7.1	1.3

2.4 研析運用前期設備研發即時光學色度感測傳輸設備之技術可行性

一、 研析動機

在水質檢測過程中每個參數都非常重要，但在實際操作中有一部水質參數並得不到大家的重視，而濁度就是其中最具有代表性的檢測項目。其實作為水的光學特性，濁度是比較難測量的參數之一。想要得到準確的濁度就必須藉助專業的水質檢測儀，並不是依靠視覺的主觀測量。

常用的濁度水質檢測儀可通過光波的折射光度計來分析水體中固體物質的參數，經過計算後就能得到準確的水質濁度數據，但測量濁度的干擾主要來源於光源的波長範圍、水中的氣泡以及光線散射的角度等。其中檢視目前標準方法，濁度線上分析儀在可見光的量測發展與色度的標準方法相關度甚高，因此，本團隊預計利用已開發之光學線上感測設備來評估是否可同時量測色度與去除量測濁度干擾之演算可行性。

二、 何謂濁度與色度

(一) 濁度（Turbidity）

濁度係表示光入射水體時被散射的程度，濁度的來源包括黏粒、坋粒、細微有機物、浮游生物或微生物等。濁度高會影響水體外觀並阻礙光的穿透，進而影響水生植物的光合作用。濁度高還會使魚類的呼吸作用受阻，影響魚類的生長與繁殖，甚至使其因窒息而死亡。

在公共給水上，濁度是相當重要的指標，濁度高的水，在外觀上即予人不潔淨的感覺，在飲用時易受到排斥。另濁度高的水，在給水工程上亦發生困難，因會使過濾過程負荷增加，砂濾也無法達到效率，且增加清洗費用。此外，在公共用水進行消毒時，有些細菌或其他維生誤會吸附著在造成濁度的顆粒上，而得以抗拒氯氣或臭氧等消毒劑，消毒不易完全。濁度之測定是藉由光線散射原理，量測工具為濁度計，濁度的單位一般為標準濁度單位（Nephelometric Turbidity Unit, NTU）。

(二) 水中色度（Color）

天然水體經常顯示出淺黃、淺褐或黃綠等不同的顏色。產生顏色是由於溶於水的腐植質、有機物或無機物質所造成的。另外，當水體受到工業廢水的污染時也會呈現不同的顏色。這些顏色分為真色與外觀色。真色是由於水中溶解性物質引起的，也就是除去水中懸浮物後的顏色；而外觀色是沒有除去水中懸浮物時產生的顏色，這些顏色的定量程度就是色度。公共用水如果色度很高，消費者必然質疑水質的純淨程度，即使水質無礙健康，亦不易受到採信。

因此，各國飲用水均定有色度的標準，在淨水工程上，水質工程師均相當重視色度之高低。部分水中造成色度之有機物質，在加氯消毒後，會形成含氯有機化合物，如三鹵甲烷等，則是色度偏高水質可能衍生的問題。此外，工業用水諸如紡織染整用水，對色度的要求亦很高，以避免水中色度對產品品質造成影響。

(三) 濁度與真色度在水質監測上的關聯性

濁度與真色度雖然都是水的光學性質，但它們是有區別的。真色度是由水中的溶解物質所引起的，而濁度則是由於水中不溶解物質引起的。所以，有的水樣色度很高但並不混濁，反之亦然。一般說來，水中的不溶解物質愈多，濁度愈高，但兩者之間並沒有直接的定量關係。因爲濁度是一種光學效應，它的大小不僅與不溶解物質的數量、濃度有關，而且還與這些小溶解物質的顆粒大小、形狀和折射指數等性質有關。

三、 技術可行性研究重點

利用前期設備評估演算色度之評估流程如圖 2-27 所示，工作流程敘述如下：

(一) 收集國內外現有濁度與水中色度之標準量測方法：針對目前國內外之法規與標準，綜合整理實驗室與線上設備之量測與設質規範。

(二) 收集國內外現有濁度與水中色度之自動線上量測裝置：針對目前國內外之商品，綜合整理線上自動化設備之現況。

(三) 採集不同場域之水樣，分別利用本團隊前期研發之光學感測設備與標準方法，量測其濁度與水中色度數值，評估不同場域之色度之量測數值與其對濁度量測之干擾情形。

(四) 評估現有技術與監測裝置與國際間發展趨勢的差距，探討如何結合現有的裝置，發展新式的線上監控裝置，並提出技術可行評估結果。

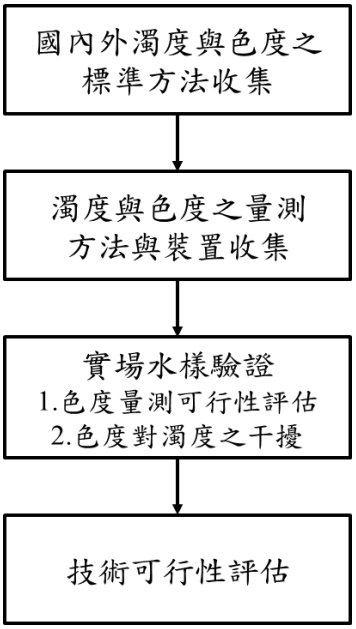


圖 2-27 前期設備研發即時色度感測之可行評估流程

四、 工作進度說明

(一) 國內外濁度與色度之標準量測方法

1. 國內濁度標準量測方法說明

我國採用之濁度檢測標準方法為行政院環境保護署環境檢驗所所公告之水中濁度檢測方法-濁度計法（NIEA W219.52C），其主要分析方法為比較水樣和標準參考濁度懸浮液對特定光源散射光的強度，以測定水樣的濁度。

2. 國外濁度標準量測方法說明

目前國際間較具公信力之濁度標準量測方法之公告單位為標準方法（Standard method）、美國環保署（USEPA）與國際標準化組織（ISO），其對應之標準方法整理如表 2-23 所示，三者方法均以量測水樣之散射光來量測，但光源上的選用略有不同，Standard Method 與 USEPA 建議量測時以可見光（400-600 nm）為主，亦為國內濁度標準量測方法之來源依據；而 ISO 則建議以近紅外光（850 nm）為主。

表 2-23 標準方法與美國環保署中之濁度檢測方法

單位	量測物種	方法編號	相關章節
Standard Method	濁度	2130	2130A 2130B
USEPA	濁度	180.1	-
ISO	濁度	7027	7027-1 7027-2

3. 國內色度標準量測方法說明

我國採用之色度檢測標準方法為行政院環境保護署環境檢驗所所公告之方法，分別有水中色度檢測法-鉑鈷視覺比色法（NIEA W201.52B）及水中真色色度檢測方法-分光光度計法（NIEA W223.52B），兩種檢測方法之簡要說明如下：

(1) 色度檢測法-鉑鈷視覺比色法

以視覺比色法將水樣和一系列不同色度之鉑鈷標準溶液進行比對，測定出水樣之色度，比對方式亦可以使用附有校正證明之玻璃製標準色盤進行。一個色度單位，係指 1 mg 鉑以氯鉑酸根離子態存在於 1 L 水溶液中時所產生之色度。本方法所測得之色度為外觀色度（Apparent color），水樣不必先除去濁度。

(2) 真色色度檢測方法-分光光度計法

真色是指水樣去除濁度後之顏色。水樣利用分光光度計在 590 nm、540 nm 及 438 nm 三個波長測量透光率，由透光率計算三色激值（Tristimulus value）及孟氏轉換值（Munsell values），最後利用亞當-尼克森色值公式（Adams-Nickerson chromatic value formula）算出中間值（DE，Delta E）。DE 值與標準品檢量線比對可求得樣品之真色色度值。

4. 國外色度標準量測方法說明

目前國際間較具公信力之色度標準量測方法之公告單位為標準方法（Standard method）與國際標準化組織（ISO），其對應之標準方法整理如表 2-24 所示，兩者方法幾乎一致，亦為國內色度標準量測方法之來源依據。

表 2-24 標準方法與國際標準組織中之色度檢測方法

單位	量測物種	方法編號	相關章節
Standard Method	色度	2120	-
ISO	色度	7887	-

(二) 濁度與色度之量測方法與裝置

1. 濁度量測方法與裝置介紹

本節介紹之濁度量測方法涵蓋利用光學散射法與光學散射、穿透搭配方法之設備，其比較如表 2-25 所示，敘述如下：

(1) 目前濁度設備若需同時具備線上安裝與即時量測功能，大多為國產廠商進口國外之濁度感測器，利用系統整合之能力提供，如：上泰儀器（Xylem）、今日儀器（HacH）與開創水資源，但其設置安裝成本往往較高（均超過 10 萬元以上），且需搭配購買原廠水質資料庫及標準校正液，方可在較短時間內訓練完成，另外，此類設備通常不能感測太高濁度濃度及較成分複雜之水質，容易造成感測數值誤判等情況發生。

(2) 本團隊所開發的光學感測模組，除擁有小型化光學技術自主性可大量降低產品成本外，亦可搭配多成分定性與定量演算法與參考光感測設計，具可批次/流動兩用之使用彈性與即時感測性高、設備體積小且操作成本低等優勢。

表 2-25 濁度分析設備之監測方式與比較

項目 \ 設備	本計畫 開發設備	濁度檢測設備	國產設備整合 進口濁度感測器
圖式			
代表廠商	ITRI	MERCK / HacH	上泰/今日/開創
測定原理	光學頻譜& 演算法	光學法	光學法
量測方式	散射90度 穿透180度	散射90度	散射90度
價格 (單位：仟元)	<70	100	250
優點	●即時光譜分析 ●具自動清洗功能 ●具參考光源 ●建置成本較低	●精確度高	●即時分析 ●濕度環境耐受高
缺點	●需利用短時間建立與修正資料庫及演算法	●單一量測 ●非即時分析	●建置成本高 ●耗材成本高

2. 色度量測方法與裝置介紹

目前市售儀器無論桌上型或是線上監測設備大多利用光學穿透法作為設計原理，其理論為標準方法中之真色色度檢測法，國內廠商目前僅具備提供桌上型機種能力，線上監測設備的提供廠商提供方式與前述濁度相同，為進口國外之色度感測器，利用系統整合能力製造後提供，而也因其設備製作過程與濁度線上感測器類似的關係，故製造成本、應用方式與優缺點也很類似，其比較如表 2-26 所示。

表 2-26 色度分析設備之監測方式與比較

項目 \ 設備	進口色度感測器	國產設備整合 進口色度感測器	色度檢測設備
圖式			
代表廠商	九州	開創	Lovibond
測定原理	光學法	光學法	光學法
量測方式	穿透180度	穿透180度	穿透180度
價格 (單位：仟元)	200	250	150
優點	◘即時分析	◘即時分析 ◘濕度環境耐受高	◘精確度高
缺點	◘單一量測	◘建置成本高 ◘耗材成本高	◘單一量測 ◘非即時分析

(三) 應用前期計畫設備研析色度感測之實驗計畫架構

本計畫應用前期計畫設備針對濁度與色度標準品，進行標準品檢量線建置後，依據檢量線結果判定本計畫設備之濃度上限，進而設計具備可行性之混合濃度實驗計畫後，建立量測濁度與真色色度的光學演算法，評估應用前期計畫設備同時量測濁度與真色色度之可行性，實驗計畫如圖 2-28 所示。

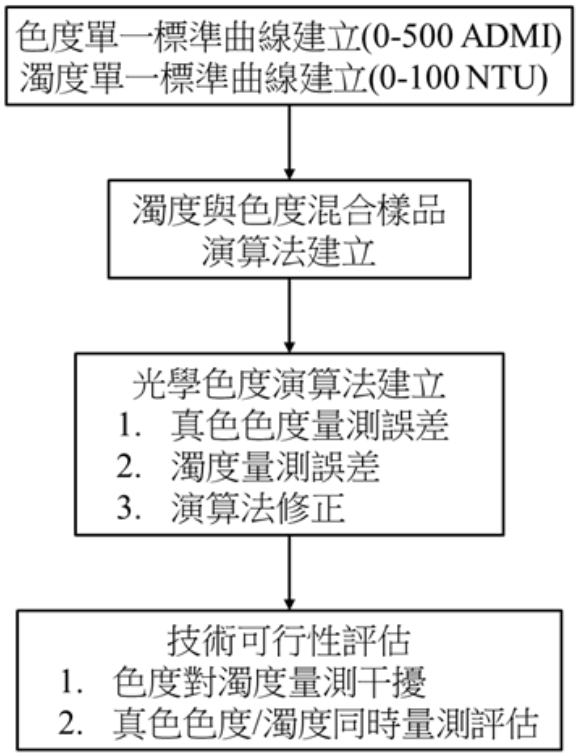


圖 2-28 應用前期計畫設備研析色度感測之實驗計畫架構

(四) 應用前期光學模組研析色度感測之測試結果

利用前期開發之光學感測模組進行濁度與色度測試，搭配建立之推估模式，分別針對色度標準品、濁度標準品、混合標準品進行推估實驗，測試結果分述如下：

1. 色度標準品曲線建置

色度標準液係利用 1.246 g 氯鉑酸鉀(K_2PtCl_6)和 1.00g 晶狀氯化亞鈷($CoCl_2 \cdot 6H_2O$)溶解於 100 mL 12N 濃鹽酸之試劑水中，再以試劑水定容 1 L，此色度標準儲備溶液為色度 500 單位，並以此標準儲備溶液依序稀釋進行色度 0~500 度檢量線建立，其結果如圖 2-29 所示，結果顯示利用本計畫研發光學設備之可見光波段(550 nm)建立色度檢量線，色度濃度與穿透強度線性關係下 R^2 為 0.9892，具良好的關聯性，但低色度(<20)時誤差較大；而近紅外光波段(850 nm)則因為光接收器(Photodiode)對色度並無感測能力，色度濃度 20 與 500 之感測結果相同，因此無法以近紅外光波段建立色度檢量線。

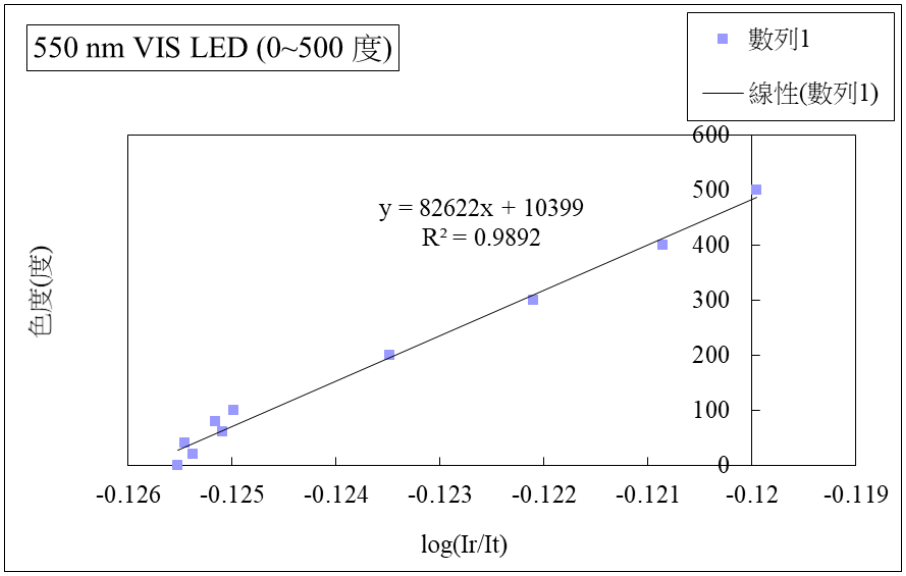


圖 2-29 色度(0-500 mg/L)檢量線建置結果

2. 濁度標準品曲線建置

濁度利用 HACH Formazin 4000 NTU 標準液依序稀釋進行濁度檢量線建立，前期研發光學設備之可見光與近紅外光波段均可建立濁度檢量線，其可見光建立之檢量線 R^2 為 0.9996，近紅外光為 0.9955，兩者皆具良好線性表現。

3. 混合標準品準確度驗證

以定量濁度濃度搭配不同色度濃度混合標準品，以可見光與近紅外光之推估結果如表 2-27 所示，在濁度推估部分，水中色度會明顯影響光學 VIS 的推估情形，在中/低濁度(<40 NTU)時，色度愈高干擾愈大，而相對高濁度濃度時(100 NTU)，受色度的干擾影響情形較小。這與每單位色度的吸收度貢獻比率較每單位濁度的吸收度貢獻比率低的關係；光學 NIR 推估濁度部分受色度的影響則明顯變小，因此後續優先利用 NIR 波段先行推估水中正確的濁度濃度後再計算真色色度推估。

表 2-27 光學模組混合標準品之濁度準確度驗證結果

配製混合標準品		光學模組－VIS波段推估			光學模組－NIR波段推估		
濁度 (NTU)	真色色度 (ADMI)	推估濁度 (NTU)	絕對誤差 (NTU)	相對誤差 (%)	推估濁度 (NTU)	絕對誤差 (NTU)	相對誤差 (%)
40	40	49.10	9.10	22.8	47.85	7.85	19.6
40	100	49.71	9.71	24.3	47.23	7.23	18.1
40	200	51.60	11.60	29.0	45.58	5.58	14.0
40	400	55.42	15.42	38.6	39.34	-0.66	-1.7
100	40	117.13	17.13	17.1	109.33	9.33	9.3
100	100	120.39	20.39	20.4	111.95	11.95	11.9
100	200	119.59	19.59	19.6	110.88	10.88	10.9
100	400	115.70	15.70	15.7	99.36	-0.64	-0.6

水中真色色度推估結果顯示如表 2-28 所示，在濁度 40 NTU 的條件下，依上述說明先利用 NIR 波段計算水中濁度可得到具相對準確的推估結果；再繼續以 VIS 波段搭配演算法扣除濁度的干擾後，可正確的推估出真色色度，但當濁度上升至 100 NTU 時，利用 NIR 波段進行濁度濃度推估仍不受影響，但真色色度推估部分較低真色色度水樣明顯出現較大的偏移現象，而在相對較高的真色色度(>200)後誤差明顯降低。

表 2-28 光學模組混合標準品之色度準確度驗證結果

配製混合標準品		光學模組推估		絕對誤差		相對誤差	
濁度 (NTU)	真色色度 (ADMI)	濁度 (NTU)	真色色度 (ADMI)	濁度 (NTU)	真色色度 (ADMI)	濁度 (%)	真色色度 (%)
40	40	47.85	74.16	7.85	34.16	19.6	85.4
40	100	47.23	101.22	7.23	1.22	18.1	1.2
40	200	45.58	180.05	5.58	-19.95	14.0	-10.0
40	400	39.34	402.99	-0.66	2.99	-1.7	0.7
100	40	109.33	246.81	9.33	206.81	9.3	517.0
100	100	111.95	262.33	11.95	162.33	11.9	162.3
100	200	110.88	267.85	10.88	67.85	10.9	33.9
100	400	99.36	434.24	-0.64	34.24	-0.6	8.6

五、 運用前期設備研發即時光學色度感測傳輸設備之技術可行性

本計畫利用前期設備之多光源特性，複製同步推估 COD 與 SS 之模式，研析建立同步推估濁度與真色色度演算模式之可行性結果顯示，由於濁度跟 ADMI 皆為光學量，濁度對 ADMI 所造成的誤差主要出現在濁度跟 ADMI 的比值為 1:1，或濁度比 ADMI 大時。從表 2-28 來看，ADMI 誤差最大時出現在濁度與 ADMI 比值 1:1 及 5:2，即使都是 1:1 狀態，

100:100 的誤差還比 40:40 誤差大兩倍，因此認為 ADMI 的誤差會跟濁度的平方/ADMI 成正比，跟比例有關。

表 2-28 結果同時顯示，利用可見光(VIS)與近紅外光(NIR)均可在具備濁度干擾的水樣中進行準確推估，但 NIR 因其感測不受色度影響，因此其推估更為準確。而在真色色度的推估結果顯示，水樣中之濁度相對不高時，其對色度之推估仍具備一定之可信度，整體誤差<10%；然而當濁度升至 100 NTU 以上時，因單位色度對吸收度之貢獻度遠小於濁度，因此對低濃度色度的推估會因為濁度的貢獻產生較大的偏移，但對於高色度的影響則較小。

由於國內目前各行業針對真色色度之放流水標準大多介於 400-600 之間，因此本計畫所研發出之光學設備在同步推估濁度與色度之效果上，雖在濁度較高環境下針對低色度的推估較為失準，但其針對高色度仍具備一定可信度，應可作為即時預警之參考指標。

六、 預期效益

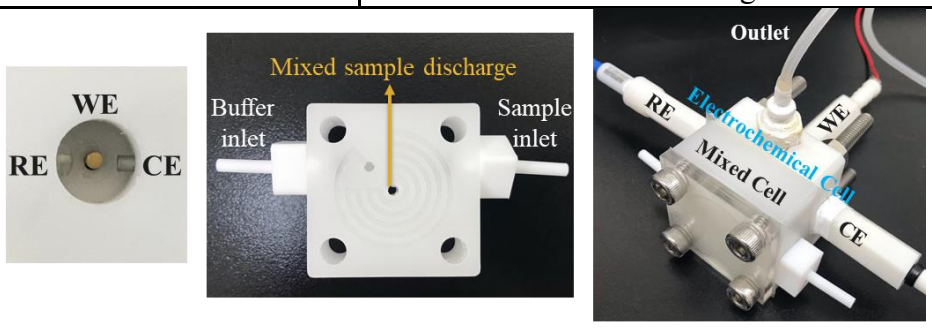
水體中溶解性與不溶解性物質分別對真色色度與濁度有明確貢獻，研析前期設備對真色色度的量測，除可評估目前所開發設備是否可量測真色色度外，亦可確認其對濁度量測時之干擾情形，大幅提升所開發設備之準確度與商業價值。

2.5 提升固定式餘氯感測器感測極限之經濟及技術研析

表 2-29 為 110 年度固定式餘氯感測器規格，主要以電化學方波伏安法為原理進行相關構件設計，其中反應槽體積係指感測器組件中電化學反應槽之電極槽（圖 2-30），水樣與緩衝溶液經微流道混合槽混合後流至電極槽中，與三電極產生電化學反應以量測電流變化情形，為水樣與電極發生反應之主要區域，其體積約為 1 cm^3，而三電極中主要與水樣進行電化學反應者為工作電極，其反應面積約為 0.66 cm^2，現行工作電極為摻硼鑽石（BDD）材料，與此前提下，可感測餘氯濃度最低可至 0.2 mg/L，另考量水樣及緩衝溶液混合時間、反應槽清洗時間及量測時間等，110 年感測器每筆數據之產生時間約需 20 分鐘。

表 2-29 110 年度固定式餘氯感測器規格

規格項目	內容
電化學方法	方波伏安法（Square Wave Voltammetry, SWV）
反應槽體積	1 cm^3
三電極	➢ 工作電極：摻硼鑽石材料 ➢ 對電極：白金材料 ➢ 參考電極：Ag/AgCl
工作電極反應面積	0.66 cm^2
量測水樣流速	1.2 ml/min
數據產生頻率	3 筆/小時
餘氯濃度量測範圍	0.2~5.0 mg/L



(a)三電極槽　(b)微流道混合槽　(c)電化學反應槽

圖 2-30 電化學反應槽

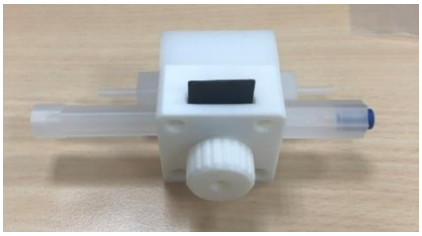
為持續優化餘氯感測器，本年度擬從兩部分著手進行可行性及成本效益評估，分別說明如後：

一、 下修餘氯感測極限至 0.1 mg/L

感測元件中，工作電極反應面積及摻硼鑽石結構，為決定餘氯感測極限之關鍵因素，爰分別簡述如下：

(一) 工作電極反應面積：量測低濃度餘氯水樣時，為分辨其發生電化學反應時電流變化與水樣背景電流之差異，故如需下修感測極限至 0.1 mg/L，增加工作電極面積，以提升前述電流變化量為首要之務，惟其亦伴隨著變更反應槽體積及結構，適當之水樣流速亦需一併進行探討。

(二) 摻硼鑽石結構：摻硼鑽石（BDD）是在 sp^3-C 生長過程中以高溫高壓時添加硼形成的新型金剛石，其中會含有部分 sp^2-C，當整體材料中屬 sp^3 結構之碳越多，電極穩定性越高，亦可將背景電流降低，惟同時伴隨著電極靈敏度下降，對於水樣低濃度餘氯感測即較不靈敏，另電極表面摻硼鑽石鍍層厚度亦會對電極穩定性及餘氯感測造成影響，如何於上述變因中在低濃度餘氯感測及電極穩定性中進行權衡，為本年度之探討重點。為測試工作電極面積提升對於餘氯感測濃度之優化情形，本計畫透過 3D 列印技術製作快拆式反應槽部件，可與現有之電化學反應槽進行組裝以利試驗進行，此外並訂作平板式 BDD 電極，其反應面積約為原先棒式電極之兩倍，反應槽及平板式電極如圖 2-31 所示，並刻正進行測試階段中。



（a）平板式電化學反應槽（3D 列印版）



（b） 平板式 BDD 電極

圖 2-31 平板式電化學反應槽及 BDD 工作電極

二、 增加數據量測頻率

此外，110 年之固定式餘氯感測器，其因以方波伏安法作為基礎進行量測，故數據產生頻率為每小時 3 筆，為提升感測器監測效能，本年度亦將其他電化學方法納入研析，以針對連續監測操作模式進行評估。

參考安培法（Amperometry）基礎理論，不同於方波伏安法之施加電位隨時間變化，其為施予一固定電位於工作電極，以時間為函數對應所得電流值之變化，如圖 2-32 所示，安培法所施加之電位通常為待測目標之氧化或還原電位，當反應槽開始注入待測目標時，因其發生氧化或還原反應之電子轉移，即會表現於量測電流值之變化。

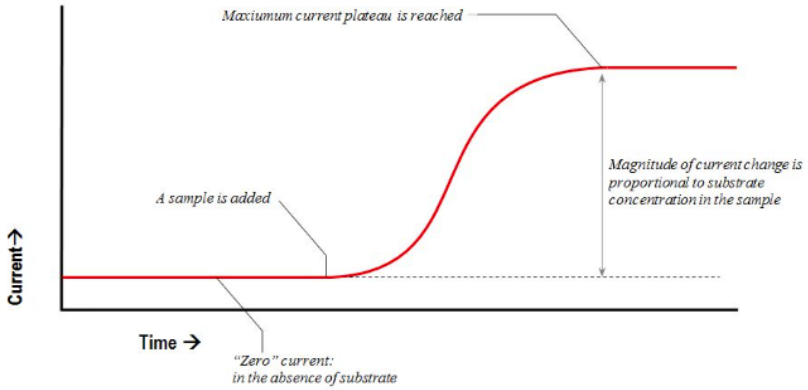


圖 2-32 安培法（Amperometry）基礎理論（Alex Yartsev, 2015）

綜整上述，本計畫擬從安培法著手，同時探討增加數據量測頻率及下修感測極限之可行性；參考去年度測試之餘氯電化學還原波峰位置（圖 2-33），當施加電壓為 -0.2 V 至 -0.4 V 時，因濃度變化而產生之電流變化量皆具有明顯差異，故本計畫設定施加電位於此區間值進行安培法量測，同時參考相關文獻進行電解液之調整，相對於去年度使用之磷酸基底(PBS)電解液，安培法搭配之氯化鈉基底電解液對環境而言相對無害。

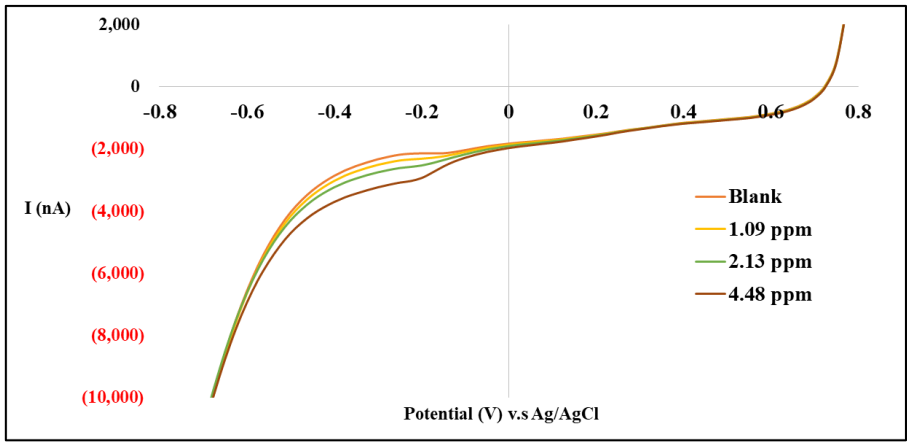
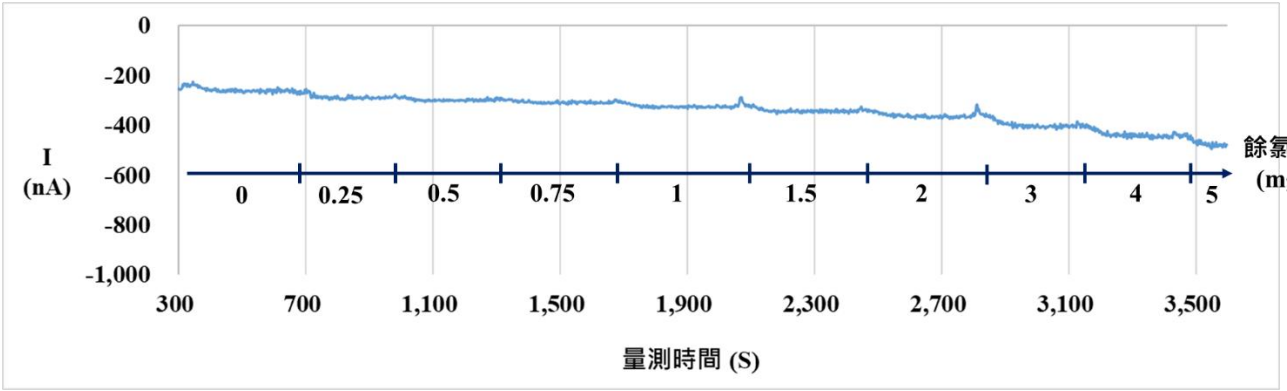
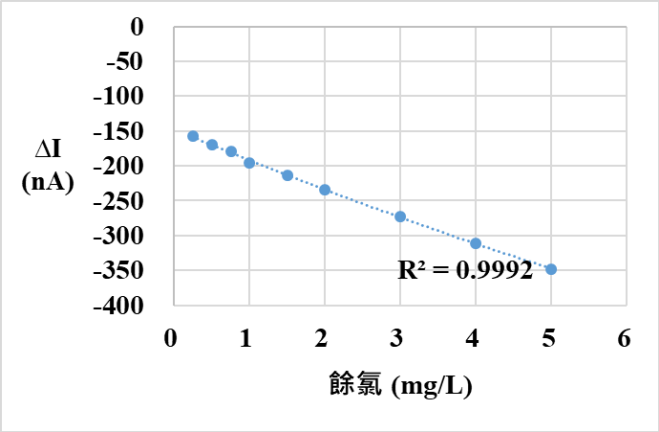


圖 2-33 餘氯還原波峰

圖 2-34 (a)為於電極工作面積為 0.5 cm^2，設定電位為 -0.4 V 之條件下，以恆電位儀進行之安培法量測圖譜，進流水樣之餘氯濃度範圍為 0 至 5 mg/L，水樣以自來水為基底配置，由圖中看出，當進流水樣之濃度增加，量測到之還原電流隨之有明顯改變，進一步以計算各濃度之平均電流，與背景電流間之差異性，以觀察其相關性，如圖 2-34 (b)所示，可看出餘氯濃度於 0.25 至 5 mg/L 之間，其電流回饋具有良好趨勢，R^2 值為 0.9992，顯示採安培法進行自來水中餘氯量測具有可行性，且數據量測頻率相較於安培法而言彈性較高，可依據需求進行調整。



(a) 安培法量測圖譜



(b) 安培法檢量線(-0.4V)

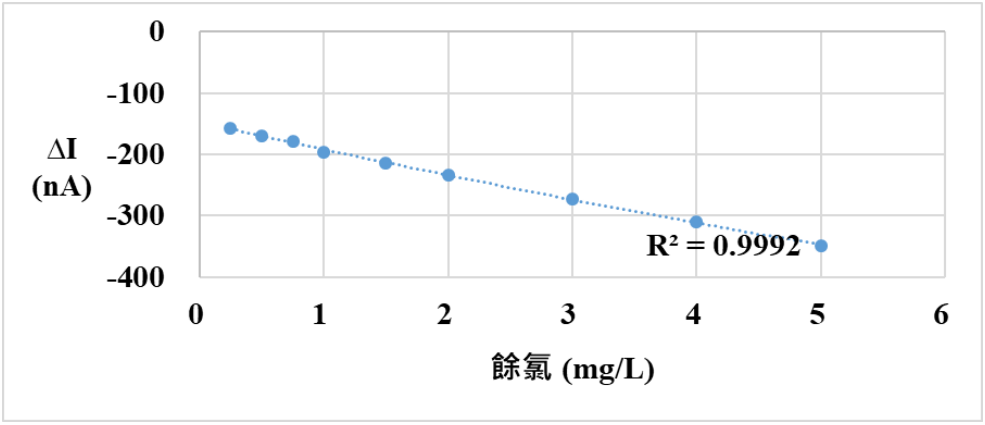
圖 2-34 安培法量測圖譜及檢量線

進一步以前述操作條件為基準，比較工作電極面積與回饋電流之差異性，可分為棒式 BDD 電極(長電極、短電極)及板式 BDD 電極，茲將其電極工作面積、感測靈敏度及最低感測濃度列於表 2-30，隨著電極面積增加，感測靈敏度有增加趨勢，板式及長棒式電極之單位電極面積感測靈敏度均優於短棒式電極，亦即大電極面積對於分辨不同濃度間之電流差異值具有優勢，於可偵測最低感測濃度上，長棒式電極之有效反應面積最大，可感測到的最低餘氯濃度可達 0.1 mg/L，優於去年度計畫使用的短棒式電極感測極限 0.2 mg/L。

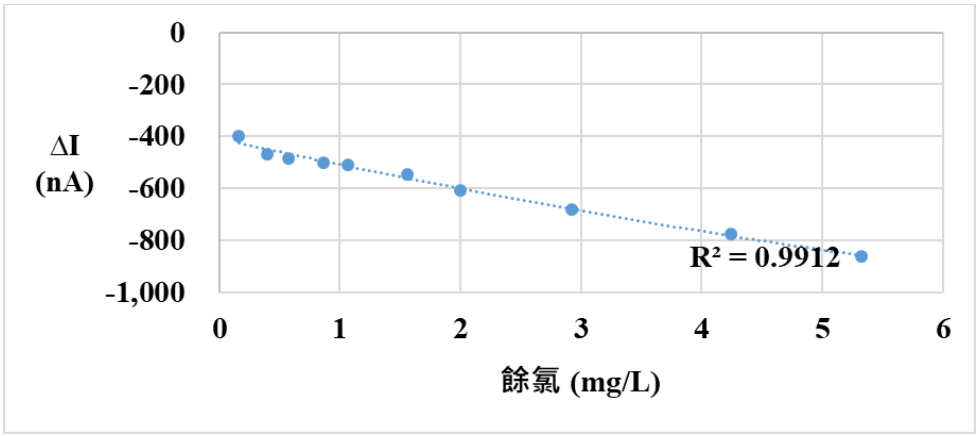
電極工作面積增加，雖對於下修餘氯感測極限具有幫助，但對於水中其他物質造成之電流干擾亦更加敏感，圖 2-35 為三種電極之安培法量測檢量線，短棒式電極之檢量線 R^2 值為 0.9992，為三者中最佳，而面積最大的長棒式電極 R^2 值則為 0.9876，後續會進行重複試驗以評估最佳量測範圍，另因目前安培法為以恆電位儀進行可行性評估，本計畫亦將編寫於餘氯固定式機台之電路板程式，以評估安培法應用於實場連續監測之可行性及穩定性。

表 2-30 110 年度固定式餘氯感測器規格

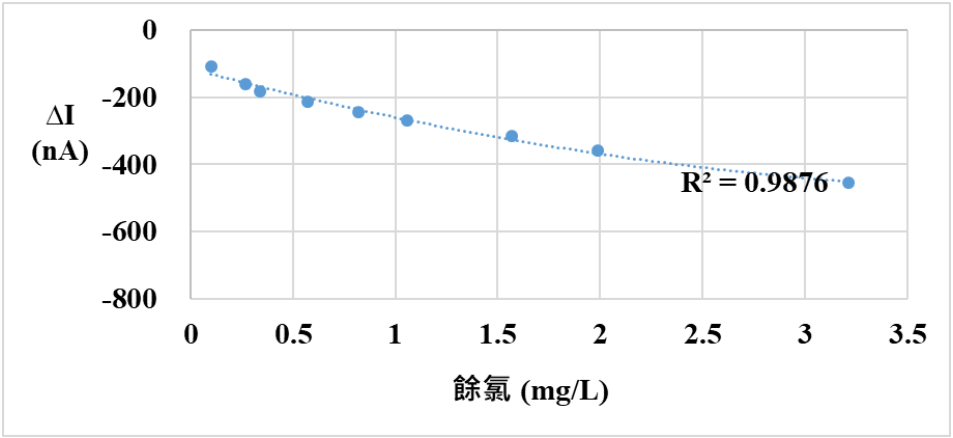
電極形式	棒式(短)	板式	棒式(長)
電極面積(cm^2)	0.50	0.64	0.81
感測靈敏度(nA/ppm)	-40	-89	-112
單位電極面積感測靈敏度(nA/ppm·cm^2)	80.0	139.1	138.3
最低感測濃度 (mg/L)	0.20	0.16	0.10



(a) 棒式電極(短)



(b) 平板式電極



(c) 棒式電極(長)

圖 2-35 三種 BDD 電極形式之檢量線

三、 餘氯機台下修感測極限及增加量測頻率之經濟評估

本研究於今年度透過工作電極/槽體改良(電極放大)及分析程序(電流法)優化整體餘氯感測效能，以 FY110 機台為基礎與市售/常見分析方式進行競爭力分析，與市售電極法相比之下雖初設成本較低，但若須線上即時監測則需大量仰賴人力進行採樣；若為市售之餘氯連續監測設備，其雖與本產品相較具有價格競爭力，但因僅可監測單一標的(如餘氯)，故若針對需同時多測項水質感測應用時，電化學感測機台較具可擴充性；另針對比色法(如 OT、DPD)，其雖操作簡單，但較不適用於高餘氯濃度之水樣，且精準度較低，故多開發為試劑包供現場操作人員目視分析之用途，此外因分析試劑具致癌物故具廢液處置疑慮。

表 2-31 電化學餘氯感測機台與常見餘氯分析方法之經濟評估及競爭力分析

項目 \ 設備	本計畫	市售電極法	比色法/分光光度計	
			OT	DPD
圖示				
代表廠牌	ITRI	CLEAN/SWAN	第一化工	Advantec/HACH
測定原理	伏安法/安培法	三電極式	氧化還原/比色法	氧化還原/比色法
量測方式	實驗室/攜帶式 連續/批次式	實驗室/攜帶式 批次式/連續式	實驗室/攜帶式 批次式	實驗室/攜帶式 批次式
價格	15-20萬 (維運耗材成本另計)	15-25萬 (維運耗材成本另計)	分光設備20-100萬 (比色藥品另計) (委外分析 1000元/個)	
測量干擾	搭配緩衝溶液可有效降低水溶液環境干擾	為兩點校正，容易受到水溶液環境影響	色度、氧化劑、濁度、硝酸鹽	氧化劑(錳)、還原劑(有機硫化物)、溴/碘離子、銅、濁度、色度、鉻酸鹽
優點	●可整合多測項 ●即時分析 ●緩衝液環境無害 ●連續線上量測 ●可現址安裝 ●具遠端監控平台	● 適用檢測範圍及環境較寬 ● 可現址安裝及量測，易於操作	● 操作簡易 ● 方便攜帶 ● 具市售隨身型指示劑，可快速目測判定	● 操作簡易 ● 具市售攜帶型設備 ● 精確度高
缺點	●需添加藥劑 ●需前處理	● 水中溶氧等電活性物質會影響量測電流 ● 因測量過程中為施加固定電壓，難以量測背景電流 ● 設備仰賴進口	● 不適用於餘氯高於 10 mg/L之水樣 ● 精準度低 ● OT屬可能致癌物質 ● 廢液處置問題	● 不適用於高濃度餘氯檢測 ● 易受水質影響 ● 因DPD氧化之最終產物為無色，故水樣添加DPD後應盡快進行比色分析 ● 廢液處置問題

2.6 運用電化學感測技術整併多測項重金屬感測器之經濟及技術研析

目前重金屬分析方法有：紫外光-可見光光度法（UV）、原子吸收法（AAS）、原子熒光法（AFS）、電感耦合等離子體法（ICP）、X 熒光光譜（XRF）、電感耦合等離子質譜法（ICP-MS）。日本和歐洲國家有的採用電感耦合等離子質譜法（ICP-MS）分析，其準確度高，惟儀器成本較高，另亦有單位採用 X 熒光光譜分析，優點是無損檢測，可直接分析成品，惟檢測精度和重複性不如 ICP 等質譜法儀器。

本研究開發之電化學感測元件，透過電化學參數之調整，進行水中重金屬離子之濃度量測，其以剝除伏安法原理（圖 2-36），先將其於特定電位範圍還原並沉積於電極表面，再以正電壓掃描進行剝除，即可依不同氧化電位定性出重金屬種類，並以氧化所產生之電流值大小，得知其重金屬濃度。此種方法雖可以大範圍掃描同時感測多種重金屬種類與濃度，但因重金屬間易產生合金互相干擾，僅能得到趨勢無法得到準確值，故若需得到較準確的重金屬種類與濃度需縮小掃描電壓以去除干擾，但可同時檢測到的重金屬種類會減少。

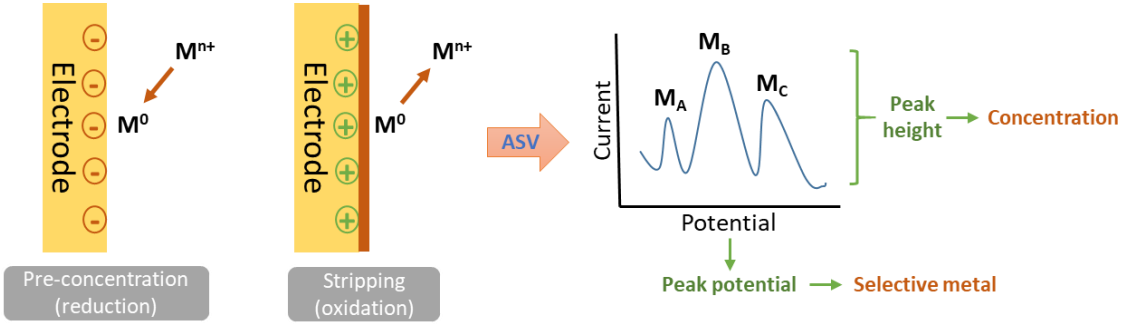


圖 2-36 剝除伏安法原理

一、 電位窗範圍（Potential Window）

電化學中之電位窗範圍（Potential Window），係指該電極於水溶液中之析氧（Oxygen evolution）電位及析氫（Hydrogen evolution）電位之區間範圍，為衡量一電極材料於電催化能力的重要指標，當電位窗範圍越大，對於目標反應物質於高電位電極催化作用下發生的氧化還原情形越有利。此外，因電極表面發生目標物氧化還原反應的同時，如反應電位大

於水解反應電位，亦同時與電極表面之水解反應相互競爭，故如電極的析氧電位或析氫電位，與目標物之氧化還原反應電位差距越大，越有利於進行電化學感測時，不被水分解產生的氣泡或電流所干擾，可大幅提升感測靈敏度。

圖 2-37 為使用 0.1 M 磷酸鹽緩衝溶液（PBS）添加 0.1 M 過氯酸鈉（$NaClO_4$）作為電解液（為現在線上餘氯感測機台使用之電解液），以恆電位儀（Potentiostat, Autolab）進行金（Au）、白金（Pt）及摻硼鑽石（BDD）電極之循環伏安法量測圖，以比較三種電極之電位窗範圍；依圖 2-37 顯示，白金電極之電位窗範圍為-0.6 V~ +1.6 V vs Ag/AgCl，金電極之電位窗範圍為-1.2 V~ +1.6 V vs Ag/AgCl，摻硼鑽石電極其電位窗範圍為三者中最廣，適用之催化範圍為-1.8 V~+2.0 V vs Ag/AgCl。

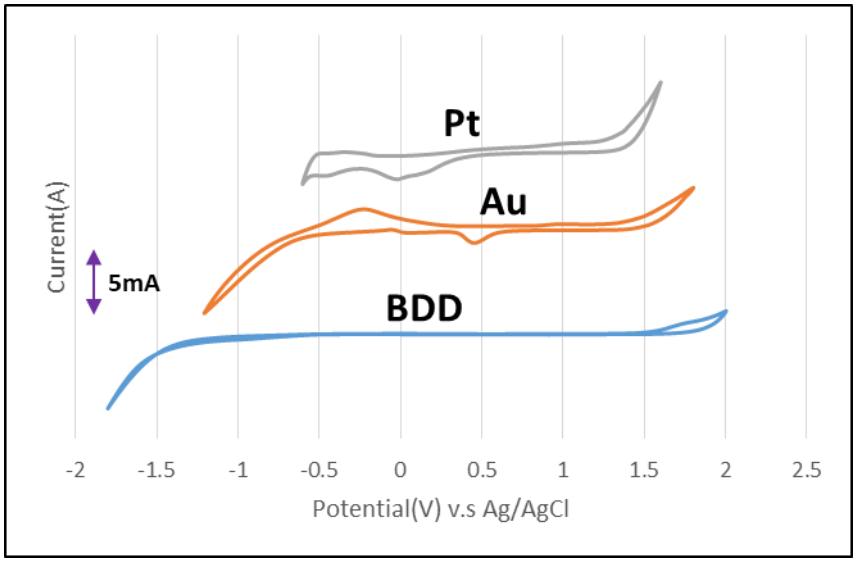
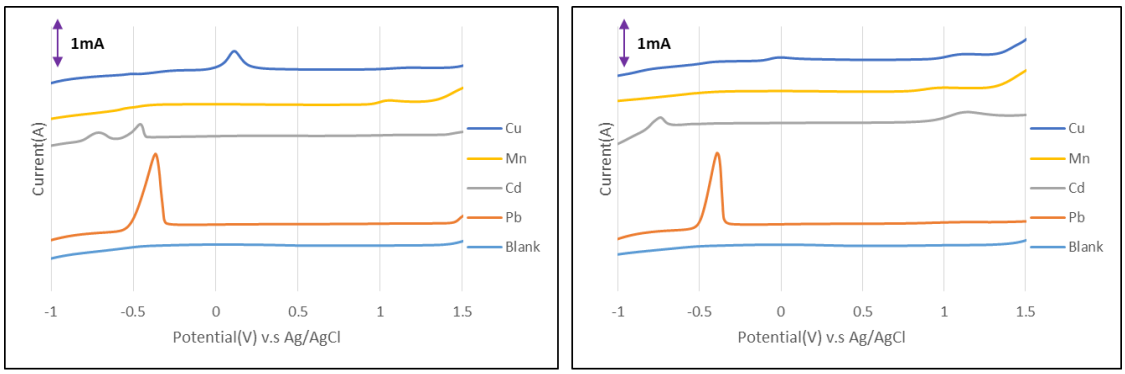


圖 2-37 Pt、Au 及 BDD 電極電位窗範圍比較

二、 重金屬感測標的選定

在摻硼鑽石電極之電位窗(-1.8 V ~ +2.0 V vs Ag/AgCl)範圍內分別對高濃度(10 mg/L)單一重金屬(鉛、鎘、錳、銅)以循環伏安法(CV)掃描，初步使用餘氯線上機台使用之電解液與文獻常用之醋酸緩衝溶液作為電化學操作背景電解液。依圖 2-38 (a)顯示，在醋酸緩衝溶液背景下，分別於-0.4 V、+0.2 V、+1.1 V 的位置有鉛、銅、錳之氧化峰，而鎘有兩個峰在

-0.7 V 與-0.45 V；而依圖 2-38 (b)顯示，在同餘氯感測機台電解液背景下，分別於-0.4 V、0 V、0.9 V 的位置有鉛、銅、錳之氧化峰，而鎘有兩個峰在-0.7 V 與 1.2 V。



(a)醋酸緩衝溶液　　(b)餘氯感測機台電解液

圖 2-38 單一重金屬感測伏安圖

因在醋酸緩衝溶液背景下，鎘於 -0.45 V 之氧化峰與鉛之氧化峰(-0.4 V)太相近，故使用餘氯感測機台電解液做為雙金屬同時感測之背景電解質。從圖 2-39 可看出銅與鉛與其他金屬同時感測時，雖氧化峰電流會受影響些微變大，但氧化峰電位幾乎無偏移現象。錳與其他金屬同時感測均會受嚴重干擾。鎘與鉛同時感測時， -0.7 V 與-0.4 V 之氧化峰可良好分開，0.12 V 之氧化峰會消失；而鎘會受銅嚴重干擾。故綜上所述，本年度於維持同種槽體與工作電極之前提下等考量後，選定易分峰且不易互相干擾之銅與鉛做為目標待測重金屬。

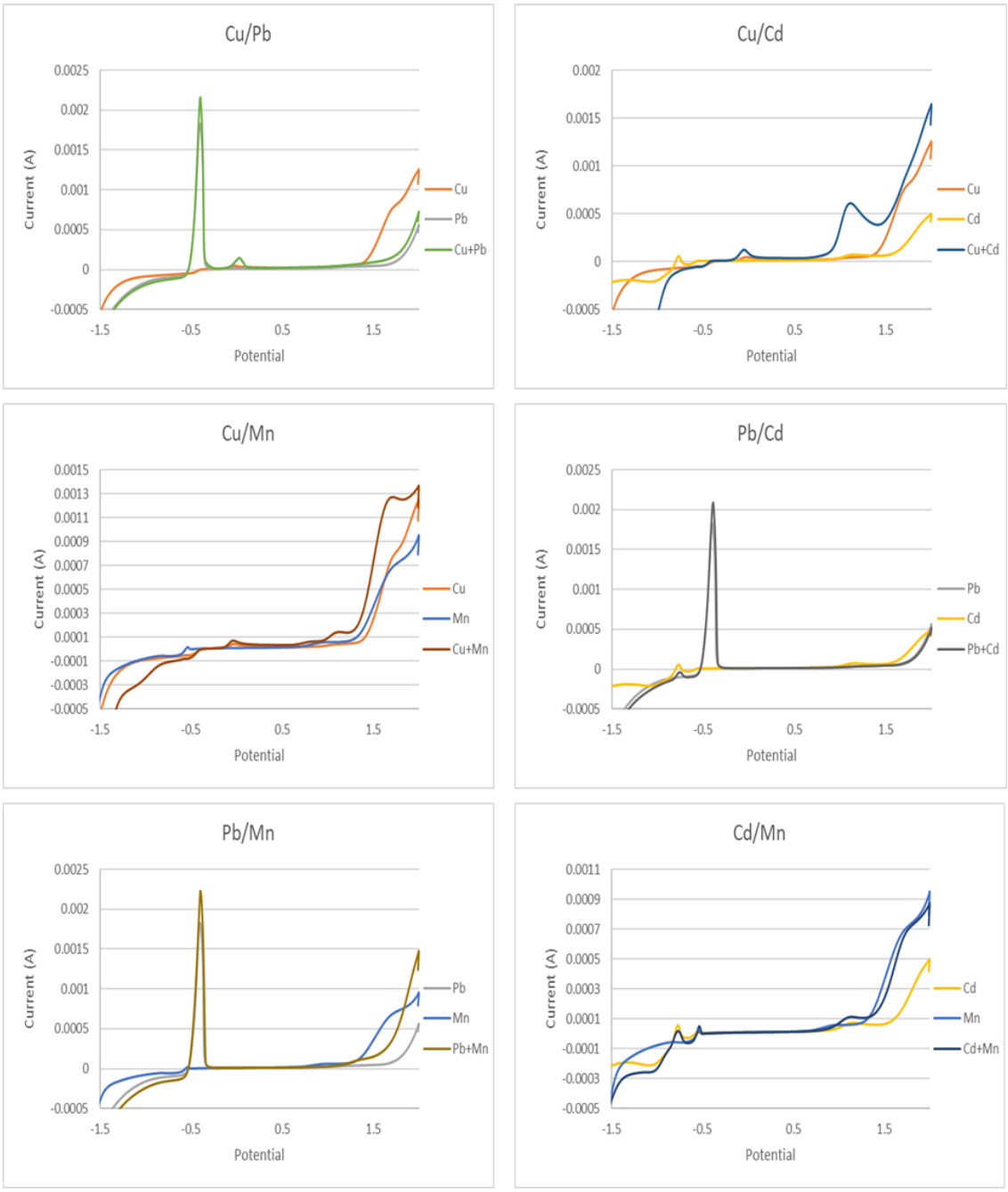


圖 2-39 雙金屬感測伏安圖

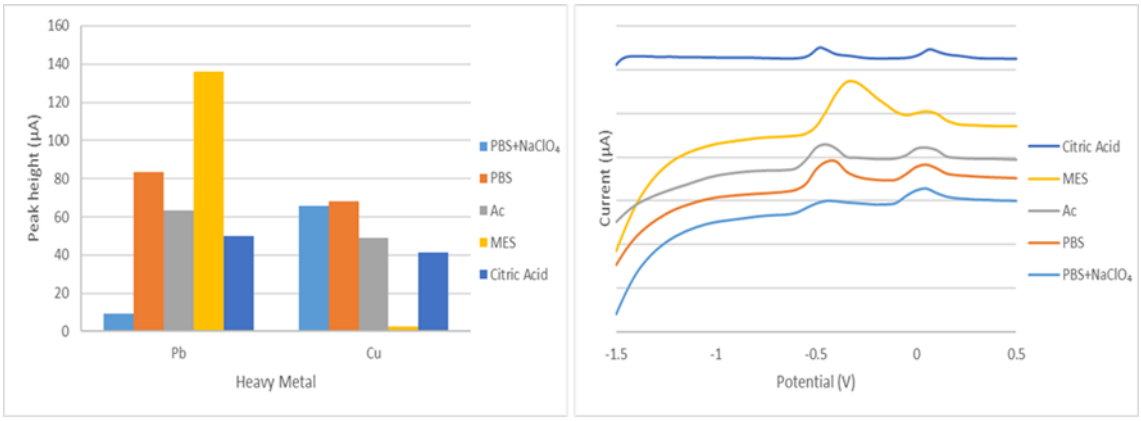
三、 電解液種類選定

電化學反應中電解液佔很大的影響作用，依目的可分為維持總離子強度穩定的高濃度惰性電解質(硝酸鉀、氯化鈉、過氯酸鉀等)、維持酸鹼值的緩衝溶液(磷酸鹽緩衝溶液、醋酸緩衝溶液等)以及掩蔽干擾物的掩蔽劑(EDTA)。背景環境中酸鹼值對於重金屬感測影響很大，故選用緩衝酸

鹼值的電解質溶液。而選擇適合的電解質種類、濃度與 pH 值可降低檢測水樣中其他物質的干擾。

本年度選定標的重金屬銅與鉛適用環境為酸性，挑選了 pH 3 的檸檬酸(Citric Acid)、pH 4.6 的醋酸緩衝溶液(Ac)、磷酸鹽緩衝液(PBS)以及有添加過氯酸鈉的餘氯感測機台電解液(PBS+$NaClO_4$)、pH 5.8 的 2-乙烷磺酸(MES)，同時感測銅與鉛如圖 2-40。

從圖 2-40(a)氧化峰電流柱狀圖觀察到 PBS+$NaClO_4$ 在鉛的感測上不佳，推估因 $NaClO_4$ 為氧化劑，易造成鉛於電極表面上之沉積現象有影響；而 MES 幾乎無法感測銅，推估為銅感測適用於酸性條件下。從圖 2-40(b)比較 5 種電解液背景中金屬氧化峰伏安圖形，選定檸檬酸做為本年度感測多測項重金屬之電解液，檸檬酸電解液中銅與鉛的背景基準線平穩、氧化峰可清楚分開且峰圖形較尖可降低誤判風險。



(a) (b)

圖 2-40 不同緩衝溶液中金屬之氧化峰電流與伏安圖

四、 電化學操作條件

使用電化學分析儀(Metrohm)搭配先前計畫(水質感測物聯網精進及數據分析應用 FY109)製作之電化學模組，將 0.05 M 檸檬酸電解液與重金屬標準溶液分別以流速 1.2 mL/min 均勻在微流道反應槽內均勻混合流動式感測。

因鉛的沉積及氧化電位都較銅負且起始電流會較高，從圖 2-41 觀察

沉積電位為 -0.8 V 鉛之氧化峰可以最清楚分辨，而沉積時間越長氧化峰電流越大。活化反應對重金屬感測之影響較小，考量未來實際水體複雜電極需要定期清洗維護，故留下此操作步驟以延長維護期程。掃描頻率雖在氧化峰電流柱狀圖中顯示越快越佳，但在背景值伏安圖中可發現 20 Hz 的掃描速率會導致背景值不穩從而影響後續氧化峰判斷。最終本年度多測項重金屬感測操作條件顯示於表 2-32。



圖 2-41 電化學操作條件測試

表 2-32 電化學感測多測項重金屬操作條件

規格項目	選定條件
工作電極	摻硼鑽石電極
電化學掃描方法	方波伏安法（Square Wave Voltammetry, SWV）
電解液	檸檬酸
流速	1.2 mL/min
活化條件	0.6 V；10 s
沉積條件	-0.8 V；60 s
掃描頻率	15 Hz

五、 多測項重金屬標準檢量線建立

以預警超標放流水做為應用情境，放流水法規中規範銅超標濃度為 3.0 與 1.5 mg/L、鉛超標濃度為 1.0 與 0.5 mg/L，為符合此應用情境銅與鉛標準檢量線建立濃度範圍分別為 0.5~5.0 mg/L 和 0.25~1.50 mg/L。如圖 2-42 所示，銅與鉛標準檢量線均有良好的 R^2 值，分別為 0.99 與 0.98，其中因鉛檢測濃度範圍小，可以觀察到其低濃度與高濃度間的轉折點。

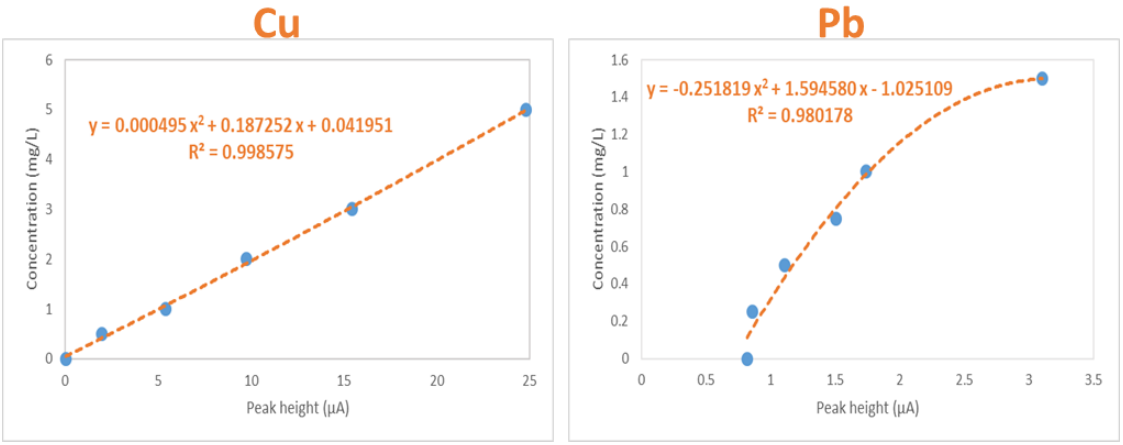
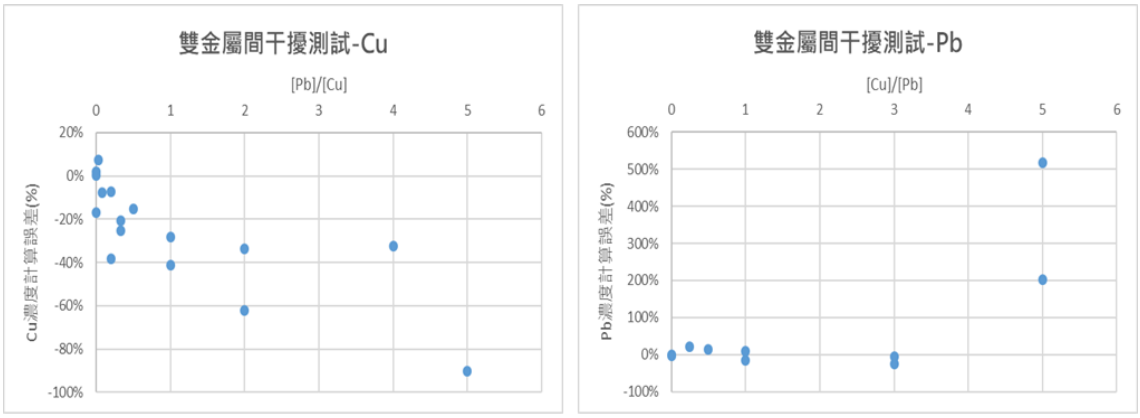


圖 2-42 重金屬標準檢量線

六、 同時感測多測項重金屬可行性研析

因將金屬離子沉積在電極上時易產生合金，使氧化峰電流受影響。在檢量線範圍內分別選取高、低濃度的銅外添加不同濃度的鉛做雙金屬間干擾測試，反之亦然。圖 2-43 為外添加干擾物/待測物之濃度比與計算後待測物濃度誤差比較圖，從圖 2-43 (a)可觀察到[Pb]/[Cu]越大而誤差值越

大且誤差值為負，故當水中 Pb 濃度大於 Cu 濃度時會造成檢測不準確。而從圖 2-43 (b)可觀察到[Cu]/[Pb]越大而誤差越大且誤差值極大，故當水中含有微量的 Cu 即會造成檢測不準確。上述現象沉積時 Cu 沉積位置被 Pb 佔據造成 Pb 氧化峰變大(正干擾)，故 Cu 氧化峰因而變小(負干擾)。



(a) (b)

圖 2-43 雙金屬間干擾測試

以現有之前一年度(FY110)製作之電化學感測機台進行多測項重金屬操作條件(如表 2-33)測試。因原程序設計還原過程為餘氯感測程序，故沉積程序有些微修改。而後測試時發現原重金屬感測程序操作條件數據量較大傳輸時間過長，導致無法在 20 分鐘內完成所有感測程序，故需縮減數據量而修改操作參數。

以工研院光復院區污水廠放流水做為測試背景水質，外添加不同濃度銅標準溶液做初步測試，從下圖 2-44 可觀察到操作條件修改後的再現性不佳且 0-0.25 mg/L 間的檢量線 R^2 值僅 0.94。從上述測試結果，同時感測多測項重金屬以現有電化學反應槽與機台程序設計等條件下可行性低，且因數據傳輸限制使檢測時間難以達到 20 分鐘一筆的需求。

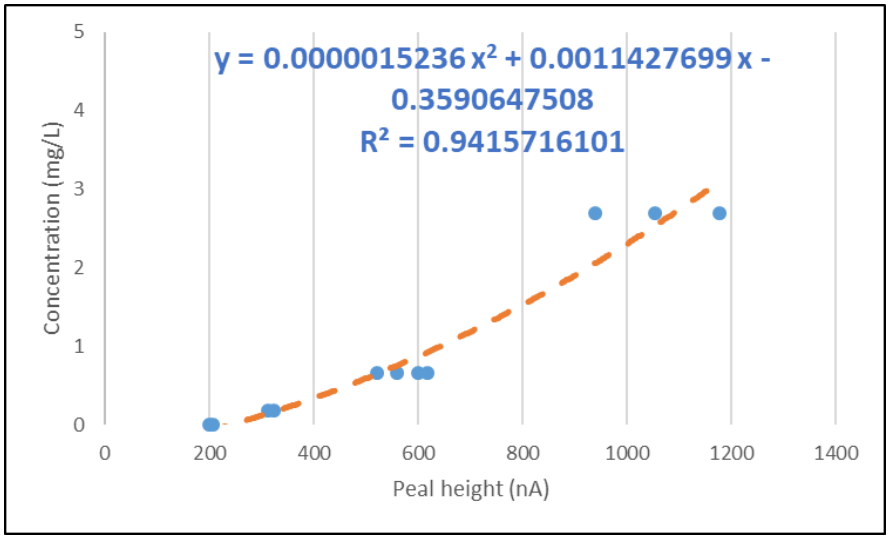


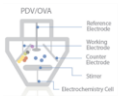
圖 2-44 參數修改後機台銅標準溶液測試

七、 多測項重金屬感測之精進規劃

於上述可行性評估後，以現有電化學感測機台(FY110 製作)同時感測多測項重金屬仍須精進完善。未來精進規劃如下:

1. 電化學感測電路板改良：放大電位掃描範圍以提升可感測重金屬種類。
2. 反應槽重新規劃設計：增加工作電極插槽、緩衝溶液注入管，以增加可感測重金屬種類；改良溶液置換方法，減少置換檢測水樣與反應槽清洗時間。
3. 檢測流程設計：現檢測流程之沉積步驟為一定電壓沉積方法，若檢測水樣中含有多種金屬，金屬間在電極表面會產生競爭導致量測濃度不準，故重新設計檢測流程可提升準確度。
4. 而現有電化學感測機台檢測單一重金屬銅於 111 年 7 月於工研院光復院區污水廠進行長時間測試，詳細測試情形於章節 2.8 說明。於測試結果顯示電化學感測機台檢測單一重金屬銅於現地連續監測感測機台具可行性，此外，於成本競爭力方面，目前市售相似之機台為 Modern Water 所製作之連續監測機台，本產品相較其更具市場競爭力，如表 2-33 所示。

表 2-33 電化學重金屬感測機台與常見分析方法之經濟評估及競爭力分析

項目 \ 設備	本計畫	ICP	AA	市售光學法	市售電極法	
圖示						
代表廠牌	ITRI	Agilent	SpectraA	Hach	Cole-Parmer	Modern Water
測定原理	伏安法	原子發射光譜法	原子吸收光譜法	光學比色法	離子交換	伏安法
量測方式	實驗室/攜帶式 連續/批次式	實驗室 批次式	實驗室 批次式	實驗室/攜帶式 批次式	實驗室/攜帶式 批次式	實驗室/攜帶式/ 批次式
價格	15-20萬 (維運耗材成本另計)	2500萬 (1000元/1-3元素每單一水樣)	1200萬 (1000元/1-3元素每單一水樣)	20-100萬 (比色藥品另計)	8-15萬 (藥劑另計)	400-800萬 (藥劑另計)
測量干擾	酸鹼、金屬離子	精確度高	精確度高	酸鹼、金屬離子 、含色度水樣	酸鹼、金屬離子	酸鹼、金屬離子
優點	◎同時監測多項 ◎即時分析 ◎緩衝液環境無害 ◎建置成本較低 ◎可線上量測 ◎可現址安裝	◎同時監測多項	◎無添加藥劑	◎操作簡易 ◎方便攜帶	◎操作簡易 ◎方便攜帶	◎可線上量測 ◎可現址安裝 ◎同時監測多項
缺點	◎需添加藥劑 ◎需前處理	◎建置成本高 ◎需前處理 ◎需人力操作 ◎無法線上量測 ◎無法現址安裝 ◎需通氣體	◎建置成本高 ◎需前處理 ◎單一重金屬分析 ◎需人力操作 ◎無法線上量測 ◎無法現址安裝	◎無法即時監測 ◎現場安裝貴 ◎需添加藥劑 ◎廢液處置問題	◎無法即時監測 ◎現場安裝貴 ◎汞污染問題 ◎需添加藥劑 ◎廢液處置問題	◎需添加藥劑 ◎廢液處置問題 ◎現場安裝貴

2.7 生物晶片用於水質感測之經濟與技術研析

生物晶片（Biochip）指運用分子生物學、分析化學及生化反應等原理進行設計，以玻璃、矽片及塑膠等高分子材質作為載體，結合精密微機電製造技術（Micro Electro Mechanical System, MEMS）及生物醫學技術製成之小型反應裝置，常與生物分子之反應與生物化學轉換有關(如細胞、抗體及酵素等元素)，再透過相互反應所產生的訊號變化轉換(水質檢測較常用電化學法與光學法)之可提供生化或酵素等生物分子之定性或定量分析，如圖 2-45。常用來執行醫療檢驗、食品檢驗、環境檢測、新藥開發、基礎研究、軍事防禦、化學合成等用途。由於進行傳統生物相關的實驗過程中，經常需要複雜且耗時的操作，對於時間及人力有相當大負擔，因此生物晶片之最初設計概念，為基於簡化操作程序以減少人力需求與人為誤差，節省人力及時間成本。

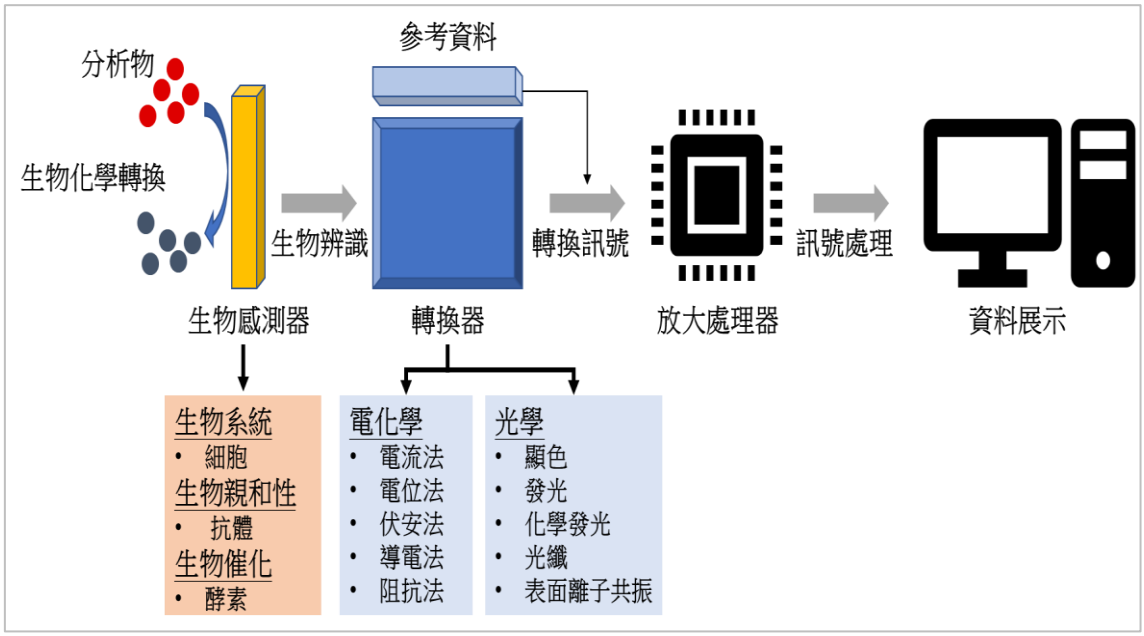


圖 2-45 用於水質檢測之生物感測器介紹

一、 生物晶片檢測方法

生物技術檢測水質之生物感測器以電化學法最為廣泛，其原理仰賴目標物與感測器間之電化學特性，且具有良好的選擇性、敏感度與檢測能力(圖 2-46)。(a)使用三電極法(工作電極、參考電極與輔助電極)，當參考電極向工作電極施加恆定電位時，工作電極因電性物質的氧化、還原作用而產生電流，表面

產生的電流與溶液中分析物的濃度成正比。(b)測量在零電流條件下工作電極與參考電極之間，因目標物與微生物相互作用而累積的電荷改變。(c)測量水樣中的生物反應導致溶液之導電度改變。(d)底板焊上生物反應電極形成電化學電路板，並施加低幅度交流電壓，電極與目標物反應所產生的電阻與電容變化，即可計算目標物濃度，此方法具可測較低濃度之優點。其次常用於生物感測器之技術為光學法，為產生與目標物濃度成正比的訊號，原理為圖 2-47：(a)利用光照射特定目標物使其產生化學反應而釋放光能並以光電感測器接收其訊號從而獲得目標物濃度。(b)於帶有金屬膜之感測晶片上接種特定抗體，並藉由光源反射的角度變化判斷樣品是否有其抗原與含量多寡。(c)基於光在光纖中遇目標物時會產生消逝波反應，再透過光電接收器計算光之頻率與強度，獲得物質之濃度。

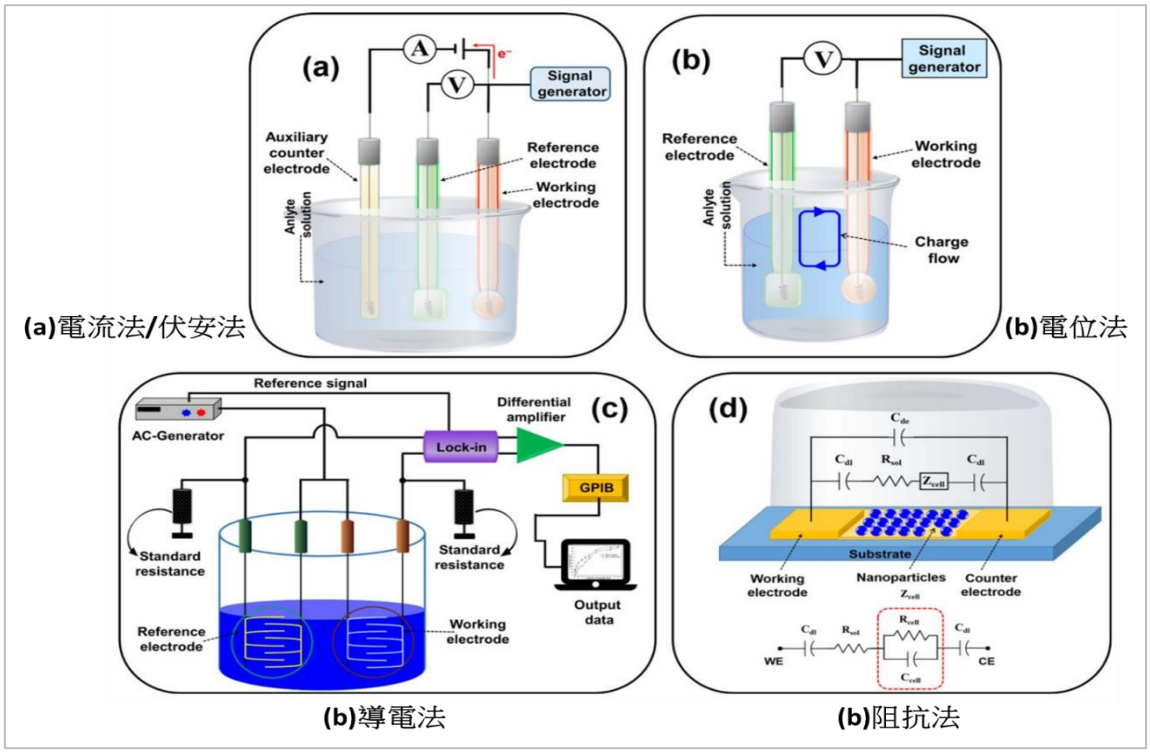


圖 2-46 電化學法生物感測器示意圖

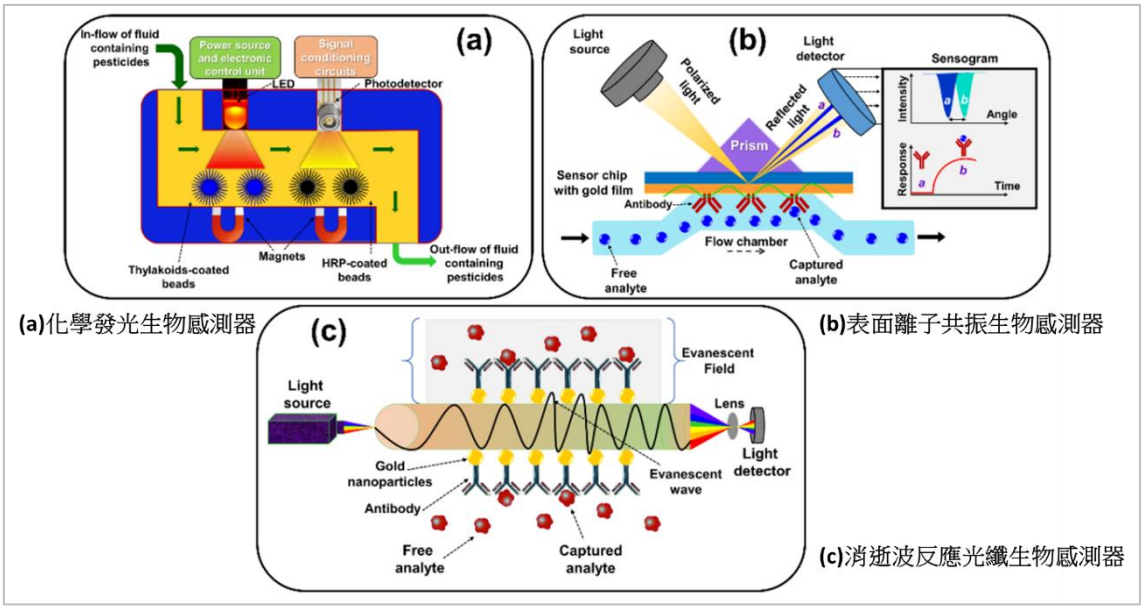


圖 2-47 光學法生物感測器示意圖

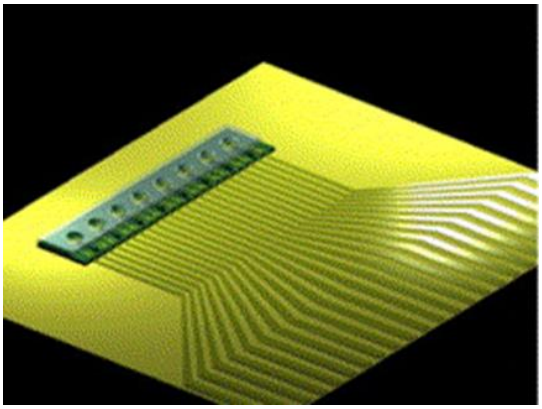
二、 生物晶片分類

生物晶片依使用功能不同，廣義可分為二大類：(1) 感測型晶片，如基因晶片 (Genechip)、蛋白質晶片 (protein chip) 等，主要作為樣品檢測之用；(2) 微處理型晶片，如微流體晶片 (Microfluidics)、實驗室晶片 (Lab-on-a-chip) 等，則用來處理樣品。而感測型晶片為目前發展較成熟且使用較普遍，常應用於疾病診斷；處理形晶片則在研究發展階段。

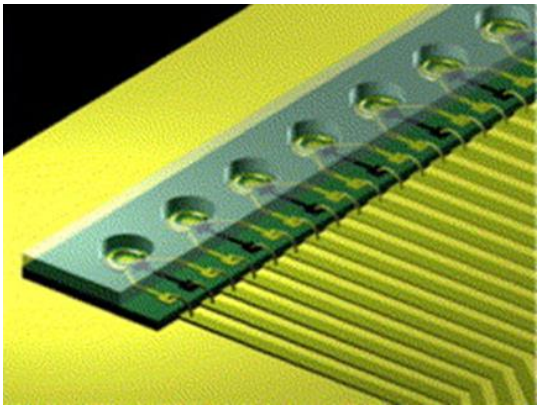
三、 生物晶片應用案例

日前生物晶片多被廣泛運用於生技醫療領域，作為人體健康監測、疾病篩檢及病原體檢測等，於水體品質監測尚多屬研發及測試階段，且多數為作為水體中致病菌如大腸桿菌、病原體及生物毒素之篩檢，惟近年亦有相關文獻研究，於生物晶片上搭載特定生物分子，利用該生物對於特定無機污染物所產生之抗體反應，來作為水質監測之用途。Rachela 等人在矽晶片上搭載一個由八個獨立溫度控制的奈米型電化學電池，該奈米型電化學電池藉由改變工作電極面積和腔室體積之間的比率提升感測靈敏度，每個電化學電池可容納 100 nL 溶液，且由三個嵌入式電極組成：(1) 金工作電極；(2) 金對電極；(3) Ag/AgCl 參考電極，生物晶片設計示意圖如圖 2-48 所示。電池中包含鹼性磷酸酶及具

有活性之微生物，該微生物對於水體中有毒物質如苯酚等，在暴露於約 5 分鐘內即可發生反應，產生可測量的電流信號，進而對於電池量測電流造成變化（圖 2-49），即可篩檢水體中是否具有該有毒物質。



（a）生物晶片上之電化學電池陣列



（b）電化學電池組成（金工作電極、金對電極、Ag/AgCl 參考電極）

圖 2-48 奈米型電化學電池生物晶片設計示意圖（Rachela Popovtzer et al., 2006）

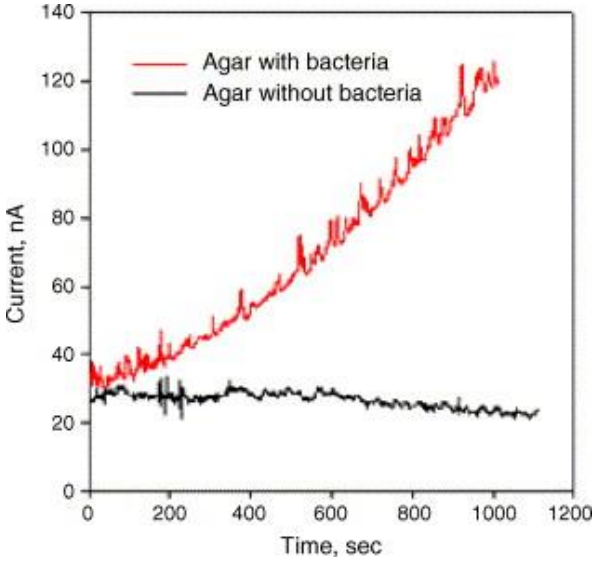


圖 2-49 生物晶片對苯酚的電流曲線（Rachela Popovtzer et al., 2006）

Fernando 等人則利用大腸桿菌對於毒化物砷（亞砷酸鹽）之抗性機制，使用市售包含 16 個獨立的雙極式（金工作電極與銀參考電極）電化學電池之微生物晶片，亦透過感測大腸桿菌於抑制亞砷酸鹽毒性時，所產生之抗體因子電流變化，用於水體中亞砷酸鹽之定性及定量分析；此研究為利用生物體對於毒性物質所產生之生理機制變化，作為生物晶片用於水質感測之理論基礎，檢測原理如圖 2-50 所示。

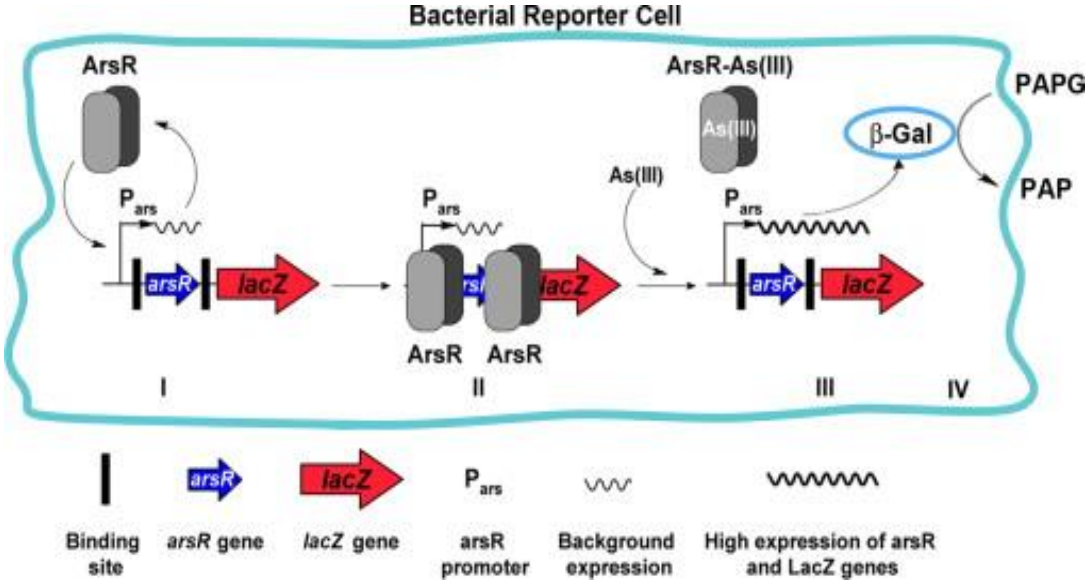


圖 2-50 As（III）生物基因原理（Fernando Cortés-Salazar et al., 2013）

而 Ji Won Lim 等人則利用 Thymine（胸腺嘧啶，形成 DNA 核苷酸中四種鹼基的其中一種）與無機汞離子（Hg^{2+}）之配位化學選擇原理，開發 3D 結構多陣列生物晶片（Multiarray chip），透過滾環式擴增法（rolling circle amplification, RCA）原理，用於水體中對於無機汞離子之比色檢測。RCA 檢測比色機制示意圖如圖 2-51(a)，由 RCA 合成的 DNA 序列螯合分子在 H_2O_2 存在下將 ABTS 氧化為 $ABTS^+$，而氧化的 $ABTS^+$呈深綠色；反之，當水中含有無機汞離子（Hg^{2+}）時會抑制 RCA 反應的進行，可用來氧化 ABTS 的數量會隨著水中 Hg^{2+}的濃度增加而減少，比色反應檢測將呈現淡綠色，如圖 2-51(b)所示。

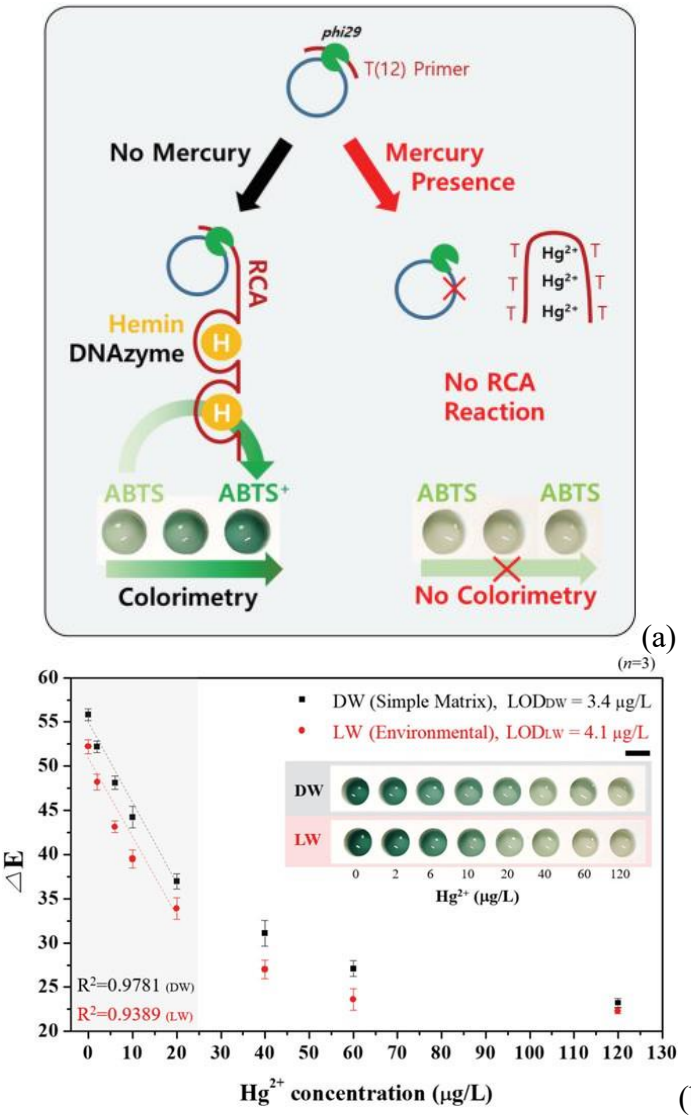
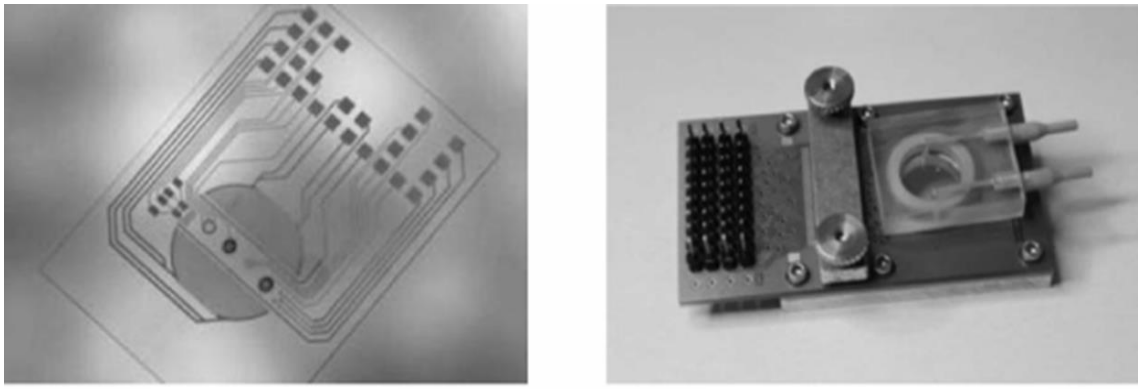


圖 2-51 RCA 比色法原理機制及濃度比色變化（Ji Won Lim et al., 2020）

當水質受到污染時容易造成水中溶氧量減少，因此水中溶氧為水污染的重要指標之一。Lazuardi 等人(2020)使用以細胞活性與生物阻抗為基礎之溶氧生物晶片，於晶片上培養可行光行作用之藻類生物，且用 LED 照明方式模擬環境自然光源照射(圖 2-52、圖 2-53)，再讀取生物晶片上電位訊號作為測量水中溶氧量的變化。經實驗結果獲得當溶氧濃度增加時所量測到的電位則越低，溶氧量與電位呈反比現象(圖 2-54)。此外也藉由光線照明的切換測試結果發現，關燈階段生物晶片上測得的電位訊號增強，即為溶氧降低，由此可證，此生物晶片可檢測藻類於光合作用過程所產生的離子電位改變進而量測溶氧量。



(a) 生物晶片-G　　(b)生物晶片轉接支架

圖 2-52 測量溶氧(DO)之生物晶片

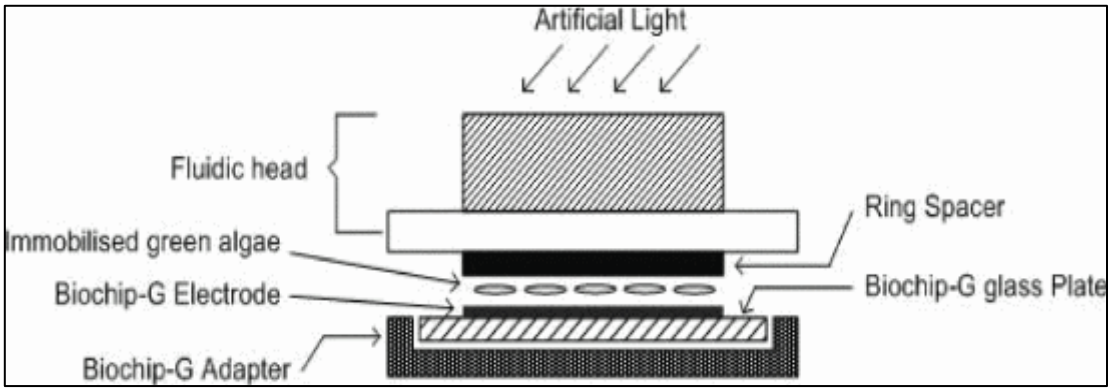
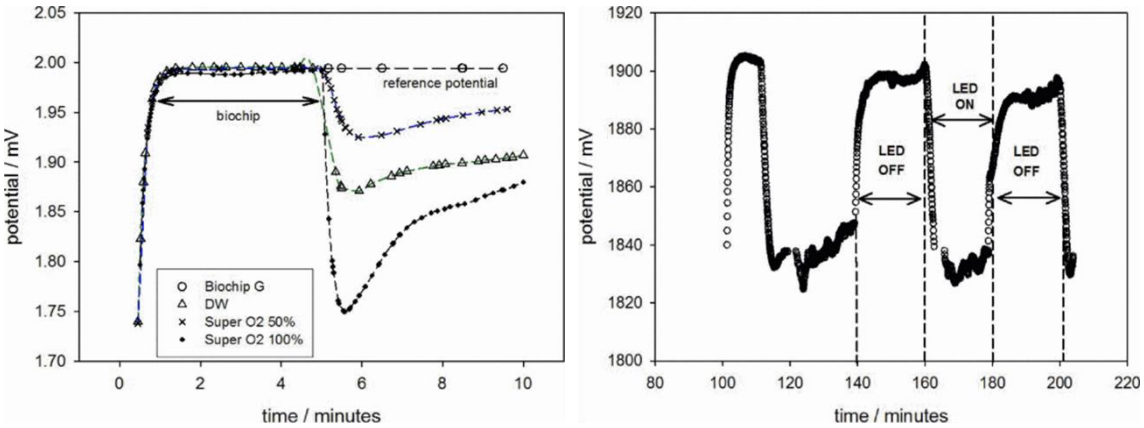


圖 2-53 生物晶片裝置剖面示意圖



(a)生物晶片對不同含氧水的反應　　(b)藻類於光合作用下離子濃度變化

圖 2-54 生物晶片溶氧電位訊號圖

整理上述所提使用生物晶片進行特定目標物感測之應用案例文獻如下表 2-34 所示。

表 2-34 生物晶片應用案例文獻

目標物	感測元素	感測原理	概述
苯酚	酵素/酶	電化學	製作奈米型電化學微生物電池，該微生物遇到苯酚時之抗體反應電流變化，進行水樣中苯酚篩檢
亞砷酸鹽	大腸桿菌	電化學	大腸桿菌對亞砷酸鹽之抗性機制，研發電化學電池之生物晶片，用於亞砷酸鹽之定性及定量分析
汞離子	胸腺嘧啶	比色法	利用胸腺嘧啶與汞離子之配位化學原理，開發多陣列生物晶片，用於水體中無機汞離子之檢測
溶氧	藻類	電化學	利用藻類之光合作用反應機制，偵測電位變化以測量水中溶氧量

四、 生物晶片用於水質感測之經濟與技術可行性

綜整上述，目前已有許多研究利用生物晶片作為感測水體中特定污染物質之用途，本計畫已於 111 年 7 日 14 日以線上方式舉辦專家諮詢會議，邀請清華大學工程與系統科學系的王翔郁教授，就生物晶片於水質監控的應用議題一同探討，與傳統實驗室分析儀器相比，生物晶片之應用優缺點分述如下：

1. 優勢：
   (1) 成本較低，可小規模批量生產。
   (2) 分析時不需額外添加藥劑，減少廢液及廢棄物產生，進而降低環境負擔。
   (3) 適用於大多數族群，分析人員不需經過嚴格的訓練。
   (4) 微小化便於攜帶，更可利用於各類環境，不受空間及時間限制。
2. 劣勢：
   (1) 生物晶片多為運用特定微生物，受待測目標影響後之特定行為作為原理開發，即感測目標多屬單一性，與實驗室儀器相比分析多樣性受到限制。
   (2) 生物晶片目前多屬實驗室小規模運用，且多需與生物電池、電化學技術及微機電系統作結合，因此，其開發需一定時程及成本。

(3) 如需重複使用，需將待測目標自晶片上移除，且微生物隨使用時間必有老化現象，其耐用性需進行探討。

(4) 待測水樣組成複雜時易受到干擾。

承上，為解決上述問題，考量微生物的行為易容易受到環境因素影響，pH值、溫度及鹽度等建議應搭配量測，大數據及統計的運用可以協助削減生物晶片運用在複雜基質受到的干擾，並可更精準判別微生物狀態，協助提高量測精準度，目前亦有研究為搭配新型物質如運用離子液體(Ionic liquids)萃取特定待測物質，或使生物傳感元件更加穩固以提升其耐用性，惟可能大幅提升其檢測成本及困難度。

因應氣候變遷對於全球水資源造成的衝擊，流域管理及污染監測更受到重視，對於水質檢測技術的需求除準確及靈敏外，快速及廣布性亦為發展重點，以重金屬為例，用於檢測低濃度樣品的常規標準方法包含原子吸收光譜(AAS)、毛細管電泳(Capillary electrophoresis)、電感耦合電漿體質譜法(ICP-MS)等，儘管對於檢測目標項目具有高靈敏度及專一性，為其因價格昂貴，且對於操作人員之專業度具有一定要求，並多數需進行樣品前處理程序，快速性及廣布性受到限制，亦不適合用於連續現地監測。

相對而言，電化學技術用於重金屬水質感測，具有標準方法缺乏之優勢，包含操作方便、成本低及快速等，故近年已有非常多以電化學為基礎原理，衍生開發之重金屬檢測技術，最常被使用之電化學原理為陽極剝除伏安法(Anodic stripping voltammetry)，亦為本計畫重金屬感測器之開發方法，其原理可詳見 2.6 節，惟如水樣中重金屬組成較為複雜時即可能受到干擾，需透過電極及電解液選用來提升對於目標感測項目之選擇性，而以電化學技術衍生開發之生物晶片，如 DNA 適配體(Aptamer)、RNA-mediated biosensors、酵素法生物晶片及 Protein-mediated biosensors 等，其利用目標重金屬與前述特定酵素或抗體產生之交互作用，而發生的電子轉移行為，進行重金屬定性及定量監測。

然不論何種監測技術，都有其優點及缺點，生物晶片為利用生物受體之特

定行為，提升對於目標感測項目之選擇性及親和力，反之即不適合用於多項重金屬感測，且相較單純之電化學剝除伏安法，生物受體本身行為探討研究即為最主要之研發及生產成本，如何確保產出品質及保存情形為最大挑戰，多半保存期較短，其使用上亦受環境條件變異較大時而有影響，考量前述限制尚待克服，故仍未有以生物晶片作為便攜式或連續式監測之商業化設備或產品，多停留於測試階段，其商業化廣布尚需一定時程。

2.8 固定式水質感測器擴充市售感測元件

一、 執行重點

工作團隊藉由過去針對水質感測設備的開發經驗，本年度將研析擴充或替換市售感測元件至固定式水質感測器的可行性，並運用至少 10 臺前期計劃設備進行測試，增加如銅離子、流速、水位、餘氯、濁度、鹽度、溶氧或氨氮等感測元件，搭配國產光學感測模組-總化學需氧量(tCOD)、懸浮固體物(SS)、濁度(Turbidity)與電化學感測設備-餘氯與銅離子進行串接設計，並提出實驗室及場域測試報告。預計開發出下列三種機型之固定式水質感測器。

(一) PET + Cu^{2+} + COD/SS + NH_4^+-N +流量(水位/流速)。

(二) PET +濁度。

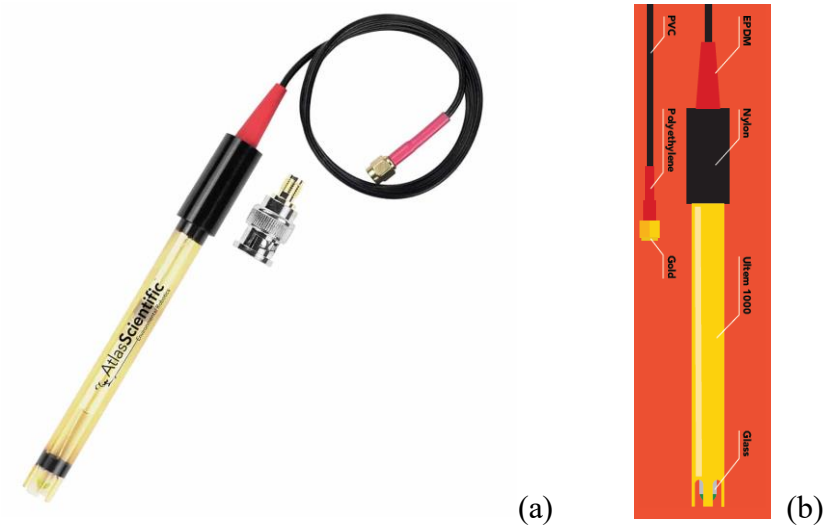
(三) PET +餘氯或重金屬。

二、 工作進度說明

(一) 搭配感測電極與方法

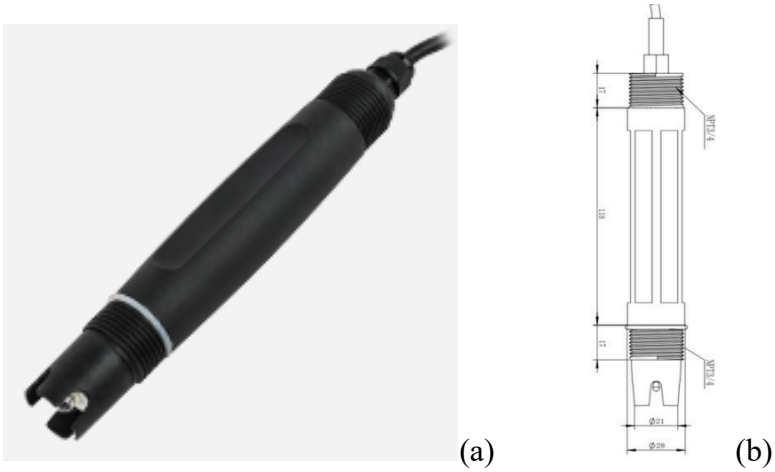
為改善目前三合一晶片使用之限制，本團隊選擇之 pH 感測電極有以下兩種：(1)美國 AtlasScientific 公司所生產製造之電極 Lab Grade pH prode，屬於實驗室等級之高精度電極(圖 2-55)，內層的兩層式結構讓此電極可在高度污染的溶液中進行量測，(2)臺灣儀展科技公司所生產製造之電極(圖 2-56) Chemmit pH prode，屬於工業等級之高精度電極，採用 Teflon 隔膜，電極有穩定的液接界，參考電極(已整合至 pH 感測器中)採用高分子聚合物填充，抗干擾能力強，不易污染和堵塞，使用壽命長；EC 感測電極亦選用同廠牌製造之電極進行搭配：(1)美國 AtlasScientific 生產(圖 2-57)，此電極的設計上可以抗邊緣效應(Fringe Effect)的干擾，提供穩定且精確的量測數值；(2)臺灣儀展科技所生產(圖 2-58)，此電極的設計上可以抗邊緣效應(Fringe Effect)的

干擾，提供穩定且精確的量測數值。而溫度感測器已包含於上述 pH 及 EC 感測電極中可針對不同水溫進行 pH 及 EC 量測值之溫度校正；銅(Cu^{2+})與氨氮(NH_4^+-N)感測器為離子選擇電極(圖 2-59)，另外氨氮(NH_4^+-N)可搭配比色法氨氮(類靛酚法)方式做再線分析整合於設備內(圖 2-60)，流量計(Flow meter)則預計架設於河道上方，並將資料傳回主機內與水質資料統一回傳(圖 2-61)。各電極之基本規格如表 2-35~表 2-38 所示。將以上述之成熟優良之市售感測電極搭配本團隊過去所開發之光學(濁度、COD 或 SS)及電化學(餘氯或重金屬)感測模組(圖 2-43~圖 2-44)，組合成可應用於多元場域驗證及河川水質模式推估等相關推廣目的。



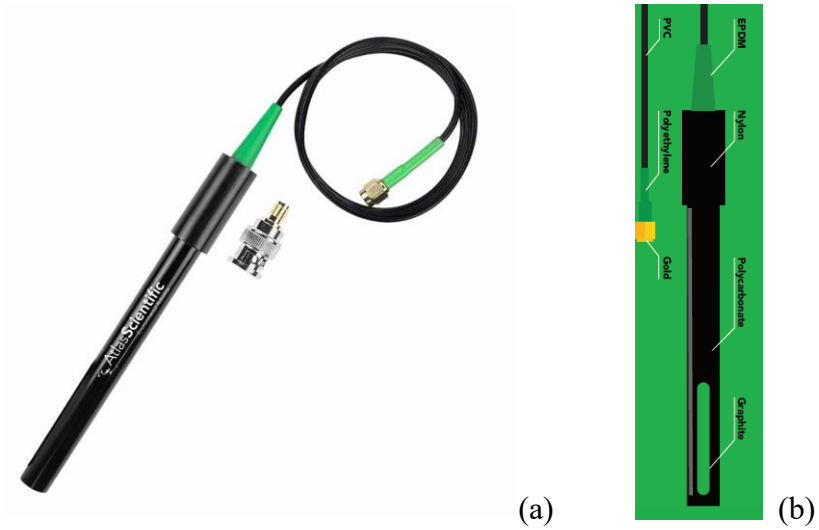
(a) (b)

圖 2-55 美國 AtlasScientific 公司生產之 pH 電極(a)電極外觀;(b)電極設計



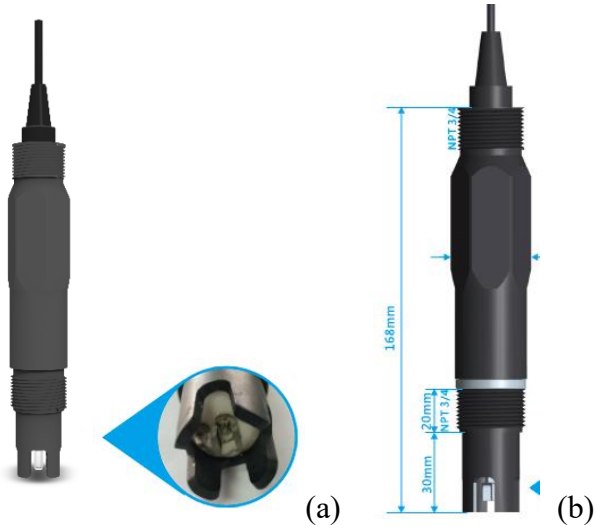
(a) (b)

圖 2-56 臺灣儀展科技公司生產之 pH 電極(a)電極外觀;(b)電極設計



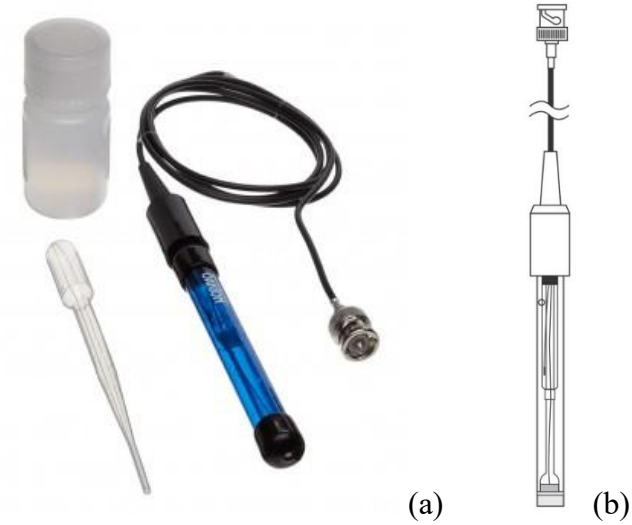
(a) (b)

圖 2-57 美國 AtlasScientific 公司生產之 EC 電極(a)電極外觀;(b)電極設計



(a) (b)

圖 2-58 臺灣儀展科技公司生產之 EC 電極(a)電極外觀;(b)電極設計



(a) (b)

圖 2-59 Chemmit 公司生產之 Cu^{2+}及 NH_4^+-N 電極(a)電極外觀;(b)電極設計

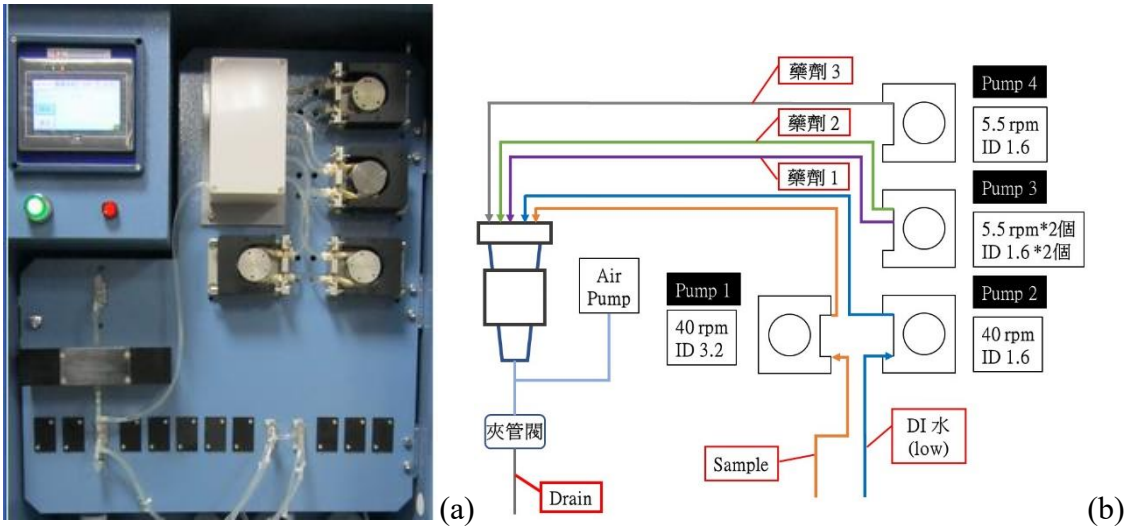


圖 2-60 Chemmit 公司生產之 NH_4^+-N 比色法氨氮(類靛酚法)(a)設備圖;(b)架構圖

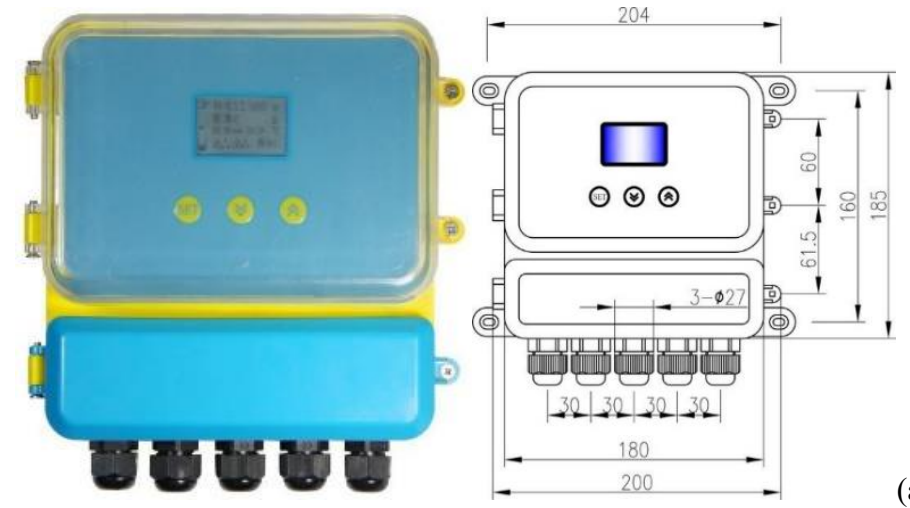




圖 2-61 Chemmit 公司生產之 Flow meter 外觀(a)設備錶頭;(b)感測器型態

表 2-35 Atlas Scientific 生產之 pH 電極及 EC 電極基本規格

ITEM	pH (ENV-40-pH)	EC (ENV-40-EC-K0.1)
Range	0 − 14	0.07 − 50,000 µS/cm
Resolution	± 0.001	—
Accuracy	± 0.002	± 2%
Response time	95% in 1s	90% in 1s
Temperature range °C	-5 − 99 °C	1 − 110 °C
Max pressure	100 PSI	3,447 kPa(500 PSI)
Max depth	60m(197 ft)	343 m(1,125 ft)
Connector	Male SMA / Male BNC	Male SMA / Male BNC
Cable length	1 meter	1 meter
Internal temperature sensor	No	No
Time before recalibration	~1 Year	~10 years
Life expectancy	~2.5 Years +	~10 years

表 2-36 Chemmit 生產之 pH 電極及 EC 電極基本規格

ITEM	pH (Chemmit S505)	EC (Chemmit S605)
Range	0 − 14	0.07 – 2,000 µS/cm or 0.07 – 20,000 µS/cm
Resolution	± 0.01	—
Accuracy	± 0.02	± 2%
Response time	95% in 3s	90% in 1s
Temperature range °C	-5 − 99 °C	1 − 110 °C
Max pressure	0.4 MPa	4 Bar
Max depth	60 meter (197 ft)	343 meters (1,125 ft)
Connector	Eroublack	Eroublack
Cable length	5 meter	5 meter
Case material	ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene)	PBT (Polybutylene terephthalate)
Internal temperature sensor	PT1000	PT100
Time before recalibration	~1 month	~1 years
Life expectancy	~6 months +	~3 years
On-Line Capability	Yes	Yes
Applications	Running water、River water、Waste water	Running water、River water、Waste water

表 2-37 Chemmit 生產之銅 Cu^{2+}及氨氮 NH_4^+-N 電極之基本規格（固定式）

ITEM	Cu^{2+} (Chemmit S295)	NH_4^+-N (Chemmit S115)
Range	6,350 to 6.4 x 10 to 4 ppm	18,000 to 0.1 ppm
Reproducibility	± 2%	± 2%
Interferences	Ag^{+2}, Hg^{+2}, high Cl^-, Br^-, $Fe^{+2}$and Cd^{+2}	K^+
Temperature range °C	1 − 80 °C	1 − 50 °C
Response time	95% response in 20 to 30 seconds	95% response in 20 to 30 seconds
pH Range	2 - 12	4 − 10
Connector	Epoxy body double-junction	Epoxy body double-junction
Cable length	1 meter	1 meter
On-Line Capability	Yes	Yes
Applications	Plating Baths, Running water、River water、Waste water	Running water、River water、Waste water

表 2-38 Chemmit 生產之氨氮 NH_4^+-N 比色法氨氮(類靛酚法)規格（固定式）

ITEM	NH_4^+-N (Chemmit S115)
Measurement Method	NIEA W448.52B、EPA350.1
Range	30 to 0.5 ppm
Reproducibility	± 2%
Temperature range °C	1 − 50 °C
Measurement cycle	15 minutes
On-Line Capability	Yes
Applications	Running water、River water、Waste water

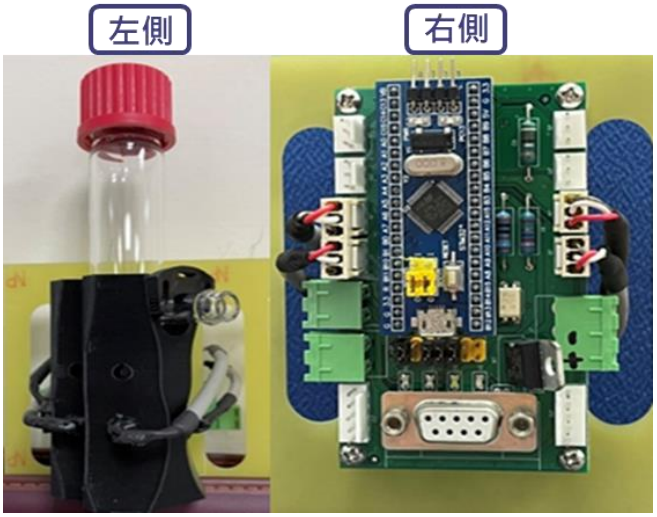


圖 2-62 光學濁度感測模組照

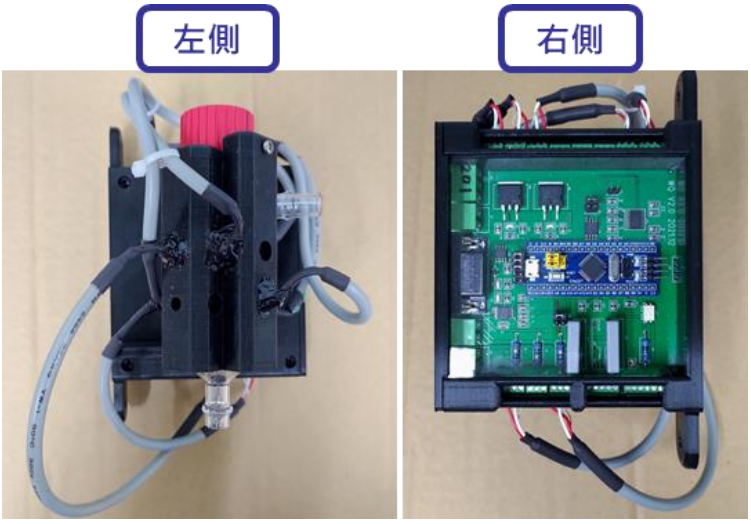


圖 2-63 光學 COD/SS 感測模組照

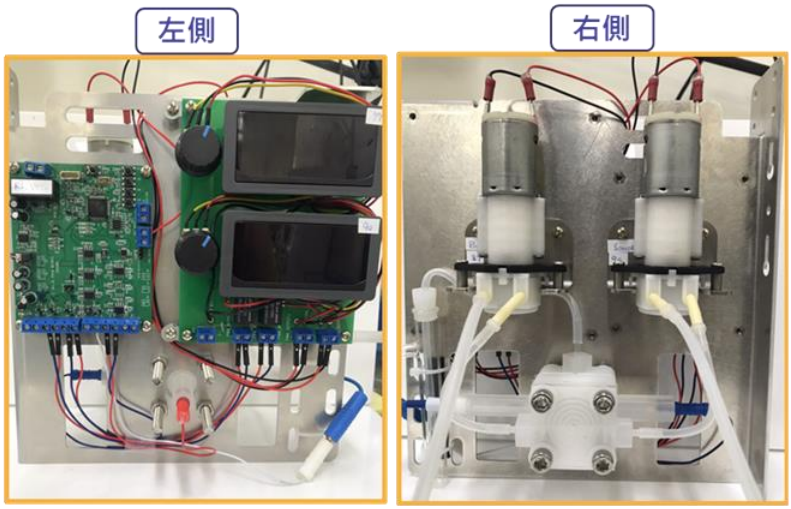


圖 2-64 電化學(餘氯或重金屬)感測模組照

(二) 電路及通訊之基本設計

圖 2-65 為固定式水質感測器之優化設計概念圖，電路設計上每個電極採用獨立式的電路，避免在感測時電極之間互相干擾。並使用高精度 24bit ADC 做為輸入訊號轉換。獨立式的功能電路也可以縮短電極到前端類比訊號處理電路(Analog Front End)之間的距離，避免因導線過長造成的雜訊干擾。通訊則使用工業標準的 RS485 協定，其優點是可以進行長距離的數位資訊傳送，最長的傳輸距離可達 1 公里，適合未來各種不同的應用，並可擴充 LTE、藍芽通訊做為傳輸介面。在電源端設計了隔離式的直流電源轉換器(Isolated DC/DC)，避免機臺各處的電源雜訊影響感測數值。目前所設計之主機板與通訊板設計如圖 2-66 及圖 2-67 所示。

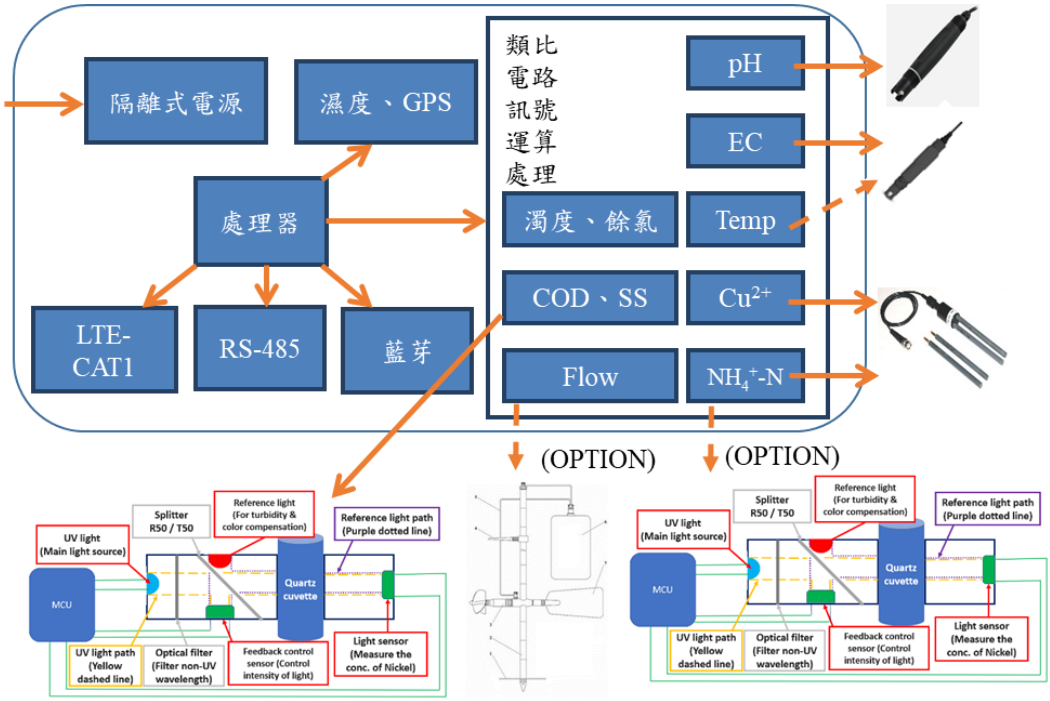


圖 2-65 獨立式電極感測電路設計方塊圖

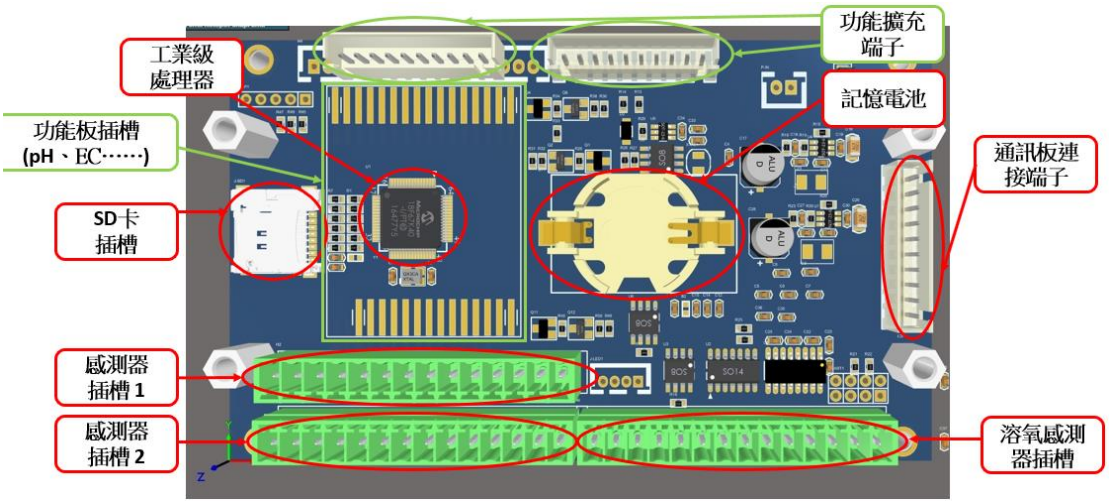


圖 2-66 獨立式主機板電路圖(主功能版)

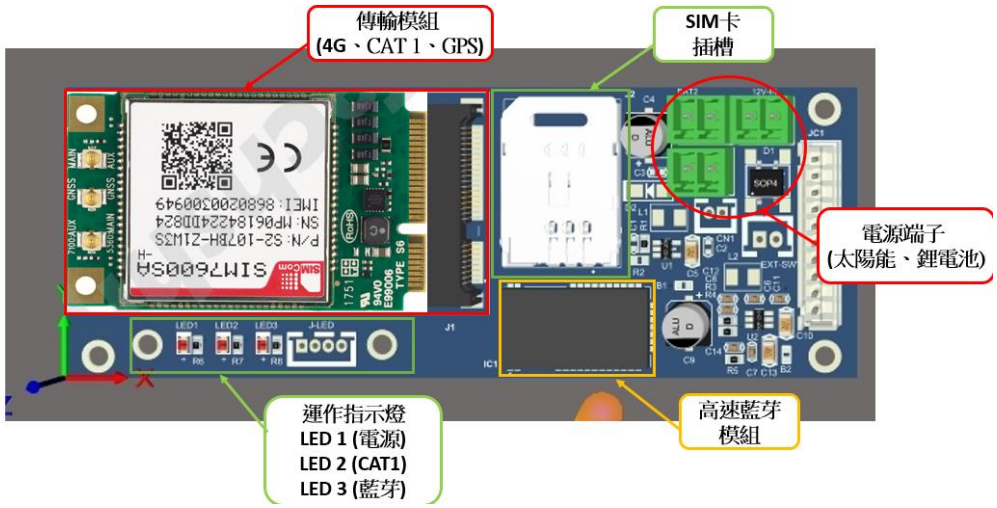


圖 2-67 獨立式通訊板電路圖(4G/藍芽)

(三) 固定式感測器內部整合及機型

本次固定式感測器在數據傳輸與處理的部分，將由具備 LTE-CAT1 傳輸能力的主板負責接收感測器數值，再傳送至雲端平臺。感測器與主板之間使用儀錶運算放大器(instrumentation amplifier)及 24bit ADC(Analog-to-digital converter)做資料取樣並傳輸給中央處理器(MCU)，並由主板提供電源供應。優化內容分別敘述如下：

1. PET 優化設計：

(1) 使用與移動式水質相同之感測器，減少感測器模組與主板對接開發時程。

(2) PET 重新開模，使用透明壓克力槽體增加可視度，一體式設計避免漏水問題。另外，如遇抽水揚程過高之場域，亦可搭配適宜點位將前述所提電極直接投入水體

(3) 感測器使用標準 Eroublack 接頭，在投入式感測器設計上，採用工業級的防水外罩(POM 保護殼)，可整合各種不同的感測電極，如下圖 2-68 所示。



圖 2-68 工業等級外罩整合各種不同電極

2. 系統流程優化設計

固定式感測器之整合設計示意圖如圖 2-69 所示，其可依裝設現場環境選擇抽水至機箱內進行感測，亦可直接將酸鹼度、導電度電極置於水體中直接感測。此外，固定式感測器流程圖如圖 2-70，機構圖如圖 2-71、圖 2-72 所示，感測器可依據現場狀況條件不同採取不同取樣方式(揚程超過 2 米則外接使用沉水馬達；揚程 2 米以下則使用內部取樣馬達)。水樣 1 從蠕動馬達取樣(藍色箭頭)經過濾瓶過濾後至三通閥切換流路，三通閥下方流路(綠色箭頭)為銅離子感測槽，水樣流入時啟動藥劑馬達(Cu Buffer)將緩衝液注入銅感測槽，進行銅離子濃度測量；若水樣經由控制三通閥切換為上方流路(褐色箭頭)，則將水樣定量加入氨氮測槽並啟動 Pump1、Pump2、Pump3 加入氨氮藥劑，進行氨氮濃度感測，測量完畢後啟動 Pump4 進行銅及氨氮感測槽之清洗步驟(深灰色線)。水樣 2 由蠕動馬達取樣(紫色箭頭)將未經過濾之水樣直接注入至 COD/SS

光學感測槽進行分析，分析完畢後切換三通閥使其抽取 1%之稀硫酸溶液(黃色箭頭)進行水管與感測槽清洗，避免未經過濾之流路易遭受現場水樣顆粒或髒污干擾量測品質。而酸鹼度、導電度、溫度電極則採外掛於取樣杯或投入監測水體中進行 PET 感測。

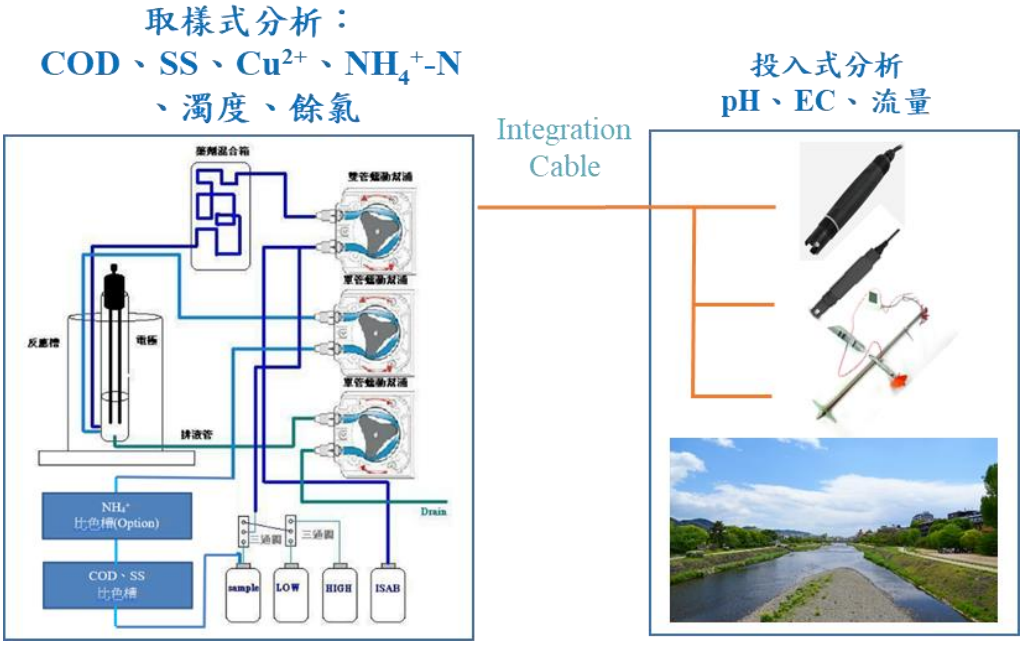


圖 2-69 開發之固定式感測器機種示意圖

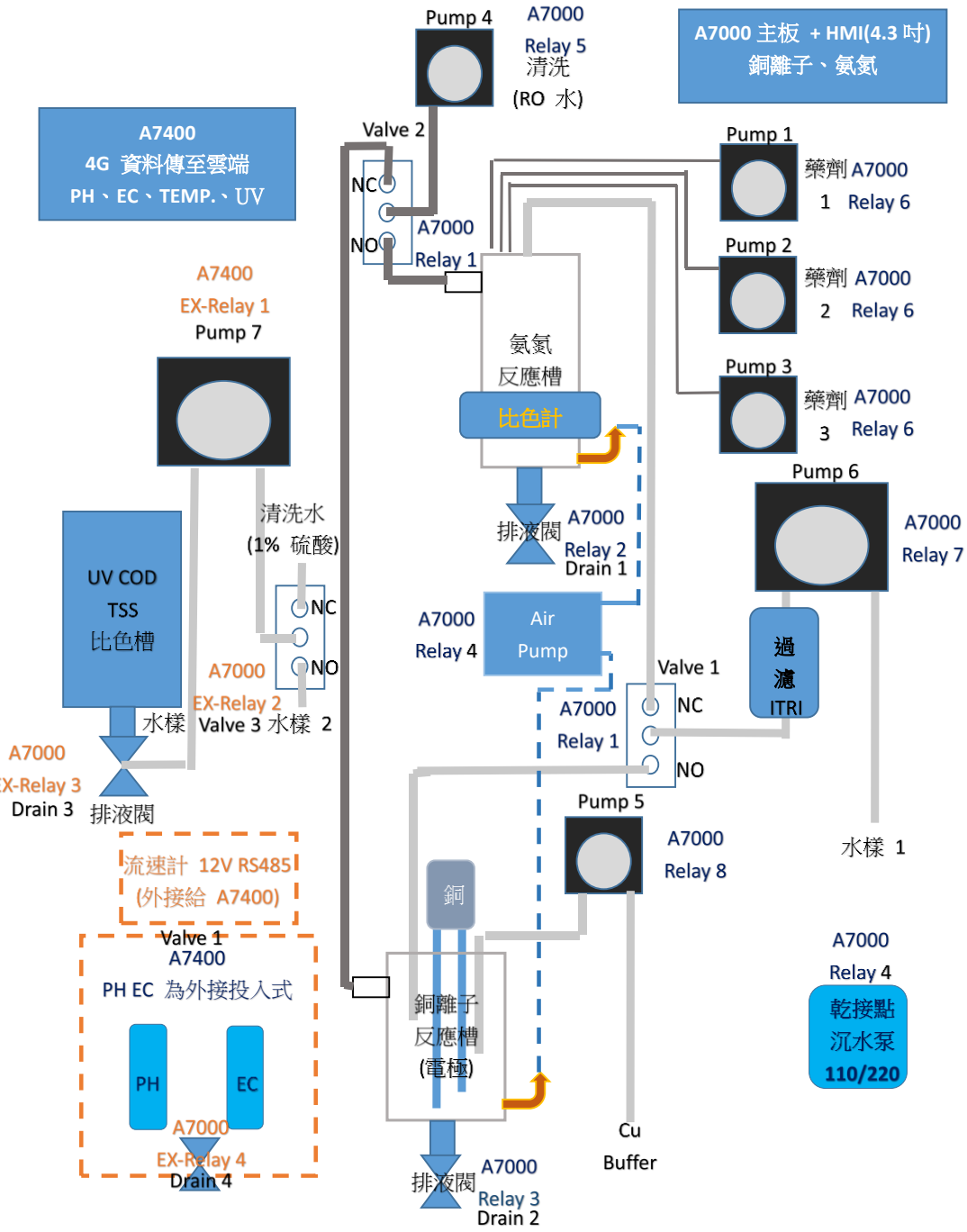


圖 2-70 開發之感測器機種流程圖

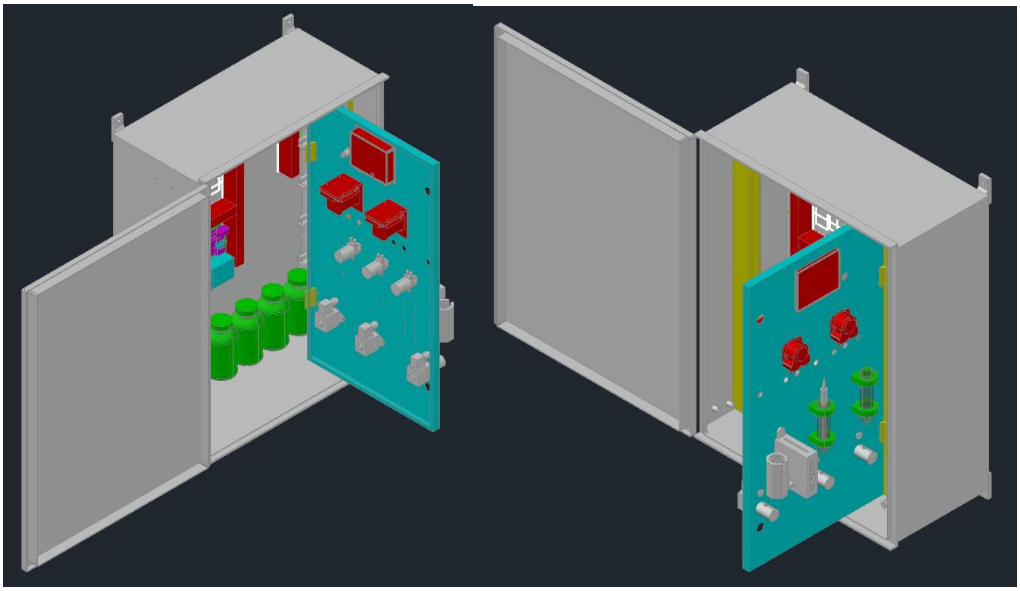


圖 2-71 開發之感測器機種機構結構圖(a)左視圖;(b)右視圖

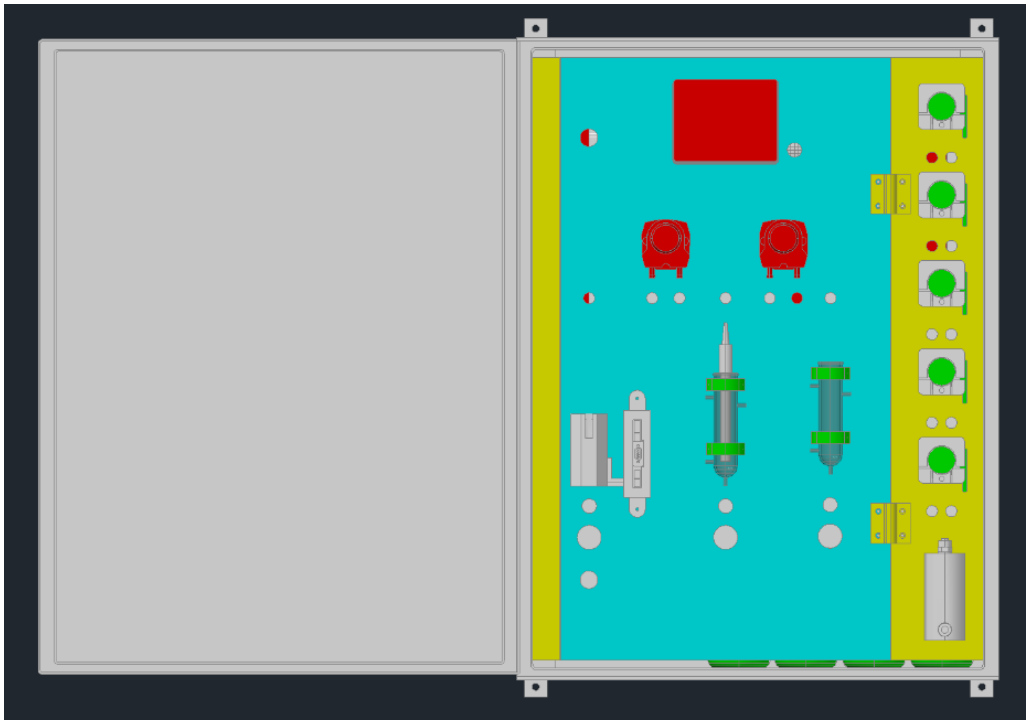


圖 2-72 開發之感測器機種機構結構圖(正面圖)

3. 光學感測模組優化(tCOD 或 SS)

本年度優化之光學感測模組，為工作團隊優化並試量產去年度之光學模組，並進行下列功能提升項目，詳細說明可參考前述 2.1 與 2.2 節敘述，主要針對前述固定式系統提供穩定之 tCOD 與 SS 感測數值，簡要敘述優化重點如下：

(1) 精進軟體、韌體，提升量測範圍與精密度，新增零點偏移

(2) 多光源搭配演算法，同步感測 tCOD 與 SS

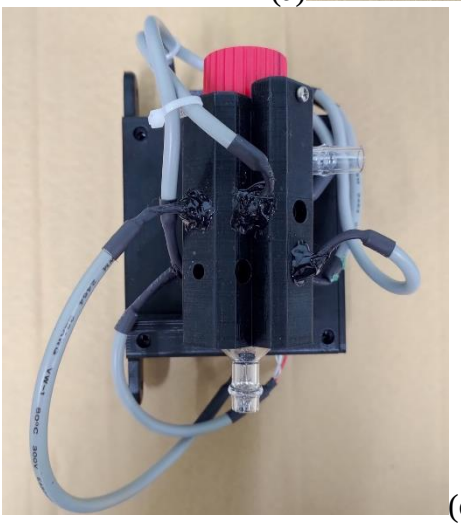
電路板通訊協定：
- Revision Date : 2022/03/14
- Interface : RS-232 or RS-485(Default)
- Communication Setting : 19200, 8, none, 1
- Comply with MODBUS PROTOCOL
- Communication Mode : RTU mode
- Slave address = 1 ~ 255(目前固定255)
- Message Format : [Slave address] Function code] Data] Error check CRC-16]
- Function Code(Hexadecimal) : Support the following functions

Address	Name	Attribute	Data Range/ Item Description	Factory Set Value	Remarks
40241	usLowTa_VIS	R/W (EEPROM)	-3.4028235E+38 ~ 3.4028235E+38	1.0	Ta_VIS 的 0~15 位
40242	usHighTa_VIS				Ta_VIS 的 16~31 位
40245	usLowTb_VIS			0.0	Tb_VIS 的 0~15 位
40246	usHighTb_VIS				Tb_VIS 的 16~31 位

(a)



(b)



(c)

圖 2-73 可串接於固定式感測器之光學(tCOD 或 SS)模組(a)韌體優化參數;(b)電路板;(c)改良模組

4. 電化學感測模組(餘氯或重金屬)優化

本年度優化之電化學感測模組，為以去年度之模組為基礎，進行下列功能提升項目，詳細說明可參考前述 2.5 與 2.6 節敘述，而優化後之模組可與固定式機台進行串接設計，簡要敘述優化重點如下：

(1) 感測器內之電化學控制板(圖 2-74)新增 wifi 功能，可在機台周邊利用手機網頁即可簡便修改參數，不再需要使用電腦接線。

(2) 優化電化學控制板之元件，以增加電路板偵測電流之精準度與穩定度。

(3) 改良電極接頭與相關線材，提升維運操作方便性與量測穩定度。


(a)


(b)

圖 2-74 可串接於固定式感測器之電化學(餘氯或重金屬)模組(a)模組與電路板;(b)控制板

5. 河川流量量測方式說明

計畫團隊利用水位計推估河川流量之步驟，如圖 2-75 所示。以大檜橋為例，將水位計架設於具代表性之位置(圖 2-76)，取得水位資料後，搭配人工河川斷面與流速量測，可初步建立利用水位計建立一水位/流量對照表。

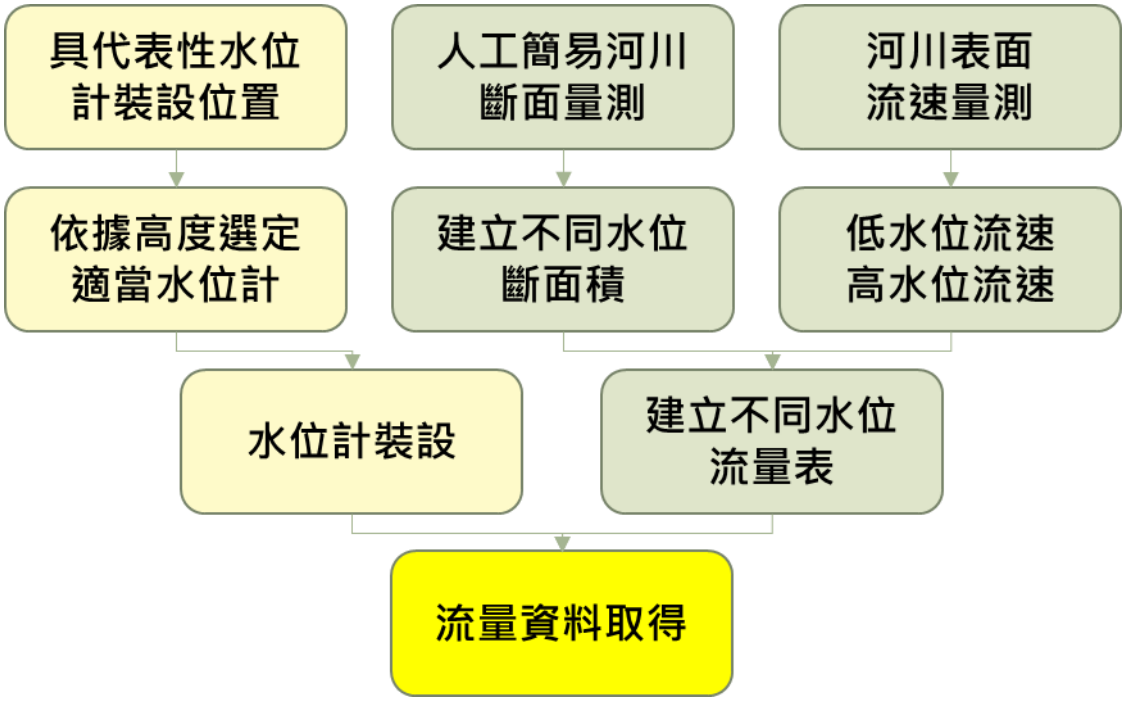


圖 2-75 利用水位計建立河川流量初步規劃

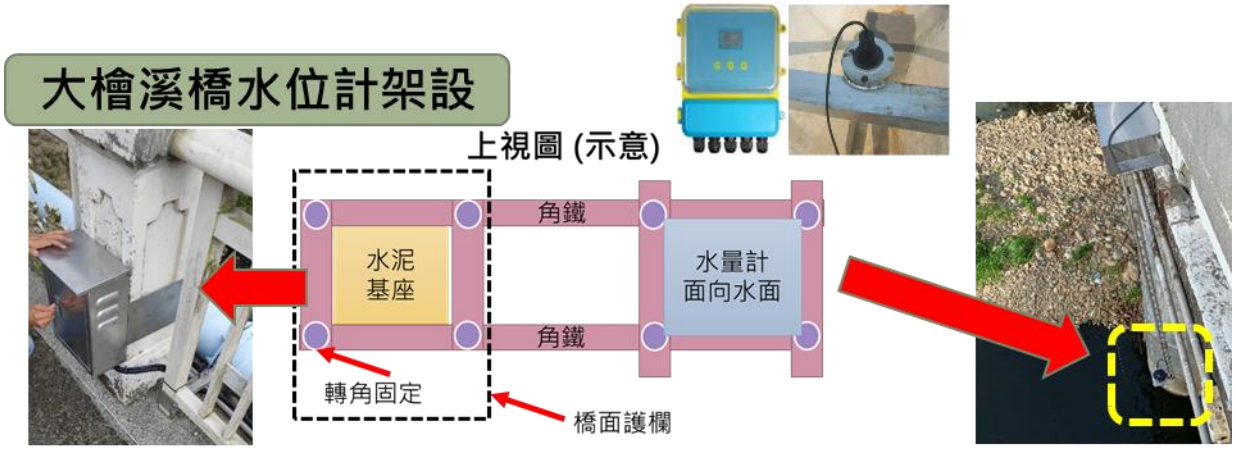


圖 2-76 大橋溪橋水位計裝設方式

(四) 固定式水質感測器測試結果

1. PET + Cu^{2+} + COD/SS + NH_4^+-N +流量(水位/流速)

本計畫運用前期設備 COD/SS 光學模組及銅離子分析模組，搭配基本水質測項 PET、氨氮及流量模組後，組成具備 7 項水質指標與 1 項流量指標之新型態水質/水量感測器，如圖 2-77 所示。



圖 2-77 新型態固定式水質/水量感測器

表 2-39～表 2-45 及圖 2-78～圖 2-80 為新型態固定式水質/水量感測器實驗室水質標準品、盲樣測試與河川水量建立結果，由結果可知，固定式感測器在 7 種不同水質測項在建立標準曲線後，利用現場水樣作為盲樣測試後，其誤差均可符合本計畫所規定感測器品管控制中數據品質標準，後續待裝設於現場後，再針對現場水質與水量進行係數修正。

表 2-39 固定式水質感測器 pH 實驗室測試結果

設備編號	標準液(pH)			誤差值(pH)		
	4	7	10	4	7	10
東門溪 R_1	4.07	7.13	10.12	0.07	0.13	0.12
	4.05	7.24	10.15	0.05	0.24	0.15
	4.02	7.01	10.17	0.02	0.01	0.17
華亞科 W_02	4.01	7.05	10.12	0.01	0.05	0.12
	4.04	7.08	10.09	0.04	0.08	0.09
	4.02	7.11	10.11	0.02	0.11	0.11
南崁溪主流 R_2	4.02	7.03	10.03	0.02	0.03	0.03
	4.05	7.10	10.10	0.05	0.10	0.10
	4.01	7.02	10.11	0.01	0.02	0.11
南崁溪主流 R_1	4.09	7.08	10.13	0.09	0.08	0.13
	4.03	7.03	10.11	0.03	0.03	0.11
	4.05	7.10	10.11	0.05	0.10	0.11
新竹工業區 I_1	4.01	7.02	10.03	0.01	0.02	0.03
	4.01	7.04	10.01	0.01	0.04	0.01
	4.02	7.10	10.05	0.02	0.10	0.05
新竹工業區 I_2	4.04	7.03	10.03	0.04	0.03	0.03
	4.02	7.06	10.02	0.02	0.06	0.02
	4.01	7.01	10.05	0.01	0.01	0.05

設備編號	機台盲樣數值(pH)	手持盲樣數值(pH)	誤差值(pH)
東門溪 R_1	6.84	6.82	0.02
華亞科 W_02	6.88	6.82	0.06
南崁溪主流 R_2	7.35	7.32	0.03
南崁溪主流 R_1	7.68	7.62	0.06
新竹工業區 I_1	6.6	6.62	0.02
新竹工業區 I_2	7.14	7.12	0.02

表 2-40 固定式水質感測器 EC 實驗室測試結果

設備編號	標準液(S/cm)			誤差值(S/cm)		
	1413	**12880**	**41000**	**1413**	**12880**	**41000**
東門溪 R_1	1445	12974	41565	32	94	565
	1453	12951	41235	40	71	235
	1472	12986	41318	59	106	318
華亞科 W_02	1463	12875	41564	50	-5	564
	1447	12923	41365	34	43	365
	1465	12915	41785	52	35	785
南崁溪主流 R_2	1466	12997	40987	53	117	-13
	1423	13005	40654	10	125	-346
	1448	12931	40888	35	51	-112
南崁溪主流 R_1	1430	12906	41236	17	26	236
	1436	12895	41259	23	15	259
	1427	12884	41428	14	4	428
新竹工業區 I_1	1454	12882	41638	41	2	638
	1448	12893	41549	35	13	549
	1436	12926	41587	23	46	587
新竹工業區 I_2	1404	12935	41235	-9	55	235
	1402	12975	41643	-11	95	643
	1401	12942	41875	-12	62	875

設備編號	機台盲樣數值(μS/cm)	手持盲樣數值(μS/cm)	誤差值(μS/cm)
東門溪 R_1	2562	2499	63
華亞科 W_02	1533	1500	33
南崁溪主流 R_2	2925	3015	90
南崁溪主流 R_1	2881	2913	32
新竹工業區 I_1	2765	2857	92
新竹工業區 I_2	2752	2810	58

表 2-41 固定式水質感測器溫度實驗室測試結果

設備編號	清水(℃)			誤差值(℃)		
	15	**25**	**35**	**15**	**25**	**35**
東門溪 R_1	15.28	25.32	35.18	0.28	0.32	0.18
	15.16	25.13	35.24	0.16	0.13	0.24
	15.33	25.41	35.16	0.33	0.41	0.16
華亞科 W_02	15.23	25.36	35.42	0.23	0.36	0.42
	15.43	25.34	35.48	0.43	0.34	0.48
	15.29	25.37	35.35	0.29	0.37	0.35
南崁溪主流 R_2	15.11	25.06	35.18	0.11	0.06	0.18
	15.07	25.03	35.12	0.07	0.03	0.12
	15.12	25.01	35.10	0.12	0.01	0.1
南崁溪主流 R_1	15.23	25.22	35.36	0.23	0.22	0.36
	15.56	25.26	35.26	0.56	0.26	0.26
	15.48	25.29	35.30	0.48	0.29	0.3
新竹工業區 I_1	15.42	25.35	35.21	0.42	0.35	0.21
	15.43	25.38	35.24	0.43	0.38	0.24
	15.32	25.30	35.26	0.32	0.3	0.26
新竹工業區 I_2	15.18	25.14	34.98	0.18	0.14	-0.02
	15.23	25.23	34.89	0.23	0.23	-0.11
	15.11	25.19	35.03	0.11	0.19	0.03

設備編號	機台盲樣數值(℃)	手持盲樣數值(℃)	誤差值(℃)
東門溪 R_1	26.65	26.2	0.45
華亞科 W_02	27.46	27.2	0.26
南崁溪主流 R_2	26.48	26.2	0.26
南崁溪主流 R_1	26.52	26.2	0.3
新竹工業區 I_1	25.22	25.2	0.02
新竹工業區 I_2	29.39	29.2	0.19

表 2-42 固定式水質感測器氨氮實驗室測試結果

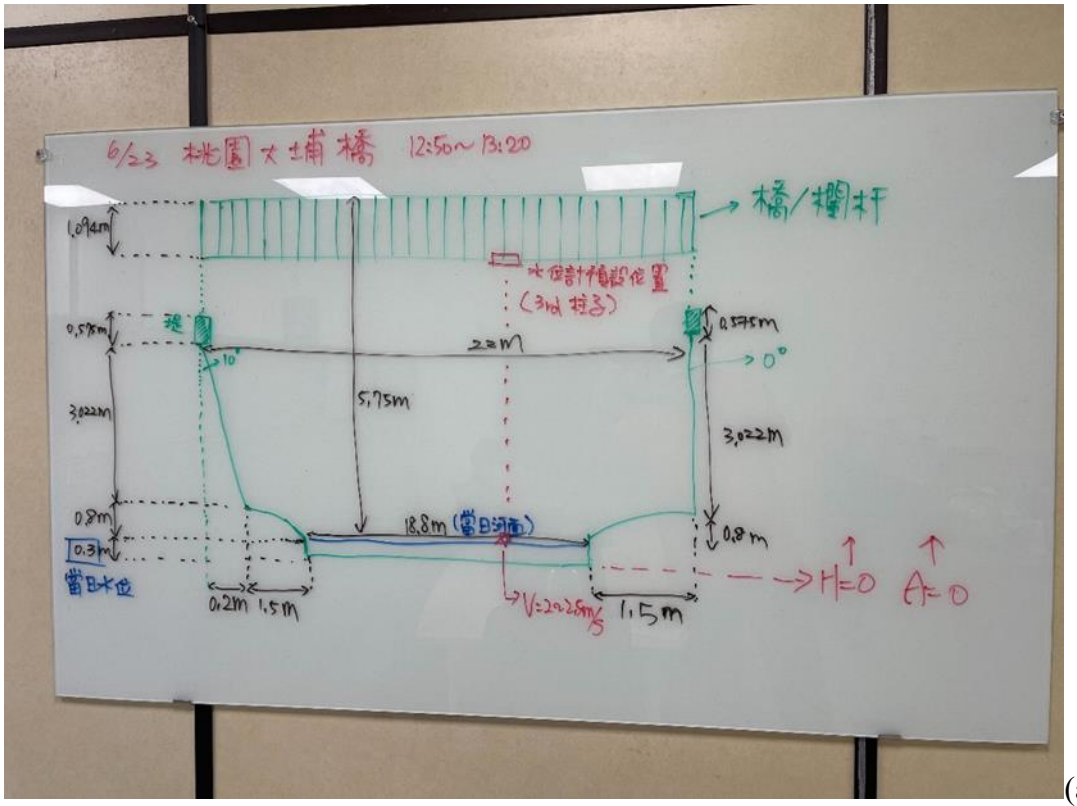
東門溪 R_1	氨氮濃度(mg/L)	電壓(mV)
(低標)	0	251.66
(高標)	20	189
盲樣測試		
測值(mg/L)	實際值(mg/L)	誤差(mg/L)
6.08	5	-1.08
10.96	10	-0.96
外插點測試		
測值(mg/L)	實際值(mg/L)	誤差(mg/L)
26.7	30	3.3
華亞科 W_02	氨氮濃度(mg/L)	電壓(mV)
(低標)	0	250.65
(高標)	20	186.51
盲樣測試		
測值(mg/L)	實際值(mg/L)	誤差(mg/L)
6.17	5	-1.17
11.31	10	-1.31
外插點測試		
測值(mg/L)	實際值(mg/L)	誤差(mg/L)
27.62	30	2.38
南崁溪主流 R_2	氨氮濃度(mg/L)	電壓(mV)
(低標)	0	251.37
(高標)	20	188.11
盲樣測試		
測值(mg/L)	實際值(mg/L)	誤差(mg/L)
6.14	5	-1.14
11.29	10	-1.29
外插點測試		
測值(mg/L)	實際值(mg/L)	誤差(mg/L)
27.09	30	2.91

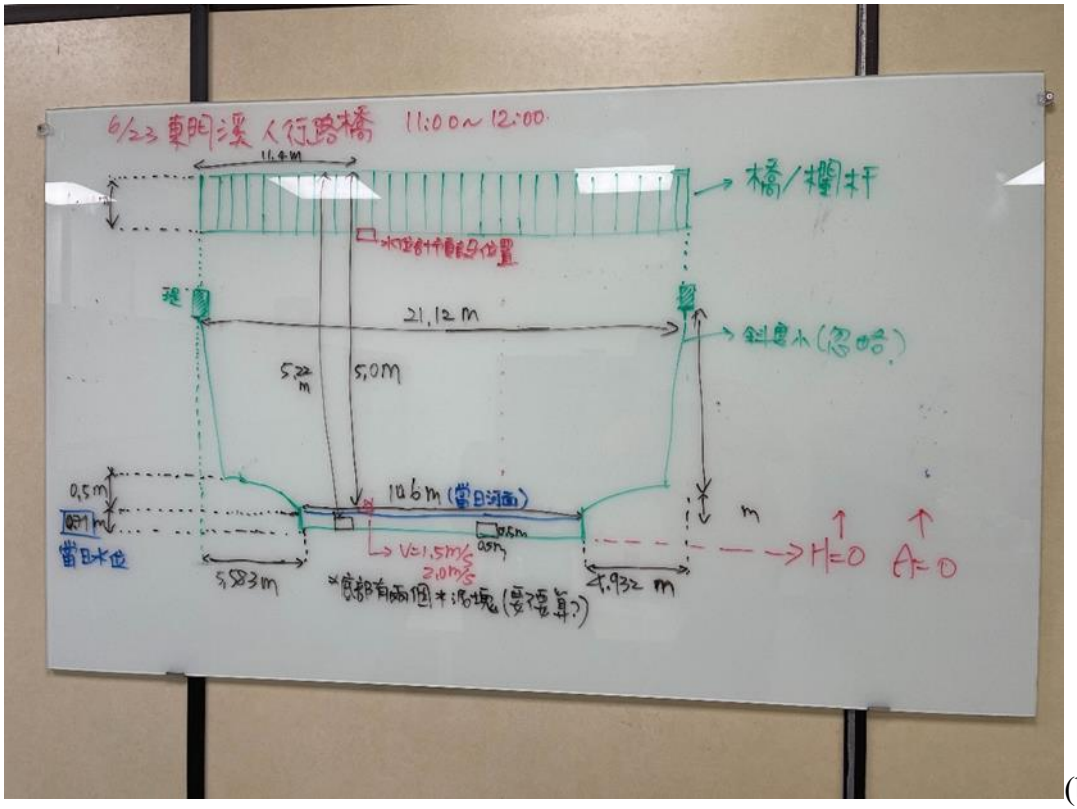
南崁溪主流 R_1	氨氮濃度(mg/L)	電壓(mV)
(低標)	0	250.38
(高標)	20	188.32
盲樣測試		
測值(mg/L)	實際值(mg/L)	誤差(mg/L)
6.03	5	-1.03
10.13	10	-0.13
外插點測試		
測值(mg/L)	實際值(mg/L)	誤差(mg/L)
27.53	30	2.47
新竹工業區 I_1	氨氮濃度(mg/L)	電壓(mV)
(低標)	0	249.56
(高標)	20	185.95
盲樣測試		
測值(mg/L)	實際值(mg/L)	誤差(mg/L)
5.66	5	-0.66
11.35	10	-1.35
外插點測試		
測值(mg/L)	實際值(mg/L)	誤差(mg/L)
28.62	30	1.38
新竹工業區 I_2	氨氮濃度(mg/L)	電壓(mV)
(低標)	0	249.33
(高標)	20	188.15
盲樣測試		
測值(mg/L)	實際值(mg/L)	誤差(mg/L)
6.23	5	-1.23
11.32	10	-1.32
外插點測試		
測值(mg/L)	實際值(mg/L)	誤差(mg/L)
26.97	30	3.03

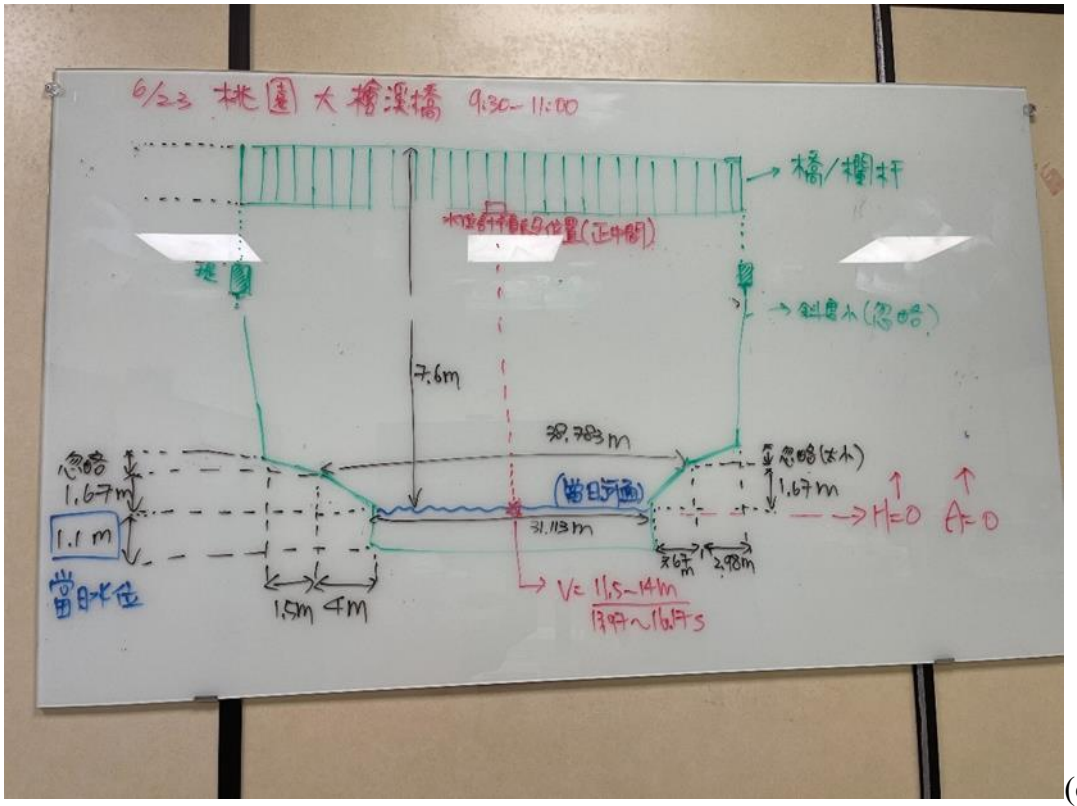
表 2-43 固定式水質感測器銅離子實驗室測試結果

東門溪 R_1		
銅濃度(mg/L)	電壓(mV)	logC
1	95.34	0
10	125.75	1
100	147.25	2
500	153.93	2.69897
1000	158.32	3
盲樣測試		
測值(mg/L)	實際值(mg/L)	誤差(mg/L)
5.68	5	-0.68
38	50	12
華亞科 W_02		
銅濃度(mg/L)	電壓(mV)	logC
1	148.32	0
10	178.89	1
100	189.67	2
500	197.79	2.69897
1000	201.75	3
盲樣測試		
測值(mg/L)	實際值(mg/L)	誤差(mg/L)
4.24	5	0.76
42.17	50	7.83
南崁溪主流 R_2		
銅濃度(mg/L)	電壓(mV)	logC
1	132.42	0
10	157.32	1
100	173.39	2
500	180.78	2.69897
1000	185.64	3
盲樣測試		
測值(mg/L)	實際值(mg/L)	誤差(mg/L)
4.14	5	0.86
42.12	50	7.88

南崁溪主流 R_1		
銅濃度(mg/L)	電壓(mV)	logC
1	110.48	0
10	148.16	1
100	169.51	2
500	179.32	2.69897
1000	185.2	3
盲樣測試		
測值(mg/L)	實際值(mg/L)	誤差(mg/L)
4.33	5	0.67
40.45	50	9.55
新竹工業區 I_1		
銅濃度(mg/L)	電壓(mV)	logC
1	138.75	0
10	166.82	1
100	186.15	2
500	196.23	2.69897
1000	201.75	3
盲樣測試		
測值(mg/L)	實際值(mg/L)	誤差(mg/L)
5.1	5	-0.1
44.04	50	5.96
新竹工業區 I_2		
銅濃度(mg/L)	電壓(mV)	logC
1	124.56	0
10	159.63	1
100	175.15	2
500	181.35	2.69897
1000	184.35	3
盲樣測試		
測值(mg/L)	實際值(mg/L)	誤差(mg/L)
4.06	5	0.94
34.64	50	15.36


6/23 桃園大土埔橋 12:50~13:20
橋/欄杆
1.094m
0.578m
3.022m
0.8m
0.3m
當日水位
延
10°
2.2m
5.75m
0.575m
0°
3.022m
18.8m (當日河面)
0.8m
0.2m
1.5m
V=2.0~2.5m/s
1.5m
H=0
A=0
(a)


6/23 東明溪人行路橋 11:00~12:00
橋/欄杆
21.12 m
5.22 m
5.0m
0.5m
0.3m
當日水位
10.6m (當日河面)
V=1.5m/s
2.0m/s
0.5m
5.583m
4.932 m
H=0
A=0
(b)



(c)

圖 2-78 人工簡易河道斷面量測結果：(a)大埔橋(；b)東門溪橋；(c)大檜溪橋

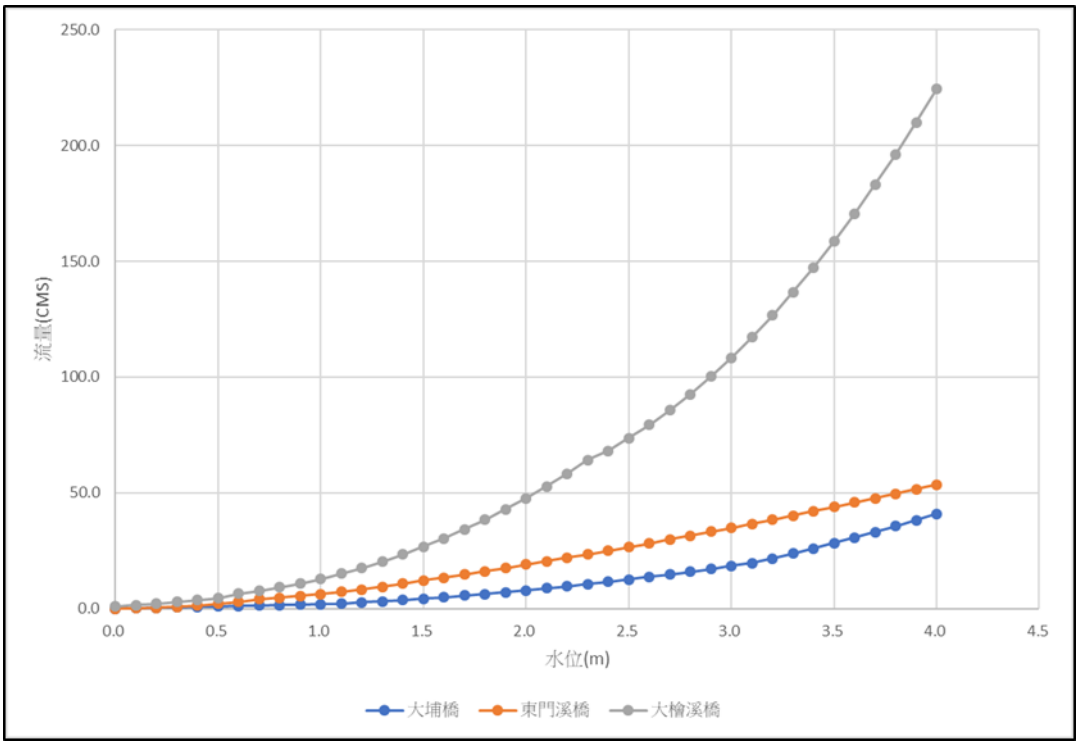
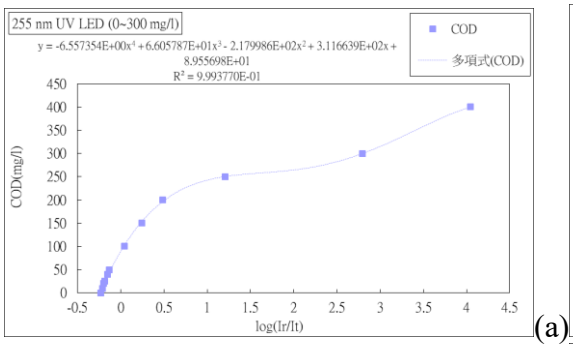
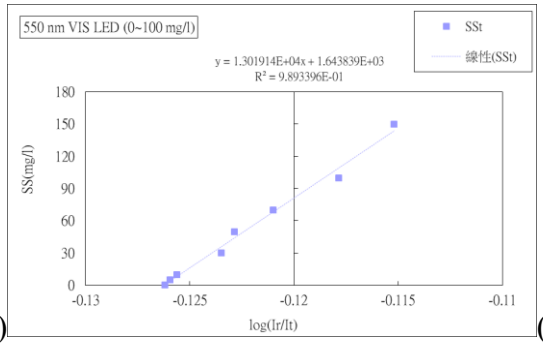


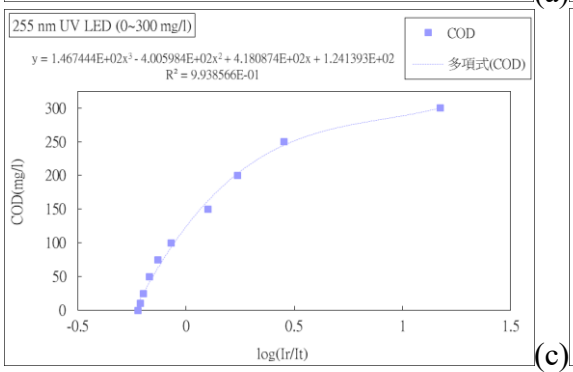
圖 2-79 水位推估河川流量結果：(a)大埔橋(；b)東門溪橋；(c)大檜溪橋


255 nm UV LED (0~300 mg/l)
y = -6.557354E+00x⁴ + 6.605787E+01x³ - 2.179986E+02x² + 3.116639E+02x + 8.955698E+01
R² = 9.993770E-01
COD
多項式(COD)
COD(mg/l)
log(Ir/It)

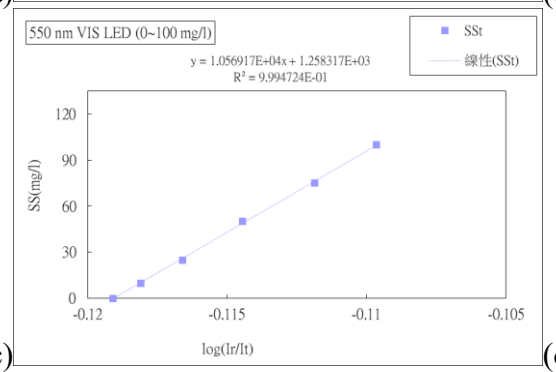
(a)


550 nm VIS LED (0~100 mg/l)
y = 1.301914E+04x + 1.643839E+03
R² = 9.893396E-01
SSt
線性(SSt)
SS(mg/l)
log(Ir/It)

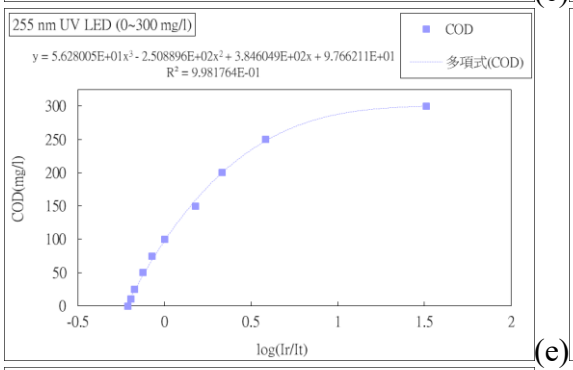
(b)


255 nm UV LED (0~300 mg/l)
y = 1.467444E+02x³ - 4.005984E+02x² + 4.180874E+02x + 1.241393E+02
R² = 9.938566E-01
COD
多項式(COD)
COD(mg/l)
log(Ir/It)

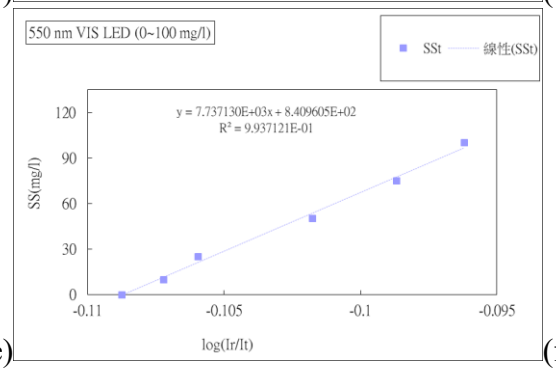
(c)


550 nm VIS LED (0~100 mg/l)
y = 1.056917E+04x + 1.258317E+03
R² = 9.994724E-01
SSt
線性(SSt)
SS(mg/l)
log(Ir/It)

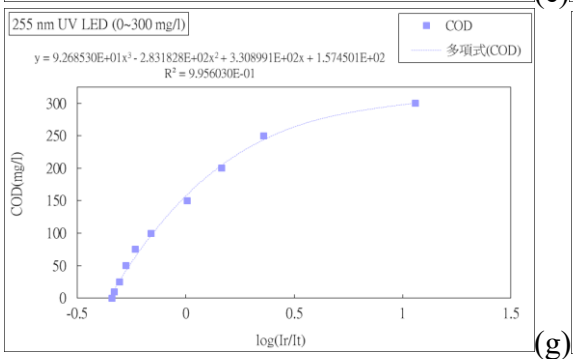
(d)


255 nm UV LED (0~300 mg/l)
y = 5.628005E+01x³ - 2.508896E+02x² + 3.846049E+02x + 9.766211E+01
R² = 9.981764E-01
COD
多項式(COD)
COD(mg/l)
log(Ir/It)

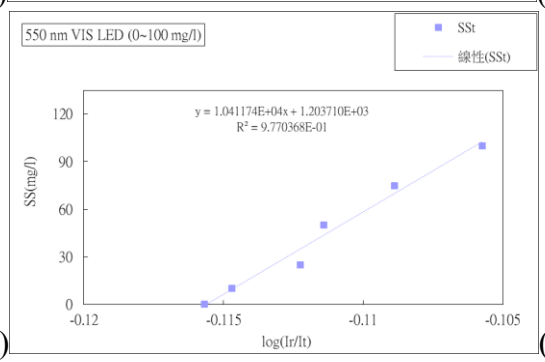
(e)


550 nm VIS LED (0~100 mg/l)
y = 7.737130E+03x + 8.409605E+02
R² = 9.937121E-01
SSt
線性(SSt)
SS(mg/l)
log(Ir/It)

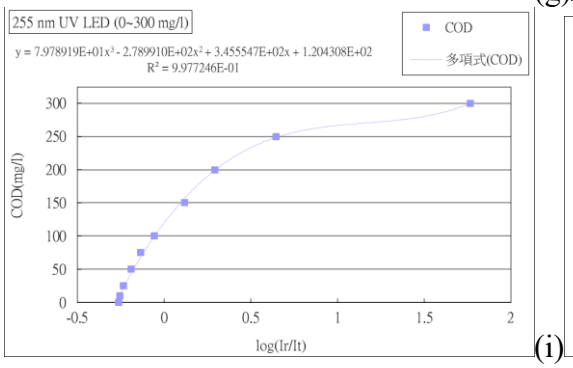
(f)


255 nm UV LED (0~300 mg/l)
y = 9.268530E+01x³ - 2.831828E+02x² + 3.308991E+02x + 1.574501E+02
R² = 9.956030E-01
COD
多項式(COD)
COD(mg/l)
log(Ir/It)

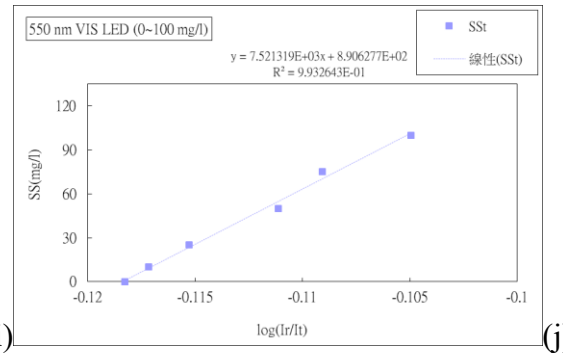
(g)


550 nm VIS LED (0~100 mg/l)
y = 1.041174E+04x + 1.203710E+03
R² = 9.770368E-01
SSt
線性(SSt)
SS(mg/l)
log(Ir/It)

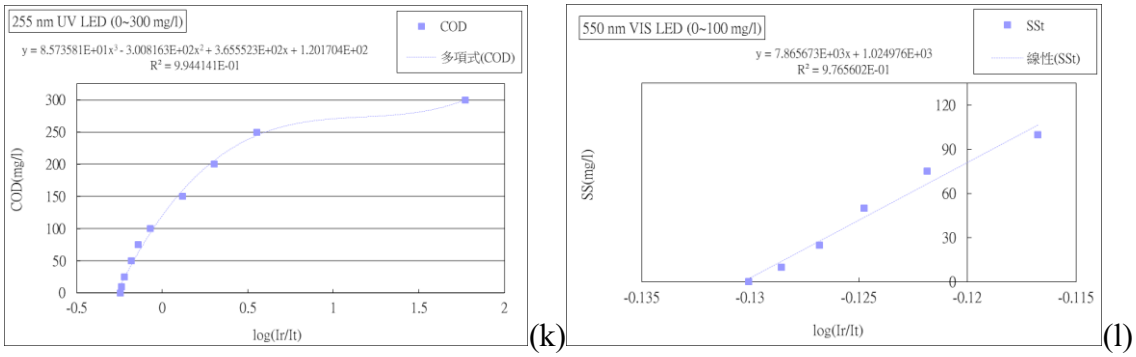
(h)


255 nm UV LED (0~300 mg/l)
y = 7.978919E+01x³ - 2.789910E+02x² + 3.455547E+02x + 1.204308E+02
R² = 9.977246E-01
COD
多項式(COD)
COD(mg/l)
log(Ir/It)

(i)


550 nm VIS LED (0~100 mg/l)
y = 7.521319E+03x + 8.906277E+02
R² = 9.932643E-01
SSt
線性(SSt)
SS(mg/l)
log(Ir/It)

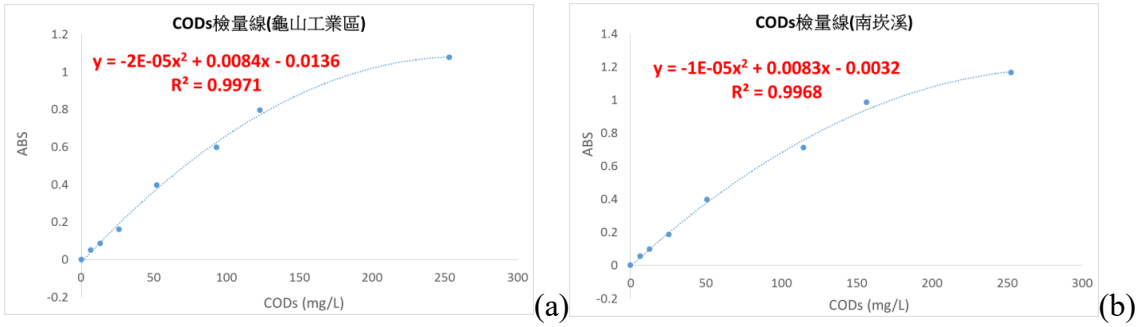
(j)



(k) (l)

圖 2-80 固定式水質感測器 COD/SS 模組實驗室檢量線建置結果：(a)(b)東門溪 R_1; (c)(d)華亞科 W_02; (e)(f)南崁溪主流 R_2; (g)(h)南崁溪主流 R_1; (i)(j)新竹工業區 I_1; (k)(l)新竹工業區 I_2

本年度計畫預計於工業區與河川場域進行水質感測設備布建，因此，除前述針對 COD/SS 感測模組所建立之標準品檢量線外，工作團隊利用前述 2.2 節所建立之推估模式之建立步驟，分別針對待測之場域廢水建立特定場域之修正曲線。下圖 2-81 即是利用演算法建立(a)龜山工業區(b)與南崁溪流域之 CODs 濃度推估模型結果。由圖可知，利用實場水樣所建立之 COD 推估模型，可推估 COD 之範圍大約介於 0-250 mg/L 的範圍，超過此範圍之電壓與濃度的敏感度逐漸降低，推估已接近本計畫所開發之光機模組之偵測極限，此現象與前述利用 COD 標準品所建立之濃度上限十分接近，可作為量測實場水樣之上限濃度參考。表 2-44 及表 2-45 為利用實際場域水樣建立之演算模式後之 COD 與 SS 實場水盲樣測試結果，結果顯示不論在河川流域或是工業區均可達到良好之水質濃度推估效果，且符合本計畫之品管規定 COD 誤差 <20mg/L，SS 誤差<20mg/L。



(a) (b)

圖 2-81、不同布建場域 CODs 之檢量線：(a)龜山工業區：(b)南崁溪流域

表 2-44 固定式水質感測器 COD/SS 模組實驗室 COD 盲樣測試結果

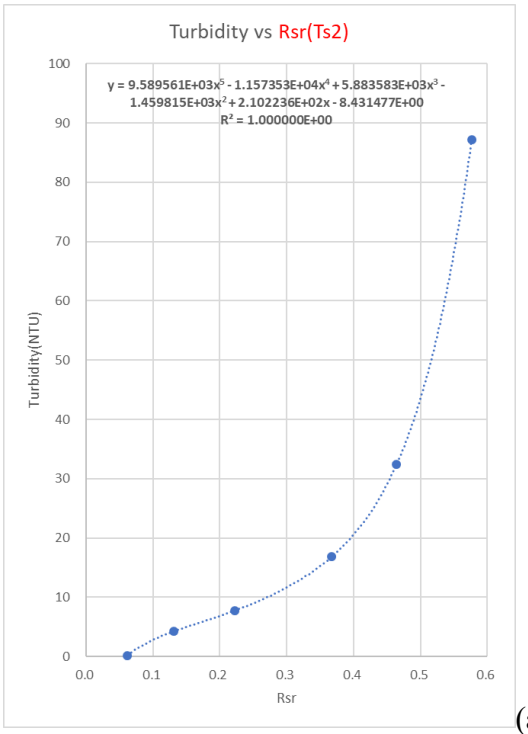
設備編號	機台量測數值(mg/L)	實驗室檢測值(mg/L)	誤差值(mg/L)
東門溪 R_1	103.3	100	3.3
華亞科 W_02	38.4	47	8.58
南崁溪主流 R_2	46.2	51	4.8
南崁溪主流 R_1	39.7	43	3.3
新竹工業區 I_1	230.5	217	13.5
新竹工業區 I_2	150.6	165	14.4

表 2-45 固定式水質感測器 COD/SS 模組實驗室 SS 盲樣測試結果

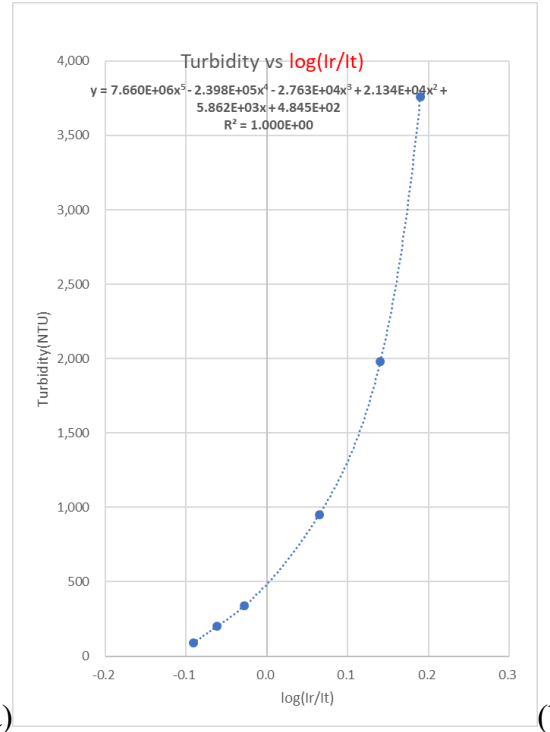
設備編號	機台量測數值(mg/L)	實驗室檢測值(mg/L)	誤差值(mg/L)
東門溪 R_1	44.32	50	5.68
華亞科 W_02	48.79	51	2.21
南崁溪主流 R_2	55.11	48	7.11
南崁溪主流 R_1	60.3	56	4.3
新竹工業區 I_1	58.4	53	5.4
新竹工業區 I_2	15.2	8	7.2

2. PET +濁度

本工項優化了三臺濁度模組，分別應用於頭前溪取水口(新竹一二淨水廠取水口 R_1)、淨水廠內入廠原水(新竹一二淨水廠前處理 T_3)、淨水廠內沉澱池(新竹第二淨水廠 T_4)之固定式感測器，三臺感測器之濁度測項在實驗室建立檢量線與配製標準品測試結果如圖 2-82、圖 2-83、圖 2-84，其中散射/參考比值模式所建立之檢量線應用於低濃度感測，穿透/參考比值取對數模式所建立之檢量線應用於高濃度感測。與 Hanna 桌上型濁度設備實測比較誤差多在 10%以內，主要在測值運算散射/參考比值在高濃度感測會有較大之誤差，後續已完成實場布建，並進行第三方採水檢測比對。



(a)

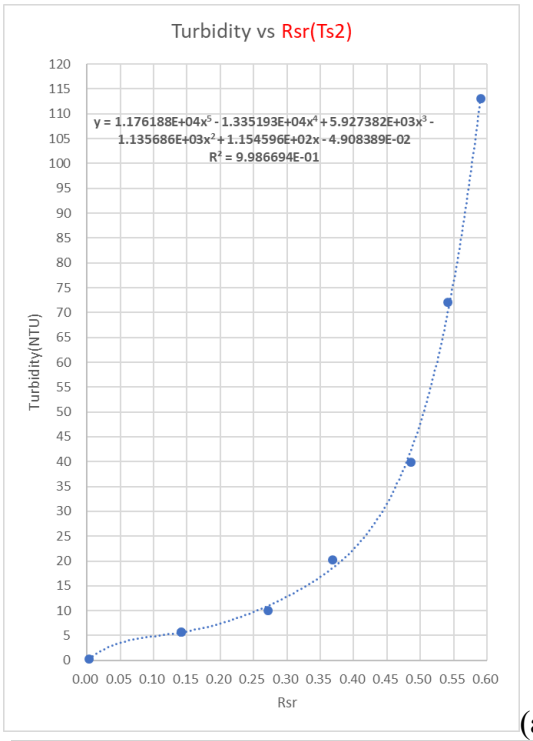


(b)

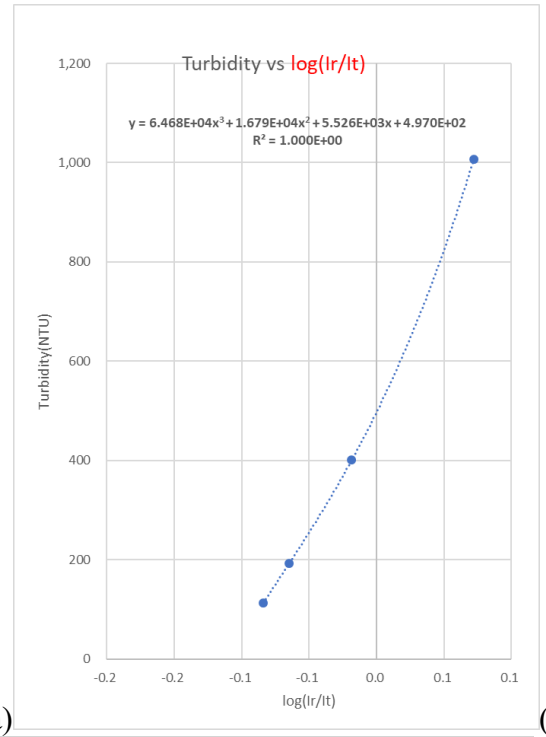
配製 (NTU)	固定式感測 (NTU)	Hanna實測 (NTU)	誤差	Is	It	Ir
DI	3.5	0.1	4885.1	44.4	510.8	391.1
5.0	7.3	5.3	37.1	81.6	509.0	390.4
10.0	10.9	10.5	4.2	111.3	507.1	389.5
20.0	21.8	23.0	-5.0	159.7	502.9	389.1
40.0	41.9	44.2	-5.3	192.7	496.4	389.1
100.0	80.7	101.0	-20.1	221.2	480.5	389.3
120.0	124.7	137.0	-9.0	233.8	472.1	391.5
200.0	200.3	210.0	-4.6	244.2	448.5	389.4
400.0	370.7	383.0	-3.2	257.9	410.0	389.6
2000.0	2223.0	2030.0	9.5	270.5	276.7	390.1

(c)

圖 2-82 新竹一二淨水廠取水口 R_1 濁度模組檢量線(a)散射用於低濃度;(b)穿透用於高濃度;(c)標準品測試與實測誤差



(a)

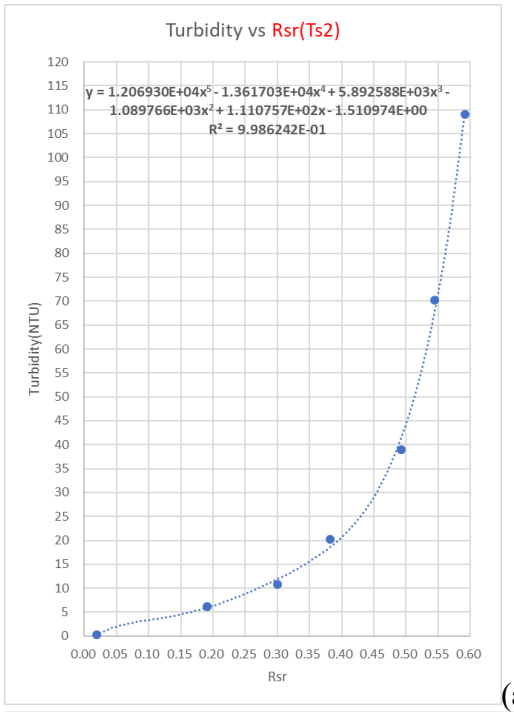


(b)

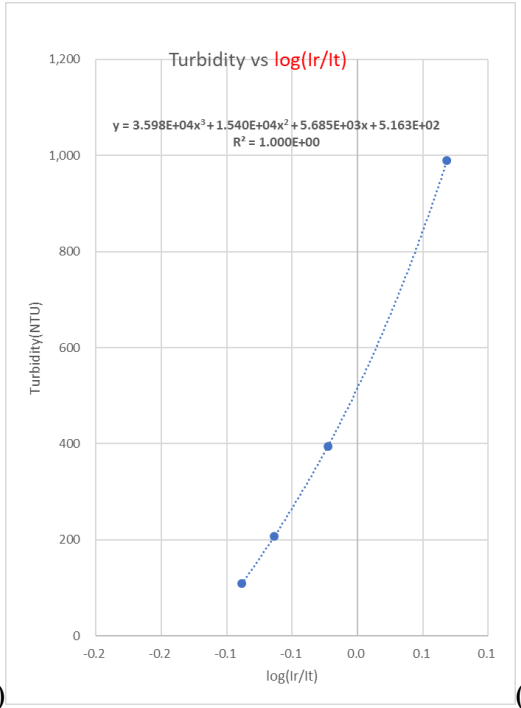
配製 (NTU)	固定式感測 (NTU)	Hanna實測 (NTU)	誤差	Is	It	Ir
DI	0.8	0.1	591.7	3.4	520.4	399.3
5.0	6.2	6.5	-4.3	60.0	519.2	400.1
10.0	9.2	11.2	-17.9	95.2	517.8	399.9
20.0	19.5	22.2	-12.3	150.3	514.3	400.0
40.0	39.8	42.3	-5.9	191.9	508.5	399.3
100.0	97.7	103.0	-5.2	229.6	490.5	399.0
105.0	101.4	111.0	-8.6	232.3	486.7	398.3
200.0	199.4	188.0	6.1	250.5	461.9	398.4
400.0	390.8	387.0	1.0	265.3	419.9	398.1

(c)

圖 2-83 新竹一二淨水廠前處理 T_3 濁度模組檢量線(a)散射用於低濃度;(b)穿透用於高濃度;(c)標準品測試與實測誤差



(a)



(b)

配製 (NTU)	固定式感測 (NTU)	Hanna實測 (NTU)	誤差	Is	It	Ir
DI	0.0	0.1	-100.0	3.4	526.1	400.9
5.0	4.6	5.1	-11.1	60.4	525.4	402.7
10.0	8.9	9.7	-8.0	92.8	522.6	400.4
20.0	16.2	20.1	-19.7	142.7	519.0	399.4
40.0	38.6	38.7	-0.2	192.4	512.7	399.0
100.0	99.1	104.0	-4.7	231.4	493.4	398.1
110.0	102.0	117.0	-12.9	233.9	489.8	397.8
200.0	172.2	182.0	-5.4	248.7	471.8	398.8
400.0	409.5	406.0	0.9	268.6	416.6	398.3

(c)

圖 2-84 新竹第二淨水廠 T_4 濁度模組檢量線(a)散射用於低濃度;(b)穿透用於高濃度;(c)標準品測試與實測誤差

3. PET +餘氯或重金屬

使用前一年度(FY110)製作之電化學感測機台進行重金屬感測測試，挑選氧化電位與沉積電位均較中間值之銅做為測試標的，現已於本年度 111 年 7 月在工研院污水廠完成裝機，場域驗證水質為污水廠放流水，背景水質重金屬濃度均在 0.05 mg/L 以下。以銅做為機台測試標的，選取銅感測氧化峰電流最大的磷酸鹽緩衝溶液(PBS)做為重金屬感測機台電解液，並使用做背景水質穩定性測試，從圖 2-85 可看到經過 6 次反應伏安圖型沒有變化，代表此測試條件很穩定。

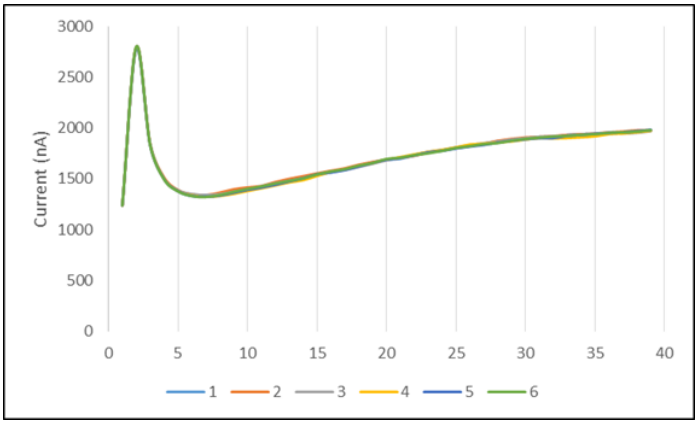


圖 2-85 背景水質穩定性測試

使用場域水質做外添加銅建立此場域之標準檢量線，以放流水標準預警為目標，檢量線濃度範圍為 0.5~7.0 mg/L(圖 2-86)，並經過國家檢測標準之電感耦合質譜儀(ICP)做標定，趨勢線之 R^2 值大於 0.98。

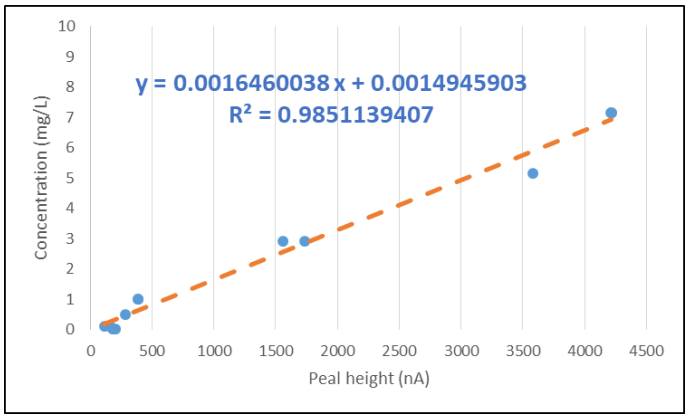


圖 2-86 場域標準檢量線(銅)

使用場域水質做外添加 1 mg/L 銅水樣，測試電化學感測機台對濃度變化的反應能力，從圖 2-87 可觀察到濃度變化需要 2 次流程才能達到實際濃度，因模組測試時沒有這個問題，故推測為機台前管線殘留水樣因素，若後續預警需將超標水質時間往前推論。

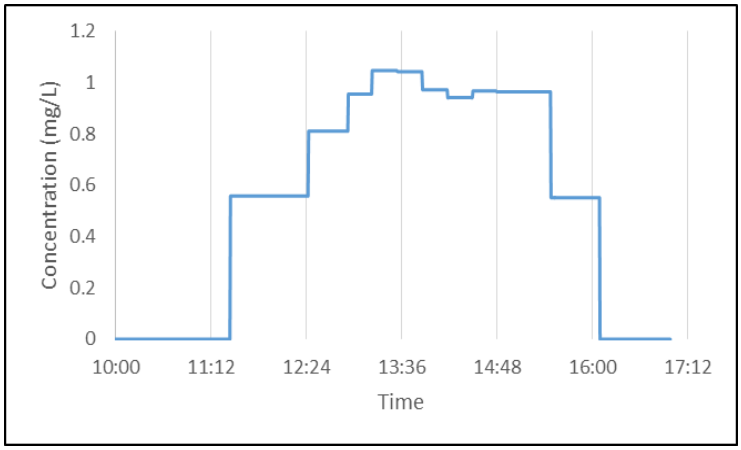


圖 2-87 機台濃度變化反應能力測試

(五) 精進版固定式水質感測器布建分析工作

本工作依據 10 臺新版固定式水質感測器感測數據，綜合應用平臺分析功能，以大數據分析、數據統計分析或其他方式解析感測數值，判斷感測器異常或水質污染徵兆，並界定每次解析案件之最適時間軸範圍，10 臺布建位置及應用目的彙整如圖 2-88 及表 2-46。

精進版固定式水質感測器應用型態有 5 種分別為水質模式驗證 3 點、CWMS 比對 1 點、科技廠水質感控 2 點、淨水廠感控 3 點、工業/生活混合污水處理廠 1 點。透過多元的應用型態與布建情境，強化新版固定式水質感測器執行經驗。

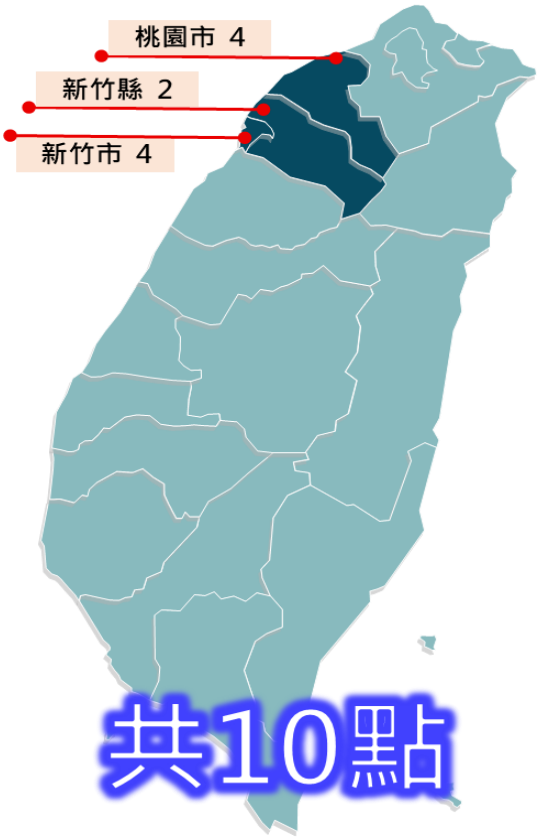
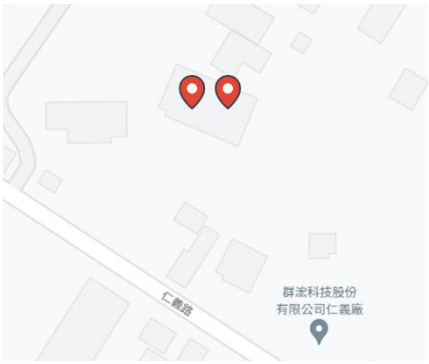


圖 2-88 10 臺固定式水質感測器布建點位

表 2-46 固定式水質感測器布建情形

縣市	測站名稱	布建點位圖	布建現況
桃園市	南崁溪/東門溪		

縣市	測站名稱	布建點位圖	布建現況
桃園市	華亞科		
新竹縣	新竹工業區		
新竹市	新竹一二淨水廠		
新竹市	光復污水處理廠		

2.9 提升移動式水質感測器設備效能

工作團隊藉由過去針對水質感測設備的開發經驗，本年度將強化演算軟體，提升溫度、酸鹼度、導電度及溶氧數據穩定性與解析能力，研析縮小移動式感測器機體、優化電路配置、強化防水機能及運用網路節點傳輸之可行性，並運用至少 5 臺前期計劃設備進行測試，增加如銅離子、流速、水位、餘氯、鹽度、溶氧或氨氮等感測元件，並提出實驗室及場域測試報告。

本工項並於 111 年 9 月 29 日受主計畫委託增購 40 臺移動式水質感測器，需於 111 年 12 月 15 日前完成 40 臺製作，及函文報驗提交完工報告書(含實驗室及實場測試報告)一式 2 份。

一、 現況說明

移動式感測器以體積小、價格低、快速布建應用目標，過去所選用之 pH、導電度與溶氧屬於實驗室等級之電極，內層的兩層式結構讓此電極可在高度污染的溶液中進行量測。因此款市售為實驗等級，於極端污染場域或是長時間（2 個月以上）監控場域，數據穩定性與解析能力衰減問題造成不少維運成本，故本團隊將嘗試選用工業等級之高精度酸鹼度（pH）與導電度（EC）電極進行驗證並進階運用此改良後之設備，增加其他如銅離子、流速、水位、餘氯、鹽度、溶氧或氨氮等感測元件，提升物聯網整套解決方案之應用場域。

二、 移動式水質感測器精進工作

(一) 升級工業級感測器電極

精進工作已選用之工業級電極係如下說明：（1）pH 採用 Teflon 隔膜，電極有穩定的液接界，參考電極（已整合至 pH 感測器中）採用高分子聚合物填充，抗干擾能力強，不易污染和堵塞，使用壽命長；（2）導電度採用可以抗邊緣效應（Fringe Effect）的干擾，提供穩定且精確的量測數值；（3）溶氧採用光學溶氧電極螢光淬滅（Quenching）氧氣的原理來測量溶液中的氧含量，具有很強的耐受性，壓力衝擊、

溫度驟變以及無電解液，不需極化，僅需定期更換膜組件即可；(4) 溫度感測器已包含於上述 pH 及導電度與溶氧感測電極中可針對不同水溫進行量測值之溫度補償校正（圖 2-89 表 2-47）。



圖 2-89 臺灣 Industrial Grade Probs

表 2-47 臺灣 Industrial Grade Probs 基本資料

Sensor 基本資料				
項目	酸鹼值	導電度	溶氧	溫度
1. 量測原理	伏安法	二極式	螢光法	RTD PT1000
2. 量測範圍	2pH~12pH	1~20 mS/cm	0～20.00 mg/L	0~100°C（PT100）
3. 外殼材質	ABS	PBT 防腐	POM 及 316 不銹鋼	ABS
4. 耐溫範圍	0~80°C	0~80°C	0～45°C	0~80°C
5. 耐壓範圍	0.4MPa	0~4 bar	0.2MPa	0.4MPa
6. 準確度	±0.02pH	±1.5%F.S.	±2%F.S.	±0.3°C
7. 解析度	0.01pH	0.01mS/cm	0.01mg/L	0.1°C
8. 反應時間	1 秒	1 秒	1 秒	1 秒

(二) 加裝銅（Cu^{2+}）感測電極之選用與實驗結果

銅（Cu^{2+}）感測電極採用市售 Cole-Parmer，為 ISE 離子電極做在線分析整合於設備內，其基本規格如表 2-48 與圖 2-90 所示。



圖 2-90 銅（Cu^{2+}）感測電極採用市售 Cole-Parmer 整合於移動式設備

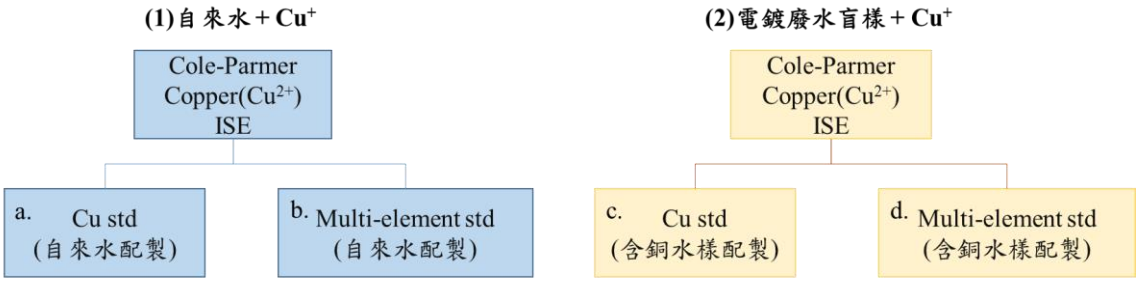
整體實驗設計分成兩組類型水體做測試：

(1) a.自來水+銅標準液、b.自來水+複合型標準液；

(2) c.電鍍廢水盲樣+銅標準液、d.電鍍廢水盲樣+複合型標準液，如圖 2-91 所示。

表 2-48 市售 Cole-Parmer 生產之銅 Cu^{2+}

ITEM	**Cu^{2+}（市售 Cole-Parmer）**
Range	0.0 – 6354 ppm
Slope	27 ± 2 mV between 10-100 ppm @ 25°C
Reproducibility	± 2%
Recommended ISAB	5M $NaNO_3$
Interferences	Ag^{+}, Hg^{2+}, Cl^{-}, Br^{-}, Fe^{2+}, Cd^{2+}
Temperature range °C	1 － 80 ˚C
Max pressure	70 psi
Response time	95% response in 30 seconds
pH Range	2 - 12
Connector	Eroublack
Cable length	1 meter
On-Line Capability	Yes
Applications	Plating Baths, Running water、River water、Waste water



註：Multi-element standard
Ag, Cd , Fe, Al, B, Ba, Bi, Ca, Co, Cr, Cu, Ga, In, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sr, Ti, Zn

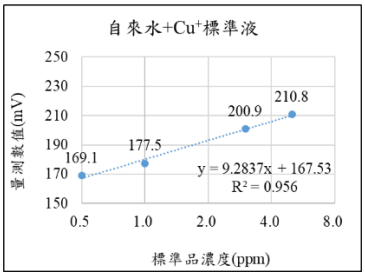
圖 2-91 加裝銅（Cu^{2+}）感測電極實驗設計圖

第一組實驗是以自來水分別加入濃度 0.5ppm、1.0ppm、3.0ppm、5.0ppm 的 Cu^{2+}標準液與 Cu^{2+}複合型標準液樣品來進行測試，依序將電極放入溶液後 90 秒開始記錄數值。實驗結果得知，自來水+Cu^{2+}標準液的 R^2 為 0.956，而自來水+Cu^{2+}複合型標準液的 R^2 為 0.944，於濃度 3.0ppm 時開始出現偏差現象(圖 2-92)。

第二組實驗室是以某電鍍廢水分別加入濃度 1.0ppm、2.0ppm、3.0ppm、4.0ppm 的 Cu^{2+}標準液與 Cu^{2+}複合型標準液樣品來進行測試，依序將電極放入溶液後 90 秒開始記錄數值。實驗結果得知，某電鍍廢水+Cu^{2+}標準液的 R^2 為 0.996，而某電鍍廢水+Cu^{2+}複合型標準液的 R^2 為 0.8712，於濃度 2.0ppm 時開始出現偏差現象(圖 2-93)。

整體實驗結果可知，使電極受其他金屬物質干擾時，量測電壓較純銅標準液稍高；Cu^{2+}電極對水樣的電壓基線不一致，使用前必須以實際水樣建立檢量線；水法規對於 Cu^{2+}污染標準為 3 ppm，後續可持續精進設備韌體與感測器敏感度以達現地使用的條件。

自來水＋Cu+		
元素	Cu std	Multi-element std
條件	未加ISA	
濃度	電壓	
0.5	169.1	176.8
1.0	177.5	191.9
3.0	200.9	240.5
5.0	210.8	238.9
電極放進溶液後，90秒紀錄數值		



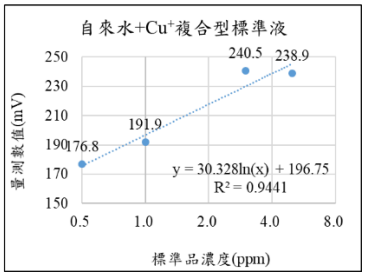
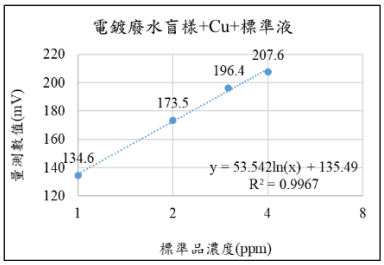


圖 2-92 自來水+Cu^{2+}及複合型標準液測試結果

電鍍廢水盲樣+Cu^{+}		
元素	Cu std	Multi-element std
條件	未加ISA	
濃度	電壓	
某電鍍廠排放水	108.1	108.1
1	134.6	134.6
2.0	173.5	194.3
3.0	196.4	204.2
4.0	207.6	204.4
電極放進溶液後，90秒紀錄數值		



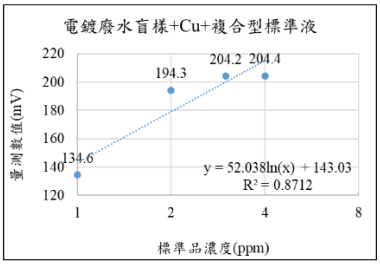
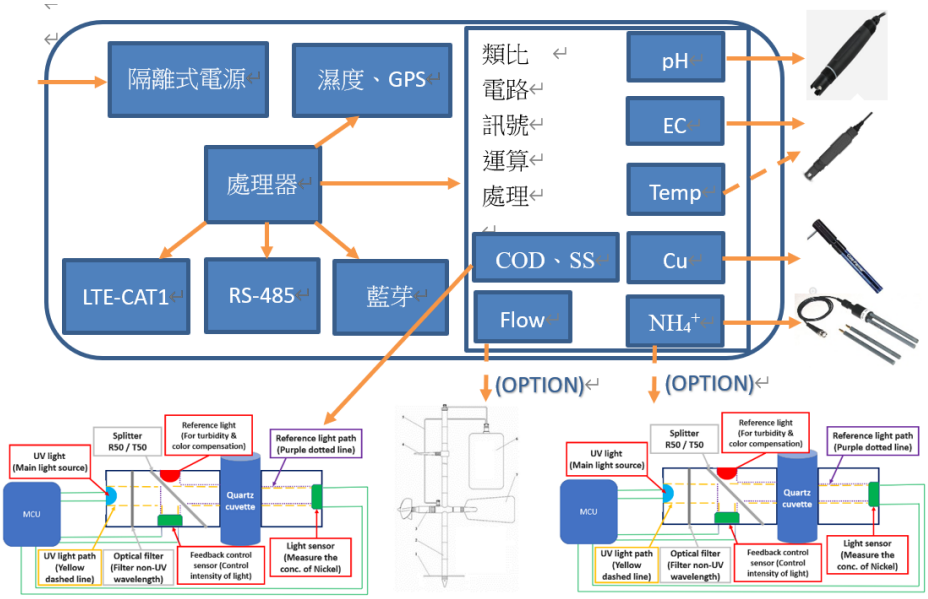


圖 2-93 電鍍廢水+Cu^{2+}及複合型標準液測試結果

(三) 精進電路及通訊

本項工作已將移動式感測器在數據傳輸與處理的部分，由具備 LTE-CAT1 傳輸能力的主板負責接收感測器數值，再傳送至雲端平臺。感測器與主板之間使用儀錶運算放大器（instrumentation amplifier）及 24bit ADC（Analog-to-digital converter）做資料取樣並傳輸給中央處理器（MCU），並由主板提供電源供應（圖 2-94）。



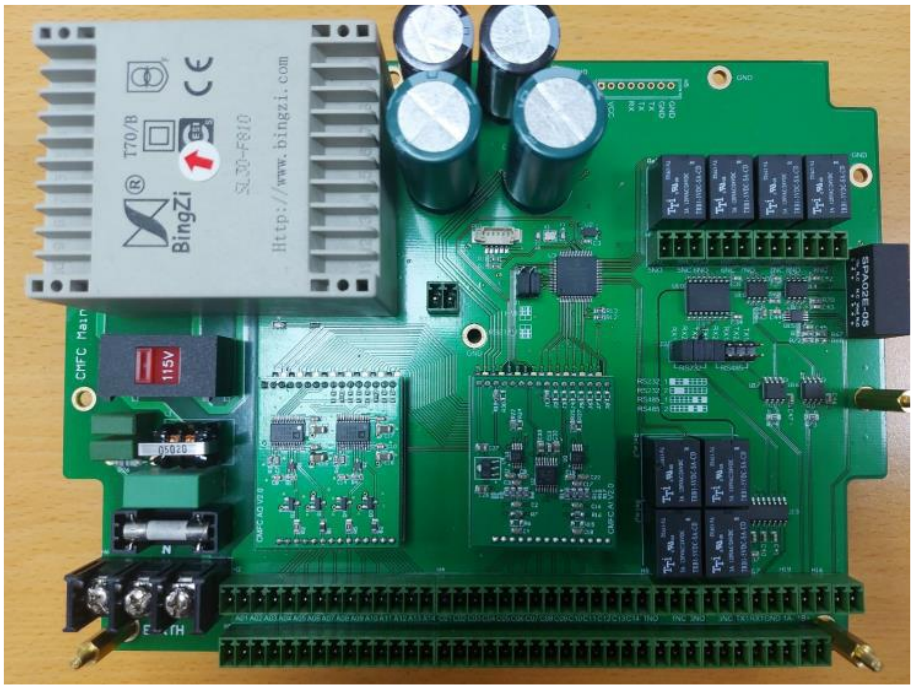


圖 2-94 獨立式電極感測電路設計方塊圖/成品

(四) 新增藍芽校正 APP

校正介面使用無線 Bluetooth，搭配行動裝置連線，可選端掃描連線就近的設備進行即時數據、平均數據、校正偏移等工作（圖 2-95），省去介接校正線到筆電等繁瑣前置準備工作。



圖 2-95 藍芽校正 APP

(五) 強化感測器保護殼

精進岸上式與水面式機構設計，改以快拆背架進行主機安裝；水面式挑選海上浮板進行浮力強化，確保主機無論布建於哪種水域都可以保持平衡且不進水。所有防水外殼以耐強酸強鹼材料進行設計提高適用場域的廣度與耐用性；另一方面提供防開貼紙或防盜螺絲設計，避免使用者開蓋導致設備維運與保固上的困難（圖 2-96、圖 2-97）。

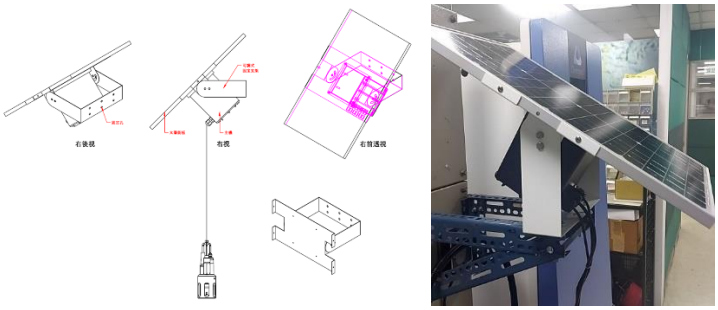


圖 2-96 岸上式機構設計

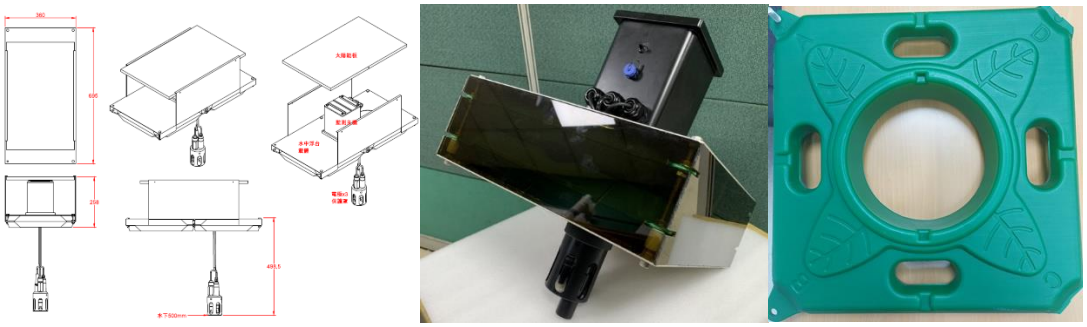


圖 2-97 水面式機構設計

三、 精進版移動式水質感測器布建分析工作

本工作依據 9 臺新版移動式水質感測器感測數據，綜合應用平臺分析功能，以大數據分析、數據統計分析或其他方式解析感測數值，判斷感測器異常或水質污染徵兆，並界定每次解析案件之最適時間軸範圍，9 臺布建位置及應用目的如圖 2-98，布建情形彙整如表 2-49。

精進版移動式水質感測器應用型態有 4 種分別為河道模式驗證 2 點、印刷電路板工廠調和池 2 點、於電共生 2 點、感潮河段 1 點、低溶氧易死魚河川 2 點。裝設點位情境有五種分別為橋點、養殖池 2 點、調和池 2 點。透過多元的應用型態與布建情境，強化新版移動式水質感測器執行經驗。

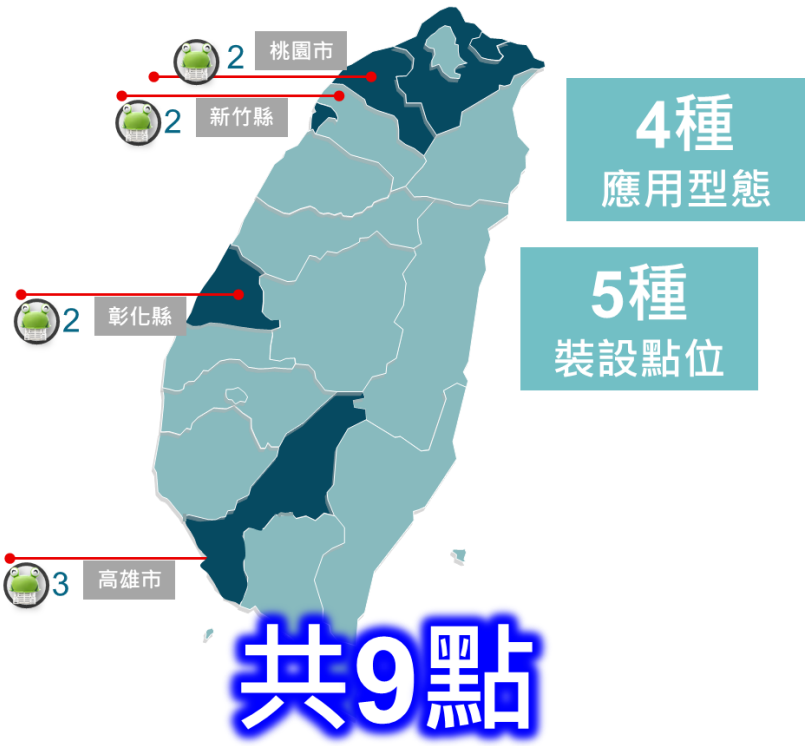
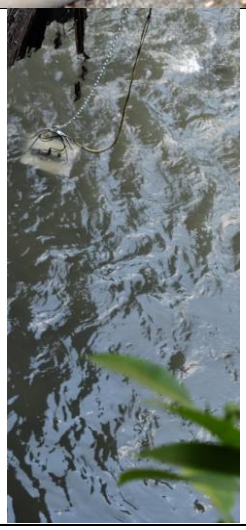
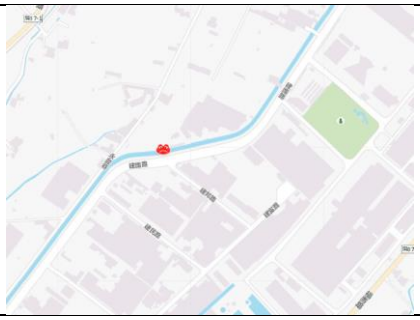


圖 2-98 精進 9 臺移動式水質感測器布建點位

表 2-49 精進版移動式感測器布建情形

縣市別	測站名稱	布建點位圖	布建現況	裝設點位
桃園市	桃林鐵路排水(支流)			橋
桃園市	桃林鐵馬橋(主流)			橋
新竹縣	群浤科技股份有限公司			調和池

縣市別	測站名稱	布建點位圖	布建現況	裝設點位
彰化縣	漢堡村			漁電共生
高雄市	愛河			感潮河段
高雄市	曹公圳			低溶氧死魚區

第三章 強化水質感測器品管控制

本團隊於過往執行水質環境物聯網計畫中，已開發多項感測元件與設備，並於多種場域進行驗證，同時，本團隊目前已建立感測數據智慧判讀及應用機制，透過檢視各水質感測器回傳資料，以數據統計分析方式解析感測數值，並判斷感測器是否異常。惟目前國內針對適合於物聯網布建之水質感測器尚未有一致性之驗證與安裝等標準，為確保應用於數據分析之水質感測器能提供良好服務品質，本團隊提出以下幾點服務規劃：（一）建立物聯網之水質感測器、感測元件、資訊傳輸等驗證草案；（二）研擬水質感測物聯網安裝及數據應用指引；（三）持續維持固定式與移動式水質感測器良好數據品質服務。

3.1 建立物聯網之水質感測器、感測元件、資訊傳輸等驗證草案

本團隊為確保布建至現場感測器數據品質，已規劃設計一套品質管控機制提出驗證草案，提供未來水質感測器廠商應建立感測器的品質控管機制，針對出廠的產品必須依據品質要求進行查驗，以確保設備符合品質與一致性比對標準後，才能進行現場布建，編擬章節內容如下說明，並於 9 月提出水質物聯網之感測器驗證草案 1 份，並根據此驗證草案執行一次國產水質感測器平行比對，測試報告詳附件十一。

一、 前言

由於水質線上監測技術的進步與資通訊技術的普及，目前國際間針對環境水質監測的裝置也日益進步，我國針對一定排放量之廢水事業有訂立水量水質自動監測及監視設施（continuous water monitoring system, CWMS）的相關規範，但除申報外，針對水質感測器、感測元件及資料驗證等相關重要規定，並未訂立具體規範。

因此，行政院環境保護署訂立適用於物聯網之水質感測器應有的驗證項目，以管控出廠的產品必須依據品質要求進行查驗，確保設備符合品質與一致性比對標準後，各地方縣市環保局才能將該合格廠商納入採購機制，以確保布建至現場感測器數據品質。

二、 感測器功能與查驗規範

感測器生產組裝完成後，感測元件雖然有原廠提供的出廠測試及品保，然經由整合多項感測元件，可能會於電路板或感測水體相互干擾，影響感測數據的呈現。故建議設備於出廠前須進行一系列的品管與校正程序，並附上合格檢驗報告，一般測試項目如下說明，實際將因應感測器類型有所調整。本項目內容適用於環境水質物聯網相關的感測器、感測元件與資料傳輸等提出適合之相關規範，具體工作內容如下：

(一) 感測模組：

以酸鹼值（pH）、導電度、溫度為主要項目，感測頻率應至少每1分鐘內 1筆數據。使用者可依不同類型場域需求加裝，如溶氧（DO）、銅離子、化學需氧量（COD）等感測元件，但感測性能需能偵測目標對象水質的變化範圍。

1. 數據品質：

設備出廠前本計畫於實驗室完成品質檢驗，並附上合格檢驗報告以及原廠提供之出廠測試報告。設備掛測資料需涵蓋該量產批號全數設備實驗室標準液檢測，以及抽驗其中 10%設備進行野地實場測試，確認整體感測器性能表現皆符合驗收標準。各水質數據品質滿意度允收標準範圍定義如下:

(1) 酸鹼值：4≦pH≦10±0.5；pH <4 或 pH> 10±1。

(2) 導電度：500 μS/cm 以下±75 μS/cm；500 μS/cm 以上±15%。

(3) 溶氧：±1 mg/L。

(4) 溫度：±1℃。

2. 測試參數應包含同型號的模組間變異(IMV, intra-model variability)、數據完整率(Data Completeness)、與參考儀器的決定係數(R^2, Coefficient of Determination)、相對誤差(Error, %)。

3. 數據完整率：

數據完整率驗證方法為各水質感測項，包含酸鹼值、導電度、溫度、溶氧至少在每 1 分鐘以內產出各污染物濃度或環境參數之有效平均感測數據，至遲應於感測後 10 分鐘內，以資料串流方式上傳至行政院環境保護署環境物聯網（https://iot.epa.gov.tw），且連續 6 小時達 95%以上，且需提供 SD card 作為資料備存以及資料回補作業，以提供斷訊或資料串流失敗時資料保全能正常運作。

4. 野外測試：

(1) 測試條件：直接感測現場水樣。於測試條件維持平衡狀態後，評估一段時間之感測器數據完整性，及感測器與參考儀器間的精確性與偏差量（建議最少 4 週）。

(2) 參考儀器：水質感測參考儀器以手持式設備為主，應能符合本署環境檢驗所訂定各感測項目檢測方法規範。

(3) 測試期間除了感測器連續感測自身的設備偏差外，另因長期接觸水體，容易受環境干擾，如生物膜包覆感測元件，而溫度及水中物質又容易影響生物膜生長速度，在實驗室測試部分應盡可能減少生物膜生長造成之干擾，以分析感測器自身設備偏差為主，場域測試則可以同步分析實場生物膜生長造成之影響。

(二) 參考儀器：

關於酸鹼值與導電度係以標準溶液進行比對，若無標準溶液可比對之水質感測項，如溫度與溶氧；或野地實場測試需快速進行數據比對時，則採用本國常用符合標準方法之手持感測器（如廠牌型號:Hanna HI98194），可承受惡劣環境，如湖泊、河流和海洋實地測量等等，以及列表說明規格（如表 3-1 說明），可符合本計畫允收標準誤差的範圍。

表 3-1 本計畫採用之水質手持感測器規格表（廠牌型號:Hanna HI98194）

測項	量測範圍	解析度	精確度
酸鹼值	0.00 to 14.00	0.01	±0.02
導電度（µS/cm）	0 to 40000	1 µS/cm from 0 to 40000 µS/cm	±1%
溶氧（mg/L）	0.00 to 50.00	0.01	0 to 30
溫度（℃）	-5 to 55	0.01	±0.15

(三) 感測器機體設計：

感測器機構視應用方式，至少需提供至少 2 種以上布建應用型式的機型，如離岸式、水面式、插管式等。並具備戶外防水功能（建議至少需符合國際防護 IP67 等級），若採用整體浮水應用（建議至少需符合國際防護 IP68 等級），建議配置內部溫、濕度監測，應盡可能避免感測元件受外界環境干擾，提供護欄或內部集水槽等設計措施。

(四) 供電模組：

應符合節能省電，具備供電穩壓設計及接用不同電源轉換設計，以確保感測器運作及資料傳輸電力無虞。必要時可結合太陽能板及外接行動電源，如有結合路燈安裝可能有日間不供電情形者，儲電裝置應符合電力安全規範，以供夜間儲電、日間供電操作使用。

(五) 通訊模組：

可因地制宜選擇，需符合快速抽取更換，並可適地性選擇資料傳輸通訊模組，以達資料即時完整傳輸與成本經濟等最佳化。為求傳輸數據穩定度，建議避免採用 LoRa 模組，儘量 4G 或 Wi-Fi 等連續傳輸較穩定模組為優先。

3.2 研擬水質感測物聯網安裝及數據應用指引

一、 現況說明

環保署自 106 年起推動環境感測物聯網相關計畫，水質物聯網從元件研發、設備整合、布建驗證、數據分析、環境執法至中央地方合作擴大應用。依不同應用情境需求，將感測器整合為固定式、移動式及手持式樣態，目前已應用於工業區、河川、農渠、特定工廠放流口及環境教育用途，全時掌握水質時空數據，提供酸鹼度（pH）、導電度、溫度、銅離子、化學需氧量（COD）等感測數據。

水質感測器由於其具備價格便宜且感測頻率高優勢，可以提供高解析度時空數據，聚焦於水質數據變化趨勢，可有效掌握可能的污染熱區，對於微環境的污染徵兆的解析，具應用價值。感測器原理簡易，探頭長期浸泡於複雜的水質中容易隨時間衰減產生誤差，故在數據應用及詮釋上需特別注意，這也需有足夠的感測器相關背景知識與數據分析的經驗累積，才有能力進行判別。

基於能完善運用水質感測物聯網整體架構，引導如何正確使用感測器與感測數據，此工項將訂定水質感測物聯網安裝及數據應用指引，提供給參與合辦水質感測物聯網工作及相關使用者參考運用。但為因應環境的演變與技術提升而進化的管理模式，本指引將適時提出革新建議，具體作業方式將依實務需求進行增修。

二、 執行方法

本團隊規劃本指引將依據實務執行水質感測物聯網計畫經驗之順序，整體技術分為感測器出廠性能品管、安裝作業、運轉中管理及查核作業、數據發布及展示、數據分析應用等 5 階段，並以以本署主導開發機型為例，提供未來各種設備做布建、運用、維運作參考，整體架構與流程如圖 3-1。

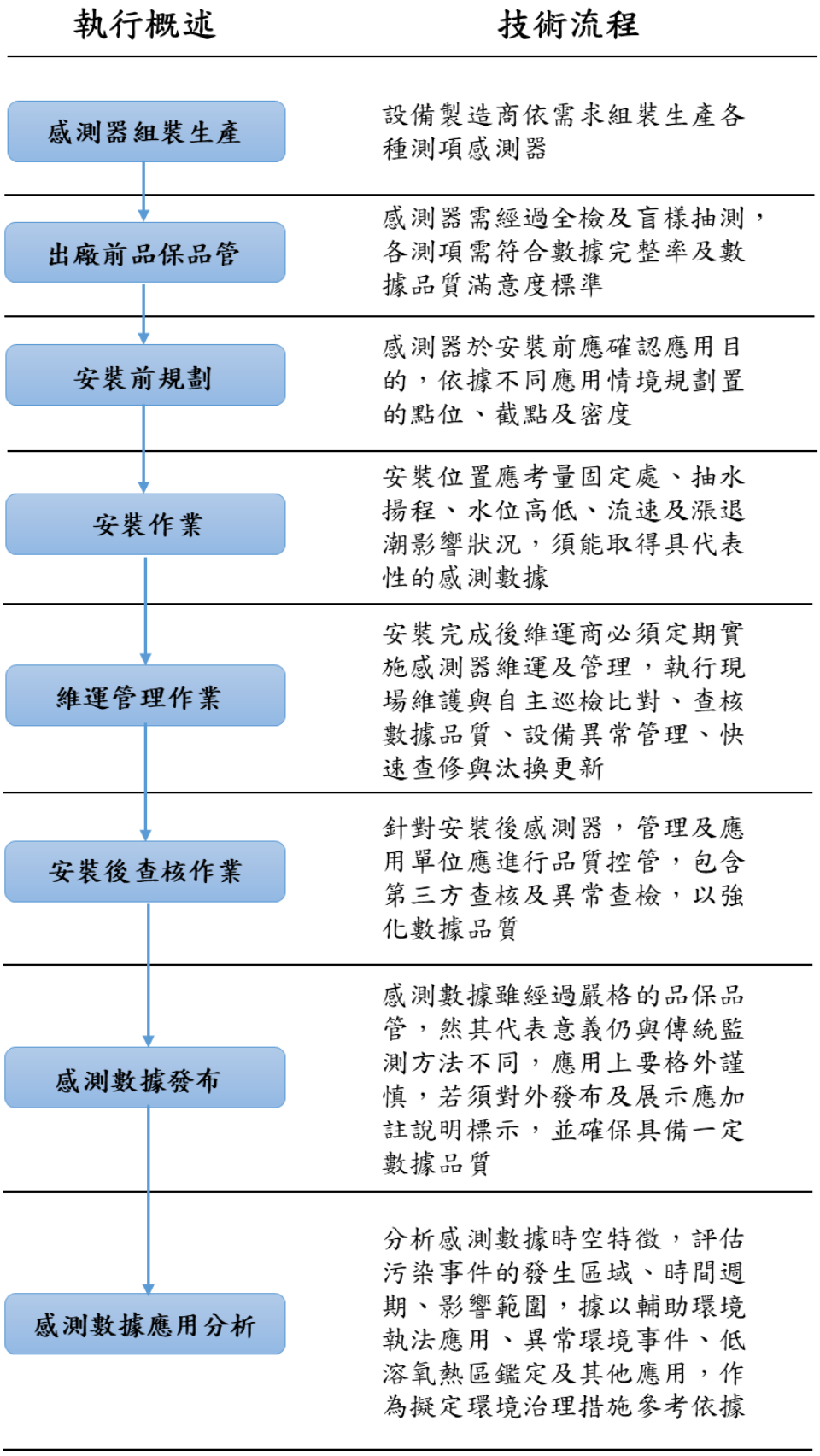


圖 3-1 水質感測物聯網整體技術架構流程

本工項已於 7 月 31 日產出指引初稿，並於 10 月 31 日產出水質感測物聯網安裝及數據應用指引報告。內容概略說明如下：

(一) 出廠性能品管

設備製造商依據感測需求、使用環境及應用目的，設計組裝感測器。生產感測器成品須進行儀器設備基本功能驗收，且經過全檢及盲樣抽測，各測項需達到數據完整率及數據品質滿意度標準。

(二) 安裝作業

感測器於安裝前應確認應用目的，了解水質背景基線，掌握到數據及其變化趨勢。依據不同應用情境，應放置的點位、密度及截點掌控亦有不同，以確保未來在感測數據應用分析上能發揮應有的效能。布建選址作業原則為點位篩選、與當地主管機關協商與訪談、布建可行性評估、布建點數分配及位置選擇、深入探勘如至現場確認安裝固定處、抽水揚程（抽水式需要）、水位高低、流速及漲退潮影響狀況，方可確認安裝點位。安裝後需以符合環檢所檢測標準之手持式水質感測器比對，確認感測值在誤差範圍內。安裝作業需依據作業規則實施，在確保施工安全下，能取得具代表性的感測數據。本章節亦以本署所開發之感測器為例，提供具體操作、布建、安裝作參考。

(三) 運轉中管理及查核作業

安裝完成後，維運商必須定期實施感測器維運及管理，執行現場維護與自主巡檢比對、查核數據品質、設備異常管理、快速查修與汰換更新。維運及使用單位應透過長期數據分析，研判異常事件、感測器衰減特徵，實施感測器清潔、數據校正及異常排除，以確保感測器數據品質。為強化安裝完成後感測器的品保品管，環保署（或環保局）可透過定期或不定期查核機制，藉由自主查核流程及異常查檢，檢視感測器數據品質是否能應用於污染熱區鑑定。本章節將了解運轉中感測數據偏差原因、巡檢維運與自主查核流程。

(四) 感測數據發布及展示

感測數據產出過程雖經過嚴格的品保品管，然其代表意義仍與傳統監測方法不同，僅能掌握大趨勢，精確的水質數據仍須以標準檢測方法取得，若須對外發布及展示應加註說明標示，並確保具備一定數據品質。目前感測數據是透過環保署數據中心（IoT 平臺）蒐集水質感測數據，經過基本的數據檢校後，再由水科技物聯網應用平臺（WIoT 平臺）介接數據展示，提供特定使用者進一步分析應用。

(五) 感測數據分析及應用

感測數據透過收集、整理、清理，針對感測項目回傳之異常數值須加以判斷其數據是否可信。透過預警模式、污染溯源及熱區鑑定，分析感測數據的時空特徵，評估污染事件的發生區域、發生時間週期、影響範圍，據以輔助環境執法應用、異常環境事件、低溶氧熱區鑑定及其他應用，作為擬定實施環境治理措施的參考依據。本章節亦提供數據異常案例給使用者作參考。

三、 預期效益

本指引預計提供給參與水質感測物聯網工作及相關使用者參考運用，大方向引導如何正確使用感測數據與靈活運用水質物聯網平臺，以及避免人為疏漏造成人身安全問題及影響資料品質，亦可便於人員達到快速安裝及品質一致性，減少人力訓練的成本。並以本署所開發之感測器為例，提供具體操作、安裝、維運與運用參考。另依據感測數據的應用目的，針對污染源鑑別、低溶氧熱區及教育使用等用途，提供感測器選址、水質感測安裝布建、維運保養、數據品管等作業規則，在確保感測數據品質的同時，進而協助發展智慧化環境治理及推廣環境教育認知。

四、 執行現況

本指引依據 106-110 年水聯網應用累積經驗作整理，研擬水質感測物聯網安裝及數據應用指引之大綱，將內容區分為固定式、移動式與手

持式感測器，再依各感測器使用需求作細部解說，並將環保署之高污染潛勢熱區水質感測器布建應用計畫（以下簡稱布建應用計畫）之「移動式水質感測器布建及應用作業指引」納入參考與彙整，提出針對移動式感測器為主的具體作法供各單位使用者參考運用。另外手持式感測器之 APP 已依據使用者意見回饋作修正，因此也將手持式感測器操作與校正說明納入指引中，並已於 7 月 31 日寄出報告初稿，於 10 月 31 日寄出完稿，未來擬依據使用者意見與回饋持續作修訂與調整。(詳細內容如附件七)

3.3 維持固定式與移動式水質感測器良好數據品質服務

水質物聯網計畫自 107 年起提供整合研發感測元件、設備、巡檢維護及數據平臺分析之整體解決方案。110 年布建於我國新北市 2 臺、桃園市 16 臺、新竹市 8 臺、彰化縣 1 臺及嘉義縣 3 臺之重點潛勢污染區、工業區、民眾陳情區及淨水廠比對應用共 30 臺固定式水質感測器，如圖 3-2 所示。此外 15 臺移動式水質感測器布建位置及應用目的如圖 3-3，應用型態有五種分別為污染熱區排放點位 7 點、特定工廠放流口 3 點、CWMS 比對 2 點、感測器 1.0 版數據平行比對 2 點、低溶氧易死魚河川 1 點，透過多元的應用型態與布建情境，強化新版移動式水質感測器執行經驗。本年度（111 年）計畫重新檢討固定式及移動式感測器布建數量與布建地區，以增加感測器應用效益。

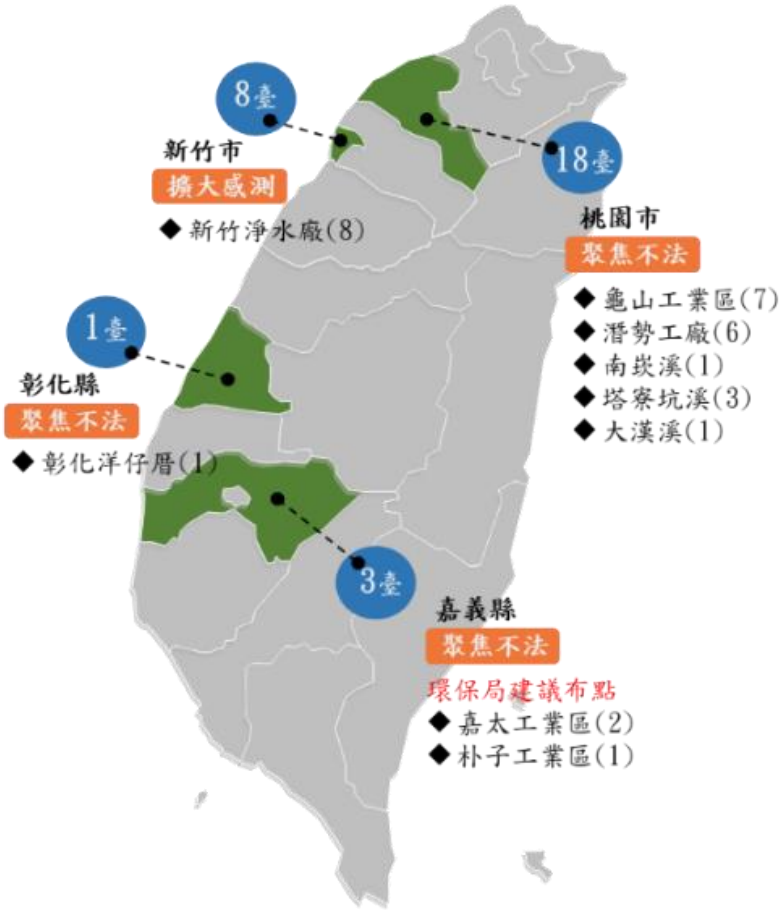


圖 3-2 110 年 30 臺固定式水質感測器布建地區



圖 3-3 110 年 15 臺移動式水質感測器布建點位

一、 現況分析

分析 110 年布建之 30 臺固定式感測器與 15 臺移動式感測器運作結果，約有 45%布建之感測器具有效益，因此，保留 20 臺固定式感測器持續運作及感測水質數據。此外，為提升固定式感測器布建效益及應用多元性，提供即時有效數據之感測趨勢分析結果，協助環保機關打擊事業廢水偷排造成水質異常事件、商用感測器比對驗證及河川流域水質模式建置等應用，將定期檢討布點效益，持續尋找新應用需求場域，滾動式調整安裝位置，制訂水質感測器維運規劃確立感測器數據品質 QA/QC。

二、 執行方法

本計畫規劃 4 個月檢討一次水質感測器之布建狀況。第一期（1 月至 4 月），沿用 110 年較高布建效益之 20 臺固定式水質感測器穩定運作完成感測數據，並預計於 5 月底產出 10 臺擴充版固定式感測器及 10 臺精進版移動式感測器，並於 6 月完成感測器之布建。第二期（5 月至 8 月）持續觀察並滾動式檢討各感測器運作情形，第三期（9 月至 11 月）整理並記錄追蹤具效益之異常事件案例，並依據感測器實際布設之有效監測時間確保有效數據完整率及數據品質滿意度均可 85%以上。

(一) 111 年水質感測器裝設情境與選址規劃

1. 判斷準則

依據過往感測器布建位置與數據分析結果，本團隊提出三大指標協助檢視接下來感測器是否需要移機與調整，作為具效益點位判斷準則。依據過去執行感測器分析經驗，針對以下指標如有符合其中一項則優先列入具符合效益點位，建議持續布建感測：

(1) 範圍異常：數據曾超過限值情形，限值可定義為法規標準。

(2) 趨勢異常：數據明顯連續上升或下降趨勢，判斷排水情形。

(3) 曾經預警：過去被列入預警事件。

2. 應用情境評估

本團隊於今年度保留過往較高效益之測站持續布點持續維運，配合今年度固定式及移動式水質感測器元件項目之擴增，建議施行場域可用在潛勢工廠及其鄰近之農田渠道、污水下水道、雨排及區排、科學園區、淨水廠，同時配合環保署與地方環保局經驗彈性移機選點。

(1) 潛勢工廠

本團隊規劃以新北市、桃園市、新竹市、嘉義縣之工業區潛勢工廠及零星工廠污水排放點作為水質感測物聯網示範場域，架設多數固定式水質感測器，並整合規劃布建排放出水口源頭與外部截點。

(2) 自來水淨水廠

本團隊規劃以新竹自來水廠執行場域測試，以酸鹼度、導電度、溫度、濁度及餘氯作為主要感測項目，數據分析預警應參考飲用水標準設定上下限：濁度以 2 NTU 為限，餘氯範圍在 0.2-1.0 mg/L，pH 介於 6.0-8.5，可作為自來水廠民生給水之水情監控與處理操作單元效能評估預警工具，並有效結合智慧程控，達到預警之時亦可即時實施應變措施。

(3) 污水處理廠（科管局或工業區）

水質感測器可應用於以污水處理相關之感測，如 CWMS 機臺、污水處理廠或民生污水處理廠之污水進流、各處理單元之水質感測及出流等即時監控。其一之情境應用效益係以水質連續感測之預警方式提供廠內處理單元加藥控制、攪拌控制、污泥迴流、曝氣控制等應變機制，以利污水廠得以更清楚掌握之各操作單元之裝況，其二之應用效益主要是回饋於環保機關，以水質感測器連續感測放流水標準作為設定，搭配流量計可估

算污染通量，可作為水污費徵收費率調整參考依據。

(4) 其他多元應用場域情境

A. 智慧水塔

感測項目除了即時瞭解水塔水位高度外，亦可掌握水體中懸浮固體物、餘氯、酸鹼度、導電度等。深入民眾生活端，智慧水塔應用情境提供之效益包含以下 3 點：

(A) 連續感測水塔水質之總懸浮固體物可提醒民眾是否需安排水塔清洗作業。

(B) 連續感測水塔水位提供民眾即時瞭解水塔蓄水量是否足夠。

(C) 感測水塔水質之餘氯、酸鹼度、導電度可提供民眾掌握自家飲用水體安全。

B. 灌溉渠道與農田感測

架設於埤塘、取水口、排水道及灌溉渠道等，以智慧水網掌握農業用水安全，透過即時感測水中酸鹼度、溫度、導電度、重金屬等項目，配合數據應用平臺分析模式，掌握背景水質濃度，可共享水質數據以作為預警及用水之決策依據，為農耕灌溉水質感測提供完整解決方案。

C. 簡水系統

簡水系統（Qwater）多位處於偏遠地區，以淨水處理單元為主，裝設於簡水系統有助於預警高濁度水源大量進入系統超出負荷，其可即時調控混凝劑加藥量，用以對策緊急突發狀況。感測出水之餘氯濃度，可自動化控制氯錠加藥機制，以確保出水消毒程序之餘氯濃度達供水標準。

D. 污水下水道

掌握下水道水體之酸鹼度、溫度、導電度、重金屬、化學需氧量及餘氯等項目，配合數據應用平臺分析模式，建立背景水質濃度，與縣市環保稽查大隊共享水質數據以作為水質異常之即時通報，張羅大小型偷排事件，嚇阻城市水污染事件發生，提升各水域環境之品質。

E. 養殖漁業

連續感測之測項包含：水溫、濁度、總懸浮固體物、溶氧量、酸鹼度、導電度、餘氯等，可作為養殖漁業預警程序，掌握緊急突發事件，自動化應變措施，保護養殖漁業之產能，發揮最高之經濟效益。

F. 游泳池

(A) 連續感測游泳池之酸鹼度、水溫及餘氯，可即時提供游客當下水池之水質狀況，讓客戶能安心使用泳池。

(B) 自動化控制加藥量，以確保出水之酸鹼度與餘氯濃度達泳池之標準。

(C) 感測游泳池之水溫，以自動化控制渦輪加熱，掌握合適之泳池水溫。

(二) 實場固定式與移動式水質感測器品保及品管作業

本工作項目將針對今年布建之 30 臺固定式及 10 臺移動式水質感測器持續進行巡檢、校正與維護，以確保水質感測器在維運期間可以正常運行，並能即時產出與傳輸有效的水質感測數據，其中水質感測器應每4個月產出之水質感測數據，其有效數據完整率應超過85%，且數據品質滿意度亦應超過 85%。有效數據完整率及數據品質滿意度說明如下：

1. 有效數據完整率：各感測器至少在規定之感測時間內（固定式為 20 分鐘，移動式為 5 分鐘）以內產出各污染物濃度或環境參數之有效平均感測數據，將即時數據發布至環保署指定之 IoT 平臺。感測數據之有效數據完整率應於每期（第 1 期：1 至 4 月，第 2 期：5 至 8 月，第 3 期：9 至 11 月）以即時展示之有效測值筆數比率，計算方式如下述公式計算（小數點以下無條件進位），計算結果並超過 85%之標準。

$$\text{有效數據完整率(\%)}=\frac{\text{規定時間內發布展示之筆數}}{\text{理論總筆數-不可抗力之筆數}}\times 100\%$$

2. 數據品質滿意度：各感測器數據品質查核應在每期（第 1 期：1 至 4 月，第 2 期：5 至 8 月，第 3 期：9 至 11 月），由合格檢測機構於運轉維護期間內現場採樣檢測相同代表性水樣，溫度、酸鹼值、導電度、化學需氧量、銅離子、濁度及餘氯，並與同時段發布至水質感測物聯網資訊管理平臺上之感測數據比對查核。其感測數據之數據品質滿意度，以下述公式計算並超過 85%（小數點以下無條件進位）。

$$\text{數據品質滿意度(\%)}=\frac{\text{符合數據品質目標之總項次數}}{\text{比對查核總項次數}}\times 100\%$$

3. 數據品質目標：酸鹼度誤差 ± 1.0 pH 以內；溫度誤差 ± 1.0℃以內；導電度誤差 ± 15%以內；溶氧誤差 ± 1.0 mg/L；餘氯誤差 ± 0.3 mg/L 以內或讀值之 ± 30%；銅離子< 0.1 mg/L 不需查核，濃度> 0.1 mg/L 誤差需 ± 50%以內；總化學需氧量< 30 mg/L 不需查核，濃度 30-300 mg/L 誤差 ± 20 mg/L 以內或讀值 ± 40%；懸浮固體物 <10 mg/L 不需查核，濃度 10-100 mg/L ± 20 mg/L 以內或讀值 ± 40%；濁度介於 0.1-1,000 NTU 誤差 ± 10 NTU 以內或讀值 ± 20%。

三、 執行結果

(一) 有效數據完整率

1. 固定式水質感測器

(1) 第一期（1/1~4/30）

本計畫於得標後以 110 年布建較高布建效益之 20 臺固定式水質感測器持續於現場運作感測，包含新北市（2 臺）、桃園市（13 臺）、新竹市（4 臺）、嘉義縣（1 臺），如圖 3-4 所示。此外，今年擴充精進之 10 臺感測器於布建前為確認機器感測品質，故進行水質品保品管作業；同時與環保署及地方環保局討論移機或新布建點位，確保數據有效完整率與數據品質。30 臺固定式水質感測器第一期 111 年 1 月至 4 月有效數據完整率可達 96.4%（表 3-2）。

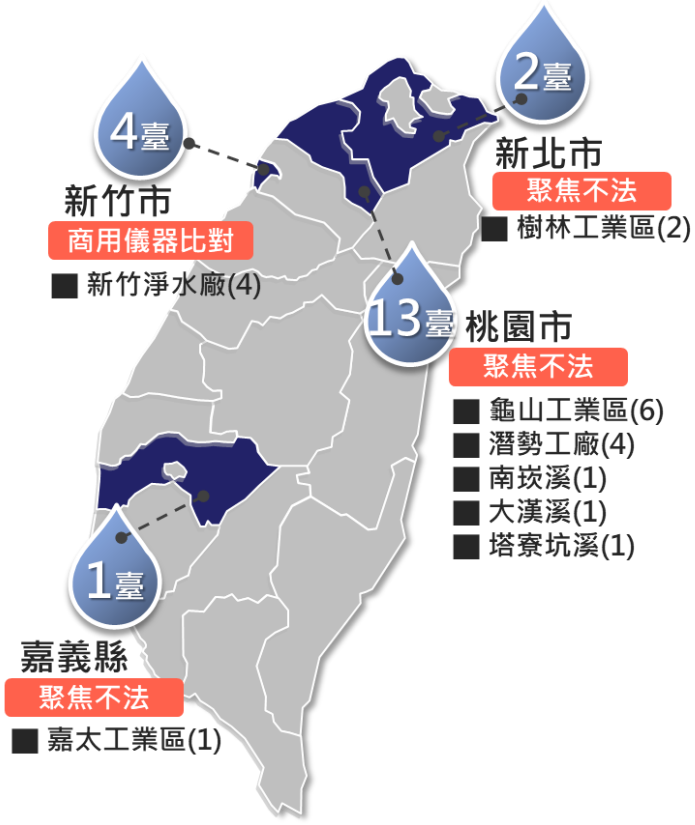


圖 3-4 111 年固定式水質感測器點位布建現況(1 月~4 月)

表 3-2 1/1~4/30 固定式感測器數據完整率（96.4%）

日期	完整率（%）	日期	完整率（%）	日期	完整率（%）	日期	完整率（%）
1/1	97	2/1	91	3/1	100	4/1	100
1/2	97	2/2	100	3/2	100	4/2	100
1/3	95	2/3	96	3/3	100	4/3	100
1/4	100	2/4	80	3/4	100	4/4	100
1/5	95	2/5	61	3/5	100	4/5	100
1/6	95	2/6	74	3/6	100	4/6	100
1/7	100	2/7	77	3/7	100	4/7	100
1/8	100	2/8	80	3/8	100	4/8	100
1/9	100	2/9	64	3/9	100	4/9	100
1/10	100	2/10	58	3/10	100	4/10	100
1/11	100	2/11	84	3/11	100	4/11	100
1/12	100	2/12	100	3/12	100	4/12	100
1/13	95	2/13	100	3/13	100	4/13	100
1/14	97	2/14	94	3/14	100	4/14	99
1/15	100	2/15	89	3/15	100	4/15	100
1/16	100	2/16	89	3/16	98	4/16	100
1/17	100	2/17	94	3/17	98	4/17	100
1/18	100	2/18	100	3/18	100	4/18	100
1/19	100	2/19	97	3/19	100	4/19	95
1/20	100	2/20	95	3/20	100	4/20	91
1/21	100	2/21	86	3/21	100	4/21	96
1/22	96	2/22	95	3/22	100	4/22	98
1/23	93	2/23	99	3/23	100	4/23	96
1/24	90	2/24	96	3/24	100	4/24	96
1/25	96	2/25	97	3/25	100	4/25	96
1/26	100	2/26	100	3/26	100	4/26	96
1/27	100	2/27	100	3/27	100	4/27	94
1/28	100	2/28	96	3/28	100	4/28	84
1/29	100			3/29	100	4/29	95
1/30	100			3/30	100	4/30	95
1/31	100			3/31	100		

(2) 第二期（5/1~8/31）

固定式感測器保留 110 年較高效益之 20 個測站於現場持續感測外，計畫團隊亦於 6 月完成 10 臺擴充版固定式感測器，同時與環保署及相關地方環保局討論移機或新布建點位以提高感測器之應用效益，並陸續完成感測器現場安裝工作，再透過定期維運、校正工作維持機器穩定與產出感測數值。第二期(5 月~8 月)共 30 臺固定式感測器布建應用地區包含：新北市（2 臺）、桃園市（16 臺）、新竹縣（2 臺）、新竹市（8 臺）與嘉義縣（2 臺）如圖 3-5 所示，其 30 臺固定式水質感測器第二期 111 年 5 月 1 日至 8 月 31 日有效數據完整率可達 97.8%（表 3-3）。

(3) 第三期（9/1~12/14）

固定式感測器 30 臺於今年中完成現場裝設，其布建應用地區包含：新北市（2 臺）、桃園市（16 臺）、新竹縣（2 臺）、新竹市（8 臺）與嘉義縣（2 臺）。第三期仍維持於原地點運作感測水質數據，再透過定期維運、校正工作維持機器穩定與產出感測數值，30 臺固定式水質感測器第三期 111 年 9 月 1 日至 12 月 14 日有效數據完整率可達 98.1%（表 3-4）。

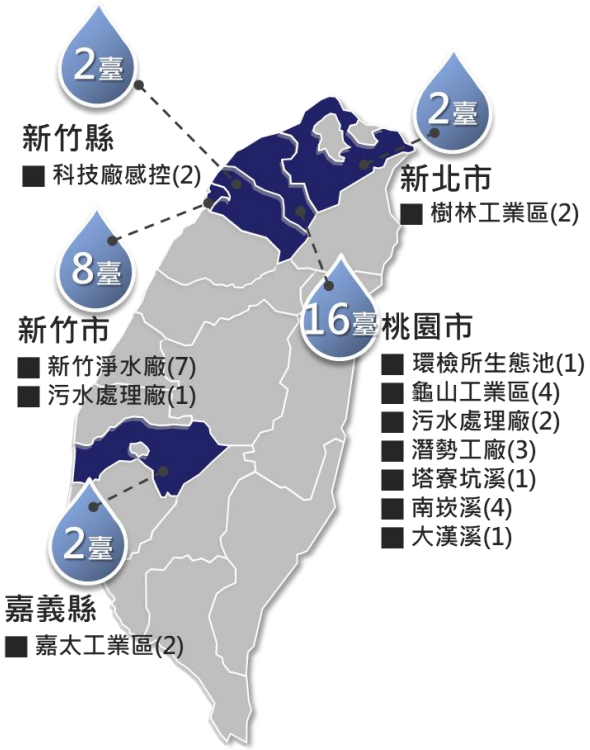


圖 3-5 111 年固定式水質感測器點位布建狀況(5 月~12 月)

表 3-3 5/1~8/31 固定式感測器數據完整率（97.8%）

日期	完整率（%）	日期	完整率（%）	日期	完整率（%）	日期	完整率（%）
5/1	100	6/1	100	7/1	100	8/1	100
5/2	100	6/2	100	7/2	100	8/2	100
5/3	100	6/3	100	7/3	100	8/3	95.8
5/4	100	6/4	100	7/4	100	8/4	96.2
5/5	100	6/5	100	7/5	100	8/5	100
5/6	100	6/6	100	7/6	100	8/6	99.2
5/7	100	6/7	100	7/7	100	8/7	95
5/8	100	6/8	100	7/8	100	8/8	100
5/9	100	6/9	100	7/9	100	8/9	100
5/10	100	6/10	100	7/10	100	8/10	100
5/11	100	6/11	100	7/11	100	8/11	100
5/12	100	6/12	100	7/12	100	8/12	100
5/13	100	6/13	100	7/13	100	8/13	100
5/14	100	6/14	100	7/14	100	8/14	100
5/15	100	6/15	100	7/15	100	8/15	98
5/16	100	6/16	100	7/16	100	8/16	98
5/17	100	6/17	100	7/17	100	8/17	98
5/18	100	6/18	100	7/18	100	5/18	98
5/19	100	6/19	100	7/19	100	8/19	98
5/20	100	6/20	100	7/20	100	8/20	98
5/21	100	6/21	96	7/21	100	8/21	98
5/22	100	6/22	94	7/22	100	8/22	98
5/23	100	6/23	100	7/23	100	8/23	98
5/24	100	6/24	100	7/24	100	8/24	98
5/25	100	6/25	100	7/25	100	8/25	98
5/26	100	6/26	100	7/26	100	8/26	97
5/27	100	6/27	100	7/27	96	8/27	97
5/28	100	6/28	100	7/28	92	8/28	97
5/29	100	6/29	100	7/29	90	8/29	97
5/30	100	6/30	100	7/30	96	8/30	97
5/31	100			7/31	100	8/31	97

表 3-4 9/1~12/14 固定式感測器數據完整率（98.1%）

日期	完整率（%）	日期	完整率（%）	日期	完整率（%）	日期	完整率（%）
9/1	98	10/1	98	11/1	97	12/1	97
9/2	98	10/2	98	11/2	98	12/2	98
9/3	98	10/3	98	11/3	96	12/3	99
9/4	98	10/4	98	11/4	97	12/4	100
9/5	98	10/5	98	11/5	98	12/5	100
9/6	98	10/6	98	11/6	98	12/6	100
9/7	97	10/7	97	11/7	97	12/7	100
9/8	97	10/8	97	11/8	98	12/8	100
9/9	98	10/9	98	11/9	98	12/9	100
9/10	97	10/10	98	11/10	98	12/10	100
9/11	98	10/11	98	11/11	98	12/11	100
9/12	97	10/12	98	11/12	98	12/12	100
9/13	97	10/13	98	11/19	98	12/13	100
9/14	97	10/14	98	11/14	98	12/14	100
9/15	97	10/15	97	11/15	99		
9/16	98	10/16	98	11/16	99		
9/17	97	10/17	98	11/17	99		
9/18	98	10/18	98	11/18	99		
9/19	97	10/19	98	11/19	99		
9/20	96	10/20	98	11/20	99		
9/21	96	10/21	98	11/21	99		
9/22	97	10/22	98	11/22	99		
9/23	98	10/23	98	11/23	99		
9/24	98	10/24	98	11/24	99		
9/25	98	10/25	98	11/25	99		
9/26	98	10/26	98	11/26	99		
9/27	98	10/27	97	11/27	99		
9/28	98	10/28	97	11/28	99		
9/29	98	10/29	97	11/29	100		
9/30	98	10/30	97	11/30	100		
		10/31	98				

2. 移動式水質感測器

(1) 第一期（1/1~4/30）

為了提升移動式水質感測器之應用多元性、感測數值穩定性，於計畫得標後進行移動式感測器之感測項擴充（如溶氧、鹽度及氧化還原電位等）、既有感測項之電極精進及防水防撞保護措施。除此之外，移動式感測器之應用布建選址規畫需與環保署、相關地方環保局或合作公司工廠進行布建可行性及相關必要之討論，因此於本年度第一期（1 月至 4 月）未將移動式感測器布建於現場進行數據感測，而無數據完整率，待下一期感測器布建後，依據實際布設之有效監測時間確保有效數據完整率及數據品質滿意度。

(2) 第二期（5/1~8/31）

移動式感測器於本年度第一期進行既有感測項優化及擴充感測器，以提升移動式水質感測器之應用多元性與感測數據穩定性。移動式感測器於 5 月完成優化與擴充，6 月實際將感測器於現場水域進行布建，10 臺移動式感測器布建地區與場域包含：桃園市（2 臺）、新竹縣（2 臺）、彰化縣（2 臺）與高雄市（3 臺），如圖 3-6 所示，為了靈活調度與支援突發狀況，因此保留 1 臺移動式感測器作為備用機之使用，其 10 臺移動式水質感測器第二期 111 年 6 月 1 日至 8 月 31 日有效數據完整率可達 90.9%（表 3-5）。

(3) 第三期（9/1~12/14）

移動式感測器於今年中將感測器於現場水域完成布建，10 臺移動式感測器布建地區與場域維持：桃園市（2 臺）、新竹縣（2 臺）、彰化縣（2 臺）與高雄市（3 臺），為了靈活調度與支援突發狀況，因此保留 1 臺移動式感測器作為備用機之使用，

其 10 臺移動式水質感測器第三期 111 年 9 月 1 日至 12 月 14 日有效數據完整率可達 91.3%（表 3-6）。

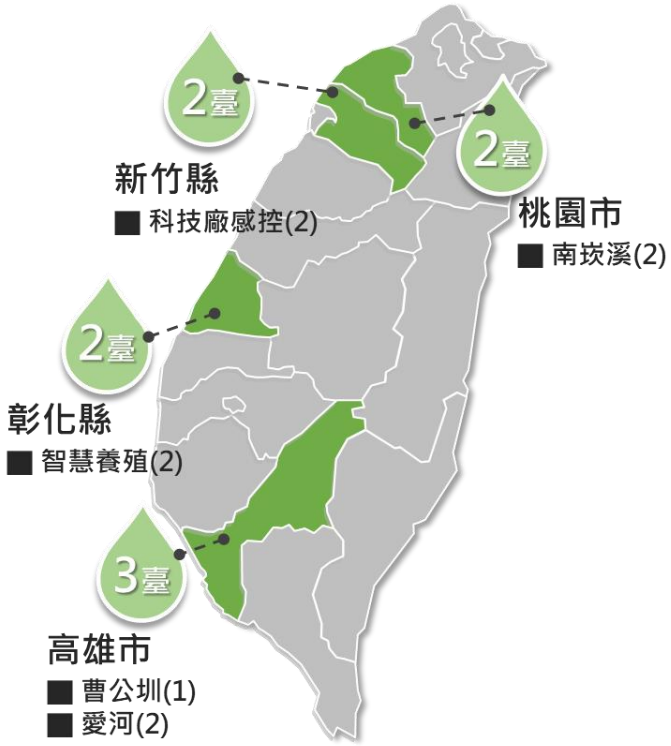


圖 3-6 111 年移動式水質感測器點位布建狀況(5 月~12 月)

表 3-5 6/1~8/30 移動式感測器數據完整率（90.9%）

日期	完整率（%）	日期	完整率（%）	日期	完整率（%）
6/1	55	7/1	89	8/1	100
6/2	57	7/2	90	8/2	100
6/3	61	7/3	90	8/3	100
6/4	67	7/4	90	8/4	100
6/5	70	7/5	90	8/5	100
6/6	90	7/6	90	8/6	100
6/7	82	7/7	90	8/7	100
6/8	87	7/8	90	8/8	100
6/9	85	7/9	90	8/9	100
6/10	85	7/10	90	8/10	100
6/11	85	7/11	90	8/11	85
6/12	92	7/12	90	8/12	85
6/13	96	7/13	89	8/13	85
6/14	97	7/14	89	8/14	92
6/15	96	7/15	89	8/15	96
6/16	97	7/16	89	8/16	97
6/17	95	7/17	89	8/17	96
6/18	81	7/18	89	5/18	97
6/19	83	7/19	89	8/19	95
6/20	87	7/20	89	8/20	81
6/21	96	7/21	89	8/21	83
6/22	90	7/22	90	8/22	87
6/23	98	7/23	90	8/23	96
6/24	87	7/24	90	8/24	99
6/25	86	7/25	90	8/25	98
6/26	82	7/26	90	8/26	87
6/27	81	7/27	90	8/27	86
6/28	91	7/28	90	8/28	82
6/29	99	7/29	89	8/29	81
6/30	99	7/30	89	8/30	100
		7/31	100	8/31	85

表 3-6 9/1~12/14 移動式感測器數據完整率（91.3%）

日期	完整率（%）	日期	完整率（%）	日期	完整率（%）	日期	完整率（%）
9/1	100	10/1	85	11/1	90	12/1	85
9/2	100	10/2	92	11/2	90	12/2	92
9/3	100	10/3	96	11/3	89	12/3	96
9/4	100	10/4	97	11/4	89	12/4	97
9/5	100	10/5	96	11/5	89	12/5	96
9/6	100	10/6	97	11/6	89	12/6	97
9/7	100	10/7	95	11/7	89	12/7	95
9/8	100	10/8	81	11/8	89	12/8	81
9/9	85	10/9	83	11/9	89	12/9	83
9/10	85	10/10	98	11/10	89	12/10	98
9/11	85	10/11	87	11/11	89	12/11	87
9/12	92	10/12	86	11/12	88	12/12	86
9/13	96	10/13	82	11/19	88	12/13	82
9/14	97	10/14	81	11/14	88	12/14	81
9/15	96	10/15	91	11/15	88		
9/16	97	10/16	99	11/16	88		
9/17	95	10/17	100	11/17	87		
9/18	81	10/18	100	11/18	87		
9/19	83	10/19	100	11/19	87		
9/20	98	10/20	100	11/20	87		
9/21	87	10/21	100	11/21	87		
9/22	86	10/22	100	11/22	87		
9/23	82	10/23	100	11/23	87		
9/24	81	10/24	100	11/24	86		
9/25	91	10/25	100	11/25	86		
9/26	99	10/26	83	11/26	86		
9/27	99	10/27	98	11/27	86		
9/28	100	10/28	87	11/28	86		
9/29	100	10/29	86	11/29	85		
9/30	100	10/30	82	11/30	85		
		10/31	100				

(二) 數據品質滿意度：

1. 固定式水質感測器

(1) 第一期（1 月至 4 月）現場比對結果：符合

A. 完成日期：111/04/28

B. 固定式水質感測器機種

(A) 布建現場持續感測：4 臺（酸鹼度、導電度、溫度）、10 臺（酸鹼度、導電度、溫度、化學需氧量）、2 臺（酸鹼度、導電度、溫度、銅離子）、2 臺（酸鹼度、導電度、溫度、濁度）、2 臺（酸鹼度、導電度、溫度、餘氯），共 20 臺。

(B) 擴充精進版實驗室測試：6 臺（酸鹼度、導電度、溫度、化學需氧量、懸浮固體物、銅離子）、3 臺（酸鹼度、導電度、溫度、濁度）、1 臺（酸鹼度、導電度、溫度、餘氯），共 10 臺。

C. 第一期現場比對查核數據結果：如表 3-7 至表 3-9 所示，理論數據應有 128 筆，可比對數據共 128 筆，數據品質滿意度 94.5%；其中溫度理論數據應有 30 筆，可比對數據共 30 筆，差值在 ± 1.0 °C 內有 29 筆，數據品質滿意度 96.7%；酸鹼度理論數據應有 30 筆，可比對數據共 30 筆，差值在 ± 1.0 內有 28 筆，數據品質滿意度 93.3%；導電度理論數據應有 30 筆，可比對數據共 30 筆，相對差值在 ± 15%內有 28 筆，數據品質滿意度 93.3%；化學需氧量理論數據應有 16 筆，可比對數據共 16 筆，相對差值在 ± 30%內有 14 筆，數據品質滿意度 87.5%；銅離子濃度理論數據應有 8 筆，可比對數據共 8 筆，相對差值在 ± 50%內有 8 筆，數據品質滿意度 100.0%，濁度理論數據應有 5 筆，可比對數據共 5 筆，

相對差值在 ± 20%或差值 ± 10 NTU 內有 5 筆，數據品質滿意度 100.0%，餘氯理論數據應有 3 筆，可比對數據共 3 筆，相對差值在 ±30%內有 3 筆，數據品質滿意度 100.0%；懸浮固體物理論數據應有 6 筆，可比對數據共 6 筆，相對差值在 ±40%內有 6 筆，數據品質滿意度 100.0%。整體而言，水質感測設備在經過巡檢校正後，進行現場水樣之比對測試，符合資料品質滿意度 85%之要求。

(2) 第二期（5 月至 8 月）現場比對結果：符合

A. 完成日期：111/08/08

B. 固定式水質感測器機種

(A) 布建現場持續感測：4 臺（酸鹼度、導電度、溫度）、10 臺（酸鹼度、導電度、溫度、化學需氧量）、2 臺（酸鹼度、導電度、溫度、銅離子）、2 臺（酸鹼度、導電度、溫度、濁度）、2 臺（酸鹼度、導電度、溫度、餘氯），共 20 臺。

(B) 擴充精進版現場感測：6 臺（酸鹼度、導電度、溫度、化學需氧量、懸浮固體物、銅離子）、3 臺（酸鹼度、導電度、溫度、濁度）、1 臺（酸鹼度、導電度、溫度、銅離子），共 10 臺。

C. 第二期現場比對查核數據結果：如表 3-10 至表 3-12 所示，理論數據應有 128 筆，可比對數據共 128 筆，數據品質滿意度 90.6%；其中溫度理論數據應有 30 筆，可比對數據共 30 筆，差值在 ± 1.0 ℃ 內有 28 筆，數據品質滿意度 93.3%；酸鹼度理論數據應有 30 筆，可比對數據共 30 筆，差值在 ± 1.0 內有 27 筆，數據品質滿意度 90.0%；導電度理論數據應有 30 筆，可比對數據共 30 筆，相對差值在 ± 15%內有 27

筆，數據品質滿意度 90.0%；化學需氧量理論數據應有 16 筆，可比對數據共 16 筆，相對差值在 ± 40%內有 14 筆，數據品質滿意度 87.5%；銅離子濃度理論數據應有 9 筆，可比對數據共 9 筆，相對差值在 ± 50%內有 8 筆，數據品質滿意度 88.9%，濁度理論數據應有 5 筆，可比對數據共 5 筆，相對差值在 ± 20%或差值 ± 10 NTU 內有 5 筆，數據品質滿意度 100.0%，餘氯理論數據應有 2 筆，可比對數據共 2 筆，相對差值在 ±30%內有 2 筆，數據品質滿意度 100.0%；懸浮固體物理論數據應有 6 筆，可比對數據共 6 筆，相對差值在 ±40%內有 5 筆，數據品質滿意度 83.3%。整體而言，水質感測設備在經過巡檢校正後，進行現場水樣之比對測試，符合資料品質滿意度 85%之要求。

(3) 第三期（9 月至 11 月）現場比對結果：符合

A. 完成日期：111/11/01

B. 固定式水質感測器機種

(A) 布建現場持續感測：4 臺（酸鹼度、導電度、溫度）、10 臺（酸鹼度、導電度、溫度、化學需氧量）、2 臺（酸鹼度、導電度、溫度、銅離子）、2 臺（酸鹼度、導電度、溫度、濁度）、2 臺（酸鹼度、導電度、溫度、餘氯），共 20 臺。

(B) 擴充精進版現場感測：6 臺（酸鹼度、導電度、溫度、化學需氧量、懸浮固體物、銅離子）、3 臺（酸鹼度、導電度、溫度、濁度）、1 臺（酸鹼度、導電度、溫度、銅離子），共 10 臺。

C. 第三期現場比對查核數據結果：如表 3-13 至表 3-15 所示，理論數據應有 128 筆，可比對數據共 118 筆，數據品質滿意

度 89.8%；其中溫度理論數據應有 30 筆，可比對數據共 29 筆，差值在 ± 1.0 ℃ 內有 27 筆，數據品質滿意度 93.1%；酸鹼度理論數據應有 30 筆，可比對數據共 29 筆，差值在 ± 1.0 內有 28 筆，數據品質滿意度 96.6%；導電度理論數據應有 30 筆，可比對數據共 29 筆，相對差值在 ± 15%內有 27 筆，數據品質滿意度 93.1%；化學需氧量理論數據應有 16 筆，可比對數據共 15 筆，絕對誤差小於± 20 mg/L 或相對差值在 ± 40%內有 14 筆，數據品質滿意度 93.3%；銅離子濃度理論數據應有 9 筆，可比對數據共 6 筆，相對差值在 ± 50%內有 3 筆，數據品質滿意度 50.0%，濁度理論數據應有 5 筆，可比對數據共 4 筆，絕對誤差小於± 10 NTU 或相對差值在 ± 20%內有 3 筆，數據品質滿意度 75.0%，餘氯理論數據應有 2 筆，可比對數據共 2 筆，相對差值在 ± 30%內有 2 筆，數據品質滿意度 100.0%；懸浮固體物理論數據應有 6 筆，可比對數據共 4 筆，相對差值在 ± 40%內有 2 筆，數據品質滿意度 50.0%。整體而言，水質感測設備在經過巡檢校正後，進行現場水樣之比對測試，符合資料品質滿意度 85%之要求。

D. 第三期水質品保品管查核期間，裝設於新竹自來水廠第二淨水廠內的新竹第二淨水廠 T_4 測站，因廠內不定期實施維護作業，作業時需將配水管線停水，因此，檢驗室之取水口無水樣流出，故新竹第二淨水廠 T_4 於第三期進行品保品管比對作業。

2. 移動式水質感測器

(1) 第一期（1 月至 4 月）現場比對結果：未比對

為了提升移動式水質感測器之應用多元性、感測數值穩定性，進行移動式感測器之感測項擴充（如溶氧、鹽度及氧化還原電位等）、既有感測項之電極精進及防水防撞保護措施。除此之外，移動式感測器之應用布建選址規畫需與環保署、相關地方環保局或合作公司工廠進行布建可行性及相關必要之討論，因此於本年度第一期（1 月至 4 月）未將移動式感測器布建於現場進行數據感測，而未做數據品質品保品管作業，待下一期感測器布建後，依據實際布設之有效監測時間確保有效數據完整率及數據品質滿意度。

(2) 第二期（5 月至 8 月）現場比對結果：符合

A. 完成日期：111/08/12

B. 移動式水質感測器機種：10 臺（酸鹼度、導電度、溫度、溶氧）

C. 第二期現場比對查核數據結果：如表 3-16 與表 3-17 所示，理論數據應有 40 筆，可比對數據共 40 筆，數據品質滿意度 92.5%；其中溫度理論數據應有 10 筆，可比對數據共 10 筆，差值在 ±1.0 °C 內有 9 筆，數據品質滿意度 90.0%；酸鹼度理論數據應有 10 筆，可比對數據共 10 筆，差值在 ±1.0 內有 9 筆，數據品質滿意度 90.0%；導電度理論數據應有 10 筆，可比對數據共 10 筆，相對差值在 ± 15%內有 10 筆，數據品質滿意度 100.0%；溶氧理論數據應有 10 筆，可比對數據共 10 筆，相對差值在 ±1.0 mg/L 內有 9 筆，數據品質滿意度 90.0%。整體而言，水質感測設備在經過巡檢校正後，進行現場水樣之比對測試，符合資料品質滿意度 85%之要求。

(3) 第三期（9 月至 11 月）現場比對結果：符合

A. 完成日期：111/10/19

B. 移動式水質感測器機種：10 臺（酸鹼度、導電度、溫度、溶氧）

C. 第三期現場比對查核數據結果：如表 3-18 與表 3-19 所示，理論數據應有 40 筆，可比對數據共 40 筆，數據品質滿意度 92.5%；其中溫度理論數據應有 10 筆，可比對數據共 10 筆，差值在 ± 1.0 ℃ 內有 10 筆，數據品質滿意度 100%；酸鹼度理論數據應有 10 筆，可比對數據共 10 筆，差值在 ± 1.0 內有 10 筆，數據品質滿意度 100%；導電度理論數據應有 10 筆，可比對數據共 10 筆，相對差值在 ± 15%內有 8 筆，數據品質滿意度 80.0%；溶氧理論數據應有 10 筆，可比對數據共 10 筆，相對差值在 ± 1.0 mg/L 內有 9 筆，數據品質滿意度 90.0%。整體而言，水質感測設備在經過巡檢校正後，進行現場水樣之比對測試，符合資料品質滿意度 85%之要求。

表 3-7 第一期固定式感測器比對查核數據結果彙整表（1/3）

測站名稱	檢驗測定機構檢測值								水質感測設備量測值							
	水溫(℃)	pH值	導電度(μmho/cm)	化學需氧量(mg/L)	銅濃度(mg/L)	濁度(NTU)	餘氯(mg/L)	懸浮固體物(mg/L)	水溫(℃)	pH值	導電度(μmho/cm)	化學需氧量(mg/L)	銅濃度(mg/L)	濁度(NTU)	餘氯(mg/L)	懸浮固體物(mg/L)
塔寮坑溪S_1	24.2	7.3	1340	—	0.64	—	—	—	25.0	7.3	1309	—	0.88	—	—	—
塔寮坑溪S_2	30.5	6.9	937	—	0.86	—	—	—	31.2	6.9	63	—	0.96	—	—	—
南崁溪主流R_25	25.5	8.4	389	—	—	—	—	—	24.7	8.4	349	—	—	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_10	23.9	9.2	840	—	—	—	—	—	23.6	8.8	756	—	—	—	—	—
塔寮坑溪R_1	29.3	7.6	486	—	—	—	—	—	30.0	7.6	453	—	—	—	—	—
大漢溪主流R_1	28.5	7.5	605	—	—	—	—	—	29.2	7.2	655	—	—	—	—	—
龜山工業區I_S01	26.1	7.3	496	61	—	—	—	—	27.0	7.3	442	50.26	—	—	—	—
龜山工業區I_S02	24.9	7.0	1440	65	—	—	—	—	25.1	7.0	1272	75.17	—	—	—	—
龜山工業區I_S05	24.9	7.3	2119	345	—	—	—	—	25.8	8.0	2377	99.92	—	—	—	—
龜山工業區I_S06	28.8	7.1	692	112	—	—	—	—	29.2	7.6	595	103.85	—	—	—	—
龜山工業區I_S09	27.2	7.2	720	501	—	—	—	—	26.4	7.8	672	38.58	—	—	—	—
龜山工業區I_RD04	26.3	7.4	1226	102	—	—	—	—	27.0	7.2	1070	94.06	—	—	—	—
潛勢污染工廠S_4	26.5	6.9	412	183	—	—	—	—	26.8	5.5	371	188.84	—	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_11	24.7	7.0	731	44	—	—	—	—	21.8	8.1	804	32.9	—	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_13	29.0	7.4	1680	106	—	—	—	—	29.4	7.4	468	118.67	—	—	—	—
新竹一二淨水廠前處理T_1	27.8	7.9	288	—	—	0.24	—	—	27.8	7.7	264	—	—	0.27	—	—
新竹第二淨水廠T_1	24.8	7.9	300	—	—	0.18	—	—	25.5	8.0	263	—	—	0.11	—	—
淨水廠第二驗證站-餘氯T_2	28.3	7.9	288	—	—	—	0.73	—	29.1	7.5	272	—	—	—	0.659	—
淨水廠第三驗證站-餘氯T_3	21.3	7.9	326	—	—	—	0.78	—	20.8	7.6	307	—	—	—	0.803	—
嘉太工業區排水道I_1	31.9	7.6	2920	118	—	—	—	—	31.4	7.2	2991	149.62	—	—	—	—
新竹一二淨水廠取水口R_1	26.4	7.7	275	—	—	35.62	—	—	25.6	8.0	257	—	—	34.25	—	—
新竹一二淨水廠前處理T_3	25.0	6.4	281	—	—	1.84	—	—	25.3	7.1	315	—	—	1.84	—	—
新竹第二淨水廠T_4	23.2	7.4	110	—	—	0.52	—	—	23.2	7.9	99	—	—	0.56	—	—
淨水廠第一驗證站-餘氯T_1	23.3	8.3	217	—	—	—	0.41	—	23.8	7.9	211	—	—	—	0.43	—
multisensor_TP01	26.1	7.4	636	48	0.82	—	—	43.3	26.2	8.0	655	50.94	0.76	—	—	48.6
multisensor_TP02	25.3	6.8	705	36	0.84	—	—	48.4	26.2	7.5	671	38.2	0.86	—	—	58.3
multisensor_TP03	24.6	6.6	762	42	1.64	—	—	76.6	25.3	7.3	747	49.63	1.69	—	—	88.1
multisensor_TP04	25.6	6.8	529	36	1.20	—	—	108.7	26.3	6.9	519	32.99	1.33	—	—	92.9
multisensor_TP05	23.6	6.8	870	35	0.97	—	—	50.6	23.9	7.0	756	32.19	1.12	—	—	45.2
multisensor_TP06	25.8	7.2	595	46	1.92	—	—	52.1	25.4	7.1	595	48.82	2.04	—	—	51.1

表 3-8 第一期固定式感測器比對查核數據結果彙整表（2/3）

測站名稱	差值								相對差值							
	水溫(℃)	pH值	導電度(μmho/cm)	化學需氧量(mg/L)	銅濃度(mg/L)	濁度(NTU)	餘氯(mg/L)	懸浮固體物(mg/L)	水溫	pH值	導電度	化學需氧量	銅濃度	濁度	餘氯	懸浮固體物
塔寮坑溪S_1	0.8	0.0	-31	—	0.24	—	—	—	3.3%	-0.7%	-2.3%	—	37.7%	—	—	—
塔寮坑溪S_2	0.7	0.0	-874	—	0.10	—	—	—	2.3%	0.4%	-93.3%	—	11.6%	—	—	—
南崁溪主流R_25	-0.8	0.0	-40	—	—	—	—	—	-3.1%	-0.4%	-10.3%	—	—	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_10	-0.3	-0.4	-84	—	—	—	—	—	-1.3%	-3.9%	-10.0%	—	—	—	—	—
塔寮坑溪R_1	0.7	0.0	-33	—	—	—	—	—	2.4%	-0.5%	-6.8%	—	—	—	—	—
大漢溪主流R_1	0.7	-0.3	51	—	—	—	—	—	2.5%	-4.1%	8.4%	—	—	—	—	—
龜山工業區I_S01	0.9	0.0	-54	-11	—	—	—	—	3.4%	0.1%	-10.9%	-17.9%	—	—	—	—
龜山工業區I_S02	0.2	0.0	-168	10	—	—	—	—	0.8%	0.4%	-11.7%	16.2%	—	—	—	—
龜山工業區I_S05	0.9	0.7	258	-245	—	—	—	—	3.6%	9.6%	12.2%	-71.0%	—	—	—	—
龜山工業區I_S06	0.4	0.5	-97	-8	—	—	—	—	1.4%	6.9%	-14.0%	-7.3%	—	—	—	—
龜山工業區I_S09	-0.8	0.6	-48	-462	—	—	—	—	-2.9%	8.1%	-6.7%	-92.3%	—	—	—	—
龜山工業區I_RD04	0.7	-0.2	-156	-8	—	—	—	—	2.7%	-2.6%	-12.8%	-7.8%	—	—	—	—
潛勢污染工廠S_4	0.3	-1.4	-41	6	—	—	—	—	1.1%	-20.4%	-9.9%	3.2%	—	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_11	-2.9	1.1	73	-11	—	—	—	—	-11.7%	16.0%	10.0%	-25.6%	—	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_13	0.4	0.0	-1212	13	—	—	—	—	1.4%	0.3%	-72.1%	12.0%	—	—	—	—
新竹一二淨水廠前處理T_1	0.0	-0.2	-24	—	—	0.03	—	—	0.0%	-2.3%	-8.3%	—	—	12.5%	—	—
新竹第二淨水廠T_1	0.7	0.1	-37	—	—	-0.07	—	—	2.8%	1.6%	-12.3%	—	—	-38.9%	—	—
淨水廠第二驗證站-餘氯T_2	0.8	-0.4	-16	—	—	—	-0.071	—	2.8%	-4.6%	-5.6%	—	—	—	-9.7%	—
淨水廠第三驗證站-餘氯T_3	-0.5	-0.3	-19	—	—	—	0.023	—	-2.3%	-3.3%	-5.8%	—	—	—	2.9%	—
嘉太工業區排水道I_1	-0.5	-0.4	71	32	—	—	—	—	-1.6%	-5.1%	2.4%	26.8%	—	—	—	—
新竹一二淨水廠取水口R_1	-0.8	0.3	-18	—	—	-1.37	—	—	-2.9%	4.1%	-6.5%	—	—	-3.8%	—	—
新竹一二淨水廠前處理T_3	0.3	0.7	34	—	—	0.00	—	—	1.2%	10.1%	12.1%	—	—	0.0%	—	—
新竹第二淨水廠T_4	0.0	0.5	-11	—	—	0.04	—	—	0.2%	6.7%	-9.9%	—	—	7.5%	—	—
淨水廠第一驗證站-餘氯T_1	0.5	-0.4	-6	—	—	—	0.022	—	2.3%	-4.3%	-2.9%	—	—	—	5.3%	—
multisensor_TP01	0.1	0.6	20	3	-0.06	—	—	5.346	0.3%	8.7%	3.1%	5.3%	-7.4%	—	—	12.4%
multisensor_TP02	0.9	0.7	-34	3	0.02	—	—	9.911	3.5%	10.8%	-4.8%	7.5%	2.0%	—	—	20.5%
multisensor_TP03	0.6	0.7	-15	7	0.05	—	—	11.453	2.6%	11.0%	-2.0%	17.6%	3.1%	—	—	14.9%
multisensor_TP04	0.6	0.1	-10	-3	0.13	—	—	-15.793	2.4%	1.3%	-2.0%	-7.4%	11.1%	—	—	-14.5%
multisensor_TP05	0.3	0.2	-113	-3	0.15	—	—	-5.424	1.3%	3.3%	-13.0%	-8.3%	14.9%	—	—	-10.7%
multisensor_TP06	-0.4	-0.1	0	3	0.12	—	—	-1.022	-1.7%	-1.9%	0.0%	6.4%	6.4%	—	—	-2.0%

表 3-9 第一期固定式感測器比對查核數據結果彙整表（3/3）

測站名稱	(相對)允差								數據品質滿意度判定								
	水溫(℃)	pH值	導電度(μmho/cm)	化學需氧量(mg/L)	銅濃度(mg/L)	濁度(NTU)	餘氯(mg/L)	懸浮固體物(mg/L)	水溫	pH值	導電度	化學需氧量	銅濃度	濁度	餘氯	懸浮固體物	合計
塔寮坑溪S_1	±1	±1	±15%	—	±50%	—	—	—	pass	pass	pass	—	pass	—	—	—	100%
塔寮坑溪S_2	±1	±1	±15%	—	±50%	—	—	—	pass	pass	fail	—	pass	—	—	—	67%
南崁溪主流R_25	±1	±1	±15%	—	—	—	—	—	pass	pass	pass	—	—	—	—	—	100%
南崁溪潛勢污染工廠S_10	±1	±1	±15%	—	—	—	—	—	pass	pass	pass	—	—	—	—	—	100%
塔寮坑溪R_1	±1	±1	±15%	—	—	—	—	—	pass	pass	pass	—	—	—	—	—	100%
大漢溪主流R_1	±1	±1	±15%	—	—	—	—	—	pass	pass	pass	—	—	—	—	—	100%
龜山工業區I_S01	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	—	100%
龜山工業區I_S02	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	—	100%
龜山工業區I_S05	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	—	pass	pass	pass	fail	—	—	—	—	75%
龜山工業區I_S06	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	—	100%
龜山工業區I_S09	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	—	pass	pass	pass	fail	—	—	—	—	75%
龜山工業區I_RD04	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	—	100%
潛勢污染工廠S_4	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	—	pass	fail	pass	pass	—	—	—	—	75%
南崁溪潛勢污染工廠S_11	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	—	fail	fail	pass	pass	—	—	—	—	50%
南崁溪潛勢污染工廠S_13	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	—	pass	pass	fail	pass	—	—	—	—	75%
新竹一二淨水廠前處理T_1	±1	±1	±15%	—	—	±20%	—	—	pass	pass	pass	—	—	pass	—	—	100%
新竹第二淨水廠T_1	±1	±1	±15%	—	—	±20%	—	—	pass	pass	pass	—	—	pass	—	—	100%
淨水廠第二驗證站-餘氯T_2	±1	±1	±15%	—	—	—	±30%	—	pass	pass	pass	—	—	—	pass	—	100%
淨水廠第三驗證站-餘氯T_3	±1	±1	±15%	—	—	—	±30%	—	pass	pass	pass	—	—	—	pass	—	100%
嘉太工業區排水道I_1	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	—	100%
新竹一二淨水廠取水口R_1	±1	±1	±15%	—	—	±20%	—	—	pass	pass	pass	—	—	pass	—	—	100%
新竹一二淨水廠前處理T_3	±1	±1	±15%	—	—	±20%	—	—	pass	pass	pass	—	—	pass	—	—	100%
新竹第二淨水廠T_4	±1	±1	±15%	—	—	±20%	—	—	pass	pass	pass	—	—	pass	—	—	100%
淨水廠第一驗證站-餘氯T_1	±1	±1	±15%	—	—	—	±30%	—	pass	pass	pass	—	—	—	pass	—	100%
multisensor_TP01	±1	±1	±15%	±30%	±50%	—	—	±40%	pass	pass	pass	pass	pass	—	—	pass	100%
multisensor_TP02	±1	±1	±15%	±30%	±50%	—	—	±40%	pass	pass	pass	pass	pass	—	—	pass	100%
multisensor_TP03	±1	±1	±15%	±30%	±50%	—	—	±40%	pass	pass	pass	pass	pass	—	—	pass	100%
multisensor_TP04	±1	±1	±15%	±30%	±50%	—	—	±40%	pass	pass	pass	pass	pass	—	—	pass	100%
multisensor_TP05	±1	±1	±15%	±30%	±50%	—	—	±40%	pass	pass	pass	pass	pass	—	—	pass	100%
multisensor_TP06	±1	±1	±15%	±30%	±50%	—	—	±40%	pass	pass	pass	pass	pass	—	—	pass	100%

表 3-10 第二期固定式感測器比對查核數據結果彙整表（1/3）

測站名稱	檢驗測定機構檢測值								水質感測設備量測值							
	水溫 (℃)	pH值	導電度 (μmho/cm)	化學需氧量 (mg/L)	銅濃度 (mg/L)	濁度 (NTU)	餘氯 (mg/L)	懸浮固體物 (mg/L)	水溫 (℃)	pH值	導電度 (μmho/cm)	化學需氧量 (mg/L)	銅濃度 (mg/L)	濁度 (NTU)	餘氯 (mg/L)	懸浮固體物 (mg/L)
塔寮坑溪S_1	33.9	7.3	1201		0.44				34.6	7.2	1115		0.61			
塔寮坑溪S_3	29.4	11.6	2120		17.2				29.8	11.8	2866		0			
南崁溪主流R_25	35.7	8.9	381						34.7	9.3	360					
南崁溪潛勢污染工廠S_10	34.3	7.9	946						33.4	8.3	951					
塔寮坑溪R_1	33.4	7.8	657						33.0	8.3	589					
大漢溪主流R_1	34.5	7.4	945						35.3	7.5	813					
龜山工業區I_S01	33.7	7.4	635	94.2					33.1	7.7	565	90.4				
龜山工業區I_S02	33.2	7.1	985	148.0					32.4	7.7	955	129.6				
龜山工業區I_S05	31.5	8.1	991	46.1					32.3	8.3	955	35.9				
龜山工業區I_S06	32.5	7.2	1680	88.7					31.8	8.0	1796	63.8				
潛勢污染工廠S_4	34.0	7.5	3165	102.0					33.5	7.6	2918	73.7				
南崁溪潛勢污染工廠S_13	35.5	7.3	1360	243.0					34.9	7.4	1306	210.5				
華亞科W_01	27.5	6.8	1340	25.9					27.7	1.2	1156	19.0				
環檢所生態池P_01	28.5	7.4	438	39.1					28.9	7.2	440	0.0				
新竹一二淨水廠取水口R_1	26.8	8.0	240			46.30			26.0	8.4	208			54.47		
新竹一二淨水廠前處理T_1	38.8	7.7	321			0.20			39.2	7.8	346			0.06		
新竹第二淨水廠T_1	28.6	7.9	291			0.13			27.6	8.1	283			0.03		
新竹一二淨水廠前處理T_3	28.8	8.0	306			2.91			28.1	8.1	287			2.69		
新竹第二淨水廠T_4	29.7	8.0	240			3.35			29.1	8.1	212			3.56		
淨水廠第二驗證站-餘氯T_2	35.3	7.7	321				0.48		34.4	7.3	307				0.41	
淨水廠第三驗證站-餘氯T_3	27.6	7.9	291				0.34		27.4	8.2	24				0.40	
工研院光復污水廠W_01	28.4	8.2	483		0.01				27.3	8.2	555		0			
嘉太工業區排水道I_1	35.7	7.6	2340	105.0					35.3	7.5	2123	107.0				
嘉太工業區排水道I_3	32.0	7.8	530	19.1					32.8	7.9	580	34.5				
華亞科W_02	35.6	7.0	789	31.2	0.35			25.8	36.2	7.0	822	28.4	0.37			22.8
南崁溪主流R_1	37.3	8.7	1493	18.3	0.14			17.5	36.2	10.0	1382	21.5	0.14			10.2
東門溪R_1	41.6	8.2	579	54.0	0.09			30.8	41.5	8.4	531	64.3	0.08			33.5
南崁溪主流R_2	39.8	7.5	1049	30.3	0.11			11.1	39.3	7.4	1116	35.2	0.11			12.8
新竹工業區I_1	25.0	6.8	4490	109.7	1.22			31.1	25.2	10.0	54	102.5	1.47			30.5
新竹工業區I_2	26.1	6.1	1031	56.5	0.72			107.5	25.1	5.4	1158	48.2	0.64			103.4

表 3-11 第二期固定式感測器比對查核數據結果彙整表（2/3）

測站名稱	差值								相對差值							
	水溫 (˚C)	pH值	導電度 (μmho/cm)	化學需氧量 (mg/L)	銅濃度 (mg/L)	濁度 (NTU)	餘氯 (mg/L)	懸浮固體物 (mg/L)	水溫	pH值	導電度	化學需氧量	銅濃度	濁度	餘氯	懸浮固體物
塔寮坑溪S_1	0.7	-0.1	-86	—	0.2	—	—	—	2.1%	-0.8%	-7.2%	—	39.6%	—	—	—
塔寮坑溪S_3	0.4	0.2	746	—	(17.2)	—	—	—	1.4%	1.5%	35.2%	—	-100.0%	—	—	—
南崁溪主流R_25	-1.0	0.4	-21	—	—	—	—	—	-2.8%	4.9%	-5.5%	—	—	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_10	-0.9	0.4	5	—	—	—	—	—	-2.7%	5.6%	0.5%	—	—	—	—	—
塔寮坑溪R_1	-0.4	0.5	-68	—	—	—	—	—	-1.2%	6.9%	-10.4%	—	—	—	—	—
大漢溪主流R_1	0.8	0.1	-132	—	—	—	—	—	2.3%	0.9%	-14.0%	—	—	—	—	—
龜山工業區I_S01	-0.6	0.3	-70	(3.8)	—	—	—	—	-1.8%	3.4%	-11.0%	-4.0%	—	—	—	—
龜山工業區I_S02	-0.8	0.6	-30	(18.4)	—	—	—	—	-2.4%	8.3%	-3.0%	-12.5%	—	—	—	—
龜山工業區I_S05	0.8	0.2	-36	(10.2)	—	—	—	—	2.4%	2.7%	-3.6%	-22.1%	—	—	—	—
龜山工業區I_S06	-0.7	0.8	116	(24.9)	—	—	—	—	-2.2%	11.1%	6.9%	-28.0%	—	—	—	—
潛勢污染工廠S_4	-0.5	0.0	-247	(28.3)	—	—	—	—	-1.5%	0.7%	-7.8%	-27.8%	—	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_13	-0.6	0.1	-54	(32.5)	—	—	—	—	-1.6%	1.8%	-4.0%	-13.4%	—	—	—	—
華亞科W_01	0.2	-5.6	-184	(6.8)	—	—	—	—	0.6%	-82.8%	-13.7%	-26.4%	—	—	—	—
環檢所生態池P_01	0.4	-0.2	2	(39.1)	—	—	—	—	1.3%	-2.2%	0.5%	-100.0%	—	—	—	—
新竹一二淨水廠取水口R_1	-0.8	0.4	-32	—	—	8.2	—	—	-3.0%	4.4%	-13.5%	—	—	17.6%	—	—
新竹一二淨水廠前處理T_1	0.4	0.1	25	—	—	-0.1	—	—	1.1%	1.7%	7.8%	—	—	-70.0%	—	—
新竹第二淨水廠T_1	-0.9	0.2	-8	—	—	-0.1	—	—	-3.3%	2.9%	-2.7%	—	—	-76.9%	—	—
新竹一二淨水廠前處理T_3	-0.7	0.1	-19	—	—	-0.2	—	—	-2.6%	0.8%	-6.2%	—	—	-7.4%	—	—
新竹第二淨水廠T_4	-0.6	0.1	-28	—	—	0.2	—	—	-2.0%	1.6%	-11.7%	—	—	6.4%	—	—
淨水廠第二驗證站-餘氯T_2	-0.9	-0.4	-14	—	—	—	-0.1	—	-2.5%	-4.7%	-4.4%	—	—	—	-14.5%	—
淨水廠第三驗證站-餘氯T_3	-0.2	0.3	-267	—	—	—	0.1	—	-0.8%	3.5%	-91.8%	—	—	—	17.6%	—
工研院光復污水廠W_01	-1.1	0.0	72	—	(0.0)	—	—	—	-3.8%	0.0%	14.9%	—	-100.0%	—	—	—
嘉太工業區排水道I_1	-0.4	-0.1	-217	2.0	—	—	—	—	-1.2%	-0.8%	-9.3%	1.9%	—	—	—	—
嘉太工業區排水道I_3	0.8	0.1	50	15.4	—	—	—	—	2.5%	1.3%	9.4%	80.8%	—	—	—	—
華亞科W_02	0.5	0.0	33	(2.8)	0.0	—	—	-3.0	1.5%	0.4%	4.2%	-9.1%	5.3%	—	—	-11.5%
南崁溪主流R_1	-1.1	1.3	-111	3.2	(0.0)	—	—	-7.3	-2.9%	14.5%	-7.4%	17.6%	-2.9%	—	—	-41.8%
東門溪R_1	-0.1	0.1	-48	10.3	(0.0)	—	—	2.7	-0.2%	1.3%	-8.3%	19.0%	-13.8%	—	—	8.7%
南崁溪主流R_2	-0.5	-0.1	67	4.9	0.0	—	—	1.7	-1.1%	-0.9%	6.4%	16.3%	2.0%	—	—	14.9%
新竹工業區I_1	0.2	3.2	-4436	(7.2)	0.2	—	—	-0.6	0.7%	47.2%	-98.8%	-6.5%	20.5%	—	—	-2.0%
新竹工業區I_2	-1.0	-0.7	127	(8.2)	(0.1)	—	—	-4.1	-3.7%	-11.7%	12.4%	-14.5%	-10.7%	—	—	-3.8%

表 3-12 第二期固定式感測器比對查核數據結果彙整表（3/3）

測站名稱	(相對)允差								數據品質滿意度判定								
	水溫 (˚C)	pH值	導電度 (μmho/cm)	化學需氧量 (mg/L)	銅濃度 (mg/L)	濁度 (NTU)	餘氯 (mg/L)	懸浮固體物 (mg/L)	水溫	pH值	導電度	化學需氧量	銅濃度	濁度	餘氯	懸浮固體物	合計
塔寮坑溪S_1	±1	±1	±15%	—	±50%	—	—	—	pass	pass	pass	—	pass	—	—	—	100%
塔寮坑溪S_3	±1	±1	±15%	—	±50%	—	—	—	pass	pass	fail	—	fail	—	—	—	50%
南崁溪主流R_25	±1	±1	±15%	—	—	—	—	—	pass	pass	pass	—	—	—	—	—	100%
南崁溪潛勢污染工廠S_10	±1	±1	±15%	—	—	—	—	—	pass	pass	pass	—	—	—	—	—	100%
塔寮坑溪R_1	±1	±1	±15%	—	—	—	—	—	pass	pass	pass	—	—	—	—	—	100%
大漢溪主流R_1	±1	±1	±15%	—	—	—	—	—	pass	pass	pass	—	—	—	—	—	100%
龜山工業區I_S01	±1	±1	±15%	±40%	—	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	—	100%
龜山工業區I_S02	±1	±1	±15%	±40%	—	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	—	100%
龜山工業區I_S05	±1	±1	±15%	±40%	—	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	—	100%
龜山工業區I_S06	±1	±1	±15%	±40%	—	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	—	100%
潛勢污染工廠S_4	±1	±1	±15%	±40%	—	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	—	100%
南崁溪潛勢污染工廠S_13	±1	±1	±15%	±40%	—	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	—	100%
華亞科W_01	±1	±1	±115%	±40%	—	—	—	—	pass	fail	pass	pass	—	—	—	—	75%
環檢所生態池P_01	±1	±1	±15%	±40%	—	—	—	—	pass	pass	pass	fail	—	—	—	—	75%
新竹一二淨水廠取水口R_1	±1	±1	±15%	—	—	±20%	—	—	pass	pass	pass	—	—	pass	—	—	100%
新竹一二淨水廠前處理T_1	±1	±1	±15%	—	—	±20%	—	—	pass	pass	pass	—	—	pass	—	—	100%
新竹第二淨水廠T_1	±1	±1	±15%	—	—	±20%	—	—	pass	pass	pass	—	—	pass	—	—	100%
新竹一二淨水廠前處理T_3	±1	±1	±15%	—	—	±20%	—	—	pass	pass	pass	—	—	pass	—	—	100%
新竹第二淨水廠T_4	±1	±1	±15%	—	—	±20%	—	—	pass	pass	pass	—	—	pass	—	—	100%
淨水廠第二驗證站-餘氯T_2	±1	±1	±15%	—	—	—	±30%	—	pass	pass	pass	—	—	—	pass	—	100%
淨水廠第三驗證站-餘氯T_3	±1	±1	±15%	—	—	—	±30%	—	pass	pass	fail	—	—	—	pass	—	75%
工研院光復污水廠W_01	±1	±1	±15%	—	—	—	—	—	fail	pass	pass	—	pass	—	—	—	75%
嘉太工業區排水道I_1	±1	±1	±15%	±40%	—	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	—	100%
嘉太工業區排水道I_3	±1	±1	±15%	±40%	—	—	—	—	pass	pass	pass	fail	—	—	—	—	75%
華亞科W_02	±1	±1	±15%	±40%	±50%	—	—	±40%	pass	pass	pass	pass	pass	—	—	pass	100%
南崁溪主流R_1	±1	±1	±15%	±40%	±50%	—	—	±40%	fail	fail	pass	pass	pass	—	—	fail	50%
東門溪R_1	±1	±1	±15%	±40%	—	—	—	±40%	pass	pass	pass	pass	pass	—	—	pass	100%
南崁溪主流R_2	±1	±1	±15%	±40%	±50%	—	—	±40%	pass	pass	pass	pass	pass	—	—	pass	100%
新竹工業區I_1	±1	±1	±15%	±40%	±50%	—	—	±40%	pass	fail	fail	pass	pass	—	—	pass	67%
新竹工業區I_2	±1	±1	±15%	±40%	±50%	—	—	±40%	pass	pass	pass	pass	pass	—	—	pass	100%

表 3-13 第三期固定式感測器比對查核數據結果彙整表（1/3）

測站名稱	檢驗測定機構檢測值								水質感測設備量測值							
	水溫 (℃)	pH值	導電度 (μmho/cm)	化學需氧量 (mg/L)	銅濃度 (mg/L)	濁度 (NTU)	餘氯 (mg/L)	懸浮固體物 (mg/L)	水溫 (℃)	pH值	導電度 (μmho/cm)	化學需氧量 (mg/L)	銅濃度 (mg/L)	濁度 (NTU)	餘氯 (mg/L)	懸浮固體物 (mg/L)
塔寮坑溪S_1	24.4	7.0	616		1.06				24.1	7.3	573		0			
塔寮坑溪S_3	24.1	9.8	1900		1.34				24.8	9.2	1778		0			
南崁溪主流R_25	20.6	7.7	354						20.4	7.2	319					
南崁溪潛勢污染工廠S_10	20.0	8.2	363						20.4	8.2	392					
塔寮坑溪R_1	24.2	7.7	491						23.4	7.6	436					
大漢溪主流R_1	20.9	7.2	646						21.2	7.4	696					
龜山工業區I_S01	23.2	7.2	1140	66.2					24.0	7.7	1157	66.7				
龜山工業區I_S02	23.7	6.9	390	22.1					23.3	7.7	466	28.3				
龜山工業區I_S05	23.0	8.3	1460	54.2					23.9	8.2	1275	53.3				
龜山工業區I_S06	21.5	6.9	732	100.0					22.2	7.2	741	87.4				
潛勢污染工廠S_4	25.9	7.2	1690	64.2					25.4	7.1	1688	90.5				
南崁溪潛勢污染工廠S_13	20.6	7.0	2170	69.3					21.7	7.0	1971	54.2				
華亞科W_01	24.6	7.0	1300	20.0					24.4	7.1	1331	17.8				
環檢所生態池P_01	23.2	8.2	458	18.0					24.1	7.8	462	10.0				
新竹一二淨水廠取水口R_1	24.8	8.7	274			42.8			24.6	8.2	280			47.76		
新竹一二淨水廠前處理T_1	27.6	7.9	328			0.80			27.4	8.2	319			0.02		
新竹第二淨水廠T_1	21.0	7.9	310			0.65			21.7	7.9	299			51		
新竹一二淨水廠前處理T_3	23.5	8.2	283			31.3			22.9	8.3	272			34.73		
新竹第二淨水廠T_4	—	—	—			—			—	—	—			—		
淨水廠第二驗證站-餘氯T_2	25.7	7.9	328				0.26		26.8	7.6	338				0.00	
淨水廠第三驗證站-餘氯T_3	22.6	7.9	310				0.28		22.0	8.1	303				0.00	
工研院光復污水廠W_01	24.0	7.9	709		0.01				25.0	8.0	617		0			
嘉太工業區排水道I_1	32.4	7.5	2360	108.0					32.8	7.0	2457	126.4				
嘉太工業區排水道I_3	30.0	7.6	2000	25.1					30.7	7.6	1970	32.8				
華亞科W_02	28.5	7.0	1157	53	0.96			136	28.1	6.9	1315	50.6	1.03			158.0
南崁溪主流R_1	30.6	8.0	1600	18.0	0.006			4.8	30.5	7.7	1363	4.0	0.08			405.0
東門溪R_1	17.8	7.1	725	66.3	0.045			96.0	17.6	7.4	638	54.0	0.62			449.0
南崁溪主流R_2	24.9	7.6	1990	32.1	0.262			36.0	25.0	7.0	1621	21.5	0.23			48.0
新竹工業區I_1	26.8	2.4	6614	658.0	297			1510.0	27.6	5.2	5835	57.0	185			257.0
新竹工業區I_2	27.6	7.2	7528	180.0	1.20			62.8	27.9	8.1	7377	222.0	5.00			18.2

表 3-14 第三期固定式感測器比對查核數據結果彙整表（2/3）

測站名稱	差值								相對差值							
	水溫 (˚C)	pH值	導電度 (μmho/cm)	化學需氧量 (mg/L)	銅濃度 (mg/L)	濁度 (NTU)	餘氯 (mg/L)	懸浮固體物(mg/L)	水溫	pH值	導電度	化學需氧量	銅濃度	濁度	餘氯	懸浮固體物
塔寮坑溪S_1	-0.3	0.3	-43	—	(1.1)	—	—	—	-1.1%	4.7%	-7.0%	—	-100.0%	—	—	—
塔寮坑溪S_3	0.7	-0.6	-122	—	(1.3)	—	—	—	3.0%	-6.2%	-6.4%	—	-100.0%	—	—	—
南崁溪主流R_25	-0.2	-0.5	-35	—	—	—	—	—	-0.8%	-6.8%	-9.9%	—	—	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_10	0.4	0.0	29	—	—	—	—	—	2.0%	0.5%	8.0%	—	—	—	—	—
塔寮坑溪R_1	-0.8	-0.1	-55	—	—	—	—	—	-3.2%	-1.6%	-11.2%	—	—	—	—	—
大漢溪主流R_1	0.3	0.2	50	—	—	—	—	—	1.5%	3.1%	7.7%	—	—	—	—	—
龜山工業區I_S01	0.8	0.5	17	0.5	—	—	—	—	3.3%	6.9%	1.5%	0.7%	—	—	—	—
龜山工業區I_S02	-0.4	0.8	76	6.2	—	—	—	—	-1.7%	11.6%	19.5%	28.0%	—	—	—	—
龜山工業區I_S05	0.9	-0.2	-185	(0.9)	—	—	—	—	4.0%	-1.8%	-12.7%	-1.6%	—	—	—	—
龜山工業區I_S06	0.7	0.3	9	(12.6)	—	—	—	—	3.1%	4.6%	1.2%	-12.6%	—	—	—	—
潛勢污染工廠S_4	-0.5	-0.1	-2	26.3	—	—	—	—	-1.8%	-0.8%	-0.1%	41.0%	—	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_13	1.1	0.0	-199	(15.1)	—	—	—	—	5.3%	-0.3%	-9.2%	-21.8%	—	—	—	—
華亞科W_01	-0.2	0.0	31	(2.2)	—	—	—	—	-0.7%	0.7%	2.4%	-10.9%	—	—	—	—
環檢所生態池P_01	0.9	-0.4	4	(8.0)	—	—	—	—	3.9%	-5.4%	0.9%	-44.5%	—	—	—	—
新竹一二淨水廠取水口R_1	-0.2	-0.5	6	—	—	5.0	—	—	-0.9%	-6.1%	2.2%	—	—	11.7%	—	—
新竹一二淨水廠前處理T_1	-0.2	0.3	-9	—	—	-0.8	—	—	-0.6%	3.2%	-2.7%	—	—	-97.5%	—	—
新竹第二淨水廠T_1	0.7	0.0	-11	—	—	50.4	—	—	3.1%	-0.5%	-3.5%	—	—	7746.2%	—	—
新竹一二淨水廠前處理T_3	-0.6	0.1	-11	—	—	3.4	—	—	-2.4%	1.0%	-3.9%	—	—	10.9%	—	—
新竹第二淨水廠T_4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
淨水廠第二驗證站-餘氯T_2	1.1	-0.3	10	—	—	—	-0.3	—	4.2%	-3.4%	3.0%	—	—	—	-100.0%	—
淨水廠第三驗證站-餘氯T_3	-0.6	0.2	-7	—	—	—	-0.3	—	-2.8%	2.0%	-2.3%	—	—	—	-100.0%	—
工研院光復污水廠W_01	1.0	0.1	-92	—	(0.0)	—	—	—	4.0%	1.5%	-13.0%	—	-100.0%	—	—	—
嘉太工業區排水道I_1	0.4	-0.5	97	18.4	—	—	—	—	1.2%	-6.5%	4.1%	17.0%	—	—	—	—
嘉太工業區排水道I_3	0.7	0.0	-30	7.7	—	—	—	—	2.5%	0.5%	-1.5%	30.7%	—	—	—	—
華亞科W_02	-0.4	-0.1	158	(2.4)	0.1	—	—	22.0	-1.5%	-1.0%	13.7%	-4.6%	7.3%	—	—	16.2%
南崁溪主流R_1	-0.1	-0.3	-237	(14.0)	0.1	—	—	400.2	-0.3%	-3.4%	-14.8%	-77.8%	1233.3%	—	—	8337.5%
東門溪R_1	-0.2	0.3	-87	(12.3)	0.6	—	—	353.0	-1.1%	4.2%	-12.0%	-18.6%	1275.6%	—	—	367.7%
南崁溪主流R_2	0.0	-0.6	-369	(10.6)	(0.0)	—	—	12.0	0.2%	-8.2%	-18.5%	-33.1%	-12.2%	—	—	33.2%
新竹工業區I_1	0.8	2.8	-780	(601.0)	(112.0)	—	—	-1253.0	3.0%	116.7%	-11.8%	-91.3%	-37.7%	—	—	-83.0%
新竹工業區I_2	0.3	0.9	-152	42.0	3.8	—	—	-44.6	1.0%	12.9%	-2.0%	23.3%	316.7%	—	—	-71.1%

表 3-15 第三期固定式感測器比對查核數據結果彙整表（3/3）

測站名稱	(相對)允差								數據品質滿意度判定								
	水溫 (℃)	pH值	導電度 (μmho/cm)	化學需氧量 (mg/L)	銅濃度 (mg/L)	濁度 (NTU)	餘氯 (mg/L)	懸浮固體物 (mg/L)	水溫	pH值	導電度	化學需氧量	銅濃度	濁度	餘氯	懸浮固體物	合計
塔寮坑溪S_1	±1	±1	±15%	—	±50%	—	—	—	pass	pass	pass	—	fail	—	—	—	75%
塔寮坑溪S_3	±1	±1	±15%	—	±50%	—	—	—	pass	pass	pass	—	fail	—	—	—	75%
南崁溪主流R_25	±1	±1	±15%	—	—	—	—	—	pass	pass	pass	—	—	—	—	—	100%
南崁溪潛勢污染工廠S_10	±1	±1	±15%	—	—	—	—	—	pass	pass	pass	—	—	—	—	—	100%
塔寮坑溪R_1	±1	±1	±15%	—	—	—	—	—	pass	pass	pass	—	—	—	—	—	100%
大漢溪主流R_1	±1	±1	±15%	—	—	—	—	—	pass	pass	pass	—	—	—	—	—	100%
龜山工業區I_S01	±1	±1	±15%	±40%	—	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	—	100%
龜山工業區I_S02	±1	±1	±15%	±40%	—	—	—	—	pass	pass	fail	pass	—	—	—	—	75%
龜山工業區I_S05	±1	±1	±15%	±40%	—	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	—	100%
龜山工業區I_S06	±1	±1	±15%	±40%	—	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	—	100%
潛勢污染工廠S_4	±1	±1	±15%	±40%	—	—	—	—	pass	pass	pass	fail	—	—	—	—	75%
南崁溪潛勢污染工廠S_13	±1	±1	±15%	±40%	—	—	—	—	fail	pass	pass	pass	—	—	—	—	75%
華亞科W_01	±1	±1	±115%	±40%	—	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	—	100%
環檢所生態池P_01	±1	±1	±15%	±40%	—	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	—	100%
新竹一二淨水廠取水口R_1	±1	±1	±15%	—	—	±20%	—	—	pass	pass	pass	—	—	pass	—	—	100%
新竹一二淨水廠前處理T_1	±1	±1	±15%	—	—	±20%	—	—	pass	pass	pass	—	—	pass	—	—	100%
新竹第二淨水廠T_1	±1	±1	±15%	—	—	±20%	—	—	pass	pass	pass	—	—	fail	—	—	75%
新竹一二淨水廠前處理T_3	±1	±1	±15%	—	—	±20%	—	—	pass	pass	pass	—	—	pass	—	—	100%
新竹第二淨水廠T_4	±1	±1	±15%	—	—	±20%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
淨水廠第二驗證站-餘氯T_2	±1	±1	±15%	—	—	—	±30%	—	fail	pass	pass	—	—	—	pass	—	75%
淨水廠第三驗證站-餘氯T_3	±1	±1	±15%	—	—	—	±30%	—	pass	pass	pass	—	—	—	pass	—	100%
工研院光復污水廠W_01	±1	±1	±15%	—	—	—	—	—	pass	pass	pass	—	—	—	—	—	100%
嘉太工業區排水道I_1	±1	±1	±15%	±40%	—	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	—	100%
嘉太工業區排水道I_3	±1	±1	±15%	±40%	—	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	—	100%
華亞科W_02	±1	±1	±15%	±40%	±50%	—	—	±40%	pass	pass	pass	pass	pass	—	—	pass	100%
南崁溪主流R_1	±1	±1	±15%	±40%	—	—	—	±40%	pass	pass	pass	pass	—	—	—	—	100%
東門溪R_1	±1	±1	±15%	±40%	—	—	—	±40%	pass	pass	pass	pass	—	—	—	fail	80%
南崁溪主流R_2	±1	±1	±15%	±40%	±50%	—	—	±40%	pass	pass	fail	pass	pass	—	—	pass	83%
新竹工業區I_1	±1	±1	±15%	±40%	±50%	—	—	±40%	pass	fail	pass	—	pass	—	—	—	75%
新竹工業區I_2	±1	±1	±15%	±40%	±50%	—	—	±40%	pass	pass	pass	pass	fail	—	—	fail	67%

表 3-16 第二期移動式感測器比對查核數據結果彙整表（1/2）

測站名稱	檢驗測定機構檢測值				水質感測設備量測值				差值			
	水溫 (℃)	pH值	導電度 (μmho/cm)	溶氧 (mg/L)	水溫 (℃)	pH值	導電度 (μmho/cm)	溶氧 (mg/L)	水溫 (℃)	pH值	導電度 (μmho/cm)	溶氧 (mg/L)
PT100_01	41.3	7.6	4847	3.3	40.6	6.8	4706	2.8	-0.7	-0.8	-141	-0.5
PT100_02	30.9	6.5	587	4.5	30.3	7.4	501	4.7	-0.7	0.9	-85	0.2
PT100_03	25.2	8.3	1504	6.8	25.9	7.9	1380	6.2	0.7	-0.5	-124	-0.6
PT100_04	32.5	7.5	467	2.3	31.9	6.7	525	0.1	-0.6	-0.8	58	-2.2
PT100_05	33.7	7.7	1618	6.5	32.8	7.0	1512	7.4	-0.9	-0.7	-106	0.8
PT100_06	24.9	7.0	12880	7.3	24.0	5.5	12896	6.7	-0.9	-1.5	16	-0.5
PT100_07	26.5	7.2	515	7.3	25.4	6.6	566	7.2	-1.1	-0.6	51	-0.1
PT100_08	26.3	6.6	12880	6.5	25.8	5.8	12893	6.6	-0.5	-0.7	13	0.1
PT100_09	34.2	7.1	836	4.6	34.0	7.0	929	5.5	-0.2	-0.1	93	0.8
PT100_10	30.9	7.6	560	5.8	29.9	7.6	487	5.4	-1.0	0.0	-73	-0.4

註：移動式感測器因布建應用較為機動，故以代號命名

表 3-17 第二期移動式感測器比對查核數據結果彙整表（2/2）

測站名稱	相對差值				(相對)允差				數據品質滿意度判定				
	水溫	pH值	導電度	溶氧	水溫 (℃)	pH值	導電度 (μmho/cm)	溶氧 (mg/L)	水溫	pH值	導電度	溶氧	合計
PT100_01	-1.7%	-11.1%	-2.9%	-14.0%	±1	±1	±15%	±1	pass	pass	pass	pass	100%
PT100_02	-2.2%	13.5%	-14.5%	4.2%	±1	±1	±15%	±1	pass	pass	pass	pass	100%
PT100_03	2.9%	-5.8%	-8.3%	-8.3%	±1	±1	±15%	±1	pass	pass	pass	pass	100%
PT100_04	-1.9%	-11.1%	12.4%	-95.7%	±1	±1	±15%	±1	pass	pass	pass	fail	75%
PT100_05	-2.6%	-8.6%	-6.5%	12.4%	±1	±1	±15%	±1	pass	pass	pass	pass	100%
PT100_06	-3.6%	-21.9%	0.1%	-7.4%	±1	±1	±15%	±1	pass	fail	pass	pass	75%
PT100_07	-4.3%	-8.1%	9.9%	-0.8%	±1	±1	±15%	±1	fail	pass	pass	pass	75%
PT100_08	-1.8%	-10.8%	0.1%	2.0%	±1	±1	±15%	±1	pass	pass	pass	pass	100%
PT100_09	-0.6%	-1.4%	11.1%	17.6%	±1	±1	±15%	±1	pass	pass	pass	pass	100%
PT100_10	-3.2%	-0.3%	-13.0%	-7.4%	±1	±1	±15%	±1	pass	pass	pass	pass	100%

註：移動式感測器因布建應用較為機動，故以代號命名

表 3-18 第三期移動式感測器比對查核數據結果彙整表（1/2）

測站名稱	檢驗測定機構檢測值				水質感測設備量測值				差值			
	水溫 (˚C)	pH值	導電度 (μmho/cm)	溶氧 (mg/L)	水溫 (˚C)	pH值	導電度 (μmho/cm)	溶氧 (mg/L)	水溫 (˚C)	pH值	導電度 (μmho/cm)	溶氧 (mg/L)
PT100_01	28.3	8.0	532	4.7	28.6	7.3	604	4.3	0.2	-0.7	72	-0.4
PT100_02	29.1	8.2	248	1.3	28.8	7.7	267	0.1	-0.3	-0.5	19	-1.2
PT100_03	21.0	6.8	4280	4.6	21.7	7.2	4155	5.0	0.7	0.4	-125	0.4
PT100_04	26.4	7.9	47980	1.2	26.1	8.4	57547	0.4	-0.4	0.6	9567	-0.9
PT100_05	32.6	8.2	28180	6.4	32.8	7.5	32705	5.7	0.1	-0.7	4525	-0.7
PT100_06	27.7	8.1	471	4.1	27.4	7.9	436	4.3	-0.3	-0.2	-35	0.2
PT100_07	25.7	7.0	10960	0.1	26.0	6.9	9368	0.1	0.3	-0.1	-1592	0.0
PT100_08	26.8	6.7	10810	0.7	27.0	6.8	10592	0.0	0.2	0.0	-218	-0.7
PT100_09	28.9	7.9	549	4.6	28.5	7.4	617	4.1	-0.3	-0.5	68	-0.5
PT100_10	24.3	6.7	927	3.0	23.5	7.2	900	3.6	-0.9	0.6	-27	0.5

註：移動式感測器因布建應用較為機動，故以代號命名

表 3-19 第三期移動式感測器比對查核數據結果彙整表（2/2）

測站名稱	相對差值				(相對)允差				數據品質滿意度判定				
	水溫	pH值	導電度	溶氧	水溫 (˚C)	pH值	導電度 (μmho/cm)	溶氧 (mg/L)	水溫	pH值	導電度	溶氧	合計
PT100_01	0.8%	-8.2%	13.6%	-9.1%	±1	±1	±15%	±1	pass	pass	pass	pass	100%
PT100_02	-1.1%	-6.3%	7.5%	-89.7%	±1	±1	±15%	±1	pass	pass	pass	fail	75%
PT100_03	3.4%	5.7%	-2.9%	9.6%	±1	±1	±15%	±1	pass	pass	pass	pass	100%
PT100_04	-1.4%	7.4%	19.9%	-70.8%	±1	±1	±15%	±1	pass	pass	fail	pass	75%
PT100_05	0.4%	-8.7%	16.1%	-10.7%	±1	±1	±15%	±1	pass	pass	fail	pass	75%
PT100_06	-1.2%	-2.5%	-7.4%	5.3%	±1	±1	±15%	±1	pass	pass	pass	pass	100%
PT100_07	1.2%	-1.4%	-14.5%	22.0%	±1	±1	±15%	±1	pass	pass	pass	pass	100%
PT100_08	0.6%	0.4%	-2.0%	-99.9%	±1	±1	±15%	±1	pass	pass	pass	pass	100%
PT100_09	-1.2%	-6.2%	12.4%	-10.7%	±1	±1	±15%	±1	pass	pass	pass	pass	100%
PT100_10	-3.5%	8.2%	-2.9%	17.6%	±1	±1	±15%	±1	pass	pass	pass	pass	100%

註：移動式感測器因布建應用較為機動，故以代號命名

第四章 多樣化水質感測器產業化及空間應用

一、 現況說明

現行固定式水質感測器與移動式感測器主要投入在敏感與高風險水體感測，例如工業區、零星工廠、農渠、河川。主要感測畜牧業、印刷電路板製造業、金屬表面處理業、電鍍業、印染整理業、食品製造業、工業區大排等，布建點位效益良好；移動式水質感測器的高機動性布建特質，可布建於行業多元且水質與環境複雜場域相對有更高的高效益；固定式水質感測器感測項特別可提供化學需氧量（COD）、銅（Cu）、濁度、餘氯等測項。

二、 執行方法與策略

為使水質感測器應用效果擴張多元，本計畫取 10 臺固定式及 6 台移動式水質感測器執行產業化及空間應用控制測試，研發完整商品化產品，並提出技術可行性、成本與競爭力報告。

(一) 水產養殖感控：2 臺移動式。

(二) 科技廠水質感控：2 臺移動式、2 臺固定式。

(三) CWMS 水質連續自動監測：1 臺固定式。

(四) 淨水廠水質感測：3 臺固定式。

(五) 民生/工業混合污水處理廠：1 臺固定式。

另外，應用 5 臺執行南崁溪河川水質分析模式驗證（固定式水質感測器 3 臺及移動式水質感測器各 2 臺），分析水體污染物時空變化趨勢。

三、 效益

應用固定式與移動式水質感測器在多元環境場域，如驗證模式、擴增水質應用場域至商業養殖、低成本連續水質感測與水情揭露，開拓水質感測器可應用場域，可增加商業化空間。整合多樣化水質感測器，以「點線面時間」方式立體化高效化智慧水聯網，透過不同角度感測我國水體

環境，提供政府決策應用與稽查輔導。

(一) 運用既有水質感測器進行如水質自動監測及連線傳輸系統、淨水水情揭露點水情資訊傳輸、遊憩水池加藥控制或養殖業投料控制等測試，研發完整商品化產品，並提出技術可行性、商品總成本與市場競爭力等可行性報告。

(二) 運用 10 臺增加感測元件之水質感測器，研析水聯網的空間應用

1. 運用既有水質模式資料進行模式校正評估，並研擬作業指引

2. 運用監測數據，研析污染物之時空變化趨勢

4.1 水質感測器針對民生場域應用提出完整商品化產品可行性報告

現行使用水質感測器之民生用途使用者以及服務供應者，主要為感測數據提供、示警通報、趨勢瀏覽之水質感測階段。本年度將水質感測器從『感測』升級至『感控』提出技術可行性評估。

一、 現況說明

過去環保署應用高效化智慧水聯網主要場域應用在工業區、潛勢工廠、農田渠道以及污水排放渠道，應用產業別包含印刷電路板、金屬表面製造業、畜牧業、印染業、食品製造業等，布建成效良好，環保機關藉由水質感測器已成功破獲不少案例。

為擴增感測器應用用途，參考不同產業或環境執法應用情境，本計畫於本年度把水質感測器擴增應用在更多場域如養殖漁業、科技廠水質感控等，高感測頻率搭配示警閾值設定及資訊通報，協助使用者掌握水質趨勢。

二、 執行方法

(一) 感測設備

1. 感測項目：

本計畫應用移動式感測器於科技廠及水產養殖感控，感測元件有 6 項，包含溫度、酸鹼度、導電度、溶氧、氧化還原電位、鹽度。應用固定式感測器於科技廠、污水處理廠及淨水廠，針對溫度、酸鹼度、導電度、化學需氧量(COD)、銅(Cu)及濁度等水質項目進行感測驗證。

2. 元件品質：

上述設備經過元件測試，有效數據完整率達 98%以上，有效數據品質滿意度符合酸鹼度誤差±1.0 以內（酸鹼度 pH 4~10 誤差± 0.5 以內）；導電度誤差±50 μS/cm 以內（導電度 5,000 以上誤差 ±15%以內）；溫度誤差±1.0℃以內；DO 誤差±1.0 mg/L 以內；COD 誤差±20 mg/L 以內；Cu 誤差±0.5 mg/L 以內；濁度誤差±10 mg/L 以內。

(二) 應用場域

1. 科技廠水質感控

該廠架設位置有 4 個地方，如圖 4-1 所示，感測項分別為：

(1) 調勻池：pH、EC、Temp.、SS、COD、ORP、銅

(2) pH 調整槽進流：pH、EC、Temp.、ORP

(3) pH 調整槽出流：pH、EC、Temp.、ORP

(4) 中和槽：pH、EC、Temp.、SS、COD、銅

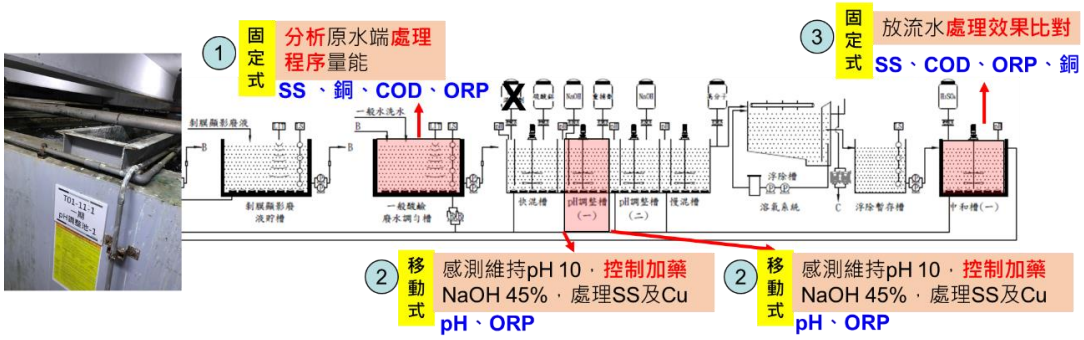


圖 4-1 新竹 PCB 印刷電路板廠水處理設施水質感測器裝設位置及感測項

經上述 PCB 印刷電路板污水處理程序，觀察污水處理情形比對，藉由 COD、ORP、pH 數據調控 NaOH 加藥，如圖 4-2 所示，進而提供完整商品解決策略，於 8 月 25 日開始布建測試。

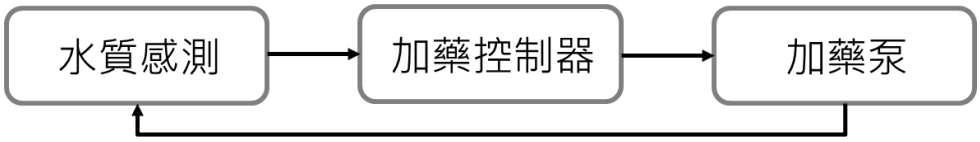


圖 4-2 新竹 PCB 印刷電路板廠水處理設施感控示意圖

2. 水產養殖感控

本工作項將與太陽光電發電系統同業工業合作，將於彰化縣芳苑鄉放置水質感測器執行白蝦養殖水質感測，並控制鼓風機或進排水裝置。於 111 年 4 月 18 日赴彰化縣芳苑鄉現場訪視試驗場域。

裝設於養殖水域內，如圖 4-3 所示，透過 ORP 以及溶氧做為養殖水質優劣先行指標，感控鼓風機曝氣情形，維持 ORP 在最佳範圍 200~450mV 採取適當的步驟。8 月 31 日已改造布建完成，提供水產養殖智慧感控系統圖 4-4。



圖 4-3 水產養殖感控設施示意圖

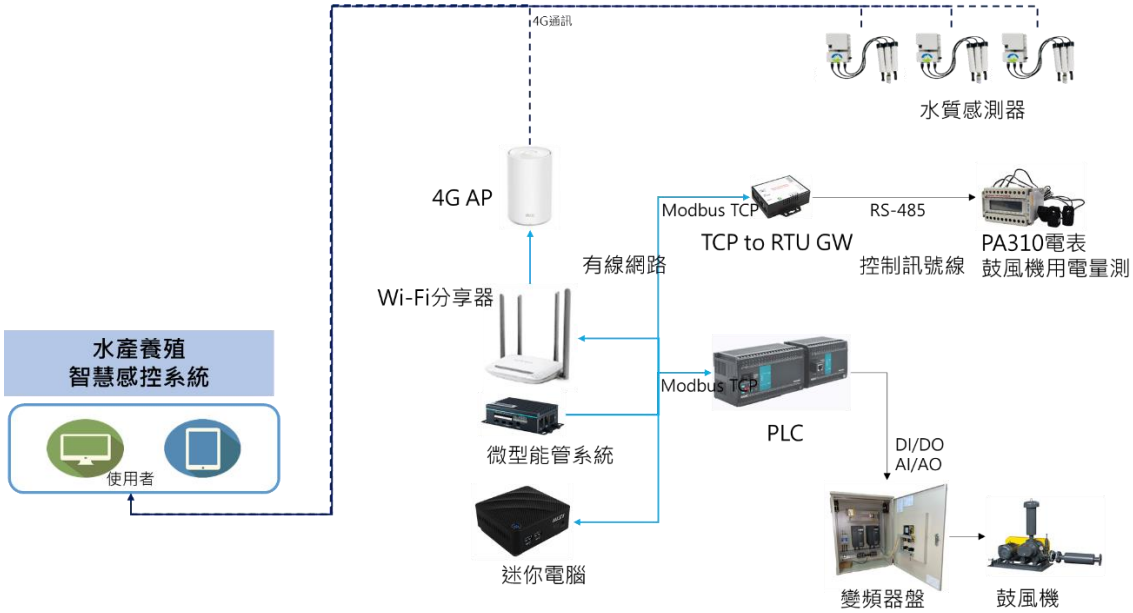


圖 4-4 水產養殖感控系統

3. CWMS 水質連續自動監測

考量環保機關有感測潛勢污染工廠需求，又礙於該些潛在污染的工廠非為重大違規以及指定對象無法裝設自動連續監測系統。110 年計畫期間曾使用移動式感測器於中壢污水處理廠執行導電度感測數值比較，如圖 4-5 所示。本年度為持續驗證感測器的準確性與穩定性，因此以固定式感測器與 CWMS 測項感測數值比對。

本計畫向華亞園區管理顧問股份有限公司(8,734 立方公尺/日)進行洽談合作，並已於 5 月訪廠討論布建適當位置，將固定式感測器與華亞科技園區污水處理廠之 D01 出流水採樣箱之重大點源

放流水自動連續監測資訊公開系統(CWMS)數據進行平行比對如圖 4-6，目標為提供廠商水質感測器連續感測的選擇。過去計畫團隊於 110 年亦有將開發之光學模組與市售實驗室等級之酸鹼度、導電度、溫度電極整合成固定式感測器，今年仍持續感測中，因此為了可進行多台感測器數據比對，將 110 年版本與 111 年版本之固定式感測器皆於 7 月底完成現場安裝，現場布建完工照如圖 4-7 所示。

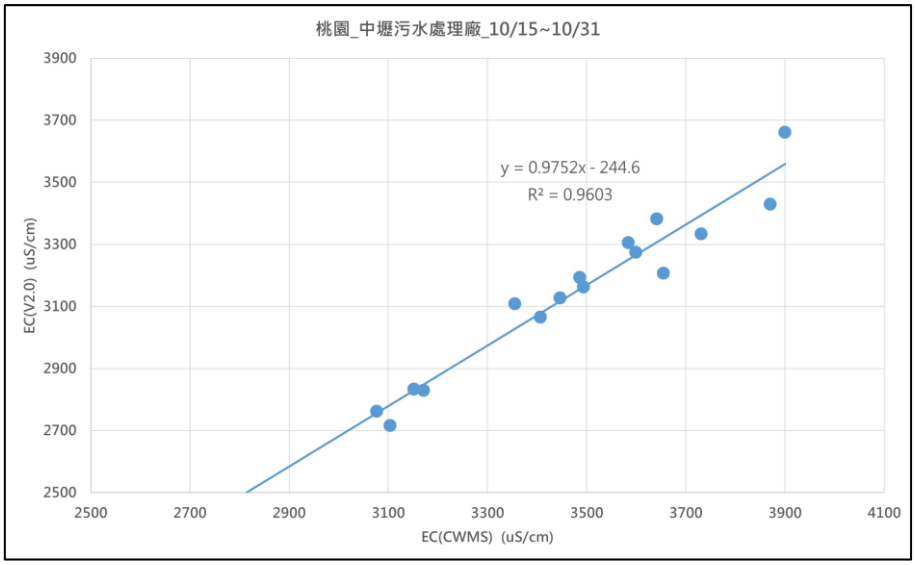


圖 4-5 水質感測器與水質自動監測及連線傳輸系統 CWMS 導電度比對



圖 4-6 華亞科污水處理廠 D01 出流水採樣箱

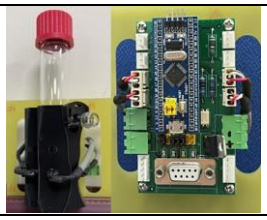


圖 4-7 華亞科污水廠_CWMS 裝機完工照

4. 淨水水質感測驗證

本年度有 3 臺固定式水質感測器用於淨水廠，提供汛期高濁度感測應用。本工作項持續與台灣自來水公司合作，執行長時間固定式感測器餘氯及濁度感測值及商用設備比較如表 4-1。

表 4-1 固定式感測器餘氯及濁度感測值及商用設備比較

設備 項目	本計畫開發設備	國產濁度傳統分析儀器 TC-7100-RS	進口濁度傳統分析儀器 HACH 1720E	濁度檢測設備	國產設備整合進口濁度感測器
圖式					
代表廠商	ITRI	上泰	HACH 開創水資源	MERCK / HACH	上泰/今日/開創
測定原理	光學頻譜& 演算法	光學法	光學法	光學法	光學法
量測方式	散射 90 度 穿透 180 度	散射 90 度	散射 90 度	散射 90 度	散射 90 度
價格 (單位： 仟元)	<70	100	250	100	250
優點	即時光譜分析 具自動清洗功能 具參考光源 建置成本較低	即時分析 具自動清洗功能 背光 LCD 面板設計	標準方法 即時分析 濕度環境耐受高	精確度高	即時分析 濕度環境耐受高
缺點	需利用短時間建立與修正資料庫及演算法	單一量測 建置成本高	單一量測 建置成本高 耗材成本高	單一量測 非即時分析	建置成本高 耗材成本高

本工項目前於淨水廠三處各安裝了 1 臺模組優化後的濁度固定式感測器，從頭前溪原水端至淨水廠內沉澱池順序安裝設備，分別為頭前溪取水口(新竹一二淨水廠取水口 R_1)、淨水廠內入廠原水之(新竹一二淨水廠前處理 T_3)、淨水廠內沉澱池(新竹第二淨水廠 T_4)，布建概況如圖 4-8、圖 4-9 與圖 4-10，藉以觀察濁度感測趨勢。



圖 4-8 新竹一二淨水廠取水口 R_1 布建概況

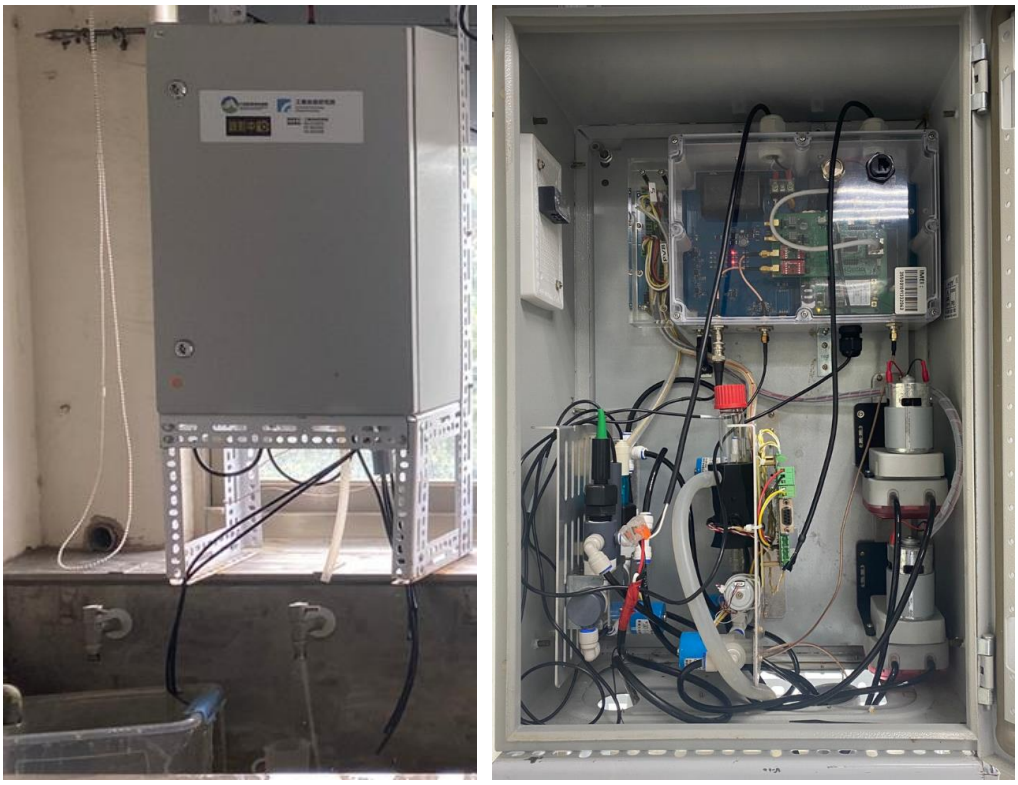


圖 4-9 新竹一二淨水廠前處理 T_3 布建概況

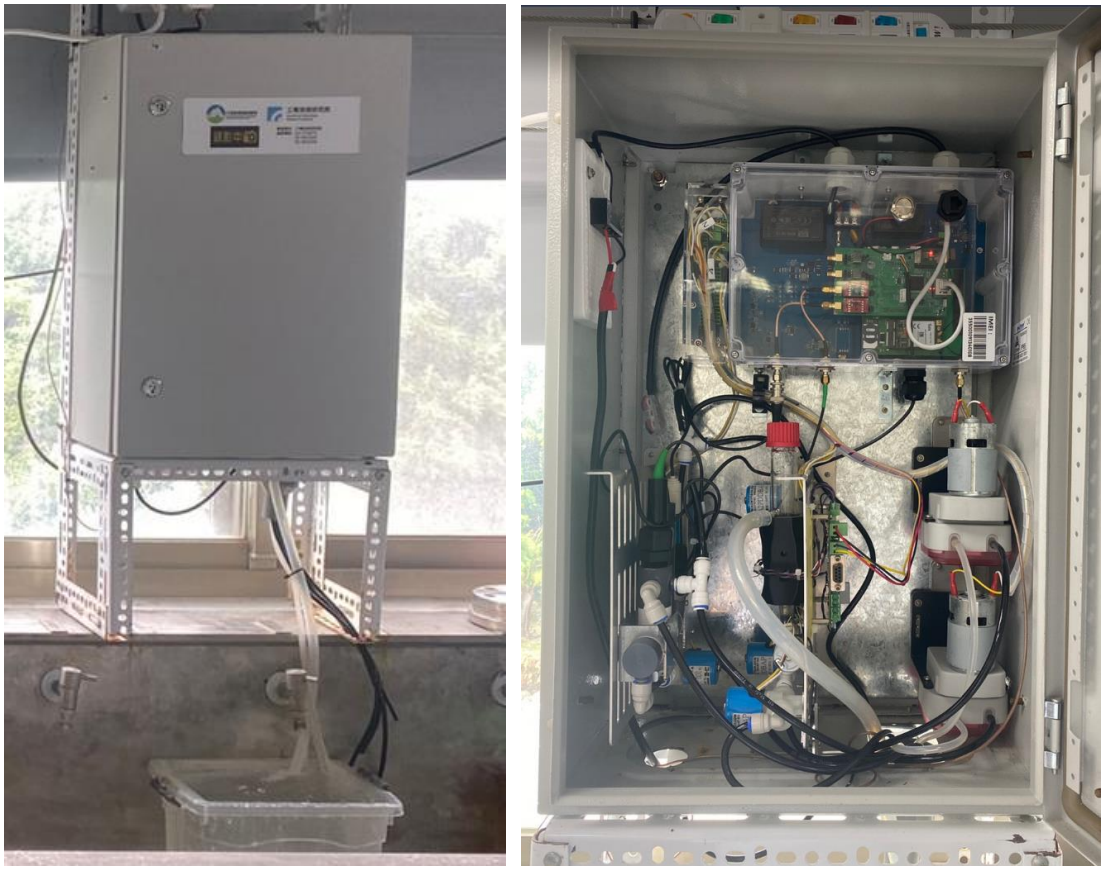


圖 4-10 新竹第二淨水廠 T_4 布建概況

5. 民生/工業混合污水處理廠

將本年度精進之固定式電化學感測模組投入準確性與穩定性驗證，考量測試中感測器調整校正之頻率，因此將感測器規劃安裝在工研院光復院區污水廠以利研究團隊操作與驗證，污水廠之民生/工業混合污水處理如圖 4-11。現地連續監測式電化學感測器設計標的為預警放流水中重金屬濃度，本工項於 7 月時將電化學感測器安裝在放流水口，如圖 4-12。

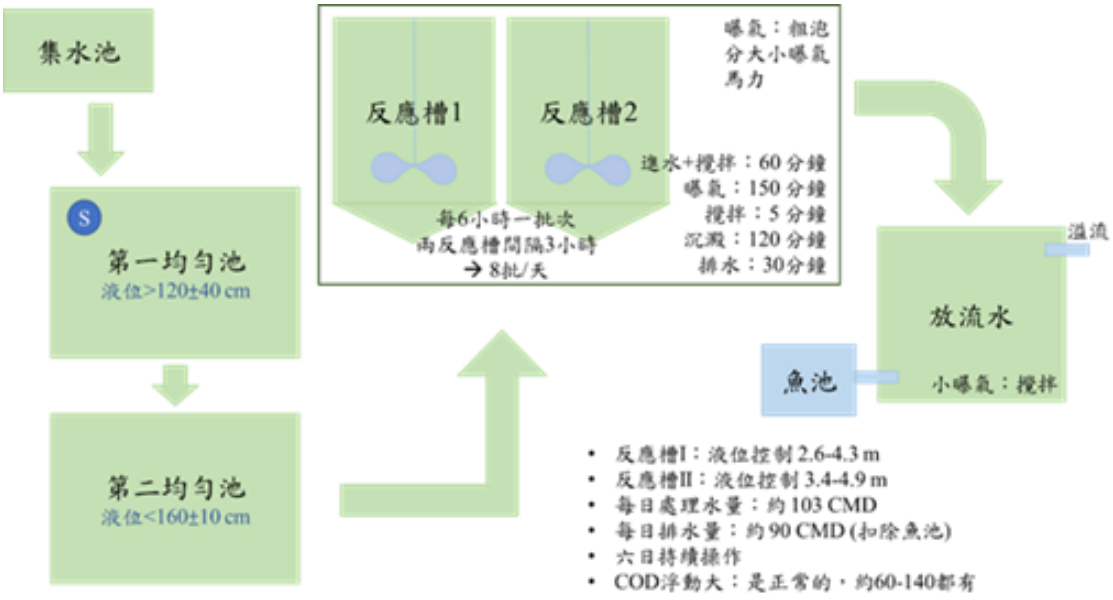


圖 4-11 工研院光復院區污水廠處理單元流程圖



圖 4-12 污水廠處理廠佈建概況

三、 執行成果

(一) 科技廠水質感控

1. 水質背景

本計畫與新竹 PCB 印刷電路板廠合作，於該印刷電路板廠水處理設施架設水質感測器，如圖 4-13 所示，利用 pH、COD 感測數據控制 NaOH 加藥頻率，調整至目標 pH 水質。本工作採集 3 次比對布建場域水質背景，如表 4-2 所示。相較於潛勢污染如河川、

農田溝渠等，污水處理設施污水濃度高低不穩定，以 3 次進流水採樣來看 pH 有 2.4 至 9.8、COD 則有 231 mg/L 至 658 mg/L、銅濃度為 99mg/L 至 297mg/L、懸浮固體 719 mg/L 至 1,510 mg/L。出流水部分 pH 有 7.2 至 8.4、COD 則有 97 mg/L 至 180 mg/L、銅濃度為 0.27 mg/L 至 1.2 mg/L、懸浮固體 41.7 mg/L 至 62.8 mg/L。



圖 4-13 水處理設施水質感測器布建

表 4-2 固定式感測器安裝於 PCB 印刷電路板廠

日期	**111 年 3 月 14 日**		**111 年 10 月 18 日**		**111 年 11 月 9 日**	
項目	進流	出流	進流	出流	進流	出流
酸鹼值	9.8	8.4	2.4	7.2	5.94	7.41
導電度	5,247	5,460	8,480	9,070	7,640	8,680
總化學需氧量	246	106	658	180	231	97
溶解性化學需氧量	112	92.2	-	-	-	-
懸浮固體物	719	41.7	1,510	62.8	-	14
銅	-	-	297	1.2	99	0.27

2. 水質感測器應用在科技水處理設施

水處理設施的水質檢測除了酸鹼值、導電度、溫度外其餘均依據標準方法化驗，大多為 2 小時採集一次水樣，水質感測器則為 20 分鐘一筆，雖提升感測速率約為 6 倍，但對於即時感測立即控制互動性於實務上有差異。

科技場水處理設施進流水的原水懸浮固體、色度、溶解性物質過高，導致 COD 模組之 UV 穿透光被完全吸收為 0，如圖 4-14 所示，無法感測 COD 數值。水處理設施往往不只有 1 道製程，原水內化合物吸光係數不一，依據比爾定律(Beer–Lambert law)濃度與吸收度成正比，水處理廠高濃度原水之吸收度為 5-8 倍，不同原水會導致吸收倍率會變動，使得感測數值跳動。

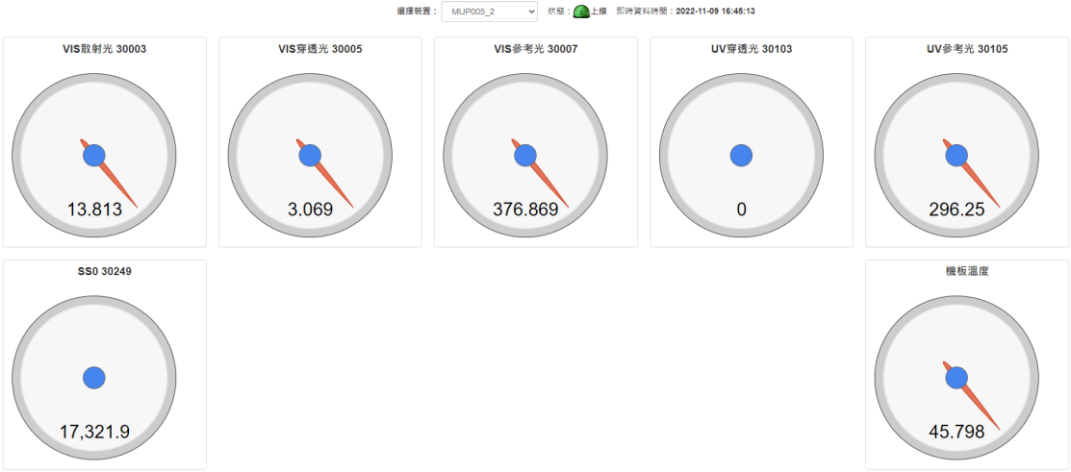


圖 4-14 水處理設施進流水懸浮固體物過高導致穿透光為 0

相較於進流的原水，水處理設施後的放流水懸浮固體較低，COD 感測數值相對準確，感測結果如圖 4-15 至圖 4-18 所示。故本計畫之固定式水質感測器所應用之產業化空間相對適用處理後納管前的污水。

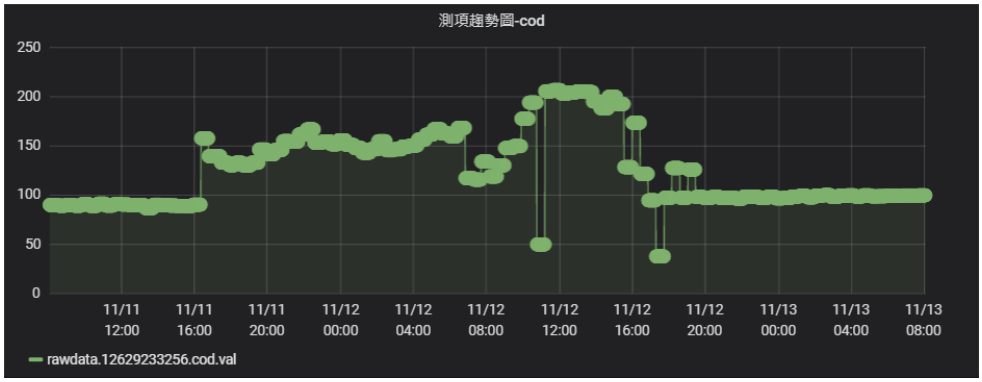


圖 4-15 水處理設施放流水 COD 感測

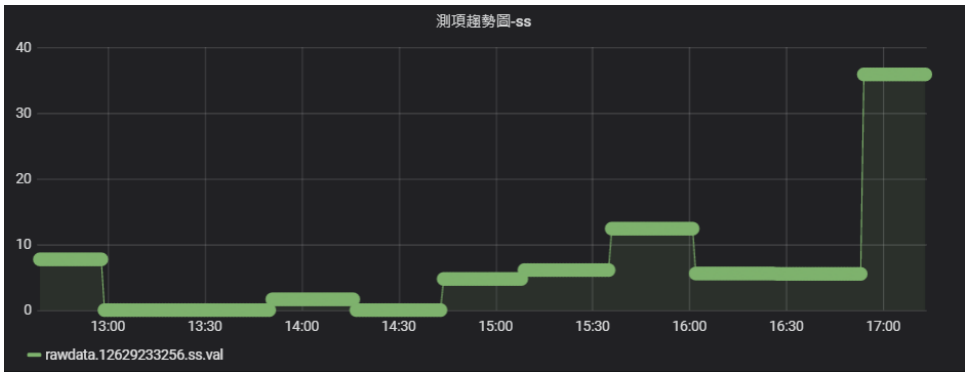


圖 4-16 水處理設施放流水 SS 感測

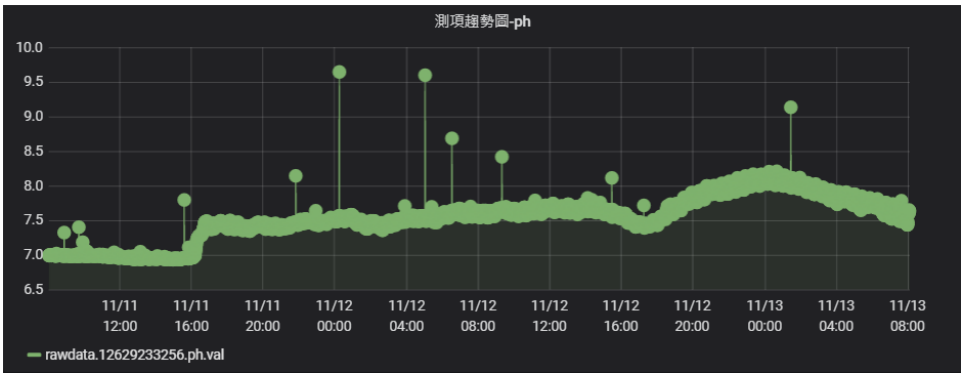


圖 4-17 水處理設施放流水 pH 感測

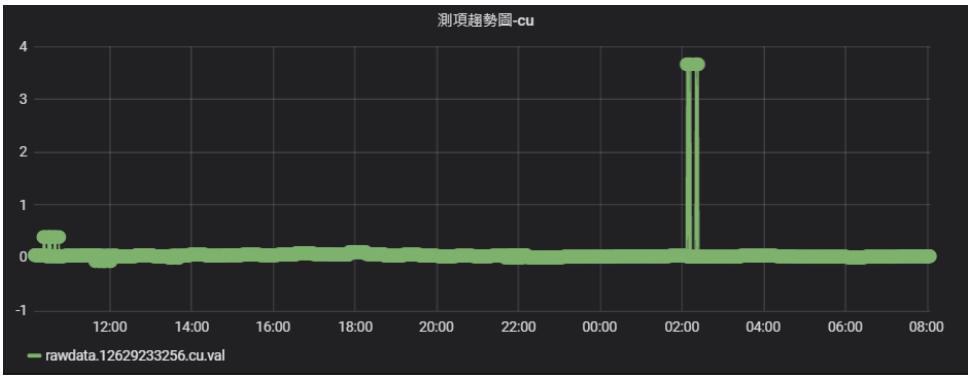


圖 4-18 水處理設施放流水 Cu 感測

(二) 水產養殖感控

1. 水質背景

水質感測器應用在水產養殖感控部分，利用氧化還原電位、溶氧搭配控制系統調整鼓風機曝氣裝置。本工作採集 3 次比對場域水質背景如表 4-3 所示。

表 4-3 固定式感測器安裝於水產養殖感控

項目	9 月 30 日	10 月 11 日	10 月 25 日
酸鹼值	7.33	9.53	7.96
導電度	3,861	4,269	4,231
溶氧	8	8.6	4.68
溫度	29.28	22.5	23.9
氧化還原電位	280	266.5	326.2

2. 水質感測器應用在水產養殖感控

(1) 水質感測作業

每分鐘感測傳輸紀錄養殖水池情形，可觀察到養殖水池因含藻類，在中午時水中溶氧上升氧化還原電位 ORP 上升，夜間耗氧增加氧化還原電位 ORP 下降，如圖 4-19、圖 4-20 所示。

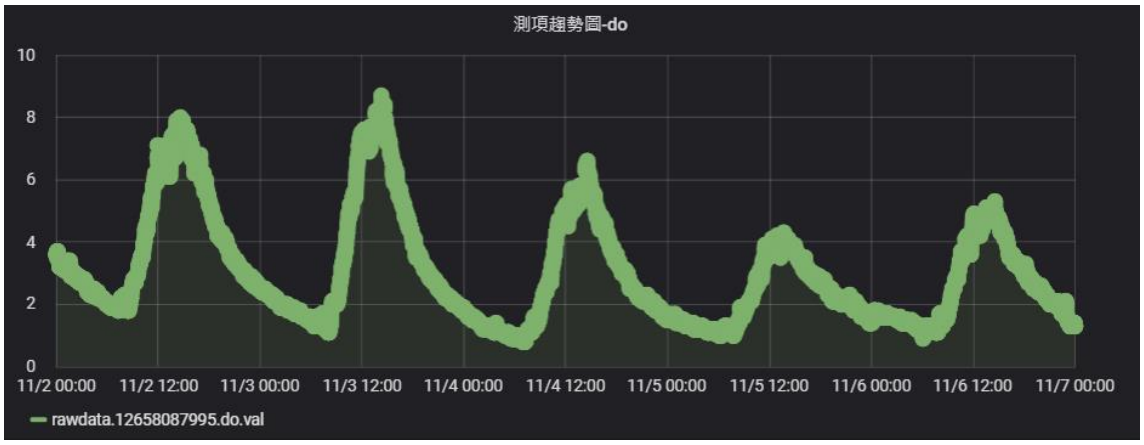


圖 4-19 水產養殖感控溶氧感測

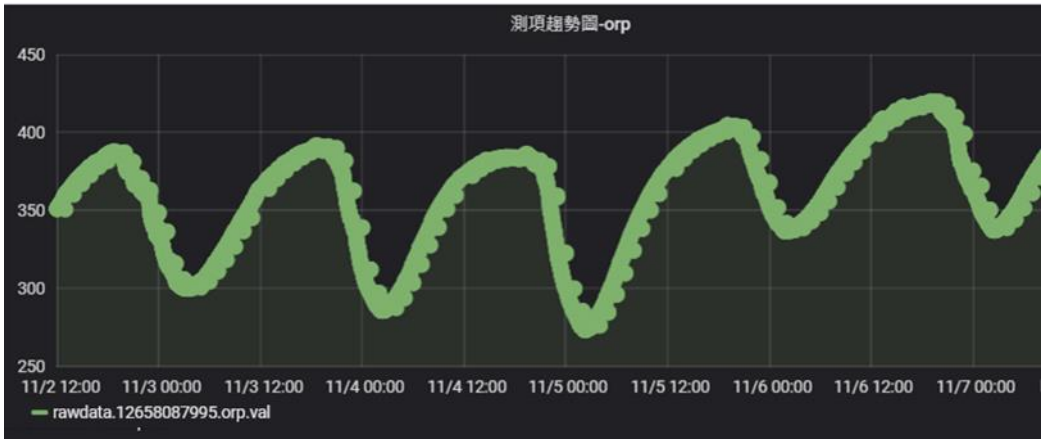


圖 4-20 水產養殖感控氧化還原電位感測

(2) 微型能管系統

水質感測器為記錄水質情形無法控制與施以命令，結合 PLC 程序如時間器 Timer 或微型能管系統，可設定數值上下閾值，作動鼓風機或水泵，如圖 4-21、圖 4-22 所示。

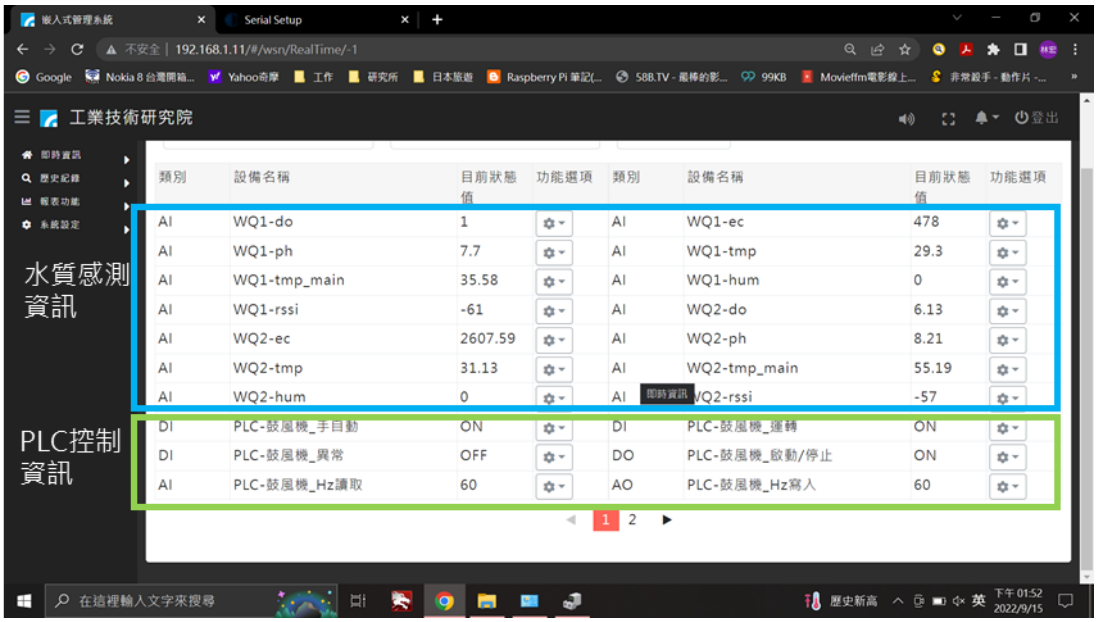


圖 4-21 微型能管系統畫面圖

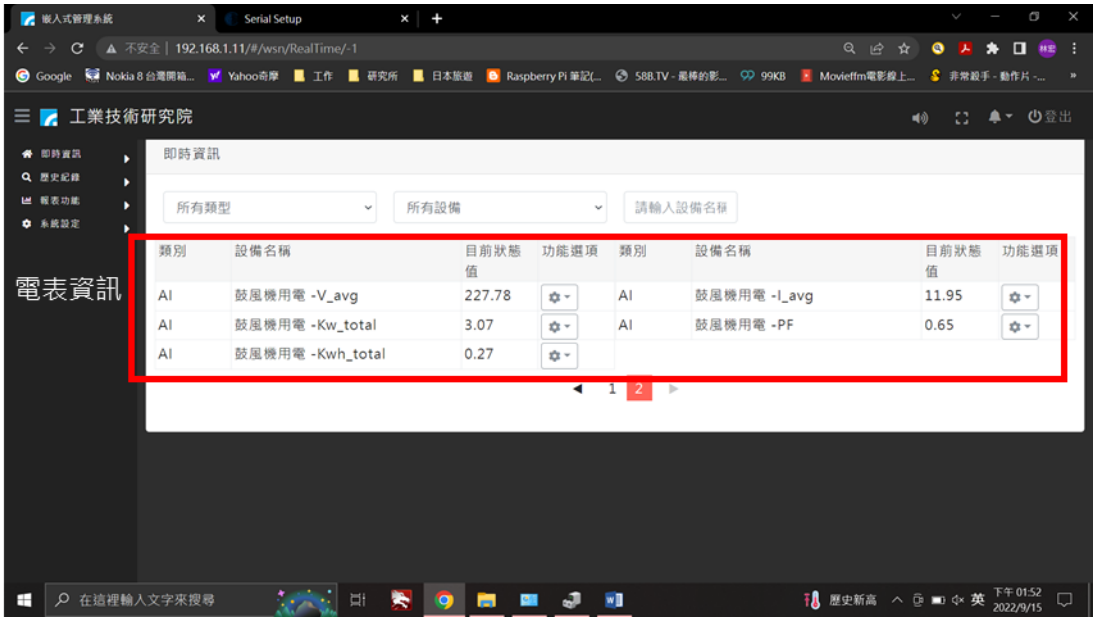


圖 4-22 微型能管系統鼓風機作動圖

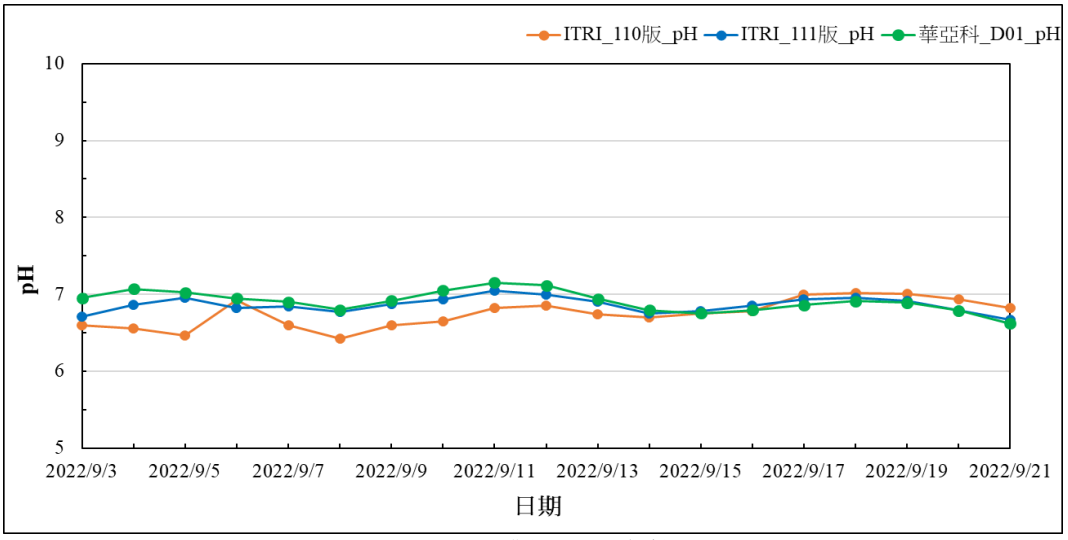
(三) CWMS 水質連續自動監測

本計畫研發之固定式水質感測器與CWMS之數據進行長時間(9/3~9/21)平行比對，比對結果如圖 4-23。

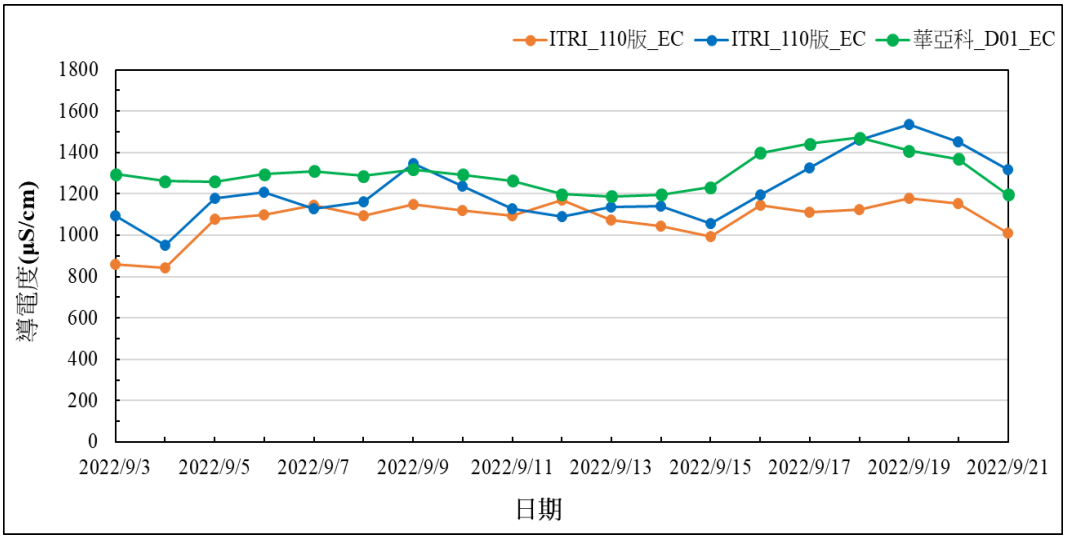
在酸鹼度、導電度、溫度的比對上，110 年與 111 年分別採用實驗室等級與工業用規格之市售優良電極，於華亞科污水廠放流水與其CWMS感測數據比對三種水質感測設備皆有良好的量測趨勢，但 110 年選用之實驗室等級電極偏差狀況較 111 年之工業用規格明顯，推測應為實驗室規格之環境耐受性與使用長效性較工業規格等級侷限與短期，但此偏差狀況仍可透過電極校正達到準確且穩定之感測數據。

而化學需氧量為計畫團隊所開發之小型化光學模組，110 年版之固定式感測器上持續使用 108 年產出之小型化 COD 光學模組，此模組未導入當光源強度偏差或衰弱時，造成量測偏差的自動修正補償運算機制。因此 110 版固定式感測器之 COD 量測數值較華亞科 CWMS 略為低估之現象，但整體比對誤差小於 20 mg/L 或 30%以內。111 年固定式感測器則搭配第二章節所述管狀雙光源多

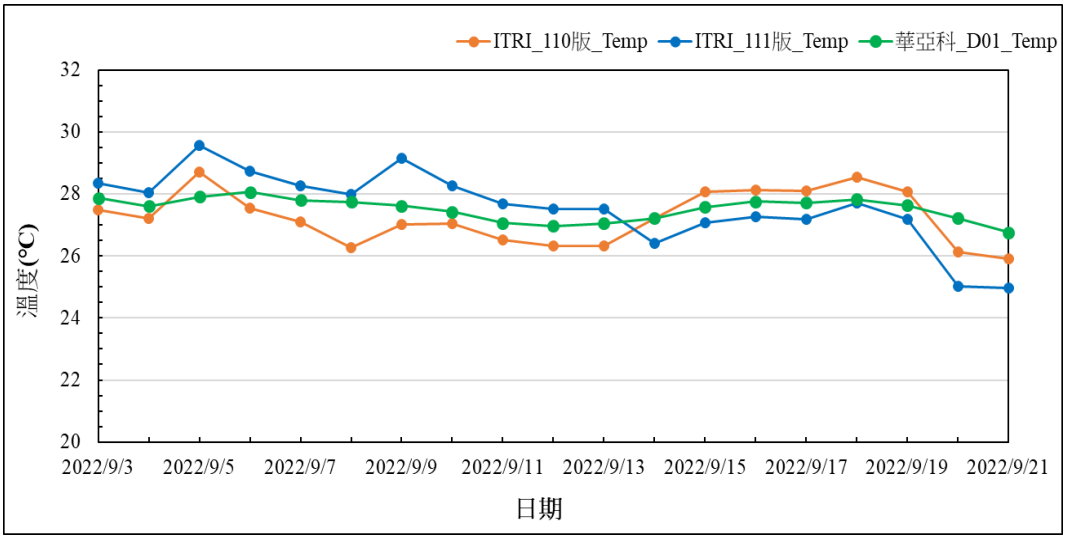
光偵測器之光學感測模組，此模組除了具較大樣品槽以外，也具備多光偵測器可針對懸浮顆粒物之干擾進行運算扣除之功能，加上固定式設備之控制程序可定期注入低濃度酸洗液於玻璃槽中，達到清洗樣品槽與延長因生物膜附著，進而提高量測準確性與人力清洗頻率。



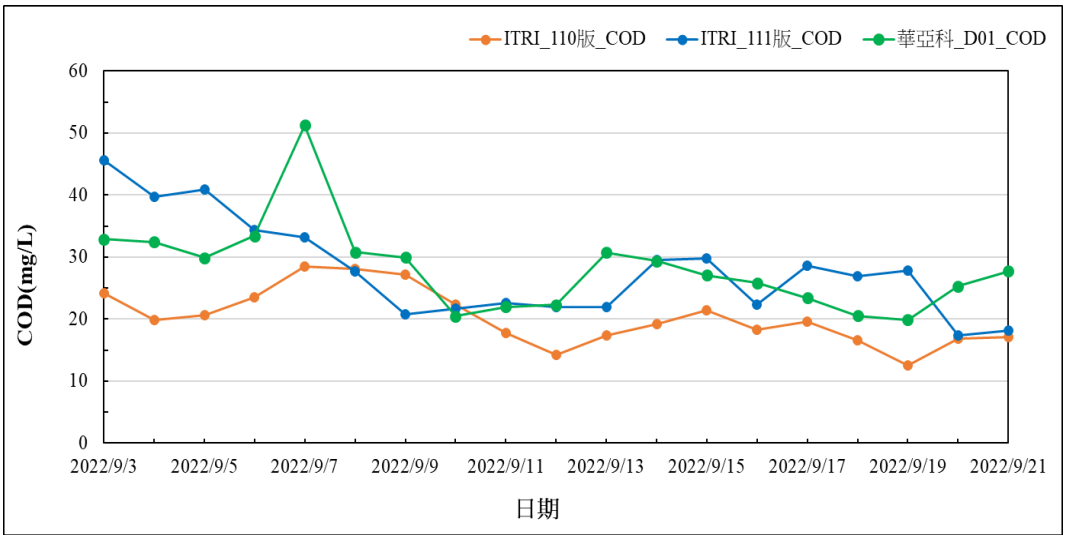
(a) pH 比對(日平均值)



(b) 導電度比對(日平均值)



(c) 溫度比對(日平均值)



(d) COD 比對(日平均值)

圖 4-23 水質感測器與華亞科污水廠水質自動監測及連線傳輸系統 CWMS 比對

(四) 淨水水質感測驗證

圖 4-24 為雨量與頭前溪取水口至淨水廠內沉澱池之固定式感測器濁度感測值關係。當降雨時，由於溪水較為混濁，在頭前溪原水端所測得的濁度較高，隨著時間進入淨水廠內原水至沉澱池逐漸降低。降雨時，頭前溪取水口感測最高至 100 NTU，廠內原水約為 30 NTU，沉澱池約為 6 NTU;當無雨時，固定式感測器濁度感測值隨時間逐漸降低，平均濁度背景值在頭前溪取水口約為 5.5 NTU，廠內原水約為 2.8 NTU，沉澱池約為 1.5 NTU，如圖 4-25。

圖 4-26 為淨水廠內在沉澱池固定式感測器(新竹第二淨水廠 T_4)濁度感測結果，每日 8:00~9:00 會有高值約 10~50 NTU，經與廠內人員確認，每日早上會有人員去做槽體的清洗維護，因此沉澱池會有擾動導致濁度升高，由此可知濁度感測模組有一定的感測水準，當水質濁度升高時，也可反應其趨勢。

因水廠濁度儀器 SWAN 較為老舊，水廠人員反應準確度僅供參考，遂以採水方式經由第三方檢測做固定式感測器之濁度感測值確認，於第一至三期感測器比對查核結果，絕對誤差於 10 NTU 以內，如表 3-7 至表 3-15，符合數據品質滿意度判定。

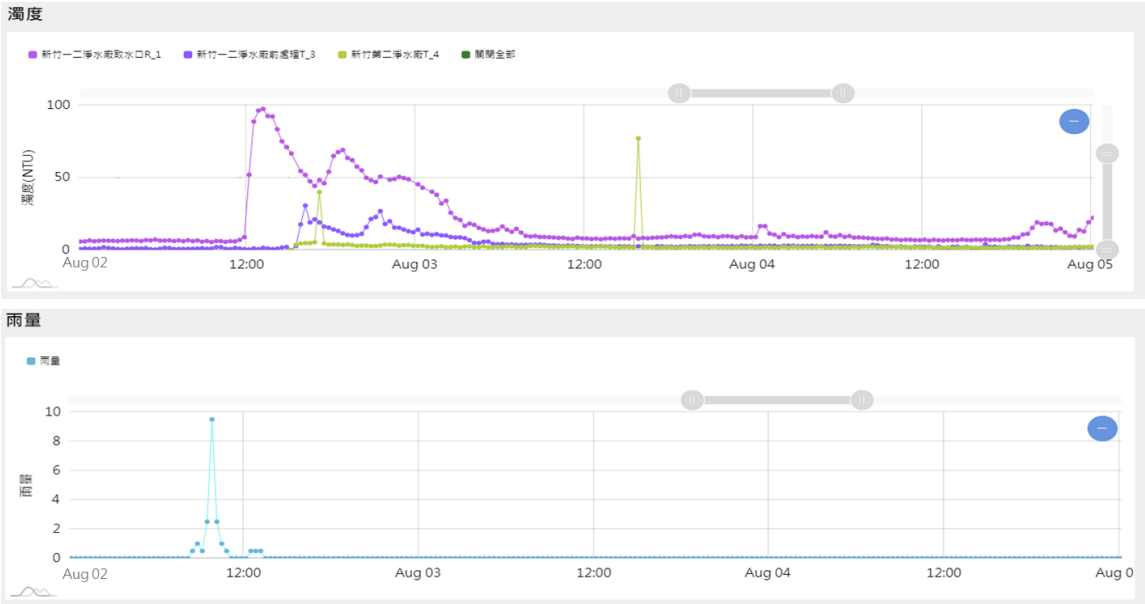


圖 4-24 雨量與頭前溪原水端至淨水廠內沉澱池之固定式感測器濁度感測值關係

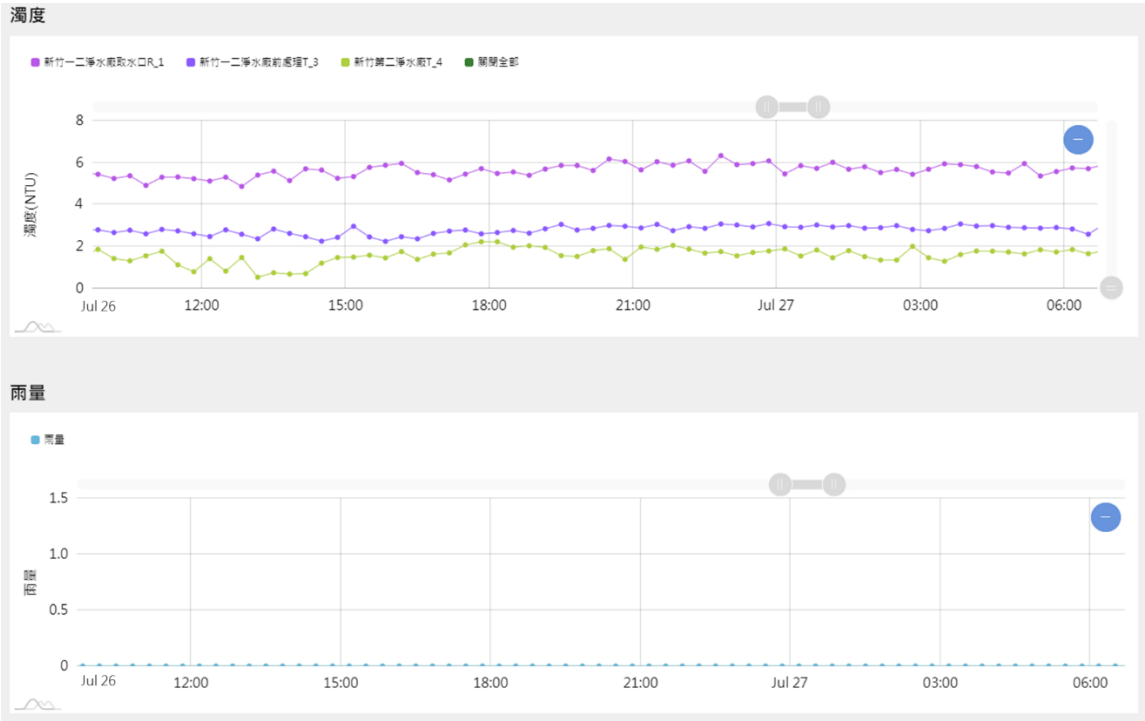


圖 4-25 無雨時與頭前溪原水端至淨水廠內沉澱池之固定式感測器濁度感測值關係

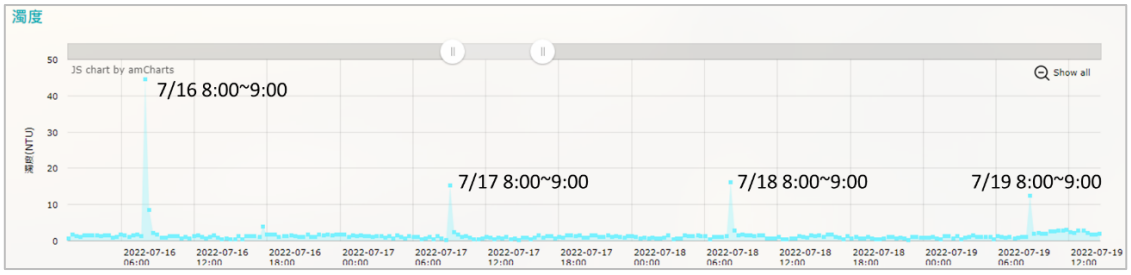


圖 4-26 淨水廠內沉澱池之固定式感測器濁度感測值

(五) 民生/工業混合污水處理廠

本計畫於工研院光復院區污水廠架設本年度精進之固定式電化學感測模組，背景水質平均約為 pH 5.5-7.0、導電度 400-800 μS/cm、COD 50-200 mg/L、懸浮固體 10-50 mg/L，並於架設水前採集 3 次放流水做 ICP 分析重金屬背景水質，如表 4-4 所示。

表 4-4 光復院區污水廠放流水水質

項目	5/18	6/6	6/10
Cd	0	0	0
Co	0.06	0	0
Cu	0.01	0.01	0.03
Mn	0.02	0	0
Ni	0.01	0	0
Pb	0	0	0
Zn	0.02	0.02	0.01

工研院光復院區污水廠原未裝設重金屬感測器，故固定式電化學感測模組感測銅之比對方式為不定期抽樣，以單位內 ICP 儀器做為比對，並抽樣當天銅濃度為抽樣當下之濃度，其餘時間之濃度為當日平均值表示，如圖 4-27。

工研院光復院區污水廠放流水質監測感測比對之誤差值小於 0.03 mg/L。因此場域之水質相對單純，故沒有發生於 2.6 章節所探討之金屬間干擾問題。若水質感測器需建置於水質較複雜之場域，仍需進行感測程序、反應槽等精進改良。

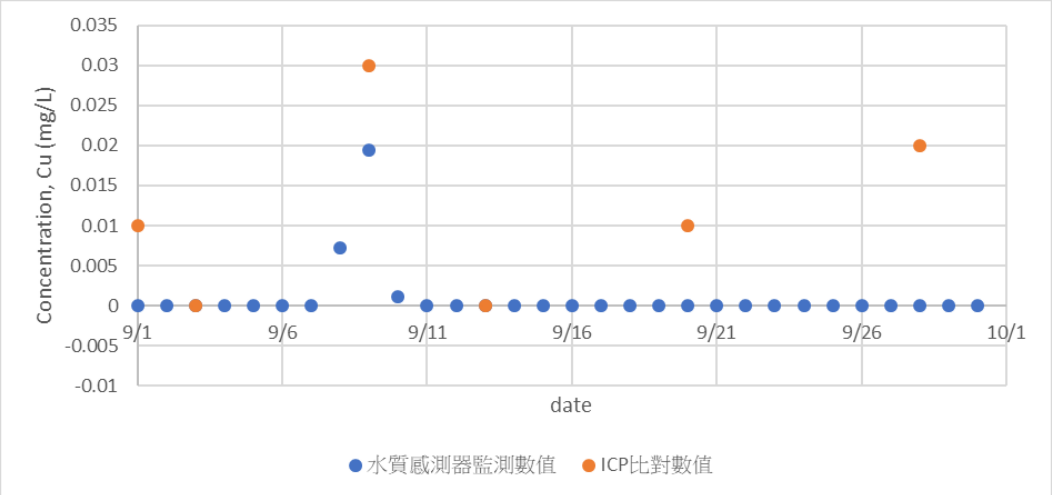


圖 4-27 重金屬銅比對

四、 商品化產品可行性報告

水質感測器應用於民生場域商品化可行分析，包含技術架構說明、感測器及控制器種類評估、技術可行性與成本說明，詳如附件五。

1. 技術架構說明

應用水質感測器商品，以無線或有線方式，結合可程式控制器(Programmable Logic Controller, PLC)與智慧數據電表(Meters)連結控制項目如：水泵、鼓風機、投料機等，完成水質感測與設備控制，辦理水質事件分析、時空異常分析及告警推撥，如圖 4-28 所示。

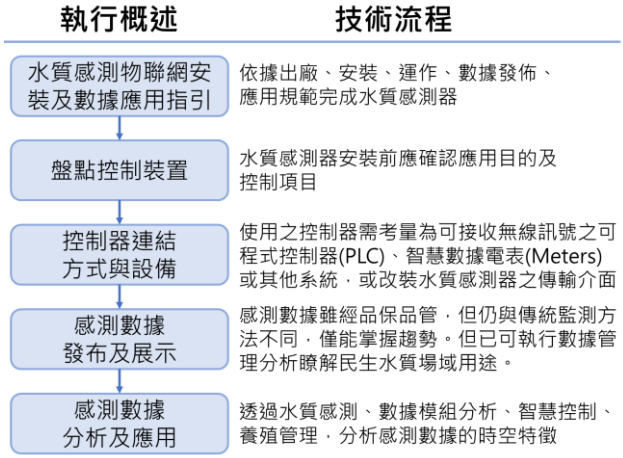


圖 4-28 水質感測應用感控項目技術架構流程

2. 感測器及控制器種類評估

說明提供移動式及固定式水質感測器適合用途與控制器連結方式。

(1) 可程式控制器 PLC

應用數位邏輯控制器用於自動化控制，將控制指令隨時寫入記憶體內儲存與執行，圖 4-29 所示。

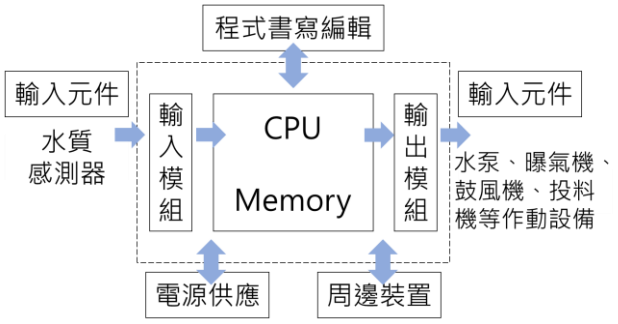


圖 4-29 可程式控制器 PLC 基本結構

(2) 計時器 Timer

固定時間、頻率、時間範圍啟動設備或關閉。

3. 技術可行性與成本說明

(1) 水產養殖感控

水質感測器透過 4G 通訊上傳，藉由具無線數據接收之 PLC 裝置作動控制項目及儀器。透過氧化還原電位(ORP)以及溶氧做為養殖水質優劣先行指標，感控鼓風機曝氣情形，維持 ORP 在最佳範圍採取適當的步驟。

(2) 科技廠水質感控

利用酸鹼值感測數據控制 NaOH 加藥頻率，調整至目標酸鹼值水質。透過 RS-485 送訊息至科技廠污水處理智慧數據電表(Meters)，由原數據電表設定水質閾值，發送訊息至可程式控制器 PLC 作動加藥泵。

污水水質感控著重於準確及即時性，分鐘感測之解析度不符合水質處理反應所需，應感測頻率壓縮至秒值，故建議以實體線路如 RS-485 等連結加藥控制器將感測頻率提升至 10 秒 1 筆，可滿足即時水質監測需求。

(3) 成本說明

水質感測技術結合控制介面非為新穎技術，突破點在於實例經驗、傳輸方式及頻率以及價格。一般水質感測器連結控制能力價格約為 20-40 萬元視控制項目而定，主要成本落在感測器價格。環保署投入之水質感測器可走網路傳輸，大幅降低實體線路工程施作，感測器連結控制能力價格約為 20-40 萬元視控制項目而定。

表 4-5 市面水質感測器及環保署投入之水質感測器控制成本比較

	市面水質感測器	環保署投入之水質感測器
應用實例	民生用與工業用情境不同使用不同設備	高酸鹼、耐候、防水、防撞
應用範圍	依據感測項而定	依據感測項而定
品保品管	無	依據水質感測物聯網物布建及數據應用指引執行
傳輸情形	有線	無線、有線
價格	20-40萬（視控制項目而定）	10-30萬（視控制項目而定）

4. 水質感測器差異化競爭分析(競爭技術比較)

(1) 技術研發競爭力分析

目前國內之水質線上分析設備大多為仰賴進口國外廠商進口，因此相關技術等研發專利皆為國外認證，由於現場量測操作上所面臨情況繁多，進口線上分析設備無法因應所有需求，常需視實際感測情況而進行修改，但修改過程易受到外國專利或設計結構與方式限制，無法提升國內技術門檻，若能有技術團隊協助設備商解決現況與提供方法或新技術演進，並減少與國外原廠的溝通聯繫時效性，將可提昇客戶服務效能與產業獲利。

(2) 成本競爭力

由於國內常使用線上儀器多為歐洲與日本進口，其成本也居高不下，一般業者、小型污水處理廠甚至未來大規模的流域

布建較無法負擔此費用，形成普及率不高的情況，因此一般仍維持傳統分析儀器檢測方法，但由於傳統分析耗時且無法即時檢測 COD、SS 與重金屬，亦無法立即針對系統狀況做出即時反應與即時掌握水質變化，進而採取有效因應措施。若能大幅降低產品成本或開發本土化產品，並具有即時感測之資訊，可打破目前產品多為國外市場所壟斷之現況，此外也可提昇設備商獲利能力，產業將更具銷售優勢。

(3) 水質感測器開發部分

目前設置於現場之水質感測器，從感測方法來看，大部分多採接觸式，其設置惡劣環境易造成感測器損壞及品質不穩定，故維護方面需定時清理或更換。從感測方法來看，若設備需加藥方式感測，其必需定期更換加藥物，對於感測後水樣必需進一步處理，不僅需額外維護及藥材費用且增加環境上負荷；從感測項目來看，大多數感測器僅有單一水質感測項目，缺乏整合多水質項目之感測。從感測功能來看，除利用電極感測方式外，一般感測器都需反應及感測時間，無法即時提供感測之水質資訊，失去水質自動感測之目的。因此，本計畫利用朝向「體積小」、「耐用」、「維護容易」及「低成本」的方向，開發可應用於大規模區域水質感測之即時線上水質感測技術，在技術開發原理部分以目前較新穎之技術為主，感測器開發包含電化學法與光學分析法等，設備最小化則以微流道技術為主，本計畫所開發之感測器可適用之範圍與市售商品之比較如表 4-6~表 4-9 所示，並細部分析如下：

A. 線上即時餘氯分析設備之比較

(A) 餘氯檢測方法多採用比色法(colorimetric method)，其雖操作簡單、易於攜帶，但應用於本計畫仍有多項限制，如：精準度低、分析結果受水中其他物質所干擾、廢液具致癌風險等。

(B) 碘量法(iodometric titration)應用於餘氯之分析時，雖具有高精準度之優點，但其操作環境條件較為侷限，亦不適用於餘氯濃度低於 1 mg/L 之水樣，此外此法往往需於實驗室中進行，較無法應用於本計畫之現場即時感測之用途。

(C) 市售之電極法-安培法 (amperometric)餘氯檢測計其雖偵測範圍廣、精準度高，但水中若高電活性物質時易造成電流高估而致偵測誤差。而本計畫所研發檢測技術為以電極法為基礎，結合微分脈衝伏安法，因其操作簡單、精準度高，且可搭配多成分定性定量演算法之開發，故預期將可研發出一具高度應用之產品，以應用於現場線上即時感測之範疇。

表 4-6 餘氯分析方式之比較

項目 \ 設備	本計畫	市售電極法	比色法/分光光度計	
			OT	DPD
圖示				
代表廠牌	ITRI	CLEAN/SWAN	第一化工	Advantec/HACH
測定原理	伏安法/安培法	三電極式	氧化還原/比色法	氧化還原/比色法
量測方式	實驗室/攜帶式 連續/批次式	實驗室/攜帶式 批次式/連續式	實驗室/攜帶式 批次式	實驗室/攜帶式 批次式
價格	15-20萬 (維運耗材成本另計)	15-25萬 (維運耗材成本另計)	分光設備20-100萬 (比色藥品另計) (委外分析 1000元/個)	
測量干擾	搭配緩衝溶液可有效降低水溶液環境干擾	為兩點校正，容易受到水溶液環境影響	色度、氧化劑、濁度、硝酸鹽	氧化劑(錳)、還原劑(有機硫化物)、溴/碘離子、銅、濁度、色度、鉻酸鹽
優點	◎可整合多測項 ◎即時分析 ◎緩衝液環境無害 ◎連續線上量測 ◎可現址安裝 ◎具遠端監控平台	◎ 適用檢測範圍及環境較寬 ◎ 可現址安裝及量測，易於操作	◎ 操作簡易 ◎ 方便攜帶 ◎ 具市售隨身型指示劑，可快速目測判定	◎ 操作簡易 ◎ 具市售攜帶型設備 ◎ 精確度高
缺點	◎需添加藥劑 ◎需前處理	◎ 水中溶氧等電活性物質會影響量測電流 ◎ 因測量過程中為施加固定電壓，難以量測背景電流 ◎ 設備仰賴進口	◎ 不適用於餘氯高於10 mg/L之水樣 ◎ 精準度低 ◎ OT屬可能致癌物質 ◎ 廢液處置問題	◎ 不適用於高濃度餘氯檢測 ◎ 易受水質影響 ◎ 因DPD氧化之最終產物為無色，故水樣添加DPD後應盡快進行比色分析 ◎ 廢液處置問題

B. 濁度線上自動分析設備

(A) 目前國際通用之濁度法規標準為 USEPA 180.1 與 ISO 7027，其設計原理均以散射 90 度為主，採用的光源則以可見光(400-600 nm)及近紅外光(850-870 nm)為主流，搭配不同的電極來完成不同濃度的測定；目前國際採用之濁度單位以 NTU 與 FTU 為主，在大部分的文獻中均認為兩者具有高度相關性。

(B) 目前國產與進口的線上自動感測濁度設備均有，但大多採用電極式感測，在考量清洗的需求下，針對較為複雜水質的感測上，電極容易被生物膜附著影響感測之準確性。

(C) 本計畫長期規劃之產品，預期可具備多重光源(VIS/NIR)並搭配水質多成分定性定量演算法，可即時扣除複雜水體之干擾物質如：色度等；另外，汲取水樣感測與具備參考光源之設計，可同時提高清洗效率與光源穩定度，搭配本團隊原有針對光學與系統之微型化技術，可達到低成本、體積小與線上即時感測之目的。

表 4-7 濁度分析方式之比較

設備 / 項目	本計畫 長期規劃	USEPA Method 180.1	ISO 7027	國產濁度傳統 分析儀器 TC-7200-RS	進口產濁度傳統分析 儀器 HACH 1720E
測定原理	光學頻譜& 演算法	光學法	光學法	光學法	光學法
量測方式	散射90度 穿透180度	散射90度	散射90度	散射90度	散射90度
量測波長(nm)	VIS/NIR	400-600	850-870	符合Method 180.1	符合Method 180.1
光徑(m)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
即時監測	可	-	-	可	可
添加藥劑	無	無	無	無	無
1.價格 (單位：仟元)	<50	-	-	100	250
2. 量測項目	Turbidity & SS	Turbidity	Turbidity	Turbidity	Turbidity
3.商品競爭力	◎同時監測兩項 ◎即時光譜分析 ◎具自動清洗功能 ◎具參考光源 ◎建置成本較低	-	-	◎單一量測 ◎即時分析	◎單一量測 ◎即時分析 ◎建置成本高 ◎需耗材成本

C. 線上即時重金屬分析設備之比較

(A) 目前 ICP、AA 設備無法應用於本計劃之限制有下述幾點:(1)建置成本高:目前 ICP 與 AA 等重金屬分析儀，大多仰賴國外進口，除安裝與維護成本居高不下(均超過 100 萬以上)，同時亦需搭配購買原廠水質資料庫才可進行分析；(2)無法現地即時分析:儀器建置於實驗室內，無法於現地進行即時的污染物感測；(3)耗時費力:分析儀器需要人力進行前處理、上機分析與數據整理；此外，若以原子吸收光譜法進行重金屬分析，每次僅分析一種重金屬，較為耗時費力。

(B) 市售光學法與電化學法具有下述幾點限制，故無法應用於本計劃:包含(1)無法即時分析:目前大多以加藥比色法進行分析，需要加藥反應時間，並非即時感測；(2)操作成本高:需要額外添加大量藥品，除了化學藥品的成本增加外，同時需要有廢液處置成本等問題；(3)現場安裝費用昂貴:市售重金屬分析儀器，若要定點連續感測多種重金屬，則安裝的體積十分龐大，以市售的電化學離子選擇性電極為例，單一電極僅能偵測單一金屬種類，對於成分複雜水源需同時擴充電極數量，造成初設成本增加及使用不便。

(C) 本計劃所開發的電化學感測電極，具有可偵測多種金屬特性、穩定性佳、可有效降低生物積垢並延長使用壽命等有優點，同時亦具有設備體積小且操作成本低等優勢。

表 4-8 重金屬分析設備之感測方式與比較

項目 \ 設備	本計畫	ICP	AA	市售光學法	市售電極法	
圖示						
代表廠牌	ITRI	Agilent	SpectraA	Hach	Cole-Parmer	Modern Water
測定原理	伏安法	原子發射光譜法	原子吸收光譜法	光學比色法	離子交換	伏安法
量測方式	實驗室/攜帶式 連續/批次式	實驗室 批次式	實驗室 批次式	實驗室/攜帶式 批次式	實驗室/攜帶式 批次式	實驗室/攜帶式/ 批次式
價格	15-20萬 (維運耗材成本另計)	2500萬 (1000元/1-3元素每單一水樣)	1200萬 (1000元/1-3元素每單一水樣)	20-100萬 (比色藥品另計)	8-15萬 (藥劑另計)	400-800萬 (藥劑另計)
測量干擾	酸鹼、金屬離子	精確度高	精確度高	酸鹼、金屬離子 、含色度水樣	酸鹼、金屬離子	酸鹼、金屬離子
優點	◎同時監測多項 ◎即時分析 ◎緩衝液環境無害 ◎建置成本較低 ◎可線上量測 ◎可現址安裝	◎同時監測多項	◎無添加藥劑	◎操作簡易 ◎方便攜帶	◎操作簡易 ◎方便攜帶	◎可線上量測 ◎可現址安裝 ◎同時監測多項
缺點	◎需添加藥劑 ◎需前處理	◎建置成本高 ◎需前處理 ◎需人力操作 ◎無法線上量測 ◎無法現址安裝 ◎需通氣體	◎建置成本高 ◎需前處理 ◎單一重金屬分析 ◎需人力操作 ◎無法線上量測 ◎無法現址安裝	◎無法即時監測 ◎現場安裝貴 ◎需添加藥劑 ◎廢液處置問題	◎無法即時監測 ◎現場安裝貴 ◎汞污染問題 ◎需添加藥劑 ◎廢液處置問題	◎需添加藥劑 ◎廢液處置問題 ◎現場安裝貴

D. 線上即時 COD/SS 分析設備之比較

(A) 目前 COD 與 SS 設備如需同時具備線上安裝與即時感測功能，大多需要仰賴進口商提供之設備(ex:今日儀器提供之 S::CAN)，但其安裝成本居高不下(均超過 100 萬以上)，且需搭配購買原廠水質資料庫，方可在較短時間內訓練完成，但其亦不能感測較複雜之水質，大多花了很高之購置成本僅能放在放流口感測(即時但低濃度)。

(B) 傳統水質利用化學氧化法雖然可偵測較高之濃度，但是其需要加藥反應時間(1-2hr)，並非真正即時感測，建置成本一樣會達到 80-150 萬，且需要許多的後續維護與加藥成本 (可偵測高濃度但非即時)。

(C) 本計劃開發的光學感測元件，除擁有微型光譜之技術自主性可降低產品成本外，搭配多成分定性定量演算法的開發，具有可偵測多種水質成分、即時感測性高、具有設備體積小且操作成本低等優勢。

表 4-9 COD&SS 分析設備之感測方式與比較

項目 \ 設備	本計畫 開發設備	國外COD 線上即時監測	國內COD 線上整合儀器	COD 線上傳統量測	COD 傳統分析儀器
圖示					
代表廠牌	ITRI	S::CAN Xylem	開創水資源	無	無
測定原理	光學頻譜& 演算法	光學法	光學法	化學氧化法	化學氧化法 光學比色法
量測方式	實驗室/攜帶式 連續/批次式	連續式	連續式	批次式	實驗室 批次式
價格(單位：仟元)	100-150	1,000	200	800~1,500	500
優點	●同時監測兩項以上 ●即時光譜分析 ●具自動清洗功能 ●可線上量測 ●可現址安裝 ●無藥劑成本 ●建置成本較低	●同時監測兩項以上 ●即時分析 ●無藥劑成本 ●可線上量測 ●可現址安裝	●即時分析 ●無藥劑成本 ●可線上量測 ●可現址安裝	●標準方法 ●可線上量測 ●可現址安裝	●標準方法
缺點	●需利用短時間建立與修正資料庫及演算法	●需利用短時間建立與修正資料庫及演算法 ●建置成本高	●需利用短時間建立與修正資料庫及演算法 ●建置成本高	●單一量測 ●體積龐大 ●建置成本高 ●須藥劑成本 ●耗時(>2hr)	●建置成本高 ●須藥劑成本 ●耗時

5.競爭力五力

(1) 來自買方的議價能力

環保署技轉的水質感測器販售價格具競爭力且經品質把關，依據過去使用經驗其應用在環境議題使用者有較多的信心。且水質感控裝置為專業技術商品，買方的議價能力低。環保署投入之水質感測器具有無線感測功能部分設備亦提供有線連線方式，購買者具有垂直整合其他控制項目能力。

(2) 來自供應商的議價能力

環保署投入之水質感測器具有無線感測功能部分設備亦提供有線連線方式，供應商具有垂直整合其他控制項目能力。

(3) 來自潛在進入者的威脅

水質感測器控制系統，需要有良好的感測裝置與控制整合能力，市場進入門檻高。在環保署的把關下有 2 家公司完成技轉並生產，在水質感測市場上本產品有技轉及專利。故後續整合推行水質感控商品對新進入的威脅者高具優勢性。

(4) 來自替代品的威脅

水質感控市場非新興市場，普通水質感測碳棒可取得數據結合控制設備設定閾值亦可達到控制目的。但環保署之水質感測器具有嚴格之品質管理故替代品的威脅與取代性低。

(5) 來自現有競爭者的威脅

水質感測設備競爭者眾，但現有之水質感測器多落在單一感測項目如酸鹼值、導電度、氧化還原電位、溫度、溶氧之測量控制。本計畫水質感測為多感測品項綜合閾值設定，品項特殊且重要如化學需氧量 COD、濁度、懸浮固體物 SS，競爭者威脅門檻高。

五、 結論與建議

本計畫運用水質感測器進行控制系統連結與操作，執行數據感測與控制。觀察水質感測與控制作動，整合成成熟商品，收集多樣態感控場景推行水質感測器多元應用場域。由於水質感測器感測範圍關係，建議應用於水處理設施之出流水感控，以免感測水質濃度超標失準，如需應用於原水或未處理之污水則水質感測器應考量加入稀釋功能。養殖漁業應用水質感測器作法成熟，但養殖水體容易滋生藻類及生物膜，容易造成水質感測器失準，故應加強維運及清潔。

4.2 運用固定式水質感測器研析水聯網的空間運用

本項工作主要是利用水質感測器所採得之南崁溪流域水文水質連續監測數據，輸入水質模式進行精確率定驗證，驗證參數可行之後再運用水質模式推估河川水體的晴天及雨天污染負荷，逐步建立水體的涵容能力（Loading Capacity, LC），後續再研擬河川污染改善情境並以水質模式模擬評估，達到輔助決策之目的。根據本項工作規畫時程，1~2 月將建立水質模式與需用參數、3-4 月進行固定式感測器應用區域選點作業、5 月進行固定式感測器現場安裝以及 6~12 月運用感測數據搭配模式，驗證模式可行性等。

本年計畫依據前述規劃時程已完成工作有：(1)模式選定及感測器會勘選點工作，(2)期中完成模式長時間率定驗證，(3)收集與研析連續監測資料，(4)模式初步模擬與驗證。模式選定是以北科大水環中心 2021 年所建立之南崁溪氨氮 WASP 模式為基礎進行後續模擬。感測器設置選點方面，因南崁溪氨氮污染主要集中於中上游及支流東門溪，因此根據 80/20 原則建議固定式感測器設置於大埔橋（上游）、大檜溪橋（中游）及主要支流東門溪等三處。而期中完成長時間率定驗證是以前述南崁溪 WASP 氨氮模式為基礎，進一步根據長期監測資料（2020 至 2021 年）進行模擬，以確認原模式參數是否適用，驗證模擬是以大埔橋為上游邊界，比對中游大檜溪橋之模擬誤差是否可接受。

有關連續監測資料收集方面，自本年 10 月起陸續收集三處固定式測站之連續監測資料，其中水溫、pH、導電度、水位及流量等項目可每分鐘擷取並記錄，而氨氮、COD 與重金屬銅等項目需抽取水量及試驗有一段作業時間，約半小時可試驗 1 次並記錄。而模式模擬方面，以本年 10 月份收集之連續監測資料為基礎，設計三種情境模擬晴雨天之濃度變化，進一步模擬晴雨天上下游濃度變化情形，以驗證污染熱區所在。以下將分別說明各項完成工作。

4.2.1 模式選定及感測器會勘選點

本計畫已選定南崁溪為對象水體，並將以水質模式 WASP 進行各項污染物之模擬，而本計畫之顧問國立臺北科技大學水環境中心於 2021 年以 WASP 建立南崁溪氨氮模式，符合本計畫水質感測器所監測之水質項目，故本次驗證模擬將以先前建立的模式為基礎，重新調整網格及參數。模式建立說明如下：

一、 南崁溪氨氮模式

南崁溪氨氮污染嚴重河段為舊路大橋上游區域以及主要支流東門溪的匯入，故桃園市環保局規劃在東門溪口設置氨氮削減設施，配合南崁溪上游新建置之氨氮削減設施共同處理氨氮污染，達到南崁溪水質改善目的。2021 年為審查前述「東門溪氨氮污染削減設施規畫設計計畫」，而重新以 WASP 水質模式模擬設施設置後之氨氮變化，評估未來將設置於南崁溪上游及東門溪匯流處之氨氮削減設施效益。

(一) 模擬河段網格劃分

原 2021 年南崁溪氨氮模式共劃分為 33 個網格，為與重金屬銅模式整合，本次模擬重新調整劃分為 32 個網格，最上游邊界網格為大埔橋（編號 32），最下游邊界網格為竹圍大橋（編號 1），模擬河段全長約 26 公里，網格配置示意圖如下。

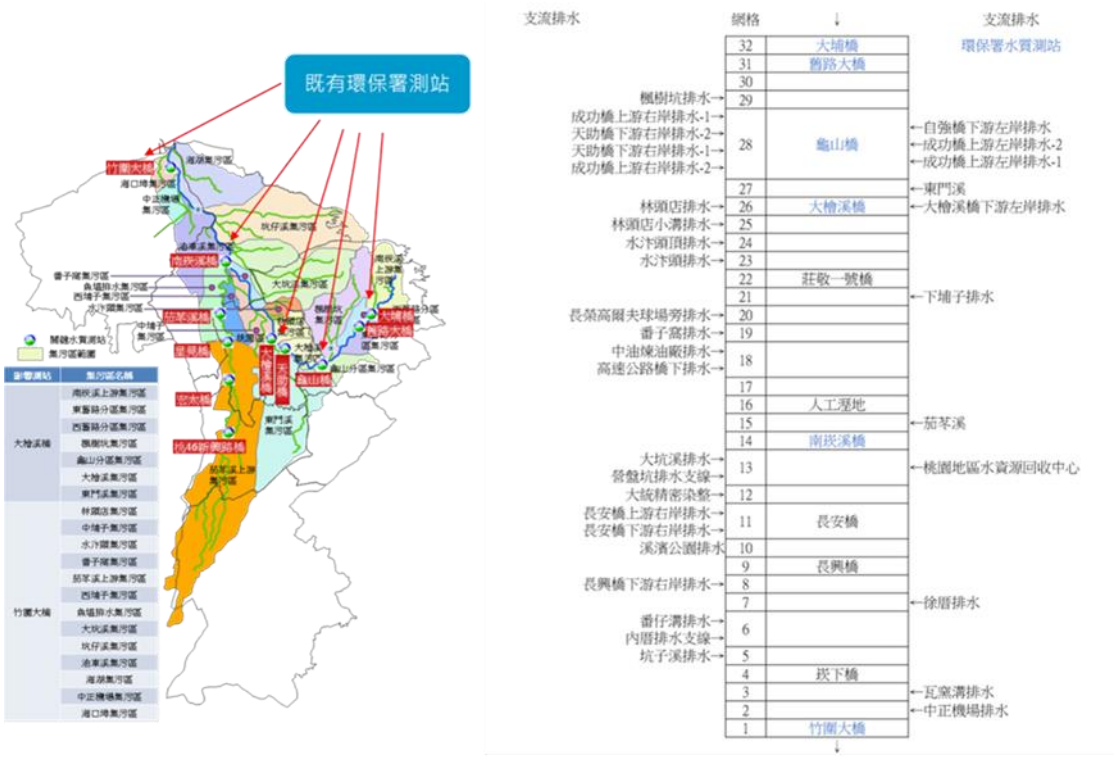


圖 4-30 南崁溪流域及 WASP 模式網格配置示意圖

(二) 邊界、支排流輸入與模式參數

模式中的邊界流量與濃度是參考「東門溪氨氮污染削減設施規畫設計計畫」之資料，而其他支流排水並無每年採樣數據，故使用過去統計調查之流量與水質資料，南崁溪河川斷面是參考「桃園市河川流域污染整治綜合管理計畫」。氨氮 WASP 模式中主要使用參數如下表所示。

表 4-10 南崁溪氨氮 WASP 模式主要參數表

參數類型	參數	英文名稱	單位	設定值	建議範圍	
					最小值	最大值
水理	曼寧 n 值	Manning's coefficient	-	0.03	0	1
水質	BOD 衰減速率常數 20˚C	BOD Decay Rate Constant 20˚C	1/day	0.1	0	5.6
	BOD 衰減速率溫度修正係數	CBOD Decay Rate Temperature Correction Coefficient	-	1.07	0	1.07
	硝化速率常數 20˚C	Nitrification Rate Constant 20˚C	1/day	0.12	0	10
	硝化速率溫度修正係數	Nitrification Temperature Coefficient	-	1.07	0	1.07

二、 感測器會勘選點作業

本計畫預計裝設 3 臺固定式水質感測器，可連續檢測樣品中之水溫、pH 值、導電度、氨氮、COD 與 SS 及重金屬銅等項目，以及搭配水位計可即時回歸運算水體流量資料，另有 2 臺移動式感測器可機動監測主流或支排流水質。量測儀器數量有限，必須優先設置於污染較嚴重區域（hot spot），即八二原則。

(一) 確認污染熱區（hot spot）

環保署於南崁溪主流設置 7 處測站，由近 3 年水質分析可得知，各測站之 RPI 指數介於 5.23~6.46 之間，亦即水質條件介於中度污染至嚴重污染之間（RPI 指數＞6 為嚴重污染，6≧RPI 指數>3 為中度污染），其中以竹圍大橋與大檜溪橋兩測站均為嚴重污染，上游大埔橋亦接近嚴重污染程度。進一步分析各測站水質不佳原因，主要是上游支排流匯入，中游東門溪大量生活污水排入，造成大檜溪橋測站經常為嚴重污染，而下游又有茄苳溪、大坑溪、坑子溪及內厝排水等匯入，造成出海口竹圍大橋亦常為嚴重污染程度。

參考歷年調查之南崁溪支排流生化污染負荷，各項生化污染物之

主要來源為(1)BOD：東門溪佔 40%、茄苳溪佔 13%；(2)氨氮：上游山尾排水、東門溪及茄苳溪合計佔 52%。由此可知南崁溪的生化污染熱區（hot spot）為中上游流域，所有支排流中又以東門溪為污染負荷大宗，各項污染物負荷輸出佔比均有 25%以上。

(二) 監測點位會勘與擇定

前節已確認生化污染物污染熱區為南崁溪中上游流域，經本年 3~4 月現場會勘並考慮設置用地及取得許可、電源供應及用電申請、安裝儀器困難度等因素後，選定以下位置裝置固定式及移動式水質感測器：

1. 固定式感測器設置點位：3 處

(1) **大埔橋**：上游模式邊界，可檢測上游工廠及民生排放水質。

(2) **大檜溪橋**：經常為嚴重污染點位，可檢測中上游民生污水及主要支流東門溪排入之事業及民生污水。

(3) **東門溪**：排放負荷最高之支排，可收集上游龜山工業區之事業廢水及沿線桃園與八德地區民生污水，亦可更新歷年之排放負荷數據。

2. 移動式感測器設置點位：2 處（可視水質狀況機動設置）

(1) **成功橋側排**：位於南崁溪中游，可監測成功橋旁下水道及其他重要支排水質。

(2) **中新橋側排**：位於南崁溪中游，可監測桃林鐵路排水等重要支排水質。

以上固定式及移動式感測器監測點位如下圖之固定式❶~❸及移動式❹❺所示。

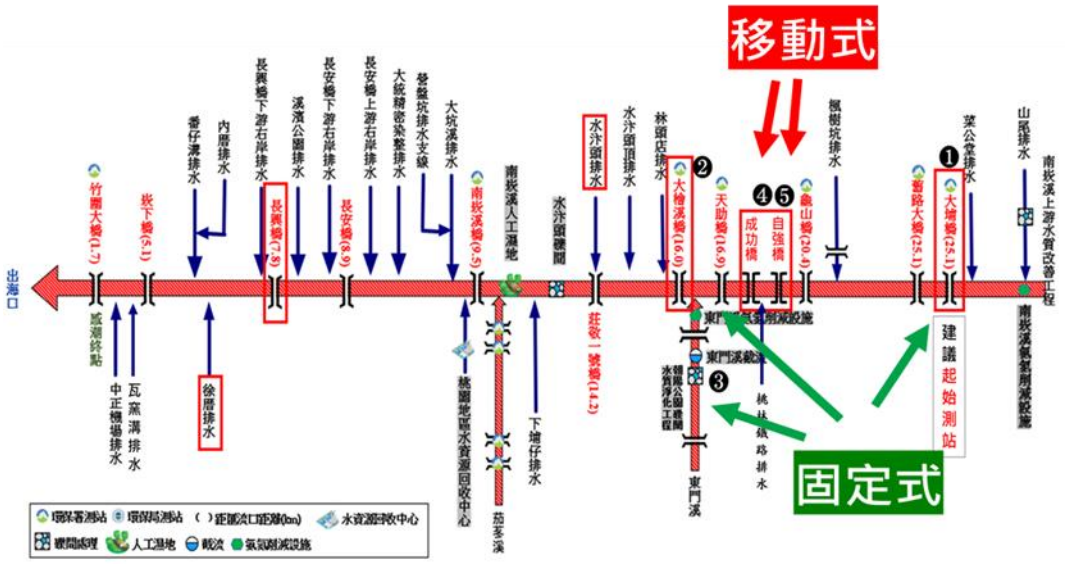


圖 4-31 固定式與移動式水質感測器設置點位

4.2.2 模式長期間率定與驗證

2021 年所建立之南崁溪氨氮模式，是以當年 2 月及 5 月水質資料做率定及驗證，然而水質模式為模擬長期趨勢必須以更長期的資料做率定驗證，方能作為政策評估之用。故以下將以前節所建立之 WASP 氨氮模式為基礎，模擬 2020 至 2021 年之水質變化，以確認原模式參數是否能適用於長期間之模擬，並探討模擬誤差可能原因。

一、 模擬結果及誤差討論

環保署於南崁溪流域每月皆有 1 筆監測資料（含氨氮），故 2 年有 24 筆資料，驗證模擬是以大埔橋為上游邊界，比對中游大檜溪橋之模擬誤差是否可接受。模擬結果顯示 2020 年與 2021 年個別年份模擬誤差相近（平均絕對誤差百分比 MAPE 分別為 13%與 15%），整體兩年模擬誤差為 14%，模擬精準度良好，此應與原模式採用同時期之 2021 年 2 月及 5 月流量資料有關。

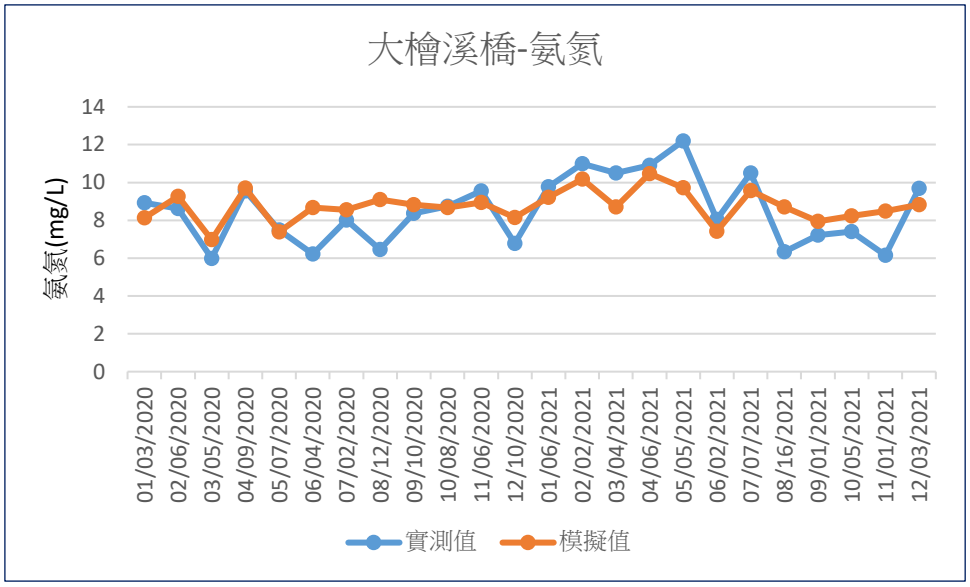


圖 4-32 氨氮模擬驗證(2020-2021 年)

表 4-11 南崁溪大檜溪橋測站氨氮模擬誤差

	實測值平均 (mg/L)	模擬值平均 (mg/L)	MAPE
2020 年	7.89	8.53	13%
2021 年	9.41	8.96	15%
總平均	8.52	8.74	14%

模擬結果顯示原模式可適用於長時期之水質模擬，然而環保署監測資料多為晴天採樣數據，表示此模式雖然模擬晴天水質精準度尚佳，但是否能適用於雨天模擬尚需進一步確認。此外，南崁溪流域已陸續完成許多現地處理設施，如新增東門溪截流設施、朝陽公園現地處理設施、水汴頭現地處理工程、及南崁溪上游水質改善工程等，以上設施對於水質水量有相當影響，也增加未來模式模擬困難度。

4.2.3 連續監測資料研析

本年度固定式監測設備為新研發之八合一機型（可同時監測 8 項水質項目），需較多時間組裝及測試，自 10 月初起已陸續收集連續監測資料，其中水溫、pH、導電度、水位及流量等項目可每分鐘擷取並記錄，而氨氮、COD 與重金屬銅等項目需抽取水量及試驗等需有一段作業時間，約半小時可試驗 1 次並記錄。

本計畫之固定式監測設備設置於南崁溪中上游，而目前南崁溪之中上游生化污染較嚴重，故本年度將優先模擬並探討氨氮（NH_3-N）項目，至於 COD 及重金屬銅項目將留待未來探討。監測資料收集時間自 111 年 10 月 1 日至 10 月 30 日，然而因 10 月初期設備尚於調整階段，且 10 月 17 日大雨過後部分設備受損，故有效之監測資料時間為 10/14~10/17 及 10/22 至 10/30。

一、 流量數據探討

如下圖及監測數據顯示，比較晴天流量（如圖中 10/23 至 10/28）中游大檜溪橋約為上游大埔橋流量之 15 倍，而雨天流量則視降雨量與降雨強度而定，如 10/16 總降雨量達 206.5 mm 時（24hr 內降雨超過 200 mm 屬於豪雨等級）大埔橋與大檜溪橋尖峰流量相差約 32 倍，10/22 小型降雨時兩者尖峰流量相差約 11 倍，水體流量受降雨事件影響較為顯著，尤其強降雨時伴隨大量地表逕流流入水體，使中下游尖峰流量大幅增加。至於尖峰流量延時，10/16 強降雨時，中游大檜溪橋尖峰流量延時約 5 分鐘出現，而小型降雨如 10/22 上中游尖峰流量延時不明顯。大埔橋與大檜溪橋之尖峰流量比較如下表。

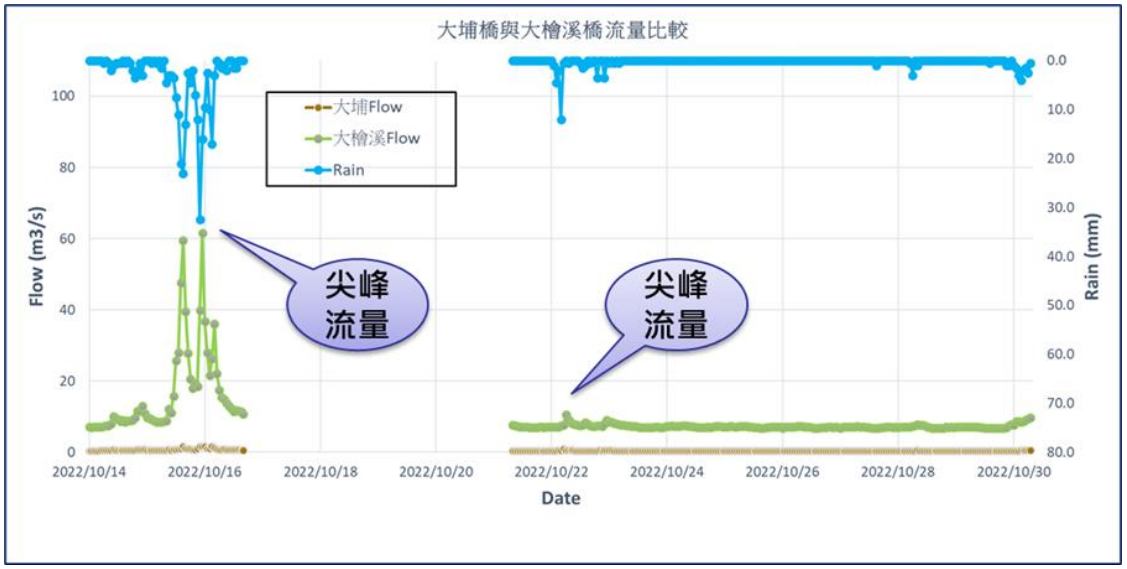


圖 4-33 南崁溪大埔橋及大檜溪橋 10 月流量比較

表 4-12 大埔橋與大檜溪橋之降雨事件尖峰流量比較

	10/16 總降雨* 206.5 mm	**10/22 總降雨* 20.5 mm**
大埔橋 尖峰流量	10/16 14:19 2.12 CMS	10/22 20:33 0.96 CMS
大檜溪橋 尖峰流量	10/16 14:24 65.29 CMS	10/22 22:01 10.8 CMS

註*：氣象局龜山雨量站

二、 氨氮濃度數據探討

如下圖為大埔橋與大檜溪橋 10 月之氨氮濃度比較，觀察 10/16 強降雨及 10/22 小型降雨期氨氮濃度較低，而 10/24 後晴天氨氮濃度逐漸累積升高，故降雨期有較明顯稀釋現象，惟 10 月已進入枯水期，前述降雨稀釋及晴天累積現象是否為常態，有待收集更多監測資料進行觀察。至於上中游氨氮濃度變化，觀察下圖上游大埔橋氨氮濃度（橘色線）較同時期中游大檜溪橋濃度高（淡藍色線），此趨勢與環保署長期監測大埔橋與大檜溪橋氨氮濃度之趨勢相符，也表示南崁溪中上游之氨氮污染的確較為嚴重。

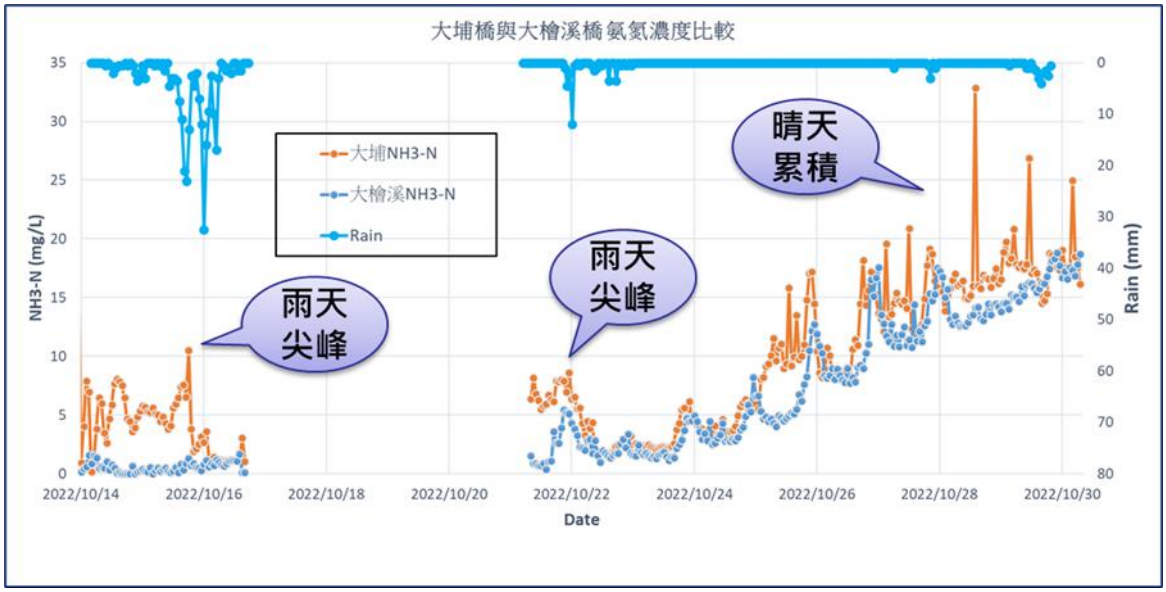


圖 4-34 南崁溪大埔橋及大檜溪橋 10 月氨氮濃度比較

三、 氨氮通量（flux）數據探討

污染物通量（flux）為探討總量管制之重要課題之一，通量計算是以水體之流量乘以實測濃度，可得該處之瞬間污染物負荷（即通量），若採用水質模式可計算全流域之通量及負荷總量。觀察下圖大埔橋與大檜溪橋之氨氮通量比較，雖然上游大埔橋氨氮濃度較高，但中游大檜溪橋匯集支排流後之流量為上游大埔橋 10~20 倍，故計算後中游大檜溪橋之氨氮通量普遍高於上游大埔橋。比較晴雨天之通量變化，10/16 強降雨及 10/22 小型降雨時期，中游大檜溪橋有較明顯之尖峰氨氮通量，尤其強降雨時之瞬間通量較上游高出許多，此趨勢與流量變化相同，強降雨時大檜溪之流量為大埔橋之 32 倍（參考圖 4-34 流量變化），10/23 後大檜溪橋之晴天通量隨著濃度累積而增加，此趨勢也與濃度變化趨勢相同（參考圖 4-35 濃度變化），故雨天之氨氮通量主要受流量影響，而晴天之氨氮通量則由污染物濃度控制。以上仍需更多監測資料進行觀察。

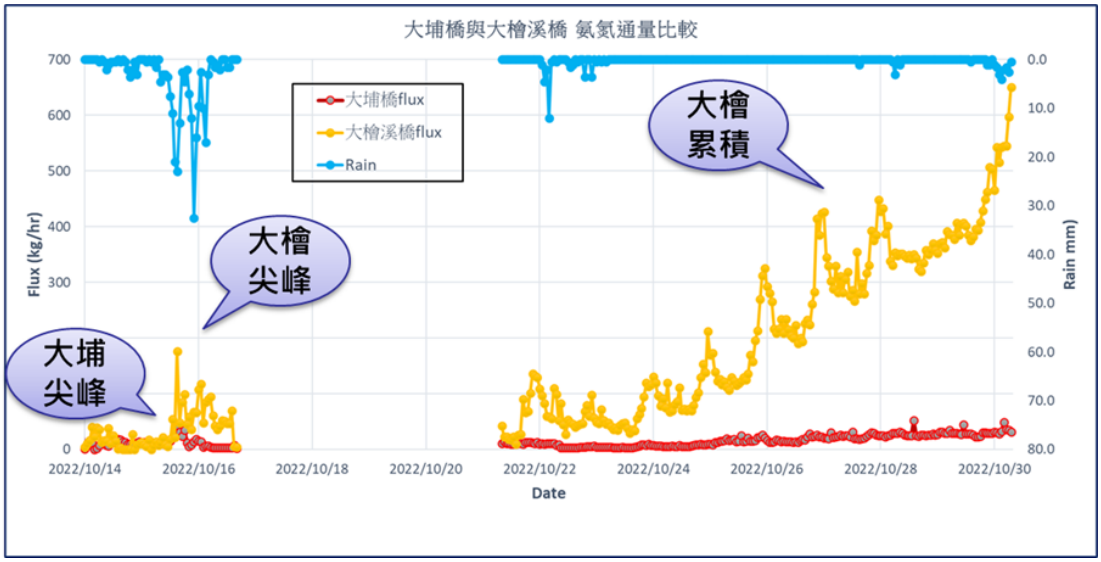


圖 4-35 南崁溪大埔橋及大檜溪橋 10 月氨氮通量(flux)比較

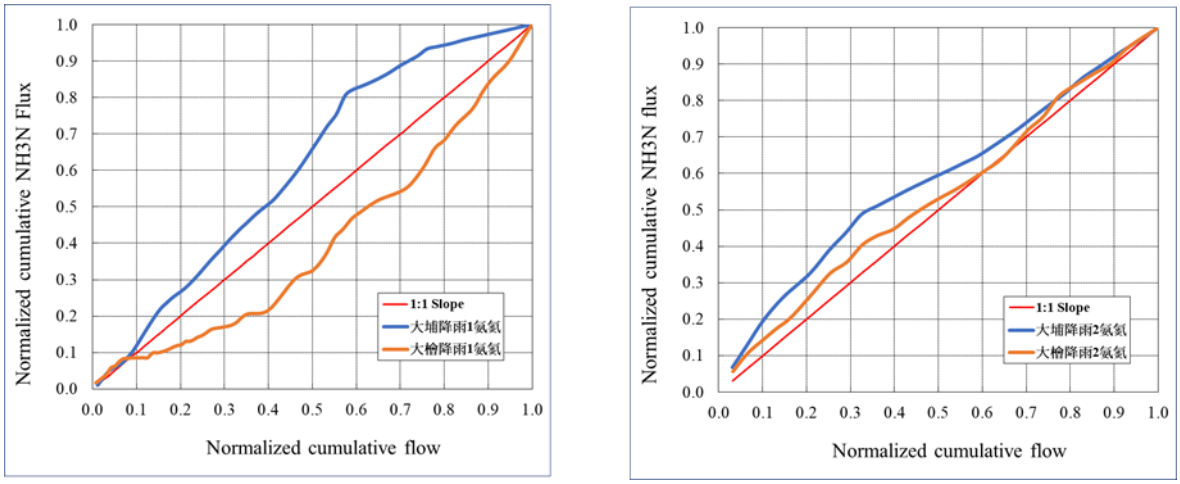
四、 上中游雨天沖刷行為探討

降雨期間非點源污染（non-point source pollution）常隨著地表逕流進入河川水體，使水體產生初始沖刷（first flush）現象，造成污染物濃度瞬間升高而危害水域環境。南崁溪上游發源於林口台地，部分集水區為森林所覆蓋，是否有非點源污染沖刷現象可藉由本次連續監測之數據進行探討。

為探討集水區之非點源污染現象，常以該場降雨事件之累積通量與累績流量之比值做為特徵曲線（又稱為 mass-based first flush, MBFF）（Saget et al., 1996），累積流量及累積通量可由前述監測資料統計而得。如下圖(a)與圖(b)分為 10/16 強降雨（總降雨量 206.5mm）與 10/22 小型降雨下（總降雨量 20.5mm）之累積流量與累積通量特徵曲線圖，圖中紅色 1:1 斜線為比較基準線，表示該降雨事件下水體污染物之濃度為定值，無額外非點源污染流入或有稀釋現象，藍色線與橘色線分別為上游大埔橋與中游大檜溪橋水體之特徵曲線，若圖中特徵曲線越遠離 1:1 基準線，即表示該有顯著的非點源污染量流入水體或相反有顯著的稀釋現象。以圖(a)的強降雨為例，藍色曲線明顯位於 1:1 基準線上方表示有額外之非點源污染流入，以致累積氨氮通量有快速增加現象（註：因為通量等於流

量乘以濃度，故圖中累積通量與累積流量的比值亦相當於標準化的濃度比值），而橘色線明顯位於 1:1 基準線下方，表示流量相對增加較多而使累積通量下降，亦即表示水體污染物濃度有被稀釋現象。而在圖(b)的小型降雨下，藍色曲線略高於 1:1 基準線，表示上游大埔橋水體仍有些微非點源污染流入，而橘色線則接近 1:1 基準線，表示中游大檜溪橋水體無明顯非點源污染流入或稀釋現象。

比較南崁溪上中游之降雨沖刷現象，在強降雨下，上游的非點源污染流入及中游的污染濃度稀釋現象皆相當明顯，而當降雨量減少時，上游水體仍有些微非點源污染流入，而中游水體之濃度變化不明顯。此亦表示南崁溪上游具有一般集水區非點源污染累積的特性，而中游水體為典型的都會區特性，降雨時以稀釋現象為主。



(a)10/16 強降雨(206.5 mm/day)　　(b)10/22 小型降雨(20.5 mm/day)

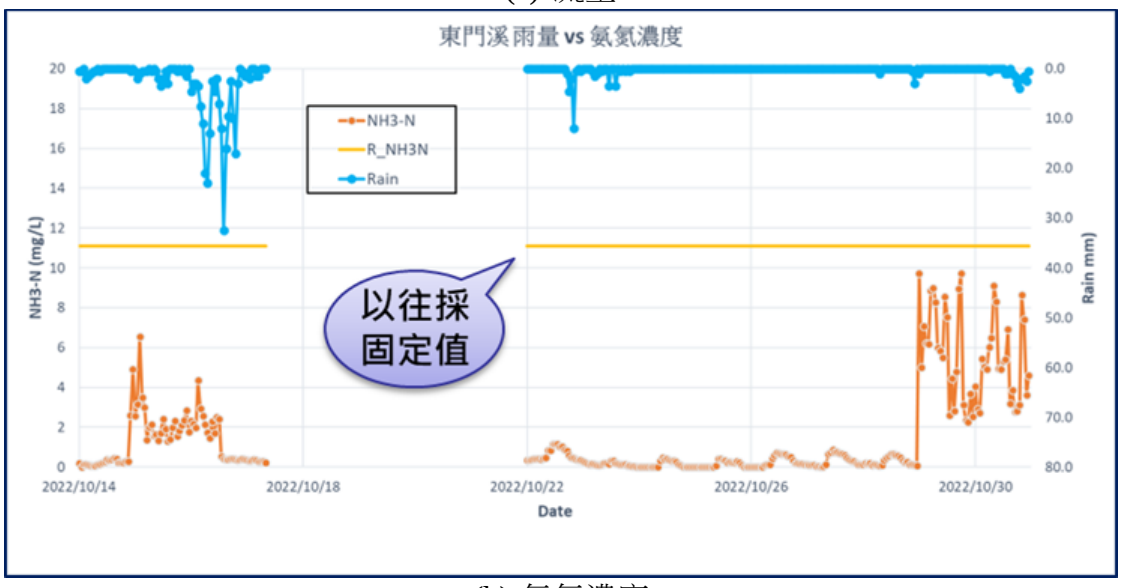
圖 4-36 大埔橋及大檜溪橋氨氮累積通量與累積流量關係圖

五、 支流東門溪監測數據探討

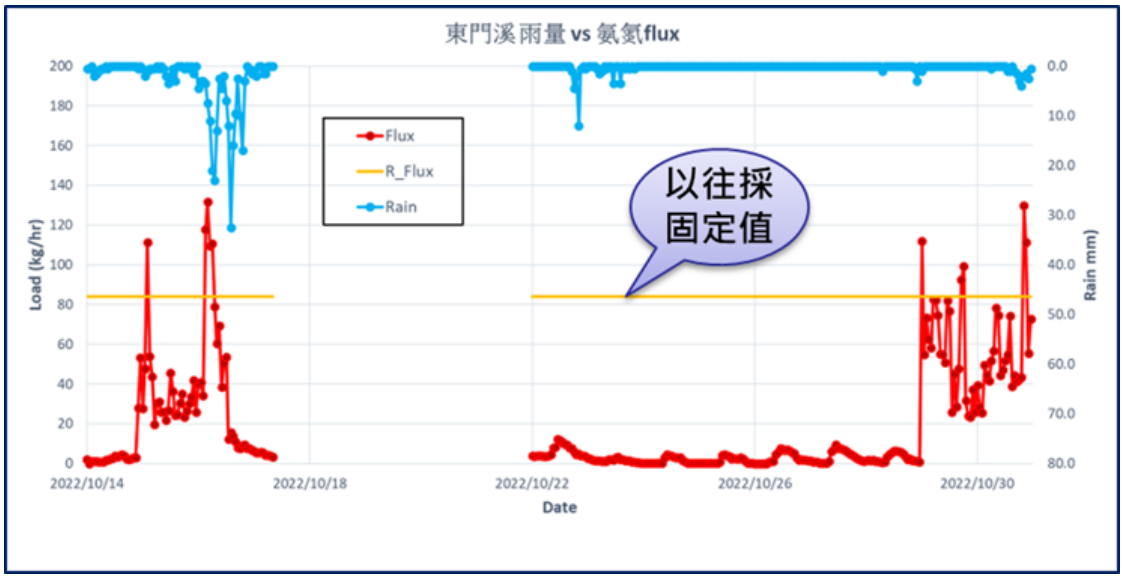
以往南崁溪之支排流負荷是以歷年採樣推估之固定值輸入模式模擬，以東門溪為例，是以流量 2.1 CMS 及氨氮濃度 11.1 mg/L 固定值輸入模式，推估東門溪之氨氮負荷約佔整體南崁溪流域負荷之 25%。而本年計劃在東門溪設有固定式測站可即時監控流量與濃度變化，如下圖為東門溪 10 月實際監測流量、氨氮濃度與計算之氨氮通量（flux）變化圖。就流量而言，以往輸入之固定流量 2.1 CMS 較低，惟與實際晴天流量差異不大，而降雨期尖峰流量就有數倍差異。



(a) 流量



(b) 氨氮濃度



(c) 氨氮通量(flux)

圖 4-37 東門溪 10 月監測值

就氨氮濃度而言，以往輸入之固定濃度 11.1 mg/L 太高，實際監測晴天濃度皆遠低於 11.1 mg/L，僅降雨期實測尖峰濃度接近 11.1 mg/L。而計算後之氨氮通量（flux）如圖 4-37(c)所示，晴天氨氮通量亦低於固定輸入值，而降雨期之尖峰氨氮通量則有超過固定負荷值。依上述數據推論，以往東門溪採固定值輸入模擬，則晴天負荷通常高估，而雨天負荷可能會低估。

4.2.4 模式初步模擬與驗證

本計畫之水質模式採用 2021 年建置之 WASP 氨氮模式為基礎，前述模式在本計畫期中階段也以 2020 年至 2021 年兩年監測資料進行長時間率定驗證，平均誤差為 14%，精準度良好。以下模擬將以本年 10 月上游大埔橋實際監測資料輸入，並分別輸入固定負荷或東門溪實際監測負荷進行三種情境模擬，以模擬中游大檜溪橋之氨氮濃度，並嘗試模擬全流域晴雨天氨氮濃度變化。

一、 邊界、支排流輸入資料及情境設計

上游邊界大埔橋之流量與水質濃度採用本計畫之連續監測資料，其

餘支排濃度與流量則採用歷年推估之固定值（美商傑明公司，2017）。部分支排流有現地採樣實測資料，皆作為模式模擬輸入數據，而未有實測資料的支排流，則以下游與上游差值作為該網格流量，再以各支排流歷年平均流量作為權重，將該網格流量分配給流入該河段之各支排流。

有關情境設計，先以東門溪固定負荷輸入為情境一，情境二則將東門溪流量與濃度改以本計畫實測值輸入，以比較支排流固定值與輸入連續監測值之差異，情境三則以情境二為基礎，模擬雨天大量地表逕流排入之情形，由實測資料顯示，強降雨時中游大檜溪橋之尖峰流量可達上游大埔橋流量之 30 倍，而平日上中游流量相差約 15 倍，此降雨時期增加之 15 倍流量係來自上游支排及其他地表逕流，由於上中游流量倍數並非定值，故為保守起見將大檜溪橋上游之楓樹坑排水及成功橋上游支排平均流量增加 5 倍，以模擬雨天新增之逕流量。

二、 模擬結果及誤差討論

如下圖為 10/14 至 10/30 之大檜溪橋氨氮實測值與各模擬情境之氨氮濃度比較圖，比較數據如表 4-13。情境一為將支排流以固定負荷輸入模擬，即為以往模擬方式，模擬之氨氮平均濃度（8.64 mg/L）較接近實測值平均（6.29 mg/L），但高低測值誤差較大無法掌握，故情境一比較適合日平均或月平均等長期趨勢之模擬。而情境二為將東門溪負荷改為實測負荷值輸入，如前節東門溪實測數據分析，該支流之實測濃度均較以往固定輸入濃度為低，故模擬後大檜溪橋之平均氨氮濃度亦偏低（1.88 mg/L），此情境在低濃度部分較為吻合。由於今年 10 月份常有降雨情形，情境二濃度偏低現象也可能是低估了降雨期增加之支排負荷或地表逕流負荷，故而設計情境三模擬上述情形，如前節情境設計所述，情境三是以情境二為基礎，即維持東門溪以實測負荷輸入，並保守假設上游楓樹坑排水及成功橋排水平均流量增為 5 倍，以模擬雨天新增之逕流量。情境三結果顯示雖然平均濃度亦較低（3.75 mg/L），但較為接近實測中低濃度，晴天濃度上升趨勢也大致相符，若要精確模擬實測濃度，仍需詳細調查

沿線支排流情雨天之污染排入情形。

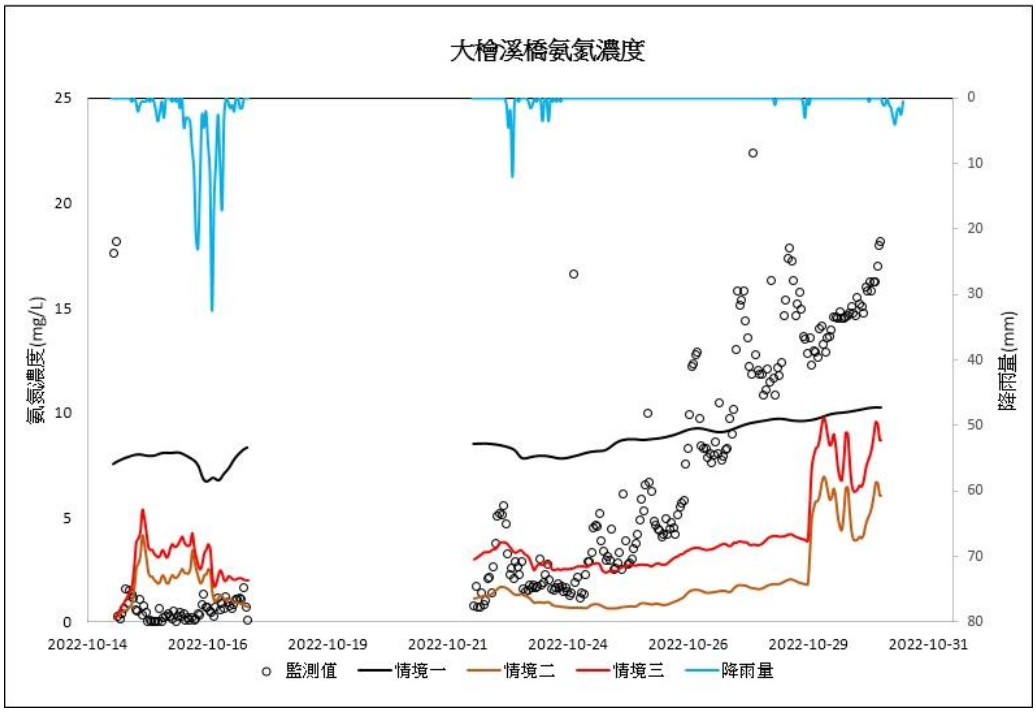


圖 4-38 大檜溪橋氨氮實測值與各情境濃度變化

表 4-13 大檜溪橋各情境模擬結果

	情境描述	氨氮平均濃度	結果說明
情境一	各支排流以固定負荷輸入	8.64 mg/L	平均濃度較接近實測值平均，但高低測值差異較大
情境二	支流東門溪以實測流量及濃度輸入	1.88 mg/L	平均濃度較低，模擬低濃度部分較吻合
情境三	情境二 + 上游楓樹坑排水及成功橋排水提高 5 倍流量	3.75 mg/L	平均濃度亦低，但較接近實測中低濃度，且晴天濃度趨勢較接近

註：大檜溪橋氨氮實測值平均為 6.29 mg/L

為進一步了解晴雨天上下游濃度變化情形，將上述模擬較準確之情境三為標的，選取雨天及晴天各一天，模擬上下游濃度之時空變化。雨天選擇為圖 4-38 之 10/29 0:00，為模擬曲線中之最大值，而晴天選擇為 10/26 0:00，如圖 4-38 該時間之前後兩天均無降雨情形，且前後濃度較為平緩，將上述晴雨天之上下游氨氮濃度變化繪圖如下所示。

如圖所示，南崁溪雨天氨氮濃度均較晴天為高，上游大埔橋之氨氮濃度最高，從大埔橋至中游大檜溪橋氨氮濃度驟減，經過大檜溪橋至出海口之氨氮濃度變化則較為平緩，由此推論氨氮污染集中於中上游區域，尤其雨天可能有收集上游集水區之非點源污染，以致上游雨天濃度高出許多，此污染集中於上游現象也與當初固定式測站選點考慮之 80/20 污染熱區原則相呼應，也與前節探討上中游之沖刷行為相符。

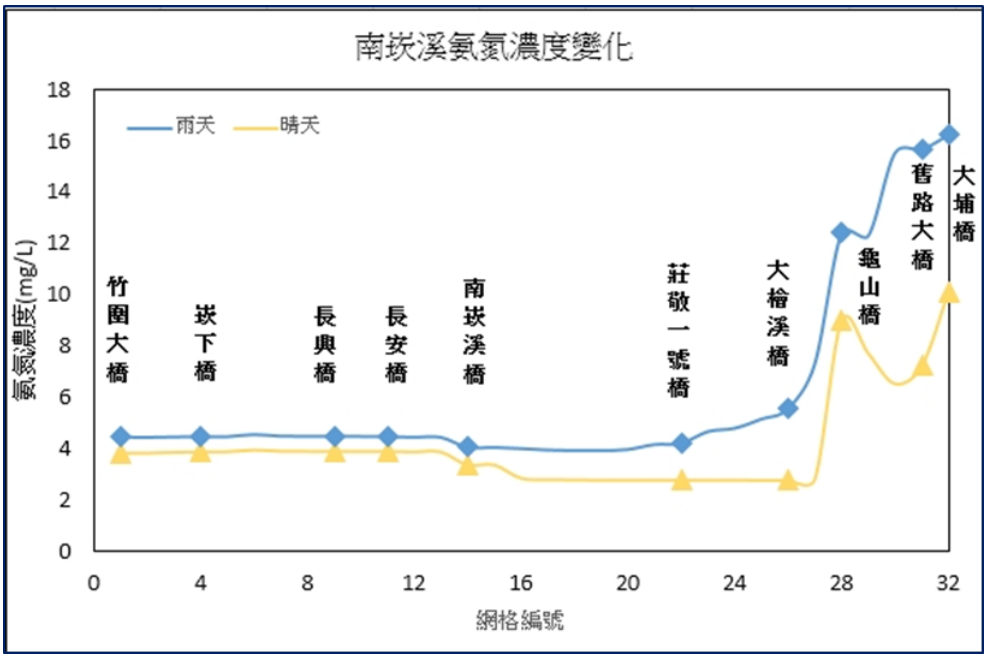


圖 4-39 南崁溪晴雨天上下游濃度變化圖

4.2.5 小結

本計畫水質模擬部分，已自本年 10 月起陸續收集水質水量監測資料，監測資料包括主流大埔橋、大檜溪橋及支流東門溪等三處固定式測站之 8 項水質項目，對於其中流量、氨氮及氨氮通量提出研析意見並探討南崁溪上中游之沖刷行為等。而根據實測資料設計三種情境模擬大檜溪橋之氨氮濃度變化，結果顯示情境一較適合長期晴天環境之模擬，情境二平均濃度較低，而晴境三較符合實測中低濃度值，也較接近晴天濃度之趨勢，但整體精準度仍有改善空間。目前由於監測資料尚有不足（希望至少有 2 個月完整之監測資料），觀察雨天時沿線有若干不明污染源排入，後續可再詳細調查南崁溪沿線晴雨天污染排放情形，更新支排流污染負荷，

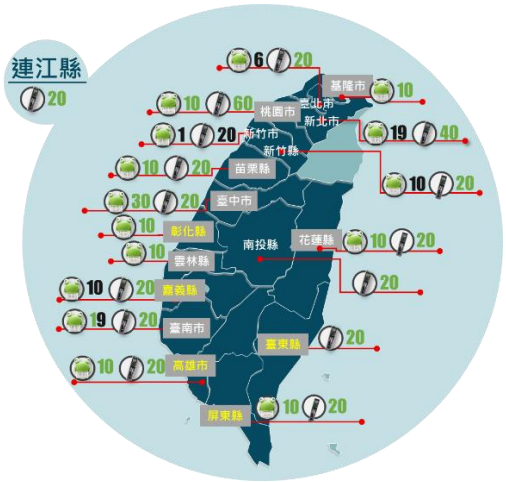
以提升模式精準度。也建議持續監測流量與水質並計算即時負荷量，透過模式及負荷延時曲線(Load Duration Curve)統計歸納流域之負荷關係，以做為未來模擬污染通量及總量管制之基礎。(有關監測點位選擇及水質模式推估污染負荷及總量管制之步驟已寫成指引，詳本期末報告附件九)

第五章 推動地方政府感測物聯網合辦計畫應用及管理

本工作項主要協助環保署推動與管理移動式水質感測器及手持式水質感測器擴展應用情形，包括合辦應用計畫推動進度與成果說明、查核地方政府水質感測器數據品質、分析彙整水質感測器數據並提出應用評估報告，以及彙整及推廣水質物聯網計畫成果，相關執行進度說明如下。

水質感測器合辦計畫（以下簡稱合辦計畫）自 109 年推動至今已執行 3 年，共有 18 縣市參與，移交地方政府應用 175 臺移動式及 360 臺手持式水質感測器，各縣市應用數量如圖 5-6 所示，移動式水質感測器主要由環保局選址、安裝應用、數據分析、熱區鑑定及執法稽查；手持式水質感測器主要交由地方河川巡守隊定期巡檢感測應用。

合辦計畫以環保署提供設備並分攤維運、部分耗材、數據分析費用（約佔總經費 80%），縣市環保局分攤部分耗材、通訊費用（約佔總經費 20%），並提供環境應用實例及數據分析之合作方式。109 年度合辦計畫投入經費約 894 萬元，環保署分攤約 729 萬元（約佔總經費 82%）、環保局分攤約 165 萬元（約佔總經費 18%）；110 年度合辦計畫投入經費約 689 萬元，環保署分攤約 474 萬元（約佔總經費 69%）、環保局分攤約 215 萬元（約佔總經費 31%）；111 年度合辦計畫投入經費約 1,382 萬元，環保署分攤約 927 萬元（約佔總經費 67%）、環保局分攤約 455 萬元（約佔總經費 33%），各縣市經費投入情形如表 5-1。



資料來源：本計畫彙整

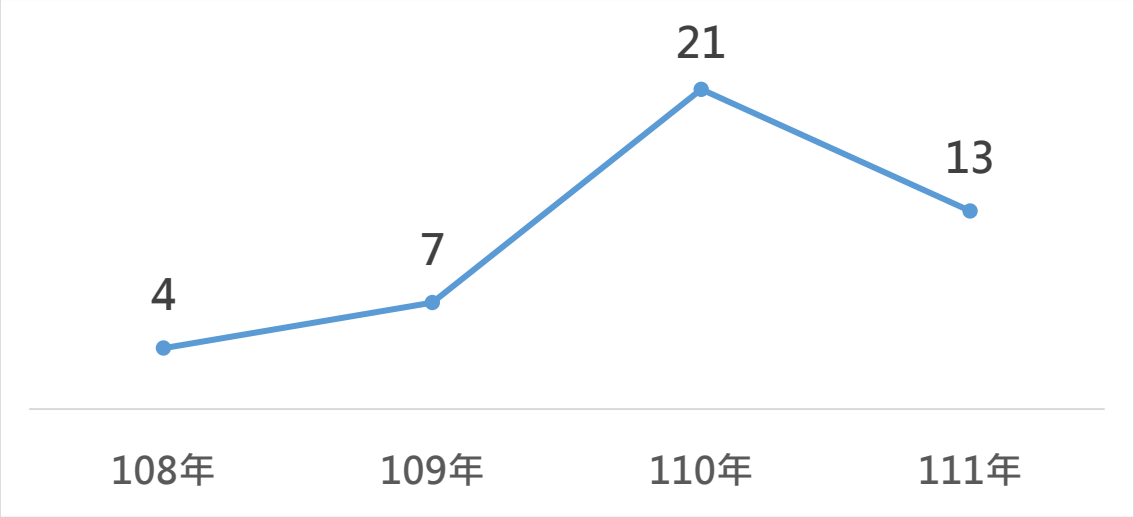
圖 5-1 各縣市感測器設備應用情形（單位：臺）

表 5-1 各縣市經費投入情形（單位：元）

縣市	109 年合辦計畫			110 年合辦計畫			111 年合辦計畫		
	環保署分攤	環保局分攤	總計	環保署分攤	環保局分攤	總計	環保署分攤	環保局分攤	總計
基隆市	未參與合辦計畫			參與合辦計畫，並於 111 年開始執行			874,530	1,525,470	2,400,000
新北市	1,359,839	328,161	1,688,000	未參與合辦計畫					
桃園市	663,810	156,190	820,000	680,000	393,000	1,073,000	882,860	220,715	1,103,575
新竹縣	680,000	160,200	840,200	678,601	291,399	970,000			
苗栗縣	650,000	0	650,000	661,074	323,926	985,000	817,232	232,768	1,050,000
臺中市	1,959,141	240,859	2,200,000	1,400,000	394,494	1,794,494	1,700,362	425,090	2,125,452
彰化縣	未參與合辦計畫			未參與合辦計畫			881,658	673,942	1,555,600
雲林縣	660,385	349,615	1,010,000	661,406	583,594	1,245,000	858,505	551,495	1,410,000
嘉義縣	669,530	270,470	940,000	未參與合辦計畫					
臺南市	652,141	139,059	791,200	662,400	165,600	828,000	640,000	160,000	800,000
高雄市	未參與合辦計畫			未參與合辦計畫			882,860	445,140	1,328,000
屏東縣	未參與合辦計畫			未參與合辦計畫			881,067	101,933	983,000
花蓮縣	未參與合辦計畫			參與合辦計畫，並於 111 年開始執行			853,374	213,344	1,066,718
合計	**7,294,846**	**1,644,554**	**8,939,400**	**4,743,481**	**2,152,013**	**6,895,494**	**9,272,448**	**4,549,897**	**13,822,345**

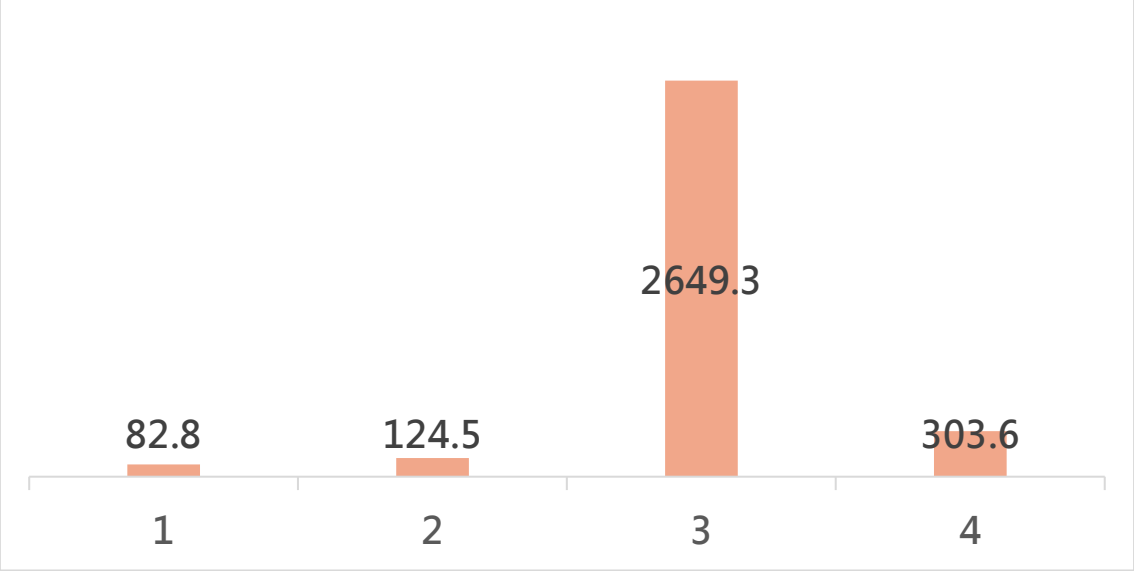
資料來源：本計畫彙整

環保署自 106 年引領推動水質物聯網領域，於五年計畫執行期間，透過元件研發、設備整合、場域布建、資料分析及加值應用全面開展，整套服務模式經過驗證，在推動縣市合辦計畫前以固定式水質感測器成功稽查違法廠家共 6 件次，驗證水質感測物聯網確實可有效輔助智慧稽查執法，並於 109 年 9 月推動縣市合辦計畫後成功累計稽查違法廠家達 45 件次（圖 5-2），行政裁罰金額累計裁罰金額超過 3 千萬元（圖 5-3），各縣市稽查件數與裁罰金額統計如圖 5-4 與圖 5-5。



資料來源：本計畫彙整

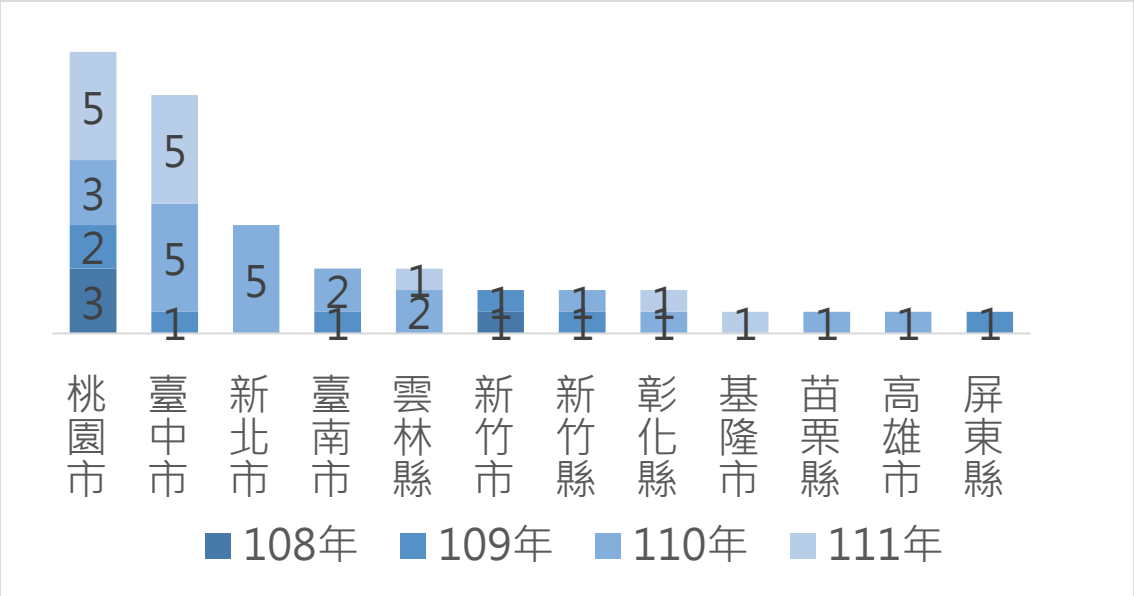
圖 5-2 各年度稽查件數統計（單位：件）



資料來源：本計畫彙整

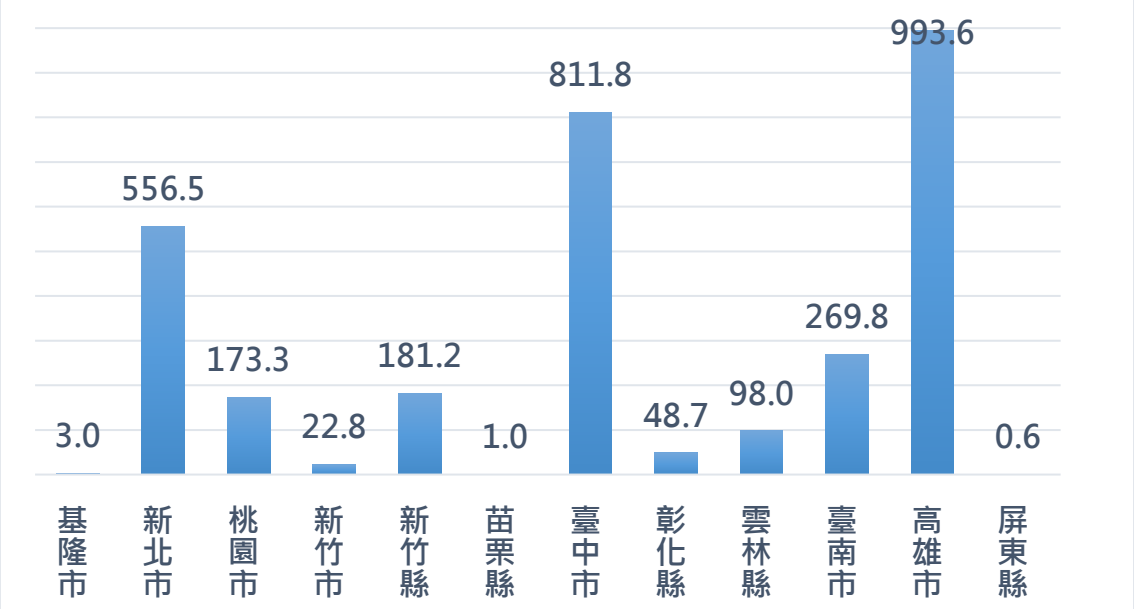
註：部分裁罰案件尚在行政程序中，尚未確認裁罰金額故未列入

圖 5-3 各年度裁罰金額統計（單位：萬元）



資料來源：本計畫彙整

圖 5-4 各縣市稽查件數統計（單位：件）



資料來源：本計畫彙整

註：部分裁罰案件尚在行政程序中，尚未確認裁罰金額故未列入

圖 5-5 各縣市裁罰金額統計（單位：萬元）

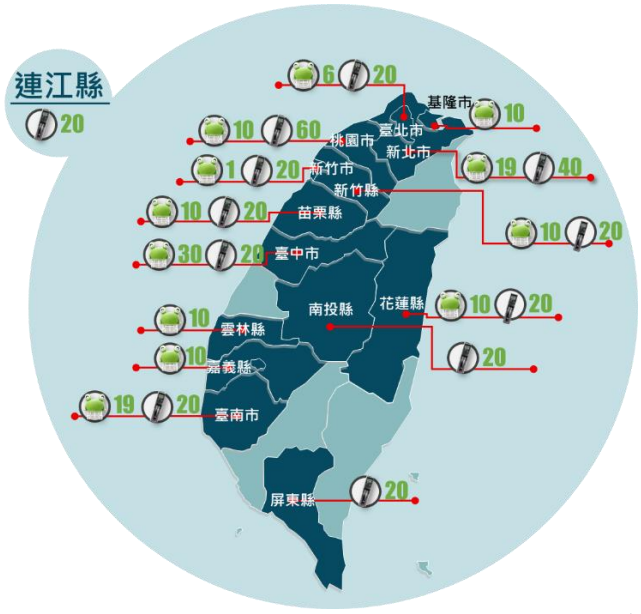
5.1 彙整 110 年合辦計畫成果

為能妥善應用設備發揮效益，環保署於 110 年度持續推動合辦應用計畫，延續 109 年度 13 個縣市，基隆市與花蓮縣為 110 年度新申請之縣市，另外臺北市申請新增 4 臺移動式感測器、臺南市申請新增 10 臺移動式感測器，共計有 15 個縣市參與合辦計畫，移交地方政府應用 145 臺移動式及 300 臺手持式水質感測器，各縣市應用數量如圖 5-6 所示，合辦計畫以環保署提供設備並分攤維運、數據分析費用（約佔總經費 80%），縣市環保局分攤部分耗材、通訊費用（約佔總經費 20%），並提供環境應用實例及數據分析之合作方式。110 年度合辦計畫投入經費約 689 萬元，環保署分攤約 474 萬元（約佔總經費 69%）、環保局分攤約 215 萬元（約佔總經費 31%）。110 年度合辦計畫因受疫情影響導致執行啟始日於 110 年 7~8 月始執行，以 6 個月執行期程為原則，多數合辦計畫於 111 年 2 月結束感測，故本團隊持續協助合辦計畫推動、彙整與計算感測數據完整率（如表 5-2）作為合辦計畫驗收與結案之依據，並協綜整回饋意見，評估手持式及移動式感測器未來應用可行性、有效性及其他應用場域並建立淺顯易懂之固定式、移動式及手持式之感測器操作說明手冊及標準應用程序（詳細內容如附件六）供使用者正確應用水質感測器。

表 5-2 110 年地方政府應用感測器感測數據完整率統計表

縣市	扣除不可抗力後的完整率
桃園市	96.2%
新竹縣	100.1%
苗栗縣	88.4%
臺中市	100.1%
雲林縣	100.1%
臺南市	70.3%

註：依 110 年度合辦原則要求感測數據完整率須達 70%以上



資料來源：本團隊彙整

圖 5-6 各縣市感測器設備應用情形（單位：臺）

為追蹤地方政府應用效益，本合辦計畫定義地方政府需產出環境應用實例並提交成果報告，每申請 10 臺移動式需產出 2 件次，包含 1 件次稽查告發應用，每申請 20 臺手持式感測器需產出 1 件次。環境應用實例包括：稽查告發應用、污染排放熱點鑑定、低溶氧死魚河川確認、潛勢污染農地應用及環境教育。本團隊已提前彙整 110 年地方政府應用感測器感測數據趨勢成功稽查工廠違法排水共 17 件次，累計裁罰金額至少 1,469.02 萬元（如表 5-3），包括畜牧業、金屬表面處理業、食品加工業、皮革廠、印染整理業以及廢棄物處理業。

表 5-3 110 年地方政府應用感測器執行成果（統計至 111 年 4 月）

縣市	環境應用	稽查應用
新北市	針對畜牧業廢水感測、電鍍工廠、零星工廠、民眾檢舉、教育訓練	已查獲 5 家工廠（畜牧業、金屬表面處理業）偷排廢水，裁罰金額超過 546.16 萬元
桃園市	零星工廠、民眾檢舉、工業區污排、教育訓練	已查獲 1 家印染整理業偷排廢水，裁罰金額約 10.5 萬元
新竹縣	零星工廠、民眾檢舉、工業區污排、教育訓練	已查獲 1 家半導體製造業偷排廢水，裁罰金額約 178.2 萬元
苗栗縣	零星工廠、民眾檢舉、工業區污排、教育訓練	已查獲 1 家畜牧業偷排廢水，裁罰金額約 11 萬元
臺中市	零星工廠、民眾檢舉、工業區污排、教育訓練	已查獲 5 家工廠（金屬表面處理業、食品加工業）偷排廢水，裁罰金額超過 491.4 萬元
雲林縣	零星工廠、民眾檢舉、工業區污排、教育訓練	已查獲 2 家工廠（畜牧業、食品加工業）非法繞流排放，裁罰金額超過 7.96 萬元
臺南市	零星工廠、民眾檢舉、工業區污排、死魚事件、教育訓練	已查獲 2 家工廠（皮革廠、廢棄物處理業）偷排廢水，裁罰金額超過 233.8 萬元

5.2 研提與推動 111 年及 112 年合辦計畫

一、 推動 111 年合辦計畫

為能順利推動 111 年度水質感測器合辦計畫，本計畫協助擬訂「111 年度水質感測器合辦計畫應用說明及注意事項」（詳細內容如附件三）並撰擬計畫相關範例文件供地方政府參考。

110 年 12 月 28 日邀集地方政府召開「111 年度水質感測器合辦應用計畫」說明視訊會議（會議議程如表 5-4、辦理情形如圖 5-7），共計 18 個縣市環保局出席，約 40 人參與討論，會中主要說明 111 年度合辦計畫重點與相關注意事項，各單位於會中提出許多執行面所遭遇之困難（提問與回覆如表 5-5），本計畫除現場回應外後續仍持續追蹤並提供地方政府相關解決方案（詳細會議紀錄如附件二）。

表 5-4「111 年度水質感測器合辦應用計畫」說明視訊會議議程

時間	議程
14：00~14：10	報到
14：10~14：15	主席致詞
14：15~14：30	111 年合辦維運案說明
14：30~15：00	綜合討論



圖 5-7「111 年度水質感測器合辦應用計畫」說明視訊會議辦理情形

表 5-5「111 年度水質感測器合辦應用計畫」說明視訊會議提問與回覆

機關名稱	問題	回覆
新北市環保局	1. 109 年已申請設備但 111 年尚未規劃感測器應用，請問需要提交什麼文件？ 2.本局 109 年承攬感測器計畫的維運廠商品質不佳，且設備數據不夠準確，是否可由署內統一發包，以強化數據品質？	1. 提交合辦計畫申請計畫書。 2. 水質感測器易受生物膜包覆導致感測值偏移，因此設備維運作業（清洗與校正）是維持感測數據品質相當重要的工作，且為建立各環保局自行推動智慧感測及科技執法，並提升學習設備布建維運能力，維持由環保局自行發包水質感測器設備應用與維運計畫。
桃園市環保局	合辦說明中提到環保局最低須分攤 20%，但 P.19 又提到環保局經費約 33%，應依何者為標準？	環保署今年分攤經費為 88 萬 2,860 元，環保局分攤經費最低應占總計畫 20%（至少分攤 22 萬 715 元以上），P.19 為環保署編列範例供參考，環保局可自行編列經費。
臺中市環保局	新設備（30 臺移動式）是否優先提供尚未申請過的縣市？	111 年度本署提供之 30 臺移動式感測器，將優先提供給尚未申請過合辦計畫的環保局。
彰化縣環保局	1. 依地方發包時程不一，查核點跟計劃起訖時間是否可以調整，還是為固定時間？ 2. 感測器分錨定跟漂流，但以數據完整率需達標漂流似乎無法完成？ 3. 耗材費的編列 8 組的是根據實際在線率要 8 台設備嗎？	1. 地方發包時程雖不同，但為利環保署掌控各環保局執行進度，請依合辦說明上所填之查核點日期撰寫申請計畫書，查核點時間若因實際執行狀況有所延誤，環保局應先與環保署聯繫說明。 2. 1.0 感測器有錨錠與漂流兩種應用方式，惟經實地試驗後，錨錠方式較適合現在環保局進行使用，數據完整率大多是以錨錠方式做計算。 3. 環保署今年度編列耗材費 20 萬 2,860 元（大約 4 臺設備主要元件全部更換），環保局可自行編列耗材費以作維修或汰換，經費範例係以實際在線 8 臺設備均全部維修之原則來撰寫。
高雄市環保局	若感測超過 6 個月，平臺資料庫是否可持續匯入感測資料？是否有容量上限？	環保署 IoT 平臺資料庫可持續收集感測資料，目前沒有容量上限。
屏東縣環保局	曾經申請過手持式設備，在 111 年度申請計畫書中是否要納入？	建議仍是納入撰寫，環保署統計各縣市使用成果時均會將縣市應用情

		形一併納入，並提報給一層長官參考，以利環保署綜整相關成果。
花蓮縣環保局	1. 別的縣市是否另外發包（誰在做這些工作） 2. 國內旅費是否一定要照這方式編排（頻率 次數 人數等等） 3. 大約何時開始執行 4. 署僅分攤委辦費，耗材費是否算在其中？ 5. 如果環保局執行期間超過 6 個月，是否要寫進計畫中？ 6. 如果手持式跟移動式設備遺失或損壞該如何處理？	1. 通常都是委辦一個新的感測器計畫，但也可以合併在局內既有計畫中（如管制計畫、科技執法計畫等），如與其他計畫合併辦理，可用擴約方式，在委辦計畫內需將感測器項目經費及工項獨立編列出來，以利環保署會計審核。 2. 國內旅費由環保局自行支應，環保局可依實際需求自行編列。範例為參考。 3. 最晚 3 月初會發核定函，請環保局先準備招標文件及招標程序，至少須執行 6 個月以上。 4. 是的，環保署的委辦費包括數據分析費、布建費、安裝費、耗材費，署不支應的項目請參考合辦說明 P.19-20。 5. 建議仍是寫入計畫中，環保局執行超過 6 個月的部分均為自行分攤經費，避免之後結案時會計認為委辦計畫執行時間與申請計畫書不同，要求作契約變更。 6. **損壞**： （1） 手持式設備可送回工研院維修，判斷維修狀況，會收取維修費用。 （2） 移動式設備可送回廣域公司維修，判斷維修狀況，會收取維修費用。因移動式長期泡在水中，設備受損狀況不一，環保署今年度另編 20 萬 2,860 元耗材費用（約 4 組設備主要元件汰換），提供環保局進行維修，環保局請自行評估是否多編列耗材經費。 **遺失：** （1） 手持式及移動式 1.0 財產年限皆為 3 年（最晚至 112.9.15 止），在此之前依「國有公用財產管理手冊」規定請環保局妥善管理，因移動式較容易豪雨或颱風影響容易遭沖

		走，請隨時注意氣象動態，環保署另於 5~9 月梅雨及颱風季節會寄信提醒。 （2）為避免不幸遺失、損毀、遭竊等狀況，請環保局自行報請除帳，因報除帳前審計機關會詢問是否有做預防措施及事後補救措施，請環保局於設置前均須做加強防護（如加鎖頭、設置告示牌、增加鋼纜防護等），事後請先利用感測器 GPS 確認能否看到設備位置，若設備已斷電無訊號，請報警並留存保案三聯單，作為除帳之依據。

會後本計畫即協助環保署預審地方政府所提之計畫申請書，111 年度共計有 12 縣市參與合辦計畫，其中彰化縣、高雄市與臺東縣為新申請之縣市，111 年度合辦計畫核定投入經費約 1,430.3 萬元，環保署分攤約 964.6 萬元（約佔總經費 67%）、環保局分攤約 465.7 萬元（約佔總經費 33%），統計設備應用情形說明如表 5-6。

表 5-6 111 年地方政府申請合辦計畫統計移交應用情形

縣市	110 年移交應用數量（單位：臺）		111 年移交應用數量（單位：臺）	
	移動式	手持式	移動式	手持式
基隆市	10	0	10	0
新北市	19	40	19	40
臺北市	6	20	6	20
桃園市	10	60	10	60
新竹市	1	20	1	20
新竹縣	10	20	10	20
苗栗縣	10	20	10	20
臺中市	31	20	30	20
彰化縣	-	-	10	0
南投縣	0	20	0	20
雲林縣	10	0	10	0
嘉義縣	10	0	10	20
臺南市	19	20	19	20
高雄市	-	-	10	20
屏東縣	0	20	10	20
花蓮縣	10	20	10	20
臺東縣	-	-	0	20
連江縣	0	20	0	20
總計	**137**	**300**	**175**	**360**

111 年度地方政府合辦計畫於 3 月陸續展開，規劃設備應用與維運至少六個月，預定於 12 月辦理計畫結案。惟臺南市與高雄市因委辦計畫招標行政程序延誤至 8 月初展開計畫，因合辦原則要求水質感測設備至少需應用六個月，以致計畫預計於下一年度（112 年）始辦理結案。

彙整 111 年地方政府應用感測器感測數據趨勢成功稽查工廠違法排水共 12 案，累計裁罰金額超過 300 萬元（表 5-7），包括畜牧業、金屬表面處理業、電鍍業、蒸氣製造及配送廠、化學原料製造業、機械製造業、砂石採礦業以及廢水處理業。其中 1 家金屬表面處理業之調勻站屬地下槽體，因運作多年恐有滲漏疑慮而造成水體水質異常，環保局建議鋪設防水塗層加強防漏及避免土壤污染。該事業目前已配合使用水泥加強邊壁，並持續監測如有持續側漏情況發生，將請專人鋪設防水塗層，由此可

見藉由移動式水質感測數據趨勢發現異常事件，除可查獲蓄意違法偷排外，亦可查獲工廠廢水處理設備疏漏等異常狀況，並提醒業者及時改善以避免持續破壞自然水體環境。

表 5-7 111 年地方政府應用感測器執行成果（統計至 111 年 10 月）

縣市	環境應用	稽查應用
基隆市	零星工廠、民眾檢舉、工業區污排、教育訓練	**已查獲 1 家機械安裝廠違法排放廢水，裁罰金額約 3 萬元**
桃園市	零星工廠、民眾檢舉、工業區污排、教育訓練	**已查獲 4 家工廠（金屬表面處理業、化學原料製造業、廢水處理業、砂石採礦業）違法排放廢水，裁處書開立中**
臺中市	零星工廠、民眾檢舉、工業區污排、教育訓練	**已查獲 5 家工廠（金屬表面處理業、電鍍業、機械製造業）違法排放廢水，裁罰金額約 295.2 萬元**
彰化縣	零星工廠、民眾檢舉、工業區污排、教育訓練	**已查獲 1 家畜牧業違法排放廢水，裁罰金額約 5.4 萬元**
雲林縣	零星工廠、民眾檢舉、工業區污排、教育訓練	**已查獲 1 家蒸氣製造及配送廠非法將廢(污)水由雨水道排放，裁處書開立中**

二、 研提 112~113 年合辦計畫

為協助環保署順利推動後續年度合辦計畫，本計畫團隊已協助擬定「112~113 年度水質感測器合辦計畫應用說明及注意事項」初稿（詳細內容如附件四）並規劃合辦計畫推動期程如表 5-8，後續將持續與環保署討論並確認合辦計畫執行模式，預定於 11 月份辦理合辦計畫說明會議，相關會議規劃於第 5.7 節詳細說明。

表 5-8 112~113 年水質感測器合辦應用計畫推動期程

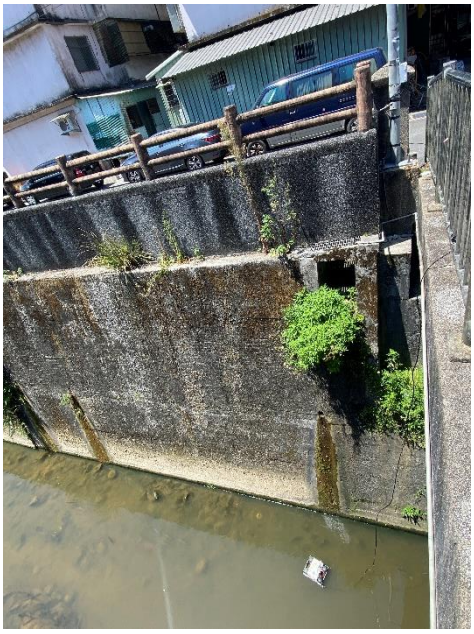
期程	事項
111 年	
3~8 月	1. 初擬 112~113 年合辦原則 2. 滾調調整 112~113 年合辦原則
8~10 月	研擬 114 年退場方案評估與建議
11~12 月	1. 協助完成 112~113 年合辦原則簽陳 2. 擬定合辦應用計畫申請計畫書及相關附件範本範例

期程	事項
	3. 辦理 112~113 年合辦應用計畫說明會議 4. 發函 112~113 年合辦原則 5. 環保局提 112~113 年合辦應用計畫申請計畫書 6. 協助環保署審查申請計畫書 7. 協助環保署辦理合辦應用計畫申請計畫書簽陳及發函
112 年	
1~2 月	環保局完成委辦計畫招標與簽約
3~4 月	1. 環保局提交選址細部規劃書 2. 3/31 查核點 1：撥款 30% 3. 協助環保署審查選址細部規劃書與確認查核點 1 核撥經費計算
5~8 月	1. 環保局提送經費核銷轉正資料 2. 協助確認第 1 期經費(預付款)並完成經費轉正 3. 協助環保署查核地方政府水質感測器應用數據品質（每 3 個月抽驗一次） 4. 環保局提交初步成果報告 5. 8/31 查核點 2：撥款 40% 6. 管理各縣市執行進度（以電話及 Email 追蹤）
9~12 月	1. 協助環保署審查初步成果報告與確認查核點 2 核撥經費計算 2. 11/30 查核點 3：112 年度經費（預付款）轉正 3. 環保局提送經費核銷轉正資料 4. 協助確認第 2 期經費(預付款)並完成經費轉正 5. 協助環保署查核地方政府水質感測器應用數據品質（每 3 個月抽驗一次） 6. 管理各縣市執行進度（以電話及 Email 追蹤）
113 年	
1~4 月	1. 環保局提交期中成果報告 2. 2/28 查核點 4：撥款 30% 3. 協助環保署審查初步成果報告與確認查核點 4 核撥經費計算 4. 協助環保署查核地方政府水質感測器應用數據品質（每 3 個月抽驗一次）
5~8 月	1. 5/31 查核點 5：113 年度經費（預付款）轉正 2. 協助確認第 3 期經費(預付款)並完成經費轉正 3. 協助環保署查核地方政府水質感測器應用數據品質（每 3 個月抽驗一次） 4. 管理各縣市執行進度（以電話及 Email 追蹤） 5. 環保局提交計畫全程成果報告 6. 協助環保署審查計畫全程成果報告 7. 6/30 查核點 4：計畫結案 8. 持續彙整應用成果、回饋意見及未來可能精進方向

5.3 查核地方政府水質感測器數據品質

依據「111 年度水質感測器合辦計畫應用說明及注意事項」為確認地方政府對於設備應用與維運情形，本計畫協助環保署執行數據品質抽驗，以每 3 個月一次之抽驗頻率，抽驗數量為申請數量之 20%，本計畫於 8 月 10 日、8 月 17 日、8 月 18 日、8 月 24 日、8 月 26 日、8 月 31 日、9 月 1 日、10 月 24 日以及 10 月 25 日分別針對基隆市、桃園市、苗栗縣、臺中市、彰化縣、雲林縣、臺南市、高雄市、屏東縣以及花蓮縣進行移動式設備抽驗查核，共抽驗 24 臺設備，抽驗情形如表 5-9，依據抽驗結果設備不合格數量為 2 臺，不合格率為 9%（圖 5-8），不合格原因皆為 DO 飽和溶氧異常，一臺因環境場域因素導致溶氧偏低，後續移至其他場域觀察監測數據有正常浮動；一臺送回原廠檢修，經確認後發現 DO 薄膜有破裂，造成電解液漏液的狀況，推測是因此狀況造成 DO 探棒異常。

表 5-9 移動式設備抽驗情形

縣市別	設備抽驗情形	
基隆市		

縣市別	設備抽驗情形	
桃園市		
苗栗縣		
臺中市		

縣市別	設備抽驗情形	
彰化縣		
雲林縣		
臺南市		

縣市別	設備抽驗情形	
高雄市		
屏東縣		
花蓮縣		

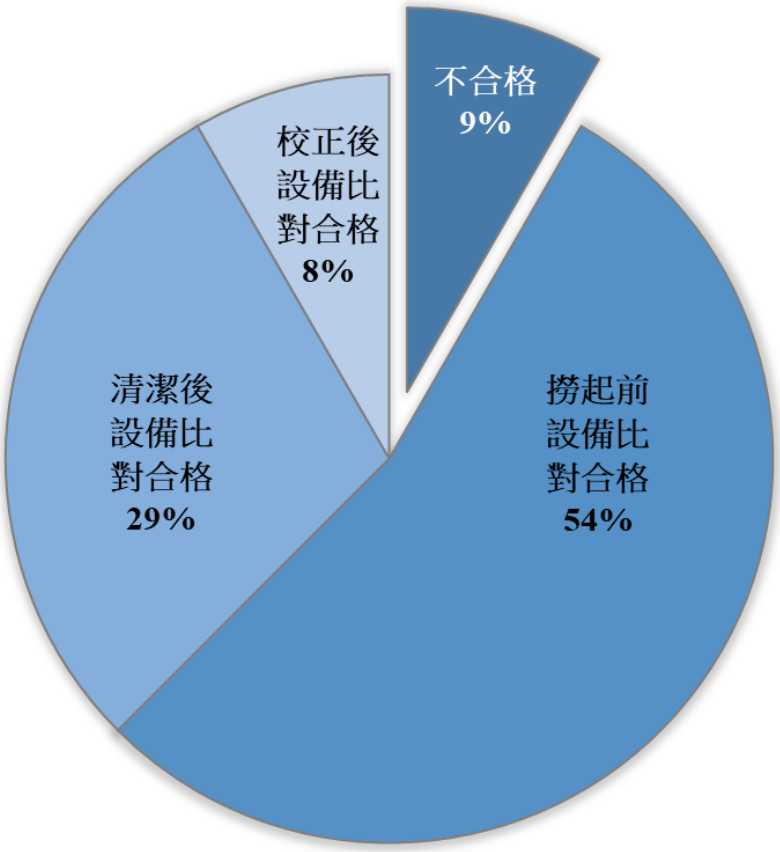


圖 5-8 移動式設備抽驗結果

5.4 分析彙整固定式、移動式及手持式水質感測器數據提出應用評估報告

感測設備自 109 年縣市合辦計畫推動起已累積大量感測數據，各類型水質感測器於 110 年間皆有做進一步的針對設備做優化以及選點的評估，將過去所遇到的問題逐步解決與調整，為進一步提升水聯網應用效益，自環保署環境物聯網平臺資料庫撈取並解析固定式、移動式及手持式感測數據，不同感測器裝置適用於不同環境場域，應用效益與評析方式有所不同。本團隊延續運作水科技物聯網應用平臺之感測數據分析經驗，輔以數據分析統計方式解析感測數值，取代長時間監控之人力與提高判讀之正確性，判斷感測器於各單位與縣市環保局使用情形、在各應用場域數據分布、感測元件衰減情形、數據品質及環境應用效益。依過往分析經驗，解析經常發生感測器異常、或無效數據點位原因，與感測器應用單位共同討論，檢討是否為選址問題、安裝位置、維運或感測器問題，據以提出改善建議。

一、 執行方法

依據 110 年執行「多樣化水質感測器感測數據應用評估報告」之經驗，各縣市政府與單位進行水質感測器合辦試驗應用計畫起至合辦計畫結束為止，其前後月份計畫起始與結束時間不一致，各感測器布建與感測時間有落差，以及感測初期常有些突發狀況需進行調整，導致使用狀況與數據品質參差不齊，本工作項目將擷取感測區間自 110 年 10 月 1 日至 110 年 12 月 31 日，該區間為各類型水質感測器優化後感測器與使用狀況較為穩定、各縣市政府與單位設備運用狀況穩定且頻繁、數據量大且具有其感測效益之區間，並整合蒐集全臺固定式、移動式及手持式感測器的應用者回饋意見，提供未來精進方向。其中「高污染潛勢熱區水質感測器布建應用計畫」在後續統計論述中簡化名稱為「布建應用計畫」。本工作項目已於 111 年 10 月 31 日完成分析設備運作效益並提送感測器數據應用評估報告 1 份，詳如本文。其執行方法架構如下圖 5-9，並依據 110 年分析「多樣化水質感測器感測數據應用評估報告」之經驗進行調整。

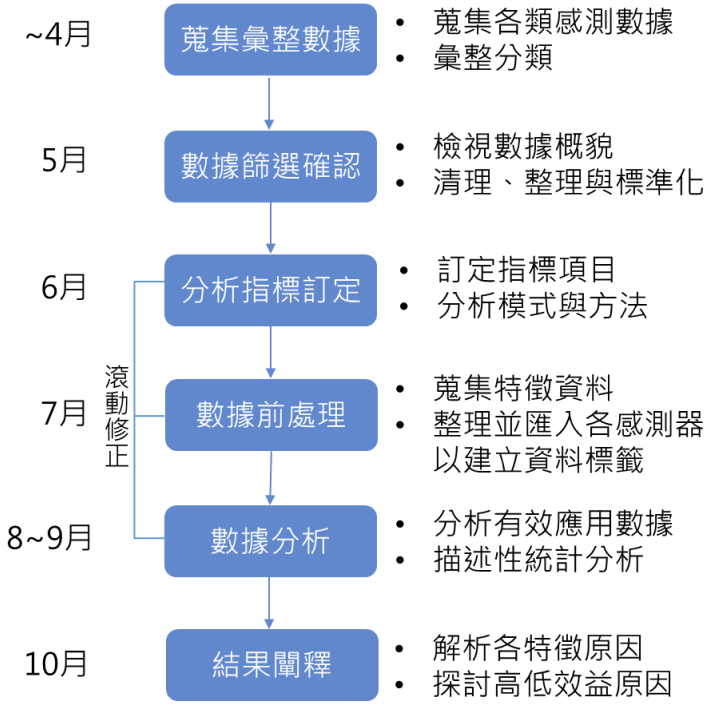


圖 5-9 感測器數據應用評估分析方法流程

二、 分析方法

感測器應用評估報告需要仰賴中央以及地方政府的協助與配合，以進行評估、規劃、布建、監測、數據分析、稽查、裁處，才能有足夠的資料量作分析評估。本工作項目彙整自 110 年 10 月 1 日至 110 年 12 月 31 日共三個月之固定式、移動式及手持式水質感測器之感測數據，依據其各縣市、應用場域、感測目的分類，其分析結果將分為元件衰減指標、數據品質指標、場域數據、環境效益高低點指標做結果與探討。由於各種感測器使用方式與感測項目不同，數值呈現的狀況也會依據感測點位水質狀況而有所不同，因此各類別感測器的分析方法也會視數據狀況而做調整。

其分析方法有元件衰減指標、數據品質指標、場域數據分析與環境應用效益指標。透過元件衰減指標統計各感測器元件更換與維運頻率是否相對於其他感測器較為頻繁，以及評估優化後感測器使用狀況。數據品質指標用以評估當年度數據品質不良之感測器占比，了解不具品質不良可能原因。場域數據分析用以統整與了解各縣市移動式與固定式感測器布建量占比、感測器應用、裁處概況以及分析各場域與不同行業別水質發生異常關鍵測項。環境應用效益用以評析各感測器該點為之水質感測異常數量、污染熱區，用以判別點位高低效益。

手持式感測器具備高機動性且為單點數據，應用與評析方式較不同於固定式和移動式感測器，則獨立進行數據分析的結果與探討。因手持式感測器之感測數量較少，故彙整自 110 年 7 月 1 日至 110 年 12 月 31 日共六個月之感測數據進行分析與論述。

三、 內容概述

固定式與移動式感測器在布建初期，有許多問題須進行環境測試與設備調整，大部分的問題在 110 年已大幅改善，也降低了維運時程與頻率。由於 110 年的固定式與移動式感測器均為精進後的設備，加上優化選址後感測器在整體應用與感測狀況較 109 年穩定。感測元件與內部零件老化與衰減，都可能是影響感測數據偏移的原因，因此良好的維運品質與校正是很重要的。依據元件衰減指標的分析結果，由於固定式感測器在電力供應方面改為鉛蓄電池，布點位置也盡量選擇能接市電或日照充足的點位裝設太陽能板可延長至 30 天的電力，如圖 5-10 與圖 5-11 顯示，110 年度之設備優化明顯比 109 年度在電池更換的比例在總體元件更換上降低許多。優化後也將 PET 感測由過去晶片式改為市售電極，提升 PET 感測之穩定性與持久性，更換電極的比例只占 1%，大幅延長了維運週期。蠕動管方面，於每次更換蠕動管時在表面塗上一層凡士林以降低馬達轉動對蠕動管表面的摩擦力以延長其壽命，也陸續將水體複雜或水壓較大之點位更換為蠕動管較為堅韌的材質，壽命可延長超過一個月。另外 110 年度在每次維運時均進行例行性更換或清洗的元件，並紀錄於維運表單中，讓整體感測器運作狀況更為穩定。而移動式具備高機動性、體積小場地適應力佳且能快速布建，直接放進水裡即可進行感測，但也需有良好的維運品質以及須注意進水問題。移動式感測器設備優化後縮小其體積、重量與護欄面積，降低吃水線高度，另外也將警示燈號與開關外部化，避免開蓋查看動作導致進水風險以及連續開關導致崩牙或是關蓋防水不確實導致水滲入，未來也有發展離岸型移動式設備，外部用水桶包保護防撞後將電極置入水體感測，降低主機進水的可能性，設備優化後也大幅減少主動傳輸、感測與電力供應模組的耗損，如圖 5-12 與圖 5-13。

為確保感測器狀況與數據品質整體成效，感測器於安裝前應確認應用目的，依據不同應用情境，放置的點位與布建密度也有不同，以確保在

感測數據應用分析上能發揮應有的效能。在安裝前應先進行場勘，至現場確認安裝固定處、抽水揚程、水位高低、流速及漲退潮影響狀況，還需要考慮維運的難易度後才可確認安裝點位。安裝後則需以符合環檢所檢測標準之手持式水質感測器比對，確認相對器差在誤差範圍內，後續方能取得具代表性的感測數據。

在數據分析方面，若要應用感測器改善環境，需先掌握各場域水質背景基線或監測行業別，在執行感測器數據分析時，可依據表 5-10 各場域與產業別水質排放特性來判斷水質異常與否，是否有超標，並紀錄每臺感測器是否有感測到水質異常，兩個月後均無異常則可進行移點評估，以提升各感測點位的感測效益。另外移動式感測器也可因應突發性水質污染事件，進行短時間且高頻率之水質監測，確認水質概況及污染物可能擴散區域，亦可與固定式搭配，逐步限縮污染範圍。110 年度之移動式稽查成效也較 109 年度提高許多，如圖 5-14，顯示各單位運用狀況與效益有所提升。此外需注意的是，感測位置若為處裡後廢水及自然水體匯流後水樣，於數據判讀時亦應予以調整。在固定式與移動式感測器中，導電度是個良好的依據，以導電度是否低於 200 μS/cm 來確認現地水量與抽水狀況，或由空氣中溶氧約 8 mg/L 來判斷感測探頭是否接觸水體，初步判斷感測器狀態優先剔除無效數據。由其他水質感測項目異常時同步確認導電度是否連動以及排水時段與週期性來判斷此感測之水質異常是否可信。大部分的情況下，若有排放廢水或水質有遭受污染，導電度常會有所起伏，由此也可得知，布建點位各種狀況的水量評估相當重要。

數據分析完成後方可進行點位效益的評估，確認各感測項目的超標頻率與連動關係，篩選出高效益點位，再透過時空分析限縮污染熱區，以星期與時間分析之熱力圖掌握可疑排放源之排放時段與週期性，輔以手持式感測器檢測現地水與現場感測器做比對，亦可搭配水平臺之水質異常告警通知系統，供後續稽查執法或作為掌握背景與後續擬定實施環境治理措施的參考依據。(詳細內容如附件八)

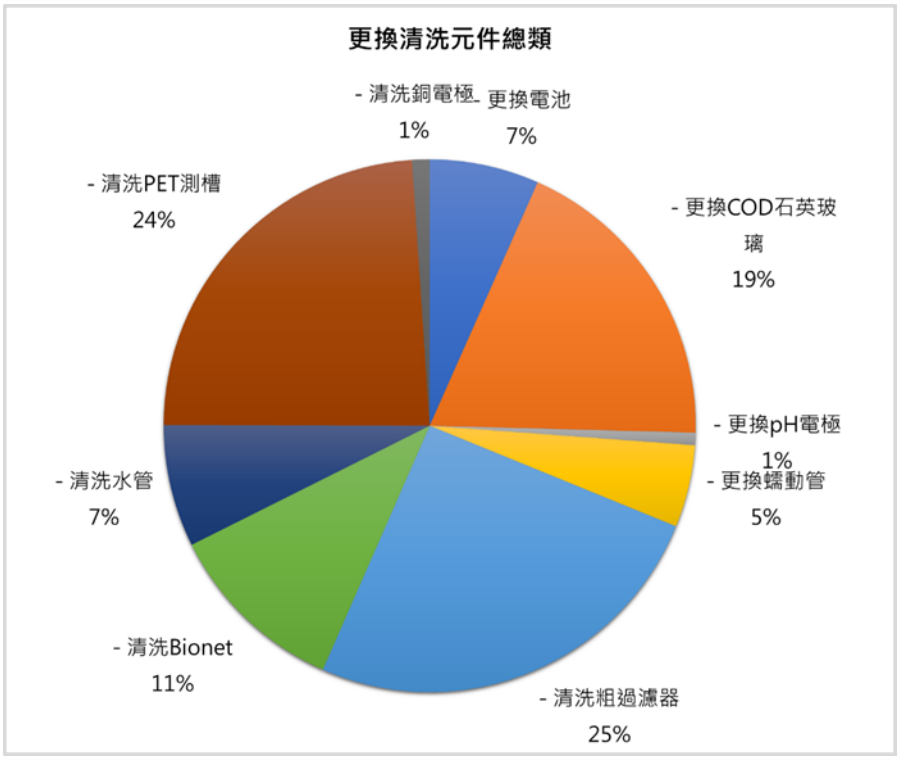


圖 5-10 固定式感測器常更換之元件總類(110 年)

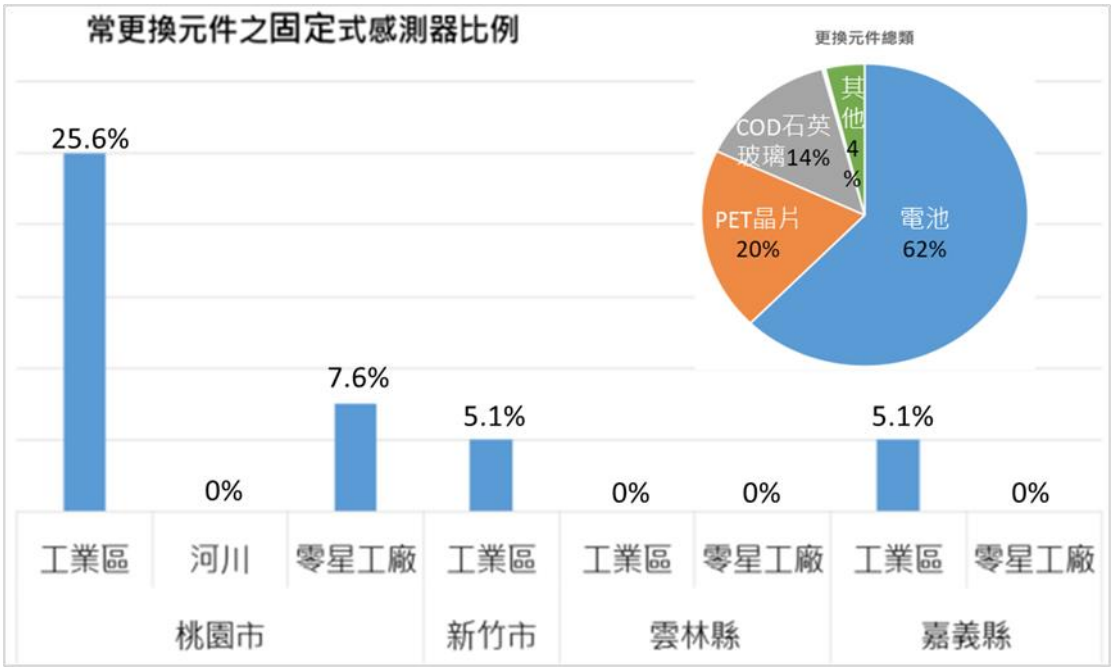


圖 5-11 優化前常更換元件之固定式感測器數量與更換元件種類占比(109 年)

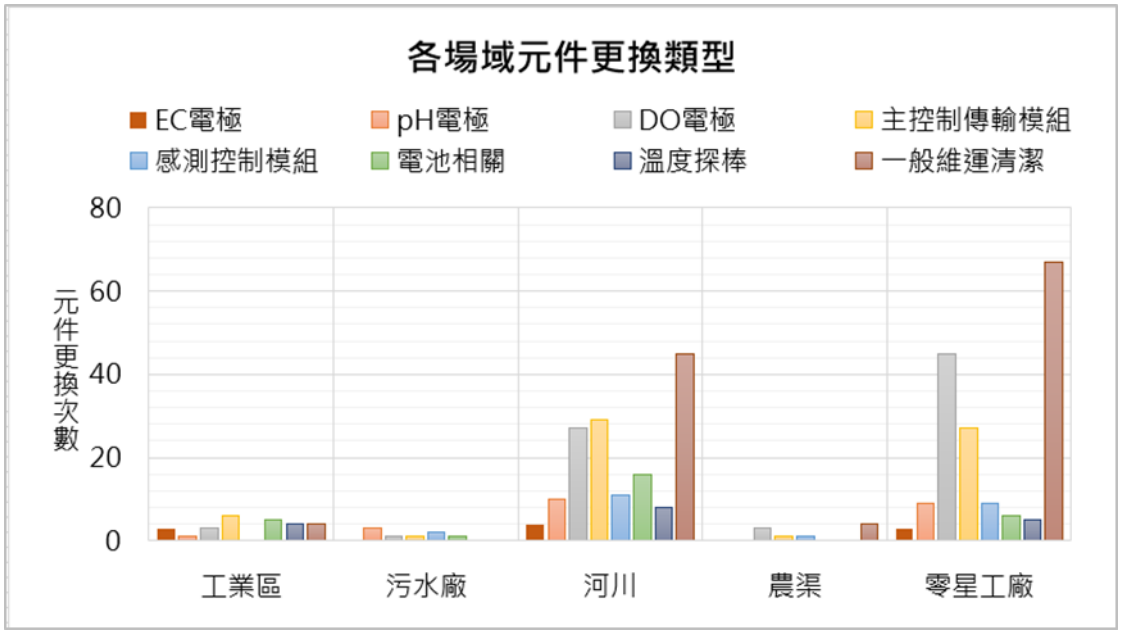


圖 5-12 移動式各場域元件更換類型(110 年)

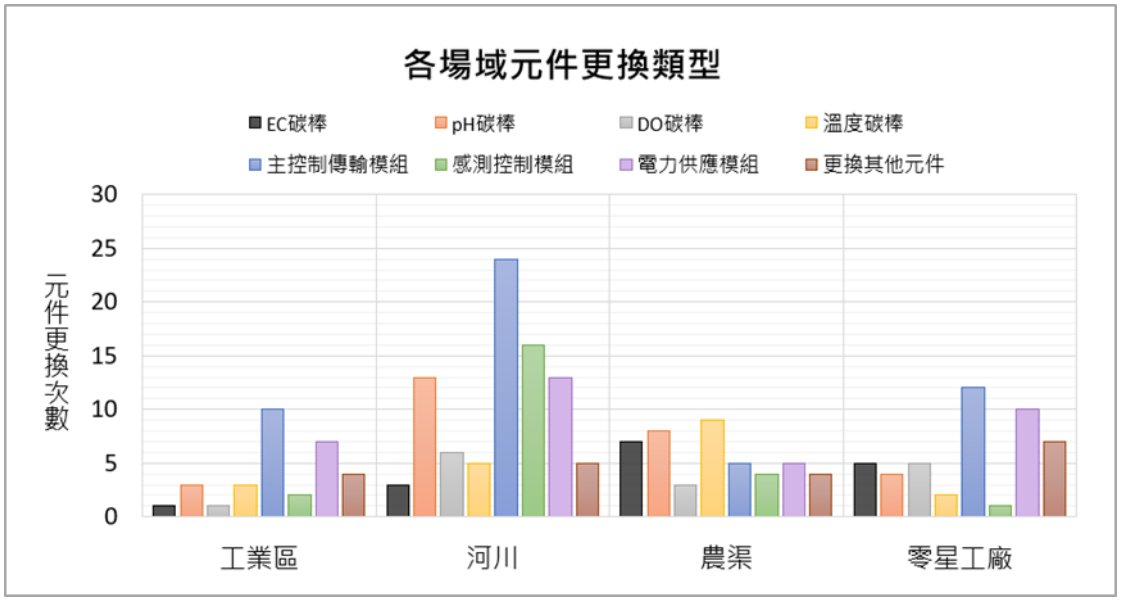


圖 5-13 移動式各場域元件更換類型(109 年)

表 5-10 各場域與產業別水質排放特性

應用場域	產業別	酸鹼值 pH	電導度 EC（μS/cm）	溶氧 DO（mg/L）	化學需氧量 COD（mg/L）	應用建議
農田渠道	—	6.5 - 8.5	500 - 1,000	2 - 4	—	以 pH 判斷超標廢水、EC 及 DO 判斷排水時間
河川水體	—	6.5 - 8.5	300 - 2,000	4 - 9	20 - 100	以 pH 判斷超標廢水、EC 及 DO 判斷排水時間
稽查執法應用	畜牧業	6.5 - 8.5	1,500 – 5,000	< 2	100 - 600	以 COD 判斷超標廢水、EC 判斷排水時間
	印刷電路板製造業/金屬表面處裡業/電鍍業	6.5 - 9	500 - 5,000	—	20 - 80	以 pH 及 COD 判斷超標廢水、EC 判斷排水時間
	印染整理業	6.5 - 8.5	300 - 1,000	—	50 - 150	以 COD 判斷超標廢水、EC 判斷排水時間
	食品製造業	6.5 - 8.5	1,000 - 10,000	—	20 - 80	以 pH 及 COD 判斷超標廢水、EC 判斷排水時間
	工業區大排	6.5 - 8.5	300 - 5,000	1.5 - 4	20 - 80	以 pH 及 COD 判斷超標廢水、EC、DO 判斷排水時間

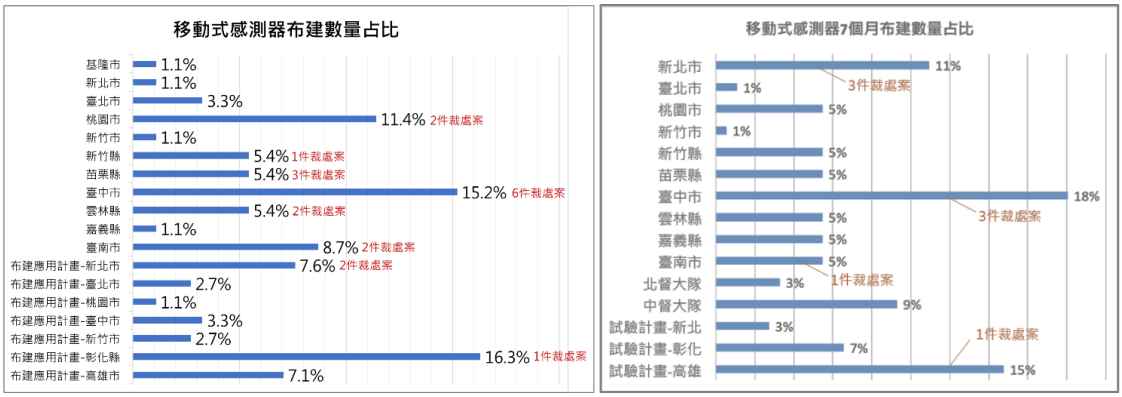


圖 5-14 移動式感測器布建數量與稽查概況(110 年左、109 年右)

四、 預期效益

其結果可讓參與水質感測相關工作的人員快速了解各感測器過去使用狀況，作為未來選點、設備選用及數據趨勢判讀作參考，也讓正在進行水質感測的團隊了解整體的感測狀況，評估使用效益與改善方向，並確認設備優化後是否對整體感測器運用狀況有所提升。另外也可讓設備研發團隊針對各類感測器優化後的成果進行評估未來可持續精進的空間，使感測效益最大化。

5.5 協助精進水科技物聯網平臺

水科技物聯網平臺係以 Web-based 建置，結合環保署既有環境雲平臺、GIS 平臺及環境 IoT 平臺之相關環境資源資料、服務及應用功能，提供環保署一整合性環境感測管理及決策支援，並提供民眾相關環境感應用與服務，分眾提供感測資訊監控與管理、公眾應用服務與查詢及決策支援與分析所需資訊服務及功能。並利用 24 小時不間斷之環境感測數據進行感測區域之特性分析與背景濃度建立，可完成感測區域之污染總量分析及源頭管制策略，同時透過預警模組，早期發現感測數據異常的時段及濃度，發出警訊及啟動應變決策，有效提升稽查處分時效並節省人力。為精進現行版水科技物聯網應用平臺(如圖 5-15)環保署已請卡米爾公司建立優化版水科技物聯網應用平臺(如圖 5-16)，本團隊已彙整使用者回饋意見如表 5-11，未來將持續蒐集地方政府及相關單位應用水科技物聯網應用平臺之回饋意見，提出平臺功能與資料介接之建議並協助使用者調整與溝通平臺相關設定，期能提供更符合人性化需求之功能與介面。



圖 5-15 水科技物聯網應用平臺

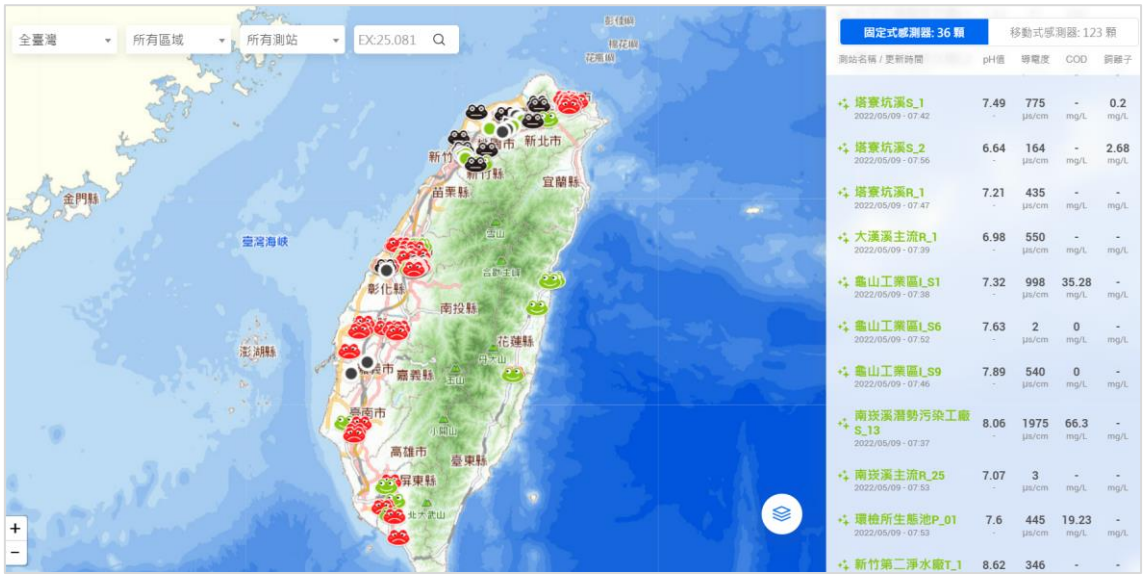


圖 5-16 水科技物聯網應用平臺（優化版本）

表 5-11 水科技物聯網應用平臺優化建議彙整表

項目	目前問題	期望優化說明	進度
時空分析頁面	縱軸數值呈現範圍會因選取時間範圍內之最大最小值影響	自行決定框取範圍來放大縮小	完成
時空分析頁面	所有設備無分類	將設備用縣市快捷鍵做分類	完成
時空分析頁面	一次選擇多個設備時，趨勢圖雜亂，須逐一關閉暫時不須觀看之圖表已進行比對	新增一鍵開關所有圖表之快捷鍵	完成

項目	目前問題	期望優化說明	進度
移動式專案權限	目前依縣市別區分權限	地方政府想要在既有權限下再細分不同的群組給不同的對象	環保署提供帳號跟單位對照的名單，卡米爾將各地環保局的帳號重新做設定
時空分析頁面	選擇日期區間可提供快捷鍵按鈕	新增快捷鍵,如三天、兩週、一個月、兩個月	完成
時空分析頁面	上下游測站連動性比較	不同測站之同一測項可疊合比較（同一張圖同 XY 軸）	完成
時空分析頁面	不同測站之同測項分別比較與不同測項之連動性觀察	同一測站之不同測項趨勢圖分上下呈現，X 軸同步（時間軸同步放大縮小）	完成
時空分析頁面	比較同一測站不同測項之連動性	同一測站不同測項在同一時間之疊圖	進行中
時空分析頁面	優化數據趨勢展示之水質異常告警與設備異常告警	重新定義需告警數值	進行中
時空分析與首頁	新設備需從資料庫介接至水平臺展示	需新增設備與感測項目	完成
時空分析頁面	各設備感測項目出圖緩慢	提升資料庫效能	進行中
資料庫	平台斷訊時，缺漏數據無回補機制，造成歷史資料短缺不完整的問題	新增資料回補功能,補遺平台斷訊異常時回補缺值	完成
資料庫	目前只有廣域的設備能順利打進平台資料庫，無開放其他廠牌資料公開於平台展示	新增其他設備資料格式,進行儲存與展示工作	完成
資料庫	無法掌握帳號使用者登入狀況	新增使用者登入平台後的操作足跡分析,提供平台了解使用情形	卡米爾已納入規劃
移動式感測器資料分析	歷史資料僅供展示 7 天，無法掌握長時間的變化預警情形	提供至少 1 個月的歷史資料展示功能	完成
移動式首頁	無法掌握各設備活動的創立帳號者為誰	提供各專案活動的帳號建立者清單，以提供 PMO 掌握最新布建維運狀況	卡米爾尚未納入規劃
移動式日報	尚無提供管理者進行發送日報的 email 管理介面	提供「4 小時預警通報」「每日預警通報」email 發送管理介面	卡米爾已納入規劃

5.6 彙整及推廣水質物聯網計畫成果

本工作將運用水質感測器應用之成功經驗，建立包含感測點位規劃、布建作業程序、維運作業程序、巡檢作業程序、感測數據檢核及污染熱區分析之技術能量，藉由完成國內水質感測器布建與應用之成功案例，做為應用服務推廣至全球之跳板，擴大我國水質感測物聯網產業推動成效，逐步落實驅動產業的目標，預計完成對外發表 3 篇論文、專利申請 1 件、技轉 1 件，並依環保署需求製作相關簡報等文件，以及配合 111 年度科技計畫辦理計畫調整、執行成果填報及提交年度重要成果效益報告。

一、 論文發表

本團隊於 111 年 10 月 11 日投稿中文期刊於量測資訊 208 期，題目為小型化光學水質感測模組之研發與應用，審稿後預計於 11 月底刊出。111 年 10 月 12 日於 The 2022 International Conference on Green Electrochemical Technologies and the 2022 Annual Meeting of Electrochemical Society of Taiwan 雙年會發表一篇英文刊物，題目為 On-Line Electrochemical Sensor for Residual Chlorine and Heavy Metal Detection，以及一篇 Development of an Innovative online turbidity monitoring device 將於 111 年 12 月 23 日前投稿於 Journal of Sensors，以宣傳環保署水質感測器研發與物聯網成效。

二、 技術授權

1. 本計畫自民國 106 年起開發國產化水質感測元件執行至今，共計申請 10 項專利，目前計已取得「嵌入式感測模組及感測裝置三件，證書號數：I679410(發明)、M561196(新型)、US10895561B2(發明)」、「水質監測系統，證書號數：M592966」、「多功能水質感測模組，證書號數：M602207(新型)、I770575(發明)」、「水質監測裝置，證書號數：M626507」等共 7 件專利。
2. 另有「多功能水質感測模組」與「水質監測裝置」等 3 件專利案件審查中。

3. 由於光學分析槽表面髒污會造成量測值高估誤判，因此導入複合式自動化潔淨模組設計並結合髒污偵測組件，即可進行槽體表面智慧清潔。其為複合式超音波刷洗裝置，利用髒污偵測組件之即時資訊，智慧判斷合適的清洗頻率與模式，可提高清洗效率，確保槽體表面隨時保持乾淨，維持量測結果之準確度。本年度（111 年）針對光學式水質監測之清潔方法與裝置提出中華民國與中國新型專利申請，案件審查中。

表 5-12 水科技物聯網相關計畫專利歷年申請及案件現況

項次	專利名稱	專利英文名稱	申請國家	專利類型	申請日期	案件情況
1	嵌入式感測模組及感測裝置	Structure of Embedded Sensor Modules	TW	發明	2017/12/15	獲證
2	嵌入式感測模組及感測裝置	Structure of Embedded Sensor Modules	TW	新型	2017/12/15	獲證
3	嵌入式感測模組及感測裝置	Structure of Embedded Sensor Modules	US	發明	2017/12/29	獲證
4	水質監測系統	Multi-sensing system for water quality monitoring	TW	新型	2019/12/27	獲證
5	多功能水質感測模組	Multi-function Water Quality Monitoring Module	TW	新型	2020/5/26	獲證
6	多功能水質感測裝置	Multi-function Water Quality Monitoring Device	TW	發明	2020/8/4	獲證
7	多功能水質感測裝置	Multi-function Water Quality Monitoring Device	US	發明	2021/1/20	審查中
8	多功能水質感測裝置	Multi-function Water Quality Monitoring Device	CN	發明	2020/12/11	審查中
9	水質監測裝置	Water Quality Monitoring Device	TW	新型	2020/12/11	獲證
10	水質監測裝置	Water Quality Monitoring Device	CN	新型	2021/12/24	審查中
11	光學式水質監測之清潔方法與裝置	Cleang Method and Apparatus of Optical Water Quality Monitoring	TW	發明	2022/12/8	審查中

三、 技術移轉

本計畫針對專利證號 M626507 於 111 年 10 月 5 日與儀展科技有限公司進行多成分光學式水質即時監測專利授權，未來結合物聯網及雲端大數據處理，整合線上分析技術平台，以提供未來各單位應用於不同情境水體監測系統之建置。

5.7 應用與推廣會議

環保署歷年來致力於環境物聯網應用與露出，陸續舉辦多場會議，於 107 年辦理【環境感測物聯網與產業創新研討會】，108 年以成果展示為主軸，參與【108 年臺灣國際智慧物聯網應用展】，109 年辦理【臺灣智慧水聯網記者會】，也於 110 年舉辦【水質感測物聯網布建及應用成果記者會】。本次將進一步了解各縣市環保局在水質感測器的應用成果與交流分享，以增進水質感測器的應用效益以及中央與地方在全臺水質感測物聯網的合作，並規劃於 111 年 12 月辦理 112-113 年合辦說明會議與 111 年業務檢討會，正式辦理時間與議程規劃將與環保署確認後執行。針對「環境監測及資訊處」，職掌環境監測及資訊系統發展等業務，35 年來，我國監測業務已建立起可與世界各國媲美之典範，於「空品監測 30 週年」及「水質監測 20 週年」辦理致贈典禮，回顧環境監測歷程，感謝所有人員的辛勞付出。另外也規劃辦理生物晶片相關會議 1 場次，以了解生物晶片應用於水質測的可行性。

一、 生物晶片研討會

本工項於 111 年 7 月 14 日邀請國立清華大學工程與系統科學系的王翔郁教授來說明生物晶片在水質的相關應用。其中也針對生物晶片運作原理與類型、現階段應用概況、水質測試應用案例、現階段所遇困境以及未來發展趨勢做說明與可行性探討，提供生物晶片若用在水質感測的方向與建議。圖 5-17 為研討會議程規劃，圖 5-18 為研討會概況。



圖 5-17 生物晶片研討會議程規劃



圖 5-18 生物晶片研討會議概況

二、 崢嶸歲月「空品監測 30 週年」及「水質監測 20 週年」一路有您-致贈典禮

環保署於 76 年成立時，設置「環境監測及資訊處」，職掌環境監測及資訊系統發展等業務。35 年來，空氣品質監測站由全國 19 座，至今已增設至 78 座；此外為加強機動性監測空氣品質，另設置 14 部移動式監測站，用以因應臨時性空氣品質監測調查之需。空氣品質測項眾多，不同測項每小時 1 筆監測數據，本署全年無休 24 小時分析監控，並透過空氣品質監測網及環境即時通 APP，提供民眾即時監測數據。

環境水質監測於 91 年後因臺灣省政府環境保護處改制，改由環保署執行，每年約產出逾 9 萬餘筆水質監測數據，這些監測數據經過品保程序後，在「全國環境水質監測資訊網」公布供全民查閱。同時，本署定期分析水質監測數據，提供業管單位及地方環保局施政參考。

環保署監測業務除了各項硬體設備與時俱進，汰舊換新，監測項目增多，監測數據的處理與運用日益精進，皆是透過各地學校及機關、測站管理人員、維護人員、數據品保人員及歷任為監測業務付出心力的長官，才能建立起龐大又嚴謹的全國環境監測網絡。30 年來我國監測業務已建立起可與世界各國媲美之典範，透過本次活動，向這一路上為環境監測業務默默付出的人員致敬，也邀集署長、副署長、主任秘書及各地方環保局共襄盛舉，回顧環境監測歷程，感謝所有人員的辛勞付出。本工項於 111 年 10 月 17 日於臺北花園大酒店舉辦「空品監測 30 週年」及「水質監測 20 週年」致贈典禮。

(一) 邀請名單人數

項次	邀請人員	備註	人數
1	一層長官	含隨行人員預計共 3 位	3
2	歷任監資處長官	朱雨其前處長 張順欽所長	2
3	空氣品質專家學者	蔡俊鴻、林能暉 李崇德、林文印	4
4	水質監測專家學者	張尊國、黃平志、溫清光	3
5	地方政府環保局	全臺共 22 縣市，預計各 1 位	22
6	30 年空品測站	全臺共 28 站	28
7	20 年重要水庫	全臺共 21 座	21
8	鹿林山空品測站	管理單位：中央大學	1
9	富貴角空品測站	管理單位：中研院	1
10	空品測站站管	施慶南、蔡啟知、陳炳麟 簡瑞清、陳培祺、邱富淞	6
11	水質監測品保員	張博雅、魏婉珍、李漢威	3
12	曾任監測業務 重要人員 （含退休人員）	洪震鈴、黃欣俊 楊定恭、陳瑞琴	4
總計			98

(二) 致贈名單及人數

項次	邀請人員	備註	人數
1	30 年空品測站	28 站	28
2	20 年重要水庫	21 座	21
3	特殊空品測站	鹿林山、富貴角	2
4	空品測站站管	施慶南、蔡啟知、陳炳麟 簡瑞清、陳培祺、邱富淞	6
5	水質監測品保員	張博雅、魏婉珍、李漢威	3
6	曾任監測業務 重要人員 （含退休人員）	洪震鈴、黃欣俊 楊定恭、陳瑞琴	4
總計			64

(三) 議程規劃

時間	議程	備註
10:00-10:30	報到/媒體接待 （30 分鐘）	報到/發送新聞資料袋
10:30-10:40	開幕式 長官致詞 （10 分鐘）	張子敬署長（預計邀請）
10:40-10:45	環境監測歷史回顧影片 （約 5 分鐘內）	
10:45-11:15	環保署空氣監測 30 週年及 水質監測 20 週年 致贈儀式 （64 人，30 分鐘）	【播放空品測站及人員介紹（約 20 秒），同時領獎人員上臺】 1) 第 1 批頒獎：空品測站設置 30 年單位及特殊測站共 30 站(每 10 人 1 組，1 組合影 1 次）。 2) 第 2 批領獎：本署退休人員共 4 位（合影 1 次）。 3) 第 3 批領獎：空品測站站管共 6 人（合影 1 次）。 【播放水質監測及人員介紹（約 20 秒），同時領獎人員上臺】 1) 第 4 批領獎：水庫管理提供採樣船舶、人員通行單位共 21 座（第 1 組 10 人、第 2 組 11 人，1 組合影 1 次）。 2) 水質監測品保員（3 人）（合影 1 次）。
11:15-11:30	媒體採訪 （15 分鐘）	
11:30	賦歸	

(四) 活動照片



圖 5-19 致贈典禮活動照片

三、 112-113 年合辦說明會議與 111 年合辦期中檢討會

(一) 議程規劃（暫定）

本工項預計合辦原則定稿後於 111 年 12 月辦理 112-113 年合辦說明會議與 111 年合辦檢討會，其議程規擬劃如圖 5-20，會中透過整合多元感測器應用稽查案例，分享多種感測器合作布建稽查與水質感測物聯網執行成果，利用已知事件為學習範本，提供給各縣市環保局稽查單位進行稽查應用與參考。透過 112-113 年合辦原則說明經費分攤以及驗收標準、移動式布建選址手冊說明等。經由綜合討論，協請縣市環保局說明 111 年計畫執行所遇到之困難點或應用成效，彙整設備與平臺使用者意見回饋預擬改善方向來增進水聯網之成效。

時間	議程
30分鐘	報到
10分鐘	主席致詞及大合照
20分鐘	水質感測器合辦成果與說明 (含成果影片撥放)
20分鐘	案例分享 (暫定北區-利銘案或台中-逢大工業案)
20分鐘	案例分享 (環輿)
20分鐘	移動式布建選址手冊說明(環輿)
20分鐘	112-113年合辦原則說明
20分鐘	綜合討論
	賦歸 (提供餐盒)

圖 5-20 112-113 年合辦說明會議與 111 年合辦期中檢討會（暫定）

(二) 場地規劃（暫定）

場地規劃於文化大學大新館數位演講廳，其防疫規範下可容納 78 人，如圖 5-21 所示。

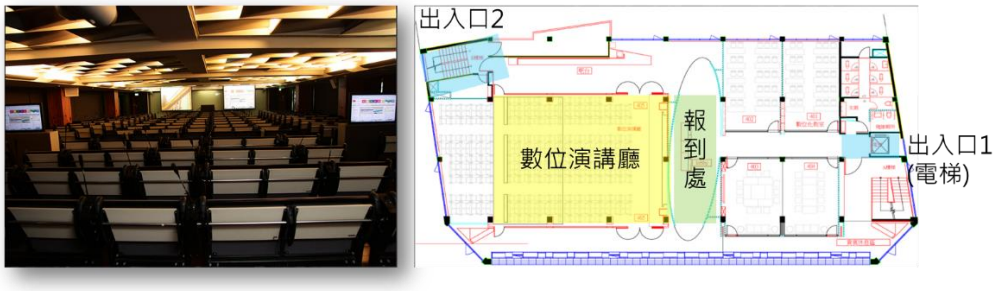


圖 5-21 112-113 年合辦說明會議與 111 年合辦期中檢討會場地規劃（暫定）

四、 預期效益

(一) 透過回顧環保署環境監測歷史，提升本署人員及各地方環保局使命感，共同為環境持續付出，保護臺灣僅有的這片土地。並感謝及鼓勵現任相關承辦人員，所有對環境的付出及努力皆是有目共睹。

(二) 期盼透過雙向交流及經驗分享，了解感測器開發、各單位運作與感測器布建之問題點及成效，以協助增進物聯網之效益。

第六章 結論

一、 優化水質感測器

(一) 本年度計畫已完成濁度與 COD/SS 光學水質感測元件精進工作，提升設備精密度並增加零點偏移功能，並完成實場水測試，目前均已應用於實際場域。

(二) 利用前期計畫光學設備研析對新感測項的可行性研析的結果顯示：(1)對於 BOD_5 的推估結果顯示，在水質變異性較小之環境場域可推估出具備一定可信度之 BOD_5 結果，但用於推估水樣來源較複雜的場域則因其來源較不穩定容易產生較大之推估誤差；(2)同時具備濁度與色度水樣的推估結果顯示，NIR 因其感測不受色度影響，因此其對於濁度的推估更為準確；在真色色度的推估結果顯示，水樣中濁度相對不高時，其對色度推估具備一定之可信度－，整體誤差<10%，當濁度升至 100 NTU 以上時，其對色度的推估會因濁度貢獻而產生較大的偏移，但對於高色度的影響則較小。如以放流水標準來看，可作為高色度之預警工具。

(三) 完成利用前期計畫電化學設備研析對於感測極限及測項擴增之可行性評估結果顯示：(1)於水中餘氯之分析，以安培法為基礎，搭配電極面積增加，可提升餘氯感測極限及感測頻率；(2)於水中重金屬之分析，成功建立單一銅或鉛之感測技術與操作條件，未來如需針對同時多測項重金屬感測器建立，可採現有電化學反應槽與機台，惟電路板相關規格需進行硬體修正以符合多測項之規格需求；(3)於電化學感測器開發之經濟性評估中可知，如需使用於即時連續監測之場域(如降低污染排放未察覺之情形發生(如每日至少需分析一次以上)，相較於現行餘氯、重金屬之分析方式，採用電化學線上即時感測機台除可獲得即時水質數據且更具經濟效益。

(四) 針對生物晶片用於水質感測之經濟與技術研析顯示，生物晶片用於水

質感測之研發成本高，其品管及保存技術亦較為困難，且使用上亦受環境條件變異較大時而有影響，多半穩定性及耐用性不佳，具有許多限制尚待克服，如商業化用於廣布型水質監測具有困難。

(五) 完成 10 臺固定式與 5 臺移動式感測器的優化工作，目前已於(1)水產養殖及科技廠水質進行感控驗證；(2)CWMS、淨水廠及混合污水處理廠進行機台感測驗證；(3)河川流域之水質模式應用，分析水體污染物時空變化趨勢。針對上述多元場域之驗證，提出產品化可行性分析。

二、 強化水質感測器品管控制

(一) 已完成(1)物聯網之水質感測器、感測元件、資訊傳輸等驗證草案；(2)水質感測物聯網安裝及數據應用指引，，後續將依據意見回覆做滾動式修正。

(二) 完成 30 臺固定式與 10 臺移動式水質感測器有效數據完整率與數據品質滿意度評估工作，各期數據完整率均大於 85%，符合計畫要求。

三、 多樣化水質感測器產業化及空間應用

(一) 為使水質感測器應用效果擴張多元，本計畫應用移動式感測器於科技廠及水產養殖場域進行感控評估及應用固定式感測器於科技廠、污水處理廠及淨水廠進行感測驗證，並據以提出水質感測器針對民生場域應用提出完整商品化產品可行性報告。

(二) 運用固定式水質感測器於南崁溪流域主流與支流進行連續水質水量感測，根據 WASP 模式初步模擬結果顯示以情境三（採用東門溪實測值及外加負荷）較為理想，提升研析水聯網的空間運用

四、 推動地方政府感測物聯網合辦計畫應用及管理

(一) 合辦計畫管理情形分年度說明如後：(1)110 年合辦計畫共 15 縣市參與，移交地方政府應用 147 臺移動及 300 臺手持式水質感測器。藉由水質感測器異常趨勢成功稽查 17 案，累計裁罰金額超過 1,500 萬元；

(2)111 年合辦計畫新申請縣市為彰化縣、高雄市與臺東縣，累計移交地方政府應用 175 臺移動及 360 臺手持式水質感測器。藉由水質感測器異常趨勢成功稽查 12 案，累計裁罰金額超過 300 萬元；(3)完成 112~113 年合辦原則研擬。

(二) 地方政府水質感測器數據品質查核結果顯示,設備不合格數量為2臺,不合格率為 9%，不合格原因皆為 DO 飽和溶氧異常。

(三) 依據水質感測器數據分析結果顯示，110 年度感測器優化後，元件衰減狀況較 109 年穩定許多,縣市應用感測器效益與稽查成效也有所提升，未來可持續收集數據，分析評估可持續精進的空間，使感測效益最大化。

(四) 蒐集各地方縣市環保局及其他使用者的操作使用建議,與卡米爾溝通協調出最佳操作介面方案,並持續依據實際操作情形提出改善建議與系統異常排除，精進水科技物聯網平臺功能。

(五) 針對光學裝置提出 1 件新型台灣專利並完成與儀展科技技術移轉 1 件,本團隊於量測資訊、Technologies and the 2022 Annual Meeting of Electrochemical Society of Taiwan 雙年會及 Journal of Sensors 提出 1 篇中文及 2 篇英文論文，宣傳環保署水質感測器研發與物聯網成果。

(六) 於 111 年 7 月 14 日辦理生物晶片研討會一場次，於 111 年 10 月 17 日於臺北花園大酒店協助舉辦「空品監測 30 週年」及「水質監測 20 週年」致贈典禮。預計合辦原則定稿後於 111 年 12 月辦理 112-113 年合辦說明會議與 111 年合辦檢討會，後續議將依實際狀況作議程與場地上的調整。

第七章 建議

一、 國產化水質感測元件已經進入最後一哩路，建議針對具技術移轉之專利與商品，持續進行商業推廣模式建立，擴大本計畫之研發成果外溢效應。

二、 建議持續感測方法研析，並導入最佳化程序控制、稀釋/定量及前處理設備，提升多成分量測穩定性；優化水位推估流量策略，利用不同水位流速量測，滾動修正河川流量量測準確性，增加不同場域應用性。

三、 建議持續加值水質感測器應用情境，增加驗證場域如：北水處管末監測、自來水塔、漁電共生養殖漁業與泳池等遊憩水域水情揭露。

四、 建議持續收集固定式水質連續監測資料並詳細調查沿線支流晴雨天排放情形，除可提升模式模擬之精確度，亦可作為未來估算污染物通量及總量管制之基礎。

五、 持續推動地方政府感測物聯網合辦計畫，落實審查地方政府水感測器安裝資料，提出建議定期查驗。

參考文獻

1. Pan, J. Y., Lin, P., Maseeh, F., and Senturia, S. D.（1990, June）. "Verification of FEM analysis of load-deflection methods formeasuring mechanical properties of thin films. "IEEE 4th Technical Digest on Solid-State Sensor and Actuator Workshop.Hilton Head, SC, USA.
2. United States Environmental Protection Agency （ 1993 ） ,Method 180.1: Determination of Turbidity by Nephelometry. https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/method_180-1_1993.pdf.
3. Richard J. R., Anthony F. F., Christopher W. S., Samuel P. K., Gregory T. A. K.（1996）. " Microfabricated electrochemical analysis system for heavy metal detection." Sensors and Actuators B: Chemical, 34（1-3）, 450-455.ELSEVIER.
4. Douglas, A., James, F. and Timothy, A.（1998）."Principles of instrumental analysis. " Saunders College Pub.
5. Saterlay, Andrew J., John S. Foord, and Richard G. Compton. "Sono-cathodic stripping voltammetry of manganese at a polished boron-doped diamond electrode: application to the determination of manganese in instant tea." Analyst 124.12（1999）: 1791-1796.
6. Neufeld, Tova, et al.（2000）." A micro flow injection electrochemical biosensor for organophosphorus pesticides."Biosensors and Bioelectronics,15 （ 5-6 ） ,323-329.ELSEVIER.
7. Kodera, F., Kishioka, S. Y., Umeda, M., & Yamada, A. （2004）."Electrochemical detection of free chlorine using anodic current. " Japanese journal of applied physics, 43（7A）, L913. IOPscience.
8. Kodera, F., Umeda, M., & Yamada, A.（2005）."Detection of hypochlorous acid using reduction wave during anodic cyclic voltammetry. "Japanese journal of

applied physics, 44（5L）, L718. IOPscience.

9. Fumihiro Kodera, Minoru Umeda, Akifumi Yamada.（2005）." Determination of free chlorine based on anodic voltammetry using platinum, gold, and glassy carbon electrodes." Analytica Chimica Acta, 537（1-2）, 293-298.ELSEVIER.

10. Del Campo, F. J., Ordeig, O., & Muñoz, F. J. （2005）." Improved free chlorine amperometric sensor chip for drinking water applications. " Analytica Chimica Acta, 554（1-2）, 98-104. ELSEVIER.

11. Rachela Popovtzer, Tova Neufeld, Eliora z. Ron, Judith Rishpon, Yosi Shacham-Diamand, Electrochemical detection of biological reactions using a novel nano-bio-chip array, Sensors and Actuators B: Chemical,Volume 119, Issue 2, 2006, Pages 664-672,ISSN 0925-4005.

12. Michio Murata, Tribidasari A. Ivandini, Mamoru Shibata, Satoshi Nomura, Akira Fujishima, Yasuaki Einaga.（2008）." Electrochemical detection of free chlorine at highly boron-doped diamond electrodes." Journal of Electroanalytical Chemistry,612（1）,29-36.ELSEVIER.

13. Barnard, H., Rhoades, B., Wetzel, C., Derr, A., Zaneveld, J. R. V., Moore, C., Koch, C., and Walsh, I.（2009,October）."Real-time and long-term monitoring of phosphate using the in-situ CYCLE sensor."IEEE Oceans MTS Conference.Biloxi, MS, USA

14. Chou, C. H., Chang, J. L. and Zen, J. M.（2009）."Homogeneous Platinum-Deposited Screen-Printed Edge Band Ultramicroelectrodes for Amperometric Sensing of Carbon Monoxide."Electroanalysis, 21（2）, 206-209.JOURNALS.

15. Cleary, J., Maher, D., Slater, C., and Diamond, D.（2010, February）."In situ monitoring of environmental water quality using an autonomous microfluidic sensor."IEEE Sensors Applications Symposium .Limerick, Ireland.

16. Lee, Gyoung-Ja, et al.（2010）."Advanced use of nanobismuth/nafion electrode for

trace analyses of zinc, cadmium, and lead."Journal of The Electrochemical Society, 157（7）, 241-244. IOPscience.

17. Saget, A., Chebbo, G. and Bertrand-Krajewski, J-L.(1996)"The First Flush in Sewer Systems." Water Science and Technology, 33(9), pp.101-108

18. Saputro, S., et al.（2010）."Differential Pulse Voltammetric Determination of Free Chlorine for Water Disinfection Process." Electroanalysis, 22（23）, 2765-2768. JOURNALS.

19. Fernando Cortés-Salazar, Siham Beggah, Jan Roelof van der Meer, Hubert H. Girault, Electrochemical As （ III ） whole-cell based biochip sensor, and Bioelectronics, Volume 47, 2013, Pages 237-242, ISSN 0956-5663.

20. Baron-Jaimez, J., Joya, M. R. and Barba-Ortega, J.（2013）."Anodic stripping voltammetry - ASV for determination of heavy metals." Journal of Physics: Conference Series, 466, 012023. JOURNALS.

21. Lin, W. C., et al.（2013）." Electrochemical photocatalytic degradation of dye solution with a TiO2-coated stainless steel electrode prepared by electrophoretic deposition." Applied Catalysis B: Environmental, （140-141）, 32-41. ELSEVIER.

22. Almeida, Eduardo S., Eduardo M. Richter, and Rodrigo AA Munoz.（2014）." On-site fuel electroanalysis: Determination of lead, copper and mercury in fuel bioethanol by anodic stripping voltammetry using screen-printed gold electrodes." Analytica Chimica Acta, 837, 38-43. ELSEVIER.

23. Lee, W.H. and Ma, X.M. （2015）. "Development of a gold microelectrode and its application for evaluating free chlorine consumption by metal surfaces." Austin Journal of Biosensors & Bioelectronics, 1 （2）, 1006-1011. AUSTIN.

24. Wan, Hao, et al.（2015）."Screen-printed gold electrode with gold nanoparticles modification for simultaneous electrochemical determination of lead and copper."

Sensors and Actuators B: Chemical, 209, 336-342. ELSEVIER.

25. Gao, Wei, et al.（2016）."Wearable microsensor array for multiplexed heavy metal monitoring of body fluids." ACS SENSORS, 1（7）, 866-874.ACS Publications.
26. Takeda, Humberto H., et al.（2016）."Electrochemical sensing of levodopa or carbidopa using a glassy carbon electrode modified with carbon nanotubes within a poly （allylamine hydrochloride） film." Analytical Methods, 6, 1274-1280.Publishing.
27. Water quality -- Determination of turbidity -- Part 1: Quantitative methods（2016）, ISO 7027-1. https://www.iso.org/standard/62801.html
28. Silmi N., Ivandini T. A. and Endang A. W.,（2018, December）."Hypochlorous Acid Sensor using Boron-Doped Diamond Electrode in Physiological pH Solution," 2018 3rd International Seminar on Sensors, Instrumentation, Measurement and Metrology （ISSIMM）, pp. 61-63.
29. Juan Francisco Fuentes-Pérez et al. A Custom Sensor Network for Autonomous Water Quality Assessment in Fish Farms, Processes（2018）
30. Water quality -- Determination of turbidity -- Part 2: Quantitative methods（2019）, ISO 7027-2. https://www.iso.org/standard/69545.html
31. Metrohm, Electrode shaft for the scTRACE Gold
32. Lim, J.W., Kim, TY., Lim, MC. et al. Portable Pumpless 3D-Printed Chip for On-Site Colorimetric Screening of Hg2+ in Lake Water. BioChip J 14, 169–178（2020）.
33. Anthony J., et al.（2020）." Combined Voltammetric Measurement of pH and Free Chlorine Speciation Using a Micro-Spot sp^2 Bonded Carbon−Boron Doped Diamond Electrode." Analytical Chemistry, 16072–16078. ACS Publications.
34. Saget, A., Chebbo, G. and Bertrand-Krajewski, J-L.（1996）” The First Flush in Sewer Systems.” Water Science and Technology, 33(9), pp.101-108

35. 松井邦（1999），感測器應用電路的設計與製作。臺北市：建宏。

36. 胡啟章（2002），電化學原理與方法，臺北市：五南。

37. 行政院環境保護署(2005)，水中濁度檢測方法－濁度計法（NIEA W219.52C）。檢自 https://www.epa.gov.tw/niea/395921ADBFD7ADB8

38. 廖憶華（2006），「以光學頻譜分析定性及定量廢水水質特性之研究」，國立中央大學環境工程研究所碩士論文。

39. 鄭禹祥（2007），「COD、SS 及流量即時自動監測系統之發展與建立」，國立中央大學環境工程研究所碩士論文。

40. 吳宗桓（2008），「應用於生化感測器之可攜帶循環伏安式恆電位儀設計與實現」，國立臺南大學通訊工程研究所碩士論文。

41. 鄭立（2008），ZigBee 開發手冊，臺北市：全華。

42. 莊琮亮（2008），晶片檢測技術應用於防疫機制的發展需求，農業生技產業季刊。

43. 游佩蓉（2009），「利用 UV/VIS/NIR 吸收光譜同步量測水中 SS、有機物及重金屬之研究」，國立中央大學環境工程研究所碩士論文。

44. 行政院環境保護署（2011），環境影響評估河川水質評估模式技術規範。檢自 https://oaout.epa.gov.tw/law/LawContent.aspx?id=GL004860

45. 桃園市政府環境保護局天羅地網（2012），環境資訊暨污染預警監控系統資訊服務計畫委託專案管理。

46. 行政院環境保護署（2013），水污染防治措施及檢測申報管理辦法。檢自 https://oaout.epa.gov.tw/law/LawContentSearch.aspx?id=FL040734

47. 行政院環境保護署（2015），事業及污水下水道系統水污染防治費收費辦法。檢自 https://oaout.epa.gov.tw/law/LawContent.aspx?id=FL040165

48. 科技部（2015），中華民國科學技術白皮書（民國 104 年至 107 年）：以智慧

科技打造永續成長的幸福社會。

49. 行政院環境保護署(2015),跨部會化學物質資訊服務平臺計畫。EPA-104-J03-02-A216。

50. 行政院環境保護署（2015），永續物料管理制度推動及系統功能提升專案工作計畫。

51. 國家發展委員會（2016），行政院第 3514 次會議-亞洲·矽谷推動方案。

52. 行政院環境保護署（2016），水污染感測器與物聯網資訊展示先期研究計畫。EPA-105-L101-02-A209。

53. 行政院環境保護署（2016），運用奈米碳管修飾電極進行水質分析。

54. 行政院環境保護署（2016），105 年桃園市重點河川污染總量管制實施管理計畫。

55. 科技部/環保署/交通部/內政部/經濟部（2017），建構民生公共物聯網計畫

56. 科技部（2017），國家科學技術發展計畫（民國 106 年至 109 年）。

57. 行政院環境保護署（2017），水質感測物聯網應用技術研發及農地污染潛勢區布建驗證。EPA-106-U1L1-02-A011。

58. 行政院環境保護署(2017),環境物聯網發展推動計畫。EPA-106-L102-02-A056。

59. 美商傑明工程顧問公司（2017），106 年桃園市重點河川污染總量管制實施管理計畫，桃園市環境保護局委託。

60. 行政院環境保護署（2018），106 年版環境白皮書。

61. 林鎮洋、康世芳、陳起鳳（2018），地面水體水質模式及教育宣導講習計畫，行政院環境保護署委託。

62. 林鎮洋、康世芳、陳起鳳（2019），地面水體水質模式模擬運用及教育推廣計畫，行政院環境保護署委託。

63. 行政院環境保護署(2020),「水質感測物聯網精進及數據分析應用」期末報告

64. 陳起鳳、林鎮洋、康世芳（2021），推動地面水體水質模式運用之環境教育推展計畫，行政院環境保護署委託。

附件一之一 「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」採購評選會議 意見回覆

意見	意見回覆
(一) 本計畫研發產品之應用情形宜再明確，是否具有國內或國際的獨特性?	感謝委員意見，本計畫所研發產品涵蓋光學與電化學特性，為針對水質物聯網所需應用情境所開發技術，其技術特色為體積小、低成本、易維運，過去以提出 3 國 10 項專利並指少已完成 2 項技術移轉，具備產品市場獨特性。
(二) 水質模式驗證結果若有差異，如何確認是模式誤差?或儀器誤差?	感謝委員意見，本計畫使用之感測儀器已經多年研發已有一定精確度，至於模式誤差主要是現場支排流排放不易掌握，而根據以往建模經驗，調整參數或更新支排負荷後可滿足一般誤差要求（即平均絕對誤差 MAPE≦50%）
(三) 地方環保局推廣做法如何有效推廣?包括資料分析、設備維護及後續推廣等。	感謝委員意見，本計畫研擬水質感測器品保品管制度，提升數據品質。因應未來各種廠牌及水質感測元件的類型不一，本團隊將研擬水質感測物聯網之感測設備、感測元件及資訊傳輸等驗證草案，建立完整之實驗室驗證(Lab Test)及實場驗證(Field Test)機制，同時完成研擬水質感測物聯網安裝及數據應用指引，提升未來水質感測器之性能一致性標準及數據品質要求，有效確保場域水質感測數據之完整性及滿意度。
(四) 水質感測器研發之精進作法，如重金屬次目增加、偵測極限降低等。	感謝委員意見，本年度重金屬多測項感測之研發，將以伏安法做為理論基礎，搭配電極及緩衝液進行測試；另餘氯下修感測極限，初步優先將電極感測面積增加，以評估其可行性及經濟成本。
(五) 測值範圍宜注意最低偵測極限，range 非 0~某值，另所測值之測值不確定之範圍 (measurement uncertainty)。	感謝委員建議，濁度部分量測範圍已訂為 0.1~1000 NTU 沒問題，COD 量測範圍應修正為 0.1~300 mg/l，SS 量測範圍應修正為 0.1~100 mg/l，測值不確定度後續會依據量測之重複性、再現性、解析度等特性再做評估。

意見	意見回覆
(六) 重金屬僅測銅，使用伏安法宜加強其他金屬的測定(國內公司以研發出來的)，尤其是裁罰法規值的直接證據之研發。	感謝委員意見，本年度將使用伏安法做多測項重金屬感測之研析，並以法規標準濃度作為量測目標。
(七) 目前監測的目的要由現場至資訊中心，建議在現地測定的準確度與變異值，再其次達計劃的最終目標，最好先達到裁罰之直接證據。	感謝委員意見，本年度感測器的精度已強化上調至工業級等級之水質感測器，希望藉由此精進後之數值能達到貼近裁罰依據。
(八) COD 值推估 BOD 值如何達到預訂的準確值目標?	感謝委員建議，本年度利用 COD 值推估 BOD 值是先做可行性評估，尚未訂出準確度規格，但會先利用標準方法(NIEA W510)採樣分析得到的 BOD 值，找出與 COD 量測值之關聯性，並嘗試分析不同水體之關聯性差異。
(九) 水質模式應用與氣候雨量河川特性污染來源及監測點位置有關建議選擇介入點及污染來源位置與季節有關。	感謝委員意見，固定式或移動式感測器設置條件將納入污染來源位置與季節性考慮
(十) 執行團隊去年度執行相關計畫所遭遇的最大困難為何?今年度有何改善方法?加以說明。	感謝委員意見，執行團隊因環境水體中之 COD 與 BOD 大多在 UV 波段具有光學反應，因此本年度規劃可行性研究，嘗試利用 UV 波段的感測搭配補償運算公式的方式，嘗試建立十場水樣中 BOD 推估的模式，做為未來感測器進一步改良的參考。
(十一)　請彙整和補充前期已開發之設備及感測項目。並說明其和市場上已有設備優劣之比較，尤其偵測範圍、偵測極限和價格。	本計畫開發之餘氯感測器，與現有市售設備相比偵測範圍較廣，惟偵測極限相當，如較大量生產或商業化則其價格即具有經濟優勢，此外因關鍵零組件皆屬國產化，耗材更換與惟運成本亦較低。
(十二)　造成濁度之物質主要為水中之顆粒與膠體，計畫中提及要以全波長掃描測定廢水中各種成分光頻譜特性和濁度的關係，水樣之成分所指為何?如何定性、定量?	感謝委員提問，本年度規劃利用以開發設備進行濁度精確度提升與色度量測可行性，因目前色度量測方式之標準方法與執行團隊規劃的量測波段相同，因此預期會針對相同水樣中在可見光波段之散測與穿透反應來評估是否可同步量測真色色度與濁度之可行性，後續會逐步於期中與期末報告中呈現可行性結果。

意見	意見回覆
(十三) COD 之量測同樣欲對廢水中之成分做定性及定量的分析，考慮廢水組成複雜廢水之成分所指為何?如何定性、定量?	感謝委員意見，本計畫所開發設備目前定義廢水中主要的複雜成分分為兩中：(1)與待測物種(ex: COD 或濁度)在相同波段會出現的物種；(2)廢水中的顆粒狀物質。而排除上述干擾的主要方式為利用多光源搭配多成分定性定量演算法，在不同波段取的干擾物種的濃度後，在針對主要量測物種進行濃度補償，取得正確感測資訊。
(十四) 應用電化學方法量測重金屬僅能量測溶解態重金屬，針對顆粒態金屬的量測有何策略?是否會對樣品進行消化?是否是使用標準添加或預先建立檢量線?如為後者如何考慮基質影響?	感謝委員提問，對於顆粒態金屬，ICP 亦需要對樣品進行消化，故若計畫未來規劃仍為線上監測，僅能量測溶解態重金屬。檢量線建置會使用標準添加法降低基質干擾。
(十五) 定時校正為確保現場儀器檢測精確度的重要因素，根據過去的經驗，請簡述說明各檢測設備之校正的頻率。	感謝委員提問，感測器布建完成後，計畫團隊每週針對感測數據進行檢視，並維持兩週一次之例行校正及維運頻率，以維持感測器之穩定性及準確性。
(十六) 國內已廣泛應用 WASP 進行水質模擬，請說明使用固定式水質感測器對模擬的結果預期會有什麼不同及效益?是否仍假設 Steady state?	感謝委員提問，回覆如下： (1) 預期的效益有：可提升水質模式精確度、更新支排流負荷、推估晴雨天負荷，逐步建立河川涵容能力等 (2) WASP 可選擇不同 time step 進行模擬，未來將搭配固定採樣器每 20 分鐘一筆之 time step 做模擬
(十七) 各項目感測器之量測範圍宜考慮法規值與應用面，以避免範圍大，對管制值低於應用之影響。	感謝委員意見，本計畫所開發的感測器設計的偵測極限在污水領域均低於放流水標準，而在淨水領域也低於飲用水及自來水標準，深具應用性。在本年度持續規劃對環境管制領域所需儀器的一致性標準，提供未來主管機關在採購之品管依據。
(十八) 放流水標準 BOD、COD 大多為 30 mg/L、100 mg/L，比值 0.3，實際產業放流水 BOD/COD 比值更低，未知此項如何研發，BOD/COD 放流水比值建議可統計環保稽查資料。	感謝委員意見，本工項在年度規劃定位為可行性研究，分兩方向進行：(1)收集標準方法與商用儀器，研析其與本計畫開發設備之差異性；(2)利用過去研發之光學感測設備研析在不同情境水樣下，設備光學反應對應環保稽查資料之 BOD 與 COD 結果，做為未來持續開發的方向參考。

意見	意見回覆
(十九)　應用面宜以環保署主管法規為優先重點，例如放流水稽查、水體環境監測，養殖、農田灌溉水質非環保署職掌業務。飲用水水質監測應用、自來水事業單位已建置且使用經驗豐富，本計畫目的為何?	感謝委員意見，本計畫目的除了輔助環保署及環保局應用水質感測器以物聯網方式追蹤、分析並輔助稽查水污染情形，該些執法應用情境於過去 3 年成效顯著。為保持環保署自主研發之水質感測器競爭力，故本計畫將投入多元場域應用領域，試驗水質感測器之性能，發展多元應用空間以及拓展除了稽查之外的產業化空間例如養殖漁業場域、污水場處理設施、淨水廠水情揭露、CWMS 比對等。
(二十)　從放流水標準、地面水體分類標準之達成狀況，研擬開發重金屬感測器之必要性優先項目。	謝謝康委員建議，本年度會做重金屬感測項目研析。
(二十一) 期中或期末報告提出與地方政府感測物聯網合辦之實例。	感謝委員意見，執行團隊定期收集地方政府應用水聯網實例並彙整納入報告第五章。
(二十二) 本計畫規劃執行水質驗證模式，惟服務建議書章節不夠詳細，要印證什麼或產出什麼?請具體補充說明。多樣水質感測器如何區分是水質異常或設備異常?請補充說明。	感謝委員提問，回覆如下： (1) 服務建議書因有頁數限制，故只能摘要描述，而本計畫水質模式預期的效益有：可提升水質模式精確度、更新支排流負荷、推估晴雨天負荷，逐步建立河川涵容能力等，後續將分階段於進度報告中呈現。 (2) 多樣水質感測器經多年研發已有一定精確度，若有異常可以重新校正儀器或增加設備維護頻率，以避免遭人為破壞。
(二十三) 感測元件 sensor，如何監測濁度或真色度?	感謝委員提問，本年度規劃利用以開發設備進行濁度精確度提升與色度量測可行性，因目前色度量測方式之標準方法與執行團隊規劃的量測波段相同，因此預期會針對相同水樣中在可見光波段之散測與穿透反應來評估是否可同步量測真色色度與濁度之可行性，後續會逐步於期中與期末報告中呈現可行性結果。
(二十四) 本計畫規劃 11 月 30 日研擬水質感測物聯網安裝及數據應用指引可否提前完成?	感謝委員意見，執行團隊遵照辦理，已於啟動會議後調整為 7 月提供初稿給環保署進行審核。

意見	意見回覆
(二十五) 過去執行經驗水科技物聯網平臺、縣市環保局最需解決項目為哪些?今年如何改善?	感謝委員意見，目前最迫切屬平台斷訊時，缺漏數據無回補機制，造成歷史資料短缺不完整的問題。已與平台維運團隊進行此功能強化與改善。
(二十六) 有關運用 PMF 進行細懸浮微粒鑑識部分，請補充說明相關假設,如燃料煤源固定。(游委員勝傑)	感謝委員意見，本問題應屬空氣污染領域，已轉知相關課室處理。
(二十七) 請補充說明如何運用周界樣品與 CPM 樣品進行關聯性分析。(游委員勝傑)	感謝委員意見，本問題應屬空氣污染領域，已轉知相關課室處理。
(二十八) 查服務建議書未檢附 110 年度辦理綠色採購紀錄，請補充說明。(游委員勝傑)	感謝委員意見，本計畫並不需要檢附 110 年度辦理綠色採購紀錄，可參閱投標須知。
(二十九) 各縣市營運經驗的回饋與檢討?	感謝委員意見，執行團隊於計劃期間持續收集地方政府應用水聯網回饋意見並持續檢討與滾動修正，相關內容納入報告第 5 章。水聯網回饋意見並持續檢討與滾動修正，相關內容納入報告第 5 章。
(三十)　各種量化指標應提到公式與 sample size。	感謝委員意見，本計畫所開發的感測器均會明確定義感測器的各項量化指標，可參閱服務建議書第三章 3.1.1~3.1.2、3.1.5~3.1.6。
(三十一) PET+DO，本計畫似乎都沒提到 DO	感謝委員意見，本計畫所採用之 pH 為採用 Teflon 隔膜，抗干擾能力強，不易污染和堵塞，使用壽命長；(2)導電度採用可以抗邊緣效應(Fringe Effect)的干擾，提供穩定且精確的量測數值；(3)溶氧採用光學溶氧電極螢光淬滅(Quenching) 氧氣的原理來測量溶液中的氧含量，具有很強的耐受性，壓力衝擊；(4)溫度感測器已包含於上述 pH 及導電度與溶氧感測電極中可針對不同水溫進行量測值之溫度補償校正
(三十二) PET+NH3-N，NH3-N 是國產還是進口?	感謝委員意見，本計畫所開發之固定式感測設備所選用的 NH_3-N 為商用成熟設備。
(三十三) CWMS 目前可做為裁罰基準嗎?	感謝委員意見，CWMS 目前為事業達到一定規範後所需設置的連線設備，暫無作為裁罰基準。

意見	意見回覆
(三十四) 用在 WASP 的 sensor 沒有 DO?	感謝委員意見，本計畫在水質模式的應用以氨氮及銅離子搭配水量作為污染推估的應用，並無針對 DO 做規劃。
(三十五) COD 準確度跟基質、溶解成分、顆粒成分有關，建議應分開說明，其發展潛力為何?有機會嗎?	感謝委員意見，本計畫所開發之 COD 感測器可同步量測水樣中的顆粒濃度，並據以針對 COD 濃度進行補償運算，目前已布建固定式機台於新北市、桃園市及嘉義市，統計 108 年至今，固定式感測器已成功稽查 8 件水質污染事件，合計裁罰金額約 173 萬元，以工業區為大宗，成效斐然。預定本年度會持續進行本設備之技術移轉，目前已與 2 間廠商洽談中。
(三十六) 如何把高解析度光學指紋資料庫應用在低解析元件上?	感謝委員建議，團隊利用光學資料庫得到的全光譜分析特性，有助於選擇出適合波段之發光與感光元件，得到最佳化的量測範圍與解析度。
(三十七) 請說明研發方向是否與目前水污染防治實際問題相互搭配?建議得標廠商應根據 EPA 實際需求調整工作重點方向。	感謝委員意見，本計畫在第一期 106-110 年感測器布建應用以稽查為主，成效斐然。本期計畫除持續推廣水污染防治相關應用外，亦與 EPA 合作，針對養殖、淨水、水質模式、CWMS 等領域進行多元應用，擴展實際應用情境。

附件一之二 「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」啟動會議 意見回覆

意見	意見回覆
(一) 發表論文非本計畫目的，應回歸初衷，掌握清楚計畫要解決什麼問題及如何解決，如有做不到的則應說明清楚限制之所在。	感謝委員意見，執行團隊遵照辦理。
(二) 應規劃思考未來經費短缺時，如何永續經營，請儘早提出規劃構想。	感謝委員意見，執行團隊在去年計畫執行過程即開始著手規劃所開發物聯網感測器多元應用，今年主要針對養殖、淨水、CWMS 比對各方面進行推廣，擴展應用情境，朝永續經營目標規劃。
(三) 水質感測器目前並未完全使用自行研發的感測元件，請說明後續如何應用自行開發的感測元件，而非直接採用市售產品。（請嘗試在移動式水質感測器中安裝更多的自主研發感測元件）	感謝委員意見，執行團隊過去研發過程除針對新技術開發外，亦同時評估開發完成的時程與推廣可行性，因此在部分基本水質項目因市售商品技術成熟度高，因此才會將研發感測元件與其結合，達到效益最大化。移動式感測器因具備高度布建便利性，因此水質重點測項如：COD、氨氮布建不易，本年度會嘗試規劃將重金屬感測電極與其結合之可行性研究。
(四) 請研析水質感測器設備商之產能數量，俾利評估未來採用買資訊服務之可行性。	感謝委員意見，自 108 年起推廣之縣市合辦計畫已有設備商進行布建維運相關經驗，在未來 112-113 之合辦項目會將資訊服務之比較列入，並進行效益評估。
(五) 請研析標準實驗室在現今規模下，是否有足夠的商業誘因與資源支撐運作，及如何藉由驗證提升產品競爭力。	感謝委員意見，感測器的性能要求因應用而異，感測數據品質取決於感測器的基本性能、操作方式以及分析方式，所以了解感測器的優點和限制對於應用於預期目的非常重要，故由行政院環境保護署訂立適用於物聯網之水質感測器應有的驗證項目，以管控出廠的產品必須依據品質要求進行查驗，確保設備符合品質與一致性比對標準後，各地方縣市環保局才能將該合格廠商納入採購機制，實扮演重要角色。

意見	意見回覆
(六) 移動式水質感測器今(111)年計畫有許多新的感測元件及應用規劃，請於合辦原則中提前說明環保局若明(112)年採用，相關工項增加的可行性。	感謝委員意見，無論是目前或未來，於合辦計畫所採用的感測元件仍屬PET+DO 為目標
(七) 針對老舊感測器，請研析因應策略。	感謝委員意見，目前所研發的感測器耐用年限約 3 年，在主計畫與縣市合辦計畫的執行過程均有明定，並適度在計畫過程中進行時程規畫進行汰換與更新。
(八) 請強化說明模式驗證工項的亮點。	感謝委員意見，本年度試行之水質模式驗證，主要因過去水質項目感測頻率不足及缺乏流量資料等問題，導致推估流域污染負荷能力不足，預計利用本年度所新開發具備流量的固定式感測器與 WASP 模式結合，可提升水質模式精確度、更新支排流負荷、推估晴雨天負荷，逐步建立河川涵容能力等，後續將分階段於進度報告中呈現。
(九) 請說明用 COD 推估 BOD 的學理依據。	感謝委員意見，執行團隊因環境水體中之 COD 與 BOD 大多在 UV 波段具有光學反應，因此本年度規劃可行性研究，嘗試利用 UV 波段的感測搭配補償運算公式的方式，嘗試建立實場水樣中 BOD 推估的模式，做為未來感測器進一步改良的參考。

意見	意見回覆
(十) 請強化說明感測器元件研發規劃及預期成果。	感謝委員意見，執行團隊針對感測器元件有以下研發規劃與預期成果說明如下：（一）精進水質感測器感測元件：針對淨水領域的濁度及廢水領域的tCOD/SS 進行韌體與演算功能提升，並產出新版感測元件；（二）提升固定式水質感測器設備效能：(1)利用已開發設備，評估新感測項目如：生化需氧量、色度、重金屬等之感測可行性；(2)利用既有設備研析擴充或替換市售感測元件可行性；（三）提升移動式水質感測器設備效能：(1)強化演算軟體之數據穩定性與解析能力；(2)研析縮小移動式感測器機體、優化電路配置、強化防水機能及運用網路節點傳輸之可行性；(3)利用既有設備研析擴充或替換市售感測元件可行性。
(十一) 請各指引完成期程請再提早，目前尚缺固定式及手持式感測器的使用指引，指引完成才能讓各單位能有自主運用的參考，屬重要工項，請工研院加速處理。	感謝委員意見，執行團隊遵照辦理，已於啟動會議後調整為7月提供初稿給環保署進行審核。
(十二) 請說明如何驗證水質感測器(非感測元件)的效能。	感謝委員意見，可由外部電池續航力、通訊模組、機體設計等指標進評估。如防水等級是否達 IP68 以上、鋰電池是否符合安全規範等。
(十三) 請補充說明固定式感測器的置放期程規劃，並滾動式評估如何調整點位，若以應用民生為主，稽查用途應減少。	感謝委員意見，執行團隊在計畫開始執行會維持 20 台固定式感測器於稽查用途與淨水應用，隨計畫進行至 6 月，會逐步導入新開發的 10 台固定式與 10 台移動式感測，預計擴展用途至養殖、水質模式應用與 CWMS 比對，後期會持續滾動式評估與調整點位。
(十四) 請以月報呈現各工項管控現況。	感謝委員意見，執行團隊遵照辦理。
(十五) 請說明 CWMS 的商業評估及與市售機臺的對比及實績。	感謝委員意見，本年度計畫會於 6 月後進行此工項，預定會將兩代具備 CWMS 測項之機種於現場與商用儀器比對，並利用標準方法進行準確度測試，後續會逐步於期中與期末報告中呈現此部分比對結果。

附件一之三 「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」第一次工作進度報告會議 意見回覆

意見	意見回覆
(一) 請持續推動多重重金屬項目等工項研發評估作業。	感謝委員意見，現已完成銅與鉛多測項重金屬感測技術研析，呈現於期中報告 2.6 章節，並後續將做場域驗證機台經濟性評估。
(二) 有關 COD 感測元件升級，從原先儘量測 SCOD 到現在 total COD，請補充說明若用同樣的放流水測試，兩者量測數值的差異量，及校正公式差異。	感謝委員意見，本期計畫優化之 COD/SS 感測模組可直接量測水體中 COD 初始值，在利用 SS 光學補償計算出水體的 total COD，目前並無直接量測 SCOD，但後續會依據實場測試結果，評估是否要增加雲端對 SS 造成 COD 貢獻量的補償。
(三) 從嘉太工業區一案發現， COD 元件實際應用前需要至少 3 次以上的校正，並會受到水質與油膜影響，請再檢視其他感測元件是否有同樣的環境干擾，並於手冊上補充說明其限制與干擾因子。	感謝委員意見，一般光學直讀式 COD 之出場流程均為利用標準品建置，後續利用現場水進行吸收度校正，此乃受限於各地區貢獻 COD 之化合物不同所導致；另外如現場水樣有油膜問題，極可能造成穿透光無法集中造成感測值高估問題。團隊會於維運手冊補充 COD 元件校正步驟及干擾因子說明。
(四) 本計畫感測元件已研發 6 年，經費已投入幾千萬，惟經查計畫技轉的移動式感測器迄今從未使用本計畫研發的感測元件，而逕採用市售產品，請團隊說明後續因應規劃。	感謝委員意見，由於移動式感測器之設置目的為高機動性與分鐘等級量測，因此與計畫初期研發之水質測項設置方式理念不同，因此移動式感測器才採用機構整合搭配成熟市售商品的方式進行，團隊在今年會開始評估利用固定式感測元件之原理搭配電極式設計的可行性，進行後續的探討。
(五) 從既有國產水質感測器比對測試中發現，台中水管家、廣域公司、到團隊準備新引進的儀展公司，其感測元件等級均不相同（大陸製、實驗室級、或工業級），請研析適合本案應用範疇的感測元件等級建議規範。	感謝委員意見，目前採用的感測元件主要分為實驗室與工業級兩種設計，目前低價位商品大多採用實驗室並由大陸製造為主，其單價雖低，但耗材損壞頻率高，容易造成初設成本低但維運與耗材成本高的現象；本計畫團隊所開發的國產水質感測器除採用工業規格等級電極外，亦針對防水、省電、隔熱與外殼保護等進行最佳化設計，其初設費用雖不是最低，但在數據品質與維運頻率

	及費用具有優勢，會持續進行技術移轉與推廣。
(六) 國產感測器比對請依各家優缺點確實分析，並彙整使用標的範圍。	感謝委員意見，固定式感測器與傳統方法及市售成熟商品之比較請參照第二章內容。
(七) 請說明本年度之技轉方式與效益與專利申請內容。	感謝委員意見，本年度會依據去年團隊提出之光學水質感測技術進行技術移轉，目前已有具備承接意願廠商，正洽談細節與金額中；而專利申請的部分則以光學感測搭配清潔裝置進行申請中，預計本年度 11-12 月提出申請。
(八) 跨域應用請團隊於一個月內提出相關規劃與預定目標，俾利本署辦理相關協商會議。	感謝委員意見，遵照辦理。
(九) 水質模式應用目的為確立方法，俾利擴展多元應用，並請團隊於期末報告說明其對流域治理之相關效益。	遵照會議結論，水質模式部分將於期末報告研擬連續監測資料之模擬指引並提出流域治理之相關建議與效益說明。
(十) 請說明 2022 雲端物聯網創新獎參獎規劃。	感謝委員建議，本團隊將規劃參加 2022 雲端物聯網創新獎(9~10 月申請)，以水質物聯網跨域應用效益進行申請，並以環保署為主要申請單位。

附件一之四 「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」期中審查會議 意見回覆

意見	意見回覆
(一) 以合成/標準/單一 Compound 水樣進行感測元件優化，建議需根據複雜水樣之實際需求提升【硬體規格性能】。演算法之優化應考慮【實用性】及【合理性】，且應將未來可能在面對實際水樣時需做的限制與補償納入考量。 (1) 優化 2 臺 tCOD/SS 感測元件 A. 情境與應用目的宜先分類敘明（廢水、河川水），並先釐清標準品適用性。 B. 以高嶺土做為 SS 量測之標準品，以鄰苯二甲酸氫鉀(KHP)做為 COD 量測之標準品，挑出之特徵波長僅能應用於該 compound，以此波長建立之演算法再準也沒有用。 C. 思考未來硬體規格的提升方向，如光譜解析度、光源數量。 (2) 優化 1 臺濁度感測元件： A. 情境與應用目的宜先敘明（暴雨濁度?），並依此決定測試濁度範圍。 B. 建議將樣品槽尺寸放大納入考量，硬體規格包括燈源數量、散射角度。 C. 1-1000 NTU? 以 100 為界? 建議根據散射光強度調整演算法。 D. 使用多項式擬合，效果雖好，但實用性不佳且不合理。物理來看濃度漸高時，光學訊號變化靈敏度降低，直到不再有變化；濃度低時則無光學訊號，或光學訊號不靈敏。但所提出之多項式	感謝委員意見，計畫團隊於前期計畫有針對【硬體規格性能】進行提升；而演算法亦經過多種場域驗證，建立快速因應現場水質之演算模式，整體回覆如下： 1. 本計畫所開發之感測元件於前期計畫有提出針對南崁溪、工業區及標準品建立不同檢量線之流程，因此建置於實際場域時會利用現場水質進行修正吸光與補償係數，以利實際場域之水質感測。 2. 承前，實際場域應用時，會利用現場水質進行演算法修正，以利實際場域之水質特性進行感測。 3. 計畫團隊未來會因應水質物聯網實際感測需求，持續規劃針對系統前處理、基線穩定與光源數量優化之硬體精進，惟仍以物聯網需求特性如小型化、低成本、易維運等進行規劃設計與改良。 4. 本計畫開發之濁度感測器目前可感測範圍為 0.1-1,000 NTU，正逐年提升其濃度上限，除提供一版淨水使用外，本年度亦布建於原水端針對高濁度水進行驗證，會於期末報告進行說明(期中報告 4.1)。 5. 本計畫所開發之濁度感測元件為可同時取得散射與穿透電壓，並依據光強度建立閥值，自動切換散射與穿透量測。感測器硬體規格在未來議會持續優化，強化其在感測與燈源的擴充性(期中報告 2.1，表 2.2)。 6. 目前感測器之濃度計算，可線性與多項式靈活切換散射與穿透量測(期中報告 2.1，表 2.2)。

意見	意見回覆
正好相反。	
(二) 關於各種既有、固定式感測器之經濟與技術可行性之評估。此為技術議題，目標為【技術之突破】或【新技術之開發】，除現有技術盤點外，宜先敘明學理依據、技術瓶頸與量測限制，需了解關鍵問題才不會白做工。 (1) 運用電化學感測技術整併多測項重金屬感測器(如砷、鉛、鎳)之經濟與技術可行性，重點需考慮基質與其他離子的干擾 (2) 即時光學色度感測傳輸設備，需考慮顆粒要如何去除 (3) 運用 COD 設備，演算不同情境生化需氧量（BOD）之技術可行性，建議： A. BOD 用比攝氧速率是否可行? B. 從現實面來看，COD 光學感測就很難準確了，更何況要用此 COD 搭配不可行的比例去推 BOD。 (4) 如何選擇進行 PK 的場域? 有考慮廢水基質與濃度範圍嗎? 不同基質與濃度範圍的 PK 結果會一樣嗎? (5) 此項經濟與技術可行性之評估，實際應用除了成本與準確度外，還需考慮維護問題。感測器現場清理完馬上 PK， 跟一段時間沒清再來 PK，結果會一樣嗎?	感謝委員意見，計畫團隊在前期研發計畫以針對此部分做可行性研究，才開始進行後期感測器之開發，未來會於期末增列產品比較，強化說明本計畫所開發產品技術性與競爭力，其他細部問題補充說明如後： 1. 電化學感測技術整併多測項重金屬感測器之開發在感測濃度極限部分利用安培法、擴充感測電極面積與調整適合緩衝溶液來強化其感測效能，在餘氯、鉛及銅離子已有初步成果(期中報告 2.5-2.6)。 2. 本計畫所開發之光學感測器可同時量測散射與穿透強度，具備顆粒自動補償功能，此部分在色度量測時可納入(期中報告 2.1-2.2)。 3. 利用 COD 推估 BOD_5 本計畫僅為研析其可行性部分，做為未來亟需 BOD_5 量測場域之參考數值(期中報告 2.3)，亦會於期末報告補充以此方法推估之誤差值及實際可行性評估。 4. 利用比攝氧速率量測 BOD_5 確實可行，惟其在整體設計上可能須考慮微生物與溶氧量測限制，計畫團隊會針對此部分進行評估。 5. 目前感測器比較先以移動式設備進行比較流程的建立與評估，以利未來縣市購買數據服務之感測器標準，會逐步建立比對基礎、場域及規格等標準與手冊，建立一致化流程(期中報告 3.1)。 6. 計畫團隊在感測器開發過程，亦同時針對感測器選址、布建、校正、維運等標準手冊，降低感測器現場受複雜水體感擾之影響(期中報告 3.2)。
(三) 關於移動式感測器擴充與改良 (1) 建議擴充改良前先說說現況問題為何? (2) 建議期末能具體說明移動式感測器經擴充與改良後，與未	感謝委員意見，回覆如下： 1. 遵照辦理，會於期末報告提及改良原因與現況說明。 2. 遵照辦理，會於期末報告說明感測器改良後之優化效果，並於多元應用章

意見	意見回覆
經改良及擴充者相比，到底對各種應用帶來哪些具體效益與實際的加值效果。	節說明布建後之實際效果。
(四) 強化水質感測器品管控制 (1) 簡報 41 頁有 3 種比對，請問表 3-5 到 3-12 的比對結果是 3 種裡面的哪一種? (2) 感測器現場清理完馬上 PK，跟一段時間沒清再來 PK，結果會一樣嗎? 如果不一樣，查核時是否也應考量清理頻率的問題。 (3) 建議彙整消化使用單位回饋意見，盤點關鍵問題，精進與檢討品管使用之指標與指引，使品管控制能解決真正問題，並發現使用限制，再回饋到技術研發建議釐清使用者應用目的，例如有的必需準、有的必須反應快、有的必需清理頻率低、有的必須長期趨勢對，每一種目的都有不同的指標，不是都適用同一種滿意度評估方式。	感謝委員意見，回覆如下： 1. 簡報 41 頁為查核地方政府使用移動式感測器的數據品質巡檢，為每季抽驗 1 次，以了解地方政府設備是否有確實維運設備與運作上的困難排除。表 3-5～3-12 為本計畫固定式與移動式感測器的品保品管查核。 2. 感測頭乾淨程度受現場環境影響變化非常大，若髒污或生物膜包覆嚴重的情形下，水質感測數值勢必會偏移，並且會建議維運團隊，針對此種場域提高維運頻率。 3. 計畫團隊將會彙整每季進行巡檢的現場情形進行彙整，並納入設備精進項目的研擬計畫。
(五) 多樣化水質感測器產業化及空間應用 (1) 建議敘明產業使用現況、問題，並釐清各產業關鍵應用目的，再帶出感測器的角色。不要感測器都布建好了，但卻不知道要做什麼，例如水質模式。 (2) 希望期末能看到感測器連續監測與水質模式的搭配成果，若將支流負荷以連續監測數據帶入，或在主流測站以連續監測數據比對模擬水質，提醒 WASP 水理模式若不同步使用 hydrodynamic model，將無法看出效果。 (3) 水質管理應用建議：	感謝委員意見，回覆如下： 1. 以水質模式為例，其應用目的為利用感測器之連續監測資料可精確估算晴雨天污染負荷，逐步建立流域之涵容能力（Loading Capacity），及污染物之通量變化等，以利後續擬定流域管理策略，以上在服務建議書及重要會議如：啟動會議及第一次工作進度報告均有提及整體模式需求、選點規劃等，可參考期中報告 4.2。 2. 主要支流如東門溪有設置固定測站，桃林鐵路兩支流設置移動式測站，可計算出該支流之連續負荷並輸入模式中模擬，而在主流之大埔橋及大檜溪橋有固定式測站可比對模擬水質。另後續模擬將嘗試 WASP 模式結合 hydrodynamic model。

意見	意見回覆
A. 將 sensor 放在環保署關鍵、代表性測站進行長期驗證。 B. 把 sensor 設在 WRA 流量水位站、進行水質流量同步量測。 C. 魚骨圖與流達率：把 sensor 設在重要排水匯入主流處，或關鍵測站上游，使現行魚骨圖更為完整，並使水質模式的 loading 輸入更能反映真實狀況。	3. 回覆如下： A. 目前固定式與移動式測站已根據污染熱區之八二原則設置完成，其中主流之大埔橋與大檜溪橋之固定式測站亦為環保署之長期測站。 B. 本計畫固定式測站已有搭配同步量測流量(水利署 WRA 於南崁溪並無流量或水位站) C. 如上第 2 項回復，主要支流東門溪與兩處排水已有設置固定式或移動式測站可即時更新該支流負荷，也可同步更新負荷魚骨圖，至於其他次要支流或排水仍會採用既有調查資料輸入。
(六) 強化水質感測器品管控制（第三章） (1) 表 3-2 至 3-4 之固定式與移動式水質感測器之數據完整率之定義為何?且數據完整率應超過 85%，訂定依據為何? (2) 表 3-5 至表 3-12 之固定式與移動式水質感測器之數據品質滿意度之定義為何?且數據品質滿意度應超過 85%，訂定依據為何? (3) 一般市售水質感測器之數據完整率與品質滿意度為何?	感謝委員意見，回覆如下： 1. 本計畫固定與移動式感測品保及品管作業標準，請參考期中報告 p.148-149，訂定依據為參考環檢所 NIEA 標準方法並依據前期計畫開發技術建立。 2. 目前一般市售水質感測器其數據完整率並無訂定，原因為其大多不具傳輸平台規格訂立，無法考核；而滿意度則大多依據環檢所標準以標準品驗證後即可出廠。
(七) 多樣化水質感測器產業化與應用空間（第四章） (1) 目前產業化之評析資料仍簡略，建議期末再補充。 (2) 應用於南崁溪重金屬銅與氨氮之監測及水質模式模擬，請補充說明本計畫水質感測器監測重金屬銅與氨氮之數據品質滿意度與完整率是否超過 85%?	感謝委員意見，回覆如下： 1. 遵照委員意見，本計畫開發產品與市售商品比較及評析補充於期末報告。 2. 應用於南崁溪重金屬銅與氨氮之固定式感測器為本年度新開發機種，其數據品質滿意度與完整率在第二期有納入查核，請參考期中報告表 3-3 及表 3-8。
(八) 推動地方政府感測物聯網合辦計畫應用與管理 (1) 推動地方政府感測物聯網於	感謝委員意見，回覆如下： 1. 地方政府陸續 3 月開展合辦計畫之移動式設備應用，統計至 8 月已成功

意見	意見回覆
110 年度已有 17 件執行應用例，對今後事業廢水 排放管制有很大助益潛力。111 年度至 8 月僅有 4 件執行應用例，建議協調地方政府加速推動感測物聯網應用。 (2) 111 年 8 月第一次稽核地方政府水質感測器數據品質，補充稽核數量與其結果如何?	稽查工廠違法排水共 5 案，PMO 每月定期追蹤地方政府應用情形，統計至 10 月已成功稽查工廠違法排水共 12 案。 2. PMO 自 8 月中開始執行抽驗地方政府移動式設備數據品質，已於 10 月完成 24 臺設備抽驗，抽驗結果將彙整於期末報告。
(九) 各個工作項目之進度請分項以甘特圖加以說明。	感謝委員意見，工作團隊遵照辦理，會於期末報告以甘特圖說明各個工作項目進度。
(十) P.21（濁度）、P.36(COD)：本計劃欲利用吸光度推估水樣中存在之成分並推估濃度，請說明原理。	感謝委員意見，本計畫所開發之光學感測目前可針對感測場域之混合 COD 與濁度進行分析，並利用場域實際水質濃度進行演算法修正，詳細之濁度與 COD 演算流程於前期計畫已有說明，工作團隊會於期末報告適度補充流程。
(十一) P.33（濁度）、P.43(COD)、P.49(SS、COD)回歸曲線之目的為何?為何使用多項式?以多項式回歸勢必可以獲得不錯的吻合度，且次數越高越吻合，但代表何種物理意義?不同水質 matrix 是否會有不同回歸曲線?若有不同之干擾，如何應用？	感謝委員意見，計畫執行團隊在前期計畫中曾針對不同場域以多段線性方式進行檢量線建置，惟考慮感測器在轉折點常因檢量線切換導致演算數據浮動現象，因此導入多項式回歸僅是提供多一種建立模型（線性、多項式、轉折點判斷搭配），還是會依據實際水體水質表現的物理現象進行演算。
(十二) 應用現地感測技術主要目的應為快篩，但儀器的校正及干擾為需要注意的重點，請說明目前感測儀器的相關規劃。	感謝委員意見，回覆如下： 1. 固定式感測器以元件優化提升量測穩定性及開發多元應用如：感測項目擴增、多測項等進行。 2. 移動式感測器以評估擴增商用電極感測項目與提升數據穩定性與解析能力為規劃方向。 3. 儀器校正目前在固定式與移動式均有委託專業團隊進行維運，頻率目前規劃為兩周一次，另外也可依據平台回傳數值動態調整。
(十三) 本計畫的重要工作項目之一是研析各種感測技術，但參考文獻諸多遺漏，請檢查補充。各感測技術之經濟可行性尚未有詳細分析，	感謝委員意見，團隊會針對報告內容進行參考文獻檢查補充，於期末報告進行修正；各感測技術之經濟可行性於期中報告中有提及部分產品分析比較如表

意見	意見回覆
請於後續進行並於期末報告呈現。	2-13、2-20 及 4-1，後續隨多元應用布建推展，於期末報告呈現相關分析比較。
(十四) 下水道系統常遭不肖業者偷排廢油、廢有機溶劑、酸鹼廢液、或含重金屬之廢液等，當廠內檢測道上狀況時便啟動 by pass 將未處理之廢污水直接排入承受水體，導致河川污染，目前應用此系統是否能有效能協助 下水道部門提出預警機制。	感謝委員意見，目前計畫團隊所開發之水質感測器可布建於包含多元場域，並利用資料庫建置、數據分析及自動通知等方式針對汙染或異常事件進行告警與提示，目前除環保署外，亦有與農水署合作成功案例，未來若擴展至下水道領域，可複製上述模式進行。
(十五) 同理，若有不肖業者於人煙稀少地方之河道偷排上述廢液，利用此系統是否能找出可能之偷排地點？	感謝委員意見，目前計畫團隊所開發之移動式水質感測器可布建於包含工業區、列管事業及未列管工廠之放流口、偷排水溝蓋底或繞流處進行安裝，並已有成功告發之成功案例。
(十六) COD 感測器誤差正負 20mg/L、SS 亦為 20mg/L，此範圍是否過大？目前國外感測器之誤差為何？	感謝委員意見，本計畫所開發之 COD 與 SS 誤差詳列於期中報告 2-5 中，其中同步列出「介於±20 mg/L 或讀值之±40 % 中較大者@標準液」為與感測水質高低濃度相關，亦即在低濃度時因其計算分母較小，導致即使誤差雖小但仍計算出很高的誤差時方會以此標準衡量。
(十七) 利用 COD 反推 BOD 之原理為何？如果僅為統計回歸，每股廢水均有不同結果，未來該如何應用？	感謝委員意見，利用 COD 推估 BOD_5 本計畫僅為研析其可行性部分，目前作法確實利用統計方式進行推估，做為未來亟需 BOD_5 量測場域之參考數值(期中報告 2.3)，期末報告會補充推估誤差值及實際可行性評估。
(十八) 水質感測器是否能同時結合流速計，以了解流量與濃度之關係，並提出預警。	感謝委員意見，計畫團隊本年度有整合水量與水質感測（期中報告 2.8），開發新型固定式感測器，目前此類機器已於南崁溪流域裝設驗證中，會於期末報告呈現機台驗證成果。
(十九) 感測器結合水質模式預測水質之應用是否為即時可得到相關預測成果？	感謝委員意見，回覆如下： 1. 模式可以做全流域的模擬，但是事後做的，主要在做政策評估，如果要即時數據還是要透過 sensor 才精確。 2. 承前，sensor 做點位的量測，而模擬可以補足中間的空缺，做到線跟面的模擬，但模擬畢竟不是真實數據，有時誤差也很大，就像颱風或氣象預報

意見	意見回覆
	一樣，所以 sensor 跟模式應該是相輔相成的
(二十) 相關成果建議亦可投稿之營建署下水道-水再生期刊，以利相關業者了解。	感謝委員意見，計畫團隊每年均會針對計畫成果提出論文投稿，未來議會將下水道水再生期刊納入投稿對象，感謝委員建議。
(二十一) 水質濁度在 0-100 NTU 與 100-1000 NTU 範圍時，需靠多次方程式來擬合，請評估在實地(1)固定式與(2)移動式之水質現場濁度之偵測誤差%。	感謝委員意見，本計畫所開發之濁度感測元件目前只應用於固定式感測器，計畫團隊已將本年度優化後之濁度感測器布建於新竹頭前溪原水與第二淨水廠，期中報告已呈現連續監測初步成果，後續詳細評估會於期末報告呈現。
(二十二) 對測定水質 COD 在 0-300 (mg/L)/SS(0-100 mg/L)時，需靠三次方程式來迴歸擬合，請評估在實地(1)固定式與(2)移動式之水質現場濁度之偵測誤差%。	感謝委員意見，本計畫所開發之 COD/SS 感測元件目前只應用於固定式感測器，過去開發經驗亦可同步利用多段線性演算，會針對實際場域布建機台呈現感測誤差比對結果，於品保品官章節中呈現(期中報告 3.3)。
(二十三) 在不同地點河川水質、重點工業區汙水處理廠、及民生污水處理廠等三種不同情境環境下偵測 BOD，COD，或 BOD/COD 比值，顯現均有不錯的結果。請評估在實地(1)固定式與(2)移動式之水質現場之偵測誤差%，主要干擾因子為何 ？	感謝委員意見，本計畫所開發之 COD/SS 感測元件目前只應用於固定式感測器，利用 COD 推估 BOD_5 本計畫僅為研析其可行性部分，目前作法確實利用統計方式進行推估，因此先行收集河川、重點工業區汙水處理廠、及民生汙水處理廠等不同情境之 BOD_5/COD 比值作為統計推估依據(期中報告 2.3)，因為統計方式進行，因此主要干擾來源為 COD 量測產生之干擾（如：場域特性、吸光係數修正等）為主，會於期末報告補充以此方法推估之誤差值。
(二十四) 針對水質多測項電化學重金屬標準檢量線之建立，今(111)年目標為銅與鉛兩元素，一般對較低濃度範圍較容易發展，開發對高濃度（污染）範圍較不易建立。未來是否未來開發方向朝(1) 超過排放水標準較低濃度，或(2) 朝嚴重污染排放取締之直接證據兩方向發展? 請評估兩者開發方向之難易度、經濟成本與效益差異。	感謝委員意見，目前電化學重金屬標準檢量線建立，以法規標準低濃度區間為主，目的為提供相關單位預警作用。惟目前電化學檢測方法尚未成為國家標準方法，無法作為取締直接證據。因目前的反應槽與汲水系統設計均偏向方向(1)，若需朝方向(2)發展，直接感測操作條件等均須重新測試評估，或是搭配穩定之稀釋系統與方向(1)結合測試。
(二十五) 在水質感測器布建服務，大都	感謝委員意見，本計畫所開發之移動式

意見	意見回覆
採用現場可看到之固定式感測器為原則，為增加嚇阻效果，是否將來採移動式感測器可埋設於排放水口附近之水面下? 或採用移動式又看不見之感測器為原則？	感測器以體積小、價格低、快速布建之特色，可達到具隱蔽性的布建稽查計畫使用，目前在桃園、新北、嘉義等地均有與固定式搭配之案例。
(二十六) 請務實說明各項研發計畫的可行性。	感謝署內意見，團隊開發之各項感測器均經過嚴謹的實驗室驗證，但可行性之評估亦需實際場域布建結果方能有具體的論述與說明，計畫團隊除於過去計畫提出水質感測器相關實驗室與場域驗證文件外，本年度亦規劃多元場域應用，以實際感測結果論述各項感測器之感測效果與商品化評估，提供具體之可行性。
(二十七) 應用面要整體思考，但應以環保署的上位計畫高度出發，並依技術角度來務實面對。	感謝署內意見，計畫團隊會持續以換位思考及上位計畫高度針對技術研發、多元應用及技術推廣來思考。
(二十八) 請以 1-2 頁簡報補充說明目前開發產品市場競爭性。	感謝署內意見，各感測技術之經濟可行性於期中報告中有提及部分產品如：COD、濁度等分析比較如表 2-13、2-20，後續隨多元應用布建推展，於期末簡報補充呈現產品市場競爭性。
(二十九) 期中報告幾乎是技術成果，是否能說明項目組裝的應用性。	感謝署內意見，計畫內所組裝之應用場域與情境於期中報告 2.8 與 2.9 中有闡述，目前布建位置於表 2-37 及 2-40 說明，後續布建應用成果亦將收集資料後於期末報告呈現。
(三十) 今年研發的相關感測元件、流量流速 8 合一固定式機臺等，請儘速申請相關專利。	感謝署內意見，今年已規劃一項次針對光學清潔之專利申請，後續會依計畫執行與技術成熟度於適合時間持續提出相關專利。
(三十一) 今年團隊改用儀展公司的移動式水質感測器，請說明為何尚未運用本計畫先前研發感測元件，及提出技轉文件。	感謝署內意見，移動式水質感測器因其設計、裝設方式與應用理念，較難導入固定式可使用之感測元件，團隊會持續在機構設計與導入成熟市售感測商品方面持續努力，擴大其應用面向。另外，團隊過去已針對移動式感測進行技術移轉 1 件，至今已有接近 400 萬技術移轉收入（其中約 80 萬以上交環保署），今年會依計畫推展，針對光學感測完成 1 件次之技術移轉。

意見	意見回覆
(三十二) 請儘速檢送水質水量感測器的校驗工作，俾利推動模式驗證測試工作。	感謝署內意見，水質水量感測器現已安裝於南崁溪流域，出廠前已通過實驗室驗證，機器調校接近完成，會於期末報告呈現應用動態連續數據驗證水質模式工作。
(三十三) 水質感測物聯網不應只有稽查功能，請強化說明如何運用本計畫產出，協助環保局推動流域管理與監測工作。	感謝署內意見，期中報告第 4 章針對本年度感測器在養殖、淨水、工業與河川流域等進行布建，已有初步成果之展現，後續會持續收集 9-10 月數據，針對多元應用情境進行論述，強化本計畫所開發感測器之產出。

附件一之五 「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」成果報告驗收審查會議 意見回覆

意見	意見回覆
張智華 委員	
(一) 期中審查回覆多次「前期計畫已提及、完成或定案而帶過」，若不說明前期計畫設定的 SOP，本期委員從何得知突然出現的數據從何而來? 若不說明前期計畫已執行之精進方針，委員要如何對未來精進方向提出合理建議?舉例如下： 1. 應用貴團隊 tCOD/SS 感測器，每次應用到一個未知地點都需 follow 圖 2-12 的步驟來做。想請教使用多久後要再重做一次?我所知環檢所只有 COD 分析標準方法，也許前期計畫有提及，但煩請團隊說明圖中 CsCOD(real)、CtCOD(real)如何分析? K△COD 在本報告哪條方程式有提到? 2. 關於頁 40 第 4 點，團隊提到要根據特定場域水質光譜資料庫，再利用定性分析推估出之 sCOD 特徵波長，但在報告中我找不到南崁溪及工業區的 sCOD 特徵波長，如果在前期計畫請補上。另外，本期計畫光學元件不同，前期計畫資料需要重建嗎? 3. 39 頁提到「將利用真實水樣建立光譜資料庫，定義主要吸收波長後分別利用統計方式針對 SS 及溶解性化學需氧量(sCOD)建立演算模式」，但我看本報告的演算模式都是用標準品所建立?考量不是每個水樣的光譜資料庫都跟 KHP 一樣，所以請分別列出本計畫驗證感測水質的特徵波長與演算法，已完成哪幾個場域，這些來自不同場域的有機物 COD 濃度與特徵波長的共通性為何?與 KHP 有沒有顯著差	感謝委員意見，回覆如下： 因本計畫已執行至第六年，部分研發內容確實依據前期計畫成果接續開發，因此在審查時較難完整呈現前期計畫成果，後續團隊在表達時，會主動提及較為關鍵的計畫成果，避免委員覺得是突然出現的數據。 1. 一般在新場域布建時，所使用之感測器會依據過往經驗先給予一接近之檢量線，如：河川就使用南崁溪的經驗式，但布建完成後，會依據定期採樣比對的結果，針對出廠之預設檢量線進行修正，已達到更準確之預估結果；關於委員提及之 CsCOD(real)、CtCOD(real)為依據標準方法分析結果，而 K△COD 主要為反應各場域顆粒對總 COD 之貢獻量，因其變異很大，因此建置於雲端，現場人員可依據比對結果加以調整。 2. 關於南崁溪及工業區之建置經驗，請委員參考<u>成果報告第 2.8 節</u>說明。團隊所開發之光學感測原理均相同，雖有優化，但不需重建資料。 3. 同前，建置於實際場域之 COD/SS 感測器出廠時主要利用標準品或前期計畫有類似經驗之檢量線，但布建後會利用現場水質進行修正吸光與補償係數，以利實際場域之水質感測。因此，標準品主要用於感測器出廠，而不同場域檢量線修正乃用於修正標準品檢量線，用途並不相同。另外根據目前已有的檢量線結果顯示，環境水樣單位之單位濃度之吸光度通常較大，KHP 的結果通常會高估，請委員參考。

意見	意見回覆
異? 4. 團隊回覆【本計畫所開發之感測元件於前期計畫有提出針對南崁溪、工業區及標準品建立不同檢量線之流程，因此建置於實際場域時會利用現場水質進行修正吸光與補償係數，以利實際場域之水質感測】，聽起來是說在未知場域驗證前，會先建立檢量線(例如圖 2-25 的標準品檢量線?)，再依此檢量線進行後續施測，而不是以標準品檢量線直接施測，建立此客製化檢量線的 SOP 為何?(幾個點?零點校準?歸零?)；若本人以上認知不對，何謂利用現場水質進行吸光與補償係數修正，完整步驟為何?若流程未說明清楚，貴團隊能確保將來【應用貴團隊 tCOD/SS 感測器進行全新場域應用時的準確度能如同報告一樣好?】 5. 舉例來說，表 2-13 的驗證結果，是使用標準品檢量線還是三條溪的客製檢量線?若不是客製檢量線，那吸光與補償係數修正之步驟為何?這些驗證結果有走完圖 2-12 的程序嗎? 6. 在環工應用上，總 COD(本報告稱 tCOD)代表顆粒 COD+溶解 COD，類似 particulate organic matter +dissolved organic matter。表 2-11 的混合測試採用高嶺土當 SS，此高嶺土應該不含 organic matter 吧?為何 COD 標準液 10 mg/L 在高嶺土 100 mg/L 下變成 CODt=22.22 mg/L，此處 CODt 應該是”當光學感測受顆粒干擾下所造成的 COD”而不是總 COD，那麼應稱為干擾 COD，而 CODs 稱為去干擾 COD 或溶解 COD，無論如何表 2-11 的 CODt 都不建議稱為總 COD。 7. 承上，請問如何消除顆粒光學干擾	4. 在未知場域驗證前，會先建立檢量線，此部分確實是指感測器出場所使用的檢量線，是依據標準品 KHP 建置，但如同前面回覆，光學感測器主要之修正為依據現場水質持續滾動調整為該場域所需要的吸光係數，方為主要之修正重點；而此部分之工作利用流程顯示主要為現場是滾動修正，並輔以定期比對，因此較難定義應該建立幾個點，而是根據感測器的實際感測結果的準確度來進行修正，此部分在一新場域時，大多在布建後需要 1-2 個月的滾動修正時間。 5. 如以嚴謹的定義來說，每個新場域之檢量線因有經過滾動修正，因此可視為改場域之客製檢量線，因此，表 2-13 的驗證結果是經過圖 2-12 的修正程序，方可達到貼近檢測機構檢驗結果。 6. 確實如委員所提及，表 2-11 的 CODt 所顯示的並不是總 COD，而是”當光學感測受顆粒干擾下所造成的 COD”，但該表格是顯示所開發感測器的原始數據形態，目前總 COD 會依據圖 2-12 程序，利用 sCOD、SS 與 K△COD 合併計算出來，並非表中之 CODt。 7. 依據不同場域特性，SS 在 UV 波段之吸光貢獻也不同，因此在進行圖 2-12 過程中，每個場域在布建後，均會採樣取得其光學訊號並搭配實驗室檢測 tCOD、sCOD 與 SS 之結果，據以推算改場域 SS 在 UV 波段之吸光係數，在據以進行 CODs 補償修正，同時也可以取得 K△COD 的結果，但需注意的是，整體步驟均需要定期採樣檢驗進行滾動式修正，方可維持感測器之數據品質。

意見	意見回覆
使 CODt 變成 CODs，K△COD 會不會像 BOD/COD 比值一樣變化很大?表 2-13 的 COD 標準值是指以標準方法分析之河川水總 COD 值嗎?表中的 COD 感測值是 CODt 還是 CODs?請說明清楚。	
(二) 圖 2-25 的標準品檢量線 X 軸，為何比值會有負的?是 log(It/Ir)?	感謝委員意見，圖 2-24 及圖 2-25 為光學感測模組 COD 與 SS 標準品之迴歸曲線。其原理以 Beer’s Law 搭配參考光訊號進行計算(-log(It/Ir))，實際物理意義是與吸收度相同。因此，當穿透光訊號大於參考光訊號，即計算出負值。
(三) 關於 BOD5 根據原始文獻，表 2-14 的 BOD 請更正為 BODu (BOD ultimate)。從學理上來看，建議 BOD 推估可評估利用 COD 推估 BODu、再以不同基質的 k 值(生物分解速率常數)來推 BOD5。	感謝委員建議，遵照辦理，已修正完成，請參考成果報告表 2-14，同時亦將利用 COD 推估 BOD_u 搭配 k 值的作法列入成果報告第 2.3 節-五中。
(四) 關於濁度/ADMI 1. 從表 2-28 看來，顆粒物質的存在的確對 ADMI 的量測造成干擾，此干擾較 SS 對 COD 的干擾更為明顯(是不是因為使用的高嶺土標準品不含有機物?) 2. 個人不是很同意”高色度仍具備一定可信度”以及”低濃度色度的推估會因為濁度的貢獻產生較大的偏移”，如果是高濁(如濁度>200 NTU)高色或低濁低色呢?從表 2-28 看來，ADMI 誤差最大的情況出現在濁度與 ADMI 比值為 1:1 及 5:2 時，而且即使都是 1:1，100:100 還會比 40:40 的誤差放大兩倍。因此，我認為”不是低色度誤差大、高色度誤差小”，而是 ADMI 誤差會與(濁度 2/ADMI)成正比，當濁度高且(濁度/ADMI)大於 1 時誤差會非常可觀。若此論述為真，請修改結論，以免誤導未來精進方向。建議應多花篇幅分析核心問題所在，說明未來精進方向，如 passive/active	感謝委員意見，回覆如下： 1. 顆粒物質對 ADMI 的干擾主要是因為每單位濁度所貢獻之吸收度遠大於每單位色度，因此在計算上仿照 COD 與 SS 在 UV 波段之計算方式，如因第一階段扣除濁度貢獻的誤差，因每單位色度之吸收度貢獻較小，極易造成色度計算之更大誤差。 2. 目前結果為本年度評估是否可用本計畫所開發之光學設備同時量測濁度與真色色度的可行性，因此確實不應該用太肯定之語氣，團隊會參考委員建議並納入此部分可行性評估之結果，請參考成果報告第 2.4 節-五。 3. 本計畫 COD 與 SS 之推估乃利用 VIS 先計算出 SS，再利用 UV 波段扣除 SS 干擾後計算 COD，因此本部分所提及色度估算確實是複製推估 COD 與 SS 模式，以 NIR 先計算出濁度，再利用 VIS 波段扣除濁度干擾後計算色度，但因本部分僅為可行性研究，因此主要還是為未來研發之建

意見	意見回覆
particle filter 或 particle trap? 3. 報告提到要複製同步推估 COD 與 SS 之模式，研析建立同步推估濁度與真色色度之演算模式(消除顆粒光學干擾使干擾 ADMI 變成去干擾 ADMI)，好像沒有看到?	議。
(五) 以電化學方法測自來水餘氯，在理論及實務上已經很成熟。本計畫只有跟現行標準檢測方法公告價格比，跟市售眾多 chlorine probe 比優勢在哪裡?	感謝委員建議，目前常見之餘氯線上感測發展成熟，除攜帶式設備外，亦有線上連續監測產品，雖與本研究所開發之機台價格接近，但因市售產品僅可監測單一標的(如餘氯)，故若針對需同時多測項水質感測應用時，電化學感測機台則較具可擴充性；其他餘氯分析產品(如分光法)相關競爭力補充亦更新於成果報告第 2.5 章節-三。
(六) 實際廢水中各項干擾離子多(基質干擾)、不同廢水的基質差異很大，報告也提到”以現有電化學反應槽與機台程序設計感測多測項重金屬之可行性低”，卻又跟 ICP 比說可以省下 2600 萬?技術既不可行何來經濟分析?建議應多花篇幅說明未來精進方向，如選擇性離子?	感謝委員建議，已將未來精進方向規劃更新於成果報告第 2.6 節-七，並就現行測試之單一重金屬銅感測機台做經濟評估。
(七) 從圖 2-70 可看出，市售銅離子與氨氮比色儀都採用過濾水及使用 RO 水來分析，ITRI 選擇將 CODt 及 SS 綁在一起具獨特性，但實際應用上也許不如分開，不過，一旦分開那國產 CODt、SS 的優勢在哪?	感謝委員意見，依據過往計畫累積執行經驗，大多經過濾後的水樣在感測準確性上，較容易被質疑水樣代表性問題，因此國產光學感測器之優勢在於可同步感測 COD 與 SS，並同時取得更多之水樣即時數據，但同時亦發現，所研發的物聯網型態水質感測器由於整體光源與感測器之限制，顆粒濃度過高的水質可能造成 COD 量測上限被壓縮的情況，未來會在產品部分敘明此類水質感測器之限制。
(八) 關於水質感測器擴充 1. 本年度規劃的三種水質感測器擴充組合，看似有特定應用情境與目的，建議團隊說明將水質感測器應用於這三種情境的現況、挑戰與本案優勢。 2. 水質感測器擴充立意良好，連較欠	感謝委員意見，回覆如下： 1. 本年度固定式感測器依其擴充元件搭配，目前 3 台應用於淨水廠、4 臺於污水處理廠及 3 台應用於河川水質模擬。感測器布建至今已有不錯之初步感測數據與趨勢，請參考成果報告第 4.1 節-三，但其感測應用

意見	意見回覆
缺的氨氮及流量(水位/流速)都納入，為何沒有 DO？ 3. 表 2-43 華亞科與南崁溪盲樣測值完全一樣。 4. 除了說明驗證效果不錯外，建議根據應用上的問題提出精進方向。	限制與挑戰，仍需於後續持續精進與優化，提升感測範圍及準確性，方能於未來進行業界推廣應用，本案所開發之感測器優勢詳見<u>成果報告第 4.1 節-四(4)水質感測器差異化競爭分析(競爭技術比較)</u>。 2. 目前氨氮及流量(水位/流速)應用於固定式感測器，並以抽水裝置抽取外部水樣至機器端分析。因此，溶氧量測會因抽水設計導致水樣數據失真。建議若需感測溶氧需以直接投入水體方式量測或可與移動式感測器搭配使用。 3. 表 2-43 為固定式感測器於實驗室測試銅離子電極之準確性。盲樣測試階段為建立銅檢量線後，以標準品配製已知濃度(5 及 50mg/L)作為實際值，而測值為感測器搭配銅電極之感測值。用以確認電極之感測電壓穩定性與準確性。 4. 感謝委員意見，回覆如下，亦補充於<u>成果報告第七章</u>： (1) 建議持續針對本計畫開發之固定式感測裝置之感測電極、稀釋與定量混合程序及前處理設備優化等，持續精進硬體與韌體，以強化其量測準確性。針對所建立之建議水位推估流量策略，持續利用不同水位之流速量測，滾動修正河川流量量測之準確性，增加不同場域之應用性。 (2) 移動式感測器方面，將持續精進校正軟體與程序，區隔研發工程師與使用者的使用權限，減少教育訓練時間與錯誤調整導致設備異常等問題。 (3) 針對電化學感測機台之開發為透過相同系統(電路板、流道、反應器等)進行不同水質標的之分析評估，透過本計畫之投入研發，目前已確認可針對水中餘氯、重金屬(銅、鉛)等進行分析，未來建議透過電路板改

意見	意見回覆
	良、槽體優化、檢測流程整合等方向精進，實現單一機台多水質測項之目標，將可提升線上水質感測器之可應用性。
(九) 表 4-13 情境三建議再說明詳細一點，僅以 5 倍流量之情境設計要估計非點源污染下的水質變化似乎過於粗糙，模擬濃度接近中位數也不知道是否合理。	感謝委員建議，由實測資料得知，強降雨時中游大檜溪橋尖峰流量約為上游大埔橋之 30 倍，兩者平日流量約為 15 倍，降雨期增加之 15 倍流量來自上游支排，由於流量倍數非定值，故保守以上游支排增為 5 倍流量模擬雨天增加之逕流量。（本文配合修正，詳**成果報告第 4.2.4 節**）
(十) 若能即時監測流量與水質並計算合理負荷量，不僅有助於 TMDL 之推動，對於現況河川水質改善成效評估與考核也幫助很大，建議團隊多做此方面的論述。	感謝委員建議，已新增論述並修正**成果報告第 4.2.5 節**，另外也將監測站選址考量、模式模擬推估及總量管制步驟等寫成指引供執行單位參考，詳**成果報告附件九**。
(十一) 除了 WASP 外，建議可採用負荷延時曲線(load duration curve)分析支流排出負荷、上游邊界負荷及下游流達負荷間的關係，此法簡單且獲 USEPA 認可為 TMDL 計算工具，一般認為在實際流量及水質監測數據多的情況下，其分析結果甚至比模式還好。	感謝委員建議，負荷延時曲線（LDC）的確是 TMDL 之最佳工具之一，然而本計畫目前監測數據不多，建議持續收集豐枯水期及多年期資料以做為建立 LDC 之基礎，未來計畫可採模式及 LDC 並行方式。
游勝傑 委員	
(一) 地方政府反應第一代 sensor 送修率甚高，其原因為何?	感謝委員意見，經團隊了解後為基隆縣與桃園市的維修率較高，原因是在長時間陰雨多雨的情況會導致水氣從充電頭進入，極端水域導致設備翻轉或是支撐點浮力不足，其原始設計為設備固定支撐點，造成氣密性不足導致多處運作模組鏽蝕損壞。已針對此部分加強安裝布建訓練，告知充電頭不應該當作受力支撐點，矯正布建手法轉移支撐點為外部鐵框進行改善。並針對極端水域導致設備翻轉或是支撐點浮力不足，針對不同的場域，強化教育訓練與布建手段。
(二) 濁度/COD/SS 三合一儀重複擬定於粒狀污染物之問題。	感謝委員意見，目前光學感測器之設計濁度採低濃度散射量測及高濃度穿透量測；COD/SS 部分之 COD 以 UV 穿透

意見	意見回覆
	量測輔以 VIS 干擾去除；而 SS 則利用 VIS 穿透量測，整體量測流程並無重複擬定粒狀污染物之問題。
(三) 目前對於 sensor 容易因進水故障之排除方式為何?	感謝委員意見，此部分回覆請參考前述(一)。
(四) 水位-流速建立未來是否每次應用時均需用人工量測河道斷面積再推算。	感謝委員意見，本計畫所採用之水位-流速建立流量方式補充說明於**成果報告第 2.8 節-二(三)及(四)**，因河道不會經常變異，因此每一個河道建立一次後，應 5-10 年做校正，或有河道明顯變異時再進行重新量測。
康世芳 委員	
(一) 市售自動連續 COD 監測儀採用藥劑反應，產生具毒性化學廢液。本計畫開發 COD 感測器採光學，無化學廢液，具環保與市場潛力。	感謝委員肯定，計畫團隊會持續強化感測器之優化與應用，最大化計畫成果。
(二) COD 感測器監測值與實測值可接受誤差範圍為 20 mg/L 或 40%，低濃度 COD 水樣誤差濃度值小但%較大，對低 COD 水樣影響較大。	感謝委員建議，補充說明本計畫開發之 COD 與 SS 光學感測器之誤差範圍為「20 mg/L 或 40%@標準液」。其規範與感測水質高低濃度有關，在低濃度時因其計算分母小，而導致即使誤差小，仍計算出高誤差百分比，此時方會以此絕對誤差標準衡量。
(三) 事業廢水經生物處理後放流水 BOD 低，BOD/COD 比值範圍大，由 COD 推估 BOD 之誤差很大，應用上可能可做為粗估。	感謝委員建議，目前由 COD 推估 BOD 確實以可行性評估為主，環境場域的應用也以水質變異性較小之環境場域較為適合，請參考**成果報告第 2.3 節-五**。
(四) 表 3-7 及表 3-13 之感測器監測值與實驗室實測值有許多資料，建議繪圖較易判讀整體數據分布與關係。	感謝委員建議，表 3-7 至表 3-13 為本計畫於每期(約 3 個月一次)，委由合格檢驗機構進行測站之水樣檢驗比對結果，故計畫團隊以表格呈現其誤差資訊較為適合。
(五) 開發水質感測器應用於自來水場(水源、淨水程序)、河川水質、事業廢水、及養殖用水等，應用對象水質濃度範圍不同，建議先定位對象優先優化以提高市場競爭，如現在縣市應用於河川水質、事業廢水排放監測。	感謝委員建議，計畫團隊將感測器區分領域，所開發之 COD、SS、Cu^{2+}感測器等應用於工業區或污染潛勢區域；而將餘氯與濁度感測器應用於淨水領域如淨水廠、河川原水及水情揭露點感測；亦規劃與既有 CWMS 設備進行比對測試，提高所開發感測器之多元應用。亦透過專利申請與技轉廠商等模式，持需推廣計畫成果。

意見	意見回覆
(六) 自來水涉及淨水程序監控不準確或誤差太大，影響清水水質安全性(飲用)與符合法規標準，要求較高。建議今後可與自來水事業單位合作確認監測品質與導入應用。	感謝委員建議，本計畫所開發之水質感測器已與新竹第二淨水廠進行實質合作，計畫成果請參考成果報告第 4.1 節-三(四)。另清水水質安因涉及法規，故本團隊現階段以提供相關區處內控用餘氯監測設備導入為目標，未來會持續與自來水事業單位持續接觸並擴大應用範圍。
林逸彬 委員	
(一) 報告中太多檢測原理的敘述，應聚焦於實際工作內容的呈現。	感謝委員建議，計畫團隊會適度修正，謝謝指正。
(二) 本計畫開發之水質感測項目:COD、SS、餘氯、濁度和銅離子在市場上皆有相關產品，本計畫開發之產品優勢為何?市面上之產品售價已包含人事、marketing、獲利等。	感謝委員建議，本計畫所開發產品與市售成熟商品之原理、量測方式、價格及優缺點比較，整體訂價策略有估計產品開發之直接與間接成本，詳見成果報告第 4.1 節-四(4)水質感測器差異化競爭分析(競爭技術比較)。
(三) P.38~39:各種成分光學評估、各種成分交互關係、廢水水質多成分定性定量中，所指之成分為何?本計畫僅用磷苯二甲酸氫鉀單一化合物，如何延伸到複雜的廢水水質?是否有用實際廢水?變化較大的廢水如何應用?	感謝委員意見，本計畫詳細之 COD 與 SS 執行方式於前期計畫(FY106-109)已有驗證，簡述重點如後：所開發之光學感測器目前均針對感測場域「混合 COD 與 SS」進行分析，無法界定單一成分，但仍可靠多感測器的特性，將主要干擾物質或顆粒影響，利用模式搭配演算方式加以去除或補償，並利用場域實際水質濃度進行演算法吸光係數修正，因此演算法所指的主成分為 COD 及 SS，而其他成分則主要針對 COD 及 SS 計算上有干擾的物種。另外，本計畫所開發之感測元件於前期(FY107)計畫有提出針對南崁溪、工業區及標準品建立不同檢量線之流程，並逐年修正(FY108-109)，因此建置於實際場域時會利用現場水質進行修正吸光與補償係數，以利實際場域之水質感測，請參考成果報告第 2.8 節-二(四)。
(四) 以 COD 推測 BOD5 之準確度不高，其應用要仔細檢討。	感謝委員建議，利用 COD 推估 BOD_5 本計畫僅研析其可行性，做為未來亟需 BOD_5 量測場域之參考數值，以此方法推估之誤差值請參考成果報告第 2.3 節-四(三)，而技術可行性部分參考委員意見

意見	意見回覆
	修訂如成果報告第 2.3 節-五。
(五) 餘氯和重金屬經濟效益分析不甚合理，為何以一年分析 26280 個水樣計算?應和其他同級感測器比較。	感謝委員建議，修正之經濟評估與競爭產品分析表已修改於成果報告第 2.5 與 2.6 節。
陳尊賢 委員	
(一) 對於水質中鉛濃度比例造成水質感測器之銅濃度檢測高度不準確問題(2.6 節)，建議與學界或業界技術合作，以因應未來現地環境水質需監測各種重金屬之需要。	感謝委員建議，對於水質中金屬間互相干擾產生感測不準確的問題，後續精進規劃於成果報告第 2.6 節之七修正。並因應未來現地環境水質監測亦會考慮與現地之學界或業界合作。
(二) 場域水質感測器在銅檢測濃度<0.5 mg/L 時不需查核，濃度>0.10 mg/L 時，其誤差達±0.5 mg/L 以內(3.3 節)，請說明未來研究其他重金屬干擾銅濃度測定之策略建議。	謝謝委員建議，對於水質中金屬間互相干擾產生感測不準確的問題，後續精進規劃於成果報告第 2.6 節之七修正。
(三) 模擬測試在大檜溪各情境之氨氮濃度約 1.88 至 8.64 mg/L，在南崁溪之上下濃度約 4 至 18 mg/L，請說明在不同污染熱區之檢測精準度為何？	感謝委員意見，回覆如下 1. 氨氮模擬值 1.88 至 8.64mg/L 較實測值略低，係因現場有若干污染排放無法掌握，故需要進一步詳細調查沿線支排之晴雨天實際排放情形。 2. 固定式感測器於本年度首次納入氨氮測項，並以類靛酚法之原理進行感測，設備出廠前於實驗室進行標準品測試，其感測準確性均可小於±5 mg/L 或 30%@標準液，布建於應用場域後亦定期進行校正與清洗程序，以維持感測穩定性與準確性。本計畫氨氮感測器於經第三方檢驗單位之品保品管查核結果請參考成果報告 3.3 節-三。
監資處	
(一) 請補充說明感測器開發沿革歷程。	感謝委員建議，感測器簡要沿革歷程可參考期末報告 1.1 節。而目前本計畫所開發產品與市售成熟商品之差異，詳見成果報告第 4.1 節-四(4)。
(二) 請補充說明 8 合一固定式感測裝置的專利與技轉進度，且本次 8 合一儀器數據不穩定，及遇雨易受損等問題，請提出精進策略。	感謝委員意見，本年度之技轉成果與專利累積進度補充說明如成果報告 5.6 節。另外，本年度新開發之 8 合一固定式感測裝置目前仍持續針對其韌體、流程與前處理設備進行持續精進，亦補充

意見	意見回覆
	於成果報告第七章。
(三) 請補充說明流量計算方式及後續精進策略。	感謝委員意見，已補充流量計算與建立結果於成果報告 2.8 節，亦補充精進策略於成果報告第七章。
(四) 經嘉太工業區案實測，COD 感測器仍易受環境干擾需頻繁用人工校正，請提出改進策略。	感謝委員意見，說明如下： 1. 嘉太工業區案其監測廠家為紡織染整業事業廢水，該產業廢水具色度高、鹼度高與有機污染物含量高等特性。因此，光學感測時易受廢水色度干擾，且樣品槽使用一段時間後，玻璃表面容易因有機物附著而形成生物膜，使光分析路徑受到遮蔽，目前大約需兩周一次人工進行玻璃片清洗或更換，建議後續可納入酸洗液噴射等其他清洗機制，以延長人工維運周期。 2. 嘉太工業區所使用之 COD 感測器為前一代光學感測設計，較無法精確排除顆粒干擾，未來可全部更換為新一代光學感測器，可同步計算 COD 與 SS 並排除顆粒對 COD 之干擾，即可有效排除此問題。
(五) 在南崁溪案實測時發現，銅離子感測器感測下限仍高於河川一般監測值，氨氮感測器測值易浮動，請提出精進建議。	感謝委員意見，回覆如下，亦補充於成果報告第七章： 1. 銅離子因採用離子選擇性電極，其感測下限 0.2 mg/L 以上，未來可考慮應用固態電極搭配緩衝液調整，降低干擾並增加電極感度。 2. 氨氮感測器之數值浮動主要與前處理設備相關，未來以強化清潔效率與增加前處理設施過濾顆粒干擾為主要精進方向。
(六) 固定式及移動式感測器過去多布建於灌渠或小型排水路，請提出若布建在較寬河面如淡水河的適用建議。	感謝委員意見，本年度已試行將固定與移動式感測器布建於南崁溪流域，但往往因取水困難或高度太大，造成布建或維運上的困難，未來如需強化此部分之應用，建議以專管連續活水之方式取水至機台，方可降低汲水泵損壞頻率，並增加取樣之代表性，唯此方式可能初設與維運成本均高，較需固定編列預算支持。

意見	意見回覆
(七) 請補充說明 mass-based first flush 的應用時機，及晴天污水是否有類似機制能用連續監測數據推導點源及非點源的貢獻比例?	感謝委員意見，Mass-based first flush(MBFF)比較屬於學理研究的工具，如期末報告本文中介紹MBFF主要應用於降雨事件的污染累積分析，因為降雨時有可觀的地表逕流夾帶非點源污染進入水體，故可藉由 MBFF 分析降雨期間污染累積相對於逕流量之比值分析。晴天水體流量變化不大，固然也能做 MBFF 分析，然而無地表逕流沖刷非點源污染量將甚少，主要還是點源污染的貢獻，可預見晴天的 MBFF 特徵曲線將如同圖 4-36(b)小型降雨下之累積曲線，皆會接近 1:1 直線。
(八) 針對第四章模式模擬 1. 情境一(傳統固定負荷)的假設是 Q75 低流量的晴天污水，所以不適合直接與本案雨天時觀測值比較；另圖 4-38 顯示情境一與觀測值較符合雨天時的觀測值，且圖 4-37 顯示傳統氨氮輸入通量較本次晴天觀測值高甚多，顯示傳統運用 BASIN 推估氨氮輸入通量之誤差甚大，可能要用實際觀測結果修正。 2. 情境三(上游水量增加)，其模擬假設應參考 4.2.3 節結論，流量大時該河段發現氨氮通量亦增加，並非水量大時氨氮通量 loading 不變，建議補充說明相關假設邏輯。	感謝委員意見，回覆如下： 1. 情境一是輸入上游大埔橋的實測流量與濃度為邊界條件，所以不是輸入 Q75 低流量，因為所有支排流都以固定負荷輸入(包括東門溪)，所以其氨氮濃度曲線較為平緩，比較適合模擬日平均或月平均等長期趨勢模擬。而由東門溪的實測值得知，實際支排的晴雨天負荷差距頗大，以致實測濃度變化較劇烈，所以建議後續能以固定式或移動式監測儀器收集其他支排流資料，如此才能提升模擬的精確度。 2. 的確如提問所述，流量大時其氨氮通量亦增加，情境三是提高 5 倍流量模擬雨天情境，同時固定濃度，所以支排輸入通量也增為 5 倍，並非固定通量，然而原情境設計論述過於簡略，已重新編修<u>成果報告第 4.2.4 節</u>。
(九) 請補充說明後續如何運用水質水量儀器，計算即時涵容能力的方法。	感謝委員意見，如<u>成果報告第 4.2.3 節</u>，根據實測之流量與濃度即可推估污染物之即時通量(或負荷)，然而水體涵容能力須根據長期調查之流量資料進行推估，以目前一個月的監測資料尚無法推估水體之涵容能力。(有關涵容能力之推估方式及總量管制步驟已寫成指引，詳<u>成果報告附件九之 1.6 節</u>)

附件二之一 「111 年度水質感測器合辦應用計畫」說明會議紀錄

八、 時間：110年12月28日（星期二）下午2時

九、 地點：Google Meet 視訊會議

十、 主席：鄭春菊專門委員　　紀錄：米姿蓉

十一、 出（列）席單位及人員：

基隆市環境保護局	陳盈秀、翁嘉彣
新北市政府環境保護局	鄭美炎、林惠珠
臺北市政府環境保護局	楊明益、陳志維
桃園市政府環境保護局	洪淑綾、劉亭鈞
新竹市環境保護局	（請假）
新竹縣政府環境保護局	（請假）
苗栗縣政府環境保護局	周思婷、賴均銘
臺中市政府環境保護局	李宛蓉、陳柏同
彰化縣環境保護局	林孟篁、范烝榕
南投縣政府環境保護局	簡宏倫
雲林縣環境保護局	陳品婕、吳亞臻
嘉義縣環境保護局	吳献凱、洪渝翔
嘉義市政府環境保護局	劉箕恩
臺南市政府環境保護局	邱彥禎
高雄市政府環境保護局	李學賢、蔡凱元
屏東縣政府環境保護局	鄭至琇
宜蘭縣政府環境保護局	于筑君、陳重霖
花蓮縣環境保護局	翟宗佑
臺東縣環境保護局	余幸穎
金門縣環境保護局	（請假）
連江縣環境資源局	（請假）
澎湖縣政府環境保護局	湯志航
財團法人工業技術研究院	彭書憶、莊雅婷、張依柔
環輿科技股份有限公司	葉俊言、陳怡柔
本署環境監測及資訊處	游智淵、鐘偉瑜、米姿蓉

十二、 主席致詞：（略）

十三、 報告事項：(略)

十四、 綜合討論（依發言順序）：

(一) 高雄市政府環境保護局：若感測超過6個月，平臺資料庫是否可持續匯入感測資料？是否有容量上限？

(二) 新北市政府環境保護局：

1. 109年已申請設備但111年尚未規劃感測器應用，請問需要提交什麼文件？

2. 本局109年承攬感測器計畫的維運廠商品質不佳，且設備數據不夠準確，是否可由署內統一發包，以強化數據品質？

(三) 臺中市政府環境保護局：新設備（30臺移動式）是否優先提供尚未申請過的縣市？

(四) 本署環境監測及資訊處

各單位意見，綜合補充說明如下：

1. 本署 IoT 平臺資料庫可持續收集感測資料。

2. 本署希望持續推動水質感測物聯網，每3個月會聯繫已有設備但未申請計畫之環保局，瞭解設備應用情形及成果。

3. 水質感測器易受生物膜包覆導致感測值偏移，因此設備維運作業（清洗與校正）是維持感測數據品質相當重要的工作，且為建立各環保局自行推動智慧感測及科技執法，並提升學習設備布建維運能力，維持由環保局自行發包水質感測器設備應用與維運計畫。

4. 111年度本署提供之30臺移動式感測器，將優先提供給尚未申請過合辦計畫的環保局。

十五、 主席結論：

(一) 感謝各環保局109及110年協助應用水質感測器，利用感測數據進行智慧稽查及環境教育應用。環保局所提出之相關建議，本署將蒐集並持續精進感測器設備。

(二) 111年度欲申請經費之環保局，請於110年1月5日前檢送申請計畫書提送本署審核，1月15日截止補正，以利本署審查後儘速核發核定函。移動式維運費以1組（10臺）88萬2,860元維運6個月為原則；無申請經費之環保局無須提出計畫書，惟本署仍定期調查使用情況。

(三) 111年度欲申請設備之環保局，仍須提出申請計畫書，敘明感測器預期應用目標、使用方式及評估效益，並提送本署審核。

(四) 110年應用計畫尚未轉正的環保局，請儘速辦理轉正相關事宜。

十六、 散會（下午3時0分）。

附件二之二 「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專業管理計畫」啟始會議紀錄

一、 時間：中華民國111年1月19日（星期三）下午2時0分

二、 地點：本署2樓預報室

三、 主席：謝炳輝處長　　紀錄：張志偉

四、 出（列）席單位及人員：詳附件簽名單

五、 主席致詞：（略）

六、 計畫執行單位報告：（略）

七、 會議討論：

（一） 發表論文非本計畫目的，應回歸初衷，掌握清楚計畫要解決什麼問題及如何解決，如有做不到的則應說明清楚限制之所在。

（二） 應規劃思考未來經費短缺時，如何永續經營，請儘早提出規劃構想。

（三） 水質感測器目前並未完全使用自行研發的感測元件，請說明後續如何應用自行開發的感測元件，而非直接採用市售產品。（請嘗試在移動式水質感測器中安裝更多的自主研發感測元件）

（四） 請研析水質感測器設備商之產能數量，俾利評估未來採用買資訊服務之可行性。

（五） 請研析標準實驗室在現今規模下，是否有足夠的商業誘因與資源支撐運作，及如何藉由驗證提升產品競爭力。

（六） 移動式水質感測器今(111)年計畫有許多新的感測元件及應用規劃，請於合辦原則中提前說明環保局若明(112)年採用，相關工項增加的可行性。

（七） 針對老舊感測器，請研析因應策略。

（八） 請強化說明模式驗證工項的亮點。

（九） 請說明用 COD 推估 BOD 的學理依據。

（十） 請強化說明感測器元件研發規劃及預期成果。

（十一） 請各指引完成期程請再提早，目前尚缺固定式及手持式感測器的使用指引，指引完成才能讓各單位能有自主運用的參考，屬重要工項，請工研院加速處理。

（十二） 請說明如何驗證水質感測器(非感測元件)的效能。

（十三） 請補充說明固定式感測器的置放期程規劃，並滾動式評估如何調整點位，若以應用民生為主，稽查用途應減少。

（十四） 請以月報呈現各工項管控現況。

（十五） 請說明 CWMS 的商業評估及與市售機臺的對比及實績。

八、 結論：

九、 相關規劃除依會上本處提示應修正之工項外，原則通過，其他參考意見並請納入計畫執行。

散會：下午 3 時 45 分。

行政院環境保護署 會議簽名單

會 議 名 稱 ：「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專業管理計畫」起始會議

時 間 ：中華民國 111 年 1 月 19 日（星期三） 下午 2 時 0 分

地 點 ：本署 2 樓預報室

主 持 人 ：謝處長炳輝 謝炳輝 紀 錄：張志偉

出（列）席單位及人員：

機關或單位名稱及姓名
計畫執行單位 工研院 陳苡倫 朱振華 徐學亮
監資處 吳佩瑜 莫婉菊 游智翔 沈志偉

附件二之三 「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專業管理計畫」第一次工作進度報告會議紀錄

一、時間：111年5月17日（星期二）下午2時

二、 地點：Google Meet 視訊會議

三、 主席：謝炳輝處長　　紀錄：張志偉

四、 出（列）席單位及人員：詳附件簽名單

五、 主席致詞：（略）

六、 報告事項：（略）

七、 綜合討論：

(一) 計畫經查均符合進度規範。

(二) 針對感測器研發工項：

1. 請持續推動多重重金屬項目等工項研發評估作業。
2. 有關 COD 感測元件升級，從原先儘量測 SCOD 到現在 total COD，請補充說明若用同樣的放流水測試，兩者量測數值的差異量，及校正公式差異。
3. 從嘉太工業區一案發現， COD 元件實際應用前需要至少3次以上的校正，並會受到水質與油膜影響，請再檢視其他感測元件是否有同樣的環境干擾，並於手冊上補充說明其限制與干擾因子。
4. 本計畫感測元件已研發6年，經費已投入幾千萬，惟經查計畫技轉的移動式感測器迄今從未使用本計畫研發的感測元件，而逕採用市售產品，請團隊說明後續因應規劃。

(三) 針對建立物聯網之水質感測器、感測元件、資訊傳輸等驗證草案工項：

1. 從既有國產水質感測器比對測試中發現，台中水管家、廣域公司、到團隊準備新引進的儀展公司，其感測元件等級均不相同（大陸製、實驗室級、或工業級），請研析適合本案應用範疇的感測元件等級建議規範。
2. 國產感測器比對請依各家優缺點確實分析，並彙整使用標的範圍。

(四) 請說明本年度之技轉方式與效益與專利申請內容。

(五) 跨域應用請團隊於一個月內提出相關規劃與預定目標，俾利本署辦理相關協商會議。

(六) 水質模式應用目的為確立方法，俾利擴展多元應用，並請團隊於期末報告說明其對流域治理之相關效益。

(七) 請說明2022雲端物聯網創新獎參獎規劃。

八、 主席結論：

(一) 本計畫第1次工作進度報告審查原則通過，「30組固定式水質感測器數據報告」「水質感測器相關管制報告」已確認，相關意見請納入後續期中、末報告中回覆。

(二) 請依討論意見及契約規定，辦理後續相關事宜。

九、 散會（下午3時30分）。

「111年度高效化智慧水聯網研發應用及專業管理計畫」第一次工作進度報告審查會議 簽到表		
單位名稱	姓名	職稱
環保署監資處	謝炳輝	處長
環保署監資處	鄭春菊	專門委員
環保署監資處	游智淵	科長
環保署監資處	張志偉	高級環境技術師
環保署監資處	陳誼	特約環境監測技術師
工業技術研究院	陳范倫	經理
工業技術研究院	朱振華	資深工程師
工業技術研究院	莊雅婷	副研究員
工業技術研究院	彭書憶	副研究員
工業技術研究院	賴玫君	副研究員
工業技術研究院	劉峻幗	專案經理
工業技術研究院	莊雅茹	研究員
工業技術研究院	張依柔	助理
工業技術研究院	林雨璇	副研究員
工業技術研究院	許震洋	工程師
工業技術研究院	李晨瑜	副研究員
工業技術研究院	王儀婷	副研究員
國立台北科技大學	林鎮洋	教授
國立台北科技大學	徐宗宏	副研究員

附件：出（列）席單位及人員簽到單

附件二之四 「生物晶片相關技術分享交流會」會議紀錄

八、時間：111年7月14日（星期四）下午2時

九、 地點：Google Meet 視訊會議

十、 主席：陳范倫經理　　紀錄：朱振華

十一、 出（列）席單位及人員：詳附件簽名單

十二、 主席致詞：（略）

十三、 報告事項：（略）

十四、 綜合討論：

陳范倫 經理

(一) 因環保署仍以國產化元件研發為主要前提，故以老師的經驗，目前有哪些生物晶片是國內可自行研發及成熟度較高的？

(二) 以目前團隊水質物聯網應用，科技執法已經很成熟，測項也大致沒問題。未來可能為朝向農藥(農渠灌溉)、含氯有機物(土壤地下水)或有害微生物(飲用水)..等領域發展，上述有比較合適的生物晶片可以導入嗎？

莊雅茹 研究員

(三) 針對生物晶片應用於水質處理，晶片/電極保存會需要特殊處理嗎?

(四) 綜合性的水質項目 (BOD、COD、TBC...) 細胞/酵素接受能力有差，精準度突破方式?

朱振華 資深工程師

(五) 如果生物晶片朝拋棄式去做會不會比較容易去做?

(六) 如果要把生物晶片改成螢光是否有限制？

王翔郁 教授

(七) 國內成熟度較高的晶片，可以試著從醫學用途上面或食安上面去找看看，國內做酵素的技術已蠻成熟，清華大學鄭老師有將酵素使用在食安用途上，可以朝這方向看看台灣目前有哪些可行性。

(八) 農藥應用目前還在初期測試階段，有害微生物國內蠻多教授在研究測食品內的微生物，目前較符合工研院的是親和力檢測，用抗體去抓細菌的某個抗原，有抓到的話可以用電化學阻抗的方式。在農藥方面我有一個合作案，但還在初始階段，做法是用一段很短的 DNA 其對農藥有特定性，把 DNA 跟樣品混在一起，有農藥時 DNA 就會結成一大塊東西，由電極阻抗值檢測還有多少小 DNA 沒結合，來得知農藥量。

(九) 晶片/電極平常的保存應該不是問題，機器上若要做長時間的測試就要保存在適合的環境，這也是生物晶片目前遇到比較大的瓶頸。

(十) 每一種細胞對不同東西的耐受度不一樣，不同的溫度下也不一樣，要看您想要的精準標準是什麼，若要很精準的話建議用化學方式。除非可以基因改造成一個超強細胞，但是否造成環境衝擊也要評估。

(十一) 如果生物晶片朝拋棄式去做會不會比較容易去做，這是肯定的，因為生物晶片需要的反應條件比較嚴苛，每個測片重現性高會比較有可行性，但拋棄式的就無法連續監測，未來可以朝設計儀器自己換試片的方向去做。

(十二) 如果把東西改成螢光沒有太高的技術門檻跟限制，螢光跟 BOD 需要的儀器沒有太大的差別，可能會需要簡單的相機測光線明暗變化，螢光也可以用同樣的設置去做，不同顏色的光分開來測不同顏色光的強度，唯一要做的更動是光源，要配合微生物它能夠吸收的激發光的波長去做你的光源。白光的話螢光不明顯，可能要使用藍光或其他光線，會限制微生物種類。LED 比較少波長可以選用，也可以在 CMOS 前加濾片，若不加的話就是用影像軟體運算轉換來讀取訊號。

「生物晶片相關技術分享交流會」簽到表		
單位名稱	姓名	職稱
國立清華大學工程與系統科學學系	王翔郁	副教授
工業技術研究院 材化所 M200	莊雅茹	研究員
工業技術研究院 材化所 M200	李晨瑜	副研究員
工業技術研究院 材化所 M300	王儀婷	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P000	杜敬民	副組長
工業技術研究院 綠能所 P100	范美裙	副工程師
工業技術研究院 綠能所 P100	莊雅婷	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P100	王俐涵	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P100	張琬欣	行政助理
工業技術研究院 綠能所 P100	何笠農	定期人員
工業技術研究院 綠能所 P100	蕭瑞媛	助理
工業技術研究院 綠能所 P100	王淑君	助理研究員
工業技術研究院 綠能所 P100	林子綺	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P100	鍾美華	研究員
工業技術研究院 綠能所 P100	陳范倫	經理
工業技術研究院 綠能所 P100	李麗娟	行政
工業技術研究院 綠能所 P100	朱志弘	工程師
工業技術研究院 綠能所 P100	姚彥丞	其他
工業技術研究院 綠能所 P100	賴玫君	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P100	彭書憶	研究員
工業技術研究院 綠能所 P100	許震洋	工程師
工業技術研究院 綠能所 P100	張依柔	助理
工業技術研究院 綠能所 P100	吳克清	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P100	呂秀月	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P100	黃文輝	資深工程師
工業技術研究院 綠能所 P100	王順輝	工程師
工業技術研究院 綠能所 P100	林雨璇	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P100	陳俞汝	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P100	朱振華	資深工程師
工業技術研究院 綠能所 P100	陳安綺	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P100	黃理御	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P200	宋福祥	副工程師
工業技術研究院 綠能所 P200	李睿桓	工程師
工業技術研究院 綠能所 P200	劉安怡	助理
工業技術研究院 綠能所 P200	彭羽榛	實驗助理
工業技術研究院 綠能所 P200	蕭怡慧	實習生
工業技術研究院 綠能所 P200	張慧茹	研究助理
工業技術研究院 綠能所 P200	李彥芬	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P200	陳柏凱	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P200	吳佩玲	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P200	劉興瑋	副工程師
工業技術研究院 綠能所 P200	洪詮富	研究助理
工業技術研究院 綠能所 P300	吳晨瑜	實習生
工業技術研究院 綠能所 P300	葉勃均	副工程師
工業技術研究院 綠能所 P300	周志彥	副研
工業技術研究院 綠能所 P300	黃暐翔	副工程師
工業技術研究院 綠能所 P300	賴世雯	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P300	王詩婷	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P300	盧智芬	研究員
工業技術研究院 綠能所 P300	鍾承歆	實習生
工業技術研究院 綠能所 P300	陳淑珍	副工程師

工業技術研究院 綠能所 P300	卓坤慶	研究員
工業技術研究院 綠能所 P400	許芝祺	研究員
工業技術研究院 綠能所 P400	陳一誠	資深研究員
技佳工程科技股份有限公司	葉亞函	工程師
技佳工程科技股份有限公司	黃炯揚	計畫經理
技佳工程科技股份有限公司	吳晟豪	計畫經理
技佳工程科技股份有限公司	楊樹踴	工程師
技佳工程科技股份有限公司	陳昶文	工程師
技佳工程科技股份有限公司	洪聖淇	工程師
技佳工程科技股份有限公司	許家賢	工程師
儀展科技有限公司	鍾富鳳	化學工程師
儀展科技有限公司	張晉耀	研發部經理
儀展科技有限公司	黃雅婷	助理
儀展科技有限公司	許忠全	韌體工程師
儀展科技 管理部	莊淑卿	祕書
巨生生醫	謝文元	處長
巨生生醫	周雅萱	副研究員
巨生生醫	魏阿正	碩士
廣域科技股份有限公司	黃慈嫻	專員
廣域科技股份有限公司	林佳穎	專案管理專員
瑩諾科技股份有限公司	胡欣	課長
瑩諾科技股份有限公司	張雅清	計畫經理
貝爾克斯生技股份有限公司	賴怡欣	副理
康廷工程顧問企業	陳嘉惠	副研究員
鼎勝綠能科技（股）公司	章承堯	襄理
華亞園區管理顧問股份有限公司	王煒宗	環保工程師
龍潭科學園區污水處理廠	蔡宏杰	工程師
台康生技股份有限公司	呂亦盛	工程師
Lam	黃若琳	工程師
Edwards	陳怡廷	application engineer

附件：出（列）席單位及人員簽到單

附件二之五 「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」期中審查會議紀錄

一、會議時間：111年8月19日（星期五）下午3時30分

二、會議地點：Google Meet 視訊會議

三、會議連結：https://meet.google.com/koq-ozcr-ymy

四、主席：謝炳輝處長　　紀錄：張志偉

五、出（列）席單位及人員：詳附件簽名單

六、主席致詞：（略）

七、執行單位報告：（略）

八、審查意見：

(一) 張委員智華

1. 以合成/標準/單一 Compound 水樣進行感測元件優化，建議需根據複雜水樣之實際需求提升【硬體規格性能】。演算法之優化應考慮【實用性】及【合理性】，且應將未來可能在面對實際水樣時需做的限制與補償納入考量。

   (1) 優化2臺 tCOD/SS 感測元件

      A. 情境與應用目的宜先分類敘明（廢水、河川水），並先釐清標準品適用性。

      B. 以高嶺土做為 SS 量測之標準品，以鄰苯二甲酸氫鉀(KHP)做為 COD 量測之標準品，挑出之特徵波長僅能應用於該 compound，以此波長建立之演算法再準也沒有用。

      C. 思考未來硬體規格的提升方向，如光譜解析度、光源數量。

   (2) 優化1臺濁度感測元件：

      A. 情境與應用目的宜先敘明（暴雨濁度?），並依此決定測試濁度範圍。

      B. 建議將樣品槽尺寸放大納入考量，硬體規格包括燈源數量、散射角度。

      C. 1-1000 NTU? 以100為界? 建議根據散射光強度調整演算法。

      D. 使用多項式擬合，效果雖好，但實用性不佳且不合理。物理來看濃度漸高時，光學訊號變化靈敏度降低，直到不再有變化；濃度低時則無光學訊號，或光學訊號不靈敏。但所提出之多項式正好相反。

2. 關於各種既有、固定式感測器之經濟與技術可行性之評估。此為技術

議題，目標為【技術之突破】或【新技術之開發】，除現有技術盤點外，宜先敘明學理依據、技術瓶頸與量測限制，需了解關鍵問題才不會白做工。

(1) 運用電化學感測技術整併多測項重金屬感測器（如砷、鉛、鎳）之經濟與技術可行性，重點需考慮基質與其他離子的干擾

(2) 即時光學色度感測傳輸設備，需考慮顆粒要如何去除

(3) 運用 COD 設備，演算不同情境生化需氧量（BOD）之技術可行性，建議：

A. BOD 用比攝氧速率是否可行?

B. 從現實面來看，COD 光學感測就很難準確了，更何況要用此 COD 搭配不可行的比例去推 BOD。

(4) 如何選擇進行 PK 的場域? 有考慮廢水基質與濃度範圍嗎?不同基質與濃度範圍的 PK 結果會一樣嗎?

(5) 此項經濟與技術可行性之評估，實際應用除了成本與準確度外，還需考慮維護問題。感測器現場清理完馬上 PK， 跟一段時間沒清再來 PK，結果會一樣嗎?

3. 關於移動式感測器擴充與改良

(1) 建議擴充改良前先說說現況問題為何?

(2) 建議期末能具體說明移動式感測器經擴充與改良後，與未經改良及擴充者相比，到底對各種應用帶來哪些具體效益與實際的加值效果。

4. 強化水質感測器品管控制

(1) 簡報41頁有3種比對，請問表3-5到3-12的比對結果是3種裡面的哪一種?

(2) 感測器現場清理完馬上 PK，跟一段時間沒清再來 PK，結果會一樣嗎? 如果不一樣，查核時是否也應考量清理頻率的問題。

(3) 建議彙整消化使用單位回饋意見，盤點關鍵問題，精進與檢討品管使用之指標與指引，使品管控制能解決真正問題，並發現使用限制，再回饋到技術研發建議釐清使用者應用目的，例如有的必需準、有的必須反應快、有的必需清理頻率低、有的必須長期趨勢對，每一種目的都有不同的指標，不是都適用同一種滿意度評估方式。

5. 多樣化水質感測器產業化及空間應用

(1) 建議敘明產業使用現況、問題，並釐清各產業關鍵應用目的，再帶出感測器的角色。不要感測器都布建好了，但卻不知道要做什麼，例如水質模式。

(2) 希望期末能看到感測器連續監測與水質模式的搭配成果，若將支流負荷以連續監測數據帶入，或在主流測站以連續監測數據

比對模擬水質，提醒 WASP 水理模式若不同步使用 hydrodynamic model，將無法看出效果。

(3) 水質管理應用建議：

A. 將 sensor 放在環保署關鍵、代表性測站進行長期驗證。

B. 把 sensor 設在 WRA 流量水位站、進行水質流量同步量測。

C. 魚骨圖與流達率：把 sensor 設在重要排水匯入主流處，或關鍵測站上游，使現行魚骨圖更為完整，並使水質模式的 loading 輸入更能反映真實狀況。

(二) 康委員世芳

1. 強化水質感測器品管控制（第三章）

(1) 表3-2至3-4之固定式與移動式水質感測器之數據完整率之定義為何?且數據完整率應超過85%，訂定依據為何?

(2) 表3-5至表3-12之固定式與移動式水質感測器之數據品質滿意度之定義為何?且數據品質滿意度應超過85%，訂定依據為何?

(3) 一般市售水質感測器之數據完整率與品質滿意度為何?

2. 多樣化水質感測器產業化與應用空間（第四章）

(1) 目前產業化之評析資料仍簡略，建議期末再補充。

(2) 應用於南崁溪重金屬銅與氨氮之監測及水質模式模擬，請補充說明本計畫水質感測器監測重金屬銅與氨氮之數據品質滿意度與完整率是否超過85%?

3. 推動地方政府感測物聯網合辦計畫應用與管理

(1) 推動地方政府感測物聯網於110年度已有17件執行應用例，對今後事業廢水 排放管制有很大助益潛力。111年度至8月僅有4件執行應用例，建議協調地方政府加速推動感測物聯網應用。

(2) 111年8月第一次稽核地方政府水質感測器數據品質，補充稽核數量與其結果如何?

(三) 林委員逸彬

1. 各個工作項目之進度請分項以甘特圖加以說明。

2. P.21（濁度）、P.36(COD)：本計劃欲利用吸光度推估水樣中存在之成分並推估濃度，請說明原理。

3. P.33（濁度）、P.43(COD)、P.49(SS、COD)回歸曲線之目的為何?為何使用多項式?以多項式回歸勢必可以獲得不錯的吻合度，且次數越高越吻合，但代表何種物理意義?不同水質 matrix 是否會有不同回歸曲線?若有不同之干擾，如何應用？

4. 應用現地感測技術主要目的應為快篩，但儀器的校正及干擾為需要注意的重點，請說明目前感測儀器的相關規劃。

5. 本計畫的重要工作項目之一是研析各種感測技術，但參考文獻諸多遺漏，請檢查補充。各感測技術之經濟可行性尚未有詳細分析，請於後續進行並於期末報告呈現。

(四) 游委員勝傑

1. 下水道系統常遭不肖業者偷排廢油、廢有機溶劑、酸鹼廢液、或含重金屬之廢液等，當廠內檢測道上狀況時便啟動 by pass 將未處理之廢污水直接排入承受水體，導致河川污染，目前應用此系統是否能有效能協助 下水道部門提出預警機制。
2. 同理，若有不肖業者於人煙稀少地方之河道偷排上述廢液，利用此系統是否能找出可能之偷排地點？
3. COD 感測器誤差正負20mg/L、SS 亦為20mg/L，此範圍是否過大？目前國外感測器之誤差為何？
4. 利用 COD 反推 BOD 之原理為何？如果僅為統計回歸，每股廢水均有不同結果，未來該如何應用？
5. 水質感測器是否能同時結合流速計，以了解流量與濃度之關係，並提出預警。
6. 感測器結合水質模式預測水質之應用是否為即時可得到相關預測成果？
7. 相關成果建議亦可投稿之營建署下水道-水再生期刊，以利相關業者了解。

(五) 陳委員尊賢

1. 水質濁度在0-100 NTU 與100-1000 NTU 範圍時，需靠多次方程式來擬合，請評估在實地(1)固定式與(2)移動式之水質現場濁度之偵測誤差%。
2. 對測定水質 COD 在0-300 (mg/L)/SS(0-100 mg/L)時，需靠三次方程式來迴歸擬合，請評估在實地(1)固定式與(2)移動式之水質現場濁度之偵測誤差%。
3. 在不同地點河川水質、重點工業區汙水處理廠、及民生污水處理廠等三種不同情境環境下偵測 BOD，COD，或 BOD/COD 比值，顯現均有不錯的結果。請評估在實地(1)固定式與(2)移動式之水質現場之偵測誤差%，主要干擾因子為何 ？
4. 針對水質多測項電化學重金屬標準檢量線之建立，今(111)年目標為銅與鉛兩元素，一般對較低濃度範圍較容易發展，開發對高濃度（污染）範圍較不易建立。未來是否未來開發方向朝(1) 超過排放水標準較低濃度，或(2) 朝嚴重污染排放取締之直接證據兩方向發展?請評估兩者開發方向之難易度、經濟成本與效益差異。
5. 在水質感測器布建服務，大都採用現場可看到之固定式感測器為原則，為增加嚇阻效果，是否將來採移動式感測器可埋設於排放水口附近之水面下? 或採用移動式又看不見之感測器為原則？

(六) 本署意見

1. 請務實說明各項研發計畫的可行性。
2. 應用面要整體思考，但應以環保署的上位計畫高度出發，並依技術角度來務實面對。
3. 請以1-2頁簡報補充說明目前開發產品市場競爭性。
4. 期中報告幾乎是技術成果，是否能說明項目組裝的應用性。
5. 今年研發的相關感測元件、流量流速8合一固定式機臺等，請儘速申請相關專利。
6. 今年團隊改用儀展公司的移動式水質感測器，請說明為何尚未運用本計畫先前研發感測元件，及提出技轉文件。
7. 請儘速檢送水質水量感測器的校驗工作，俾利推動模式驗證測試工作。
8. 水質感測物聯網不應只有稽查功能，請強化說明如何運用本計畫產出，協助環保局推動流域管理與監測工作。

九、結論：

(一) 本計畫期中報告原則修正後通過，維運4個月30組感測器，提交精進水質感測器元件報告等工項已確認完成。

(二) 請執行單位參考審查意見製作回應對照表，及納入本計畫執行，並將執行成果併入期末報告。

散會（下午 4 時 50 分）

環保署報到名單

「111年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」期中審查會議

會議日期：111年08月19日

姓名	單位	職稱	票種	報到狀態	簽名檔
主席		主席		已報到	
康世芳	淡江大學	教授		已報到	
林逸彬	國立臺灣大學環境工程學研究所	副教授		已報到	
游勝傑	私立中原大學	教授		已報到	
張智華	國立成功大學	副教授		已報到	

列席人員報到資訊：

機關單位名稱	職稱	姓名	報到
監資處	科長	游智淵	已報到
監資處	高級環境技術師	張志偉	已報到
工研院	經理	陳范倫	已報到
工業技術研究院	研究員	莊雅茹	已報到
北科大	副研究員	徐宗宏	已報到
北科大	研究生	何欣融	已報到
工業技術研究院	資深工程師	朱振華	已報到
工研院	副研究員	莊雅婷	已報到
工研院	研究員	彭書愷	已報到
工業技術研究院	副研究員	林雨璇	已報到
工研院	副研究員	賴玫君	已報到
工業技術研究院	副研究員	王儀婷	已報到

附件二之六 「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」成果報告驗收審查會議紀錄

一、時間：111年12月9日（星期五）下午4時30分

二、地點：視訊會議

三、主席：謝炳輝處長　　紀錄：張志偉

四、出（列）席單位及人員：（如簽名單）。

五、主席致詞：（略）。

六、承辦單位報告：（略）。

七、廠商說明：

八、委員意見：

(一) 康世芳 委員

1. 市售自動連續 COD 監測儀採用藥劑反應，產生具毒性化學廢液。本計畫開發 COD 感測器採光學，無化學廢液，具環保與市場潛力。
2. COD 感測器監測值與實測值可接受誤差範圍為20 mg/L 或40%，低濃度 COD 水樣誤差濃度值小但%較大，對低 COD 水樣影響較大。
3. 事業廢水經生物處理後放流水 BOD 低，BOD/COD 比值範圍大，由 COD 推估 BOD 之誤差很大，應用上可能可做為粗估。
4. 表3-7及表3-13之感測器監測值與實驗室實測值有許多資料，建議繪圖較易判讀整體數據分布與關係。
5. 開發水質感測器應用於自來水場(水源、淨水程序)、河川水質、事業廢水、及養殖用水等，應用對象水質濃度範圍不同，建議先定位對象優先優化以提高市場競爭，如現在縣市應用於河川水質、事業廢水排放監測。
6. 自來水涉及淨水程序監控不準確或誤差太大，影響清水水質安全性(飲用)與符合法規標準，要求較高。建議今後可與自來水事業單位合作確認監測品質與導入應用。

(二) 張智華 委員

1. 期中審查回覆多次「前期計畫已提及、完成或定案而帶過」，若不說

明前期計畫設定的 SOP，本期委員從何得知突然出現的數據從何而來? 若不說明前期計畫已執行之精進方針，委員要如何對未來精進方向提出合理建議?舉例如下：

(1) 應用貴團隊 tCOD/SS 感測器，每次應用到一個未知地點都需 follow 圖2-12的步驟來做。想請教使用多久後要再重做一次? 我所知環檢所只有 COD 分析標準方法，也許前期計畫有提及，但煩請團隊說明圖中 Cs_{COD}(real)、Ct_{COD}(real)如何分析? $K_{\triangle COD}$ 在本報告哪條方程式有提到?

(2) 關於 P.40第4 點，團隊提到要根據特定場域水質光譜資料庫，再利用定性分析推估出之 sCOD 特徵波長，但在報告中我找不到南崁溪及工業區的 sCOD 特徵波長，如果在前期計畫請補上。另外，本期計畫光學元件不同，前期計畫資料需要重建嗎?

(3) P.39提到「將利用真實水樣建立光譜資料庫，定義主要吸收波長後分別利用統計方式針對 SS 及溶解性化學需氧量(sCOD)建立演算模式」，但我看本報告的演算模式都是用標準品所建立?考量不是每個水樣的光譜資料庫都跟 KHP 一樣，所以請分別列出本計畫驗證感測水質的特徵波長與演算法，已完成哪幾個場域，這些來自不同場域的有機物 COD 濃度與特徵波長的共通性為何?與 KHP 有沒有顯著差異?

(4) 團隊回覆【本計畫所開發之感測元件於前期計畫有提出針對南崁溪、工業區及標準品建立不同檢量線之流程，因此建置於實際場域時會利用現場水質進行修正吸光與補償係數，以利實際場域之水質感測】，聽起來是說在未知場域驗證前，會先建立檢量線(例如圖2-25的標準品檢量線?)，再依此檢量線進行後續施測，而不是以標準品檢量線直接施測，建立此客製化檢量線的 SOP 為何?(幾個點?零點校準?歸零?)；若本人以上認知不對，何謂利用現場水質進行吸光與補償係數修正，完整步驟為何? 若

流程未說明清楚，貴團隊能確保將來【應用貴團隊 tCOD/SS 感測器進行全新場域應用時的準確度能如同報告一樣好?】

(5) 舉例來說，表2-13 的驗證結果，是使用標準品檢量線還是三條溪的客製檢量線?若不是客製檢量線，那吸光與補償係數修正之步驟為何?這些驗證結果有走完圖2-12的程序嗎?

(6) 在環工應用上，總 COD(本報告稱 tCOD)代表顆粒 COD+溶解 COD，類似 particulate organic matter +dissolved organic matter。表2-11的混合測試採用高嶺土當 SS，此高嶺土應該不含 organic matter 吧?為何 COD 標準液10 mg/L 在高嶺土100 mg/L 下變成 CODt=22.22 mg/L，此處 CODt 應該是"當光學感測受顆粒干擾下所造成的 COD"而不是總 COD，那麼應稱為干擾 COD，而 CODs 稱為去干擾 COD 或溶解 COD，無論如何表2-11的 CODt 都不建議稱為總 COD。

(7) 承上，請問如何消除顆粒光學干擾使 CODt 變成 CODs，$K_{\triangle COD}$ 會不會像 BOD/COD 比值一樣變化很大?表2-13 的 COD 標準值是指以標準方法分析之河川水總 COD 值嗎?表中的 COD 感測值是 CODt 還是 CODs?請說明清楚。

2. 圖2-25的標準品檢量線 X 軸，為何比值會有負的?是 log(It/Ir)?

3. 關於 BOD_5根據原始文獻，表2-14的 BOD 請更正為 BODu (BOD ultimate)。從學理上來看，建議 BOD 推估可評估利用 COD 推估 BODu、再以不同基質的 k 值(生物分解速率常數)來推 BOD5。

4. 關於濁度/ADMI

(1) 從表2-28看來，顆粒物質的存在的確對 ADMI 的量測造成干擾，此干擾較 SS 對 COD 的干擾更為明顯(是不是因為使用的高嶺土標準品不含有機物?)

(2) 個人不是很同意"高色度仍具備一定可信度"以及"低濃度色度的推估會因為濁度的貢獻產生較大的偏移"，如果是高濁(如濁度

>200 NTU)高色或低濁低色呢?從表2-28看來，ADMI 誤差最大的情況出現在濁度與 ADMI 比值為1:1及5:2時，而且即使都是1:1，100:100還會比40:40 的誤差放大兩倍。因此，我認為"不是低色度誤差大、高色度誤差小"，而是 ADMI 誤差會與(濁度2/ADMI)成正比，當濁度高且(濁度/ADMI)大於1時誤差會非常可觀。若此論述為真，請修改結論，以免誤導未來精進方向。建議應多花篇幅分析核心問題所在，說明未來精進方向，如 passive/active particle filter 或 particle trap?

(3) 報告提到要複製同步推估 COD 與 SS 之模式，研析建立同步推估濁度與真色色度之演算模式(消除顆粒光學干擾使干擾 ADMI 變成去干擾 ADMI)，好像沒有看到?

5. 以電化學方法測自來水餘氯，在理論及實務上已經很成熟。本計畫只有跟現行標準檢測方法公告價格比，跟市售眾多 chlorine probe 比，優勢在哪裡?
6. 實際廢水中各項干擾離子多(基質干擾)、不同廢水的基質差異很大，報告也提到"以現有電化學反應槽與機台程序設計感測多測項重金屬之可行性低"，卻又跟 ICP 比說可以省下2600萬?技術既不可行何來經濟分析?建議應多花篇幅說明未來精進方向，如選擇性離子?
7. 從圖2-70可看出，市售銅離子與氨氮比色儀都採用過濾水及使用 RO 水來分析，ITRI 選擇將 CODt 及 SS 綁在一起具獨特性，但實際應用上也許不如分開，不過，一旦分開那國產 CODt、SS 的優勢在哪?
8. 關於水質感測器擴充
   (1) 本年度規劃的三種水質感測器擴充組合，看似有特定應用情境與目的，建議團隊說明將水質感測器應用於這三種情境的現況、挑戰與本案優勢。
   (2) 水質感測器擴充立意良好，連較欠缺的氨氮及流量(水位/流速)都納入，為何沒有 DO?

(3) 表2-43華亞科與南崁溪盲樣測值完全一樣

(4) 除了說明驗證效果不錯外，建議根據應用上的問題提出精進方向。

9. 表4-13情境三建議再說明詳細一點，僅以5倍流量之情境設計要估計非點源污染下的水質變化似乎過於粗糙,模擬濃度接近中位數也不知道是否合理。

10. 若能即時監測流量與水質並計算合理負荷量，不僅有助於 TMDL 之推動，對於現況河川水質改善成效評估與考核也幫助很大，建議團隊多做此方面的論述。

11. 除了 WASP 外，建議可採用負荷延時曲線(load duration curve)分析支流排出負荷、上游邊界負荷及下游流達負荷間的關係，此法簡單且獲 USEPA 認可為 TMDL 計算工具，一般認為在實際流量及水質監測數據多的情況下，其分析結果甚至比模式還好。

(三) 林逸彬 委員

1. 報告中太多檢測原理的敘述，應聚焦於實際工作內容的呈現。

2. 本計畫開發之水質感測項目: COD、SS、餘氯、濁度和銅離子在市場上皆有相關產品，本計畫開發之產品優勢為何?市面上之產品售價已包含人事、marketing、獲利等。

3. P.38~39:各種成分光學評估、各種成分交互關係、廢水水質多成分定性定量中,所指之成分為何?本計畫僅用磷苯二甲酸氫鉀單一化合物，如何延伸到複雜的廢水水質?是否有用實際廢水?變化較大的廢水如何應用?

4. 以 COD 推測 BOD_5之準確度不高，其應用要仔細檢討。

5. 餘氯和重金屬經濟效益分析不甚合理，為何以一年分析26280個水樣計算?應和其他同級感測器比較

(四) 游勝傑 委員

1. 地方政府反應第一代 sensor 送修率甚高，其原因為何?

2. 濁度/COD/SS 三合一儀重複擬定於粒狀污染物之問題。
3. 目前對於 sensor 容易因進水故障之排除方式為何?
4. 水位-流速建立未來是否每次應用時均需用人工量測河道斷面積再推算。

(五) 陳尊賢 委員

1. 對於水質中鉛濃度比例造成水質感測器之銅濃度檢測高度不準確問題(2.6節)，建議與學界或業界技術合作，以因應未來現地環境水質需監測各種重金屬之需要。
2. 場域水質感測器在銅檢測濃度<0.5 mg/L 時不需查核，濃度>0.10 mg/L 時，其誤差達±0.5 mg/L 以內(3.3節)，請說明未來研究其他重金屬干擾銅濃度測定之策略建議。
3. 模擬測試在大檜溪各情境之氨氮濃度約1.88至8.64 mg/L，在南崁溪之上下濃度約4至18 mg/L，請說明在不同污染熱區之檢測精準度為何？

(六) 監資處

1. 請補充說明感測器開發沿革歷程。
2. 請補充說明8合一固定式感測裝置的專利與技轉進度，且本次8合一儀器數據不穩定，及遇雨易受損等問題，請提出精進策略。
3. 請補充說明流量計算方式及後續精進策略。
4. 經嘉太工業區案實測，COD 感測器仍易受環境干擾需頻繁用人工校正，請提出改進策略。
5. 在南崁溪案實測時發現，銅離子感測器感測下限仍高於河川一般監測值，氨氮感測器測值易浮動，請提出精進建議。
6. 固定式及移動式感測器過去多布建於灌渠或小型排水路，請提出若布建在較寬河面如淡水河的適用建議。
7. 請補充說明 mass-based first flush 的應用時機，及晴天污水是否有類似機制能用連續監測數據推導點源及非點源的貢獻比例?
8. 針對第四章模式模擬

(1) 情境一(傳統固定負荷)的假設是 Q_{75}低流量的晴天污水，所以不適合直接與本案雨天時觀測值比較；另圖4-38顯示情境一與觀測值較符合雨天時的觀測值，且圖4-37顯示傳統氨氮輸入通量較本次晴天觀測值高甚多，顯示傳統運用 BASIN 推估氨氮輸入通量之誤差甚大，可能要用實際觀測結果修正。

(2) 情境三(上游水量增加)，其模擬假設應參考4.2.3節結論，流量大時該河段發現氨氮通量亦增加，並非水量大時氨氮通量 loading 不變，建議補充說明相關假設邏輯。

9. 請補充說明後續如何運用水質水量儀器，計算即時涵容能力的方法。

九、會議結論：

□本案成果報告驗收合格，請廠商依契約規定，檢送結案文件至本署，辦理結案撥款事宜。

□本案成果報告驗收結果與契約規定不符，請廠商於本會議紀錄之發文日起○日內依審查委員意見改正，並函報本署辦理複驗，再由申辦單位請審查委員辦理書面複驗事宜。

■本案成果報告修正後通過，暫定為驗收不合格，請廠商於本會議紀錄之發文日起10日內依審查委員意見改正，並函報本署辦理複驗，複驗時同意授權由申辦單位自行辦理書面複驗事宜。

□本案成果報告驗收結果與契約規定不符，請廠商於本會議紀錄之發文日起○日內（或○年○月○日前）依審查委員意見改正，並函報本署辦理複驗，再由申辦單位擇期辦理審查會複驗事宜。

□本案因廠商無法依審查委員意見改正或改正次數超過契約書規定次數或其他原因，複驗結果為驗收不合格。

□「○○○（驗收項目）」驗收結果與規定不符，惟不妨礙安全及使用需求，亦無減少通常效用或契約預定目標，經本署檢討不必拆換、更換、拆換、更換確有困難，或不必補正，依政府採購法第72條第2項規定採減價收受方式辦理。

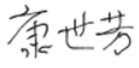
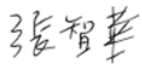
□其他（由申辦單位自行說明）：

十、 散會：5時30分。

環保署報到名單

「111年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計 畫」案成果報告
審查驗收會議

會議日期：111年12月09日

姓名	單位	職稱	票種	報到狀態	簽名檔
主席		主席		已報到	
康世芳	淡江大學	教授		已報到	
張智華	國立成功大學	副教授		已報到	
林逸彬	國立臺灣大學環境工程學研究所	教授		已報到	
游勝傑	私立中原大學	教授		已報到	

光碟目錄

附件一、計畫審查意見回覆對照表

附件二、「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」相關會議會議紀錄

附件三、111 年度水質感測器合辦計畫應用說明及注意事項

附件四、112~113 年度水質感測器合辦計畫應用說明及注意事項

附件五、水質感測器應用於民生場域商品化產品可行性分析

附件六、感測器操作說明手冊及標準應用程序

附件七、水質感測物聯網安裝及數據應用指引

附件八、彙整及分析全臺水質感測器數據應用評估報告

附件九、水質模式應用於水聯網之可行性報告

附件十、40 臺移動式設備感測器驗證報告

附件十一、國產水質感測器平行比對測試報告

附件十二、111 年度科技計畫成果效益報告

附件

附件一、計畫審查意見回覆對照表

附件二、「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」相關會議會議紀錄

附件三、111 年度水質感測器合辦計畫應用說明及注意事項

附件四、112~113 年度水質感測器合辦計畫應用說明及注意事項

附件五、水質感測器應用於民生場域商品化產品可行性分析

附件六、感測器操作說明手冊及標準應用程序

附件七、水質感測物聯網安裝及數據應用指引

附件八、彙整及分析全臺水質感測器數據應用評估報告

附件九、水質模式應用於水聯網之可行性報告

附件十、40 臺移動式設備感測器驗證報告

附件十一、國產水質感測器平行比對測試報告

附件十二、111 年度科技計畫成果效益報告

附件一、計畫審查意見回覆對照表

- 「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」採購評選會議(110.12.20)
- 「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」啟始會議(111.01.19)
- 「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」第一次工作進度報告會議(111.05.17)
- 「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」期中審查會議(111.08.19)
- 「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」 成果報告審查會議(111.12.09)

「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」

採購評選會議 意見回覆

意見	意見回覆
(一) 本計畫研發產品之應用情形宜再明確，是否具有國內或國際的獨特性?	感謝委員意見，本計畫所研發產品涵蓋光學與電化學特性，為針對水質物聯網所需應用情境所開發技術，其技術特色為體積小、低成本、易維運，過去以提出 3 國 10 項專利並指少已完成 2 項技術移轉，具備產品市場獨特性。
(二) 水質模式驗證結果若有差異，如何確認是模式誤差?或儀器誤差?	感謝委員意見，本計畫使用之感測儀器已經多年研發已有一定精確度，至於模式誤差主要是現場支排流排放不易掌握，而根據以往建模經驗，調整參數或更新支排負荷後可滿足一般誤差要求（即平均絕對誤差 MAPE≦50%）
(三) 地方環保局推廣做法如何有效推廣?包括資料分析、設備維護及後續推廣等。	感謝委員意見，本計畫研擬水質感測器品保品管制度，提升數據品質。因應未來各種廠牌及水質感測元件的類型不一，本團隊將研擬水質感測物聯網之感測設備、感測元件及資訊傳輸等驗證草案，建立完整之實驗室驗證(Lab Test)及實場驗證(Field Test)機制，同時完成研擬水質感測物聯網安裝及數據應用指引，提升未來水質感測器之性能一致性標準及數據品質要求，有效確保場域水質感測數據之完整性及滿意度。
(四) 水質感測器研發之精進作法，如重金屬次目增加、偵測極限降低等。	感謝委員意見，本年度重金屬多測項感測之研發，將以伏安法做為理論基礎，搭配電極及緩衝液進行測試；另餘氯下修感測極限，初步優先將電極感測面積增加，以評估其可行性及經濟成本。

意見	意見回覆
(五) 測值範圍宜注意最低偵測極限，range 非 0~某值，另所測值之測值不確定之範圍 (measurement uncertainty)。	感謝委員建議，濁度部分量測範圍已訂為 0.1~1000 NTU 沒問題，COD 量測範圍應修正為 0.1~300 mg/l，SS 量測範圍應修正為 0.1~100 mg/l，測值不確定度後續會依據量測之重複性、再現性、解析度等特性再做評估。
(六) 重金屬僅測銅，使用伏安法宜加強其他金屬的測定(國內公司以研發出來的)，尤其是裁罰法規值的直接證據之研發。	感謝委員意見，本年度將使用伏安法做多測項重金屬感測之研析，並以法規標準濃度作為量測目標。
(七) 目前監測的目的要由現場至資訊中心，建議在現地測定的準確度與變異值，再其次達計劃的最終目標，最好先達到裁罰之直接證據。	感謝委員意見，本年度感測器的精度已強化上調至工業級等級之水質感測器，希望藉由此精進後之數值能達到貼近裁罰依據。
(八) COD 值推估 BOD 值如何達到預訂的準確值目標?	感謝委員建議，本年度利用 COD 值推估 BOD 值是先做可行性評估，尚未訂出準確度規格，但會先利用標準方法(NIEA W510)採樣分析得到的 BOD 值，找出與 COD 量測值之關聯性，並嘗試分析不同水體之關聯性差異。
(九) 水質模式應用與氣候雨量河川特性污染來源及監測點位置有關建議選擇介入點及污染來源位置與季節有關。	感謝委員意見，固定式或移動式感測器設置條件將納入污染來源位置與季節性考慮
(十) 執行團隊去年度執行相關計畫所遭遇的最大困難為何?今年度有何改善方法?加以說明。	感謝委員意見，執行團隊因環境水體中之 COD 與 BOD 大多在 UV 波段具有光學反應，因此本年度規劃可行性研究，嘗試利用 UV 波段的感測搭配補償運算公式的方式，嘗試建立十場水樣中 BOD 推估的模式，做為未來感測器進一步改良的參考。

意見	意見回覆
(十一) 請彙整和補充前期已開發之設備及感測項目。並說明其和市場上已有設備優劣之比較，尤其偵測範圍、偵測極限和價格。	本計畫開發之餘氯感測器，與現有市售設備相比偵測範圍較廣，惟偵測極限相當，如較大量生產或商業化則其價格即具有經濟優勢，此外因關鍵零組件皆屬國產化，耗材更換與惟運成本亦較低。
(十二) 造成濁度之物質主要為水中之顆粒與膠體，計畫中提及要以全波長掃描測定廢水中各種成分光頻譜特性和濁度的關係，水樣之成分所指為何?如何定性、定量?	感謝委員提問，本年度規劃利用以開發設備進行濁度精確度提升與色度量測可行性，因目前色度量測方式之標準方法與執行團隊規劃的量測波段相同，因此預期會針對相同水樣中在可見光波段之散測與穿透反應來評估是否可同步量測真色色度與濁度之可行性，後續會逐步於期中與期末報告中呈現可行性結果。
(十三) COD 之量測同樣欲對廢水中之成分做定性及定量的分析，考慮廢水組成複雜廢水之成分所指為何?如何定性、定量?	感謝委員意見，本計畫所開發設備目前定義廢水中主要的複雜成分分為兩中：(1)與待測物種(ex: COD 或濁度)在相同波段會出現的物種；(2)廢水中的顆粒狀物質。而排除上述干擾的主要方式為利用多光源搭配多成分定性定量演算法，在不同波段取的干擾物種的濃度後，在針對主要量測物種進行濃度補償，取得正確感測資訊。
(十四) 應用電化學方法量測重金屬僅能量測溶解態重金屬，針對顆粒態金屬的量測有何策略?是否會對樣品進行消化?是否是使用標準添加或預先建立檢量線?如為後者如何考慮基質影響?	感謝委員提問，對於顆粒態金屬，ICP 亦需要對樣品進行消化，故若計畫未來規劃仍為線上監測，僅能量測溶解態重金屬。檢量線建置會使用標準添加法降低基質干擾。
(十五) 定時校正為確保現場儀器檢測精確度的重要因素，根據過去的經驗，請簡述說明各檢測設備之校正的頻率。	感謝委員提問，感測器布建完成後，計畫團隊每週針對感測數據進行檢視，並維持兩週一次之例行校正及維運頻率，以維持感測器之穩定性及準確性。

意見	意見回覆
(十六)　國內已廣泛應用 WASP 進行水質模擬，請說明使用固定式水質感測器對模擬的結果預期會有什麼不同及效益?是否仍假設 Steady state?	感謝委員提問，回覆如下： (1) 預期的效益有：可提升水質模式精確度、更新支排流負荷、推估晴雨天負荷，逐步建立河川涵容能力等 (2) WASP 可選擇不同 time step 進行模擬，未來將搭配固定採樣器每 20 分鐘一筆之 time step 做模擬
(十七)　各項目感測器之量測範圍宜考慮法規值與應用面，以避免範圍大，對管制值低於應用之影響。	感謝委員意見，本計畫所開發的感測器設計的偵測極限在污水領域均低於放流水標準，而在淨水領域也低於飲用水及自來水標準，深具應用性。在本年度持續規劃對環境管制領域所需儀器的一致性標準，提供未來主管機關在採購之品管依據。
(十八)　放流水標準 BOD、COD 大多為 30 mg/L、100 mg/L，比值 0.3，實際產業放流水 BOD/COD 比值更低，未知此項如何研發，BOD/COD 放流水比值建議可統計環保稽查資料。	感謝委員意見，本工項在年度規劃定位為可行性研究，分兩方向進行：(1)收集標準方法與商用儀器，研析其與本計畫開發設備之差異性；(2)利用過去研發之光學感測設備研析在不同情境水樣下，設備光學反應對應環保稽查資料之 BOD 與 COD 結果，做為未來持續開發的方向參考。
(十九)　應用面宜以環保署主管法規為優先重點，例如放流水稽查、水體環境監測，養殖、農田灌溉水質非環保署職掌業務。飲用水水質監測應用、自來水事業單位已建置且使用經驗豐富，本計畫目的為何?	感謝委員意見，本計畫目的除了輔助環保署及環保局應用水質感測器以物聯網方式追蹤、分析並輔助稽查水污染情形，該些執法應用情境於過去 3 年成效顯著。為保持環保署自主研發之水質感測器競爭力，故本計畫將投入多元場域應用領域，試驗水質感測器之性能，發展多元應用空間以及拓展除了稽查之外的產業化空間例如養殖漁業場域、污水場處理設施、淨水廠水情揭露、CWMS 比對等。
(二十)　從放流水標準、地面水體分類標準之達成狀況，研擬開發重金屬感測器之必要性優先項目。	謝謝康委員建議，本年度會做重金屬感測項目研析。

意見	意見回覆
(二十一) 期中或期末報告提出與地方政府感測物聯網合辦之實例。	感謝委員意見，執行團隊定期收集地方政府應用水聯網實例並彙整納入報告第五章。
(二十二) 本計畫規劃執行水質驗證模式，惟服務建議書章節不夠詳細，要印證什麼或產出什麼?請具體補充說明。多樣水質感測器如何區分是水質異常或設備異常?請補充說明。	感謝委員提問，回覆如下： (1) 服務建議書因有頁數限制，故只能摘要描述，而本計畫水質模式預期的效益有：可提升水質模式精確度、更新支排流負荷、推估晴雨天負荷，逐步建立河川涵容能力等，後續將分階段於進度報告中呈現。 (2) 多樣水質感測器經多年研發已有一定精確度，若有異常可以重新校正儀器或增加設備維護頻率，以避免遭人為破壞。
(二十三) 感測元件 sensor，如何監測濁度或真色度?	感謝委員提問，本年度規劃利用以開發設備進行濁度精確度提升與色度量測可行性，因目前色度量測方式之標準方法與執行團隊規劃的量測波段相同，因此預期會針對相同水樣中在可見光波段之散測與穿透反應來評估是否可同步量測真色色度與濁度之可行性，後續會逐步於期中與期末報告中呈現可行性結果。
(二十四) 本計畫規劃 11 月 30 日研擬水質感測物聯網安裝及數據應用指引可否提前完成?	感謝委員意見，執行團隊遵照辦理，已於啟動會議後調整為 7 月提供初稿給環保署進行審核。
(二十五) 過去執行經驗水科技物聯網平臺、縣市環保局最需解決項目為哪些?今年如何改善?	感謝委員意見，目前最迫切屬平台斷訊時，缺漏數據無回補機制，造成歷史資料短缺不完整的問題。已與平台維運團隊進行此功能強化與改善。
(二十六) 有關運用 PMF 進行細懸浮微粒鑑識部分，請補充說明相關假設，如燃料煤源固定。(游委員勝傑)	感謝委員意見，本問題應屬空氣污染領域，已轉知相關課室處理。

意見	意見回覆
(二十七) 請補充說明如何運用周界樣品與 CPM 樣品進行關聯性分析。(游委員勝傑)	感謝委員意見，本問題應屬空氣污染領域，已轉知相關課室處理。
(二十八) 查服務建議書未檢附 110 年度辦理綠色採購紀錄，請補充說明。(游委員勝傑)	感謝委員意見，本計畫並不需要檢附 110 年度辦理綠色採購紀錄，可參閱投標須知。
(二十九) 各縣市營運經驗的回饋與檢討?	感謝委員意見，執行團隊於計劃期間持續收集地方政府應用水聯網回饋意見並持續檢討與滾動修正，相關內容納入報告第 5 章。水聯網回饋意見並持續檢討與滾動修正，相關內容納入報告第 5 章。
(三十)　各種量化指標應提到公式與 sample size。	感謝委員意見，本計畫所開發的感測器均會明確定義感測器的各項量化指標，可參閱服務建議書第三章 3.1.1~3.1.2、3.1.5~3.1.6。
(三十一) PET+DO，本計畫似乎都沒提到 DO	感謝委員意見，本計畫所採用之 pH 為採用 Teflon 隔膜，抗干擾能力強，不易污染和堵塞，使用壽命長；(2)導電度採用可以抗邊緣效應(Fringe Effect)的干擾，提供穩定且精確的量測數值；(3)溶氧採用光學溶氧電極螢光淬滅(Quenching) 氧氣的原理來測量溶液中的氧含量，具有很強的耐受性，壓力衝擊；(4)溫度感測器已包含於上述 pH 及導電度與溶氧感測電極中可針對不同水溫進行量測值之溫度補償校正
(三十二) PET+NH3-N，NH3-N 是國產還是進口?	感謝委員意見，本計畫所開發之固定式感測設備所選用的 NH_3-N 為商用成熟設備。
(三十三) CWMS 目前可做為裁罰基準嗎?	感謝委員意見，CWMS 目前為事業達到一定規範後所需設置的連線設備，暫無作為裁罰基準。
(三十四) 用在 WASP 的 sensor 沒有 DO?	感謝委員意見，本計畫在水質模式的應用以氨氮及銅離子搭配水量作為污染推估的應用，並無針對 DO 做規劃。

意見	意見回覆
(三十五) COD 準確度跟基質、溶解成分、顆粒成分有關，建議應分開說明，其發展潛力為何?有機會嗎?	感謝委員意見，本計畫所開發之 COD 感測器可同步量測水樣中的顆粒濃度，並據以針對 COD 濃度進行補償運算，目前已布建固定式機台於新北市、桃園市及嘉義市，統計 108 年至今，固定式感測器已成功稽查 8 件水質污染事件，合計裁罰金額約 173 萬元，以工業區為大宗，成效斐然。預定本年度會持續進行本設備之技術移轉，目前已與 2 間廠商洽談中。
(三十六) 如何把高解析度光學指紋資料庫應用在低解析元件上?	感謝委員建議，團隊利用光學資料庫得到的全光譜分析特性，有助於選擇出適合波段之發光與感光元件，得到最佳化的量測範圍與解析度。
(三十七) 請說明研發方向是否與目前水污染防治實際問題相互搭配?建議得標廠商應根據 EPA 實際需求調整工作重點方向。	感謝委員意見，本計畫在第一期 106-110 年感測器布建應用以稽查為主，成效斐然。本期計畫除持續推廣水污染防治相關應用外，亦與 EPA 合作，針對養殖、淨水、水質模式、CWMS 等領域進行多元應用，擴展實際應用情境。

「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」

啟動會議 意見回覆

意見	意見回覆
(一) 發表論文非本計畫目的，應回歸初衷，掌握清楚計畫要解決什麼問題及如何解決，如有做不到的則應說明清楚限制之所在。	感謝委員意見，執行團隊遵照辦理。
(二) 應規劃思考未來經費短缺時，如何永續經營，請儘早提出規劃構想。	感謝委員意見，執行團隊在去年計畫執行過程即開始著手規劃所開發物聯網感測器多元應用，今年主要針對養殖、淨水、CWMS 比對各方面進行推廣，擴展應用情境，朝永續經營目標規劃。
(三) 水質感測器目前並未完全使用自行研發的感測元件，請說明後續如何應用自行開發的感測元件，而非直接採用市售產品。(請嘗試在移動式水質感測器中安裝更多的自主研發感測元件)	感謝委員意見，執行團隊過去研發過程除針對新技術開發外，亦同時評估開發完成的時程與推廣可行性，因此在部分基本水質項目因市售商品技術成熟度高，因此才會將研發感測元件與其結合，達到效益最大化。移動式感測器因具備高度布建便利性，因此水質重點測項如：COD、氨氮布建不易，本年度會嘗試規劃將重金屬感測電極與其結合之可行性研究。
(四) 請研析水質感測器設備商之產能數量，俾利評估未來採用買資訊服務之可行性。	感謝委員意見，自 108 年起推廣之縣市合辦計畫已有設備商進行布建維運相關經驗，在未來 112-113 之合辦項目會將資訊服務之比較列入，並進行效益評估。

意見	意見回覆
(五) 請研析標準實驗室在現今規模下，是否有足夠的商業誘因與資源支撐運作，及如何藉由驗證提升產品競爭力。	感謝委員意見，感測器的性能要求因應用而異，感測數據品質取決於感測器的基本性能、操作方式以及分析方式，所以了解感測器的優點和限制對於應用於預期目的非常重要，故由行政院環境保護署訂立適用於物聯網之水質感測器應有的驗證項目，以管控出廠的產品必須依據品質要求進行查驗，確保設備符合品質與一致性比對標準後，各地方縣市環保局才能將該合格廠商納入採購機制，實扮演重要角色。
(六) 移動式水質感測器今(111)年計畫有許多新的感測元件及應用規劃，請於合辦原則中提前說明環保局若明(112)年採用，相關工項增加的可行性。	感謝委員意見，無論是目前或未來，於合辦計畫所採用的感測元件仍屬PET+DO 為目標
(七) 針對老舊感測器，請研析因應策略。	感謝委員意見，目前所研發的感測器耐用年限約 3 年，在主計畫與縣市合辦計畫的執行過程均有明定，並適度在計畫過程中進行時程規畫進行汰換與更新。
(八) 請強化說明模式驗證工項的亮點。	感謝委員意見，本年度試行之水質模式驗證，主要因過去水質項目感測頻率不足及缺乏流量資料等問題，導致推估流域污染負荷能力不足，預計利用本年度所新開發具備流量的固定式感測器與 WASP 模式結合，可提升水質模式精確度、更新支排流負荷、推估晴雨天負荷，逐步建立河川涵容能力等，後續將分階段於進度報告中呈現。

意見	意見回覆
(九) 請說明用 COD 推估 BOD 的學理依據。	感謝委員意見，執行團隊因環境水體中之 COD 與 BOD 大多在 UV 波段具有光學反應，因此本年度規劃可行性研究，嘗試利用 UV 波段的感測搭配補償運算公式的方式，嘗試建立實場水樣中 BOD 推估的模式，做為未來感測器進一步改良的參考。
(十) 請強化說明感測器元件研發規劃及預期成果。	感謝委員意見，執行團隊針對感測器元件有以下研發規劃與預期成果說明如下:(一)精進水質感測器感測元件:針對淨水領域的濁度及廢水領域的 tCOD/SS 進行韌體與演算功能提升，並產出新版感測元件；(二)提升固定式水質感測器設備效能：(1) 利用已開發設備，評估新感測項目如:生化需氧量、色度、重金屬等之感測可行性;(2) 利用既有設備研析擴充或替換市售感測元件可行性；(三)提升移動式水質感測器設備效能：(1) 強化演算軟體之數據穩定性與解析能力；(2) 研析縮小移動式感測器機體、優化電路配置、強化防水機能及運用網路節點傳輸之可行性；(3) 利用既有設備研析擴充或替換市售感測元件可行性。
(十一) 請各指引完成期程請再提早，目前尚缺固定式及手持式感測器的使用指引，指引完成才能讓各單位能有自主運用的參考，屬重要工項，請工研院加速處理。	感謝委員意見，執行團隊遵照辦理，已於啟動會議後調整為 7 月提供初稿給環保署進行審核。
(十二) 請說明如何驗證水質感測器(非感測元件)的效能。	感謝委員意見，可由外部電池續航力、通訊模組、機體設計等指標進評估。如防水等級是否達 IP68 以上、鋰電池是否符合安全規範等。

意見	意見回覆
(十三)　請補充說明固定式感測器的置放期程規劃，並滾動式評估如何調整點位，若以應用民生為主，稽查用途應減少。	感謝委員意見，執行團隊在計畫開始執行會維持20台固定式感測器於稽查用途與淨水應用，隨計畫進行至6月，會逐步導入新開發的10台固定式與10台移動式感測，預計擴展用途至養殖、水質模式應用與CWMS比對，後期會持續滾動式評估與調整點位。
(十四)　請以月報呈現各工項管控現況。	感謝委員意見，執行團隊遵照辦理。
(十五)　請說明CWMS的商業評估及與市售機臺的對比及實績。	感謝委員意見，本年度計畫會於6月後進行此工項，預定會將兩代具備CWMS測項之機種於現場與商用儀器比對，並利用標準方法進行準確度測試，後續會逐步於期中與期末報告中呈現此部分比對結果。

「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」

第一次工作進度報告會議 意見回覆

意見	意見回覆
(一) 請持續推動多重重金屬項目等工項研發評估作業。	感謝委員意見，現已完成銅與鉛多測項重金屬感測技術研析，呈現於期中報告 2.6 章節，並後續將做場域驗證機台經濟性評估。
(二) 有關 COD 感測元件升級，從原先儘量測 SCOD 到現在 total COD，請補充說明若用同樣的放流水測試，兩者量測數值的差異量，及校正公式差異。	感謝委員意見，本期計畫優化之 COD/SS 感測模組可直接量測水體中 COD 初始值，在利用 SS 光學補償計算出水體的 total COD，目前並無直接量測 SCOD，但後續會依據實場測試結果，評估是否要增加雲端對 SS 造成 COD 貢獻量的補償。
(三) 從嘉太工業區一案發現，COD 元件實際應用前需要至少 3 次以上的校正，並會受到水質與油膜影響，請再檢視其他感測元件是否有同樣的環境干擾，並於手冊上補充說明其限制與干擾因子。	感謝委員意見，一般光學直讀式 COD 之出場流程均為利用標準品建置，後續利用現場水進行吸收度校正，此乃受限於各地區貢獻 COD 之化合物不同所導致；另外如現場水樣有油膜問題，極可能造成穿透光無法集中造成感測值高估問題。團隊會於維運手冊補充 COD 元件校正步驟及干擾因子說明。
(四) 本計畫感測元件已研發 6 年，經費已投入幾千萬，惟經查計畫技轉的移動式感測器迄今從未使用本計畫研發的感測元件，而逕採用市售產品，請團隊說明後續因應規劃。	感謝委員意見，由於移動式感測器之設置目的為高機動性與分鐘等級量測，因此與計畫初期研發之水質測項設置方式理念不同，因此移動式感測器才採用機構整合搭配成熟市售商品的方式進行，團隊在今年會開始評估利用固定式感測元件之原理搭配電極式設計的可行性，進行後續的探討。
(五) 從既有國產水質感測器比對測試中發現，台中水管家、廣域公司、到團隊準備新引進的儀展公司，其感測元件等級均不相同（大陸製、實驗室級、或工業級），請研析適合	感謝委員意見，目前採用的感測元件主要分為實驗室與工業級兩種設計，目前低價位商品大多採用實驗室並由大陸製造為主，其單價雖低，但耗材損壞頻率高，容易造成初設成本低但維運與耗

本案應用範疇的感測元件等級建議規範。	材成本高的現象；本計畫團隊所開發的國產水質感測器除採用工業規格等級電極外，亦針對防水、省電、隔熱與外殼保護等進行最佳化設計，其初設費用雖不是最低，但在數據品質與維運頻率及費用具有優勢，會持續進行技術移轉與推廣。
(六) 國產感測器比對請依各家優缺點確實分析，並彙整使用標的範圍。	感謝委員意見，固定式感測器與傳統方法及市售成熟商品之比較請參照第二章內容。
(七) 請說明本年度之技轉方式與效益與專利申請內容。	感謝委員意見，本年度會依據去年團隊提出之光學水質感測技術進行技術移轉，目前已有具備承接意願廠商，正洽談細節與金額中；而專利申請的部分則以光學感測搭配清潔裝置進行申請中，預計本年度 11-12 月提出申請。
(八) 跨域應用請團隊於一個月內提出相關規劃與預定目標，俾利本署辦理相關協商會議。	感謝委員意見，遵照辦理。
(九) 水質模式應用目的為確立方法，俾利擴展多元應用，並請團隊於期末報告說明其對流域治理之相關效益。	遵照會議結論，水質模式部分將於期末報告研擬連續監測資料之模擬指引並提出流域治理之相關建議與效益說明。
(十) 請說明 2022 雲端物聯網創新獎參獎規劃。	感謝委員建議，本團隊將規劃參加 2022 雲端物聯網創新獎(9~10 月申請)，以水質物聯網跨域應用效益進行申請，並以環保署為主要申請單位。

「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」

期中審查會議 意見回覆

意見	意見回覆
(一) 以合成/標準/單一 Compound 水樣進行感測元件優化，建議需根據複雜水樣之實際需求提升【硬體規格性能】。演算法之優化應考慮【實用性】及【合理性】，且應將未來可能在面對實際水樣時需做的限制與補償納入考量。 (1) 優化 2 臺 tCOD/SS 感測元件 A. 情境與應用目的宜先分類敘明(廢水、河川水)，並先釐清標準品適用性。 B. 以高嶺土做為 SS 量測之標準品，以鄰苯二甲酸氫鉀(KHP)做為 COD 量測之標準品，挑出之特徵波長僅能應用於該 compound，以此波長建立之演算法再準也沒有用。 C. 思考未來硬體規格的提升方向，如光譜解析度、光源數量。 (2) 優化 1 臺濁度感測元件： A. 情境與應用目的宜先敘明(暴雨濁度?)，並依此決定測試濁度範圍。 B. 建議將樣品槽尺寸放大納入考量，硬體規格包括燈源數量、散射角度。 C. 1-1000 NTU? 以 100 為界? 建議根據散射光強度調整演算法。 D. 使用多項式擬合，效果雖好，但實用性不佳且不合理。物理來看濃度漸高時，	感謝委員意見，計畫團隊於前期計畫有針對【硬體規格性能】進行提升；而演算法亦經過多種場域驗證，建立快速因應現場水質之演算模式，整體回覆如下： 1. 本計畫所開發之感測元件於前期計畫有提出針對南崁溪、工業區及標準品建立不同檢量線之流程，因此建置於實際場域時會利用現場水質進行修正吸光與補償係數，以利實際場域之水質感測。 2. 承前，實際場域應用時，會利用現場水質進行演算法修正，以利實際場域之水質特性進行感測。 3. 計畫團隊未來會因應水質物聯網實際感測需求，持續規劃針對系統前處理、基線穩定與光源數量優化之硬體精進，惟仍以物聯網需求特性如小型化、低成本、易維運等進行規劃設計與改良。 4. 本計畫開發之濁度感測器目前可感測範圍為 0.1-1,000 NTU，正逐年提升其濃度上限，除提供一版淨水使用外，本年度亦布建於原水端針對高濁度水進行驗證，會於期末報告進行說明(期中報告 4.1)。 5. 本計畫所開發之濁度感測元件為可同時取得散射與穿透電壓，並依據光強度建立閥值，自動切換散射與穿透量測。感測器硬體規格在未來議會持續優化，強化其在感測與燈源的擴充性(期中報告 2.1，表 2.2)。 6. 目前感測器之濃度計算，可線性與多項式靈活切換散射與穿透量測(期中

意見	意見回覆
光學訊號變化靈敏度降低，直到不再有變化；濃度低時則無光學訊號，或光學訊號不靈敏。但所提出之多項式正好相反。	報告 2.1，表 2.2)。
(二) 關於各種既有、固定式感測器之經濟與技術可行性之評估。此為技術議題，目標為【技術之突破】或【新技術之開發】，除現有技術盤點外，宜先敘明學理依據、技術瓶頸與量測限制，需了解關鍵問題才不會白做工。 (1) 運用電化學感測技術整併多測項重金屬感測器(如砷、鉛、鎳)之經濟與技術可行性，重點需考慮基質與其他離子的干擾 (2) 即時光學色度感測傳輸設備，需考慮顆粒要如何去除 (3) 運用 COD 設備，演算不同情境生化需氧量（BOD）之技術可行性，建議： A. BOD 用比攝氧速率是否可行? B. 從現實面來看，COD 光學感測就很難準確了，更何況要用此 COD 搭配不可行的比例去推 BOD。 (4) 如何選擇進行 PK 的場域? 有考慮廢水基質與濃度範圍嗎? 不同基質與濃度範圍的 PK 結果會一樣嗎? (5) 此項經濟與技術可行性之評估，實際應用除了成本與準確度外，還需考慮維護問題。感測器現場清理完馬上 PK， 跟一段時間沒清再來 PK，結果會一樣嗎?	感謝委員意見，計畫團隊在前期研發計畫以針對此部分做可行性研究，才開始進行後期感測器之開發，未來會於期末增列產品比較，強化說明本計畫所開發產品技術性與競爭力，其他細部問題補充說明如後： 1. 電化學感測技術整併多測項重金屬感測器之開發在感測濃度極限部分利用安培法、擴充感測電極面積與調整適合緩衝溶液來強化其感測效能，在餘氯、鉛及銅離子已有初步成果(期中報告 2.5-2.6)。 2. 本計畫所開發之光學感測器可同時量測散射與穿透強度，具備顆粒自動補償功能，此部分在色度量測時可納入(期中報告 2.1-2.2)。 3. 利用 COD 推估 BOD_5 本計畫僅為研析其可行性部分，做為未來亟需 BOD_5 量測場域之參考數值(期中報告 2.3)，亦會於期末報告補充以此方法推估之誤差值及實際可行性評估。 4. 利用比攝氧速率量測 BOD_5 確實可行，惟其在整體設計上可能須考慮微生物與溶氧量測限制，計畫團隊會針對此部分進行評估。 5. 目前感測器比較先以移動式設備進行比較流程的建立與評估，以利未來縣市購買數據服務之感測器標準，會逐步建立比對基礎、場域及規格等標準與手冊，建立一致化流程(期中報告 3.1)。 6. 計畫團隊在感測器開發過程，亦同時針對感測器選址、布建、校正、維運

意見	意見回覆
	等標準手冊，降低感測器現場受複雜水體感擾之影響(期中報告 3.2)。
(三) 關於移動式感測器擴充與改良 (1) 建議擴充改良前先說說現況問題為何? (2) 建議期末能具體說明移動式感測器經擴充與改良後，與未經改良及擴充者相比，到底對各種應用帶來哪些具體效益與實際的加值效果。	感謝委員意見，回覆如下： 1. 遵照辦理，會於期末報告提及改良原因與現況說明。 2. 遵照辦理，會於期末報告說明感測器改良後之優化效果，並於多元應用章節說明布建後之實際效果。
(四) 強化水質感測器品管控制 (1) 簡報 41 頁有 3 種比對，請問表 3-5 到 3-12 的比對結果是 3 種裡面的哪一種? (2) 感測器現場清理完馬上 PK，跟一段時間沒清再來 PK，結果會一樣嗎? 如果不一樣，查核時是否也應考量清理頻率的問題。 (3) 建議彙整消化使用單位回饋意見，盤點關鍵問題，精進與檢討品管使用之指標與指引，使品管控制能解決真正問題，並發現使用限制，再回饋到技術研發建議釐清使用者應用目的，例如有的必需準、有的必須反應快、有的必需清理頻率低、有的必須長期趨勢對，每一種目的都有不同的指標，不是都適用同一種滿意度評估方式。	感謝委員意見，回覆如下： 1. 簡報 41 頁為查核地方政府使用移動式感測器的數據品質巡檢，為每季抽驗 1 次，以了解地方政府設備是否有確實維運設備與運作上的困難排除。表 3-5～3-12 為本計畫固定式與移動式感測器的品保品管查核。 2. 感測頭乾淨程度受現場環境影響變化非常大，若髒污或生物膜包覆嚴重的情形下，水質感測數值勢必會偏移，並且會建議維運團隊，針對此種場域提高維運頻率。 3. 計畫團隊將會彙整每季進行巡檢的現場情形進行彙整，並納入設備精進項目的研擬計畫。
(五) 多樣化水質感測器產業化及空間應用 (1) 建議敘明產業使用現況、問題，並釐清各產業關鍵應用目的，再帶出感測器的角色。不要感測器都布建好了，但卻不知道要做什麼，例如水質模	感謝委員意見，回覆如下： 1. 以水質模式為例，其應用目的為利用感測器之連續監測資料可精確估算晴雨天污染負荷，逐步建立流域之涵容能力（Loading Capacity），及污染物之通量變化等，以利後續擬定流域管理策略，以上在服務建議書及重要

意見	意見回覆
式。 (2) 希望期末能看到感測器連續監測與水質模式的搭配成果，若將支流負荷以連續監測數據帶入，或在主流測站以連續監測數據比對模擬水質，提醒WASP 水理模式若不同步使用hydrodynamic model，將無法看出效果。 (3) 水質管理應用建議： A. 將sensor 放在環保署關鍵、代表性測站進行長期驗證。 B. 把sensor 設在WRA 流量水位站、進行水質流量同步量測。 C. 魚骨圖與流達率：把sensor 設在重要排水匯入主流處，或關鍵測站上游，使現行魚骨圖更為完整，並使水質模式的loading 輸入更能反映真實狀況。	會議如：啟動會議及第一次工作進度報告均有提及整體模式需求、選點規劃等，可參考期中報告 4.2。 2. 主要支流如東門溪有設置固定測站，桃林鐵路兩支流設置移動式測站，可計算出該支流之連續負荷並輸入模式中模擬，而在主流之大埔橋及大檜溪橋有固定式測站可比對模擬水質。另後續模擬將嘗試 WASP 模式結合hydrodynamic model。 3. 回覆如下： A.目前固定式與移動式測站已根據污染熱區之八二原則設置完成，其中主流之大埔橋與大檜溪橋之固定式測站亦為環保署之長期測站。 B.本計畫固定式測站已有搭配同步量測流量(水利署WRA於南崁溪並無流量或水位站) C.如上第2項回復，主要支流東門溪與兩處排水已有設置固定式或移動式測站可即時更新該支流負荷，也可同步更新負荷魚骨圖，至於其他次要支流或排水仍會採用既有調查資料輸入。
(六) 強化水質感測器品管控制（第三章） (1) 表3-2至3-4之固定式與移動式水質感測器之數據完整率之定義為何?且數據完整率應超過85%，訂定依據為何? (2) 表3-5至表3-12之固定式與移動式水質感測器之數據品質滿意度之定義為何?且數據品質滿意度應超過85%，訂定依據為何? (3) 一般市售水質感測器之數據完整率與品質滿意度為何?	感謝委員意見，回覆如下： 1. 本計畫固定與移動式感測品保及品管作業標準，請參考期中報告 p.148-149，訂定依據為參考環檢所NIEA標準方法並依據前期計畫開發技術建立。 2. 目前一般市售水質感測器其數據完整率並無訂定，原因為其大多不具傳輸平台規格訂立，無法考核；而滿意度則大多依據環檢所標準以標準品驗證後即可出廠。

意見	意見回覆
(七) 多樣化水質感測器產業化與應用空間（第四章） (1) 目前產業化之評析資料仍簡略，建議期末再補充。 (2) 應用於南崁溪重金屬銅與氨氮之監測及水質模式模擬，請補充說明本計畫水質感測器監測重金屬銅與氨氮之數據品質滿意度與完整率是否超過85%?	感謝委員意見，回覆如下： 1. 遵照委員意見，本計畫開發產品與市售商品比較及評析補充於期末報告。 2. 應用於南崁溪重金屬銅與氨氮之固定式感測器為本年度新開發機種，其數據品質滿意度與完整率在第二期有納入查核，請參考期中報告表 3-3及表 3-8。
(八) 推動地方政府感測物聯網合辦計畫應用與管理 (1) 推動地方政府感測物聯網於110 年度已有 17 件執行應用例，對今後事業廢水 排放管制有很大助益潛力。111 年度至 8 月僅有 4 件執行應用例，建議協調地方政府加速推動感測物聯網應用。 (2) 111 年 8 月第一次稽核地方政府水質感測器數據品質，補充稽核數量與其結果如何?	感謝委員意見，回覆如下： 1. 地方政府陸續 3 月開展合辦計畫之移動式設備應用，統計至 8 月已成功稽查工廠違法排水共 5 案，PMO 每月定期追蹤地方政府應用情形，統計至 10 月已成功稽查工廠違法排水共12 案。 2. PMO 自 8 月中開始執行抽驗地方政府移動式設備數據品質，已於 10 月完成 24 臺設備抽驗，抽驗結果將彙整於期末報告。
(九) 各個工作項目之進度請分項以甘特圖加以說明。	感謝委員意見，工作團隊遵照辦理，會於期末報告以甘特圖說明各個工作項目進度。
(十) P.21（濁度）、P.36(COD)：本計劃欲利用吸光度推估水樣中存在之成分並推估濃度，請說明原理。	感謝委員意見，本計畫所開發之光學感測目前可針對感測場域之混合 COD 與濁度進行分析，並利用場域實際水質濃度進行演算法修正，詳細之濁度與 COD 演算流程於前期計畫已有說明，工作團隊會於期末報告適度補充流程。
(十一) P.33（濁度）、P.43(COD)、P.49(SS、COD)回歸曲線之目的為何?為何使用多項式?以多項式回歸勢必可以獲得不錯的吻合度，且次數越高越吻合，但代表何種物理意義?不同水質 matrix 是否會有不同回歸曲線?若有不同之干擾，如	感謝委員意見，計畫執行團隊在前期計畫中曾針對不同場域以多段線性方式進行檢量線建置，惟考慮感測器在轉折點常因檢量線切換導致演算數據浮動現象，因此導入多項式回歸僅是提供多一種建立模型（線性、多項式、轉折點判斷搭配），還是會依據實際水體水質

意見	意見回覆
何應用？	表現的物理現象進行演算。
(十二) 應用現地感測技術主要目的應為快篩，但儀器的校正及干擾為需要注意的重點，請說明目前感測儀器的相關規劃。	感謝委員意見，回覆如下： 1. 固定式感測器以元件優化提升量測穩定性及開發多元應用如：感測項目擴增、多測項等進行。 2. 移動式感測器以評估擴增商用電極感測項目與提升數據穩定性與解析能力為規劃方向。 3. 儀器校正目前在固定式與移動式均有委託專業團隊進行維運，頻率目前規劃為兩周一次，另外也可依據平台回傳數值動態調整。
(十三) 本計畫的重要工作項目之一是研析各種感測技術，但參考文獻諸多遺漏，請檢查補充。各感測技術之經濟可行性尚未有詳細分析，請於後續進行並於期末報告呈現。	感謝委員意見，團隊會針對報告內容進行參考文獻檢查補充，於期末報告進行修正；各感測技術之經濟可行性於期中報告中有提及部分產品分析比較如表 2-13、2-20 及 4-1，後續隨多元應用布建推展，於期末報告呈現相關分析比較。
(十四) 下水道系統常遭不肖業者偷排廢油、廢有機溶劑、酸鹼廢液、或含重金屬之廢液等，當廠內檢測道上狀況時便啟動 by pass 將未處理之廢污水直接排入承受水體，導致河川污染，目前應用此系統是否能有效能協助 下水道部門提出預警機制。	感謝委員意見，目前計畫團隊所開發之水質感測器可布建於包含多元場域，並利用資料庫建置、數據分析及自動通知等方式針對汙染或異常事件進行告警與提示，目前除環保署外，亦有與農水署合作成功案例，未來若擴展至下水道領域，可複製上述模式進行。
(十五) 同理，若有不肖業者於人煙稀少地方之河道偷排上述廢液，利用此系統是否能找出可能之偷排地點？	感謝委員意見，目前計畫團隊所開發之移動式水質感測器可布建於包含工業區、列管事業及未列管工廠之放流口、偷排水溝蓋底或繞流處進行安裝，並已有成功告發之成功案例。
(十六) COD 感測器誤差正負 20mg/L、SS 亦為 20mg/L，此範圍是否過大？目前國外感測器之誤差為何？	感謝委員意見，本計畫所開發之 COD 與 SS 誤差詳列於期中報告 2-5 中，其中同步列出「介於±20 mg/L 或讀值之±40％中較大者@標準液」為與感測水質高低濃度相關，亦即在低濃度時因其計

意見	意見回覆
	算分母較小，導致即使誤差雖小但仍計算出很高的誤差時方會以此標準衡量。
(十七) 利用 COD 反推 BOD 之原理為何？如果僅為統計回歸，每股廢水均有不同結果，未來該如何應用？	感謝委員意見，利用 COD 推估 BOD_5 本計畫僅為研析其可行性部分，目前作法確實利用統計方式進行推估，做為未來亟需 BOD_5 量測場域之參考數值(期中報告 2.3)，期末報告會補充推估誤差值及實際可行性評估。
(十八) 水質感測器是否能同時結合流速計，以了解流量與濃度之關係，並提出預警。	感謝委員意見，計畫團隊本年度有整合水量與水質感測（期中報告 2.8），開發新型固定式感測器，目前此類機器已於南崁溪流域裝設驗證中，會於期末報告呈現機台驗證成果。
(十九) 感測器結合水質模式預測水質之應用是否為即時可得到相關預測成果？	感謝委員意見，回覆如下： 1. 模式可以做全流域的模擬，但是事後做的，主要在做政策評估，如果要即時數據還是要透過 sensor 才精確。 2. 承前，sensor 做點位的量測，而模擬可以補足中間的空缺，做到線跟面的模擬，但模擬畢竟不是真實數據，有時誤差也很大，就像颱風或氣象預報一樣，所以 sensor 跟模式應該是相輔相成的
(二十) 相關成果建議亦可投稿之營建署下水道-水再生期刊，以利相關業者了解。	感謝委員意見，計畫團隊每年均會針對計畫成果提出論文投稿，未來議會將下水道水再生期刊納入投稿對象，感謝委員建議。
(二十一) 水質濁度在 0-100 NTU 與 100-1000 NTU 範圍時，需靠多次方程式來擬合，請評估在實地(1)固定式與(2)移動式之水質現場濁度之偵測誤差%。	感謝委員意見，本計畫所開發之濁度感測元件目前只應用於固定式感測器，計畫團隊已將本年度優化後之濁度感測器布建於新竹頭前溪原水與第二淨水廠，期中報告已呈現連續監測初步成果，後續詳細評估會於期末報告呈現。
(二十二) 對測定水質 COD 在 0-300 (mg/L)/SS(0-100 mg/L)時，需靠三次方程式來迴歸擬合，請評估在實地(1)固定式與(2)移動式之水	感謝委員意見，本計畫所開發之 COD/SS 感測元件目前只應用於固定式感測器，過去開發經驗亦可同步利用多段線性演算，會針對實際場域布建機台

意見	意見回覆
質現場濁度之偵測誤差%。	呈現感測誤差比對結果，於品保品官章節中呈現(期中報告 3.3)。
(二十三) 在不同地點河川水質、重點工業區汙水處理廠、及民生污水處理廠等三種不同情境環境下偵測 BOD，COD，或 BOD/COD 比值，顯現均有不錯的結果。請評估在實地(1)固定式與(2)移動式之水質現場之偵測誤差%，主要干擾因子為何 ？	感謝委員意見，本計畫所開發之 COD/SS 感測元件目前只應用於固定式感測器，利用 COD 推估 BOD_5 本計畫僅為研析其可行性部分，目前作法確實利用統計方式進行推估，因此先行收集河川、重點工業區汙水處理廠、及民生汙水處理廠等不同情境之 BOD_5/COD 比值作為統計推估依據(期中報告 2.3)，因為統計方式進行，因此主要干擾來源為 COD 量測產生之干擾（如：場域特性、吸光係數修正等）為主，會於期末報告補充以此方法推估之誤差值。
(二十四) 針對水質多測項電化學重金屬標準檢量線之建立，今(111)年目標為銅與鉛兩元素，一般對較低濃度範圍較容易發展，開發對高濃度（污染）範圍較不易建立。未來是否未來開發方向朝(1) 超過排放水標準較低濃度，或(2) 朝嚴重污染排放取締之直接證據兩方向發展?請評估兩者開發方向之難易度、經濟成本與效益差異。	感謝委員意見，目前電化學重金屬標準檢量線建立，以法規標準低濃度區間為主，目的為提供相關單位預警作用。惟目前電化學檢測方法尚未成為國家標準方法，無法作為取締直接證據。因目前的反應槽與汲水系統設計均偏向方向(1)，若需朝方向(2)發展，直接感測操作條件等均須重新測試評估，或是搭配穩定之稀釋系統與方向(1)結合測試。
(二十五) 在水質感測器布建服務，大都採用現場可看到之固定式感測器為原則，為增加嚇阻效果，是否將來採移動式感測器可埋設於排放水口附近之水面下？ 或採用移動式又看不見之感測器為原則？	感謝委員意見，本計畫所開發之移動式感測器以體積小、價格低、快速布建之特色，可達到具隱蔽性的布建稽查計畫使用，目前在桃園、新北、嘉義等地均有與固定式搭配之案例。
(二十六) 請務實說明各項研發計畫的可行性。	感謝署內意見，團隊開發之各項感測器均經過嚴謹的實驗室驗證，但可行性之評估亦需實際場域布建結果方能有具體的論述與說明，計畫團隊除於過去計畫提出水質感測器相關實驗室與場域驗證文件外，本年度亦規劃多元場域應用，以實際感測結果論述各項感測器之感測效果與商品化評估，提供具體之可

意見	意見回覆
	行性。
(二十七) 應用面要整體思考，但應以環保署的上位計畫高度出發，並依技術角度來務實面對。	感謝署內意見，計畫團隊會持續以換位思考及上位計畫高度針對技術研發、多元應用及技術推廣來思考。
(二十八) 請以1-2頁簡報補充說明目前開發產品市場競爭性。	感謝署內意見，各感測技術之經濟可行性於期中報告中有提及部分產品如：COD、濁度等分析比較如表2-13、2-20，後續隨多元應用布建推展，於期末簡報補充呈現產品市場競爭性。
(二十九) 期中報告幾乎是技術成果，是否能說明項目組裝的應用性。	感謝署內意見，計畫內所組裝之應用場域與情境於期中報告2.8與2.9中有闡述，目前布建位置於表2-37及2-40說明，後續布建應用成果亦將收集資料後於期末報告呈現。
(三十)　今年研發的相關感測元件、流量流速8合一固定式機臺等，請儘速申請相關專利。	感謝署內意見，今年已規劃一項次針對光學清潔之專利申請，後續會依計畫執行與技術成熟度於適合時間持續提出相關專利。
(三十一) 今年團隊改用儀展公司的移動式水質感測器，請說明為何尚未運用本計畫先前研發感測元件，及提出技轉文件。	感謝署內意見，移動式水質感測器因其設計、裝設方式與應用理念，較難導入固定式可使用之感測元件，團隊會持續在機構設計與導入成熟市售感測商品方面持續努力，擴大其應用面向。另外，團隊過去已針對移動式感測進行技術移轉1件，至今已有接近400萬技術移轉收入（其中約80萬以上交環保署），今年會依計畫推展，針對光學感測完成1件次之技術移轉。
(三十二) 請儘速檢送水質水量感測器的校驗工作，俾利推動模式驗證測試工作。	感謝署內意見，水質水量感測器現已安裝於南崁溪流域，出廠前已通過實驗室驗證，機器調校接近完成，會於期末報告呈現應用動態連續數據驗證水質模式工作。
(三十三) 水質感測物聯網不應只有稽查功能，請強化說明如何運用本計畫產出，協助環保局推動流域管理與監測工作。	感謝署內意見，期中報告第4章針對本年度感測器在養殖、淨水、工業與河川流域等進行布建，已有初步成果之展現，後續會持續收集9-10月數據，針對

意見	意見回覆
	多元應用情境進行論述，強化本計畫所開發感測器之產出。

「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」

成果報告審查會議 意見回覆

意見	意見回覆
張智華 委員	
(一) 期中審查回覆多次「前期計畫已提及、完成或定案而帶過」，若不說明前期計畫設定的 SOP，本期委員從何得知突然出現的數據從何而來?若不說明前期計畫已執行之精進方針，委員要如何對未來精進方向提出合理建議?舉例如下： 1. 應用貴團隊 tCOD/SS 感測器，每次應用到一個未知地點都需 follow 圖 2-12 的步驟來做。想請教使用多久後要再重做一次?我所知環檢所只有 COD 分析標準方法，也許前期計畫有提及，但煩請團隊說明圖中 CsCOD(real)、CtCOD(real)如何分析? K△COD 在本報告哪條方程式有提到? 2. 關於頁 40 第 4 點，團隊提到要根據特定場域水質光譜資料庫，再利用定性分析推估出之 sCOD 特徵波長，但在報告中我找不到南崁溪及工業區的 sCOD 特徵波長，如果在前期計畫請補上。另外，本期計畫光學元件不同，前期計畫資料需要重建嗎? 3. 39 頁提到「將利用真實水樣建立光譜資料庫，定義主要吸收波長後分別利用統計方式針對 SS 及溶解性化學需氧量(sCOD)建立演算模式」，但我看本報告的演算模式都是用標準品所建立?考量不是每個水樣的光譜資料庫都跟 KHP 一樣，所以請分別列出本計畫驗證感測水質的特徵波長與演算法，已完成	感謝委員意見，回覆如下： 因本計畫已執行至第六年，部分研發內容確實依據前期計畫成果接續開發，因此在審查時較難完整呈現前期計畫成果，後續團隊在表達時，會主動提及較為關鍵的計畫成果，避免委員覺得是突然出現的數據。 1. 一般在新場域布建時，所使用之感測器會依據過往經驗先給予一接近之檢量線，如：河川就使用南崁溪的經驗式，但布建完成後，會依據定期採樣比對的結果，針對出廠之預設檢量線進行修正，已達到更準確之預估結果；關於委員提及之 CsCOD(real)、CtCOD(real)為依據標準方法分析結果，而 K△COD 主要為反應各場域顆粒對總 COD 之貢獻量，因其變異很大，因此建置於雲端，現場人員可依據比對結果加以調整。 2. 關於南崁溪及工業區之建置經驗，請委員參考**成果報告第 2.8 節**說明。團隊所開發之光學感測原理均相同，雖有優化，但不需重建資料。 3. 同前，建置於實際場域之 COD/SS 感測器出廠時主要利用標準品或前期計畫有類似經驗之檢量線，但布建後會利用現場水質進行修正吸光與補償係數，以利實際場域之水質感測。因此，標準品主要用於感測器出廠，而不同場域檢量線修正乃用於修正標準品檢量線，用途並不相同。另外根據目前已有的檢量線結果顯

意見	意見回覆
哪幾個場域，這些來自不同場域的有機物 COD 濃度與特徵波長的共通性為何?與 KHP 有沒有顯著差異?	示，環境水樣單位之單位濃度之吸光度通常較大，KHP 的結果通常會高估，請委員參考。
4. 團隊回覆【本計畫所開發之感測元件於前期計畫有提出針對南崁溪、工業區及標準品建立不同檢量線之流程，因此建置於實際場域時會利用現場水質進行修正吸光與補償係數，以利實際場域之水質感測】，聽起來是說在未知場域驗證前，會先建立檢量線(例如圖 2-25 的標準品檢量線?)，再依此檢量線進行後續施測，而不是以標準品檢量線直接施測，建立此客製化檢量線的 SOP 為何?(幾個點?零點校準?歸零?)；若本人以上認知不對，何謂利用現場水質進行吸光與補償係數修正，完整步驟為何?若流程未說明清楚，貴團隊能確保將來【應用貴團隊 tCOD/SS 感測器進行全新場域應用時的準確度能如同報告一樣好?】	4. 在未知場域驗證前，會先建立檢量線，此部分確實是指感測器出場所使用的檢量線，是依據標準品 KHP 建置，但如同前面回覆，光學感測器主要之修正為依據現場水質持續滾動調整為該場域所需要的吸光係數，方為主要之修正重點；而此部分之工作利用流程顯示主要為現場是滾動修正，並輔以定期比對，因此較難定義應該建立幾個點，而是根據感測器的實際感測結果的準確度來進行修正，此部分在一新場域時，大多在布建後需要 1-2 個月的滾動修正時間。
5. 舉例來說，表 2-13 的驗證結果，是使用標準品檢量線還是三條溪的客製檢量線?若不是客製檢量線，那吸光與補償係數修正之步驟為何?這些驗證結果有走完圖 2-12 的程序嗎?	5. 如以嚴謹的定義來說，每個新場域之檢量線因有經過滾動修正，因此可視為改場域之客製檢量線，因此，表 2-13 的驗證結果是經過圖 2-12 的修正程序，方可達到貼近檢測機構檢驗結果。
6. 在環工應用上，總 COD(本報告稱 tCOD)代表顆粒 COD+溶解 COD，類似 particulate organic matter +dissolved organic matter。表 2-11 的混合測試採用高嶺土當 SS，此高嶺土應該不含 organic matter 吧?為何 COD 標準液 10 mg/L 在高嶺土 100 mg/L 下變成 CODt=22.22 mg/L，此處 CODt 應該是”當光學感測受顆	6. 確實如委員所提及，表 2-11 的 CODt 所顯示的並不是總 COD，而是”當光學感測受顆粒干擾下所造成的 COD”，但該表格是顯示所開發感測器的原始數據形態，目前總 COD 會依據圖 2-12 程序，利用 sCOD、SS 與 K△COD 合併計算出來，並非表中之 CODt。
	7. 依據不同場域特性，SS 在 UV 波段之吸光貢獻也不同，因此在進行圖 2-12 過程中，每個場域在布建後，均會採樣取得其光學訊號並搭配實驗室檢測 tCOD、sCOD 與 SS 之結果，據以推算改場域 SS 在 UV 波段之吸光係數，在據以進行 CODs 補

意見	意見回覆
粒干擾下所造成的 COD”而不是總 COD，那麼應稱為干擾 COD，而 CODs 稱為去干擾 COD 或溶解 COD，無論如何表 2-11 的 CODt 都不建議稱為總 COD。 7. 承上，請問如何消除顆粒光學干擾使 CODt 變成 CODs，K△COD 會不會像 BOD/COD 比值一樣變化很大?表 2-13 的 COD 標準值是指以標準方法分析之河川水總 COD 值嗎?表中的 COD 感測值是 CODt 還是 CODs?請說明清楚。	償修正，同時也可以取得 K△COD 的結果，但需注意的是，整體步驟均需要定期採樣檢驗進行滾動式修正，方可維持感測器之數據品質。
(二) 圖 2-25 的標準品檢量線 X 軸，為何比值會有負的?是 log(It/Ir)?	感謝委員意見，圖 2-24 及圖 2-25 為光學感測模組 COD 與 SS 標準品之迴歸曲線。其原理以 Beer's Law 搭配參考光訊號進行計算(-log(It/Ir))，實際物理意義是與吸收度相同。因此，當穿透光訊號大於參考光訊號，即計算出負值。
(三) 關於 BOD5 根據原始文獻，表 2-14 的 BOD 請更正為 BODu (BOD ultimate)。從學理上來看，建議 BOD 推估可評估利用 COD 推估 BODu、再以不同基質的 k 值(生物分解速率常數)來推 BOD5。	感謝委員建議，遵照辦理，已修正完成，請參考**成果報告表 2-14**，同時亦將利用 COD 推估 BOD_u 搭配 k 值的作法列入**成果報告第 2.3 節-五**中。
(四) 關於濁度/ADMI 1. 從表 2-28 看來，顆粒物質的存在的確對 ADMI 的量測造成干擾，此干擾較 SS 對 COD 的干擾更為明顯(是不是因為使用的高嶺土標準品不含有機物?) 2. 個人不是很同意”高色度仍具備一定可信度”以及”低濃度色度的推估會因為濁度的貢獻產生較大的偏移”，如果是高濁(如濁度 >200 NTU)高色或低濁低色呢?從表 2-28 看來，ADMI 誤差最大的情況出現在濁度與 ADMI 比值為 1:1 及 5:2 時，而且即使都是 1:1，	感謝委員意見，回覆如下： 1. 顆粒物質對 ADMI 的干擾主要是因為每單位濁度所貢獻之吸收度遠大於每單位色度，因此在計算上仿照 COD 與 SS 在 UV 波段之計算方式，如因第一階段扣除濁度貢獻的誤差，因每單位色度之吸收度貢獻較小，極易造成色度計算之更大誤差。 2. 目前結果為本年度評估是否可用本計畫所開發之光學設備同時量測濁度與真色色度的可行性，因此確實不應該用太肯定之語氣，團隊會參考委員建議並納入此部分可行性評估之結果，請參考**成果報告第 2.4 節**

意見	意見回覆
100:100 還會比 40:40 的誤差放大兩倍。因此，我認為”不是低色度誤差大、高色度誤差小”，而是 ADMI 誤差會與(濁度 2/ADMI)成正比，當濁度高且(濁度/ADMI)大於 1 時誤差會非常可觀。若此論述為真，請修改結論，以免誤導未來精進方向。建議應多花篇幅分析核心問題所在，說明未來精進方向，如 passive/active particle filter 或 particle trap? 3. 報告提到要複製同步推估 COD 與 SS 之模式，研析建立同步推估濁度與真色色度之演算模式(消除顆粒光學干擾使干擾 ADMI 變成去干擾 ADMI)，好像沒有看到?	**-五**。 3. 本計畫 COD 與 SS 之推估乃利用 VIS 先計算出 SS，再利用 UV 波段扣除 SS 干擾後計算 COD，因此本部分所提及色度估算確實是複製推估 COD 與 SS 模式，以 NIR 先計算出濁度，再利用 VIS 波段扣除濁度干擾後計算色度，但因本部分僅為可行性研究，因此主要還是為未來研發之建議。
(五) 以電化學方法測自來水餘氯，在理論及實務上已經很成熟。本計畫只有跟現行標準檢測方法公告價格比，跟市售眾多 chlorine probe 比優勢在哪裡?	感謝委員建議，目前常見之餘氯線上感測發展成熟，除攜帶式設備外，亦有線上連續監測產品，雖與本研究所開發之機台價格接近，但因市售產品僅可監測單一標的(如餘氯)，故若針對需同時多測項水質感測應用時，電化學感測機台則較具可擴充性；其他餘氯分析產品(如分光法)相關競爭力補充亦更新於**成果報告第 2.5 章節-三**。
(六) 實際廢水中各項干擾離子多(基質干擾)、不同廢水的基質差異很大，報告也提到”以現有電化學反應槽與機台程序設計感測多測項重金屬之可行性低”，卻又跟 ICP 比說可以省下 2600 萬?技術既不可行何來經濟分析?建議應多花篇幅說明未來精進方向，如選擇性離子?	感謝委員建議，已將未來精進方向規劃更新於**成果報告第 2.6 節-七**，並就現行測試之單一重金屬銅感測機台做經濟評估。
(七) 從圖 2-70 可看出，市售銅離子與氨氮比色儀都採用過濾水及使用 RO 水來分析，ITRI 選擇將 CODt 及 SS 綁在一起具獨特性，但實際應用上也許不如分開，不過，一旦	感謝委員意見，依據過往計畫累積執行經驗，大多經過濾後的水樣在感測準確性上，較容易被質疑水樣代表性問題，因此國產光學感測器之優勢在於可同步感測 COD 與 SS，並同時取得更多之

意見	意見回覆
分開那國產 CODt、SS 的優勢在哪?	水樣即時數據，但同時亦發現，所研發的物聯網型態水質感測器由於整體光源與感測器之限制，顆粒濃度過高的水質可能造成 COD 量測上限被壓縮的情況，未來會在產品部分敘明此類水質感測器之限制。
(八) 關於水質感測器擴充 1. 本年度規劃的三種水質感測器擴充組合，看似有特定應用情境與目的，建議團隊說明將水質感測器應用於這三種情境的現況、挑戰與本案優勢。 2. 水質感測器擴充立意良好，連較欠缺的氨氮及流量(水位/流速)都納入，為何沒有 DO？ 3. 表 2-43 華亞科與南崁溪盲樣測值完全一樣。 4. 除了說明驗證效果不錯外，建議根據應用上的問題提出精進方向。	感謝委員意見，回覆如下： 1. 本年度固定式感測器依其擴充元件搭配，目前 3 台應用於淨水廠、4 臺於污水處理廠及 3 台應用於河川水質模擬。感測器布建至今已有不錯之初步感測數據與趨勢，請參考**成果報告第 4.1 節-三**，但其感測應用限制與挑戰，仍需於後續持續精進與優化，提升感測範圍及準確性，方能於未來進行業界推廣應用，本案所開發之感測器優勢詳見**成果報告第 4.1 節-四(4)水質感測器差異化競爭分析(競爭技術比較)**。 2. 目前氨氮及流量(水位/流速)應用於固定式感測器，並以抽水裝置抽取外部水樣至機器端分析。因此，溶氧量測會因抽水設計導致水樣數據失真。建議若需感測溶氧需以直接投入水體方式量測或可與移動式感測器搭配使用。 3. 表 2-43 為固定式感測器於實驗室測試銅離子電極之準確性。盲樣測試階段為建立銅檢量線後，以標準品配製已知濃度(5 及 50mg/L)作為實際值，而測值為感測器搭配銅電極之感測值。用以確認電極之感測電壓穩定性與準確性。 4. 感謝委員意見，回覆如下，亦補充於**成果報告第七章**： (1) 建議持續針對本計畫開發之固定式感測裝置之感測電極、稀釋與定量混合程序及前處理設備優化等，持

意見	意見回覆
	續精進硬體與韌體，以強化其量測準確性。針對所建立之建議水位推估流量策略，持續利用不同水位之流速量測，滾動修正河川流量量測之準確性，增加不同場域之應用性。 (2) 移動式感測器方面，將持續精進校正軟體與程序，區隔研發工程師與使用者的使用權限，減少教育訓練時間與錯誤調整導致設備異常等問題。 (3) 針對電化學感測機台之開發為透過相同系統(電路板、流道、反應器等)進行不同水質標的之分析評估，透過本計畫之投入研發，目前已確認可針對水中餘氯、重金屬(銅、鉛)等進行分析，未來建議透過電路板改良、槽體優化、檢測流程整合等方向精進，實現單一機台多水質測項之目標，將可提升線上水質感測器之可應用性。
(九) 表 4-13 情境三建議再說明詳細一點，僅以 5 倍流量之情境設計要估計非點源污染下的水質變化似乎過於粗糙，模擬濃度接近中位數也不知道是否合理。	感謝委員建議，由實測資料得知，強降雨時中游大檜溪橋尖峰流量約為上游大埔橋之 30 倍，兩者平日流量約為 15 倍，降雨期增加之 15 倍流量來自上游支排，由於流量倍數非定值，故保守以上游支排增為5倍流量模擬雨天增加之逕流量。(本文配合修正，詳**成果報告第 4.2.4 節**)
(十) 若能即時監測流量與水質並計算合理負荷量，不僅有助於 TMDL 之推動，對於現況河川水質改善成效評估與考核也幫助很大，建議團隊多做此方面的論述。	感謝委員建議，已新增論述並修正**成果報告第 4.2.5 節**，另外也將監測站選址考量、模式模擬推估及總量管制步驟等寫成指引供執行單位參考，詳**成果報告附件九**。
(十一) 除了 WASP 外，建議可採用負荷延時曲線(load duration curve)分析支流排出負荷、上游邊界負荷及下游流達負荷間的關係，此法簡單且獲 USEPA 認可為 TMDL 計算工	感謝委員建議，負荷延時曲線（LDC）的確是 TMDL 之最佳工具之一，然而本計畫目前監測數據不多，建議持續收集豐枯水期及多年期資料以做為建立 LDC 之基礎，未來計畫可採模式及 LDC

意見	意見回覆
具，一般認為在實際流量及水質監測數據多的情況下，其分析結果甚至比模式還好。	並行方式。
游勝傑 委員	
(一) 地方政府反應第一代 sensor 送修率甚高，其原因為何?	感謝委員意見，經團隊了解後為基隆縣與桃園市的維修率較高，原因是在長時間陰雨多雨的情況會導致水氣從充電頭進入，極端水域導致設備翻轉或是支撐點浮力不足，其原始設計為設備固定支撐點，造成氣密性不足導致多處運作模組鏽蝕損壞。已針對此部分加強安裝布建訓練，告知充電頭不應該當作受力支撐點，矯正布建手法轉移支撐點為外部鐵框進行改善。並針對極端水域導致設備翻轉或是支撐點浮力不足，針對不同的場域，強化教育訓練與布建手段。
(二) 濁度/COD/SS 三合一儀重複擬定於粒狀污染物之問題。	感謝委員意見，目前光學感測器之設計濁度採低濃度散射量測及高濃度穿透量測；COD/SS 部分之 COD 以 UV 穿透量測輔以 VIS 干擾去除；而 SS 則利用 VIS 穿透量測，整體量測流程並無重複擬定粒狀污染物之問題。
(三) 目前對於 sensor 容易因進水故障之排除方式為何?	感謝委員意見，此部分回覆請參考前述(一)。
(四) 水位-流速建立未來是否每次應用時均需用人工量測河道斷面積再推算。	感謝委員意見，本計畫所採用之水位-流速建立流量方式補充說明於**成果報告第 2.8 節-二(三)及(四)**，因河道不會經常變異，因此每一個河道建立一次後，應 5-10 年做校正，或有河道明顯變異時再進行重新量測。
康世芳 委員	
(一) 市售自動連續 COD 監測儀採用藥劑反應，產生具毒性化學廢液。本計畫開發 COD 感測器採光學，無化學廢液，具環保與市場潛力。	感謝委員肯定，計畫團隊會持續強化感測器之優化與應用，最大化計畫成果。
(二) COD 感測器監測值與實測值可接受誤差範圍為 20 mg/L 或 40%，低	感謝委員建議，補充說明本計畫開發之 COD 與 SS 光學感測器之誤差範圍為

意見	意見回覆
濃度 COD 水樣誤差濃度值小但%較大，對低 COD 水樣影響較大。	「20 mg/L 或 40%@標準液」。其規範與感測水質高低濃度有關，在低濃度時因其計算分母小，而導致即使誤差小，仍計算出高誤差百分比，此時方會以此絕對誤差標準衡量。
(三) 事業廢水經生物處理後放流水 BOD 低，BOD/COD 比值範圍大，由 COD 推估 BOD 之誤差很大，應用上可能可做為粗估。	感謝委員建議，目前由 COD 推估 BOD 確實以可行性評估為主，環境場域的應用也以水質變異性較小之環境場域較為適合，請參考**成果報告第 2.3 節-五**。
(四) 表 3-7 及表 3-13 之感測器監測值與實驗室實測值有許多資料，建議繪圖較易判讀整體數據分布與關係。	感謝委員建議，表 3-7 至表 3-13 為本計畫於每期(約 3 個月一次)，委由合格檢驗機構進行測站之水樣檢驗比對結果，故計畫團隊以表格呈現其誤差資訊較為適合。
(五) 開發水質感測器應用於自來水場(水源、淨水程序)、河川水質、事業廢水、及養殖用水等，應用對象水質濃度範圍不同，建議先定位對象優先優化以提高市場競爭，如現在縣市應用於河川水質、事業廢水排放監測。	感謝委員建議，計畫團隊將感測器區分領域，所開發之 COD、SS、Cu^{2+}感測器等應用於工業區或污染潛勢區域；而將餘氯與濁度感測器應用於淨水領域如淨水廠、河川原水及水情揭露點感測；亦規劃與既有 CWMS 設備進行比對測試，提高所開發感測器之多元應用。亦透過專利申請與技轉廠商等模式，持需推廣計畫成果。
(六) 自來水涉及淨水程序監控不準確或誤差太大，影響清水水質安全性(飲用)與符合法規標準，要求較高。建議今後可與自來水事業單位合作確認監測品質與導入應用。	感謝委員建議，本計畫所開發之水質感測器已與新竹第二淨水廠進行實質合作，計畫成果請參考**成果報告第 4.1 節-三(四)**。另清水水質安因涉及法規，故本團隊現階段以提供相關區處內控用餘氯監測設備導入為目標，未來會持續與自來水事業單位持續接觸並擴大應用範圍。
林逸彬 委員	
(一) 報告中太多檢測原理的敘述，應聚焦於實際工作內容的呈現。	感謝委員建議，計畫團隊會適度修正，謝謝指正。
(二) 本計畫開發之水質感測項目：COD、SS、餘氯、濁度和銅離子在市場上皆有相關產品，本計畫開發	感謝委員建議，本計畫所開發產品與市售成熟商品之原理、量測方式、價格及優缺點比較，整體訂價策略有估計產品

意見	意見回覆
之產品優勢為何?市面上之產品售價已包含人事、marketing、獲利等。	開發之直接與間接成本，詳見**成果報告第 4.1 節-四(4)水質感測器差異化競爭分析(競爭技術比較)**。
(三) P.38~39:各種成分光學評估、各種成分交互關係、廢水水質多成分定性定量中，所指之成分為何?本計畫僅用磷苯二甲酸氫鉀單一化合物，如何延伸到複雜的廢水水質?是否有用實際廢水?變化較大的廢水如何應用?	感謝委員意見，本計畫詳細之 COD 與 SS 執行方式於前期計畫(FY106-109)已有驗證，簡述重點如後：所開發之光學感測器目前均針對感測場域「混合 COD 與 SS」進行分析，無法界定單一成分，但仍可靠多感測器的特性，將主要干擾物質或顆粒影響，利用模式搭配演算方式加以去除或補償，並利用場域實際水質濃度進行演算法吸光係數修正，因此演算法所指的主成分為 COD 及 SS，而其他成分則主要針對 COD 及 SS 計算上有干擾的物種。另外，本計畫所開發之感測元件於前期(FY107)計畫有提出針對南崁溪、工業區及標準品建立不同檢量線之流程，並逐年修正(FY108-109)，因此建置於實際場域時會利用現場水質進行修正吸光與補償係數，以利實際場域之水質感測，請參考**成果報告第 2.8 節-二(四)**。
(四) 以 COD 推測 BOD5 之準確度不高，其應用要仔細檢討。	感謝委員建議，利用 COD 推估 BOD_5 本計畫僅研析其可行性，做為未來亟需 BOD_5 量測場域之參考數值，以此方法推估之誤差值請參考**成果報告第 2.3 節-四(三)**，而技術可行性部分參考委員意見修訂如**成果報告第 2.3 節-五**。
(五) 餘氯和重金屬經濟效益分析不甚合理，為何以一年分析 26280 個水樣計算?應和其他同級感測器比較。	感謝委員建議，修正之經濟評估與競爭產品分析表已修改於**成果報告第 2.5 與 2.6 節**。
陳尊賢 委員	
(一) 對於水質中鉛濃度比例造成水質感測器之銅濃度檢測高度不準確問題(2.6 節)，建議與學界或業界技術合作，以因應未來現地環境水質	感謝委員建議，對於水質中金屬間互相干擾產生感測不準確的問題，後續精進規劃於**成果報告第 2.6 節之七**修正。並因應未來現地環境水質監測亦會考慮

意見	意見回覆
需監測各種重金屬之需要。	與現地之學界或業界合作。
(二) 場域水質感測器在銅檢測濃度<0.5 mg/L 時不需查核，濃度>0.10 mg/L 時，其誤差達±0.5 mg/L 以內(3.3 節)，請說明未來研究其他重金屬干擾銅濃度測定之策略建議。	謝謝委員建議，對於水質中金屬間互相干擾產生感測不準確的問題，後續精進規劃於**成果報告第 2.6 節之七**修正。
(三) 模擬測試在大檜溪各情境之氨氮濃度約 1.88 至 8.64 mg/L，在南崁溪之上下濃度約 4 至 18 mg/L，請說明在不同污染熱區之檢測精準度為何？	感謝委員意見，回覆如下 1. 氨氮模擬值 1.88 至 8.64mg/L 較實測值略低，係因現場有若干污染排放無法掌握，故需要進一步詳細調查沿線支排之晴雨天實際排放情形。 2. 固定式感測器於本年度首次納入氨氮測項，並以類靛酚法之原理進行感測，設備出廠前於實驗室進行標準品測試，其感測準確性均可小於±5 mg/L 或 30%@標準液，布建於應用場域後亦定期進行校正與清洗程序，以維持感測穩定性與準確性。本計畫氨氮感測器於經第三方檢驗單位之品保品管查核結果請參考**成果報告 3.3 節-三**。
監資處	
(一) 請補充說明感測器開發沿革歷程。	感謝委員建議，感測器簡要沿革歷程可參考**期末報告 1.1 節**。而目前本計畫所開發產品與市售成熟商品之差異，詳見**成果報告第 4.1 節-四(4)。**
(二) 請補充說明 8 合一固定式感測裝置的專利與技轉進度，且本次 8 合一儀器數據不穩定，及遇雨易受損等問題，請提出精進策略。	感謝委員意見，本年度之技轉成果與專利累積進度補充說明如**成果報告 5.6 節。**另外，本年度新開發之 8 合一固定式感測裝置目前仍持續針對其韌體、流程與前處理設備進行持續精進，亦補充於**成果報告第七章**。
(三) 請補充說明流量計算方式及後續精進策略。	感謝委員意見，已補充流量計算與建立結果於**成果報告 2.8 節**，亦補充精進策略於**成果報告第七章**。
(四) 經嘉太工業區案實測，COD 感測器	感謝委員意見，說明如下：

意見	意見回覆
仍易受環境干擾需頻繁用人工校正，請提出改進策略。	1. 嘉太工業區案其監測廠家為紡織染整業事業廢水，該產業廢水具色度高、鹼度高與有機污染物含量高等特性。因此，光學感測時易受廢水色度干擾，且樣品槽使用一段時間後，玻璃表面容易因有機物附著而形成生物膜，使光分析路徑受到遮蔽，目前大約需兩周一次人工進行玻璃片清洗或更換，建議後續可納入酸洗液噴射等其他清洗機制，以延長人工維運周期。 2. 嘉太工業區所使用之 COD 感測器為前一代光學感測設計，較無法精確排除顆粒干擾，未來可全部更換為新一代光學感測器，可同步計算 COD 與 SS 並排除顆粒對 COD 之干擾，即可有效排除此問題。
(五) 在南崁溪案實測時發現，銅離子感測器感測下限仍高於河川一般監測值，氨氮感測器測值易浮動，請提出精進建議。	感謝委員意見，回覆如下，亦補充於**成果報告第七章**： 1. 銅離子因採用離子選擇性電極，其感測下限 0.2 mg/L 以上，未來可考慮應用固態電極搭配緩衝液調整，降低干擾並增加電極感度。 2. 氨氮感測器之數值浮動主要與前處理設備相關，未來以強化清潔效率與增加前處理設施過濾顆粒干擾為主要精進方向。
(六) 固定式及移動式感測器過去多布建於灌渠或小型排水路，請提出若布建在較寬河面如淡水河的適用建議。	感謝委員意見，本年度已試行將固定與移動式感測器布建於南崁溪流域，但往往因取水困難或高度太大，造成布建或維運上的困難，未來如需強化此部分之應用，建議以專管連續活水之方式取水至機台，方可降低汲水泵損壞頻率，並增加取樣之代表性，唯此方式可能初設與維運成本均高，較需固定編列預算支持。
(七) 請補充說明 mass-based first flush 的應用時機，及晴天污水是否有類	感謝委員意見，Mass-based first flush(MBFF) 比較屬於學理研究的工

意見	意見回覆
似機制能用連續監測數據推導點源及非點源的貢獻比例?	具，如期末報告本文中介紹 MBFF 主要應用於降雨事件的污染累積分析，因為降雨時有可觀的地表逕流夾帶非點源污染進入水體，故可藉由 MBFF 分析降雨期間污染累積相對於逕流量之比值分析。晴天水體流量變化不大，固然也能做 MBFF 分析，然而無地表逕流沖刷非點源污染量將甚少，主要還是點源污染的貢獻，可預見晴天的 MBFF 特徵曲線將如同圖 4-36(b)小型降雨下之累積曲線，皆會接近 1:1 直線。
(八) 針對第四章模式模擬 1. 情境一(傳統固定負荷)的假設是 Q75 低流量的晴天污水，所以不適合直接與本案雨天時觀測值比較；另圖 4-38 顯示情境一與觀測值較符合雨天時的觀測值，且圖 4-37 顯示傳統氨氮輸入通量較本次晴天觀測值高甚多，顯示傳統運用 BASIN 推估氨氮輸入通量之誤差甚大，可能要用實際觀測結果修正。 2. 情境三(上游水量增加)，其模擬假設應參考 4.2.3 節結論，流量大時該河段發現氨氮通量亦增加，並非水量大時氨氮通量 loading 不變，建議補充說明相關假設邏輯。	感謝委員意見，回覆如下： 1. 情境一是輸入上游大埔橋的實測流量與濃度為邊界條件，所以不是輸入 Q75 低流量，因為所有支排流都以固定負荷輸入(包括東門溪)，所以其氨氮濃度曲線較為平緩，比較適合模擬日平均或月平均等長期趨勢模擬。而由東門溪的實測值得知，實際支排的晴雨天負荷差距頗大，以致實測濃度變化較劇烈，所以建議後續能以固定式或移動式監測儀器收集其他支排流資料，如此才能提升模擬的精確度。 2. 的確如提問所述，流量大時其氨氮通量亦增加，情境三是提高 5 倍流量模擬雨天情境，同時固定濃度，所以支排輸入通量也增為 5 倍，並非固定通量，然而原情境設計論述過於簡略，已重新編修**成果報告第 4.2.4 節**。
(九) 請補充說明後續如何運用水質水量儀器，計算即時涵容能力的方法。	感謝委員意見，如**成果報告第 4.2.3 節**，根據實測之流量與濃度即可推估污染物之即時通量(或負荷)，然而水體涵容能力須根據長期調查之流量資料進行推估，以目前一個月的監測資料尚無法推估水體之涵容能力。(有關涵容能力之推估方式及總量管制步驟已寫成指

意見	意見回覆
	引，詳**成果報告附件九之 1.6 節**)

附件二、「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」相關會議會議紀錄

- 「111 年度水質感測器合辦應用計畫」說明會議紀錄（110.12.28）
- 111 年度啟動會議會議紀錄（111.01.19）
- 第一次工作進度報告會議紀錄（111.05.17）
- 生物晶片相關技術分享交流會會議記錄（111.07.14）
- 期中審查會議紀錄(111.08.19)
- 成果報告審查會議紀錄(111.12.09)

「111年度水質感測器合辦應用計畫」說明會議紀錄

一、時間：110年12月28日（星期二）下午2時

二、地點：Google Meet 視訊會議

三、主席：鄭春菊專門委員
紀錄：米姿蓉

四、出（列）席單位及人員：

基隆市環境保護局	陳盈秀、翁嘉芠
新北市政府環境保護局	鄭美炎、林惠珠
臺北市政府環境保護局	楊明益、陳志維
桃園市政府環境保護局	洪淑綾、劉亭鈞
新竹市環境保護局	（請假）
新竹縣政府環境保護局	（請假）
苗栗縣政府環境保護局	周思婷、賴均銘
臺中市政府環境保護局	李宛蓉、陳柏同
彰化縣環境保護局	林孟篁、范烝榕
南投縣政府環境保護局	簡宏倫
雲林縣環境保護局	陳品婕、吳亞臻
嘉義縣環境保護局	吳献凱、洪渝翔
嘉義市政府環境保護局	劉箕恩
臺南市政府環境保護局	邱彥禎
高雄市政府環境保護局	李學賢、蔡凱元
屏東縣政府環境保護局	鄭至琇
宜蘭縣政府環境保護局	于筑君、陳重霖
花蓮縣環境保護局	翟宗佑
臺東縣環境保護局	余幸穎

金門縣環境保護局	（請假）
連江縣環境資源局	（請假）
澎湖縣政府環境保護局	湯志航
財團法人工業技術研究院	彭書憶、莊雅婷、張依柔
環興科技股份有限公司	葉俊言、陳怡柔
本署環境監測及資訊處	游智淵、鐘偉瑜、米姿蓉

五、主席致詞：(略)

六、報告事項：(略)

七、綜合討論（依發言順序)：

(一)高雄市政府環境保護局：若感測超過6個月，平臺資料庫是否可持續匯入感測資料？是否有容量上限？

(二)新北市政府環境保護局：

1. 109年已申請設備但111年尚未規劃感測器應用，請問需要提交什麼文件？
2. 本局109年承攬感測器計畫的維運廠商品質不佳，且設備數據不夠準確，是否可由署內統一發包，以強化數據品質？

(三)臺中市政府環境保護局：新設備（30臺移動式）是否優先提供尚未申請過的縣市？

(四)本署環境監測及資訊處

各單位意見，綜合補充說明如下：

1. 本署 IoT 平臺資料庫可持續收集感測資料。
2. 本署希望持續推動水質感測物聯網,每3個月會聯繫已有設備但未申請計畫之環保局，瞭解設備應用情形及成果。
3. 水質感測器易受生物膜包覆導致感測值偏移，因此設備維運作業（清洗與校正）是維持感測數據品質相當重要的工作，且為建立各環保局自行推動智慧感測及

科技執法，並提升學習設備布建維運能力，維持由環保局自行發包水質感測器設備應用與維運計畫。

4. 111年度本署提供之30臺移動式感測器，將優先提供給尚未申請過合辦計畫的環保局。

八、主席結論：

(一)感謝各環保局109及110年協助應用水質感測器，利用感測數據進行智慧稽查及環境教育應用。環保局所提出之相關建議，本署將蒐集並持續精進感測器設備。

(二)111年度欲申請經費之環保局，請於110年1月5日前檢送申請計畫書提送本署審核，1月15日截止補正，以利本署審查後儘速核發核定函。移動式維運費以1組（10臺）88萬2,860元維運6個月為原則；無申請經費之環保局無須提出計畫書，惟本署仍定期調查使用情況。

(三)111年度欲申請設備之環保局，仍須提出申請計畫書，敘明感測器預期應用目標、使用方式及評估效益，並提送本署審核。

(四)110年應用計畫尚未轉正的環保局，請儘速辦理轉正相關事宜。

九、散會（下午3時0分）。

「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專業管理計畫」

啟始會議紀錄

一、 時間：中華民國111年1月19日（星期三）下午2時0分

二、 地點：本署2樓預報室

三、 主席：謝炳輝處長　　紀錄：張志偉

四、 出（列）席單位及人員：詳附件簽名單

五、 主席致詞：(略)

六、 計畫執行單位報告：(略)

七、 會議討論：

（一）發表論文非本計畫目的，應回歸初衷，掌握清楚計畫要解決什麼問題及如何解決，如有做不到的則應說明清楚限制之所在。

（二）應規劃思考未來經費短缺時，如何永續經營，請儘早提出規劃構想。

（三）水質感測器目前並未完全使用自行研發的感測元件，請說明後續如何應用自行開發的感測元件,而非直接採用市售產品。（請嘗試在移動式水質感測器中安裝更多的自主研發感測元件）

（四）請研析水質感測器設備商之產能數量，俾利評估未來採用買資訊服務之可行性。

（五）請研析標準實驗室在現今規模下，是否有足夠的商業誘因與資源支撐運作，及如何藉由驗證提升產品競爭力。

（六）移動式水質感測器今(111)年計畫有許多新的感測元件及應用規劃，請於合辦原則中提前說明環保局若明(112)年採用，相關工項增加的可行性。

（七）針對老舊感測器，請研析因應策略。

（八）請強化說明模式驗證工項的亮點。

（九）請說明用 COD 推估 BOD 的學理依據。

（十）請強化說明感測器元件研發規劃及預期成果。

（十一）請各指引完成期程請再提早，目前尚缺固定式及手持式感

測器的使用指引，指引完成才能讓各單位能有自主運用的參考，屬重要工項，請工研院加速處理。

（十二） 請說明如何驗證水質感測器(非感測元件)的效能。

（十三） 請補充說明固定式感測器的置放期程規劃，並滾動式評估如何調整點位，若以應用民生為主，稽查用途應減少。

（十四） 請以月報呈現各工項管控現況。

（十五） 請說明 CWMS 的商業評估及與市售機臺的對比及實績。

八、 結論：

相關規劃除依會上本處提示應修正之工項外，原則通過，其他參考意見並請納入計畫執行。

九、 散會：下午3時45分。

行政院環境保護署　會議簽名單

會 議 名 稱 ：「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專業管理計畫」起始會議

時　　間 ：中華民國 111 年 1 月 19 日（星期三） 下午 2 時 0 分

地　　點 ：本署 2 樓預報室

主 持 人 ：謝處長炳輝 謝炳輝　　紀　錄：張志偉

出（列）席單位及人員：

機關或單位名稱及姓名
計畫執行單位 工研院 陳勁倫 朱振華 徐學亮 **監資處** 吳佩瑜 莫婉菊 游智揚 沈志偉

「111年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」

第一次工作進度報告會議紀錄

一、時間：111年5月17日（星期二）下午2時

二、地點：Google Meet 視訊會議

三、主席：謝炳輝處長　　紀錄：張志偉

四、出（列）席單位及人員：詳附件簽名單

五、主席致詞：(略)

六、報告事項：(略)

七、綜合討論：

（一）計畫經查均符合進度規範。

（二）針對感測器研發工項：

1. 請持續推動多重重金屬項目等工項研發評估作業。
2. 有關 COD 感測元件升級，從原先儘量測 SCOD 到現在 total COD，請補充說明若用同樣的放流水測試，兩者量測數值的差異量，及校正公式差異。
3. 從嘉太工業區一案發現， COD 元件實際應用前需要至少3次以上的校正，並會受到水質與油膜影響，請再檢視其他感測元件是否有同樣的環境干擾，並於手冊上補充說明其限制與干擾因子。
4. 本計畫感測元件已研發6年，經費已投入幾千萬，惟經查計畫技轉的移動式感測器迄今從未使用本計畫研發的感測元件，而逕採用市售產品，請團隊說明後續因應規劃。

（三）針對建立物聯網之水質感測器、感測元件、資訊傳輸等驗證草案工項：

1. 從既有國產水質感測器比對測試中發現,台中水管家、廣域公司、到團隊準備新引進的儀展公司，其感測元

件等級均不相同（大陸製、實驗室級、或工業級），請研析適合本案應用範疇的感測元件等級建議規範。

2. 國產感測器比對請依各家優缺點確實分析，並彙整使用標的範圍。

（四）請說明本年度之技轉方式與效益與專利申請內容。

（五）跨域應用請團隊於一個月內提出相關規劃與預定目標，俾利本署辦理相關協商會議。

（六）水質模式應用目的為確立方法，俾利擴展多元應用，並請團隊於期末報告說明其對流域治理之相關效益。

（七）請說明2022雲端物聯網創新獎參獎規劃。

八、主席結論：

（一）本計畫第1次工作進度報告審查原則通過，「30組固定式水質感測器數據報告」「水質感測器相關管制報告」已確認，相關意見請納入後續期中、末報告中回覆。

（二）請依討論意見及契約規定，辦理後續相關事宜。

九、散會（下午3時30分）。

「111年度高效化智慧水聯網研發應用及專業管理計畫」 第一次工作進度報告審查會議 簽到表		
單位名稱	姓名	職稱
環保署監資處	謝炳輝	處長
環保署監資處	鄭春菊	專門委員
環保署監資處	游智淵	科長
環保署監資處	張志偉	高級環境技術師
環保署監資處	陳誼	特約環境監測技術師
工業技術研究院	陳范倫	經理
工業技術研究院	朱振華	資深工程師
工業技術研究院	莊雅婷	副研究員
工業技術研究院	彭書憶	副研究員
工業技術研究院	賴玫君	副研究員
工業技術研究院	劉峻幗	專案經理
工業技術研究院	莊雅茹	研究員
工業技術研究院	張依柔	助理
工業技術研究院	林雨璇	副研究員
工業技術研究院	許震洋	工程師
工業技術研究院	李晨瑜	副研究員
工業技術研究院	王儀婷	副研究員
國立台北科技大學	林鎮洋	教授
國立台北科技大學	徐宗宏	副研究員

附件：出（列）席單位及人員簽到單

「生物晶片相關技術分享交流會」會議紀錄

一、時間：111年7月14日（星期四）下午2時

二、地點：Google Meet 視訊會議

三、主席：陳范倫經理　　紀錄：朱振華

四、出（列）席單位及人員：詳附件簽名單

五、主席致詞：(略)

六、報告事項：(略)

七、綜合討論：

陳范倫 經理

（一）因環保署仍以國產化元件研發為主要前提，故以老師的經驗，目前有哪些生物晶片是國內可自行研發及成熟度較高的？

（二）以目前團隊水質物聯網應用，科技執法已經很成熟，測項也大致沒問題。未來可能為朝向農藥(農渠灌溉)、含氯有機物(土壤地下水)或有害微生物(飲用水)..等領域發展，上述有比較合適的生物晶片可以導入嗎？

莊雅茹 研究員

（三）針對生物晶片應用於水質處理，晶片/電極保存會需要特殊處理嗎?

（四）綜合性的水質項目 (BOD、COD、TBC...) 細胞/酵素接受能力有差，精準度突破方式?

朱振華 資深工程師

（五）如果生物晶片朝拋棄式去做會不會比較容易去做?

（六）如果要把生物晶片改成螢光是否有限制？

王翔郁 教授

（七）國內成熟度較高的晶片，可以試著從醫學用途上面或食安上面去找看看，國內做酵素的技術已蠻成熟，清華大學鄭老師有將酵素使用在食安用途上，

可以朝這方向看看台灣目前有哪些可行性。

（八）農藥應用目前還在初期測試階段，有害微生物國內蠻多教授在研究測食品內的微生物，目前較符合工研院的是親和力檢測，用抗體去抓細菌的某個抗原，有抓到的話可以用電化學阻抗的方式。在農藥方面我有一個合作案，但還在初始階段，做法是用一段很短的 DNA 其對農藥有特定性，把 DNA 跟樣品混在一起，有農藥時 DNA 就會結成一大塊東西，由電極阻抗值檢測還有多少小 DNA 沒結合，來得知農藥量。

（九）晶片/電極平常的保存應該不是問題，機器上若要做長時間的測試就要保存在適合的環境，這也是生物晶片目前遇到比較大的瓶頸。

（十）每一種細胞對不同東西的耐受度不一樣，不同的溫度下也不一樣，要看您想要的精準標準是什麼，若要很精準的話建議用化學方式。除非可以基因改造成一個超強細胞，但是否造成環境衝擊也要評估。

（十一）如果生物晶片朝拋棄式去做會不會比較容易去做，這是肯定的，因為生物晶片需要的反應條件比較嚴苛，每個測片重現性高會比較有可行性，但拋棄式的就無法連續監測，未來可以朝設計儀器自己換試片的方向去做。

（十二）如果把東西改成螢光沒有太高的技術門檻跟限制，螢光跟 BOD 需要的儀器沒有太大的差別，可能會需要簡單的相機測光線明暗變化，螢光也可以用同樣的設置去做，不同顏色的光分開來測不同顏色光的強度，唯一要做的更動是光源，要配合微生物它能夠吸收的激發光的波長去做你的光源。白光的話螢光不明顯，可能要使用藍光或其他光線，會限制微生物種類。LED 比較少波長可以選用，也可以在 CMOS 前加濾片，若不加的話就是用影像軟體運算轉換來讀取訊號。

「生物晶片相關技術分享交流會」簽到表		
單位名稱	姓名	職稱
國立清華大學工程與系統科學學系	王翔郁	副教授
工業技術研究院 材化所 M200	莊雅茹	研究員
工業技術研究院 材化所 M200	李晨瑜	副研究員
工業技術研究院 材化所 M300	王儀婷	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P000	杜敬民	副組長
工業技術研究院 綠能所 P100	范美裙	副工程師
工業技術研究院 綠能所 P100	莊雅婷	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P100	王俐涵	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P100	張琬欣	行政助理
工業技術研究院 綠能所 P100	何笠農	定期人員
工業技術研究院 綠能所 P100	蕭瑞媛	助理
工業技術研究院 綠能所 P100	王淑君	助理研究員
工業技術研究院 綠能所 P100	林子綺	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P100	鍾美華	研究員
工業技術研究院 綠能所 P100	陳范倫	經理
工業技術研究院 綠能所 P100	李麗娟	行政
工業技術研究院 綠能所 P100	朱志弘	工程師
工業技術研究院 綠能所 P100	姚彥丞	其他
工業技術研究院 綠能所 P100	賴玫君	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P100	彭書憶	研究員
工業技術研究院 綠能所 P100	許震洋	工程師
工業技術研究院 綠能所 P100	張依柔	助理
工業技術研究院 綠能所 P100	吳克清	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P100	呂秀月	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P100	黃文輝	資深工程師
工業技術研究院 綠能所 P100	王順輝	工程師
工業技術研究院 綠能所 P100	林雨璇	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P100	陳俞汝	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P100	朱振華	資深工程師
工業技術研究院 綠能所 P100	陳安綺	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P100	黃理御	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P200	宋福祥	副工程師
工業技術研究院 綠能所 P200	李睿桓	工程師
工業技術研究院 綠能所 P200	劉安怡	助理
工業技術研究院 綠能所 P200	彭羽榛	實驗助理
工業技術研究院 綠能所 P200	蕭怡慧	實習生
工業技術研究院 綠能所 P200	張慧茹	研究助理
工業技術研究院 綠能所 P200	李彥芬	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P200	陳柏凱	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P200	吳佩玲	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P200	劉興瑋	副工程師
工業技術研究院 綠能所 P200	洪詮富	研究助理
工業技術研究院 綠能所 P300	吳晨瑜	實習生
工業技術研究院 綠能所 P300	葉勃均	副工程師
工業技術研究院 綠能所 P300	周志彥	副研
工業技術研究院 綠能所 P300	黃暐翔	副工程師
工業技術研究院 綠能所 P300	賴世雯	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P300	王詩婷	副研究員
工業技術研究院 綠能所 P300	盧智芬	研究員
工業技術研究院 綠能所 P300	鍾承歆	實習生
工業技術研究院 綠能所 P300	陳淑珍	副工程師

工業技術研究院 綠能所 P300	卓坤慶	研究員
工業技術研究院 綠能所 P400	許芝祺	研究員
工業技術研究院 綠能所 P400	陳一誠	資深研究員
技佳工程科技股份有限公司	葉亞函	工程師
技佳工程科技股份有限公司	黃炯煬	計畫經理
技佳工程科技股份有限公司	吳晟豪	計畫經理
技佳工程科技股份有限公司	楊樹踴	工程師
技佳工程科技股份有限公司	陳昶文	工程師
技佳工程科技股份有限公司	洪聖淇	工程師
技佳工程科技股份有限公司	許家賢	工程師
儀展科技有限公司	鍾富鳳	化學工程師
儀展科技有限公司	張晉耀	研發部經理
儀展科技有限公司	黃雅婷	助理
儀展科技有限公司	許忠全	韌體工程師
儀展科技 管理部	莊淑卿	祕書
巨生生醫	謝文元	處長
巨生生醫	周雅萱	副研究員
巨生生醫	魏阿正	碩士
廣域科技股份有限公司	黃慈嫚	專員
廣域科技股份有限公司	林佳穎	專案管理專員
瑩諾科技股份有限公司	胡欣	課長
瑩諾科技股份有限公司	張雅清	計畫經理
貝爾克斯生技股份有限公司	賴怡欣	副理
康廷工程顧問企業	陳嘉惠	副研究員
鼎勝綠能科技（股）公司	章承堯	襄理
華亞園區管理顧問股份有限公司	王煒宗	環保工程師
龍潭科學園區污水處理廠	蔡宏杰	工程師
台康生技股份有限公司	呂亦盛	工程師
Lam	黃若琳	工程師
Edwards	陳怡廷	application engineer

附件：出（列）席單位及人員簽到單

「111年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」

期中審查會議紀錄

一、 會議時間：111年8月19日（星期五）下午3時30分

二、 會議地點：Google Meet 視訊會議

三、 會議連結：https://meet.google.com/koq-ozcr-ymy

四、 主席：謝炳輝處長　　紀錄：張志偉

五、 出（列）席單位及人員：詳附件簽名單

六、 主席致詞：(略)

七、 執行單位報告：(略)

八、 審查意見：

（一）張委員智華

1. 以合成/標準/單一 Compound 水樣進行感測元件優化，建議需根據複雜水樣之實際需求提升【硬體規格性能】。演算法之優化應考慮【實用性】及【合理性】，且應將未來可能在面對實際水樣時需做的限制與補償納入考量。

(1) 優化2臺 tCOD/SS 感測元件

A. 情境與應用目的宜先分類敘明(廢水、河川水)，並先釐清標準品適用性。

B. 以高嶺土做為 SS 量測之標準品，以鄰苯二甲酸氫鉀(KHP)做為 COD 量測之標準品，挑出之特徵波長僅能應用於該 compound，以此波長建立之演算法再準也沒有用。

C. 思考未來硬體規格的提升方向，如光譜解析度、光源數量。

(2) 優化1臺濁度感測元件：

A. 情境與應用目的宜先敘明（暴雨濁度?)，並依

此決定測試濁度範圍。

B. 建議將樣品槽尺寸放大納入考量，硬體規格包括燈源數量、散射角度。

C. 1-1000 NTU? 以100為界? 建議根據散射光強度調整演算法。

D. 使用多項式擬合，效果雖好，但實用性不佳且不合理。物理來看濃度漸高時，光學訊號變化靈敏度降低，直到不再有變化；濃度低時則無光學訊號，或光學訊號不靈敏。但所提出之多項式正好相反。

2. 關於各種既有、固定式感測器之經濟與技術可行性之評估。此為技術議題，目標為【技術之突破】或【新技術之開發】，除現有技術盤點外，宜先敘明學理依據、技術瓶頸與量測限制，需了解關鍵問題才不會白做工。

(1) 運用電化學感測技術整併多測項重金屬感測器（如砷、鉛、鎳）之經濟與技術可行性，重點需考慮基質與其他離子的干擾

(2) 即時光學色度感測傳輸設備，需考慮顆粒要如何去除

(3) 運用 COD 設備，演算不同情境生化需氧量（BOD）之技術可行性，建議：

A. BOD 用比攝氧速率是否可行?

B. 從現實面來看，COD 光學感測就很難準確了，更何況要用此 COD 搭配不可行的比例去推 BOD。

(4) 如何選擇進行 PK 的場域? 有考慮廢水基質與濃度範圍嗎?不同基質與濃度範圍的 PK 結果會一樣嗎?

(5) 此項經濟與技術可行性之評估，實際應用除了

成本與準確度外，還需考慮維護問題。感測器現場清理完馬上 PK， 跟一段時間沒清再來 PK，結果會一樣嗎?

3. 關於移動式感測器擴充與改良

(1) 建議擴充改良前先說說現況問題為何?

(2) 建議期末能具體說明移動式感測器經擴充與改良後，與未經改良及擴充者相比，到底對各種應用帶來哪些具體效益與實際的加值效果。

4. 強化水質感測器品管控制

(1) 簡報41頁有3種比對，請問表3-5到3-12的比對結果是3種裡面的哪一種?

(2) 感測器現場清理完馬上 PK，跟一段時間沒清再來 PK，結果會一樣嗎? 如果不一樣，查核時是否也應考量清理頻率的問題。

(3) 建議彙整消化使用單位回饋意見，盤點關鍵問題，精進與檢討品管使用之指標與指引，使品管控制能解決真正問題，並發現使用限制，再回饋到技術研發建議釐清使用者應用目的，例如有的必需準、有的必須反應快、有的必需清理頻率低、有的必須長期趨勢對，每一種目的都有不同的指標，不是都適用同一種滿意度評估方式。

5. 多樣化水質感測器產業化及空間應用

(1) 建議敘明產業使用現況、問題，並釐清各產業關鍵應用目的，再帶出感測器的角色。不要感測器都布建好了，但卻不知道要做什麼，例如水質模式。

(2) 希望期末能看到感測器連續監測與水質模式的搭配成果，若將支流負荷以連續監測數據帶入，或在主流測站以連續監測數據比對模擬水

質，提醒 WASP 水理模式若不同步使用 hydrodynamic model，將無法看出效果。

(3) 水質管理應用建議：

A. 將 sensor 放在環保署關鍵、代表性測站進行長期驗證。

B. 把 sensor 設在 WRA 流量水位站、進行水質流量同步量測。

C. 魚骨圖與流達率：把 sensor 設在重要排水匯入主流處，或關鍵測站上游，使現行魚骨圖更為完整，並使水質模式的 loading 輸入更能反映真實狀況。

（二）康委員世芳

1. 強化水質感測器品管控制（第三章）

(1) 表3-2至3-4之固定式與移動式水質感測器之數據完整率之定義為何?且數據完整率應超過85%，訂定依據為何?

(2) 表3-5至表3-12之固定式與移動式水質感測器之數據品質滿意度之定義為何?且數據品質滿意度應超過85%，訂定依據為何?

(3) 一般市售水質感測器之數據完整率與品質滿意度為何?

2. 多樣化水質感測器產業化與應用空間（第四章）

(1) 目前產業化之評析資料仍簡略，建議期末再補充。

(2) 應用於南崁溪重金屬銅與氨氮之監測及水質模式模擬，請補充說明本計畫水質感測器監測重金屬銅與氨氮之數據品質滿意度與完整率是否超過85%?

3. 推動地方政府感測物聯網合辦計畫應用與管理

(1) 推動地方政府感測物聯網於110年度已有17件執行應用例，對今後事業廢水 排放管制有很大助益潛力。111年度至8月僅有4件執行應用例，建議協調地方政府加速推動感測物聯網應用。

(2) 111年8月第一次稽核地方政府水質感測器數據品質，補充稽核數量與其結果如何?

（三）林委員逸彬

1. 各個工作項目之進度請分項以甘特圖加以說明。
2. P.21（濁度）、P.36(COD)：本計劃欲利用吸光度推估水樣中存在之成分並推估濃度，請說明原理。
3. P.33（濁度）、P.43(COD)、P.49(SS、COD)回歸曲線之目的為何?為何使用多項式?以多項式回歸勢必可以獲得不錯的吻合度，且次數越高越吻合，但代表何種物理意義?不同水質 matrix 是否會有不同回歸曲線?若有不同之干擾，如何應用？
4. 應用現地感測技術主要目的應為快篩，但儀器的校正及干擾為需要注意的重點，請說明目前感測儀器的相關規劃。
5. 本計畫的重要工作項目之一是研析各種感測技術，但參考文獻諸多遺漏，請檢查補充。各感測技術之經濟可行性尚未有詳細分析，請於後續進行並於期末報告呈現。

（四）游委員勝傑

1. 下水道系統常遭不肖業者偷排廢油、廢有機溶劑、酸鹼廢液、或含重金屬之廢液等，當廠內檢測道上狀況時便啟動 by pass 將未處理之廢污水直接排入承受水體，導致河川污染，目前應用此系統是否能有效能協助 下水道部門提出預警機制。
2. 同理，若有不肖業者於人煙稀少地方之河道偷排

上述廢液，利用此系統是否能找出可能之偷排地點？

3. COD 感測器誤差正負20mg/L、SS 亦為20mg/L，此範圍是否過大？目前國外感測器之誤差為何？
4. 利用 COD 反推 BOD 之原理為何？如果僅為統計回歸，每股廢水均有不同結果，未來該如何應用？
5. 水質感測器是否能同時結合流速計，以了解流量與濃度之關係，並提出預警。
6. 感測器結合水質模式預測水質之應用是否為即時可得到相關預測成果？
7. 相關成果建議亦可投稿之營建署下水道-水再生期刊，以利相關業者了解。

（五）陳委員尊賢

1. 水質濁度在0-100 NTU 與100-1000 NTU 範圍時，需靠多次方程式來擬合，請評估在實地(1)固定式與(2)移動式之水質現場濁度之偵測誤差%。
2. 對測定水質 COD 在0-300 (mg/L)/SS(0-100 mg/L)時，需靠三次方程式來迴歸擬合，請評估在實地(1)固定式與(2)移動式之水質現場濁度之偵測誤差%。
3. 在不同地點河川水質、重點工業區汙水處理廠、及民生污水處理廠等三種不同情境環境下偵測BOD，COD，或 BOD/COD 比值，顯現均有不錯的結果。請評估在實地(1)固定式與(2)移動式之水質現場之偵測誤差%，主要干擾因子為何 ？
4. 針對水質多測項電化學重金屬標準檢量線之建立，今(111)年目標為銅與鉛兩元素，一般對較低濃度範圍較容易發展，開發對高濃度（污染）範圍較不易建立。未來是否未來開發方向朝(1) 超過排放水標準較低濃度，或(2) 朝嚴重污染排放取締之直

接證據兩方向發展?請評估兩者開發方向之難易度、經濟成本與效益差異。

5. 在水質感測器布建服務，大都採用現場可看到之固定式感測器為原則，為增加嚇阻效果，是否將來採移動式感測器可埋設於排放水口附近之水面下? 或採用移動式又看不見之感測器為原則？

（六）本署意見

1. 請務實說明各項研發計畫的可行性。
2. 應用面要整體思考，但應以環保署的上位計畫高度出發，並依技術角度來務實面對。
3. 請以1-2頁簡報補充說明目前開發產品市場競爭性。
4. 期中報告幾乎是技術成果，是否能說明項目組裝的應用性。
5. 今年研發的相關感測元件、流量流速8合一固定式機臺等，請儘速申請相關專利。
6. 今年團隊改用儀展公司的移動式水質感測器，請說明為何尚未運用本計畫先前研發感測元件，及提出技轉文件。
7. 請儘速檢送水質水量感測器的校驗工作，俾利推動模式驗證測試工作。
8. 水質感測物聯網不應只有稽查功能，請強化說明如何運用本計畫產出，協助環保局推動流域管理與監測工作。

九、結論：

(一)本計畫期中報告原則修正後通過，維運4個月30組感測器，提交精進水質感測器元件報告等工項已確認完成。

(二)請執行單位參考審查意見製作回應對照表，及納入本計畫執行，並將執行成果併入期末報告。

十、散會（下午4時50分）

環保署報到名單

「111年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」期中審查會議

會議日期：111年08月19日

姓名	單位	職稱	票種	報到狀態	簽名檔
主席		主席		已報到	
康世芳	淡江大學	教授		已報到	
林逸彬	國立臺灣大學環境工程學研究所	副教授		已報到	
游勝傑	私立中原大學	教授		已報到	
張智華	國立成功大學	副教授		已報到	

列席人員報到資訊：

機關單位名稱	職稱	姓名	報到
監資處	科長	游智淵	已報到
監資處	高級環境技術師	張志偉	已報到
工研院	經理	陳范倫	已報到
工業技術研究院	研究員	莊雅茹	已報到
北科大	副研究員	徐宗宏	已報到
北科大	研究生	何欣融	已報到
工業技術研究院	資深工程師	朱振華	已報到
工研院	副研究員	莊雅婷	已報到
工研院	研究員	彭書憶	已報到
工業技術研究院	副研究員	林雨璇	已報到
工研院	副研究員	賴玫君	已報到
工業技術研究院	副研究員	王儀婷	已報到

「111年度高效化智慧水聯網研發及應用專案管理計畫」案
成果報告驗收審查會議紀錄

一、時間：111年12月9日（星期五）下午4時30分

二、地點：視訊會議

三、主席：謝炳輝處長　　紀錄：張志偉

四、出（列）席單位及人員：(如簽名單)。

五、主席致詞：(略)。

六、承辦單位報告：(略)。

七、廠商說明：

八、委員意見：

(一)　康世芳 委員

1. 市售自動連續 COD 監測儀採用藥劑反應，產生具毒性化學廢液。本計畫開發 COD 感測器採光學，無化學廢液，具環保與市場潛力。

2. COD 感測器監測值與實測值可接受誤差範圍為 20 mg/L 或40%，低濃度 COD 水樣誤差濃度值小但%較大，對低 COD 水樣影響較大。

3. 事業廢水經生物處理後放流水 BOD 低，BOD/COD 比值範圍大，由 COD 推估 BOD 之誤差很大，應用上可能可做為粗估。

4. 表3-7及表3-13之感測器監測值與實驗室實測值有許多資料，建議繪圖較易判讀整體數據分布與關係。

5. 開發水質感測器應用於自來水場(水源、淨水程序)、河川水質、事業廢水、及養殖用水等，應用對象水質濃度範圍不同，建議先定位對象優先優化以提高市場競爭，如現在縣市應用於河川水質、事業廢水排放監測。

6. 自來水涉及淨水程序監控不準確或誤差太大，影

響清水水質安全性(飲用)與符合法規標準，要求較高。建議今後可與自來水事業單位合作確認監測品質與導入應用。

(二)　張智華 委員

1. 期中審查回覆多次「前期計畫已提及、完成或定案而帶過」，若不說明前期計畫設定的 SOP，本期委員從何得知突然出現的數據從何而來? 若不說明前期計畫已執行之精進方針，委員要如何對未來精進方向提出合理建議?舉例如下：

(1)應用貴團隊 tCOD/SS 感測器，每次應用到一個未知地點都需 follow 圖2-12的步驟來做。想請教使用多久後要再重做一次? 我所知環檢所只有 COD 分析標準方法，也許前期計畫有提及，但煩請團隊說明圖中 Cs_{COD}(real)、Ct_{COD}(real)如何分析? $K_{\triangle COD}$ 在本報告哪條方程式有提到?

(2)關於 P.40第4 點，團隊提到要根據特定場域水質光譜資料庫，再利用定性分析推估出之 sCOD 特徵波長，但在報告中我找不到南崁溪及工業區的 sCOD 特徵波長，如果在前期計畫請補上。另外，本期計畫光學元件不同，前期計畫資料需要重建嗎?

(3)P.39提到「將利用真實水樣建立光譜資料庫，定義主要吸收波長後分別利用統計方式針對 SS 及溶解性化學需氧量(sCOD)建立演算模式」，但我看本報告的演算模式都是用標準品所建立?考量不是每個水樣的光譜資料庫都跟 KHP 一樣，所以請分別列出本計畫驗證感測水質的特徵波長與演算法，已完成哪幾個場域，這些來自不同場

域的有機物 COD 濃度與特徵波長的共通性為何?與 KHP 有沒有顯著差異?

(4)團隊回覆【本計畫所開發之感測元件於前期計畫有提出針對南崁溪、工業區及標準品建立不同檢量線之流程，因此建置於實際場域時會利用現場水質進行修正吸光與補償係數，以利實際場域之水質感測】，聽起來是說在未知場域驗證前，會先建立檢量線(例如圖2-25的標準品檢量線?)，再依此檢量線進行後續施測，而不是以標準品檢量線直接施測，建立此客製化檢量線的 SOP 為何?(幾個點?零點校準?歸零?)；若本人以上認知不對，何謂利用現場水質進行吸光與補償係數修正，完整步驟為何? 若流程未說明清楚，貴團隊能確保將來【應用貴團隊 tCOD/SS 感測器進行全新場域應用時的準確度能如同報告一樣好?】

(5)舉例來說，表2-13 的驗證結果，是使用標準品檢量線還是三條溪的客製檢量線?若不是客製檢量線，那吸光與補償係數修正之步驟為何?這些驗證結果有走完圖2-12的程序嗎?

(6)在環工應用上，總 COD(本報告稱 tCOD)代表顆粒 COD+溶解 COD，類似 particulate organic matter +dissolved organic matter。表2-11的混合測試採用高嶺土當 SS，此高嶺土應該不含 organic matter 吧?為何 COD 標準液10 mg/L 在高嶺土 100 mg/L 下變成 CODt=22.22 mg/L，此處 CODt 應該是”當光學感測受顆粒干擾下所造成的 COD”而不是總 COD，那麼應稱為干擾 COD，而 CODs 稱為去干擾 COD 或溶解 COD，無論如何表2-11的 CODt 都不建議稱為總 COD。

(7)承上，請問如何消除顆粒光學干擾使 CODt 變成 CODs，$K_{\triangle COD}$ 會不會像 BOD/COD 比值一樣變化很大?表2-13 的 COD 標準值是指以標準方法分析之河川水總 COD 值嗎?表中的 COD 感測值是 CODt 還是 CODs?請說明清楚。

2. 圖2-25的標準品檢量線 X 軸，為何比值會有負的?是 log(It/Ir)?

3. 關於 BOD_5根據原始文獻，表2-14的 BOD 請更正為 BODu (BOD ultimate)。從學理上來看，建議 BOD 推估可評估利用 COD 推估 BODu、再以不同基質的 k 值(生物分解速率常數)來推 BOD5。

4. 關於濁度/ADMI

(1)從表2-28看來，顆粒物質的存在的確對 ADMI 的量測造成干擾，此干擾較 SS 對 COD 的干擾更為明顯(是不是因為使用的高嶺土標準品不含有機物?)

(2)個人不是很同意"高色度仍具備一定可信度"以及"低濃度色度的推估會因為濁度的貢獻產生較大的偏移"，如果是高濁(如濁度>200 NTU)高色或低濁低色呢?從表2-28看來，ADMI 誤差最大的情況出現在濁度與 ADMI 比值為1:1及5:2時，而且即使都是1:1，100:100還會比40:40 的誤差放大兩倍。因此，我認為"不是低色度誤差大、高色度誤差小"，而是 ADMI 誤差會與(濁度2/ADMI)成正比，當濁度高且(濁度/ADMI)大於1時誤差會非常可觀。若此論述為真，請修改結論，以免誤導未來精進方向。建議應多花篇幅分析核心問題所在，說明未來精進方向，如 passive/active particle filter 或 particle trap?

(3)報告提到要複製同步推估 COD 與 SS 之模式，研析建立同步推估濁度與真色色度之演算模式(消除顆粒光學干擾使干擾 ADMI 變成去干擾 ADMI)，好像沒有看到?

5. 以電化學方法測自來水餘氯，在理論及實務上已經很成熟。本計畫只有跟現行標準檢測方法公告價格比，跟市售眾多 chlorine probe 比，優勢在哪裡?

6. 實際廢水中各項干擾離子多(基質干擾)、不同廢水的基質差異很大，報告也提到"以現有電化學反應槽與機台程序設計感測多測項重金屬之可行性低"，卻又跟 ICP 比說可以省下2600萬?技術既不可行何來經濟分析?建議應多花篇幅說明未來精進方向，如選擇性離子?

7. 從圖2-70可看出，市售銅離子與氨氮比色儀都採用過濾水及使用 RO 水來分析，ITRI 選擇將 CODt 及 SS 綁在一起具獨特性，但實際應用上也許不如分開，不過，一旦分開那國產 CODt、SS 的優勢在哪?

8. 關於水質感測器擴充

(1)本年度規劃的三種水質感測器擴充組合，看似有特定應用情境與目的，建議團隊說明將水質感測器應用於這三種情境的現況、挑戰與本案優勢。

(2)水質感測器擴充立意良好，連較欠缺的氨氮及流量(水位/流速)都納入，為何沒有 DO?

(3)表2-43華亞科與南崁溪盲樣測值完全一樣

(4)除了說明驗證效果不錯外，建議根據應用上的問題提出精進方向。

9. 表4-13情境三建議再說明詳細一點，僅以5倍流量之情境設計要估計非點源污染下的水質變化似乎

過於粗糙，模擬濃度接近中位數也不知道是否合理。

10. 若能即時監測流量與水質並計算合理負荷量，不僅有助於 TMDL 之推動，對於現況河川水質改善成效評估與考核也幫助很大，建議團隊多做此方面的論述。

11. 除了 WASP 外，建議可採用負荷延時曲線(load duration curve)分析支流排出負荷、上游邊界負荷及下游流達負荷間的關係，此法簡單且獲 USEPA 認可為 TMDL 計算工具，一般認為在實際流量及水質監測數據多的情況下，其分析結果甚至比模式還好。

(三) 林逸彬 委員

1. 報告中太多檢測原理的敘述，應聚焦於實際工作內容的呈現。

2. 本計畫開發之水質感測項目: COD、SS、餘氯、濁度和銅離子在市場上皆有相關產品，本計畫開發之產品優勢為何?市面上之產品售價已包含人事、marketing、獲利等。

3. P.38~39:各種成分光學評估、各種成分交互關係、廢水水質多成分定性定量中，所指之成分為何?本計畫僅用磷苯二甲酸氫鉀單一化合物，如何延伸到複雜的廢水水質?是否有用實際廢水?變化較大的廢水如何應用?

4. 以 COD 推測 BOD_5之準確度不高，其應用要仔細檢討。

5. 餘氯和重金屬經濟效益分析不甚合理，為何以一年分析26280個水樣計算?應和其他同級感測器比較

(四) 游勝傑 委員

1. 地方政府反應第一代 sensor 送修率甚高，其原因為何?

2. 濁度/COD/SS 三合一儀重複擬定於粒狀污染物之問題。

3. 目前對於 sensor 容易因進水故障之排除方式為何?

4. 水位-流速建立未來是否每次應用時均需用人工量測河道斷面積再推算。

(五) 陳尊賢 委員

1. 對於水質中鉛濃度比例造成水質感測器之銅濃度檢測高度不準確問題(2.6節)，建議與學界或業界技術合作，以因應未來現地環境水質需監測各種重金屬之需要。

2. 場域水質感測器在銅檢測濃度<0.5 mg/L 時不需查核，濃度>0.10 mg/L 時，其誤差達±0.5 mg/L 以內(3.3節)，請說明未來研究其他重金屬干擾銅濃度測定之策略建議。

3. 模擬測試在大檜溪各情境之氨氮濃度約1.88至8.64 mg/L，在南崁溪之上下濃度約4至18 mg/L，請說明在不同污染熱區之檢測精準度為何？

(六) 監資處

1. 請補充說明感測器開發沿革歷程。

2. 請補充說明8合一固定式感測裝置的專利與技轉進度，且本次8合一儀器數據不穩定，及遇雨易受損等問題，請提出精進策略。

3. 請補充說明流量計算方式及後續精進策略。

4. 經嘉太工業區案實測，COD 感測器仍易受環境干擾需頻繁用人工校正，請提出改進策略。

5. 在南崁溪案實測時發現，銅離子感測器感測下限仍高於河川一般監測值，氨氮感測器測值易浮動，請提出精進建議。

6. 固定式及移動式感測器過去多布建於灌渠或小型排水路，請提出若布建在較寬河面如淡水河的適用建議。

7. 請補充說明 mass-based first flush 的應用時機，及晴天污水是否有類似機制能用連續監測數據推導點源及非點源的貢獻比例?

8. 針對第四章模式模擬

(1)情境一(傳統固定負荷)的假設是 Q_{75}低流量的晴天污水，所以不適合直接與本案雨天時觀測值比較；另圖4-38顯示情境一與觀測值較符合雨天時的觀測值，且圖4-37顯示傳統氨氮輸入通量較本次晴天觀測值高甚多，顯示傳統運用 BASIN 推估氨氮輸入通量之誤差甚大，可能要用實際觀測結果修正。

(2)情境三(上游水量增加)，其模擬假設應參考4.2.3節結論，流量大時該河段發現氨氮通量亦增加，並非水量大時氨氮通量 loading 不變，建議補充說明相關假設邏輯。

9. 請補充說明後續如何運用水質水量儀器，計算即時涵容能力的方法。

九、會議結論：

□本案成果報告驗收合格，請廠商依契約規定，檢送結案文件至本署，辦理結案撥款事宜。

□本案成果報告驗收結果與契約規定不符，請廠商於本會議紀錄之發文日起○日內依審查委員意見改正，並函報本署辦理複驗，再由申辦單位請審查委員辦理書面複驗事宜。

■本案成果報告修正後通過，暫定為驗收不合格，請廠商

於本會議紀錄之發文日起10日內依審查委員意見改正，並函報本署辦理複驗，複驗時同意授權由申辦單位自行辦理書面複驗事宜。

□本案成果報告驗收結果與契約規定不符，請廠商於本會議紀錄之發文日起○日內（或○年○月○日前）依審查委員意見改正，並函報本署辦理複驗，再由申辦單位擇期辦理審查會複驗事宜。

□本案因廠商無法依審查委員意見改正或改正次數超過契約書規定次數或其他原因，複驗結果為驗收不合格。

□「○○○（驗收項目）」驗收結果與規定不符，惟不妨礙安全及使用需求，亦無減少通常效用或契約預定目標，經本署檢討不必拆換、更換、拆換、更換確有困難，或不必補正，依政府採購法第72條第2項規定採減價收受方式辦理。

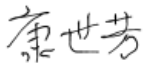
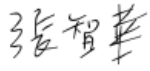
□其他（由申辦單位自行說明）：

十、散會：5時30分。

環保署報到名單

「111年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計 畫」案成果報告
審查驗收會議

會議日期：111年12月09日

姓名	單位	職稱	票種	報到狀態	簽名檔
主席		主席		已報到	
康世芳	淡江大學	教授		已報到	
張智華	國立成功大學	副教授		已報到	
林逸彬	國立臺灣大學環境工程學研究所	教授		已報到	
游勝傑	私立中原大學	教授		已報到	

附件三、111 年度水質感測器合辦計畫應用

說明及注意事項

行政院環境保護署

111 年度水質感測器合辦計畫
應用說明及注意事項

110 年 12 月 7 日版修正

中華民國 110 年 12 月

目錄

壹、緣起說明.....1

貳、合辦方式及應注意事項.....4

一、 推動面向.....4

二、 合辦項目.....4

三、 感測項目及設備說明.....5

四、 安裝應用作業.....6

五、 運轉中管理及查核作業.....8

六、 感測數據上傳及下載.....10

七、 本署驗收機制.....10

八、 其他感測器及耗材.....12

九、 資訊安全要求.....12

十、 感測物聯網權利義務.....13

十一、 設備轉移跟移交.....13

十二、 加值應用.....14

十三、 教育宣導.....14

參、計畫期程及預算編列.....15

一、 預算來源與計畫期程.....15

二、 計畫工作項目.....15

三、 預算經費 16
四、 經費分攤 16
五、 本計畫本署不分攤經費項目 19
六、 申請期限及方式 20
肆、撥款、核銷及結案 21
一、 查核點：分 4 次查核點 22
二、 撥款：分 2 期撥付 24
三、 核銷 25
四、 結案及罰則 26
伍、審查重點及管考查核 28
一、 審查重點及評核項目 28
二、 管考查核 30
附件一、感測資料格式規範、資訊服務計價及驗收準則 ... 32
附件二、合辦計畫查核點應注意事項及設備維運與數據管理資料 39
附件三、移動式水質感測器_抽驗表 49
附件四、因應豪大雨或颱風期間應變措施 50
附件五、移動式感測器添購建議規格 56
附件六、經費預付轉正作業參考資料 58

壹、緣起說明

一、 本案依據前瞻基礎建設「民生公共物聯網數據應用及產業開展計畫」項下「智聯網-跨世代環境治理計畫」辦理，行政院環境保護署（以下稱本署）規劃與地方政府持續推動感測器應用與數據品質優化工作。

二、 本署已於全國重點河川水體實施定期採樣監測，每月蒐集最新監測數據，並規定全國特定業別及規模工廠，需加裝廢水自動監測及連線傳輸系統。近幾年因為飲用水質、偷排污染及死魚環境議題受各界重視，現行監測方式所提供大尺度時間及區域水質資訊無法滿足其每日生活周遭所需的小尺度環境數據，亦無法掌握當地環境可能產生之污染熱區。

三、 有鑑於近幾年水質感測器技術日益成熟，以及資通訊技術突飛猛進，運用最新物聯網科技，將我國水質感測體系朝網網相連的高時空解析自動連續感測體系規劃，可做為智慧城市或智慧城鄉發展之基礎。

四、 本署為了提升地方政府推動智慧城市之願景，將「數據分析」做為智慧環境治理之工具，有效掌握地方轄區水質污染熱區及執行 E 化稽查，同時推動群眾外包

工作，結合民眾取得更多水質數據及資訊透明需求，推動水質感測器感測工作已刻不容緩。

五、 本合辦計畫說明包含移動式感測器、手持式感測器申請及維持感測器運作，以提供數據資料服務（以下簡稱維運）。

六、 請地方政府持續精進感測器數據品質，落實管理感測器安裝作業、運轉中管理及查核作業。

七、 合辦計畫感測數據上傳及驗收機制詳如「附件一、感測資料格式規範、資訊服務計價及驗收準則」。

八、 地方政府應於合辦計畫執行過程中持續維運設備，並檢附數據管理相關資料，詳如「附件二、合辦計畫查核點應注意事項及設備維運與數據管理資料」。另本署得每 3 個月臨時抽驗 1 次數據品質，抽驗表詳如「附件三、移動式水質感測器_抽驗表」。

九、 為避免移動式感測器因豪大雨或颱風期間致水位暴漲或水流湍急，而造成設備故障、損壞或遺失，相關應變措施詳如「附件四、因應豪大雨或颱風期間應變措施」。

十、 地方政府得依實際應用需求，另添購感測器及感測元

件耗材、太陽能板耗材等，建議移動式感測器規格參考「附件五、移動式感測器添購建議規格」。

十一、經費撥款及經費預付款轉正作業，須檢附經費支用狀況表、支出機關分攤表，詳如「附件六、經費預付轉正作業參考資料」。

貳、合辦方式及應注意事項

一、　推動面向

水質感測器發展應用於環境治理，屬跨領域工作，其成功關鍵因素包括良好的感測設備及數據品質、有效的感測器機動感測位置、連續的資訊匯流及創新的分析應用等層面，故地方政府依轄區特性及地理屬性，以基礎建構面、整合感測面、智慧應用面及創新加值面合作推動水質感測器之環境物聯網工作。

二、　合辦項目

（一）延續性計畫:延續 110 年度地方政府合辦應用計畫，由本署提供 6 個月移動式感測器維運經費予 109 年與 110 年有向本署申請移動式感測器之地方政府，須於 111 年維持移動式感測器至少 6 個月正常運作，以蒐集感測數據資料加以分析運用。

（二）新申請計畫：本署提供移動式感測器 30 臺及手持式感測器 100 臺，開放地方政府申請。地方政府請以 1 組為單位（移動式感測器 10 臺為 1 組，手持式感測器 20 臺為 1 組）申請。由本署提供 6 個月移動式感測器維運經費予 111 年向本署新申請移動

式感測器之地方政府，並於 111 年維持移動式感測器至少 6 個月正常運作，以蒐集感測數據資料加以分析運用，手持式感測器則不提供維運經費。

（三）使用本署所提供之水質感測器應定期配合本署追蹤管考使用情形。

三、　感測項目及設備說明

（一）手持式感測器：感測項目包含酸鹼值、導電度、溫度共 3 項，通訊模組採用藍芽通訊，資料透過 APP 接收至手機，再上傳至本署環境物聯網感測資料蒐集平臺（以下稱 IoT 平臺，網址：https://iot.epa.gov.tw/iot/），內部採用鋰電池供電模組。

（二）移動式感測器：感測項目包含酸鹼值、導電度、溫度、溶氧共 4 項，具備內部溫濕度監控模組，通訊模組採用 4G 無線通訊，感測器供電模組為內置鋰電池，且有供電穩壓設計及接用不同電源轉換設計，並確保感測器運作及資料傳輸之電力無虞，可提供 1 週連續感測。外部提供太陽能板、市電及電

池接口，可同時充電及供電，地方政府得視需求自行增購置太陽能板及網路線安裝使用（功率建議30W 以上）。

四、　安裝應用作業

（一）手持式感測器：感測器可隨身攜帶，建議提供給地方政府或河川巡守隊，透過群眾外包力量，廣泛蒐集我國水質背景資訊，亦可配合例行性水質調查，或突發性污染事件，感測疑似污染水質。

（二）移動式感測器：感測器具有錨錠及漂流 2 種應用方式，以專案形式作為短期水質感測。錨錠式可安裝於固定點位，執行連續數週感測，地方政府需事先篩選出疑似污染點位，再配合感測器高頻率感測污染異常事件；另漂流式可沿水體流動，感測河川流系水質概況，亦可應用於突發污染事件，掌握污染時空特性。

1. 選址條件：地方政府進行安裝選址時，應考量以工業區（排水道節點、雨排及放流口）、零星工廠、列管農地及污染河川（應避免感潮河段）等 4 類區

域為主。選址需有明確目的，包括工業區污染源鑑別及承受水體保護；建議以歷史數據超標、民眾經常陳情、重大污染事件及周遭有敏感受體區域優先感測，且於數據超標時能有明確對應作為，如限縮污染熱區、確認污染源頭等，對污染源偷排及污染溯源有釐清標定事件時間及地點者為佳。

2. 裝機位置篩選準則：選定感測區域類型及場域範圍後，感測器裝機應優先設置於放流口、下游一定距離匯流處及污染流域，並確認感測器需有數據代表性及應用目的性，以發揮最大效益，並且在裝機時應注意隱密性，避免被人為蓄意破壞為原則。建議裝設位置應避免感潮河段，需有固定處，包括橋、巨石、樹木等，若無固定處則應選擇流速較慢水域，且位置便於維運，並注意豐水及枯水期水位高度，以避免擱淺、繩索纏繞問題。實際選定之場域、感測點位（地點）及應用計畫，應於感測器布建前列於選址細部規劃書，由本署確認，且得視情形現場會勘，據以調整感測位置。

3. 備機應用：本合辦計畫要求至少安裝感測器數量

為地方政府申請維運數量之 80%，其餘感測器可作為備機使用，於現場感測器損壞時進行取代，以避免感測器損壞送修期間影響數據完整率。

4. 安全措施：感測器安裝時應設置強化保護措施，如固定處需配備簡易鎖頭，並注意隱蔽性，避免有心人士破壞或竊取。若感測器仍遺失，發現第一時間需立刻報警，留存三聯單證明，以利辦理財產報廢等後續作業程序。

五、　運轉中管理及查核作業

（一）手持式感測器：地方政府應用期間需定期校正並檢視數據，確保維持一定數據品質，至少執行每 3 個月 1 次與參考標準比對，針對數據品質明顯不佳的感測器應更換元件或直接送維修。校正建議：(1)酸鹼值：pH 0 至 pH 14 ± pH 0.5；(2)導電度：250μS/cm 至 10,000μS/cm ± 15%；(3)溫度：5℃至 50℃ ± 0.5℃。

（二）移動式感測器：地方政府設置後須固定蒐集檢視數據，並確保維持一定數據品質，至少每 2 週 1 次設備巡檢及維運，每次維運時應與市售參考標準進行

比對，針對數據品質明顯不佳的感測器應現場簡易校正、檢修或直接更換備機後送維修；另應定期與標準液進行比對校正，以維持數據品質穩定。另本署得每 3 個月臨時抽驗 1 次數據品質，抽驗臺數為申請數量之 20%，地方政府應配合抽測，比對步驟如下：

1. 清潔前，先以標準液量測比對感測器數值並記錄下來。
2. 清潔儀器外殼及感測頭，記錄感測器髒污情形。
3. 清潔後，再一次與標準液量測比對感測器數值並記錄下來。

感測器安裝後，需於初步成果報告中提出感測器點位效益評估。若無明顯效益點位，建議檢討安裝位置並規劃移機作業，強化污染熱區掌握。校正建議：(1)酸鹼值：pH 4 至 pH 10 ± pH 0.5，其餘範圍 pH ± 1；(2)導電度：<500μS/cm ± 75μS/cm，其餘範圍 ± 15%；(3)溫度：± 1℃；(4)溶氧：± 1 mg/L。設備誤差範圍資訊：(1)酸鹼值：pH 0 至 pH 14 ± 0.002；(2)導電度：0.7

至 50,000μS/cm ± 2%；(3)溫度：-40 至+125℃ ± 1℃；(4)溶氧：0 至 100 mg/L ± 0.05 mg/L。

六、 感測數據上傳及下載

感測器數據資料統一上傳至本署 IoT 平臺（網址：https://iot.epa.gov.tw/iot/），依據本署制定之資料格式、欄位名稱及頻率進行上傳，並應具備資料完整度（詳附件一）。

七、 本署驗收機制

（一）手持式感測器：地方政府應提供水質感測器資料服務外，每 3 個月須提供應用數據加值分析及數據比對結果，並填報應用狀況。每應用 1 組（20 臺）至少完成 1 件次環境應用實例，如稽查應用、污染排放熱點、生活用水安全、流域水質背景調查，或其他環境創新應用，除基本環境教育外，需持續追蹤河川巡守隊應用狀況及數據回傳結果。感測器執行應用成果應定期配合本署管考追蹤填報。

（二）移動式感測器：地方政府應提供水質感測器資料服務外，每月須提供應用數據加值分析及數據比對結

果，並填報應用狀況。每應用 1 組（10 臺）至少完成 1 件次水污染稽查告發案例、1 件次環境應用實例，如稽查應用、低溶氧死魚場域監控、污染排入節點確認、小型化廢水自動連續監測設備（CWMS）監控事業等用途，或其他環境創新應用，合計共 2 件次。

地方政府所提供移動式水質感測器資料服務，申請每 10 臺至少須有 8 臺感測器之有效資料完整率達 70%以上（地方政府若有設備遺失或報廢，導致感測器不滿 10 臺，應自行購買設備或由委辦廠商提供設備等方式，以提供數據資料服務）。感測器遇維修期間，則可以其他替代之感測器合併計算。有效資料完整率計算方式為實際上傳筆數（以本署 IoT 平臺資料為主）除以理論上傳筆數，各感測點每 1 分鐘產出各污染物濃度感測數據，需以資料串流方式，將即時數據上傳至本署 IoT 平臺。有效資料完整率以扣除無效數據後的總數據完整率計算（計算方式如附件一）。

感測器在布建期間若遇故障，應提出維修證明（檢附維修單，應備註維修起訖日期、故障原因等）；若遇

不可抗力因素（如天災、豪雨、颱風、疫情、臨時斷電等），應提出證明。有效資料完整率計算時才可扣除不可抗力因素導致之資料缺失時段（詳附件一）。

八、 其他感測器及耗材

地方政府得依實際應用需求，另添購感測器及感測元件、太陽能板耗材等，以優化水質物聯網運作，選用感測器或耗材不得低於本署移交地方政府感測器規格，包括：功能、量測範圍、精確度等（移動式感測器規格可參考附件五）。

九、 資訊安全要求

為使水質感測物聯網資通訊安全更為強固，於未來感測器及耗材購時，建議採用國產自主生產為優先，禁用中國製之感測元件與模組、微控制器及通訊模組。地方政府應配合民生公共物聯網及本署辦理各項漏洞競賽與查核，亦應加強感測器及資訊系統之資訊安全自主稽查作業，確保感測設備、物聯網閘道器、網路設備、後臺伺服器及應用程式等應符合「民生公共物聯網資通安全要求」，並將提出各條文相對應策略及作法，其中「可選項條文要求」得透過風險評估方式進

行適用或排除。

十、　感測物聯網權利義務

為確保水質感測物聯網持續營運，對於合辦感測物聯網之智慧財產權、感測數據所有權、設備支配權（或財產權），應確保地方政府及本署可永久取得無償使用與全部權利；地方政府應確保於計畫結束後，原得標廠商應無償撥供地方政府（或本署）支配使用，無償協助後續得標廠商轉接正確資料至本署 IoT 平臺，提供資料格式正確解讀方法，或依地方政府（或本署）需求配合將設備拆除復原。

十一、　設備轉移跟移交

為確保水質感測物聯網持續營運，原得標廠商應配合地方政府（或本署）與後續得標廠商辦理原水質感測物聯網相關資訊系統、設備或資料庫之交接工作，前開交接工作在地方政府（或本署）監督下執行，後續得標廠商不可因未交接清楚等託辭，據以拒絕承接或要求加價等，機關得依原契約條款解除契約並依政府採購法第 101 條公告處理。

十二、　加值應用

地方政府可應用本署「水科技物聯網應用平臺」，或由本署感測資料蒐集平臺（IoT 平臺）介接資料，自籌經費自行開發資訊平臺及應用資訊系統，結合地理資訊系統及許可管制資料，輔以大數據或 AI 人工智慧，以熱區分析、E 化稽查、環境治理及智慧城鄉等進行創新加值應用，發揮水質感測器實際效益。以上介接資料之相關規定，應配合本署資訊需求及資安要求規定辦理。

十三、　教育宣導

政府積極建置水質感測物聯網，物聯網運用於環境治理係新興科技，而民眾日益關心生活周遭水質及污染來源，仰賴更多即時資訊為生活未來趨勢，地方政府應於精進感測物聯網同步進行水質及污染認知教育宣導工作，將透明公開之感測數據以大眾易懂方式表達，兼具科學普及意義並提升國人科學技術知識。

參、計畫期程及預算編列

一、 預算來源與計畫期程

（一） 合辦經費由「前瞻基礎建設計畫」項下「智聯網-跨世代環境治理計畫」經費支應，由本署依據地方政府提出計畫核定撥付經費，本案採合辦方式辦理，故提出合辦計畫之地方政府仍須有一定比率分攤費用。

（二） 預算研提計畫期程，本合辦案為 111 年（111 年 1 月 1 日至 111 年 12 月 31 日）水質感測器精進作業。原則合辦案至少須執行 6 個月，如因故導致招標延後，得標廠商仍需至少提供 6 個月維運服務。

（三） 本署將優先核定 111 年執行內容與經費需求；惟本案預算經費為前瞻基礎建設計畫特別預算，如未獲立法院審議通過或經部分刪減、凍結，本署得依立法院核定結果另案調整合辦核定經費，且分攤比率可能異於 111 年原先核定分攤比率。

二、 計畫工作項目

（一） 維持感測器持續運作，提供穩定且符合污染熱區鑑

別應用等級需求的感測數據品質，提升輔助環保稽查與環境治理工作。

（二）符合本署資訊安全及應用要求，配合本署（或地方政府）第三方查核、異常檢查、移機應用等所需查察與感測器拆裝等無償協助事項。

三、 預算經費

本署規劃 111 年提供移動式水質感測器安裝、維運費用，每 1 組（10 臺）本署原則分攤 6 個月共計新臺幣（下同）88 萬 2,860 元整，本次經費將以原 110 年有申請及 111 年新申請之地方政府為優先審核。另手持式感測器無分攤經費。

四、 經費分攤

（一）本署將 1 次核定地方政府 111 年精進感測器數據資料服務工作經費，維運點數不可分批申請，地方政府評估最適化點數辦理需求申請。

（二）本案為合辦方式，地方政府及本署共同負擔經費，其中地方政府分攤經費應為 20%以上。本署分攤經費僅能支應於計畫經費明細表所列本署經費分攤

項目（用途別科目），且各項目金額如需調整需報本署變更。本署原則分攤每 1 組（10 臺）6 個月共計 88 萬 2,860 元整，分攤之經費項目包括感測器安裝費、維運費、數據分析費及部分維修費，地方政府應分攤本合辦計畫其他經費項目說明如第（四）項。若地方政府維運期程超過 6 個月，須持續進行感測，則該期間之感測器安裝費、維運費及數據分析費由地方政府自行支應。有關本計畫之經費估算可參考 P.18 表格。

（三）本署分攤經費原則為「業務費」（參依中央政府第一級至第三級用途別科目分類定義及計列標準表），以支應水質感測器維運所需相關費用為原則，且經費科目及用途須合理，並須排除下列本署不分攤經費項目。

（四）地方政府分攤經費可包含人事費、業務費、委辦費等，支應安裝應用之耗材、通訊傳輸費及部分維修費。

經費編列範例（以 10 臺移動式估算）					
用途別	**項目**	**單價(元)**	**單位**	**編列標準(元)**	**備註**
業務費	通訊傳輸費	1,020	10 臺	10,200	**由環保局分攤經費支應** 以 1 門號 170 元/月，10 臺門號使用 6 個月估算。
業務費	國內旅費	221,300	1 式	221,300	**由環保局分攤經費支應** 執行本計畫之人員差運費，一次以 2 人估算。 （原規劃每 2 週維運 1 次，6 個月共 12 次，惟 110 年 5 至 8 月梅雨及颱風季節，感測器因應豪大雨需頻繁維運，故規劃於此 4 個月每週維運 1 次，增加 8 次，修正為 20 次）
業務費	設備維修費(耗材)	50,715	8 組	405,720	**由本署與環保局分攤經費支應，本署分攤 20 萬 2,860 元** 1. 機板：供電電池組 9,500 元、主控制傳輸模組 5,000 元、感測控制模組 7,100 元、pH OEM_B 900 元、EC OEM_B 900 元、DO OEM_B 900 元、RF Module 3,000。 2. 探棒：pH 元件 3,200 元，EC 元件 7,000 元，溫度元件 1,800 元，DO 元件 9,000 元。 3. 以上耗材 1 組 50,715

經費編列範例（以 10 臺移動式估算）					
用途別	項目	單價(元)	單位	編列標準(元)	備註
					元(含稅)，以 8 組估算共計 405,720 元。 4. 本署及環保局各分攤 4 組。
業務費	設備維運費	680,000	1 式	680,000	**本署分攤經費支應** 1. 感測器安裝：安裝費、線材耗材、數據上線確認，12,000 元/臺，共 10 臺。 2. 感測器維運：異常處理排除、現場校正及更換、資料處理及除錯，6,000 元/臺*月，共 10 臺，以 6 個月估算。 3. 數據分析：以 20,000 元/臺，共 10 臺估算。
經費合計（含稅）					1,317,220 元
本署經費分攤（67%）					882,860 元（經常門）
環保局經費分攤（33%）					434,360 元

備註：感測設備應用第 3 年，設備容易出現老化損壞情形。為確保數據品質，111 年度本署分攤設備維修費（耗材更新費用），設備維修費（耗材）含稅 5%。

五、 本計畫本署不分攤經費項目

（一） 土地取得及維護費用。

（二） 增加員額經費（含「聘僱」臨時工作人員）及購置

稽查車、公務車輛等經費。

（三）獎勵金及慰問金。

（四）一般辦公用器具（依行政院頒訂「財物標準分類表」之非消耗品分類項目）。

（五）出國旅費。

（六）補（捐）助支出。

（七）各式宣導品，如紀念品、工作服（帽）等。

（八）照相機、行動電話、音響、電視機、錄放影機、攝影機、電腦等申請合辦機關應自行配備之基本設備經費。

（九）廣告費及業務宣導費。

（十）其他顯與計畫需求不符之項目。

六、 申請期限及方式

111 年度水質感測器合辦計畫以本署發函限期前檢具公文及合辦計畫書，以正式公文函送本署審核。資料如須修正，本署得要求申請機關限期補正。

肆、撥款、核銷及結案

合辦計畫撥款、核銷及結案作業期程如下表，共分 4 次查核點、2 次撥款、1 次預付款轉正、1 次計畫結案。

查核點及提交資料期程		撥款/核銷作業
查核點1 111/4/30前	1. 選址細部規劃書（電子檔） 2. 委辦計畫契約書（電子檔） 3. 第1期款領據（電子檔）	111年5月31日前完成扣減標餘款，並按本署分攤50%第1期經費撥款（預付款）；111年6月30日前完成第1期款（預付款）轉正
查核點2 111/7/31前	1. 初步成果報告（含感測器應用效益評估、至少1個月設備維運與數據管理資料，詳附件二）（電子檔） 2. 佐證資料（維運佐證資料、設備故障或失竊佐證資料，如設備維修單、設備失竊報案三聯單等）（電子檔） 3. 第2期款領據（電子檔） 4. 經費支用狀況表（電子檔）	111年8月31日前完成本署分攤50%第2期經費撥款（預付款）
查核點3 111/9/30前	1. 經費支用狀況表（電子檔） 2. 支出機關分攤表（電子檔）	111年9月30日前本署合辦經費第2期經費（預付款）轉正 *地方政府須於9月30日前完成本署所有分攤經費轉正作業

查核點及提交資料期程		撥款/核銷作業
查核點4 111/11/30 前	1. 計畫全程成果報告（含計畫全程設備維運與數據管理資料）（電子檔） 2. 佐證資料（維運佐證資料、設備故障或失竊佐證資料，如設備維修單、設備失竊報案三聯單等）（電子檔） 3. 委辦計畫成果報告定稿本（電子檔） 4. 經費支用狀況表、經費支用明細表、支出機關分攤表、勞務驗算證明書（電子檔）	111 年 12 月 31 日前本計畫結案作業

註：若有扣款金額將於查核點 4 時一併繳回。

一、 查核點：分 4 次查核點

（一） 查核點 1：地方政府應於 111 年 4 月 30 日前，完成水質感測器選址細部規劃書，包含感測器應用目的及規劃、選址、安裝後巡檢及維修等規劃工作，並提送水質感測器選址細部規劃書、地方政府委辦計畫契約書，並檢附第 1 期款領據，本署預計於 111 年 5 月 31 日前完成第 1 期款撥款地方政府作業。地方政府應於 111 年 6 月 30 日前，提送合辦計畫

經費支用狀況表、支出機關分攤表，完成本署第 1 期款轉正作業。

（二）查核點 2：地方政府應於 7 月 31 日前，提送初步成果報告（包含感測器應用及效益評估[註1]、至少 1 個月設備維運與數據管理資料[註2]、相關應用實例）。如有設備維修、損毀或遺失，請檢附佐證資料（維運佐證資料、設備故障或失竊佐證資料，如設備維修單、設備失竊報案三聯單等）、第 2 期款領據及經費支用狀況表，預計於 111 年 8 月 31 日前完成第 2 期款撥款地方政府作業。

註 1：「感測器應用及效益評估」內容應包含：各感測點應用數據分析，效益高低分析，及建議後續移點或增減感測密度規劃。

註 2：「1 個月設備維運與數據管理資料」請參考附件二。

（三）查核點 3：地方政府應於 111 年 9 月 30 日前，提送合辦計畫經費支用狀況表、支出機關分攤表，完成本署所有分攤經費（預付款）轉正。

（四）查核點 4：地方政府應於 111 年 11 月 30 日前，完成委辦計畫結案驗收等作業，並提送計畫全程成果

報告（包含計畫全程設備維運與數據管理資料、完整環境應用實例）。如有設備維修、損毀或遺失，請檢附佐證資料（維運佐證資料、設備故障或失竊佐證資料，如設備維修單、設備失竊報案三聯單等）、委辦計畫成果報告定稿本、經費支用狀況表、經費支用明細表、支出機關分攤表、勞務驗算證明書。預計於 111 年 12 月 31 日前完成本計畫結案作業。

（五）各期查核點所提交之資料，本署進行審查後，將以電子郵件通知承辦人是否補正。地方政府得依本署通知之補正期限內提交資料，若未於期限內補正完畢，本署將發文檢還相關資料，再請地方政府重新補正後函送本署審查。

二、 撥款：分 2 期撥付

（一）本署核定計畫後，請地方政府優先撥付本署分攤經費，如有賸餘款、工項扣減費用、違約金等，應按分攤比率於該年度內繳回本署。

（二）申請合辦機關函送查核點 1 所需資料、領據至本署，申請撥付已扣減標餘款，並按本署分攤 50%經費。

（三）申請合辦機關函送查核點 2 所需資料、領據至本署，申請撥付本署分攤 50%經費。

※註：經費計算如下

✧ 原總計畫經費 1,317,220 元（環保署 882,860 元，○○縣環保局 434,360 元）。

✧ 計畫決標金額為 1,310,000 元：

✓ 環保署分攤：（882,860/1,317,220）× 1,310,000=878,021

✓ 環保局分攤：（434,360/1,317,220）× 1,310,000=431,979

✧ 計畫標餘款為 7,220 元：

✓ 環保署分攤：（882,860/1,317,220）× 7,220=4,839

✓ 環保局分攤：（434,360/1,317,220）× 7,220=2,381

✧ 環保局第 1 期款請領：

✓ (882,860 × 50%)-4,839=436,591

✧ 環保局第 2 期款請領：

✓ 878,021-436,591=441,430

三、 核銷

（一）申請合辦機關函送查核點 3 所需資料至本署，辦理預付款轉正作業。

（二）考量支出憑證難以分割，各項經費支出，請申請合辦機關以經費支用明細表、支出機關分攤表、經費支用狀況表辦理核銷，原始憑證正本由申請合辦機關留存，供審計機關或本署查核。

四、 結案及罰則

（一）111 年 11 月 30 日前，檢送計畫全程成果報告（包含計畫全程設備維運與數據管理資料、完整環境應用實例）、委辦計畫成果報告定稿本、經費支用明細表、支出機關分攤表、經費支用狀況表、勞務驗算證明書等，函送本署辦理結案。

（二）地方政府如採委辦方式執行本計畫，應於委辦計畫中註明感測器執行天數應達 6 個月（180 天）。若不滿 6 個月，應於契約中訂定扣減或扣罰比率，並將扣款或扣罰金額按分攤比率繳回本署。另感測數據有效資料完整率未達標準及環境應用實例未達標準件次，地方政府如採委辦方式辦理必須訂定扣減或扣罰機制，扣減或扣罰標準依附件一表 2 制訂，並按分攤比率繳回本署。

（三）前項感測數據有效資料完整率將依附件一查核，計算期間為 111 年 5 月 1 日至 111 年 10 月 31 日或是地方政府委辦計畫實際布建期間計算。

伍、審查重點及管考查核

一、 審查重點及評核項目

（一）地方政府研提合辦計畫書應具備事項如下：

1. 計畫名稱。

2. 基本資料。

3. 計畫緣起、計畫目標。

4. 預期效益及成果。

5. 計畫執行方法及步驟（含工作內容、精進感測器數據資料服務規劃、運用水質感測物聯網提升環保稽查與環境治理規劃）。

6. 計畫執行期程。

7. 計畫工作進度（含預定進度表、查核點）。

8. 經費需求（包括地方政府自籌經費及申請本署分攤金額、本署及地方政府分攤比率、預定支用金額分配月份）。

9. 計畫經費明細表。

10. 附件一「感測資料格式規範、資訊服務計價及驗收

準則」、附件二「合辦計畫查核點應注意事項及設備維運與數據管理資料」、附件三「移動式水質感測器_抽驗表」、附件四「因應豪大雨或颱風期間應變措施」、附件五「移動式感測器添購建議規格」及附件六「經費預付轉正作業參考資料」。

（二）審查地方政府提送合辦計畫周延性、合理性、完整性及管理機制，其重點內容如下（參考表一）：

1. 計畫整體規劃（20%）：目標明確性、工作規劃完整性、計畫期程合理性、首長支持度、地方內部協調度等。

2. 感測區域規劃（30%）：感測區域選定之合理性、規劃的感測目的、完整性、是否為環境議題區域等。

3. 數據品管機制（20%）：巡檢方式及頻率（智慧化）、故障排除及檢修維運機制、數據資料品管機制等。

4. 數據應用分析（30%）：配合環境執法應用、結合環保智慧治理、跨域分析應用內容、建置應用及分析系統等。

二、管考查核

（一）本計畫查核項目，包括計畫執行進度、整體經費與本署分攤款使用情形、地方政府內部計畫控管機制、執行效益等。

（二）本計畫將定期管考地方政府感測器執行情形，地方政府應定期填報資料。執行情形填報將以線上雲端連結方式提供，相關連結另以電子郵件通知地方政府承辦人。

（三）地方政府可依政府採購法及其他規定辦理本署核定合辦計畫各項項目，原則應在年度內執行完畢，執行經費如有賸餘，應將賸餘款按分攤比率於年度內繳回本署，由本署解繳國庫。

表一、111 年水質感測器合辦應用計畫評核表（初稿）

【基本資料】

計畫名稱			
合辦申請單位		發文日期/文號	

【評比】

評比項目	評比內容：計畫書敘明程度	分數	備註
計畫整體規劃（20%）	1.目標明確性（擬解決之環境問題）		
	2.工作規劃完整性（含必要項目及附件一）		
	3.計畫期程合理性（安裝、持續維運之承諾）		
	4.首長支持度及地方內部協調度（投入資源）		
感測區域規劃（30%）	1.感測區域選定之合理性（四大原則區域）		
	2.規劃的感測目的與完整性（需有明確應用目的）		
	3.是否為環境議題區域（例如重大污染事件）		
數據品管機制（20%）	1.巡檢比對方式及頻率（智慧化）（數量、時間）		
	2.故障排除、檢修維運機制（解決方式、頻率）		
	3.數據資料品管機制（查核、偏移、正確性）		
數據應用分析（30%）	1.配合環境執法應用（是否應用於稽查）		任 2 點達成即本項目滿分。
	2.結合環保智慧治理（結合智慧城鄉）		
	3.跨域分析應用內容（發展跨域創新應用）		
	4.數據應用及分析系統（環保局應用、管理）		
總分（滿分 100 分）			

優點：	缺點：	其他建議事項：

評比委員（單位）：

附件一、感測資料格式規範、資訊服務計價及驗收準則

110 年 12 月 7 日版修正

一、 感測器屬性資料

（一） 各感測點上的感測器，產出的感測數據，應以本署規定之資料格式發布至本署 IoT 平臺，各資料欄位定義如表 1，且資料格式需視本署環境物聯網感測標準異動而調整。

（二） 感測器更新、感測點位遷移後，應隨時更新於本署 IoT 平臺屬性資料及本署各縣市感測器點位管考表格，以確保感測器現況資料正確。（網址：https://docs.google.com/spreadsheets/d/17LZIFWZHTsJE6G55gq36GB97A2IZQq4EVBdH8LxhxfE/edit?usp=sharing）

表1、感測器屬性資料欄位定義

欄位名稱	欄位編碼	中文解釋
裝置編號	id	裝置識別值
廠商代號	manufacturerid	廠商代號
裝置名稱	name	裝置名稱（請依據命名規範命名）
裝置描述	desc	裝置描述
緯度	lat	緯度

欄位名稱	欄位編碼	中文解釋
經度	lon	經度
移動裝置	mobile	是否為移動裝置，預設 false
設備相關屬性	attributes	設備相關屬性
感測值	data	感測器感測值如下， sensor：感測器 value：感測值 unit：感測值單位

二、 感測數據上傳：

感測器感測數據為每 1 分鐘產出各污染物濃度數據，至遲於感測後 5 分鐘內，以資料串流方式，將即時數據發布至本署 IoT 平臺，即時展示於本署指定資料應用展示資訊網頁（水科技物聯網應用平台，網址：https://wiot.epa.gov.tw/login.aspx）。

三、 感測器資料有效性

（一） 無效數據：

1. 感測器故障至修復並經測試正常期間。

2. 廠商透過非實際感測上傳數據，經查證屬實者。

（二）有效測值：有效值時數為所有經過篩選之合理資料時數總和，做為評估感測點數據完整率的依據。

（三）不可抗力之無效或無測值時數：廠商提出不可抗力時，請地方政府應依契約內容自行判定。發生下列各項不可抗力之無效或無測值時數，廠商須提出足夠證明資料供地方政府審查同意。市電停電或天然災害、意外災害及不可歸責因素所發生造成之無效或無測值情形，包括下列數項：

1. 經地方政府同意替代備品換裝等作業所造成者。
2. 感測器因非執行單位之人為因素破壞致使無法感測者。
3. 正確使用下，仍有超過備品數量感測器送修，且短期無法修復者（須檢附廠商維修紀錄單，紀錄單上應註明送修起訖日期、故障原因）。

（四）感測點於感測期間，如因不可歸責（不可抗力）於維運廠商暫停感測情事，依本署指定感測期間（自 111 年 5 月 1 日至 111 年 10 月 31 日止，或以實際布建日開始計算並至少須執行 6 個月）計算有效資料完整率，並依感測器實際運轉比率計算資料服務經費。

（五）為規範感測數據即時性與有效性，最遲可於感測後5 分鐘內上傳或回補感測數據。如果發現透過非實際感測所得數據上傳至本署 IoT 平臺，經查證屬實即依政府採購法第 101 條公告處理，且針對數據造假部分，請地方政府應嚴加確認。

四、 精進感測器數據資料服務扣款原則

（一）感測有效資料完整率：以提供總資料筆數扣除無效數據筆數後，與應提供的總資料筆數，扣除不可抗力時數的資料筆數，計算出有效資料完整率，計算公式為：

$$\text{有效資料完整率} = \frac{\textit{提供之總資料筆數} - \textit{無效數據筆數}}{\textit{應提供的總資料筆數} - \textit{不可抗力時數的筆數}}$$

（二）總資料筆數定義與計算：總資料筆數為 3 個感測項目（酸鹼度、導電度、溫度，溶氧測項不列入計算），每分鐘產出感測數據，總資料筆數（以感測 6 個月為例）計算公式為：

$$\text{總資料筆數} = 3 \text{ 個測項} \times 60 \text{ 分鐘} \times 24 \text{ 小時} \times 180 \text{ 天}$$

（三）地方政府如採委辦方式執行，應於委辦計畫中訂定

廠商應計算並提供感測器至少執行 6 個月之有效資料完整率，地方政府於計畫結案前進行確認並提交本署審核，若有低於本署規定之有效資料完整率，應依下表 2 之扣罰比率計算違約金，並將違約金按分攤比率繳回本署。

（四）感測資料服務費計價方式：考慮「有效資料完整率」的實際資料服務績效，若有低於本署規定之「有效資料完整率」，地方政府得依合辦計畫得標契約價金（若「感測器應用工項」合併於地方政府其他水污染管制計畫中，請以「感測器應用工項」所編列之經費計算）進行扣罰，理論有效臺數（申請數量之 80%，即每 10 臺至少有 8 臺）之平均有效資料完整率扣罰比率詳如下表 2。有效資料完整率以合辦計畫契約期程總數據有效資料完整率計算，採四捨五入至整位數計算，若有扣罰金額請於查核點 4（111 年 11 月 30 日）時一併繳回。每個查核點皆須提供感測期間之有效資料完整率，但僅於查核點 4（即完整 6 個月感測期間）計算扣罰比率及金額。

表2、合辦計畫契約價金扣罰比率

有效資料完整率(%)	>70	69~65	64~60	59~55	54~50	49~40	39~30	29~20	<20
經費扣款比率(%)	0	3	6	9	12	15	18	21	24

五、 地方政府委辦計畫未達指定執行天數扣款原則

（一） 地方政府如採委辦方式執行本計畫，應於委辦計畫中註明感測器執行天數應達 6 個月（180 天）。若不滿 6 個月，應於契約中訂定扣減或扣罰比率，並將扣減或扣罰金額按分攤比率繳回本署。

（二） 若「感測器應用工項」合併於地方政府其他水污染管制計畫中，請以「感測器應用工項」所編列之經費計算。

六、 環境應用實例未達指定績效指標目標（KPI）扣款原則

（一） 地方政府如採委辦方式執行本計畫，應於委辦計畫中註明移動式感測器每應用 1 組（10 臺）至少完成 1 件次水污染稽查告發案例、1 件次環境應用實例，如稽查應用、低溶氧死魚場域監控、污染排入節點確認、小型化廢水自動連續等，或其他環境創新應

用，共計 2 件次。

（二）若應用實例及後端環境應用未達計畫目標，申請合辦之地方政府必須於委辦計畫中訂定扣減或扣罰機制，建議訂定績效指標目標（KPI），未達應用實例 1 件次則扣款 5 萬元整，最高以 15 萬元為上限，並將扣減或扣罰金額按分攤比率繳回本署。

附件二、合辦計畫查核點應注意事項及設備維運與數據管理資料

110 年 12 月 7 日版修正

- 本計畫「查核點 1」須檢附資料如下：

  1. 選址細部規劃書
  2. 委辦計畫契約書（電子檔）
  3. 第 1 期款領據（本署及環保局請領經費計算公式如 P.25）

- 本計畫「查核點 2」須檢附資料如下：

  1. 初步成果報告（核定數量水質感測器應用工作、相關應用案例等）
  2. 感測器應用及效益評估（各感測點應用數據分析，效益高低分析及建議後續移點或增減感測密度規劃等），併入初步成果報告
  3. 至少 1 個月設備維運與數據管理資料（感測期間原始數據 raw data、有效資料完整率），併入初步成果報告

4. 佐證資料（維運佐證資料、設備故障或失竊佐證資料，如設備維修單、設備失竊報案三聯單等）

5. 第 2 期款領據（本署及環保局請領經費計算公式如 P.25）

6. 經費支用狀況表（第 2 期款請領用）

- 本計畫「查核點 3」須檢附資料如下：

1. 經費支用狀況表

2. 支出機關分攤表

- 本計畫「查核點 4」須檢附資料如下：

1. 計畫全程成果報告（完整環境應用實例）

2. 計畫全程設備維運與數據管理資料（感測期間原始數據 raw data、有效資料完整率），併入成果報告

3. 佐證資料（維運佐證資料、設備故障或失竊佐證資料，如設備維修單、設備失竊報案三聯單等）

4. 委辦計畫成果報告定稿本

5. 經費支用狀況表

6. 經費支用明細表

7. 支出機關分攤表

8. 勞務驗算證明書

- 原始數據及完整率下載方式

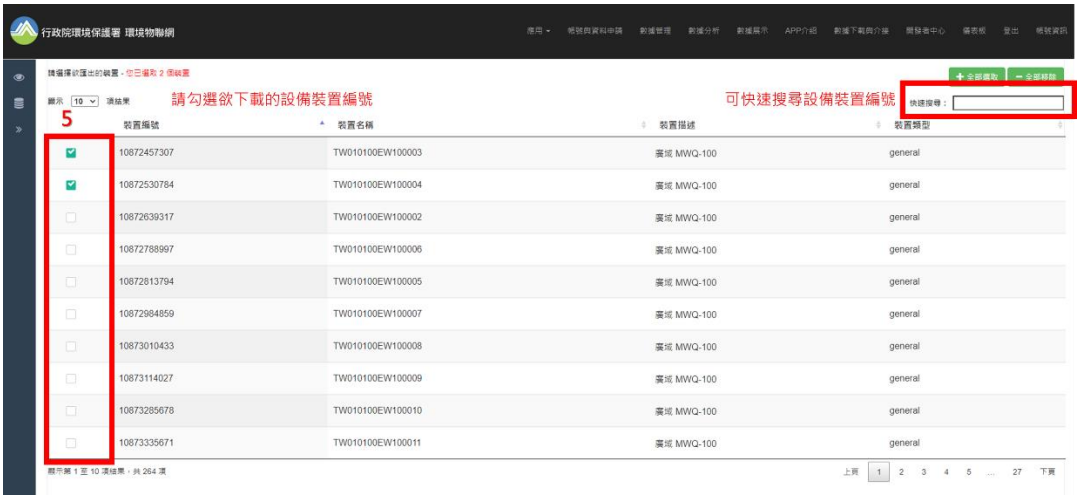
1. 本署 IoT 平臺網址：https://iot.epa.gov.tw/iot/。地方政府皆有提供專屬帳號。

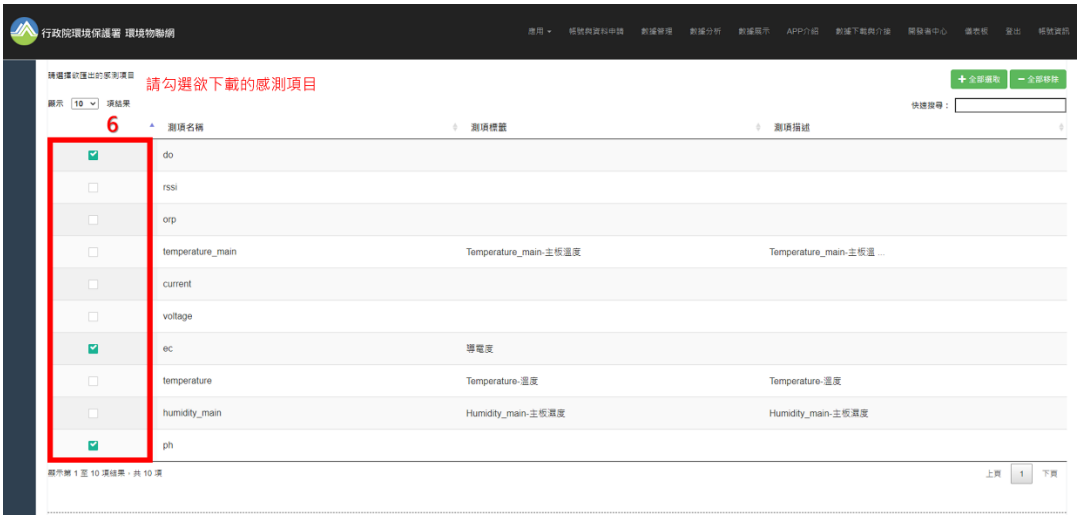
2. 點選左側下載中心。



3. 原始數據下載：於「感測資料下載」分頁中，選擇專案、起迄時間、勾選橫向呈現、設備名稱、設備編號、感測項目及輸入收件人信箱。

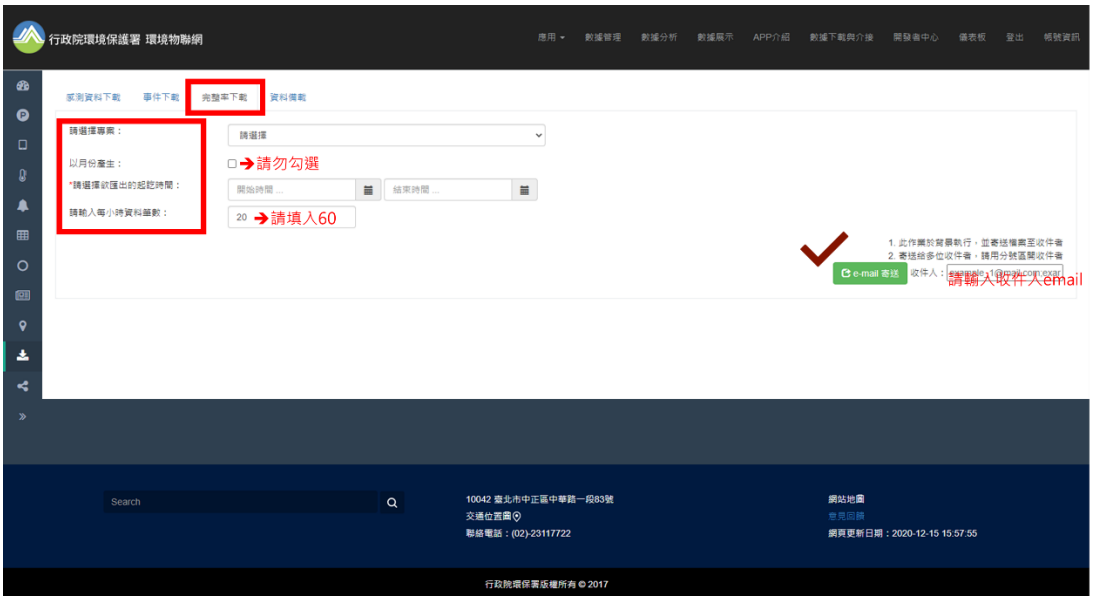

行政院環境保護署 環境物聯網
1
2
請選擇專案
請選擇日期區間(最長為3個月，若欲下載區間較長，請分次下載)
選擇匯出欄位：
3
4


行政院環境保護署 環境物聯網
請勾選欲下載的設備裝置編號
可快速搜尋設備裝置編號
5
裝置編號
裝置名稱
裝置描述
裝置類型


行政院環境保護署 環境物聯網
請勾選欲下載的感測項目
6
測項名稱
測項標籤
測項描述



4. 完整率下載：於「完整率下載」分頁中，選擇專案、起迄時間、每小時資料筆數及輸入收件人信箱。



- 維運佐證資料範例

維運佐證資料原則需包含感測器維運時間、維護事項、手持式比對數據等，有照片為佳，參考下表，地方政府得依需求自行調整格式。

表1、維運佐證資料範例

站號	IMEI	設備名稱	維運時間	維護事項	設備數據				手持數據				照片
					pH	EC (µS/cm)	T (℃)	DO (mg/L)	pH	EC (µS/cm)	T (℃)	DO (mg/L)	
202	355001091OOOOOO	OO 河-上游1	6/20 10:00	電壓過低，更換電池	7.5	750	20	4.5	7.3	730	19.9	5	
			7/1 14:00	數據偏移，清除生物膜									
			7/9 10:00	數據偏移，清除生物膜無效，重新校正									
008	355001091OOOOOO	OO 河-上游2	6/20 10:20	電壓過低，更換電池									
			7/1 14:20	數據偏移，清除生物膜									

查核點 1 本署審查確認範例

111 年度○○縣（市）水質感測器合辦應用計畫

查核點 1 審查確認表

預審單位：財團法人工業技術研究院

複審單位：行政院環境保護署環境監測及資訊處 審查日期：111/5/1

【基本資料】

計畫名稱	111 年度○○縣（市）水質感測器合辦應用計畫		
合辦計畫申請單位	○○縣（市）政府環境保護局	發文日期/文號	111 年○○月○○日 字第○○○○○○○○號
計畫核定金額	1,317,220 元（環保署：882,860 元，○○縣（市）環保局：434,360 元）		
計畫決標經費	1,310,000 元（環保署：878,021 元，○○縣（市）環保局：431,979 元）		
第 1 期款請領	436,591 元 （本署分攤經費 50%-標餘款）	第 2 期款請領	441,430 元 （本署分攤經費 50%）

【審查文件】

評比項目	重點內容	預審	複審
核定數量水質感測器應用工作	完成本署核定之 10 臺移動式水質感測器選址規劃作業（詳選址細部規劃書）。		
委辦計畫契約書	檢附委辦計畫契約書（電子檔）。		
領據	檢附合辦計畫第 1 期款領據 1 份，請領（本署分攤經費 50%-標餘款）元。		
建議修正事項			

查核點 2 本署審查確認範例

111 年度○○縣（市）水質感測器合辦應用計畫

查核點 2 審查確認表

預審單位：財團法人工業技術研究院

複審單位：行政院環境保護署環境監測及資訊處 審查日期：111/8/1

【基本資料】

計畫名稱	111 年度○○縣（市）水質感測器合辦應用計畫		
合辦計畫申請單位	○○縣(市)政府環境保護局	發文日期/文號	111 年○○月○○日 字第○○○○○○○○號
計畫核定金額	1,317,220 元（環保署：882,860 元，○○縣（市）環保局：434,360 元）		
計畫決標經費	1,310,000 元（環保署：878,021 元，○○縣（市）環保局：431,979 元）		
第 1 期款請領	436,591 元 （本署分攤經費 50%-標餘款）	第 2 期款請領	441,430 元 （本署分攤經費 50%）

【審查文件】

評比項目		重點內容	預審	複審
初步成果報告	核定數量水質感測器應用工作	完成本署核定之 10 臺移動式水質感測器應用工作。		
	感測器效益應用效益評估	完成本署核定之 10 臺移動式水質感測器應用及效益評估。		
	感測數據資料上傳至本署指定平臺	完成本署核定之 10 臺移動式水質感測器上傳本署指定平臺（IoT 平臺）數據資料。 （詳附件 raw data 及有效資料完整率）		
	相關應用案例	完成移動式__件水質感測器環境應用實例。		
	佐證資料	檢附設備維修單 1 式。		
領據		檢附合辦計畫第 2 期款領據 1 份，請領（本署分攤經費 50%）元。		
經費核銷資料		經費支用狀況表。		
建議修正事項				

查核點 3 本署審查確認範例

111 年度○○縣（市）水質感測器合辦應用計畫

查核點 3 審查確認表

預審單位：財團法人工業技術研究院

複審單位：行政院環境保護署環境監測及資訊處 審查日期：111/9/1

【基本資料】

計畫名稱	111 年度○○縣（市）水質感測器合辦應用計畫		
合辦計畫申請單位	○○縣(市)政府環境保護局	發文日期/文號	111 年○○月○○日 字第○○○○○○○○號
計畫核定金額	1,317,220 元（環保署：882,860 元，○○縣（市）環保局：434,360 元）		
計畫決標經費	1,310,000 元（環保署：878,021 元，○○縣（市）環保局：431,979 元）		
第 1 期款請領	436,591 元 （本署分攤經費 50%-標餘款）	第 2 期款請領	441,430 元 （本署分攤經費 50%）

【審查文件】

評比項目	重點內容	預審	複審
經費支用狀況表	檢附經費支用狀況表 1 式。		
支出機關分攤表	檢附支出機關分攤表 1 式。		
建議修正事項			

查核點 4 本署審查確認範例

111 年度○○縣（市）水質感測器合辦應用計畫

查核點 4 審查確認表

預審單位：財團法人工業技術研究院

複審單位：行政院環境保護署環境監測及資訊處 審查日期：112/12/1

【基本資料】

計畫名稱	111 年度○○縣（市）水質感測器合辦應用計畫		
合辦計畫申請單位	○○縣(市)政府環境保護局	發文日期/文號	111 年○○月○○日 字第○○○○○○○○號
計畫核定金額	1,317,220 元（環保署：882,860 元，○○縣（市）環保局：434,360 元）		
計畫決標經費	1,317,000 元（環保署：878,021 元，○○縣（市）環保局：431,979 元）		
第 1 期款請領	436,591 元 （本署分攤經費 50%-標餘款）	第 2 期款請領	441,430 元 （本署分攤經費 50%）

【審查文件】

評比項目		重點內容	預審	複審
計畫全程成果報告	核定數量水質感測器應用工作	完成本署核定之 10 臺移動式水質感測器應用工作。		
	感測數據資料上傳至本署指定平臺	完成本署核定之 10 臺移動式水質感測器上傳本署指定平臺（IoT 平臺）數據資料。（詳附件 raw data 及有效資料完整率）		
	相關應用案例	完成移動式__件水質感測器環境應用實例。		
	佐證資料	檢附設備維修單 1 式。		
委辦計畫成果報告定稿本		檢附委辦計畫成果報告定稿本 1 式。		
經費核銷資料		經費支用狀況表、經費支用明細表、支出機關分攤表、勞務驗算證明書。		
建議修正事項				

附件三、移動式水質感測器_抽驗表

110 年 12 月 7 日版修正

111年度移動式水質感測器_抽驗表						
縣市：	站號：	站名：		日期：		
開始時間：		結束時間：				
類別	檢查工作項目			是	否	備註(含處理情形)
拍照記錄	1. 設備撈起前			□	□	
	2. 設備撈起後、清潔前			□	□	
	3. 設備撈起後、清潔後			□	□	
	4. 設備放回後			□	□	
設備撈起前 手持式設備數據比對		手持式設備數據	平台數據			
	1. pH					
	2. EC					
	3. DO					
	4. Temperature					
感測器主體	1. 防水盒及所有接頭是否確實鎖緊？			□	□	□ 更換pH探棒
	2. 電池電量及太陽能板充電狀態是否正常？			□	□	□ 更換EC探棒
	3. 資料上傳是否正常（連續10分鐘上傳）			□	□	□ 更換DO探棒
	4. GPS定位是否正常？			□	□	□ 更換水溫探棒
	5. 保護板金是否受損？			□	□	□ 重新校正pH
	6. 防水盒是否受損？			□	□	□ 重新校正EC
	7. 固定鋼構是否穩固？			□	□	□ 重新校正DO
	8. 設備是否濕滑？（ 如設備濕滑、則不須做設備撈起前手持式設備數據比對 ）			□	□	
太陽能板	1. 太陽能板是否受損？			□	□	
	2. 是否進行太陽能板板面玻璃清潔			□	□	
	3. 電纜及接頭是否穩固？			□	□	
設備清潔前 標準液教據比對 （浸泡2分鐘後數值）		標準液	平台數據			
	1. pH	pH 4				
		pH 7				
		pH 10				
	2. EC	84 µS/cm				
		12880 µS/cm				
	3. DO（感測區吸乾後，置於無風大氣中）	大氣中	飽和度 %			
	4. 氣溫	NA				
清潔探棒	1. 是否執行物理性清潔（加壓水、刷洗）?			□	□	
	2. 是否執行化學性清潔（浸泡9%醋酸或1:50稀釋漂白水）?			□	□	
設備清潔後 標準液教據比對 （浸泡2分鐘後數值）		標準液	平台數據			
	1. pH	pH 4				
		pH 7				
		pH 10				
	2. EC	84 µS/cm				
		12880 µS/cm				
	3. DO（感測區吸乾後，置於無風大氣中）	大氣中	飽和度 %			
	4. 氣溫	NA				
設備放回後 手持式設備數據比對		手持式設備數據	平台數據	合格 是	合格 否	數據標準
	1. pH			□	□	±1
	2. EC			□	□	±15% 或±75 µS/cm
	3. DO			□	□	±1 mg/L
	4. Temperature			□	□	±1 °C
抽驗單位：		操作人員：				

附件四、因應豪大雨或颱風期間應變措施

110 年 12 月 7 日版修正

一、 緣起說明

臺灣地處副熱帶季風區，在 5 及 6 月梅雨季及 7 至 9 月颱風季經常有豪大雨之情形發生。為避免移動式感測器因豪大雨致水位暴漲或水流湍急，而造成設備故障、損壞或遺失，本署特訂定本應變措施以因應豪大雨或颱風時段列為不可抗力因素之相關說明。

二、 豪大雨時段定義與說明

(一) 豪大雨時段定義

豪大雨時段定義以氣象局網頁上之「天氣概況週報」(https://www.cwb.gov.tw/V8/C/)為準，適用區域範圍以週報所提之地區為主。

例如：6 月 4 日天氣概況週報提到「4 日鋒面接近及颱風外圍環流影響，東南部及中南部地區有局部短暫陣雨或雷雨，其他地區為多雲到晴，午後有短暫雷陣雨，易有局部短延時強降雨，並有局部大雨或豪雨發生的機率。

5 日至 7 日滯留鋒面影響，5 日、6 日西半部及東北部地區有陣雨或雷雨，易有短時強降雨並有大雨或豪雨，尤其南部山區有局部大豪雨發生的機率，其他地區亦有局部短暫陣雨或雷雨；7 日西半部及東北部地區仍有短暫陣雨或雷雨，其他地區亦有局部短暫陣雨或雷雨。」



圖 1、6 月 4 日天氣概況週報

(二) 颱風時段定義

颱風時段定義以氣象局網頁上之「天氣概況」（https://www.cwb.gov.tw/V8/C/）為準，適用區域範圍為全臺（含離島）。

例如：7 月 19 日天氣概況提到「四、海上強風特報：

1. 第 6 號颱風外圍環流影響，明（20 日）晚起臺灣北部海面及臺灣東北部海面平均風力將增強至 6 級，雷雨區最大陣風 9 級，船隻請注意。

2. 第 7 號颱風外圍環流影響，廣東海面平均風力 7 至 8 級，最大陣風 10 級；東沙島海面平均風力 6 至 7 級，雷雨區最大陣風 10 級；中西沙島海面及南沙島海面平均風力可達 6 級，雷雨區最大陣風 9 級，船隻請特別注意。今（19 日）下午起廣東海面平均風力將增強至 9 到 10 級，最大陣風 12 級；東沙島海面平均風力將增強至 7 到 8 級，最大陣風 10 級；南沙島海面平均風力將增強至 6 到 7 級，雷雨區最大陣風 10 級；晚起巴士海峽平均風力將增強至 6 級，雷雨區最大陣風 9 級，船隻請嚴加戒備。明（20 日）晨起廣東海面平均風力將增強至 11 到 12 級，最大陣風 14 級，船隻請嚴加戒備。明（20 日）東沙島海面平均風力將稍減弱。

3. 第 6 號颱風外圍環流影響，明（20 日）晨起東海南部平均風力將增強至 6 到 7 級，雷雨區最大陣風 10 級；下午起東海北部平均風力將增強至 6 級，

最大陣風 8 級，船隻請特別注意。」



圖 2、7 月 19 日天氣概況

(三) 不可抗力之時段說明

1. 豪大雨時段:原則以「週報所提豪大雨發生前 2 日」為基準，請環保局自行判斷是否先收起感測器，如環保局因應 6 月 4 日有豪大雨發生可能，本署以 6 月 4 日為基準，回推前 2 日及後 2 日均列為不可抗力時間(即，不可抗力時段為 6 月 2 日至豪大雨結束後 2 日)，可於豪大雨發生前 2 日收起設備，豪大雨結束後 2 日需將設備恢復。

2. 颱風時段：原則以「發布颱風及外圍環流影響」為基準，請環保局自行判斷是否先收起感測器，如環

保局因應有颱風侵襲可能，本署以氣象局發布海上颱風警報時間為基準，在發布颱風及外圍環流影響前 2 日至颱風警報解除後 2 日內均列為不可抗力時間，可於發布颱風及外圍環流影響時收起設備，在颱風警報解除後 2 日恢復原狀，若因颱風影響到至原點位不宜設置（請拍照作為佐證依據），請環保局優先評估移往他處，該點位若為環保局重要監控點，請於現場恢復後再移回原處。若颱風過後當地仍受外圍環流影響導致豪雨或災情或有其他因素，導致暫無法設置，請提出佐證資料及說明，以利列入不可抗力因素時段。

(四) 不可抗力之佐證資料說明

1. 豪大雨時段：提供氣象局網頁「天氣概況週報」截圖、收起及恢復設備之現場照片（提供拍攝日期）以及當日實際雨量(https://www.cwb.gov.tw/V8/C/P/Rainfall/Rainfall_QZJ.html)，作為不可抗力之佐證資料，以利本署扣除該期間之數據完整率。

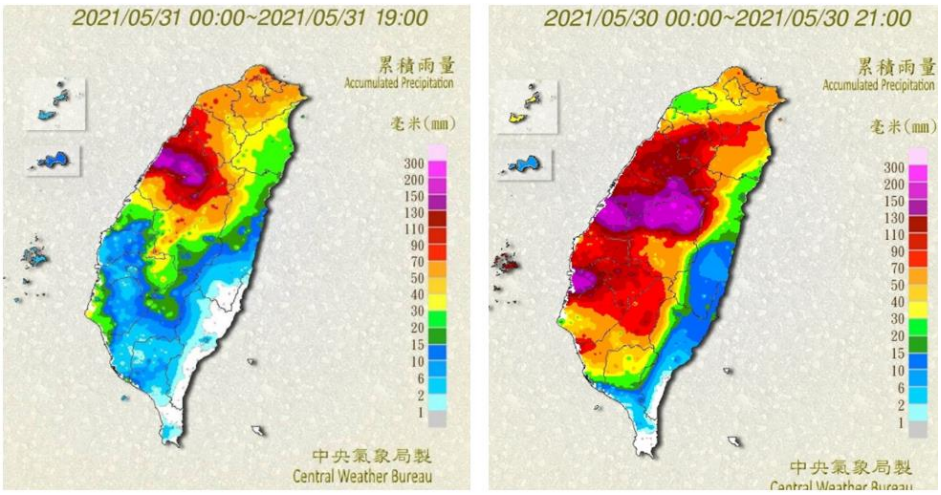


圖 3、當日實際雨量截圖範例

2. 颱風時段：提供氣象局網頁「天氣概況」中「發布颱風及外圍環流影響」及「發布解除颱風警報」之截圖、收起及恢復設備之現場照片（提供拍攝日期），作為不可抗力之佐證資料，以利本署扣除該期間之數據完整率。

附件五、移動式感測器添購建議規格

110 年 12 月 7 日版修正

地方政府可視實際應用需求，自行添購移動式感測器設備及相關耗材，本設備規格及優規版本如下表 1，其他選配耗材建議如下表 2。

表1、移動式感測器添購建議規格

項目	本計畫版本	優規版本
產品尺寸（mm）	354L x 360W x 204H	300L x 310W x 200H
內部防水盒尺寸（mm）	190L x 280W x 130H	170L x 240W x 130H
產品淨重	3.3 kg	< 3 kg
電源供給	14.4V/2400mAh	14.4V/1200mAh
電池續航	7 天	14 天
外接電源	可外接太陽能板	可外接行動電源、太陽能板，提供快速更換電源方案
通訊模組	4G	4G
儲存功能	16 G	16 G
GPS	有	有
感測項目	酸鹼值、導電度、溫度及溶氧	酸鹼值、導電度、溫度及溶氧
校正方式	具校正 UI 模組	具校正自動化程序

表2、移動式感測器耗材添購建議

項目	參考售價
供電電池組（供電電池板、智能充電模組、鋰電池 2 組）	9,975 元
30W 太陽能板+支架（含螺絲包）	6,300 元
主控制傳輸模組（智能控制主板、LTE 傳輸&GPS、SD 記憶卡）	5,250 元
感測控制模組	7,455 元
pH OEM_B	945 元
EC OEM_B	945 元
DO OEM_B	945 元
RF Module	3,150 元
酸鹼值感測元件	3,360 元
導電度感測元件	7,350 元
溶氧感測元件	9,450 元
溫度感測元件	1,890 元

附件六、經費預付轉正作業參考資料

110 年 12 月 7 日版修正

111年水質感測器合辦試驗計畫-附件

行政院環保署合辦計畫經費支用狀況表

中華民國　　年　　月　　日

單位：新台幣元

合辦計畫名稱	年度	計畫總經費	分攤比率%	環保署累計撥款數	合辦機關累計支用數			署分攤款未完成支用原因	賸餘數及違約罰款金額	賸餘數及違約罰款繳退日期	備註
					署分攤款	地方分攤款	小計				

備註：賸餘數及違約罰款金額請分別列明。

單位主管　　主辦會計　　機關長官

填表人

格式四

（機關名稱）

支出機關分攤表

年 月 日 單位：新臺幣元

所屬年度月份： 年度 月份		總金額：
分攤機關名稱	分攤基準	分攤金額
合 計		

承辦單位人員	承辦單位主管人員	會計單位人員	主辦會計人員或其授權代簽人	機關長官或其授權代簽人

附註：

1.本表由承辦單位人員依據相關支出機關分攤支付款項填列。

2.機關在不牴觸本要點規定前提下，得依其業務特性及實際需要，酌予調整本表格式（如增列核章欄位等）。

➢ 經費支用明細表(範例)

	經費源	用途別	項目品名	日期	金額(元)	
已撥款	環保署	業務費	委辦費			
	環保局	業務費	出差費			
已撥款	環保署	業務費	委辦費			
	環保局	業務費	委辦費			
總額						

承辦單位人員	承辦單位主管人員	會計單位人員	主辦會計人員或其授權代簽人	機關長官或其授權代簽人

附件四、112~113 年度水質感測器合辦計畫

應用說明及注意事項

行政院環境保護署

112~113 年度水質感測器合辦計畫
應用說明及注意事項

111 年 10 月 27 日版修正

中華民國 111 年 10 月

目錄

壹、緣起說明.....1

貳、合辦方式及應注意事項.....4

一、 推動面向.....4

二、 合辦項目.....4

三、 感測項目及設備說明.....5

四、 安裝應用作業.....5

五、 運轉中管理及查核作業.....8

六、 感測數據上傳及下載.....10

七、 本署驗收機制.....10

八、 其他感測器及耗材.....11

九、 資訊安全要求.....12

十、 感測物聯網權利義務.....12

十一、設備轉移跟移交.....13

十二、加值應用.....13

十三、教育宣導.....14

參、計畫期程及預算編列.....15

一、 預算來源與計畫期程.....15

二、 計畫工作項目.....16

三、 預算經費 16
四、 經費分攤 16
五、 本計畫本署不分攤經費項目 19
六、 申請期限及方式 20
肆、撥款、核銷及結案 21
一、 查核點：分 6 次查核點 23
二、 撥款：分 3 期撥付 25
三、 核銷：分 3 期轉正 27
四、 結案及罰則 28
伍、審查重點及管考查核 30
一、 審查重點及評核項目 30
二、 管考查核 32
附件一、感測資料格式規範、資訊服務計價及驗收準則 34
附件二、合辦計畫查核點應注意事項及設備維運與數據管理資料 41
附件三、移動式水質感測器_抽驗表 54
附件四、因應豪大雨或颱風期間應變措施 55
附件五、移動式感測器添購建議規格 61
附件六、經費預付轉正作業參考資料 64

壹、緣起說明

一、 本案依據前瞻基礎建設「民生公共物聯網數據應用及產業開展計畫」項下「智聯網-跨世代環境治理計畫」辦理，行政院環境保護署（以下稱本署）規劃與地方政府持續推動感測器應用與數據品質優化工作。

二、 本署已於全國重點河川水體實施定期採樣監測，每月蒐集最新監測數據，另依據水污染防治法規定全國特定業別及規模工廠，需加裝廢水自動監測及連線傳輸系統。近幾年因為飲用水質、偷排污染及死魚環境議題受各界重視，現行監測方式所提供大尺度時間及區域水質資訊無法滿足其每日生活周遭所需的小尺度環境數據，亦無法掌握當地環境可能產生之污染熱區。

三、 有鑑於近幾年水質感測器技術日益成熟，以及資通訊技術突飛猛進，運用最新物聯網科技，將我國水質感測體系朝網網相連的高時空解析自動連續感測體系規劃，可做為智慧城市或智慧城鄉發展之基礎。

四、 本署為了提升地方政府推動智慧城市之願景，將「數據分析」做為智慧環境治理之工具，有效掌握地方轄區河川水體水質、水質污染熱區及執行 E 化稽查，同

時推動群眾外包工作，結合民眾取得更多水質數據及資訊透明需求，推動水質感測器感測工作已刻不容緩。

五、 本合辦計畫說明包含移動式感測器申請及維持感測器運作，以提供數據資料服務（以下簡稱維運）。

六、 請地方政府持續精進感測器數據品質，落實管理感測器安裝作業、運轉中管理及查核作業。

七、 合辦計畫感測數據上傳及驗收機制詳如「附件一、感測資料格式規範、資訊服務計價及驗收準則」。

八、 地方政府應於合辦計畫執行過程中持續維運設備，並檢附數據管理相關資料，詳如「附件二、合辦計畫查核點應注意事項及設備維運與數據管理資料」。另本署得每 3 個月臨時抽驗 1 次數據品質，抽驗表詳如「附件三、移動式水質感測器_抽驗表」。

九、 為避免移動式感測器因豪大雨或颱風期間致水位暴漲或水流湍急，而造成設備故障、損壞或遺失，相關應變措施詳如「附件四、因應豪大雨或颱風期間應變措施」。

十、 地方政府得依實際應用需求，另添購感測器及感測元

件耗材、太陽能板耗材等，建議移動式感測器規格參考「附件五、移動式感測器添購建議規格」。

十一、經費撥款及經費預付款轉正作業，須檢附經費支用狀況表、支出機關分攤表，詳如「附件六、經費預付轉正作業參考資料」。

貳、合辦方式及應注意事項

一、　推動面向

水質感測器發展應用於環境治理，屬跨領域工作，其成功關鍵因素包括良好的感測設備及數據品質、有效的感測器機動感測位置、連續的資訊匯流及創新的分析應用等層面，故地方政府依轄區特性及地理屬性，以基礎建構面、整合感測面、智慧應用面及創新加值面合作推動水質感測器之環境物聯網工作。

二、　合辦項目

（一）延續性計畫：延續 111 年度地方政府合辦應用計畫，由本署提供移動式感測器維運經費予 109~111 年有向本署申請移動式感測器之地方政府，須於 112~113 年維持移動式感測器至少 12 個月正常運作，以蒐集感測數據資料加以分析運用。

（二）新申請計畫：本署提供移動式感測器 40 臺，開放地方政府申請。地方政府請以 1 組為單位（移動式感測器 10 臺為 1 組）申請。由本署提供 12 個月移動式感測器維運經費予向本署新申請移動式感測器之地方政府，並於 112~113 年維持移動式感測器至

少 12 個月正常運作，以蒐集感測數據資料加以分析運用。

（三）使用本署所提供之水質感測器應定期配合本署追蹤管考使用情形。

三、　感測項目及設備說明

移動式感測器：感測項目包含酸鹼值、導電度、溫度、溶氧共 4 項，具備內部溫濕度監控模組，通訊模組採用 4G 無線通訊，感測器供電模組為內置鋰電池，且有供電穩壓設計及接用不同電源轉換設計，並確保感測器運作及資料傳輸之電力無虞，可提供 1 週連續感測（新版設備體積縮小，內建電池組可提供 3 天連續感測）。外部提供太陽能板、市電及電池接口，可同時充電及供電，地方政府得視需求自行增購置太陽能板及網路線安裝使用（功率建議 30W 以上）。

四、　安裝應用作業

（一）移動式感測器：感測器具有錨錠及漂流 2 種應用方式，以專案形式作為短期水質感測。錨錠式可安裝於固定點位，執行連續數週感測，地方政府需事先

篩選出疑似污染點位，再配合感測器高頻率感測污染異常事件；另漂流式可沿水體流動，感測河川流系水質概況，亦可應用於突發污染事件，掌握污染時空特性。詳細內容請參考本署「移動式水質感測器布建及應用作業指引」。

1. 選址條件：為有效利用投入資源，擴大布建具體效益。地方政府進行安裝選址應以能解決實際迫切面臨之環境問題為優先，如重點污染潛勢區、民眾經常檢舉區域及環境污染事件頻發區域：(1)依據過去水質、地下水、土壤或底泥監測背景資訊，挑選經常超標地區；(2)篩選經常受到陳情或有重大環境污染議題事件地區；(3)挑選周遭或場域下游有敏感受體地區；(4)分析事業處理水量、用電量、用藥量、污泥產生量及處理情形等，建立事業污染潛勢清單，篩選優先稽查對象；(5)考量通訊傳輸良好及布建維運較為容易地區。決定可能布建場域後，再針對場域特性選擇合適布建地點，應同時考量(1)區別性：各感測點要有區別性，代表不同分支流水域；(2)代表性：能代表該感測環境水質，如重

要取水口、農田渠道；(3)完整性：對於流域掌握度應完整，涵蓋上中下游整體場域；(4)目的性：以解決問題為導向，設置於疑似污染源頭附近，以利於後續資料加值應用，發揮實質效益。

2. 裝機位置篩選準則：選定感測區域類型及場域範圍後，感測器裝機應優先設置於放流口、下游一定距離匯流處及污染流域，並確認感測器需有數據代表性及應用目的性，以發揮最大效益，並且在裝機時應注意隱密性，避免被人為蓄意破壞為原則。建議裝設位置應避免感潮河段，需有固定處，包括橋、巨石、樹木等，若無固定處則應選擇流速較慢水域，且位置便於維運，並注意豐水及枯水期水位高度，以避免擱淺、繩索纏繞問題。實際選定之場域、感測點位（地點）及應用計畫，應於感測器布建前列於選址細部規劃書，函知本署，本署得視情形現場會勘，據以調整感測位置。

3. 備機應用：本合辦計畫要求至少安裝感測器數量為地方政府申請維運數量之 80%，其餘感測器可作為備機使用，於現場感測器損壞時進行取代，以

避免感測器損壞送修期間影響數據完整率。

4. 安全措施：感測器安裝時應設置強化保護措施，如固定處需配備簡易鎖頭，並注意隱蔽性，避免有心人士破壞或竊取。若感測器仍遺失，發現第一時間需立刻報警，留存三聯單證明，以利辦理財產報廢等後續作業程序。

五、　運轉中管理及查核作業

（一）移動式感測器：地方政府設置後須固定蒐集檢視數據，並確保維持一定數據品質，至少每 2 週 1 次設備巡檢及維運，每次維運時應與市售參考標準進行比對，針對數據品質明顯不佳的感測器應現場簡易校正、檢修或直接更換備機後送維修；另應定期與標準液進行比對校正，以維持數據品質穩定。另本署得每 3 個月臨時抽驗 1 次數據品質，抽驗臺數為申請數量之 20%，地方政府應配合抽測，比對步驟如下：

1. 先以市售手持式設備於同場域感測比對感測器數值並記錄下來；若因場域受限，可撈取水樣於岸邊

比對；若比對數值不合格，須將設備撈起以標準液進行量測比對。

2. 清潔儀器外殼及感測頭，記錄感測器髒污情形與清潔方式。

3. 清潔後，再一次與標準液量測比對感測器數值並記錄下來；若比對數值不合格，請以校正軟體進行設備現場校正後再與標準液進行量測比對，並重複校正與量測比對值到比對數值合格，或確定設備故障或損毀需進一步檢修。

4. 無論設備有無清潔或校正，設備放回原場域後，需再以市售手持式設備於同場域感測比對感測器數值並記錄下來。

感測器安裝後，需於初步成果報告中提出感測器點位效益評估。若無明顯效益點位，建議檢討安裝位置並規劃移機作業，強化污染熱區掌握。校正建議：(1)酸鹼值：pH 4 至 pH 10 ± pH 0.5，其餘範圍 pH ± 1；(2)導電度：<500μS/cm ± 75μS/cm，其餘範圍 ± 15%；(3)溫度：± 1℃；(4)溶氧：± 1 mg/L。設備誤差範圍資

訊：(1)酸鹼值：pH 0 至 pH 14 ± 0.02；(2)導電度：0.7 至 50,000μS/cm ± 2%；(3)溫度：-40 至+125℃ ±1℃；(4)溶氧：0 至 100 mg/L ± 0.05 mg/L。

六、 感測數據上傳及下載

感測器數據資料統一上傳至本署 IoT 平臺（網址：https://iot.epa.gov.tw/iot/），依據本署制定之資料格式、欄位名稱及頻率進行上傳，並應具備資料完整度（詳附件一）。

七、 本署驗收機制

移動式感測器：地方政府應提供水質感測器資料服務外，每月須提供應用數據加值分析及數據比對結果，並填報應用狀況。每應用 1 組（10 臺）至少完成 2 件次水污染稽查告發案例、2 件次環境應用實例，如稽查應用、低溶氧死魚場域監控、污染排入節點確認、小型化廢水自動連續監測設備（CWMS）監控事業等用途，或其他環境創新應用，合計共 4 件次。

地方政府所提供移動式水質感測器資料服務，申請每 10 臺至少須有 8 臺感測器之有效資料完整率達

70%以上(地方政府若有設備遺失或報廢，導致感測器不滿 10 臺，應自行購買設備或由委辦廠商提供設備等方式補足臺數，設備需為本署提供之版本或優規版，詳細規格請參考附件五說明)。感測器遇維修期間，則可以其他替代之感測器合併計算。有效資料完整率計算方式為實際上傳筆數（以本署 IoT 平臺資料為主）除以理論上傳筆數，各感測點每 1 分鐘產出各污染物濃度感測數據，需以資料串流方式，將即時數據上傳至本署 IoT 平臺。有效資料完整率以扣除無效數據後的總數據完整率計算（計算方式如附件一）。

感測器在布建期間若遇故障，應提出維修證明(檢附維修單，應備註維修起訖日期、故障原因等)；若遇不可抗力因素(如天災、豪雨、颱風、疫情、臨時斷電等)，應提出證明。有效資料完整率計算時才可扣除不可抗力因素導致之資料缺失時段（詳附件一）。

八、　其他感測器及耗材

地方政府得依實際應用需求，另添購感測器及感測元件、太陽能板耗材等，以優化水質物聯網運作，選用感測器或耗材不得低於本署移交地方政府感測器

規格，包括：功能、量測範圍、精確度等（移動式感測器規格可參考附件五）。

九、 資訊安全要求

為使水質感測物聯網資通訊安全更為強固，於未來感測器及耗材購時，建議採用國產自主生產為優先，禁用中國製之感測元件與模組、微控制器及通訊模組。地方政府應配合民生公共物聯網及本署辦理各項漏洞競賽與查核，亦應加強感測器及資訊系統之資訊安全自主稽查作業，確保感測設備、物聯網閘道器、網路設備、後臺伺服器及應用程式等應符合「民生公共物聯網資通安全要求」，並將提出各條文相對應策略及作法，其中「可選項條文要求」得透過風險評估方式進行適用或排除。

十、 感測物聯網權利義務

為確保水質感測物聯網持續營運，對於合辦感測物聯網之智慧財產權、感測數據所有權、設備支配權（或財產權），應確保地方政府及本署可永久取得無償使用與全部權利；地方政府應確保於計畫結束後，原得標廠商應無償撥供地方政府（或本署）支配使用，

無償協助後續得標廠商轉接正確資料至本署 IoT 平臺，提供資料格式正確解讀方法，或依地方政府（或本署）需求配合將設備拆除復原。

十一、設備轉移跟移交

為確保水質感測物聯網持續營運，原得標廠商應配合地方政府（或本署）與後續得標廠商辦理原水質感測物聯網相關資訊系統、設備或資料庫之交接工作，前開交接工作在地方政府（或本署）監督下執行，後續得標廠商不可因未交接清楚等託辭，據以拒絕承接或要求加價等，機關得依原契約條款解除契約並依政府採購法第 101 條公告處理。

十二、加值應用

地方政府可應用本署「水科技物聯網應用平臺」、「水質感測器監測網」或由本署感測資料蒐集平臺（IoT 平臺）介接資料，結合地理資訊系統及許可管制資料，輔以大數據或 AI 人工智慧，以熱區分析、E 化稽查、環境治理及智慧城鄉等進行創新加值應用，發揮水質感測器實際效益。以上介接資料之相關規定，應配合本署資訊需求及資安要求規定辦理。

十三、教育宣導

政府積極建置水質感測物聯網，物聯網運用於環境治理係新興科技，而民眾日益關心生活周遭水質及污染來源，仰賴更多即時資訊為生活未來趨勢，地方政府應於精進感測物聯網同步進行水質及污染認知教育宣導工作，將透明公開之感測數據以大眾易懂方式表達，兼具科學普及意義並提升國人科學技術知識。

參、計畫期程及預算編列

一、 預算來源與計畫期程

（一） 合辦經費由「前瞻基礎建設計畫」項下「智聯網-跨世代環境治理計畫」經費支應，由本署依據地方政府提出計畫核定撥付經費，本案採合辦方式辦理，故提出合辦計畫之地方政府仍須有一定比率分攤費用。

（二） 預算研提計畫期程，本合辦案為 112~113 年(112 年 1 月 1 日至 113 年 6 月 30 日）水質感測器應用計畫。原則合辦案於計畫期程 112 年 1 月 1 日至 113 年 6 月 30 日（18 個月）期間須實際布建感測合計至少 12 個月(即 360 天)(如 112 年 1 月 1 日至 112 年 12 月 31 日或 112 年 2 月 1 日至 113 年 1 月 31 日...以此類推)，如因故導致招標延後，以至於至 113 年 6 月 30 日為止無法提供 12 個月維運服務將按比例扣款，扣減標準參考附件一表 2。

（三） 本署將優先核定 112~113 年執行內容與經費需求；惟本案預算經費為前瞻基礎建設計畫特別預算，如未獲立法院審議通過或經部分刪減、凍結，本署得

依立法院核定結果另案調整合辦核定經費，且分攤比率可能異於 112~113 年原先核定分攤比率。

二、 計畫工作項目

（一） 維持感測器持續運作，提供穩定且符合污染熱區鑑別應用等級需求的感測數據品質，提升輔助環保稽查與環境治理工作。

（二） 符合本署資訊安全及應用要求，配合本署（或地方政府）第三方查核、異常檢查、移機應用等所需查察與感測器拆裝等無償協助事項。

三、 預算經費

本署規劃 112~113 年提供移動式水質感測器升級、安裝、維運費用，每 1 組（10 臺）本署原則分攤 12 個月共計新臺幣（下同）194 萬 5,000 元整[1]，本次經費將以 111 年以前有向本署申請合辦之地方政府為優先審核。

四、 經費分攤

（一） 本署將 1 次核定地方政府 112~113 年精進感測器數

[1] 本次經費包含設備升級費用，若設備已全數升級，則本署分攤 173 萬 5,000 元整。

據資料服務工作經費，維運點數不可分批申請，地方政府評估最適化點數辦理需求申請。

（二）本案為合辦方式，地方政府及本署共同負擔經費，其中地方政府分攤經費應為 30%以上為原則。本署分攤經費僅能支應於計畫經費明細表所列本署經費分攤項目（用途別科目），且各項目金額如需調整需報本署變更。本署原則分攤每 1 組（10 臺）12 個月共計 194 萬 5,000 元整[2]，分攤之經費項目包括感測器安裝費、維運費、數據分析費及部分設備升級與維修費，地方政府應分攤本合辦計畫其他經費項目說明如第（四）項。若地方政府維運期程超過 12 個月，須持續進行感測，則該期間之感測器安裝費、維運費及數據分析費由地方政府自行支應。有關本計畫之經費估算可參考 P.18 表格。

（三）本署分攤經費原則為「業務費」(參依中央政府第一級至第三級用途別科目分類定義及計列標準表)，以支應水質感測器維運所需相關費用為原則，且經費科目及用途須合理，並須排除下列本署不分攤經

[2] 本次經費包含設備升級費用，若設備已全數升級，則本署分攤 173 萬 5,000 元整。

費項目。

（四）地方政府分攤經費可包含人事費、業務費、委辦費等，支應安裝應用之耗材、通訊傳輸費及部分維修費。

經費編列範例（以 10 臺移動式估算）					
用途別	**項目**	**單價（元）**	**單位**	**編列標準（元）**	**備註**
業務費	通訊傳輸費	2,040	10 臺	20,400	**由環保局分攤經費支應** 以 1 門號 170 元/月，10 臺門號使用 12 個月估算。
業務費	國內旅費	442,600	1 式	442,600	**由環保局分攤經費支應** 執行本計畫之人員差運費，一次以 2 人估算。
業務費	設備維修費(耗材)	1,170,000	1 式	1,170,000	**由本署與環保局分攤經費支應，本署分攤 58 萬 5,000 元** 1. 本署及環保局各分攤 50%。 2. 環保局申請應用 10 臺移動式設備，本署分攤 58 萬 5,000 元。 3. 此項費用實報實銷。 **4. 此費用包含設備升級費用，若設備已全數升級，則此項經費為 750,000 元，本署分攤 37 萬 5,000 元。**
業務費	設備維運費	1,360,000	1 式	1,360,000	**本署分攤經費支應** 1. 感測器安裝：安裝費、線

經費編列範例（以 10 臺移動式估算）					
用途別	項目	單價（元）	單位	編列標準（元）	備註
					材耗材、數據上線確認，12,000 元/臺，共 10 臺。 2. 感測器維運:異常處理排除、現場校正及更換、資料處理及除錯，6,000 元/臺*月，共 10 臺，以 6 個月估算。 3. 數據分析：以 20,000 元/臺，共 10 臺估算。 4. 以上維運費 6 個月為 680,000 元，以 12 個月估算共計 1,360,000 元。
經費合計（含稅）					2,993,000 元 * 若設備已全數升級 2,573,000 元（經常門）
本署經費分攤（65%；67%）					1,945,000 元（經常門） * 若設備已全數升級 1,735,000 元（經常門）
環保局經費分攤（35%；33%）					1,048,000 元 * 若設備已全數升級 838,000 元（經常門）

備註:感測設備應用超過 3 年，設備容易出現老化損壞情形。為確保數據品質，112~113 年度本署分攤設備維修費（設備升級與耗材費用），設備維修費（耗材）含稅 5%。

五、 本計畫本署不分攤經費項目

（一） 土地取得及維護費用。

（二） 增加員額經費（含「聘僱」臨時工作人員）及購置

稽查車、公務車輛等經費。

（三）獎勵金及慰問金。

（四）一般辦公用器具（依行政院頒訂「財物標準分類表」之非消耗品分類項目）。

（五）出國旅費。

（六）補（捐）助支出。

（七）各式宣導品，如紀念品、工作服（帽）等。

（八）照相機、行動電話、音響、電視機、錄放影機、攝影機、電腦等申請合辦機關應自行配備之基本設備經費。

（九）廣告費及業務宣導費。

（十）其他顯與計畫需求不符之項目。

六、 申請期限及方式

112~113 年度水質感測器合辦計畫以本署發函限期前檢具公文及合辦計畫書，以正式公文函送本署審核。資料如須修正，本署得要求申請機關限期補正。

肆、撥款、核銷及結案

合辦計畫撥款、核銷及結案作業期程如下表，共分 6 次查核點、3 次撥款、3 次預付款轉正、1 次計畫結案。

查核點及提交資料期程		撥款/核銷作業
查核點1 112/3/31前	1. 選址細部規劃書（電子檔） 2. 委辦計畫契約書（電子檔） 3. 第1期款領據(電子檔)	112年4月30日前完成扣減標餘款，並按本署分攤30%第1期經費撥款(預付款)；112年6月30日前完成第1期款（預付款）轉正
查核點2 112/8/31前	1. 初步成果報告（含感測器應用效益評估、至少2個月設備維運與數據管理資料，詳附件二)(電子檔) 2. 佐證資料（維運佐證資料、設備故障或失竊佐證資料，如設備維修單、設備失竊報案三聯單等)(電子檔) 3. 第2期款領據(電子檔) 4. 經費支用狀況表（電子檔）	112年9月30日前完成本署分攤40%第2期經費撥款（預付款）
查核點3 112/11/30前	1. 經費支用狀況表（電子檔） 2. 支出機關分攤表（電子檔）	112年11月30日前本署合辦經費第2期經費（預付款）轉正 *地方政府須於11月30日前完成本署112

查核點及提交資料期程		撥款/核銷作業
		年所有分攤經費轉正作業
查核點4 113/2/28前	1. 期中成果報告（至少8個月設備維運與數據管理資料，詳附件二）（電子檔） 2. 佐證資料（維運佐證資料、設備故障或失竊佐證資料，如設備維修單、設備失竊報案三聯單等）（電子檔） 3. 第3期款領據（電子檔） 4. 經費支用狀況表（電子檔）	113年3月31日前完成本署分攤30%第3期經費撥款（預付款）
查核點5 113/5/31前	1. 經費支用狀況表（電子檔） 2. 支出機關分攤表（電子檔）	113年5月31日前本署合辦經費第3期經費（預付款）轉正 *地方政府須於5月31日前完成本署所有分攤經費轉正作業
查核點6 113/6/30前	1. 計畫全程成果報告（含計畫全程設備維運與數據管理資料）（電子檔） 2. 佐證資料（維運佐證資料、設備故障或失竊佐證資料，如設備維修單、設	113年8月31日前本計畫結案作業

查核點及提交資料期程		撥款/核銷作業
	備失竊報案三聯單等）（電子檔） 3. 委辦計畫成果報告定稿本（電子檔） 4. 經費支用狀況表、經費支用明細表、支出機關分攤表、勞務驗算證明書（電子檔）	

註：若有扣款金額將於查核點 6 時一併繳回。

一、 查核點：分 6 次查核點

（一） 查核點 1：地方政府應於 112 年 3 月 31 日前，完成水質感測器選址細部規劃書，包含感測器應用目的及規劃、選址、安裝後巡檢及維修等規劃工作，並提送水質感測器選址細部規劃書、地方政府委辦計畫契約書，並檢附第 1 期款領據，本署預計於 112 年 4 月 30 日前完成第 1 期款撥款地方政府作業。地方政府應於 112 年 6 月 30 日前，提送合辦計畫經費支用狀況表、支出機關分攤表，完成本署第 1 期款轉正作業。

（二） 查核點 2：地方政府應於 112 年 8 月 31 日前，提送初步成果報告（包含感測器應用及效益評估[註 1]、至

少 2 個月設備維運與數據管理資料[註2]、相關應用實例)。如有設備維修、損毀或遺失，請檢附佐證資料（維運佐證資料、設備故障或失竊佐證資料，如設備維修單、設備失竊報案三聯單等)、第 2 期款領據及經費支用狀況表，預計於 112 年 9 月 30 日前完成第 2 期款撥款地方政府作業。

註 1：「感測器應用及效益評估」內容應包含：各感測點應用數據分析，效益高低分析，及建議後續移點或增減感測密度規劃。

註 2：「2 個月設備維運與數據管理資料」請參考附件二。

（三） 查核點 3：地方政府應於 112 年 11 月 30 日前，提送合辦計畫經費支用狀況表、支出機關分攤表，完成本署 112 年所有分攤經費（預付款）轉正。

（四） 查核點 4：地方政府應於 113 年 2 月 28 日前，提送期中成果報告（包含至少 8 個月設備維運與數據管理資料、相關應用實例)。如有設備維修、損毀或遺失，請檢附佐證資料（維運佐證資料、設備故障或失竊佐證資料，如設備維修單、設備失竊報案三聯單等)、第 3 期款領據及經費支用狀況表，預計於

113 年 3 月 31 日前完成第 3 期款撥款地方政府作業。

（五）查核點 5：地方政府應於 113 年 5 月 31 日前，提送合辦計畫經費支用狀況表、支出機關分攤表，完成本署所有分攤經費（預付款）轉正。

（六）查核點 6：地方政府應於 113 年 6 月 30 日前，完成委辦計畫結案驗收等作業，並提送計畫全程成果報告（包含計畫全程設備維運與數據管理資料、完整環境應用實例）。如有設備維修、損毀或遺失，請檢附佐證資料（維運佐證資料、設備故障或失竊佐證資料，如設備維修單、設備失竊報案三聯單等）、委辦計畫成果報告定稿本、經費支用狀況表、經費支用明細表、支出機關分攤表、勞務驗算證明書。預計於 113 年 8 月 31 日前完成本計畫結案作業。

（七）各期查核點所提交之資料，本署進行審查後，將通知地方政府是否補正

二、 撥款：分 3 期撥付

（一）本署核定計畫後，請地方政府優先執行本署分攤經

費，如有賸餘款、工項扣減費用、違約金等，應按分攤比率於該年度內繳回本署。

（二）申請合辦機關函送查核點 1 所需資料、領據至本署，申請撥付已扣減標餘款，並按本署分攤 30%經費。

（三）申請合辦機關函送查核點 2 所需資料、領據至本署，申請撥付本署分攤 40%經費。

（四）申請合辦機關函送查核點 4 所需資料、領據至本署，申請撥付本署分攤 30%經費。

※註：經費計算如下

✧ 原總計畫經費 2,993,000 元（環保署 1,945,000 元，◯◯縣環保局 1,048,000 元）。

✧ 計畫決標金額為 2,973,250 元：

✓ 環保署分攤：（1,945,000/2,993,000）×2,973,250=1,932,165

✓ 環保局分攤：（1,048,000/2,993,000）×2,973,250=1,041,085

✧ 計畫標餘款為 19,750 元：

✓ 環保署分攤：(1,945,000/2,993,000) × 19,750=12,835

✓ 環保局分攤：(1,048,000/2,993,000) × 19,750=6,915

✧ 環保局第 1 期款請領：

✓ (1,945,000 – 12,835) × 30%=579,650

✧ 環保局第 2 期款請領：

✓ (1,945,000 – 12,835) × 40%=772,866

✧ 環保局第 3 期款請領：

✓ 1,932,165−579,650−772,866=579,649

三、 核銷：分 3 期轉正

（一） 申請合辦機關於 112 年 6 月 30 日前函送第一期款（預付款）轉正相關資料至本署，辦理第一期預付款轉正作業。

（二） 申請合辦機關函送查核點 3 所需資料至本署，辦理 112 年預付款轉正作業。

（三） 申請合辦機關函送查核點 5 所需資料至本署，辦理 113 年預付款轉正作業。

（四） 考量支出憑證難以分割，各項經費支出，請申請合辦機關以經費支用明細表、支出機關分攤表、經費

支用狀況表辦理核銷，原始憑證正本由申請合辦機關留存，供審計機關或本署查核。

四、 結案及罰則

（一）113 年 6 月 30 日前，檢送計畫全程成果報告（包含計畫全程設備維運與數據管理資料、完整環境應用實例）、委辦計畫成果報告定稿本、經費支用明細表、支出機關分攤表、經費支用狀況表、勞務驗算證明書等，函送本署辦理結案。

（二）地方政府如採委辦方式執行本計畫，應於委辦計畫中註明感測器數據應達 12 個月（360 天）。若不足 12 個月（360 天），應於契約中訂定扣減或扣罰比率，並將扣款或扣罰金額按分攤比率繳回本署。另感測數據有效資料完整率未達標準及環境應用實例未達標準件次，地方政府如採委辦方式辦理必須訂定扣減或扣罰機制，扣減或扣罰標準依附件一表 2 制訂，並按分攤比率繳回本署。

（三）前項感測數據有效資料完整率將依附件一查核，計算期間合辦計畫期程 112 年 1 月 1 日~113 年 6 月

30 日（18 個月）期間維運至少 12 個月（360 天）或是地方政府委辦計畫實際布建起始日至 113 年 6 月 30 日期間計算。

伍、審查重點及管考查核

一、 審查重點及評核項目

（一）地方政府研提合辦計畫書應具備事項如下：

1. 計畫名稱。

2. 基本資料。

3. 計畫緣起、計畫目標。

4. 預期效益及成果。

5. 計畫執行方法及步驟（含工作內容、精進感測器數據資料服務規劃、運用水質感測物聯網提升環保稽查與環境治理規劃）。

6. 計畫執行期程。

7. 計畫工作進度（含預定進度表、查核點）。

8. 經費需求（包括地方政府自籌經費及申請本署分攤金額、本署及地方政府分攤比率、預定支用金額分配月份）。

9. 計畫經費明細表。

10. 附件一「感測資料格式規範、資訊服務計價及驗收

準則」、附件二「合辦計畫查核點應注意事項及設備維運與數據管理資料」、附件三「移動式水質感測器_抽驗表」、附件四「因應豪大雨或颱風期間應變措施」、附件五「移動式感測器添購建議規格」及附件六「經費預付轉正作業參考資料」。

（二）審查地方政府提送合辦計畫周延性、合理性、完整性及管理機制，其重點內容如下（參考表一）：

1. 計畫整體規劃（20%）：目標明確性、工作規劃完整性、計畫期程合理性、首長支持度、地方內部協調度等。

2. 感測區域規劃（30%）：感測區域選定之合理性、規劃的感測目的、完整性、是否為環境議題區域等。

3. 數據品管機制（20%）：巡檢方式及頻率（智慧化）、故障排除及檢修維運機制、數據資料品管機制等。

4. 數據應用分析（30%）：配合環境執法應用、結合環保智慧治理、跨域分析應用內容、建置應用及分析系統等。

二、管考查核

（一）本計畫查核項目，包括計畫執行進度、整體經費與本署分攤款使用情形、地方政府內部計畫控管機制、執行效益等。

（二）本計畫將定期管考地方政府感測器執行情形，地方政府應定期填報資料。執行情形填報將以線上雲端連結方式提供，相關連結另以電子郵件通知地方政府承辦人。

（三）地方政府可依政府採購法及其他規定辦理本署核定合辦計畫各項項目，原則應在年度內執行完畢，執行經費如有賸餘，應將賸餘款按分攤比率於年度內繳回本署，由本署解繳國庫。

表一、112~113 年度水質感測器合辦應用計畫評核表（草案）

【基本資料】

計畫名稱			
合辦申請單位		發文日期/文號	

【評比】

評比項目	評比內容：計畫書敘明程度	分數	備註
計畫整體規劃（20%）	1.目標明確性（擬解決之環境問題）		
	2.工作規劃完整性（含必要項目及附件一）		
	3.計畫期程合理性（安裝、持續維運之承諾）		
	4.首長支持度及地方內部協調度（投入資源）		
感測區域規劃（30%）	1.感測區域選定之合理性（四大原則區域）		
	2.規劃的感測目的與完整性（需有明確應用目的）		
	3.是否為環境議題區域（例如重大污染事件）		
數據品管機制（20%）	1.巡檢比對方式及頻率（智慧化）（數量、時間）		
	2.故障排除、檢修維運機制（解決方式、頻率）		
	3.數據資料品管機制（查核、偏移、正確性）		
數據應用分析（30%）	1.配合環境執法應用（是否應用於稽查）		任 2 點達成即本項目滿分。
	2.結合環保智慧治理（結合智慧城鄉）		
	3.跨域分析應用內容（發展跨域創新應用）		
	4.數據應用及分析系統（環保局應用、管理）		
總分（滿分 100 分）			

優點：	缺點：	其他建議事項：

附件一、感測資料格式規範、資訊服務計價及驗收準則

111 年 10 月 27 日版修正

一、 感測器屬性資料

（一） 各感測點上的感測器，產出的感測數據，應以本署規定之資料格式發布至本署 IoT 平臺，各資料欄位定義如表 1，且資料格式需視本署環境物聯網感測標準異動而調整。

（二） 感測器更新、感測點位遷移後，應隨時更新於本署 IoT 平臺屬性資料及本署各縣市感測器點位管考表格，以確保感測器現況資料正確。（網址：https://docs.google.com/spreadsheets/d/17LZIFWZHTsJE6G55gq36GB97A2IZQq4EVBdH8LxhxfE/edit?usp=sharing）

表1、感測器屬性資料欄位定義

欄位名稱	欄位編碼	中文解釋
裝置編號	id	裝置識別值
廠商代號	manufacturerid	廠商代號
裝置名稱	name	裝置名稱（請依據命名規範命名）
裝置描述	desc	裝置描述
緯度	lat	緯度

欄位名稱	欄位編碼	中文解釋
經度	lon	經度
移動裝置	mobile	是否為移動裝置，預設 false
設備相關屬性	attributes	設備相關屬性
感測值	data	感測器感測值如下， sensor：感測器 value：感測值 unit：感測值單位

二、 感測數據上傳：

感測器感測數據為每 1 分鐘產出各污染物濃度數據，至遲於感測後 5 分鐘內，以資料串流方式，將即時數據發布至本署 IoT 平臺，即時展示於本署指定資料應用展示資訊網頁（水科技物聯網應用平台，網址：https://wiot.epa.gov.tw/）。

三、 感測器資料有效性

（一） 無效數據：

1. 感測器故障至修復並經測試正常期間。

2. 廠商透過非實際感測上傳數據，經查證屬實者。

（二） 有效測值：有效值時數為所有經過篩選之合理資料時數總和，做為評估感測點數據完整率的依據。

（三）不可抗力之無效或無測值時數：廠商提出不可抗力時，請地方政府應依契約內容自行判定。發生下列各項不可抗力之無效或無測值時數，廠商須提出足夠證明資料供地方政府審查同意。市電停電或天然災害、意外災害及不可歸責因素所發生造成之無效或無測值情形，包括下列數項：

1. 經地方政府同意替代備品換裝等作業所造成者。
2. 感測器因非執行單位之人為因素破壞致使無法感測者。
3. 正確使用下，仍有超過備品數量感測器送修，且短期無法修復者（須檢附廠商維修紀錄單，紀錄單上應註明送修起訖日期、故障原因），請將設備寄送單據與完修到貨單據（拍照）留存以作為不可抗力佐證資料備查。

（四）感測點於感測期間，如因不可歸責（不可抗力）於維運廠商暫停感測情事，依本署指定感測期間（自 112 年 1 月 1 日至 113 年 6 月 30 日止，或以實際布建日開始計算，數據至少須執行 12 個月）計算有效

資料完整率，並依感測器實際運轉比率計算資料服務經費。

（五）為規範感測數據即時性與有效性，最遲可於感測後 5 分鐘內上傳或回補感測數據。如果發現透過非實際感測所得數據上傳至本署 IoT 平臺，經查證屬實即依政府採購法第 101 條公告處理，且針對數據造假部分，請地方政府應嚴加確認。

四、 精進感測器數據資料服務扣款原則

（一）感測有效資料完整率：以提供總資料筆數扣除無效數據筆數後，與應提供的總資料筆數，扣除不可抗力時數的資料筆數，計算出有效資料完整率，計算公式為：

$$\text{有效資料完整率} = \frac{\text{提供之總資料筆數} - \text{無效數據筆數}}{\text{應提供的總資料筆數} - \text{不可抗力時數的筆數}}$$

（二）總資料筆數定義與計算：總資料筆數為 3 個感測項目（酸鹼度、導電度、溫度，溶氧測項不列入計算），每分鐘產出感測數據，總資料筆數（以感測 12 個月為例）計算公式為：

總資料筆數 = 3個測項 × 60分鐘 × 24小時 × 360天

（三）地方政府如採委辦方式執行，應於委辦計畫中訂定廠商應計算並提供感測器數據至少 12 個月之有效資料完整率，地方政府於計畫結案前進行確認並提交本署審核，若有實際感測低於 12 個月或低於本署規定之有效資料完整率，應依下表 2 之扣罰標準計算違約金，並將違約金按分攤比率繳回本署。

（四）感測資料服務費計價方式：考慮「有效資料完整率」的實際資料服務績效，若有低於本署規定之「有效資料完整率」，地方政府得依合辦計畫得標契約價金（若「感測器應用工項」合併於地方政府其他水污染管制計畫中，請以「感測器應用工項」所編列之經費計算）進行扣罰，理論有效臺數（申請數量之 80%，即每 10 臺至少有 8 臺）之平均有效資料完整率扣罰比率詳如下表 2。有效資料完整率以合辦計畫契約期程總數據有效資料完整率計算，採四捨五入至整位數計算，若有扣罰金額請於查核點 6（113 年 6 月 30 日）時一併繳回。每個查核點皆須提供感測期間之有效資料完整率，但僅於查核點 6

（即完整 12 個月感測期間）計算扣罰比率及金額。

表2、合辦計畫契約經費扣罰標準

有效資料完整率(%)	>70	69~65	64~60	59~55	54~50	49~40	39~30	29~20	<20
經費扣款比率(%)	0	1	3	5	7	9	11	13	15
實際感測未達12個月	1. 由該臺設備布建起始日開始計算，不足 360 天即依不足天數扣款。 2. 扣款原則為感測器維運費（含數據資料傳輸）6,160 元/臺*月（30 天），依不足天數扣款，每一臺一天扣款 205 元。 3. 以理論有效臺數（申請數量之 80%）扣罰，即每 10 臺至少有 8 臺須執行感測，至多扣罰 8 臺之不足天數。								

五、 地方政府委辦計畫未達指定執行天數扣款原則

（一）地方政府如採委辦方式執行本計畫，應於委辦計畫中註明感測器數據資料至少達 12 個月（360 天）。若不足 12 個月，應於契約中訂定扣減或扣罰比率，並將扣減或扣罰金額按分攤比率繳回本署。

（二）若「感測器應用工項」合併於地方政府其他水污染管制計畫中，請以「感測器應用工項」所編列之經費計算，並請於委辦計畫契約書配合本原則請款期

承之前完成布建水質感測器進度估驗。

六、 環境應用實例未達指定績效指標目標(KPI)扣款原則

（一）地方政府如採委辦方式執行本計畫，應於委辦計畫中註明移動式感測器每應用 1 組（10 臺）至少完成 2 件次水污染稽查告發案例、2 件次環境應用實例，如稽查應用、低溶氧死魚場域監控、污染排入節點確認、小型化廢水自動連續等，或其他環境創新應用，共計 4 件次。

（二）若應用實例及後端環境應用未達計畫目標，申請合辦之地方政府必須於委辦計畫中訂定扣減或扣罰機制，建議訂定績效指標目標（KPI），未達應用實例 1 件次則扣款 1 萬元整，最高以 4 萬元為上限，並將扣減或扣罰金額按分攤比率繳回本署。

附件二、合辦計畫查核點應注意事項及設備維運與數據管理資料

111 年 10 月 27 日版修正

- 本計畫「查核點 1」須檢附資料如下：

  1. 選址細部規劃書
  2. 委辦計畫契約書（電子檔）
  3. 第 1 期款領據（本署及環保局請領經費計算公式如 P.26）

- 本計畫「查核點 2」須檢附資料如下：

  1. 初步成果報告（核定數量水質感測器應用工作、相關應用案例等）
  2. 感測器應用及效益評估（各感測點應用數據分析，效益高低分析及建議後續移點或增減感測密度規劃等），併入初步成果報告
  3. 至少 2 個月設備維運與數據管理資料（感測期間原始數據 raw data、有效資料完整率），併入初步成果報告

4. 佐證資料（維運佐證資料、設備故障或失竊佐證資料，如設備維修單、設備失竊報案三聯單等）

5. 第 2 期款領據（本署及環保局請領經費計算公式如P.26）

6. 經費支用狀況表（第 2 期款請領用）

- 本計畫「查核點 3」須檢附資料如下：

1. 經費支用狀況表

2. 支出機關分攤表

- 本計畫「查核點 4」須檢附資料如下：

1. 期中成果報告（核定數量水質感測器應用工作、相關應用案例等）

2. 至少 8 個月設備維運與數據管理資料（感測期間原始數據 raw data、有效資料完整率），併入期中成果報告

3. 佐證資料（維運佐證資料、設備故障或失竊佐證資料，如設備維修單、設備失竊報案三聯單等）

4. 第 3 期款領據（本署及環保局請領經費計算公式如

P.26）

5. 經費支用狀況表（第 3 期款請領用）

- 本計畫「查核點 5」須檢附資料如下：

1. 經費支用狀況表

2. 支出機關分攤表

- 本計畫「查核點 6」須檢附資料如下：

1. 計畫全程成果報告（完整環境應用實例）

2. 計畫全程設備維運與數據管理資料（感測期間原始數據 raw data、有效資料完整率），併入成果報告

3. 佐證資料（維運佐證資料、設備故障或失竊佐證資料，如設備維修單、設備失竊報案三聯單等）

4. 委辦計畫成果報告定稿本

5. 經費支用狀況表

6. 經費支用明細表

7. 支出機關分攤表

8. 勞務驗算證明書

- 原始數據下載方式說明

1. 本署 IoT 平臺網址：https://iot.epa.gov.tw/iot/。地方政府皆有提供專屬帳號。

2. 點選左側下載中心，亦可由下載中心網址進入：https://iot.epa.gov.tw/iot/downloadCenter。



3. 原始數據下載：點選「原始資料篩選」，選擇日期、縣市、裝置篩選方法、裝置、測項，點選「確認」待資料打包完成後點選「點我下載」。下載中心提供下載教學影片予使用者參考。





- 完整率檢視方式說明

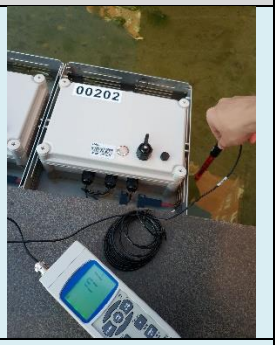
完整率統計表將於本署核定計畫後，以雲端線上表單方式提供地方政府檢視，亦可點選平臺左側完整率，進入每月完整率報表查詢頁面，選擇「水-移動式」類別與年月，完成後點選「查詢」即可查看該月份資料完整率。



- 維運佐證資料範例

維運佐證資料原則需包含感測器維運時間、維護事項、手持式比對數據等，有照片為佳，參考下表，地方政府得依需求自行調整格式。

表1、維運佐證資料範例

站號	IMEI	設備名稱	維運時間 起始 結束	維護事項 並說明是否需送修	移動式設備數據				佐證照片 (標註日期)
					pH	EC (μS/cm)	T (℃)	DO (mg/L)	
202	3550010 91OOO OOO	OO 河 -上游 1	6/20 10:00 6/20 10:30	電壓過低,更換電池	7.5	750	20	4.5	
			7/1 14:00 7/1 14:40	數據偏移,清除生物膜					
			7/9 10:00 7/9 11:30	數據偏移,清除生物膜無效，重新校正					
008	3550010 91OOO OOO	OO 河 -上游 2	6/20 10:20 6/20 10:50	電壓過低,更換電池					
			7/1 14:20 7/1 15:00	數據偏移,清除生物膜					

查核點 1 本署審查確認範例

112~113 年度○○縣（市）水質感測器合辦應用計畫

查核點 1 審查確認表

預審單位：財團法人工業技術研究院

複審單位：行政院環境保護署環境監測及資訊處 審查日期：112/4/1

【基本資料】

計畫名稱	112~113 年度○○縣（市）水質感測器合辦應用計畫		
計畫申請單位	○○縣（市）政府環境保護局	發文日期/文號	112 年○○月○○日 字第○○○○○○○○號
計畫核定金額	2,993,000 元（環保署：1,945,000 元，○○縣（市）環保局：1,048,000 元）		
計畫決標經費	2,973,250 元（環保署：1,932,165 元，○○縣（市）環保局：1,041,085 元）		

第 1 期款請領	579,650 元（本署分攤經費-標餘款）× 30%	第 2 期款請領	772,866 元（本署分攤經費-標餘款）× 40%	第 3 期款請領	579,649 元（本署分攤經費-標餘款）× 30%

【審查文件】

評比項目	重點內容	預審	複審
核定數量水質感測器應用工作	完成本署核定之 10 臺移動式水質感測器選址規劃作業（詳選址細部規劃書）。		
委辦計畫契約書	檢附委辦計畫契約書（電子檔）。		
領據	檢附合辦計畫第 1 期款領據 1 份，請領（本署分攤經費-標餘款）× 30%元。		
建議修正事項			

查核點 2 本署審查確認範例

112~113 年度○○縣（市）水質感測器合辦應用計畫

查核點 2 審查確認表

預審單位：財團法人工業技術研究院

複審單位：行政院環境保護署環境監測及資訊處　　審查日期：112/9/1

【基本資料】

計畫名稱	112~113 年度○○縣（市）水質感測器合辦應用計畫				
計畫申請單位	○○縣（市）政府環境保護局	發文日期/文號	112 年○○月○○日 字第○○○○○○○○號		
計畫核定金額	2,993,000 元（環保署：1,945,000 元，○○縣（市）環保局：1,048,000 元）				
計畫決標經費	2,973,250 元（環保署：1,932,165 元，○○縣（市）環保局：1,041,085 元）				
第 1 期款請領	579,650 元（本署分攤經費-標餘款）× 30%	第 2 期款請領	772,866 元（本署分攤經費-標餘款）× 40%	第 3 期款請領	579,649 元（本署分攤經費-標餘款）× 30%

【審查文件】

評比項目		重點內容	預審	複審
初步成果報告	核定數量水質感測器應用工作	完成本署核定之 10 臺移動式水質感測器應用工作。		
	感測器效益應用效益評估	完成本署核定之 10 臺移動式水質感測器應用及效益評估。		
	感測數據資料上傳至本署指定平臺	完成本署核定之 10 臺移動式水質感測器上傳本署指定平臺（IoT 平臺）數據資料。（詳附件 raw data 及有效資料完整率）		
	相關應用案例	完成移動式__件水質感測器環境應用實例。		
	佐證資料	檢附設備維修單 1 式。		
領據		檢附合辦計畫第 2 期款領據 1 份，請領（本署分攤經費-標餘款）× 40%元。		
經費核銷資料		經費支用狀況表。		
建議修正事項				

查核點 3 本署審查確認範例

112~113 年度○○縣（市）水質感測器合辦應用計畫

查核點 3 審查確認表

預審單位：財團法人工業技術研究院

複審單位：行政院環境保護署環境監測及資訊處 審查日期：112/12/1

【基本資料】

計畫名稱	112~113 年度○○縣（市）水質感測器合辦應用計畫		
計畫申請單位	○○縣（市）政府環境保護局	發文日期/文號	112 年○○月○○日 字第○○○○○○○○號
計畫核定金額	2,993,000 元（環保署：1,945,000 元，○○縣（市）環保局：1,048,000 元）		
計畫決標經費	2,973,250 元（環保署：1,932,165 元，○○縣（市）環保局：1,041,085 元）		

第 1 期款請領	579,650 元（本署分攤經費-標餘款）× 30%	第 2 期款請領	772,866 元（本署分攤經費-標餘款）× 40%	第 3 期款請領	579,649 元（本署分攤經費-標餘款）× 30%

【審查文件】

評比項目	重點內容	預審	複審
經費支用狀況表	檢附經費支用狀況表 1 式。		
支出機關分攤表	檢附支出機關分攤表 1 式。		
建議修正事項			

查核點 4 本署審查確認範例

112~113 年度○○縣（市）水質感測器合辦應用計畫

查核點 4 審查確認表

預審單位：財團法人工業技術研究院

複審單位：行政院環境保護署環境監測及資訊處　　審查日期：113/3/1

【基本資料】

計畫名稱	112~113 年度○○縣（市）水質感測器合辦應用計畫				
計畫申請單位	○○縣（市）政府環境保護局		發文日期/文號	113 年○○月○○日 字第○○○○○○○○號	
計畫核定金額	2,993,000 元（環保署：1,945,000 元，○○縣（市）環保局：1,048,000 元）				
計畫決標經費	2,973,250 元（環保署：1,932,165 元，○○縣（市）環保局：1,041,085 元）				
第 1 期款請領	579,650 元（本署分攤經費-標餘款）× 30%	第 2 期款請領	772,866 元（本署分攤經費-標餘款）× 40%	第 3 期款請領	579,649 元（本署分攤經費-標餘款）× 30%

【審查文件】

評比項目		重點內容	預審	複審
期中成果報告	核定數量水質感測器應用工作	完成本署核定之 10 臺移動式水質感測器應用工作。		
	感測數據資料上傳至本署指定平臺	完成本署核定之 10 臺移動式水質感測器上傳本署指定平臺（IoT 平臺）數據資料。（詳附件 raw data 及有效資料完整率）		
	相關應用案例	完成移動式__件水質感測器環境應用實例。		
	佐證資料	檢附設備維修單 1 式。		
領據		檢附合辦計畫第 3 期款領據 1 份，請領（本署分攤經費-標餘款）× 30%元。		
經費核銷資料		經費支用狀況表。		
建議修正事項				

查核點 5 本署審查確認範例

112~113 年度○○縣（市）水質感測器合辦應用計畫

查核點 5 審查確認表

預審單位：財團法人工業技術研究院

複審單位：行政院環境保護署環境監測及資訊處 審查日期：113/6/1

【基本資料】

計畫名稱	112~113 年度○○縣（市）水質感測器合辦應用計畫		
計畫申請單位	○○縣（市）政府環境保護局	發文日期/文號	113 年○○月○○日 字第○○○○○○○○號
計畫核定金額	2,993,000 元（環保署：1,945,000 元，○○縣（市）環保局：1,048,000 元）		
計畫決標經費	2,973,250 元（環保署：1,932,165 元，○○縣（市）環保局：1,041,085 元）		

第 1 期款請領	579,650 元（本署分攤經費-標餘款）× 30%	第 2 期款請領	772,866 元（本署分攤經費-標餘款）× 40%	第 3 期款請領	579,649 元（本署分攤經費-標餘款）× 30%

【審查文件】

評比項目	重點內容	預審	複審
經費支用狀況表	檢附經費支用狀況表 1 式。		
支出機關分攤表	檢附支出機關分攤表 1 式。		
建議修正事項			

查核點 6 本署審查確認範例

112~113 年度○○縣（市）水質感測器合辦應用計畫

查核點 6 審查確認表

預審單位：財團法人工業技術研究院

複審單位：行政院環境保護署環境監測及資訊處 審查日期：113/7/1

【基本資料】

計畫名稱	112~113 年度○○縣（市）水質感測器合辦應用計畫				
計畫申請單位	○○縣（市）政府環境保護局	發文日期/文號	113 年○○月○○日 字第○○○○○○○○號		
計畫核定金額	2,993,000 元（環保署：1,945,000 元，○○縣（市）環保局：1,048,000 元）				
計畫決標經費	2,973,250 元（環保署：1,932,165 元，○○縣（市）環保局：1,041,085 元）				
第 1 期款請領	579,650 元（本署分攤經費-標餘款）× 30%	第 2 期款請領	772,866 元（本署分攤經費-標餘款）× 40%	第 3 期款請領	579,649 元（本署分攤經費-標餘款）× 30%

【審查文件】

評比項目		重點內容	預審	複審
計畫全程成果報告	核定數量水質感測器應用工作	完成本署核定之 10 臺移動式水質感測器應用工作。		
	感測數據資料上傳至本署指定平臺	完成本署核定之 10 臺移動式水質感測器上傳本署指定平臺（IoT 平臺）數據資料。 （詳附件 raw data 及有效資料完整率）		
	相關應用案例	完成移動式__件水質感測器環境應用實例。		
	佐證資料	檢附設備維修單 1 式。		
委辦計畫成果報告定稿本		檢附委辦計畫成果報告定稿本 1 式。		
經費核銷資料		經費支用狀況表、經費支用明細表、支出機關分攤表、勞務驗算證明書。		
建議修正事項				

附件三、移動式水質感測器_抽驗表

111 年 10 月 27 日版修正

112~113年度移動式水質感測器_抽驗表						
縣市：	站號： IMEI(1.0)(2.0)：		站名：		日期：	
開始時間：			結束時間：			
感測目的：□環境稽查應用 □污染排放熱點鑑定 □低溶氧易死魚水域 □潛勢污染農地 □其它：						
上游產業別 / 感測標的產業別：						
步驟	檢查工作項目			是	否	備註(含處理情形)
1. 設備撈起前 手持式設備數據比對 □ 水體直接感測 □ 撈取水樣感測	1. 拍照紀錄 (設備撈起前)			□	□	
	2. 現場採水			□	□	
	3. 數據比對	手持式設備數據	平臺數據			
	(1) pH					±1
	(2) EC					±15% (當EC>800 μS/cm) 或±75 μS/cm
	(3) DO					±1 mg/L
	(4) Temperature					±1 °C
2. 設備清潔後 標準液校正數據比對 (浸泡2分鐘後數值)	1. 拍照紀錄 (設備撈起後、清潔前的探棒)			□	□	
	2. 設備清潔			□	□	
	3. 感測器主體、太陽能板確認：					
	(1) 1.0防水盒及所有接頭是否確實鎖緊？固定鋼纜是否穩固？			□	□	
	(2) 電池電量及太陽能板充電狀態是否正常？			□	□	
	(3) 資料上傳是否正常 (連續10分鐘上傳)			□	□	
	(4) GPS定位是否正常？			□	□	
	(5) 1.0設備：保護板金、防水盒是否完好？2.0設備：水桶包是否完好？			□	□	
	(6) 太陽能板是否完好？電纜及接頭是否穩固？			□	□	
	4. 拍照紀錄 (設備撈起後、清潔後)			□	□	
	5. 設備校正			□	□	
	6. 數據比對	標準液	校正電腦數值			
	(1) pH	pH 4				
		pH 7				
		pH 10				
	(2) EC	84 μS/cm				
		147 μS/cm				
		1,413 μS/cm				
		5,000 μS/cm				
		12,880 μS/cm				
	(3) DO (感測區吸乾後置於無風大氣中)	大氣中	飽和度 %			
3. 設備放回後 手持式設備數據比對 □ 水體直接感測 □ 撈取水樣感測	1. 拍照紀錄 (設備放回後)			□	□	
	2. 現場採水			□	□	
	3. 數據比對	手持式設備數據	平臺數據			
	(1) pH					±1
	(2) EC					±15% (當EC>800 μS/cm) 或±75 μS/cm
	(3) DO					±1 mg/L
	(4) Temperature					±1 °C
抽驗單位：			操作人員：			
今日缺失：						
追蹤結果：						

附件四、因應豪大雨或颱風期間應變措施

111 年 10 月 27 日版修正

一、 緣起說明

臺灣地處副熱帶季風區，在 5 及 6 月梅雨季及 7 至 9 月颱風季經常有豪大雨之情形發生。為避免移動式感測器因豪大雨致水位暴漲或水流湍急，而造成設備故障、損壞或遺失，本署特訂定本應變措施以因應豪大雨或颱風時段列為不可抗力因素之相關說明。

二、 豪大雨時段定義與說明

(一) 豪大雨時段定義

豪大雨時段定義以氣象局網頁上之「天氣概況週報」(https://www.cwb.gov.tw/V8/C/)為準，適用區域範圍以週報所提之地區為主。

例如：6 月 4 日天氣概況週報提到「4 日鋒面接近及颱風外圍環流影響，東南部及中南部地區有局部短暫陣雨或雷雨，其他地區為多雲到晴，午後有短暫雷陣雨，易有局部短延時強降雨，並有局部大雨或豪雨發生的機率。

5 日至 7 日滯留鋒面影響，5 日、6 日西半部及東北部地區有陣雨或雷雨，易有短時強降雨並有大雨或豪雨，尤其南部山區有局部大豪雨發生的機率，其他地區亦有局部短暫陣雨或雷雨；7 日西半部及東北部地區仍有短暫陣雨或雷雨，其他地區亦有局部短暫陣雨或雷雨。」



圖 1、6 月 4 日天氣概況週報

(二) 颱風時段定義

颱風時段定義以氣象局網頁上之「天氣概況」（https://www.cwb.gov.tw/V8/C/）為準，適用區域範圍為全臺（含離島）。

例如：7 月 19 日天氣概況提到「四、海上強風特報：

1. 第 6 號颱風外圍環流影響，明（20 日）晚起臺灣北部海面及臺灣東北部海面平均風力將增強至 6 級，雷雨區最大陣風 9 級，船隻請注意。

2. 第 7 號颱風外圍環流影響,廣東海面平均風力 7 至 8 級，最大陣風 10 級；東沙島海面平均風力 6 至 7 級，雷雨區最大陣風 10 級；中西沙島海面及南沙島海面平均風力可達 6 級，雷雨區最大陣風 9 級,船隻請特別注意。今(19 日)下午起廣東海面平均風力將增強至 9 到 10 級，最大陣風 12 級；東沙島海面平均風力將增強至 7 到 8 級，最大陣風 10 級;南沙島海面平均風力將增強至 6 到 7 級,雷雨區最大陣風 10 級；晚起巴士海峽平均風力將增強至 6 級,雷雨區最大陣風 9 級,船隻請嚴加戒備。明（20 日）晨起廣東海面平均風力將增強至 11 到 12 級，最大陣風 14 級，船隻請嚴加戒備。明（20 日）東沙島海面平均風力將稍減弱。

3. 第 6 號颱風外圍環流影響，明（20 日）晨起東海南部平均風力將增強至 6 到 7 級，雷雨區最大陣風 10 級;下午起東海北部平均風力將增強至 6 級,

最大陣風 8 級，船隻請特別注意。」



圖 2、7 月 19 日天氣概況

(三) 不可抗力之時段說明

1. 豪大雨時段:原則以「週報所提豪大雨發生前 2 日」為基準，請環保局自行判斷是否先收起感測器，如環保局因應 6 月 4 日有豪大雨發生可能，本署以 6 月 4 日為基準，回推前 2 日及後 2 日均列為不可抗力時間(即，不可抗力時段為 6 月 2 日至豪大雨結束後 2 日)，可於豪大雨發生前 2 日收起設備，豪大雨結束後 2 日需將設備恢復。

2. 颱風時段：原則以「發布颱風及外圍環流影響」為基準，請環保局自行判斷是否先收起感測器，如環

保局因應有颱風侵襲可能，本署以氣象局發布海上颱風警報時間為基準，在發布颱風及外圍環流影響前 2 日至颱風警報解除後 2 日內均列為不可抗力時間，可於發布颱風及外圍環流影響時收起設備，在颱風警報解除後 2 日恢復原狀，若因颱風影響到至原點位不宜設置（請拍照作為佐證依據），請環保局優先評估移往他處，該點位若為環保局重要監控點，請於現場恢復後再移回原處。若颱風過後當地仍受外圍環流影響導致豪雨或災情或有其他因素，導致暫無法設置，請提出佐證資料及說明，以利列入不可抗力因素時段。

(四) 不可抗力之佐證資料說明

1. 豪大雨時段：提供氣象局網頁「天氣概況週報」截圖、收起及恢復設備之現場照片（提供拍攝日期）以及當日實際雨量(https://www.cwb.gov.tw/V8/C/P/Rainfall/Rainfall_QZJ.html)，作為不可抗力之佐證資料，以利本署扣除該期間之數據完整率。

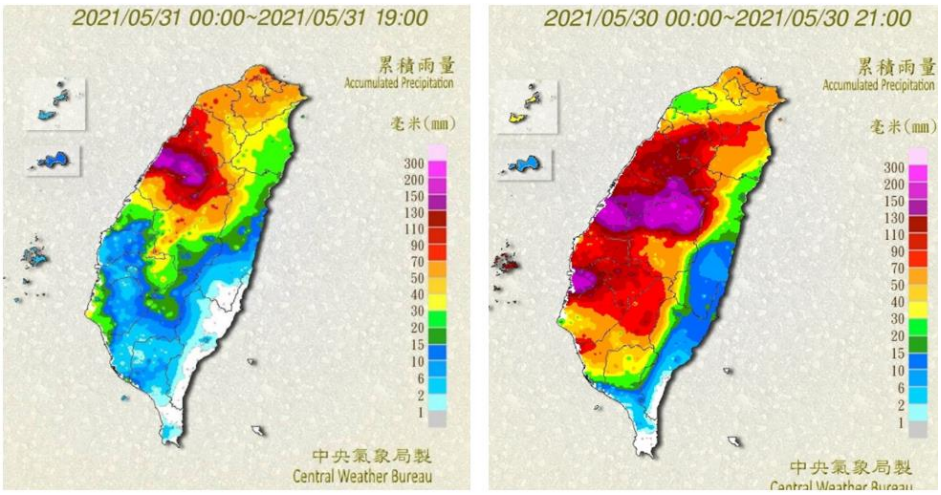


圖 3、當日實際雨量截圖範例

2. 颱風時段：提供氣象局網頁「天氣概況」中「發布颱風及外圍環流影響」及「發布解除颱風警報」之截圖、收起及恢復設備之現場照片（提供拍攝日期），作為不可抗力之佐證資料，以利本署扣除該期間之數據完整率。

附件五、移動式感測器添購建議規格

111 年 10 月 27 日版修正

地方政府可視實際應用需求，自行添購移動式感測器設備及相關耗材，本設備規格及優規版本如下表 1，其他選配耗材建議如下表 2。

表1、移動式感測器添購建議規格說明

項目	本計畫版本（MWQ100）	優規版本（MWQ200）
產品尺寸（mm）	354L x 360W x 204H	215L x 160W x 62.5H
內部防水盒尺寸（mm）	190L x 280W x 130H	X
產品淨重	3.3 kg	1.5kg
電源供給	14.4V/2400mAh	8.4V/6700mAh
電池續航	7 天	2 天
外接電源	太陽能板	1.太陽能板 2.鉛酸電池（續航可達 15~30 天） 3.鉛酸電池+太陽能板
通訊模組	4G	4G
儲存功能	16 G	16G
GPS	有	有
感測項目	酸鹼值、導電度、溫度及溶氧	酸鹼度、導電度、溫度及溶氧
校正方式	具校正 UI 模組	具校正 UI 模組

表2、移動式感測器耗材添購建議

項目	參考售價
MWQ100版本	
供電電池組（供電電池板、智能充電模組、鋰電池 2 組）	9,975 元
供電電池組底板	3,150 元
主控制傳輸模組（智能控制主板、LTE 傳輸&GPS、SD 記憶卡）	5,250 元
感測控制模組	7,455 元
主體機構防水殼（含防水殼、防水接頭*4、防水 RJ45 接頭、防水開關）	5,250 元
中繼盒接頭	347 元
上蓋電池開關	347 元
網路線(短)	347 元
pH OEM_B	945 元
EC OEM_B	945 元
DO OEM_B	945 元
RF Module	3,465 元
酸鹼值感測元件	3,990 元
導電度感測元件	8,820 元
溶氧感測元件	11,340 元
溫度感測元件(標準版 1M)	1,512 元
MWQ200版本	
供電電池組（供電電池板、智能充電模組、鋰電池 1 組）	1,890 元
供電電池組底板	525 元
主控制傳輸模組（智能控制主板、LTE 傳輸&GPS、SD 記憶卡）	3,675 元
感測控制模組	3,675 元
主體機構防水殼（含防水殼、DIN 接頭、防水開關）	2,310 元
RF Module	3,465 元
酸鹼值感測元件	6,825 元

項目	參考售價
導電度感測元件	10,395 元
溶氧感測元件	16,275 元
一轉三線	683 元
公母接線(3m)	420 元
浮具鈑金組	4,200 元
校正用 USB Dongle	840 元
22ah 鉛酸電池模組	5,250 元
50ah 鉛酸電池模組	6,405 元
30W 太陽能板+支架(含螺絲包)	6,720 元
不鏽鋼太陽能支架組(含螺絲包)	2,499 元
太陽能板主機固定架	525 元

註：

1、售價僅供參考，實際售價依廠商報價為主，MWQ100：111/04/01版本，MWQ200：111/11/29版本。

2、MWQ100移動式水質設備將於2023.04.01起不再提供設備維修與耗材販售。

附件六、經費預付轉正作業參考資料

111 年 10 月 27 日版修正

112~113年水質感測器合辦試驗計畫-附件

行政院環保署合辦計畫經費支用狀況表

中華民國　　年　　月　　日

單位：新台幣元

合辦計畫名稱	年度	計畫總經費	分攤比率%	環保署累計撥款數	合辦機關累計支用數			署分攤未完成支用原因	賸餘數及違約罰款金額	賸餘數及違約罰款繳還日期	備註
					署分攤款	地方分攤款	小計				

備註：賸餘數及違約罰款金額請分別列明。

填表人　　單位主管　　主辦會計　　機關長官

格式四

（機關名稱）

支出機關分攤表

年 月 日 單位：新臺幣元

所屬年度月份： 年度 月份	總金額：	
分攤機關名稱	分攤基準	分攤金額
合 計		

承辦單位人員　承辦單位主管人員　會計單位人員　主辦會計人員或其授權代簽人　機關長官或其授權代簽人

附註：

1.本表由承辦單位人員依據相關支出機關分攤支付款項填列。

2.機關在不牴觸本要點規定前提下，得依其業務特性及實際需要，酌予調整本表格式（如增列核章欄位等）。

➢ 經費支用明細表(範例)

	經費源	用途別	項目品名	日期	金額(元)	
已撥款	環保署	業務費	委辦費			
	環保局	業務費	出差費			
已撥款	環保署	業務費	委辦費			
	環保局	業務費	委辦費			
總額						

承辦單位人員	承辦單位主管人員	會計單位人員	主辦會計人員或其授權代簽人	機關長官或其授權代簽人

附件五、水質感測器應用於民生場域商品化產品可行性分析

行政院環境保護署

環保署技術投入之水質感測器應用於民生場域商品化產品可行性評估

（初稿）

中華民國111年11月

目錄

第一章 前言.....1
1.1 整體技術架構.....2
1.2 水質感測器感控資通訊架構.....3
1.3 水質感測器感控與工人加藥投料控差異.....4
第二章 感測器及控制器種類評估.....5
2.1 感測器種類.....5
2.2 控制器連結方式與設備.....5
第三章 技術可行性與成本說明.....7
3.1 技術可行性.....7
3.2 成本說明.....9

圖目錄

圖1、水質感測應用感控項目技術架構流程 3
圖2、水質感測器感控資通訊架構 3
圖3、可程式控制器 PLC 基本結構 6
圖4、水處理設施感控示意圖以水產養殖為例 7
圖5、水處理設施感控示意圖以 PCB 印刷電路板廠為例.....9
圖6、水處理設施感控示意圖 9

表目錄

表1、水質感測器感控與工人加藥投料控之差異性 4

第一章　前言

環保署於106年引領推動水質物聯網領域研發多樣化水質感測器，期藉由創新技術導入，提高數據時空解析度及環境執法效率。106-110年五年計畫執行期間，本團隊協助環保署從元件研發、設備整合、場域布建、資料分析及加值應用全面展開。以國產化技術為優先，採用目前較新穎之電化學與光學分析法搭配抽換式無線通訊模組，導入酸鹼度、導電度、溫度、化學需氧量、銅離子、餘氯及濁度及市售溶氧元件，依不同應用需求，整合為固定式、移動式及手持式水質感測器，突破以往水質監測系統成本高、體積大限制條件，提供一高效化水聯網感測方案，奠定了臺灣水質物聯網基礎。

依不同應用情境需求，由環保署主導開發，將感測器整合為固定式、移動式及手持式樣態，目前已應用於工業區、河川流域、農地灌渠、特定工廠放流口及環境教育用途，全時掌握水質時空數據，提供酸鹼值(pH)、電導度、溫度、銅離子、化學需氧量(COD)等感測數據，透過預警模式建立，可有效限縮污染熱區與可疑對象，配合後端稽查執法人員進廠採樣確認，驗證水質感測物聯網應用於輔助環境執法的成效。

環保署技術投入之水質感測器具有設備小、布建維運簡易、網路傳輸、空間限制低、造價成本相對低、感測項目多元等特色。為使水質感測器應用效果擴張多元，本計畫應用環保署主導開發之水質感測，結合可程式控制器(Programmable Logic Controller, PLC)與智慧數據電表(Meters)，執行於非環境稽查應用場域，例如漁業養殖、科技廠污水處理等，提出技術可行性、成本與競爭力報告，透過不同角度感測我國水體環境，提供政府決策應用與輔導。

1.1 整體技術架構

本分析依據臺灣推動水質感測物聯網計畫經驗，整體技術以實務執行順序依據『水質感測物聯網安裝及數據應用指引』完成感測器出廠性能品管、安裝作業、運轉中管理及查核作業、數據發布及展示、數據分析應用等5階段。應用水質感測器商品，以無線或有線方式，結合可程式控制器(Programmable Logic Controller, PLC)與智慧數據電表(Meters)連結控制項目如：水泵、鼓風機、投料機等，完成水質感測與設備控制。整體技術架構與流程詳如圖1，內容概略說明如下：

1. 水質感測物聯網安裝及數據應用指引：按環保署引領投入之水質感測器其出廠、安裝、運作、數據發佈、應用規範完成水質感測器設備。

2. 盤點控制裝置：水質感測器安裝前應確認應用目的及控制項目，如掌握到數據及其變化趨勢，應能有後續動作。控制項目需與水質感測器感測項目有關連性，例如水泵、鼓風機、曝氣機、投料機、水閘門等...，確認其數量。

3. 控制器連結方式與設備：環保署之水質感測器係以無線數據方式透過 MQTT 連線至環保署環境物聯網平臺。故操作感測數值確定設定閾值啟動控制裝置，需為無線方式接收訊號。故使用之控制器需考量為可接收無線訊號之可程式控制器(Programmable Logic Controller, PLC)、智慧數據電表(Meters)或其他系統。或是改裝水質感測器之傳輸介面，改以 RS-484、TCP 或其他實體線路傳輸感測數值。

4. 感測數據發布及展示：感測數據雖經過嚴格的品保品管，然其代表意義仍與傳統監測方法不同，僅能掌握趨勢，若須對外發布及展示應加註說明標示，並確保具備一定數據品質。但已可執行數據管理分析瞭解民生水質場域用途。

5. 感測數據分析及應用：感測數據透過收集、整理、清理後，透過水質感測、數據模組分析、智慧控制、養殖管理，分析感測數據的時空特徵，事件的發生區域、發生時間週期、影響範圍，據以輔助環境應用參考依據。

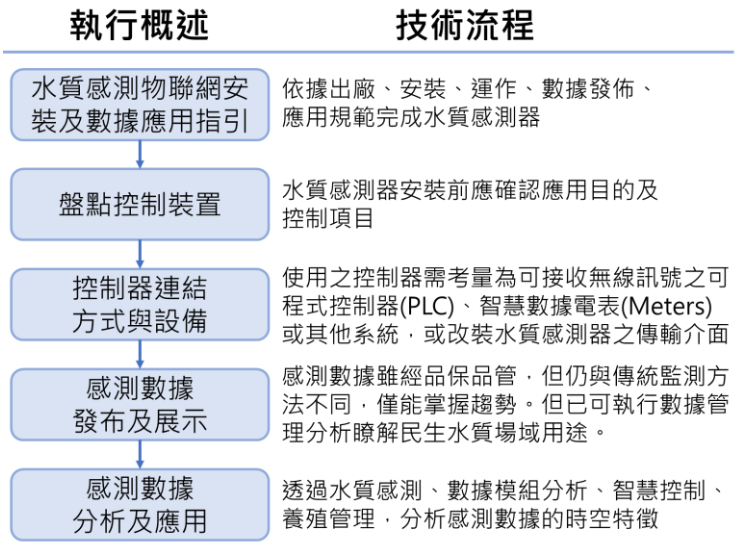


圖1、水質感測應用感控項目技術架構流程

1.2 水質感測器感控資通訊架構

水質感測器感控資通訊架構如圖2，多樣化水質感測器取得水質資訊後，透過4G LET 無線通訊系統傳送到設備廠商所維護的資料收集中心，廠商針對感測器回傳資訊進行設備狀態判讀，實施感測數據整理與清理，再將感測數據傳送至環保署感測資料中心（IoT 平臺），執行蒐集、分析與呈現各台感測器的運作狀態與感測數據。

應用具有無線通訊接受功能之可程式控制器控制器(Programmable Logic Controller, PLC)、智慧數據電表(Meters)或其他系統，遵循環保署感測資料中心（IoT 平臺）MQTT 連線教學方式，於數據下載中心針對專案及裝置 ID 下載即時感測資訊。啟動需求之控制裝置，同時執行水質事件分析、時空異常分析及告警推撥，全系統皆須符合資訊安全的相關規定。



圖2、水質感測器感控資通訊架構

1.3 水質感測器感控與工人加藥投料控差異

水質感測器結合控制操作設備的原理及方式為將儀器物聯網化，相較工人觀察數值或水質狀況再行控制，感控設備可減少人員介入降低人員成本消耗。國內常見的水質感測與決策控制方式主要為一般可程式控制器 PLC、計時器 Timer、或工人經驗操作，彼此間的差異詳如表1所示。

表1、水質感測器感控與工人加藥投料控之差異性

類型 / 項目	工人經驗操作	計時器 Timer	可程式控制器 PLC
感控目的與形式	無數據支持經驗操作	定期定量非感測數據	設定閾值到達即作動
數據應用	無數據記錄	數據定時定量無變化，水質情形無記錄	紀錄水質數據及操作動作與數量
感控準確度	依經驗	中	高
數據時間解析度	每次	定時定量	1分鐘
使用限制	1.感測區域較少，且數據解析度較低，難以掌握水質情形 2.操作者單一化，無法傳承	1.感測區域較少 2.控制命令單一，定時定量，無可調控性	1.感測區域廣泛，感測項目以及控制項目可以多對多 2.控制設備可調整變換 3.初始購置及維護保養成本高
應用場域	遊憩水池、養殖業	遊憩水池、養殖業、污水處理程序	遊憩水池、養殖業、污水處理程序，各式想控制操作之水域
維護頻率	—	每週、雙週巡檢一次	每月巡檢一次
維護成本（提供相同數據量）	高	中	低
設備價格	無設備	按複雜程度約萬元到10萬	按複雜程度約10-20萬

第二章　感測器及控制器種類評估

水質感測器最重要在於掌握水質的變化趨勢及參考測值，考量實際應用上的經驗，本章各節提供感測器適用的用途及控制器連結方式與設備性能評估指標，提供使用者選擇合適的設備，並取得可靠的感測數據。

2.1　感測器種類

1. 固定式水質感測器

固定式水質感測器泛指需將機體固定於岸邊空地類型，其以水管抽取水樣至箱體感測，或將感測器延伸至水體接觸感測，可加裝水樣過濾、消毒模組及清洗模組，另可依不同應用場域，加裝特殊感測項目。由於水樣經過前處理，及定期自動清洗程序，通常數據品質會高於一般移動式。以環保署主導開發機型為例，其具備酸鹼值(pH)、電導度、溫度、銅離子、化學需氧量(COD)感測項目，感測時間約20分鐘一次，適用於工廠放流口、工業區排及雨排，主要確認水質情形並結合後端水環境管理應用。

2. 移動式水質感測器

移動式水質感測器相較於固定式具備高機動性，可快速部署特性，將整機浮於水面以電極接觸感測水質，僅以鋼纜或重錨固定位置，需結合良好的維運及數據衰減判斷，以維持良好數據品質，由於占地面積小，通常具有更好的場域適性。以環保署主導開發機型為例，其具備酸鹼值(pH)、電導度、溫度、溶氧(DO)、氧化還原電位(ORP)、鹽度感測項目，適用於易死魚河川、養殖埤塘、農田渠道及工業區排，感測時間約1分鐘一次，可用於掌握水質變化並結合後續應變措施。

2.2　控制器連結方式與設備

1. **可程式控制器 PLC**

數位電子微處理器裝置，應用數位邏輯控制器用於自動化控制，將控制指令隨時寫入記憶體內儲存與執行，如圖3。接收及發送多種型態的電子訊號，來控制或監督幾乎所有種類的機械設備與系統。具有通用性強、

使用方便、適應面廣、可靠性高、抗干擾能力強、程式編寫簡單等特點。作動為判斷水質數值設定。

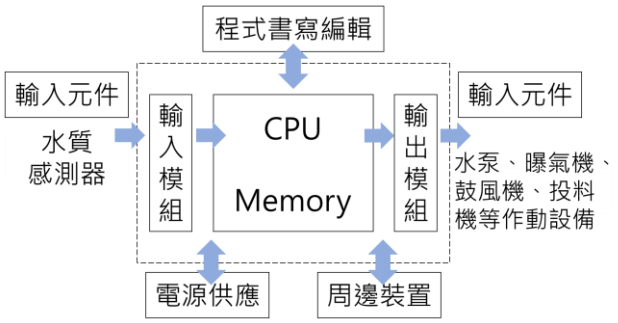


圖3、可程式控制器 PLC 基本結構

2. **計時器 Timer**

應用基本指令在設定的固定時間、頻率、時間範圍啟動設備或關閉，作動非判斷水質而是時間。

第三章　技術可行性與成本說明

運用既有水質感測器進行水質感測加藥控制或養殖業投料曝氣控制等測試，提出技術可行分析與成本說明。

3.1　技術可行性

1. 水產養殖感控

(1) 感測範圍設定

透過氧化還原電位(ORP)以及溶氧做為養殖水質優劣先行指標，感控鼓風機曝氣情形，維持 ORP 在最佳範圍採取適當的步驟，感控示意圖如圖4。



圖4、水處理設施感控示意圖以水產養殖為例

(2) 感測頻率

水產養殖感測頻率可採現行感測每1分鐘1筆，水質感測器透過4G 通訊上傳，藉由具無線數據接收之 PLC 裝置作動控制項目及儀器。

(3)控制設定

水質感測器為記錄水質情形無法控制與施以命令，結合 PLC 程序如時間器 Timer 或微型能管系統，可設定數值上下閾值，作動鼓風機或水泵，如圖5、圖6所示。

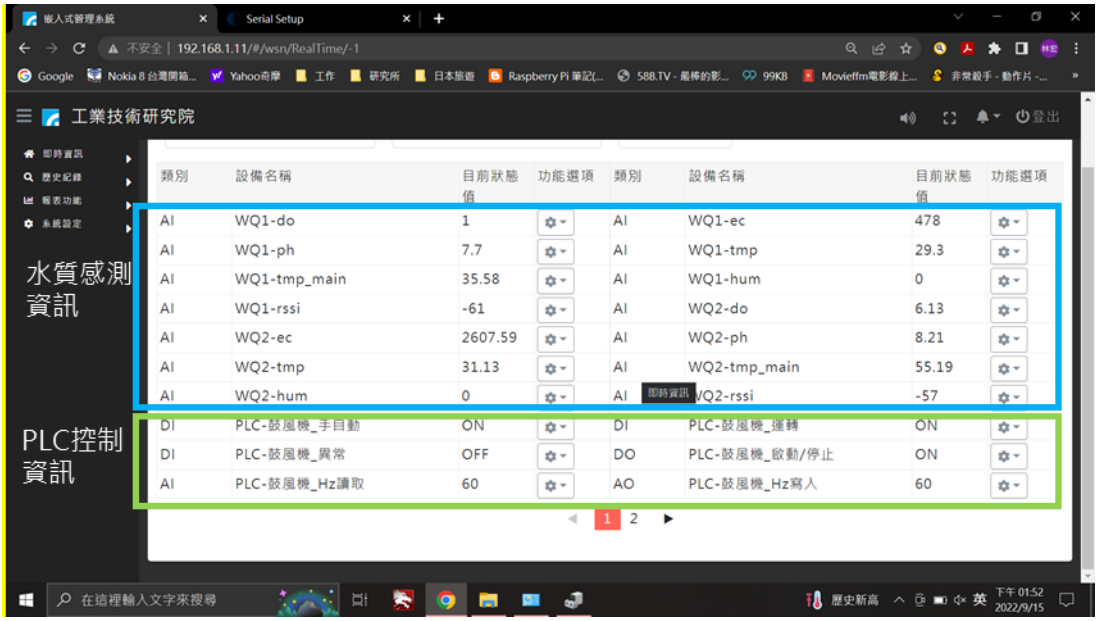


圖5、微型能管系統畫面圖

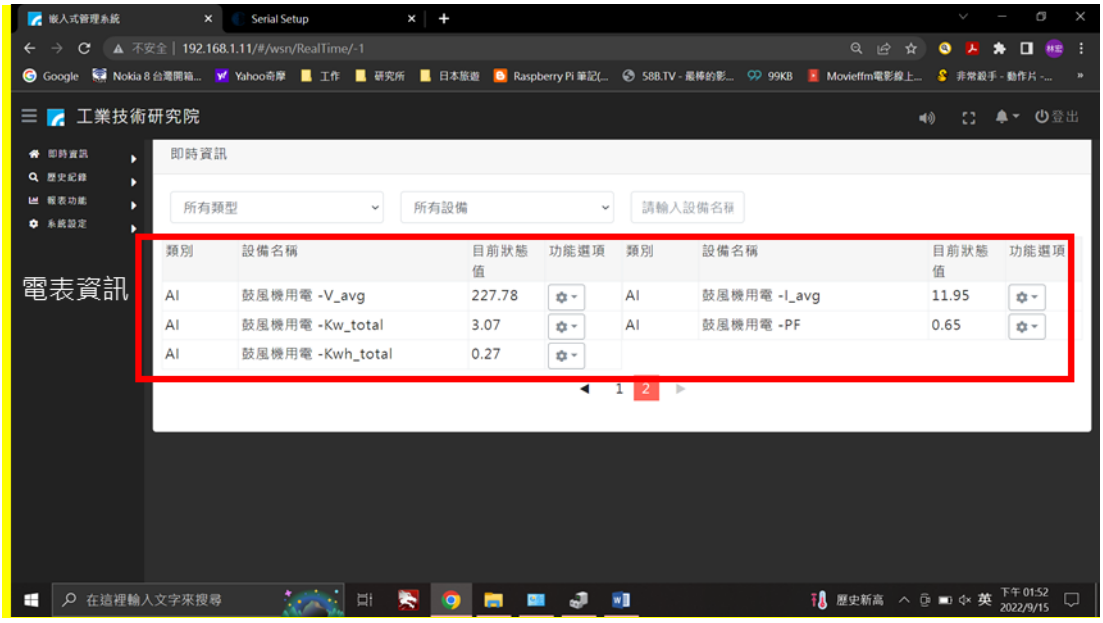


圖6、微型能管系統鼓風機作動圖

2. 科技廠水質感控

(1) 感測範圍設定

應用科技廠污水處理設施架設水質感測器，利用酸鹼值 pH、化學需氧量 COD 感測數據控制加藥頻率，調整至目標酸鹼值水質。裝設點位為 pH 調整槽前及 pH 調整槽後，如圖7。

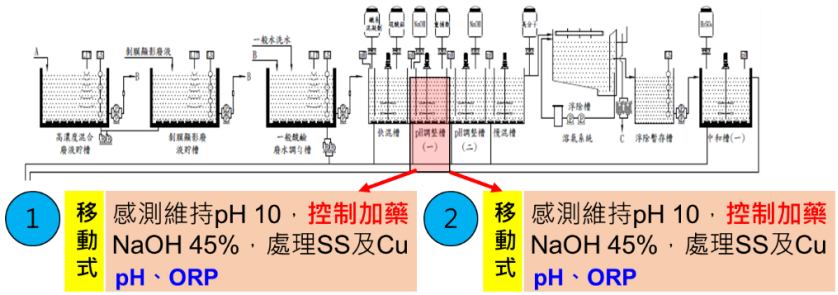


圖7、水處理設施感控示意圖以 PCB 印刷電路板廠為例

水質感測器發透過 RS-485送訊息至科技廠污水處理智慧數據電表(Meters)，由原數據電表設定水質閾值，發送訊息至可程式控制器 PLC 作動加藥泵，如圖8。

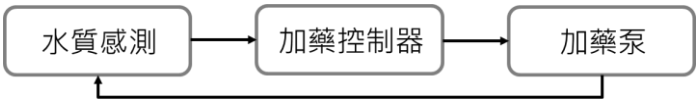


圖8、水處理設施感控示意圖

(2) 感測頻率

污水處理設施需即時監測水質並直接作動加藥或其他操作，過往應用在環境領域的水質感測器感測頻率為1分鐘1筆，對於污水處理設施反應較慢，不符合所需。故應直接將水質感測器直接透過實體線路如 RS-485等連結加藥控制器。原水質感測器之碳棒感測頻率為10秒1筆，可滿足即時水質監測需求。

固定式水質感測器感測像如化學需氧量 COD、氨氮、銅、感測頻率約20分鐘1筆，對於水處理設施之感測控制加藥之反應時間不符合預期，除非可提升採集頻率至每分鐘，否則不太適用於該情境。

3.2 成本說明

	市面水質感測器	環保署投入之水質感測器
應用實例	民生用與工業用情境不同使用不同設備	高酸鹼、耐候、防水、防撞
應用範圍	依據感測項而定	依據感測項而定
品保品管	無	依據水質感測物聯網物布建及數據應用指引執行
傳輸情形	有線	無線、有線
價格	20-30 萬（視控制項目而定）	10-20 萬（視控制項目而定）

附件六、感測器操作說明手冊及標準應用程序

行政院環境保護署

感測器操作說明手冊
及標準應用程序
（初稿）

中華民國111年11月

目錄

第一章 前言 4
第二章 感測器種類及性能評估指標 5
2.1 感測器種類 5
2.2 水質感測器性能評估指標 6
第三章 安裝作業規則 7
第四章 資料數據中心與應用分析平台 13
4.1 環境感測數據資料中心 13
4.2 水科技物聯網應用平臺 14
4.2.1 數據呈現介面 14
4.2.2 水質數據異常判定技術 15
4.2.3 輔助智慧稽查功能 16
第五章 感測數據分析應用 21
5.1 應排除之無效感測數據 21
5.2 各感測項目分析應用方式 24
5.2.1 水質異常圖表判讀 25
5.2.2 水質資料完整率分析 28
5.3 各類型場域感測數據特性 30
5.4 應用感測器輔助環境治理 31
5.4.1 污染源單點監控 31
5.4.2 單一流線監控 34
5.4.3 面狀網格監控 35
5.5 水質異常通報處理程序 36
5.5.1 設備異常通報處理流程 37
5.5.2 環境水質異常通報處理流程 37
第六章 手持式水質感測器操作應用 40
6.1 手持式感測器操作方式 40
6.2 手持式感測器之應用 44

圖目錄

圖1、場域及裝機位置篩選準則.....10
圖2、感測資料數據中心平臺專案管理列表.....14
圖3、感測資料數據中心平臺即時數據查詢列表.....14
圖4、水科技物聯網應用平臺呈現介面.....15
圖5、高污染潛勢測站篩選.....16
圖6、高污染潛勢測站趨勢圖確認.....17
圖7、WIOT 回溯污染熱區功能.....17
圖8、WIOT 污染源頭追溯分析.....18
圖9、污染專案訂閱追蹤.....19
圖10、污染專案數據告警週期特性統計.....19
圖11、無感測值回傳案例.....22
圖12、電池電壓與盒內濕度異常案例.....22
圖13、PH 電極異常案例.....23
圖14、EC 電極異常案例.....23
圖15、設備離水異常案例(上圖 DO 測項、下圖 EC 測項).....24
圖16、PH 值異常趨勢案例（小於6）.....26
圖17、PH 值異常趨勢案例（大於9）.....26
圖18、EC 異常趨勢案例（大於750MS/CM）.....27
圖19、EC 異常趨勢案例（背景平均值高於灌溉水標準）.....27
圖20、DO 異常趨勢案例（長時間低於2 MG/L）.....28
圖21、水質感測器布建、分析及執法流程建議.....31
圖22、污染源單點數據時間分析.....32
圖23、數據異常規律性案例.....33
圖24、佈點於感潮河段案例.....33
圖25、單一流系數據分析方式.....34
圖26、面狀網格監控數據分析方式.....35
圖27、水質異常告警條件於各時段累計次數分析.....36
圖28、水質異常告警熱力圖分析.....36
圖29、設備異常通報處理流程.....37
圖30、水質異常通報處理流程.....39
圖31、手持式感測器校正流程.....41
圖32、手持式感測器操作流程.....43
圖33、手持式感測器操作教育訓練.....44

表目錄

表1、感測元件損壞之異常數值判斷規則.....22
表2、感測器電極異常之異常數值判斷規則.....23
表3、設備離水之異常數值判斷規則.....24
表4、pH 異常數值判斷規則.....26
表5、EC 第一類異常數值判斷規則.....27
表6、EC 第二類異常數值判斷規則.....28
表7、DO 異常數值判斷規則.....28
表8、各類型場域感測數據特性.....30

第一章　前言

有鑑於近幾年小型感測器技術日益成熟，以及資通訊技術突飛猛進，環保署自106年起推動環境感測物聯網相關計畫，從元件研發、設備整合、布建驗證、數據分析、環境執法至中央地方合作擴大應用，突破了以往水質監測系統成本高、體積大限制條件，提供一高效化水網感測方案。

依不同應用情境需求，由本署主導開發，將感測器整合為固定式、移動式及手持式樣態，目前已應用於工業區、河川流域、農地灌渠、特定工廠放流口及環境教育用途，全時掌握水質時空數據，提供酸鹼值(pH)、電導度、溫度、銅離子、化學需氧量(COD)等感測數據，透過預警模式建立，可有效限縮污染熱區與可疑對象，配合後端稽查執法人員進廠採樣確認，驗證水質感測物聯網應用於輔助環境執法的成效。

小型感測器原理簡易，長期浸泡於複雜的水質中容易隨時間與標準檢測方法產生誤差，故在數據應用及詮釋上需特別注意。然由於其具備價格便宜且感測頻率高優勢，可以提供高解析度時空數據，聚焦於水質數據變化趨勢，可有效掌握可能的污染熱區，對於微環境的污染徵兆的解析，具應用價值。

基於善用水質感測物聯網的優勢，引導如何正確使用感測數據，特訂定本指引，提供給參與合辦水質感測物聯網工作及相關使用者參考運用。依據感測數據的應用目的，針對潛勢污染源鑑別、低溶氧熱區及教育使用等用途，提供感測器選址安裝、維運管理、數據品管等作業規則，在確保感測數據品質的同時，進而協助發展智慧化環境治理及推廣環境教育認知。

本指引是基於106年~109年水聯網應用累積經驗整理，提出針對小型化感測器為主的具體作法供使用者參考運用。但為兼顧隨著環境的演變與技術提升而進化的管理模式，環保署將適時提出革新建議，具體作業方式將依實務需求進行增修。

第二章 感測器種類及性能評估指標

水質感測器最重要在於掌握水質污染的變化趨勢及參考測值，考量實際應用上的經驗，本章各節提供各類型感測器適用的用途及方式，及性能評估指標，提供使用者選擇合適的設備，並取得可靠的感測數據。

2.1 感測器種類

一、固定式水質感測器

1. 固定式水質感測器

固定式水質感測器泛指需將機體固定於岸邊空地類型，其以水管抽取水樣至箱體感測，或將感測器延伸至水體接觸感測，可加裝水樣過濾、消毒模組及清洗模組，另可依不同應用場域，加裝特殊感測項目。由於水樣經過前處理，及定期自動清洗程序，通常數據品質會高於一般移動式。以本署主導開發機型為例，其具備酸鹼值(pH)、電導度、溫度、銅離子、化學需氧量(COD)感測項目，適用於工廠放流口、工業區排及雨排，主要確認污染排放情形並結合後端環境執法應用。

2. 移動式水質感測器

移動式水質感測器相較於固定式具備高機動性，可快速部署特性，將整機浮於水面以電極接觸感測水質，僅以鋼纜或重錨固定位置，需結合良好的維運及數據衰減判斷，以維持良好數據品質，由於占地面積小，通常具有更好的場域適性。以本署主導開發機型為例，其具備酸鹼值(pH)、電導度、溫度、溶氧(DO)感測項目，適用於易死魚河川、養殖埤塘、農田渠道及工業區排，可用於掌握水質變化並結合後續應變措施。

3. 手持式水質感測器

手持式水質感測器相較於固定式及移動式，其具備隨身攜帶可隨時感測特性，然其非為連續感測類型，較難察覺固定偷排污染源。以本署主導開發機型為例，其具備酸鹼值(pH)、電導度、溫度感測項目，適用於河川、生活用水、校園教育、工廠放流口、潛勢污染農地，主要結合河川巡守隊掌握背景水質，或環境教育用途。

2.2 水質感測器性能評估指標

性能評估指標說明

一、數據完整性(DC, Data Completeness, %)：評估公式如下：

$$\text{Data Completeness(DC)}=\frac{N_{valid\ data}}{N_{all\ data}}\times 100\%$$

其中$N_{valid\ data}$：測試期間感測器有效數據點

$N_{all\ data}$：測試期間感測器應有的所有數據點

二、相對誤差(Error, %) / 相對器差(Bias, %)：感測器與參考儀器(一般採用稽查用手持式設備或實驗室檢測)的讀值差異評估公式如下：

器差＝感測器讀值-參考儀器讀值

相對器差＝（器差/參考儀器讀值）×100%

相對誤差＝（器差絕對值/參考儀器讀值）×100%

三、模組間變異(IMV, intra-model variability, %)：評估感測器是否具有相對一致的量測結果，評估公式如下：

$$\text{IMV}(\%)=\frac{Mean_{highest}-Mean_{lowest}}{Mean_{average}}\times 100\%$$

受測感測器以一式三組部署並蒐集資料，

其中$Mean_{highest}$：測試期間三組感測器各時間點平均值，取三組中最高值

$Mean_{lowest}$：三組感測器各時間點平均值，取三組中最低值

$Mean_{average}$：測試期間三組感測器各時間點的平均值

模組間變異(IMV, %)的評量方式：測試期間各時間點的模組間變異之中位數。

第三章　安裝作業規則

水質污染物具備高度的時間與空間變異性，臺灣都市面積小，工業區造成的水污染很快就外溢到臨近住宅區。除持續精進感測器的精確性，提高感測器巡檢維護效率，結合感測器具備容易大量高密度布建與高頻率感測優點，規劃最適化布建場域及設置點位，可有效提升解析環境污染行為。

一、水質感測器點位篩選

為有效運用小型感測器進行環境治理，應瞭解場域背景水質資訊、流系分布、潛勢污染源分布、現地需求，及同步取得中央、地方及現地居民協助，以發揮水質感測器布建具體效益。應用情境可包括：(1)河川流域；(2)灌溉渠道系統；(3)工業區/工廠排水道；(4)智慧稽查應用；(5)測站平行比對等不同應用目的及場域特性，設定具代表性、應用效益性及通訊、通電可行性的布點選址，歸納為5大感測類型，茲說明如下：

(一) 河川流域

由於我國地狹人稠特性，住宅與工廠混雜，河川常同時納入生活污水及零星工廠排放廢水，亦有可能納入營建及畜牧廢水，主要布建目的是以監測各河段環境水質背景值為主，亦可透過各區段水質變化，篩選水質異常頻率較高區段，進一步鎖定污染源。由於河川長度通常較長，建議以能監控各區段重點污染源為主，或配合其他布建地點型態，提供背景水質監測資料，採以低布建密度。

(二) 灌溉渠道系統

以高污染潛勢農地區域為布建範疇，包括取水口、灌溉渠道系統及出水口，布建目的為保護農地受體，瞭解灌溉用水品質，此區水域污染變化較低，布建以掌握重點分支流水質及搭排戶重點排放流域為主。

(三) 工業區/工廠排水道

此類場域是以監測工廠污染廢水排放為主，工業區以雨、污水下水道系統節點、雨水下水道放流口及污水處理廠放流口布建為主，透過雨水下

水道系統布建監控工廠偷排，以污水下水道系統布建監控工廠超排，此類布建環境較為惡劣，水體多位於人孔蓋下，需注意通訊傳輸及維運問題，且感測器需能確保長時間無水不致損壞；一般混雜在都市中的工廠排水道多為明渠，然需注意抽水揚程過高問題。由於上述水體為工廠或廢水處理廠處理之廢水，屬於高污染潛勢區，布建應能符合篩選污染源頭目的，布建密度應考量工廠數量、工廠產業別及工廠過去違法偷排紀錄等條件。

(四) 智慧稽查應用

此類場域通常透過歷史人工採樣、低頻率長時間水質監測等方式篩選，鎖定某處固定污染源，針對可能排放口施以高頻率監測，以利執法應用。

(五) 測站平行比對

以驗證比對水質感測器數據為主，需確保與參考測站具有採樣的一致性。

除了針對關切的區域環境進行感測點位規劃外，為有效掌握感測器的使用壽命，建議應預留5%（含）以上感測器做為巡檢或更換感測器的參考備機。

二、水質感測器布建邏輯

針對環保機關執法需求，研析掌握環保機關執法水質感測器運用情境。研提最適化水質感測裝置組裝建議，並研擬環保機關執法應用布建應用之推動策略、措施步驟、期程及作業程序等相關布建應用執行計畫。並規劃完成相關智慧稽查布建維運體系包括選址、安裝、巡檢校正、維護更換、資料分析及執法行動應用等作業步驟之標準程序或作業原則。其成功關鍵因素需包括有效的感測設備及良好的數據品質、有目的性及完整的感測點布建、連續的資訊匯流及創新的分析應用等層面。

(一) 執法應用情境

1. 監測背景水質：以低密度布建，掌握關注之水體長期水質資訊。配

合上下游連續監測資料比對，篩選水質異常頻率較高區域。

2. 監測高污染潛勢區：針對水質異常頻率高之區段布建，篩選污染源位置。可於該區多個疑似污染源排放口及匯流處布建簡易型水質監測設備，依據水質異常特性及位置，搭配上游污染源清單，分析行業別、過去稽查記錄等資訊以利篩選污染源。

3. 監測污染源：布建於特定潛勢污染源放流口，應加裝重金屬或 COD 等測項，分析水質異常時間熱區，作為後續環境執法應用參考依據。

4. 重大水質污染事件：因應突發水質污染事件，或特殊季節監測需求，如夏季死魚頻發時期，可應用移動式水質監測設備，進行短期高頻率水質監測，確認水質概況及污染物可能擴散區域。

(二) 連結智慧稽查布建維運體系

為有效利用投入資源，擴大布建具體效益。選址應以能解決實際迫切面臨之環境問題為優先，如重點污染潛勢區、民眾經常檢舉區域及環境污染事件頻發區域。本準則以解決實際環境問題為目的，訂定場域篩選準則為：

1. 依據過去水質、地下水、土壤或底泥監測背景資訊，挑選經常超標地區。

2. 篩選經常受到陳情或有重大環境污染議題事件地區。

3. 挑選周遭或場域下游有敏感受體地區。

4. 考量通訊傳輸良好及布建維運較為容易地區。

決定可能布建場域後，再針對場域特性選擇合適布建地點，應同時考量區別性、代表性、完整性及目的性，以利於後續資料加值應用，發揮實質效益，場域及裝機位置篩選準則如圖1。

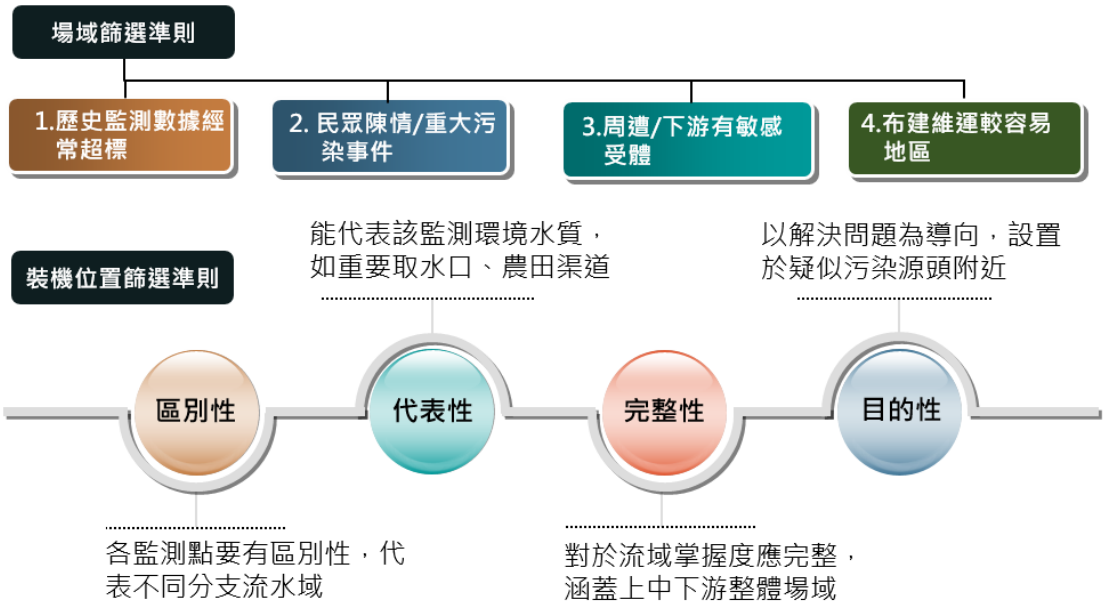


圖1、場域及裝機位置篩選準則

三、水質感測器安裝作業

感測器安裝過程除要確保施工安全及安裝點位正確外，在安裝時需再確認感測器的周遭有無造成干擾精確測量的因素，綜整安裝重點注意事項如下：

(一) 落實承攬商管理作業，與承攬單位釐清施工範圍與權責，宣導施工安全、用電安全、設備安裝要點及權責義務。

(二) 工單位應確認施工點位，盤點所需工具與相關設備與配件。

(三) 施工前落實安全教育宣導與酒測，紀錄出勤施工人員姓名與連絡電話，施工每組至少兩人。

(四) 到達安裝地點後請戴上防水手套準備作業，並依場域狀況穿著相關安全設備，如：安全帽、救生衣、安全吊帶.....等等。

(五) 安裝地點須先進行場堪，確認設備放置點位高低落差安全性，並量測電源與網路線長度紀錄與其他材料數量。

(六) 確認現場水質是否異常(強酸或強鹼)，作業時請配戴抗腐蝕防護手套，加強施作安全。

(七) 安裝進行現場交管及交通錐設置，並拍攝現場施工前、中、後照片，紀錄

感測點站號、站名、安裝日期。

(八) 安裝前先開啟感測器電源，確認感測器運作及數據上傳功能正常，才可以開始進行現場安裝作業。

(九) 施工人員將感測器固定於岸上或錨錠水面後，需再次確認感測器固定穩固，避免感測器鬆脫的風險。

(十) 避免設置於大排出水口避免鋼纜繞轉設備，或沖斷等問題。

(十一) 於碼頭或有潮汐等場域應確認潮差高度，並使用岸邊固定法避免發生淹沒問題。

(十二) 感測水體水深度至少20cm 確保感測器可泡於水中且不受底泥干擾。

(十三) 將使用後的感測器校正液倒入廢液桶，使用清水洗滌校正容器內外並擦拭乾淨。

(十四) 進行感測器與太陽能板電源連接配置：

1. 施工作業須符合政府相關法令與規範，依照電力安全規定執行。
2. 進行電源配線須符合配電安全作業標準，絕緣作業應完備，電源線應設置護線套或相關保護與固定設施。
3. 電源配線安裝完成後，確認主電源開通，感測器與外接電源連通，且感測器數據上傳正常。
   (1) 太陽能板應朝向南方已取得最大日照量。
   (2) 太陽能充電狀態：設備電流應大於-100mA。
   (3) 連續10筆 GPS 資料應有微幅變動、不可為定值。
4. 完成太陽能板、感測器、電源配線的電源防水保護，確保全系統運作電源安全。

(十五) 盤點施工工具與相關設備及配件耗材，清理施工環境後撤除交通錐。

四、水質感測器最適化點位檢討(移機)

雖然河川流域感測點、灌溉渠道感測點、工業區/工廠排水道感測點、智慧稽查感測點及測站平行比對感測點有布建的建議，但地區的污染特性會隨著時間而改變，為了提升感測器的使用效益，必須透過長期觀察感測器的數據行為，評估及分析既有感測器的應用目的與效益，因地制宜設置感測器在適宜的點位。

以污染熱區鑑別感測的最適化點位為例，可依據既有布建感測點位所發生污染事件頻率，分析點位的必要性與適用效益；透過數據分析經驗，輔以大數據分析、數據統計分析或其他方式解析感測數值，判斷感測器於各縣市環保局使用情形、在各應用場域數據分布、感測數據衰減情形、數據品質及環境應用效益。

第四章　資料數據中心與應用分析平台

為有效發揮水質感測物聯網的運作效能，針對感測器的出廠性能品管作業、布建作業、運轉中管理作業、布建後查核作業訂定管控與查核要求，確保感測器提供符合數據品質且具代表性的感測數據，再藉由資料數據中心的收集、清理與分析，管控各個感測器的運作狀態進行設備異常告警、數據管理、數據倉儲，提供管理者即時掌握感測數據收容狀況。收集的感測數據，則透過應用分析平臺呈現在地圖上的感測分布、時序污染趨勢及水質異常告警，同時提供數據分析工具，解析關切區域的污染熱區、污染時間週期及可疑列管工廠等。

4.1　環境感測數據資料中心

環境感測資料數據中心平臺（簡稱IoT平臺）收集固定式、移動式及手持式感測器。其中以本署主導開發規格而言，固定式水質感測器以酸鹼值(pH)、電導度、溫度、銅離子、化學需氧量(COD)感測為主，數據上傳頻率為20分鐘一筆；移動式水質感測器以酸鹼值(pH)、電導度、溫度、溶氧(DO)感測為主，數據上傳頻率為1-5分鐘一筆；手持式水質感測器以酸鹼值(pH)、電導度、溫度感測為主，可隨測隨傳。

IoT 平臺提供感測專案、設備及數據管理，以列表式管理介面（如圖2）提供管理者針對個別感測器及專案感測器提供運作現況分析，可即時查知感測數據的完整率、即時測值、時序資料及歷史資料下載（如圖3），使用者可另行透過 API 介接 IoT 平臺數據，另行依需求建置應用分析平臺。



圖2、感測資料數據中心平臺專案管理列表

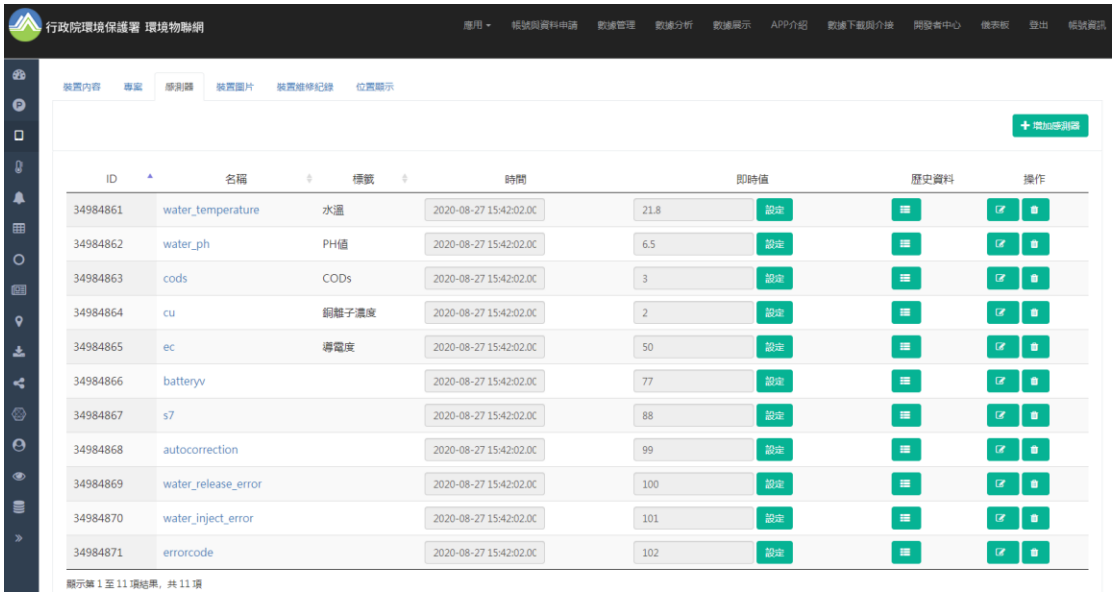


圖3、感測資料數據中心平臺即時數據查詢列表

4.2　水科技物聯網應用平臺

4.2.1 數據呈現介面

水科技物聯網應用平臺（簡稱 WIoT 平臺）基於感測應用分析及水質關聯跨域數據整合展示需求，並以提高輔助環保稽查的功能，透過視覺化、時間空間圖像化以篩選可用於污染查處業務資料，並結合外部單位可加值運用資料及水質資料加以整合分析，提供水質變化趨勢正確判讀，輔以後端告警及統計資訊，協助業務需求掌握污染趨勢，追溯污染熱點，提供建議稽查執

法時段，使用介面詳如圖4。其中，本平臺依固定式、移動式及手持式感測器，設計客製化分析及告警模式，系統主要提供中央與地方政府使用，協助污染源追蹤查處，同時輔助內部決策分析應用，強化環境治理與智慧稽查能力。



圖4、水科技物聯網應用平臺呈現介面

4.2.2 水質數據異常判定技術

WIoT 平臺介接 IoT 平臺的酸鹼值(pH)、電導度、溫度、銅離子、化學需氧量(COD)等水質數據，依不同類型感測器數據收集頻率介於1-20分鐘，為有效自動化區分設備及水質異常及告警，WIoT 平臺建立「水質數據異常判定技術」，其以統計製程控制 (Statistical Process Control, SPC)概念為基礎，依據不同區域及不同時間數據，滾動式更新統計母體，並結合設備使用經驗，以訂定告警法則，解析時空異常熱區，達到自動化告警功能。後端即可透過即時的訊息(Email、Line)通報及電子郵件(Email)報表，讓稽查人員從過去被動式參與、單方面的接受報告結果，到現在能主動出擊，更有效率地查處污染。「水質數據異常判定技術」及告警統計通知說明如下：

一、設備異常判定：依據感測元件特性設定，包括持續無變化點位（例如：單1感測器數值1小時內無變化）、不合理之極限值（單1感測器數值長時間為0或位於偵測極限）。

二、水質異常判定：依據場域特性及母體統計分布設定，包括離群值條件（例如：單1感測器數值連續3點超出80或低於20分位數）、法規限值條件（例如：酸鹼值超過9或低於6）。

三、異常事件自動告警：透過前述異常判定機制，以排程方式自動檢視資料庫數據，並事先排除前端已被感測器供應商標註為無效分析資料（校正、維運或設備狀態異常），依需求提供日報、4小時報及即時通知告警通知統計，自動產生污染潛勢熱區並提供環保局參考。

四、水質足跡重現地圖：主要將水質污染出現的時空特徵，以地理資訊視覺化方式紀錄呈現並可重複撥放，提供地方環保局參考污染足跡出現的時段及位置，結合該區域廠商申報或排放資料特性，可決定是否啟動稽查作業。

4.2.3 輔助智慧稽查功能

一、高污染潛勢測站篩選：WIoT 平臺提供快速篩選高污染潛勢測站功能，可依據地區別、時間區間自動分析高頻率告警測站，及被告警的管制條件（如圖5）。操作者可鎖定篩選清單，進一步依據原始數據時序圖，判斷自動告警所列測站是否確實為水質異常，以利滾動式修正告警條件（如圖6），而經確認過過的高頻率告警測站，即為後續應重點觀察及分析對象。



圖5、高污染潛勢測站篩選

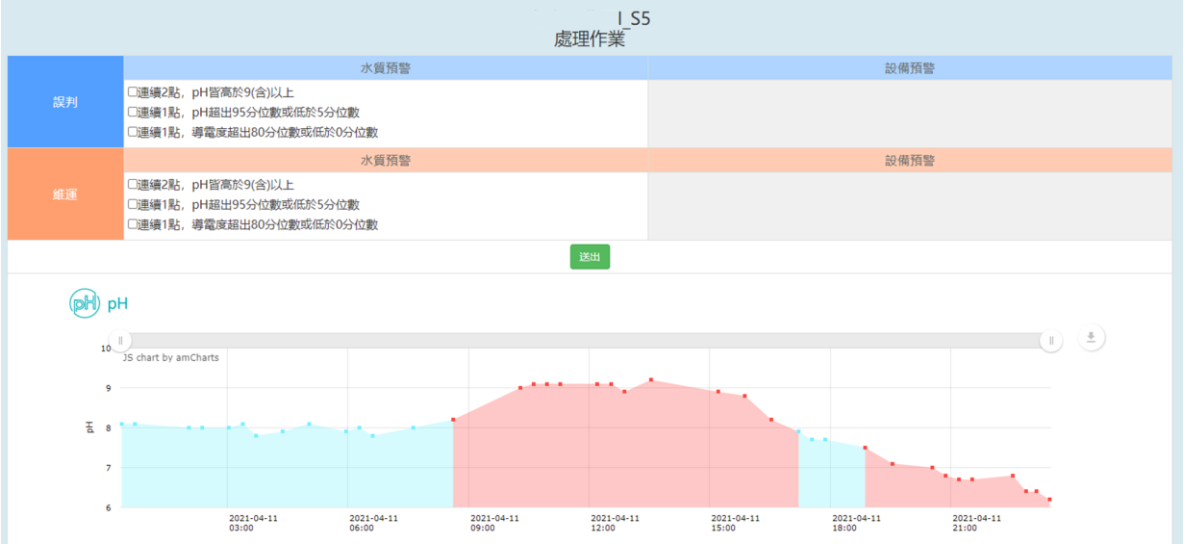


圖6、高污染潛勢測站趨勢圖確認

二、回溯污染熱區：WIoT 平臺提供即時感測數據回放功能，鎖定關注潛勢污染地區後，藉由 GIS 時序圖觀察區域範圍內水質感測器間告警變化，以時間軸方式瞭解短時間內水質變化趨勢及污染流向，可有效鑑定污染熱區（如圖7）。



圖7、WIoT 回溯污染熱區功能

三、污染源頭追溯：WIoT 平臺介接跨域場廠資訊，可於鎖定感測器及熱區後，進一步應用污染源頭追溯功能，透過 GIS 圖層套疊篩選特定範圍內工廠，依據感測測項異常情形，挑選可能污染產業別工廠（圖8）。平臺

將進一步勾勒出各列管源空污、水污及廢棄物列管申報資料，相關資訊經整合後皆有助於計畫性稽查交叉比對，實現初步篩選污染源目的。



圖8、WIoT 污染源頭追溯分析

四、污染專案追蹤：利用 WIoT 平臺初步完成感測器、範圍及污染源限縮後，可利用污染專案追蹤功能，執行特定感測器的事件 Line 告警訂閱及週期統計（如圖9及圖10）。使用者設定好告警條件並啟動訂閱功能後，即可於水質超標時，定期收到 Line 告警，並統整關注測站近期超標時序分布及週期特性統計，以利連結後端稽查執法，鎖定特定時間主動出擊。



圖9、污染專案訂閱追蹤



圖10、污染專案數據告警週期特性統計

五、輔助環保稽查：藉由水質感測物聯網感測數據分析提供污染物類型、污染熱區及時段等資料，針對可疑對象進行資料收集及比對，例如：許可證狀態與許可內容確認、申報資料比對、稽查及告發紀錄等，篩選出可

疑產業及業者，再輔以現場稽查式手持式感測設備檢測、採樣檢測或樹脂包等，進行科學採證後，將上述分析結果擬定督察稽查專案執行環境執法。

第五章　感測數據分析應用

感測器若要發揮良好應用效益，需於選址規劃時即掌握良好布建目的，而高時空解析度的數據，透過在時間與空間維度上的數據變異特性，分析上下游感測器同測項連動關係、同一時間上不同測項的相關性，可有效解析污染發生的時空熱區。實務上，應用單位需定期透過平臺分析功能檢視數據，歸納有明顯源頭排放污染行為特性，並加入水質告警群組，可有效掌握關注區域即時狀況。當告警事件發生時，告警群組將即時推播訊息，相關人員獲知訊息後，可至現場視情形進行採樣比對分析、水色溯源追蹤或進廠稽查。以下簡要說明分析應排除數據、各產業別感測數據特性及從點源、線源至網狀感測，各情境建議應用分析的方法。

5.1　應排除之無效感測數據

儀器之感測元件本身也會有使用壽命，當發生儀器異常情況，維護人員即可啟動相關之維護及更換作業。為確保分析結果皆基於良好數據品質，建議需將下列數據註記，視為無效數據，不列入分析資料群。

一、設備實施維修、保養、校正及巡檢等，實測值非為感測目標水體數據。

二、設備狀態異常造成無效數據，如抽不到水、電壓干擾、電路板當機及感測元件老化等。另外儀器異常又可分為元件損壞或感測器電極異常兩情況，以下針對各種發生情形進行說明。

(一) 儀器感測元件損壞

當儀器感測元件損壞時，通常將無感測值回傳，各項元件損壞之數值異常判斷依據如表1所示，異常案例如圖11與圖12所示。

表1、感測元件損壞之異常數值判斷規則

測項	異常值	處理方式
pH	無感測值回傳	到現場維護及更換設備
EC	無感測值回傳	到現場維護及更換設備
DO	無感測值回傳	到現場維護及更換設備
溫度	無感測值回傳	到現場維護及更換設備
4G訊號	RSSI小於-90dBm	確認當地訊號強度，避免斷訊短缺資料
電池電壓	低於 7.3V	確認外接電源狀況或準備更換感測器
感測器濕度	高於 80% RH	檢查防水盒內是否有進水或結露情形
太陽能	大晴天、中午時分，充電電流小於 1A	確認太陽能板是否朝南方安裝、是否有遮蔽或表面髒污狀況

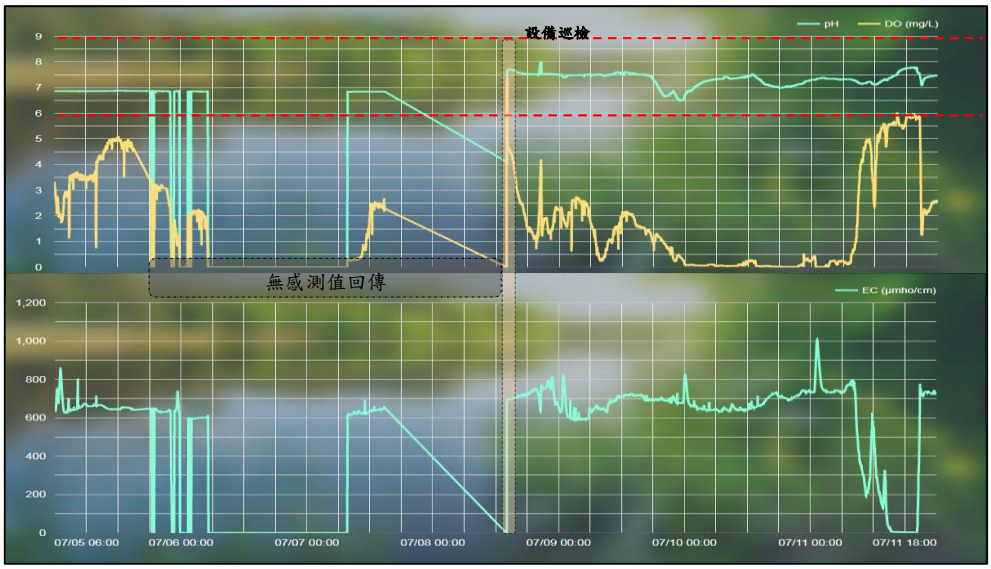


圖11、無感測值回傳案例



圖12、電池電壓與盒內濕度異常案例

(二) 感測器電極異常

當水質感測器之電極老化或出現異常時，雖該測項測值有持續回傳數值，但會出現持續無變化或不正常跳動的現象，感測器電極異常之判斷依據如表2所示，pH與EC電極異常如圖13與圖14所示。

表2、感測器電極異常之異常數值判斷規則

測項	異常值	處理方式
pH	• 連續三個小時測值無變化 • 持續大於 14 或趨近於 0 • 單一筆數值有顯著落差	到現場維護校正或更換設備
EC	• 連續三個小時測值無變化 • 持續大於儀器偵測極限（50,000µs/cm）或維持 0 • 單一筆數值有顯著落差	到現場維護校正或更換設備
DO	• 連續三個小時測值無變化	到現場維護校正或更換設備
溫度	• 連續六個小時測值無變化	到現場維護校正或更換設備

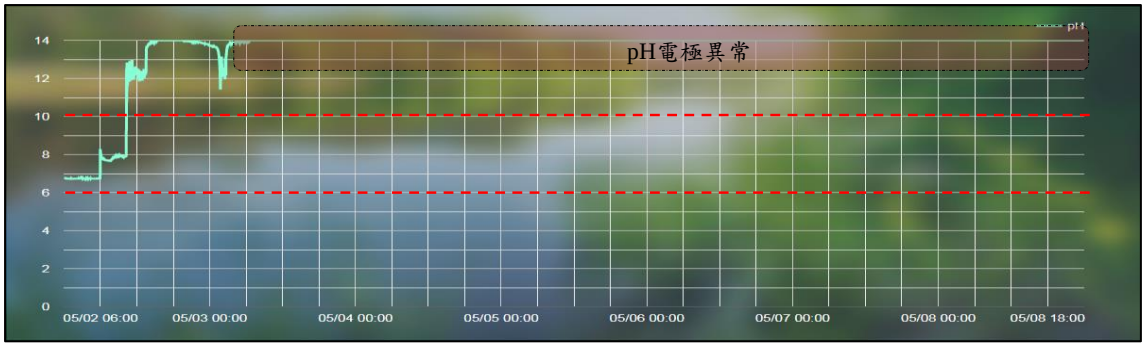


圖13、pH電極異常案例

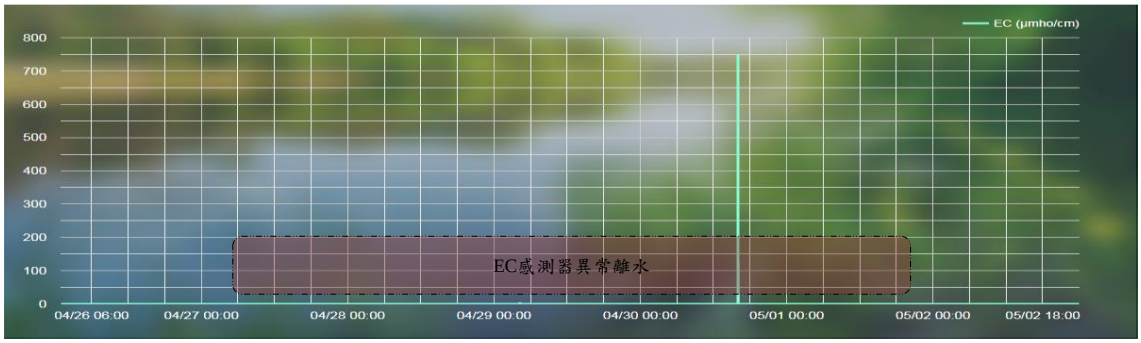


圖14、EC電極異常案例

(三) 設備離水

當儀器電極未接觸河水時該項值雖會持續回傳，但其EC數值會趨近於0且持續無變化，而pH與DO數值則多呈現不規則跳動（DO數值多大於水中平均值，多大於7.0mg/L以上），感測器設備離水之異常數值判斷依據如表3，離水案例之數值趨勢如圖15所示。



圖15、設備離水異常案例(上圖DO測項、下圖EC測項)

表3、設備離水之異常數值判斷規則

測項	異常值	處理方式
pH	呈現不規則跳動	到現場確認感測器狀態並放回水中
EC	趨近於 0 且持續無變化	到現場確認感測器狀態並放回水中
DO	＞6 mg/且不規則跳動	到現場確認感測器狀態並放回水中

5.2 各感測項目分析應用方式

因應不同感測目的，應選擇合適之感測元件，確保數據分析結果可回饋於需解決之環境問題，下列彙整目前常應用於水質感測項目分析應用方式，建議於應用時可多測項同步確認。法規限值以最常感測之金屬基本工業、金屬表面處理業、電鍍業和印刷電路板製造業為基準（民國108年4月29日版），實務上應依感測目的調整。

一、酸鹼值：放流水標準限值為 pH6 - pH9，通常以此限值判斷源頭有無超標廢水排入水體。

二、電導度：製程產生之廢水一般具高電導度特性，可用以掌握源頭排放廢水時間；另空氣中電導度為0μS/cm，可判斷感測頭是否有效接觸水體。

三、溫度：放流水標準限值為攝氏38度（5-9月）、攝氏35度（10月-翌年4月），視製程特性，通常生成高溫廢水，可用以掌握源頭排放廢水時間。

四、溶氧：視製程特性，可能產生高溶氧或低溶氧變化，可用以掌握源頭排放廢水時間；另空氣中溶氧約 8 ppm，可判斷感測頭是否有效接觸水體；而若感測頭遭生物膜包覆，溶氧測值將顯著下降。

五、化學需氧量：放流水標準限值為100mg/L、120mg/L 為印刷電路板限值、160mg/L為染整業限值，通常以此限值判斷源頭有無超標廢水排入水體。

六、銅離子：放流水標準限值為1.5mg/L、3mg/L 為印刷電路板，通常以此限值判斷源頭有無超標廢水排入水體。

5.2.1 水質異常圖表判讀

水質感測器布設在環境中，若回傳之數值為異常時，排除儀器異常之問題外，極有可能是現場水質受到污染或是環境有急劇變化所造成之水質異常。發生此情況時，管理者應判斷是否需立即到現場查看狀況，或是要持續收集數據觀察異常狀況是否有特定模式發生，以下說明環境異常時之數值判斷依據。

一、pH 異常數值判斷規則

監測項目 pH 值之異常資料檢核規則可比照放流水水質標準及灌溉用水水質標準限值。圖16與圖17為 pH 值發生異常時之趨勢案例，由圖可見，異常趨勢多以突升（大於9）、突降（小於6）形式呈現，pH 異常數值判斷規則如表4所示。

表4、pH異常數值判斷規則

測項	異常值	處理方式
pH	0＜pH＜6	現場查看狀況或持續收集數據觀察
	9＜pH＜14	現場查看狀況或持續收集數據觀察

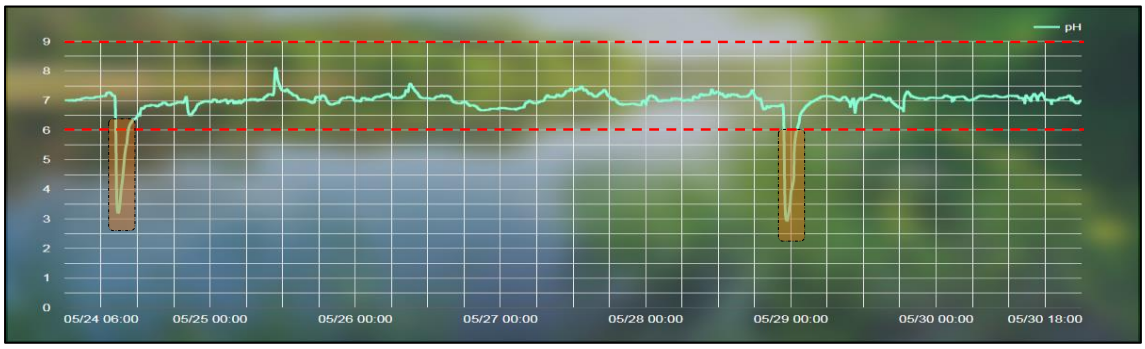


圖16、pH值異常趨勢案例（小於6）

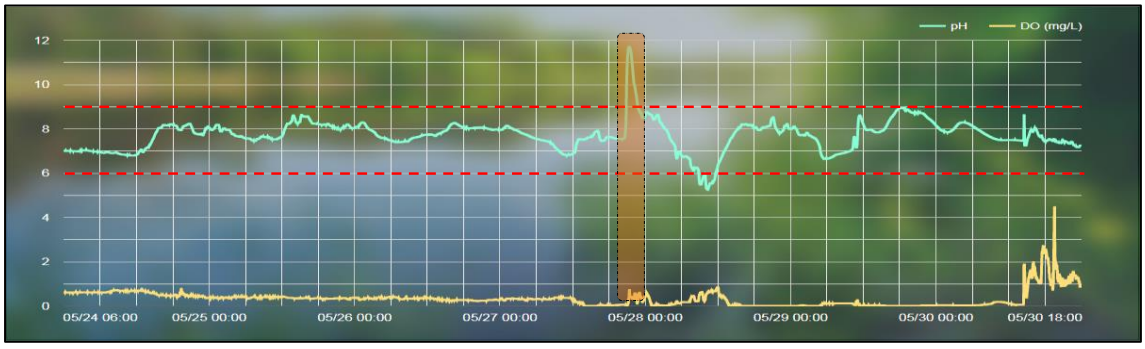


圖17、pH值異常趨勢案例（大於9）

二、EC 異常數值判斷規則

由於各地區EC背景值不盡相同，且會受到渠道類型、距離污染源遠近等因素影響，因此 EC 異常數值判斷規則需因地制宜，故參考灌溉用水水質標準，EC 異常數值之判斷依據區分為以下兩類：

(一)第一類（小於750μS/cm）

背景平均值小於灌溉用水水質標準750μS/cm，此類型 EC 異常檢核規則為比照灌溉用水水質標準，若 EC 大於750μS/cm，則顯示水質發生異

常。圖18為EC異常趨勢案例，由圖可見，該測站平均EC皆低於灌溉用水水質標準750μS/cm，當圖譜以短時間突升之形式呈現，則可認定為異常。

表5、EC第一類異常數值判斷規則

測項	異常值	處理方式
EC	＞750μS/cm	現場查看狀況或持續收集數據觀察

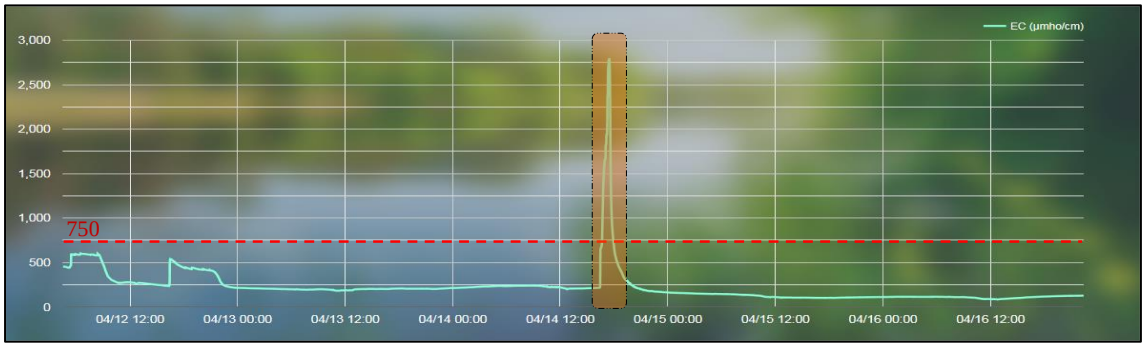


圖18、EC異常趨勢案例（大於750μS/cm）

(二)第二類（大於750μS/cm）

背景平均值高於灌溉水標準750μS/cm，此類型 EC 值具較高變動特性，主要多為上游有事業群聚或位於區域排水等，EC 異常數據判斷規則應基於自動監測值變化特性進行訂定，係以趨勢圖觀察法或統計量化分析來評定 EC 異常管理值，建議 EC 於短時間（約1~2小時）內高於前七日平均值之50%以上，即可認定為異常數值。圖19為 EC 異常趨勢案例，由圖可見，該測站七日 EC 平均值約為2,750~3,000μS/cm，故超出此數值且呈現顯著突升形式則可認定為異常。

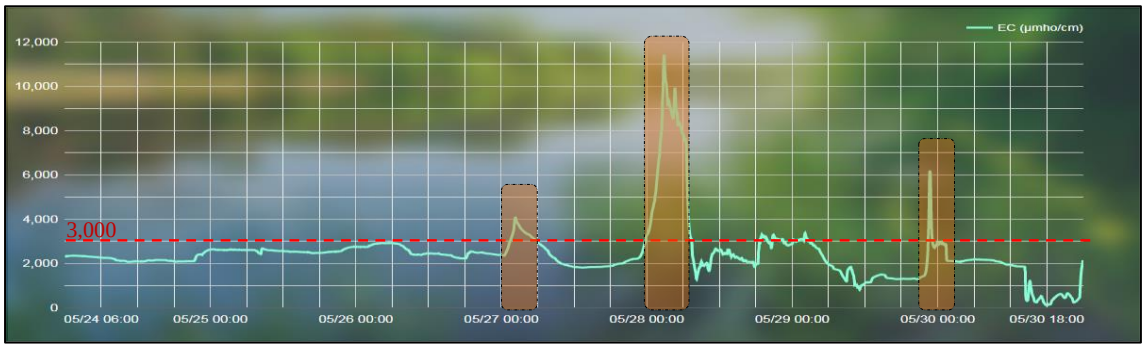


圖19、EC異常趨勢案例（背景平均值高於灌溉水標準）

表6、EC第二類異常數值判斷規則

測項	異常值	處理方式
EC	於短時間內(約 1~2 小時)高於前七日平均值之 50%以上	現場查看狀況或持續收集數據觀察

三、DO 異常數值判斷規則

水中氧氣量是評估水體品質重要指標之一，水質越純淨、溶氧愈達飽和，愈適合多種魚類生存，魚類適合存活之溶氧需求為3mg/L或4mg/L以上，當水中溶氧低於2mg/L時，則可能會造成魚類缺氧死亡，因此DO之異常數值判斷建議訂為低於2mg/L以下，DO異常趨勢案例如圖20所示。

表7、DO異常數值判斷規則

測項	異常值	處理方式
DO	< 2 mg/L	現場查看狀況或持續收集數據觀察

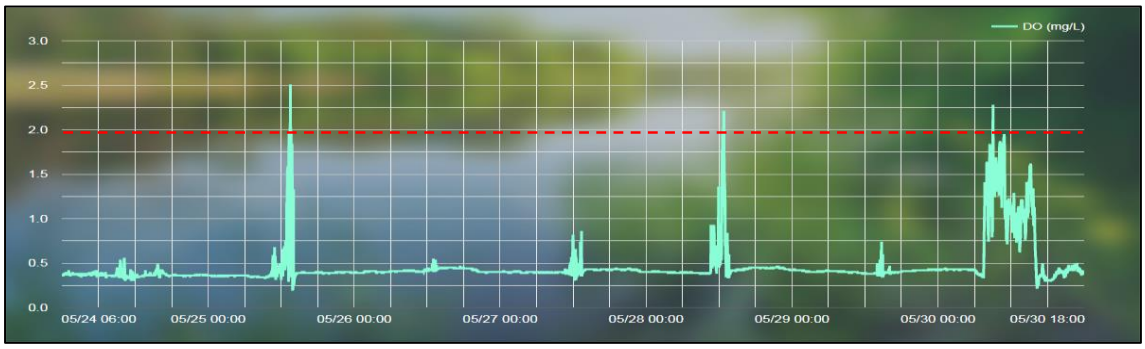


圖20、DO異常趨勢案例（長時間低於2 mg/L）

5.2.2 水質資料完整率分析

前述不可歸責於執行單位造成資料無法蒐集的不可抗力無效筆數，將依照實際狀況蒐集相關事證後，加以扣除應蒐集筆數。為能完整而有效分析回傳資料，進行上述有關完整率之計算，可藉由多放點位的方式，以及配合系統平台資料異常自動通報的方式，如電子郵件或社群通訊軟體，將資料的異

常狀態亦一併回傳，以便於除了以有效資料進行分析外，也能由異常通報記錄協助釐清資料異常事件之成因，可作為資料完整率計算、現地感測器運作狀態掌控與後續異常事件分析之依據。水質感測器之有效監測數值比率之計算公式如下所示：

$$\frac{\text{實際蒐整1分鐘內即時展示之感測有效值總筆數}}{\text{有效應蒐集總筆數（設備套日}\times 24\text{小時/日}\times 60\text{筆/小時）－不可抗力之無效或無數值筆數}}\times 100\%$$

5.3 各類型場域感測數據特性

若要應用感測器改善環境，需先掌握各場域水質背景基線，以此基線設定告警條件會使推播通知更有效及精確。依據目前本署推動水聯網執行經驗及參考文獻彙整，各場域及產業別排出廢水特性如下表8。由於實際應用上，感測位置及源頭工廠製程皆有不同，仍須因應現場水質特性調整告警條件；且需注意感測位置通常為處裡後廢水及自然水體匯流後水樣，於數據判讀時亦應予以調整。

表8、各類型場域感測數據特性

應用場域	產業別	酸鹼值	電導度 (μS/cm)	溶氧 (mg/L)	化學需氧量 (mg/L)	應用建議
農田渠道	—	6.5 - 8.5	500 - 1,000	2 – 4	—	以 pH 判斷超標廢水、EC 及 DO 判斷排水時間
河川水體	—	6.5 - 8.5	300 - 2,000	4 - 9	20 - 100	以 pH 判斷超標廢水、EC 及 DO 判斷排水時間
稽查執法應用	畜牧業	6.5 - 8.5	1,500 - 5,000	< 2	100 - 600	以 COD 判斷超標廢水、EC 判斷排水時間
	印刷電路板製造業/金屬表面處裡業/電鍍業	6.5 - 9	500 - 5,000	—	20 - 80	以 pH 及 COD 判斷超標廢水、EC 判斷排水時間
	印染整理業	6.5 - 8.5	300 - 1,000	—	50 - 150	以 COD 判斷超標廢水、EC 判斷排水時間
	食品製造業	6.5 - 8.5	1,000 - 10,000	—	20 - 80	以 pH 及 COD 判斷超標廢水、EC 判斷排水時間
	工業區大排	6.5 - 8.5	300 - 5,000	1.5 - 4	20 - 80	以 pH 及 COD 判斷超標廢水、EC、DO 判斷排水時間

5.4 應用感測器輔助環境治理

水質感測器由於感測原理及數據特性與稽查執法標準仍有不同，在應用於環境治理時需留意數據判讀方式，應注重於高低趨勢變化，找出污染熱區特徵，絕對測值僅作為是否可能有超標排放行為參考用途。善用高解析度大數據優勢，以輔助角度切入環境治理輔助。一般建議從感測器安裝後，需1週時間確認目標水體背景基線，以此基線設定超標告警條件。應用單位需定期分析數據，約2週時間確認布建位置是否為污染熱區，以判斷需進一步進入環境採樣比對及環境執法階段，或滾動式調整布建位置，以發揮水聯網感測器高機動特性（如圖21）。

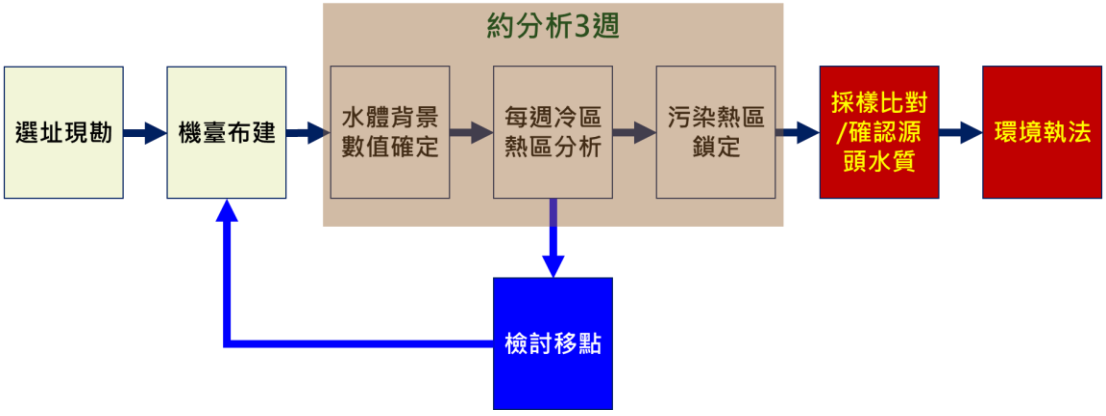


圖21、水質感測器布建、分析及執法流程建議

因應各種需解決的環境問題，有不同的應用策略，例如工廠偷排事件應盡量布建於放流口下游、低溶氧死魚事件應於各重要截點布建確認。概括而言，應用情境可歸納點源、線源及面源監控，說明如下。

5.4.1 污染源單點監控

布建目的最明確方式即為污染源單點監控，使用時機在於透過長期分析、採樣、列管資料及陳情資料綜合比對，確認有明確污染對象，可直接將感測器安裝於其放流口下游處，掌握污染發生的週期及時間特徵。依據團隊過去執行經驗建議：(1) 採用感測器需能對應污染業別排水項目；(2) 需注意隱蔽性，建議放置於污染源下游匯入點前；(3) 透過時間趨勢圖，統計水質異常時間，掌握排水特性。

一、污染源單點數據分析：感測器在設定告警值後，即可依據數據變動趨勢高峰值告警及標註（如圖22），應關注於掌握污染發生的週期及時間，據此判定計畫性稽查應鎖定的時間。另可由感測項彼此的連動關係及感測值初步判斷排水特性，例如酸鹼值下降時常伴隨電導度上升，其可能是來自源頭酸洗過程未妥善處裡廢水流出導致。

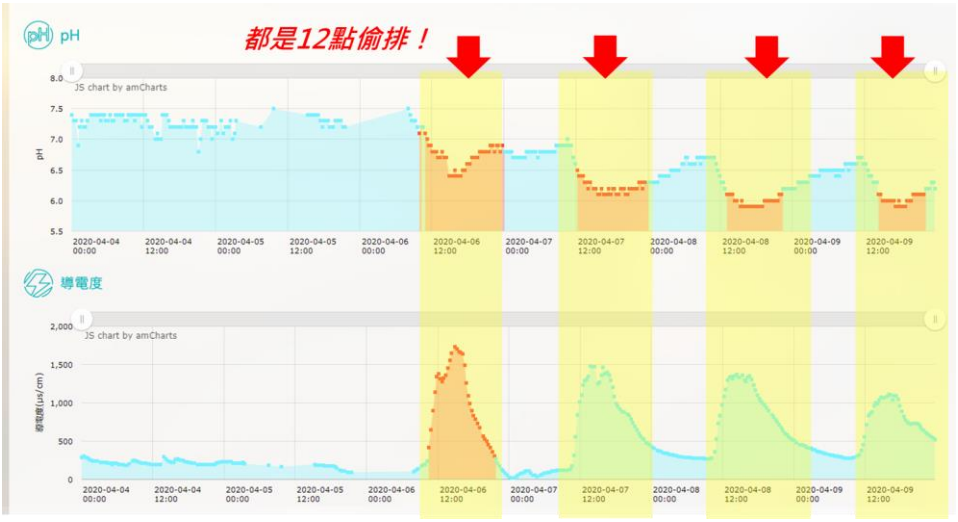


圖22、污染源單點數據時間分析

二、污染特徵歸納：依據數週的異常事件觀察，可歸納出污染排放特徵，包括時間週期（例如平日/假日、每2週1次、週幾、時間點等）、污染延時（用以判斷稽查方式）、影響感測項目（例如極鹼、極酸、化學需氧量超標等）。為確保稽查行動準確且有效，可於告警推播時，同步至現場採樣比對，確認感測數值準確度。透過上述數據的檢核，當發現異常規律後，將會更進一步檢視當地環境變因，並檢討其空間關聯性。相關作業包括：

(一)配合設置布建區域，於布設階段便持續蒐集環境背景資訊，包括環境背景描述性紀錄、水體流向路徑的空間圖資與對位關係、集水區相關過去環境水質監測記錄等。

(二)透過一段時間的數據比對，找出數據異常規律性。如圖23所示，於監測期間，每日20:00~21:00與23:00~24:00兩時段皆有異常情況發生。

(三)比對潮汐、雨量等水文特性，避免因感潮河段，引起 EC 之誤判。如圖

24所示，由於該站佈點於潮差較大河段，故於退潮時易造成無法偵測狀況。

(四)進一步檢視區域範圍內及周邊工廠、工業區等排放源的區位與行業特性，從行業製程，檢視可能影響水質感測變化之標的。

對應上述基本紀錄後（依據不同區域與環境特性將有所調整），蒐集相關資訊予以佐證資訊來源，加以掌握可能的污染排放規律，作為後續查找污染來源之參考依據。

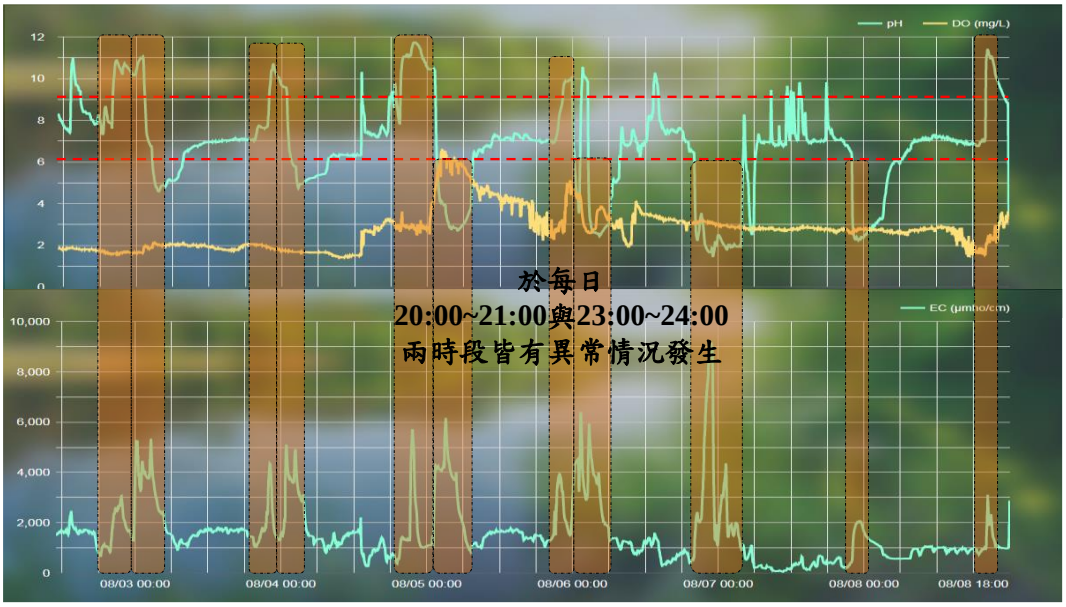


圖23、數據異常規律性案例

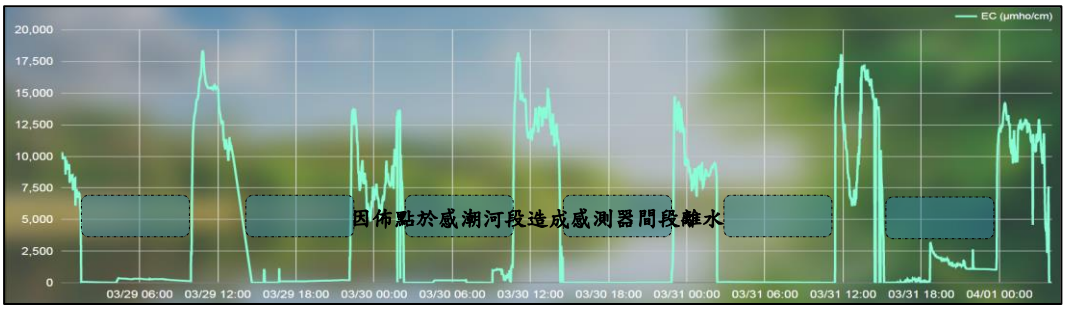


圖24、佈點於感潮河段案例

三、輔助環境執法：透過感測數據異常時間點可鎖定應稽查時間，而污染延時若在2小時內，建議應採取計畫性稽查，先篩選出最可能出現污染時間

點，預先部署人力執行環境執法；若大於2小時，可考慮透過密集監控，在告警通知確認污染行為發生時再赴現場執法確認。

5.4.2 單一流線監控

若僅掌握污染承受區域，但不確定污染源或有多個污染源頭可能，建議採取單一流系監控方式，沿流系上中下游布建，鑑定污染排放熱區。依據團隊過去執行經驗建議：(1) 鎖定場域應挑選工業區大排、沿途多零星工廠排水道、污染河川、農田給水；(2) 分區段布建，盡量挑選重要排放匯入點，且各點位若有水質異常情形皆有助於限縮污染源範圍；(3) 透過空間水質差異，鑑定污染排放介入點。

數據分析重點為需將空間上相關之感測數據一同分析，觀察同一流線之水質異常趨勢，例如同一感測項從上游至下游間變動情形，判斷異常測站及無異常測站，污染源可能即從兩類測站中介入。如圖25所示，可看出酸鹼值測項從1號測站流至2號測站時，有異常變化情形（如紅色框線處），即有可能污染源是從這之間介入，應盡可能再從此匯流截點安裝感測器，確認實際污染源頭位置。



圖25、單一流系數據分析方式

5.4.3 面狀網格監控

若想解決大範圍區域水質問題，如工業區、污染潛勢農地，其可能包含多個污染源共同污染，建議可採取面狀網格監測方式，於重要截點布建以釐清污染熱區分布情形。移動式感測器由於體積小，布建容易且快速，當用於稽查或水質背景調查時，可以移動式感測器之 pH、導電度與溫度作為初篩，快速找出污染來源，亦可同時持續搭配其他移動式感測器向上游布建，逐步限縮污染範圍，當鎖定可疑污染廠家後可搭配有 COD 與銅離子等其他感測項目之固定式感測器進行其他水質項目之超標確認。依據團隊過去執行經驗建議：(1) 同一區域需有足夠數量感測器，且需掌握各流系關係，才能發揮水聯網感測效益，例如固定式+移動式感測器或移動式+移動式感測器；(2) 建議需於區域入流口、出流口及區域內污染源及截點網狀布建；(3) 同時結合時間及空間分析，運用流系分布追蹤不法超排廠商（如圖26）。

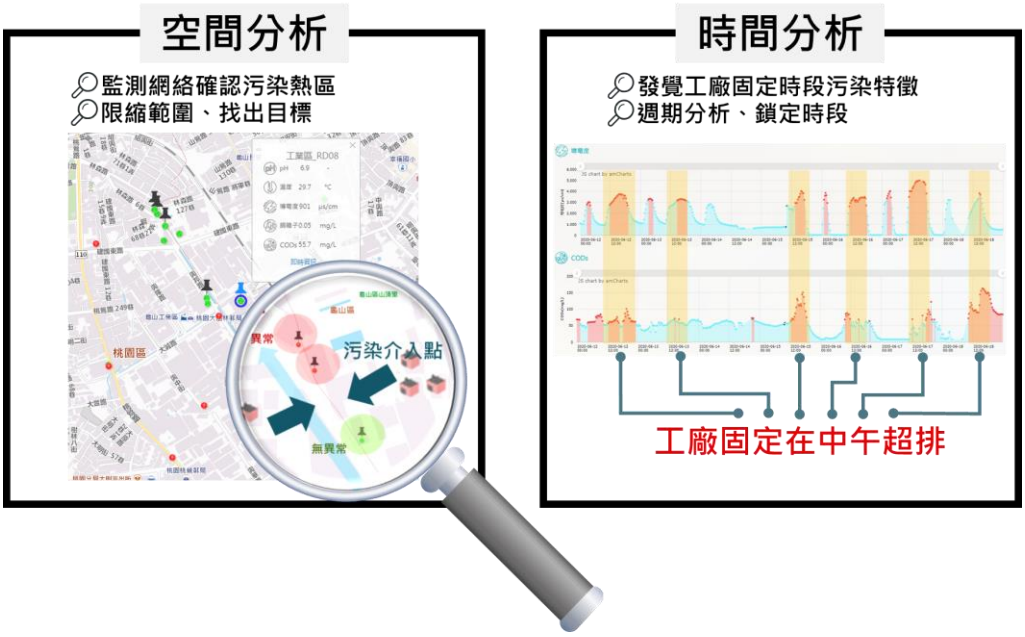


圖26、面狀網格監控數據分析方式

若感測器應用於工業區，建議於從源頭境外截點、自排工廠放流口至工業區大排（抓超排）、雨水道（抓偷排）及末端污水處裡廠出流以網狀方式布建，即可掌握污染源頭位置。累積一段時間數據後，可先透過空間分析，確認各區感測器彼此測項連動關係，及個別告警次數，以限縮污染熱區；再針對熱區輔以時間分析，掌握工廠固定偷排時段及週期性，可進一步分析各告

警條件出現於各時間區段的次數（如圖27），以瞭解源頭偷排水質特性；而為進一步提供環境執法參考，可設定特定告警限值，展開星期對應時段之告警熱力圖分析（如圖28）。透過完整的空間時間交叉分析，可有效運用感測器數據，作為給環保稽查單位輔助智慧執法的科技工具。

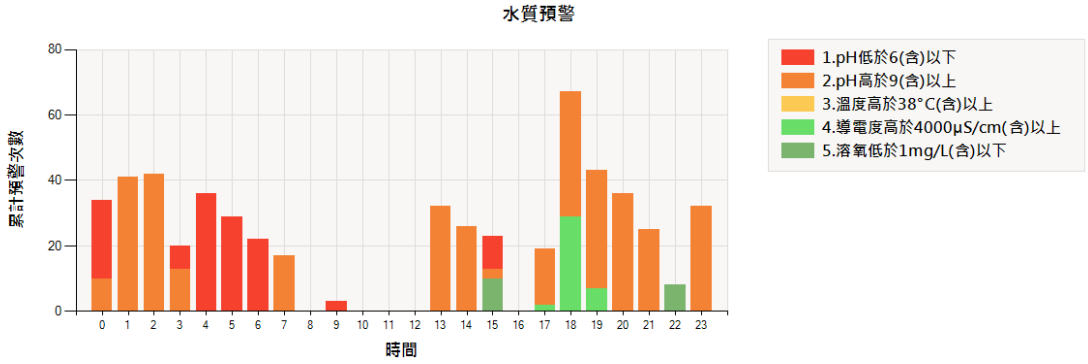


圖27、水質異常告警條件於各時段累計次數分析

導電度大於900	一	二	三	四	五	六	日
00時	0	0	0	0	0	0	0
01時	0	0	0	0	0	0	0
02時	0	0	0	0	0	0	0
03時	0	0	0	0	0	0	0
04時	0	0	0	0	0	0	0
05時	0	0	0	0	9	0	0
06時	0	0	0	0	73	58	0
07時	0	0	0	0	49	41	0
08時	0	0	0	0	0	0	0
09時	0	0	0	0	0	0	0
10時	0	0	0	0	0	0	0
11時	0	0	0	0	0	0	0
12時	0	0	0	0	0	0	0
13時	0	0	0	0	0	0	0
14時	25	0	0	0	0	0	0
15時	0	0	0	0	6	0	0
16時	0	0	11	0	111	0	2
17時	0	0	60	0	120	0	27
18時	0	0	60	0	120	0	18
19時	43	1	60	0	120	0	60
20時	66	116	60	0	120	0	60
21時	31	60	47	0	25	0	25
22時	0	60	0	0	0	0	0
23時	0	30	0	0	0	0	0

圖28、水質異常告警熱力圖分析

5.5 水質異常通報處理程序

為了掌握各水體感測結果及發展現地實務應用層面，當水質感測器感測資料異常時應建立水質資料異常通報流程，該程序將可結合資訊系統之即時數據，並透過自動化通報工具輔助工作執行，以利相關單位依循及進行快速

反應。水質資料異常可依異常狀態區分為設備異常及環境水質異常兩部分，各異常類型通報流程說明如後：

5.5.1 設備異常通報處理流程

依據前述水質異常資料檢核規則建立，為維護水質感測資料正確性及有效性，若因水質感測器設備問題導致資料異常如感測器損毀、探頭數據偏移、資料中斷等狀況，應依異常通報機制進行設備檢修及通報處理，並依不同異常類型通報處理，且相關成果應於系統輔助平臺進行追蹤呈現，以維護水質資料正確性。設備異常通報流程如圖29所示。

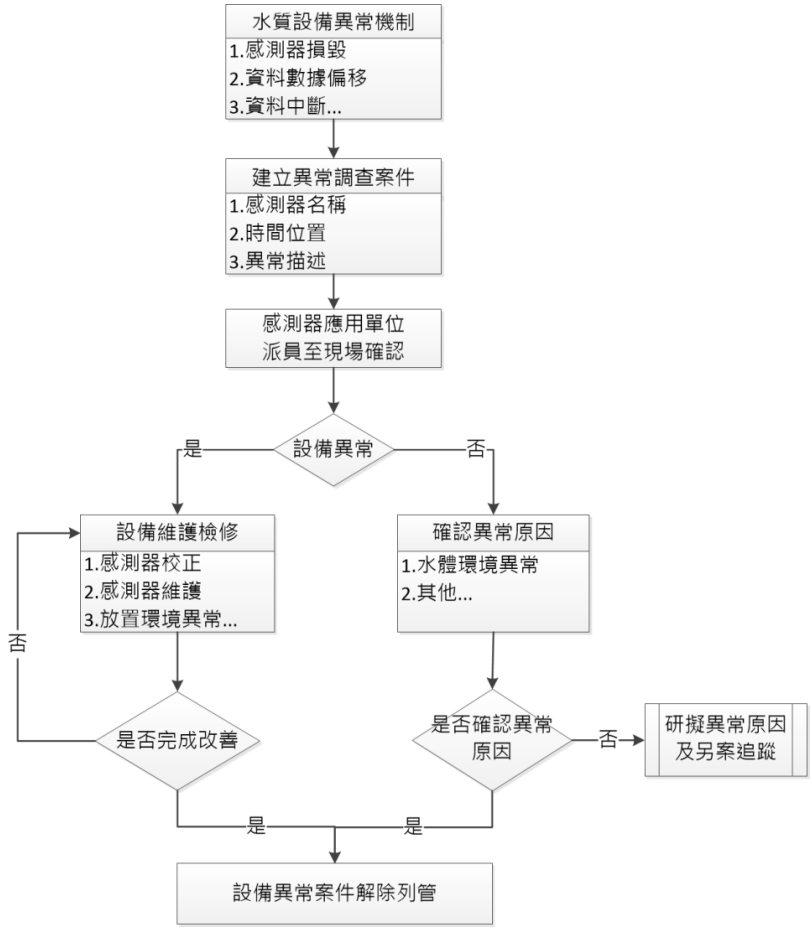


圖29、設備異常通報處理流程

5.5.2 環境水質異常通報處理流程

在水質感測器執行布建後，各站點位水質檢測預警閥值由環保稽查單位設定，並可參考應用指引建立異常通報規則，可透過自動化通報服務提供警示，此警戒值原則由環保稽查單位處理，在接獲異常通報後，應先對異常點

位周遭列管事業進行盤點，並追查水路流向。並蒐集感測資料，歸納廢污水排放異常特性，加以整理、分析、研判水質異常原因及可能污染源。而後，依分析結果判定是否進行現場調查(包含農地調查、底泥調查、可疑污染源稽查)，最後將稽查結果進行回報，提送異常事件分析報告。

因應環境水質異常之複雜性，針對當水質異常發生後，於污染異常通報機制、污染源判釋、污染事件調查及規劃、污染事件處理追蹤等，初擬流程如圖30。然各地區環境水質異常及調查標的皆可能不同，此流程為結合前述異常通報發生及相關處理通則建議。其處理成果可以信件或其他方式報知中央；若水質異常事件情形嚴重，必要時可請中央協助支援調查。

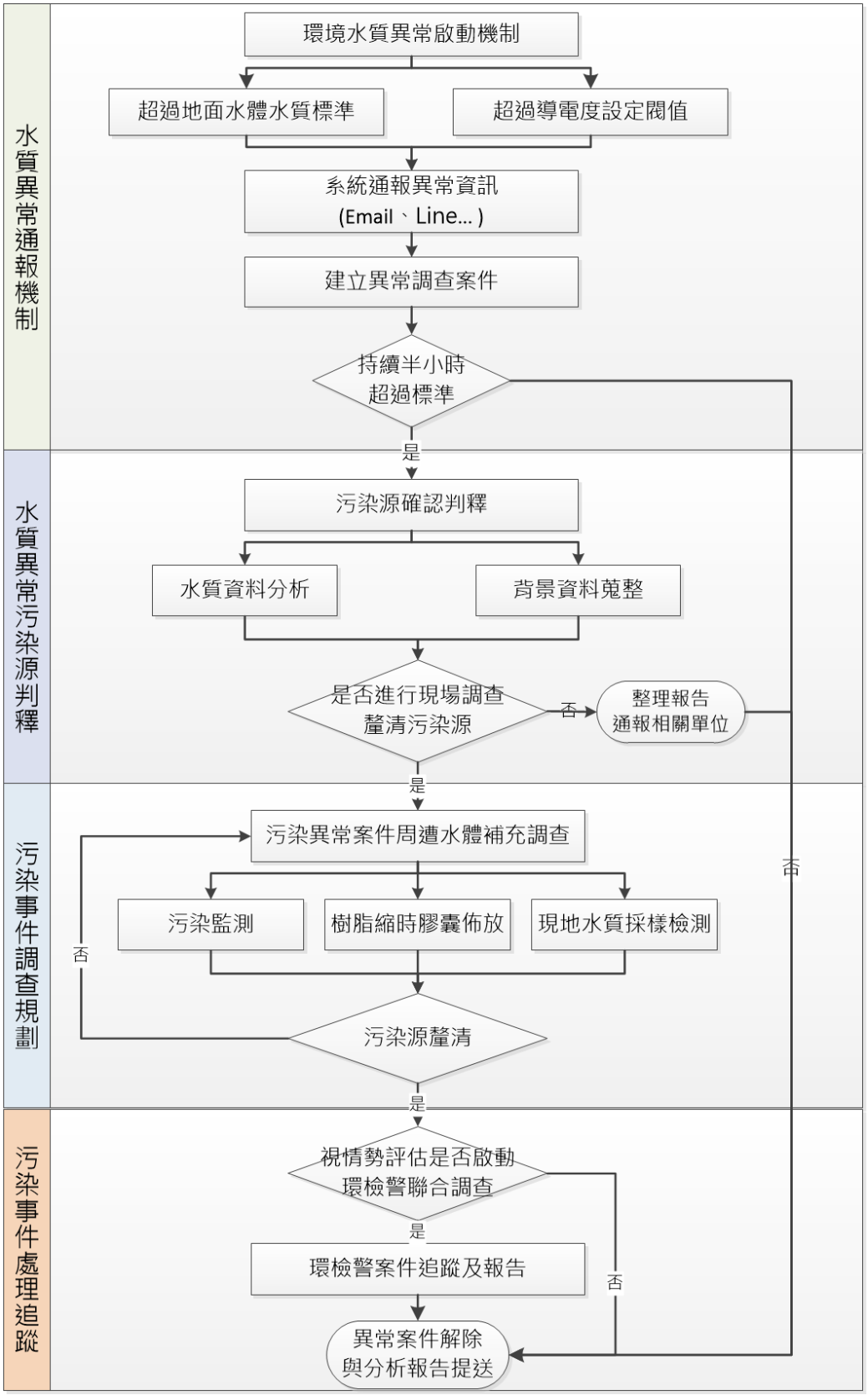


圖30、水質異常通報處理流程

第六章　手持式水質感測器操作應用

6.1　手持式感測器操作方式

一、手持式感測器(AquaKit)開關機

(一) 安裝 AquaKit 主機之電池後，輕按“ON/OFF”即完成開機

(二) 不使用時，AquaKit 將於3分鐘後自行關機

二、手持式感測器(AquaKit)校正程序

(一) 將 EC 147 μS/cm、EC 5000 μS/cm、pH7.00，以及 pH4.00之標準溶液備齊，短按“MODE/CAL”切換進入酸鹼值(pH)或者是電導度(EC)校正畫面；

(二) 酸鹼度校正：

1. 切換至 pH CAL 畫面，並短按“MEAS/ENTER”進入酸鹼度校正程序；主畫面顯示7.0此時如再按“MODE/ENTER”鍵可以輪流切換成4.0或7.0 pH 的校正值。

2. 當螢幕顯示7.0時，將電極放入 pH7.0校正液中按“MEAS/ENTER”鍵螢幕開始閃爍7.0，待畫面顯示“End”既完成第1點校正；

3. 如要做2點校正重複(a)動作，當螢幕顯示4.0時，將電極放入 pH4.0 校正液中按“MEAS/ENTER”螢幕開始閃爍4.0，待畫面顯示“End”既完成第2點校正。

(三) 電導度校正：

1. 切換至 EC CAL 畫面，按“MEAS/ENTER”進入電導度校正程序；主畫面顯示0.5000此時如再按“MODE/ENTER”鍵可以輪流切換成0.147或5.000 mS/cm 的校正值。

2. 當螢幕顯示0.147時，將電極放入147μS/cm校正液中按“MEAS/ENTER”螢幕開始閃爍0.147，待畫面顯示“End”完成第1點校正；

3. 如要做2點校正重複(a)動作當螢幕顯示5.000時，將電極放入5000μS/cm校正液中按“MEAS/ENTER”螢幕開始閃爍5.000，待畫面顯示“End”完成第2點校正。



圖31、手持式感測器校正流程

三、手持式感測器(AquaKit)量測程序

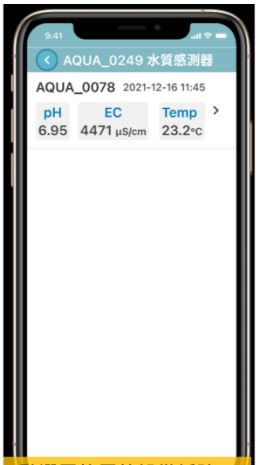
手持式感測器操搭配 APP 之校正流程如圖31、操作流程如圖32，部分 APP 內容已依據使用者意見回饋作調整修正。



首頁分成水質感測、歷史紀錄、設備說明3個路徑，簡易清晰。



先打開手持式感測器電源，點選「水質感測」進行設備連接。



點選需使用的設備編號，進入設備資訊頁。



資訊設備頁，可修改資訊。請同步按下手持式設備「MEAS」及手機的「開始測量」才可進行測量。



水質量測需要一點時間，請耐心等候～



長按游標點位可以變更位置



可自行新增備註事項，輸入完請按確定鍵



圖32、手持式感測器操作流程

6.2 手持式感測器之應用

一、教育訓練

手持式水質感測器，具備酸鹼值、溫度及電導度三合一感測模組，可提供快速檢測、資料拋轉及後端數據分析功能，具備低成本及量測穩定性，適合提供給稽查人員、河川巡守隊與一般民眾隨身攜帶，配合操作教育訓練與手機應用程式（APP）功能隨測隨傳。



圖33、手持式感測器操作教育訓練

二、輔助稽查

手持式感測器於執法應用為一起畜牧業廢水裁處案件，該機關以手持式感測器於該場放流口進行檢測，導電度超過6,000μS/cm，初步判定其水質稍為欠佳，故於現場放流口採集水樣送驗，發現其 COD 高達980 mg/L 與 SS 95.5 mg/L 之超標現象，裁罰該畜牧場新臺幣6,000元整並參加環境講習1小時。透過手持式感測器良好的機動性，可短時間進行極端水質的檢測，亦有其使用效益。

附件七、水質感測物聯網安裝及數據應用指引

行政院環境保護署

水質感測物聯網布建及數據應用指引

執行單位:工業技術研究院

中華民國111年10月

目錄

第一章 前言 1

1.1 整體技術架構 2

1.2 水質感測物聯網資通訊系統架構 5

1.3 感測器與標準檢測方法的差異 5

第二章 感測器種類及性能評估指標 7

2.1 感測器種類 7

2.2 水質感測器性能評估指標 20

第三章 出廠性能品管作業規則 22

3.1 感測器功能規格 22

3.2 感測器出廠前校驗 23

第四章 安裝作業規則 25

4.1 移動式感測器布建原則 25

4.2 移動式感測器現地安裝作業 31

4.3 固定式感測器布建原則 52

4.4 固定式感測器現地安裝作業 56

4.5 手持式感測器操作流程 57

第五章 運轉中管理及查核作業規則 61

5.1 運轉中感測數據偏差原因 61

5.2 移動式感測器巡檢維運 62

5.3 固定式感測器巡檢維運 77

5.4 感測器報修作業 81

5.5 自主查核流程 84

第六章 資料數據中心與應用分析平台 86

6.1 環境感測數據資料中心 86

6.2 水科技物聯網應用平臺 87

6.2.1 數據呈現介面 87

6.2.2 水質數據異常判定技術 88

6.2.3 輔助智慧稽查功能 89

第七章 感測數據分析應用 **94**

7.1 應排除之無效感測數據 94

7.2 各感測項目分析應用方式 97

7.2.1 水質異常圖表判讀 98

7.2.2 水質資料完整率分析 102

7.3 各類型場域感測數據特性 103

7.4 應用感測器輔助環境治理 105

7.4.1 污染源單點監測 105

7.4.2 單一流線監測 108

7.4.3 面狀網格監測 109

7.5 水質異常通報處理程序 110

7.5.1 設備異常通報處理流程 111

7.5.2 環境水質異常通報處理流程 111

圖目錄

圖1、水質感測物聯網整體技術架構流程.....4
圖2、水質感測物聯網資通訊系統架構.....5
圖3、導電度(EC)探棒規格.....8
圖4、酸鹼度(pH)探棒規格.....8
圖5、銅電極(Cu^{2+})規格.....8
圖6、光學濁度感測模組.....9
圖7、光學 COD 感測模組.....9
圖8、電化學餘氯感測模組.....9
圖9、獨立式主機板電路圖(主功能版).....10
圖10、獨立式通訊板電路圖(4G/藍芽).....10
圖11、導電度(EC)探棒規格.....14
圖12、酸鹼度(pH)探棒規格.....15
圖13、溶氧量(DO)探棒規格.....15
圖14、水質感測器 MWQ100外觀.....17
圖15、水質感測器 MWQ200外觀.....18
圖16、水質感測器 MWQ100內部說明.....18
圖17、水質感測器 MWQ200內部說明.....19
圖18、手持式感測器規格.....20
圖19、手持式感測器硬體介紹.....20
圖20、布設原則-高污染潛勢事業.....25
圖21、布設原則-污染源密集區.....26
圖22、布設原則-低溶氧易死魚河川.....27
圖23、布設原則-污染潛勢農地周遭水源.....27
圖24、布設原則布建邏輯情境一（上游污染源群聚）.....29
圖25、布建邏輯情境二（針對單一污染源）.....30
圖26、水質感測器燈號說明(MWQ100).....33
圖27、太陽能板安裝.....40
圖28、太陽能板接線盒.....40

圖29、電源控制器接法.....41
圖30、水深量測.....42
圖31、感測器上 RJ 45接頭.....44
圖32、鋼纜夾製作.....45
圖33、不銹鋼直式下古.....45
圖34、鋼纜與固定物鎖定.....46
圖35、感測器電源關閉.....46
圖36、感測器電源開啟.....46
圖37、感測器平衡確認.....47
圖38、鈑金架組固定.....47
圖39、感測器電源關閉.....48
圖40、感測器電源開啟.....48
圖41、錨錠重錘固定.....49
圖42、鋼纜連接水桶包.....51
圖43、簡易式水質量測設備.....52
圖44、簡易式取水袋.....52
圖45、場域及裝機位置篩選準則.....55
圖46、手持式感測器操作流程.....59
圖47、手持式感測器校正流程.....60
圖48、填寫巡檢確認表.....63
圖49、拍攝探棒.....64
圖50、使用取水器取水.....65
圖51、確認驅動程式是否完成安裝.....69
圖52、連結感測器.....70
圖53、連結電腦.....70
圖54、點選「OPEN PORT」.....71
圖55、DO 溶氧校正.....71
圖56、EC 導電度校正.....72
圖57、EC 導電度乾燥校正.....73
圖58、EC 導電度低點校正.....73

圖59、EC 導電度高點校正.....74
圖60、pH 酸鹼值校正.....74
圖61、pH7酸鹼值校正.....75
圖62、pH4酸鹼值校正.....76
圖63、pH10酸鹼值校正.....76
圖64、人為破壞現場狀況(1).....83
圖65、人為破壞現場狀況(2).....83
圖66、報案紀錄留存範例.....84
圖67、感測資料數據中心平臺專案管理列表.....87
圖68、感測資料數據中心平臺即時數據查詢列表.....87
圖69、水科技物聯網應用平臺呈現介面.....88
圖70、高污染潛勢測站篩選.....90
圖71、高污染潛勢測站趨勢圖確認.....90
圖72、WIoT 回溯污染熱區功能.....91
圖73、WIoT 污染源頭追溯分析.....91
圖74、污染專案訂閱追蹤.....92
圖75、污染專案數據告警週期特性統計.....93
圖76、無感測值回傳案例.....95
圖77、電池電壓與盒內濕度異常案例.....95
圖78、pH 電極異常案例.....96
圖79、EC 電極異常案例.....96
圖80、設備離水異常案例(上圖 DO 測項、下圖 EC 測項).....97
圖81、pH 值異常趨勢案例（小於6）.....99
圖82、pH 值異常趨勢案例（大於9）.....99
圖83、EC 異常趨勢案例（大於750mS/cm）.....100
圖84、EC 異常趨勢案例（背景平均值高於灌溉水標準）.....101
圖85、DO 異常趨勢案例（長時間低於2 mg/L）.....102
圖86、水質感測器布建、分析及執法流程建議.....105
圖87、污染源單點數據時間分析.....106
圖88、數據異常規律性案例.....107

圖89、佈點於感潮河段案例.....107
圖90、單一流系數據分析方式.....108
圖91、面狀網格監測數據分析方式.....109
圖92、水質異常告警條件於各時段累計次數分析.....110
圖93、水質異常告警熱力圖分析.....110
圖94、設備異常通報處理流程.....111
圖95、水質異常通報處理流程.....113

表目錄

表1、不同水質數據獲取方法之差異性.....6
表2、儀器設備基本功能驗收.....11
表3、水質感測器基本規格.....13
表4、感測器元件.....14
表5、MWQ100及 MWQ200功能差異對照.....15
表6、污染潛勢事業評估因子.....28
表7、設置水質感測器之優先順序說明.....28
表8、各階段檢核項目表.....31
表9、水質感測器行前檢查表.....34
表10、水質感測器耗材、工具行前準備確認表.....35
表11、水質感測器現地布建確認表.....38
表12、現地布建方式.....42
表13、感測器清潔保養方法.....66
表14、水質異常資料檢核規則_感測元件損壞.....67
表15、水質異常資料檢核規則_感測元件異常.....68
表16、準備校正設備、耗材表.....68
表17、感測元件損壞之異常數值判斷規則.....94
表18、感測器電極異常之異常數值判斷規則.....96
表19、設備離水之異常數值判斷規則.....97
表20、pH 異常數值判斷規則.....99
表21、EC 第一類異常數值判斷規則.....100
表22、EC 第二類異常數值判斷規則.....101
表23、DO 異常數值判斷規則.....101
表24、各類型場域感測數據特性.....103

第一章　前言

有鑑於近幾年小型感測器技術日益成熟，以及資通訊技術突飛猛進，環保署自106年起推動環境感測物聯網相關計畫，從元件研發、設備整合、布建驗證、數據分析、環境執法至中央地方合作擴大應用，突破了以往水質監測系統成本高、體積大限制條件，提供一高效化水網感測方案。

依不同應用情境需求，由本署主導開發，將感測器整合為固定式、移動式及手持式樣態，目前已應用於工業區、河川流域、農地灌渠、特定工廠放流口及環境教育用途，全時掌握水質時空數據，提供酸鹼值(pH)、電導度、溫度、銅離子、化學需氧量(COD)等感測數據，透過預警模式建立，可有效限縮污染熱區與可疑對象，配合後端稽查執法人員進廠採樣確認，驗證水質感測物聯網應用於輔助環境執法的成效。

小型感測器原理簡易，長期浸泡於複雜的水質中容易隨時間與標準檢測方法產生誤差，故在數據應用及詮釋上需特別注意。然由於其具備價格便宜且感測頻率高優勢，可以提供高解析度時空數據，聚焦於水質數據變化趨勢，可有效掌握可能的污染熱區，對於微環境的污染徵兆的解析，具應用價值。

基於善用水質感測物聯網的優勢，引導如何正確使用感測數據，特訂定本指引，提供給參與合辦水質感測物聯網工作及相關使用者參考運用。依據感測數據的應用目的，針對潛勢污染源鑑別、低溶氧熱區及教育使用等用途，提供感測器選址安裝、維運管理、數據品管等作業規則，在確保感測數據品質的同時，進而協助發展智慧化環境治理及推廣環境教育認知。

本指引是基於106年~109年水聯網應用累積經驗整理，提出針對小型化感測器為主的具體作法供使用者參考運用。但為兼顧隨著環境的演變與技術提升而進化的管理模式，環保署將適時提出革新建議，具體作業方式將依實務需求進行增修。

1.1 整體技術架構

本指引依據臺灣推動水質感測物聯網計畫經驗，以實務執行順序，將整體技術分為感測器出廠性能品管、安裝作業、運轉中管理及查核作業、數據發布及展示、數據分析應用等5階段，整體技術架構與流程詳如圖1，內容概略說明如下：

一、出廠性能品管：設備製造商依據感測需求、使用環境及應用目的，設計組裝感測器。生產感測器成品需經過全檢及盲樣抽測，各測項需達到數據完整率及數據品質滿意度標準。

二、安裝作業：感測器於安裝前應確認應用目的，如掌握到數據及其變化趨勢，應能有後續作為。依據不同應用情境，應放置的點位、密度及截點掌控亦有不同，以確保未來在感測數據應用分析上能發揮應有的效能。由於水質感測與空氣感測不同，並非有電桿或路燈即能安裝。應先至現場確認安裝固定處、抽水揚程(抽水式需要)、水位高低、流速及漲退潮影響狀況，方可確認安裝點位。安裝後需以符合環檢所檢測標準之手持式水質感測器比對，確認相對器差在誤差範圍內。安裝作業需依據作業規則實施，在確保施工安全下，能取得具代表性的感測數據。

三、運轉中管理及查核作業：安裝完成後，維運商必須定期實施感測器維運及管理，執行現場維護與自主巡檢比對、查核數據品質、設備異常管理、快速查修與汰換更新。維運及使用單位應透過長期數據分析，研判異常事件、感測器衰減特徵，實施感測器清潔、數據校正及異常排除，以確保感測器數據品質。為強化安裝完成後感測器的品保品管，環保署（或環保局）可透過定期或不定期查核機制，藉由第三方查核及異常查檢，檢視感測器數據品質是否能應用於污染熱區鑑定。

四、感測數據發布及展示：感測數據雖經過嚴格的品保品管，然其代表意義仍與傳統監測方法不同，僅能掌握大趨勢，精確的水質數據仍須以標準檢測方法取得，應用上要格外謹慎，若須對外發布及展示應加註說明標示，並確保具備一定數據品質。目前環保署是透過環保署數據中心（IoT平臺）蒐集水質感測數據，經過基本的數據品質正規化後，再由水科技

物聯網應用平臺（WIoT 平臺）介接數據展示，提供特定使用者進一步分析應用。

五、感測數據分析及應用：感測數據透過收集、整理、清理後，透過預警模式、污染溯源及熱區鑑定，分析感測數據的時空特徵，評估污染事件的發生區域、發生時間週期、影響範圍，據以輔助環境執法應用、異常環境事件、低溶氧熱區鑑定及其他應用，作為擬定實施環境治理措施的參考依據。

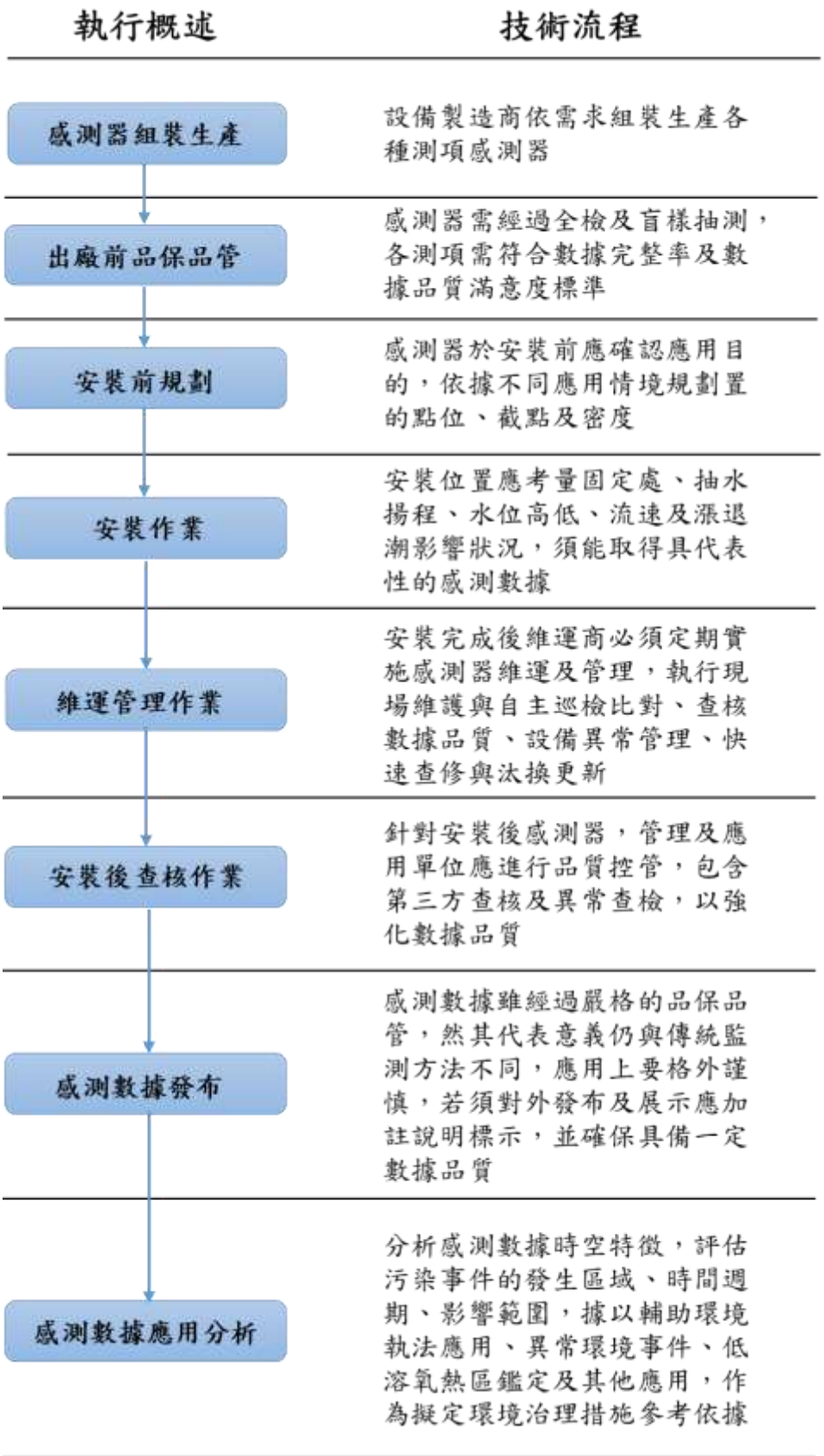


圖1、水質感測物聯網整體技術架構流程

1.2 水質感測物聯網資通訊系統架構

水質感測物聯網的整體資通訊系統架構如圖2，多樣化水質感測器取得環境資訊後，透過4G LET、NB-IoT 或 LoRa 的無線通訊系統傳送到設備廠商所維護的資料收集中心，廠商針對感測器回傳資訊進行設備狀態判讀，實施感測數據整理與清理，再將感測數據傳送至環保署感測資料中心（IoT 平臺），執行蒐集、分析與呈現各台感測器的運作狀態與感測數據。整理完成的感測數據再由水科技物聯網應用平台（WIoT 平臺）執行污染事件分析、時空異常分析及告警推撥，並以 GIS 污染時序圖，解析水質污染熱區動態資料，全系統皆須符合資訊安全的相關規定。

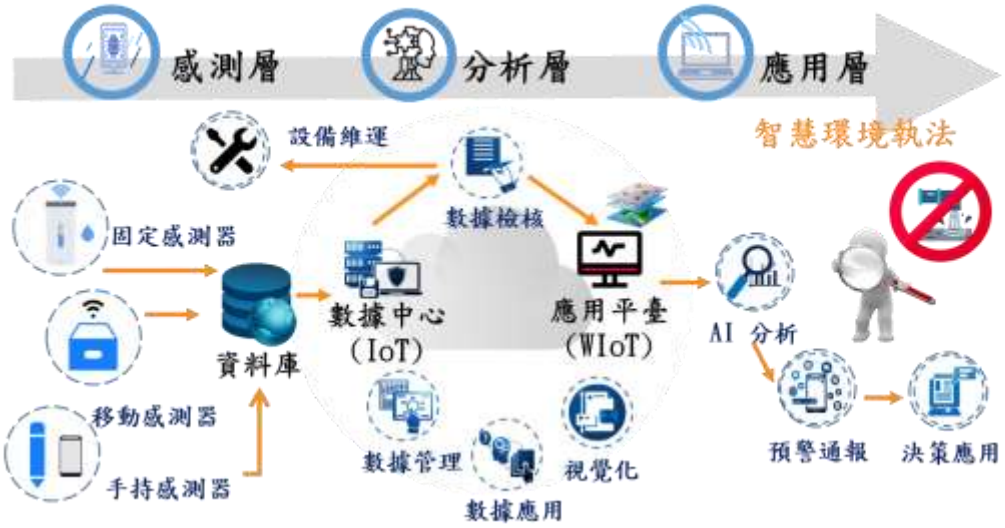


圖2、水質感測物聯網資通訊系統架構

1.3 感測器與標準檢測方法的差異

小型感測器基於感測的原理與方式易受環境干擾，使得感測數據會與標準方法使用的設備產生誤差，使用者必須瞭解感測數據的運用限制，才能避免數據誤用。國內常見的水質資訊來源主要有人工採樣檢測、大型監測站、小型感測器（中央與地方應用），彼此間的差異詳如表1所示。

表1、不同水質數據獲取方法之差異性

類型 / 項目	人工採樣檢測	大型監測站	小型感測器（中央與地方應用）
監測目的	法規監測	背景水質監測	污染熱區鑑定
數據應用	評估水體品質是否符合水質標準及政策訂定依據	確認關注水質污染程度，作為長期監測掌握背景水質	透過相對變化趨勢，鑑定小區域水質污染熱區及污染排放追蹤溯源以污染執法應用
感測形式	以標準採樣方法取樣後，現場以手持式設備量測酸鹼值及溫度，並將樣品保存送實驗室依標準方法檢測	為小型實驗站，透過抽水檢測，實現實驗室檢測流程自動化	透過抽水或接觸水方式感測，部分感測項為電極法，水中粒狀物則以光學法量測
數據準確度	高	中高	中
數據時間解析度	1個月	1小時	1分鐘
使用限制	1.能監測區域較少，且數據解析度較低，難以掌握水質污染情形。 2.操作使用需專業訓練，且耗費成本高。	1.占地面積大，且需供市電。 2.初始購置及維護保養成本高，難以廣布。	1.測值容易受干擾因子（如生物膜等）影響。 2.維運校正耗費人力，且設備較易遭破壞。
應用場域	河川、工廠放流口、水庫	河川、工業區排水道、農田渠道	工廠放流口、工業區排水道、河川、農田渠道、埤塘
維護頻率	—	每季巡檢一次	每週、雙週巡檢一次
檢測成本（提供相同數據量）	高	高	低

第二章　感測器種類及性能評估指標

水質感測器最重要在於掌握水質污染的變化趨勢及參考測值，考量實際應用上的經驗，本章各節提供各類型感測器適用的用途及方式，及性能評估指標，提供使用者選擇合適的設備，並取得可靠的感測數據。

2.1　感測器種類

一、固定式水質感測器

固定式水質感測器泛指需將機體固定於岸邊空地類型，其以水管抽取水樣至箱體感測，或將感測器延伸至水體接觸感測，可加裝水樣過濾、消毒模組及清洗模組，另可依不同應用場域，加裝特殊感測項目。由於水樣經過前處理，及定期自動清洗程序，通常數據品質會高於一般移動式。以本署主導開發機型為例，其具備酸鹼值(pH)、電導度、溫度、銅離子、化學需氧量(COD)、濁度、餘氯等感測項目，適用於工廠放流口、工業區排及雨排及民生用水，主要確認污染排放情形並結合後端環境執法與民生水質應用。

(一) 感測元件說明如圖3~圖8



圖3、導電度(EC)探棒規格

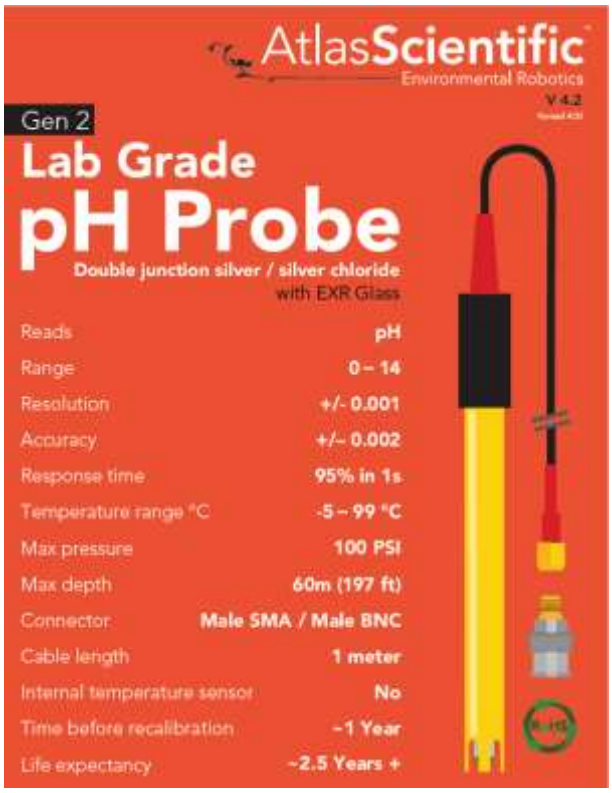


圖4、酸鹼度(pH)探棒規格



ITEM	Cu^{2+} (Chemmit S295)
Range	6,350 to 6.4 x 10 to 4 ppm
Reproducibility	± 2%
Interferences	Ag^{+2}, Hg^{+2}, high Cl^-, Br^-, $Fe^{+2}$and Cd^{+2}
Temperature range °C	1 – 80 °C
Response time	95% response in 20 to 30 seconds
pH Range	2 - 12
Connector	Epoxy body double-junction
Cable length	1 meter
On-Line Capability	Yes
Applications	Plating Baths, Running water - River water - Waste water

圖5、銅電極(Cu^{2+})規格

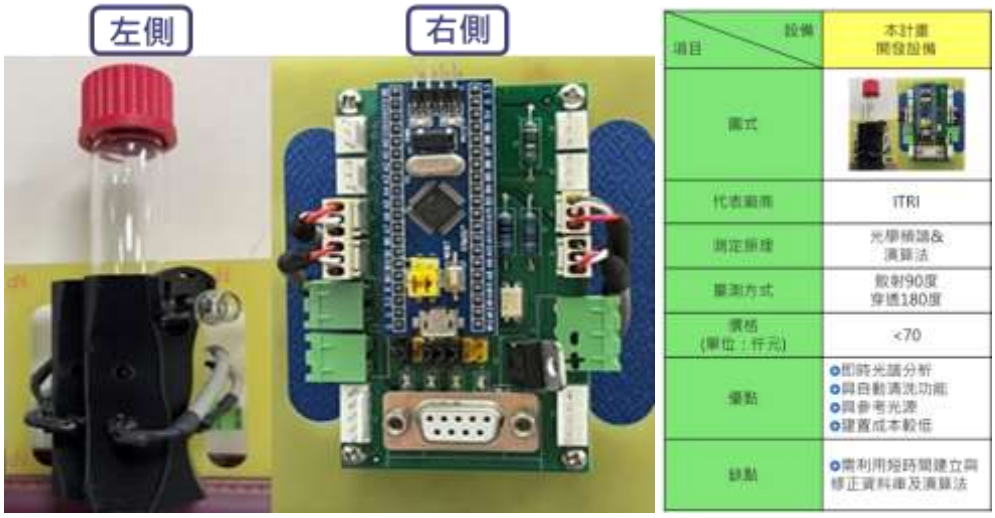


圖 6、光學濁度感測模組

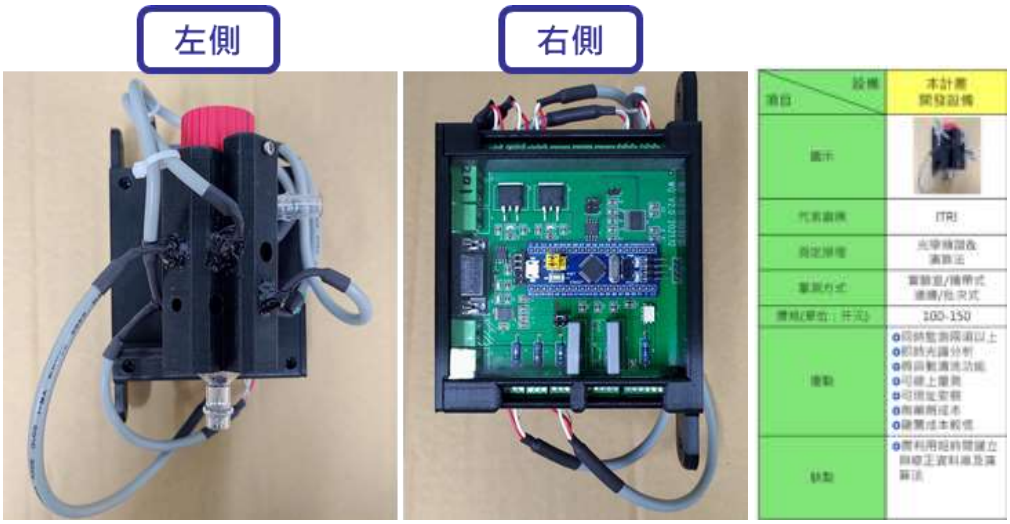


圖 7、光學 COD 感測模組

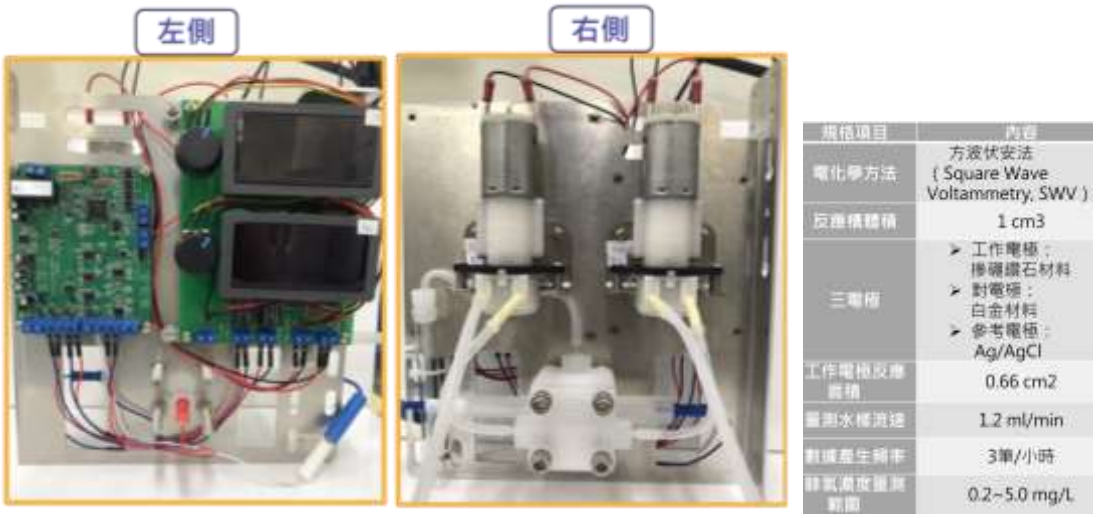


圖 8、電化學餘氯感測模組

(二) 內部結構說明

1. 圖 9 為主機板電路結構

2. 圖 10 為通訊模組結構

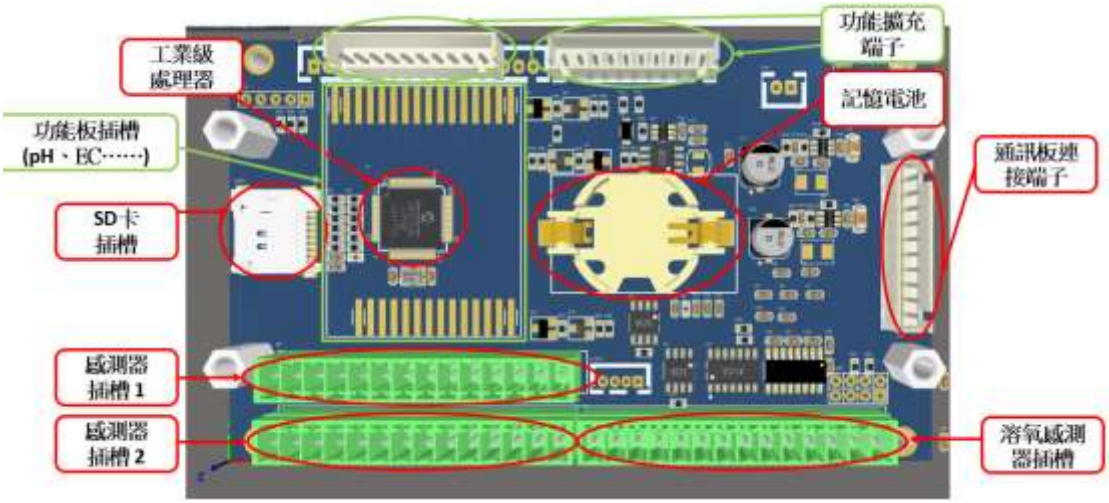


圖 9、獨立式主機板電路圖(主功能版)

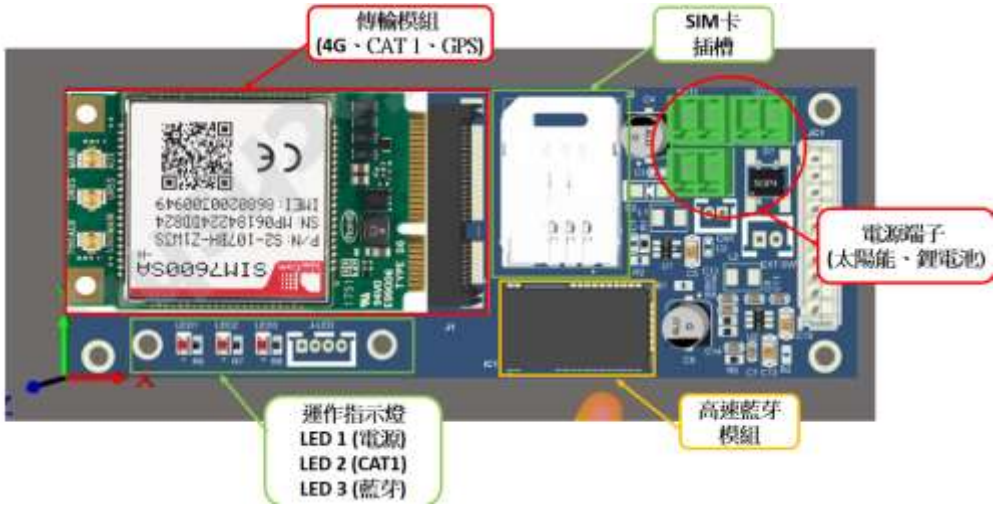


圖 10、獨立式通訊板電路圖(4G/藍芽)

二、移動式水質感測器

移動式水質感測器相較於固定式具備高機動性，可快速部署特性，將整機浮於水面以電極接觸感測水質，僅以鋼纜或重錨固定位置，需結合良好的維運及數據衰減判斷，以維持良好數據品質，由於占地面積小，通常具有更

好的場域適性。以本署主導開發機型為例，其具備酸鹼值(pH)、電導度、溫度、溶氧(DO)感測項目，適用於易死魚河川、養殖埤塘、農田渠道及工業區排，可用於掌握水質變化並結合後續應變措施。

移動式水質感測器，除了體積、重量縮減以外，安裝方式改良可採岸上式布建避免設備受水流衝擊進水損壞；電力方面建議使用鉛酸電池方式，減少日照不足影響數據完整率；維運便利性方面，探棒可單支校正，在辦公室完成校正後帶往現場直接進行更換。

(一) 取得感測器後應進行下列規格檢查，詳細檢查項目參考表2:

1. 確認感測器、通訊模組、電池等規格。
2. 確認設備結構。
3. 確認酸鹼度(pH)、導電度(EC)、溶氧量(DO)探棒規格。
4. 確認具有數據存儲和輸出功能。

以本署主導開發機型為例，水質感測器規格說明如表3、感測元件說明如表4及圖11~圖13，MWQ100及MWQ200型號差異說明如表5。

表2、儀器設備基本功能驗收

<table>
<tr><td colspan="3">設備 IMEI：</td><td colspan="3">日期： 年 月 日</td></tr>
<tr><td>類別</td><td colspan="2">檢查工作項目</td><td>是</td><td>否</td><td>驗收人員</td></tr>
<tr><td rowspan="6">感測器主體</td><td colspan="2">1.主機板燈號是否正常?</td><td>□</td><td>□</td><td rowspan="6"></td></tr>
<tr><td colspan="2">2.感測器機板燈號是否正常?</td><td>□</td><td>□</td></tr>
<tr><td colspan="2">3.防水盒所有接頭是否確實緊鎖?</td><td>□</td><td>□</td></tr>
<tr><td colspan="2">4.電池電壓是否高於8.2VDC?</td><td>□</td><td>□</td></tr>
<tr><td colspan="2">5.資料上傳是否正常? (連續10分鐘上傳)</td><td>□</td><td>□</td></tr>
<tr><td colspan="2">6.GPS 定位是否正常?</td><td>□</td><td>□</td></tr>
<tr><td rowspan="2">酸鹼度 sensor (pH)</td><td>標準液濃度</td><td>校正結果</td><td colspan="2">合格
是 否</td><td>數據標準</td></tr>
<tr><td>pH 7</td><td></td><td>□</td><td>□</td><td>± 0.1</td></tr>
</table>

	pH 4		□	□	± 0.1
	pH 10		□	□	± 0.1
導電度 sensor (EC)	標準液濃度	校正結果			
	84 µS/cm @ 25℃		□	□	± 2µS/cm
	12880 µS/cm @ 25℃		□	□	± 130µS/cm
溶氧 sensor (DO)	測試環境	未校正前飽和度			
	置於無風大氣中		□	□	≧120 %
溫度 sensor	比對源溫度	設備溫度			
			□	□	± 1 ℃
規格確認	感測器規格		□	□	
	感測元件規格		□	□	
設備領取單位		設備領取人員			

表3、水質感測器基本規格

	基本設備	基本規格
MWQ 100	整體產品尺寸(mm)	354(L) x 360(W) x 240(H)
	內部防水盒尺寸(mm)	190(L) x 280(W) x 130(H)
	產品淨重	3.3 Kg
	鋰電池	8.4V/26.8Ah
	電池續航	7 天
	額定輸入	19VDC~25VDC 2A
	額定功率	1.5w
	儲存功能	16G
	無線通訊	4G
	SIM Card	依購買網卡
MWQ 200	防水盒尺寸(mm)	210(L) x 130(W) x 60(H)
	產品淨重	2 Kg
	鋰電池	8.4V/6700mAh
	電池續航	3 天
	額定輸入	12VDC 2A
	額定功率	1.5w
	儲存功能	16G
	無線通訊	4G
	SIM Card	依購買網卡

表4、感測器元件

項目	酸鹼值	導電度	溶氧	溫度
1. 量測原理	伏安法	電極法	伏安法	能隙原理
2. 量測範圍	0~14	0.7~50,000 µS/cm	0~100mg/L	-40~+125℃
3. 耐溫範圍	-5~99℃	1~110℃	1~60℃	-40~+125℃
4. 耐壓範圍	100 psi	100 psi	100 psi	100 psi
5. 準確度	±0.02	±2%	±0.05 mg/L	±1℃ (25℃)
6. 解析度	0.01	0.1 uS/cm	0.01 mg/L	0.01℃
7. 反應時間	1s	1s	1s	2s



圖11、導電度(EC)探棒規格

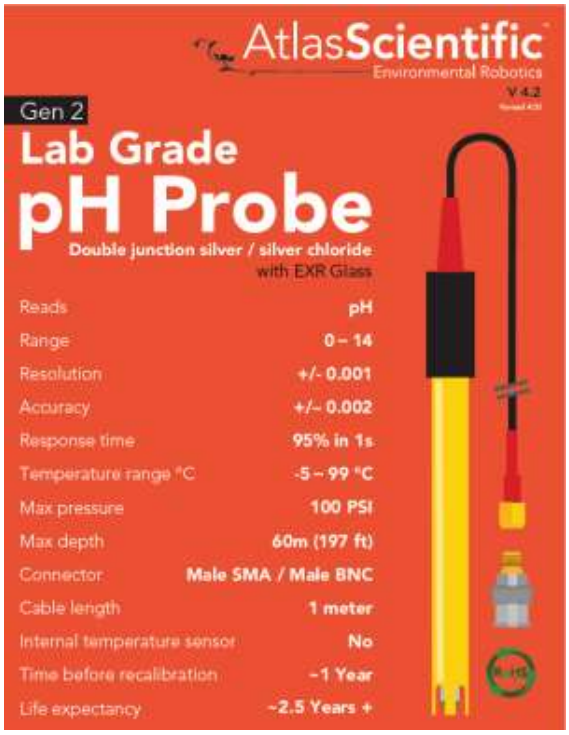


圖12、酸鹼度(pH)探棒規格



圖13、溶氧量(DO)探棒規格

表5、MWQ100及MWQ200功能差異對照

	MWQ-100	MWQ-200

設備		
安裝方式	浮動式設備因暴雨或洪流沖斷鋼纜，導致設備遺失或水流衝擊導致設備浸水	主機安裝於岸上，以**延長探棒**方式入水，大幅降低設備因浸水損壞報修
多元電力	24V DC IN 設計，鉛酸電池不易取得且價格高 (待機天數約 7 天(內建電池))	可擴充性高，12 VDC鉛酸電池，市面上規格眾多可供選擇 (待機天數 3+27 天(內建電池+50ah鉛酸電池))
便利校正	必須將整機設備拔回辦公室校正或是現場校正	**單隻探棒獨立校正**，無須透過感測器主機即可完成，在辦公室完成校正後帶往現場更換
探棒壽命	探棒直接接觸極端環境，造成壽命減短	新增**探棒防護機構**，只露出偵測區域，增加探棒使用壽命

(二) 內部結構說明

水質感測器結構具有防水效果，為 ABS 材質且高強度耐腐蝕，其防護等級 IP68，可使用市電、鉛酸電池或太陽能板對設備充電，並透過 USB to UART 進行 UI 校正。

MWQ100在外圍添加鋁質護欄可輕量防撞擊(如圖14)。其感測器主體詳細說明如下：

1. 防水透氣閥
2. RJ45 接頭
3. 電池開關
4. pH 酸鹼值感測器(紅色)
5. DO 溶氧感測器(黃色)
6. Temp 溫度感測器(黑色)

7. EC 電導度感測器(綠色)

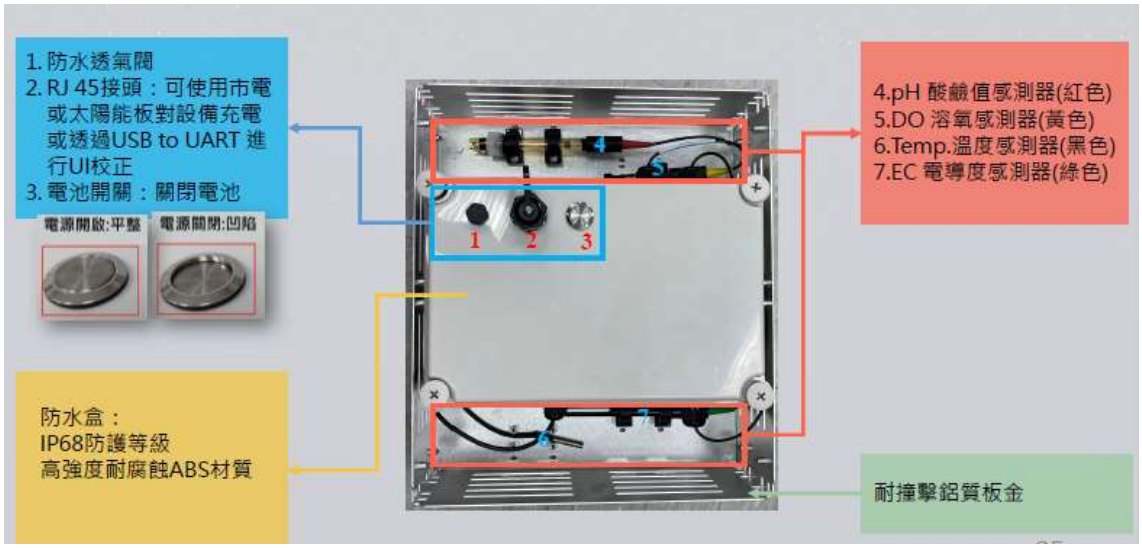


圖14、水質感測器MWQ100外觀

MWQ200採探棒分離設計，以一轉三線及公母接線延長連接感測器主機主體(如**圖15**)，其感測器主體詳細說明如下：

1. 一轉三線
2. 公母接線
3. DO 溶氧感測器(含Temp 溫度感測器)
4. EC 電導度感測器(含Temp 溫度感測器)
5. pH 酸鹼值感測器(含Temp 溫度感測器)



圖15、水質感測器MWQ200外觀

MWQ100水質感測器內部主要分為 Sensor Board、Main Board、Battery Board 三大面板，其主要功能說明配合圖16說明如下：



圖16、水質感測器MWQ100內部說明

1. 紅框處(Sensor Board)：可將水質感測器收集到的資訊轉換成感測器能處理的訊號。
2. 黃框處(Main Board)：主要為微控制器（MCU）運算、資料儲存管理及4G無線傳輸。
3. 綠框處(Battery Board)：為電池控制板，滿電可維持7天電池續航力。
4. 紫框處：財產標號貼紙(依實務需求黏貼位置)。
5. 白框處：SIM卡插槽。

MWQ200水質感測器內部主要分為 Sensor Board、Main Board、Battery Board 三大面板，其主要功能說明配合圖17說明如下：



圖17、水質感測器MWQ200內部說明

1. 紅框處(Sensor Board)：可將水質感測器收集到的資訊轉換成感測器能處理的訊號。
2. 黃框處(Main Board)：主要為微控制器（MCU）運算、資料儲存管理及4G無線傳輸。
3. 綠框處(Battery Board)：為電池控制板，滿電可維持7天電池續航力。
4. 白框處：SIM卡插槽。

三、手持式水質感測器

手持式水質感測器相較於固定式及移動式，其具備隨身攜帶可隨時感測特性，然其非為連續感測類型，較難察覺固定偷排污染源。以本署主導

開發機型為例，其具備酸鹼值(pH)、電導度、溫度感測項目，如圖18與圖19，適用於河川、生活用水、校園教育、工廠放流口、潛勢污染農地，主要結合河川巡守隊掌握背景水質，或環境教育用途。



圖18、手持式感測器規格

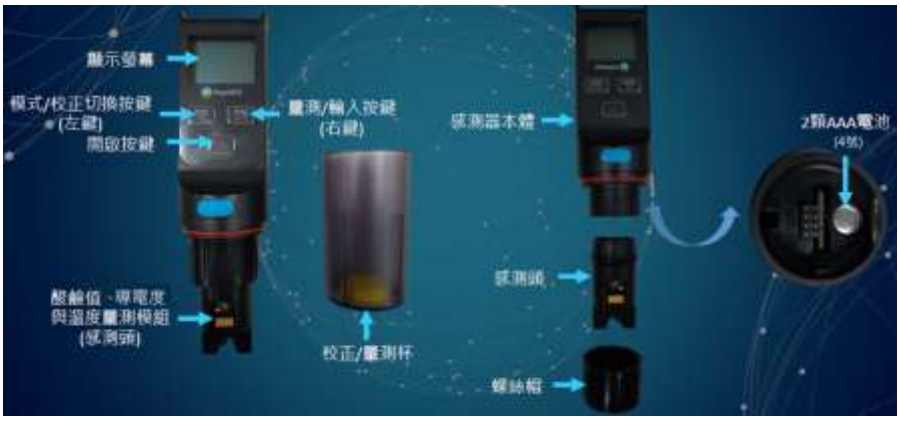


圖19、手持式感測器硬體介紹

2.2 水質感測器性能評估指標

性能評估指標說明

一、有效數據完整率：評估公式如下：

$$\text{有效資料完整率} = \frac{\textit{提供之總資料筆數} - \textit{無效數據筆數}}{\textit{應提供的總資料筆數} - \textit{不可抗力時數的筆數}}$$

二、相對誤差(Error, %) / 相對器差(Bias, %)：感測器與參考儀器(一般採用稽查用手持式設備或實驗室檢測)的讀值差異評估公式如下：

器差＝感測器讀值-參考儀器讀值

相對器差＝（器差/參考儀器讀值）×100%

相對誤差＝（器差絕對值/參考儀器讀值）×100%

三、 模組間變異(IMV, intra-model variability, %)：評估感測器是否具有相對一致的量測結果，評估公式如下：

$$\text{IMV}(\%) = \frac{Mean_{highest} - Mean_{lowest}}{Mean_{average}} \times 100\%$$

受測感測器以一式三組部署並蒐集資料，

其中$Mean_{highest}$：測試期間三組感測器各時間點平均值，取三組中最高值

$Mean_{lowest}$：三組感測器各時間點平均值，取三組中最低值

$Mean_{average}$：測試期間三組感測器各時間點的平均值

模組間變異(IMV, %)的評量方式：測試期間各時間點的模組間變異之中位數。

第三章　出廠性能品管作業規則

3.1　感測器功能規格

感測器的性能要求因應用而異，感測數據品質取決於感測器的基本性能、操作方式以及分析方式，所以了解感測器的優點和限制對於應用於預期目的非常重要。以應用於水質感測與污染熱區鑑別為目的所需功能規格建議如下：

一、感測模組：以酸鹼值(pH)、電導度、溫度為主要項目，感測頻率應至少每30分鐘內 1筆數據。使用者可依不同類型場域需求加裝，如溶氧(DO)、銅離子、化學需氧量(COD)等感測元件，但感測性能需能偵測目標對象水質的變化範圍。

二、通訊模組：可因地制宜選擇，需符合快速抽取更換，並可適地性選擇資料傳輸通訊模組，以達資料即時完整傳輸與成本經濟等最佳化。為求傳輸數據穩定度，建議避免採用 LoRa 模組，儘量4G 或 Wi-Fi 等連續傳輸較穩定模組為優先。

三、供電模組：應符合節能省電，具備供電穩壓設計及接用不同電源轉換設計，以確保感測器運作及資料傳輸電力無虞。必要時可結合太陽能板及外接行動電源，如有結合路燈安裝可能有日間不供電情形者，儲電裝置應符合電力安全規範，以供夜間儲電、日間供電操作使用。

四、微控制器及資料儲存單元：應具備感測資料處理、大量儲存及感測元件狀態偵測及通知功能，可透過雲端進行感測設備重置及掌握感測器運作狀態，做為設備維護管理或抽換更新參考。

五、模組化設計：感測器內部需可模組化，提供未來快速抽取更換不同感測元件、新增感測項目或更換電源。模組化方式需配合後續擴充條件，以電路板擴充槽或外接 USB (Universal Serial Bus)形式設計。

六、感測器機體設計：感測器機構視應用方式，至少應具備戶外防水功能（建議至少需符合國際防護 IP55等級），若採用整體浮水應用（建議至少

需符合國際防護 IP68等級），建議配置內部溫、濕度監測，應盡可能避免感測元件受外界環境干擾，提供護欄或內部集水槽等設計措施。

七、感測器的通訊與資訊系統的安全規範，應符合政府、各應用單位或管轄機構資通訊安全要求。

3.2 感測器出廠前校驗

感測器生產組裝完成後，感測元件雖然有原廠提供的出廠測試及品保，然經由整合多項感測元件，可能會於電路板或感測水體相互干擾，影響感測數據的呈現。故建議設備於出廠前須進行一系列的品管與校正程序，並附上合格檢驗報告，一般測試項目如下說明，實際將因應感測器類型有所調整。

一、連續測試

(一) 測試條件：在實驗室環境或實際場域進行感測器的性能測試，實驗室需透過水樣酸鹼值(pH)、電導度、溫度等控制水樣調整，實際場域則直接感測現場水樣。於測試條件維持平衡狀態後，評估一段時間之感測器數據完整性，及感測器與參考儀器間的精確性與偏差量（建議最少1週）。

(二) 參考儀器：水質感測參考儀器以手持式設備為主，應能符合本署環境檢驗所訂定各感測項目檢測方法規範。

(三) 實驗室系統可調控各測項不同濃度之水質，及測試的時間，通常會測試連續測試情形下，在不經人為清潔維運下的性能。以評估感測器的數據完整性、相對器差及模組間變異。

(四) 測試期間除了感測器連續感測自身的設備偏差外，另因長期接觸水體，容易受環境干擾，如生物膜包覆感測元件，而溫度及水中物質又容易影響生物膜生長速度，在實驗室測試部分應盡可能減少生物膜生長造成之干擾，以分析感測器自身設備偏差為主，場域測試則可以同步分析實場生物膜生長造成之影響。

二、單點測試

(一)測試條件：在實驗室環境內進行感測器的單點測試，調整水樣在不同酸鹼值(pH)、電導度、溫度等控制條件，評估感測器與參考儀器間的精確性與偏差量。

(二) 參考儀器：水質感測參考儀器以手持式設備為主，應能符合本署環境檢驗所訂定各感測項目檢測方法規範。

(三) 實驗室系統可調控多種不同濃度之水樣（盲樣），比對各感測器量測與參考儀器間之相對器差及模組間變異。

第四章　安裝作業規則

水質污染物具備高度的時間與空間變異性，臺灣都市面積小，工業區造成的水污染很快就外溢到臨近住宅區。除持續精進感測器的精確性，提高感測器巡檢維護效率，結合感測器具備容易大量高密度布建與高頻率感測優點，規劃最適化布建場域及設置點位，可有效提升解析環境污染行為。

4.1　移動式感測器布建原則

流域環境中存在多個污染源，考量資源有限下無法逐一設置水質感測器，且為能有效反應水質感測器之成效，移動式感測器在點位篩選上須考慮到各種因素，使能確實掌握水質異常情形，亦能在現場安裝作業可順利進行。

一、水質感測器應用類型

(一) 高污染潛勢事業

配合環保單位稽查需求，利用水質感測器掌握特定污染時段。布建點位可透過分析事業定期申報、不定期稽查與處分內容，建立污染潛勢清單，進一步篩選優先稽查對象。水質感測器可設置於污染源下游處，包含工業區、列管事業及未列管工廠之放流口、疑似偷排或繞流處進行安裝，以監測其廢水排放情形，高污染潛勢事業布設示意圖如圖20。



圖20、布設原則-高污染潛勢事業

(二) 污染源密集區/民眾陳情熱點

事業密集區之廢水多相對複雜，可透過事業廢水特定比對，來釐清異常污染之對象，建議可選擇流域重要節點，於污染源上、下游區段設置多台水質感測器。另亦可應用於民眾陳情之污染熱區，協助掌握河川污染特性，逐步追查污染來源，污染源密集區布設示意圖如圖21。



圖21、布設原則-污染源密集區

(三) 低溶氧易死魚河川

經常發生民眾陳情死魚事件之河段，除受到污染排放外，溶氧濃度較低亦是主要原因，為了解死魚較常發生之水域及時段，可挑選其中重要匯流口、區段或具代表性之點位，進行監測溶氧及其他水質項目之變化情形，作為預防或提早執行死魚應變之參考依據，低溶氧易死魚河川布設示意圖如圖22。



圖22、布設原則-低溶氧易死魚河川

(四) 污染潛勢農地周遭水源

為避免農地受到重金屬污染及防止污染範圍擴大，可於農田灌溉渠道取水口、灌溉渠道、排水渠道或農地周遭之污染源布設水質感測器，以確保灌溉水質之安全，污染潛勢農地周遭水源布設示意圖如圖23。



圖23、布設原則-污染潛勢農地周遭水源

二、水質感測器點位篩選及布建邏輯

若水質感測器應用布建於污染源眾多的情形下，無法針對每個對象設置水質感測器，故建議依各污染源之處理設施操作情形及放流水符合度進行評估，優先針對高污染潛勢對象進行設置，以便集中資源放大設備使用效益。以下針對污染源之篩選方式及水質感測器布建邏輯進行說明。

(一) 點位篩選方式

利用「水污染源管制資料管理系統」彙整列管事業之許可核准資料如廢水量、用電度數、污泥產生量及用藥量，與近三年內定期申報廢水量、用電度數、污泥量及用藥量進行比對，另近三年有放流水超標、繞流情形，及民眾陳情次數等亦可納入評估。各評估因子之異常條件可依照實際情形調整項目及比例，污染潛勢事業評估因子及分析條件如表6所示。

彙整污染潛勢事業之分析結果，可掌握各事業之廢水處理設施操作情形及異常項目，其中屬有違規情形且多項評估因子異常者，為優先序列，再依照異常因子之數量或程度建立排序表(表7所示)，水質感測器設置可參考排序表進行布建。

表6、污染潛勢事業評估因子

評估因子	異常條件設定
● 處理水量檢核	定檢申報之進出水量異常達 20%以上
● 用電量檢核	定檢申報用電量與許可用電量比例差小於 80%
● 用藥量檢核	定檢申報用藥量與許可用藥量比例差小於 80%（如 PAC、Polymer）
● 污泥產生量檢核	定檢申報污泥產生量與許可產生量比例小於 80%
● 放流水超標、繞流處分次數	近三年處分次數大於 2 筆以上

表7、設置水質感測器之優先順序說明

優先次序	說明
1 （最優先）	● 有違規紀錄，且有 3 項以上評估因子異常 ● 屬環保署、環保局認定優先稽查對象
2 （次優先）	● 有違規紀錄，且有 2 項以上評估因子異常 ● 屬民眾陳情對象或熱區
3	● 無違規紀錄，且有 2 項以上評估因子異常 ● 僅有違規紀錄，無任 1 項評估因子異常

4	無違規紀錄，且有 1 項評估因子異常
5	無違規紀錄，且無任 1 項評估因子異常

(二) 水質感測器布建邏輯

依據前述篩選預監測污染對象後，依照設置目的、水系流向與事業分布情形，可評估設置多處於污染源下游，以限縮污染來源，或設置於事業放流口上、下游處，來釐清污染異常時段。以下針對不同情境之布設邏輯進行說明。

1. 上游污染源群聚

當該區域之潛在污染源密集且水系較為複雜時，需要先釐清水系流向及污染源放流口位置，再進一步針對放流口或疑似繞流點位之下游選定適宜位置進行布設。該點位應盡量靠近污染源，並減少其他渠道匯流的數量，以防止監測數值無法反應出污染趨勢，此布建情境如圖24所示。

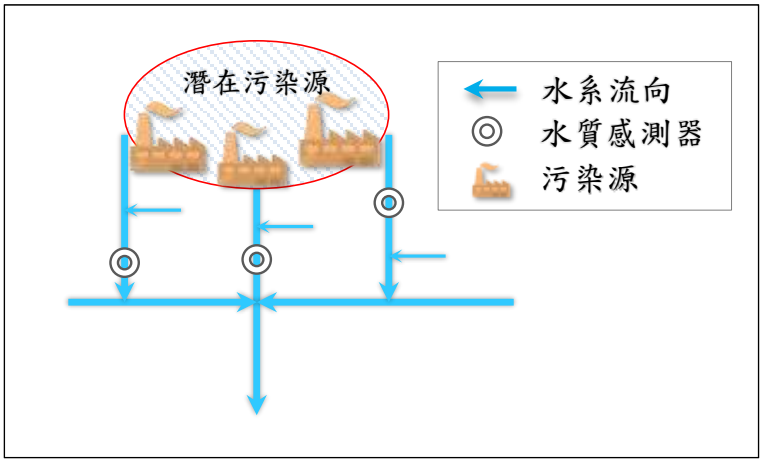


圖 24、布設原則布建邏輯情境一（上游污染源群聚）

2. 單一污染源

若某污染熱區之各河段均有污染源存在時，如僅設置1處水質感測器於下游，則當發生異常情形時，將可能無法區分污染對象。故除設置於關切事業放流口下游外，另可於事業上游再設置1處，作為判斷該事業是否有異常排放之依據。當下游發生異常，但上游沒有顯著趨勢時，即可判定是該事業所造成；另若上、下游均於同一時間顯示異常，則有可能為上游其他事業所造成，此布建情境如圖25所示。

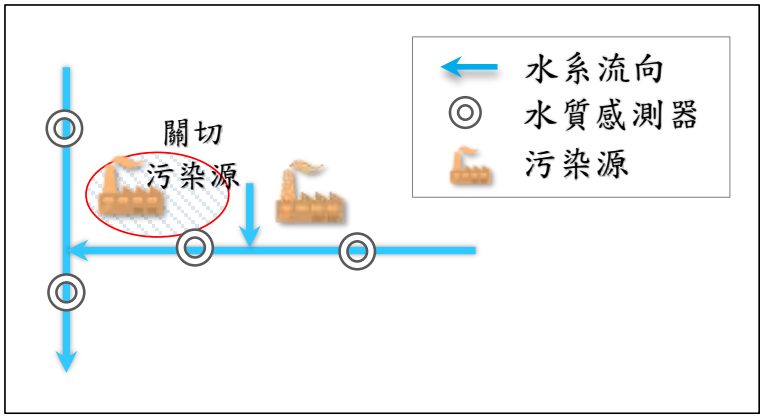


圖 25、布建邏輯情境二（針對單一污染源）

三、設置點位適宜性評估

水質感測器於至現場設置前，應事先評估點位之適宜性，包含河道流量、水位變化、現場設置難易度及該點位是否能反應污染變化等，後再進行現場勘查作或後續評估移點規劃。相關點位之適宜性評估因子說明如下：

(一) 感測數值之準確性

由於正確選定水質感測器裝設地點，將更能夠客觀地反應實際監測水質資料之準確性。點位須考量到流速、水量變化、液面高度、廢水混合狀況、其他排入廢水、雨水、地下水或感潮河段等狀況，例如：應考量水體基流量或水質反應可能性，避免污染排入後因流量過大稀釋水質，或是泥沙淤積而無法感測。

(二) 裝設難易度及維護便利性

考量至現場之交通便利性、環境狀況及網路訊號強度等。建議裝設點位應可讓車輛到達，可讓維護人員能順利進行無安全疑慮，包含河道高度、是否有足夠之操作空間，另應有網路訊號，以傳輸監測數據至監測平台。此外，亦須考量土地使用情形，設置前應取得地主之設置許可，如灌溉渠道之設置應取得農田水利單位之同意後方可進行。

(三) 設備安裝環境基本要件

水質感測器裝設地點建議適用於一般高度差6公尺以下水域，岸上式應用水深度至少20cm，確保感測元件可持續泡於水中，且不受底泥干擾；

浮動式應用水深超過50cm，且無石頭、浮木、垃圾、泥灘等導致擱淺之場域。此外，應避免設置於感潮河段，且留意豐水及枯水期水位高度，防止擱淺、繩索纏繞問題。

(四) 設備固定可行性

現場裝設點位之鄰近應有固定處，使水質感測器可不易被河水沖走，例如橋、巨石、穩固樹木、電線杆等，若無固定處則應選擇流速較慢水域，且位置便於維運。

(五) 太陽能板有充足光源

水質感測器之用電來源包含內部電池、外接鉛酸電池或利用太陽能板供電，如利用內部電池僅可維持約3~7天，故為能持續進行水質監測，在台灣日照較強的中南部地區，可採用太陽能作為補充電源，惟須確保現場沒有遮蔽物，並讓太陽能板朝向南方設置，已取得最大照光量。

(六) 鉛酸電池安裝可行性

若在光線不足之條件下，可採用鉛酸電池作為補充電源，惟須要考慮鉛酸電池重量，裝設點位應可讓車輛到達，可讓維護人員能順利進行無安全疑慮；為能持續進行水質監測，並依據鉛酸電池容量定期更換充電。

(七) 動植物干擾、人為破壞

設置之位置應盡量避免受到動植物之干擾，於必要時應加裝防護設備以防止人為破壞，同時亦注意是否足夠隱密，避免遭有心人士破壞或竊取。

4.2 移動式感測器現地安裝作業

此現地安裝作業指引得以使操作人員可以在執行校正及維護時，方便作業人員釐清現場面臨突發狀況與問題，亦可避免發生遺漏維護用具及維護步驟等缺失，建立快速品管維護校正作業的一致性。感測器現地安裝布建各階段檢核項目表如表8所示，以下將詳細說明各階段程序：

表8、各階段檢核項目表

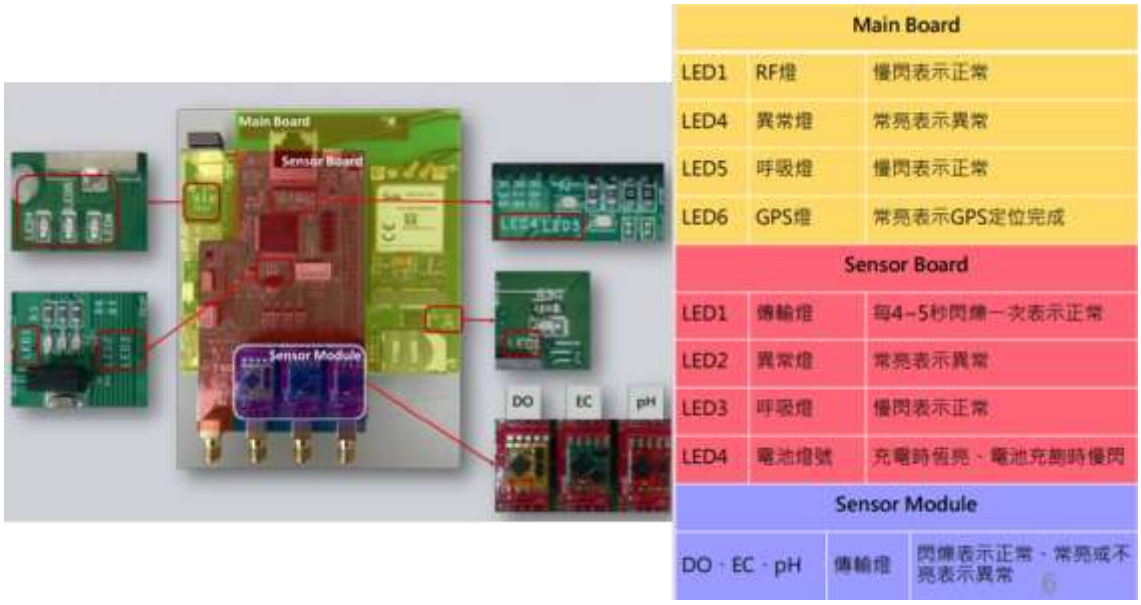
各階段檢核	檢核項目
行前作業	是否已完成相關設備檢查
	設備及工具耗材是否準備齊全
現地安裝作業	布建完成後設備確認檢查 (佈建作業、傳感器測試、資料傳輸)
巡檢作業	水質感測設備硬體及環境是否正常
	感測器資料準確性及傳輸是否異常
維護校正作業	溫度感測元件校正是否正常
	pH感測元件校正是否正常
	EC感測元件校正是否正常
	DO感測元件校正是否正常
	資料回傳是否正常

作業人員至現場安裝水質感測器前，應先了解水質感測器設備結構、相關配件、內部系統相對位置、管路設計以及確認感測器本體及相關器材、材料是否正常和齊全。

以下以本署主導開發之感測器為例，MWQ100感測器本體可藉由不同燈號顯示狀態確認感測器是否正常(如圖26)，於現地布建前需確認感測器三大電路板包含主板、感測板及感測OEM小板之各燈號顯示，且同步至數據後台查看，確認通訊傳輸資料回傳正常；MWQ200感測器本體不可自行拆裝避免破壞防水效果，仍可於布建前至感測器數據後台確認通訊傳輸資料回傳正常。

另外，針對各測項感測器應事前完成校正。安裝事前水質感測器檢查如表9，考量現場安裝架環境及可能遭遇的問題，因預先準備足夠的設備、零件及工具，其中布建工具包含手持式水質量測設備，應依原廠提供之校正方式進行定期校正工作，安裝行前耗材及工具檢查與相關工具對照表如表10。

水質感測器現地安裝步驟如下，各階段須於布建時確認填寫確認表如，各程序細部說明如下表11：



Main Board		
LED1	RF燈	慢閃表示正常
LED4	異常燈	常亮表示異常
LED5	呼吸燈	慢閃表示正常
LED6	GPS燈	常亮表示GPS定位完成
Sensor Board		
LED1	傳輸燈	每4~5秒閃爍一次表示正常
LED2	異常燈	常亮表示異常
LED3	呼吸燈	慢閃表示正常
LED4	電池燈號	充電時恆亮，電池充飽時慢閃
Sensor Module		
DO、EC、pH	傳輸燈	閃爍表示正常，常亮或不亮表示異常

圖26、水質感測器燈號說明(MWQ100)

表9、水質感測器行前檢查表

IMEI：		站號：			日期： 年 月 日
類別	檢查工作項目		是	否	操作人員
感測器主體	1.主機板燈號是否正常(MQW100)?		□	□	
	2.感測器機板燈號是否正常(MQW100)?		□	□	
	3.防水盒所有接頭是否確實緊鎖(MQW100)?		□	□	
	4.電池電壓是否高於8.2VDC?		□	□	
	5.資料上傳是否正常? (連續10分鐘上傳)		□	□	
	6.GPS 定位是否正常?		□	□	
酸鹼度 sensor (pH)	標準液濃度	校正結果	合格		數據標準
			是	否	
	pH 7		□	□	± 0.1
	pH 4		□	□	± 0.1
	pH 10		□	□	± 0.1
導電度 sensor (EC)	標準液濃度	校正結果			
	84 µS/cm @ 25℃		□	□	± 2µS/cm
	12880 µS/cm @ 25℃		□	□	± 130µS/cm
溶氧 sensor (DO)	測試環境	未校正前飽和度			
	置於無風大氣中		□	□	≧120 %
溫度 sensor	比對源溫度	設備溫度			
			□	□	± 1 ℃

表10、水質感測器耗材、工具行前準備確認表

類別	檢查項目	是 否	攜帶數量
布建耗材	RJ45接頭(MQW100)	□ □	
	自持式網路線(MQW100)	□ □	
	3mm不銹鋼鋼纜	□ □	
	網路線防水接頭(MQW100)	□ □	
	太陽能板(含安裝支架、螺絲)	□ □	
	不銹鋼束帶	□ □	
	塑膠束帶	□ □	
	5mm不銹鋼直式下古	□ □	
	3mm 不銹鋼鋼纜夾	□ □	
	10公斤六角啞鈴	□ □	
	R 1.25-3 R型端子	□ □	
	不銹鋼鎖頭及鑰匙	□ □	
布建工具	PH2與PH3十字起子	□ □	
	一字起子	□ □	
	7、8、22 mm開口板手 X 1	□ □	
	10、26 mm開口板手 X 2	□ □	
	網路線壓接鉗(MQW100)	□ □	
	老虎鉗	□ □	
	斜口鉗	□ □	
	撥線鉗	□ □	
	端子壓接鉗	□ □	
	鐵皮剪	□ □	
	捲尺	□ □	
	水深量測工具	□ □	
	取水袋	□ □	
	加壓噴水瓶	□ □	
	手持式水質量測設備	□ □	
	伸縮撈網或搭鉤	□ □	
	三用電表	□ □	
操作人員：		日期：	

項目	圖片
RJ45接頭	
自持式網路線	
3mm不銹鋼鋼纜	
網路線防水接頭	
太陽能板(含安裝支架、螺絲)	
不銹鋼束帶	
塑膠束帶	
5mm不銹鋼直式下古	
3mm 不銹鋼鋼纜夾	
10公斤六角啞鈴	
R 1.25-3 R型端子	

PH2與PH3十字起子	
一字起子	
7、8、22 mm開口板手 X 1 10、26 mm開口板手 X 2	
網路線壓接鉗	
老虎鉗	
斜口鉗	
撥線鉗	
端子壓接鉗	
鐵皮剪	
捲尺	
水深量測工具	

取水袋	
加壓噴水瓶	
手持式水質量測設備	
伸縮撈網或搭鉤	
三用電表	

表11、水質感測器現地布建確認表

IMEI：	站號：	站名：		日期： 年 月 日	
類別	檢查工作項目		是	否	操作人員

感測器主體	1.主機板燈號是否正常(MQW100)?			□	□	
	2.感測器機板燈號是否正常(MQW100)?			□	□	
	3.防水盒所有接頭是否確實緊鎖(MQW100)?			□	□	
	4.電池電量及太陽能板充電狀態是否正常?			□	□	
	5.資料上傳是否正常? (連續10分鐘上傳)			□	□	
	6.GPS 定位是否正常?			□	□	
安裝完成後現場數據比對		手持式設備數據	平台數據	合格		數據標準
				是	否	
	酸鹼度 sensor (pH)			□	□	± 1
	導電度 sensor (EC)			□	□	± 15% 或± 75μS/cm
	溶氧 sensor (DO)			□	□	± 1 mg/L
	溫度 sensor			□	□	± 1 ℃

一、固定點確認

(一) 觀察現場周遭環境是否有適合的岸邊固定點。

二、太陽能板裝設

(一) 若須裝設太陽能板，須於布建水體旁尋找構造物或固定點如反光板、欄杆、擋板等固定物進行安裝，且裝設須取得水體管理單位同意後始得安裝。

(二) 太陽能板應於適當點位安裝及固定，避免太陽能板突出於道路導致交通意外，且裝設面應盡可能面向南方()。



圖27、太陽能板安裝

(三) MWQ100接上太陽能板接線盒/市電配電盤

網路線另一端取藍線/藍白線為一組、棕線/棕白線為一組，分別壓接 R 型端子後，鎖上太陽能板接線盒(如圖28)並蓋上接線盒防水蓋、旋緊防水頭。將市電配電盤變壓器、PoE 轉接線、PoE 網路線連接後，將變壓器插上插座。



圖28、太陽能板接線盒

(四) MWQ200接上太陽能板接線盒/市電配電盤

電源線正極(紅色、粉紅色)負極(灰色、咖啡色)各擰為一股，分別壓接 R 型端子後，鎖上太陽能板接線盒(如圖32)並蓋上接線盒防水蓋、旋緊防水頭。將市電配電盤變壓器、電源轉接線連接後，將變壓器插上插座。

三、 鉛酸電池裝設

(一) 若須裝設鉛酸電池，須於布建水體旁尋找構造物或固定點如反光板、欄杆、擋板等固定物進行安裝，且裝設須取得水體管理單位同意後始得安裝。

(二) 鉛酸電池應於適當點位安裝及固定，避免裝突出於道路導致交通意外，並且考慮鉛酸電池重量進行固定避免掉落。

(三) MWQ200接上鉛酸電池(MWQ100無法使用鉛酸電池)

電源控制器正負極為一組，由左至右連接(太陽能板可視需求同時加入)電池、感測器，鉛酸電池正負極接上電線後鎖緊後另一端插入電源控制器，感測基主機電源線正極(紅色、粉紅色)負極(灰色、咖啡色)各擰為一股插入電源控制器，如圖29。



圖29、電源控制器接法

四、 感測器布建前準備

(一) 於固定裝置綁定前，需進行現場水深量測，於現場可用釣魚線綁定重錘以丈量適合之鋼纜長度(圖4.2-4)。鋼纜長度不宜過長或過短，鋼纜過長於水量大時較易導致感測器翻覆，過短將導致感測器容易離水，一般鋼纜長度約長於水深50公分。



圖30、水深量測

(二) 感測器數據傳輸確認

於實際布建水體前，需至感測器數據接收平台確認各項數據是否以詳實回傳。

五、現地布建方式

為方便水質感測器操作維運作業，水質感測器安裝方式分為岸上式水桶包、浮動式岸邊固定、浮動式錨錠及漂流等，四種方式安裝，其中 MWQ100及MWQ200搭配鈑金架組可採浮動式安裝，而MWQ200搭配水桶包可採岸上式安裝，詳表12，依過去經驗兼顧感測效能與布建安全，監測流速建議1m/sec 以下。

其中岸上式應用水深度至少20公分，確保感測元件可持續泡於水中，且不受底泥干擾；浮動式應用水深超過50公分，且無石頭、浮木、垃圾、泥灘等導致擱淺之場域，需確認放置、回收場域位置。

表12、現地布建方式

安裝方式	浮動式			岸上式
	岸邊固定	錨錠	漂流	水桶包
適用型號	MWQ100 MWQ200	MWQ100 MWQ200	MWQ100 MWQ200	MWQ200
適用水域	穩定封閉(或半封閉)水域	穩定封閉(或半封閉)水域	上游漂流至下游一定距離	適用於一般高度差 6 公尺以下水域

		而岸上無合適固定點		
限制高度	6 公尺以下	6 公尺以下	6 公尺以下	6 公尺以下
建議水深	超過 50 公分	超過 50 公分	超過 50 公分	超過 20 公分

(一) 浮動式岸邊固定

浮動式安裝適用於穩定封閉(或半封閉)水域，如埤塘、湖泊、釣蝦場等。

鋼纜繩索另一端則綁在堅固的固定點，例如橋欄、護欄、巨石、樹木、欄杆等，用束帶將鋼纜與訊號線(公母接線或一轉三線)綁在一起，其中鋼纜需略短於訊號線，並將鋼纜繩索另一端以單點固定於浮動式鈑金架組護欄，需避免設備感測器漂流範圍內有異物纏繞繩索。

若安裝於橋梁上垂掛設備至河床施放設備，以橋高3-6米為限，6米以上不建議布建。浮動式應用水深超過50公分，且無石頭、浮木、垃圾、泥灘等導致擱淺之場域。

避免設置於大排出水口，造成鋼纜繞轉設備或沖斷等問題。

(二) 移動式錨錠

穩定封閉(或半封閉)水域而岸上無合適固定點，確認可用伸縮撈網取回感測器，則可使用錨錠重錘固定水面上。

浮動式應用水深超過50公分，且無石頭、浮木、垃圾、泥灘等導致擱淺之場域。

(三) 移動式漂流

漂流之水系具有污染流域放流口與側向匯流口，並將設備從上游漂流至下游一定距離，使得數據具有代表性及應用目的性，對污染源偷排及污染溯源有釐清標定事件時間及地點者為佳。

浮動式應用水深超過50公分，且無石頭、浮木、垃圾、泥灘等導致擱淺之場域。

(四) 岸上式水桶包

適用於一般6公尺以下水域，將探棒使用水桶包進行包覆保護後，以鋼纜繩索綁住，鋼纜繩索另一端則綁在堅固的固定點，例如橋欄、護欄、巨石、樹木、欄杆等，用束帶將鋼纜與訊號線(公母接線或一轉三線)綁在一起，其中鋼纜需略短於訊號線，並將鋼纜繩索兩端固定完成後，將水桶包拋入監測水域進行量測。

岸上式應用水深度至少20公分，確保探棒可持續泡於水中，且不受底泥干擾，如水流較急，可使用六角啞鈴增加水桶包重量加強錨錠。

避免設置於大排出水口，造成鋼纜繞轉設備或沖斷等問題。

六、移動式岸邊固定布建(MWQ100)

(一) 壓接 PoE 網路線水晶頭

取適當長度網路線，一端穿過感測器上蓋防水頭後，依顏色壓接水晶頭。

(二) 接上感測器 RJ 45接頭

插入 PoE 網路線於 RJ 45接頭(如圖31)，確認卡榫確實卡緊，且須裝設防水墊片，檢視 Sensor Board LED4是否常亮或上平台確認感測器是否開始充電。



圖31、感測器上RJ 45接頭

(三) 旋緊各防水接頭及孔蓋

旋緊防水接頭下螺母後，再旋緊防水接頭上螺母。

(四) 鋼纜夾製作

感測器於布建水體前，需使用不鏽鋼鋼纜夾將感測器固定鋼纜兩端各做出一個圓圈(圖32)。



圖32、鋼纜夾製作

(五) 鋼纜連接固定感測器

1. 使用 5mm 不銹鋼直式下古穿過水質感測器護欄角落上方溝槽連接感測器與鋼纜，且纜繩與設備限用單點固定，並與岸上的固定點連結(如圖 33)。



圖33、不銹鋼直式下古

2. 鋼纜綁住岸邊固定物

將鋼纜繞過固定點後扣上不鏽鋼鎖頭，如圖34所示。



圖34、鋼纜與固定物鎖定

(六) 感測器及傳感器確認

1. 卸下 pH 保存蓋

使用一字起子從護欄側面插入感測器固定扣件下方後向上翹開扣件。

2. 啟動電源

電源開關【凹陷】(如圖35)，表示感測器電源關閉；電源開關【平整】(如圖36)，表示感測器電源開啟。



圖35、感測器電源關閉



圖36、感測器電源開啟

(七) 感測器平衡確認

實際布建感測器於水體後，需確認感測器是否於水體漂浮平衡，應避免單邊過深或過淺狀態，若發生此狀況，可藉由浮球裝設調整，使感測器達成平衡(圖37)

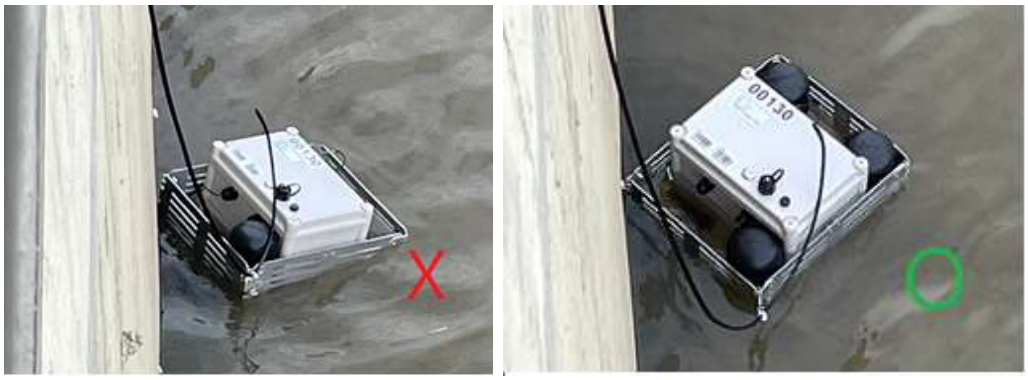


圖37、感測器平衡確認

七、移動式岸邊固定布建(MWQ200)

(一) 鈑金架組

水質感測器與探棒安裝於鈑金架組上(如圖45)，取用岸邊固定點使用鋼纜將鈑金架組固定。



圖38、鈑金架組固定

(二) 鋼纜夾製作

感測器於布建水體前，需使用不鏽鋼鋼纜夾將感測器固定鋼纜兩端各做出一個圓圈(圖32)。

(三) 鋼纜連接固定感測器

1. 使用 5mm 不銹鋼直式下古穿過鈑金架組角落上方溝槽連接感測器與鋼纜，且纜繩與設備限用單點固定，並與岸上的固定點連結(如圖 33)。

2. 鋼纜綁住岸邊固定物

將鋼纜繞過固定點後扣上不鏽鋼鎖頭，如圖34所示。

(四) 感測器及傳感器確認

1. 卸下 pH 保存蓋

2. 啟動電源

電源開關【凸出】(如圖67)，表示感測器電源關閉；電源開關【平整】(如圖68)，表示感測器電源開啟。



圖39、感測器電源關閉



圖40、感測器電源開啟

(五) 感測器平衡確認

實際布建感測器於水體後，需確認感測器是否於水體漂浮平衡，應避免單邊過深或過淺狀態，若發生此狀況，可藉由浮球裝設調整，使感測器達成平衡。

八、浮動式錨錠布建(MWQ100及 MWQ200)

(一) 鈑金架組

MWQ100及 MWQ200水質感測器與探棒安裝於鈑金架組上用錨錠重錘固定水面上(如圖41)。

1. 取適當長度不鏽鋼鋼纜，使用不鏽鋼鋼纜夾將鋼纜一端做出一個圓圈，鋼纜另一端繞啞鈴握把一圈後使用不鏽鋼鋼纜夾將鋼纜固定於六角啞鈴握把上。

2. 取 2 條適當長度不鏽鋼鋼纜、4 個不鏽鋼鋼纜夾；使用不鏽鋼鋼纜夾將鋼纜兩端各做出一個圓圈

3. 取 4 個 5mm 不鏽鋼直式下古穿過護欄四個角落下方溝槽將兩條感測器固定鋼索交叉固定於感測器護欄件 4 個折角上

4. 取一個 5mm 不鏽鋼直式下古置於感測器固定鋼索交叉處，將錨錠重錘鋼纜一端的圓圈與感測器固定鋼纜鎖在一起。



圖41、錨錠重錘固定

(二) 鋼纜夾製作

感測器於布建水體前，需使用不鏽鋼鋼纜夾將感測器固定鋼纜兩端各做出一個圓圈(圖32)。

(三) 鋼纜連接固定感測器

1. 使用 5mm 不銹鋼古穿過鈑金架組角落上方溝槽連接感測器與鋼纜，且纜繩與設備限用單點固定，並與岸上的固定點連結(如圖 33)。

2. 鋼纜綁住岸邊固定物

將鋼纜繞過固定點後扣上不鏽鋼鎖頭，如圖34所示。

(四) 感測器及傳感器確認

1. 卸下 pH 保存蓋

2. 啟動電源

電源開關【凸出】(如圖39)，表示感測器電源關閉；電源開關【平整】(如圖40)，表示感測器電源開啟。

(五) 感測器平衡確認

實際布建感測器於水體後，需確認感測器是否於水體漂浮平衡，應避免單邊過深或過淺狀態，若發生此狀況，可藉由浮球裝設調整，使感測器達成平衡。

九、MQW200感測器岸上式水桶包布建

(一) 將 MQW200感測器固定於布建環境平面或管柱體

(二) 鋼纜夾製作

感測器於布建水體前，需使用不鏽鋼鋼纜夾將感測器固定鋼纜兩端各做出一個圓圈(圖32)。

(三) 鋼纜連接水桶包

1. 使用不銹鋼纜穿過水桶包的橢圓孔，並與岸上的固定點連結(如圖 42)。



圖42、鋼纜連接水桶包

2. 鋼纜綁住岸邊固定物

將鋼纜繞過固定點後扣上不鏽鋼鎖頭，如圖34所示。

十、感測器數值確認

於前述感測器不建水體作業完成後，需進行感測器讀值比較確認，以確保資料正常。

(一) 於水深較淺處，可藉由簡易式水質量測設備直接進行數值量測(圖43)，並與平臺測項數值比較後，回傳數值差異符合感器測項準確度範圍。準確度範圍為酸鹼度 sensor (pH) ± 1，導電度 sensor (EC)濃度500μS/cm 以上 ± 15%；濃度500μS/cm 以下± 75μS/cm，溶氧 sensor (DO) ± 1 mg/L，溫度 sensor± 1 ℃，如無符合此標準現場將再次進行校正工作。



圖43、簡易式水質量測設備

(二) 若放置處水深較深，可藉由取水設備，如取水袋進行取水後量測比較(圖44)。

(三) 每次以取水袋取水後須以純水或清水重新進行清潔後方可再次使用。



圖44、簡易式取水袋

4.3 固定式感測器布建原則

一、水質感測器應用類型

為有效運用小型感測器進行環境治理，應瞭解場域背景水質資訊、流系分布、潛勢污染源分布、現地需求，及同步取得中央、地方及現地居民協助，以發揮水質感測器布建具體效益。應用情境可包括：(1)河川流域；(2)灌溉渠道系統；(3)工業區/工廠排水道；(4)智慧稽查應用；(5)測站平行比對等不同應用目的及場域特性，設定具代表性、應用效益性及通訊、通電可行性的布點選址，歸納為5大感測類型，茲說明如下：

(一) 河川流域

由於我國地狹人稠特性，住宅與工廠混雜，河川常同時納入生活污水及零星工廠排放廢水，亦有可能納入營建及畜牧廢水，主要布建目的是以監測各河段環境水質背景值為主，亦可透過各區段水質變化，篩選水質異常頻率較高區段，進一步鎖定污染源。由於河川長度通常較長，建議以能

監測各區段重點污染源為主，或配合其他布建地點型態，提供背景水質監測資料，採以低布建密度。

亦可藉由充分的規劃，選擇有特定參數之固定式感測器(例如流量)，收集足夠的水質模式預估所需的水質感測參數，所採集之連續資料，將能提升水質模式率定與驗證之精確度，也可透過水質模式推估晴天與雨天負荷，間接推估點源與非點源污染比例，以及雨天污水在河川的流達率是否真如預想的低等。另外也可參考美國 USPEA 作法，推估水體涵容能力前需收集該水體長期流量資料，方能根據長期統計之枯水期流量或 Q_{75}低流量（即超越機率75%之流量）推估該水體之涵容能力，以進行流域管理策略。

(二) 灌溉渠道系統

以高污染潛勢農地區域為布建範疇，包括取水口、灌溉渠道系統及出水口，布建目的為保護農地受體，瞭解灌溉用水品質，此區水域污染變化較低，布建以掌握重點分支流水質及搭排戶重點排放流域為主。

(三) 工業區/工廠排水道

此類場域是以監測工廠污染廢水排放為主，工業區以雨、污水下水道系統節點、雨水下水道放流口及污水處理廠放流口布建為主，透過雨水下水道系統布建監測工廠偷排，以污水下水道系統布建監測工廠超排，此類布建環境較為惡劣，水體多位於人孔蓋下，需注意通訊傳輸及維運問題，且感測器需能確保長時間無水不致損壞；一般混雜在都市中的工廠排水道多為明渠，然需注意抽水揚程過高問題。由於上述水體為工廠或廢水處理廠處理之廢水，屬於高污染潛勢區，布建應能符合篩選污染源頭目的，布建密度應考量工廠數量、工廠產業別及工廠過去違法偷排紀錄等條件。

(四) 智慧稽查應用

此類場域通常透過歷史人工採樣、低頻率長時間水質監測等方式篩選，鎖定某處固定污染源，針對可能排放口施以高頻率監測，以利執法應用。

(五) 測站平行比對

以驗證比對水質感測器數據為主，需確保與參考測站具有採樣的一致性。

除了針對關切的區域環境進行感測點位規劃外，為有效掌握感測器的使用壽命，建議應預留5%（含）以上感測器做為巡檢或更換感測器的參考備機。

二、水質感測器點位篩選及布建邏輯

針對環保機關執法需求，研析掌握環保機關執法水質感測器運用情境。研提最適化水質感測裝置組裝建議，並研擬環保機關執法應用布建應用之推動策略、措施步驟、期程及作業程序等相關布建應用執行計畫。並規劃完成相關智慧稽查布建維運體系包括選址、安裝、巡檢校正、維護更換、資料分析及執法行動應用等作業步驟之標準程序或作業原則。其成功關鍵因素需包括有效的感測設備及良好的數據品質、有目的性及完整的感測點布建、連續的資訊匯流及創新的分析應用等層面。

(一) 執法應用情境

1. 監測背景水質：以低密度布建，掌握關注之水體長期水質資訊。配合上下游連續監測資料比對，篩選水質異常頻率較高區域。

2. 監測高污染潛勢區：針對水質異常頻率高之區段布建，篩選污染源位置。可於該區多個疑似污染源排放口及匯流處布建簡易型水質監測設備，依據水質異常特性及位置，搭配上游污染源清單，分析行業別、過去稽查記錄等資訊以利篩選污染源。

3. 監測污染源：布建於特定潛勢污染源放流口，應加裝重金屬或 COD 等測項，分析水質異常時間熱區，作為後續環境執法應用參考依據。

4. 重大水質污染事件：因應突發水質污染事件，或特殊季節監測需求，如夏季死魚頻發時期，可應用移動式水質監測設備，進行短期高頻率水質監測，確認水質概況及污染物可能擴散區域。

(二) 連結智慧稽查布建維運體系

為有效利用投入資源，擴大布建具體效益。選址應以能解決實際迫切面臨之環境問題為優先，如重點污染潛勢區、民眾經常檢舉區域及環境污染事件頻發區域。本準則以解決實際環境問題為目的，訂定場域篩選準則為：

1. 依據過去水質、地下水、土壤或底泥監測背景資訊，挑選經常超標地區。
2. 篩選經常受到陳情或有重大環境污染議題事件地區。
3. 挑選周遭或場域下游有敏感受體地區。
4. 考量通訊傳輸良好及布建維運較為容易地區。

決定可能布建場域後，再針對場域特性選擇合適布建地點，應同時考量區別性、代表性、完整性及目的性，以利於後續資料加值應用，發揮實質效益，場域及裝機位置篩選準則如圖45。

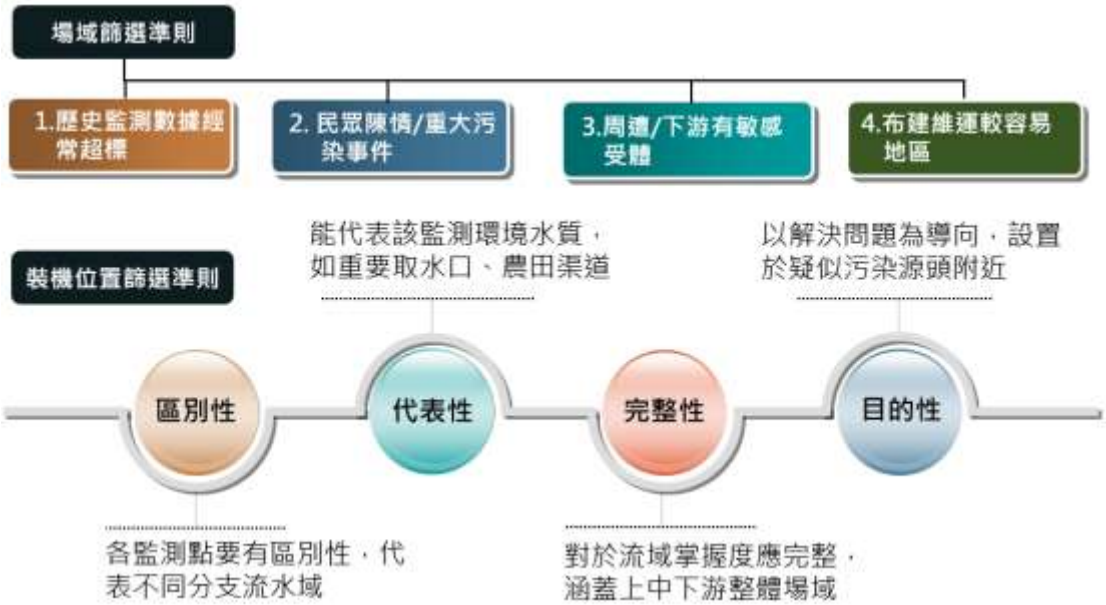


圖45、場域及裝機位置篩選準則

雖然河川流域感測點、灌溉渠道感測點、工業區/工廠排水道感測點、智慧稽查感測點及測站平行比對感測點有布建的建議，但地區的污染特性會隨著時間而改變，為了提升感測器的使用效益，必須透過長期觀察感測

器的數據行為，評估及分析既有感測器的應用目的與效益，因地制宜設置感測器在適宜的點位。

以污染熱區鑑別感測的最適化點位為例，可依據既有布建感測點位所發生污染事件頻率，分析點位的必要性與適用效益；透過數據分析經驗，輔以大數據分析、數據統計分析或其他方式解析感測數值，判斷感測器於各縣市環保局使用情形、在各應用場域數據分布、感測數據衰減情形、數據品質及環境應用效益。

4.4 固定式感測器現地安裝作業

感測器安裝過程除要確保施工安全及安裝點位正確外，在安裝時需再確認感測器的周遭有無造成干擾精確測量的因素，綜整安裝重點注意事項如下：

一、落實承攬商管理作業，與承攬單位釐清施工範圍與權責，宣導施工安全、用電安全、設備安裝要點及權責義務。

二、工單位應確認施工點位，盤點所需工具與相關設備與配件。

三、施工前落實安全教育宣導與酒測，紀錄出勤施工人員姓名與連絡電話，施工每組至少兩人。

四、到達安裝地點後請戴上防水手套準備作業，並依場域狀況穿著相關安全設備，如：安全帽、救生衣、安全吊帶.....等等。

五、安裝地點須先進行場堪，確認設備放置點位高低落差安全性，並量測電源與網路線長度紀錄與其他材料數量。

六、確認現場水質是否異常(強酸或強鹼)，作業時請配戴抗腐蝕防護手套，加強施作安全。

七、安裝進行現場交管及交通錐設置，並拍攝現場施工前、中、後照片，紀錄感測點站號、站名、安裝日期。

八、安裝前先開啟感測器電源，確認感測器運作及數據上傳功能正常，才可

以開始進行現場安裝作業。

九、施工人員將感測器固定後，需再次確認感測器固定穩固，避免感測器鬆脫的風險。

十、感測水體水深度至少20cm 確保過濾頭泡於水中且不受底泥干擾。

十一、將使用後的感測器校正液倒入廢液桶，使用清水洗滌校正容器內外並擦拭乾淨。

十二、進行感測器與太陽能板電源連接配置：

(一) 施工作業須符合政府相關法令與規範，依照電力安全規定執行。

(二) 進行電源配線須符合配電安全作業標準，絕緣作業應完備，電源線應設置護線套或相關保護與固定設施。

(三) 電源配線安裝完成後，確認主電源開通，感測器與外接電源連通，且感測器數據上傳正常。

1. 太陽能板應朝向南方已取得最大日照量。
2. 太陽能充電狀態：設備電流應大於-100mA。
3. 連續 10 筆 GPS 資料應有微幅變動、不可為定值。

(四) 完成太陽能板、感測器、電源配線的電源防水保護，確保全系統運作電源安全。

十三、盤點施工工具與相關設備及配件耗材，清理施工環境後撤除交通錐。

4.5 手持式感測器操作流程

手持式感測器操搭配 APP 之作流程如圖46、校正流程如圖47，部分 APP 內容已依據使用者意見回饋作調整修正。



首頁分成水質感測、歷史紀錄、設備說明3個路徑，簡易清晰。



先打開手持式感測器電源，點選「水質感測」進行設備連接。



點選需使用的設備編號，進入設備資訊頁。



可修改資訊，請同步按下手持式設備「MEAS」及手機的「開始測量」才可進行測量。



水質量測需要一點時間，請耐心等候～



長按游標點位可以變更位置



可自行新增備註事項，輸入完請按確定鍵





請先確認備註內容及照片無誤，再按「上傳感測資料」按鍵





感測資料上傳後也可打卡分享至FB、IG、LINE...





圖46、手持式感測器操作流程





圖47、手持式感測器校正流程

第五章 運轉中管理及查核作業規則

感測數據品質的優劣直接影響後續分析與應用的需求，故在維運管理的過程中，必須詳實記錄維護保養的歷程，作為評估感測器使用週期、性能特性、衰減徵兆及故障特徵的參考依據。故在維運的基本資料上，必須先建立每個感測器內感測元件及功能模組的規格，例如感測元件的廠牌型號與已運作時間，原廠提供的校準程序及操作手冊，建議的感測範圍、精度、偏差及極限，以及最佳感測頻率、反應時間、使用年限與可能造成干擾的因子等資訊。以應用於環境污染熱區鑑別為目的的感測器在維運管理上的重點建議說明。

5.1 運轉中感測數據偏差原因

水質感測器除容易受環境水體酸鹼值、懸浮物體濃度、有機/無機污染物、水溫、溫度和風速等天氣條件的影響外，因長期在高頻率的環境感測運行中，造成數據偏差的已知原因如下：

一、環境水體髒污累積導致感測元件的靈敏度與性能衰減，造成感測數據發生偏差。

二、長期運作導致感測器進水系統機構髒污或堵塞，造成進水流量降低或水中有機物滋長的生物膜包復感測頭，使得感測濃度判讀偏低。

三、水體環境變化可能也會造成感測數據影響，例如大雨過後抽水系統因急流沖刷至岸邊導致抽不到水或設備遭到撞擊進水等影響。

四、長期浸泡於高酸鹼環境水體，導致設備機構與感測元件出現腐蝕狀況，導致感測數據發生相對極端之偏差。

五、其他感測元件老化或附屬機構性能衰減，都可能是影響感測數據偏移的原因。

為確保長期大量的感測器數據品質，定期的維護管理至關重要，包含定期內部機構清潔如進水過濾組件與進水流道，及感測元件須保持乾淨，其他如電池與機板的功能檢查也是需要關注的，至於感測器外圍環境的定期巡

查，對於感測器周邊可能影響水流通暢的物件如水中浮木樹葉，與太陽能板周為新立廣告看板與雜草樹木皆須予以清除搬離，故在感測器長期運行後，須持續透過定期巡檢機制，觀察感測器的感測效能，定期比對校正，以維持感測器的數據品質。

5.2 移動式感測器巡檢維運

水質感測器各點選定之布建水體環境不同，感測器經長時間漂浮於水體將會產生物膜附著及髒污、樹枝、樹葉、石頭等殘留，為確保感測器數據品質及準確度，以固定頻率針對各台感測器進行維護巡檢工作，以利產出高可靠度之數據，借以輔助了解水質背景狀況及水質異常事件分析。維護巡檢過程包含防護具之配戴及填寫巡檢維運確認表、檢視數據確認設備狀況、設備處理拍攝紀錄、與手持式設備之數據比對、探棒清潔、探棒校正及最終之感測器歸回等程序，以下以本署主導開發之感測器為例，依序針對各工作程序作說明。

一、防護具之配戴及填寫巡檢維運確認表

(一) 到達巡檢地點後請戴上防水手套準備作業，並依場域狀況穿著相關安全設備，如：安全帽、救生衣、安全吊帶等。

(二) 填寫「水質感測器設備維護巡檢確認表」，包含設備站號、站名、日期及維護開始時間，如圖48。

111年度移動式水質感測器_抽驗表						
縣市：	站號： IMEI(1.0)(2.0)：			站名：		日期：
開始時間：				結束時間：		
感測目的：□環境稽查應用 □污染排放熱點鑑定 □低溶氧易死魚水域 □潛勢污染農地 □其它：						
上游產業別 / 感測標的產業別：						
步驟	檢查工作項目			是	否	備註(含處理情形)
1. 設備掛起前 手持式設備數據比對 □ 水體直接感測 □ 擷取水樣感測	1. 拍照紀錄 (設備掛起前)			□	□	
	2. 現場採水			□	□	
	3. 數據比對	手持式設備數據	平臺數據			
	(1) pH					±1
	(2) EC					±15% (當EC>800 μS/cm) 或±75 μS/cm
	(3) DO					±1 mg/L
	(4) Temperature					±1 ℃
2. 設備清潔後 標準液校正數據比對 (浸泡2分鐘後數值)	1. 拍照紀錄 (設備掛起後，清潔前的探棒)			□	□	
	2. 設備清潔			□	□	
	3. 感測器主體，太陽能板確認：					
	(1) 1.0防水盒及所有接頭是否確實鎖緊？固定鋼纜是否穩固？			□	□	
	(2) 電池電量及太陽能板充電狀態是否正常？			□	□	
	(3) 資料上傳是否正常 (連續10分鐘上傳)			□	□	
	(4) GPS定位是否正常？			□	□	
	(5) 1.0設備：保護板金，防水盒是否完好？2.0設備：水桶包是否完好？			□	□	
	(6) 太陽能板是否完好？電纜及接頭是否穩固？			□	□	
	4. 拍照紀錄 (設備掛起後，清潔後)			□	□	
	5. 設備校正			□	□	
	6. 數據比對	標準液	校正電腦數值			
	(1) pH	pH 4				
		pH 7				
		pH 10				
	(2) EC	84 μS/cm				
		147 μS/cm				
		1,413 μS/cm				
		5,000 μS/cm				
		12,880 μS/cm				
	(3) DO (感測區吸乾後置於無風大氣中)	大氣中	飽和度 %			
3. 設備放回後 手持式設備數據比對 □ 水體直接感測 □ 擷取水樣感測	1. 拍照紀錄 (設備放回後)			□	□	
	2. 現場採水			□	□	
	3. 數據比對	手持式設備數據	平臺數據			
	(1) pH					±1
	(2) EC					±15% (當EC>800 μS/cm) 或±75 μS/cm
	(3) DO					±1 mg/L
	(4) Temperature					±1 ℃
抽驗單位：			操作人員：			
今日缺失：						
追蹤結果：						

圖48、填寫巡檢確認表

二、檢視數據確認設備狀況

(一) 至數據後台確認感測器須有連續10分鐘上傳10筆數據。

(二) 確認太陽能充電狀態，設備電流應大於-100mA。

(三) 確認定位統正常，應連續10筆 GPS 資料應有微幅變動、不可為定值。

(四) 確認 GPS 定位是否正常、保護板金是否破損、防水盒是否受損、固定鋼纜是否穩固。

三、設備處理拍攝紀錄

(一) 拍攝設備撈起前現場照片，如設備站號模糊請拍攝設備上蓋特寫照片。

(二) 如安裝場域腹地足夠且無安全疑慮，可在現場進行維運。

(三) 如安裝場域腹地不足或有安全疑慮，則移到安全場地進行維運，逆時鐘旋轉打開下古螺栓後脫離固定鋼纜再順時鐘旋轉鎖回螺栓，將設備移到安全場所進行維運。

(四) 拍攝探棒、設備外觀及特殊狀況照片(如圖49)。



圖49、**拍攝探棒**

(五) 檢視設備防水盒及板金架組是否受損，如有損害請拍照記錄。

(六) 確認防水盒上蓋及所有接頭確實鎖緊，如有異常請拍照記錄並鎖緊。

(七) 檢視設備固定鋼纜是否受損，如有損壞請拍照記錄並修復。

(八) 如設備嚴重毀損，請更換設備，將更換設備站號填寫於「水質感測器設備維護巡檢確認表」。

(九) 檢視太陽能板是否受損，如有損壞請拍照記錄並修復，並確認太能能

板接線盒是否蓋緊、電纜固定頭是否鎖緊。

(十) 勾選及填寫「水質感測器設備維護巡檢確認表」相關選項。

四、比對手持式設備與平台數據

(一) 如設備擱淺或離水，則不須比對。

(二) 如手持式設備纜線長度足夠、探棒可直接到達水體，直接將探棒放入水中，等數值穩定後記錄當時手持式設備與平台數值。

(三) 如手持式設備纜線長度不足，使用取水器取水(如圖50)，並記下取水時間，取水時盡可能只取表層水，避免底泥干擾；將手持式設備探棒放入取水器中水樣內，等數值穩定後記錄手持式設備與取水當時平台數值。

(四) 勾選並填寫「水質感測器設備維護巡檢確認表」相關選項。

(五) 如現場水質異常(強酸或強鹼)，作業時請注意安全。



圖50、使用取水器取水

五、探棒清潔

(一) pH、DO 及 EC 探棒清潔方法詳見表13所示。

(二) 清潔過程中需檢查探棒有無鬆動、搖晃或旋轉狀況；如有異常請更換探棒、勾選更換品項並記錄更換原因。

表13、感測器清潔保養方法

步驟項目	說明	示意圖
撈取清洗	使用搭鉤或撈網將感測器自水中撈起，再以加壓噴水壺對感測器外表做基本清潔。	
取出感測器	MQW100 使用一字起子從護欄側面插入感測器固定扣件下方後向上翹開扣件並取下pH、DO、EC感測器。	
	MQW200 水桶包 鬆開水桶包上層圓形配件，取出探棒。	
	MQW200 鈑金架組 將紅圈位置的螺絲取下，可拆裝水質感測器冂字型固定板將探棒取出。注意避免探頭碰撞	
清潔感測器	pH與DO 使用軟毛牙刷、清水、加壓噴水壺輕輕刷pH、DO感測 感測器周圍去除髒污。 注意不可使用牙刷或粗糙物品清理DO感測器	

步驟 項目	說明	示意圖
	薄膜及pH感測器玻璃，以免感測器損壞。 如pH、DO數值因生物膜包覆數值偏移或感測器嚴重髒污，將pH、DO感測器浸泡在 1:50 稀釋漂白水中，浸泡 10 分鐘後使用清水洗滌。	
	EC 使用軟毛牙刷、清水、加壓噴水壺輕輕刷EC感測器感測區域。 如EC感測器嚴重髒污，將EC感測器浸泡在 9.2%鹽酸 中 5 到 30 分鐘，依髒污程度調整浸泡時間，完成後使用清水洗滌。	

六、現場巡檢校正相關作業程序建議

為確保水質感測器現地資料正確性，依據前述現地巡檢作業程序，於現地維護作業建議每週執行一次。然而，考量各水體類型及實際維護需求，感測器誤差值計算公式為，$誤差值=\frac{讀值}{(讀值-標準液體)/標準液體}$，將 pH、電導度透過該廠牌建議之標準液濃度與方法進行校正工作，常用標準液濃度為 pH4、7、10，導電度為84μS/cm、12880μS/cm 等一次性溶液。

然而，因各陸域水體類型不同，其 pH 值誤差值須小於5%以下，而 EC 誤差值須小於20%以內，且設備清潔前後誤差值變化小於5%以內，且各站設備件亦至少2~3周巡檢維護一次。

(一) 儀器感測元件損壞

當儀器感測元件損壞時，通常將無感測值回傳，各測項檢核規則擬定如表14所示。

表14、水質異常資料檢核規則_感測元件損壞

測項	異常值	處理方式
pH	無感測值回傳	到場維護及更換設備
EC	無感測值回傳	到場維護及更換設備
溫度	無感測值回傳	到場維護及更換設備
DO	無感測值回傳	到場維護及更換設備

4G訊號	RSSI小於-90dBm	確認當地訊號強度，避免斷訊短缺資料
電池電壓	低於 7.3V	確認外接電源狀況或準備更換感測器
感測器濕度	高於 80% RH	檢查防水盒內是否有進水或結露情形
太陽能	大晴天、中午時分，充電電流小於 1A	確認太陽能板是否朝南方安裝、是否有遮蔽或表面髒污狀況

(二) 儀器感測元件異常

當儀器感測元件出現異常狀況時，雖該測項測值有持續回傳數值，但會出現持續無變化或不正常跳動的現象，各測項檢核規則擬定如表15所示。

表15、水質異常資料檢核規則_感測元件異常

測項	異常值	處理方式
pH	連續三個小時測值無變化	到場維護校正或更換設備
EC	連續三個小時測值無變化	到場維護校正或更換設備
溫度	連續六個小時測值無變化	到場維護校正或更換設備
DO	連續三個小時測值無變化	到場維護校正或更換設備
pH	> 14 , < 0	到場維護校正或更換設備
EC	=0 , >5000µs/cm(儀器偵測極限)	到場維護校正或更換設備

七、設備校正

水質感測設備現場校正作業，須搭配校正軟體執行，因此本團隊擬訂現場軟體操作程序，以便校正作業順暢，以下詳述擬訂程序：

(一) 感測器校正前準備

準備校正設備、耗材，內容如表16所示。

表16、準備校正設備、耗材表

項次	名稱	說明
1	50ml玻璃量筒	盛裝 20ml標準液。
2	校正用標準液	pH：pH4、pH7、pH10。 EC：84、1413、12880 或 150000μs/cm，依感測器規格及監測場域背景濃度調整。
3	清洗水	單點校正完成後清洗感測器。
4	拭淨紙	清洗感測器後，擦乾感測器，避免標準液交叉污染。
5	USB Dongle	透過校正UI進行校正。

(二) 安裝 USB Dongle 驅動程式

開啟網頁 https://www.ftdichip.com/Drivers/D2XX.htm，依電腦作業系統下載適用的驅動程式並進行安裝。

驅動程式安裝完成後，將 USB Dongle 接上電腦，到裝置管理員確認是否安裝完成連接埠。(如圖51)



圖51、確認驅動程式是否完成安裝

(三) 連接感測器

1. MWQ100

旋開感測器上蓋的RJ45接頭防水蓋，將SB Dongle網路線端

水晶頭確實插入RJ45接頭(如圖52)，請把校正用USB dongle插入電腦的USB Port。



圖52、連結感測器



圖53、連結電腦

2. MWQ200

探棒DIN接頭與校正用USB dongle對接，請把校正用USB dongle插入電腦的USB Port(如圖52)。

(四) 開啟校正 UI

開啟校正 UI 後選擇連接埠，點選「Open Port」後(如圖54)，UI 上方側感測器各測項數值會從"NA"變成現在值。MWQ100如點選「UI Mode」後，UI 右側各測項數值仍顯示"NA"，請先點選「Modbus Mode」，一秒後再點選「UI Mode」，直至 UI 右側感測器各測項數值顯。

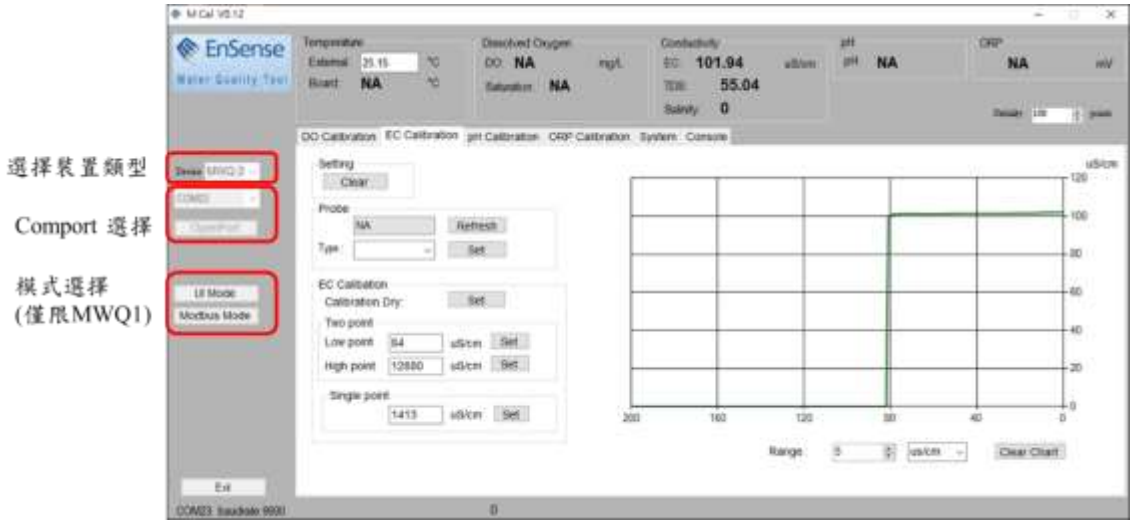


圖54、點選「Open Port」

(五) 感測器校正流程

1. DO 溶氧校正(如圖 55)

(1) 將感測器置於無風處，按下「Calibration clear」清除校正值。

(2) 待數值穩定後，再按下「Calibration」。

(3) 檢查 Saturation 數值是否穩定且為 100%±1%內，超出請重新校正。



圖55、DO溶氧校正

2. EC 導電度校正(如圖 56)

校正步驟詳如下列說明：

(1) 確認感測器為乾燥狀態。

(2) 點選「Clear Setting」清除先前校正的設定。

(3) 檢查目前的感測器形式是否正確(本文感測器形式為K0.1)。若不是目前安裝的形式，在Probe Type 選擇正確形式後按「Set」，重複檢查感測器形式。

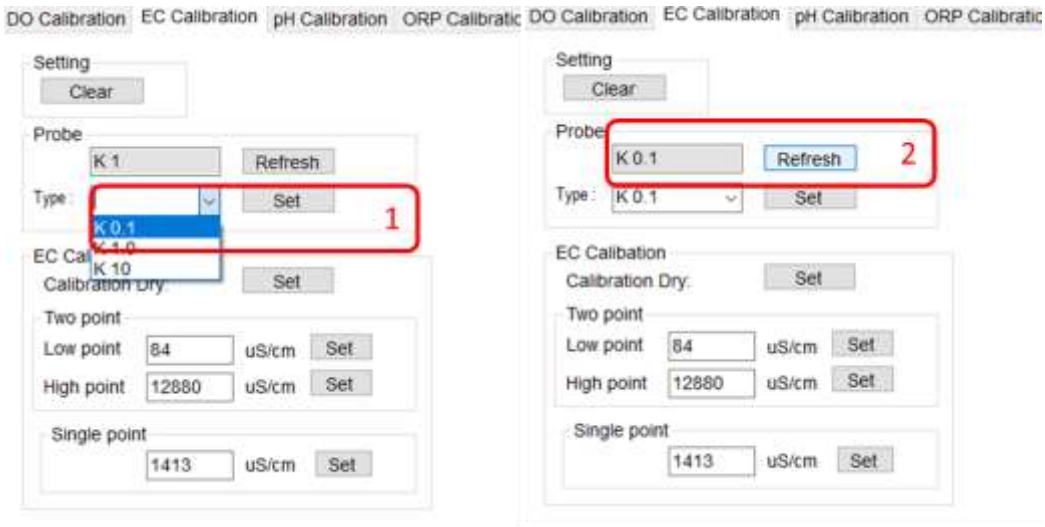


圖56、EC導電度校正

而EC校正又分為零點校正、低點校正及高點校正，以下說明其校正設定程序：

(1) 乾燥校正(如圖57)

感測器保持乾燥，「Set」，EC欄位會無顯示幾秒後，數值會出現0.00，即完成。

探棒顯示數值0時點選Calibration Dry 「Set」，EC欄位應保持0，如果持續有大於0數值更新，請檢查探棒或清潔。

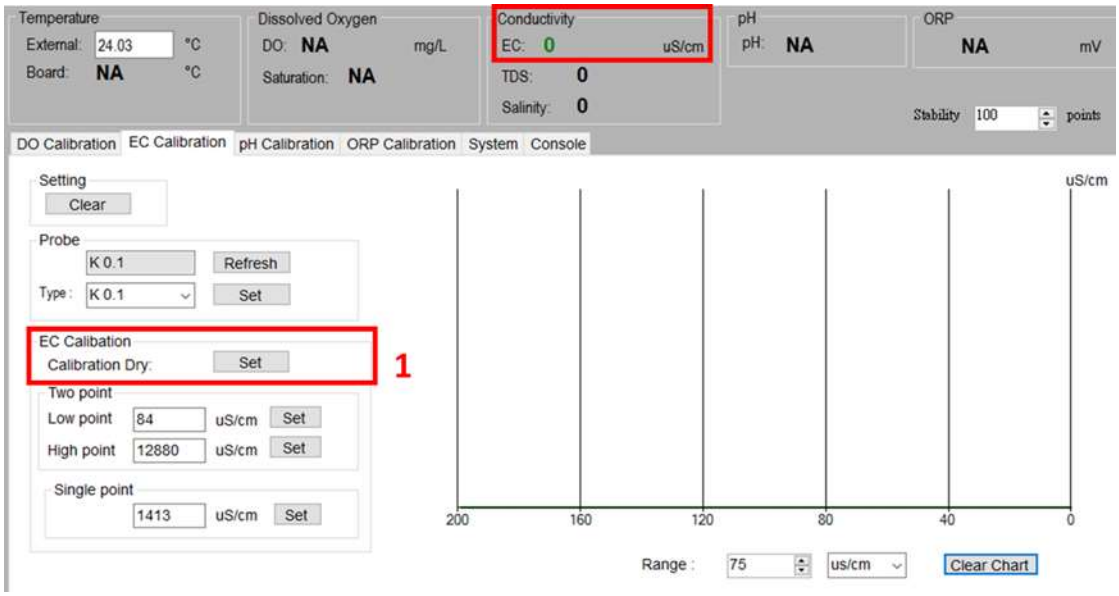


圖57、**EC導電度乾燥校正**

(2) 低點校正(如圖58)

把感測器放入低濃度的標準液，需確認感測器溝槽完全浸泡於標準液中且溝槽中無氣泡，等待數值穩定後，輸入低點標準液的數值(本文件使用84μs/cm 校正液)，按下「Set」，EC的數值校正到該數值。

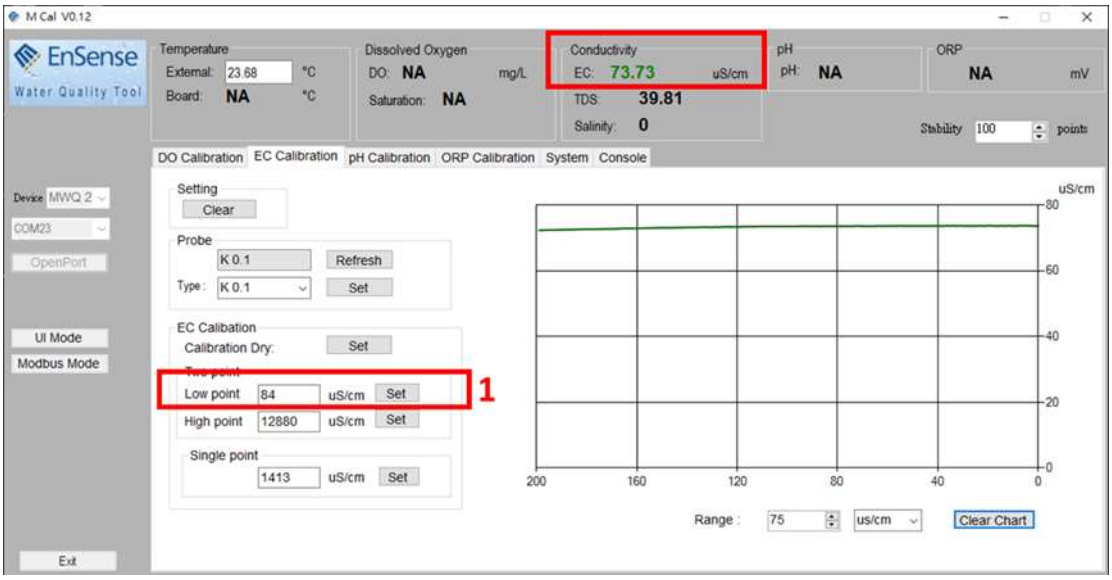


圖58、EC導電度低點校正

(3) 高點校正(如圖59)

把感測器放入高濃度的標準液，需確認感測器溝槽完全浸泡於標準液中且溝槽中無氣泡，等待數值穩定後，輸入高點標準液的數值(本文件使用12,880µs/cm 校正液)，按下「Set」，EC的數值會校正到該數值。



圖59、EC導電度高點校正

3. pH酸鹼值校正

探棒全新設定時、或是斜率完全錯誤導致數值異常須清除先前校正的值，點選「Clear Setting」按鈕清除(如圖60)。

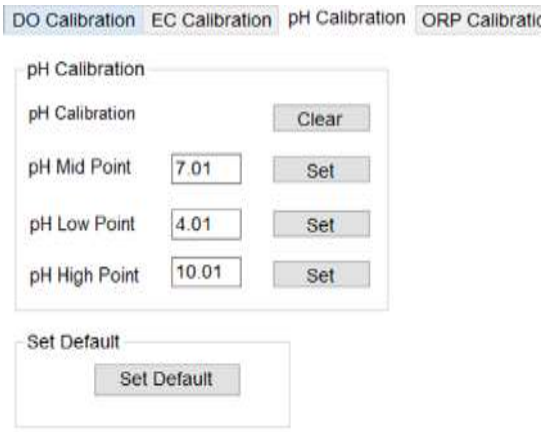


圖60、pH酸鹼值校正

pH校正分為pH7、pH4及pH10校正，以下說明其校正設定程

序：

(1) pH7校正

將感測器放入pH 7.01的標準液，需確認感測器前端完全浸泡於標準液中且感測器前端無氣泡，設定pH Mid Point Calibration的數值(依照校正液的濃度)，等待數值穩定後按下「Set」，pH的欄位會校正到7.01(如圖61)。

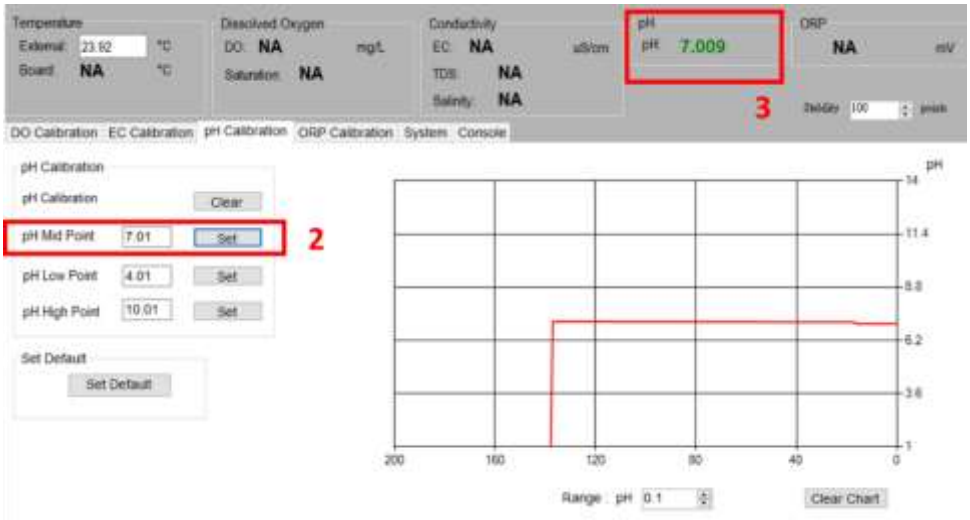


圖61、pH7酸鹼值校正

(2)pH4校正

將感測器放入pH 4.01的標準液，需確認感測器前端完全浸泡於標準液中且感測器前端無氣泡，設定pH Low Point Calibration的數值(依照校正液的濃度)，等待數值穩定後按下「Set」，pH的欄位會校正到4.01(如圖62)。



圖62、pH4酸鹼值校正

(3)pH10校正

將感測器放入pH 10.01的標準液，需確認感測器前端完全浸泡於標準液中且感測器前端無氣泡，設定pH High Point Calibration的數值(依照校正液的濃度)，等待數值穩定後按下「Set」，pH的欄位會校正到10.01(如圖63)。



圖63、pH10酸鹼值校正

5.3 固定式感測器巡檢維運

為降低感測器長期附掛於環境場域所造成的數據偏差情形，使用單位或維運廠商應建立定期維護管理機制，透長期觀察感測數據的區域特性，與現場定期維護的紀錄，建議使用單位或維運廠商至少每2至4週應針對每個感測器進行現場目視檢查，檢查重點如下：

一、定期現場維護

(一) 檢查感測器周邊環境、感測器外觀與相關組件（如固定組件、外接電源系統）。

(二) 感測器機構內進行檢查，必要時針對過濾器、進水流道、感測元件、風扇實施清理。

(三) 為保持感測環境的有效性，須檢視感測周圍是否有飄浮物（如樹葉、樹枝、塑膠袋包覆），並予以清除與清潔。

(四) 檢視感測器是否有擱淺或懸空翻覆狀態，如果感測器容易受到地勢與水文等影響導致出現不良感測狀態，在無法排除既有環境現況下，應評估進行感測器搬遷。

每次的現場目視巡查與維護清理應建立影像與文字紀錄，透過長期紀錄的累積與分析，可發展成自動化維運管理機制，在維持感測器運作品質下，可有效降低現場維運頻率。為提升感測器維運與巡檢效率，可同時進行現場目視檢查與定期巡檢比對作業。

二、定期巡檢校正

為維持感測器的數據品質，使用單位或維運廠商應建立定期巡檢計畫，有效率地管理感測器，維運單位可以依據環境水體特性，歸納出穩定環境條件感測器行為，藉此分析出行為異常感測器，解析水質的異常特徵，篩選出設備異常或感測偏離的感測器，再配合定期現場巡檢作業，釐清感測器異常原因，評估進行現場巡檢比對校正，或確認故障原因以進行維修保養及設備更新；另外，在有效的維護保養機制運作下，感測數據仍會發生偏差量，故感測器在生產出廠後即須持續進行數據校正，說明如下：

(一) 維運單位應持續觀察感測器數據，視需求以每日、每2週或每月針對感測器進行分析，篩選出疑似設備異常或感測偏離的感測器，必要時進行現場巡檢比對校正。

(二) 依據異常感測器排定巡檢路線與巡檢期程，巡檢人員依據排定巡檢路線，並進行現場交管及交通錐設置。

(三) 巡檢作業前建立巡檢品質標準表，依據各廠牌感測器偵測極限與環境背景造成之偏移訂定標準評量範圍，如不符合應進行感測器校正作業，如下範例說明：

1. 與市售手持式水質感測器進行比對，並確認是否有生物膜包覆問題，建議酸鹼值 pH±1；電導度 EC±15%(若數值 500μS/cm 以下時以±75μS/cm 計算)；溫度±1℃。

2. 與當地收訊狀況判斷，若 4G 訊號低於 -90dBm，應當心傳輸數據斷訊與資料產生缺值問題。

3. 電池電壓低於 11.8V 時，請確認外接電源狀況或準備更換設備。

4. 若發現在晴天中午時分，充電電流仍小於 1A，請確認太陽能板安裝方位、是否有遮蔽或髒污狀況。

三、現場巡檢校正相關作業程序建議

(一) 現場環境確認：進行受檢感測器外觀及機構內檢查，針對過濾器、進水流道、風扇及感測元件清理，記錄感測器周邊環境狀態，同時與布建時環境狀態比對，檢查與清理過程拍照並留下紀錄。

(二) 清潔前比對：應用稽查等級的市售手持感測器至感測水體，並與現場水質感測器數據比對，若偏移超過所訂定之標準值則進行清潔及校正。

1. 物理性清潔方式：使用壓力噴灌將設備或濾水頭表面大型髒污，如泥巴、青苔、樹葉等清晰可見之處進行清潔。

2. 化學性清潔方法：若遇到感測頭出現嚴重髒污，如厚重生物膜包覆

等物理性無法清潔的狀況時，可嘗試將 pH 浸泡在 1:50 稀釋漂白水中，浸泡 10 分鐘後使用清水洗滌；導電度感測器可浸泡在 9%鹽酸中 5 到 30 分鐘，依髒污程度調整浸泡時間，完成後使用清水做最後洗滌，以確保酸鹼清潔劑影響下一階段的校正工作。

3. 標準液校正方式：將 pH、電導度透過該廠牌建議之標準液濃度與方法進行校正工作，常用標準液濃度為 pH4、7、10，導電度為 84μS/cm、12880μS/cm 等一次性溶液。

(三) 清潔後比對：經過物理與化學清潔後之感測器需要與標準液再進行一次比對，已確保校正後之感測器為無偏移狀態。

(四) 與感測水體2次比對：將應用稽查等級的市售手持感測器至感測水體，並與現場水質感測器數據比對，如果仍無法維持上述標準，即進行感測器汰換更新作業。

(五) 感測器主體確認：設備清潔完畢後須確實巡視各接頭是否鎖緊、數據是否成功穩定上傳、電量及太陽能板是否為充電狀態、固定鋼纜是否穩固等，並記錄維運項目與時間作為後續巡檢依據。

四、感測器異常告警管理

感測器功能出現異常狀況或不合理現象時，應做出即時且適當處理，除依據設備原廠操作手冊建議外，並持續追蹤與查察，建立完整的故障排除紀錄，納入自動化異常診斷管理機制。茲說明如下：

(一) 透過感測器回傳的數據篩選出異常感測器，根據設定條件（如機板溫度、數值異常..等），篩選出疑似損壞、異常等有疑慮的感測器。例如：

1. 感測值發生缺值、定值、負值、空值。

2. 回傳損壞狀態設定對應的錯誤碼。例如機板溫度不正常、低電壓告警等。

3. 感測值超出感測元件規格書定義的運作範圍。

(二) 感測器異常狀態通報：可依據檢驗錯誤碼標示該裝置為狀態異常，透過通訊軟體（如 Line、E-mail）進行告警推播，並產生異常案件通報單，將檢驗錯誤碼感測器資訊詳細記載其中，作為管控異常事件追蹤管理的依據。

(三) 異常狀態確認：可依據檢驗錯誤碼初步判定歸屬設備異常、通訊網路異常或電力異常，並產生派修工單，將檢驗錯誤碼感測器資訊詳細記載其中，做為維修處置的參考。

(四) 維修進度管控：依據派修工單進行進度管控，透過派工時間、維修進度回報、異常原因、維修項目及修復時間等紀錄追蹤管控維修進度。

(五) 維修完成設備復歸：詳實記錄維修紀錄，包含異常發生原因、維修項目與經費、維修處置時間等，建立完整紀錄，做為自動化異常診斷系統參考。

五、感測器快速查修

依據檢驗錯誤碼與異常燈號初步判定歸屬設備異常、通訊網路異常或電力異常等疑慮狀態後，可先進行遠端重置來故障排除，如果問題無法排除，再進行現場維修處置。茲說明如下：

(一) 維運人員根據檢驗錯誤碼與燈號初步判斷損壞、異常等疑慮狀態裝置。

(二) 異常狀態裝置先進行遠端重置開機，持續觀察。若異常現象重覆出現無法排除，即進行感測器更換修復作業。

(三) 維修人員至現場維修處置：

1. 現場確認是否為通訊網路中斷或是電力中斷導致系統故障。如為電力或通訊系統供應中斷，即洽詢相關維運單位協助復歸，並納入異常事件追蹤管控。

2. 現場檢視感測器外觀與內部機構是否異常，一般為感測器被外力刻意破壞或被路燈維護單位誤剪電力配線所致居多。內部機構發生異常主要以進水口堵塞（如髒污、生物體）、蠕動管破裂以及電池組損

壞居多。

3. 經由外觀與內部機構未發現明顯異常時，先進行本地端強制重開機，觀察設備復歸狀態。若問題仍無法排除，即進行感測器更換修復作業。

4. 處置完成後，維運人員將問題原因與處置結果等資訊回報於派修工單內，完成派修工程序。

5.4 感測器報修作業

由於儀器長時間暴露在開放的環境，會有許多外在因素造成儀器感測元件的毀損或是異常，故操作人員需先熟悉設備各單元。再根據現場設備檢視及環境周遭判斷，進行回收或檢修裝備等作業。感測器報修作業，以下以本署主導開發之感測器為例，茲說明如下：

一、依據派修工單註明感測器汰換更新，對於感測點位的數據應明確註記感測器設備更換的時間。

二、呈上，布建廠商應詳細註明報修之感測器站號、送修原因、是否有短少的組件、有無 sim card、寄送時間等紀錄。設備送修地點：

235新北市中和區中正路872號12-2樓

廣域科技股份有限公司收/TEL:02-22232997

三、維修商於收件後進行設備異常問題盤點，並記錄於維修報價單予布建商確認同意。基本維修約三週內可完成，視毀損狀況調整維修時間。

(一) 盤點損壞元件。

(二) 免費更換保固範圍內料件。

(三) 進行維修報價。

(四) 使用者回簽維修報價單後開始維修。

四、設備送回使用者

使用者提撥維修費用給設備商後將設備寄回。

五、感測器使用後保存方式

(一) 去除感測器的生物膜、清洗感測器(含護欄、各感測器、防水盒)。

(二) pH 感測器泡入 KCl 溶液保存。

(三) 將感測器充飽電待下次使用。

六、注意事項

由於儀器長時間暴露在開放的環境，或漂浮在水體上，容易遭受外在因素的破壞或是遺失，以下說明幾種情況下，水質監測設備應注意事項。

(一) 颱風或大雨特報

因儀器漂浮在水面上，因此當水量暴漲時容易因水流強勁或是暴漲挾帶的廢棄物將設備支撐的鋼纜扯斷，造成移動式設備遺失，因此建議於中央氣象局預報提出大雨特報或是颱風警報時，應評估當地降雨情況，可提前於預報前2日，針對流量較大之河川、區域排水等水體，先行將設備進行回收，避免機器遺失及損壞。

(二) 人為破壞

因儀器暴露在開放環境，難免無意或有不肖人士蓄意將儀器進行破壞，當遇到此情況建議向當地派出所進行報案，將報案紀錄留存保障權益。而本團隊執行過程中，曾遭某水質測站太陽能板疑似遭遇人為破壞的事件，相關現場狀況及報案紀錄如圖64至圖64圖66所示。

(三) 灌溉渠道布建

因灌溉渠道放水作業為配合不同地區水田或稻作灌溉進行，於2期農作部分，通常於每年度2~6月及7~11月進行栽種，故於12月~1月及6~7月間，若該區域渠道無其他水源流入，此時渠道經常為無水狀態，於布建時須考量水體水量變化，以免導致無法布建；另若布建於小排此種斷面較小水流量通過渠道，現有設備可能由於設備體積阻擋渠道水流通過，導致農民將設備取出，使感測器數據異常，此一現象亦須於布建執行注意。



圖64、人為破壞現場狀況(1)



圖65、人為破壞現場狀況(2)



彰化縣警察局溪湖分局埔東派出所受理各類案件紀錄表

案類	□刑事 □急難救助・調解判斷 □交通 ☑其他:太陽能報竊案	案發時間	110 年 07 月 08 日 14 時 30 分
發生地	☑本轄:彰化縣埔鹽鄉南港村(海港路永大路下游) □他轄:		
報案人	報案方式:☑親自 □通報 □電話 □其他 姓名: 電話:0 性別:☑男 □女 關係:☑本人 □親友 □檢舉人 □其他 住址:桃園市中壢區龍東路29巷114弄39號	報案內容	報案人於上記時地發現設於海港路永大路的太陽能報竊遭外力破壞等致損壞,當事人證明再申請新的太陽能板並至所報案。 報案人:
		報案時間	110 年 07 月 08 日 15 時 20 分
警力派遣	派遣地區人員:警員 前往處理。	通報他轄傳送本轄案件時間	年 月 日 時 分
處理情形	依規定辦理,並存查。		
回報結果摘要	結報。		
備註	一、「警力派遣」欄填內,應載派遣作為(含派遣時間及單位)。 二、「處理情形」欄填內,請加註處理人員職別及姓名。 三、如有開具報案三聯單者,應於「回報結果摘要」欄填內,填註報案三聯單號碼。 四、受理案件,如有急迫性者,應依非本轄案件,亦應先予急處置,再移轄處理。		

受理人:警員 批示:

圖66、報案紀錄留存範例

5.5 自主查核流程

環保署（或環保局）為查核感測器的維運品質，可透過自主查核流程進行感測器抽樣查核，或攜帶參考儀器（或參考感測器）進行區域感測器比對。建議每季或每月應定期實施自主查核流程，查核數量應具備抽樣的代表性，兩種型式之水質感測器相關作業程序說明如下：

一、固定式感測器：建議每季檢測比對，並與同時段發布至水科技物聯網平台上之感測數據，進行溫度、酸鹼度與導電度之比對查核共3次，化學需氧量與銅離子之比對查核至少2次，且感測數據之資料品質滿意度，應以下述公式計算並超過85 %(小數點以下無條件進位)。

$$\text{資料品質滿意度 (\%)} = \frac{\text{符合資料品質目標之總 項次數}}{\text{比對查核總項次數}} \times 100\%$$

其中，各感測項目之資料品質目標，建議符合以下條件：

(一) 溫度差值在±1°C 以內。

(二) 酸鹼度差值在±1以內。

(三) 導電度相對差值在±15%以內(若數值500μs/cm 以下時以±75μs/cm 計算)。

(四) 化學需氧量相對差值在±30%以內。

(五) 銅濃度相對差值在±50%以內。

二、移動式感測器：建議每月檢測比對，並與同時段發布至水科技物聯網平台上之感測數據，進行溫度、酸鹼度與電導度連續比對2次，溶氧連續比對3次確保維持一定數據品質，抽驗臺數至少為總數量之20%，各感測項目之資料品質目標，應符合以下條件：

(一) 清潔前，先以標準液量測比對感測器數值並記錄下來。

(二) 清潔儀器外殼及感測頭，記錄感測器髒污情形。

(三) 清潔後，再一次與標準液量測比對感測器數值並記錄下來。

(四) 酸鹼值：pH 4～pH 10 ± pH 0.5，其餘範圍 pH ± 1。

(五) 導電度：<500μS/cm ± 75μS/cm，其餘範圍±15%。

(六) 溫度：±1℃。

(七) 溶氧：±1mg/L。

第六章 資料數據中心與應用分析平台

為有效發揮水質感測物聯網的運作效能，針對感測器的出廠性能品管作業、布建作業、運轉中管理作業、布建後查核作業訂定管控與查核要求，確保感測器提供符合數據品質且具代表性的感測數據，再藉由資料數據中心的收集、清理與分析，管控各個感測器的運作狀態進行設備異常告警、數據管理、數據倉儲，提供管理者即時掌握感測數據收容狀況。收集的感測數據，則透過應用分析平臺呈現在地圖上的感測分布、時序污染趨勢及水質異常告警，同時提供數據分析工具，解析關切區域的污染熱區、污染時間週期及可疑列管工廠等。

6.1 環境感測數據資料中心

環境感測資料數據中心平臺（簡稱IoT平臺）收集固定式、移動式及手持式感測器。其中以本署主導開發規格而言，固定式水質感測器以酸鹼值(pH)、電導度、溫度、銅離子、化學需氧量(COD)感測為主，數據上傳頻率為20分鐘一筆；移動式水質感測器以酸鹼值(pH)、電導度、溫度、溶氧(DO)感測為主，數據上傳頻率為1-5分鐘一筆；手持式水質感測器以酸鹼值(pH)、電導度、溫度感測為主，可隨測隨傳。

IoT 平臺提供感測專案、設備及數據管理，以列表式管理介面（如圖67）提供管理者針對個別感測器及專案感測器提供運作現況分析，可即時查知感測數據的完整率、即時測值、時序資料及歷史資料下載（如圖68），使用者可另行透過API介接IoT平臺數據，另行依需求建置應用分析平臺。



圖67、感測資料數據中心平臺專案管理列表

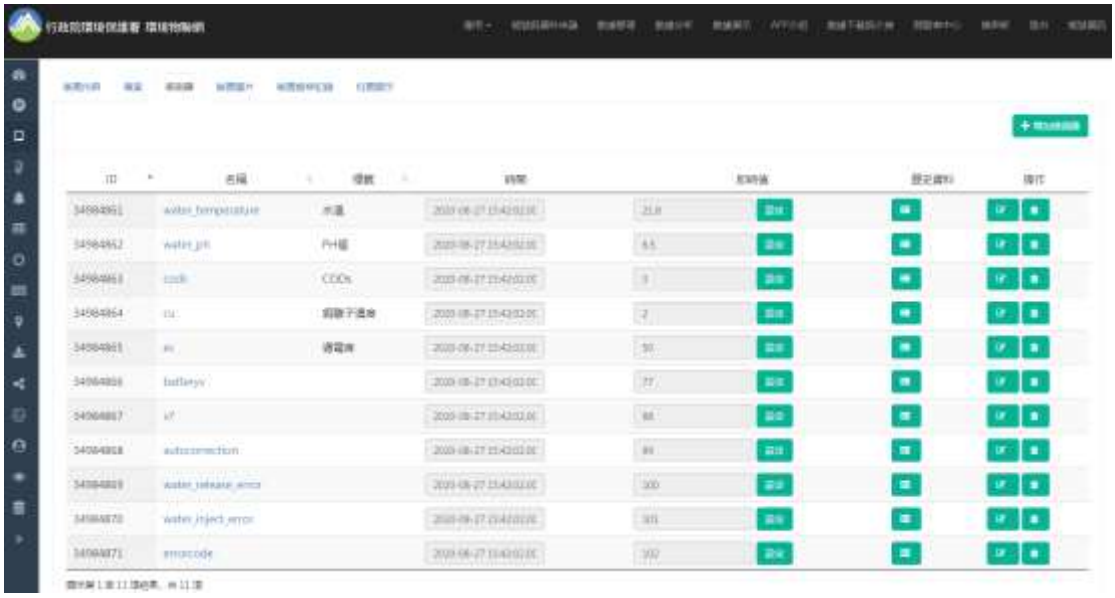


圖68、感測資料數據中心平臺即時數據查詢列表

6.2　水科技物聯網應用平臺

6.2.1 數據呈現介面

水科技物聯網應用平臺（簡稱 WIoT 平臺）基於感測應用分析及水質關聯跨域數據整合展示需求，並以提高輔助環保稽查的功能，透過視覺化、時

間空間圖像化以篩選可用於污染查處業務資料，並結合外部單位可加值運用資料及水質資料加以整合分析，提供水質變化趨勢正確判讀，輔以後端告警及統計資訊，協助業務需求掌握污染趨勢，追溯污染熱點，提供建議稽查執法時段，使用介面詳如圖69。其中，本平臺依固定式、移動式及手持式感測器，設計客製化分析及告警模式，系統主要提供中央與地方政府使用，協助污染源追蹤查處，同時輔助內部決策分析應用，強化環境治理與智慧稽查能力。



圖69、水科技物聯網應用平臺呈現介面

6.2.2 水質數據異常判定技術

WIoT 平臺介接 IoT 平臺的酸鹼值(pH)、電導度、溫度、銅離子、化學需氧量(COD)等水質數據，依不同類型感測器數據收集頻率介於1-20分鐘，為有效自動化區分設備及水質異常及告警，WIoT 平臺建立「水質數據異常判定技術」，其以統計製程控制 (Statistical Process Control, SPC)概念為基礎，依據不同區域及不同時間數據，滾動式更新統計母體，並結合設備使用經驗，以訂定告警法則，解析時空異常熱區，達到自動化告警功能。後端即可透過即時的訊息(Email、Line)通報及電子郵件(Email)報表，讓稽查人員從過去被動式參與、單方面的接受報告結果，到現在能主動出擊，更有效率地查處污染。「水質數據異常判定技術」及告警統計通知說明如下：

一、設備異常判定：依據感測元件特性設定，包括持續無變化點位（例如：單1感測器數值1小時內無變化）、不合理之極限值（單1感測器數值長時間為0或位於偵測極限）。

二、水質異常判定：依據場域特性及母體統計分布設定，包括離群值條件（例如：單1感測器數值連續3點超出80或低於20分位數）、法規限值條件（例如：酸鹼值超過9或低於6）。

三、異常事件自動告警：透過前述異常判定機制，以排程方式自動檢視資料庫數據，並事先排除前端已被感測器供應商標註為無效分析資料（校正、維運或設備狀態異常），依需求提供日報、4小時報及即時通知告警通知統計，自動產生污染潛勢熱區並提供環保局參考。

四、水質足跡重現地圖：主要將水質污染出現的時空特徵，以地理資訊視覺化方式紀錄呈現並可重複撥放，提供地方環保局參考污染足跡出現的時段及位置，結合該區域廠商申報或排放資料特性，可決定是否啟動稽查作業。

6.2.3 輔助智慧稽查功能

一、高污染潛勢測站篩選：WIoT 平臺提供快速篩選高污染潛勢測站功能，可依據地區別、時間區間自動分析高頻率告警測站，及被告警的管制條件（如圖70）。操作者可鎖定篩選清單，進一步依據原始數據時序圖，判斷自動告警所列測站是否確實為水質異常，以利滾動式修正告警條件（如圖71），而經確認過過的高頻率告警測站，即為後續應重點觀察及分析對象。



圖70、高污染潛勢測站篩選



圖71、高污染潛勢測站趨勢圖確認

二、回溯污染熱區：WIoT 平臺提供即時感測數據回放功能，鎖定關注潛勢污染地區後，藉由 GIS 時序圖觀察區域範圍內水質感測器間告警變化，以時間軸方式瞭解短時間內水質變化趨勢及污染流向，可有效鑑定污染熱區（如圖72）。



圖72、WIoT 回溯污染熱區功能

三、污染源頭追溯：WIoT 平臺介接跨域場廠資訊，可於鎖定感測器及熱區後，進一步應用污染源頭追溯功能，透過 GIS 圖層套疊篩選特定範圍內工廠，依據感測測項異常情形，挑選可能污染產業別工廠（圖73）。平臺將進一步勾勒出各列管源空污、水污及廢棄物列管申報資料，相關資訊經整合後皆有助於計畫性稽查交叉比對，實現初步篩選污染源目的。



圖73、WIoT 污染源頭追溯分析

四、污染專案追蹤：利用 WIoT 平臺初步完成感測器、範圍及污染源限縮後，可利用污染專案追蹤功能，執行特定感測器的事件 Line 告警訂閱及週期統計（如圖74及圖75）。使用者設定好告警條件並啟動訂閱功能後，即可於水質超標時，定期收到 Line 告警，並統整關注測站近期超標時序分布及週期特性統計，以利連結後端稽查執法，鎖定特定時間主動出擊。



圖74、污染專案訂閱追蹤



圖75、污染專案數據告警週期特性統計

五、輔助環保稽查：藉由水質感測物聯網感測數據分析提供污染物類型、污染熱區及時段等資料，針對可疑對象進行資料收集及比對，例如：許可證狀態與許可內容確認、申報資料比對、稽查及告發紀錄等，篩選出可疑產業及業者，再輔以現場稽查式手持式感測設備檢測、採樣檢測或樹脂包等，進行科學採證後，將上述分析結果擬定督察稽查專案執行環境執法。

第七章 感測數據分析應用

感測器若要發揮良好應用效益，需於選址規劃時即掌握良好布建目的，而平台端的數據，透過在時間與空間維度上的數據變異特性，分析上下游感測器同測項連動關係、同一時間上不同測項的相關性，可有效解析污染發生的時空熱區。布建時應掌握水質背景基線，當各感測器有誤差時，方能以趨勢判別正確與否，實務上，應用單位需定期透過平臺分析功能檢視數據，歸納有明顯源頭排放污染行為特性，並加入水質告警群組，可有效掌握關注區域即時狀況。當告警事件發生時，告警群組將即時推播訊息，相關人員獲知訊息後，可至現場視情形進行採樣比對分析、水色溯源追蹤或進廠稽查。以下簡要說明分析應排除數據、各產業別感測數據特性及從點源、線源至網狀感測，各情境建議應用分析的方法。

7.1 應排除之無效感測數據

儀器之感測元件本身也會有使用壽命，當發生儀器異常情況，維護人員即可啟動相關之維護及更換作業。為確保分析結果皆基於良好數據品質，建議需將下列數據註記，視為無效數據，不列入分析資料群。

一、設備實施維修、保養、校正及巡檢等，實測值非為感測目標水體數據。

二、設備狀態異常造成無效數據，如抽不到水、電壓干擾、電路板當機及感測元件老化等。另外儀器異常又可分為元件損壞或感測器電極異常兩情況，以下針對各種發生情形進行說明。

(一) 儀器感測元件損壞

當儀器感測元件損壞時，通常將無感測值回傳，各項元件損壞之數值異常判斷依據如表17所示，異常案例如圖76與圖77所示。

表17、感測元件損壞之異常數值判斷規則

測項	異常值	處理方式
pH	無感測值回傳	到現場維護及更換設備

EC	無感測值回傳	到現場維護及更換設備
DO	無感測值回傳	到現場維護及更換設備
溫度	無感測值回傳	到現場維護及更換設備
4G訊號	RSSI小於-90dBm	確認當地訊號強度，避免斷訊短缺資料
電池電壓	低於 7.3V	確認外接電源狀況或準備更換感測器
感測器濕度	高於 80% RH	檢查防水盒內是否有進水或結露情形
太陽能	大晴天、中午時分，充電電流小於 1A	確認太陽能板是否朝南方安裝、是否有遮蔽或表面髒污狀況

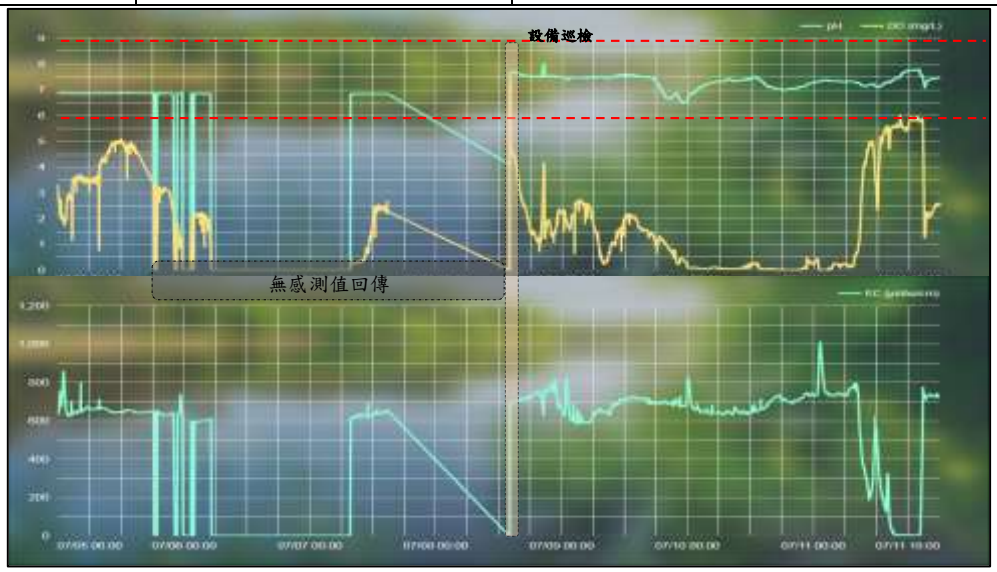


圖76、無感測值回傳案例



圖77、電池電壓與盒內濕度異常案例

(二) 感測器電極異常

當水質感測器之電極老化或出現異常時，雖該測項測值有持續回傳數值，但會出現持續無變化或不正常跳動的現象，感測器電極異常之判斷依據如表18所示，pH與EC電極異常如圖83與圖84所示。

表18、感測器電極異常之異常數值判斷規則

測項	異常值	處理方式
pH	• 連續三個小時測值無變化 • 持續大於 14 或趨近於 0 • 單一筆數值有顯著落差	到現場維護校正或更換設備
EC	• 連續三個小時測值無變化 • 持續大於儀器偵測極限（50,000μs/cm）或維持 0 • 單一筆數值有顯著落差	到現場維護校正或更換設備
DO	• 連續三個小時測值無變化	到現場維護校正或更換設備
溫度	• 連續六個小時測值無變化	到現場維護校正或更換設備

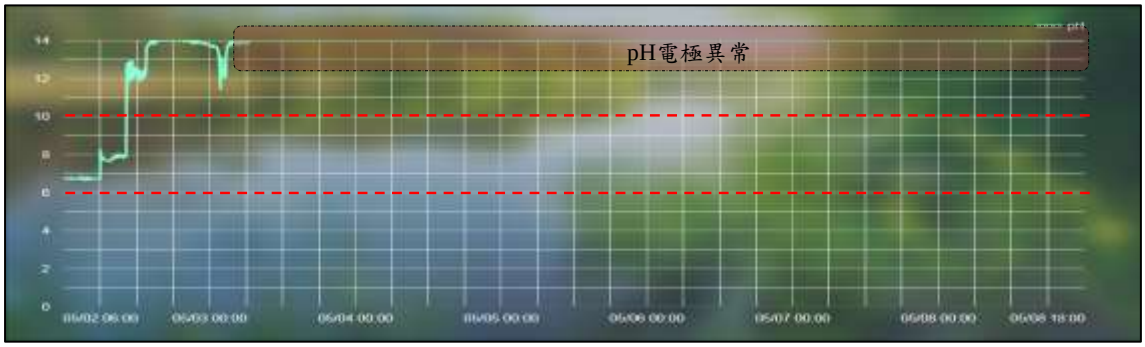


圖78、pH電極異常案例

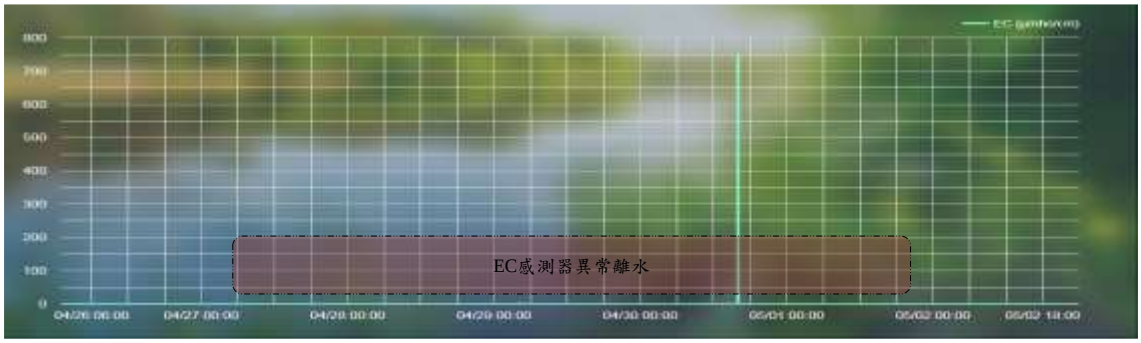


圖79、EC電極異常案例

(三) 設備離水

當儀器電極未接觸河水時該項值雖會持續回傳，但其EC數值會趨近於0且持續無變化，而pH與DO數值則多呈現不規則跳動（DO數值多大於水中平均值，多大於7.0mg/L以上），感測器設備離水之異常數值判斷依據如表19，離水案例之數值趨勢如圖80所示。

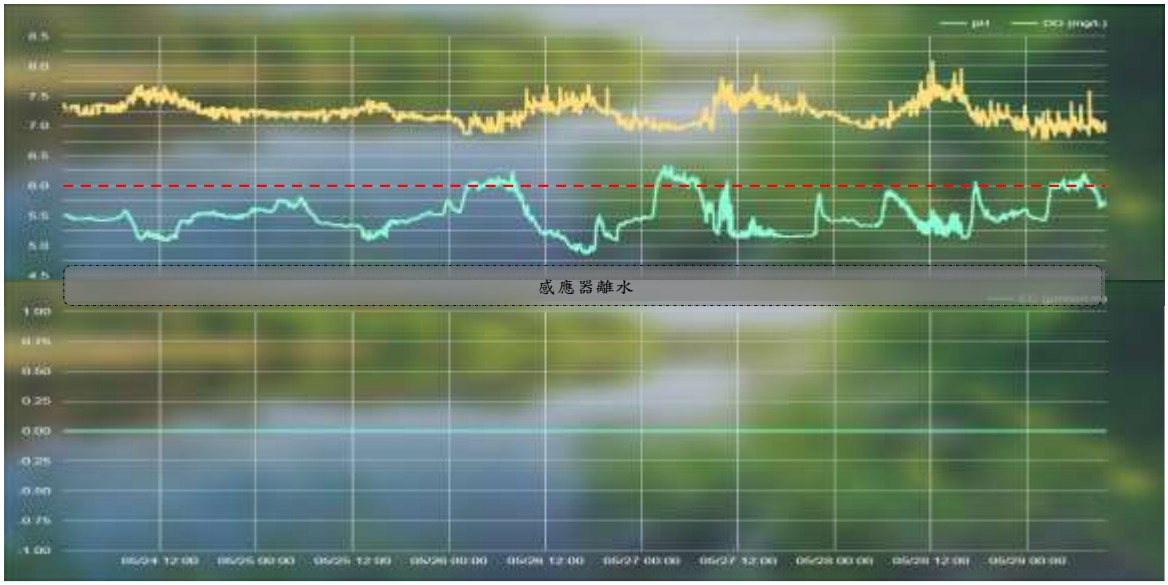


圖80、設備離水異常案例(上圖DO測項、下圖EC測項)

表19、設備離水之異常數值判斷規則

測項	異常值	處理方式
pH	呈現不規則跳動	到現場確認感測器狀態並放回水中
EC	趨近於 0 且持續無變化	到現場確認感測器狀態並放回水中
DO	＞6 mg/且不規則跳動	到現場確認感測器狀態並放回水中

7.2 各感測項目分析應用方式

因應不同感測目的，應選擇合適之感測元件，確保數據分析結果可回饋於需解決之環境問題。移動式感測器由於體積小，布建容易且快速，當用於稽查或水質背景調查時，可以移動式感測器之 pH、導電度與溫度作為初篩，快速找出污染來源，亦可同時持續搭配其他移動式感測器向上游布建，逐步限縮污染範圍，當鎖定可疑污染廠家後可搭配有 COD 與銅離子等

其他感測項目之固定式感測器進行其他水質項目之超標確認。下列彙整目前常應用於水質感測項目分析應用方式，建議於應用時可多測項同步確認。法規限值以最常感測之金屬基本工業、金屬表面處理業、電鍍業和印刷電路板製造業為基準（民國108年4月29日版），實務上應依感測目的調整。

一、酸鹼值：放流水標準限值為 pH6 - pH9，通常以此限值判斷源頭有無超標廢水排入水體。

二、電導度：製程產生之廢水一般具高電導度特性，可用以掌握源頭排放廢水時間；另空氣中電導度為0μS/cm，可判斷感測頭是否有效接觸水體。

三、溫度：放流水標準限值為攝氏38度（5-9月）、攝氏35度（10月-翌年4月），視製程特性，通常生成高溫廢水，可用以掌握源頭排放廢水時間。

四、溶氧：視製程特性，可能產生高溶氧或低溶氧變化，可用以掌握源頭排放廢水時間；另空氣中溶氧約 8 ppm，可判斷感測頭是否有效接觸水體；而若感測頭遭生物膜包覆，溶氧測值將顯著下降。

五、化學需氧量：放流水標準限值為100mg/L、120mg/L 為印刷電路板限值、160mg/L為染整業限值，通常以此限值判斷源頭有無超標廢水排入水體。

六、銅離子：放流水標準限值為1.5mg/L、3mg/L 為印刷電路板，通常以此限值判斷源頭有無超標廢水排入水體。

7.2.1 水質異常圖表判讀

水質感測器布設在環境中，若回傳之數值為異常時，排除儀器異常之問題外，極有可能是現場水質受到污染或是環境有急劇變化所造成之水質異常。發生此情況時，管理者應判斷是否需立即到現場查看狀況，或是要持續收集數據觀察異常狀況是否有特定模式發生，以下說明環境異常時之數值判斷依據。

一、pH 異常數值判斷規則

監測項目pH值之異常資料檢核規則可比照放流水水質標準及灌溉用水水質標準限值。圖81與圖82為 pH 值發生異常時之趨勢案例，由圖可見，異常趨勢多以突升（大於9）、突降（小於6）形式呈現，pH 異常數值判斷規則如表20所示。

表20、pH異常數值判斷規則

測項	異常值	處理方式
pH	0 < pH < 6	現場查看狀況或持續收集數據觀察
	9 < pH < 14	現場查看狀況或持續收集數據觀察

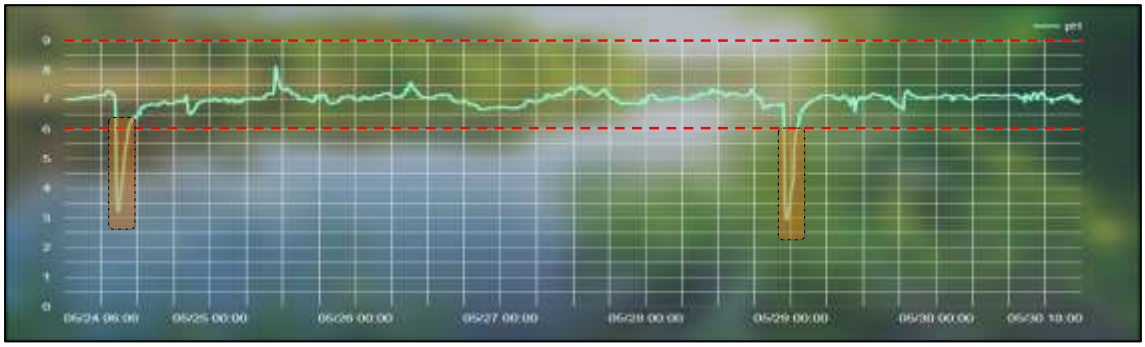


圖81、pH值異常趨勢案例（小於6）

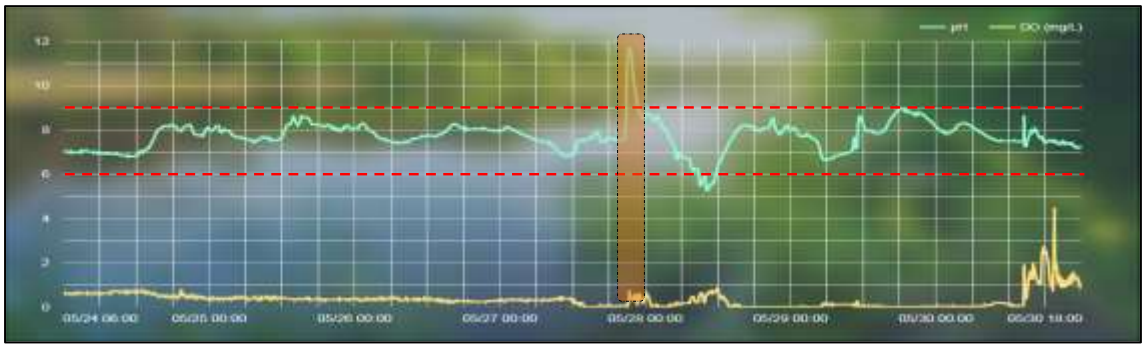


圖82、pH值異常趨勢案例（大於9）

二、EC 異常數值判斷規則

由於各地區EC背景值不盡相同，且會受到渠道類型、距離污染源遠近等因素影響，因此 EC 異常數值判斷規則需因地制宜，故參考灌溉用水水質標準，EC 異常數值之判斷依據區分為以下兩類：

(一)第一類（小於750μS/cm）

背景平均值小於灌溉用水水質標準750μS/cm，此類型 EC 異常檢核規則為比照灌溉用水水質標準，若 EC 大於750μS/cm，則顯示水質發生異常。圖83為EC異常趨勢案例，由圖可見，該測站平均EC皆低於灌溉用水水質標準750μS/cm，當圖譜以短時間突升之形式呈現，則可認定為異常。

表21、EC第一類異常數值判斷規則

測項	異常值	處理方式
EC	＞750μS/cm	現場查看狀況或持續收集數據觀察

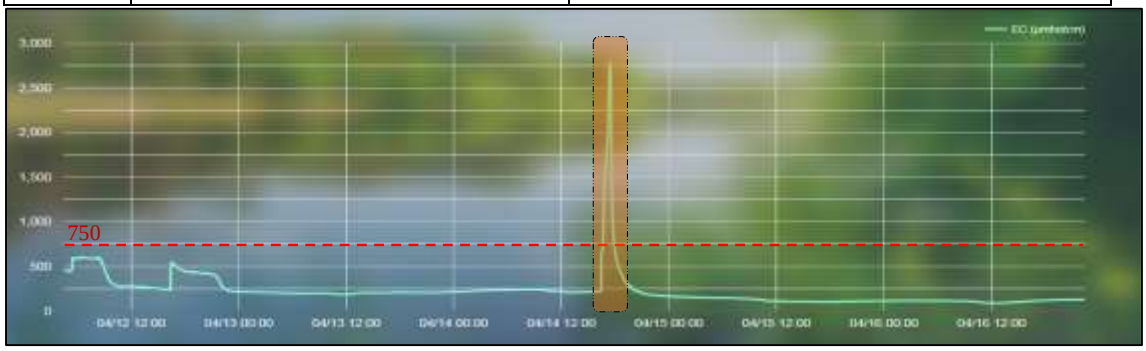


圖83、EC異常趨勢案例（大於750μS/cm）

(二)第二類（大於750μS/cm）

背景平均值高於灌溉水標準750μS/cm，此類型 EC 值具較高變動特性，主要多為上游有事業群聚或位於區域排水等，EC 異常數據判斷規則應基於自動監測值變化特性進行訂定，係以趨勢圖觀察法或統計量化分析來評定 EC 異常管理值，建議 EC 於短時間（約1~2小時）內高於前七日平均值之50%以上，即可認定為異常數值。圖84為 EC 異常趨勢案例，由圖可見，該測站七日 EC 平均值約為2,750~3,000μS/cm，故超出此數值且呈現顯著突升形式則可認定為異常。

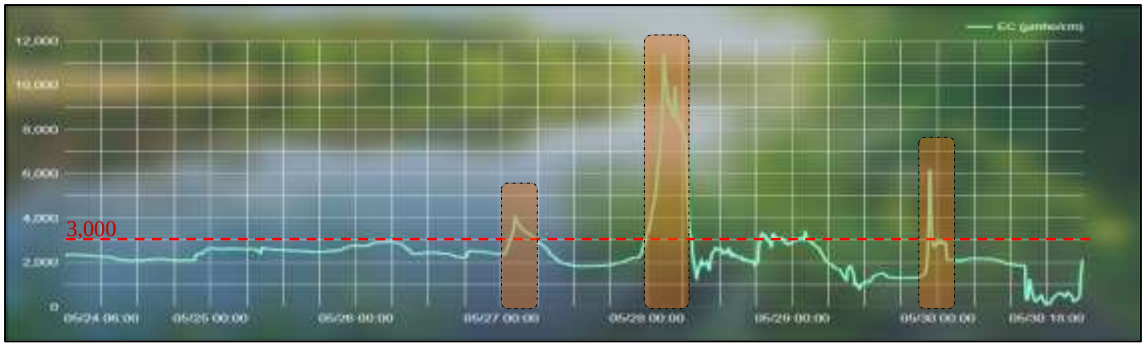


圖84、EC異常趨勢案例（背景平均值高於灌溉水標準）

表22、EC第二類異常數值判斷規則

測項	異常值	處理方式
EC	於短時間內(約 1~2 小時)高於前七日平均值之 50%以上	現場查看狀況或持續收集數據觀察

三、DO 異常數值判斷規則

水中氧氣量是評估水體品質重要指標之一，水質越純淨、溶氧愈達飽和，愈適合多種魚類生存，魚類適合存活之溶氧需求為3mg/L或4mg/L以上，當水中溶氧低於2mg/L時，則可能會造成魚類缺氧死亡，因此DO之異常數值判斷建議訂為低於2mg/L以下，DO異常趨勢案例如圖85所示。

表23、DO異常數值判斷規則

測項	異常值	處理方式
DO	＜2 mg/L	現場查看狀況或持續收集數據觀察

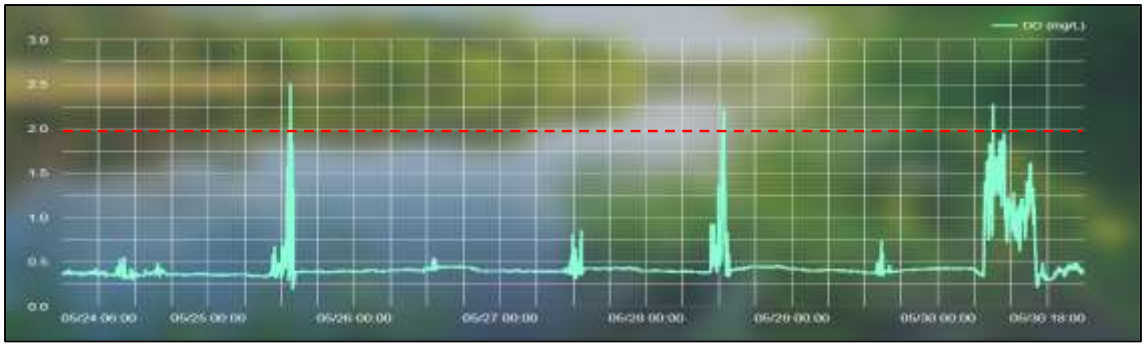


圖85、DO異常趨勢案例（長時間低於2 mg/L）

7.2.2 水質資料完整率分析

前述不可歸責於執行單位造成資料無法蒐集的不可抗力無效筆數，將依照實際狀況蒐集相關事證後，加以扣除應蒐集筆數。為能完整而有效分析回傳資料，進行上述有關完整率之計算，可藉由多放點位的方式，以及配合系統平台資料異常自動通報的方式，如電子郵件或社群通訊軟體，將資料的異常狀態亦一併回傳，以便於除了以有效資料進行分析外，也能由異常通報記錄協助釐清資料異常事件之成因，可作為資料完整率計算、現地感測器運作狀態掌控與後續異常事件分析之依據。水質感測器之有效監測數值比率之計算公式如下所示：

$$\frac{\text{實際蒐整1分鐘內即時展示之感測有效值總筆數}}{\text{有效應蒐集總筆數（設備套日}\times 24\text{小時/日}\times 60\text{筆/小時）}-\text{不可抗力之無效或無數值筆數}}\times 100\%$$

7.3 各類型場域感測數據特性

若要應用感測器改善環境，需先掌握各場域水質背景基線，以此基線設定告警條件會使推播通知更有效及精確。依據目前本署推動水聯網執行經驗及參考文獻彙整，各場域及產業別排出廢水特性如下表24。由於實際應用上，感測位置及源頭工廠製程皆有不同，仍須因應現場水質特性調整告警條件；且需注意感測位置通常為處裡後廢水及自然水體匯流後水樣，於數據判讀時亦應予以調整。

表24、各類型場域感測數據特性

應用場域	產業別	酸鹼值	電導度 (μS/cm)	溶氧 (mg/L)	化學需氧量 (mg/L)	應用建議
農田渠道	—	6.5 – 8.5	500 - 1,000	2 – 4	—	以 pH 判斷超標廢水、EC 及 DO 判斷排水時間
河川水體	—	6.5 - 8.5	300 - 2,000	4 - 9	20 - 100	以 pH 判斷超標廢水、EC 及 DO 判斷排水時間
稽查執法應用	畜牧業	6.5 - 8.5	1,500 - 5,000	< 2	100 - 600	以 COD 判斷超標廢水、EC 判斷排水時間
	印刷電路板製造業/金屬表面處裡業/電鍍業	6.5 - 9	500 - 5,000	—	20 - 80	以 pH 及 COD 判斷超標廢水、EC 判斷排水時間

應用場域	產業別	酸鹼值	電導度 (μS/cm)	溶氧 (mg/L)	化學需氧量 (mg/L)	應用建議
	印染整理業	6.5 - 8.5	300 - 1,000	—	50 - 150	以 COD 判斷超標廢水、EC 判斷排水時間
	食品製造業	6.5 - 8.5	1,000 - 10,000	—	20 - 80	以 pH 及 COD 判斷超標廢水、EC 判斷排水時間
	工業區大排	6.5 - 8.5	300 - 5,000	1.5 - 4	20 - 80	以 pH 及 COD 判斷超標廢水、EC、DO 判斷排水時間

7.4 應用感測器輔助環境治理

水質感測器由於感測原理及數據特性與稽查執法標準仍有不同，在應用於環境治理時需留意數據判讀方式，應注重於高低趨勢變化，找出污染熱區特徵，絕對測值僅作為是否可能有超標排放行為參考用途。善用高解析度大數據優勢，以輔助角度切入環境治理輔助。一般建議從感測器安裝後，需1週時間確認目標水體背景基線，以此基線設定超標告警條件。應用單位需定期分析數據，約2週時間確認布建位置是否為污染熱區，以判斷需進一步進入環境採樣比對及環境執法階段，或滾動式調整布建位置，以發揮水聯網感測器高機動特性（如圖86）。

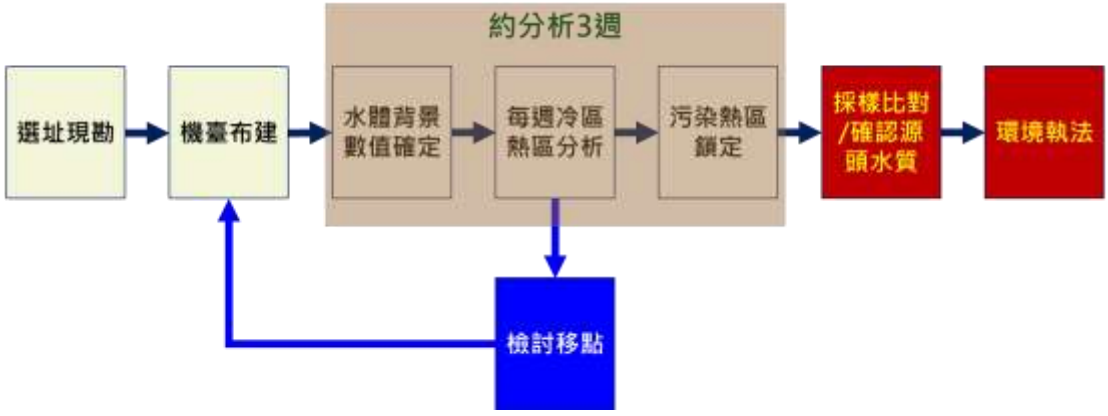


圖86、水質感測器布建、分析及執法流程建議

因應各種需解決的環境問題，有不同的應用策略，例如工廠偷排事件應盡量布建於放流口下游、低溶氧死魚事件應於各重要截點布建確認。概括而言，應用情境可歸納點源、線源及面源監測，說明如下。

7.4.1 污染源單點監測

布建目的最明確方式即為污染源單點監測，使用時機在於透過長期分析、採樣、列管資料及陳情資料綜合比對，確認有明確污染對象，可直接將感測器安裝於其放流口下游處，掌握污染發生的週期及時間特徵。依據團隊過去執行經驗建議：(1) 採用感測器需能對應污染業別排水項目；(2) 需注意隱蔽性，建議放置於污染源下游匯入點前；(3) 透過時間趨勢圖，統計水質異常時間，掌握排水特性。

一、污染源單點數據分析：感測器在設定告警值後，即可依據數據變動趨勢高峰值告警及標註（如圖87），應關注於掌握污染發生的週期及時間，據此判定計畫性稽查應鎖定的時間。另可由感測項彼此的連動關係及感測值初步判斷排水特性，例如酸鹼值下降時常伴隨電導度上升，其可能是來自源頭酸洗過程未妥善處裡廢水流出導致。

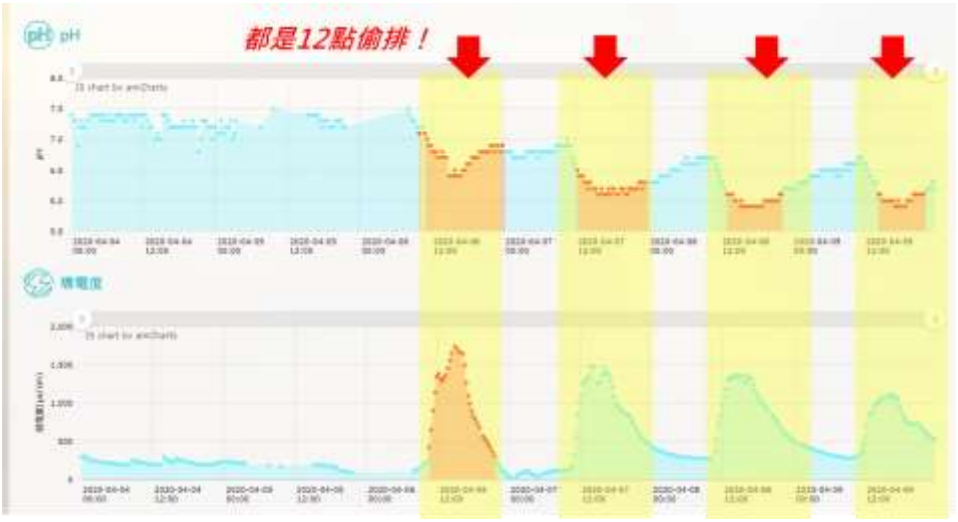


圖87、污染源單點數據時間分析

二、污染特徵歸納：依據數週的異常事件觀察，可歸納出污染排放特徵，包括時間週期（例如平日/假日、每2週1次、週幾、時間點等）、污染延時（用以判斷稽查方式）、影響感測項目（例如極鹼、極酸、化學需氧量超標等）。為確保稽查行動準確且有效，可於告警推播時，同步至現場採樣比對，確認感測數值準確度。透過上述數據的檢核，當發現異常規律後，將會更進一步檢視當地環境變因，並檢討其空間關聯性。相關作業包括：

(一)配合設置布建區域，於布設階段便持續蒐集環境背景資訊，包括環境背景描述性紀錄、水體流向路徑的空間圖資與對位關係、集水區相關過去環境水質監測記錄等。

(二)透過一段時間的數據比對，找出數據異常規律性。如圖88所示，於監測期間，每日20:00~21:00與23:00~24:00兩時段皆有異常情況發生。

(三)比對潮汐、雨量等水文特性，避免因感潮河段，引起 EC 之誤判。如圖

89所示，由於該站佈點於潮差較大河段，故於退潮時易造成無法偵測狀況。

(四)進一步檢視區域範圍內及周邊工廠、工業區等排放源的區位與行業特性，從行業製程，檢視可能影響水質感測變化之標的。

對應上述基本紀錄後（依據不同區域與環境特性將有所調整），蒐集相關資訊予以佐證資訊來源，加以掌握可能的污染排放規律，作為後續查找污染來源之參考依據。

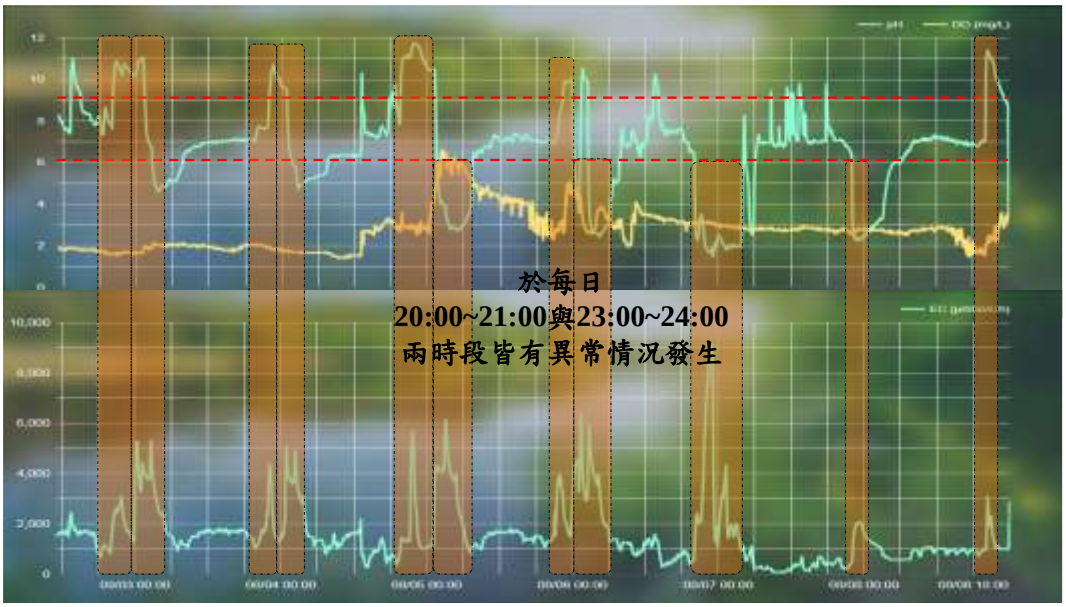


圖88、數據異常規律性案例

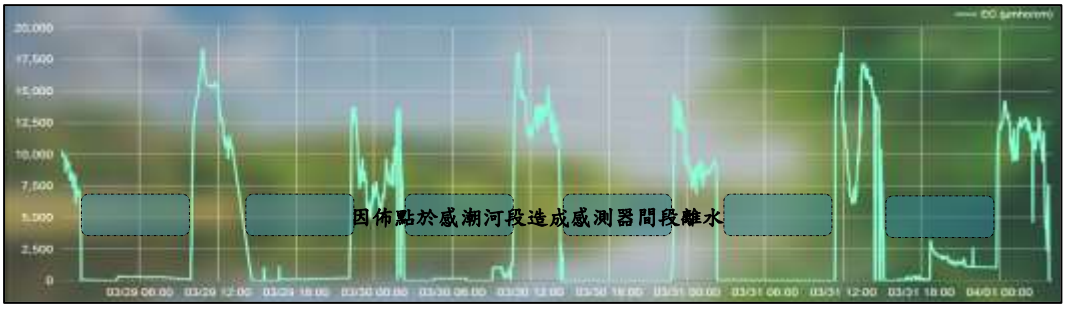


圖89、佈點於感潮河段案例

三、輔助環境執法：透過感測數據異常時間點可鎖定應稽查時間，而污染延時若在2小時內，建議應採取計畫性稽查，先篩選出最可能出現污染時間點，預先部署人力執行環境執法；若大於2小時，可考慮透過密集監測，在告警通知確認污染行為發生時再赴現場執法確認。

7.4.2 單一流線監測

若僅掌握污染承受區域，但不確定污染源或有多個污染源頭可能，建議採取單一流系監測方式，沿流系上中下游布建，鑑定污染排放熱區。依據團隊過去執行經驗建議：(1) 鎖定場域應挑選工業區大排、沿途多零星工廠排水道、污染河川、農田給水；(2) 分區段布建，盡量挑選重要排放匯入點，且各點位若有水質異常情形皆有助於限縮污染源範圍；(3) 透過空間水質差異，鑑定污染排放介入點。

數據分析重點為需將空間上相關之感測數據一同分析，觀察同一流線之水質異常趨勢，例如同一感測項從上游至下游間變動情形，判斷異常測站及無異常測站，污染源可能即從兩類測站中介入。如圖90所示，可看出酸鹼值測項從1號測站流至2號測站時，有異常變化情形（如紅色框線處），即有可能污染源是從這之間介入，應盡可能再從此匯流截點安裝感測器，確認實際污染源頭位置。



圖90、單一流系數據分析方式

7.4.3 面狀網格監測

若想解決大範圍區域水質問題，如工業區、污染潛勢農地，其可能包含多個污染源共同污染，建議可採取面狀網格監測方式，於重要截點布建以釐清污染熱區分布情形。移動式感測器由於體積小，布建容易且快速，當用於稽查或水質背景調查時，可以移動式感測器之 pH、導電度與溫度作為初篩，快速找出污染來源，亦可同時持續搭配其他移動式感測器向上游布建，逐步限縮污染範圍，當鎖定可疑污染廠家後可搭配有 COD 與銅離子等其他感測項目之固定式感測器進行其他水質項目之超標確認。依據團隊過去執行經驗建議：(1) 同一區域需有足夠數量感測器，且需掌握各流系關係，才能發揮水聯網感測效益，例如固定式+移動式感測器或移動式+移動式感測器；(2) 建議需於區域入流口、出流口及區域內污染源及截點網狀布建；(3) 同時結合時間及空間分析，運用流系分布追蹤不法超排廠商（如圖91）。

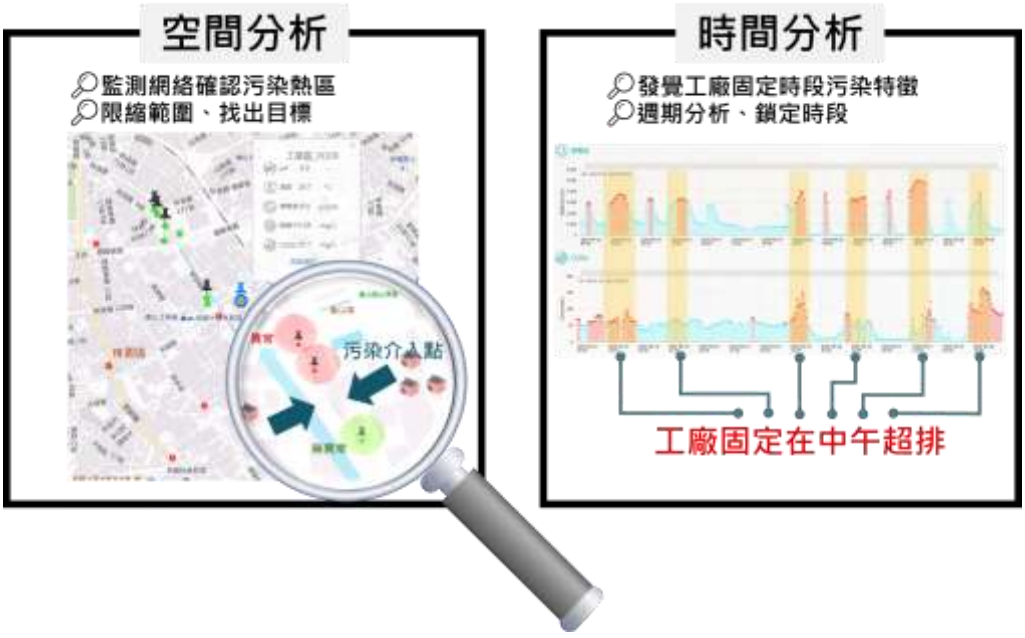


圖91、面狀網格監測數據分析方式

若感測器應用於工業區，建議於從源頭境外截點、自排工廠放流口至工業區大排（抓超排）、雨水道（抓偷排）及末端污水處裡廠出流以網狀方式布建，即可掌握污染源頭位置。累積一段時間數據後，可先透過空間分析，確

認各區感測器彼此測項連動關係，及個別告警次數，以限縮污染熱區；再針對熱區輔以時間分析，掌握工廠固定偷排時段及週期性，可進一步分析各告警條件出現於各時間區段的次數（如圖92），以瞭解源頭偷排水質特性；而為進一步提供環境執法參考，可設定特定告警限值，展開星期對應時段之告警熱力圖分析（如圖93）。透過完整的空間時間交叉分析，可有效運用感測器數據，作為給環保稽查單位輔助智慧執法的科技工具。

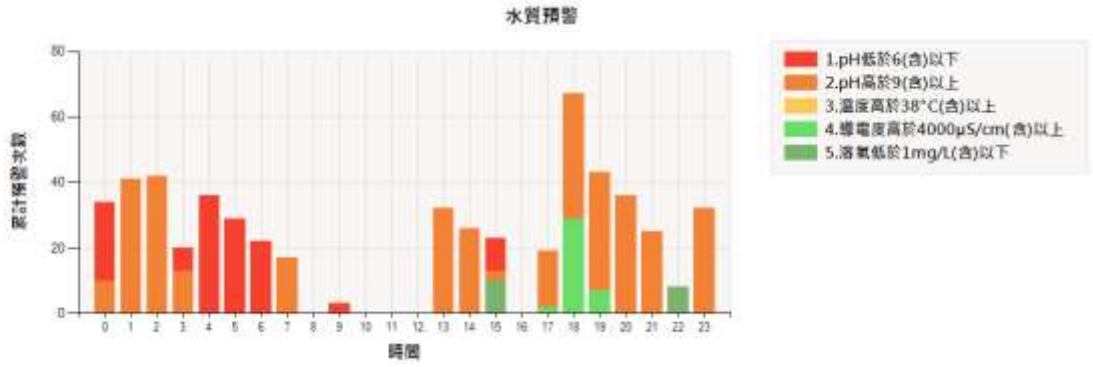


圖92、水質異常告警條件於各時段累計次數分析

導電度大於900	一	二	三	四	五	六	日
00時	0	0	0	0	0	0	0
01時	0	0	0	0	0	0	0
02時	0	0	0	0	0	0	0
03時	0	0	0	0	0	0	0
04時	0	0	0	0	0	0	0
05時	0	0	0	0	9	0	0
06時	0	0	0	0	73	58	0
07時	0	0	0	0	49	41	0
08時	0	0	0	0	0	0	0
09時	0	0	0	0	0	0	0
10時	0	0	0	0	0	0	0
11時	0	0	0	0	0	0	0
12時	0	0	0	0	0	0	0
13時	0	0	0	0	0	0	0
14時	25	0	0	0	0	0	0
15時	0	0	0	0	6	0	0
16時	0	0	11	0	111	0	2
17時	0	0	60	0	120	0	27
18時	0	0	60	0	120	0	18
19時	43	1	60	0	120	0	60
20時	66	116	60	0	120	0	60
21時	31	60	47	0	25	0	25
22時	0	60	0	0	0	0	0
23時	0	30	0	0	0	0	0

圖93、水質異常告警熱力圖分析

7.5 水質異常通報處理程序

為了掌握各水體感測結果及發展現地實務應用層面，當水質感測器感測資料異常時應建立水質資料異常通報流程，該程序將可結合資訊系統之即時數據，並透過自動化通報工具輔助工作執行，以利相關單位依循及進行快速反應。水質資料異常可依異常狀態區分為設備異常及環境水質異常兩部分，各異常類型通報流程說明如後：

7.5.1 設備異常通報處理流程

依據前述水質異常資料檢核規則建立，為維護水質感測資料正確性及有效性，若因水質感測器設備問題導致資料異常如感測器損毀、探頭數據偏移、資料中斷等狀況，應依異常通報機制進行設備檢修及通報處理，並依不同異常類型通報處理，且相關成果應於系統輔助平臺進行追蹤呈現，以維護水質資料正確性。設備異常通報流程如圖94所示。

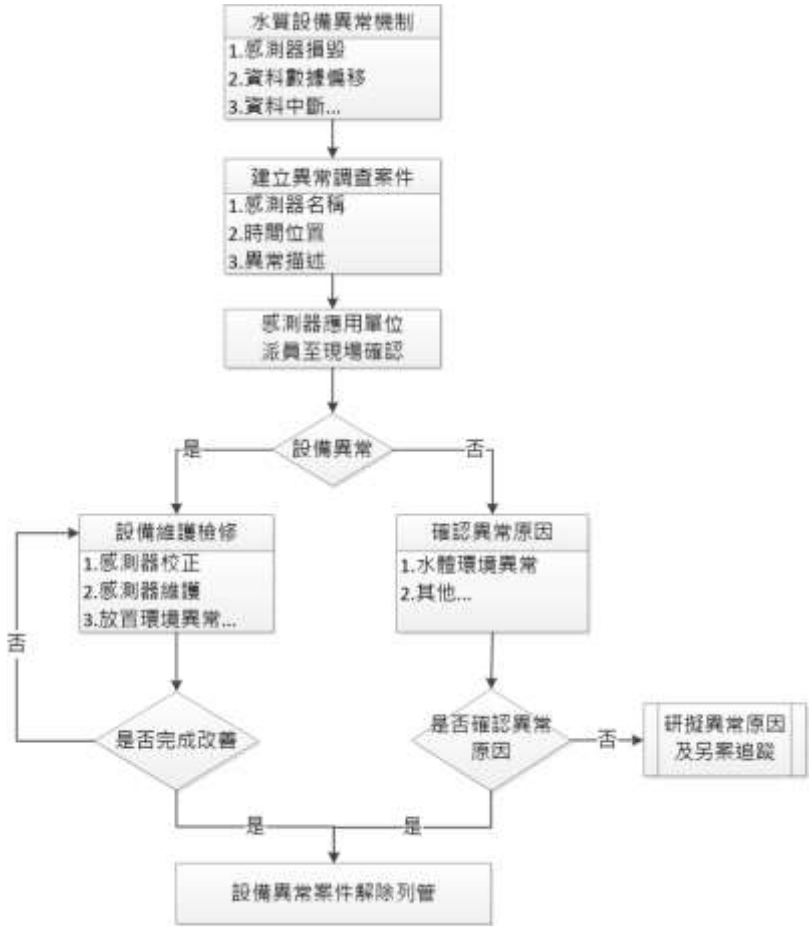


圖94、設備異常通報處理流程

7.5.2 環境水質異常通報處理流程

在水質感測器執行布建後，各站點位水質檢測預警閥值由環保稽查單位設定，並可參考應用指引建立異常通報規則，可透過自動化通報服務提供警示，此警戒值原則由環保稽查單位處理，在接獲異常通報後，應先對異常點位周遭列管事業進行盤點，並追查水路流向。並蒐集感測資料，歸納廢污水排放異常特性，加以整理、分析、研判水質異常原因及可能污染源。而後，依分析結果判定是否進行現場調查(包含農地調查、底泥調查、可疑污染源稽查)，最後將稽查結果進行回報，提送異常事件分析報告。

因應環境水質異常之複雜性，針對當水質異常發生後，於污染異常通報機制、污染源判釋、污染事件調查及規劃、污染事件處理追蹤等，初擬流程如圖95。然各地區環境水質異常及調查標的皆可能不同，此流程為結合前述異常通報發生及相關處理通則建議。其處理成果可以信件或其他方式報知中央；若水質異常事件情形嚴重，必要時可請中央協助支援調查。

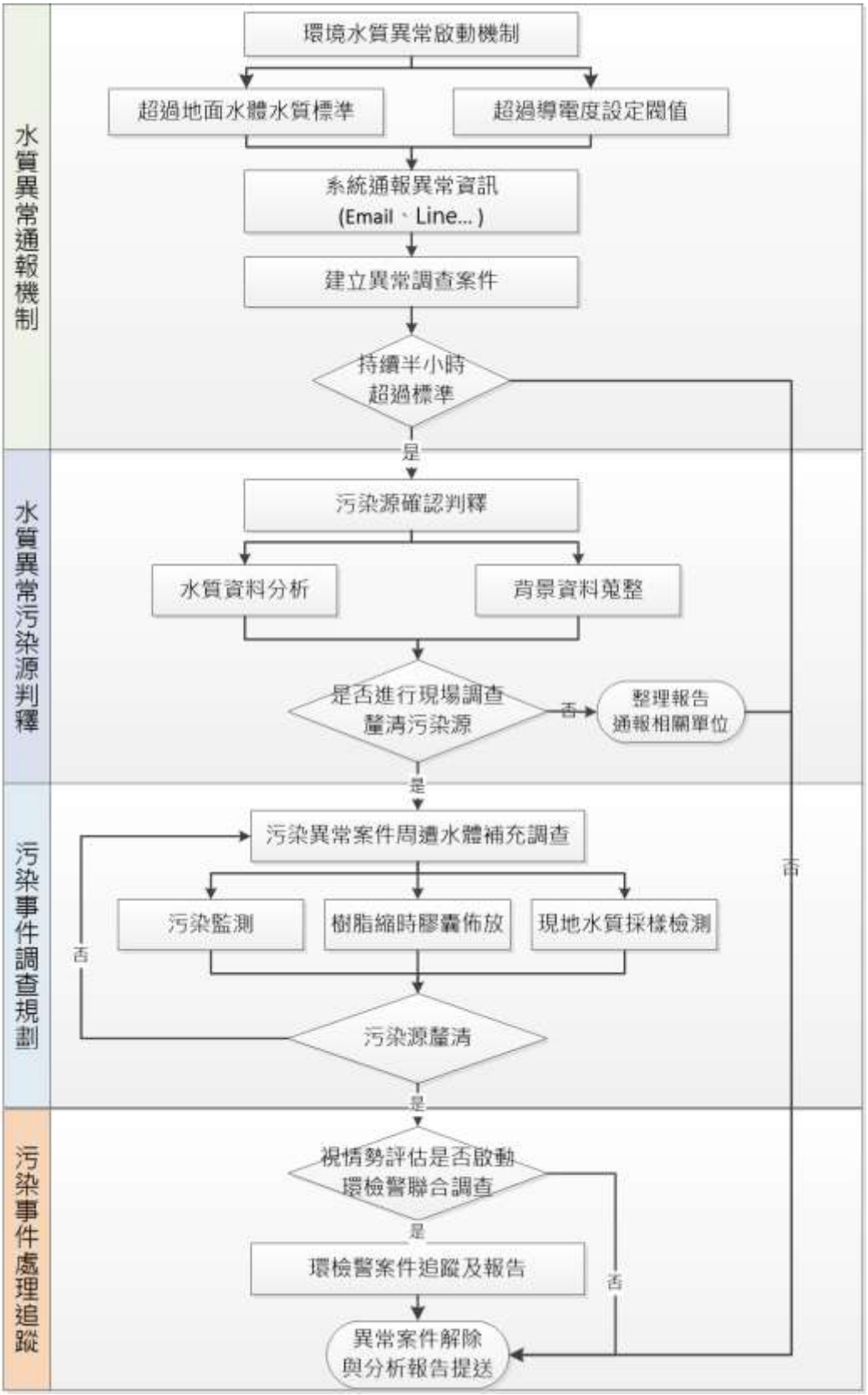


圖95、水質異常通報處理流程

附件八、彙整及分析全臺水質感測器數據應用評估報告

「111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫」

彙整及分析全臺水質感測器數據應用評估報告

委辦單位：環保署監資處
執行單位：工業技術研究院

111 年 10 月

摘要

多樣化水質感測器於水環境之布建從感測層、分析層至應用層數據串流，有如人體的神經網路，各水質感測器如末稍神經自動感測各種訊息之後，將訊號一路從神經網路分支匯流至主要幹道，再傳遞至人腦如，組織智慧水聯網服務架構，由智慧化時空分析與預警訊息等資訊研判意義後，進一步做出反應與決策。水質感測器有固定式、移動式與手持式，不同感測器裝置適用於不同環境場域，應用效益與評析方式有所不同，各類型水質感測器於 110 年間皆有做進一步的針對設備做優化以及選點的評估，將過去所遇到的問題逐步解決與調整，為進一步提升水聯網應用效益，將解析感測器優化調整與選點後，固定式、移動式與手持式之感測數據，結合水科技物聯網應用平臺之感測數據分析經驗，以數據分析統計或描述性統計感測數值，判斷感測器於各單與縣市環保局使用情形、在各應用場域數據分布、感測元件衰減情形、數據品質及環境應用效益。其結果可作為未來選點、設備選用及數據趨勢判讀參考，針對感測器使用情形與場域分布提出具體之改善建議，也讓正在進行水質感測的團隊了解整體的感測狀況，評估使用效益與改善方向。另外也可讓設備研發團隊針對各類感測器優化後的成果進行評估未來可持續精進的空間，使感測效益最大化。

目錄

第一章　執行方法 2
第二章　分析方法 3
第三章　結果與討論 40
第四章　結論與建議 59

圖目錄

圖 1 水質數據分析方法流程.....2
圖 2 常更換元件之固定式感測器數量占比與更換元件種類占比.....41
圖 3 固定式感測器常更換之元件總類.....42
圖 4 優化前常更換元件之固定式感測器數量與更換元件種類占比.....42
圖 5 固定式感測器於各縣市場域元件更換類型與數量分布.....43
圖 4 各縣市與場域常更換元件之移動式感測器數量占比.....45
圖 5 各縣市常更換元件之移動式感測器布建點位行業別占比.....46
圖 6 各監測行業常更換元件之移動式感測器占比.....47
圖 7 各場域元件更換類型.....47
圖 8 固定式感測器布建數量與應用場域分布之占比.....50
圖 9 移動式感測器布建數量與應用場域分布之占比.....52
圖 10 各縣市與場域固定式感測器高效益點位占比.....54
圖 11 各縣市與場域移動式感測器高效益點位占比.....56
圖 12 移動式感測器各行業高效益感測器占比.....56
圖 13 各縣市使用量及異常水質狀況.....58

表目錄

表 1 固定式感測器元件衰減指標分析方法.....4
表 2 移動式感測器元件衰減指標分析方法.....7
表 3 固定式感測器數據品質指標分析方法.....18
表 4 移動式感測器數據品質指標分析方法.....20
表 5 固定式感測器環境應用效益指標分析方法.....26
表 6 移動式感測器環境應用效益指標分析方法.....28
表 7 各場域與產業別水質排放特性.....53

前言

感測設備自109年縣市合辦計畫推動起已累積大量感測數據，各類型水質感測器於110年間皆有做進一步的針對設備做優化以及選點的評估，將過去所遇到的問題逐步解決與調整，為進一步提升水聯網應用效益，自環保署環境物聯網平臺資料庫撈取並解析固定式、移動式及手持式感測數據，不同感測器裝置適用於不同環境場域，應用效益與評析方式有所不同。本團隊延續運作水科技物聯網應用平臺之感測數據分析經驗，輔以數據分析統計方式解析感測數值，取代長時間監控之人力與提高判讀之正確性，判斷感測器於各單位與縣市環保局使用情形、在各應用場域數據分布、感測元件衰減情形、數據品質及環境應用效益。依過往分析經驗，解析經常發生感測器異常、或無效數據點位原因，與感測器應用單位共同討論，檢討是否為選址問題、安裝位置、維運或感測器問題，據以提出改善建議。

第一章 執行方法

依據 110 年執行「多樣化水質感測器感測數據應用評估報告」之經驗，各縣市政府與單位進行水質感測器合辦試驗應用計畫起至合辦計畫結束為止，其前後月份計畫起始與結束時間不一致，各感測器布建與感測時間有落差，以及感測初期常有些突發狀況需進行調整，導致使用狀況與數據品質參差不齊。本工作項目將擷取感測區間自 110 年 10 月 1 日至 110 年 12 月 31 日，該區間為各類型水質感測器優化後感測器與使用狀況較為穩定、各縣市政府與單位設備運用狀況穩定且頻繁、數據量大且具有其感測效益之區間，並整合蒐集全臺固定式、移動式及手持式感測器的應用者回饋意見，提供未來精進方向。其中「高污染潛勢熱區水質感測器布建應用計畫」在後續統計論述中簡化名稱為「布建應用計畫」。其執行方法架構與流程如下圖 1，並依據 110 年分析「多樣化水質感測器感測數據應用評估報告」之經驗進行調整。分析方法將依據各縣市、應用場域、感測目的分類，其分析結果將分為元件衰減指標、數據品質指標、場域數據指標、環境效益高低點指標。上述判別方式將結合數據分析與描述性統計，進行結論與探討。

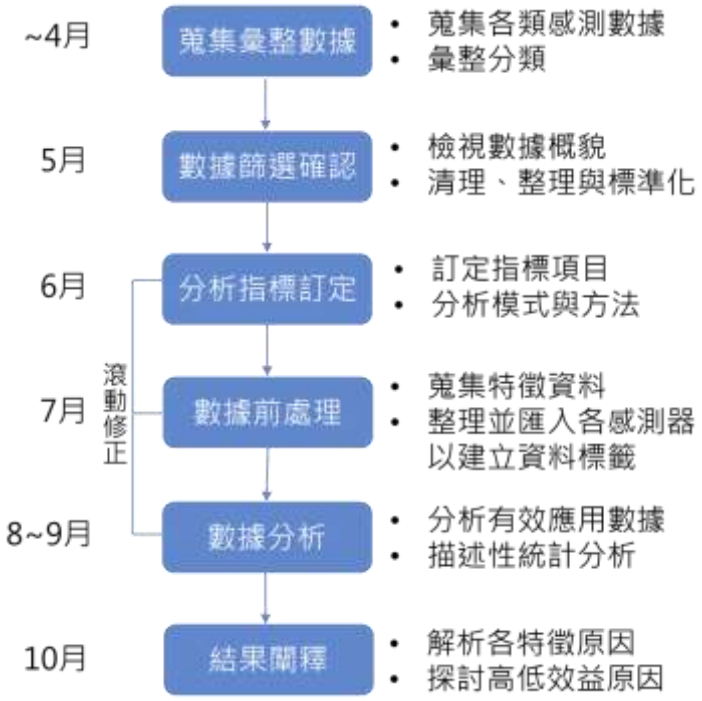


圖 1 水質數據分析方法流程

第二章 分析方法

感測器應用評估報告需要仰賴中央以及地方政府的協助與配合，以進行評估、規劃、布建、監測、數據分析、稽查、裁處，才能有足夠的資料量作分析評估。本工作項目彙整自 110 年 10 月 1 日至 110 年 12 月 31 日共三個月之固定式、移動式及手持式水質感測器之感測數據，依據其各縣市、應用場域、感測目的分類，其分析結果將分為元件衰減指標、數據品質指標、場域數據、環境效益高低點指標做結果與探討。由於各種感測器使用方式與感測項目不同，數值呈現的狀況也會依據感測點位水質狀況而有所不同，因此各類別感測器的分析方法也會視數據狀況而做調整。

手持式感測器具備高機動性且為單點數據，應用與評析方式較不同於固定式和移動式感測器，則獨立進行數據分析的結果與探討。因手持式感測器之感測數量較少，故彙整自 110 年 7 月 1 日至 110 年 12 月 31 日共六個月之感測數據進行分析與論述。

2.1 元件衰減指標

一、 固定式感測器

自 111 年 10 月 1 日至 111 年 12 月 31 日三個月期間，由資料庫撈取固定式感測器中有維運資料共計有 30 臺，以 30 臺感測器平均每月更換元件次數為更換頻率指標，如表 1。若各感測器平均每月元件更換次數（A）大於固定式感測器元件衰減指標（7.4），則為常更換之感測器。計算公式如下：

各感測器平均每月元件更換次數(A)
= 各感測器元件更換總次數
÷ 各感測器使用月數

固定式感測器元件衰減指標

＝30 臺感測器平均每月元件更換次數

＝30 臺感測器各自平均每月更換次數加總（∑Ai）÷30 臺感測器

i=感測器數量

表 1 固定式感測器元件衰減指標分析方法

感測器名稱	縣市別	應用場域	監測行業別	A=各感測器更換元件次數/月	依據指標決定是否常更換
大漢溪主流 R_1	桃園市	河川	背景調查	6.3	
朴子工業區排水道 I_1	嘉義縣	工業區	金屬表面處理業	4.0	
南崁溪主流 R_25	桃園市	河川	-多種行業別	4.7	
南崁溪潛勢污染工廠 S_10	桃園市	零星工廠	水泥業	13.3	V
南崁溪潛勢污染工廠 S_11	桃園市	零星工廠	印刷電路板製造業	16.7	V
南崁溪潛勢污染工廠 S_12	桃園市	零星工廠	食品製造業	10.0	V
南崁溪潛勢污染工廠 S_13	桃園市	零星工廠	金屬表面處理業	17.0	V
南崁溪潛勢污染工廠 S_14	桃園市	零星工廠	CWMS 比對機	8.3	V
淨水廠第一驗證站-餘氯 T_1	新竹市	淨水廠	設備餘氯驗證	0.0	

淨水廠第二驗證站-餘氯T_2	新竹市	淨水廠	設備餘氯驗證	0.0	
淨水廠第三驗證站-餘氯T_3	新竹市	淨水廠	設備餘氯驗證	0.0	
塔寮坑溪R_1	桃園市	河川	背景調查	5.0	
塔寮坑溪S_1	新北市	零星工廠	印刷電路板製造業	9.0	V
塔寮坑溪S_2	新北市	零星工廠	電鍍業	5.0	
新竹一二淨水廠取水口R_1	新竹市	淨水廠	設備濁度驗證	0.3	
新竹一二淨水廠前處理T_1	新竹市	淨水廠	設備濁度驗證	1.0	
新竹一二淨水廠前處理T_3	新竹市	淨水廠	設備濁度驗證	0.3	
新竹第二淨水廠 T_1	新竹市	淨水廠	設備濁度驗證	2.3	
新竹第二淨水廠 T_4	新竹市	淨水廠	設備濁度驗證	0.7	
嘉太工業區排水道 I_1	嘉義縣	工業區	染整業	5.3	
嘉太工業區排水道 I_2	嘉義縣	工業區	-多種行業別	2.7	
彰化洋仔厝F_1	彰化縣	農渠	農田灌溉水	5.3	
潛勢污染工廠 S_4	桃園市	零星工廠	電子零組件業	13.3	V

龜山工業區 I_RD04	桃園市	工業區	工業區污水廠放流水監測	11.0	V
龜山工業區 I_RD12	桃園市	工業區	-多種行業別	8.3	V
龜山工業區 I_S1	桃園市	工業區	電子零組件業	15.0	V
龜山工業區 I_S2	桃園市	工業區	染整業	14.0	V
龜山工業區 I_S5	桃園市	工業區	食品製造業	16.0	V
龜山工業區 I_S6	桃園市	工業區	印刷電路板製造業	15.7	V
龜山工業區 I_S9	桃園市	工業區	印刷電路板製造業	12.0	V
固定式感測器元件衰減指標= 30 臺固定式感測器平均每月元件更換次數=				**7.4**	常更換之感測器共 14 臺

二、 移動式感測器

自 111 年 10 月 1 日至 111 年 12 月 31 日三個月期間，由資料庫撈取移動式感測器中有維運資料共計有 184 臺，以 184 臺感測器平均每月更換元件次數為更換頻率指標，如表 2。若各感測器平均每月元件更換次數（B）大於移動式感測器元件衰減指標（1.5），則為常更換之感測器。計算公式如下：

各感測器平均每月元件更換次數(B)
= 各感測器元件更換總次數
÷ 各感測器使用月數

移動式感測器元件衰減指標
= 184 臺感測器平均每月元件更換次數

= 184 臺感測器各自平均每月更換次數加總（∑Bi）÷ 184 臺感測器

i=感測器數量

表 2 移動式感測器元件衰減指標分析方法

感測器名稱	縣市別	應用場域	監測行業別	B=各感測器更換元件次數/月	依據指標決定是否常更換
TW010100EW100021	臺北市	河川	民生用水	0	
TW010100EW100022	臺北市	河川	民生用水	0	
TW010100EW100023	桃園市	工業區	-多種行業別	2.0	V
TW010100EW100024	桃園市	零星工廠	水質背景調查	2.0	V
TW010100EW100025	桃園市	零星工廠	染整業	2.0	V
TW010100EW100026	桃園市	零星工廠	染整業	5.0	V
TW010100EW100027	桃園市	河川	畜牧業	0	
TW010100EW100028	桃園市	河川	畜牧業	1.0	
TW010100EW100029	桃園市	河川	畜牧業	0	
TW010100EW100030	桃園市	工業區	染整業	0	
TW010100EW100031	桃園市	河川	食品製造業	3.0	V
TW010100EW100032	桃園市	零星工廠	食品製造業	0	
TW010100EW100033	新竹市	零星工廠	-多種行業別	3.0	V
TW010100EW100034	臺中市	河川	水質背景調查	4.0	V
TW010100EW100035	臺中市	河川	水質背景調查	0	
TW010100EW100036	臺中市	河川	水質背景調查	1.0	
TW010100EW100037	臺中市	河川	水質背景調查	3.0	V

TW010100EW100038	臺中市	河川	食品製造業	0	
TW010100EW100039	臺中市	零星工廠	-多種行業別	0	
TW010100EW100040	臺中市	零星工廠	金屬表面處理業	0	
TW010100EW100041	臺中市	河川	食品製造業	0	
TW010100EW100042	臺中市	零星工廠	電鍍業	0	
TW010100EW100043	臺中市	零星工廠	金屬表面處理業	0	
TW010100EW100044	臺中市	河川	食品製造業	0	
TW010100EW100045	臺中市	零星工廠	-多種行業別	0	
TW010100EW100046	臺中市	零星工廠	金屬表面處理業	0	
TW010100EW100047	臺中市	工業區	-多種行業別	0	
TW010100EW100048	臺中市	零星工廠	-多種行業別	1.0	
TW010100EW100049	臺中市	工業區	-多種行業別	0	
TW010100EW100050	臺中市	零星工廠	-多種行業別	4.0	V
TW010100EW100051	臺中市	零星工廠	食品製造業	0	
TW010100EW100052	臺中市	河川	水質背景調查	0	
TW010100EW100053	臺中市	零星工廠	-多種行業別	0	
TW010100EW100054	臺中市	工業區	-多種行業別	0	
TW010100EW100055	臺中市	零星工廠	-多種行業別	0	
TW010100EW100056	臺中市	工業區	-多種行業別	0	
TW010100EW100057	臺中市	河川	水質背景調查	0	
TW010100EW100058	臺中市	工業區	-多種行業別	2.0	V

TW010100EW100059	臺中市	河川	水質背景調查	3.0	V
TW010100EW100060	臺中市	河川	水質背景調查	1.0	
TW010100EW100061	臺中市	零星工廠	金屬表面處理業	0	
TW010100EW100064	雲林縣	零星工廠	-多種行業別	3.0	V
TW010100EW100065	雲林縣	零星工廠	畜牧業	1.0	
TW010100EW100066	雲林縣	零星工廠	畜牧業	1.0	
TW010100EW100067	布建應用計畫-臺北市	河川	水質背景調查	0	
TW010100EW100068	新竹縣	零星工廠	半導體製造業	2.0	V
TW010100EW100071	嘉義縣	零星工廠	-多種行業別	2.0	V
TW010100EW100072	嘉義縣	零星工廠	-多種行業別	2.0	V
TW010100EW100080	臺南市	零星工廠	-多種行業別	1.0	
TW010100EW100081	臺南市	零星工廠	-多種行業別	1.0	
TW010100EW100082	臺南市	零星工廠	-多種行業別	1.0	
TW010100EW100084	臺南市	零星工廠	-多種行業別	1.0	
TW010100EW100088	臺南市	零星工廠	-多種行業別	2.0	V
TW010100EW100091	苗栗縣	河川	畜牧業	3.0	V
TW010100EW100092	苗栗縣	河川	畜牧業	3.0	V
TW010100EW100093	苗栗縣	零星工廠	食品製造業	1.0	

TW010100EW100094	苗栗縣	河川	電子龍組件業	0	
TW010100EW100095	苗栗縣	河川	-多種行業別	4.0	V
TW010100EW100096	苗栗縣	零星工廠	造紙業	4.0	V
TW010100EW100097	苗栗縣	河川	-多種行業別	2.0	V
TW010100EW100098	苗栗縣	河川	-多種行業別	0	
TW010100EW100099	苗栗縣	工業區	-多種行業別	0	
TW010100EW100100	苗栗縣	河川	-多種行業別	5.7	V
TW010100EW100101	臺北市	河川	民生用水	0	
TW010100EW100104	臺南市	河川	畜牧業	0	
TW010100EW100105	臺南市	河川	化學原料製造業	3.0	V
TW010100EW100106	臺南市	工業區	廢棄物處理業	0.0	
TW010100EW100107	臺南市	工業區	-多種行業別	2.0	V
TW010100EW100108	臺南市	河川	畜牧業	3.0	V
TW010100EW100109	臺南市	零星工廠	民生用水	2.0	V
TW010100EW100110	臺南市	河川	皮革毛皮整製業	0	
TW010100EW100111	臺南市	工業區	-多種行業別	4.0	V
TW010100EW100112	臺南市	零星工廠	金屬表面處理業	2.0	V
TW010100EW100113	臺南市	工業區	-多種行業別	0	
TW010100EW100114	臺南市	零星工廠	-多種行業別	1.0	
TW010100EW100115	臺北市	河川	民生用水	0	
TW010100EW100116	臺北市	河川	民生用水	0	
TW010100EW100117	臺北市	河川	民生用水	0	
TW010100EW100121	布建應用計畫-臺中市	零星工廠	電鍍業	3.0	V
TW010100EW100122	雲林縣	河川	畜牧業	1.0	
TW010100EW100123	雲林縣	河川	-多種行業別	2.0	V

TW010100EW100124	雲林縣	河川	食品製造業	1.0	
TW010100EW100125	雲林縣	工業區	食品製造業	2.0	V
TW010100EW100126	雲林縣	河川	紡織成衣業	2.0	V
TW010100EW100127	雲林縣	河川	畜牧業	0	
TW010100EW100128	雲林縣	河川	畜牧業	3.0	V
TW010100EW100129	布建應用計畫-桃園市	河川	水質背景調查	0	
TW010100EW100130	布建應用計畫-新北市	河川	電鍍業	0	
TW010100EW100131	布建應用計畫-新北市	零星工廠	金屬表面處理業	0	
TW010100EW100132	布建應用計畫-高雄市	河川	電鍍業	0	
TW010100EW100133	布建應用計畫-高雄市	零星工廠	-多種行業別	0	
TW010100EW100134	布建應用計畫-彰化縣	零星工廠	水質背景調查	0	
TW010100EW100135	布建應用計畫-桃園市	河川	水質背景調查	0	
TW010100EW100136	布建應用計畫-彰化縣	農渠	電鍍業	0	
TW010100EW100137	布建應用計畫-新北市	零星工廠	-多種行業別	0	
TW010100EW100138	布建應用計畫-高雄市	農渠	-多種行業別	0	
TW010100EW100139	布建應用計畫-新北市	零星工廠	畜牧業	0	
TW010100EW100140	布建應用計畫-彰化縣	農渠	電鍍業	0	
TW010100EW100141	布建應用計畫-彰化縣	零星工廠	畜牧業	0	
TW010100EW100142	布建應用計畫-新北市	零星工廠	-多種行業別	0	

TW010100EW100143	布建應用計畫-彰化縣	河川	畜牧業	0	
TW010100EW100144	布建應用計畫-新竹市	河川	玻璃業	0	
TW010100EW100145	布建應用計畫-高雄市	農渠	-多種行業別	0	
TW010100EW100146	布建應用計畫-彰化縣	河川	電鍍業	0	
TW010100EW100147	布建應用計畫-新北市	河川	-多種行業別	0	
TW010100EW100148	布建應用計畫-高雄市	河川	電鍍業	0	
TW010100EW100149	布建應用計畫-臺北市	河川	水質背景調查	0	
TW010100EW100150	布建應用計畫-新竹市	河川	金屬表面處理業	2.0	V
TW010100EW100151	布建應用計畫-高雄市	農渠	-多種行業別	2.0	V
TW010100EW100152	布建應用計畫-彰化縣	河川	水質背景調查	2.0	V
TW010100EW100153	布建應用計畫-彰化縣	零星工廠	水質背景調查	0	
TW010100EW100154	布建應用計畫-彰化縣	河川	水質背景調查	0	
TW010100EW100155	布建應用計畫-新北市	河川	金屬表面處理業	2.0	V
TW010100EW100156	布建應用計畫-彰化縣	河川	畜牧業	0	
TW010100EW100157	布建應用計畫-新北市	河川	電鍍業	0	
TW010100EW100158	布建應用計畫-新竹市	河川	金屬表面處理業	0	
TW010100EW100159	布建應用計畫-高雄市	農渠	-多種行業別	0	

TW010100EW100160	布建應用計畫-彰化縣	零星工廠	-多種行業別	0	
TW010100EW100161	布建應用計畫-高雄市	農渠	-多種行業別	0	
TW010100EW100162	布建應用計畫-彰化縣	零星工廠	畜牧業	3.0	V
TW010100EW100163	布建應用計畫-新北市	零星工廠	-多種行業別	0	
TW010100EW100164	布建應用計畫-臺中市	河川	民生用水	5.0	V
TW010100EW100165	布建應用計畫-高雄市	零星工廠	水質背景調查	0	
TW010100EW100166	布建應用計畫-新北市	零星工廠	-多種行業別	0	
TW010100EW100167	布建應用計畫-新竹市	河川	金屬表面處理業	0	
TW010100EW100168	布建應用計畫-臺中市	零星工廠	金屬表面處理業	2.0	V
TW010100EW100169	布建應用計畫-高雄市	農渠	金屬表面處理業	4.0	V
TW010100EW100170	布建應用計畫-臺中市	零星工廠	金屬表面處理業	2.0	V
TW010100EW100171	布建應用計畫-高雄市	河川	電鍍業	3.0	V
TW010100EW100172	布建應用計畫-臺中市	河川	民生用水	4.0	V
TW010100EW100173	布建應用計畫-彰化縣	零星工廠	水質背景調查	3.5	V
TW010100EW100174	布建應用計畫-臺北市	河川	水質背景調查	2.0	V
TW010100EW100175	布建應用計畫-新北市	零星工廠	-多種行業別	4.0	V
TW010100EW100176	布建應用計畫-臺北市	河川	水質背景調查	6.0	V

TW010100EW100177	布建應用計畫-新北市	零星工廠	印刷電路板製造業	0	
TW010100EW100178	布建應用計畫-彰化縣	零星工廠	水質背景調查	3.5	V
TW010100EW100179	布建應用計畫-高雄市	零星工廠	-多種行業別	0	
TW010100EW100180	布建應用計畫-新竹市	河川	電鍍業	5.0	V
TW010100EW100181	布建應用計畫-新北市	零星工廠	-多種行業別	2.5	V
TW010100EW100182	布建應用計畫-彰化縣	河川	畜牧業	4.0	V
TW010100EW100183	新竹縣	零星工廠	半導體製造業	0	
TW010100EW100184	布建應用計畫-彰化縣	河川	民生用水	4.0	V
TW010100EW100185	布建應用計畫-臺北市	河川	水質背景調查	3.5	V
TW010100EW100186	布建應用計畫-高雄市	農渠	-多種行業別	3.0	V
TW010100EW100187	布建應用計畫-新北市	零星工廠	-多種行業別	0	
TW010100EW100188	布建應用計畫-臺中市	零星工廠	水質背景調查	4.0	
TW010100EW100189	新竹縣	工業區	-多種行業別	0	
TW010100EW100190	新竹縣	河川	民生用水	2.0	V
TW010100EW100191	新竹縣	工業區	-多種行業別	0	
TW010100EW100192	新竹縣	工業區	半導體製造業	0	
TW010100EW100193	新竹縣	河川	民生用水	0	
TW010100EW100194	新竹縣	工業區	合成塑膠及橡膠製造業	0	
TW010100EW100195	新竹縣	工業區	-多種行業別	0	
TW010100EW100196	新竹縣	工業區	-多種行業別	0	

TW010100EW100313	布建應用計畫-彰化縣	零星工廠	-多種行業別	4.5	V
TW010100EW100315	布建應用計畫-彰化縣	零星工廠	-多種行業別	4.0	V
TW010100EW100316	布建應用計畫-彰化縣	零星工廠	-多種行業別	4.0	V
TW010100EW100317	布建應用計畫-彰化縣	零星工廠	-多種行業別	4.0	V
TW010100EW100320	布建應用計畫-彰化縣	零星工廠	-多種行業別	3.0	V
TW010100EW100321	布建應用計畫-彰化縣	零星工廠	-多種行業別	4.0	V
TW010100EW100322	布建應用計畫-彰化縣	零星工廠	-多種行業別	5.0	V
TW010100EW100325	布建應用計畫-彰化縣	零星工廠	-多種行業別	2.0	V
TW010100EW100326	布建應用計畫-彰化縣	零星工廠	-多種行業別	4.0	V
TW010100EW100327	布建應用計畫-彰化縣	零星工廠	-多種行業別	8.0	V
TW010100EW100329	布建應用計畫-彰化縣	零星工廠	-多種行業別	3.0	V
TW010100EW100333	布建應用計畫-彰化縣	零星工廠	-多種行業別	2.0	V
TW010100EW100334	布建應用計畫-彰化縣	零星工廠	-多種行業別	5.0	V
TW010100EW100336	布建應用計畫-彰化縣	零星工廠	-多種行業別	3.0	V
TW010200EW300401	新北市	零星工廠	-多種行業別	2.0	V
TW010200EW300402	新北市	零星工廠	-多種行業別	1.5	
TW010200EW300403	桃園市	河川	化學材料製造業	2.5	V

TW010200EW300404	桃園市	河川	染整業	1.0	
TW010200EW300405	桃園市	零星工廠	金屬表面處理業	3.0	V
TW010200EW300406	桃園市	工業區	金屬表面處理業	3.0	V
TW010200EW300407	桃園市	河川	水質背景調查	2.0	V
TW010200EW300408	桃園市	河川	水質背景調查	3.0	V
TW010200EW300409	桃園市	工業區	染整業	2.0	V
TW010200EW300410	桃園市	工業區	畜牧業	1.0	
TW010200EW300411	桃園市	污水廠	CWMS 平行比對	1.5	
TW010200EW300412	基隆市	河川	水質背景調查	1.0	
TW010200EW300413	基隆市	河川	-多種行業別	1.7	V
TW010200EW300414	桃園市	零星工廠	印刷電路板製造業	3.0	V
TW010200EW300415	桃園市	零星工廠	印刷電路板製造業	1.5	
TW010200EW300416	新竹市	污水廠	CWMS 平行比對	2.5	V
移動式感測器元件衰減指標= 184 臺移動式感測器平均每月元件更換次數=				**1.5**	常更換之感測器 共 81 臺

2.2 數據品質指標

由於設備有實施維修、保養、校正及巡檢等過程，實測值非為感測目標水體的數據以及設備狀態異常造成無效數據，如抽不到水、電壓干擾、電路板當機及感測元件老化等須予以剃除，因此初步先由感測器是否有有效感測

數值做篩選。

一、 固定式感測器

固定式設備在研發布建前期以及感測器優化前較為穩定且完整的感測項目為導電度以及酸鹼值，且導電度可最直接判斷是否有抽到水，藉以來判斷其餘感測數據是否可信，因此特以此兩項數據來評估數據品質是否完好，遂以下列各條件訂定數據是否可以採納，若為無效數據則給予該感測器計數 1，代表有一筆品質不良之數據，之後進行各感測器之不良數據的計數加總，除以各感測器使用月數，以求得各感測器平均每月不良數據計數（C）。由資料庫撈取之感測器計有 30 臺，以所有感測器之平均每月不良數據計數加總（∑Ci）除以所有有數據之感測器總數，做為數據品質指標。若該感測器平均每月不良數據計數（C）大於數據品質指標（81.4），則定義為數據品質不良之感測器。

數據品質不良計數條件：

(一) 以連續 9 筆（3 小時）導電度低於 200 μ S/cm 代表現地無水或抽水狀況不佳。

(二) 以抽水狀況沒問題為前題（不符合條件 1）且連續 9 筆（3 小時）導電度數據均為定值。

(三) 以抽水狀況沒問題為前題（不符合條件 1）且連續 9 筆（3 小時）pH 數據均為定值。

各感測器平均每月不良數據的計數(C)
= 各感測器不良數據的計數總數
÷ 各感測器使用月數

固定式感測器數據品質指標
= 30 臺感測器平均每月不良數據的計數

= 30 臺感測器各自平均每月不良數據的計數加總(∑Ci)

÷ 30 臺感測器

i=感測器數量

表 3 固定式感測器數據品質指標分析方法

感測器名稱	C=各感測器數據不良計數總數/月	依據指標決定是否數據品質不良
大漢溪主流 R_1	43.0	
淨水廠第一驗證站-餘氯 T_1	282.3	V
朴子工業區排水道 I_1	74.0	
南崁溪主流 R_25	82.3	V
南崁溪潛勢污染工廠 S_10	67.7	
南崁溪潛勢污染工廠 S_11	114.7	V
南崁溪潛勢污染工廠 S_12	95.0	V
南崁溪潛勢污染工廠 S_13	53.0	
南崁溪潛勢污染工廠 S_14	62.7	
淨水廠第二驗證站-餘氯 T_2	258.7	V
淨水廠第三驗證站-餘氯 T_3	287.7	V
塔寮坑溪 R_1	15.7	
塔寮坑溪 S_1	27.0	
塔寮坑溪 S_2	26.3	
新竹一二淨水廠取水口 R_1	30.7	
新竹一二淨水廠前處理 T_1	50.0	
新竹一二淨水廠前處理 T_3	31.0	
新竹第二淨水廠 T_1	64.7	
新竹第二淨水廠 T_4	30.0	
嘉太工業區排水道 I_1	53.0	
嘉太工業區排水道 I_2	185.0	V
彰化洋仔厝 F_1	91.3	V
潛勢污染工廠 S_4	30.3	
龜山工業區 I_RD04	50.7	
龜山工業區 I_RD12	79.3	
龜山工業區 I_S1	49.7	
龜山工業區 I_S2	83.0	V
龜山工業區 I_S5	59.3	
龜山工業區 I_S6	36.3	
龜山工業區 I_S9	28.7	

固定式感測器品質數據指標=30 臺固定式感測器平均每月數據不良次數=	**81.4**	**數據品質不良之感測器共 9 臺**

二、 移動式感測器

移動式設備在縣市合辦計畫應用時多以稽查為目的，主要關注感測項目為導電度與酸鹼值，且由於溶氧為薄膜式感測元件長期於水體感測因元件衰退導致感測數據偏移，因此移動式感測器以導電度與酸鹼值此兩項數據來評估數據品質是否完好，遂以下列各條件訂定數據是否可以採納，若為無效數據則給予該感測器計數 1，代表有一筆品質不良之數據，且每日計數一次，之後進行各感測器之不良數據的計數加總，除以各感測器使用月數，以求得各感測器平均每月不良數據計數（D）。統計區間內由資料庫撈取有數據之感測器計有 161 臺，以所有感測器之平均每月不良數據計數加總（∑Di）除以所有有數據之感測器總數，做為數據品質指標。若該感測器平均每月不良數據計數（D）大於數據品質指標（6.5），則定義為數據品質不良之感測器。

數據品質不良計數條件：

(一) 以連續 180 筆（3 小時）導電度低於 200 μ S/cm 代表現地無水或抽水狀況不佳。

(二) 以抽水狀況沒問題為前題（不符合條件 1）且連續 180 筆（3 小時）導電度數據均為定值。

(三) 以抽水狀況沒問題為前題（不符合條件 1）且連續 180 筆（3 小時）pH 數據均為定值。

各感測器平均每月不良數據的計數(D)

= 各感測器不良數據的計數總數

÷ 各感測器使用月數

移動式感測器數據品質指標

= 161 臺感測器平均每月不良數據的計數

= 161 臺感測器各自平均每月不良數據的計數加總(∑Di)

÷ 161 臺感測器

i=感測器數量

表 4 移動式感測器數據品質指標分析方法

感測器名稱	D=各感測器 數據不良計數總數/月	依據指標決定是否數據品質不良
TW000000EW200313	6.0	
TW000000EW200314	16.0	V
TW000000EW200315	13.3	V
TW000000EW200316	10.7	V
TW000000EW200317	1.0	
TW000000EW200320	4.0	
TW000000EW200321	0	
TW000000EW200322	2.3	
TW000000EW200325	2.0	
TW000000EW200326	2.0	
TW000000EW200327	0	
TW000000EW200329	1.0	
TW000000EW200330	2.0	
TW000000EW200332	5.7	
TW000000EW200334	2.0	
TW000000EW200336	3.0	
TW010100EW100021	1.3	
TW010100EW100023	6.7	V
TW010100EW100024	7.0	V
TW010100EW100025	5.7	
TW010100EW100026	4.3	
TW010100EW100027	6.3	

TW010100EW100028	7.3	V
TW010100EW100029	12.3	V
TW010100EW100030	7.0	V
TW010100EW100031	16.0	V
TW010100EW100032	6.7	V
TW010100EW100033	1.0	
TW010100EW100034	4.0	
TW010100EW100035	9.0	V
TW010100EW100036	1.0	
TW010100EW100037	7.7	V
TW010100EW100038	11.0	V
TW010100EW100039	3.0	
TW010100EW100040	4.3	
TW010100EW100041	7.0	V
TW010100EW100042	2.7	
TW010100EW100043	5.7	
TW010100EW100045	10.3	V
TW010100EW100046	2.7	
TW010100EW100047	3.7	
TW010100EW100048	3.7	
TW010100EW100049	2.0	
TW010100EW100050	2.5	
TW010100EW100051	4.0	
TW010100EW100052	6.3	
TW010100EW100053	12.3	V
TW010100EW100054	2.3	
TW010100EW100056	15.3	V
TW010100EW100057	3.0	
TW010100EW100058	4.0	
TW010100EW100059	4.0	
TW010100EW100060	9.3	V
TW010100EW100061	9.3	V
TW010100EW100064	2.7	
TW010100EW100065	2.0	

TW010100EW100066	5.0	
TW010100EW100068	9.0	V
TW010100EW100069	16.3	V
TW010100EW100070	16.7	V
TW010100EW100071	4.5	
TW010100EW100072	4.0	
TW010100EW100073	3.0	
TW010100EW100074	2.0	
TW010100EW100075	0.5	
TW010100EW100076	1.5	
TW010100EW100077	2.0	
TW010100EW100078	9.0	V
TW010100EW100079	0	
TW010100EW100080	1.0	
TW010100EW100081	1.0	
TW010100EW100082	1.0	
TW010100EW100085	2.0	
TW010100EW100086	2.0	
TW010100EW100087	1.0	
TW010100EW100088	3.7	
TW010100EW100091	2.7	
TW010100EW100092	19.7	V
TW010100EW100093	5.7	
TW010100EW100094	3.7	
TW010100EW100095	2.7	
TW010100EW100096	5.0	
TW010100EW100097	7.3	V
TW010100EW100098	3.7	
TW010100EW100099	6.3	
TW010100EW100100	1.5	
TW010100EW100101	2.0	
TW010100EW100105	2.5	
TW010100EW100106	4.0	
TW010100EW100107	4.3	

TW010100EW100108	2.3	
TW010100EW100109	9.7	V
TW010100EW100110	0	
TW010100EW100111	4.0	
TW010100EW100112	3.5	
TW010100EW100113	1.5	
TW010100EW100114	1.0	
TW010100EW100115	7.3	V
TW010100EW100116	6.0	
TW010100EW100117	7.5	V
TW010100EW100122	6.0	
TW010100EW100123	5.0	
TW010100EW100124	4.5	
TW010100EW100125	4.0	
TW010100EW100127	2.0	
TW010100EW100128	2.5	
TW010100EW100149	10.5	V
TW010100EW100150	30.0	V
TW010100EW100151	23.0	V
TW010100EW100154	0.5	
TW010100EW100155	30.0	
TW010100EW100156	23.0	V
TW010100EW100162	1.0	
TW010100EW100169	1.0	
TW010100EW100171	17.0	V
TW010100EW100172	0	
TW010100EW100173	4.5	
TW010100EW100175	4.5	
TW010100EW100176	9.0	V
TW010100EW100178	15.0	V
TW010100EW100180	6.0	
TW010100EW100181	19.0	
TW010100EW100182	0.0	
TW010100EW100183	7.0	V

TW010100EW100184	0.5	
TW010100EW100185	18.0	V
TW010100EW100186	0	
TW010100EW100187	7.0	V
TW010100EW100189	29.0	V
TW010100EW100190	14.3	V
TW010100EW100191	9.3	V
TW010100EW100192	7.7	V
TW010100EW100193	5.0	
TW010100EW100194	7.3	V
TW010100EW100195	6.3	
TW010100EW100196	4.0	
TW010100EW100423	2.3	
TW010200EW300401	1.3	
TW010200EW300402	7.3	V
TW010200EW300403	3.0	
TW010200EW300404	8.3	V
TW010200EW300405	17.5	V
TW010200EW300406	11.3	V
TW010200EW300407	12.5	V
TW010200EW300408	13.7	V
TW010200EW300409	4.5	
TW010200EW300410	6.7	V
TW010200EW300411	9.5	V
TW010200EW300412	10.0	V
TW010200EW300413	6.7	V
TW010200EW300415	0.3	
TW010200EW300416	2.0	
TW010200EW300417	8.0	V
TW010200EW300418	6.0	
TW010200EW300419	15.0	V
TW010200EW300420	16.5	V
TW010200EW300423	5.0	
TW090100EW100305	13.0	V

TW090100EW100306	12.7	V
TW090100EW200421	7.0	V
TW150100EW200422	1.0	
移動式感測器品質數據指標= 161 臺固定式感測器平均每月數據不良次數=	**6.5**	**數據品質不良之感測器共 61 臺**

2.3 場域數據分析

一、 統計各縣市移動式與固定式感測器布建量占比，分析各縣市之感測器應用與裁處概況。

二、 分析各場域與不同行業別水質發生異常關鍵測項。

2.4 環境應用效益指標

一、 固定式感測器

由統計時段區間之感測數據中，依據前述（數據品質指標）之數據品質不良計數條件先剃除品質不良數據或感測器，再依據酸鹼值是否大於 9 或小於 6、化學需氧量是否大於 130 mg/L[1]以及依據過去分析感測數據之經驗導電度是否大於 2,000μS/cm 來評估感測水質異常次數。以各感測器總異常次數除以布建月數來求得各感測器平均每月感測水質異常次數（E）。由資料庫撈取發有感測數據之感測器計共有 30 臺，以所有感測器之平均每月水質異常件數加總（∑Ei）除以感測器總數來求得環境應用效益指標。若該感測器平均每月感測水質異常次數（E）大於該指標（413），則屬高效益點位，如表 5。

各感測器平均每月水質感測異常次數(E)

[1] 水污染防治法第七條第二項規定放流水標準中化學需氧量(COD)因不同業別有不同法規限值，多數業別 COD 限值為 100 mg/L，本計畫考量感測元件誤差影響，因此以 130 mg/L 作為事業異常排水之參考值。

= 各感測器水質感測異常次數總數

÷ 各感測器使用月數

固定式感測器環境應用效益指標

= 30 臺感測器平均每月水質感測異常次數

= 30 臺感測器各自平均每月水質異常次數加總(∑Ei)

÷ 30 臺感測器

i=感測器數量

表 5 固定式感測器環境應用效益指標分析方法

感測器名稱	縣市別	應用場域	監測行業別	D=各感測器感測水質異常次數/月	依據指標決定環境應用效益高之點位
大漢溪主流 R_1	桃園市	河川	背景調查	0	
淨水廠第醫驗證站-餘氯 T_1	新竹市	淨水廠	設備餘氯驗證	0	
朴子工業區排水道 I_1	嘉義縣	工業區	金屬表面處理業	1010	V
南崁溪主流 R_25	桃園市	河川	-多種行業別	272	
南崁溪潛勢污染工廠 S_10	桃園市	零星工廠	水泥業	464	V
南崁溪潛勢污染工廠 S_11	桃園市	零星工廠	印刷電路板製造業	499	V
南崁溪潛勢污染工廠 S_12	桃園市	零星工廠	食品製造業	149	
南崁溪潛勢污染工廠 S_13	桃園市	零星工廠	金屬表面處理業	1360	V
南崁溪潛勢污染工廠 S_14	桃園市	零星工廠	CWMS 比對機	138	

淨水廠第二驗證站-餘氯 T_2	新竹市	淨水廠	設備餘氯驗證	0	
淨水廠第三驗證站-餘氯 T_3	新竹市	淨水廠	設備餘氯驗證	0	
塔寮坑溪 R_1	桃園市	河川	背景調查	365	
塔寮坑溪 S_1	新北市	零星工廠	印刷電路板製造業	564	V
塔寮坑溪 S_2	新北市	零星工廠	電鍍業	197	
新竹一二淨水廠取水口 R_1	新竹市	淨水廠	設備濁度驗證	0	
新竹一二淨水廠前處理 T_1	新竹市	淨水廠	設備濁度驗證	0	
新竹一二淨水廠前處理 T_3	新竹市	淨水廠	設備濁度驗證	0	
新竹第二淨水廠 T_1	新竹市	淨水廠	設備濁度驗證	0	
新竹第二淨水廠 T_4	新竹市	淨水廠	設備濁度驗證	120	
嘉太工業區排水道 I_1	嘉義縣	工業區	染整業	2885	V
嘉太工業區排水道 I_2	嘉義縣	工業區	-多種行業別	162	
彰化洋仔厝 F_1	彰化縣	農渠	農田灌溉水	397	
潛勢污染工廠 S_4	桃園市	零星工廠	電子零組件業	1114	V
龜山工業區 I_RD04	桃園市	工業區	工業區污水廠放流水監測	170	
龜山工業區 I_RD12	桃園市	工業區	-多種行業別	227	
龜山工業區 I_S1	桃園市	工業區	電子零組件業	281	
龜山工業區 I_S2	桃園市	工業區	染整業	804	V
龜山工業區 I_S5	桃園市	工業區	食品製造業	387	
龜山工業區 I_S6	桃園市	工業區	印刷電路板製造業	555	V
龜山工業區 I_S9	桃園市	工業區	印刷電路板製造業	282	

固定式感測器環境應用指標= 30 臺固定式感測器平均每月水質異常件數=	413	高效益之感測器共 9 臺

二、 移動式感測器

由統計時段區間之感測數據中，依據前述（數據品質指標）之數據品質不良計數條件先剃除品質不良數據，再依據酸鹼值是否大於 9 或小於 6，以及根據過去分析感測數據之經驗導電度是否大於 2,000μS/cm 且每日計數一次來評估感測水質異常次數。以各感測器總異常次數除以布建月數來求得各感測器平均每月感測水質異常次數（F）。由資料庫撈取統計段內有感測數據之感測器共計有 161 臺，以所有感測器之平均每月水質異常件數加總（∑Fi）除以感測器總數來求得環境應用效益指標。若該感測器平均每月感測水質異常次數（F）大於該指標（10.4），則屬高效益點位，如下，

各感測器平均每月水質感測異常次數(F)
= 各感測器水質感測異常次數總數
÷ 各感測器使用月數

移定式感測器環境應用效益指標
= 161 臺感測器平均每月水質感測異常次數
= 161 臺感測器各自平均每月水質異常次數加總(∑Fi)
÷ 161 臺感測器

i=感測器數量

表 6 移動式感測器環境應用效益指標分析方法

感測器名稱	縣市別	應用場域	監測行業別	E=各感測器感測水質異常次數/月	依據指標決定環境應用效益高之點位
TW000000EW200313	彰化縣	零星工廠	-多種行業別	13.0	V
TW000000EW200314	新北市	零星工廠	-多種行業別	21.5	V
TW000000EW200315	彰化縣	河川	水質背景調查	19.0	V
TW000000EW200316	彰化縣	河川	水質背景調查	12.7	V
TW000000EW200317	台中市	零星工廠	-多種行業別	0	
TW000000EW200320	彰化縣	河川	水質背景調查	0	
TW000000EW200321	台中市	零星工廠	-多種行業別	0.5	
TW000000EW200322	彰化縣	河川	水質背景調查	9.3	
TW000000EW200325	新北市	河川	-多種行業別	13.0	V
TW000000EW200326	台中市	零星工廠	-多種行業別	0	
TW000000EW200327	新北市	河川	-多種行業別	2.0	
TW000000EW200329	彰化縣	河川	-多種行業別	2.0	
TW000000EW200330	台中市	零星工廠	-多種行業別	5.0	
TW000000EW200332	新北市	河川	-多種行業別	7.0	
TW000000EW200334	新北市	零星工廠	-多種行業別	0	

TW000000EW200336	新北市	零星工廠	-多種行業別	0	
TW010100EW100021	臺北市	河川	民生用水	4.0	
TW010100EW100023	桃園市	工業區	-多種行業別	6.0	
TW010100EW100024	桃園市	零星工廠	水質背景調查	13.5	V
TW010100EW100025	桃園市	零星工廠	染整業	18.5	V
TW010100EW100026	桃園市	零星工廠	染整業	41.5	V
TW010100EW100027	桃園市	河川	畜牧業	2.5	
TW010100EW100028	桃園市	河川	畜牧業	12.0	V
TW010100EW100029	桃園市	河川	畜牧業	2.0	
TW010100EW100030	桃園市	工業區	染整業	10.5	V
TW010100EW100031	桃園市	河川	食品製造業	5.0	
TW010100EW100032	桃園市	零星工廠	食品製造業	11.5	V
TW010100EW100033	新竹市	零星工廠	-多種行業別	1.0	
TW010100EW100034	臺中市	河川	水質背景調查	2.5	
TW010100EW100035	臺中市	河川	水質背景調查	3.0	
TW010100EW100036	臺中市	河川	水質背景調查	0	
TW010100EW100037	臺中市	河川	水質背景調查	14.5	V

TW010100EW100038	臺中市	河川	食品製造業	61.0	V
TW010100EW100039	臺中市	零星工廠	-多種行業別	24.0	V
TW010100EW100040	臺中市	零星工廠	金屬表面處理業	43.0	V
TW010100EW100041	臺中市	河川	食品製造業	7.5	
TW010100EW100042	臺中市	零星工廠	電鍍業	3.5	
TW010100EW100043	臺中市	零星工廠	金屬表面處理業	2.5	
TW010100EW100045	臺中市	零星工廠	-多種行業別	12.0	V
TW010100EW100046	臺中市	零星工廠	金屬表面處理業	3.0	
TW010100EW100047	臺中市	工業區	-多種行業別	4.5	
TW010100EW100048	臺中市	零星工廠	-多種行業別	3.0	
TW010100EW100049	臺中市	工業區	-多種行業別	60.5	V
TW010100EW100050	臺中市	零星工廠	-多種行業別	1.5	
TW010100EW100051	臺中市	零星工廠	食品製造業	4.0	
TW010100EW100052	臺中市	河川	水質背景調查	1.0	
TW010100EW100053	臺中市	零星工廠	-多種行業別	2.0	
TW010100EW100054	臺中市	工業區	-多種行業別	3.0	
TW010100EW100056	臺中市	工業區	-多種行業別	38.0	V

TW010100EW100057	臺中市	河川	水質背景調查	6.5	
TW010100EW100058	臺中市	工業區	-多種行業別	6.0	
TW010100EW100059	臺中市	河川	水質背景調查	1.5	
TW010100EW100060	臺中市	河川	水質背景調查	18.5	V
TW010100EW100061	臺中市	零星工廠	金屬表面處理業	49.0	V
TW010100EW100064	雲林縣	零星工廠	-多種行業別	3.0	
TW010100EW100065	雲林縣	零星工廠	畜牧業	6.0	
TW010100EW100066	雲林縣	零星工廠	畜牧業	6.5	
TW010100EW100068	新竹縣	零星工廠	半導體製造業	36.5	V
TW010100EW100069	嘉義縣	零星工廠	-多種行業別	2.5	
TW010100EW100070	嘉義縣	零星工廠	-多種行業別	3.0	
TW010100EW100071	嘉義縣	零星工廠	-多種行業別	9.5	
TW010100EW100072	嘉義縣	零星工廠	-多種行業別	8.0	
TW010100EW100073	嘉義縣	零星工廠	-多種行業別	2.5	
TW010100EW100074	嘉義縣	零星工廠	-多種行業別	0.0	
TW010100EW100075	嘉義縣	零星工廠	-多種行業別	3.5	
TW010100EW100076	嘉義縣	零星工廠	-多種行業別	0.5	

TW010100EW100077	嘉義縣	零星工廠	-多種行業別	9.5	
TW010100EW100078	嘉義縣	零星工廠	-多種行業別	0	
TW010100EW100079	臺南市	零星工廠	-多種行業別	6.5	
TW010100EW100080	臺南市	零星工廠	-多種行業別	0	
TW010100EW100081	臺南市	零星工廠	-多種行業別	0	
TW010100EW100082	臺南市	零星工廠	-多種行業別	0	
TW010100EW100085	臺南市	零星工廠	-多種行業別	1.0	
TW010100EW100086	臺南市	零星工廠	-多種行業別	1.0	
TW010100EW100087	臺南市	零星工廠	-多種行業別	0	
TW010100EW100088	臺南市	零星工廠	-多種行業別	6.0	
TW010100EW100091	苗栗縣	河川	畜牧業	3.5	
TW010100EW100092	苗栗縣	河川	畜牧業	10.5	V
TW010100EW100093	苗栗縣	零星工廠	食品製造業	3.5	
TW010100EW100094	苗栗縣	河川	電子龍組件業	11.0	V
TW010100EW100095	苗栗縣	河川	-多種行業別	1.5	
TW010100EW100096	苗栗縣	零星工廠	造紙業	16.5	V
TW010100EW100097	苗栗縣	河川	-多種行業別	2.0	

TW010100EW100098	苗栗縣	河川	-多種行業別	3.5	
TW010100EW100099	苗栗縣	工業區	-多種行業別	25.0	V
TW010100EW100100	苗栗縣	河川	-多種行業別	3.5	
TW010100EW100101	臺北市	河川	民生用水	28.0	V
TW010100EW100105	臺南市	河川	化學原料製造業	28.0	V
TW010100EW100106	臺南市	工業區	廢棄物處理業	3.0	
TW010100EW100107	臺南市	工業區	-多種行業別	0	
TW010100EW100108	臺南市	河川	畜牧業	3.0	
TW010100EW100109	臺南市	零星工廠	民生用水	3.5	
TW010100EW100110	臺南市	河川	皮革毛皮整製業	0.5	
TW010100EW100111	臺南市	工業區	-多種行業別	8.5	
TW010100EW100112	臺南市	零星工廠	金屬表面處理業	0	
TW010100EW100113	臺南市	工業區	-多種行業別	3.5	
TW010100EW100114	臺南市	零星工廠	-多種行業別	0	
TW010100EW100115	臺北市	河川	民生用水	3.0	
TW010100EW100116	臺北市	河川	民生用水	0	
TW010100EW100117	臺北市	河川	民生用水	8.0	

TW010100EW100122	雲林縣	河川	畜牧業	0.5	
TW010100EW100123	雲林縣	河川	-多種行業別	1.0	
TW010100EW100124	雲林縣	河川	食品製造業	16.5	V
TW010100EW100125	雲林縣	工業區	食品製造業	1.0	
TW010100EW100127	雲林縣	河川	畜牧業	1.0	
TW010100EW100128	雲林縣	河川	畜牧業	3.5	
TW010100EW100149	布建應用計畫-臺北市	河川	水質背景調查	21.5	V
TW010100EW100150	布建應用計畫-新竹市	河川	金屬表面處理業	0	
TW010100EW100151	布建應用計畫-高雄市	農渠	-多種行業別	0	
TW010100EW100154	布建應用計畫-彰化縣	河川	水質背景調查	0.5	
TW010100EW100155	布建應用計畫-新北市	河川	金屬表面處理業	14.5	V
TW010100EW100156	布建應用計畫-彰化縣	河川	畜牧業	3.5	
TW010100EW100162	布建應用計畫-彰化縣	零星工廠	畜牧業	0	

TW010100EW100169	布建應用計畫-高雄市	農渠	金屬表面處理業	1.0	
TW010100EW100171	布建應用計畫-高雄市	河川	電鍍業	26.5	V
TW010100EW100172	布建應用計畫-臺中市	河川	民生用水	0	
TW010100EW100173	布建應用計畫-彰化縣	零星工廠	水質背景調查	5.0	
TW010100EW100175	布建應用計畫-新北市	零星工廠	-多種行業別	0	
TW010100EW100176	布建應用計畫-臺北市	河川	水質背景調查	0	
TW010100EW100178	布建應用計畫-彰化縣	零星工廠	水質背景調查	24.0	V
TW010100EW100180	布建應用計畫-新竹市	河川	電鍍業	0	
TW010100EW100181	布建應用計畫-新北市	零星工廠	-多種行業別	10.0	
TW010100EW100182	布建應用計畫-彰化縣	河川	畜牧業	0	
TW010100EW100183	新竹縣	零星工廠	半導體製造業	7.0	

TW010100EW100184	布建應用計畫-彰化縣	河川	民生用水	0.0	
TW010100EW100185	布建應用計畫-臺北市	河川	水質背景調查	6.5	
TW010100EW100186	布建應用計畫-高雄市	農渠	-多種行業別	0	
TW010100EW100187	布建應用計畫-新北市	零星工廠	-多種行業別	8.0	
TW010100EW100189	新竹縣	工業區	-多種行業別	2.5	
TW010100EW100190	新竹縣	河川	民生用水	14.5	V
TW010100EW100191	新竹縣	工業區	-多種行業別	6.5	
TW010100EW100192	新竹縣	工業區	半導體製造業	1.5	
TW010100EW100193	新竹縣	河川	民生用水	46.5	V
TW010100EW100194	新竹縣	工業區	合成塑膠及橡膠製造業	4.5	
TW010100EW100195	新竹縣	工業區	-多種行業別	67.5	V
TW010100EW100196	新竹縣	工業區	-多種行業別	42.0	V
TW010100EW100423	雲林縣	零星工廠	-多種行業別	6.0	
TW010200EW300401	新北市	零星工廠	-多種行業別	15.0	V

TW010200EW300402	新北市	零星工廠	-多種行業別	22.0	V
TW010200EW300403	桃園市	河川	化學材料製造業	15.0	V
TW010200EW300404	桃園市	河川	染整業	31.5	V
TW010200EW300405	桃園市	零星工廠	金屬表面處理業	26.0	V
TW010200EW300406	桃園市	工業區	金屬表面處理業	29.0	V
TW010200EW300407	桃園市	河川	水質背景調查	22.5	V
TW010200EW300408	桃園市	河川	水質背景調查	10.5	V
TW010200EW300409	桃園市	工業區	染整業	24.0	V
TW010200EW300410	桃園市	工業區	畜牧業	4.0	
TW010200EW300411	桃園市	污水廠	CWMS 平行比對	30.0	V
TW010200EW300412	基隆市	河川	水質背景調查	4.0	
TW010200EW300413	基隆市	河川	-多種行業別	1.5	
TW010200EW300415	桃園市	零星工廠	印刷電路板製造業	17.5	V
TW010200EW300416	新竹市	污水廠	CWMS 平行比對	49.5	V
TW010200EW300417	布建應用計畫-高雄市	農渠	-多種行業別	21.5	V
TW010200EW300418	布建應用計畫-高雄市	農渠	-多種行業別	8.5	

TW010200EW300419	布建應用計畫-桃園市	河川	-多種行業別	16.5	V
TW010200EW300420	布建應用計畫-高雄市	農渠	-多種行業別	0.5	
TW010200EW300423	布建應用計畫-新北市	河川	-多種行業別	36.5	V
TW090100EW100305	桃園市	河川	-多種行業別	28.0	V
TW090100EW100306	布建應用計畫-新北市	零星工廠	-多種行業別	32.0	V
TW090100EW200421	台中市	河川	-多種行業別	4.0	
TW150100EW200422	布建應用計畫-新北市	零星工廠	-多種行業別	2.0	
移動式感測器環境應用指標=131 臺移動式感測器平均每月水質異常件數=				**10.4**	高效益之感測器共 53 臺

2.5 手持式感測器應用概況分析

直接於收集數據期間，彙整單點量測並上傳的數據，完成自動資料標籤後，輔以人工判讀，獨立進行數據分析的結果與探討。

第三章 結果與討論

3.1 元件衰減分析

一、 固定式感測器

依據統計資料顯示，數據蒐集期間之固定式感測器共計有 30 臺，其中依據元件更換頻率指標評估有較高換頻率之固定式感測器共有 14 臺，主要布建場域大多位於工業區，其次為零星工廠，如圖 2。由於工業區之行業別較為多元，水質變化較為複雜，因此感測器元件耗損更換頻率較可能高。桃園市工業區與零星工廠有較多數量之常更換清洗元件的感測器，結果與前一期分析報告一致，其行業別又較其餘布建縣市更多元，且布建數量多，水體複雜多元，因此所布建之固定式感測器有較高之元件更換清洗次數。更換元件總類數量如圖 3，相較於過去電池更換頻率明顯降低，由原本的更換頻率 62%大幅降低至 6.7%，如圖 3 與圖 4 之比較。去年布建之感測器為優化後設備，電力供應方面有做改善，在布點位置盡量選擇能接市電或日照充足的點位裝設太陽能板以延長電力。另外也將過去重複充電式鋰電池改為鉛蓄電池，其維護簡單、安全性高、自放電極小、壽命長、經濟性好且在深度放電後有優越的恢復能力，能有效增加續航力，因此也大幅減少維運時更換電池元件之次數。目前觀察下來，布建於南部如嘉義縣，在日照充足的環境可以完全不需要更換電池，因此在電力續行部分，優化後設備有很大的進展。

由於設備優化後即調整為每次感測器維運即進行固定項目之耗材清洗或更換，因此本次分析結果在清洗粗過濾器、清洗酸鹼度（pH）、導電度（EC）與溫度（Temp.）簡稱 PET 測槽、更換 COD 石英玻璃減少維運清洗時間、清洗 Bionet 與清洗水管均有較高的比例。而過去報告顯示 PET 三合一感測晶片精確度雖好，但其材料針對複雜環境水體仍存在著吸附雜質及材料溶出的問題，耐用度與生命週期較目前的市售電極略顯不足，因此設備優化後也將 PET 感測由過去晶片式改為市售電極，大幅提升 PET 感測之穩定性與持久性，以延長維運週期。

將元件更換清洗總類再依各縣市場域進行分類，如圖 5，除了上述每次感測器維運即進行固定項目之耗材清洗與更換之元件外，桃園市有較高之蠕動管更換次數，蠕動管破裂會造成馬達漏水無法抽水與蓄水。由分析結果可知，較複雜的水體，如桃園市工業區與零星工廠均有較高之蠕動管更換次數，推測較為髒汙的水體也容易使蠕動管破損，因此每次更換蠕動管時有在表面塗上一層凡士林以降低馬達轉動對蠕動管表面的摩擦力以延長其壽命。另外也有陸續將水體複雜或水壓較大之點位更換為蠕動管較為堅韌的材質。



圖 2 常更換元件之固定式感測器數量占比與更換元件種類占比

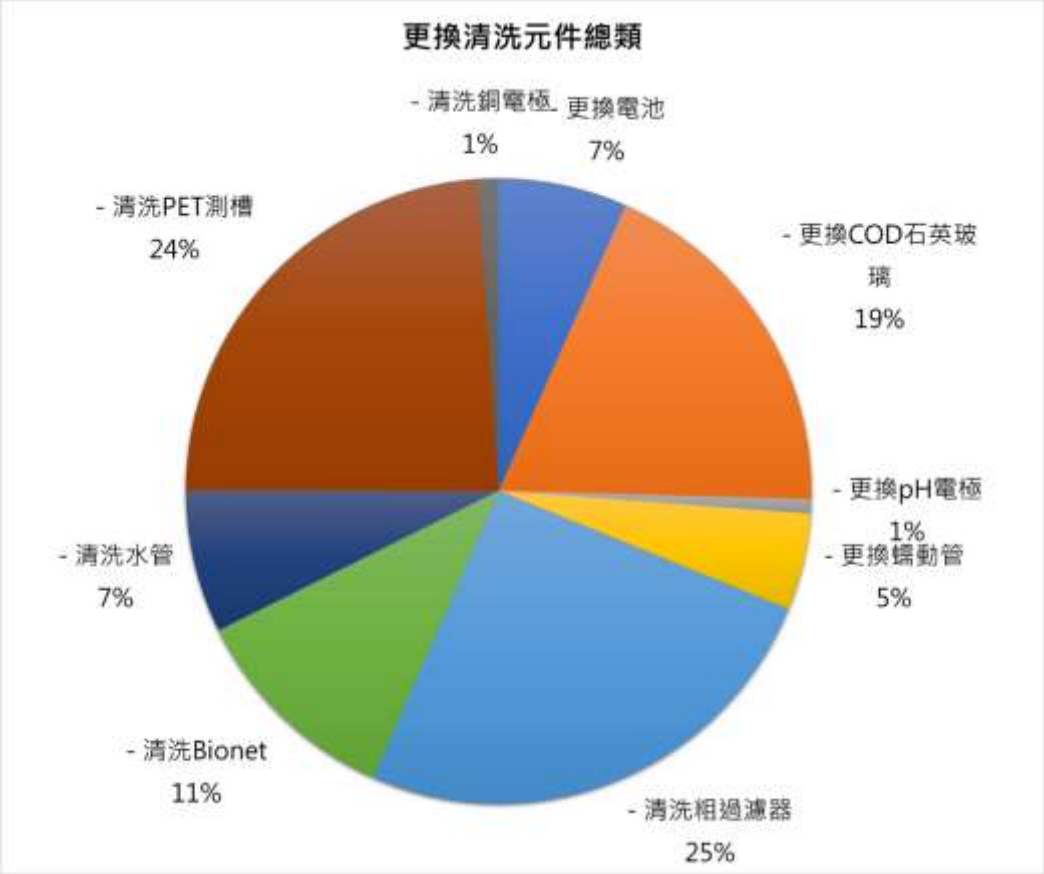


圖 3 固定式感測器常更換之元件總類

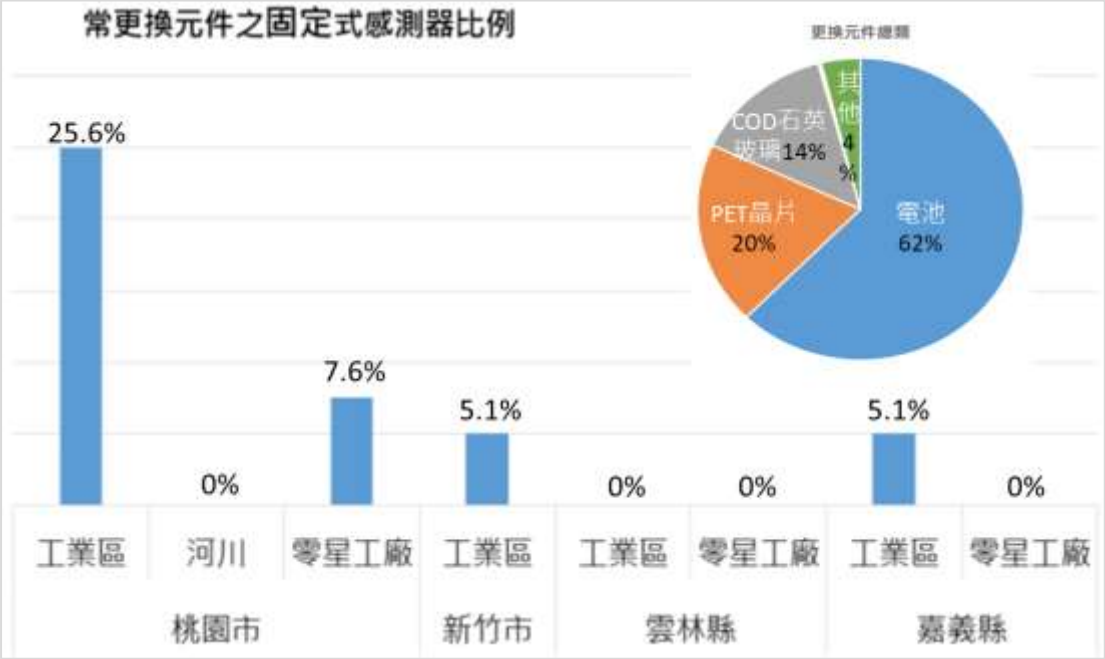


圖 4 優化前常更換元件之固定式感測器數量與更換元件種類占比

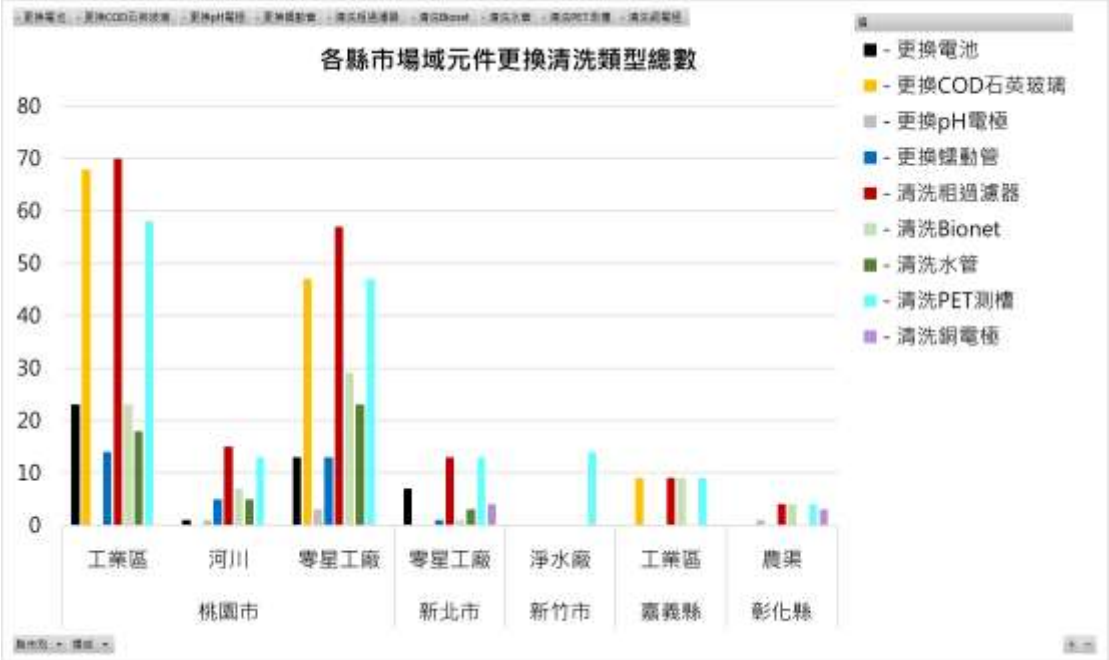


圖 5 固定式感測器於各縣市場域元件更換類型與數量分布

二、 移動式感測器

依據統計資料顯示，各縣市與使用單位所布建之移動式感測器有維運資料的共計有 184 臺。依據元件更換頻率指標評估，有較高更換頻率之移動式感測器共有 81 臺，約佔 44%，其中主要布建場域分別位於各縣市之工業區、河川及零星工廠，如圖 6，以及少部分縣市有針對農渠做布建。由圖 6 顯示，布建應用計畫在資料統計期間因與農水署合作廣布移動式感測器於彰化縣與高雄市之農渠以及零星工廠，而農渠多數位於嘉興農地重劃區小排，搭配圖 7 可知布建於彰化縣零星工廠的感測器多數感測行業複雜且多元，水體污染較為嚴重，也易造成感測器的髒污與耗損，需較為頻繁的進行維運清潔。

相較於固定式感測器直接安裝於路面牆上或岸上，移動式感測器體積小，能適用的場域較多元，且會直接放在水面上接觸水體，因此若接觸的水體較為複雜且髒污，對於元件的耗損速度也會越快。另外也常會因為外殼元件腐蝕，遇上大雨大水而翻覆導致進水，就會造成內部許多細部零件毀損，嚴重則傷及主控傳輸模組以及電力提供相關模組，而

有較為大量的元件需要更換，有時則直接替換一臺感測器來節省現場維運時程。過去統計多數河川周遭環境相較於工業區及零星工廠可能較為單純，且人口密集度較低，水質相對乾淨穩定，只要不遇大雨翻覆，多數感測元件狀態可維持較久不需做更換，因此多數測點位無更換元件記錄。但本年度多數河川點位布建於畜牧業下游，水體較為髒污，因此有較高的更換元件與校正維運次數，如圖 8 與圖 9。河川與零星工廠均有較高的一般維運清潔次數，而由維運工單顯示布建於河川的移動式感測器較易遇到大雨翻覆、內部進水，而造成主控傳輸模組、感測控制模組與電池相關損傷，因此布建於河川之感測器在內部模組方面相較於其他場域均有較高之維運更換次數，也顯示其外部防水防蝕的重要性。圖 8 顯示，更換元件與維運之感測器在多種行業別占多數，其次為水質背景調查，第三則是金表處理業。由於布建於水質背景調查之感測器，多數為無針對特定產業進行監測，監測目的類似於多種行業別，且經由資料搜尋與統計，多數監測緣由為低溶氧死魚河川或民眾陳情之有色廢水或異味，代表原本即為受污染之河川，水體可能較為髒汙，也易導致元件快速衰減或探棒需校正。圖 9 顯示零星工廠也有較高之更換元件與維運次數，推測其水質也較易受其排放之廢水污染，強酸或強鹼的水體易使外部組件腐蝕，塑膠劣化，旋開過程中崩牙以及污水滲入而導致內部元件耗損。

精進後的移動式感測器，因縮小體積、重量與護欄面積，降低吃水線高度，另外也將警示燈號與開關外部化，避免開蓋查看動作導致進水風險以及連續開關導致崩牙或是關蓋防水不確實導致水滲入，其設備浸水造成內部損毀狀況減少許多。其他耗材如導電度、酸鹼度、溶氧與溫度感測頭均有其使用壽命，各場域的更換頻率則無太大差別。未來也有發展離岸型移動式設備，外部用水桶包保護防撞後將電極置入水體感測，降低主機進水的可能性可大幅減少主動傳輸、感測與電力供應模組的耗損。

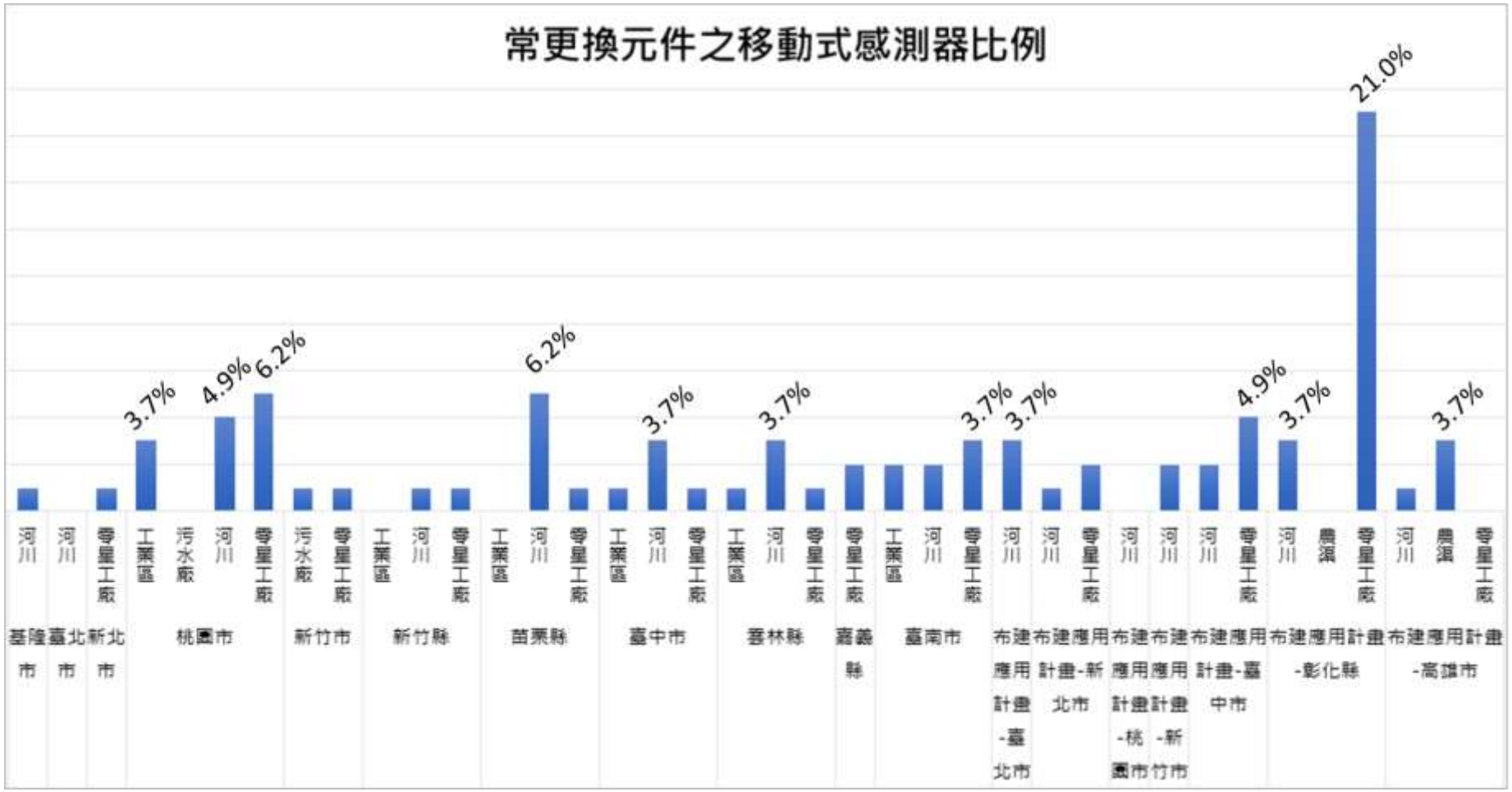


圖 6 各縣市與場域常更換元件之移動式感測器數量占比

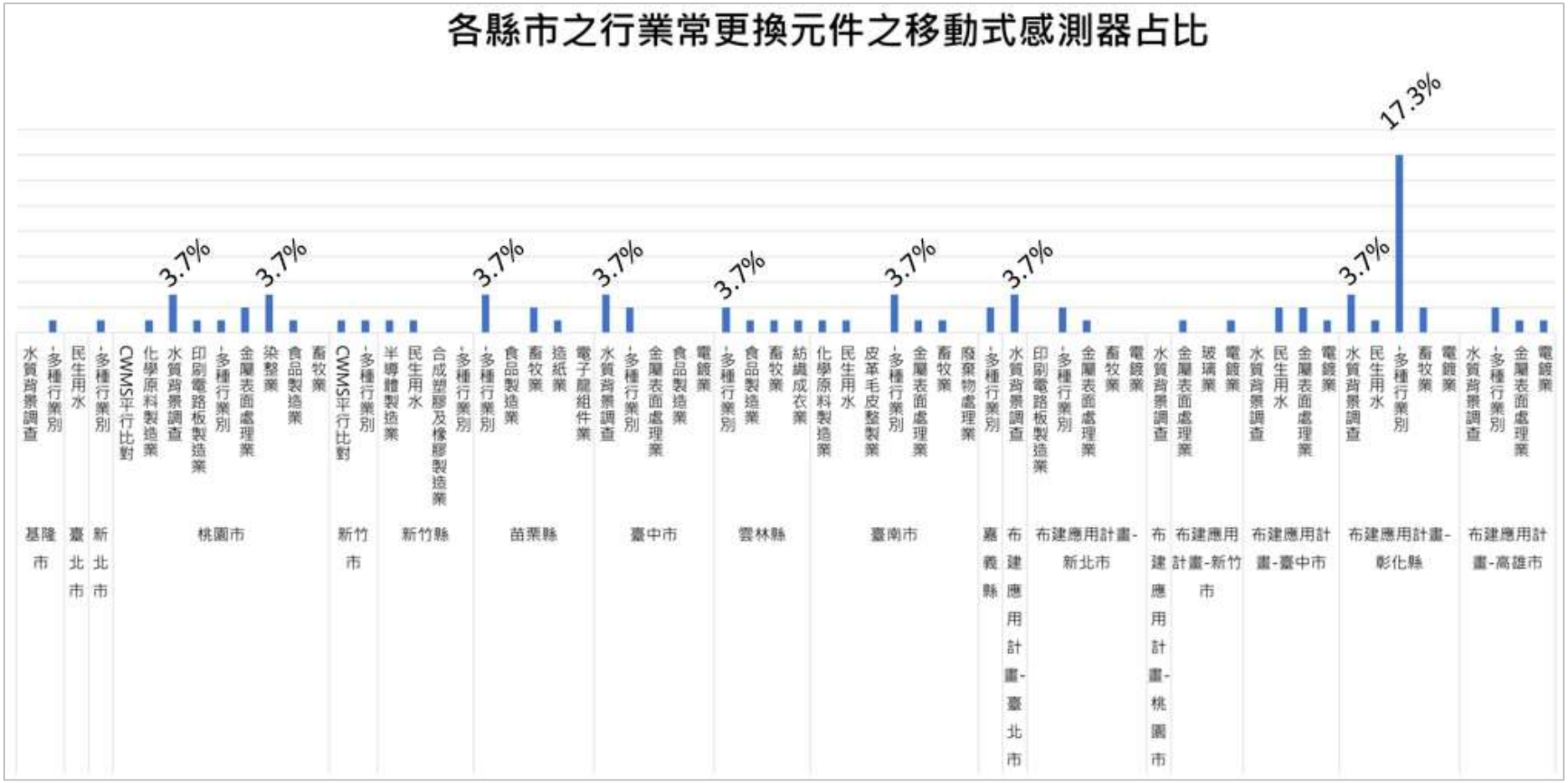


圖 7 各縣市之行業常更換元件之移動式感測器占比

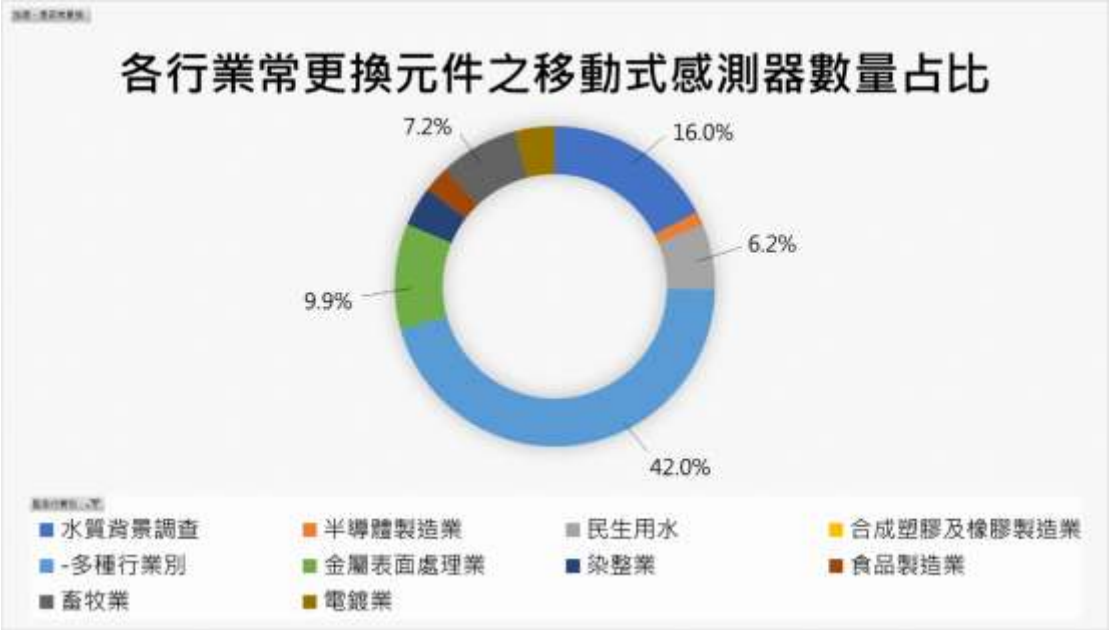


圖 8 各監測行業常更換元件之移動式感測器占比

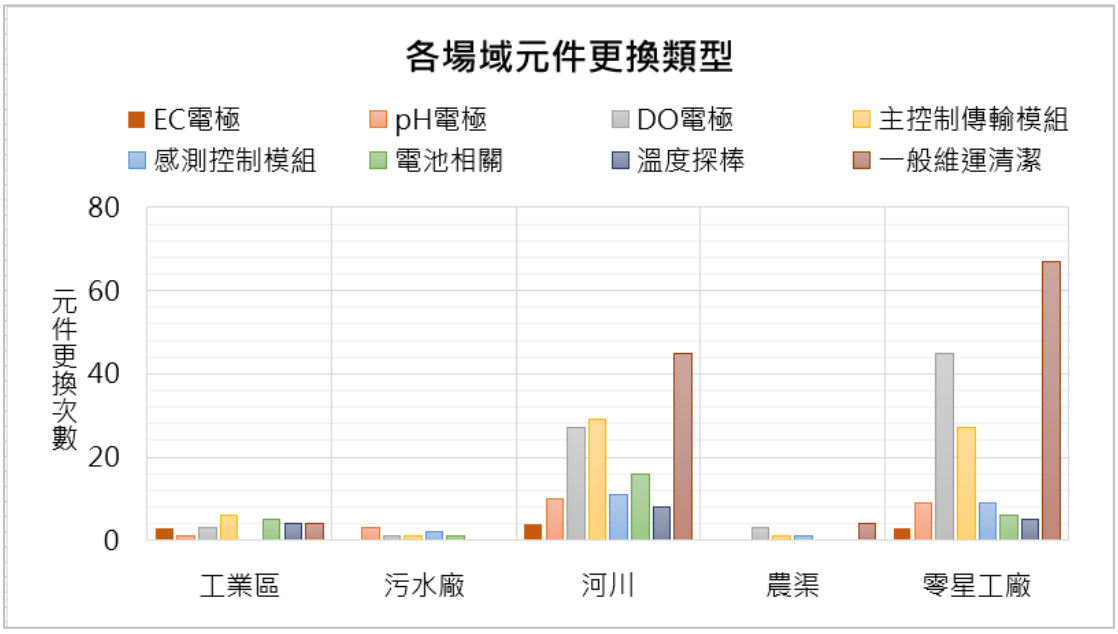


圖 9 各場域元件更換類型

3.2 數據品質分析

各感測器在布建時常需針對各場地環境參數、檢量線以及內部韌體相關問題等因素作調整，在 110 年前的數據品質表現差異較大，111 年後縮減維運之感測器數量與優化選址後數據品質較為穩定。

一、 固定式感測器

由表 3 可知，依據數據品質指標，在統計區間內共有 30 臺感測器，其中有 9 臺感測器數據品質表現不良，占比為 30%。由感測數據顯示，各感測器數據品質不良多為感測數值為定值，推測為當時有可能為高溫、電壓干擾或進水等因素導致電路不穩而造成 sensor board 當機，此時則需進行維運清洗或更換。另外也由過去每週分析感測器數據之經驗顯示，在感測器無異常狀況下，當導電度低於 200 μS/cm，通常表示現地水量不足、水管阻塞或抽水不順，會連帶導致 pH 感測值異常偏高或偏低。目前固定式感測器多數布建點位為工廠出水口之排水溝，在工廠有運作或有大雨時才有足夠的水量進行感測。環境因素除了現地水量不足而抽不到水以外，若布建於河川還包含水流過於湍急，抽水過濾頭被沖至岸上或抽水氣泡過多以及勾到樹枝而導致抽水不順。在感測器方面，抽水泵之蠕動管破裂會造成感測器無法抽水或抽到充足的水量，因此也須定時做蠕動管的更換。依據目前維運經驗，蠕動管平均壽命為一個月，若水壓較大之點位如水情接露點則須更早進行更換，平均壽命約三週，也可將蠕動管更換為較耐用的材質以延長壽命，但相對的也需較高的成本。因此在評估各項感測數值是否可信，均會優先以導電度確認感測器狀態，以確認使否有抽到水，後續在布建點位的選擇上需要多加評估各種情況下可能的水量狀態。

二、 移動式感測器

由表 4 可知，依據數據品質指標，在統計區間內有 161 臺感測器有感測數據，其中有 61 臺感測器數據品質表現相對於其他感測器較為不良，占比為 37%。由感測數據顯示，各感測器數據品質不良多為感測

數值為定值，推測為當時有可能為網路傳輸不穩、電壓干擾或設備進水等因素導致電路不穩而當機，也有可能為場域水質環境較差導致感測元件明顯髒污與衰老，此時則需進行維運清洗或更換，移動式感測器因須將設備至於水體上感測，當發生豪大雨或水流較湍急時設備易翻覆進水，依使用者意見回饋多屬設備進水導致感測器當機無法持續感測。由過去數據分析經驗顯示，在感測器無異常狀況下，當導電度低於 200 μS/cm，通常表示感測場域水量不足、設備擱淺等，會連帶導致 pH 感測值偏低，目前多數的數據品質不良多為場域水量不足設備擱淺或設備翻覆進水等環境因素所造成，例如遇枯水期時為避免感測元件因無水損壞建議將設備移點或是先將感測元件裝上保護套管；遇梅雨颱風季節時為避免移動式感測器因豪大雨致水位暴漲或水流湍急，而造成設備故障、損壞或遺失建議將設備收起待大雨過後再恢復感測。因此在評估各項感測數值使否可信，均會優先以導電度確認感測器是否有足夠的水量進行檢測，因此在布建點位的選擇上需要多加評估各種情況下現地可能的水量狀態。

3.3 場域數據分析

各單位與地方政府參與固定式與移動式感測器布建計畫與應用場域占比如圖 10 與圖 11。

一、 固定式感測器

在統整資料的這段時間裡共有 30 臺固定式感測器，分別布建在五個縣市，其中在桃園市布建超過一半的感測器，主要分布於南崁溪周遭與龜山工業區，應用與布建場域多數為工業區與零星工廠，此外有兩個點位為河川，分別為大漢溪 R1 與南崁溪主流 R25。布建於桃園市主要應用於監測水質與稽查。新竹市布建了 7 臺感測器，約占固定式總數的 26.7%，其中三臺布建於新竹淨水場，四臺布建於水情揭露點，主要應用於民生用水的濁度與餘氯監測，一方面也做設備感測效能的驗證。淨水廠與水情揭露點過去的感測數據顯示，濁度與餘氯感測均有一定的

準確度，但濁度在高濃度約大於 10 NTU 之檢量線準確度須再作調整，而電化學餘氯低濃度感測也須持續精進到 0.1mg/L。在數據統計區間內一臺有感測銅離子的感測器布建於彰化縣洋仔厝的農渠，主要感測周遭零星工廠所排放之廢水對附近農渠灌溉水質的影響。在過去的數據顯示，農渠水質無受到汙染。

其餘布建占比數為新北市 6.7%、嘉義縣 10%。新北市主要布建於塔寮坑溪，分別有塔寮坑溪 R1 與 S1，塔寮坑溪 R1 為水質背景調查，塔寮坑溪 S1 為監測零星工廠，此兩站點均有觀察到規律排放超標廢水現象，也持續回報環保署。嘉義縣布建於嘉太工業區，感測數據顯示 COD > 130 mg/L 有輕微且規律超標現象，後續追查發現為染整業所排放，法規限值 160 mg/L，因此後續無進場稽查。在此數據統計區段內，多數感測器有部分時段超標現象，但較無規律且經常性的排放超標廢水，故固定式感測器無稽查裁處案。

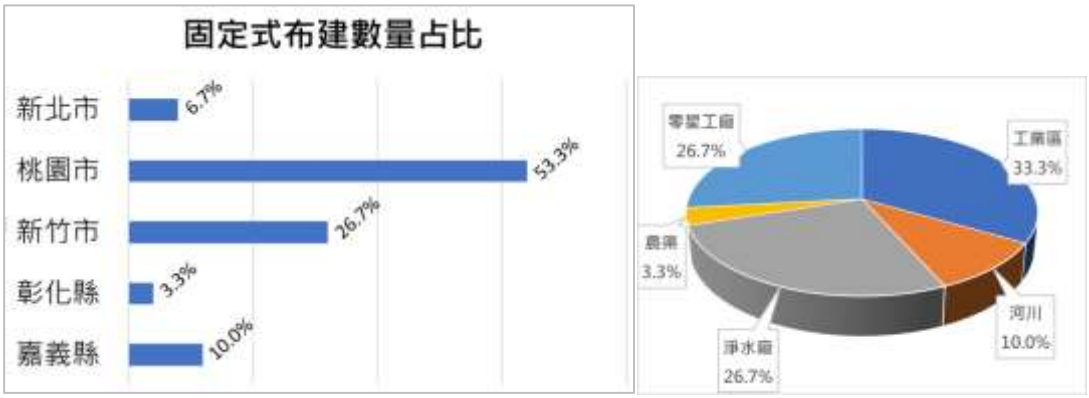


圖 10 固定式感測器布建數量與應用場域分布之占比

二、 移動式感測器

在數據統計區間內共有 184 臺移動式感測器的布建資料，而布建應用計畫在彰化的布建量占總比數 16.3%，其中包含一件裁處案件為針對畜牧業布建於河川的益源畜牧場。布建數量第二高的為台中市，占總比數 15.2%，多數布建於零星工廠，針對行業有食品製造業、金屬表面

處理業，其中包含六件裁處案，分別為昱品美食股份有限公司、國榮金屬工廠、逢大工業、誠宇工業、郡隆工業與飪珍記食品股份有限公司。誠宇工業為金屬表面處理業，自布建當月即發生 pH> 9 超標水質異常訊號，後續稽查發現有橘色廢水排出，進場稽查並採水檢測結果該廠放流水超標 pH 11.9、SS 770 mg/L，並裁處 148.2 萬元。飪珍記食品股份有限公司為食品製造業，於稽查該廠區側溝排放口採樣，發現懸浮固體134mg/L(限值：30 mg/L)、化學需氧量檢測值 450mg/L(限值：100mg/L)、生化需氧量檢測值：40.0mg/L(限值：30mg/L)及油脂檢測值：202mg/L(限值：10mg/L)，未符合放流水標準，限期改善。經環保署水保科續觀察昱品美食股份有限公司的排水習性，於 110 年 11 月 5 日接獲民眾陳情並前往稽查，水樣檢測結果 COD 與 SS 未符合放流水標準，裁處 55.5 萬元。

桃園市布建數量占總比數 11.4%，多數點位布建於於零星工廠，且其附近工廠密集，涵蓋多種行業別，其中包含兩件裁處案件，分別為利銘科技有限公司與染整業的日譽興業股份有限公司。利銘科技有限公司之稽查任務為桃園地檢署指揮行動，發現貴公司未經核准登記之放流口排放廢水，繞流排放廢水經檢測結果含有害健康物質，重金屬銅為646mg/L(標準 3.0mg/L)，鎳為 949mg/L(標準 1.0mg/L)，依 105 年 3 月 11 日環署水字第 1050017863A 號令，本案違反水污染防治法第 18 條之 1 第 1 項規定，且為同法第 73 條第 1 項第 7 款規定所稱嚴重影響附近地區水體品質屬情節重大，爰依同法第 46 條之 1 規定命貴公司停工。

臺南市、布建應用計畫-新北市與高雄市布建數量占總比數約為7.5%，臺南市多布建於河川，布建應用計畫-新北市多布建於零星工廠，監測行業別多元複雜，其中共有四件裁處案。台南市裁處案件為榮豐皮革股份有限公司與廢棄物處理業之九九峰企業股份有限公司。於稽查發現榮豐皮革股份有限公司於該廠側大排水溝箱涵發現有塑膠管線排放廢水情事，進廠查核發現排放廢水係由處理單元抽水站利用塑膠管線未經過砂濾器及精密過濾裝置連接放流收集槽排放於大排水溝箱涵，

繞流排放廢水於地面水體，於排放口採取水樣一組送驗，發現化學需氧量檢驗值 327mg/L(標準值 200mg/L)；生化需氧量檢驗值 47.4mg/L(標準值 30mg/L)；懸浮固體 46.5mg/L(標準值 30mg/L)，未符合製革業(藍濕皮製成成品皮者)放流水標準、並裁處 190.8 萬元。九九峰企業股份有限公司從事廢棄物焚化廠或其他廢棄物處理廠，稽查於貴公司放流口採取水樣一組送驗，發現化學需氧量檢驗值 569mg/L（標準值 100mg/L），未符合廢棄物焚化廠或其他廢棄物處理廠(場)放流水標準規定限值，且稽查發現水處理設施砂濾器與活性碳吸附塔之閥門皆關閉，廢水直接由中繼槽未經砂濾器與活性碳吸附塔處理逕流至緩衝槽，未依許可文件登載內容事項操作，裁處 43 萬元。



圖 11 移動式感測器布建數量與應用場域分布之占比

各場域與產業別水質排放特性如表 7，總結固定式與移動式之布建應用場域大宗均位於工業區、河川與農渠，工業區主要監測行業為金屬表面處理業、污水處理廠、砂石業、印刷電路板製造業與電子零組件等，而河川由於河道長度較長，主要為了解水質背景居多，而監測行業別主要為畜牧業其次才是零星工廠，為較易有污水排放之場域。工業區主要布建於雨水下水道放流口及污水處理廠放流口，其常為各工廠廢水匯集，廢水排放之水路較為複雜，有時也因環境限制有安全性問題或管線水路複雜，不容易進行稽查，因此在布建時通常會以能篩選符合污

染源頭之工廠放流口為目的。在農渠部分，主要在取水口、灌溉渠道系統及出水口做布建，以了解灌溉用水品質，因此此區污染狀況較輕微。各縣市場域雖未必均有裁處案件，但也可作為各場域之工作場所排放廢水之告警功能，以及了解水質背景，顯示其監測點位的必要與重要性。

表 7 各場域與產業別水質排放特性

應用場域	產業別	酸鹼值 pH	電導度 EC（μS/cm）	溶氧 DO（mg/L）	化學需氧量 COD（mg/L）	應用建議
農田渠道	—	6.5 - 8.5	500 - 1,000	2 - 4	—	以 pH 判斷超標廢水、EC 及 DO 判斷排水時間
河川水體	—	6.5 - 8.5	300 - 2,000	4 - 9	20 - 100	以 pH 判斷超標廢水、EC 及 DO 判斷排水時間
稽查執法應用	畜牧業	6.5 - 8.5	1,500 – 5,000	< 2	100 - 600	以 COD 判斷超標廢水、EC 判斷排水時間
	印刷電路板製造業/金屬表面處裡業/電鍍業	6.5 - 9	500 - 5,000	—	20 - 80	以 pH 及 COD 判斷超標廢水、EC 判斷排水時間
	印染整理業	6.5 - 8.5	300 - 1,000	—	50 - 150	以 COD 判斷超標廢水、EC 判斷排水時間
	食品製造業	6.5 - 8.5	1,000 - 10,000	—	20 - 80	以 pH 及 COD 判斷超標廢水、EC 判斷排水時間
	工業區大排	6.5 - 8.5	300 - 5,000	1.5 - 4	20 - 80	以 pH 及 COD 判斷超標廢水、EC、DO 判斷排水時間

3.4 環境效益應用效益評估

一、 固定式感測器

依據統計資料表 5 與圖 12 顯示，高效益點位之感測器共有 9 臺，占所有有效之布建點位約 30%，其中新竹市所布建之感測器為設備濁度與餘氯驗證用，因此無納入高效益點位。桃園市高效益點位占所有高

效益點位約 66%，主要位於工業區與零星工廠。其餘縣市各有高效益點位分布於零星工廠與工業區。彰化縣農渠相較於工業區水質較為乾淨，無感測到太大的異常。桃園市主要布建於龜山工業區與南崁溪周遭之零星工廠，行業別較為複雜且多元，匯集的製程廢水對環境負擔較大易造成水質污染，所感測之水質異常項目主要為 pH > 9 或< 6，伴隨著導電度升高 > 2000 μS/cm 以及少部分電子零組件與印刷電路板製造業所排放之廢水造成 COD > 130mg/L 現象。嘉義縣主要感測染整業所排放之廢水，其高效益點位多為 COD > 130mg/L 伴隨著導電度升高 > 2000 μS/cm 之異常。而固定式感測器在各行業間高效益點位則無明顯差異。零星工廠為針對或是已鎖定之特定廠區放流口進行感測，因此異常次數也較工業區來的多。

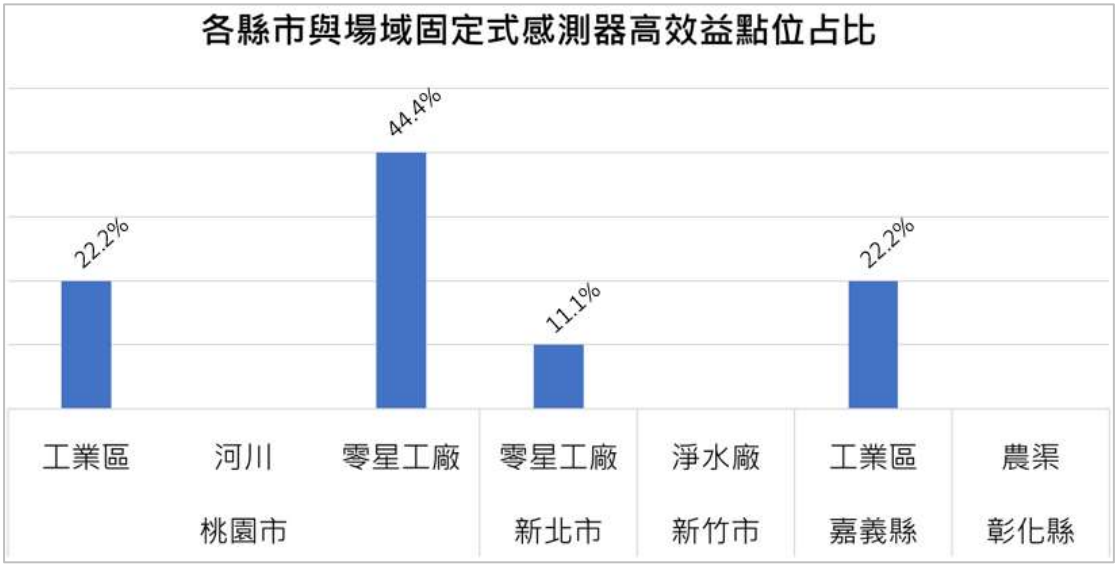


圖 12 各縣市與場域固定式感測器高效益點位占比

二、 移動式感測器

依據統計資料表 6 與圖 13 顯示，高效益點位之感測器共有 53 臺，占所有有效之布建點位約 40%，臺中市在零星工廠的布建點位為最多高效益點位，約占所有高效益點位的移動式感測器 9%，而布建於河川之高效益點位約占 7%，這結果與圖 11 一致，臺中市的布建數量高，

同時也有較高之 6 件稽查裁處案件，顯示其布件點位工廠所排放之廢水有較多數的超標狀況。臺南市布建於零星工廠之高效益點位占比約 7%，也有兩件稽查裁處案件，分別為榮豐皮革股份有限公司與廢棄物處理業之九九峰企業股份有限公司。桃園市布建於河川約占 6%的高效益點位，零星工廠約占 4%，其中包含兩件稽查裁處案分別為利銘科技有限公司與染整業的昭萬工業股份有限公司。

嘉義縣布建於零星工廠占 6.2%的高效益點位，在統計資料中，所監測之行業別為多種行業如圖 14，推測所監測之水體較為複雜且多元，因此感測到較多之超標廢水。布建應用計畫所布建在農渠的點位亦有許多高效益感測器，占所有高效益感測器 3.7%，其中包含 1 件稽查裁處案為畜牧業。

圖 14 顯示高效益點位之感測器在各行業占比為多種行業別最多，為 32%，其次為水質背景調查。值得關注的是，水質背景調查多數為民眾陳情水質有顏色味道異常或低溶氧死魚而布建之點位，其水體狀況類似於多種行業別，無針對特定工廠或行業別進行監測，因此容易感測到水質異常。而其餘金屬表面處理業與畜牧業都容易於廢水中感測到酸鹼值超標伴隨著導電度升高的現象，尤其金屬表面處理業所排之廢水內含多種重金屬，導電度常會高於 5000 μS/cm，也可能伴隨著銅鎳鋅等重金屬超標現象。製程所排放之廢水，易有水質污染的情況發生，其中最易造成的污染為高導電度，其為首要判斷水質異常以及確認感測器是否穩定的指標。

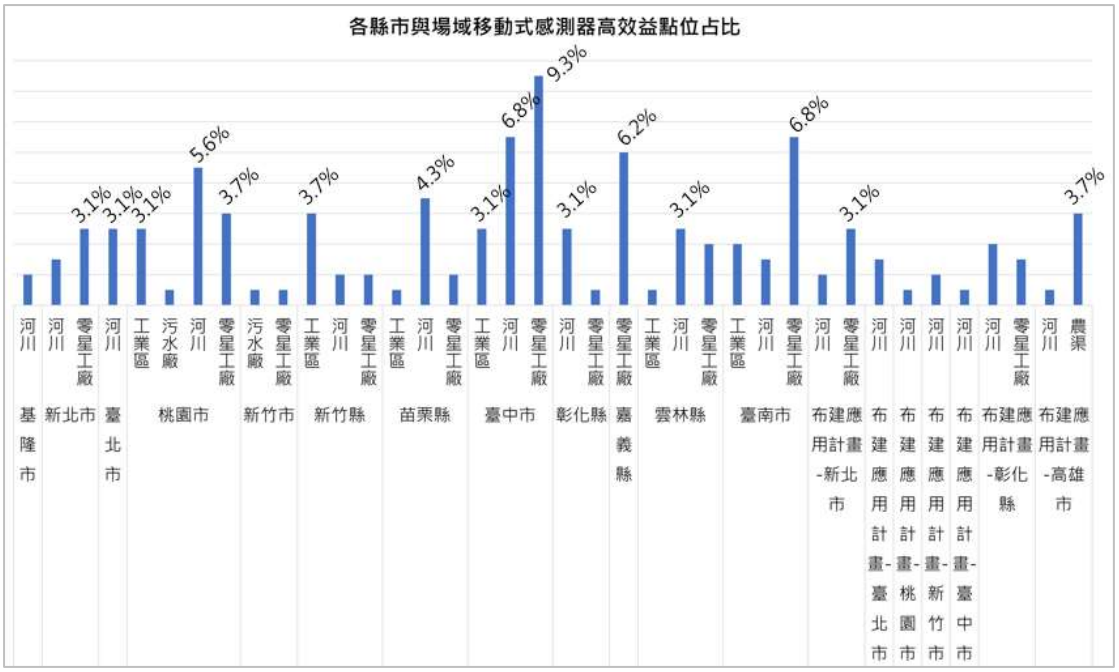


圖 13 各縣市與場域移動式感測器高效益點位占比



圖 14 移動式感測器各行業高效益感測器占比

3.5 手持式感測器應用概況分析

手持式水質感測器，具備酸鹼值、溫度及電導度三合一感測模組，可提

供快速檢測、資料拋轉及後端數據分析功能，具備低成本及量測穩定性，適合提供給稽查人員、河川巡守隊與一般民眾隨身攜帶，配合手機應用程式（APP）功能隨測隨傳。統計 110 年 7 月 1 日至 110 年 12 月 31 日共六個月內各單位與縣市使用量及異常水質狀況如圖 15，左側坐標軸為感測數量，右側為水質異常總件數。

新竹縣、桃園市與工研院感測數量最高，在六個月的統計區間內平均每週即有三次感測次數，其感測之水質異常事件主要為 1000<EC<10,000 μS/cm，其次為 pH<6。工研院綠能所所得之感測數據為本團隊將手持式感測器送出給各單位使用前用標準液做測試。而新竹縣所感測之水質異常項目為 1000<EC<10,000 μS/cm 與 pH<6，依據合辦結案報告顯示新竹縣環保局每月定期辦理新竹工業區放流口及雨水口採樣及檢測作業，主要監測電子零組件製造業、機械設備製造業及化學製品製造業等為主的行業，有效控管新竹工業區排放廢水符合法規標準及避免事業單位透過雨水管道僥倖偷排，以建立相關背景資料。

新竹市與連江縣有較多之感測數據為 EC>10,000 μS/cm。由經緯度確認新竹市感測點位多位於濱海，推為進行海水檢測，海水之鹽度較高所致。經由合辦結案報告得知連江縣在數據收集期間，於南竿海淡廠放流口周圍處、福正沙灘與坂里沙灘進行水質感測，整體監測數值範圍約為 11,700~15,100 (μS/cm)，因海水富含高濃度之鹽度使電導度整體數值大幅上升，但以整體海域水體水質皆屬於正常範圍。

花蓮縣於數據統計期間有辦理環教大使手持式感測器教育訓練與水環境巡守隊生態營，使得部分數據 pH<6 與 1000<EC<10,000 μS/cm，其餘部分為巡守隊用於環境檢測之水質異常值。屏東縣在統計數據期間內在琉球鄉進行淨水廠進流與出流的水質檢測，淨水廠主要是處理民生用水，再加上有些民眾會取海水來使用，所以 pH 與 EC 才會稍微偏高。屏東縣在過去曾有有一起感測畜牧業廢水的裁處案件，以手持式感測器於該場放流口進行檢測，導電度高達 6,863 μS/cm，初步判定其水質稍為欠佳，故於現場放流口採集

水樣送驗，發現其 COD 高達 980 mg/L 與 SS 95.5 mg/L 之超標現象，裁罰該畜牧場新臺幣 6,000 元整並參加環境講習 1 小時。

在使用頻率上各縣市均有一定的感測量，顯示手持式感測器良好的機動性，可短時間進行極端水質的檢測，亦有其使用效益。



圖 15 各縣市使用量及異常水質狀況

第四章 結論與建議

固定式與移動式感測器在布建初期，均有許多問題須進行環境測試與設備調整，大部分的問題在 110 年已大幅改善，也降低了維運時程與頻率。由於 110 年的固定式與移動式感測器均為精進後的設備，加上優化選址後感測器在整體應用與感測狀況較 109 年穩定。感測元件與內部零件老化與衰減，都可能是影響感測數據偏移的原因，因此良好的維運品質與校正是很重要的。依據元件衰減指標的分析結果，由於固定式感測器在電力供應方面改為鉛蓄電池，布點位置也盡量選擇能接市電或日照充足的點位裝設太陽能板可延長至 30 天的電力，電池更換頻率較 109 年明顯下降，優化後也將 PET 感測由過去晶片式改為市售電極，提升 PET 感測之穩定性與持久性，大幅延長了維運週期。蠕動管方面，於每次更換蠕動管時在表面塗上一層凡士林以降低馬達轉動對蠕動管表面的摩擦力以延長其壽命，另外也有陸續將水體複雜或水壓較大之點位更換為蠕動管較為堅韌的材質，壽命可延長超過一個月。而移動式具備高機動性、體積小場地適應力佳且能快速布建，直接放進水裡即可進行感測，但也需有良好的維運品質以及須注意進水問題。移動式感測器設備優化後縮小其體積、重量與護欄面積，降低吃水線高度，另外也將警示燈號與開關外部化，避免開蓋查看動作導致進水風險以及連續開關導致崩牙或是關蓋防水不確實導致水滲入，未來也有發展離岸型移動式設備，外部用水桶包保護防撞後將電極置入水體感測，降低主機進水的可能性，也大幅減少主動傳輸、感測與電力供應模組的耗損。

為確保感測器狀況與數據品質整體成效，感測器於安裝前應確認應用目的，依據不同應用情境，放置的點位與布建密度也有不同，以確保在感測數據應用分析上能發揮應有的效能。在安裝前應先進行場勘，至現場確認安裝固定處、抽水揚程、水位高低、流速及漲退潮影響狀況，還需要考慮維運的難易度後才可確認安裝點位。安裝後則需以符合環檢所檢測標準之手持式水質感測器比對，確認相對器差在誤差範圍內，後續方能取得具代表性的感測數據。

在數據分析方面，若要應用感測器改善環境，需先掌握各場域水質背景基線或監測行業別，在執行感測器數據分析時，可依據表 7 各場域與產業別水質排放特性來判斷水質異常與否，是否有超標，並紀錄每臺感測器是否有感測到水質異常，兩

個月後均無異常則可進行移點評估，以提升各感測點位的感測效益。另外移動式感測器也可因應突發性水質污染事件，進行短時間且高頻率之水質監測，確認水質概況及污染物可能擴散區域，亦可與固定式搭配，逐步限縮污染範圍。此外需注意的是，感測位置若為處裡後廢水及自然水體匯流後水樣，於數據判讀時亦應予以調整。在固定式與移動式感測器中，導電度是個良好的依據，以導電度是否低於 200 μS/cm 來確認現地水量與抽水狀況，或由空氣中溶氧約 8mg/L 來判斷感測探頭是否接觸水體，初步判斷感測器狀態優先剔除無效數據。由其他水質感測項目異常時同步確認導電度是否連動以及排水時段與週期性來判斷此感測之水質異常是否可信。大部分的情況下，若有排放廢水或水質有遭受污染，導電度常會有所起伏，由此也可得知，布建點位各種狀況的水量評估相當重要。

數據分析完成後方可進行點位效益的評估，確認各感測項目的超標頻率與連動關係，篩選出高效益點位，再透過時空分析限縮污染熱區，以星期與時間分析之熱力圖掌握可疑排放源之排放時段與週期性，輔以手持式感測器檢測現地水與現場感測器做比對，亦可搭配水平臺之水質異常告警通知系統，供後續稽查執法或作為掌握背景與後續擬定實施環境治理措施的參考依據。

附件九、水質模式應用於水聯網之可行性報告

水質模式應用於水聯網之可行性報告

受託單位：國立臺北科技大學水環境研究中心

中華民國111年11月

目錄

1.1 前言 3

1.2 監測點位選擇 3

1.3 連續監測流量與水質 4

1.4 解析實測資料 6

1.5 率定驗證模式參數 10

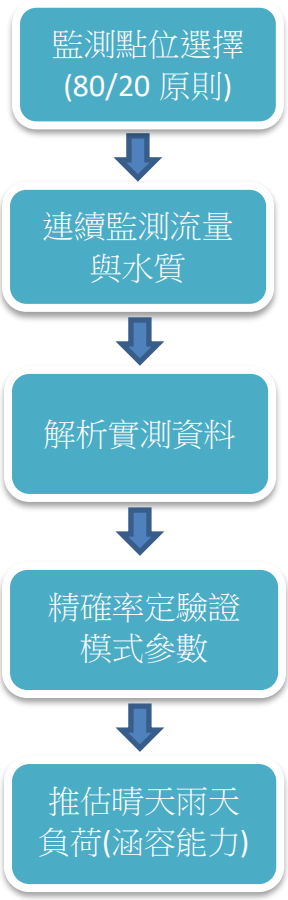
1.6 推估晴天雨天負荷（涵容能力） 16

參考文獻 19

1.1 前言

水質模式多運用在推估污染總量及模擬其影響，但囿於監測數量限制，模式常因驗證校正資訊不足，被質疑其效能及代表意義，因此建立水質連續監測系統搭配水質模式模擬，以精確估算污染物負荷或通量（loads or flux），以憑為水體總量管制及流域管理之基礎，實刻不容緩。本可行性報告（指引）將以桃園市南崁溪為示範案例，說明連續水質監測與水質模式模擬運作方式，作為未來政府推行流域管理政策之參考。執行方式首先先確定設置感測器之位置，待儀器穩定運作並擬妥維運方式後，即可開始接收連續監測資料，收集資料需先剔除異常值（outliers）後先對初級資料進行研析，而模式方面先選定適合流域之水質模式並收集參數，然後根據前述實測資料進行模式率定驗證，符合標準後，即可進行後續推估晴雨天負荷（涵容能力）及削減情境模擬工作。本工作之執行流程如下圖所示。

1.2 監測點位選擇



(一) 以污染嚴重區域優先配置：水質感測器數量有限，必須採取最有效的方式配置，首先應收集對象流域歷年之污染調查，列出主要的排放源，確定污染熱區（hot spot），將水質感測器優先配置於污染熱區，此即為點位選擇之 80/20 原則。

(二) 南崁溪設置案例解說：首先收集歷年南崁溪整治計畫，南崁溪的中上游流域生化污染物較為嚴重（BOD：東門溪佔 40%，茄苳溪佔 13%；氨氮：上游山尾排水、東門溪及茄苳溪合計 52%），鎖定中上游流域為污染熱區。根據上述污染熱區並現場會勘後，規劃將固定式測站設置於 3 處：(1)上游大埔橋：可收集上游邊界及初始資料，(2)中游大檜溪橋：經常為嚴重污染點位及(3)中游支流東門溪：主要支排，生化污染物及重金屬銅負荷較高。

(三) 移動式測站輔助：除前述 3 處固定式測站外，另有 2 處移動式測站將機動設置於主流或支排濃度變化異常處。固定式與移動式設置位置如下圖。



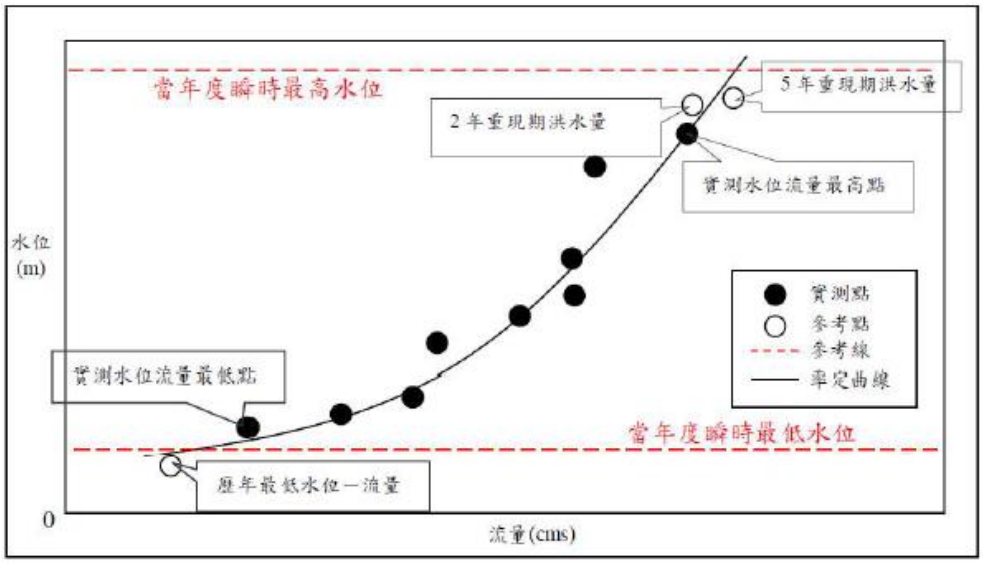
圖 南崁溪固定式與移動式水質感測器設置點位

(四) 其他設置考量：設置水質感測儀器，除了優先於污染熱區設置外，然而現場是否適合安裝，還必須考慮如：設置用地及取得許可、電源供應及用電申請、或是橋台高度與河面寬度、取樣管線佈設位置…等技術問題，需現場會勘綜合評估後確認。此外，由於感測器設置於戶外且需 24 小時連續運作，故需有足夠耐候性或遮蔭設計，以避免水質樣本受陽光過度曝曬而變質，另需訂妥維運方式，以確保感測器能穩定正常運作。

1.3 連續監測流量與水質

以往水利單位之流量站與環保單位之水質測站設置位置並不一致，如此導致無法推估污染物之負荷量，尤其一般縣市管河川或支排更是缺乏長期流量監測資料，因此建立流域長期流量資料並整合水質監測，為流域管理之重要工作。

(一) 流量監測：河道流量不易量測，在於其斷面不規則且多變，而水位量測較為容易，故一般為穫得連續流量資料可藉由量測水位，搭配水位與流量率定曲線（stage discharge rating curve），如下圖所示，再透過曲線的內插或外插取得連續流量資料。



資料來源：國立台灣大學(2021)

圖 水位與流量率定曲線示意圖

前述曲線中之流量仍需透過實地量測流速及河道斷面而得，河道屬於開放式渠道（open channel），其流速測定可採用一般流速計或較高階之聲波都卜勒流速儀（ADCP）進行測定或參考環保署所訂幾種流速或流量測定方式，如下備註。至於河道斷面可參考水利署之水文資訊網（https://gweb.wra.gov.tw）內之歷史資料，或於現場進行實地量測等方式。

備註:環保署另訂有其他幾種水量測定方法,如量水堰法(NIEA W021.52C)—適用於渠道流量之測定、流速計法（NIEA W022.51C）—適用於大型渠道或大而寬之河流流量測定、流量計法（NIEA W023.51C）—適用於水道及管路流量測定、自動監測設施法（NIEA W024.51C）—適用於廢污水處理設施進（放）流水之自動監測等方法。

(二) 水質監測：現今水質監測已發展至運用智慧感測科技，研發高效能感測元件，並建構物聯網環境（IoT）以即時監測水域環境水質變化。水質監測項目依對象河川之受污染水質項目而定，若是一般生化污染項目（如氨氮），建議一併量測水溫及溶氧（DO）等項目，以便能交叉核對；若是重金屬項目,則檢測儀器須有足夠精度,以便量測河道中較稀釋之重金屬濃度。(註:一般檢測事業放流水之重金屬濃度儀器並不適用於檢測河道中重金屬濃度）此外，水質感測器之量測值須經過實驗室樣本水樣之效正比對，其誤

差值應符合相關規範，以確保日後於現場取樣量測數據之可靠性。

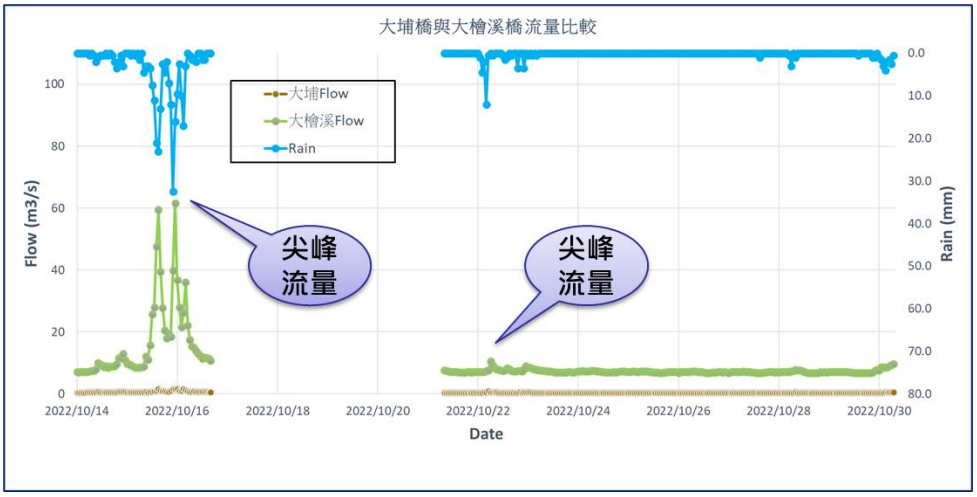
1.4 解析實測資料

收到連續監測之水質資料，須先進行資料前處理，若有突然升高或降低之異常值應先剔除（一般數值超過 3 倍標準差者可視為異常值或離群值，outliers）。監測之水質項目如水溫、pH、導電度、濃度、COD 以及流量等項目可直接紀錄及比對，延伸資料如污染物通量（flux）或負荷（loads）可透過濃度與流量之乘積計算而得，此外也需一併收集上游雨量站紀錄之雨量，以區分為晴天與雨天數值。以下將以南崁溪固定式測站測得之流量、氨氮濃度及氨氮通量等項目，說明實測資料解析方式。

(一)流量監測資料

以南崁溪測得之即時流量資料為例，10/16 之強降雨（總降雨量 206.5mm）時，中游大檜溪橋之尖峰流量約為上游大埔橋尖峰流量之 32 倍，可得知暴雨時中下游將迅速累積上游集水區及都會區大量之地表逕流，使尖峰流量大幅上升，而平時無降雨或小型降雨環境下，上中游流量較為穩定。

圖 南崁溪大埔橋及大檜溪橋 10 月流量比較



至於尖峰流量延時，10/16 強降雨時，下游大檜溪橋尖峰流量延時約 5 分鐘出現，而小型降雨如 10/22 上下游尖峰流量延時不明顯。大埔橋與大檜溪橋之尖峰流量比較如下表。

表 大埔橋與大檜溪橋之降雨事件尖峰流量比較

	10/16 總降雨* 206.5 mm	**10/22 總降雨* 20.5 mm**
大埔橋 尖峰流量	10/16 **14:19** 2.12 CMS	10/22 **20:33** 0.96 CMS
大檜溪橋 尖峰流量	10/16 **14:24** 65.29 CMS	10/22 **22:01** 10.8 CMS

註*：氣象局龜山雨量站

(二)氨氮濃度監測資料

以南崁溪測得之氨氮濃度為例，觀察 10/16 強降雨及 10/22 小型降雨期氨氮濃度較低，而 10/24 後晴天氨氮濃度逐漸累積升高，故降雨期有較明顯稀釋現象，惟 10 月已進入枯水期，前述降雨稀釋及晴天累積現象是否為常態，有待收集更多監測資料進行觀察。至於上中游氨氮濃度變化，觀察下圖上游大埔橋氨氮濃度（橘色線）較同時期中游大檜溪橋濃度高（淡藍色線），此趨勢與環保署長期監測大埔橋與大檜溪橋氨氮濃度之趨勢相符，也表示南崁溪中上游之氨氮污染的確較為嚴重。

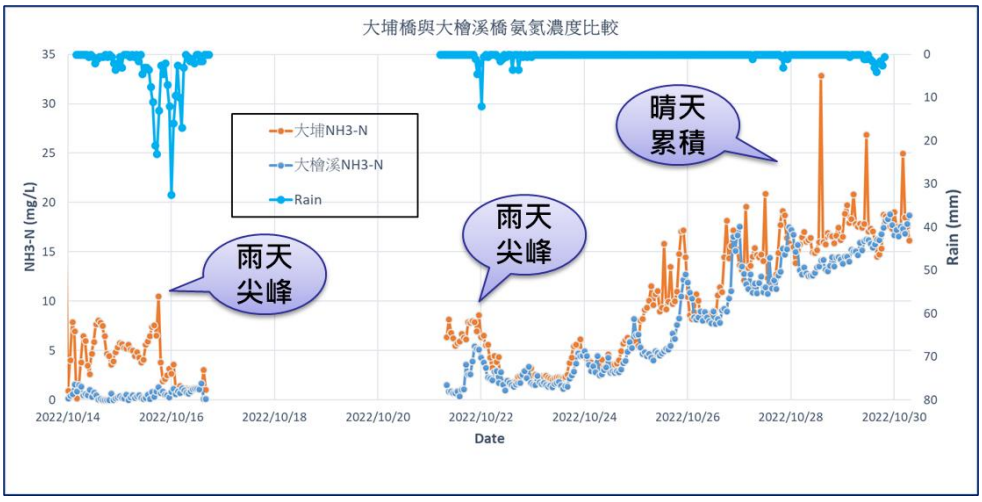
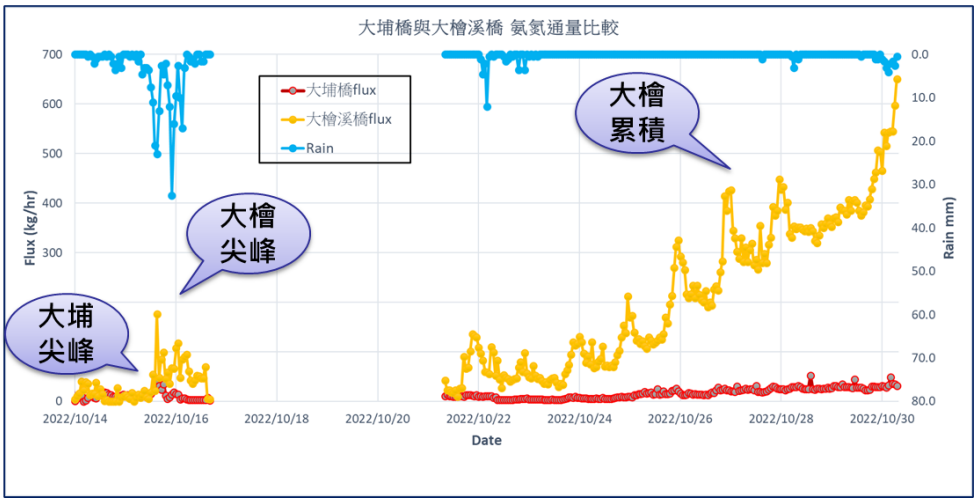


圖 南崁溪大埔橋及大檜溪橋 10 月氨氮濃度比較

(三)氨氮通量（flux）探討

前述流量與濃度可由監測儀器直接讀出，而污染物通量（flux）則是同一地點之水體流量與污染物濃度之乘積，可得該地點之瞬間污染物負荷（即通量，單位為污染物重量/單位時間），若採用水質模式可計算全流域之通量及負荷總量。觀察下圖大埔橋與大檜溪橋之氨氮通量比較，雖然上游大埔橋氨氮濃度較高，但中游大檜溪橋匯集支排流後之流量為上游大埔橋 10~20 倍，故計算後中游大檜溪橋之氨氮通量普遍高於上游大埔橋。比較晴雨天之通量變化，10/16 強降雨及 10/22 小型降雨時期，中游大檜溪橋有較明顯之尖峰氨氮通量，尤其強降雨時之瞬間通量較上游高出許多，此趨勢與流量變化相同，強降雨時大檜溪之流量為大埔橋之 32 倍（參考(一)流量變化圖），10/23 後大檜溪橋之晴天通量隨著濃度累積而增加，此趨勢也與濃度變化趨勢相同（參考圖(二)濃度變化圖），故雨天之氨氮通量主要受流量影響，而晴天之氨氮通量則由污染物濃度所控制。

圖 南崁溪大埔橋及大檜溪橋 10 月氨氮通量(flux)比較



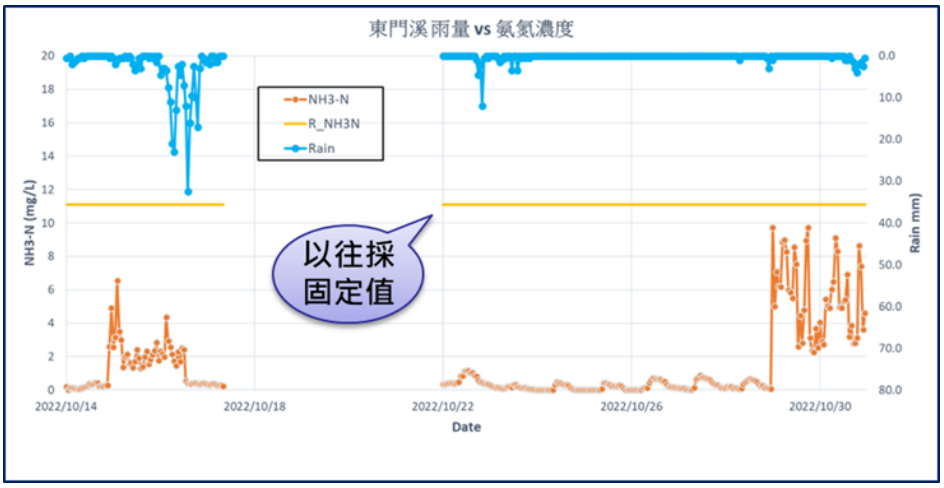
(四)支流東門溪監測數據探討

南崁溪之主要支流東門溪亦設有固定式水質感測器，以往南崁溪之支排流負荷是以歷年採樣推估之固定值輸入模式模擬，以東門溪為例，是以流量 2.1CMS 及氨氮濃度 11.1mg/L 固定值輸入模式，藉以推估東門溪之氨氮負荷約佔整體南崁溪流域負荷之 25%。如下圖為東門溪 10 月實際監測流量、氨氮濃度與計算之氨氮通量（flux）變化圖。就流量而言，以往輸入之固定流量 2.1CMS 較低，惟與實際晴天流量差異不大，而降雨期尖峰流

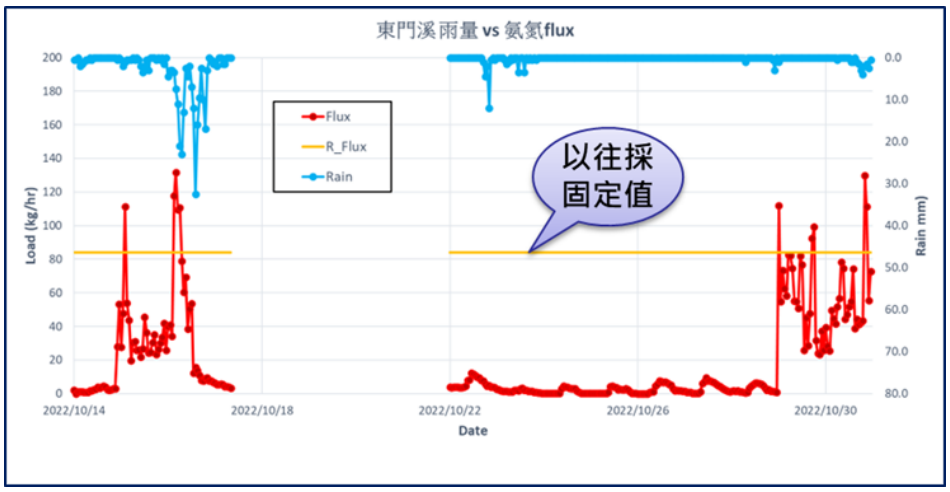
量就有數倍差異。



(a)流量



(b)氨氮濃度



(c)氨氮通量(flux)

圖 東門溪 10 月監測值

就氨氮濃度而言，以往輸入之固定濃度 11.1mg/L 太高，實際監測晴天濃度皆遠低於 11.1mg/L，僅降雨期實測尖峰濃度接近 11.1mg/L。而計算後之氨氮通量（flux）如圖(c)所示，晴天氨氮通量亦低於固定輸入值，而降雨期之尖峰氨氮通量則有超過固定負荷值。依上述數據推論，以往東門溪採固定值輸入模擬，則晴天負荷通常高估，而雨天負荷可能會低估。

1.5 率定驗證模式參數

水質模式在使用之前須通過率定（calibration）與驗證（verification）過程，藉由模式中參數的調整，使模擬值與實際值之差異達到最小，如此才能使模式中的參數適切的表達當地的地文、水文與水質狀況。經過檢定和驗證的模式，可用來模擬現況或推估未來可能發生的情形，且經由模式之模擬結果具有一定的可靠度。

(一)模式參數來源

水文或水質模式參數可先參考個別模式使用手冊之建議參數範圍，而國外設定之參數不一定適合於國內使用，故本土化參數可參考國內既有之公開資料庫，如環保署之「環境資料開放平臺（https://data.epa.gov.tw/）」、「環境圖資整合應用平臺（https://gepser.epa.gov.tw/）」、水利署之「水文資訊網(https://gweb.wra.gov.tw/）」等，以既有的觀察資料進行模式率定驗證。

(二)模式率定驗證做法

模式校驗方式可參考「環境影響評估河川水質模式評估模式技術規範」之作法，率定與驗證至少採用兩組各五筆實測資料進行計算，該實測資料得採取同一地點不同採樣時間或不同地點同一採樣時間之採樣資料。而一般率定驗證的判定指標有：相關係數 r（Correlation Coefficient） 、決定係數 R^2（Coefficient of Determination）、模式有效性 EF（Model Efficiency）、絕對平均誤差 Mean absolute percentage error（MAPE %）。而模式的可接受範圍值如表所示。

模式判定指標	範圍值	接受值
Correlation Coefficient, r	-1 ~ 1	> 0.7
Coefficient of Determination, R^2	0 ~ 1	> 0.5
Model Efficiency, EF or Nash-Sutcliffe,ENS	-∞ ~ 1	> 0
Mean Absolute percentage Error （MAPE）（%）	0 ~ ∞	≤ 50%

(三)範例說明：南崁溪氨氮模式

南崁溪氨氮污染嚴重河段為舊路大橋上游區域以及主要支流東門溪的匯入，故桃園市環保局規劃在東門溪口設置氨氮削減設施，配合南崁溪上游新建置之氨氮削減設施共同處理氨氮污染，達到南崁溪水質改善目的。2021 年為審查前述「東門溪氨氮污染削減設施規畫設計計畫」，而重新以 WASP 水質模式模擬設施設置後之氨氮變化，評估未來將設置於南崁溪上游及東門溪匯流處之氨氮削減設施效益。

2021 年所建立之南崁溪氨氮模式，是以當年 2 月及 5 月水質資料做率定及驗證，然而水質模式為模擬長期趨勢必須以更長期的資料做率定驗證，方能作為政策評估之用。故以下將以前節所建立之 WASP 氨氮模式為基礎，模擬 2020 至 2021 年之水質變化，以確認原模式參數是否能適用於長期間之模擬，並探討模擬誤差可能原因。另外再模擬 2022 年 10 月收集之連續監測資料，以確認模式是否能適用於晴雨天及連續資料之模擬。

(1) 模擬河段網格劃分

原 2021 年南崁溪氨氮模式共劃分為 33 個網格，為與重金屬銅模式整合，本次模擬重新調整劃分為 32 個網格，網格示意圖如下圖所示，網格設定以運動波模式進行水理計算。

(2) 邊界與支排流輸入資料

模式中的邊界流量與濃度是參考「東門溪氨氮污染削減設施規畫設計計畫」之資料，而其他支流排水並無每年採樣數據，故使用過去統計調查之流量與水質資料，南崁溪河川斷面是參考「桃園市河川流域污染整治綜合管理計畫」。2021 年所建置之氨氮 WASP 模式中主要使用參數如下表所示。

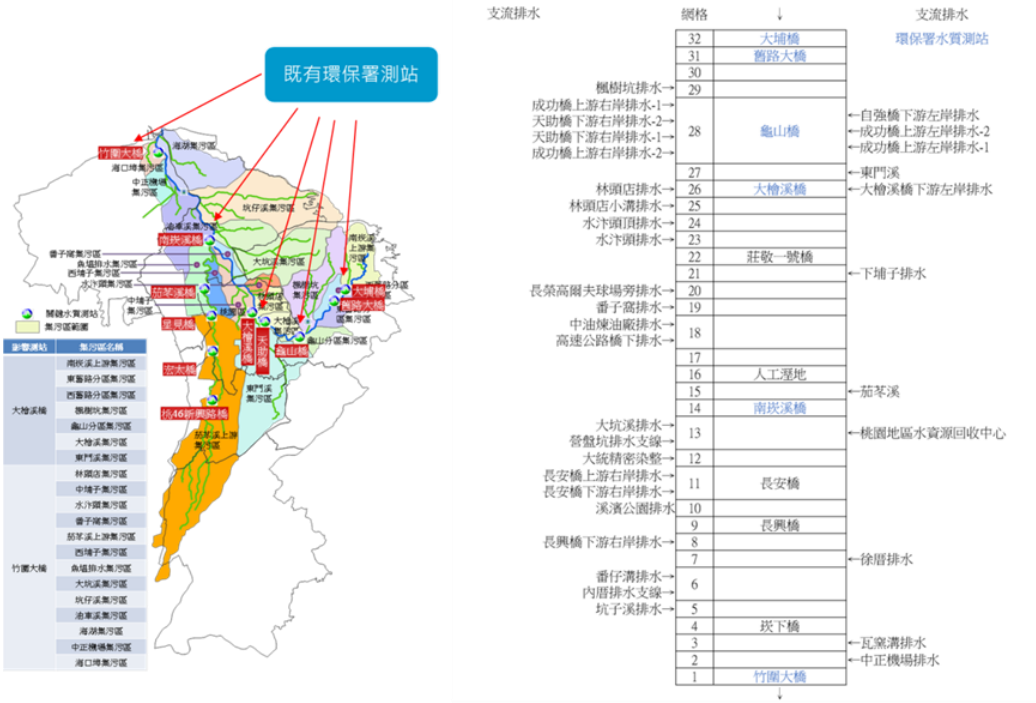


圖 南崁溪流域及 WASP 模式網格配置示意圖

表 南崁溪氨氮 WASP 模式主要參數表

參數類型	參數	英文名稱	單位	設定值	建議範圍	
					最小值	最大值
水理	曼寧 n 值	Manning's coefficient	-	0.03	0	1
水質	BOD 衰減速率常數 20°C	BOD Decay Rate Constant 20°C	1/day	0.1	0	5.6
	BOD 衰減速率溫度修正係數	CBOD Decay Rate Temperature Correction Coefficient	-	1.07	0	1.07
	硝化速率常數 20°C	Nitrification Rate Constant 20°C	1/day	0.12	0	10

	硝化速率溫度修正係數	Nitrification Temperature Coefficient	-	1.07	0	1.07

(3) 長期模擬結果及誤差討論

南崁溪之氨氮每月皆有監測資料，故 2 年有 24 筆資料，模擬結果 2020 與 2021 年誤差相近（MAPE 分別為 13% 與 15%），整體誤差為 14%，模擬結果甚佳，此應與原模式採用 2021 年 2 月及 5 月流量資料，且 2 年資料筆數較多也能精準驗證模式參數。模擬結果與誤差比較如下圖與表所示。

整體而言，氨氮模式因採用近期流量資料，故模擬結果較為理想，原氨氮模式可適用於長時間之晴天模擬。然而環保署監測資料多為晴天採樣，雖然晴天模擬精準度佳，未來此氨氮模式是否能適用於雨天模擬尚需進一步驗證確認。

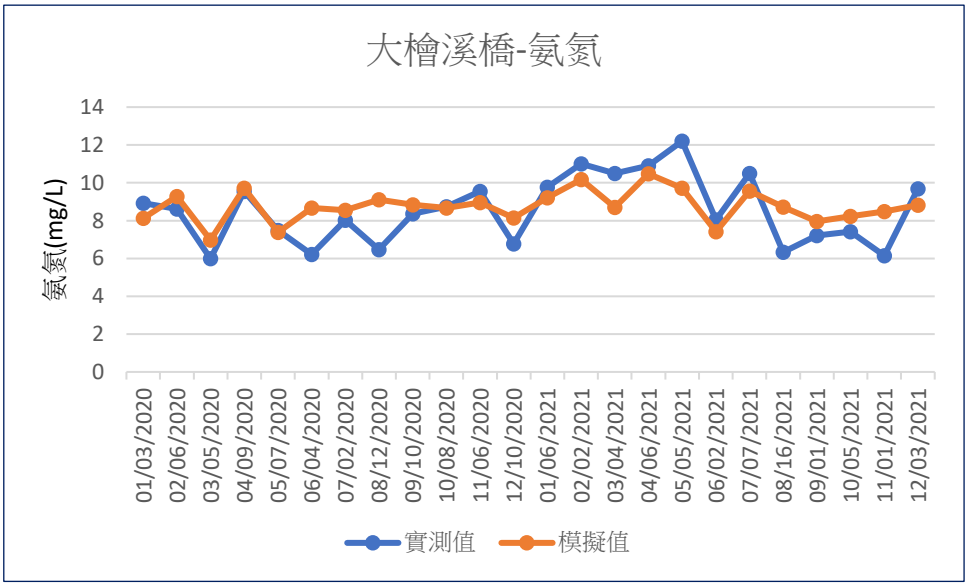


圖 氨氮模擬驗證(2020-2021 年)

表 南崁溪大檜溪橋測站氨氮模擬誤差

	實測值平均 (mg/L)	模擬值平均 (mg/L)	MAPE
2020 年	7.89	8.53	13%
2021 年	9.41	8.96	15%
總平均	8.52	8.74	14%

(4) 連續監測資料模擬結果及誤差討論

前述模擬是以長時間晴天的條件進行模擬，而本節將討論短時間連續監測資料之模擬結果。模式仍以前述建立之南崁溪氨氮模式為基礎，模擬 2022 年 10 月收集之連續監測資料，並設計三種情境進行模擬及探討誤差。情境一為東門溪以固定負荷輸入，即為以往晴天長時間之模擬方式，情境二則將東門溪流量與濃度改以固定式測站之實測值輸入，以比較支排流固定值與輸入連續監測值之差異，情境三則以情境二為基礎，另上游楓樹坑排水及成功橋上游支排流量增加 5 倍，以模擬雨天大量地表逕流排入之情境。

如下圖為 10/14 至 10/30 之大檜溪橋氨氮實測值與各模擬情境之氨氮濃度比較圖，比較數據如下表所示。情境一為將支排流以固定負荷輸入模擬，即為以往模擬方式，模擬之氨氮平均濃度（8.64 mg/L）較接近實測值平均（6.29 mg/L），但高低測值誤差較大無法掌握，故情境一比較適合日平均或月平均等長期趨勢之模擬。而情境二為將東門溪負荷改為實測值輸入，如前節東門溪實測數據分析，實測濃度均較以往固定輸入濃度為低，故模擬之平均濃度亦偏低（1.88 mg/L），主要原因為其餘支排流無法準確估算負荷，且南崁溪雨天常有大量地表逕流排入，因而有模擬濃度偏低現象。而情境三則維持東門溪以實測負荷輸入，額外假設上游楓樹坑排水及成功橋排水流量增為 5 倍，以模擬雨天大量地表逕流排入之情境，情境三結果顯示雖然平均濃度亦較低（3.75 mg/L），但較為接近實測濃度之中低範圍，晴天濃度上升趨勢也大致相符，若要精確模擬實測濃度，仍需詳細調查沿線支排流情雨天之污染排入情形。

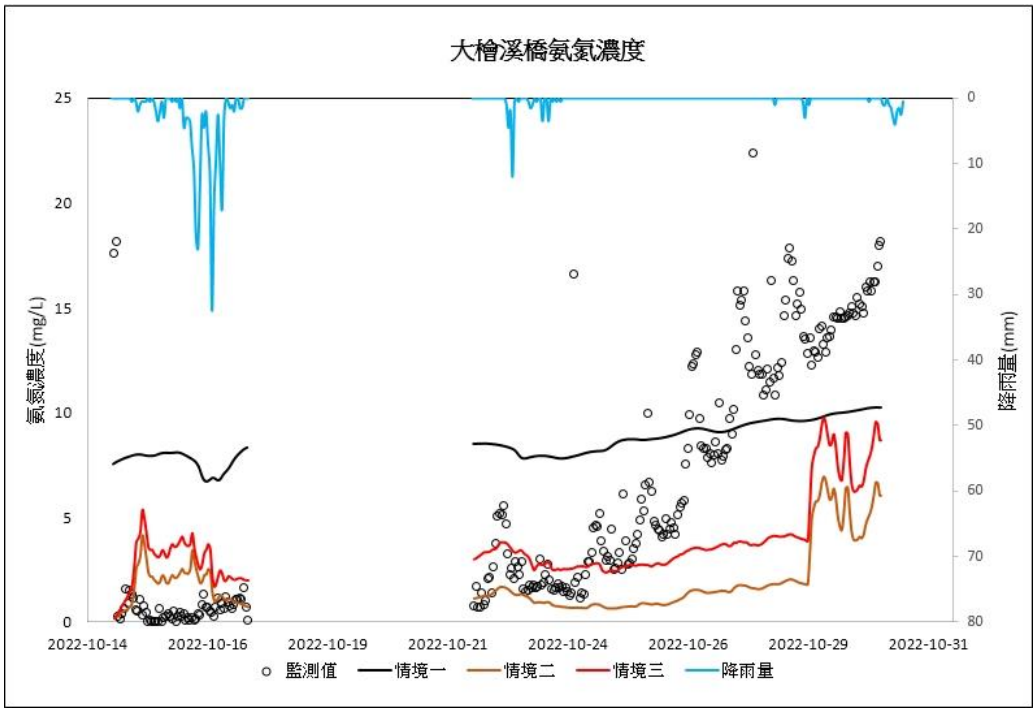


圖 大檜溪橋氨氮實測值與各情境濃度變化

表 4-7 大檜溪橋各情境模擬結果

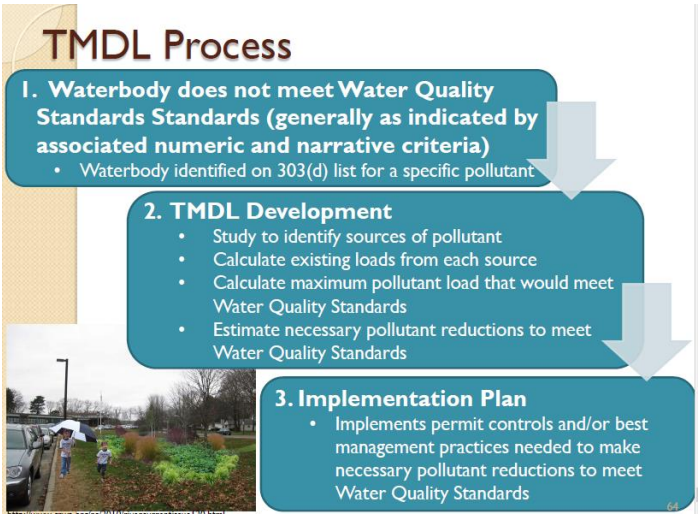
	情境描述	氨氮平均濃度	結果說明
情境一	各支排流以固定負荷輸入	8.64 mg/L	平均濃度較接近實測值，但高低測值差異較大
情境二	支流東門溪以實測流量及濃度輸入	1.88 mg/L	平均濃度較低，模擬低濃度較接近實測值
情境三	情境二 + 上游楓樹坑排水及成功橋排水提高 5 倍流量	3.75 mg/L	平均濃度亦低，但模擬低濃度與晴天濃度與實測值趨勢較接近

註：大檜溪橋氨氮實測值平均為 6.29 mg/L

1.6 推估晴天雨天負荷（涵容能力）

根據「水污染防治法」第 2 條之名詞定義，所謂水體之涵容能力，係指在不妨害水體正常用途情況下，水體所能涵容污染物之量。而目前各直轄市、縣市政府針對污染較嚴重之水體也陸續劃訂總量管制或加嚴放流水標準區域，以期能有效控制受損水體之污染排入量。

由於國內較缺乏長期流量監測資料，故無法根據長期統計之枯水期流量或 Q_{75} 低流量（即超越機率 75%之流量）推估該水體之涵容能力，而且以往水質監測多為晴天數據，所估算的也是晴天負荷，然而降雨事件造成之洪峰流量與極端水質可能數倍於晴天數據，相乘之下得到之雨天通量或負荷量將甚為可觀，尤其雨天所沖刷地表之非點源污染（non-point source pollution，NPS）常容易被忽略。



參考美國環保署 USEPA 總量管制（Total maximum daily loads, TMDL）作法，首先(1)須了解污染源所在，並(2)計算各污染源之負荷量，接著(3)計算符合水質標準所能允許之最大負荷量，再(4)估計符合水質標準之必要削減量。

依國內學者（溫清光教授）提出之估算水體涵容能力之方式（Loading capacity, LC），與前述國外推估方式相似：

STEP 1：取得某測站之水質濃度（C），以及採樣時之流量 Q

STEP2：該水體水質標準為 S，則該測站水體之涵容能力 $LC = Q \times S$

STEP3：該測站水體之即時負荷 $L = Q \times C$

STEP4：建立負荷模式（Loading Function），$L = aQ^b$，流量一年至少測 12 次（雨季至少 5 次，非雨季至少 7 次）。

STEP5：建立 Loading Duration Curve（LDC）

STEP6：計算削減總量：各工廠排放總量－LC＝ 總削減量，再分配

(一)範例說明：南崁溪中游大檜溪橋負荷計算

(1) 了解污染源所在及計算負荷量

參考國內外推估總量管制負荷之方式，首先調查南崁溪氨氮污染量，根據歷年調查南崁溪支排排放污染統計資料，大檜溪橋上游所有主要支排之每小時排放氨氮總量為 151.26kg，如下統計表。

表 南崁溪歷年檢測支排流污染負荷

支流排水	污染負荷
	NH_3-N
單位	kg/hr
山尾排水	41.70
菜公堂排水	10.42
新路坑排水	2.67
楓樹坑排水	3.11
自強橋下游左岸排水	2.05
成功橋上游右岸排水-1	0.40
成功橋上游右岸排水-2	0.27
成功橋上游左岸排水-1	3.65
成功橋上游左岸排水-2	0.20
天助橋下游右岸排水-1	2.71
天助橋下游右岸排水-2	0.02
東門溪排水(匯口)	84.06
合計	**151.26**

(2) 計算符合水質標準所允許之最大負荷量

首先須取得長期的流量統計資料，並從統計資料中求得枯水期或超越機率 75%之 Q_{75} 流量，因目前僅有 2022 年 10 月份監測資料，故以下計算將根據 10 月份監測之流量做示範說明。首先根據大檜溪橋流量實測資料，繪製流量頻率曲線圖如下，根據曲線可求得 Q_{75} 流量為 6.792CMS，而南崁溪為丙類水體，其氨氮水質標準為 0.3mg/L，則符合水體水質標準所允許之最大負荷量為 $LC = Q_{75} \times S = 6.792CMS \times 0.3mg/L = 7.34$ kg/hr。

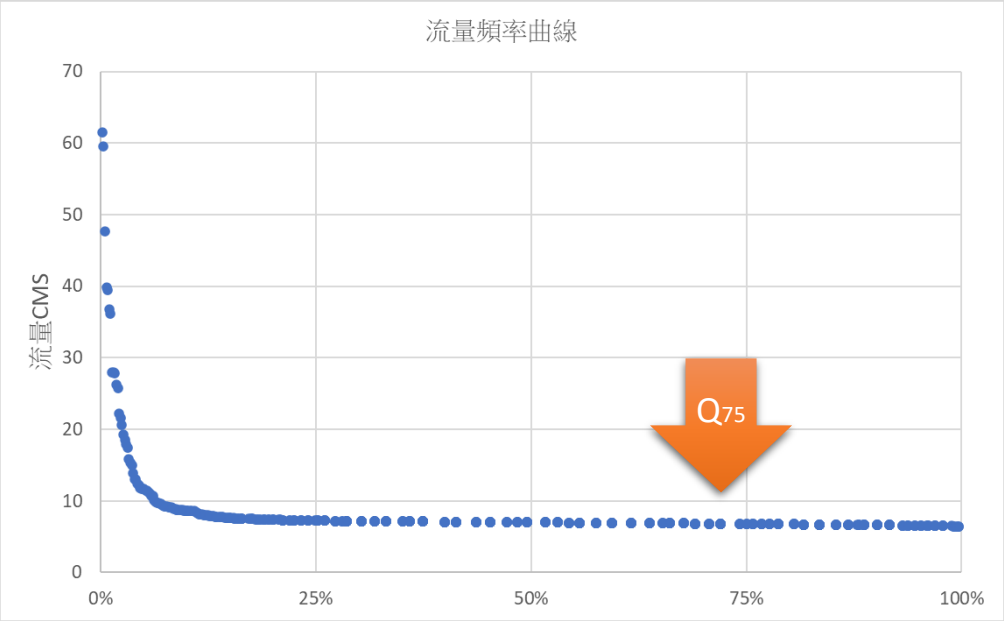


圖 大檜溪橋實測流量頻率曲線

(3) 估計符合水質標準之必要削減量

現有上游氨氮負荷為 151.26kg/hr，而允許之最大負荷量為 7.34kg/hr，必要削減量為 151.26 – 7.34 = 143.92kg/hr，平均削減比率為 143.92/151.26 = 95.1%，再根據此比率分配各支流之削減量。

(4) 問題探討

以上為計算範例說明，而事實上南崁溪缺乏長期流量資料，目前僅有 10 月份流量資料，無法完整代表豐枯水期之統計資料，須持續進行觀測以累積足夠樣本數。此外，上述統計既有污染源排放也可能有高估現象，以主要支流東門溪之觀測資料得知，以往模擬所輸入之固定負荷值過高，實測之流量及氨氮濃度均較低，此可能與近年來南崁溪與東門溪陸續完成截流設施或水質改善設施有關，故污染源調查方面仍須適時更新，以便能精確估算削減量。

參考文獻

1. 行政院環境保護署（2011），環境影響評估河川水質評估模式技術規範。檢自 https://oaout.epa.gov.tw/law/LawContent.aspx?id=GL004860
2. 行政院環境保護署（2016），105 年桃園市重點河川污染總量管制實施管理計畫。
3. 美商傑明工程顧問公司（2017），106 年桃園市重點河川污染總量管制實施管理計畫，桃園市環境保護局委託。
4. 國立台灣大學（2021），河川污染通量計測與評估，行政院環境保護署委託。
5. 陳起鳳、林鎮洋、康世芳（2021），推動地面水體水質模式運用之環境教育推展計畫，行政院環境保護署委託。

附件十、40 臺移動式設備感測器驗證報告

行政院環境保護署

40 臺移動式設備感測器驗證報告

工業技術研究院
Industrial Technology Research Institute

工業技術研究院

中華民國 111 年 11 月

目錄

目錄 I

圖目錄 III

表目錄 IV

第 1 章　前言 5

1.1　數據完整率 5

1.2　數據品質滿意度 5

第 2 章　實驗室數據完整率測試結果 7

第 3 章　實驗室測試結果 8

一、　酸鹼度 (pH) 8

3.1　NIEA 標準檢測方法說明 8

3.2　酸鹼度量測原理說明及規格 8

3.3　實驗室標準品測試結果(Lab Test) 10

二、　導電度 (Conductivity, EC) 12

3.4　NIEA 標準檢測方法說明 12

3.5　導電度量測原理說明及規格 12

3.6　實驗室標準品測試結果(Lab Test) 14

三、　溫度 (Temperature) 15

3.7　NIEA 標準檢測方法說明 16

3.8　溫度量測原理說明及規格 16

3.9　實驗室測試結果(Lab Test) 17

四、　溶氧量(Dissolved oxygen , DO) 19

3.10 NIEA 標準檢測方法說明 19
3.11 溶氧量量測原理說明及規格 20
3.12 實驗室測試結果(Lab Test) 21
第 4 章 野地測試結果 24

圖目錄

圖 3- 1 酸鹼度量測原理 9

圖 3- 2 AtlasScientific 之 pH 電極(a)電極外觀;(b)電極結構 10

圖 3- 3 導電度量測原理 13

圖 3- 4 AtlasScientific 之 EC 電極(a)電極外觀;(b)電極結構 14

圖 3- 5 DS18B20 溫度電極量測原理 16

圖 3- 6 DS18B20 溫度電極(a)電極外觀;(b)電極結構 17

圖 3- 7 AtlasScientific 之 DO 電極(a)電極外觀;(b)電極結構 21

表目錄

表 2- 1 連續 6 小時數據完整率測試結果 7

表 3- 1 Atlas Scientific pH 電極之基本規格 9

表 3- 2 校正後之 pH 電極量測標準溶液之比對結果 10

表 3- 3 電極常數 C 與測定範圍之關係 12

表 3- 4 Atlas Scientific EC 電極之基本規格 13

表 3- 5 校正後之 EC 電極量測標準溶液之比對結果 14

表 3- 6 DS18B20 溫度電極之基本規格 17

表 3- 7 校正後之溫度電極量測自來水溶液之比對結果 17

表 3- 8 溫度/溶氧對照表 19

表 3- 9 Atlas Scientific DO 電極之基本規格 20

表 3- 10 校正後之 DO 電極量測自來水溶液之比對結果 22

表 4- 1 移動式設備野地測試誤差與數據品質標準 25

第1章前言

設備出廠前本計畫於實驗室完成品質檢驗，並附上合格檢驗報告以及原廠提供之出廠測試報告(附件)。本計畫驗收內容包含「數據完整率」及「數據品質」，設備的掛測資料涵蓋實驗室標準液檢測與野地實場測試，確認整體設性能表現皆符合驗收標準。

關於酸鹼值與導電度係以標準溶液進行比對，若無標準溶液可比對之水質感測項，如溫度與溶氧；或野地實場測試需快速進行數據比對時，則採用本國際常用符合標準方法之手持感測器(廠牌型號:Hanna HI98194)，可承受惡劣環境，如湖泊、河流和海洋實地測量等等，其規格說明如下表 1- 1 說明，可符合本計畫允收標準誤差的範圍；以及有關有效數據完整率及數據品質滿意度計算及定義方式如下 1.1~1.2 節定義：

表 1- 1　本計畫採用之水質手持感測器規格表(廠牌型號:Hanna HI98194)

測項	量測範圍	解析度	精確度
酸鹼值	0.00 to 14.00	0.01	±0.02
導電度(µS/cm)	0 to 40000	1 µS/cm from 0 to 40000 µS/cm	±1%
溶氧(mg/L)	0.00 to 50.00	0.01	0 to 30
溫度(℃)	-5 to 55	0.01	±0.15

1.1　數據完整率

數據完整率驗證方法為各水質感測項，包含酸鹼值、導電度、溫度、溶氧至少在每 1 分鐘以內產出各污染物濃度或環境參數之有效平均感測數據，至遲應於感測後 10 分鐘內，以資料串流方式上傳至設備商物聯網平台，且連續 6 小時達 95%以上。

1.2　數據品質滿意度

各水質數據品質滿意度允收標準範圍定義如下:

(1) 酸鹼值：4≦pH≦10±0.5；pH <4 或 pH> 10±1。

(2) 導電度：500μS/cm 以下±75μS/cm；500μS/cm 以上±15%。

(3) 溶氧：±1 mg/L。

(4) 溫度：±1℃。

第2章實驗室數據完整率測試結果

測試結果各機連續 6 小時之數據完整率達 99%以上(11/24 15:00~21:00)，達允收標準範圍，如表 2- 1 所示。

表 2- 1 連續 6 小時數據完整率測試結果

編號	設備編號	數據完整率(%)	編號	設備編號	數據完整率(%)
1	352818664020871	99.44%	**21**	352818664023149	99.72%
2	352818664020632	100.00%	**22**	352818664021085	99.44%
3	352818664022620	100.00%	**23**	352818664021184	99.44%
4	352818664022380	98.33%	**24**	352818661513894	99.72%
5	352818664022711	100.00%	**25**	352818664022109	99.72%
6	352818662093789	99.44%	**26**	352818662093664	99.44%
7	352818662099307	99.72%	**27**	352818661131390	99.44%
8	352818661130558	99.72%	**28**	352818662098317	99.72%
9	352818664021705	99.72%	**29**	352818664023743	99.72%
10	352818662094019	98.61%	**30**	352818664021853	99.72%
11	352818664021788	100.00%	**31**	352818662098291	100.00%
12	352818664023727	100.00%	**32**	352818664023719	100.00%
13	352818664023701	100.00%	**33**	352818664020590	100.00%
14	352818664023644	100.00%	**34**	352818664022836	100.00%
15	352818661549252	100.00%	**35**	352818664023784	100.00%
16	352818664020731	100.00%	**36**	352818664022877	100.00%
17	352818662098309	100.00%	**37**	352818664023685	100.00%
18	352818664023107	100.00%	**38**	352818662097228	100.00%
19	352818664023776	98.89%	**39**	352818664023677	100.00%
20	352818662099547	100.00%	**40**	352818661463678	100.00%

第3章實驗室測試結果

一、 酸鹼度 (pH)

酸鹼度為溶液之指標，以氫離子濃度倒數之對數表示之，即 $\log_{10}(1/[H^+])$。在25℃環境下，溶液之 pH 等於 7，表示該溶液為中性，pH＜7 則為酸性，pH 值愈低，酸性愈強。pH 值可由 pH 測定儀測定，pH 測定儀主要由電位計、參考電極、玻璃電極及溫度補償裝置所組成。

1.1 NIEA 標準檢測方法說明

本計畫酸鹼度之量測方法參考水之氫離子濃度指數（pH 值）測定方法－電極法 (NIEA W424.53A)，利用玻璃電極及參考電極測定溶液之電位，可得知氫離子活性，但 pH 的測定會受溶液之溫度所影響，可由溫度電極測量溶液溫度以補償因溫度不同而產生的電位差變化進行校正。pH 測定儀至少進行二點校正，通常先以 7.0±0.5 之中性緩衝溶液進行零點校正，再以相差 2 至 4 個 pH 單位之酸性或鹼性緩衝溶液進行斜率校正。pH 之測定須於檢測每個樣品前，將電極完全沖洗乾淨，再將電極拭乾後置入樣品中，均勻緩慢攪拌，注意不應產生氣泡，待穩定後讀取 pH 值並記錄溫度。

1.2 酸鹼度量測原理說明及規格

1. 量測原理

pH 電極測量液體中的氫離子活性，其電極的尖端為玻璃膜，此玻璃膜能夠測得液體中的氫離子濃度，而 pH 電極內部與外部的氫離子濃度差異會產生非常小的電流，該電流與液體中的氫離子濃度成正比(圖 3- 1)。

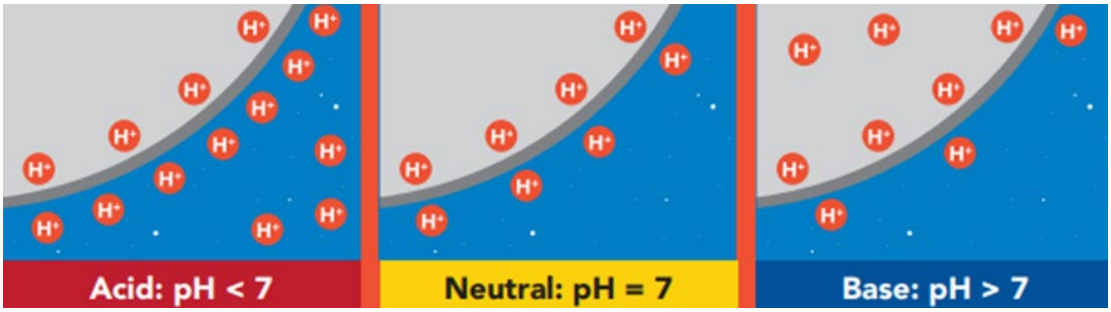


圖 3- 1 酸鹼度量測原理

2. 規格介紹(含照片)

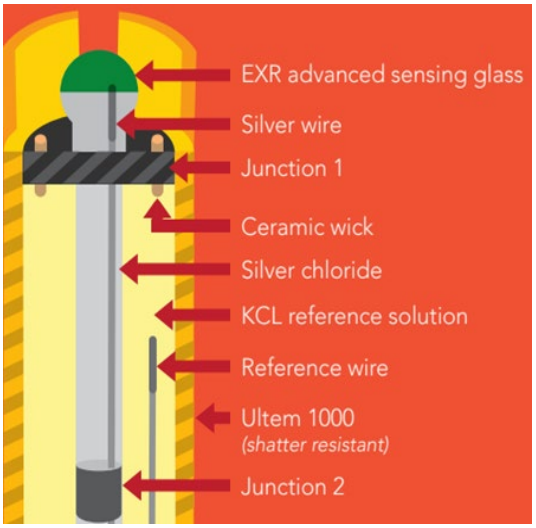
本計畫選擇之 pH 感測電極為美國 AtlasScientific 公司所生產製造之電極 Lab Grade pH prode，屬於實驗室等級之高精度電極，內層的兩層式結構讓此電極可在高度污染的溶液中進行量測，其基本規格與外觀照片如表 3- 1 及圖 3- 2 所示。

表 3- 1 Atlas Scientific pH 電極之基本規格

ITEM	pH (ENV-40-pH)
Range	0 – 14
Resolution	± 0.001
Accuracy	± 0.002
Response time	95% in 1s
Temperature range °C	-5 – 99 °C
Max pressure	100 PSI
Max depth	60m(197 ft)
Connector	Male SMA / Male BNC
Cable length	1 meter
Internal temperature sensor	No
Time before recalibration	~1 Year
Life expectancy	~2.5 Years +



(a)



(b)

圖 3- 2 AtlasScientific 之 pH 電極(a)電極外觀;(b)電極結構

1.3 實驗室標準品測試結果(Lab Test)

1. 標準品驗證結果

本計畫所選用之 pH 電極依前述標準方法選用之標準手持式設備進行校正後，重複驗證濃度之結果如表 3- 2 所示，各設備之誤差值均介於±0.5 的允收標準範圍，顯示具一定之準確度。

表 3- 2 校正後之 pH 電極量測標準溶液之比對結果

編號	IMEI	pH 浸泡於標準溶液數值			pH 與標準溶液誤差值			檢核
		7.0	4.0	10.0	7.0 誤差值	4.0 誤差值	10.0 誤差值	
1	352818664020871	7.02	3.80	10.01	0.02	-0.20	0.01	TRUE
2	352818664020632	6.85	3.89	9.72	-0.15	-0.11	-0.28	TRUE
3	352818664022620	7.01	3.81	10.02	0.01	-0.19	0.02	TRUE
4	352818664022380	6.99	3.82	10.03	-0.01	-0.18	0.03	TRUE
5	352818664022711	6.99	3.77	10.01	-0.01	-0.23	0.01	TRUE
6	352818662093789	6.99	3.97	10.01	-0.01	-0.03	0.01	TRUE
7	352818662099307	6.97	3.76	9.99	-0.03	-0.24	-0.01	TRUE
8	352818661130558	6.92	3.76	9.97	-0.08	-0.24	-0.03	TRUE
9	352818664021705	7.04	3.84	10.02	0.04	-0.16	0.02	TRUE

編號	IMEI	pH 浸泡於標準溶液數值			pH 與標準溶液誤差值			檢核
		7.0	4.0	10.0	7.0 誤差值	4.0 誤差值	10.0 誤差值	
10	352818662094019	7.09	3.88	10.07	0.09	-0.12	0.07	TRUE
11	352818664021788	7.04	4.01	10.02	0.04	0.01	0.02	TRUE
12	352818664023727	6.98	3.84	10.01	-0.02	-0.16	0.01	TRUE
13	352818664023701	7.01	4.05	10.05	0.01	0.05	0.05	TRUE
14	352818664023644	6.96	3.90	10.01	-0.04	-0.10	0.01	TRUE
15	352818661549252	7.02	3.85	10.00	0.02	-0.15	0.00	TRUE
16	352818664020731	7.01	3.98	10.01	0.01	-0.02	0.01	TRUE
17	352818662098309	7.01	3.93	10.01	0.01	-0.07	0.01	TRUE
18	352818664023107	6.90	3.89	9.98	-0.10	-0.11	-0.02	TRUE
19	352818664023776	7.01	3.97	10.02	0.01	-0.03	0.02	TRUE
20	352818662099547	7.03	3.78	10.00	0.03	-0.22	0.00	TRUE
21	352818664023149	7.02	3.98	10.02	0.02	-0.02	0.02	TRUE
22	352818664021085	6.99	3.98	10.02	-0.01	-0.02	0.02	TRUE
23	352818664021184	6.97	3.97	10.05	-0.03	-0.03	0.05	TRUE
24	352818661513894	7.02	4.03	10.03	0.02	0.03	0.03	TRUE
25	352818664022109	6.99	3.84	10.04	-0.01	-0.16	0.04	TRUE
26	352818662093664	7.00	3.90	9.99	0.00	-0.10	-0.01	TRUE
27	352818661131390	7.01	3.98	10.00	0.01	-0.02	0.00	TRUE
28	352818662098317	7.05	4.01	10.04	0.05	0.01	0.04	TRUE
29	352818664023743	6.97	3.95	9.99	-0.03	-0.05	-0.01	TRUE
30	352818664021853	6.96	3.98	10.02	-0.04	-0.02	0.02	TRUE
31	352818662098291	7.01	3.79	10.01	0.01	-0.21	0.01	TRUE
32	352818664023719	6.92	3.88	9.94	-0.08	-0.12	-0.06	TRUE
33	352818664020590	7.03	3.97	10.00	0.03	-0.03	0.00	TRUE
34	352818664022836	7.04	3.98	9.86	0.04	-0.02	-0.14	TRUE
35	352818664023784	7.03	3.85	10.04	0.03	-0.15	0.04	TRUE
36	352818664022877	7.04	3.98	10.20	0.04	-0.02	0.20	TRUE
37	352818664023685	6.98	3.97	10.04	-0.02	-0.03	0.04	TRUE
38	352818662097228	7.04	4.00	10.03	0.04	0.00	0.03	TRUE
39	352818664023677	7.04	3.82	10.01	0.04	-0.18	0.01	TRUE
40	352818661463678	7.04	3.85	10.03	0.04	-0.15	0.03	TRUE

二、 導電度 (Conductivity, EC)

導電度用以表示溶液的導電能力。導電能力和溶液中離子之濃度、活性、價數及溶液的溫度有關。為電流通過 1 平方公分斷面積，長 1 公分之液柱時電阻(resistance)之倒數，單位以毫姆歐/公分 (mS/cm)或微姆歐/公分 (μS/cm)表示。由於導電度之測定相當簡便，在環境監測上，水之導電度常被用來評估水體是否遭受污染的指標，用途相當廣泛。

2.1 NIEA 標準檢測方法說明

本計畫導電度之量測方法參考水中導電度測定方法－導電度計法 (NIEA W203.51B)，導電度計包括導電電極(白金電極或其他金屬製造之電極，至少具有 1.0 之電極常數者)，鹽橋(使用範圍在 1-1000 μS/cm 或更大者)或溫度測定及補償裝置。導電度之測定需要先以標準氯化鉀溶液校正導電度計後，再測定水樣之導電度。測定範圍因導電度槽之電極常數 C 值之大小而異，電極常數和測定範圍之關係如表 3- 3 所示。當溫度改變 1℃時，導電度會偏差 1.9%，因此測定時，最好使用水浴維持在 25 ± 0.5℃，否則需校正溫度偏差，並以 25℃之校正值表示。

表 3- 3 電極常數 C 與測定範圍之關係

電極常數（cm^{-1}）	測定範圍（μmho/cm）
0.01	20 以下
0.1	1~200
1	10~2000
10	100~20000
50	1000~200000

2.2 導電度量測原理說明及規格

1. 量測原理

EC 電極測量溶液中的導電度，通常用於水產養殖和淡水系統，以監測水中的營養物質、鹽分或雜質的含量。必須浸沒整個導電區域才能獲得準確讀數。在導電度度探頭內部，陰陽兩電極相對放置，並向電極施加交流電壓，使陽離子移動到帶負電的電極，而陰離子移動到帶正電的電極。液體中含有的游離電解質越多，導電

度則越高(圖 3- 3)。

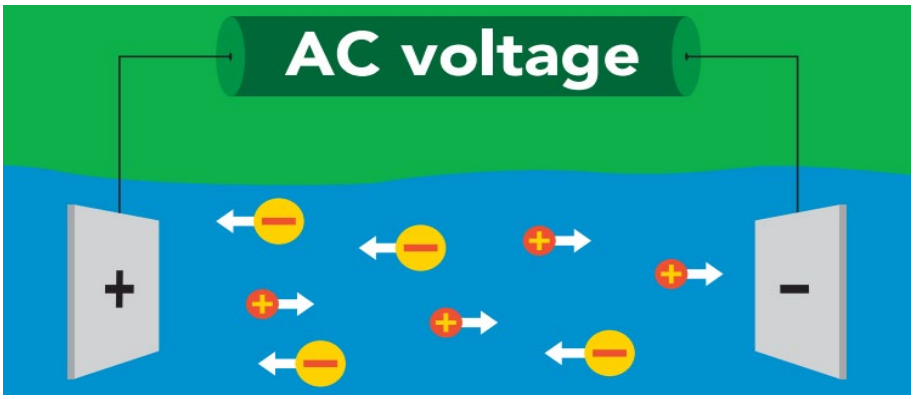


圖 3- 3 導電度量測原理

2. 規格介紹(含照片)

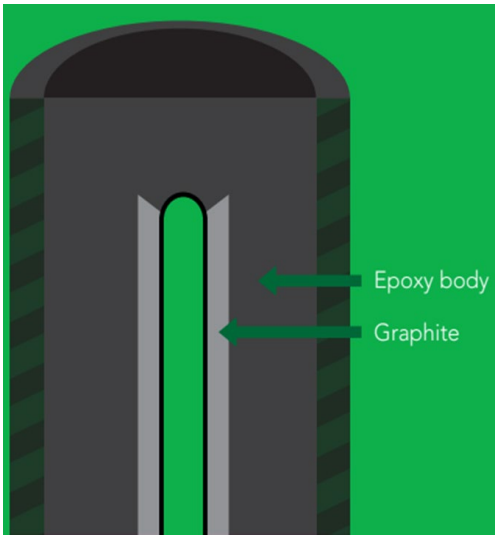
本計畫選擇之 EC 感測電極為美國 AtlasScientific 公司所生產製造之電極 Lab Grade EC prode，屬於實驗室等級之高精度電極，此電極的設計上可以抗邊緣效應(Fringe Effect)的干擾，提供穩定且精確的量測數值。其基本規格與外觀照片如表 3- 4 及圖 3- 4 所示。

表 3- 4 Atlas Scientific EC 電極之基本規格

ITEM	EC (ENV-40-EC-K0.1)
Range	0.07 – 50,000 µS/cm
Resolution	–
Accuracy	± 2%
Response time	90% in 1s
Temperature range °C	1 – 110 °C
Max pressure	3,447 kPa(500 PSI)
Max depth	343 meters(1,125 ft)
Connector	Male SMA / Male BNC
Cable length	1 meter
Internal temperature sensor	No
Time before recalibration	~10 years
Life expectancy	~10 years



(a)



(b)

圖 3- 4 AtlasScientific 之 EC 電極(a)電極外觀;(b)電極結構

2.3 實驗室標準品測試結果(Lab Test)

1. 標準品驗證結果

本計畫所選用之導電度電極依前述標準方法選用之標準手持式設備進行校正後，重複驗證濃度之結果如表 3- 5 所示，各設備之平均誤差均±15%的允收標準範圍，顯示具一定之準確度。

表 3- 5 校正後之 EC 電極量測標準溶液之比對結果

編號	IMEI	EC 浸泡於標準溶液數值		EC 與標準溶液誤差率		檢核
		1413 (µS/cm)	12880 (µS/cm)	1413(µS/cm) 誤差率	12880(µS/cm) 誤差率	
1	352818664020871	1442.4	12674.9	2.08%	-1.59%	TRUE
2	352818664020632	1410.2	12593.8	-0.20%	-2.22%	TRUE
3	352818664022620	1382.4	12655.4	-2.17%	-1.74%	TRUE
4	352818664022380	1408.7	12605.5	-0.30%	-2.13%	TRUE
5	352818664022711	1414.7	12662.2	0.12%	-1.69%	TRUE
6	352818662093789	1385.8	12671.6	-1.92%	-1.62%	TRUE
7	352818662099307	1397.8	12618.3	-1.08%	-2.03%	TRUE
8	352818661130558	1407.1	12716.0	-0.42%	-1.27%	TRUE
9	352818664021705	1408.0	12443.3	-0.35%	-3.39%	TRUE
10	352818662094019	1407.0	12918.8	-0.42%	0.30%	TRUE

編號	IMEI	EC 浸泡於標準溶液數值		EC 與標準溶液誤差率		檢核
		1413 (µS/cm)	12880 (µS/cm)	1413(µS/cm) 誤差率	12880(µS/cm) 誤差率	
11	352818664021788	1400.6	12542.3	-0.88%	-2.62%	TRUE
12	352818664023727	1403.3	12575.7	-0.69%	-2.36%	TRUE
13	352818664023701	1414.3	12712.7	0.09%	-1.30%	TRUE
14	352818664023644	1393.7	12536.2	-1.37%	-2.67%	TRUE
15	352818661549252	1409.3	12702.2	-0.26%	-1.38%	TRUE
16	352818664020731	1429.0	12675.4	1.13%	-1.59%	TRUE
17	352818662098309	1401.6	12538.2	-0.81%	-2.65%	TRUE
18	352818664023107	1398.0	12673.0	-1.06%	-1.61%	TRUE
19	352818664023776	1410.1	12660.3	-0.21%	-1.71%	TRUE
20	352818662099547	1404.3	12687.0	-0.62%	-1.50%	TRUE
21	352818664023149	1403.8	12728.0	-0.65%	-1.18%	TRUE
22	352818664021085	1408.7	12707.0	-0.30%	-1.34%	TRUE
23	352818664021184	1414.2	12676.3	0.08%	-1.58%	TRUE
24	352818661513894	1410.9	12599.7	-0.15%	-2.18%	TRUE
25	352818664022109	1394.0	12687.2	-1.34%	-1.50%	TRUE
26	352818662093664	1435.0	12694.2	1.56%	-1.44%	TRUE
27	352818661131390	1408.5	12713.1	-0.32%	-1.30%	TRUE
28	352818662098317	1437.4	12751.9	1.73%	-0.99%	TRUE
29	352818664023743	1412.0	12687.8	-0.07%	-1.49%	TRUE
30	352818664021853	1438.0	12592.5	1.77%	-2.23%	TRUE
31	352818662098291	1407.3	12702.9	-0.40%	-1.38%	TRUE
32	352818664023719	1420.1	12613.6	0.50%	-2.07%	TRUE
33	352818664020590	1419.1	12618.4	0.43%	-2.03%	TRUE
34	352818664022836	1392.2	12531.7	-1.47%	-2.70%	TRUE
35	352818664023784	1402.6	12804.7	-0.74%	-0.58%	TRUE
36	352818664022877	1455.6	12743.0	3.01%	-1.06%	TRUE
37	352818664023685	1402.2	12584.8	-0.76%	-2.29%	TRUE
38	352818662097228	1434.5	12618.8	1.52%	-2.03%	TRUE
39	352818664023677	1443.7	12569.6	2.17%	-2.41%	TRUE
40	352818661463678	1405.0	12619.2	-0.57%	-2.02%	TRUE

三、 溫度 (Temperature)

水溫係表示水的冷熱程度，是檢驗及評估水體品質的一項重要物理參數。水溫

的變化以受氣候影響為主，而廢污水排放也會對水溫造成影響。水溫會影響水的密度、黏度、蒸氣壓、表面張力等物理性質，在化學方面可影響化學反應速率及氣體溶解度等，在生物方面可影響微生物的活性及代謝速率等。一般水溫可以經校正之溫度計量測。

3.1 NIEA 標準檢測方法說明

本計畫溫度之量測方法參考水溫檢測方法 (NIEA W217.51A)，水體或放流水之現場水溫測定視現場環境實際需要，選擇經校正後之溫度計或其他適用溫度測量之儀器，溫度計使用攝氏溫標，量測範圍 0 到 100℃(或合適範圍)，刻度需準確至 0.1℃。

3.2 溫度量測原理說明及規格

1. 量測原理

本計畫選擇之溫度感測電極為市售 TELESKY 溫度電極 DS18B20。下圖 3- 5 為 DS18B20 測溫原理。

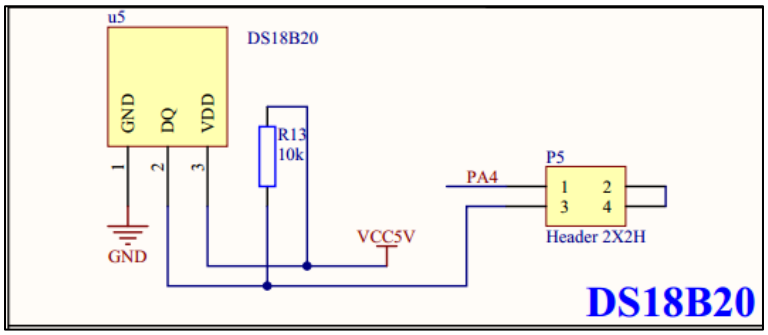


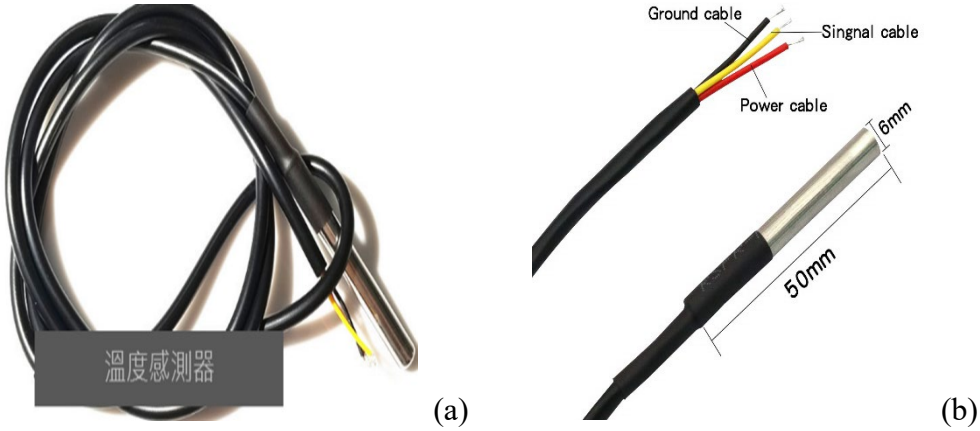
圖 3- 5 DS18B20 溫度電極量測原理

2. 規格介紹(含照片)

TELESKY 生產之 DS18B20 溫度電極具有體積小、成本低、抗干擾能力強、精度高等特點，其基本規格與外觀照片如表 3- 6 及圖 3- 6 所示。

表 3- 6 DS18B20 溫度電極之基本規格

ITEM	Temperature (DS18B20)
Power Range	3.0V～5.5V
Temperature Range	-55°C～+125°C
Accuracy	± 0.5°C



(a) (b)

圖 3- 6 DS18B20 溫度電極(a)電極外觀;(b)電極結構

3.3 實驗室測試結果(Lab Test)

本計畫所選用之溫度電極依前述標準方法選用之標準手持式設備進行校正後，重複驗證自來水溫度之結果如表 3- 7 所示，各設備之平均誤差均±1℃的允收標準範圍，顯示具一定之準確度。

表 3- 7 校正後之溫度電極量測自來水溶液之比對結果

編號	IMEI	浸泡於自來水數值		誤差值(℃)	檢核
		溫度電極(℃)	手持感測器(℃)		
1	352818664020871	22.65	22.58	0.07	TRUE
2	352818664020632	22.62	22.58	0.04	TRUE
3	352818664022620	22.90	22.61	0.29	TRUE
4	352818664022380	22.92	22.59	0.33	TRUE
5	352818664022711	23.07	22.79	0.28	TRUE
6	352818662093789	23.01	22.90	0.11	TRUE
7	352818662099307	23.14	22.96	0.18	TRUE
8	352818661130558	23.12	22.93	0.19	TRUE

編號	IMEI	浸泡於自來水數值		誤差值(℃)	檢核
		溫度電極(℃)	手持感測器(℃)		
9	352818664021705	23.66	23.06	0.60	TRUE
10	352818662094019	23.06	23.17	-0.11	TRUE
11	352818664021788	23.06	23.19	-0.13	TRUE
12	352818664023727	23.23	23.29	-0.06	TRUE
13	352818664023701	23.26	23.25	0.01	TRUE
14	352818664023644	23.26	23.17	0.09	TRUE
15	352818661549252	23.32	23.26	0.06	TRUE
16	352818664020731	23.73	22.95	0.78	TRUE
17	352818662098309	23.18	22.94	0.24	TRUE
18	352818664023107	23.49	23.66	-0.17	TRUE
19	352818664023776	22.41	22.15	0.26	TRUE
20	352818662099547	22.52	22.35	0.17	TRUE
21	352818664023149	23.87	23.52	0.35	TRUE
22	352818664021085	23.74	23.56	0.18	TRUE
23	352818664021184	23.85	23.54	0.31	TRUE
24	352818661513894	23.77	23.50	0.27	TRUE
25	352818664022109	23.70	23.50	0.20	TRUE
26	352818662093664	23.43	23.38	0.05	TRUE
27	352818661131390	23.41	23.34	0.07	TRUE
28	352818662098317	23.29	23.27	0.02	TRUE
29	352818664023743	22.96	23.08	-0.12	TRUE
30	352818664021853	23.04	23.15	-0.11	TRUE
31	352818662098291	22.59	22.38	0.21	TRUE
32	352818664023719	22.62	22.47	0.15	TRUE
33	352818664020590	22.85	22.46	0.39	TRUE
34	352818664022836	22.71	22.52	0.19	TRUE
35	352818664023784	23.06	22.87	0.19	TRUE
36	352818664022877	23.00	22.92	0.08	TRUE
37	352818664023685	23.22	22.87	0.35	TRUE
38	352818662097228	23.20	22.85	0.35	TRUE
39	352818664023677	23.09	22.91	0.18	TRUE
40	352818661463678	23.14	22.89	0.25	TRUE

四、 溶氧量(Dissolved oxygen , DO)

溶氧指溶解於水中之氧氣濃度被視為是判斷水質好壞之主要指標，一般而言，濃度愈高代表水質狀況愈好。水中之飽和溶氧量受水溫及水中溶解物質之影響，水溫愈高飽和溶氧量(濃度)愈低。為了快速掌握監控河川或養殖埤塘之水質是否受低溶氧造成魚蝦群死亡，故本計畫採取線上即時溶氧感測器以達成緊急應變措施。

4.1 NIEA 標準檢測方法說明

本計畫導電度之量測方法參考水中水中溶氧檢測方法－電極法(NIEA W455.52C)，溶氧電極法係利用選擇性薄膜讓水中之溶解氧通過，使其與液體、離子及其他干擾物質隔離，透過薄膜之分子態氧於電極陰極端還原。由於在穩定狀態下產生之電流強度正比於溶氧濃度，故由電流值可換算為水中溶解氧之濃度。

溶氧之測定前需要先清潔後以擦拭紙擦乾進行「零點校正」與「滿點校正」。「零點校正」為配置 10%亞硫酸鈉(Na_2SO_3)，將清洗完畢的 DO 電極放入，做零點校正，靜置 3 分鐘後再進行飽和空氣校正；進入「滿點校正」後，將 DO 電極於空氣中靜置 3 分鐘後完成校正。校正時需記錄量測溫度、校正值及%飽和度，並對應飽和空氣對應溫度表(溫度/溶氧對照表，表 3- 8)，使取得最佳溶氧量。

表 3- 8 溫度/溶氧對照表

空氣溫度(℃)	溶氧(mg/L)	空氣溫度(℃)	溶氧(mg/L)
-3	15.91	19	9.26
-2	15.5	20	9.08
-1	15.05	21	8.9
0	14.64	22	8.73
1	14.23	23	8.57
2	13.83	24	8.41
3	13.45	25	8.25
4	13.09	26	8.11
5	12.73	27	7.96
6	12.42	28	7.82
7	12.11	29	7.69
8	11.81	30	7.55

空氣溫度(℃)	溶氧(mg/L)	空氣溫度(℃)	溶氧(mg/L)
9	11.53	31	7.42
10	11.25	32	7.3
11	10.99	33	7.18
12	10.75	34	7.06
13	10.51	35	6.94
14	10.28	36	6.83
15	10.06	37	6.72
16	9.85	38	6.61
17	9.64	39	6.51
18	9.45	40	6.41

4.2 溶氧量量測原理說明及規格

一、量測原理

感測頭以聚四氟乙烯(PTFE)薄膜組成，並於管內填充電解質，當氧分子通過 PTFE 薄膜，於負極處會被氧化還原並產生電壓，隨著氧分子的增加電壓輸出也會隨之增加。

二、規格介紹(含照片)

本計畫選擇之 DO 感測電極為美國 AtlasScientific 公司所生產製造之電極 Lab Grade DO probe，屬於實驗室等級之高精度電極，提供穩定且精確的量測數值。其基本規格與外觀照片如表 3- 9 及圖 3- 7 所示。

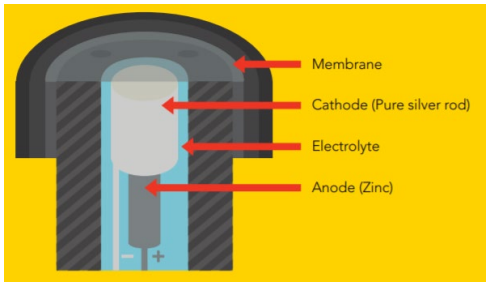
表 3- 9 Atlas Scientific DO 電極之基本規格

ITEM	DO (ENV-40-DOX)
Range	0 − 100 mg/L
Resolution	—
Accuracy	+/– 0.05 mg/L
Response time	~0.3 mg/L/per sec
Temperature range °C	1 − 60 °C
Max pressure	3,447 kPa(500 PSI)
Max depth	352 meters(1,157 ft)
Connector	Male SMA / Male BNC

ITEM	DO (ENV-40-DOX)
Cable length	1 meter
Internal temperature sensor	No
Time before recalibration	~1 years
Life expectancy	~18 Months



(a)



(b)

圖 3- 7 AtlasScientific 之 DO 電極(a)電極外觀;(b)電極結構

4.3 實驗室測試結果(Lab Test)

本計畫所選用之溶氧電極依前述標準方法選用之標準手持式設備進行校正後，重複驗證自來水溶氧濃度之結果如表 3- 10 所示，各設備之平均誤差均±1 mg/L 允收標準範圍，顯示具一定之準確度。

表 3- 10 校正後之 DO 電極量測自來水溶液之比對結果

編號	IMEI	浸泡於自來水數值		誤差值	檢核
		DO 電極(mg/L)	手持感測器(mg/L)	(mg/L)	
1	352818664020871	5.12	5.14	-0.02	TRUE
2	352818664020632	4.54	4.61	-0.07	TRUE
3	352818664022620	5.08	5.17	-0.09	TRUE
4	352818664022380	3.57	3.29	0.28	TRUE
5	352818664022711	4.85	5.19	-0.34	TRUE
6	352818662093789	4.92	5.11	-0.19	TRUE
7	352818662099307	4.80	4.72	0.08	TRUE
8	352818661130558	4.85	4.72	0.13	TRUE
9	352818664021705	4.03	3.65	0.38	TRUE
10	352818662094019	3.88	3.55	0.33	TRUE
11	352818664021788	4.03	3.78	0.25	TRUE
12	352818664023727	4.08	3.95	0.13	TRUE
13	352818664023701	4.29	3.85	0.44	TRUE
14	352818664023644	4.20	4.30	-0.10	TRUE
15	352818661549252	3.95	3.97	-0.02	TRUE
16	352818664020731	4.56	4.02	0.54	TRUE
17	352818662098309	4.19	4.06	0.13	TRUE
18	352818664023107	4.19	4.34	-0.15	TRUE
19	352818664023776	5.22	4.96	0.26	TRUE
20	352818662099547	4.73	4.41	0.32	TRUE
21	352818664023149	3.37	3.37	0.00	TRUE
22	352818664021085	4.05	4.10	-0.05	TRUE
23	352818664021184	4.76	4.38	0.38	TRUE
24	352818661513894	4.37	4.33	0.04	TRUE
25	352818664022109	4.02	4.26	-0.24	TRUE
26	352818662093664	4.19	4.64	-0.45	TRUE
27	352818661131390	4.06	4.38	-0.32	TRUE
28	352818662098317	3.94	3.86	0.08	TRUE
29	352818664023743	3.60	3.71	-0.11	TRUE
30	352818664021853	4.22	3.80	0.42	TRUE
31	352818662098291	3.84	4.06	-0.22	TRUE
32	352818664023719	4.21	4.32	-0.11	TRUE

編號	IMEI	浸泡於自來水數值		誤差值	檢核
		DO 電極(mg/L)	手持感測器(mg/L)	(mg/L)	
33	352818664020590	4.68	4.44	0.24	TRUE
34	352818664022836	4.60	4.36	0.24	TRUE
35	352818664023784	4.65	5.02	-0.37	TRUE
36	352818664022877	5.23	5.05	0.18	TRUE
37	352818664023685	4.98	4.92	0.06	TRUE
38	352818662097228	4.23	4.36	-0.13	TRUE
39	352818664023677	5.05	4.97	0.08	TRUE
40	352818661463678	4.61	4.56	0.05	TRUE

第4章野地測試結果

野地實驗開始時間為 11 月 15 日，地點為桃園龜山區南上路 280 巷土地公廟旁。布建方式係利用電桿固定移動式主機，以離岸方式將 sensor 結合鋼纜固定後往監測點位(溝渠)方向延伸，以此方式為期 14 天實驗測試，觀察水質變化與設備機構的穩定性(圖 4-1)。

數據蒐集起訖時間為 11 月 15 日~11 月 29 日為期 14 天的資料。以設備機構來說，整體感測性能與防水防塵及通訊測試達一定水準，且無進水或無法平衡的狀況。而水質感測概況，pH 約為 2.1~8.6 左右，由於此場域為多家金表業污染場址排水道，可以看出 pH 對於極端水質污染反應具有一定的敏感性；電導度約 500 µS/cm ~8000µS/cm；溶氧約 0.32 mg/L ~6.24 mg/L；溫度約 21.81℃~28.26℃(圖 4-2~圖 4-5)；與手持感測器比較後也介於合理範圍(表 4- 1)。



圖 4-1 野地測試_桃園龜山區南上路 280 巷土地公廟旁

表 4- 1 移動式設備野地測試誤差與數據品質標準

項目	移動式設備	手持感測器	誤差值	本計畫品質標準
酸鹼值	7.1	7.2	-0.1	± 0.5
導電度 (µS/cm)	1252	1159	8.02%	± 15%
溫度(℃)	24.74	24.66	0.08	±1.0℃
溶氧(mg/L)	3.42	2.82	0.60	± 1.0mg/L

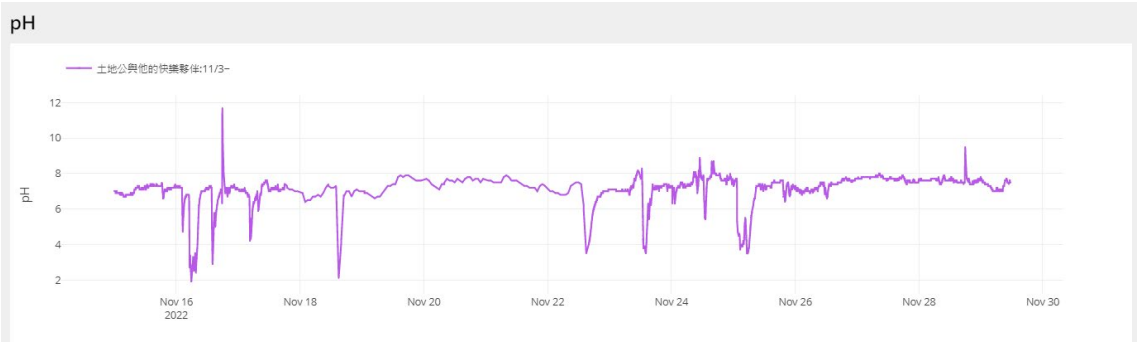


圖 4-2 移動式設備野地測試_pH

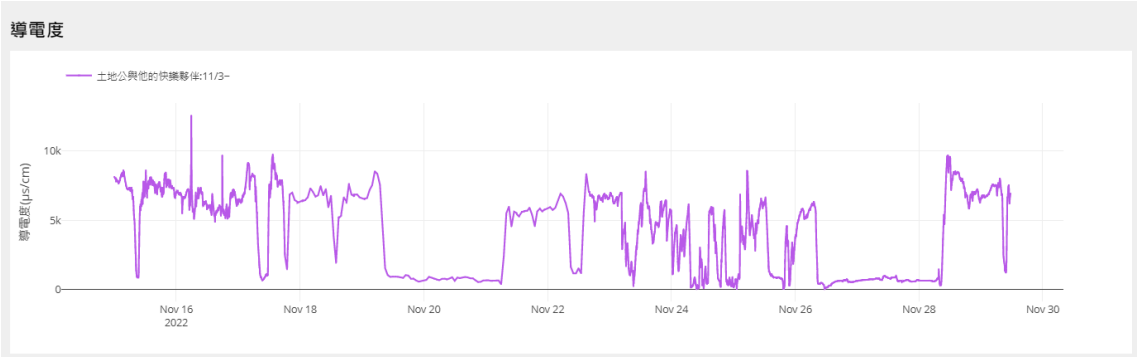


圖 4-3 移動式設備野地測試_電導度



圖 4-4 移動式設備野地測試_溫度

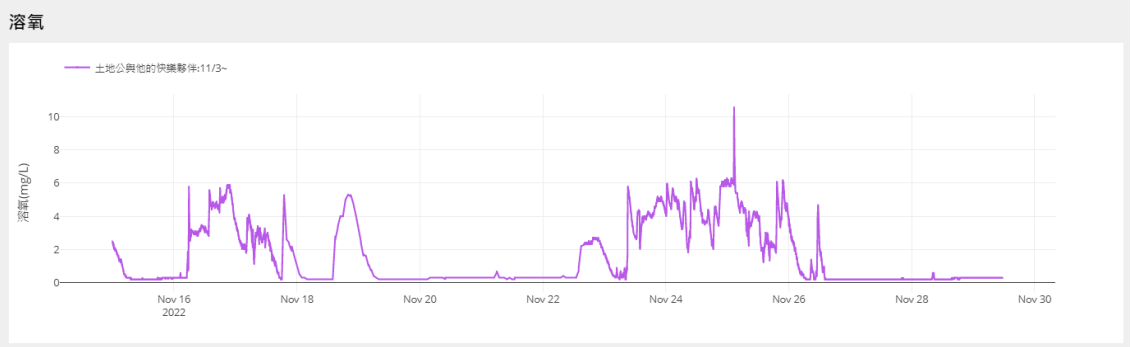


圖 4-5 移動式設備野地測試_溶氧

附件

EnSense

EnSense Co., Ltd.
廣域科技股份有限公司
出貨檢驗報告
Out-going Inspection Report

料號 Part Number		40台水質感測器		檢驗日期 Inspection Date	2022/11/29	製令單號Single number			-
數量Qty		40		交貨數量 Incoming Qty.	40		頁次page		1/2
外觀檢驗 Cosmetic Inspection	檢驗標準 Inspection criteria	40	檢驗方式 inspection method	■正常 / Normal	AQL	CRI	MAJ	MIN	不良說明： Failure Description:
				□加嚴 / Tightened	AC/RE	0/1	0/1	0/1	無
				□減量 / Reduced	不良數 Defect Qty.	0	0	0	
	單位	樣本數 Sample size	不良數 Defect Qty.	不良率(%) Defect Rate	外觀/尺寸檢驗結果 Cosmetic/Siez Inspection Result	PASS		程式版本 Program version	0.8.3 build 21120610 mwq-lp
	PCS	40	0	0					

檢驗結果 (Inspection Result)

			上線	接收率	溫度	EC	DO	PH	電池資訊	程式版本	外觀/尺寸	該項判定 Inspection Result
功能檢驗 Function Test	1	352818664020871	V	100.00%	22.7	1442.4	5.12	7.02	V	V	V	Pass
	2	352818664020632	V	100.00%	22.6	1410.2	4.54	6.85	V	V	V	Pass
	3	352818664022620	V	98.33%	22.9	1382.4	5.08	7.01	V	V	V	Pass
	4	352818664022380	V	100.00%	22.9	1408.7	3.57	6.99	V	V	V	Pass
	5	352818664022711	V	99.44%	23.1	1414.7	4.85	6.99	V	V	V	Pass
	6	352818662093789	V	99.72%	23.0	1385.8	4.92	6.99	V	V	V	Pass
	7	352818662099307	V	99.72%	23.1	1397.8	4.80	6.97	V	V	V	Pass
	8	352818661130558	V	99.72%	23.1	1407.1	4.85	6.92	V	V	V	Pass
	9	352818664021705	V	98.61%	23.7	1408	4.03	7.04	V	V	V	Pass
	10	352818662094019	V	99.44%	24.1	1407	3.88	7.09	V	V	V	Pass

檢驗結果 (Inspection Result)

			上線	接收率	溫度	EC	DO	PH	電池資訊	程式版本	外觀/尺寸	該項判定 Inspection Result
功能檢驗 Function Test	11	352818664021788	V	100.00%	24.1	1400.6	4.03	7.04	V	V	V	Pass
	12	352818664023727	V	100.00%	24.2	1403.3	4.08	6.98	V	V	V	Pass
	13	352818664023701	V	100.00%	23.3	1414.3	4.29	7.01	V	V	V	Pass
	14	352818664023644	V	98.89%	23.8	1393.7	4.2	6.96	V	V	V	Pass
	15	352818661549252	V	100.00%	23.3	1409.3	3.95	7.02	V	V	V	Pass
	16	352818664020731	V	100.00%	23.7	1429	4.56	7.01	V	V	V	Pass
	17	352818662098309	V	100.00%	23.7	1401.6	4.19	7.01	V	V	V	Pass
	18	352818664023107	V	100.00%	23.2	1437.6	4.19	6.9	V	V	V	Pass
	19	352818664023776	V	100.00%	22.4	1410.1	5.22	7.01	V	V	V	Pass
	20	352818662099547	V	100.00%	22.5	1404.3	4.73	7.03	V	V	V	Pass

備註:

綜合判定： Final Result
■Accept
□Reject

審核： Checked by

廣域科技股份有限公司 證明章 CERTIFIED 1 ENSENSE CO., LTD

檢驗員： Inspector 林佳穎

EnSense

EnSense Co., Ltd.
廣域科技股份有限公司
出貨檢驗報告
Out-going Inspection Report

料號 Part Number		40台水質感測器		檢驗日期 Inspection Date	2022/11/29	製令單號Single number			-
數量Qty		40		交貨數量 Incoming Qty.	40		頁次page		2/2
外觀檢驗 Cosmetic Inspection	檢驗標準 Inspection criteria	40	檢驗方式 inspection method	■正常 / Normal	AQL	CRI	MAJ	MIN	不良說明： Failure Description:
				□加嚴 / Tightened	AC/RE	0/1	0/1	0/1	無
				□減量 / Reduced	不良數 Defect Qty.	0	0	0	
	單位	樣本數 Sample size	不良數 Defect Qty.	不良率(%) Defect Rate	外觀/尺寸檢驗結果 Cosmetic/Siez Inspection Result		PASS		程式版本 Program version: 0.8.3 build 21120610 mwq-lp
	PCS	40	0	0					

檢驗結果 (Inspection Result)

			上線	接收率	溫度	EC	DO	PH	電池資訊	程式版本	外觀/尺寸	該項判定 Inspection Result
功能檢驗 Function Test	21	352818664023149	V	99.72%	23.87	1403.8	-	7.02	V	V	V	Pass
	22	352818664021085	V	99.44%	23.74	1408.7	-	6.99	V	V	V	Pass
	23	352818664021184	V	99.44%	23.85	1414.2	-	6.97	V	V	V	Pass
	24	352818661513894	V	99.72%	23.77	1410.9	-	7.02	V	V	V	Pass
	25	352818664022109	V	99.72%	23.70	1394.0	-	6.99	V	V	V	Pass
	26	352818662093664	V	99.44%	23.43	1435.0	-	7.00	V	V	V	Pass
	27	352818661131390	V	99.44%	23.41	1408.5	-	7.01	V	V	V	Pass
	28	352818662098317	V	99.72%	23.29	1437.4	-	7.05	V	V	V	Pass
	29	352818664023743	V	99.72%	23.96	1412.0	-	6.97	V	V	V	Pass
	30	352818664021853	V	99.72%	24.04	1438.0	-	6.96	V	V	V	Pass

檢驗結果 (Inspection Result)

			上線	接收率	溫度	EC	DO	PH	電池資訊	程式版本	外觀/尺寸	該項判定 Inspection Result
功能檢驗 Function Test	31	352818662098291	V	100.00%	22.59	1407.3	-	7.01	V	V	V	Pass
	32	352818664023719	V	100.00%	22.62	1420.1	-	6.92	V	V	V	Pass
	33	352818664020590	V	100.00%	22.85	1419.1	-	7.03	V	V	V	Pass
	34	352818664022836	V	100.00%	22.71	1392.2	-	7.04	V	V	V	Pass
	35	352818664023784	V	100.00%	23.06	1402.6	-	7.03	V	V	V	Pass
	36	352818664022877	V	100.00%	23.00	1455.6	-	7.04	V	V	V	Pass
	37	352818664023685	V	100.00%	23.22	1402.2	-	6.98	V	V	V	Pass
	38	352818662097228	V	100.00%	23.20	1434.5	-	7.04	V	V	V	Pass
	39	352818664023677	V	100.00%	23.09	1443.7	-	7.04	V	V	V	Pass
	40	352818661463678	V	100.00%	23.14	1405.0	-	7.04	V	V	V	Pass

備註:

綜合判定： Final Result
■Accept
□Reject

審核： Checked by

檢驗員： 林佳穎 Inspector

廣域科技股份有限公司 證明章 CERTIFIED ENSENSE CO., LTD.

測試報告

EnSense

客戶名稱 (Customer)	財團法人工業技術研究院				No.:
品名 (Model)	移動式水質感測器	品號 (Part No)	MWQ200	日期 (Date)	2020/11/24
訂單號碼 (PO No.)		出貨數量 (Quantity)	40	抽樣數 (Samples)	40

檢查項目	判定		備註
上線	■ PASS	□ NG	
接收率	■ PASS	□ NG	
溫度	■ PASS	□ NG	
EC	■ PASS	□ NG	
DO	■ PASS	□ NG	
pH	■ PASS	□ NG	
ORP	■ PASS	□ NG	
電池資訊	■ PASS	□ NG	
程式版本	■ PASS	□ NG	
外觀尺寸	■ PASS	□ NG	

抽檢編號 (Sampling number)

1	352818664020871	21	352818664023149	
2	352818664020632	22	352818664021085	
3	352818664022620	23	352818664021184	
4	352818664022380	24	352818661513894	
5	352818664022711	25	352818664022109	
6	352818662093789	26	352818662093664	
7	352818662099307	27	352818661131390	
8	352818661130558	28	352818662098317	
9	352818664021705	29	352818664023743	
10	352818662094019	30	352818664021853	
11	352818664021788	31	352818662098291	
12	352818664023727	32	352818664023719	
13	352818664023701	33	352818664020590	
14	352818664023644	34	352818664022836	
15	352818661549252	35	352818664023784	
16	352818664020731	36	352818664022877	
17	352818662098309	37	352818664023685	
18	352818664023107	38	352818662097228	
19	352818664023776	39	352818664023677	
20	352818662099547	40	352818661463678	
判定(Judgment)	■ 合格 (PASS)	□ 不合格 (FAIL)	□ 特採 (Waive)	

Prepared by : Anny

Approved by:

廣域科技股份有限公司 證明章 CERTIFIED 1 ENSENSE CO., LTD

附件十一、國產水質感測器平行比對測試報告

工業技術研究院

國產水質感測器
平行比對測試報告

中華民國 111 年 05 月

一、 目的

因應未來若採數據服務方式，先行調查目前國產市售移動式水質感測器的性能，設備廠牌分別包含廣域科技與開創水質科技及儀展科技，共 3 個國內水質感測實務上應用較廣之品牌。

二、 地點時程規劃

設備比對場域選擇桃園市南崁圳南美街匯流點(圖 1)，該場域水域特性為經常極酸(pH<3)或極鹼(pH>9)，可有效地測試水質感測器在極端環境條件下，其感測敏感性與數據穩定性。

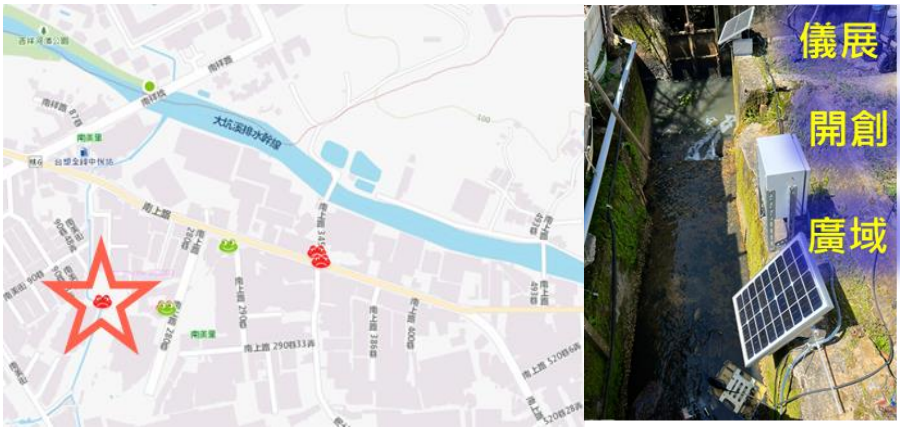


圖 1、布建位置_桃園南崁圳南美街匯流點

三、 設備背景資料與評比資料建立

各水質感測設備背景資料調查與評比資料如下圖 2 所示，可分成 4 大類別：(1)設備背景調查；(2)感測器主體；(3)數據完整率；(4)數據品質。

設備背景調查			
1.安裝方式	4.解析度	7.尺寸	10.應用場域
2.量測範圍	5.反應時間	8.重量	11.防水等級
3.精確度	6.外殼材質	9.價格	12.水樣流速
評比類別	**評比項目**	**合格**	**得分**
感測器主體	GPS定位是否正確	□	
	Sensor是否有受損	□	
	太陽能板與外部電池供電是否正常	□	
	外部防水是否正常	□	
數據完整率	資料上傳是否正常 (連續10分鐘上傳)	□ pH □ EC □ Temp □DO	
數據品質		**手持式數據　移動式數據**	**合格**
	pH：誤差±1.0		□
	EC：誤差±15 %		□
	Temp：1.0°C		□
	DO：誤差±1.0 mg/L		□
			總計

圖 2、設備背景資料與評比資料建立

四、 評比結果討論

各水質感測設備定性資料優劣評比如下圖 3～圖 5 所示，以電極探棒來說，開創與儀展是選用工業級之電極，其對於場域適應性與應用範圍較為廣泛，價格方面相較於廣域科技所選用實驗室等級之感測電極來的高價。以稽查應用層面，廣域與儀展之設備皆具備小型化、1 機 2 用及整機全防水之設計特性，可機動埋伏於各污染偷排場址，便於稽查應用。商業模式部分，以開創設備較為成熟，廣域次之，而儀展現階段正大量於實驗場域進行驗證，期未來皆可提供合辦縣市進行水質感測之數據服務。

除此之外，於感測數據敏感度與穩定性來說(圖 6)，開創、廣域及儀展 3 家公司之優劣並不明顯，開創之水質設備開發時程較早但價格較貴，由環保署投入研發應用之廣域與儀展國產感測器亦具備良好的市場競爭力。

產品圖片				
				
設備基本資料				
1. 產品名稱	水質監測設備			
2. 產品型號	ECO			
3. 尺寸/重量	0.9 Kg			
4. 防水等級	IP68			
5. 電源系統/充電方式	電池/太陽能			
6. 水樣流速	3 m/s			
7. 遠端調整監測頻率	可，最小 1 分鐘			
8. 應用範圍	輸水幹管、市政供水、水文、氣象、天然氣、石化			
9. 安裝方式	離岸式安裝			
10. 價格	79,200(含稅) 不含平台			
Sensor 基本資料				
項目	酸鹼值	導電度	溶氧	溫度
1. 量測原理	伏安法	伏安法	螢光法	電化學
2. 量測範圍	0~14	0 ~ 50 mS/cm	0~20mg/L	0~60 °C PT100
3. 外殼材質	環氧樹脂	環氧樹脂	鈦合金	環氧樹脂
4. 耐溫範圍	0~60℃	0~60℃	0~50 °C	0~60℃
5. 耐壓範圍	6 Kgf/cm²	10 Kgf/cm²	5 Kgf/cm²	10 Kgf/cm²
6. 準確度	±0.1	±0.1% FS	±0.2 mg/L (0~8 mg/L); ±0.3 mg/L (8~20 mg/L)	±0.1 °C
7. 解析度	0.01	0.01% FS	0.01 mg/L	0.01 °C
8. 反應時間	1 秒	1 秒	1 秒	1 秒

圖 3、開創水資源科技水質感測器基本資料表

產品圖片				
				
設備基本資料				
1. 產品名稱	水質感測器			
2. 產品型號	MWQ-200			
3. 尺寸/重量	210(L) x 130(W) x 600(H) / 2 kg			
4. 防水等級	IP68			
5. 電源系統/充電方式	100~240VAC 或 12VDC/太陽能			
6. 水樣流速	2m/s			
7. 遠端調整監測頻率	可。依使用者自行調整，最小 1 秒			
8. 應用範圍	廢水、河川、養殖、加藥監測			
9. 安裝方式	1 機 2 用。離岸式(~6 米)、水面漂浮式、插管式			
10. 價格	66,000 元(未稅) 含平台			
Sensor 基本資料				
項目	酸鹼值	導電度	溶氧	溫度
1. 量測原理	伏安法	離子層析法	伏安法	能隙原理 PT100
2. 量測範圍	0~14	0.7~50,000 µS/cm	0~100mg/L	-40~+125 ℃
3. 外殼材質	PVC	PVC	PVC	PVC
4. 耐溫範圍	-5~99℃	1~110℃	1~60℃	-40~+125 ℃
5. 耐壓範圍	100 psi	100 psi	100 psi	100 psi
6. 準確度	±0.02	±2%	±0.05 mg/L	±1℃ (25 ℃)
7. 解析度	0.01	0.1 µS/cm	0.01 mg/L	0.01℃
8. 反應時間	1 秒	1 秒	1 秒	2 秒

圖 4、廣域科技水質感測器基本資料表

產品圖片				
				
設備基本資料				
1. 產品名稱	智慧化水質監測儀			
2. 產品型號	A7400 iot water guardian			
3. 尺寸/重量	移動式: 約 36cm*36cm*30cm 固定式: 約 55cm*35cm*20cm			
4. 防水等級	IP67			
5. 電源系統/充電方式	移動式: 充電鋰電池 固定式: 太陽能供電			
6. 水樣流速	3m/s			
7. 遠端調整監測頻率	可。依使用者自行調整，最小 1 秒。			
8. 應用範圍	水處理、工業廢水、養殖、加藥監測、地表水等。			
9. 安裝方式	離岸式、水面漂浮式、			
10. 價格	尚待定義			
Sensor 基本資料				
項目	酸鹼值	導電度	溶氧	溫度
1. 量測原理	伏安法	二極式	螢光法	RTD PT1000
2. 量測範圍	2pH~12pH	1~20 mS/cm	0～20.00 mg/L	0~100˚C (PT100)
3. 外殼材質	ABS	PBT 防腐	POM 及 316 不銹鋼	ABS
4. 耐溫範圍	0~80˚C	0~80˚C	0～45℃	0~80˚C
5. 耐壓範圍	0.4MPa	0~4 bar	0.2MPa	0.4MPa
6. 準確度	±0.02pH	±1.5%F.S.	±2%F.S.	±0.3˚C
7. 解析度	0.01pH	0.01mS/cm	0.01mg/L	0.1˚C
8. 反應時間	1 秒	1 秒	1 秒	1 秒

圖 5、儀展科技水質感測器基本資料表

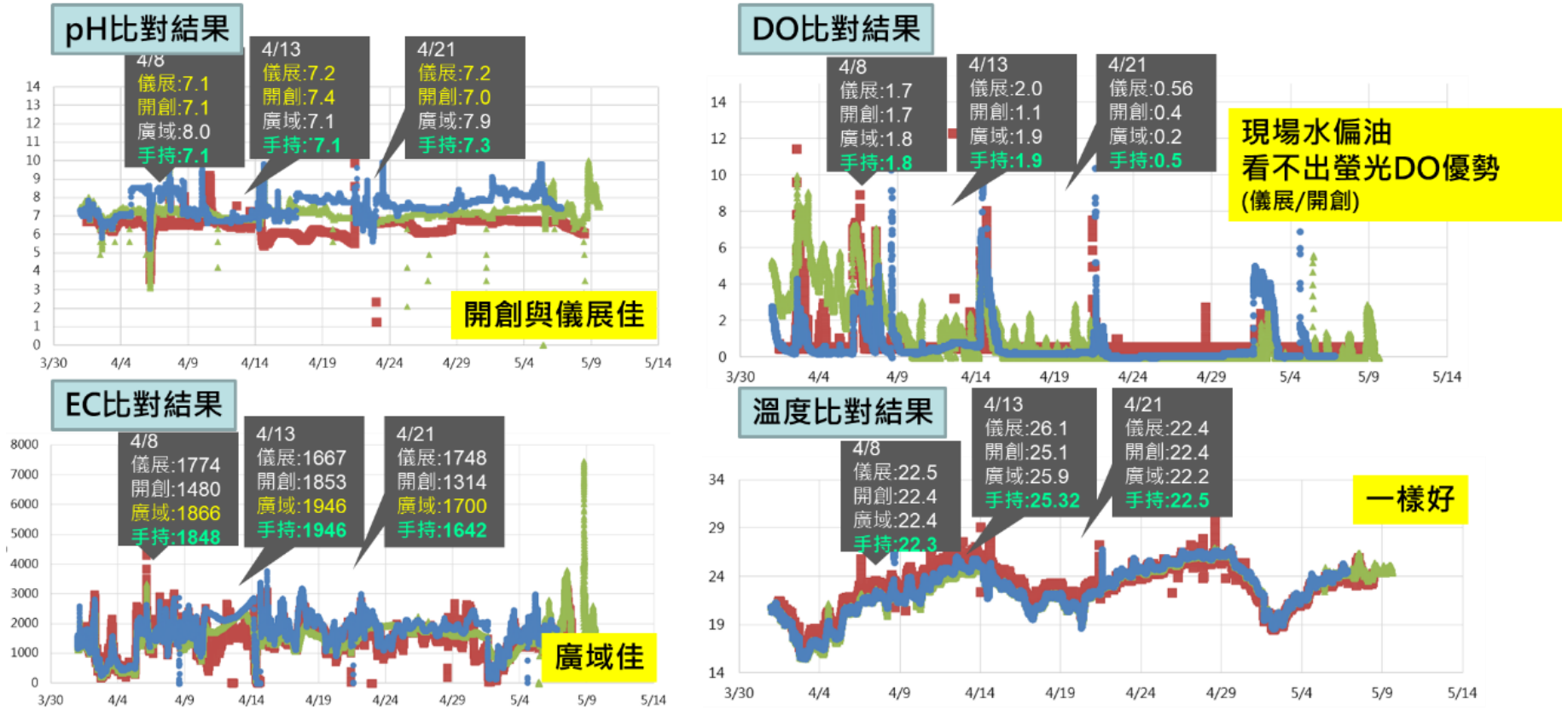


圖 6、開創/廣域/儀展之水質感測器感測數據表現

附件十二、111 年度科技計畫成果效益報告

111 年度科技計畫成果效益報告

行政院環境保護署 編印

中華民國 111 年 12 月 22 日

111 年度科技計畫成果效益報告

一、年度科技計畫成果效益事實報告表（表 1-1）
二、科技計畫成果效益自評表（表 1-2）

表 1-1

111 年度科技計畫成果效益事實報告表
（請由計畫主持人、執行人填寫）

壹、計畫基本資料　　領域別：環境科技

計畫主持人 陳范倫

計畫名稱『111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫』

審議編號

計畫期程 111 年 1 月至 111 年 12 月

全程經費　億 19,960 千元 111 年度經費　億 19,960 千元

執行機構 財團法人工業技術研究院

貳、計畫目的與預期成效

臺灣經濟規模快速發展，工業化與城市化對環境帶來重大壓力，特別臺灣都市面積小，工業區造成的水污染很快就外溢到臨近住宅區，水質感測及防治已成為重要議題。過去感測仰賴人工採樣檢測，耗時耗力難以因應多變的環境需求。目前常用之水質感測器雖然可靠度佳，但大多為測站等級，由於體積大、安裝及維護費用高，難以廣為布建，對水質數據掌握仍存在極大缺口。有鑒於近年線上水質分析及資通訊技術之精進，使得開發一體積小、耐用佳、操作簡單、設置費用低廉且具無線數據傳輸與物聯網功能之新一代水質感測物聯網設備成為可行之技術開發方向。為進一步達到高效化水聯網應用，本團隊延續前述環保署推動之工作，今年度將檢視過去建立的水聯網整體解決方案，投入基礎研發量能下，逐步擴大應用面。持續優化並強化品管，同時執行水質模式、多元化場域驗證與商業化探討。本年度預期完成四項重點工作，包括：(一) 優化與精進水質感測器，並針對新感測項進行可行性評估；(二) 強化水質感測器品管控制；(三) 多樣化水質感測器產業化及空間應用；(四) 推動地方政府水質感測物聯網合辦計畫應用及管理。本團隊從研發優化、數據解析至環境應用推廣，逐步擴大計畫影響面。中央到地方共同推動，從環境至產業跨域加值，將水聯網融入生活，把水質數據透明化，用科技改善環境品質，讓民眾有感。

參、計畫目的主要內容

本計畫目的及主要內容敘述如下：

(一) 優化水質感測器

1. 精進水質感測器感測元件：針對淨水領域的濁度及廢水領域的 tCOD/SS 進行韌體與演算功能提升，並產出新版感測元件；
2. 提升固定式水質感測器設備效能：(1) 利用已開發設備，評估新感測項目如：生化需氧量、色度、重金屬等之感測可行性；(2) 利用既有設備研析擴充或替換市售感測元件可行性；
3. 提升移動式水質感測器設備效能：(1) 強化演算軟體之數據穩定性與解析能力；(2) 研析縮小移動式感測器機體、優化電路配置、強化防水機能及運用網路節點傳輸之可行性；(3) 利用既有設備研析擴充或替換市售感測元件可行性。

(二) 強化水質感測器品管控制

1. 建立物聯網之水質感測器、感測元件、資訊傳輸等驗證草案；
2. 研擬水質感測物聯網安裝及數據應用指引；
3. 持續維持固定式與移動式水質感測器良好數據品質服務。

（三） 多樣化水質感測器產業化及空間應用

1. 運用既有水質感測器進行如水質自動監測及連線傳輸系統、淨水水情揭露點水情資訊傳輸、遊憩水池加藥控制或養殖業投料控制等測試，研發完整商品化產品，並提出技術可行性、商品總成本與市場競爭力等可行性報告。
2. 運用 10 臺增加感測元件之水質感測器，研析水聯網的空間應用

（四） 推動地方政府水質感測物聯網合辦計畫應用及管理。

本工作項主要協助環保署推動與管理移動式水質感測器及手持式水質感測器擴展應用情形，包括合辦應用計畫推動進度與成果說明、查核地方政府水質感測器數據品質、分析彙整水質感測器數據並提出應用評估報告，以及彙整及推廣水質物聯網計畫成果。

肆、計畫經費與人力

計畫名稱	執行情形	總人力(人年)	研究員級	副研究員級	助理研究員級	助理
111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫	原訂	5.25	1.08	2.17	2	0
	實際	5.25	1.08	2.17	2	0
	差異	0	0	0	0	0

伍、計畫已獲得之主要成就與成果（out put）

1. 請就本計畫涉及之(1)學術成就(2)技術創新(3)經濟效益(4)社會影響(5)非研究類成就(6)其他效益方面說明重要之成果及重大之突破，以文字方式分列說明。

(1) 學術成就

一般量測設備都需反應及量測時間，無法即時提供量測之水質資訊，失去水質自動感測之目的。因此，本計畫所開發水質感測元件與物聯網平台技術開發方向朝向「體積小」、「耐用」、「維護容易」及「低成本」的方向，可應用於大規模區域水質感測之即時線上水質感測技術，協助相關部會建置不同情境之智慧水質環境監控系統。在技術開發原理部分以目前較新穎之技術為主，共達成以下成果：

1. 利用計畫光學設備研析對新感測項的可行性研析的結果顯示：(A)對於 BOD_5 的推估結果顯示,在水質變異性較小之環境場域可推估出具備一定可信度之 BOD_5 結果,但用於推估水樣來源較複雜的場域則因其來源較不穩定容易產生較大之推估誤差；(B)同時具備濁度與色度水樣的推估結果顯示,NIR 因其感測不受色度影響,因此其對於濁度的推估更為準確；在真色色度的推估結果顯示，水樣中濁度相對不高時，其對色度推估具備一定之可信度－，整體誤差<10%，當濁度升至 100 NTU 以上時，其對色度的推估會因濁度貢獻而產生較大的偏移，但對於高色度的影響則較小。如以放流水標準來看，可作為高色度之預警工具。
2. 針對生物晶片用於水質感測之經濟與技術研析顯示，生物晶片用於水質感測之研發成本高，其品管及保存技術亦較為困難，且使用上亦受環境條件變異較大時而有影響，多半穩定性及耐用性不佳，具有許多限制尚待克服，如商業化用於廣布型水質監測具有困難。

3. 運用固定式水質感測器於南崁溪流域主流與支流進行連續水質水量感測，根據WASP模式初步模擬結果顯示以情境三(採用東門溪實測值及外加負荷)較為理想，提升研析水聯網的空間運用。

(2) 技術創新

本計畫針對感測技術之創新突破共完成以下成果：

1. 完成濁度與COD/SS光學水質感測元件精進工作，提升設備精密度並增加零點偏移功能，並完成實場水測試，目前均已應用於實際場域。
2. 完成利用前期計畫電化學設備研析對於感測極限及測項擴增之可行性評估結果顯示：(A)於水中餘氯之分析，以安培法為基礎，搭配電極面積增加，可提升餘氯感測極限及感測頻率；(B)於水中重金屬之分析，成功建立單一銅或鉛之感測技術與操作條件，未來如需針對同時多測項重金屬感測器建立，可採現有電化學反應槽與機台，惟電路板相關規格需進行硬體修正以符合多測項之規格需求；(C)於電化學感測器開發之經濟性評估中可知，如需使用於即時連續監測之場域(如降低污染排放未察覺之情形發生(如每日至少需分析一次以上)，相較於現行餘氯、重金屬之分析方式，採用電化學線上即時感測機台除可獲得即時水質數據且更具經濟效益。
3. 完成10台固定式與5台移動式感測器的優化工作，目前已於(A)水產養殖及科技廠水質進行感控驗證；(B)CWMS、淨水廠及混合污水處理廠進行機台感測驗證；(C)河川流域之水質模式應用，分析水體污染物時空變化趨勢。針對上述多元場域之驗證，提出產品化可行性分析。
4. 為使水質感測器應用效果擴張多元，本計畫應用移動式感測器於科技廠及水產養殖場域進行感控評估及應用固定式感測器於科技廠、污水處理廠及淨水廠進行感測驗證，並據以提出水質感測器針對民生場域應用提出完整商品化產品可行性報告。

(3) 經濟效益

本年度完成儀展科技有限公司「多成分光學式水質即時監測」先期技術授權，本研究以光學法為開發基礎，結合未來物聯網及雲端大數據處理，開發具有「體積小」、「耐用」、「維護容易」及「低成本」特性之廣佈型水質感測技術，以多光源、具備參考光感測及多成分演算法所開發之設備基礎，可整合線上分析技術平台，以提供未來各單位應用於不同情境水體監測系統之建置。

(4) 社會影響

1. 環保署歷年來致力於環境物聯網應用與露出，陸續舉辦多場會議，於107年辦理【環境感測物聯網與產業創新研討會】，108年以成果展示為主軸，參與【108年臺灣國際智慧物聯網應用展】，109年辦理【臺灣智慧水聯網記者會】，也於110年舉辦【水質感測物聯網布建及應用成果記者會】。本年度為了解各縣市環保局在水質感測器的應用成果與交流分享，並增進水質感測器的應用效益以及中央與地方在全臺水質感測物聯網的合作，規劃於111年12月辦理112-113年合辦說明會議與111年業務檢討會，正式辦理時間與議程規劃將與環保署確認後執行。
2. 協助環保署辦理「空品監測30週年」及「水質監測20週年」致贈典禮，回顧環境監測歷程，感謝所有人員的辛勞付出。
3. 111年與地方政府合辦水質感測器應用計畫藉由感測數據趨勢成功稽查12案，累積裁罰金額(FY108迄今)超過3千萬元，稽查業別包括畜牧業、金屬表面處理業、食品加工業、皮革廠、印染整理業以及廢棄物處理業，其中畜牧業因廢水輸送設備有疏漏致污染水體，惟未採取緊急應變措施而開罰，由此可見藉由固定與移動式水質感測數據趨勢發現異常事件，除可查獲蓄意違法偷排外，亦可查獲工廠廢水處理設備疏漏等異常狀況，並提醒業者及時改善以避免持續破壞自然水體環境。

2.請依本計畫(涉及)設定之成果項目以量化績效指標方式及佐證資料格式填寫主要之量化成果(如學術成就代表性重要論文、技術移轉經費/項數、技術創新項數、技術服務項數、重大專利及項數、著作權項數等項目，含量化與質化部分)。

(1) 學術成就

A. 論文 3 篇

期刊或研討會名稱	發表時間	論文名稱
量測資訊 208 期	111 年 10 月	小型化光學水質感測模組之研發與應用
The 2022 International Conference on Green Electrochemical Technologies and the 2022 Annual Meeting of Electrochemical Society of Taiwan 雙年會	111 年 10 月	On-Line Electrochemical Sensor for Residual Chlorine and Heavy Metal Detection
Journal of Sensors	111 年 12 月	Development of an Innovative online turbidity monitoring device

B. 技術報告 6 篇

- ✓ 完成「112~113 年度水質感測器合辦計畫應用說明及注意事項」
- ✓ 完成「水質感測器應用於民生場域商品化產品可行性分析」
- ✓ 完成「感測器操作說明手冊及標準應用程序」
- ✓ 完成「水質感測物聯網安裝及數據應用指引」
- ✓ 完成「彙整及分析全臺水質感測器數據應用評估報告」
- ✓ 完成「水質模式應用於水聯網之可行性報告」

C. 研究報告撰寫 1 本

- ✓ 『111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫』成果報告

(2) 技術創新

A. 專利新申請 1 項，累計獲證 7 項

項次	專利名稱	申請國家	專利類型	申請日期	案件情況
1	嵌入式感測模組及感測裝置	TW	發明	2017/12/15	獲證
2	嵌入式感測模組及感測裝置	TW	新型	2017/12/15	獲證
3	嵌入式感測模組及感測裝置	US	發明	2017/12/29	獲證
4	水質監測系統	TW	新型	2019/12/27	獲證
5	多功能水質感測模組	TW	新型	2020/5/26	獲證
6	多功能水質感測裝置	TW	發明	2020/8/4	獲證
7	水質監測裝置	TW	新型	2020/12/11	獲證
8	光學式水質監測之清潔方法與裝置	TW	發明	2022/12/15	申請中

B. 先期技術移轉 1 項

- ✓ 儀展科技有限公司「多成分光學式水質即時監測」先期技術授權

(3) 經濟效益

- ✓ 本年度完成儀展科技有限公司「多成分光學式水質即時監測」先期技術授權，

雙方合意授權金 20 萬元整。

- ✓ 「浮動式水質連續監測」(FY108 技術移轉項目)本年度權利金 51.5 萬元整。

(4) 社會影響

- ✓ 110 年合辦計畫共 15 縣市參與，移交地方政府應用 147 臺移動及 300 臺手持式水質感測器。藉由水質感測器異常趨勢成功稽查 17 案，累計裁罰金額超過 1,500 萬元。
- ✓ 111 年合辦計畫新申請縣市為彰化縣、高雄市與臺東縣，累計移交地方政府應用 175 臺移動及 360 臺手持式水質感測器。藉由水質感測器異常趨勢成功稽查 12 案，累計裁罰金額超過 300 萬元。
- ✓ 合辦計畫開辦至今，藉由水質感測器異常趨勢共成功稽查 43 案，累計裁罰金額超過 3,000 萬元。

陸、評估計畫主要成就及成果之價值與貢獻（out come）

請依前述重要成果及重大突破說明其價值與貢獻度如：

1.學術成就(科技基礎研究) (權重___%)

(1)本年度計畫已完成濁度與 COD/SS 光學水質感測元件精進工作，提升設備精密度並增加零點偏移功能，並完成實場水測試，目前均已應用於實際場域。

(2)利用前期計畫光學設備研析對新感測項的可行性研析的結果顯示：(A)對於 BOD_5 的推估結果顯示，在水質變異性較小之環境場域可推估出具備一定可信度之 BOD_5 結果，但用於推估水樣來源較複雜的場域則因其來源較不穩定容易產生較大之推估誤差；(B)同時具備濁度與色度水樣的推估結果顯示，NIR 因其感測不受色度影響，因此其對於濁度的推估更為準確；在真色色度的推估結果顯示，水樣中濁度相對不高時，其對色度推估具備一定之可信度－，整體誤差<10%，當濁度升至 100 NTU 以上時，其對色度的推估會因濁度貢獻而產生較大的偏移，但對於高色度的影響則較小。如以放流水標準來看，可作為高色度之預警工具。

(3)針對生物晶片用於水質感測之經濟與技術研析顯示，生物晶片用於水質感測之研發成本高，其品管及保存技術亦較為困難，且使用上亦受環境條件變異較大時而有影響，多半穩定性及耐用性不佳，具有許多限制尚待克服，如商業化用於廣布型水質監測具有困難。

2.技術創新(科技整合創新) (權重___%)

(1)完成利用前期計畫電化學設備研析對於感測極限及測項擴增之可行性評估結果顯示：(A)於水中餘氯之分析，以安培法為基礎，搭配電極面積增加，可提升餘氯感測極限及感測頻率；(B)於水中重金屬之分析，成功建立單一銅或鉛之感測技術與操作條件，未來如需針對同時多測項重金屬感測器建立，可採現有電化學反應槽與機台，惟電路板相關規格需進行硬體修正以符合多測項之規格需求；(C)於電化學感測器開發之經濟性評估中可知，如需使用於即時連續監測之場域(如降低污染排放未察覺之情形發生(如每日至少需分析一次以上)，相較於現行餘氯、重金屬之分析方式，採用電化學線上即時感測機台除可獲得即時水質數據且更具經濟效益。

(2)完成 10 臺固定式與 5 臺移動式感測器的優化工作，目前已於(A)水產養殖及科技廠水質進行感控驗證；(B)CWMS、淨水廠及混合污水處理廠進行機台感測驗證；(C)河川流域之水質模式應用，分析水體污染物時空變化趨勢。針對上述多元場域之驗證，提出產品化可行性分析。

3.經濟效益(產業經濟發展) (權重___%)

完成「多成分光學式水質即時監測」先期技術授權及「浮動式水質連續監測」(FY108

技術移轉項目)持續推動，本年度授權金與權利金共 71.5 萬元整。

4.社會影響(民生社會發展、環境安全永續) (權重___%)

(1)協助環保署辦理「空品監測 30 週年」及「水質監測 20 週年」致贈典禮，回顧環境監測歷程，感謝所有人員的辛勞付出。藉由贈獎典禮向空氣、水質監測的幕後英雄致敬，同時回顧監測歷程的演進，讓國人民眾更加了解到環保署的監測業務如何與時俱進以及日益精進，從原先的標準監測站擴增了微型感測器建構之即時感測環境物聯網，兩者相輔相成，在眾人努力下，建立起現今龐大又嚴謹的全國環境監測網絡。

(2)協助農水署舉辦「灌溉水質業務跨域合作成果發表會」，展出計畫開發之水質感測器，透過中央單位間跨域協調監測資源及布建量能，結合地方橫向聯繫與長期合作默契，利用自動化水質即時監測設備，突破傳統人工監測的限制，針對各種偶發性水質污染案件，提供即時判斷與處理，有效防止污染擴大，創造出水質保護跨域合作的新願景。

(3)協助舉辦「智聯網計畫應用成果交流會議」，藉由環保署監資處、空保處、督察總隊等團隊分享計畫成果與未來規畫，有助於未來推廣擴散至更多地方政府，加速落地導入更多實際應用。同時透過縣市環保局的經驗交流與分享，包含智慧稽查、跨域應用及提升數據品質等，對於提升環保局及維運廠商執行計畫成效將有所裨益，未來持續優化推動中央與地方合作機制，善用智慧化環境物聯網，逐步實現蔡總統提出「數位國家、智慧島嶼」之目標與理想。

(4)彙整水科技物聯網計畫成果與效益，包括：新型態水質感測技術、智慧水聯網功能、雲端應用及水質感測模式，增進技術多元推廣之功效，協助獲得 2022 雲端物聯網創新獎-「你偷排，我在看」-打造全天候智慧水質感測物聯網傑出應用獎第一名。

(5)111 年藉由水質感測器異常趨勢成功稽查 12 案，累計裁罰金額超過 300 萬元。合辦計畫開辦至今，藉由水質感測器異常趨勢共成功稽查 43 案，累計裁罰金額超過 3,000 萬元。

柒、與相關計畫之配合

無。

捌、後續工作構想及重點

1. 建議持續感測方法研析，並導入最佳化程序控制、稀釋/定量及前處理設備，提升多成分量測穩定性；優化水位推估流量策略，利用不同水位流速量測，滾動修正河川流量量測準確性，增加不同場域應用性。
2. 建議持續加值水質感測器應用情境，增加驗證場域如：北水處管末監測、自來水塔、漁電共生養殖漁業與泳池等遊憩水域水情揭露。
3. 建議持續收集固定式水質連續監測資料並詳細調查沿線支流晴雨天排放情形，除可提升模式模擬之精確度，亦可作為未來估算污染物通量及總量管制之基礎。

玖、檢討會與建議

1. 國產化水質感測元件已經進入最後一哩路，建議針對具技術移轉之專利與商品，持續進行商業推廣模式建立，擴大本計畫之研發成果外溢效應。
2. 持續推動地方政府感測物聯網合辦計畫，落實審查地方政府水感測器安裝資料，提出建議定期查驗。

填表人： 朱振華 聯絡電話： (03)5918531 傳真： (03) 5833106

表 1-2

111 年度科技計畫成果效益自評表
（請由計畫主持人、執行人填寫，再由主管部會署初核）

壹、計畫基本資料　　領域別：環境科技

計畫主持人 陳范倫

計畫名稱『111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫』

審議編號

計畫期程 111 年 1 月至 111 年 12 月

全程經費　　億 19,960 千元 111 年度經費　　億 19,960 千元

執行機構財團法人工業技術研究院

貳、計畫目標與執行內容是否符合（如有差異，請說明）
無差異。

參、計畫已獲得之主要成就與成果

本計畫達成之技術成果與結論簡述如下：(1)完成濁度與 COD/SS 光學水質感測元件精進工作，提升感測元件之精確度並新增零點偏移功能；(2)運用前期設備可在水質變異性較小場域推估具備一定可信度之 BOD5 結果，但並不適用於複雜水體場域；對於水體中真色色度易受到濁度干擾，但在高色度狀況下影響較小，可作為高色度之預警工具；於水中餘氯之分析，以安培法為基礎，搭配電極面積增加，可提升餘氯感測極限及感測頻率；如需針對同時多測項重金屬感測器建立，可採現有電化學反應槽與機台，惟電路板相關規格需進行硬體修正以符合多測項之規格需求；(3)生物晶片用於水質感測之研發成本高，其品管及保存技術亦較為困難，商業化用於水質監測具有困難；(4)完成固定式與移動式感測器的優化工作；(5)完成「物聯網之水質感測器、感測元件、資訊傳輸等驗證草案」及「水質感測物聯網安裝及數據應用指引」；(6)完成固定式與移動式水質感測器有效數據完整率與數據品質滿意度評估工作，各期數據完整率均大於 85%；(7)應用移動式感測器於科技廠及水產養殖場域進行感控評估及應用固定式感測器於科技廠、污水處理廠及淨水廠進行感測驗證，並提出水質感測器針對民生場域應用提出完整商品化產品可行性報告；(8)根據 WASP 模式運用固定式水質水量感測數據之模式初步模擬結果顯示以情境三（採用東門溪實測值及外加負荷）較為理想；(9)完成 110 年合辦計畫成果彙整、111 年合辦計畫管考、112-113 年合辦原則研擬、地方政府水質感測器數據品質查核與精進水科技物聯網平臺功能；(10) 提出 1 件新型台灣專利、1 篇中文及 2 篇英文論文並完成與儀展科技技術移轉 1 件，宣傳環保署水質感測器研發與物聯網成果；(11)辦理「生物晶片研討會」及「空品監測 30 週年」及「水質監測 20 週年」致贈典禮」2 場次會議，預計合辦原則定稿後於 111 年 12 月辦理 112-113 年合辦說明會議與 111 年合辦檢討會。

肆、計畫主要成就與成果之價值與貢獻度（out put）（如論文篇數、技術移轉經費/項數、技術項數、技術創新項數、技術服務項數、專利權項數、著作權項數等）

一、論文 3 篇

期刊或研討會名稱	發表時間	論文名稱
量測資訊 208 期	111 年 10 月	小型化光學水質感測模組之研發與應用
The 2022 International Conference on Green Electrochemical Technologies and the 2022 Annual Meeting of Electrochemical Society of Taiwan 雙年會	111 年 10 月	On-Line Electrochemical Sensor for Residual Chlorine and Heavy Metal Detection
Journal of Sensors	111 年 12 月	Development of an Innovative online turbidity monitoring device

二、智慧財產：專利申請 1 件

項次	專利名稱	申請國家	專利類型	申請日期	案件情況
1	光學式水質監測之清潔方法與裝置	TW	發明	2022/12/15	申請中

三、技轉與智財授權：先期技術移轉 1 項

儀展科技有限公司「多成分光學式水質即時監測」先期技術授權

四、技術報告 6 篇

1. 完成「112~113 年度水質感測器合辦計畫應用說明及注意事項」
2. 完成「水質感測器應用於民生場域商品化產品可行性分析」
3. 完成「感測器操作說明手冊及標準應用程序」
4. 完成「水質感測物聯網安裝及數據應用指引」
5. 完成「彙整及分析全臺水質感測器數據應用評估報告」
6. 完成「水質模式應用於水聯網之可行性報告」

五、研究報告撰寫 1 本

『111 年度高效化智慧水聯網研發應用及專案管理計畫』成果報告

伍、評估計畫主要成就及成果之價值與貢獻（out come）

1. 完成濁度與 COD/SS 光學水質感測元件精進工作，提升設備精密度並增加零點偏移功能，並完成實場水測試，目前均已應用於實際場域。
2. 完成利用前期計畫電化學設備研析對於感測極限及測項擴增之可行性評估結果顯示：(A)於水中餘氯之分析，以安培法為基礎，搭配電極面積增加，可提升餘氯感測極限及感測頻率；(B)於水中重金屬之分析，成功建立單一銅或鉛之感測技術與操作條件，未來如需針對同時多測項重金屬感測器建立，可採現有電化學反應槽與機台，惟電路板相關規格需進行硬體修正以符合多測項之規格需求；(C)於電化學感測器開發之經濟性評估中可知，如需使用於即時連續監測之場域(如降低污染排放未察覺之情形發生(如每日至少需分析一次以上)，相較於現行餘氯、重金屬之分析方式，採用電化學線上即時感測機台除可獲得即時水質數據且更具經濟效益。
3. 利用計畫光學設備研析對新感測項的可行性研析的結果顯示：(A)對於 BOD_5 的推估結果顯示，在水質變異性較小之環境場域可推估出具備一定可信度之 BOD_5 結果，但用於推估水樣來源較複雜的場域則因其來源較不穩定容易產生較大之推估誤差；(B)同時具備濁度與色度水樣的推估結果顯示，NIR 因其感測不受色度影響，因此其對於濁度的推估更為準確；在真色色度的推估結果顯示，水樣中濁度相對不高時，其對

色度推估具備一定之可信度一，整體誤差<10%，當濁度升至 100 NTU 以上時，其對色度的推估會因濁度貢獻而產生較大的偏移，但對於高色度的影響則較小。如以放流水標準來看，可作為高色度之預警工具。

4. 針對生物晶片用於水質感測之經濟與技術研析顯示，生物晶片用於水質感測之研發成本高，其品管及保存技術亦較為困難，且使用上亦受環境條件變異較大時而有影響，多半穩定性及耐用性不佳，具有許多限制尚待克服，如商業化用於廣布型水質監測具有困難。
5. 運用固定式水質感測器於南崁溪流域主流與支流進行連續水質水量感測，根據 WASP 模式初步模擬結果顯示以情境三（採用東門溪實測值及外加負荷）較為理想，提升研析水聯網的空間運用。
6. 為使水質感測器應用效果擴張多元，本計畫應用移動式感測器於科技廠及水產養殖場域進行感控評估及應用固定式感測器於科技廠、污水處理廠及淨水廠進行感測驗證，並據以提出水質感測器針對民生場域應用提出完整商品化產品可行性報告。
7. 完成 10 台固定式與 5 台移動式感測器的優化工作，目前已於(A)水產養殖及科技廠水質進行感控驗證；(B)CWMS、淨水廠及混合污水處理廠進行機台感測驗證；(C)河川流域之水質模式應用，分析水體污染物時空變化趨勢。針對上述多元場域之驗證，提出產品化可行性分析。

陸、與相關計畫之配合程度

本計畫目前並無與其他相關計畫連結，惟執行計畫期間因需布建用地與水質感測設備接電，於相關單位如：環檢所、水利局、縣市環保局、鄉鎮公所、水利署及地方工業區管理中心均有接觸，未來會配合環保署長期規劃，積極與其他公部門進行合作可能性之討論與分工，將國家資源投入效益最大化。

柒、計畫經費的適足性與人力運用的適善性

計畫經費的適足性與人力運用妥適，且預算之執行率及達成率均佳。

捌、後續工作構想及重點之妥適性

1. 建議持續感測方法研析，並導入最佳化程序控制、稀釋/定量及前處理設備，提升多成分量測穩定性；優化水位推估流量策略，利用不同水位流速量測，滾動修正河川流量量測準確性，增加不同場域應用性。
2. 建議持續加值水質感測器應用情境，增加驗證場域如：北水處管末監測、自來水塔、漁電共生養殖漁業與泳池等遊憩水域水情揭露。
3. 建議持續收集固定式水質連續監測資料並詳細調查沿線支流晴雨天排放情形，除可提升模式模擬之精確度，亦可作為未來估算污染物通量及總量管制之基礎。

玖、檢討會與建議

1. 國產化水質感測元件已經進入最後一哩路，建議針對具技術移轉之專利與商品，持續進行商業推廣模式建立，擴大本計畫之研發成果外溢效應。
2. 持續推動地方政府感測物聯網合辦計畫，落實審查地方政府水感測器安裝資料，提出建議定期查驗。

計畫主持人簽名：_____

填表人：朱振華 聯絡電話：(03)5918531

主管部會評估意見：

主管簽名：_____