行政院環境保護署

110 年度高效化智慧水聯網應用設置計畫

計畫執行期間：110 年 01 月 01 日至 110 年 12 月 31 日止

計畫經費：新台幣壹仟玖佰伍拾萬元整

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、

許震洋 工程師

重要參與人員：　劉峻幗 資深工程師

莊雅茹 研究員

莊雅婷 副研究員

彭書憶 副研究員

賴玫君 副研究員

行政院環境保護署　編印

中華民國 110 年 12 月

110 年度高效化智慧水聯網應用設置計畫

期末報告基本資料表

委辦單位	行政院環境保護署		
執行單位	財團法人工業技術研究院		
參與計畫人員姓名	陳范倫、朱振華、許震洋、劉峻幗、莊雅茹、李晨瑜、王儀婷、莊雅婷、賴玫君、彭書憶、張依柔		
年　　度	110 年	計畫編號	EPA074110007
研究性質	□基礎研究　■應用研究　■技術發展		
研究領域	環境工程		
計畫屬性	■科技類　□非科技類		
全程期間	110 年 01 月～110 年 12 月		
本期期間	110 年 01 月～110 年 12 月		
本期經費	19,500 千元		
	資本支出		經常支出
	土地建築_____千元		人事費 4,995.9 千元
	儀器設備_____千元		業務費 7,172.717 千元
	其他　_____千元		材料費 3,875 千元
			其他 3,456.383 千元

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

計畫成果中英文摘要（簡要版）

一、中文計畫名稱：110 年度高效化智慧水聯網應用設置計畫

二、英文計畫名稱：Project for High-Efficiency Smart WIoT Networking Application

三、計畫編號：

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、許震洋

六、執行開始時間：110 年 01 月 01 日

七、執行結束時間：110 年 12 月 31 日

八、報告完成日期：110 年 11 月 15 日

九、報告總頁數：265 頁

十、使用語文：中文，英文

十一、報告電子檔名稱：　110 年度高效化智慧水聯網應用設置計畫 v1

十二、報告電子檔格式：Microsoft Office WORD 2019

十三、中文摘要關鍵詞：水質感測、物聯網水質感測器、實場布建、環境水質、污染感測、鑑識調查、物聯網、感測器連接網

十四、英文摘要關鍵詞：Water quality sensing、IoT technology on water quality sensing, Field demonstration, Environmental water quality, Pollution monitoring, Environmental forensic investigation IoT, Sensor network

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，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。目前常用之水質感測器體積大、安裝及維護費用高，難廣為布建，對水質數據掌握仍存在極大缺口。本計畫開發並整合體積小、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新一代水質感測物聯網設備。

本計畫達成成果如下：1.完成 1 臺可攜式濁度分析儀、3 臺餘氯感測原型機設計及組裝與 2 個月測試、完成 2 臺 COD＋SS 感測模組，改良固定式電源供應模組，延長電力壽命至 30 天以上，精進移動式水質感測器原型機 20 臺製作；2.執行 3 次固定式水質感測器移機，重新優化 30 點選點；3.提出多樣化水質感測器執行效益評估及產業化應用分析報告；4.完成固定式 21 件、移動式 18 件水質異常事件篩選；5.完成高階動力式水質感測器場域完成 2 處場域應用；6.完成 1 個月以上 ORP 移動式水質感測器產業應用含遊憩泳池、養殖漁業；7.完成 15 個新版移動式水質感測器布點，布建在 5 種應用型態及 5 種裝設點位情境；8.推動 110 年合辦計畫新申請縣市為基隆市與花蓮縣，移交地方政府應用 147 臺移動式及 300 臺手持式水質感測器。地方政府藉由水質感測器異常趨勢成功稽查 14 案，累計裁罰金額 1,055.22 萬元；9.完成產業媒合會議、合辦計畫業務檢討會議與成果發表記者會各 1 場次；10.完成 4 篇論文、2 案專利申請、1 案技轉授權。

十六、英文摘要：

In the wake of Taiwan's rapid economic development, industrialization and urbanization has exerted significant pressure on the island's environment, especially in view of its limited land space, as a result of which polluted water in an industrial area often flows to a residential area. As part of the effort to cope with the problem, large numbers of water-quality sensors have been deployed but the scale is still grossly insufficient, due to large size and high installation and maintenance cost of existing models. The project aims to develop new-generation water-quality IoT sensing device, featuring compact size, durability, simple operation, low installation cost, wireless data transmission, and IoT connection.

The project has attained the following achievements:

1. Fabrication of one portable turbid meter, three residual chlorine sensor prototypes, two COD+SS sensing modules, and fixed power-supply module, which can extend power-supply duration to over 30 days, and

20 sophisticated mobile water-quality sensor prototypes;

2. Three relocations of fixed water-quality sensors to 30 better sites;
3. Efficacy evaluation for various water-quality sensors and report on industrial applications;
4. Screening of abnormal water-quality cases, 21 from fixed devices and 18 from mobile devices;
5. Completion of high-tier dynamic water-quality sensing field;
6. Completion of industrial application of ORP water-quality sensors mobile devices for over one month, at sites such as recreational swimming pools and fishing ponds;
7. Deployment of 15 new-version mobile water-quality sensors at sites in five applications types and five scenarios;
8. Transfer to EPB 147 mobile and 33 handheld water-quality sensors in 2021, which have been used in discovering 14 water-pollution cases, with accumulated fines reaching NT$10,552,200. Keelung City and Hualien County governments are new participants;
9. Holding of one industrial matching meeting, one review meeting for collaborative projects, and one press conference;
10. Completion of four papers, two patent applications, and one technology transfer.

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，已於全國布建 180 臺，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，本計畫延續前述環保署推動之工作，今年度將檢視四年期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。共有四大執行重點，包括：(一)優化運作固定式水質感測器精準篩選異常事件。以應用情境導向精進固定式水質感測器，透過最適化選點提升感測效益，並維持良好感測數據品質；(二)精進多樣化水質感測技術及擴大實場應用驗證。以濁度、餘氯及化學需氧量作為固定式感測器主要精進感測元件，並縮小移動式感測器體積及提升續航力；(三)多樣化水質感測器執行效益評估及產業化應用。解析過去水質感測數據，作為未來布建選址及維運設備效益提升基礎，並實場應用多樣化水質感測器，達到產業推廣及執法應用目標；(四)推動地方政府感測物

聯網合辦計畫應用及管理。持續彙整 109 年合辦計畫成果，並推動管考 110 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。

完成執行結果說明如後。(一) 優化運作固定式水質感測器精準篩選異常事件：完成 30 臺固定式水質感測器之優化與改良，並完成實驗室測試及調校，另重新檢討布建點位效益，重新優化 30 點選點，並執行 3 次固定式水質感測器移機，維持監測數據不間斷之服務逐步更換機臺並新增布建位置。(二) 精進多樣化水質感測技術及擴大實場應用驗證：完成可攜式濁度分析儀 1 臺、餘氯感測原型機之設計及組裝 3 臺、完成 COD+SS 感測模組 2 臺，改良固定式電源供應模組，結合太陽能板延長電力壽命至 30 天以上，精進移動式水質感測器部分已於 7 月 15 日前完成精進版本原型機 20 臺製作，完成餘氯模組實廠 2 個月測試。(三) 多樣化水質感測器執行效益評估及產業化應用：已介接近兩年數據及分析方法學訂定，將協助分析過去水聯網數據高低效益及元件衰減狀態，另持續協助數據分析。完成固定式 21 件水質異常事件篩選，且配合後端稽查行動成果豐碩，另外高階動力式水質感測器場域驗證部分，完成 2 處場域應用。ORP 移動式水質感測器產業應用部分，完成遊憩泳池、養殖漁業 2 種適用情境場域 1 個月以上場域應用，針對不同情境提供對應示警，有效增加多元應用場域情境。完成 15 個新版移動式水質感測器布點，布建在 5 種應用型態及 5 種裝設點位情境，自 8 月 2 日布建起始日至 12 月 31 日已有 18 件水質異常事件。分析 5 項應用場域內容，如淨水廠水質分析管理、源頭感測 CWMS 應用、截點感測與污水下水道感測、農田渠道、河川固定式水質感測器應用場域數據，說明不同場域可能的感測趨勢以及連動特徵。水科技物聯網應用平臺維運已於 6 月 30 日完成移轉。推動地方政府感測物聯網合辦計畫應用及管理：109 年合辦試驗應用計畫共有 13 個縣市參與，移交地方政府應用 113 臺移動式及 280 臺手持式水質感測器。地方政府藉由水質感測器異常趨勢成功稽查 4 案，累計裁罰金額 64.8 萬元。推動 110 年合辦計畫新申請縣市為基隆市與花蓮縣，共移交地方政府應用 147 臺移動式及 300 臺手持式水質感測器。地方政府藉由水質感測器異常趨勢成功稽查 14 案，累計裁罰金額 1,055.22 萬元。試驗計畫於 4 個縣市布建移動式水質感測器，最高布建應用數量為 56 臺，藉由水質感測器異常趨勢發掘超過 200 件次異常事件。完成產

業媒合會議、合辦計畫業務檢討會議與成果發表記者會各 1 場次。完成 4 篇論文、2 案專利申請、1 案技轉授權。

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

期末報告基本資料表 I
計畫成果中英文摘要（簡要版） III
摘要 VI
目錄 IX
圖目錄 XI
表目錄 XVII
報告大綱 XIX
計畫成果報告摘要（詳細版） XX
第一章 、緒論 1
1.1 計畫緣起 1
1.2 計畫目標與內容 2
1.3 章節安排 11
1.4 預定進度與查核點 12
第二章 、優化運作固定式水質感測器精準篩選異常事件 17
2.1 優化運作 30 臺固定式水質感測器 18
2.1.1 30 臺固定式水質感測器規劃與設計 19
2.1.2 30 臺固定式水質感測器優化工作 27
2.1.3 30 臺固定式水質感測器裝設布建結果 31
2.2 維持固定式感測器運作及良好數據品質服務 36
第三章 、精進多樣化水質感測技術及擴大實場應用驗證 64
3.1 精進固定式濁度感測器 65
3.2 精進固定式餘氯感測器 83
3.3 精進固定式化學需氧量感測器 99
3.4 改良固定式電源供應模組 117
3.5 精進移動式水質感測器 121

3.6 精進手持式水質感測器相關應用程式與推廣使用 136
第四章 、多樣化水質感測器執行效益評估及產業化應用.....141
4.1 全方位盤點多樣化水質感測器應用效益 142
4.2 分析固定式水質感測器數據及篩選異常案例 147
4.2.1 水質感測器數據分析方法論.....148
4.2.2 水質感測器數據分析結果.....152
4.3 高階動力式水質感測器場域驗證 165
4.4 ORP 移動式水質感測器產業應用.....170
4.5 應用新版移動式水質感測器及彙整異常事件 175
4.6 分析彙整固定式水質感測器多元化應用場域數據 194
4.7 水科技物聯網應用平臺維運 215
第五章 、推動地方政府感測物聯網合辦計畫應用及管理.....218
5.1 彙整 109 年合辦計畫成果 221
5.2 推動 110 年合辦計畫 224
5.3 管考 60 臺移動式感測器應用情形 234
5.4 彙整及推廣水質物聯網計畫成果 245
5.4.1 宣傳摺頁手冊與影片製作.....245
5.4.2 應用與推廣會議.....246
5.4.3 論文發表與技術授權.....252
第六章 、結論.....255
第七章 、建議.....259
參考文獻.....260

圖目錄

圖 1-1 計畫作業架構及工作項目 11
圖 2-1 三合一晶片 EC 電極(金)表面受破壞照片 19
圖 2-2 美國 AtlasScientific 公司生產之 pH 電極(a)電極外觀;(b)電極材質 20
圖 2-3 美國 AtlasScientific 公司生產之 EC 電極(a)電極外觀;(b)電極材質 20
圖 2-4 TELESKY 溫度電極外觀 21
圖 2-5 工業標準(Fitting)串接各種不同電極 21
圖 2-6 三大電路板架構圖 24
圖 2-7 感測板設計架構圖 24
圖 2-8 擴充板設計架構圖 25
圖 2-9 固定式水質感測器機種示意圖 (a) pH、電導度、溫度；(b) pH、電導度、溫度+COD/濁度；(c) pH、電導度、溫度+餘氯；(d) pH、電導度、溫度+銅離子 26
圖 2-10 pH、電導度、溫度電極及流道組裝圖 27
圖 2-11 pH、電導度、溫度電路板實體圖 28
圖 2-12 固定式水質感測器機型優化內部實體照. 29
圖 2-13 優化機臺各測項連續測試（1 day） 30
圖 2-14 固定式水質感測器裝設照片-龜山工業區&嘉義縣工業區 31
圖 2-15 固定式水質感測器裝設照片-潛勢污染工廠&環境河川監測 32
圖 2-16 固定式水質感測器裝設照片-新竹淨水廠&樹林零星污染工廠 32
圖 2-17 固定式水質感測器之 20 日監測數據-酸鹼值 33
圖 2-18 固定式水質感測器之 20 日監測數據-電導度 34
圖 2-19 固定式水質感測器之 20 日監測數據-溫度 34
圖 2-20 固定式水質感測器之 20 日監測數據-化學需氧量 34
圖 2-21 固定式水質感測器之 20 日監測數據-濁度 35
圖 2-22 固定式水質感測器之 20 日監測數據-餘氯 35
圖 2-23 固定式水質感測器之 20 日監測數據-銅離子 35
圖 2-24 固定式水質感測器檢討移點時序 37
圖 2-25 自來水廠淨水流程 38
圖 3-1 4 月 27 日北水處洽談 65
圖 3-2 濁度推估模式建立步驟流程圖 70
圖 3-3 連續光譜儀量測不同濁度標準品之吸收度 72
圖 3-4 濁度感測模組之標準品驗證結果 73
圖 3-5 濁度感測器設計：（a）爆炸圖；（b）示意圖 75
圖 3-6 濁度感測器量測範圍測試結果 75
圖 3-7 濁度感測模組電路設計圖 77
圖 3-8 濁度感測模組電路照片 77

圖 3-9 可攜式濁度分析模組：（a）設備；（b）人機介面 78
圖 3-10 濁度感測器實場水-自來水驗證結果.....81
圖 3-11 濁度感測器實場水-頭前溪水驗證結果.....82
圖 3-12 (a)方波伏安圖譜波形(b)方波電位時間圖(c)電流時間關係圖譜.....83
圖 3-13 Pt、Au 及 BDD 電極之電位窗及背景電流比較圖.....86
圖 3-14 電化學反應槽 87
圖 3-15 餘氯於不同 pH 值條件之存在形式圖 88
圖 3-16 餘氯電化學還原/氧化反應感測範圍圖(恆電位儀) 89
圖 3-17 餘氯電化學感測器 90
圖 3-18 餘氯電化學感測程序 91
圖 3-19 餘氯感測回饋電流及檢量線(去離子水)-PBS + $NaClO_4$ 91
圖 3-20 餘氯感測回饋電流及檢量線(自來水)-PBS + $NaClO_4$ 92
圖 3-21 餘氯感測回饋電流及檢量線(自來水)-PBS + KCl 93
圖 3-22 新型電化學固定式感測機台 94
圖 3-23 餘氯固定式感測機台檢量線 95
圖 3-24 餘氯固定式感測機台裝設情形 98
圖 3-25 環保署環境物聯網平台(淨水廠第一驗證站-餘氯 T_3).....98
圖 3-26 餘氯固定式感測器現場驗證情形(110 年 11 月 3 日).....98
圖 3-27 tCOD 與 SS 推估模式建立步驟流程圖 104
圖 3-28 COD 標準曲線試驗結果：不同濃度在不同波長之吸收度.....106
圖 3-29 SS 標準曲線試驗結果：不同 SS 濃度在不同波長之吸收度 107
圖 3-30 COD 感測器設計：（a）爆炸圖；（b）示意圖.....108
圖 3-31 COD 光學元件：（a）UV LED（280 nm）；（b）UV PD（254-280 nm）
.....109
圖 3-32 新版紫外光 LED 光學元件對 COD 標準品測試結果.....109
圖 3-33 SS 光學元件：（a） VIS LED （550 nm）；（b） VIS PD（550 nm）.110
圖 3-34 新版可見光 LED 光學元件對 SS 標準品測試結果.....110
圖 3-35 COD/SS 感測模組電路設計圖 112
圖 3-36 COD/SS 感測模組：（a）光學分析模組（b）電路 112
圖 3-37 COD(0-400 mg/L) 檢量線建置結果 114
圖 3-38 SS(0-150 mg/L) 檢量線建置結果 114
圖 3-39 COD 標準品推估結果.....115
圖 3-40 SS 標準品推估結果.....115
圖 3-41 重複充電式鋰電池 117
圖 3-42 YUASA 湯淺 UXC50-12I/12V 電池 118
圖 3-43 可調角度式 50W 太陽能板示意圖 119
圖 3-44 鉛酸蓄電池搭配 50W 太陽能板實際完工照 119
圖 3-45 固定式水質感測器電池電壓圖（鉛酸蓄電池搭配太陽能板） 120

圖 3-46 主機與電池模組配置圖 124
圖 3-47 岸上移動式感測器 124
圖 3-48 水面移動式感測器 125
圖 3-49 強化感測器保護殼 125
圖 3-50 快速校正模式 UI 126
圖 3-51 維運外接螢幕燈號 127
圖 3-52 同場域性能比對_pH 128
圖 3-53 同場域性能比對_電導度 129
圖 3-54 同場域性能比對_溶氧 129
圖 3-55 同場域性能比對_溫度 129
圖 3-56 水中溶氧檢測方法－碘定量法 實驗室新鮮自來水測定 130
圖 3-57 水中溶氧檢測方法－碘定量法 實驗室新鮮自來水測定結果 130
圖 3-58 傳統薄膜法與高階螢光法溶氧感測器 實驗室新鮮自來水測定結果 ... 131
圖 4-1 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 143
圖 4-2 移動式感測器各場域元件更換類型 143
圖 4-3 各縣市與場域固定式感測器高效益點位占比 146
圖 4-4 各縣市與場域移動式感測器高效益點位占比 146
圖 4-5 移動式感測器各行業高效益感測器占比 147
圖 4-6 水聯網 30 臺固定式感測器布建位置（移點前左，移點後右） 148
圖 4-7 水聯網分析篩選異常案例流程 148
圖 4-8 WIoT 平台感測器即時狀態 149
圖 4-9 數據分析推播 150
圖 4-10 水質異常事件判定規則 152
圖 4-11 龜山工業區 S_5 1-3 月水質異常特徵 156
圖 4-12 龜山工業區 S_5 4 月水質異常特徵 157
圖 4-13 南崁溪潛勢污染工廠 S_4 水質異常特徵與超標時斷統計之熱力圖 157
圖 4-14 龜山工業區 S_2 pH 水質異常特徵與超標時斷統計之熱力圖 158
圖 4-15 龜山工業區 S_2 COD 水質異常特徵與超標時斷統計之熱力圖 158
圖 4-16 龜山工業區 RD_04 水質異常特徵 159
圖 4-17 朴子工業區 I_1 水質異常特徵 159
圖 4-18 嘉太工業區排水道 I_1 水質異常特徵 159
圖 4-19 香山工業區排水道 I_1 水質異常特徵 160
圖 4-20 香山工業區排水道 I_16 水質異常特徵 160
圖 4-21 南崁溪潛勢污染工廠 S_10 水質異常特徵與超標時斷統計之熱力圖 ... 161
圖 4-22 南崁溪主流 R_25 水質異常特徵與超標時斷統計之熱力圖 161
圖 4-23 南崁溪潛勢污染工廠 S_13 水質異常特徵與超標時斷統計之熱力圖 ... 162
圖 4-24 南崁溪潛勢污染工廠 S_11 水質異常特徵與超標時斷統計之熱力圖 ... 162
圖 4-25 龜山工業區 I_S1 水質異常特徵與超標時斷統計之熱力圖 163

圖 4-26 龜山工業區 I_S6 水質異常特徵與超標時斷統計之熱力圖.....163
圖 4-27 塔寮坑溪 R_1 水質異常特徵與超標時斷統計之熱力圖.....164
圖 4-28 塔寮坑溪 S_1 水質異常特徵.....164
圖 4-29 高階動力式水質感測器.....165
圖 4-30 動力式於新竹靜心湖場域測試_地理位置.....166
圖 4-31 動力式於新竹靜心湖場域測試_感測數據(1).....166
圖 4-32 動力式於新竹靜心湖場域測試_感測數據(2).....167
圖 4-34 動力式於新竹港南運河場域測試_感測數據(1).....168
圖 4-35 動力式於新竹港南運河場域測試_感測數據(2).....168
圖 4-36 工業技術研究院悠活館游泳池.....170
圖 4-37 新竹縣水產養殖漁業.....171
圖 4-38 遊憩泳池-ORP 移動式水質感測器試驗情形.....172
圖 4-39 遊憩泳池每日啟動 1 次水循環.....172
圖 4-40 養殖漁業-ORP 移動式水質感測器試驗情形.....173
圖 4-41 水質感測器應用於民生用途策略啟動物聯網流程.....174
圖 4-42 15 臺新版移動式水質感測器布建點位.....175
圖 4-43 新版移動式感測器貨運行_02 測站 8 月份 pH 異常區間熱力圖.....184
圖 4-44 新版移動式感測器南美街測站 8 月份 pH 異常區間熱力圖.....184
圖 4-45 新版移動式感測器南崁溪潛勢 S_9 測站 8 月份 pH 異常區間熱力圖..185
圖 4-46 新版移動式感測器菜公堂排水支流測站 8 月份 pH 異常區間熱力圖..185
圖 4-47 新版移動式感測器貨運行_02 測站 9 月份 pH 異常區間熱力圖.....186
圖 4-48 新版移動式感測器南美街測站 9 月份 pH 異常區間熱力圖.....186
圖 4-49 新版移動式感測器南崁溪潛勢 S_9 測站 9 月份 pH 異常區間熱力圖..187
圖 4-50 新版移動式感測器菜公堂排水支流測站 9 月份 pH 異常區間熱力圖..187
圖 4-51 新版移動式感測器貨運行_02 測站 10 月份 pH 異常區間熱力圖.....188
圖 4-52 新版移動式感測器南美街測站 10 月份 pH 異常區間熱力圖.....188
圖 4-53 新版移動式感測器南崁溪潛勢 S_9 測站 10 月份 pH 異常區間熱力圖 189
圖 4-54 新版移動式感測器菜公堂排水支流測站 10 月份 pH 異常區間熱力圖 189
圖 4-55 新版移動式感測器平行比對 CWMS 應用以 10/15~10/31 舉例.....190
圖 4-56 新版移動式感測器應用於低溶氧河段以麥金路 715 巷測站 8 月份舉例.....191
圖 4-57 新版移動式感測器應用於低溶氧河段以基金二路 3 巷測站 8 月份舉例.....191
圖 4-58 階層水質網路監控.....196
圖 4-59 淨水廠水質感測-濁度感測器安裝位置.....197
圖 4-60 淨水廠水質感測-餘氯感測器安裝位置.....198
圖 4-61 淨水廠水情揭露點感測器驗證場域位置圖：(a)忠孝路監測站；(b)金山十八街監測站.....198

圖 4-62 淨水廠水情揭露點感測器裝設照片：(a) PET+濁度；(b)PET+餘氯 199
圖 4-63 濁度感測器易受大雨影響 199
圖 4-64 濁度感測器髒污易影響數值判讀 200
圖 4-65 固定式濁度感測設備與外站監測數值比對結果 202
圖 4-66 後加氯單元餘氯感測器數值 203
圖 4-67 固定式餘氯感測設備與外站監測數值比對結果 205
圖 4-68 化學需氧量(COD)光學感測元件污染需更換清洗 208
圖 4-69 酸鹼值(pH)電解液減少需更換補充 208
圖 4-70 揚程過高清洗水無充分混合數值呈現『梳子狀』 209
圖 4-71 電導度感測連動情形重要截點應用場域 209
圖 4-72 pH 感測連動情形重要截點應用場域 210
圖 4-73 COD 感測連動情形重要截點應用場域 210
圖 4-74 農田渠道水體感測應用場域 211
圖 4-75 河川水體感測應用場域 211
圖 4-76 新竹科學園區污水處理廠 D01 出流水採樣箱 212
圖 4-77 新竹科學園區污水處理廠 D01 出流水採樣箱 pH 比較 213
圖 4-78 新竹科學園區污水處理廠 D01 出流水採樣箱電導度比較 213
圖 4-79 帳號功能權限管理功能 215
圖 4-80 移動式感測器檢視功能 216
圖 4-81 移動式感測器即時 Line 通知 216
圖 5-1 各縣市感測器設備應用情形（單位：臺） 218
圖 5-2 各縣市經費投入情形（單位：萬元） 219
圖 5-3 各年度稽查件數統計（單位：件） 219
圖 5-4 各年度裁罰金額統計（單位：萬元） 220
圖 5-5 各縣市稽查件數統計（單位：件） 220
圖 5-6 各縣市裁罰金額統計（單位：萬元） 221
圖 5-7 新北市查獲畜牧場偷排廢水之新聞資料 226
圖 5-8 臺中市查獲工廠偷排廢水之新聞資料 226
圖 5-9 雲林縣查獲食品廠偷排廢水之新聞資料 227
圖 5-10 臺南市查獲工廠偷排廢水之新聞資料 227
圖 5-11 颱風警報提醒信件示意圖 228
圖 5-12 移動式設備抽驗結果 234
圖 5-13 試驗計畫全臺布建成果地圖（110 年 8 月應用數量） 235
圖 5-14 試驗計畫水質感測器應用數量統計 236
圖 5-15 試驗計畫水質感測器異常事件數量統計 237
圖 5-16 環境水質異常通報處理流程 239
圖 5-17 異常事件自動化通報流程 240
圖 5-18 土基會底泥採樣調查成果 241

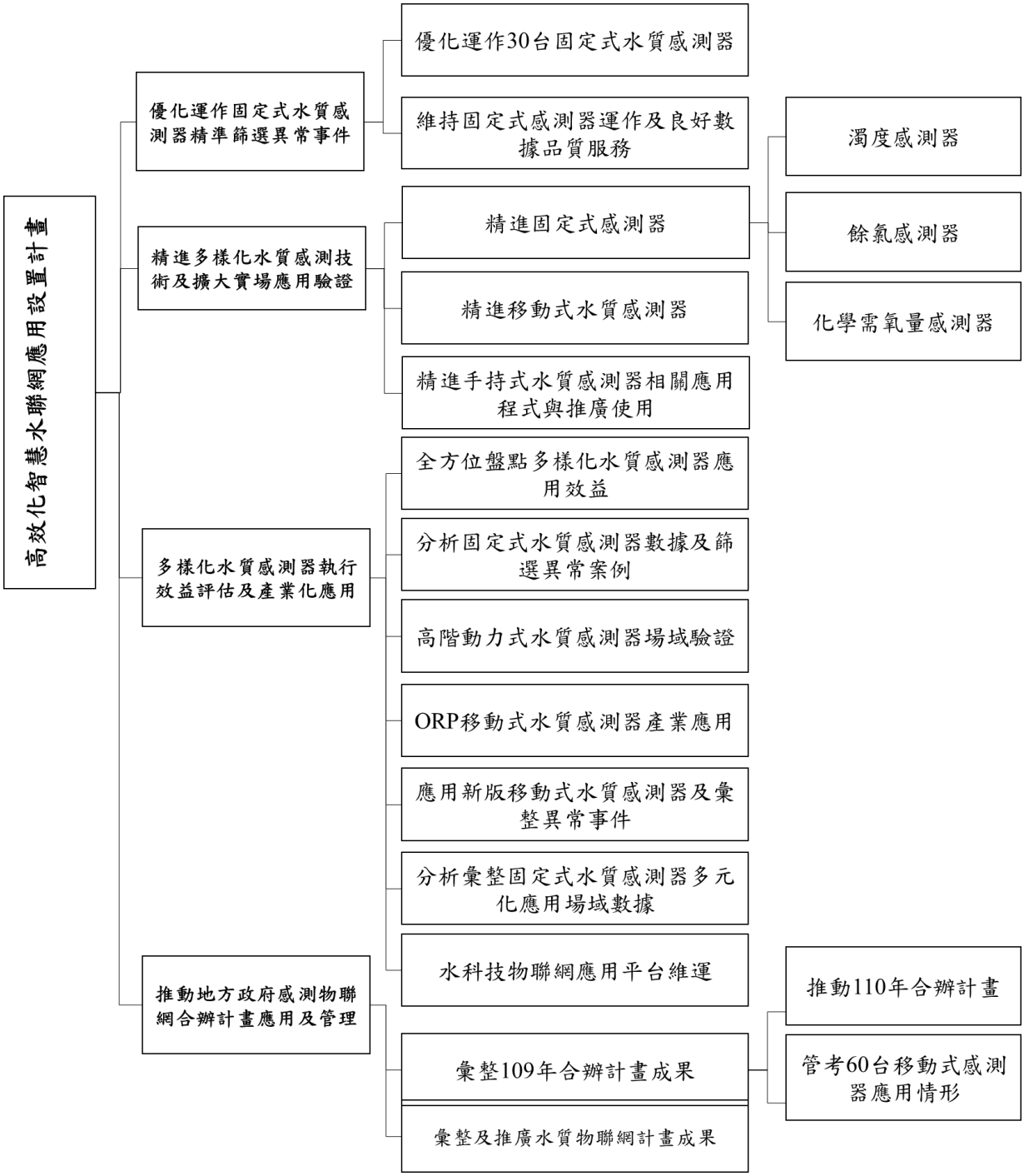
圖 5-19 高雄電鍍工廠污染查獲新聞稿 241
圖 5-20 水質異常趨勢圖（以俊安街 24 巷測站為例） 242
圖 5-21 測站與污染源分布位置（以俊安街 24 巷測站為例） 242
圖 5-22 測站上游事業繞流排放與稽查情形（以俊安街 24 巷測站為例） 243
圖 5-23 稽查後水質變化情形（以俊安街 24 巷測站為例） 243
圖 5-24 「110 年度水質感測器合辦應用計畫」研商會議辦理情形 247
圖 5-25 「水聯網感測器產業媒合會議」辦理情形 248
圖 5-26 新型態重金屬水質感測器系統架構 250
圖 5-27 「水質感測物聯網布建及應用成果記者會」辦理情形 252

表目錄

表 1-1 各查核點達成情形 12
表 1-2 預定工作進度(以甘特圖表示) 15
表 1-3 查核點說明 16
表 2-1 三合一晶片 pH 電極(ITO)材料溶出實驗 19
表 2-2 Atlas Scientific pH 電極及 EC 電極之基本規格 22
表 2-3 TELESKY 溫度電極之基本規格 22
表 2-4 固定式水質感測器裝設位置一覽表 31
表 2-5 固定式水質感測器之 20 日比對誤差結果 33
表 2-6 1/1 ~ 4/30 完整率為 86.1% 40
表 2-7 5/1 ~ 8/31 完整率為 97% 41
表 2-8 9/1 ~ 11/30 完整率為 97% 42
表 2-9 第一期檢討布建（1~4 月）固定式感測器點位 43
表 2-10 30 臺固定式水質感測器第二次移機 45
表 2-11 30 臺固定式水質感測器第三次規劃移機點位 47
表 2-12 第一次現場合格檢測機構比對查核數據結果彙整表（1/3） 52
表 3-1 濁度分析方式之比較 66
表 3-2 各波段量測濁度標準品之 R^2(MAX, MIN) 72
表 3-3 濁度感測器精進之差異處 79
表 3-4 濁度感測器實場水-自來水量測數據 80
表 3-5 濁度感測器實場水-頭前溪水量測數據 81
表 3-6 電化學餘氯感測電極材料 84
表 3-7 BDD 進行餘氯還原/氧化感測反應條件 88
表 3-8 BDD 與金電極之餘氯感測比較 89
表 3-9 固定式餘氯感測機台濃度驗證 96
表 3-10 固定式餘氯感測機台驗證場域 97
表 3-11 COD & SS 分析設備之感測方式與比較 100
表 3-12 建議之 COD 與 SS 量測波段與特徵波長 107
表 3-13 COD/SS 感測模組精進差異比較表 113
表 3-14 COD/SS 感測模組混和標準品準確度驗證結果 116
表 3-15 COD/SS 感測模組工業廢水準確度驗證結果 116
表 3-16 COD/SS 感測模組民生廢水準確度驗證結果 117
表 3-17 水質感測器應用回饋與精進目標 121
表 3-18 同場域性能比對表 128
表 3-19 設備優化後測試誤差與數據品質標準 128
表 3-20 傳統薄膜法與螢光法溶氧感測器比較表 132

表 3-21 2.0 移動式感測器布建方式 133
表 3-22 布建維運懶人圖卡 135
表 3-23 109 年手持式水質感測器使用意見回饋及解決方式 136
表 3-24 110 年手持式水質感測器 APP 精進內容 137
表 4-1 各場域與產業別水質排放特性 144
表 4-2 水質污染事件總表 154
表 4-3 新版移動式感測器布建情形 176
表 4-4 南美街稽查採水情形（8 月 19 日） 181
表 4-5 新版移動式感測器水質污染事件總表 182
表 4-6 1.0 版升級為 2.0 版本後感測器布建情形 192
表 4-7 30 臺固定式水質感測器 194
表 4-8 淨水廠水情揭露點感測器驗證場域規劃 198
表 4-9 感測器數據統計分析參數 200
表 4-10 濁度感測器與標準方法量測數據表 201
表 4-11 國產(ITRI)與商用(SWAN)濁度感測器數據比較表 202
表 4-12 餘氯感測器與標準方法量測數據表 204
表 4-13 國產(ITRI)與商用(SWAN)濁度感測器數據比較表 205
表 4-14 產業別感測數據特性 206
表 4-15 應用場域感測數據特性 207
表 4-16 維運移轉時程表 217
表 5-1 109 年地方政府合辦應用情形 222
表 5-2 109 年地方政府應用感測器執行成果 223
表 5-3 110 年地方政府申請合辦計畫統計應用情形（單位：臺） 225
表 5-4 110 年地方政府應用感測器執行成果（統計至 110 年 10 月） 225
表 5-5 地方政府感測器應用改善回饋建議 229
表 5-6 移動式設備抽驗情形 230
表 5-7 試驗計畫各場域異常事件分類統計表 238
表 5-8 宣傳摺頁手冊主題與成品 245
表 5-9 水質物聯網影片腳本與影片片段 246
表 5-10「110 年度水質感測器合辦應用計畫」研商會議議程 246

報告大綱


高效化智慧水聯網應用設置計畫
優化運作固定式水質感測器精準篩選異常事件
優化運作30台固定式水質感測器
維持固定式感測器運作及良好數據品質服務
精進多樣化水質感測技術及擴大實場應用驗證
精進固定式感測器
濁度感測器
餘氯感測器
化學需氧量感測器
精進移動式水質感測器
精進手持式水質感測器相關應用程式與推廣使用
多樣化水質感測器執行效益評估及產業化應用
全方位盤點多樣化水質感測器應用效益
分析固定式水質感測器數據及篩選異常案例
高階動力式水質感測器場域驗證
ORP移動式水質感測器產業應用
應用新版移動式水質感測器及彙整異常事件
分析彙整固定式水質感測器多元化應用場域數據
水科技物聯網應用平台維運
推動地方政府感測物聯網合辦計畫應用及管理
彙整109年合辦計畫成果
推動110年合辦計畫
管考60台移動式感測器應用情形
彙整及推廣水質物聯網計畫成果

計畫成果報告摘要（詳細版）

計畫名稱：110 年度高效化智慧水聯網應用設置計畫

計畫編號：

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、許震洋

計畫期程：110 年 01 月 01 日起 110 年 12 月 31 日止

計畫經費：19,500 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、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。

執行進度說明如後：(一) 優化運作固定式水質感測器精準篩選異常事件：完成 30 臺固定式水質感測器之優化與改良，並完成實驗室測試及調校，另重新檢討布建點位效益，重新優化 30 點選點，並執行 3 次固定式水質感測器移機，維持監測數據不間斷之服務逐步更換機臺並新增布建位置。(二) 精進多樣化水質感測技術及擴大實場應用驗證：完成可攜式濁度分析儀 1 臺、餘氯感測原型機之設計及組裝 3 臺、完成 COD+SS 感測模組 2 臺，改良固定式電源供應模組，結合太陽能板延長電力壽命至 30 天以上，精進移動式水質感測器部分已於 7 月 15 日前完成精進版本原型機 20 臺製作，完成餘氯模組實廠 2 個月測試。(三) 多樣

化水質感測器執行效益評估及產業化應用：已介接近兩年數據及分析方法學訂定，將協助分析過去水聯網數據高低效益及元件衰減狀態，另持續協助數據分析。完成固定式 21 件水質異常事件篩選，且配合後端稽查行動成果豐碩，另外高階動力式水質感測器場域驗證部分，完成 2 處場域應用。ORP 移動式水質感測器產業應用部分，完成遊憩泳池、養殖漁業 2 種適用情境場域 1 個月以上場域應用，針對不同情境提供對應示警，有效增加多元應用場域情境。完成 15 個新版移動式水質感測器布點，布建在 5 種應用型態及 5 種裝設點位情境，自 8 月 2 日布建起始日至 12 月 31 日已有 18 件水質異常事件。分析 5 項應用場域內容，如淨水廠水質分析管理、源頭感測 CWMS 應用、截點感測與污水下水道感測、農田渠道、河川固定式水質感測器應用場域數據，說明不同場域可能的感測趨勢以及連動特徵。水科技物聯網應用平臺維運已於 6 月 30 日完成移轉。推動地方政府感測物聯網合辦計畫應用及管理：109 年合辦試驗應用計畫共有 13 個縣市參與，移交地方政府應用 113 臺移動式及 280 臺手持式水質感測器。地方政府藉由水質感測器異常趨勢成功稽查 4 案，累計裁罰金額 64.8 萬元。推動 110 年合辦計畫新申請縣市為基隆市與花蓮縣，移交地方政府應用 147 臺移動式及 300 臺手持式水質感測器。地方政府藉由水質感測器異常趨勢成功稽查 14 案，累計裁罰金額 1,055.22 萬元。試驗計畫於 4 個縣市布建移動式水質感測器，最高布建應用數量為 56 臺，藉由水質感測器異常趨勢發掘超過 200 件次異常事件。完成產業媒合會議、合辦計畫業務檢討會議與成果發表記者會各 1 場次。完成 4 篇論文、2 案專利申請、1 案技轉授權。

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。

In the wake of Taiwan's rapid economic development, industrialization and urbanization has exerted significant pressure on the island's environment, especially in view of its limited land space, as a result of which polluted water in industrial area often flows to a residential area, making water-quality monitoring and improvement a critical

issue. At present, mainstream water-quality sensors are at the level of water-monitoring station, featuring large size and high installation and maintenance costs, due to the need of manual sampling, screening, and testing, making extensive deployment difficult, despite reliable sensing results, which leads to major shortfall in water-quality monitoring. Taking advantage of technological progress in online water-quality analysis and information-communications industry, the project aims to develop new-generation water-quality IoT sensing devices, featuring compact size, durability, simple operation, low installation cost, wireless data transmission, and IoT connection.

The project had attained the following achievements:

1. Improvement of fixed water sensors' operation in detecting abnormal cases precisely: optimization and improvement of the operation of 30 fixed water-quality sensors, with completed laboratory testing and calibration, selection of 30 optimal deployment sites, relocations of fixed water-quality sensors in three batches, substitution of new models for outdated ones and addition of new deployment sites, without disrupting water-quality monitoring during the process.
2. Improvement of diversified water-quality sensing technologies and extension of field-application verification: Fabrication of one portable turbid meter, three residual-chlorine sensor prototypes, with two-month laboratory testing, two COD + SS sensing modules, and fixed power-supply module, which, along with solar panels, can extend power-supply duration to over 30 days, and 20 sophisticated mobile water-quality sensor prototypes.
3. Efficacy evaluation for various water-quality sensors and report on industrial applications: Collection of near-two-year data and formulation of analytical methodology will facilitate analysis of the efficacy of previous IoT water-quality data and attenuation status of existing components, as well as other related data analysis. Completion

of screening of 21 abnormal water-quality cases from fixed devices and follow-up onsite inspections led to abundant results. High-tier dynamic water-quality sensing field verification has been applied in two fields. ORP mobile water-quality sensors have been applied in recreational swimming pools and fishing ponds for over one month, increasing application field scenarios. Deployment of 15 new-version mobile water-quality sensors in five application types and five scenarios has been completed and inaugurated on August 2, resulting in detection of 18 abnormal water-quality cases as of Dec. 31. Analysis of field applications has shed light on sensing trend and linkage features, covering the five fields of water-treatment plants, source sensing CWMS application, intercepting sensing and sewerage sensing, farm-field irrigation channels, and rivers. In 2020, water-technology IoT application platform had been transferred to 13 municipal governments on June 30, involving 113 portable and 280 handheld water-quality sensors, which have been used in discovering 4 water-pollution cases, with accumulated fines reaching NT$648,000. In 2021, 147 portable and 300 handheld water-quality sensors have been transferred to EPB, which have been used in discovering 14 water-pollution cases, with accumulated fines reaching NT$10,552,200, Keelung City and Hualien County governments are new participants. In a trial project, portable water-quality sensors have been installed in four municipalities, up to 56 each, discovering a total of 200 abnormal cases. In addition, under the auspices of the project, one industrial matching meeting, one review meeting for collaborative projects, and one press conference have been held, on top of completion of four papers, two patent applications, and one technology transfer.

It is hoped that via the execution of the project and the backing of the established

IoT-based water solutions, plus the concerted effort of central and municipal governments, the island's water-quality monitoring operation can be upgraded, in terms of R&D, data analysis, and application, thereby making IoT-based water-monitoring networks part and parcel of our daily life, leading to transparent water-quality data and improved environmental quality.

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，特別是臺灣都市土地腹地面積小，容易造成工業區污染很快就外溢到臨近住宅區。由於近年來線上水質分析及採樣技術日益精進，且大數據處理與無線傳輸技術的進步，使得建立一套水質自動監控並搭配物聯網互動式資訊系統應用於水體水質監測之設備為可行之發展方向。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，已著手規劃未來長期發展方向。

本計畫自 105 年起透過研發量能為基礎，應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，研發與精進包括：酸鹼值(pH)、溫度、電導度、化學需氧量(COD)、重金屬、餘氯與濁度等即時線上水質感測元件，組裝適用不同應用場域之廣布型感測器。本（110）年度應用 195 套移動式、300 套手持式、優化 30 組固定式感測器，提供各環保單位環境水質感測系統之建置，達到即時監控水質狀況之目的。現已廣布並向各環保單位發放上述之各式水質感測器應用分析及案例豐富，為更有效掌握發放後之感測器具體效益，本計畫將針對場域性質所應用的感測器進行討論，進階提供多樣化感測器「點線面」三維一體合縱連橫支撐並立體化高效化智慧水聯網。

未來隨 5G 網路來臨，可運用其高速、低延遲及單一站點提供更多設備連線優勢，確保在未來大量設備架設下仍具備良好數據傳輸品質，也提升了加入攝影機即時傳輸大量影像資訊及自動判讀水色異常的可行性。此外，未來在智慧城市的推動目標下，應以陣列式組合多項感測項目，包括空氣、水質、噪音及影像等共同收集大數據，在前端即可應用分散式運算技術預先處理及分析數據，並將數據及結果藉由 5G 技術，更快速且穩定地完成數據拋轉，後端輔以 AI 技術，達到即時分析及預警，透過 APP 可在第一時間發出通知給相關政府單位，以利做出應變決策，開創 AIoT 新時代環境治理模式。

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) 優化運作固定式水質感測器精準篩選異常事件：

1. 優化運作 107-109 年之 30 臺固定式水質感測器，提供感測數據並加值模式分析，精確篩選水質異常事件及持續維運展示平臺。

2. 前述 30 臺固定式水質感測器均須具基本 3 種測項(酸鹼值、溫度及電導度)，另外其中 15 組須含化學需氧量(COD)測項、3 組含餘氯測項、5 組含濁度測項及 3 組含重金屬銅離子測項，前述感測模組建議以國產化技術為優先使用。

3. 30 臺固定式水質感測器須提供即時有效數據，優化完成前，得以既有設備持續感測。計畫期間內(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)有效數據完整率及數據品質滿意度應達 85%以上之目標。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) 有效數據完整率：各感測器至少在每 20 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，將即時數據發布至環保署指定之 IoT 平臺。

      A. 每期(第 1 期：1 至 4 月，第 2 期：5 至 8 月，第 3 期：9 至 11 月)有效資料完整率係以即時展示之有效測值筆數比率，計算方式如下(小數點以下無條件進位)：

$$\frac{\text{20 分鐘內即時展示之感測有效值筆數}}{\text{有效總筆數(天數×24 小時×每時 3 筆×各測點項數)}-\text{不可抗力之無效或無數值筆數}}\times 100\%$$

      B. 每期(第 1 期：1 至 4 月，第 2 期：5 至 8 月，第 3 期：9 至 11 月)有效資料完整率未達 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：

即時資料完整率	>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%

C. 前述即時數據完整率之計算，執行單位可舉證排除因不可抗力因素所造成的筆數，並經環保署審核認可後排除扣款計算。

(2) 數據品質滿意度：各感測點數據品質查核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，酸鹼值、溫度、電導度、銅離子、化學需氧量(COD)、餘氯及濁度執行 1 次比對檢測分析。比對方式及檢測機構由得標廠商提出建議，經環保署同意後辦理，所需費用由得標廠商支付。

A. 有效資料品質滿意度計算方式如下(小數點以下無條件進位)：

$$\frac{\text{查核結果符合數據品質目標總項次數}}{\text{查核總項次數}} \times 100\%$$

B. 數據品質目標：酸鹼值誤差應為 ±1.0 pH 以內；溫度誤差應為 ±1.0℃以內；電導度誤差±15%以內；餘氯誤差須≦30%；重金屬銅離子誤差需≦50%；COD 濃度介於 0.1-300 mg/L 時之誤差須小於±20 mg/L 或讀值之±30%；濁度濃度介於 0.1–400NTU 時之誤差須小於±10 NTU 或讀值之±20%。

C. 數據品質滿意度未達 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：

數據品質滿意度	>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%

D. 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，並經環保署審核認可後排除扣款計算。

(二) 精進多樣化水質感測技術及擴大實場應用驗證：

1. 精進 109 年已開發之固定式水質感測技術，相關工作內容如下：

(1) 利用電化學或光學等檢測原理，持續精進 109 年已開發之國產化濁度及餘氯感測模組，前述測項應可介接於不同感測系統或產品，具備線上即時傳輸數據功能，組裝成接近市售產品水準之裝置，以及開發可同時量測化學需氧量(COD)及懸浮固體物(SS)之小型化新型感測模組。前述研發均須接洽具量產能力之協力單位共同合作，後續研發成果技轉廠商業界生產使用。

A. 利用光學感測技術，持續精進濁度感測器，濁度量測範圍須達 0.1–1000 NTU，精密度之相對標準差須< 10%，比對標準液之準確度須介於±10 NTU 或讀值之±20%，感測器量測範圍除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；同時利用前述技術，開發具人機介面之國產化之可攜式濁度分析儀 1 臺。

B. 利用電化學感測技術及智能化訊號編譯電路設計，精進餘氯感測器，電路設計包含支援 Modbus 協定之連接器，餘氯量測範圍須達 0.2-3.0 mg/L(須符合自來水水質標準等相關法規)，標準品檢量線 R^2 值達 0.98 以上，準確度須達±10%，感測器量測範圍需涵蓋自來水餘氯管制範圍。同時利用前述技術，開發可應用於固定式機臺之感測模組 3 套，並利用實場水樣測試至少 2 個月。

C. 利用光學感測技術搭配多成分演算法，開發可同時量測化學需氧量(COD)及懸浮固體物(SS)的小型化新型感測模組 2 臺，電路設計須包含支援 Modbus 協定之連接器。COD

量測範圍須達 0-300 mg/L，精密度之相對標準差須< 10%，比對標準液之準確度須介於±20 mg/L 或讀值之±40%；SS 量測範圍須達 0-100 mg/L，精密度之相對標準差< 10%，比對標準液之準確度須介於±20 mg/L 或讀值之±40%。前述感測模組應提供標準品、工業廢水與民生廢水之批次驗證結果。

(2) 考量不同場域電源供應情況，改良電源相容模組設計，提供不同電源規格，包括鋰電池、燃料電池、太陽能板及市電快速轉接使用。

2. 精進 109 年已開發之移動式水質感測器，相關工作內容如下：

(1) 維持既有水質感測項目，包括溫度、酸鹼值、電導度及溶氧，進一步透過感測演算法及節能調整，提升電池續航力，縮小感測器體積及重量。

(2) 精進之感測器需具備殼外燈號，不拆蓋即可判斷運作狀態資訊，並將電池模組設計為可抽換式，以利現場快速更換電池。

(3) 感測器至少預留 2 項感測元件擴充空間，或設計為可對接市售感測元件模組，以利不同測項元件替換，並具備雙向設定功能，提供使用者 UI 介面調整感測頻率及休眠設定，整體機構外觀需具備科技感。

(4) 依據 109 年水質感測器合辦試驗計畫，地方政府所提應用回饋意見，綜合整理具可行性改善項目，納入今年精進版本。

(5) 前述精進版本移動式水質感測器，須於 5 月 31 日前完成雛型機 2 臺製作，執行實驗室場域及實際場域共 1 個月驗證測試，並於 7 月 15 日前完成原型機 20 臺製作。

(6) 依據精進版本移動式水質感測器，持續優化安裝應用機制，包含固定機構、回收設計、巡檢維運、校正程序等，滾動式修正相關標準作業程序。

3. 精進手持式水質感測器相關應用程式與推廣使用：

(1) 手持式水質感測器依使用者所提應用回饋意見，綜合整理具可行性改良項目，評估後續可精進方向。

(2) 精進手持式水質感測器搭配手機應用程式(App)，詳實記錄現地感測數據及水質影像，兼具數位化與影像化功能，依據所提回饋意見，針對加入使用教學與場域教育之影像、功能提示、備註修改、歷史資料分類搜尋及比對等優化功能。

(三) 多樣化水質感測器執行效益評估及產業化應用：

1. 依據固定式、移動式及手持式水質感測器數據，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，判斷感測器各縣市環保局使用情形、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，於 110 年 10 月 31 日前產出感測數據應用評估報告。

2. 依前述分析結果，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、安裝位置問題、維運問題或感測器問題，據以提出改善建議。

3. 承前述，針對具高效益應用點位，分析關鍵感測項目、安裝場域種類及位置、疑似污染源類型，據以提出未來應用建議，並滾動式優化布建選址、快速安裝運作、巡檢品管及簡易維護、感測器異常偵測及自動化維運管理機制等標準作業程序。以健全智慧化布建檢修偵測升級系統，達到提升數據品質，降低維運資源。

4. 依據 30 臺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，界定每次解析案件之最適時間軸範圍，每 2 個月提出感測數據分析報告，定期與地方環保局聯繫溝通，於本計畫期間利用感測數據分析篩選至少 20 件水質異常事件，提供地方環保局參考應用，並依環保署及環保局現場需要，協助必

要之執法技術及儀器支援。

5. 研提高階動力式水質感測器適用情境及可發揮效益，實際應用於至少 2 處場域，如水庫背景水質感測、大型運河溶氧分布掌握等，驗證其可行性後，彙整相關結果作為推廣素材或推動相關單位合作。

6. 研提具 ORP 或軟式太陽能板移動式水質感測器適用情境及可發揮效益，實際應用於至少 2 處場域，如養殖漁業、生態埤塘或農地用水，至少完成 1 個月測試，作為未來推動至產業之評估基礎。

7. 綜合前述高階動力式水質感測器及具 ORP 或軟式太陽能板移動式水質感測器之實場應用，俟驗證完成後應產出 1 份應用案例報告，評估新型水質感測器於各類場域或用水單位等產業推廣應用。

8. 應用今年研發之新版移動式水質感測器，實際驗證於高環境效益場域，需於 7 月 31 日前完成安裝，至少平均使用 15 臺水質感測器以上，安裝後每週應提供數據分析週報，以及每日感測器維運自動化通報。

9. 前述應用，應發掘 3 件次以上特定事業排放廢污水之異常分析事件，且可歸納廢污水排放異常特性，提供環保機關依據水質感測器數據資料及異常事件分析報告，可啟動現場稽查或採取水樣等執法作業。

10. 前述 3 件次異常分析事件，應彙整完整應用故事作為示範案例，包括選址方式、安裝位置選擇、水質及設備異常判讀、自動化維運管理機制、日週報通知預警機制、啟動稽查合作方式等，提供環保署推廣宣傳素材。

11. 本計畫應以固定式水質感測器應用於多元化場域，包括自來水廠分析管理、污水下水道感測、CWMS 比對，依其維運示範期間所蒐集之感測數據，視不同應用場域特性，執行單位須提供數據分析及水質感測管理建議 2 件次示範案例，供環保署及合作機關應

用及精進管理措施。

12. 於環境感測數據展示平臺正式上線前，持續維運水科技物聯網應用平臺,以維持本計畫及其他計畫水質感測器應用所需正常運作。

13. 依環保署資訊需求，設計及訂定感測器資料介接之架構及規範，協助水科技物聯網應用平臺整入環保署環境感測資料中心及環境感測數據展示平臺。

(四) 推動地方政府感測物聯網合辦計畫應用及管理：

1. 持續蒐集 109 年水質感測器合辦試驗應用計畫成果，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。

2. 協助地方政府研提 110 年水質感測器維運合辦計畫，以維持 70 臺移動式及 100 臺手持式持續應用為目標，訂定計畫書範本、合辦原則及相關 KPI 規範。

3. 前述合辦計畫，須管理追蹤各地方政府與機關合辦感測器應用之工作及經費執行進度，了解其執行進度困難點及建議，決標後提出管理方式規劃並每 2 個月提出檢討報告，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)。

4. 彙整環保署與地方政府合作之水質感測物聯網運作情形，包含計畫執行、安裝工作、維運工作、稽查工作、環境教育宣導工作、經費執行等進度，每月向機關提出管理建議並協助聯繫地方政府。

5. 協助環保署及地方政府落實水質感測器選址之評估、規劃、執行，提供專業分析及建議，協助其協調工作，必要時協助環保署及地方政府進行安裝位置之實地勘查。

6. 協助環保署審查地方政府所提水質感測器安裝之相關資料，並研提分析建議。另需確認及查驗安裝感測器地點、數據資料上傳情形及完整率，並依環保署及地方政府需求規劃及執行。

7. 彙整水質物聯網相關計畫及地方合辦計畫執行成果，就其執行方式、管考方式提出檢討建議，包含選址、安裝應用、移機、數據分析、熱區鑑定及執法稽查，據以建立修正感測器操作說明手冊及標準應用程序。

8. 綜整手持式與移動式感測器及數據蒐集平臺改善回饋意見，提出未來改善建議報告。

9. 協助環保署管理「發展及推廣水質感測器執法應用服務試驗計畫」60 臺移動式感測器應用情形，需定期彙整應用成果，並就其選址、安裝位置、數據分析及後端應用方式給予建議，必要時應召開管理會議。

10. 彙整固定式、移動式及手持式水質感測器操作方式，建立多樣化水質感測器標準作業程序，設計製作淺顯易懂之宣傳手冊，供未來地方政府及河川巡守隊使用。

11. 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 1 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、背板及相關文剪等，必要時提供場地租借、器材租借、布場、展示品製作、說明素材製作、茶水及餐點，以機關實際需求為優先辦理。

12. 本計畫應彙整計畫成果，以實機拍攝方式，呈現水質感測器、布建運作、維運品管、數據分析及稽查應用，製作 3 分鐘影片 1 式。

13. 協助環保署辦理智慧水聯網布建發展相關事項，包含召開環保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。

14. 配合 110 年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。研發成果須經環保署同意對外發表至少 2 篇以

上產官學研相關研討會或學術論文或海報，以及 1 篇水質感測元件技術報告。

15. 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。

結　果

本計畫達成成果如下：1.完成 1 臺可攜式濁度分析儀、3 臺餘氯感測原型機設計及組裝與 2 個月測試、完成 2 臺 COD＋SS 感測模組，改良固定式電源供應模組，延長電力壽命至 30 天以上，精進移動式水質感測器原型機 20 臺製作；2.執行 3 次固定式水質感測器移機，重新優化 30 點選點；3.提出多樣化水質感測器執行效益評估及產業化應用分析報告；4.完成固定式 21 件、移動式 18 件水質異常事件篩選；5.完成高階動力式水質感測器場域完成 2 處場域應用；6.完成 1 個月以上 ORP 移動式水質感測器產業應用含遊憩泳池、養殖漁業；7.完成 15 個新版移動式水質感測器布點，布建在 5 種應用型態及 5 種裝設點位情境；8.推動 110 年合辦計畫新申請縣市為基隆市與花蓮縣，移交地方政府應用 147 臺移動式及 300 臺手持式水質感測器。地方政府藉由水質感測器異常趨勢成功稽查 14 案，累計裁罰金額 1,055.22 萬元；9.完成產業媒合會議、合辦計畫業務檢討會議與成果發表記者會各 1 場次；10.完成 4 篇論文、2 案專利申請、1 案技轉授權。

結　論

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。

隨 5G 網路來臨運用高速、低延遲及單一站點提供更多設備連線優勢，確保在未來大量設備架設下仍具備良好數據傳輸品質，未來在智慧城市的推動目標下，應以陣列式組合多項感測項目，包括空氣、水質、噪音及影像等共同收集大數據，在前端即可應用分散式運算技術預先處理及分析數據，並將數據及結果藉由 5G 技術，更快速且穩定地完成數據拋轉，後端輔以 AI 技術，達到即時分析及預警，

透過 APP 可在第一時間發出通知給相關政府單位，以利做出應變決策，開創 AIoT 新時代環境治理模式。

建議事項

一、持續優化並運作固定式水質感測器

(一) 現行固定式水質感測器化學需氧量(COD)測量為透過粗篩裝置過濾水樣，化學需氧量(COD)濃度量測範圍為 0－300 mg/L，精密度之相對標準差須<10%；SS 量測範圍達 0-100 mg/L，精密度之相對標準差< 10%；濁度量測範圍 0.1-1000NTU 精密度，精密度之相對標準差< 10%。為使量測結果邁向精準建議逐步將精密度之相對標準差調降至<5%。

(二) 110 年研發之餘氯感測元件可感測濃度 0.2~0.5 mg/L，符合自來水水質標準 0.2~1.5 mg/L 要求範圍，但為瞭解自來水管線末段自由餘氯殘留濃度，建議應持續下修感測濃度至 0.1 mg/L 並評估經濟與技術可行性。同時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）、校園自來水管末及水塔、泳池等遊憩水域水情揭露並比較其他量測餘氯廠牌機器效能。

(三) 擴增市售感測元件或評估固定式水質感測器新感測項可行性，例如色度、流速、水位、餘氯、鹽度、溶氧、氨氮、餘氯等。

(四) 我國河川污染指標由生化需氧量、溶氧量、氨氮及懸浮固體等四項理化水質參數組成。上述感測項可由現有或其他感測元件採集數據，為生化需氧量(BOD)無法測量。本計畫建議可應用化學需氧量(COD)設備元件之感測數值，演算不同情境生化需氧量(BOD)。

二、持續優化並運作移動式水質感測器

(一) 本計畫所使用之移動式水質感測器感測項目為酸鹼值、電導度、溫度、溶氧、氧化還原電位(ORP)，為使應用情境更加多元，納入可替換之其他市售感測頭，建議未來可增加納入銅離子、流速、水位、餘氯、鹽度或氨氮等感測頭。

(二) 移動式水質感測器之特點為小巧易布建，對於部分需持續關注但不適合布建的場域，可研析再縮小移動式感測器，可朝向單一感測項，子母機方式執行數據感測。

(三) 現有水質感測器需於布建後需安排人力約 7-10 天維運一次，為節省人力安排建議可運用既有水質模式執行模式校正評估

(四) 本年度已完成設備精進工作，包含體積縮小、續航增加、浮動式版本機構改良，未來可進行量產成為 1 機 2 用之產品，包含岸上架設與水面上漂流或浮動等應用情境。

(五) 通過設備量產前各項驗證條件，包含電池續航力、訊號收訊範圍、防水防塵第 3 方驗證、感測器偵測極限與使用壽命，並完成可適用之場域驗證、布建維運方法論擬訂。

三、持續推動地方政府感測物聯網合辦計畫以及推行其他單位使用水質感測器

(一) 持續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。

(二) 移動式設備應用將邁入第 3 年，感測元件與機板汰換率高，為能維持良好數據品質，建議可提高分攤經費或設備汰舊換新方案以持續維持水質感測物聯網運作。

(三) 本計畫利用固定式水質感測器以及移動式水質感測器，布建於重大點源放流水自動連續監測資訊公開查詢系統（CWMS）點位平行比對，結果良好，感測趨勢一致，兩者感測落在合理範圍以內。相對一般 CWMS 水質自動監測(視)及連線傳輸系統報價 90 萬，建議未來可用於特定廠商放流水水質長時間感測。

(四) 水質感測器可適用於多樣化水環境，例如農業、漁業、觀光遊憩等，建議未來可積極拓展國內外其他場域應用機會，推廣環保署計畫產出之國產化水質感測物聯網。

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，特別是臺灣都市土地腹地面積小，容易造成工業區污染很快就外溢到臨近住宅區。由於近年來線上水質分析及採樣技術日益精進，且大數據處理與無線傳輸技術的進步，使得建立一套水質自動監控並搭配物聯網互動式資訊系統應用於水體水質監測之設備為可行之發展方向。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，已著手規劃未來長期發展方向。

本計畫自 105 年起透過研發量能為基礎，應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，研發與精進包括：酸鹼值(pH)、溫度、電導度、化學需氧量(COD)、重金屬、餘氯與濁度等即時線上水質感測元件，組裝適用不同應用場域之廣布型感測器。本（110）年度應用 195 套移動式、300 套手持式、優化 30 組固定式感測器，提供各環保單位環境水質感測系統之建置，達到即時監控水質狀況之目的。現已廣布並向各環保單位發放上述之各式水質感測器應用分析及案例豐富，為更有效掌握發放後之感測器具體效益，本計畫將針對場域性質所應用的感測器進行討論，進階提供多樣化感測器「點線面」三維一體合縱連橫支撐並立體化高效化智慧水聯網。

而在水質感測物聯網部分，將配合環保署推展全方位發展環境品質物聯網，於 110 年將持續進行平臺維護，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。

未來隨 5G 網路來臨，可運用其高速、低延遲及單一站點提供更多設備連線優勢，確保在未來大量設備架設下仍具備良好數據傳輸品質，也提升了加入攝影機即時傳輸大量影像資訊及自動判讀水色異常的可行性。此外，未來在智慧城市的推動目標下，應以陣列式組合多項感測項目，包括空氣、水質、噪音及影像等共同收集大數據，在前端即可應用分散式運算技術預先處理及分析數據，並將數據及結果藉由 5G 技術，更快速且穩定地完成數據拋轉，後端輔以 AI 技術，達到即時分析及預

警，透過 APP 可在第一時間發出通知給相關政府單位，以利做出應變決策，開創 AIoT 新時代環境治理模式。

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（110）年度計畫目標如下：

(一) 優化運作固定式水質感測器精準篩選異常事件。

(二) 精進多樣化水質感測技術及擴大實場應用驗證。

(三) 多樣化水質感測器執行效益評估及產業化應用。

(四) 推動地方政府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，並使成果能超越環保署期望，本計畫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) 優化運作固定式水質感測器精準篩選異常事件：

1. 優化運作 107-109 年之 30 臺固定式水質感測器，提供感測數據並加值模式分析，精確篩選水質異常事件及持續維運展示平臺。
2. 前述 30 臺固定式水質感測器均須具基本 3 種測項(酸鹼值、溫度及電導度)，另外其中 15 組須含化學需氧量(COD)測項、3 組含餘氯測項、5 組含濁度測項及 3 組含重金屬銅離子測項，前述感測模組建議以國產化技術為優先使用。
3. 30 臺固定式水質感測器須提供即時有效數據，優化完成前，得以既有設備持續感測。計畫期間內(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)有效數據完整率及

數據品質滿意度應達 85%以上之目標。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) 有效數據完整率：各感測器至少在每 20 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，將即時數據發布至環保署指定之 IoT 平臺。

A. 每期(第 1 期：1 至 4 月，第 2 期：5 至 8 月，第 3 期：9 至 11 月)有效資料完整率係以即時展示之有效測值筆數比率，計算方式如下(小數點以下無條件進位)：

$$\frac{\text{20 分鐘內即時展示之感測有效值筆數}}{\text{有效總筆數(天數×24 小時×每時 3 筆×各測點項數)−不可抗力之無效或無數值筆數}} \times 100\%$$

B. 每期(第 1 期：1 至 4 月，第 2 期：5 至 8 月，第 3 期：9 至 11 月)有效資料完整率未達 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：

即時資料完整率	>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%

C. 前述即時數據完整率之計算，執行單位可舉證排除因不可抗力因素所造成的筆數，並經環保署審核認可後排除扣款計算。

(2) 數據品質滿意度：各感測點數據品質查核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，酸鹼值、溫度、電導度、銅離子、化學需氧量(COD)、餘氯及濁度執行 1 次比對檢測分析。比對方式及檢測機構由得標廠商提出建議，經環保署同意後辦理，所需費用由得標廠商支付。

A. 有效資料品質滿意度計算方式如下(小數點以下無條件進位)：

$$\frac{\text{查核結果符合數據品質目標總項次數}}{\text{查核總項次數}} \times 100\%$$

B. 數據品質目標：酸鹼值誤差應為 ±1.0pH 以內；溫度誤差應為

±1.0℃以內；電導度誤差±15%以內；餘氯誤差須≦30%；重金屬銅離子誤差需≦50%；COD 濃度介於 0.1-300 mg/L 時之誤差須小於±20 mg/L 或讀值之±30%；濁度濃度介於 0.1–400NTU 時之誤差須小於±10 NTU 或讀值之±20%。

C. 數據品質滿意度未達 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：

數據品質滿意度	>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%

D. 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，並經環保署審核認可後排除扣款計算。

(二) 精進多樣化水質感測技術及擴大實場應用驗證：

1. 精進 109 年已開發之固定式水質感測技術，相關工作內容如下：

(1) 利用電化學或光學等檢測原理，持續精進 109 年已開發之國產化濁度及餘氯感測模組，前述測項應可介接於不同感測系統或產品，具備線上即時傳輸數據功能，組裝成接近市售產品水準之裝置，以及開發可同時量測化學需氧量(COD)及懸浮固體物(SS)之小型化新型感測模組。前述研發均須接洽具量產能力之協力單位共同合作，後續研發成果技轉廠商業界生產使用。

A. 利用光學感測技術，持續精進濁度感測器，濁度量測範圍須達 0.1–1000 NTU，精密度之相對標準差須< 10%，比對標準液之準確度須介於±10 NTU 或讀值之±20%，感測器量測範圍除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；同時利用前述技術，開發具人機介面之國產化之可攜式濁度分析儀 1 臺。

B. 利用電化學感測技術及智能化訊號編譯電路設計，精進餘氯感測器，電路設計包含支援 Modbus 協定之連接器，餘氯量測範圍須達 0.2-3.0 mg/L(須符合自來水水質標準等相關法規)，標準品檢量線 R^2 值達 0.98 以上，準確度須達± 10%，感測器量測範圍需涵蓋自來水餘氯管制範圍。同時利用前述技術，開發可應用於固定式機臺之感測模組 3 套，並利用實場水樣測試至少 2 個月。

C. 利用光學感測技術搭配多成分演算法，開發可同時量測化學需氧量(COD)及懸浮固體物(SS)的小型化新型感測模組 2 臺，電路設計須包含支援 Modbus 協定之連接器。COD 量測範圍須達 0-300 mg/L，精密度之相對標準差須< 10%，比對標準液之準確度須介於±20 mg/L 或讀值之±40%；SS 量測範圍須達 0-100 mg/L，精密度之相對標準差< 10%，比對標準液之準確度須介於±20 mg/L 或讀值之±40%。前述感測模組應提供標準品、工業廢水與民生廢水之批次驗證結果。

(2) 考量不同場域電源供應情況，改良電源相容模組設計，提供不同電源規格，包括鋰電池、燃料電池、太陽能板及市電快速轉接使用。

2. 精進 109 年已開發之移動式水質感測器，相關工作內容如下：

(1) 維持既有水質感測項目，包括溫度、酸鹼值、電導度及溶氧，進一步透過感測演算法及節能調整，提升電池續航力，縮小感測器體積及重量。

(2) 精進之感測器需具備殼外燈號，不拆蓋即可判斷運作狀態資訊，並將電池模組設計為可抽換式，以利現場快速更換電池。

(3) 感測器至少預留 2 項感測元件擴充空間，或設計為可對接市售感測元件模組，以利不同測項元件替換，並具備雙向設定功能，提

供使用者 UI 介面調整感測頻率及休眠設定，整體機構外觀需具備科技感。

(4) 依據 109 年水質感測器合辦試驗計畫，地方政府所提應用回饋意見，綜合整理具可行性改善項目，納入今年精進版本。

(5) 前述精進版本移動式水質感測器，須於 5 月 31 日前完成雛型機 2 臺製作，執行實驗室場域及實際場域共 1 個月驗證測試，並於 7 月 15 日前完成原型機 20 臺製作。

(6) 依據精進版本移動式水質感測器，持續優化安裝應用機制，包含固定機構、回收設計、巡檢維運、校正程序等，滾動式修正相關標準作業程序。

3. 精進手持式水質感測器相關應用程式與推廣使用：

(1) 手持式水質感測器依使用者所提應用回饋意見，綜合整理具可行性改良項目，評估後續可精進方向。

(2) 精進手持式水質感測器搭配手機應用程式(App)，詳實記錄現地感測數據及水質影像，兼具數位化與影像化功能，依據所提回饋意見，針對加入使用教學與場域教育之影像、功能提示、備註修改、歷史資料分類搜尋及比對等優化功能。

(三) 多樣化水質感測器執行效益評估及產業化應用：

1. 依據固定式、移動式及手持式水質感測器數據，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，判斷感測器各縣市環保局使用情形、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，於 110 年 10 月 31 日前產出感測數據應用評估報告。

2. 依前述分析結果，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、安裝位置問題、

維運問題或感測器問題，據以提出改善建議。

3. 承前述，針對具高效益應用點位，分析關鍵感測項目、安裝場域種類及位置、疑似污染源類型，據以提出未來應用建議，並滾動式優化布建選址、快速安裝運作、巡檢品管及簡易維護、感測器異常偵測及自動化維運管理機制等標準作業程序。以健全智慧化布建檢修偵測升級系統，達到提升數據品質，降低維運資源。

4. 依據 30 臺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，界定每次解析案件之最適時間軸範圍，每 2 個月提出感測數據分析報告，定期與地方環保局聯繫溝通，於本計畫期間利用感測數據分析篩選至少 20 件水質異常事件，提供地方環保局參考應用，並依環保署及環保局現場需要，協助必要之執法技術及儀器支援。

5. 研提高階動力式水質感測器適用情境及可發揮效益，實際應用於至少 2 處場域，如水庫背景水質感測、大型運河溶氧分布掌握等，驗證其可行性後，彙整相關結果作為推廣素材或推動相關單位合作。

6. 研提具 ORP 或軟式太陽能板移動式水質感測器適用情境及可發揮效益，實際應用於至少 2 處場域，如養殖漁業、生態埤塘或農地用水，至少完成 1 個月測試，作為未來推動至產業之評估基礎。

7. 綜合前述高階動力式水質感測器及具 ORP 或軟式太陽能板移動式水質感測器之實場應用，俟驗證完成後應產出 1 份應用案例報告，評估新型水質感測器於各類場域或用水單位等產業推廣應用。

8. 應用今年研發之新版移動式水質感測器，實際驗證於高環境效益場域，需於 7 月 31 日前完成安裝，至少平均使用 15 臺水質感測器以上，安裝後每週應提供數據分析週報，以及每日感測器維運自動化通報。

9. 前述應用，應發掘 3 件次以上特定事業排放廢污水之異常分析事件，

且可歸納廢污水排放異常特性，提供環保機關依據水質感測器數據資料及異常事件分析報告，可啟動現場稽查或採取水樣等執法作業。

10. 前述 3 件次異常分析事件，應彙整完整應用故事作為示範案例，包括選址方式、安裝位置選擇、水質及設備異常判讀、自動化維運管理機制、日週報通知預警機制、啟動稽查合作方式等，提供環保署推廣宣傳素材。

11. 本計畫應以固定式水質感測器應用於多元化場域，包括自來水廠分析管理、污水下水道感測、CWMS 比對，依其維運示範期間所蒐集之感測數據，視不同應用場域特性，執行單位須提供數據分析及水質感測管理建議 2 件次示範案例，供環保署及合作機關應用及精進管理措施。

12. 於環境感測數據展示平臺正式上線前，持續維運水科技物聯網應用平臺，以維持本計畫及其他計畫水質感測器應用所需正常運作。

13. 依環保署資訊需求，設計及訂定感測器資料介接之架構及規範，協助水科技物聯網應用平臺整入環保署環境感測資料中心及環境感測數據展示平臺。

(四) 推動地方政府感測物聯網合辦計畫應用及管理：

1. 持續蒐集 109 年水質感測器合辦試驗應用計畫成果，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。

2. 協助地方政府研提 110 年水質感測器維運合辦計畫，以維持 70 臺移動式及 100 臺手持式持續應用為目標，訂定計畫書範本、合辦原則及相關 KPI 規範。

3. 前述合辦計畫，須管理追蹤各地方政府與機關合辦感測器應用之工作及經費執行進度，了解其執行進度困難點及建議，決標後提出管理方式規劃並每 2 個月提出檢討報告，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)。

4. 彙整環保署與地方政府合作之水質感測物聯網運作情形，包含計畫執行、安裝工作、維運工作、稽查工作、環境教育宣導工作、經費執行等進度，每月向機關提出管理建議並協助聯繫地方政府。

5. 協助環保署及地方政府落實水質感測器選址之評估、規劃、執行，提供專業分析及建議，協助其協調工作，必要時協助環保署及地方政府進行安裝位置之實地勘查。

6. 協助環保署審查地方政府所提水質感測器安裝之相關資料，並研提分析建議。另需確認及查驗安裝感測器地點、數據資料上傳情形及完整率，並依環保署及地方政府需求規劃及執行。

7. 彙整水質物聯網相關計畫及地方合辦計畫執行成果，就其執行方式、管考方式提出檢討建議，包含選址、安裝應用、移機、數據分析、熱區鑑定及執法稽查，據以建立修正感測器操作說明手冊及標準應用程序。

8. 綜整手持式與移動式感測器及數據蒐集平臺改善回饋意見，提出未來改善建議報告。

9. 協助環保署管理「發展及推廣水質感測器執法應用服務試驗計畫」60 臺移動式感測器應用情形，需定期彙整應用成果，並就其選址、安裝位置、數據分析及後端應用方式給予建議，必要時應召開管理會議。

10. 彙整固定式、移動式及手持式水質感測器操作方式，建立多樣化水質感測器標準作業程序，設計製作淺顯易懂之宣傳手冊，供未來地方政府及河川巡守隊使用。

11. 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 1 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、背板及相關文剪等，必要時提供場地租借、器材租借、布場、展示品製作、說明素材製作、茶水及餐點，以機關實際需求為優先辦理。

12. 本計畫應彙整計畫成果，以實機拍攝方式，呈現水質感測器、布建運作、維運品管、數據分析及稽查應用，製作 3 分鐘影片 1 式。
13. 協助環保署辦理智慧水聯網布建發展相關事項，包含召開環保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。
14. 配合 110 年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。研發成果須經環保署同意對外發表至少 2 篇以上產官學研相關研討會或學術論文或海報，以及 1 篇水質感測元件技術報告。
15. 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

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。

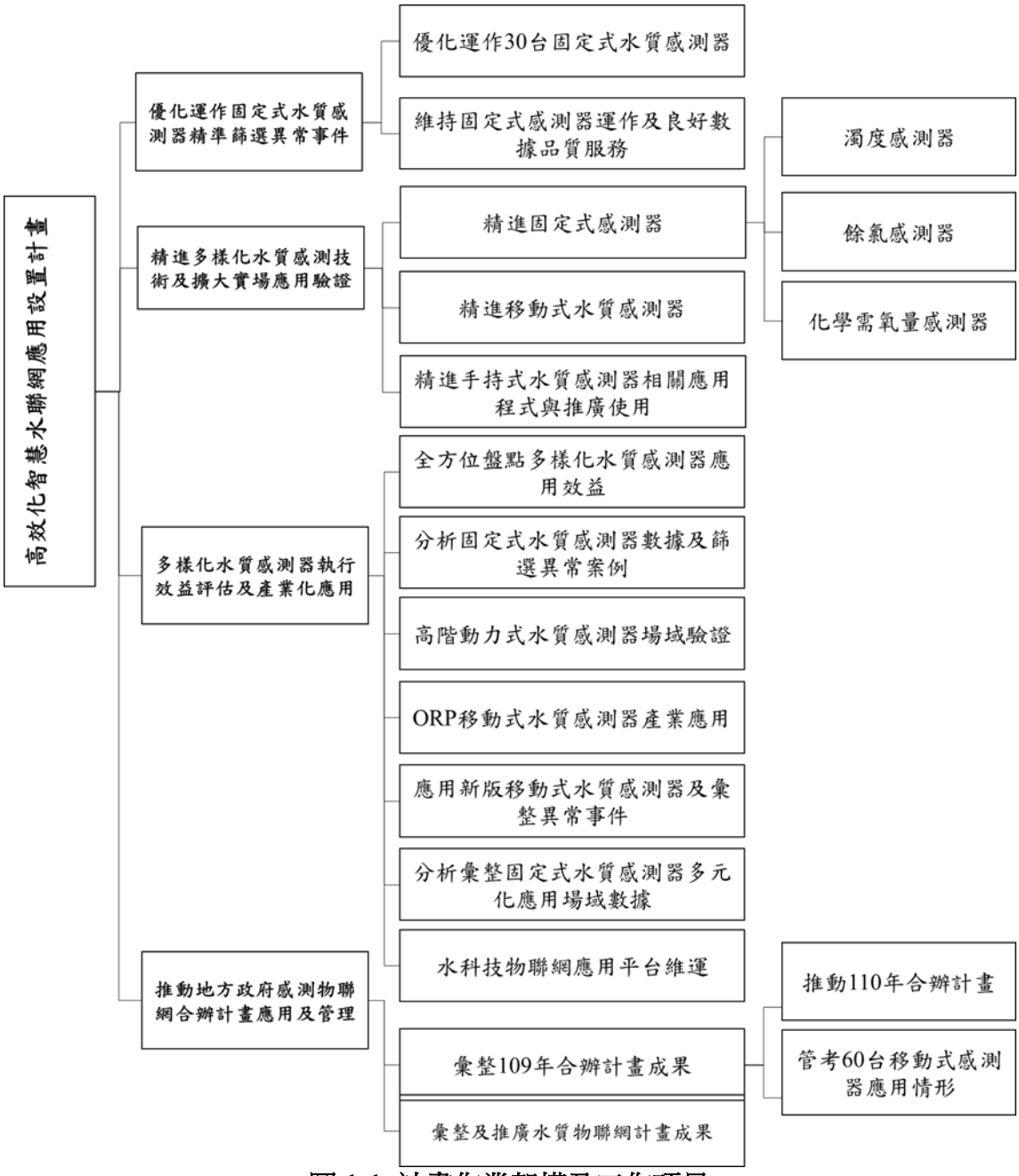


圖 1-1 計畫作業架構及工作項目

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 110 年 1 月 1 日起至 110 年 12 月 31 日止，於決標後即召開工作起始會議，並於 110 年 5 月進行第一次工作進度報告，並於 110 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 12 月 31 日止，已完成之查核點及達成情形如下表：

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
3.1.1	110.03.31	完成 30 臺固定式水質感測器	已完成 30 臺固定式水質感測器之優化設計與組裝
3.2.4	110.03.31	完成固定式水質感測器電源供應模組改良	已完成電源模組與太陽能板設計並實測完成
3.1.2	110.04.30	完成 30 組已布建水質感測器 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 組已布建水質感測器 1~4 月之有效數據完整率與數據品質滿意度評估，數據品質完整率 86.1 %；數據品質滿意度 87.1 %。
3.2.6	110.04.30	完成手持式 APP 精進及資料拋轉功能	已完成手持式 APP 精進及資料拋轉功能。精進方面包含：(1)感測操作介面；(2)歷史紀錄頁面，並新增(3)操作提示小圖卡；(4)設備硬體介紹圖卡
4.1	110.05.31	第一次工作進度報告撰寫	已完成第一次工作進度報告
3.3.7	110.06.30	完成移交水質科技物聯網應用平臺	已於 6 月 30 日完成水質科技物聯網應用平臺移交
3.2.2	110.07.31	設計及製作餘氯感測原型機 3 臺	已完成 3 臺新型餘氯固定式感測器雛形機組裝
3.2.5	110.08.31	完成 20 臺精進版移動式感測器製作與安裝	已於 7 月 15 日完成 20 臺精進版移動式感測器製作 已於 8 月 19 日完成 15 臺布建安裝工作
3.1.2	110.08.31	完成 30 組已布建水質感測器 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 組已布建水質感測器 5~8 月之有效數據完整率與數據品質滿意度評估，數據品質完整率 97%；數據品質滿意度 94.8%。

查核點	預定完成時間	查核點內容說明	達成情形
3.2.1	110.08.31	完成可攜式濁度分析儀 1 臺	已完成可攜式濁度分析儀 1 臺，精進項目包含:(1)流動/批次兩用設計(2)具備藍芽通訊、模組化與 Modbus 設計，易於與不同系統快速串接(3)多組權限設定
3.2.3	110.08.31	完成 COD+SS 感測模組 2 臺	已完成 COD+SS 感測模組 2 臺，精進項目包含:(1)流動/批次兩用設計(2)具備藍芽通訊、模組化與 Modbus 設計，易於與不同系統快速串接(3)具體實現 COD 與 SS 同步量測功能(4)兼具多種光源更換的機動設計要求
4.2	110.08.31	期中報告撰寫	已完成期中報告
3.3.6	110.09.30	完成固定式水質感測器多元化場域數據分析及管理示範案例報告	完成固定式水質感測器多元化場域數據分析及管理示範案例報告。截至 10 月 31 日共有 21 件異常水質案件，短期間或過去曾發生水質異常的共有 10 件
3.4.3	110.09.30	完成移動式感測器應用於環境執法應用可行性評析報告	已完成移動式感測器應用於環境執法應用可行性評析報告
3.2.1	110.10.31	完成可攜式濁度分析儀實場水測試	已分別利用標準品、自來水及溪水完成可攜式濁度分析儀實場水測試，符合計畫設定之精密度與準確度規格。
3.2.3	110.10.31	完成COD＋SS 感測模組實場水樣驗證	已分別利用標準品、工業廢水及民生廢水完成COD＋SS 感測模組實場水樣驗證，符合計畫設定之精密度與準確度規格。
3.3.1	110.10.31	完成多樣化水質感測器感測數據應用評估報告	已完成多樣化水質感測器感測數據應用評估報告
3.4.1 3.4.2	110.10.31	完成提交水質物聯網合辦計畫成果報告	已完成水質物聯網合辦計畫成果報告
3.1.2	110.11.15	完成 30 組已布建水質感測器 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 組已布建水質感測器 9-11 月之有效數據完整率與數據品質滿意度評估，數據品質完整率 97%；數據品質滿意度 94.8%。

查核點	預定完成時間	查核點內容說明	達成情形
	110.11.15	完成 30 台新布建固定式水質感測器 60 日之有效數據完整率與數據品質滿意度評估	已完成 30 台新布建固定式水質感測器 60 日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%；數據品質滿意度 94.8%。
3.2.2	110.11.15	完成餘氯感測模組實場測試 2 個月	已完成長期穩定性測試及實場水樣測試驗證逾 60 日，並已裝設於驗證場域持續測試中
3.3.2	110.11.15	完成固定式水質感測器 20 件異常事件分析報告	已完成固定式水質感測器 20 件異常事件分析報告
3.3.3 3.3.4	110.11.15	完成高階移動式水質感測器實場應用報告	完成高階動力式水質感測器場域完成 2 處場域應用
3.3.5	110.11.15	完成移動式水質感測器 3 件異常事件分析報告	已完成移動式水質感測器 3 件異常事件分析報告
4.3	110.11.15	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下表 1-2 及表 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	110										
	月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.優化運作固定式水質感測器精準篩選異常事件													
1.1 優化運作 30 臺固定式水質感測器				3.1.1									
				3.2.4									
1.2 維持固定式感測器運作及良好數據品質服務													
					3.1.2				3.1.2			3.1.2	
2.精進多樣化水質感測技術及擴大實場應用驗證													
2.1 精進固定式濁度感測器													
									3.2.1		3.2.1		
2.2 精進固定式餘氯感測器													
								3.2.2				3.2.2	
2.3 精進固定式化學需氧量感測器													
									3.2.3		3.2.3		
2.5 精進移動式水質感測器									3.2.5				3.2.7
2.6 精進手持式水質感測器相關應用程式與推廣使用													
					3.2.6								
3.多樣化水質感測器執行效益評估及產業化應用													
3.1 全方位盤點多樣化水質感測器應用效益													
											3.3.1		
3.2 分析固定式水質感測器數據及篩選異常案例													
												3.3.2	
3.3 高階移動式水質感測器場域驗證												3.3.3	
												3.3.4	
3.4 應用新版移動式水質感測器及彙整異常事件													
												3.4.5	
3.5 分析彙整固定式水質感測器多元化應用場域數據													
										3.3.6			
3.3.7 水科技物聯網應用平臺維運													
						3.3.7							
3.4 推動地方政府感測物聯網合辦計畫應用及管理													
3.4.1 彙整 109 年合辦計畫成果													
											3.4.1		
3.4.2 管考 60 臺移動式感測器應用情形													
									3.4.3				
第一次工作進度報告、期中、期末報告撰寫													
					4.1				4.2			4.3	
預定進度累積百分比（%）		2	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100

表 1-3 查核點說明

查核點	預定完成時間	查核點內容說明
3.1.1	110.03.31	完成 30 臺固定式水質感測器
3.2.4		完成固定式水質感測器電源供應模組改良
3.1.2	110.04.30	完成 30 組已布建水質感測器 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
	110.08.31	完成 30 組已布建水質感測器 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
	110.11.30	完成 30 組已布建水質感測器 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
	110.11.30	完成 30 臺新布建固定式水質感測器 60 日之有效數據完整率與數據品質滿意度評估
3.2.1	110.08.31	完成可攜式濁度分析儀 1 臺
	110.10.31	完成可攜式濁度分析儀實場水測試
3.2.2	110.07.31	設計及製作餘氯感測原型機 3 臺
	110.11.15	完成餘氯感測模組實場測試 2 個月
3.2.3	110.08.31	完成 COD+SS 感測模組 2 臺
	110.10.31	完成 COD+SS 感測模組實場水樣驗證
3.2.5	110.07.31	完成 20 臺精進版移動式感測器製作與安裝
3.2.6	110.04.30	完成手持式 APP 精進及資料拋轉功能
3.2.7	110.11.24	完成 30 臺精進版移動式感測器製作
3.3.1	110.10.31	完成多樣化水質感測器感測數據應用評估報告
3.3.2	110.11.30	完成固定式水質感測器 20 件異常事件分析報告
3.3.3 3.3.4	110.11.30	完成高階移動式水質感測器實場應用報告
3.3.5	110.11.30	完成移動式水質感測器 3 件異常事件分析報告
3.3.6	110.09.30	完成固定式水質感測器多元化場域數據分析及管理示範案例報告
3.3.7	110.06.30	完成移交水質科技物聯網應用平臺
3.4.1 3.4.2	110.10.31	完成提交水質物聯網合辦計畫成果報告
3.4.3	110.09.30	完成移動式感測器應用於環境執法應用可行性評析報告
4.1	110.05.31	第一次工作進度報告撰寫
4.2	110.08.31	期中報告撰寫
4.3	110.11.30	完成期末報告

第二章 、優化運作固定式水質感測器精準篩選異常事件

本計畫於 107-109 年完成 180 臺固定式水質感測器布建與安裝，應用水質物聯網輔助環境治理，包括桃園市 92 臺、新竹市 47 臺、新竹縣 13 臺、雲林縣 20 臺以及嘉義縣 8 臺。今 （110）年度將大幅精進固定式水質感測器，並且優化應用場域，提升計畫成效，依據本案要求提出兩點規劃，(一) 於 107-109 年之 180 臺固定式水質感測器中選取 30 臺固定式水質感測器進行後續設備精進與優化；(二)依據 107-109 年固定式水質感測器布建經驗，篩選具有水質異常事件以及持續維運成效較高之場域作為今 （110）年 30 點選址及裝設之首要。

一、執行策略與方法

目前安裝於現場的固定式水質感測器，酸鹼值(pH)、電導度(EC)與溫度(Temp)感測項目是採用本計畫過去 4 年所研發之 pH、電導度、溫度三合一感測晶片，其精確度雖好，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，此晶片未來將以手持式感測器應用為發展重點。而本年度針對固定式水質感測器，將上述 3 項感測項轉由優良的市售電極取代，重新設計其機臺之取樣方式與內部設計，並搭配既有之國產感測器-溶解性化學需氧量(COD)、銅離子(Cu^{2+})、餘氯(Free chlorine)與濁度(Turbidity)，優化固定式感測器之功能並延長維運週期。

前述固定式水質感測器之布建，本計畫建議先以龜山工業區、新竹市淨水廠與新竹科學園區污水處理廠作為優先布建區域，其中工業區與污水處理廠除 pH、EC 及 Temp 基本 3 種水質測項外，優先搭配化學需氧量或銅離子；另外，淨水廠除 pH、EC 及 Temp 基本 3 種水質測項外，優先搭配餘氯或濁度；本計畫亦提供多項固定式水質感測器應用場域提供環保署後續移機點位參考，以發揮感測器之最大效益。

為維護前述布建機臺能夠持續提供不間斷之有效水質數據，本計畫提供完整之固定式感測器維運流程與每年 3 次數據品保及品管檢核作業，以保障即時數據之穩定性與可靠度；所產生之即時水質數據除可提供重大點源放流水自動連續監

測資訊公開查詢系統(以下簡稱 CWMS)水質比對、潛勢污染工廠水質監控外，更可於即時污染發生時，精準篩選異常數據，提供環境水質物聯網平臺針對污染預警、熱區分析與污染溯源所需之分析資料。

二、預期效益

藉由優化固定式感測器，可改良過去無法長時間提供穩定數據之困境，降低維運人力與耗材藥劑之負荷，並提供高品質之感測數據供水質感測物聯網平臺使用。依據過往經驗，針對高污染風險之區段，提供高強度之感測與稽查可有效嚇阻不肖廠商僥倖心態，惡意或不小心之污水排放。本年度將鎖定感測高風險區域，配合數據分析與環保局稽查裁罰，預期可有效降低並導正業者不法之行為。

2.1 優化運作 30 臺固定式水質感測器

109 年布建之固定式水質感測器，其酸鹼值(pH)、電導度(EC)與溫度(Temp)感測項目是採用本計畫過去 4 年所研發之 pH、電導度、溫度三合一感測晶片，其精確度雖好，但在酸鹼值的量測時，感測材料-氧化銦錫(Indium Tin Oxide, ITO)容易因為環境水體中的氯離子(Cl^-)與磷酸鹽類(PO_4^{3-})等物質的腐蝕破壞，造成表面材料銦與錫脫落(表 2-1)，導致量測失準的情況；另外，針對電導度量測時，其採用交流電(AC)之量測方式，在量測過程中，如遇到相對濃度較高的場域(EC>3000 μS/cm)，在不停的吸附與脫附過程中，相對電流較高的關係，造成材料溶出或污染物吸附，導致電極失效且耐用週期降低的機率大幅增加(圖 2-1)。

有鑑於此，本計畫將此晶片應用於手持式感測器的組裝，使其效益最大化，暫不列入固定式水質感測器之感測元件。同時，藉由本計畫在移動式感測器開發的成功經驗，重新定義固定式感測器基本 3 項測項的電路配置與電極選用，並重新設計機臺的內部配置，搭配適合之前處理、通訊與電力設備，建構一新型態之固定式水質感測器，可搭載已開發之國產感測器化學需氧量(COD)、銅離子(Cu^{2+})、自由餘氯(Free chlorine)與濁度(Turbidity)之整合，優化固定式感測器之功能並延長維運週期。

表 2-1 三合一晶片 pH 電極(ITO)材料溶出實驗

					元素(mg/L)	
樣品編號	試片來源	測試水樣	測試方式	測試天數	In	Sn
sen-100	中山感測晶片(工業ITO薄膜，片電阻：200Ω)	pH7標準液	不流動連續測試	20	-	-
sen-102	中山感測晶片(工業ITO薄膜，片電阻：200Ω)	pH7標準液	不流動連續測試	18	-	0.09
G7	PCB版上濺鍍(片電阻：100Ω)	pH7標準液	不流動連續測試	20	-	-
G9	PCB版上濺鍍(片電阻：100Ω)	pH7標準液	不流動連續測試	18	0.38	0.16
chun-02	材化所I600	pH7標準液	不流動連續測試	20	-	-
150-3	網購(片電阻：50Ω)	pH7標準液	不流動連續測試	20	-	-
U1	聯享工業ITO薄膜(片電阻：400Ω)	pH7標準液	不流動連續測試	3	0.24	-
U9	聯享工業ITO薄膜(片電阻：400Ω)	pH10標準液	不流動連續測試	9	-	0.04
U10	聯享工業ITO薄膜(片電阻：400Ω)	pH7標準液	不流動連續測試	6	0.21	0.05
U11	聯享工業ITO薄膜(片電阻：400Ω)	pH4標準液	不流動連續測試	6	0.02	0.05
U12	聯享工業ITO薄膜(片電阻：400Ω)	自來水	不流動連續測試	4	-	0.01

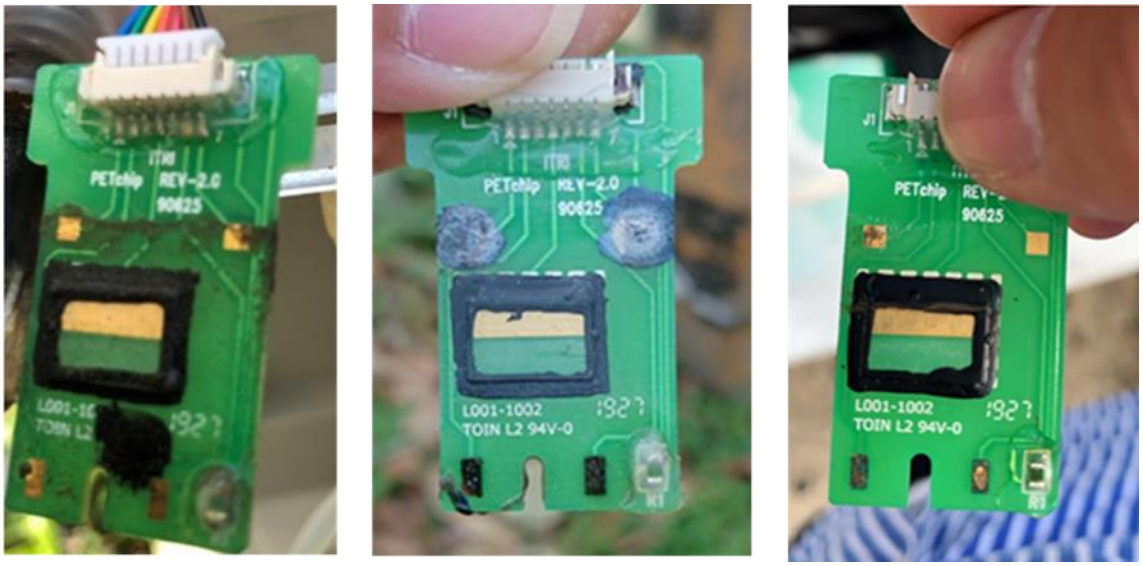


圖 2-1 三合一晶片 EC 電極(金)表面受破壞照片

2.1.1 30 臺固定式水質感測器規劃與設計

因晶片式 pH、EC、Temp 三合一感測晶片在使用上的限制，，本計畫將晶片式之感測器更換成環保署移動式水質感測器所應用之設計架構，以便提升固定式水質感測器之效能。有鑑於過去兩年移動式水質感測器之 pH、EC 及 Temp 之感測與實際場域驗證，有相當不錯之表現；因此，本年度計畫將以此為基礎，優化既有之固定式感測器，具體作法述如下。

一、pH、EC、Temp 感測電極之選用與設計

(一) 感測電極選用

為改善目前三合一晶片使用之限制，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(圖 2-2)，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；EC 感測電極選用亦是由美國 AtlasScientific 所生產(圖 2-3)，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。而溫度電極因技術更為成熟，因此選擇使用市售 TELESKY 溫度電極(圖 2-4)，另外，水樣流道採用工業標準的配件(Fitting)，可串接各種不同的感測電極，如下圖 2-5 所示。而各電極之基本規格如表 2-2 及表 2-3 所示。

(a) (b)

圖 2-2 美國 AtlasScientific 公司生產之 pH 電極(a)電極外觀;(b)電極材質

(a) (b)

圖 2-3 美國 AtlasScientific 公司生產之 EC 電極(a)電極外觀;(b)電極材質

圖 2-4 TELESKY 溫度電極外觀

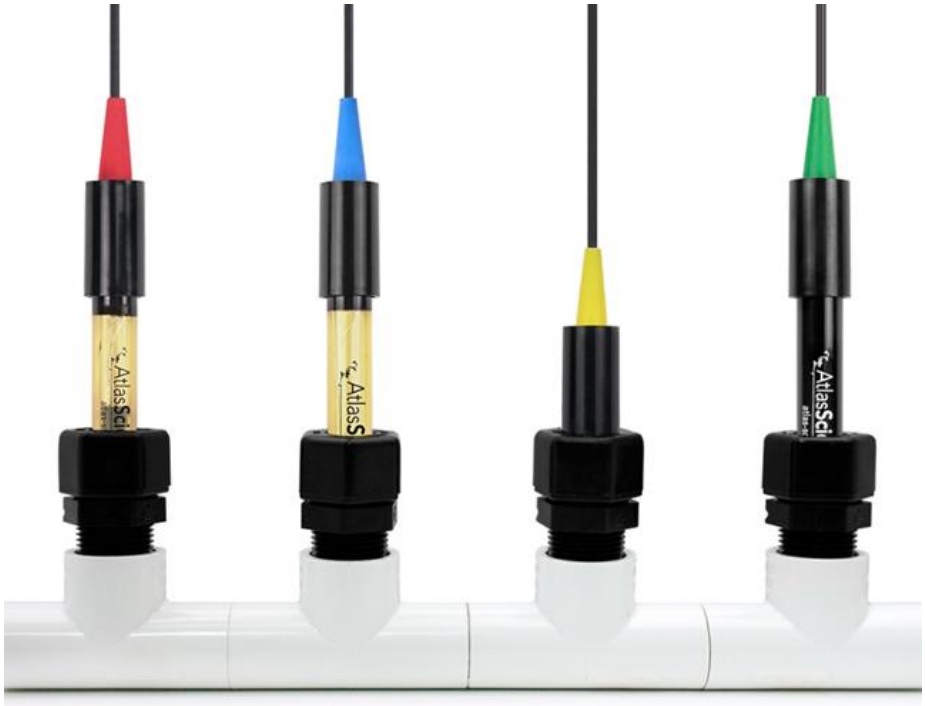


圖 2-5 工業標準(Fitting)串接各種不同電極

表 2-2 Atlas Scientific pH 電極及 EC 電極之基本規格

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 meters(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 2-3 TELESKY 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

(二) 感測電極之環境干擾及因應對策

在前述感測電極選用與流道設計完成後，在實際布建時須注意以下干擾情況，以提升感測電極之準確與穩定性，敘述如後：

1. pH 量測

(1) 溫度對 pH 測定之干擾：pH 之電極電位輸出隨溫度而改變，可由溫度補償裝置校正。

(2) 過酸或過鹼廢水造成電極損壞：在一般環境下(pH = 4 - 10)選用之電極型態基本上並無差異，但如感測點容易出現過酸(pH < 2)或過鹼(pH > 13)之廢水需針對性的選用玻璃或塑膠材質之感測電極，避免因極端環境的狀態下出現電極損壞的情況。

(3) 生物膜包覆造成感度下降：裝設於現場之感測電極，很容易長時間浸泡於廢水中造成生物膜將電極表面包覆的現象，此現象容易讓氫離子擴散進入感測膜表面的時間增加，造成量測穩定時間上升，需設計清洗或是改用汲水式採樣量測的方式來克服。

2. EC 量測

(1) 溫度對 EC 測定之干擾：當溫度改變攝氏一度時，導電度會偏差 1.9%，可由溫度補償裝置校正。

(2) 生物膜包覆造成感度下降：裝設於現場之感測電極，很容易長時間浸泡於廢水中造成生物膜將電極表面包覆的現象，會造成測定時之誤差，需設計清洗或是改用汲水式採樣量測的方式來克服。

3. Temp 量測

DS18B20 雖然具有測溫系統簡單、測溫精度高、連接方便、佔用口線少等優點，但在實際應用中也應注意定期清理電極表面感測端點，防止污染物附著而干擾監測結果，以提高監測數據之正確性。

二、固定式水質感測器電路設計

由於本年度 pH、EC、Temp 測項由晶片式改為電極式型態，因此在整體的電路設計上亦需有所改變與優化，以符合感測訊號穩定與其他重要測項如：COD 等串接之需求，因此，在電路設計部分，今(110)年固定式感測器之主體電路板由三大主要電路板以 UART 通訊方式所建構而成，如下圖 2-6 所示，其分別為主板(Main Board)、感測板(Sensor Board)及擴充板(Extension Board)，主板上配有 LET 4G 模組以及 GPS 定位功能；感測板主要為連接今年度更新之 Atlas Scientific 酸鹼值及電導度電極，包含 11mm*12mm 之 OEM 電路模組，溫度感測探棒亦接於此電路板上，Atlas Scientific 之 pH 及 EC 電極以 Analog 之信號格式，溫度則以 I2C 之信號格式，架構如圖 2-7 所示，此外，感測板上設計酸鹼值及電導度之專屬校正功能。擴充板主要以 I/O 控制、電力、燈號、變壓器、馬達、電池閥、水位計，並以 UART 通訊方式介接 COD 模組及電化學模組，濁度模組則以 RS-485 方式介接傳輸，電

力部分可接 110V/220V 之 AC 電或 12V DC 電，依現地電力狀況二擇一供電，12V DC 為以 50AH 鉛蓄電池供電，可額外加裝太陽能板並以太陽能電力控制器來充電(圖 2-8)，達到靈活擴充目的。

。

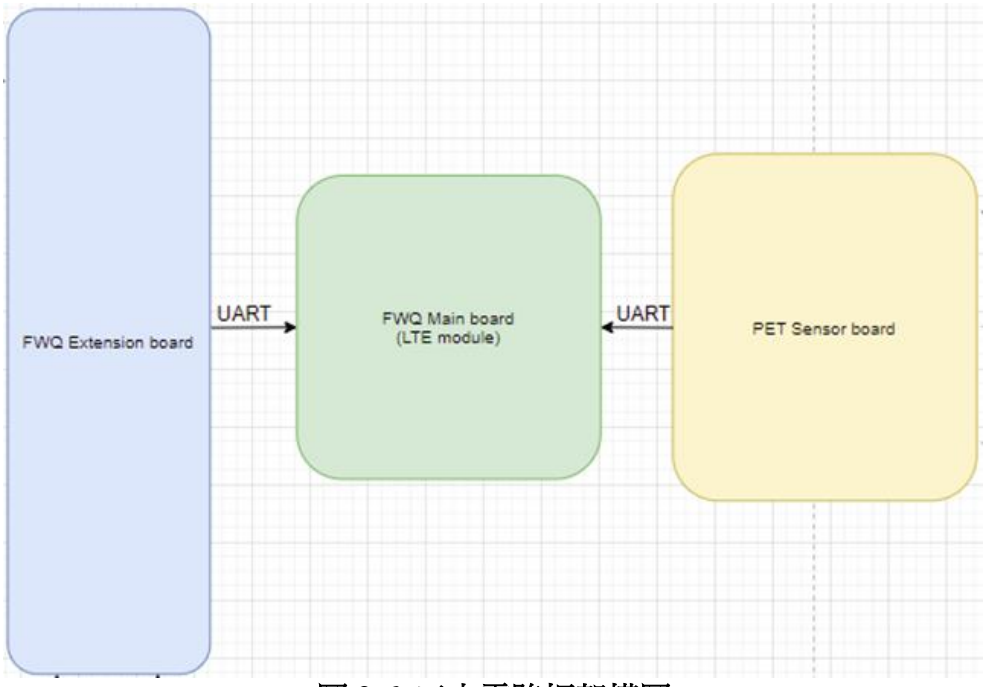


圖 2-6 三大電路板架構圖

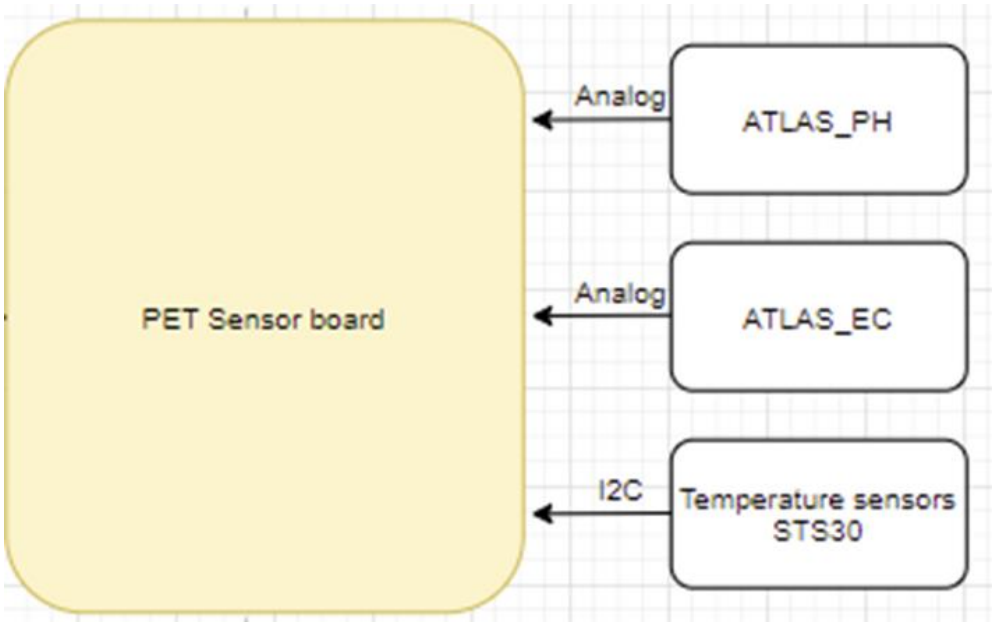


圖 2-7 感測板設計架構圖

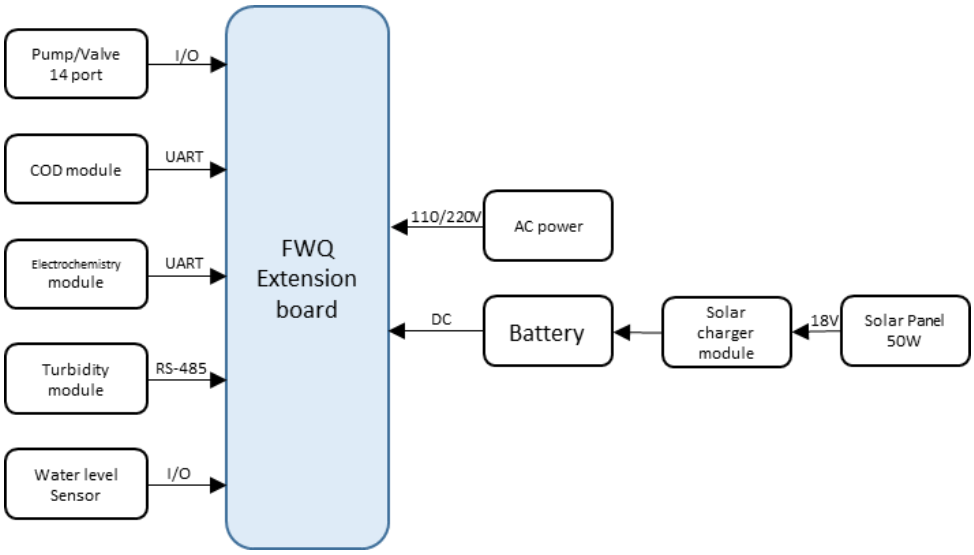
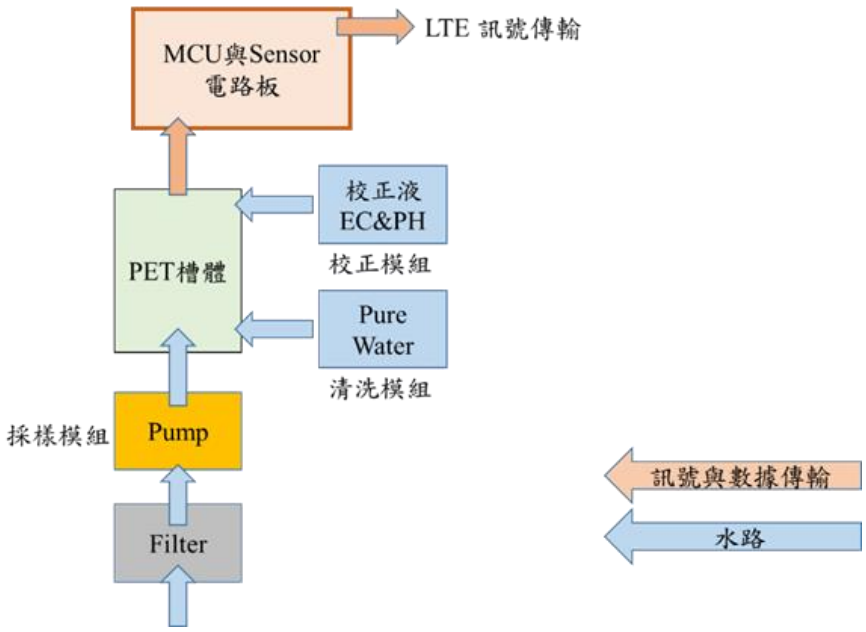


圖 2-8 擴充板設計架構圖

三、固定式水質感測器各機種內部配置設計

針對 pH、EC 及 Temp 的電極、電路與機臺設計完成後，搭配適宜之前處理設備、清洗水槽、藥劑桶等，陸續針對下述國產感測器-溶解性化學需氧量(COD)、銅離子(Cu2+)、餘氯(Free chlorine)與濁度(Turbidity)做串接設計，以優化後之內部設計與其串接，開發出下列四種機型，優化固定式感測器之功能並延長維運週期。開發之感測器機種示意圖如圖 2-9 所示。



(a)

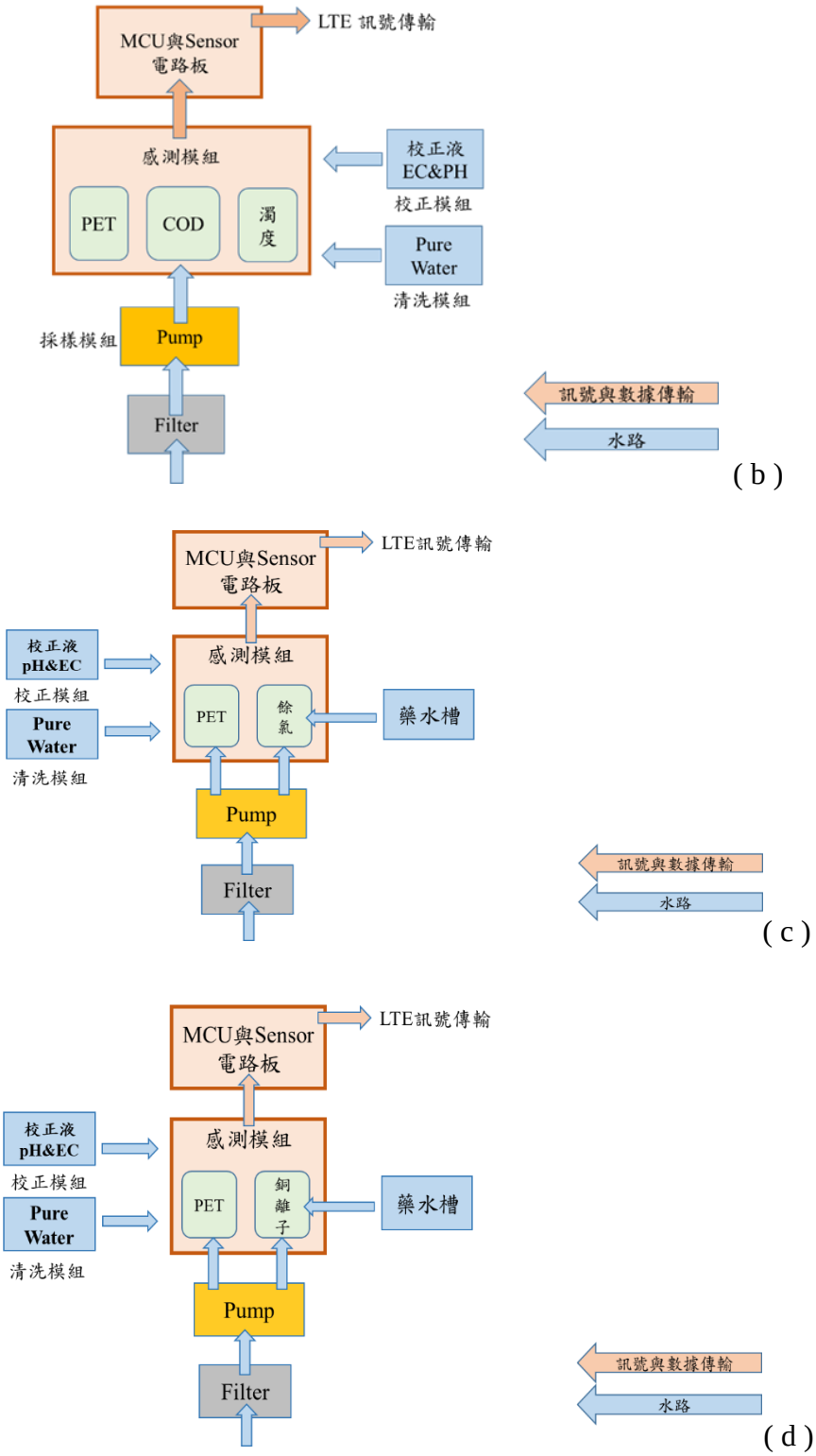


圖 2-9 固定式水質感測器機種示意圖 (a) pH、電導度、溫度；(b) pH、電導度、溫度+COD/濁度；(c) pH、電導度、溫度+餘氯；(d) pH、電導度、溫度+銅離子

2.1.2 30 臺固定式水質感測器優化工作

一、優化固定式水質感測器 pH、電導度、溫度測項

本次固定式感測器在數據傳輸與處理的部分，由具備 4G LTE 傳輸能力的主板負責接收感測器數值，再傳送至雲端平臺。固定式 pH、電導度、溫度感測器與主板之間使用 RS485 協定進行資料傳輸，並由主板提供電源供應。首先針對 pH、電導度、溫度部分的優化包括：(一)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的開發時程。(二)感測器使用標準 SMA 接頭。(三)在流道的設計上，採用工業標準的配件(Fitting)，可串接各種不同的感測電極，一體式設計避免漏水問題。(四)於 pH、電導度、溫度電極流道上設計呼吸管，避免空氣殘留造成進水不順，而導致數據不穩定，如下圖 2-10 所示。

圖 2-10 pH、電導度、溫度電極及流道組裝圖

二、固定式水質感測器電路

本計畫已於今（110）年 3 月底將主板(Main Board)、感測板(Sensor Board)及擴充板(Extension Board)完成電路板製作，並合併三大主板即可控制固定式各機型之模組及元件，電路實體圖如圖 2-11。

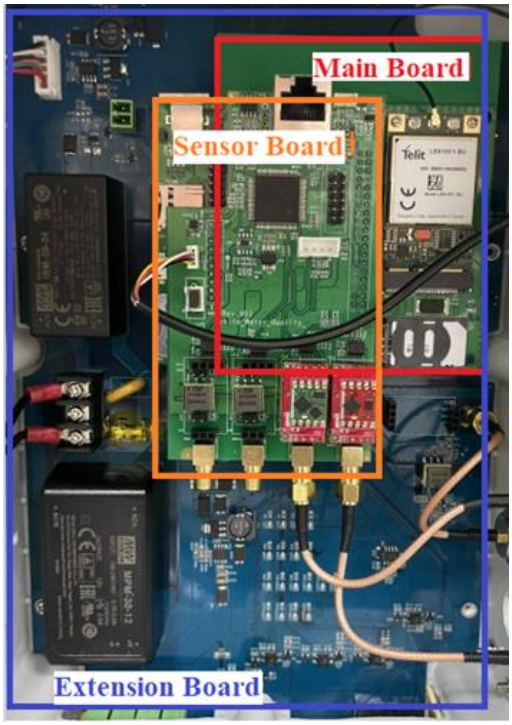


圖 2-11 pH、電導度、溫度電路板實體圖

本計畫於今年（110）年 3 月中完成 30 臺固定式水質感測器機型優化工作，於 4 月逐步更換成優化後之固定式水質感測器，下圖 2-12 為固定式水質感測器優化機種內部實體圖，以下照片分別為：(a)新版 pH、電導度、溫度+濁度；(b)新版 pH、電導度、溫度+餘氯；(c)新版 pH、電導度、溫度+COD；(d)新版 pH、電導度、溫度+銅離子。


(a)


(b)


(c)

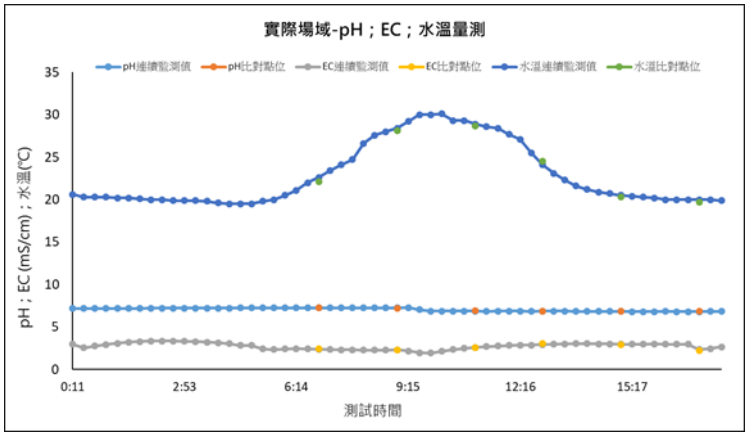

(d)

圖 2-12 固定式水質感測器機型優化內部實體照.

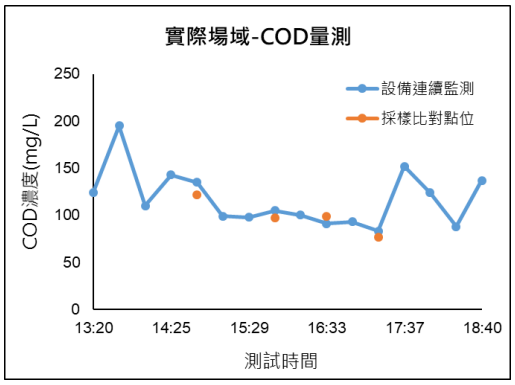
本計畫於今年 3 月底完成各機種之優化工作，各感測項進行 1 天的連續量測比對，其數據監測比對結果如下圖 2-13 所示，各測項誤差分別如下：

1. 酸鹼值：<0.1 pH
2. 電導度：<3%
3. 溫度：<0.2 ℃
4. 化學需氧量：<10%
5. 銅離子：<10% or <0.1 mg/L
6. 濁度：<10%
7. 餘氯：<15% or <0.03 mg/L

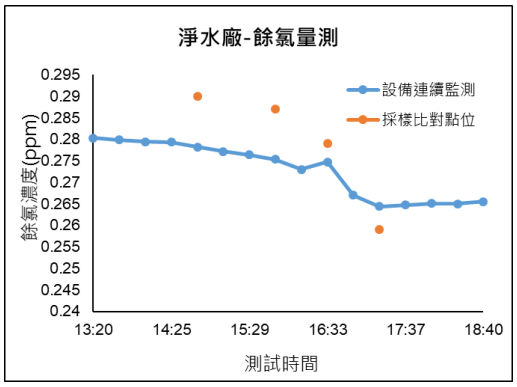
由上可知，優化機臺所有測項均符合本計畫之數據品質滿意標準，優化機種於 4 月配合計畫要求，進行現場更換。



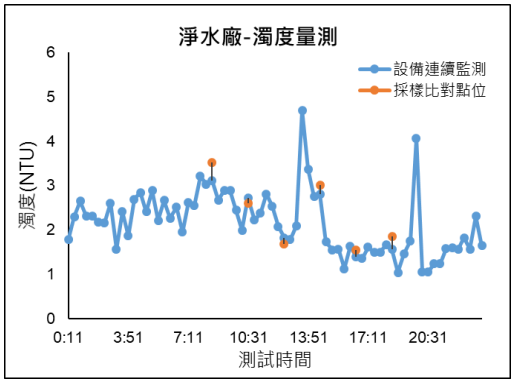
(1 ; 2 ; 3)



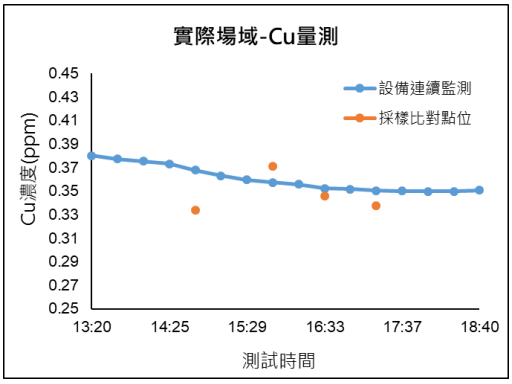
(4)



(5)



(6)



(7)

圖 2-13 優化機臺各測項連續測試（1 day）

2.1.3 30 臺固定式水質感測器裝設布建結果

本計畫已於 3 月底完成固定式水質感測器之優化與改良，在維持監測數據不間斷之服務下，已於 8 月底前逐步完成 30 臺固定式水質感測器之更換，目前現場裝設之機臺位置與機型如表 2-4 所示，現場裝設照片如圖 2-14、圖 2-15 及圖 2-16 所示。

表 2-4 固定式水質感測器裝設位置一覽表

機型	縣市(數量)	區域
pH、電導度、溫度	桃園(4)	南崁溪、塔寮坑溪、大漢溪
pH、電導度、溫度+COD	桃園(12)	龜山工業區、南崁溪潛勢工廠
	嘉義(3)	嘉太工業區、朴子工業區
pH、電導度、溫度+濁度	新竹(5)	第二淨水廠
pH、電導度、溫度+餘氯	新竹(3)	第二淨水廠水情揭露點
pH、電導度、溫度+銅離子	新北(2)	樹林零星污染工廠
	彰化(1)	彰化洋子厝

圖 2-14 固定式水質感測器裝設照片-龜山工業區&嘉義縣工業區

圖 2-15 固定式水質感測器裝設照片-潛勢污染工廠&環境河川監測

圖 2-16 固定式水質感測器裝設照片-新竹淨水廠&樹林零星污染工廠

優化機種逐步完成安裝後經 20 天之長時間水質數據連續監測及自行採樣進行標準方法比對，各感測項與標準方法比對結果如表 2-5 及圖 2-17 至圖 2-23 所示，由結果可知，各感測項監測據誤差均可低於本計畫所規定之數據品質標準；此外，利用統計分析進行成對檢定，驗證兩感測數據之顯著水準(P-value)、相關係數(R)與相關性(RSQ)，由結果亦顯示，標準方法比對均無顯著差異(P>0.05)，且均具有良好以上之相關性(R>0.7，RSQ>0.5)； 後續在現場布建會定期與合格之第三方檢驗團隊進行水質數據品保及品管比對作業，以確定感測器之數據品質。

表 2-5 固定式水質感測器之 20 日比對誤差結果

項目	優化機台測試比對誤差	p-value*1	R*2	RSQ	本計畫數據品質標準
酸鹼值	<± 0.5	>0.05	0.72	0.52	<± 1.0
電導度	<± 10%	>0.05	0.72	0.521	<± 15%
溫度	<± 0.5	>0.05	0.99	0.973	<± 1.0
化學需氧量	<± 20%	>0.05	0.94	0.875	<± 30% 或± 20 mg/L
濁度	<± 15%	>0.05	0.99	0.999	<± 20% 或± 10 NTU
餘氯	<± 20%	>0.05	0.71	0.50	<± 30%
銅離子	<± 30%	>0.05	0.80	0.647	<± 50%

*1 P-value 預設 0.05：虛無假設(H0): STD=ITRI；對立假設(H1): STD≠ITRI
*2 R: 0~0.25 缺乏相關；0~0.5 相關不強；0.5~0.75 適度或良好相關；0.75~1.0 相關係非常好

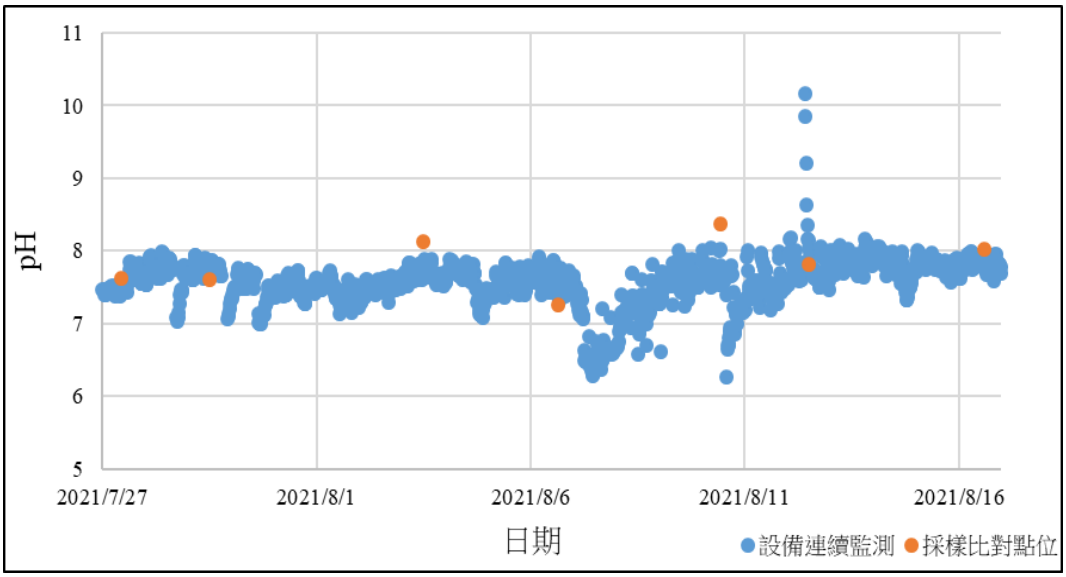


圖 2-17 固定式水質感測器之 20 日監測數據-酸鹼值

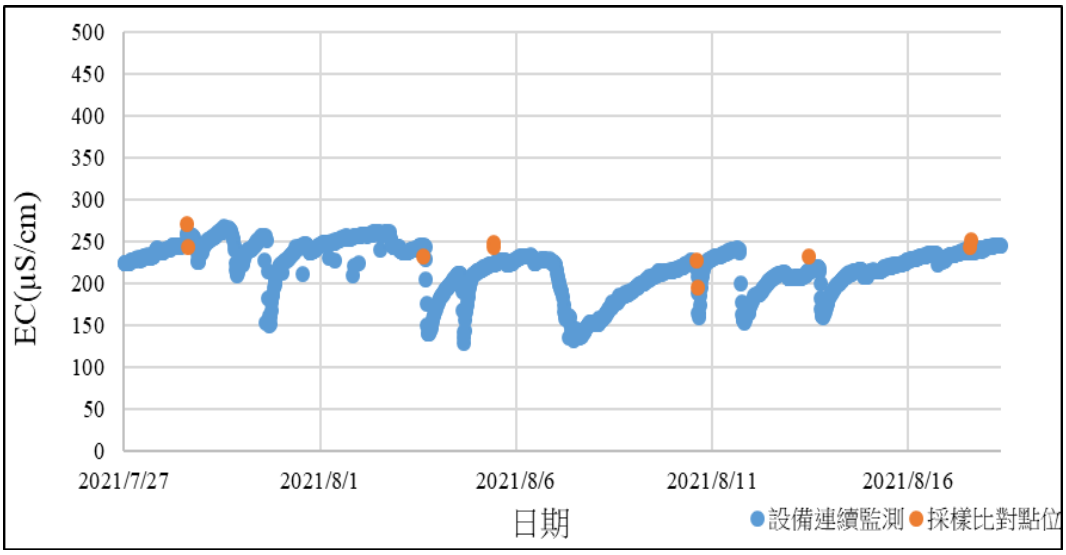


圖 2-18 固定式水質感測器之 20 日監測數據-電導度

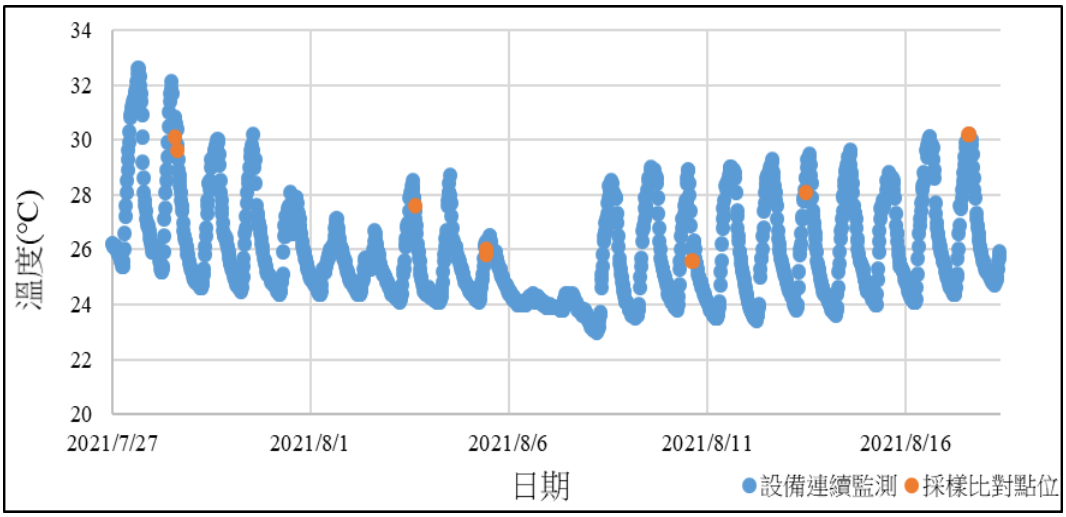


圖 2-19 固定式水質感測器之 20 日監測數據-溫度

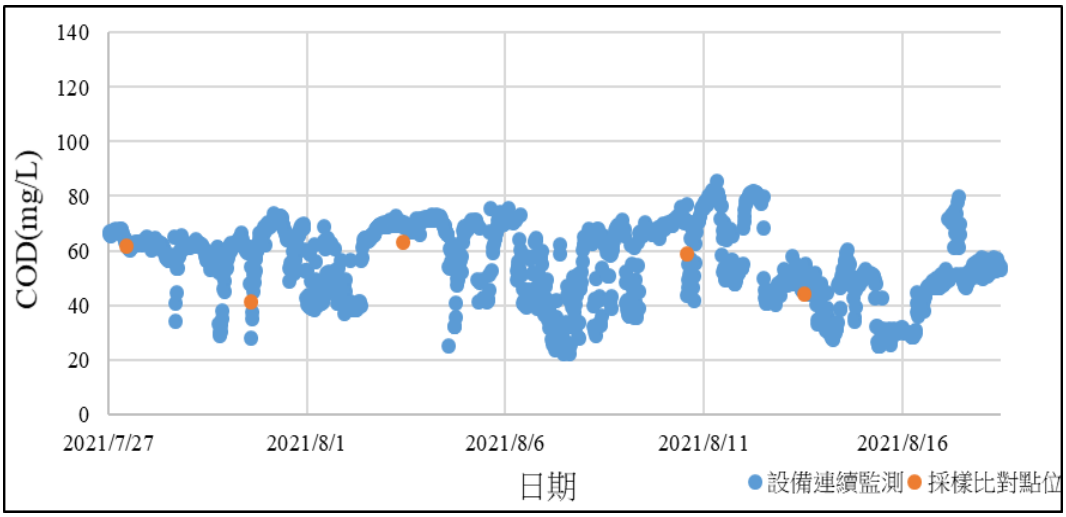


圖 2-20 固定式水質感測器之 20 日監測數據-化學需氧量

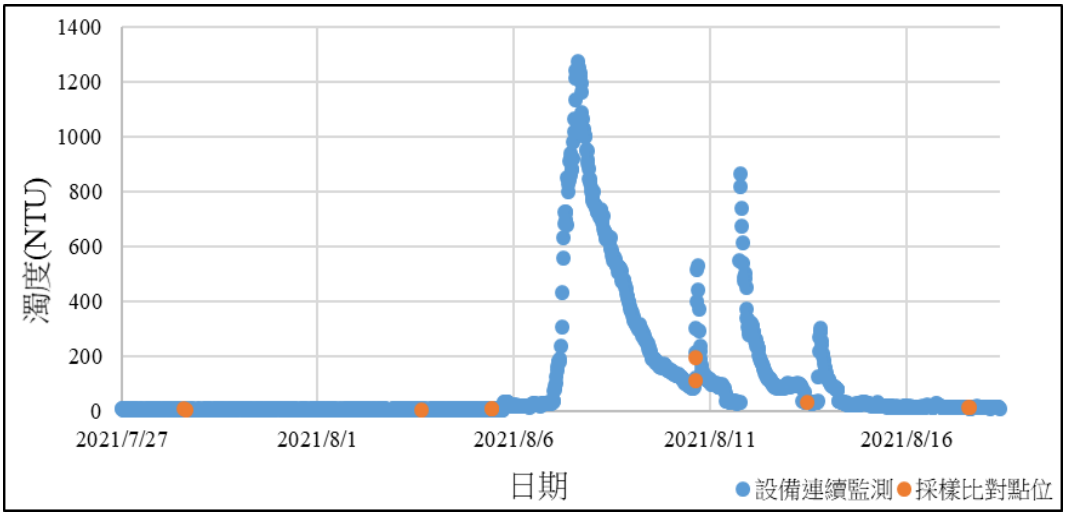


圖 2-21 固定式水質感測器之 20 日監測數據-濁度

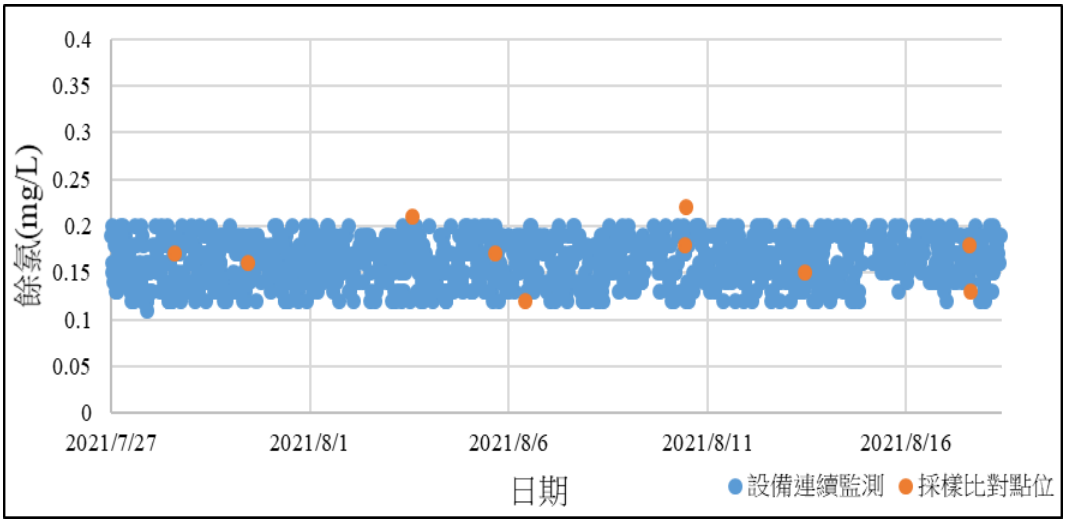


圖 2-22 固定式水質感測器之 20 日監測數據-餘氯

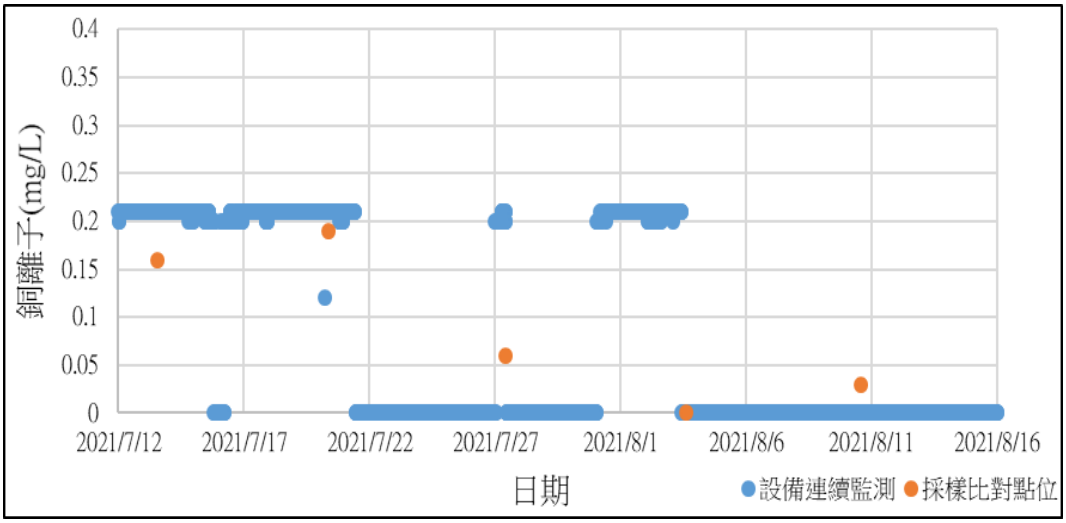


圖 2-23 固定式水質感測器之 20 日監測數據-銅離子

2.2 維持固定式感測器運作及良好數據品質服務

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。109 年布建於我國桃園市 92 臺、新竹市 47 臺、新竹縣 13 臺、雲林縣 20 臺以及嘉義縣 8 臺之重點污染工廠、工業區、潛勢污染農業區及民眾陳情區共 180 臺水質感測器。本年度本計畫重新檢討 30 臺固定式感測器布建數量與布建地點，以增加感測器應用效益。

一、現況分析

分析 109 年固定式感測器運作結果，約 43%布建固定式感測器具有效益。為提升固定式感測器效益，精準鎖定感測熱區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。今年度定期檢討布點效益，持續尋找新應用需求場域，滾動式調整安裝位置，制訂固定式感測器維運規劃確立固定式感測器數據品質 QA/QC。

二、執行方法

本計畫規劃約每季檢討一次固定式感測器布建狀況，分為三次檢討布建固定式感測器，整理並記錄追蹤具效益之異常事件案例，確保有效數據完整率及數據品質達 85%以上如圖 2-24，所示：

- 第一次：計畫啟動第一次檢討感測情形，採水檢測原水繪製感測器檢量線，檢討低效機臺組織多元應用場域。
- 第二次：2021 年 5-8 月全面提升固定式感測器 2.0。更換 pH、電導度、溫度與模組化整合，電路通訊重新設計以達電池壽命延長。布建點位如圖 2-24 所示。
- 第三次：2021 年 9 月執行第三次檢討移點，移點 7 點位。

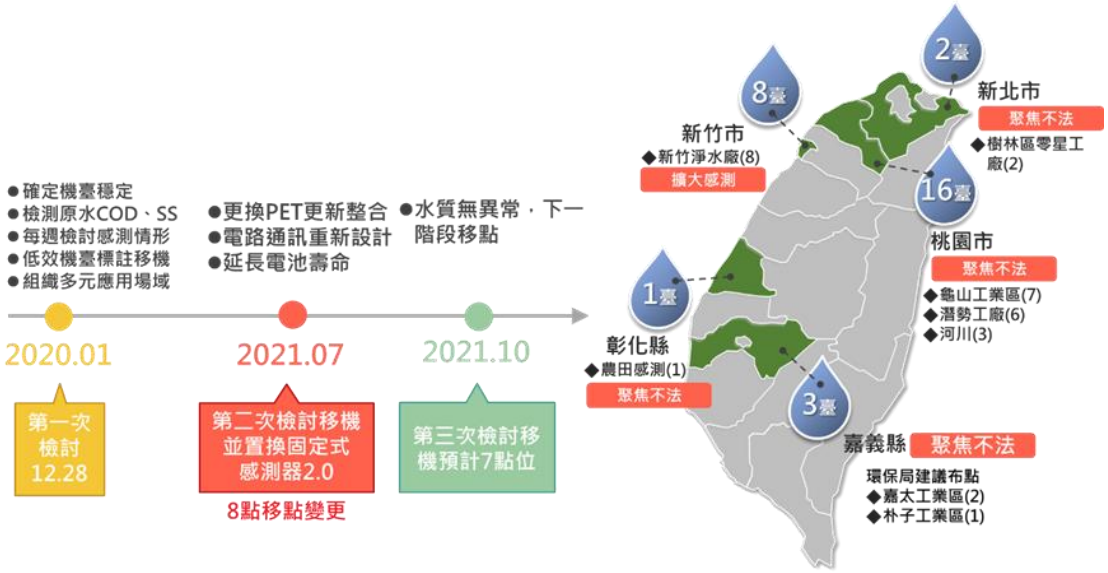


圖 2-24 固定式水質感測器檢討移點時序

(一) 110 年固定式感測器裝設情境與選址規劃

1. 判斷準則

依據過往固定式感測器多元應用情境布建位置與數據分析結果，如：工業區、零星工廠、河川、農田渠道、污水廠，本計畫提出三大指標協助檢視固定式感測器是否需移機調整，作為具效益點位判斷準則。依據過去感測器分析經驗，法規定義水質異常範圍，觀察感測趨勢判斷異常時間以及抽水與排水情形，註記布建點位是否為冷靜期，水質暫時無異常。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

(1) 潛勢工廠

110 年初以桃園市、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

本計畫以新竹自來水廠執行場域測試，以 pH、電導度、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 mg/L，pH 介於 6-8.5。由於本設備具低成本特性，有利於作為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，其自來水淨水廠各布點之節點與程控回饋單元如圖 2-25 所示。

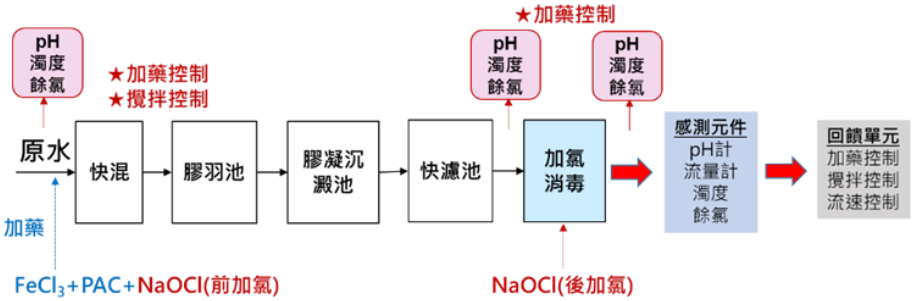


圖 2-25 自來水廠淨水流程

(3) 污水處理廠

以新竹科學園區污水處理廠執行場域測試。水質感測器布局於污水廠內之污水進流、各操作單元及出流等即時監控。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。

(二) 實場固定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 組水質感測器(包含溫度 30 組、酸鹼值 30 組、電導度 30 組、化學需氧量 15 組、銅離子 3 組、濁度 5 組、餘氯 3 組)，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，其有效資料完整率應超過 85%，且資料品質滿意度亦應超過 85%。有效資料完整率及資料品質滿意度說明如下：

1. 有效數據完整率：各感測器至少在每 20 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，將即時數據發布至環保署指定之 IoT 平臺。感測數據之有效資料完整率應於每期(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%(小數點以下無條件進位)。

$$\frac{\text{20 分鐘內即時展示之感測有效值筆數}}{\text{有效總筆數(天數×24 小時×每時 3 筆×各測點項數)−不可抗力之無效或無數值筆數}} \times 100\%$$

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、電導度、化學需氧量(COD)、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。其感測數據之資料品質滿意度，以下述公式計算並超過 85%(小數點以下無條件進位)。

$$\frac{\text{查核結果符合數據品質目標總項次數}}{\text{查核總項次數}} \times 100\%$$

3. 數據品質目標：溫度誤差應為 ±1.0℃以內；酸鹼值誤差應為 ±1.0pH 以內；電導度誤差±15%以內；COD 濃度介於 0.1-300 mg/L 時之誤差須小於±20 mg/L 或讀值之±30%；重金屬銅離子誤差需≦50%；濁度濃度介於 0.1–400NTU 時之誤差須小於±10 NTU 或讀值之±20%；餘氯誤差須≦30%。

三、執行結果

為避免水質環境之維護有空窗期，本計畫於得標初期於 30 臺固定式感測器優化完成前先以既有設備持續感測，同時與環保署及相關地方環保局討論新布建點位，確保數據有效完整率與數據品質；110 年 1 月~ 4 月數據有效完整率可達 86.1%(表 2-6)，110 年 5 月~ 8 月數據有效完整率可達 97%(表 2-7) ，110 年 9 月~ 11 月數據有效完整率可達 97%(表 2-8)。

表 2-6 1/1 ~ 4/30 完整率為 86.1%

日期	完整率	日期	完整率	日期	完整率	日期	完整率
1/1	55%	2/1	82%	3/1	ITRI 機房搬遷斷電	4/1	89%
1/2	57%	2/2	79%	3/2	ITRI 機房搬遷斷電	4/2	90%
1/3	61%	2/3	80%	3/3	ITRI 機房搬遷斷電	4/3	90%
1/4	67%	2/4	79%	3/4	ITRI 機房搬遷斷電	4/4	90%
1/5	70%	2/5	75%	3/5	ITRI 機房搬遷斷電	4/5	90%
1/6	90%	2/6	80%	3/6	ITRI 機房搬遷斷電	4/6	90%
1/7	82%	2/7	80%	3/7	ITRI 機房搬遷斷電	4/7	90%
1/8	87%	2/8	85%	3/8	84%	4/8	90%
1/9	85%	2/9	85%	3/9	90%	4/9	90%
1/10	85%	2/10	84%	3/10	89%	4/10	90%
1/11	85%	2/11	84%	3/11	88%	4/11	90%
1/12	92%	2/12	82%	3/12	87%	4/12	90%
1/13	96%	2/13	78%	3/13	89%	4/13	89%
1/14	97%	2/14	81%	3/14	87%	4/14	89%
1/15	96%	2/15	ITRI 機房過年斷電	3/15	86%	4/15	89%
1/16	97%	2/16	ITRI 機房過年斷電	3/16	93%	4/16	89%
1/17	95%	2/17	ITRI 機房過年斷電	3/17	100%	4/17	89%
1/18	81%	2/18	74%	3/18	94%	4/18	89%
1/19	83%	2/19	73%	3/19	90%	4/19	89%
1/20	87%	2/20	74%	3/20	88%	4/20	89%
1/21	96%	2/21	68%	3/21	89%	4/21	89%
1/22	99%	2/22	71%	3/22	88%	4/22	90%
1/23	98%	2/23	85%	3/23	92%	4/23	90%
1/24	87%	2/24	93%	3/24	57%	4/24	90%
1/25	86%	2/25	ITRI 機房搬遷斷電	3/25	83%	4/25	90%
1/26	82%	2/26	ITRI 機房搬遷斷電	3/26	85%	4/26	90%
1/27	81%	2/27	ITRI 房搬遷斷電	3/27	85%	4/27	90%
1/28	91%	2/28	ITRI 機房搬遷斷電	3/28	85%	4/28	90%
1/29	99%			3/29	85%	4/29	89%
1/30	99%			3/30	95%	4/30	89%
1/31	96%			3/31	93%		

註：不可抗力時段（1）2 /15 ~ 2 /17 工研院過年期間機房斷電；（2）2 /25 ~ 3/7 工研院 Icenter 搬遷斷電

表 2-7 5/1 ~ 8/31 完整率為 97%

日期	完整率	日期	完整率	日期	完整率	日期	完整率
5/1	95%	6/1	98%	7/1	98%	8/1	97%
5/2	95%	6/2	98%	7/2	98%	8/2	98%
5/3	96%	6/3	98%	7/3	98%	8/3	98%
5/4	96%	6/4	98%	7/4	98%	8/4	98%
5/5	95%	6/5	99%	7/5	98%	8/5	98%
5/6	95%	6/6	98%	7/6	98%	8/6	98%
5/7	95%	6/7	98%	7/7	97%	8/7	98%
5/8	95%	6/8	98%	7/8	97%	8/8	98%
5/9	95%	6/9	99%	7/9	98%	8/9	98%
5/10	95%	6/10	99%	7/10	97%	8/10	98%
5/11	95%	6/11	98%	7/11	98%	8/11	98%
5/12	95%	6/12	99%	7/12	97%	8/12	98%
5/13	95%	6/13	98%	7/13	97%	8/13	97%
5/14	95%	6/14	98%	7/14	97%	8/14	97%
5/15	95%	6/15	99%	7/15	97%	8/15	97%
5/16	95%	6/16	99%	7/16	98%	8/16	97%
5/17	95%	6/17	99%	7/17	97%	8/17	97%
5/18	95%	6/18	99%	7/18	98%	8/18	97%
5/19	96%	6/19	98%	7/19	97%	8/19	97%
5/20	98%	6/20	98%	7/20	96%	8/20	97%
5/21	98%	6/21	98%	7/21	96%	8/21	97%
5/22	98%	6/22	98%	7/22	97%	8/22	98%
5/23	98%	6/23	98%	7/23	98%	8/23	98%
5/24	97%	6/24	98%	7/24	98%	8/24	98%
5/25	97%	6/25	95%	7/25	98%	8/25	98%
5/26	98%	6/26	95%	7/26	98%	8/26	95%
5/27	98%	6/27	97%	7/27	98%	8/27	98%
5/28	98%	6/28	97%	7/28	98%	8/28	98%
5/29	98%	6/29	97%	7/29	98%	8/29	98%
5/30	98%	6/30	97%	7/30	98%	8/30	98%
5/31	98%			7/31	98%	8/31	97%

表 2-8 9/1 ~ 11/30 完整率為 97%

日期	完整率	日期	完整率	日期	完整率
9/1	97%	10/1	97%	11/1	98%
9/2	98%	10/2	98%	11/2	98%
9/3	96%	10/3	98%	11/3	98%
9/4	97%	10/4	99%	11/4	98%
9/5	98%	10/5	98%	11/5	98%
9/6	98%	10/6	99%	11/6	98%
9/7	97%	10/7	99%	11/7	97%
9/8	97%	10/8	99%	11/8	97%
9/9	97%	10/9	99%	11/9	98%
9/10	97%	10/10	99%	11/10	98%
9/11	97%	10/11	99%	11/11	98%
9/12	97%	10/12	99%	11/12	98%
9/13	96%	10/13	98%	11/13	98%
9/14	96%	10/14	98%	11/14	98%
9/15	96%	10/15	97%	11/15	97%
9/16	96%	10/16	98%	11/16	98%
9/17	97%	10/17	98%	11/17	98%
9/18	98%	10/18	98%	11/18	98%
9/19	98%	10/19	98%	11/19	98%
9/20	97%	10/20	99%	11/20	98%
9/21	96%	10/21	99%	11/21	98%
9/22	94%	10/22	99%	11/22	98%
9/23	94%	10/23	98%	11/23	98%
9/24	94%	10/24	99%	11/24	98%
9/25	94%	10/25	97%	11/25	98%
9/26	95%	10/26	93%	11/26	98%
9/27	96%	10/27	97%	11/27	97%
9/28	97%	10/28	98%	11/28	97%
9/29	96%	10/29	98%	11/29	97%
9/30	96%	10/30	97%	11/30	97%
		10/31	97%		

本計畫分為三階段檢討布建固定式感測器：

(一) 第一期檢討布建（1 ~ 4 月）

第一期（1~4 月）布建點位為桃園市 12 臺、新竹市 15 臺、嘉義縣 3 臺，如表 2-9 所示。

表 2-9 第一期檢討布建（1~4 月）固定式感測器點位

縣市別	點位	布建數量
桃園市	● 範圍異常：4 臺，龜山工業區 I_S2、龜山工業區 RD12、龜山工業區 I_S9、污染潛勢工廠 S_4 ● 曾經預警：8 臺，龜山工業區 I_S1、龜山工業區 I_S6、龜山工業區 I_S7、龜山工業區 I_S5、污染潛勢工廠 S_11、龜山工業區 I_RD04、南崁溪流域工廠 S_10、南崁溪主流 R_25	12 臺
新竹市	● 曾經預警：4 臺，香山工業區 I_1、香山工業區 I_2、香山工業區 I_14、香山工業區 I_16 ● 新竹科學園區污水廠 3 臺 ● 新竹第一/第二淨水廠 8 臺	15 臺 （其中 8 臺執行自來水餘氯與濁度、3 臺執行污水廠執行銅離子感測）
嘉義縣	● 歷史異常：3 臺，朴子工業區排水道 I_1、嘉太工業區排水道 I_1、嘉太工業區排水道 I_12	3 臺
總計		30 臺

(二) 第二期檢討布建（5 ~ 9 月）

1. 固定式水質感測器移點檢討

本計畫分析 3 個多月固定式水質感測器布建結果，針對布建點位無異常之感測器建議移點。盤點共 30 臺感測器，其中除布建於多元應用場域新竹市淨水廠 8 臺及科學園區污水廠 2 臺外，以稽查執法應用目的感測器共 20 臺。建議移點之機臺有 6 臺，表 2-10 所示。

- 龜山工業區 I_S7（移至點位南崁溪潛勢污染工廠 S_12）
- 香山工業區 I_1（移至點位大漢溪主流 R_1）
- 香山工業區 I_2（移至點位南崁溪潛勢污染工廠 S_13）
- 香山工業區 I_14（移至點位南崁溪潛勢污染工廠 S_14）
- 香山工業區 I_16（移至點位塔寮坑溪 R_1）
- 竹科污水處理廠 W_6（移至點位彰化洋仔厝 F_1）

表 2-10 30 臺固定式水質感測器第二次移機

序號	名稱	感測說明	疑似污染源
1	龜山工業區 I_S1	曾經連續 6 週 COD 高值，近兩個月無異常	群○科技股份有限公司
2	龜山工業區 I_S2	經常於中午排放高 COD。109 年曾因 SS 超標受罰，不定時 pH>9 或 pH<6	崑○企業(股)公司
3	龜山工業區 I_S5	明確於中午出現極鹼 pH>10 事件 pH、EC、COD 連動	太○○○○樂(股)公司臺灣分公司
4	龜山工業區 I_S6	曾經 COD 超過 100 mg/L 與銅離子連動	佳○○業股份有限公司
5	龜山工業區 I_S9	兩個月無異常	邑○實業股份有限公司龜山廠
6	龜山工業區 I_RD12	兩個月無異常	雨水匯流
7	龜山工業區 I_RD04	兩個月無異常	雨水匯流
8	南崁溪潛勢污染工廠 S_4	COD 經常於中午與半夜出現高值>150 mg/L，近期長時間 pH>9	千○公司
9	南崁溪潛勢污染工廠 S_10	pH 經常於中午出現 pH>9 高值	石○砂石廠
10	南崁溪潛勢污染工廠 S_11	不定時 pH 下降 pH<6	連○興業(股)公司
11	南崁溪主流 R_25	過年前經常於午夜出現 pH>9 高值，過年後則於午夜出現 pH<5	未知南崁吉祥河濱公園
12	南崁溪潛勢污染工廠 S_12	新點位（布建採水 COD 213 mg/L）	○大王(股)公司
13	南崁溪潛勢污染工廠 S_13	新點位（布建採水 COD 295 mg/L），不定時 pH<6	○鴻科技(股)公司
14	竹科污水處理廠 W_4	持續比對 CWMS	CWMS 比對固定式
15	竹科污水處理廠 W_8	持續比對 CWMS	CWMS 比對固定式
16	南崁溪潛勢污染工廠 S_14	新點位	龜山水資中心放流水監測，CWMS 比對固定式

序號	名稱	感測說明	疑似污染源
17	塔寮坑溪 R_1	新點位	水質背景調查
18	大漢溪主流 R_1	新點位	水質背景調查
19	彰化洋仔厝 F_1	新點位	農田灌溉水調查
20	朴子工業區排水道 I_1	COD 異常	朴子工業區全體自排廠商
21	嘉太工業區排水道 I_1	常抽不到水	感測匯流及染整業
22	嘉太工業區排水道 I_2	常抽不到水	感測嘉太左半邊工廠
23	新竹一二淨水廠取水口 R_1	濁度試驗	
24	新竹一二淨水廠前處理 T_1		
25	新竹一二淨水廠前處理 T_3		
26	新竹第二淨水廠 T_1		
27	新竹第二淨水廠 T_4		
28	新竹一二淨水廠前處理 T_5	餘氯試驗	
29	新竹第二淨水廠 T_3		
30	新竹第二淨水廠 T_6		

(三) 第三次檢討布建（10 月）

本計畫與新竹淨水廠合作，執行固定式餘氯以及濁度感測器與商用感測器(SWAN)量測結果比對，以及向新北市零星工廠疑似高風險場域延伸感測地點，故第三次固定式感測器點位滾動檢討 7 個點位，如表 2-11 所示。

表 2-11 30 臺固定式水質感測器第三次規劃移機點位

序號	名稱	備註
1	塔寮坑溪 S_1	感測某電子廠，從竹科污水處理廠 W_4 調整點位
2	塔寮坑溪 S_2	感測某電鍍廠，從竹科污水處理廠 W_8 調整點位
3	淨水廠第一驗證站-餘氯 T_1（餘氯）	移至水情揭露點-自來水出水口
4	淨水廠第二驗證站-餘氯 T_2（餘氯）	移至水情揭露點-忠孝
5	淨水廠第三驗證站-餘氯 T_3（餘氯）	移至水情揭露點-金山十八街
6	新竹一二淨水廠前處理 T_1（濁度）	移至水情揭露點-忠孝
7	新竹第二淨水廠 T_1（濁度）	移至水情揭露點-金山十八街

(四) 數據品質滿意度：

1. 現場比對查核結果

(1) 第一期（1 ~ 4 月）現場比對結果：符合

A. 完成日期：110/03/31

B. 水質感測設備：4 組 pH、電導度、溫度基配版、15 組 pH、電導度、溫度+COD 版、3 組 pH、電導度、溫度+Cu 版、5 組 pH、電導度、溫度+濁度版及 3 組 pH、電導度、溫度+餘氯版，共 30 組。

C. 第一次現場比對查核數據結果：如表 2-12 至表 2-14 所示，理論數據應有 116 筆，可比對數據共 116 筆，數據品質滿意度 87.1%；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 28 筆，數據品質滿意度 93.3%；酸鹼值理論數據應有 30 筆，可比對數據共 30 筆，差值在 ± 1.0 內有 26 筆，數據品質滿意度 86.7%；電導度理論數據應有 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 15 筆，可比對數據共 15 筆，相對差值在 ± 30%內有 12 筆，數據品質滿意度 88.0%；銅離子濃度理論數據應有 3 筆，可比對數據共 3 筆，相對差值在 ± 50%內有 2 筆，數據品質滿意度 66.7%，濁度理論數據應有 5 筆，可比對數據共 5 筆，相對差值在 ± 20%內有 4 筆，數據品質滿意度 80.0%，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 2 筆，數據品質滿意度 66.7%。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. 在新竹第二淨水廠 T_4 測站中，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流出，濁度測項未抽到足夠之檢測水樣，搭配演算法的計算，以至於濁度量測值為 648.11 NTU，待後續針對濁度演算法及空氣判斷式作修正。

(2) 第二期（5 ~ 8 月）現場比對結果：符合

A. 完成日期：110/08/06

B. 水質感測設備：4 組 pH、電導度、溫度基配版、15 組 pH、電導度、溫度+COD 版、3 組 pH、電導度、溫度+Cu 版、5 組 pH、電導度、溫度+濁度版及 3 組 pH、電導度、溫度+餘氯版，共 30 組。

C. 第二次現場比對查核數據結果：如表 2-15 至表 2-17 所示，理論數據應有 116 筆，可比對數據共 116 筆，數據品質滿意度 94.8%；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%；酸鹼值理論數據應有 30 筆，可比對數據共 30 筆，差值在 ± 1.0 內有 29 筆，數據品質滿意度 96.7%；電導度理論數據應有 30 筆，可比對數據共 30 筆，相對差值在±15%內有 29 筆，數據品質滿意度 96.7%；化學需氧量理論數據應有 15 筆，可比對數據共 15 筆，相對差值在 ± 30%內有 14 筆，數據品質滿意度 93.3%；銅離子濃度理論數據應有 3 筆，可比對數據共 3 筆，相對差值在 ± 50%內有 2 筆，數據品質滿意度 66.7%，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±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 2 筆，數據品質滿意度 66.7%。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 ~ 11 月）現場比對結果：符合

A. 完成日期：110/10/13

B. 水質感測設備：4 組 pH、電導度、溫度基配版、15 組 pH、電導度、溫度+COD 版、3 組 pH、電導度、溫度+Cu 版、5 組 pH、電導度、溫度+濁度版及 3 組 pH、電導度、溫度+餘氯版，共 30 組。

C. 第三次現場比對查核數據結果：如表 2-18 至表 2-20 所示，理論數據應有 116 筆，可比對數據共 116 筆，數據品質滿意度 94.8%；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 29 筆，數據品質滿意度 96.7%；酸鹼值理論數據應有 30 筆，可比對數據共 30 筆，差值在 ± 1.0 內有 29 筆，數據品質滿意度 96.7%；電導度理論數據應有 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 15 筆，可比對數據共 15 筆，相對差值在 ± 30%內有 14 筆，數據品質滿意度 93.3%；銅離子濃度理論數據應有 3 筆，可比對數據共 3 筆，相對差值在 ± 50%內有 3 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±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 2 筆，數據品質滿意度 66.7%。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。

(4) 本計畫新布建之 30 台固定式水質感測器全數已於 8 月底前更換完成，其 60 日之數據品質滿意度評估可參考第三次之現場比對結果。

2. 固定式水質感測器於極端溫度環境下之量測品質

(1) 水溫>35℃與水溫<20℃之測站比對結果

A. 為了檢視固定式水質感測器於水溫較極端環境下各感測項之量測準確度，擷取整年之現場水質合格檢測機構比對數據中水溫>35℃與水溫<20℃之測站加以探討。

B. 水質感測設備：4 組 pH、電導度、溫度基配版、18 組 pH、電導度、溫度+COD 版、1 組 pH、電導度、溫度+Cu 版、2 組 pH、電導度、溫度+濁度版，共 25 組。

C. 水質比對查核數據結果：如表 2-21 至表 2-23 所示，理論數據應有 96 筆，可比對數據共 96 筆，數據品質滿意度 94.8%；其中溫度理論數據應有 25 筆，可比對數據共 25 筆，差值在 ± 1.0˚C 內有 29 筆，數據品質滿意度 96.0%；酸鹼值理論數據應有 25 筆，可比對數據共 25 筆，差值在 ± 1.0 內有 23 筆，數據品質滿意度 92.0%；電導度理論數據應有 25 筆，可比對數據共 25 筆，相對差值在±15%內有 25 筆，數據品質滿意度 100.0%；化學需氧量理論數據應有 18 筆，可比對數據共 18 筆，相對差值在 ± 30%內有 16 筆，數據品質滿意度 88.9%；銅離子濃度理論數據應有 1 筆，可比對數據共 1 筆，相對差值在 ± 50%內有 1 筆，數據品質滿意度 100.0%，濁度理論數據應有 2 筆，可比對數據共 2 筆，相對差值在 ± 20%內有 2 筆，數據品質滿意度 100.0%，今年度三次現場水質比對查核作業，因餘氯感測器架設於淨水廠檢驗室，故未曾有極端水溫環境之情況發生。整體而言，水質感測器在經過溫度補償及巡檢校正後，於較極端水溫環境下(水溫>35℃與水溫<20℃)進行現場水樣之比對測試，皆符合資料品質滿意度 85%之要求。

表 2-12 第一次現場合格檢測機構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 (˚C)	pH值	電導度 (μmho/cm)	化學需氧量 (mg/L)	銅濃度 (mg/l)	濁度 (NTU)	餘氯 (mg/l)	水溫 (˚C)	pH值	電導度 (μmho/cm)	化學需氧量 (mg/L)	銅濃度 (mg/L)	濁度 (NTU)	餘氯 (mg/L)
南崁溪主流R_25	22.4	8.6	514	—	—	—	—	23.2	7.6	584	—	—	—	—
南崁溪流域工廠S_10	26.2	6.9	917	—	—	—	—	26.9	6.4	1042	—	—	—	—
龜山工業區I_S01	30.8	7.3	788	13	—	—	—	30.4	8.2	812	11	—	—	—
龜山工業區I_S02	30.1	6.4	510	92	—	—	—	30.9	6.8	505	99	—	—	—
龜山工業區I_S05	27.9	11.3	4982	135	—	—	—	27.1	12.0	5244	225	—	—	—
龜山工業區I_S06	24.3	6.8	1028	116	—	—	—	24.0	7.5	917	204	—	—	—
龜山工業區I_S07	32.7	6.6	2177	75	—	—	—	32.4	7.2	2366	76	—	—	—
龜山工業區I_S09	30.3	7.9	721	86	—	—	—	29.6	7.2	792	513	—	—	—
龜山工業區I_RD04	38.8	7.8	1588	54	—	—	—	39.1	8.2	1557	55	—	—	—
龜山工業區I_RD12	29.2	8.8	1867	35	—	—	—	29.8	8.7	2029	38	—	—	—
潛勢污染工廠S_4	35.2	8.8	4136	69	—	—	—	35.6	7.8	4700	64	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_11	30.5	7.4	1844	31	—	—	—	30.7	7.0	1661	28	—	—	—
香山工業區I_1	13.8	7.6	1596	—	—	—	—	14.2	7.4	1520	—	—	—	—
香山工業區I_2	14.8	8.3	1502	63	—	—	—	10.3	9.5	1669	73	—	—	—
香山工業區I_14	12.1	7.8	440	7	—	—	—	13.0	7.7	463	5	—	—	—
香山工業區I_16	16.4	7.1	453	—	—	—	—	16.7	7.8	467	—	—	—	—
新竹一二淨水廠取水口R_1	16.4	7.4	255	—	—	3.1	—	16.4	7.7	266	—	—	3.65	—
新竹一二淨水廠前處理T_1	14.8	8.7	594	—	—	1.01	—	14.2	8.0	540	—	—	0.81	—
新竹一二淨水廠前處理T_3	16.0	7.7	170	—	—	1.63	—	15.2	8.6	205	—	—	1.76	—
新竹第二淨水廠T_1	15.6	8.7	473	—	—	4.57	—	15.2	8.1	473	—	—	4.42	—
新竹第二淨水廠T_4	17.4	9.6	346	—	—	1.35	—	18.0	8.5	376	—	—	648.11	—
新竹一二淨水廠前處理T_5	23.0	8.5	403	—	—	—	0.08	22.9	8.1	469	—	—	—	0.01
新竹第二淨水廠T_3	25.3	6.8	398	—	—	—	0.23	25.0	7.9	452	—	—	—	0.18
新竹第二淨水廠T_6	23.2	6.7	437	—	—	—	0.16	23.0	7.6	387	—	—	—	0.2
竹科污水處理廠W_4	27.0	5.8	3951	—	0.11	—	—	26.1	6.7	4116	—	0.13	—	—
竹科污水處理廠W_6	26.8	5.7	4837	—	0.20	—	—	26.4	6.6	4358	—	0.31	—	—
竹科污水處理廠W_8	26.5	6.2	3866	—	0.11	—	—	26.0	6.6	3790	—	0.07	—	—
嘉太工業區排水道I_1	34.1	7.8	2270	68	—	—	—	33.7	7.7	2671	72	—	—	—
嘉太工業區排水道I_2	37.6	8.1	1097	51	—	—	—	38.3	8.5	1167	49	—	—	—
朴子工業區排水道I_1	28.3	6.2	3279	15	—	—	—	7.7	7.1	3279	16	—	—	—

表 2-13 第一次現場合格檢測機構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	電導度 (μmho/cm)	化學需氧量 (mg/L)	銅濃度 (mg/L)	濁度 (NTU)	餘氯 (mg/L)	水溫	pH值	電導度	化學需氧量	銅濃度	濁度	餘氯
南崁溪主流R_25	0.8	-1.0	70	—	—	—	—	3.7%	-11.6%	13.6%	—	—	—	—
南崁溪流域工廠S_10	0.7	-0.5	125	—	—	—	—	2.8%	-7.2%	13.6%	—	—	—	—
龜山工業區I_S01	-0.4	0.9	24	-2	—	—	—	-1.2%	12.5%	3.1%	-12.3%	—	—	—
龜山工業區I_S02	0.8	0.5	-5	7	—	—	—	2.7%	7.1%	-1.0%	7.4%	—	—	—
龜山工業區I_S05	-0.8	0.7	262	90	—	—	—	-2.9%	6.4%	5.3%	66.7%	—	—	—
龜山工業區I_S06	-0.3	0.7	-111	88	—	—	—	-1.4%	10.1%	-10.8%	75.9%	—	—	—
龜山工業區I_S07	-0.3	0.6	189	1	—	—	—	-0.9%	9.1%	8.7%	1.0%	—	—	—
龜山工業區I_S09	-0.7	-0.7	71	427	—	—	—	-2.4%	-9.3%	9.9%	496.5%	—	—	—
龜山工業區I_RD04	0.4	0.4	-31	1	—	—	—	0.9%	5.1%	-2.0%	1.0%	—	—	—
龜山工業區I_RD12	0.6	-0.1	162	3	—	—	—	2.1%	-0.8%	8.7%	8.7%	—	—	—
潛勢污染工廠S_4	0.4	-1.0	564	-5	—	—	—	1.2%	-11.5%	13.6%	-7.4%	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_11	0.2	-0.4	-183	-3	—	—	—	0.6%	-5.7%	-9.9%	-9.9%	—	—	—
香山工業區I_1	0.4	-0.2	-76	—	—	—	—	3.0%	-2.0%	-4.8%	—	—	—	—
香山工業區I_2	-4.5	1.2	167	10	—	—	—	-30.4%	14.5%	11.1%	16.3%	—	—	—
香山工業區I_14	0.9	-0.1	23	-2	—	—	—	7.4%	-1.8%	5.3%	-28.6%	—	—	—
香山工業區I_16	0.3	0.7	14	—	—	—	—	1.8%	10.0%	3.1%	—	—	—	—
新竹一二淨水廠取水口R_1	0.0	0.3	11	—	—	0.6	—	0.2%	3.7%	4.2%	—	—	17.7%	—
新竹一二淨水廠前處理T_1	-0.6	-0.8	-54	—	—	-0.2	—	-4.1%	-8.9%	-9.1%	—	—	-19.8%	—
新竹一二淨水廠前處理T_3	-0.8	1.0	35	—	—	0.1	—	-4.8%	12.7%	20.5%	—	—	8.0%	—
新竹第二淨水廠T_1	-0.4	-0.6	0	—	—	-0.2	—	-2.4%	-7.0%	0.0%	—	—	-3.3%	—
新竹第二淨水廠T_4	0.6	-1.0	30	—	—	646.8	—	3.3%	-10.9%	8.7%	—	—	47908.1%	—
新竹一二淨水廠前處理T_5	-0.1	-0.4	66	—	—	—	-0.07	-0.3%	-4.7%	16.3%	—	—	—	-87.5%
新竹第二淨水廠T_3	-0.3	1.1	54	—	—	—	-0.05	-1.3%	16.0%	13.6%	—	—	—	-21.7%
新竹第二淨水廠T_6	-0.2	0.9	-50	—	—	—	0.04	-0.9%	13.2%	-11.5%	—	—	—	25.0%
竹科污水處理廠W_4	-0.9	0.9	165	—	0.0	—	—	-3.3%	14.8%	4.2%	—	18.2%	—	—
竹科污水處理廠W_6	-0.4	0.9	-479	—	0.1	—	—	-1.5%	15.4%	-9.9%	—	55.0%	—	—
竹科污水處理廠W_8	-0.5	0.4	-76	—	0.0	—	—	-1.9%	6.1%	-2.0%	—	-36.4%	—	—
嘉太工業區排水道I_1	-0.4	0.0	401	4.3	—	—	—	-1.1%	-0.6%	17.6%	6.4%	—	—	—
嘉太工業區排水道I_2	0.7	0.4	70	-2.5	—	—	—	1.8%	5.6%	6.4%	-4.8%	—	—	—
朴子工業區排水道I_1	-20.6	0.9	0	1.3	—	—	—	-72.8%	15.1%	0.0%	8.7%	—	—	—

表 2-14 第一次現場合格檢測機構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	電導度 (μmho/cm)	化學需氧量 (mg/L)	銅濃度 (mg/L)	濁度 (NTU)	餘氯 (mg/l)	水溫	pH值	電導度	化學需氧量	銅濃度	濁度	餘氯	合計
南崁溪主流R_25	±1	±1	±15%	—	—	—	—	pass	pass	pass	—	—	—	—	100%
南崁溪流域工廠S_10	±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	fail	—	—	—	75%
龜山工業區I_S07	±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%
龜山工業區I_RD12	±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%	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	100%
香山工業區I_1	±1	±1	±15%	—	—	—	—	pass	pass	pass	—	—	—	—	100%
香山工業區I_2	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	fail	fail	pass	pass	—	—	—	50%
香山工業區I_14	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	100%
香山工業區I_16	±1	±1	±15%	—	—	—	—	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%
新竹一二淨水廠前處理T_3	±1	±1	±15%	—	—	±20%	—	pass	pass	fail	—	—	pass	—	67%
新竹第二淨水廠T_1	±1	±1	±15%	—	—	±20%	—	pass	pass	pass	—	—	pass	—	100%
新竹第二淨水廠T_4	±1	±1	±15%	—	—	±20%	—	pass	fail	pass	—	—	fail	—	67%
新竹一二淨水廠前處理T_5	±1	±1	±15%	—	—	—	±30%	pass	pass	fail	—	—	—	fail	67%
新竹第二淨水廠T_3	±1	±1	±15%	—	—	—	±30%	pass	fail	pass	—	—	—	pass	67%
新竹第二淨水廠T_6	±1	±1	±15%	—	—	—	±30%	pass	pass	pass	—	—	—	pass	100%
竹科污水處理廠W_4	±1	±1	±15%	—	±50%	—	—	pass	pass	pass	—	pass	—	—	100%
竹科污水處理廠W_6	±1	±1	±15%	—	±50%	—	—	pass	pass	pass	—	fail	—	—	75%
竹科污水處理廠W_8	±1	±1	±15%	—	±50%	—	—	pass	pass	pass	—	pass	—	—	100%
嘉太工業區排水道I_1	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	pass	pass	fail	pass	—	—	—	75%
嘉太工業區排水道I_2	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	100%
朴子工業區排水道I_1	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	fail	pass	pass	pass	—	—	—	75%

表 2-15 第二次現場合格檢測機構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	電導度 (μmho/cm)	化學需氧量 (mg/L)	銅濃度 (mg/L)	濁度 (NTU)	餘氯 (mg/L)	水溫 (℃)	pH值	電導度 (μmho/cm)	化學需氧量 (mg/L)	銅濃度 (mg/L)	濁度 (NTU)	餘氯 (mg/L)
南崁溪主流R_25	32.5	6.9	324	—	—	—	—	32.2	7.1	303	—	—	—	—
南崁溪流域工廠S_10	34.3	7.8	507	—	—	—	—	34.5	8.4	454	—	—	—	—
塔寮坑溪R_1	36.4	7.8	567	—	—	—	—	37.0	7.7	586	—	—	—	—
大漢溪主流R_1	39.3	6.7	173	—	—	—	—	38.3	7.2	171	—	—	—	—
龜山工業區I_S01	33.1	7.7	885	84	—	—	—	33.9	7.4	892	82.7	—	—	—
龜山工業區I_S02	35.9	7.5	2240	90	—	—	—	35.5	7.5	2369	85.8	—	—	—
龜山工業區I_S05	32.1	7.8	857	78	—	—	—	32.4	7.5	883	72.9	—	—	—
龜山工業區I_S06	38.7	7.1	859	80	—	—	—	38.2	7.1	874	78.1	—	—	—
龜山工業區I_S09	37.7	7.8	1420	72	—	—	—	37.5	7.8	1472	67.7	—	—	—
龜山工業區I_RD04	32.6	7.0	2690	108	—	—	—	32.3	7.4	2859	96.2	—	—	—
龜山工業區I_RD12	36.9	7.3	558	150	—	—	—	36.4	7.0	574	103.3	—	—	—
潛勢污染工廠S_4	44.5	10.3	2020	30	—	—	—	44.8	10.9	2198	23.4	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_11	26.8	7.1	1220	38	—	—	—	26.0	6.8	1268	32.7	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_12	27.0	6.7	335	36	—	—	—	27.3	6.9	345	32.9	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_13	29.6	6.8	1720	104	—	—	—	29.8	6.5	1814	97.7	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_14	33.7	7.1	535	38.1	—	—	—	33.4	7.2	594	38.1	—	—	—
新竹一二淨水廠取水口R_1	25.0	8.1	287	—	—	12	—	26.0	8.1	259	—	—	8.0	—
新竹一二淨水廠前處理T_1	26.4	8.1	289	—	—	12	—	27.0	10.5	254	—	—	5.9	—
新竹一二淨水廠前處理T_3	24.8	7.8	289	—	—	10	—	24.8	7.8	208	—	—	9.7	—
新竹第二淨水廠T_1	24.6	8.0	301	—	—	9.8	—	25.3	8.9	299	—	—	10.2	—
新竹第二淨水廠T_4	25.5	8.0	302	—	—	0.3	—	31.0	7.6	269	—	—	7.0	—
新竹一二淨水廠前處理T_5	24.6	7.6	473	—	—	—	<0.09	24.0	7.8	408	—	—	—	0.03
新竹第二淨水廠T_3	24.6	7.4	477	—	—	—	0.33	24.0	7.7	438	—	—	—	0.24
新竹第二淨水廠T_6	24.4	7.4	354	—	—	—	0.33	24.0	7.9	389	—	—	—	0.20
竹科污水處理廠W_4	30.8	7.2	4820	—	0.06	—	—	30.4	6.8	4902	—	0.21	—	—
竹科污水處理廠W_8	27.5	7.0	3790	—	0.06	—	—	27.7	6.7	4234	—	0.07	—	—
彰化洋仔厝F_1	35.5	7.8	511	—	0.06	—	—	36.1	7.7	500	—	0.09	—	—
嘉太工業區排水道I_1	35.4	7.9	1850	210	—	—	—	35.6	8.0	1982	204.1	—	—	—
嘉太工業區排水道I_2	32.7	7.9	459	7	—	—	—	33.5	7.9	462	7.9	—	—	—
朴子工業區排水道I_1	31.9	7.7	1080	98	—	—	—	31.2	7.4	1153	91.4	—	—	—

表 2-16 第二次現場合格檢測機構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	電導度 (μmho/cm)	化學需氧量 (mg/L)	銅濃度 (mg/L)	濁度 (NTU)	餘氯 (mg/L)	水溫	pH值	電導度	化學需氧量	銅濃度	濁度	餘氯
南崁溪主流R_25	-0.3	0.2	-21	—	—	—	—	-1.0%	2.5%	-6.5%	—	—	—	—
南崁溪流域工廠S_10	0.3	0.6	-53	—	—	—	—	0.7%	8.1%	-10.5%	—	—	—	—
塔寮坑溪R_1	0.6	-0.1	19	—	—	—	—	1.7%	-1.9%	3.4%	—	—	—	—
大漢溪主流R_1	-1.0	0.5	-2	—	—	—	—	-2.5%	7.3%	-1.2%	—	—	—	—
龜山工業區I_S01	0.8	-0.3	7	-2	—	—	—	2.5%	-4.2%	0.8%	-1.8%	—	—	—
龜山工業區I_S02	-0.4	0.0	129	-4	—	—	—	-1.0%	-0.4%	5.8%	-4.9%	—	—	—
龜山工業區I_S05	0.3	-0.3	26	-5	—	—	—	0.8%	-3.8%	3.0%	-6.7%	—	—	—
龜山工業區I_S06	-0.5	0.0	15	-2	—	—	—	-1.2%	-0.3%	1.7%	-2.6%	—	—	—
龜山工業區I_S09	-0.2	0.0	52	-5	—	—	—	-0.5%	0.4%	3.7%	-6.3%	—	—	—
龜山工業區I_RD04	-0.3	0.4	169	-12	—	—	—	-0.9%	5.6%	6.3%	-10.9%	—	—	—
龜山工業區I_RD12	-0.5	-0.3	16	-47	—	—	—	-1.3%	-3.8%	2.9%	-31.2%	—	—	—
潛勢污染工廠S_4	0.3	0.6	178	-7	—	—	—	0.6%	5.8%	8.8%	-22.3%	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_11	-0.8	-0.3	48	-5.41	—	—	—	-3.0%	-4.2%	3.9%	-14.2%	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_12	0.3	0.1	10	-3	—	—	—	1.1%	2.2%	3.0%	-8.9%	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_13	0.2	-0.3	94	-6	—	—	—	0.6%	-4.7%	5.5%	-6.0%	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_14	-0.3	0.1	59	-0.05	—	—	—	-0.9%	1.0%	11.0%	-0.1%	—	—	—
新竹一二淨水廠取水口R_1	1.0	0.0	-28	—	—	-4.0	—	4.0%	-0.4%	-9.8%	—	—	-33.3%	—
新竹一二淨水廠前處理T_1	0.6	2.4	-35	—	—	-6.1	—	2.3%	30.0%	-12.1%	—	—	-50.7%	—
新竹一二淨水廠前處理T_3	0.0	0.0	-81	—	—	-0.3	—	0.0%	0.1%	-28.0%	—	—	-2.6%	—
新竹第二淨水廠T_1	0.7	0.9	-2	—	—	0.4	—	2.8%	11.3%	-0.7%	—	—	4.0%	—
新竹第二淨水廠T_4	5.5	-0.4	-33	—	—	6.7	—	21.6%	-5.4%	-10.9%	—	—	2233.3%	—
新竹一二淨水廠前處理T_5	-0.6	0.2	-65	—	—	—	0.00	-2.4%	3.2%	-13.8%	—	—	—	0.0%
新竹第二淨水廠T_3	-0.6	0.3	-39	—	—	—	-0.09	-2.4%	4.5%	-8.3%	—	—	—	-27.3%
新竹第二淨水廠T_6	-0.4	0.5	35	—	—	—	-0.13	-1.6%	6.5%	9.9%	—	—	—	-39.4%
竹科污水處理廠W_4	-0.4	-0.4	82	—	0.15	—	—	-1.3%	-5.6%	1.7%	—	244.3%	—	—
竹科污水處理廠W_8	0.2	-0.3	444	—	0.01	—	—	0.7%	-4.6%	11.7%	—	14.8%	—	—
彰化洋仔厝F_1	0.6	-0.1	-11	—	0.03	—	—	1.6%	-0.8%	-2.2%	—	57.9%	—	—
嘉太工業區排水道I_1	0.2	0.1	132	-5.9	—	—	—	0.7%	1.1%	7.1%	-2.8%	—	—	—
嘉太工業區排水道I_2	0.8	0.0	3	1.4	—	—	—	2.3%	-0.1%	0.7%	21.4%	—	—	—
朴子工業區排水道I_1	-0.7	-0.4	73	-6.8	—	—	—	-2.1%	-4.5%	6.8%	-6.9%	—	—	—

表 2-17 第二次現場合格檢測機構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	電導度 (μmho/cm)	化學需氧量 (mg/L)	銅濃度 (mg/L)	濁度 (NTU)	餘氯 (mg/L)	水溫	pH值	電導度	化學需氧量	銅濃度	濁度	餘氯	合計
南崁溪主流R_25	±1	±1	±15%	—	—	—	—	pass	pass	pass	—	—	—	—	100%
南崁溪流域工廠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	pass	—	—	—	100%
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	pass	—	—	—	100%
龜山工業區I_RD04	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	100%
龜山工業區I_RD12	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	pass	pass	pass	fail	—	—	—	75%
潛勢污染工廠S_4	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	100%
南崁溪潛勢污染工廠S_11	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	100%
南崁溪潛勢污染工廠S_12	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	100%
南崁溪潛勢污染工廠S_13	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	100%
南崁溪潛勢污染工廠S_14	±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_1	±1	±1	±15%	—	—	±20%	—	pass	fail	pass	—	—	pass	—	75%
新竹一二淨水廠前處理T_3	±1	±1	±15%	—	—	±20%	—	pass	pass	fail	—	—	pass	—	75%
新竹第二淨水廠T_1	±1	±1	±15%	—	—	±20%	—	pass	pass	pass	—	—	pass	—	100%
新竹第二淨水廠T_4	±1	±1	±15%	—	—	±20%	—	fail	pass	pass	—	—	pass	—	75%
新竹一二淨水廠前處理T_5	±1	±1	±15%	—	—	—	±30%	pass	pass	pass	—	—	—	pass	100%
新竹第二淨水廠T_3	±1	±1	±15%	—	—	—	±30%	pass	pass	pass	—	—	—	pass	100%
新竹第二淨水廠T_6	±1	±1	±15%	—	—	—	±30%	pass	pass	pass	—	—	—	fail	75%
竹科污水處理廠W_4	±1	±1	±15%	—	±50%	—	—	pass	pass	pass	—	fail	—	—	75%
竹科污水處理廠W_8	±1	±1	±15%	—	±50%	—	—	pass	pass	pass	—	pass	—	—	100%
彰化洋仔厝F_1	±1	±1	±15%	—	±50%	—	—	pass	pass	pass	—	pass	—	—	100%
嘉太工業區排水道I_1	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	100%
嘉太工業區排水道I_2	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	100%
朴子工業區排水道I_1	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	100%

表 2-18 第三次現場合格檢測機構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	電導度 (μmho/cm)	化學需氧量 (mg/L)	銅濃度 (mg/L)	濁度 (NTU)	餘氯 (mg/L)	量測時間	水溫 (℃)	pH值	電導度 (μmho/cm)	化學需氧量 (mg/L)	銅濃度 (mg/L)	濁度 (NTU)	餘氯 (mg/L)
南崁溪主流R_25	34.6	6.9	307	—	—	—	—	13:49	34.9	7.0	293	—	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_10	31.4	7.3	1050	—	—	—	—	11:27	30.9	9.0	1007	—	—	—	—
塔寮坑溪R_1	33.1	7.2	529	—	—	—	—	10:28	33.2	7.4	552	—	—	—	—
大漢溪主流R_1	32.9	6.4	593	—	—	—	—	09:39	32.8	6.6	565	—	—	—	—
龜山工業區I_S01	32.9	7.3	721	104	—	—	—	10:03	33.2	7.4	748	106.1	—	—	—
龜山工業區I_S02	32.3	7.1	352	44	—	—	—	08:32	31.4	7.4	352	45.5	—	—	—
龜山工業區I_S05	32.7	7.6	1350	64	—	—	—	11:58	31.7	8.1	1444	64.3	—	—	—
龜山工業區I_S06	36.9	7.3	1280	128	—	—	—	12:26	35.9	7.6	1189	130.3	—	—	—
龜山工業區I_S09	36.2	7.2	882	14	—	—	—	14:02	35.4	7.9	1001	18.5	—	—	—
龜山工業區I_RD04	30.8	7.2	1210	78	—	—	—	17:58	30.8	7.2	1142	83.6	—	—	—
龜山工業區I_RD12	30.0	6.5	406	52	—	—	—	09:19	30.0	6.8	429	48.5	—	—	—
潛勢污染工廠S_4	37.5	7.6	2740	86	—	—	—	14:33	38.4	7.8	2785	86.2	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_11	30.5	6.7	661	34	—	—	—	13:34	30.4	6.6	692	34.0	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_12	36.6	6.6	437	48	—	—	—	14:12	35.9	7.3	457	47.4	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_13	38.4	7.0	2560	68	—	—	—	14:49	37.5	6.6	2549	67.3	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_14	32.1	7.2	585	32	—	—	—	10:39	32.8	6.9	526	29.6	—	—	—
新竹一二淨水廠取水口R_1	25.8	7.0	304	—	—	24.0	—	09:54	26.5	7.3	306	—	—	30.7	—
新竹一二淨水廠前處理T_1	29.1	7.1	215	—	—	20.0	—	10:18	28.8	7.4	205	—	—	23.4	—
新竹一二淨水廠前處理T_3	29.6	7.8	264	—	—	1.1	—	11:13	30.1	8.5	270	—	—	0.9	—
新竹第二淨水廠T_1	31.0	7.4	331	—	—	0.9	—	11:22	31.9	7.9	347	—	—	0.6	—
新竹第二淨水廠T_4	29.7	7.4	308	—	—	0.2	—	11:19	30.4	8.0	321	—	—	0.0	—
新竹一二淨水廠前處理T_5	24.6	7.6	652	—	—	—	<0.03	10:34	24.0	7.9	484	—	—	—	0.03
新竹第二淨水廠T_3	24.6	7.7	365	—	—	—	0.29	11:56	24.0	7.8	407	—	—	—	0.23
新竹第二淨水廠T_6	24.4	7.6	370	—	—	—	0.8	10:57	24.0	7.8	436	—	—	—	0.15
塔寮坑溪S_1	31.7	6.6	1730	—	0.13	—	—	14:05	30.6	5.9	1810	—	0.13	—	—
竹科污水處理廠W_8	27.7	7.0	3830	—	0.11	—	—	11:20	27.7	6.7	3893	—	0.08	—	—
彰化洋仔厝F_1	34.9	7.8	575	—	<0.015	—	—	09:53	34.9	8.1	590	—	0	—	—
嘉太工業區排水道I_1	37.2	7.2	2230	230	—	—	—	13:40	37.0	7.5	2300	227.8	—	—	—
嘉太工業區排水道I_2	33.1	7.0	180	40	—	—	—	16:46	32.5	7.6	192	40.1	—	—	—
朴子工業區排水道I_1	33.2	7.3	2300	385	—	—	—	11:07	34.0	7.2	2314	363.9	—	—	—

表 2-19 第三次現場合格檢測機構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	電導度 (μmho/cm)	化學需氧量 (mg/L)	銅濃度 (mg/L)	濁度 (NTU)	餘氯 (mg/L)	水溫	pH值	電導度	化學需氧量	銅濃度	濁度	餘氯
南崁溪主流R_25	0.3	0.1	-14	—	—	—	—	0.9%	1.4%	-4.6%	—	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_10	-0.5	1.7	-43	—	—	—	—	-1.6%	23.8%	-4.1%	—	—	—	—
塔寮坑溪R_1	0.1	0.1	23	—	—	—	—	0.4%	2.1%	4.3%	—	—	—	—
大漢溪主流R_1	-0.1	0.2	-28	—	—	—	—	-0.4%	2.8%	-4.7%	—	—	—	—
龜山工業區I_S01	0.3	0.1	27	2.1	—	—	—	1.0%	1.2%	3.7%	2.0%	—	—	—
龜山工業區I_S02	-0.9	0.3	0	1.5	—	—	—	-2.7%	4.5%	0.0%	3.5%	—	—	—
龜山工業區I_S05	-1.0	0.5	94	0.3	—	—	—	-3.0%	7.0%	7.0%	0.4%	—	—	—
龜山工業區I_S06	-1.0	0.3	-91	2.3	—	—	—	-2.7%	4.2%	-7.1%	1.8%	—	—	—
龜山工業區I_S09	-0.8	0.6	119	4.5	—	—	—	-2.2%	9.0%	13.5%	31.9%	—	—	—
龜山工業區I_RD04	0.0	0.0	-68	5.6	—	—	—	0.0%	0.6%	-5.6%	7.2%	—	—	—
龜山工業區I_RD12	0.0	0.3	23	-3.5	—	—	—	0.1%	5.2%	5.7%	-6.7%	—	—	—
潛勢污染工廠S_4	0.9	0.2	45	0.2	—	—	—	2.5%	2.6%	1.6%	0.2%	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_11	-0.1	-0.1	31	0.0	—	—	—	-0.4%	-1.9%	4.7%	-0.1%	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_12	-0.7	0.7	20	-0.6	—	—	—	-1.9%	10.2%	4.6%	-1.3%	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_13	-0.9	-0.4	-11	-0.7	—	—	—	-2.4%	-6.1%	-0.4%	-1.0%	—	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_14	0.7	-0.3	-59	-2.4	—	—	—	2.2%	-3.8%	-10.1%	-7.6%	—	—	—
新竹一二淨水廠取水口R_1	0.7	0.3	2	—	—	6.7	—	2.7%	4.1%	0.7%	—	—	27.9%	—
新竹一二淨水廠前處理T_1	-0.3	0.3	-10	—	—	3.4	—	-1.0%	4.1%	-4.7%	—	—	17.0%	—
新竹一二淨水廠前處理T_3	0.5	0.7	6	—	—	-0.3	—	1.7%	8.8%	2.3%	—	—	-22.7%	—
新竹第二淨水廠T_1	0.9	0.5	16	—	—	-0.3	—	2.9%	6.2%	4.8%	—	—	-37.8%	—
新竹第二淨水廠T_4	0.7	0.6	13	—	—	-0.2	—	2.4%	8.5%	4.2%	—	—	-90.0%	—
新竹一二淨水廠前處理T_5	-0.6	0.3	-168	—	—	—	0.00	-2.4%	3.7%	-25.8%	—	—	—	0.0%
新竹第二淨水廠T_3	-0.6	0.1	42	—	—	—	-0.06	-2.4%	1.2%	11.5%	—	—	—	-20.7%
新竹第二淨水廠T_6	-0.4	0.2	66	—	—	—	-0.65	-1.6%	2.6%	17.8%	—	—	—	-81.3%
塔寮坑溪S_1	-1.1	-0.7	80	—	0.00	—	—	-3.4%	-10.8%	4.6%	—	-2.3%	—	—
竹科污水處理廠W_8	0.0	-0.3	63	—	-0.03	—	—	-0.1%	-4.6%	1.6%	—	-29.2%	—	—
彰化洋仔厝F_1	0.0	0.3	15	—	0.00	—	—	0.1%	4.2%	2.6%	—	0.0%	—	
嘉太工業區排水道I_1	-0.2	0.3	70	-2.3	—	—	—	-0.5%	4.0%	3.1%	-1.0%	—	—	—
嘉太工業區排水道I_2	-0.6	0.6	12	0.0	—	—	—	-1.8%	8.9%	6.7%	0.1%	—	—	—
朴子工業區排水道I_1	0.8	-0.1	14	-21.1	—	—	—	2.4%	-1.6%	0.6%	-5.5%	—	—	—

表 2-20 第三次現場合格檢測機構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	電導度 (μmho/cm)	化學需氧量 (mg/L)	銅濃度 (mg/L)	濁度 (NTU)	餘氯 (mg/L)	水溫	pH值	電導度	化學需氧量	銅濃度	濁度	餘氯	合計
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	fail	pass	—	—	—	—	67%
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	pass	—	—	—	100%
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%
龜山工業區I_RD12	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	100%
潛勢污染工廠S_4	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	100%
南崁溪潛勢污染工廠S_11	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	100%
南崁溪潛勢污染工廠S_12	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	100%
南崁溪潛勢污染工廠S_13	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	100%
南崁溪潛勢污染工廠S_14	±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_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_1	±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%
新竹一二淨水廠前處理T_5	±1	±1	±15%	—	—	—	±30%	pass	pass	fail	—	—	—	pass	75%
新竹第二淨水廠T_3	±1	±1	±15%	—	—	—	±30%	pass	pass	pass	—	—	—	pass	100%
新竹第二淨水廠T_6	±1	±1	±15%	—	—	—	±30%	pass	pass	fail	—	—	—	fail	50%
塔寮坑溪S_1	±1	±1	±15%	—	±50%	—	—	fail	pass	pass	—	pass	—	—	75%
竹科污水處理廠W_8	±1	±1	±15%	—	±50%	—	—	pass	pass	pass	—	pass	—	—	100%
彰化洋仔厝F_1	±1	±1	±15%	—	±50%	—	—	pass	pass	pass	—	pass	—	—	100%
嘉太工業區排水道I_1	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	100%
嘉太工業區排水道I_2	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	100%
朴子工業區排水道I_1	±1	±1	±15%	±30%	—	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	—	100%

表 2-21 極端水溫(>35℃、<20℃)環境下之合格檢測機構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	電導度(μmho/cm)	化學需氧量(mg/L)	銅濃度(mg/L)	濁度(NTU)	水溫(℃)	pH值	電導度(μmho/cm)	化學需氧量(mg/L)	銅濃度(mg/L)	濁度(NTU)
龜山工業區I_RD04	38.8	7.8	1588	54.45	—	—	39.1	8.2	1557	55	—	—
龜山工業區I_RD04	38.8	7.8	1588	54.45	—	—	39.1	8.2	1557	55	—	—
潛勢污染工廠S_4	35.2	8.8	4136	69.12	—	—	35.6	7.8	4700	64	—	—
嘉太工業區排水道I_2	37.6	8.1	1097	51.45	—	—	38.3	8.5	1167	49	—	—
塔寮坑溪R_1	36.4	7.8	567	—	—	—	37.0	7.7	586	—	—	—
大漢溪主流R_1	39.3	6.7	173	—	—	—	38.3	7.2	171	—	—	—
龜山工業區I_S02	35.9	7.5	2240	90.2	—	—	35.5	7.5	2369	85.8	—	—
龜山工業區I_S06	38.7	7.1	859	80.2	—	—	38.2	7.1	874	78.1	—	—
龜山工業區I_S09	37.7	7.8	1420	72.2	—	—	37.5	7.8	1472	67.7	—	—
龜山工業區I_RD12	36.9	7.3	558	150	—	—	36.4	7.0	574	103.3	—	—
潛勢污染工廠S_4	44.5	10.3	2020	30.1	—	—	44.8	10.9	2198	23.4	—	—
彰化洋仔厝F_1	35.5	7.8	511	—	0.06	—	36.1	7.7	500	—	0.09	—
嘉太工業區排水道I_1	35.4	7.9	1850	210	—	—	35.6	8.0	1982	204.1	—	—
龜山工業區I_S06	36.9	7.3	1280	128	—	—	35.9	7.6	1189	130.3	—	—
龜山工業區I_S09	36.2	7.2	882	14	—	—	35.4	7.9	1001	18.5	—	—
潛勢污染工廠S_4	37.5	7.6	2740	86	—	—	38.4	7.8	2785	86.2	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_12	36.6	6.6	437	48	—	—	35.9	7.3	457	47.4	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_13	38.4	7.0	2560	68	—	—	37.5	6.6	2549	67.3	—	—
嘉太工業區排水道I_1	37.2	7.2	2230	230	—	—	37.0	7.5	2300	227.8	—	—
香山工業區I_1	13.8	7.6	1596	—	—	—	14.2	7.4	1520	—	—	—
香山工業區I_2	14.8	8.3	1502	62.78	—	—	10.3	9.5	1669	73.0	—	—
香山工業區I_14	12.1	7.8	440	7	—	—	13.0	7.7	463	5.0	—	—
香山工業區I_16	16.4	7.1	453	—	—	—	16.7	7.8	467	—	—	—
新竹一二淨水廠取水口R_1	16.4	7.4	255	—	—	3.1	16.4	7.7	266	—	—	3.65
新竹一二淨水廠前處理T_1	14.8	8.7	594	—	—	1.01	14.2	8.0	540	—	—	0.81

表 2-22 極端水溫(>35℃、<20℃)環境下之合格檢測機構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	電導度(μmho/cm)	化學需氧量(mg/L)	銅濃度(mg/L)	濁度(NTU)	水溫	pH值	電導度	化學需氧量	銅濃度	濁度
龜山工業區I_RD04	0.4	0.4	-31	0.55	—	—	0.9%	5.1%	-2.0%	1.0%	—	—
龜山工業區I_RD04	0.4	0.4	-31	0.55	—	—	0.9%	5.1%	-2.0%	1.0%	—	—
潛勢污染工廠S_4	0.4	-1.0	564	-5.12	—	—	1.2%	-11.5%	13.6%	-7.4%	—	—
嘉太工業區排水道I_2	0.7	0.4	70	-2.45	—	—	1.8%	5.6%	6.4%	-4.8%	—	—
塔寮坑溪R_1	0.6	-0.1	19	—	—	—	1.7%	-1.9%	3.4%	—	—	—
大漢溪主流R_1	-1.0	0.5	-2	—	—	—	-2.5%	7.3%	-1.2%	—	—	—
龜山工業區I_S02	-0.4	0.0	129	-4.40	—	—	-1.0%	-0.4%	5.8%	-4.9%	—	—
龜山工業區I_S06	-0.5	0.0	15	-2.07	—	—	-1.2%	-0.3%	1.7%	-2.6%	—	—
龜山工業區I_S09	-0.2	0.0	52	-4.54	—	—	-0.5%	0.4%	3.7%	-6.3%	—	—
龜山工業區I_RD12	-0.5	-0.3	16	-46.74	—	—	-1.3%	-3.8%	2.9%	-31.2%	—	—
潛勢污染工廠S_4	0.3	0.6	178	-6.71	—	—	0.6%	5.8%	8.8%	-22.3%	—	—
彰化洋仔厝F_1	0.6	-0.1	-11	—	0.03	—	1.6%	-0.8%	-2.2%	—	50.0%	—
嘉太工業區排水道I_1	0.2	0.1	132	-5.90	—	—	0.7%	1.1%	7.1%	-2.8%	—	—
龜山工業區I_S06	-1.0	0.3	-91	2.25	—	—	-2.7%	4.2%	-7.1%	1.8%	—	—
龜山工業區I_S09	-0.8	0.6	119	4.46	—	—	-2.2%	9.0%	13.5%	31.9%	—	—
潛勢污染工廠S_4	0.9	0.2	45	0.19	—	—	2.5%	2.6%	1.6%	0.2%	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_12	-0.7	0.7	20	-0.60	—	—	-1.9%	10.2%	4.6%	-1.3%	—	—
南崁溪潛勢污染工廠S_13	-0.9	-0.4	-11	-0.67	—	—	-2.4%	-6.1%	-0.4%	-1.0%	—	—
嘉太工業區排水道I_1	-0.2	0.3	70	-2.25	—	—	-0.5%	4.0%	3.1%	-1.0%	—	—
香山工業區I_1	0.4	-0.2	-76	—	—	—	3.0%	-2.0%	-4.8%	—	—	—
香山工業區I_2	-4.5	1.2	167	10.22	—	—	-30.4%	14.5%	11.1%	16.3%	—	—
香山工業區I_14	0.9	-0.1	23	-2.00	—	—	7.4%	-1.8%	5.3%	-28.6%	—	—
香山工業區I_16	0.3	0.7	14	—	—	—	1.8%	10.0%	3.1%	—	—	—
新竹一二淨水廠取水口R_1	0.0	0.3	11	—	—	0.55	0.2%	3.7%	4.2%	—	—	17.7%
新竹一二淨水廠前處理T_1	-0.6	-0.8	-54	—	—	-0.20	-4.1%	-8.9%	-9.1%	—	—	-19.8%

表 2-23 極端水溫(>35℃、<20℃)環境下之合格檢測機構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	電導度(μmho/cm)	化學需氧量(mg/L)	銅濃度(mg/L)	濁度(NTU)	水溫	pH值	電導度	化學需氧量	銅濃度	濁度	合計
龜山工業區I_RD04	±1	±1	±15%	±30%	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	100%
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%
嘉太工業區排水道I_2	±1	±1	±15%	±30%	—	—	pass	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_S02	±1	±1	±15%	±30%	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	100%
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	pass	—	—	100%
龜山工業區I_RD12	±1	±1	±15%	±30%	—	—	pass	pass	pass	fail	—	—	75%
潛勢污染工廠S_4	±1	±1	±15%	±30%	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	100%
彰化洋仔厝F_1	±1	±1	±15%	—	±50%	—	pass	pass	pass	—	pass	—	100%
嘉太工業區排水道I_1	±1	±1	±15%	±30%	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	100%
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%
潛勢污染工廠S_4	±1	±1	±15%	±30%	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	100%
南崁溪潛勢污染工廠S_12	±1	±1	±15%	±30%	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	100%
南崁溪潛勢污染工廠S_13	±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%
香山工業區I_1	±1	±1	±15%	—	—	—	pass	pass	pass	—	—	—	100%
香山工業區I_2	±1	±1	±15%	±30%	—	—	fail	fail	pass	pass	—	—	50%
香山工業區I_14	±1	±1	±15%	±30%	—	—	pass	pass	pass	pass	—	—	100%
香山工業區I_16	±1	±1	±15%	—	—	—	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%

第三章 、精進多樣化水質感測技術及擴大實場應用驗證

一、現況說明

本工作項主要精進 109 年已開發之多樣化水質感測技術，目前已開發固定式、移動式及手持式感測器作為水聯網感測，為進一步擴大實場應用性，尋求跨域加值可能性，今（110）年，將精進固定式感測器之濁度、餘氯、COD 模組感測元件之量測範圍，使其可獨立運作並易於對接其他感測器； 另大幅提升移動式感測器續航力、開放感測頻率調控及可抽換式電池設計；手持式感測器則以 APP 優化為主。

二、執行策略與方法

三種樣態水質感測器及配套軟硬體，將依據 106～109 年水質物聯網相關計畫實場應用經驗，考量終端使用者需求及回饋意見改良。於產品開發過程中，會分階段將構想及設計方式與環保署定期討論。將先透過實驗室測試確保品質，並安裝雛型機於實場測試至少 1 個月，定期以手持式感測器比對數據，產品出廠前每臺亦將經過嚴格品保品管，確保研發技術可符合終端應用需求，且具備高品質。

三、預期效益

預期透過多樣化水質感測技術精進，研發多種可跨域應用國產化水質感測元件，並透過頻率調控、韌體優化及抽換式電池設計，降低移動式感測器維運人力資源，強化於現地應用之實用性。而為擴大場域應用，本計畫已於 4 月 27 日在環保署長官帶領下與臺北自來水事業處洽談需求，其確實有廠內感測需求，然本計畫研發之餘氯及濁度元件需進一步確保在低測值下之準確性，本計畫後續將儘速收斂可行合作方向，期於今年以北水處作為擴大驗證場域。

圖 3-1 4 月 27 日北水處洽談

3.1 精進固定式濁度感測器

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廢水水質檢測中，大多以可見光/近紅外光區段分光為普遍運用之方法，可量測水體中之濁度濃度。

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 3-1 所示，並細部分析如下：

一、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 度為主要之設計方向，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。

二、目前國產與進口的線上自動感測濁度設備均有，但大多採用電極式量測，在考量情洗的需求下，針對較為複雜水質的量測上，電極容易被生物膜附著影響量測之準確性。

三、本計畫長期規劃之產品，預期可具備多重光源(VIS/NIR)並搭配水質定性定量演算法，可即時扣除複雜水體之感擾物質如：色度等；另外，汲取水樣量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，搭配本計畫原有針對光學與系統之微型化技術，可達到低成本、體積小與線上即時量測之目的。

表 3-1 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-7100-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

本工作項目之主要優化 109 年開發之濁度感測元件，包括：（一）提升量測範圍，從 109 年 0.1－400 NTU 至 110 年 0.1NTU－1,000 NTU。（二）由感測模組作為可獨立運作之可攜式感測器。並持續針對感測範圍、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< 10%，比對標準液之準確度須介於±10 NTU 或讀值之±20%以內，濁度感測器量測範圍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，利用上述之技術，於 8 月底開發 1 臺具人機介面之國產化可攜式濁度分析儀。

一、國產濁度感測器光學演算模式建立

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：

(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，其標準品之選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，本計畫以 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，本計畫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，是故設定吸光/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，是故設定吸光/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

本計畫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 3-2 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. 濁度推估模式(Model Turbidity)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，以推估真實水樣之濁度。

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。

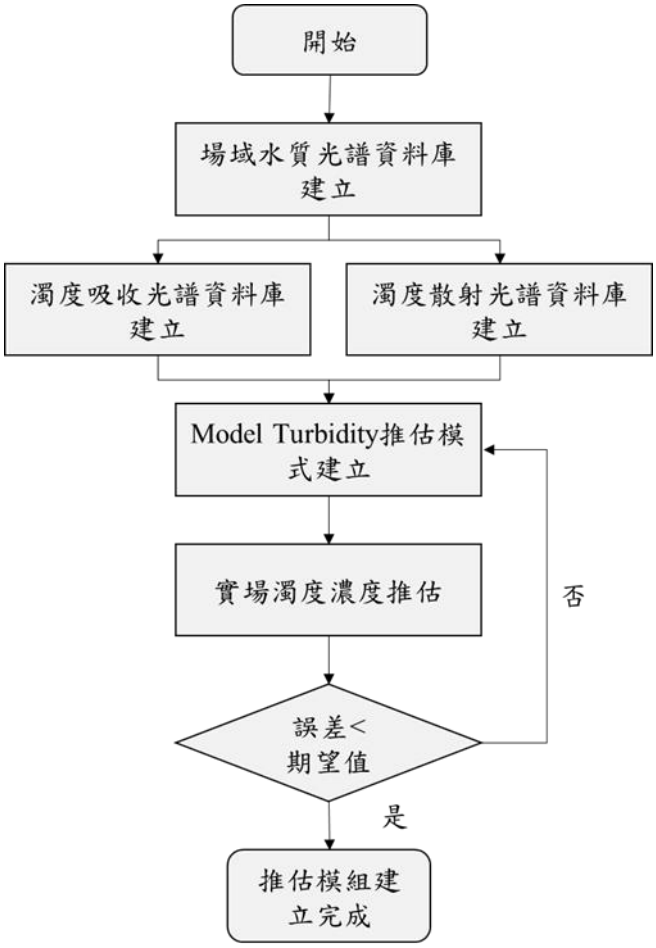


圖 3-2 濁度推估模式建立步驟流程圖

二、濁度感測模組與電路板優化設計

(一) 雙光源多光偵測器設計

本計畫將同時提供二種光源選用，可見光 LED 適用於透明水樣，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。每種光源具備三組光偵測器(散射光+穿透光+參考光)，提供不同量測模式選用，可針對不同濁度範圍選擇最佳量測模式。

(二) 電路板優化設計

本計畫預計產出可支援 Modbus 通訊協定之電路板設計，並同步針對「電路板硬體」、「電路板韌體」及「電路板通訊」進行優化設計，支援具人機介面之國產化可攜式濁度分析儀設計。

三、計畫目標規格

利用光學感測技術，持續精進濁度感測器，濁度量測範圍須達 0.1 – 1000 NTU，精密度之相對標準差須< 10%，比對標準液之準確度須介於±10 NTU 或讀值之±20%以內，感測器量測範圍除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；同時利用前述技術，開發具人機介面之國產化之可攜式濁度分析儀 1 臺。

四、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 3-3 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 3-2 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。

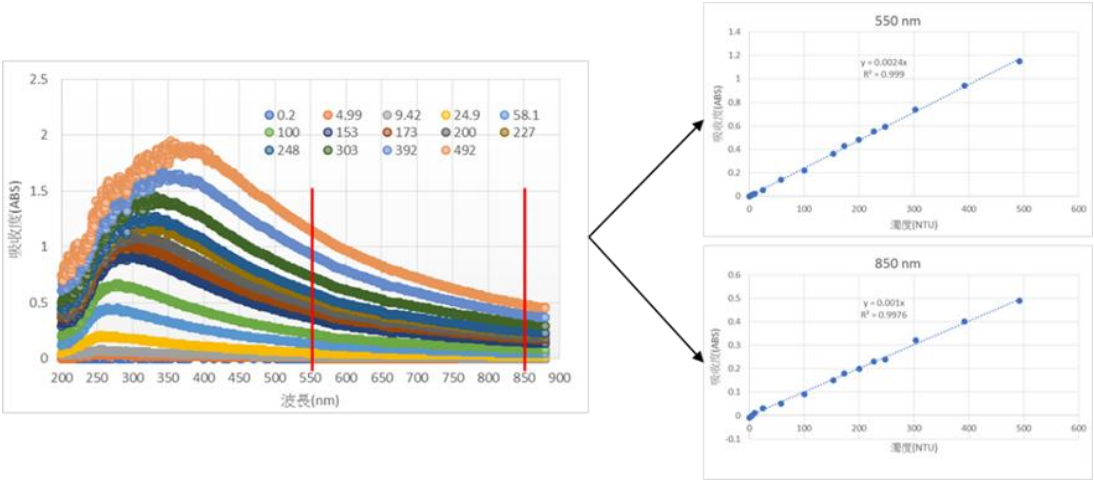


圖 3-3 連續光譜儀量測不同濁度標準品之吸收度

表 3-2 各波段量測濁度標準品之 R^2(MAX, MIN)

	$R^2_{(MAX)}$	$R^2_{(MIN)}$
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 3-4 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。

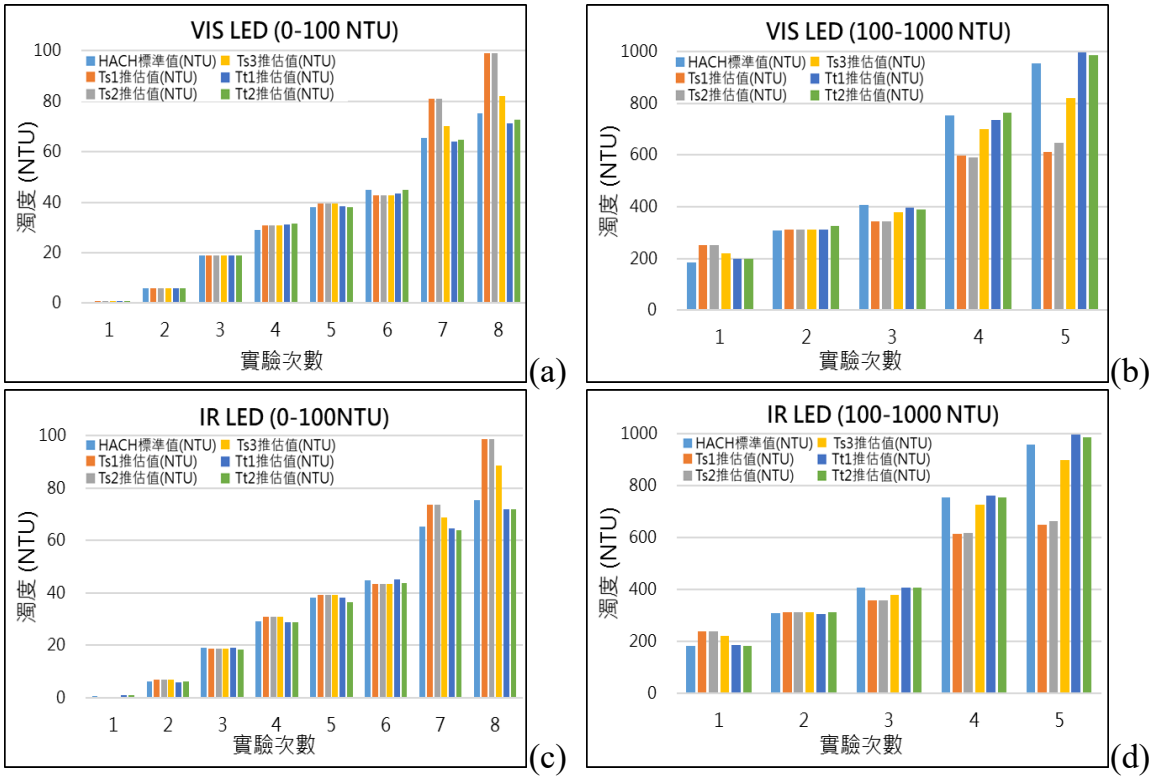


圖 3-4 濁度感測模組之標準品驗證結果

(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 3-5 (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 3-5(b))：

(1) 同時提供二種光源選用，可見光 LED 適用於透明水樣，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。

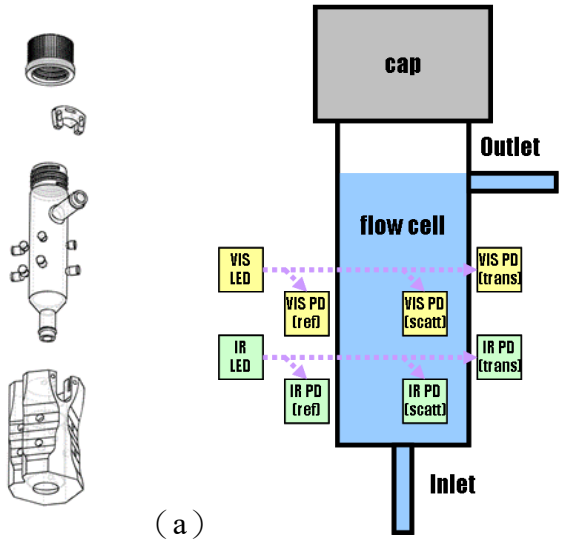


圖 3-5 濁度感測器設計：（a）爆炸圖；（b）示意圖

3. 濁度感測模組量測範圍

圖 3-6 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。

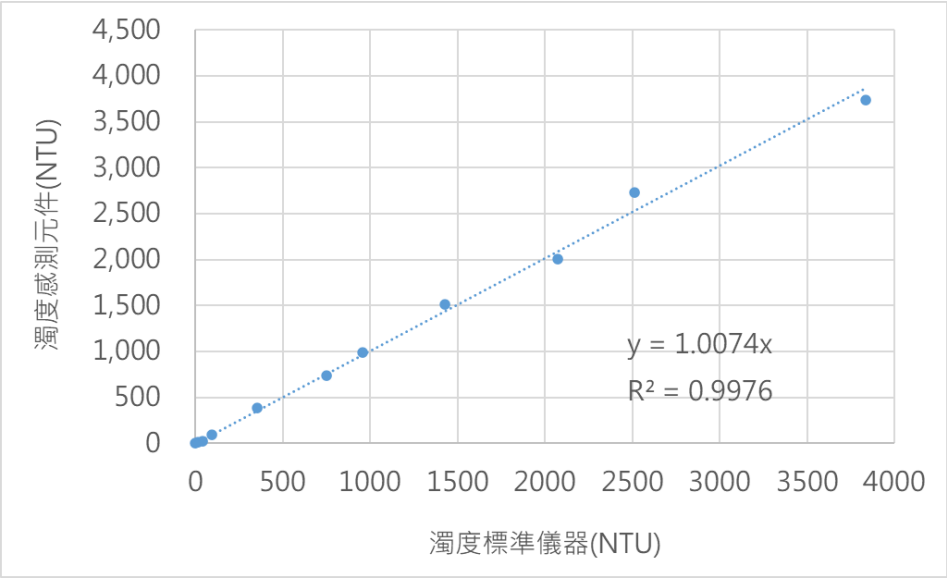


圖 3-6 濁度感測器量測範圍測試結果

4. 支援 Modbus 通訊協定電路優化設計

(1) 電路板硬體設計（圖 3-7）

A. 電路板採用四層設計並雙面上件，實現電路板小型化設計。

B. 光源與光偵測器統一採用 Molex 連接器，容易插拔方便檢修與更換，且具有防誤插與防鬆脫卡榫設計。

C. 電路設計包含電源管理電路，可提供元件穩定電壓。

D. 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。

E. 同時具備 2-pin 端子臺(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-。

F. 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. 電路設計包含擴充之 UART 接腳，支援藍芽模組或 NBIoT 模組。

已完成之電路板如圖 3-8，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。

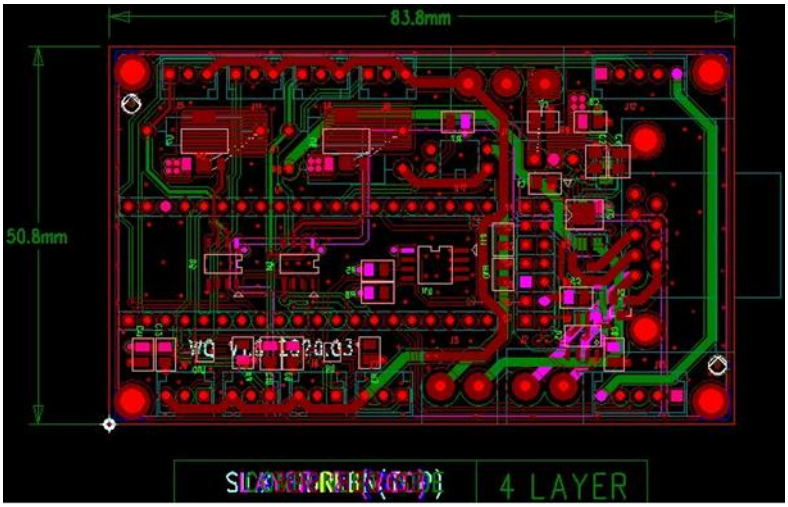


圖 3-7 濁度感測模組電路設計圖

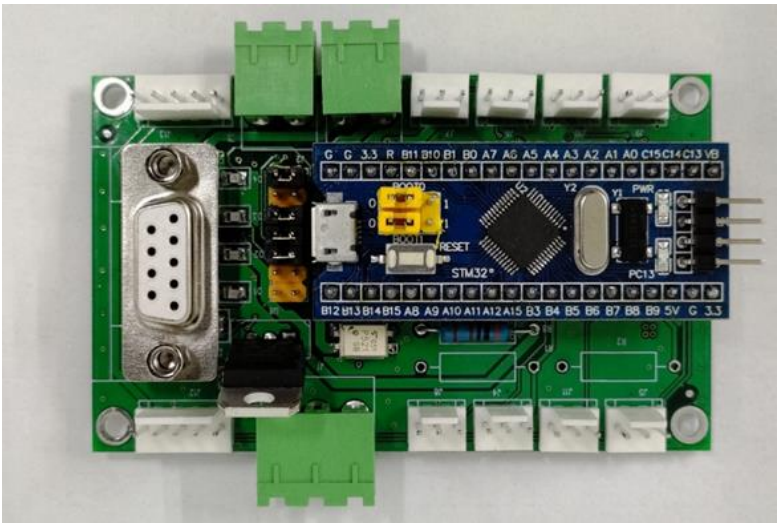
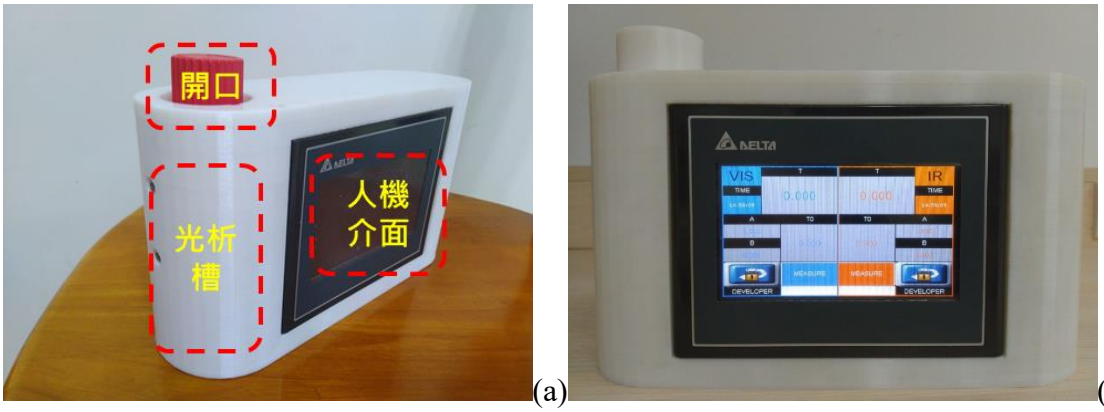


圖 3-8 濁度感測模組電路照片

(四) 可攜式濁度分析模組

利用前述選用之電路與光學元件，目前本計畫已完成濁度分析模組之精進，並完成 1 臺可攜式濁度分析模組，如下圖 3-9 所示，並將以此原型裝置進行實場水樣驗證。



(a) (b)

圖 3-9 可攜式濁度分析模組：（a）設備；（b）人機介面

本計畫所產出之可攜式濁度分析模組，在機型優化後與前一代之差異處如圖 3-9 所示，其具備以下優點：

1. 流動/批次兩用設計，強化臨時水質量測與降低維運人力需求
2. 下進側出降低死角與氣泡
3. 管狀易開設計，便於清理
4. 無提把弧形外觀設計
5. 藍芽通訊、模組化與 Modbus 設計，易於與不同系統快速串接
6. 同時具備不同權限功能，便於使用者及工程師使用與校正
7. 可切換 VIS 單光源、IR 單光源、VIS/IR 雙光源模式使用
8. 使用者可自訂量測程序、量測時間、量測結果修正參數
9. 提供手動或自動休眠與喚醒功能

表 3-3 濁度感測器精進之差異處

項目	109 年以前	110 年
量測範圍	(0.1–400)NTU	(0.1–1000)NTU
精密度	無	相對標準差< 10%
準確度	無	介於±10 NTU 或讀值之±20%中較大者@標準液
光析槽	下端平底設計	下端錐底設計
光析槽治具	組合成型、螺絲固定	一體成型、卡榫固定
光源	單光源(VIS 或 IR LED 擇一)	雙光源(VIS 與 IR LED 皆含)
量測模式	四種可選	五種可選
人機介面	無	觸控人機介面
校正模式	內部校正	內部校正、外部校正
休眠模式	無	多段休眠省電
通訊模式	Modbus	Modbus、藍芽(可擴充)

(五) 可攜式濁度分析模組實場水驗證

經濁度感測模組量測標準品範圍的測試結果後，採用「低濃度散射」、「高濃度穿透」為主並搭配參考光源的運算模式為最佳結果，以散射/參考比值模式(Ts2)及穿透/參考比值模式(Tt2)為主要顯示與演算模式，進行兩種實場水之濁度驗證。

1. 自來水驗證

以自來水進行低濃度之濁度驗證結果如表 3-4 及圖 3-10 所示，由結果可知，於較低濁度之水樣與標準方法之絕對誤差皆小於 0.2 NTU，符合上述表格之準確度絕對誤差<10 NTU。此外，利用統計分析進行成對檢定，驗證兩感測數據之顯著水準(P-value)、相關係數(R)與相關性(RSQ)，由結果亦顯示，標準方法比對均無顯著差異(P>0.05)，

且均具有非常好之相關性(R>0.9，RSQ>0.87)。

2. 頭前溪水驗證

環境水樣取自於頭前溪水並以其淤泥配製不同濁度水樣加以驗證，頭前溪水之濁度驗證結果如表 3-5 及圖 3-11 所示，結果顯示配製高濁度原水與標準方法之絕對與相對誤差可符合±10 NTU 或讀值之±20%的準確度標準。此外，利用統計分析進行成對檢定，驗證兩感測數據之顯著水準(P-value)、相關係數(R)與相關性(RSQ)，由結果亦顯示，標準方法比對均無顯著差異(P>0.05)，且均具有非常好之相關性(R>0.99，RSQ>0.99)。

由此前述驗證結果顯示，可攜式濁度分析模組可應用於自來水清水及正常原水濃度，亦可於暴雨時高濁度使用。

表 3-4 濁度感測器實場水-自來水量測數據

自來水						
標準值 (NTU)	**量測值 (NTU)**	**絕對誤差 (NTU)**	**相對誤差 (%)**	**p-value*1**	**R*2**	**RSQ**
0.93	0.85	0.08	8.85	>0.05	0.94	0.8748
0.74	0.67	0.07	9.94			
0.81	0.75	0.06	7.46			
0.79	0.68	0.11	13.80			
0.77	0.70	0.07	9.73			
0.74	0.68	0.06	7.45			
0.77	0.64	0.13	16.70			
0.68	0.61	0.07	10.33			
0.75	0.66	0.09	11.33			
0.72	0.60	0.12	17.08			

*1P-value 預設 0.05：虛無假設(H0): STD=ITRI；對立假設(H1): STD≠ITRI
*2R: 0~0.25 缺乏相關；0~0.5 相關不強；0.5~0.75 適度或良好相關；0.75~1.0 相關係非常好

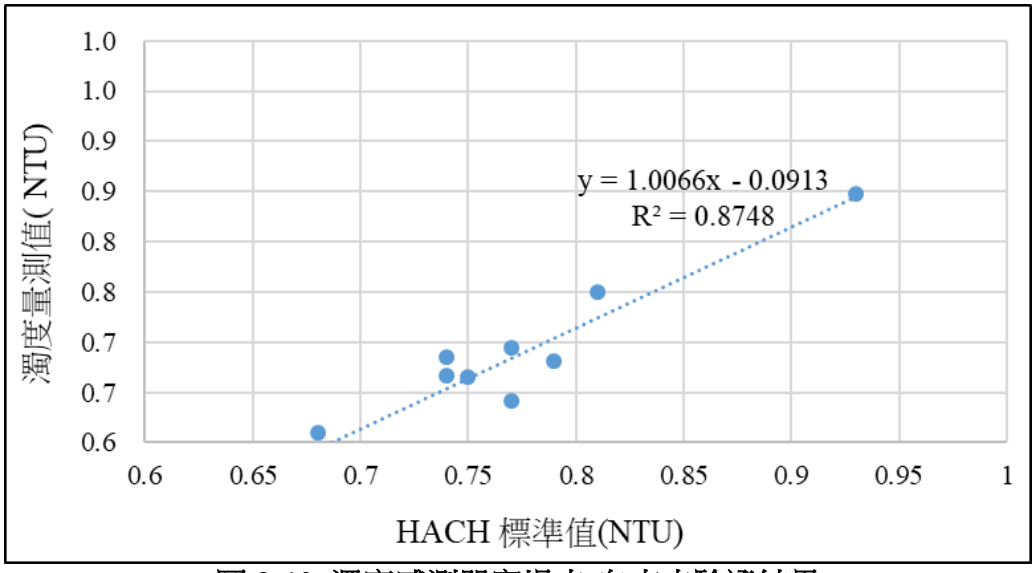


圖 3-10 濁度感測器實場水-自來水驗證結果

3. 頭前溪水驗證

環境水樣取自於頭前溪水並以其淤泥配製不同濁度水樣加以驗證，頭前溪水之濁度結果如表 3-5 及圖 3-11 所示，結果顯示在相對高濁度水樣之檢量線表現有良好的線性關係，準確度皆介於±10 NTU 或誤差小於±20%，檢量線之線性 R^2 為 0.9966，由此可證，可攜式濁度分析模組可應用於自來水清水及正常原水濃度，亦可於暴雨時高濁度使用。

表 3-5 濁度感測器實場水-頭前溪水量測數據

頭前溪水			
標準值 (NTU)	量測值 (NTU)	絕對誤差 (NTU)	相對誤差 (%)
18	9.40	8.60	47.80
42	47.90	5.90	14.05
88	71.88	16.12	18.32
106	93.44	12.56	11.85
165	138.97	26.03	15.78
237	203.66	33.34	14.07
277	234.81	42.19	15.23
362	313.88	48.12	13.29
420	337.84	82.16	19.56
467	383.36	83.64	17.91

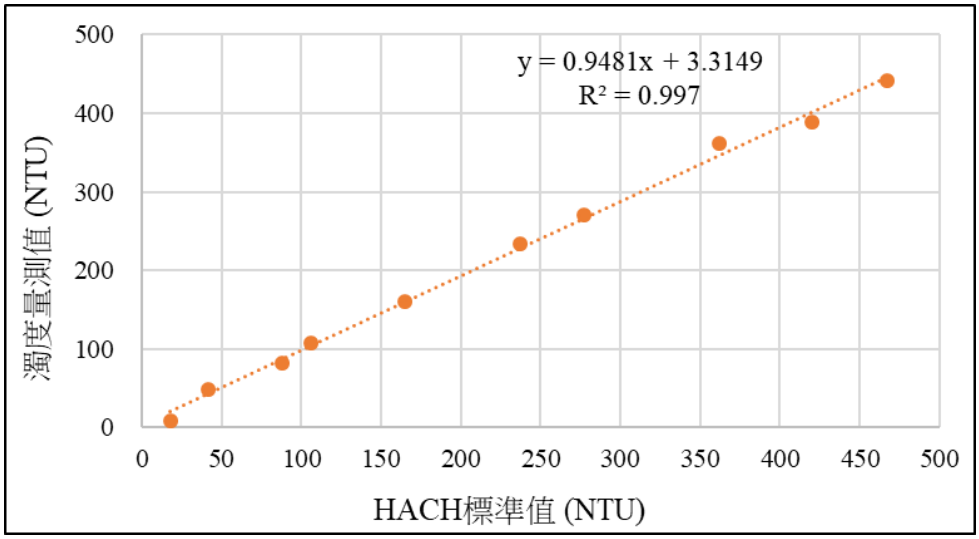


圖 3-11 濁度感測器實場水-頭前溪水驗證結果

3.2 精進固定式餘氯感測器

現行固定式餘氯感測器之量測原理為採用電化學方波伏安法(Square Wave Voltammetry, SWV)，其為對工作電極施加一隨時間變化的梯形電位，如圖 3-12，並運用固定振幅的週期性方形波，記錄順向脈衝(Forword pulse)及逆向脈衝(Reverse pulse)之末點電流，進而得到兩者相減之淨電流，可降低背景電流值干擾，放大訊號同時提升靈敏度，此外，方波法之優點還包含分析時間短，其掃描速率(Scan rate)為方波頻率(Square wave frequency, Hz)與電位變化(Step height, △E)相乘，因此可縮短掃描時間快速完成分析。

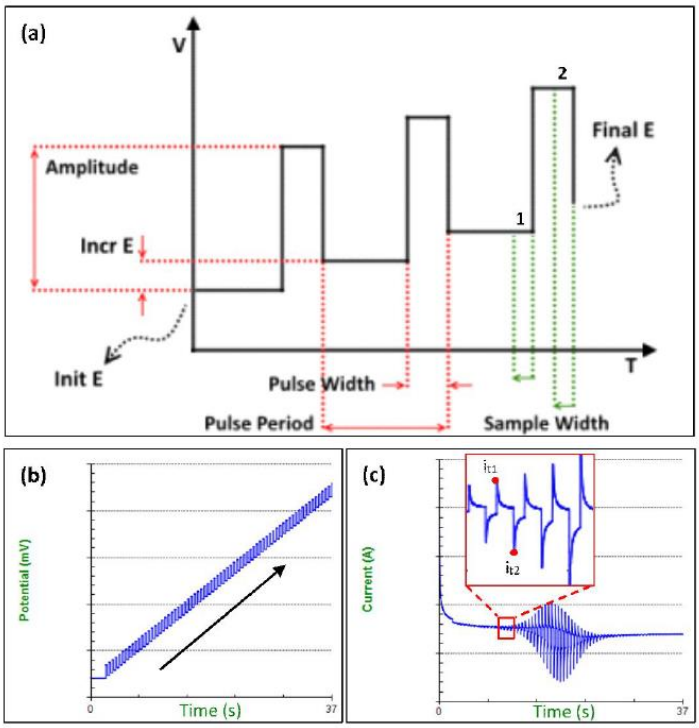


圖 3-12 (a)方波伏安圖譜波形(b)方波電位時間圖(c)電流時間關係圖譜

現行之感測器主要為由電化學反應槽及電路板所組成，其中電化學反應槽為由一三極式電極反應槽與一微流道混合槽組成，其中三極式反應槽中，前一年度計畫中為採用金電極(Au)作為三極式之工作電極，其與鉑(Pt)相比，擁有較高的氧氣還原過電位，並可大幅減少次氯酸鹽與氧氣還原訊號重疊的情況，提升餘氯濃度偵測之敏感性，惟目前金電極對於餘氯之感測濃度具有極限，最低濃度雖可達< 0.5 mg/L，但於濃度正負相差小於 0.05 mg/L 之餘氯水樣感測時，其電流變化可能因過於微小，以至於電路板於電流訊號接收及分辨上具有一定難度，此外因金電極表面

對水中離子具一定吸附能力，使用一段時間後需進行清洗及活化，以維持其表面活性，而造成長時運轉維運之困難。

承上，為持續增加餘氯感測器之偵測靈敏度，及降低偵測極限，本年度計畫擬優先針對工作電極之材料進行改良，首先針對文獻常用之餘氯感測電極材料進行蒐集，常見的電極材料為貴金屬之鉑(Pt)、金(Au)與碳基材料，亦有使用摻硼鑽石(Boron doped diamond, BDD)，如表 3-6 所示，其中摻硼鑽石(BDD)是在 sp3-C 生長過程中以高溫高壓時添加硼形成的新型金剛石，用於電化學分析上具有需多優點，(1)於水溶液與有機水溶液中的電位範圍(potential window)寬，可於極負和極正之電位條件下進行電分析而無產 H_2 或 O_2 之干擾；(2)在極端的正負電位以及電流密度下的材料形態和微觀結構具相對穩定性；(3)背景電流(background current)低且穩定，使感測靈敏度高；(4)惰性(inert)表面和低吸附能力以及(5)不易失去活性，故其雖用於自來水水質標準之偵測項目相關文獻相對較少，本計畫亦優先將其納入本年度之電極材料評估中，以提升感測應用之精度，期將餘氯感測器之感測範圍，從去年度 0.5~5.0 mg/L，下修感測範圍極限至 0.2 mg/L。

表 3-6 電化學餘氯感測電極材料

工作電極	線性範圍 (mg/L)	偵測極限 (mg/L)	電化學分析方法
金電極[1]	0.2-10	0.1	方波伏安法 電位掃描範圍: 0.8 ~ -0.2 V vs Ag/AgCl
白金電極[2]	4-400	1	微分脈衝伏安法 電位掃描範圍: 0.6 ~ 1.2 V vs Ag/AgCl
摻硼鑽石電極[3]	1-2	0.08	安培法 提供電位: 1.1 V vs Ag/AgCl

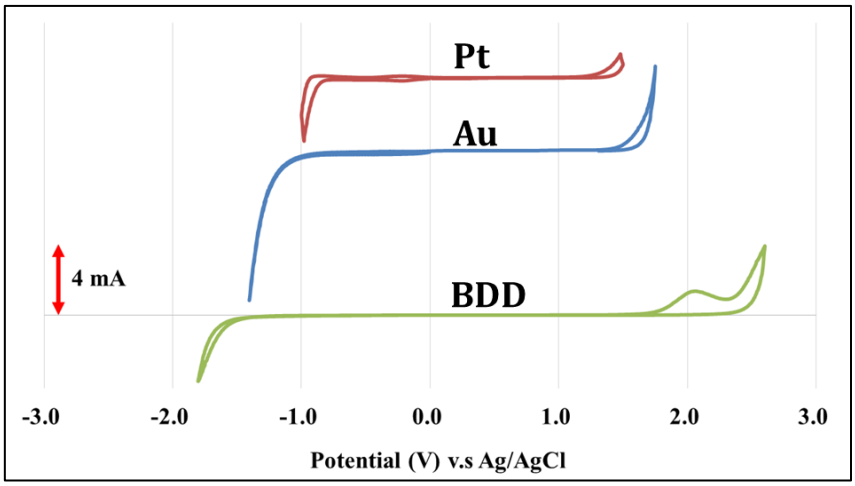
[1] 行政院環保署(2020)
[2] Analytica Chimica Acta 537 (2005) 293-298
[3] Journal of Electroanalytical Chemistry 612 (2008) 29-36

一、電位窗範圍(Potential window)

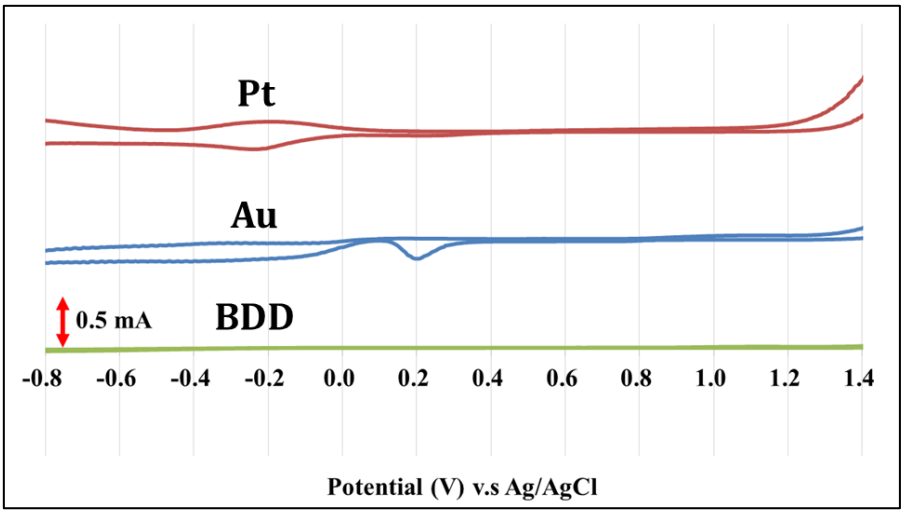
電化學中之電位窗範圍(Potential window)，係指該電極於水溶液中之析氧(Oxygen evolution)電位及析氫(Hydrogen evolution)電位之區間範圍，為衡量一電極材料於電催化能力的重要指標，當電位窗範圍越大，對於目標反應物質於高電位電極催化作用下發生的氧化還原情形越有利。此外，因電極表面發生目標物氧化還原反應的同時，如反應電位大於水解反應電位，亦同時與電極表面之水解反應相互競爭，故如電極的析氧電位或析氫電位，與目標物之氧化還原反應電位差距越大，越有利於進行電化學感測時，不被水分解產生的氣泡或電流所干擾，可大幅提升感測靈敏度。

圖 3-13 (a)為使用 0.1 M 硫酸鈉(Na_2SO_4)作為電解液，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(掃描速度 10 mV/S)量測圖，以比較三種電極之電位窗範圍；依圖 3-13 (a)顯示，白金電極之電位窗範圍為-1.0V~ +1.5V vs Ag/AgCl，即反應電位超過+1.5V 及低於-1.0V，會分別產生析氧及析氫反應，而去年度使用之金電極，其適用電位窗範圍為-1.5~+1.75V vs Ag/AgCl，優於白金電極，最後為本年度規劃評估之 BDD 電極，其電位窗範圍為三者中最廣，適用之催化範圍為-1.8V 至+2.6V vs Ag/AgCl。

進一步分析三種電極材料，於循環伏安法中進行氧化及還原反應時產生的背景電流差異，該差異值越小，代表電極材料在後續進行目標物感測時，越不容易受到背景電流的干擾，圖 3-13 (b)為探討三種電極於背景電流最低時之電位範圍，白金電極在 0.2~1.0 V vs Ag/AgCl 時可具有最低背景電流差，約為 50 μA，金電極之範圍較白金廣，約為 0~1.4 V vs Ag/AgCl，平均背景電流差亦約為 50μA，而 BDD 電極於-0.8~1.4V vs Ag/AgCl 具有最低背景電流，平均僅約為 3μA，顯示 BDD 電極之適用電位範圍不僅優於金與白金電極，進行目標物偵測時，受到的背景電流干擾亦最低，該適用範圍亦可作為後續探討餘氯感測參數之依據。



(a) Pt、Au 及 BDD 電極電位窗範圍比較



(b) Pt、Au 及 BDD 電極之背景電流比較

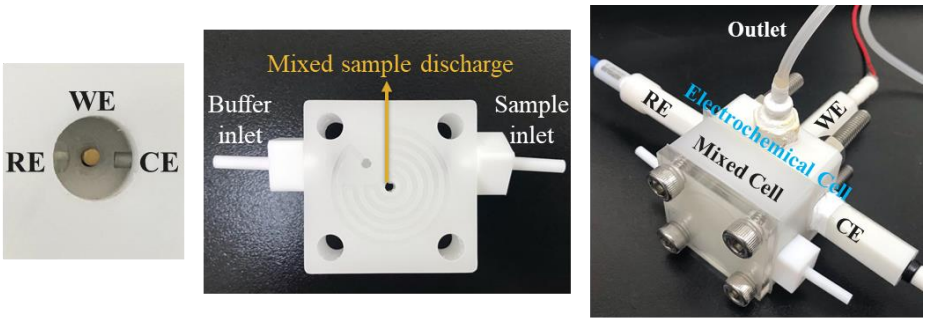
圖 3-13 Pt、Au 及 BDD 電極之電位窗及背景電流比較圖

二、餘氯感測電化學反應參數探討-恆電位儀

為建立 BDD 電極用於餘氯感測之電化學反應參數，本計畫首先針對相關文獻進行蒐集，常用於電化學水質感測之電解液包含 PBS(含 K2HPO4 及 KH2PO4)、KNO3 及 NaClO4 等，其中 Nadiatus 等人配置 pH 為 7.4 之 0.5 M PBS，以線性掃描伏安法(Linear Sweep Voltammetry, LSV)為基礎，進行餘氯之還原反應以量測回饋電流差異，結果顯示配置次氯酸納濃度從 1.68 至 5.86 mM 具有良好感測線性，靈敏度達 5.52 μA/mM；Takeshi 等人亦針對餘氯的還原電流進行研究，其使用過氯酸鈉($NaClO_4$)作為電解液，發現於中性 pH 值條件下，OCl^-及 HOCl 分別會在-1.3V 及-0.4V 發生還原反應，前者因涉及反應之電子數較多故回饋電流訊號較大，惟該

訊號發生位置與水中氧氣還原之電位重疊，容易造成誤判情形；Anthony J 等人則配置不同 pH 值之 0.1M KNO_3 作為電解液，以方波伏安法(Square Wave Voltammetry, SWV)為基礎，進行餘氯之氧化反應，結果顯示電解液 pH 值為鹼性之條件下，餘氯之氧化峰較為明顯，可量測餘氯線性範圍為 3~96 mg/L。

參考上述文獻，本計畫配置不同濃度之 PBS 及 KNO_3 溶液，搭配現行之電化學反應槽(圖 3-14)及恆電位儀，以分別進行餘氯之還原及氧化電化學感測試驗，茲說明如後。



(a)三電極槽　(b)微流道混合槽　(c)電化學反應槽

圖 3-14 電化學反應槽

(一) 餘氯還原反應

餘氯還原反應中，配置 pH 4.7 之 0.25 M PBS 溶液作為電解液，於此 pH 條件下，水中餘氯主要以 HOCl 之形式存在(圖 3-15)，其還原反應式如式 3-1，接著配置不同濃度之餘氯溶液，與電解液以 1:1 流量進流至電化學反應槽進行混和，再進行電化學還原反應，感測條件如表 3-7 所示，依據實驗結果顯示(圖 3-16(a))，餘氯範圍於 0.25 至 5 mg/L 間，餘氯之迴歸線 R^2 值可達 0.995。

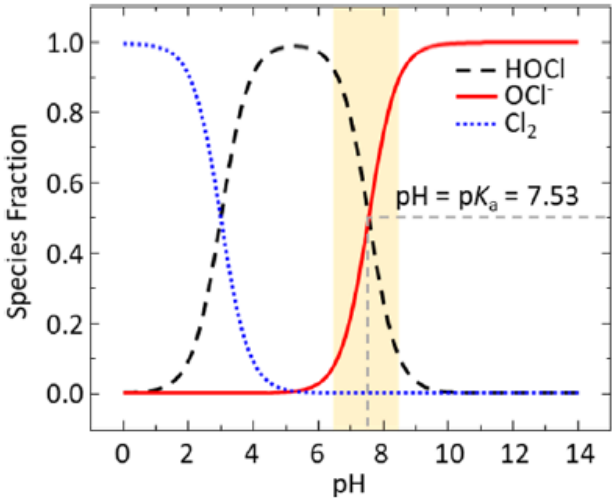


圖 3-15 餘氯於不同 pH 值條件之存在形式圖

$$HOCl + H^+ + 2e^- \rightarrow Cl^- + H_2O \qquad 式\ 3\text{-}1$$

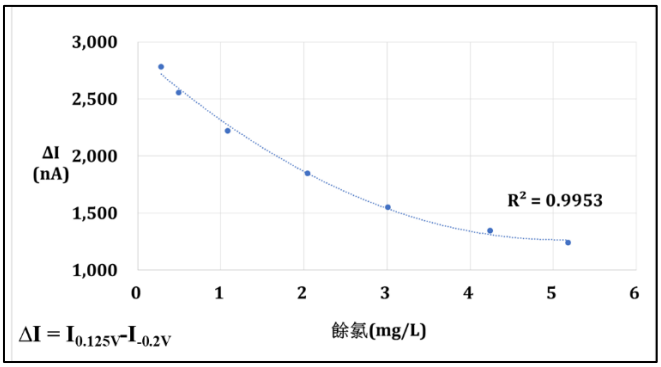
(二) 餘氯氧化反應

餘氯氧化反應中，則以 pH 9.5 之 0.2 M KNO3 溶液作為電解液，於此 pH 條件下，水中餘氯則主要以 OCl^-之形式存在(圖 3-15)，其還原反應式如式 3-2 所示，亦配置不同濃度之餘氯溶液，將相同體積之餘氯溶液與電解液進流至電化學反應槽進行混和，以進行電化學氧化反應，感測條件如表 3-7 所示，依據實驗結果顯示(圖 3-16(b))，餘氯範圍於 0.1 至 5.8 mg/L 間，具良好線性迴歸表現，R^2 值可達 0.98。

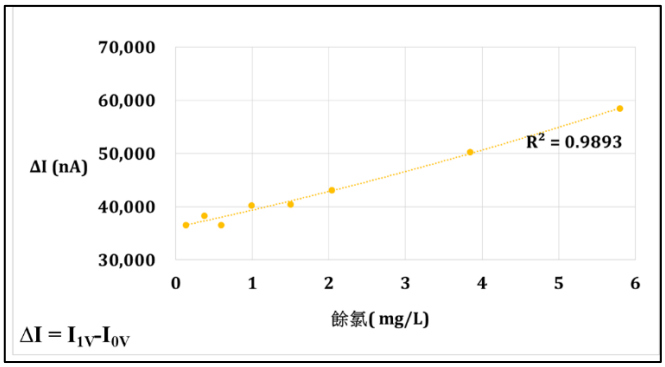
$$6ClO^- + 3H_2O \rightarrow 2ClO_3^- + 4Cl^- + 6H^+ + 3/2O_2 + 6e^- \qquad 式\ 3\text{-}2$$

表 3-7 BDD 進行餘氯還原/氧化感測反應條件

反應類別 / 參數條件	還原反應	氧化反應
電解液	0.25 M PBS	0.2M KNO_3
電解液 pH 值	4.7	9.5
掃瞄範圍	+0.7 V → -0.7 V	-0.6 V → +2 V
方波電位變化(△E)	25 mV	6 mV
方波頻率	5 Hz	70 Hz
方波振幅(E_{sw})	0.01 mV	100 mV



(a) 還原反應



(b) 氧化反應

圖 3-16 餘氯電化學還原/氧化反應感測範圍圖(恆電位儀)

依據初步以恆電位儀進行之 BDD 電極搭配電化學反應槽的餘氯感測試驗結果，不論採還原或氧化反應，BDD 電極對於餘氯感測皆具有良好量測能力，與前一年度之金電極相比，靈敏度亦有大幅提升(表 3-8)，惟目前 BDD 試驗為以恆電位儀方式進行，考量固定式餘氯感測器搭配之電路板，其電流與電壓控制上之準確度並不如恆電位儀，後續規劃將表 3-7 之電化學參數，套用於電路板，並測試其適用性，進一步進行參數微調及穩定性評估。

表 3-8 BDD 與金電極之餘氯感測比較

電極	反應路徑	電解液	感測範圍	靈敏度	量測方式
金 (109 年)	還原	0.15 M 醋酸+0.04 M KCl pH 4.6	0.5~5.0 mg/L	130 nA/ ppm HOCl	電路板
BDD (本年度)	還原	0.25M PBS pH 4.7	0.25~5.0 mg/L	315 nA/ ppm HOCl	恆電位儀
	氧化	0.2M KNO_3 pH 9.5	0.1~5.8 mg/L	4,559 nA/ ppm HOCl	恆電位儀

三、餘氯感測電化學反應參數探討-電路板

進一步探討 BDD 電極與電路板搭配之適用參數，試驗裝置如圖 3-17 所示，包含電化學程序控制電路板、馬達驅動控制板、微量泵浦及電化學反應槽，考量電路板可量測電流具有上限，經試驗後採行 KNO_3 作為電解液進行之餘氯氧化反應，其因反應電壓及回饋電流較大，該試驗參數較不適合套用於電路板；採行 PBS 作為電解液之餘氯還原反應，其反應電位及回饋電流較小，較適合套用於電路板，故

本計畫規劃優先針對 PBS 基底之電解液，進行電路板參數探討。

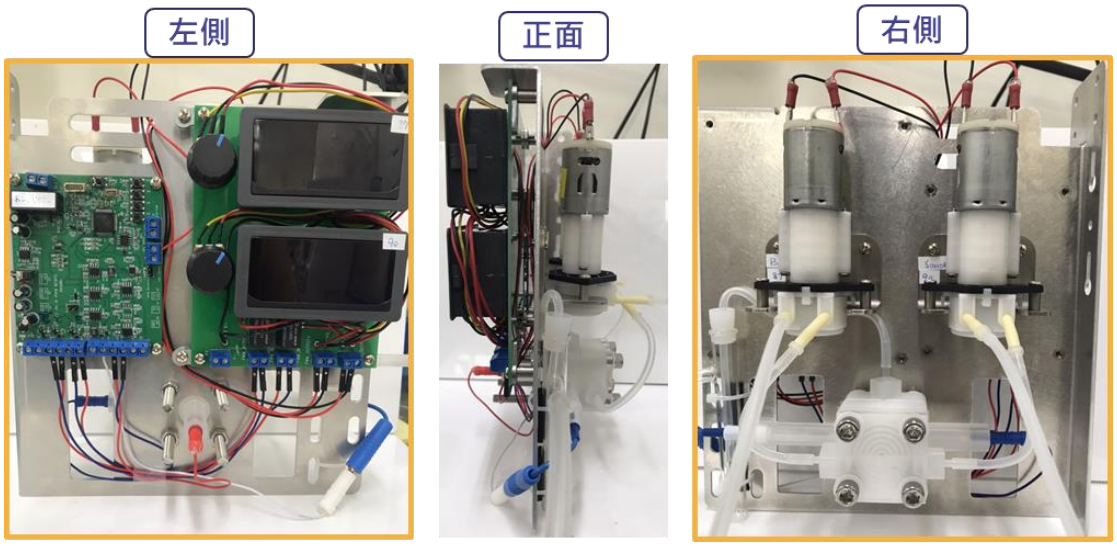


圖 3-17 餘氯電化學感測器

PBS(含 K_2HPO_4 及 KH_2PO_4)緩衝溶液，除可提供反應溶液之導電性外，其最主要功能為維持反應溶液 pH 值於弱酸之條件下，使水中餘氯主要以次氯酸(HOCl)之形式存在，有助於增加電化學感測在定量上之準確性；此外，為增加感測電流回饋訊號，參考相關文獻於電解液中添加之鹽類，本計畫亦於 PBS 緩衝溶液中添加不同鹽類，以比較對於餘氯之感測效能。

電路板之餘氯感測程序如圖 3-18 所示，為提升電極之使用壽命及感測靈敏度，於水樣量測前預先將電極活化並量測背景值，即緩衝溶液之背景電流，作為後續餘氯水樣之回饋電流計算依據，背景電流量測完成後，量測水樣與緩衝溶液即以 1：1 體積比混和後進行量測，量測完再進行後段之電極及槽體清洗程序，以增加感測器之使用壽命。

圖 3-19 為配置含過氯酸鈉($NaClO_4$)的 PBS 緩衝溶液，以去離子水配置不同濃度之餘氯溶液，其回饋電流訊號情形及初步檢量線，由圖 3-19(a)電位及電流變化圖顯示，在電位-0.2V 時具有明顯餘氯還原波峰，以該電位作為基準，分析不同餘氯濃度之電流變化情形，並與緩衝溶液之背景電流做計算，可繪製出圖 3-19(b)之檢量線，檢量線可偵測最低餘氯濃度值為 0.2 mg/L，最高約為 4 mg/L，感測靈敏度為 150 nA/ppm。

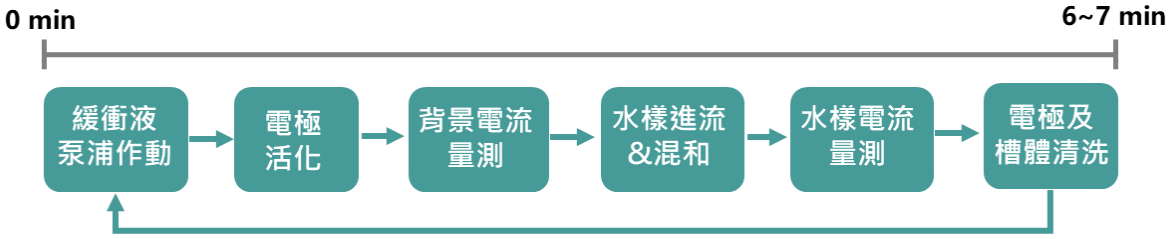
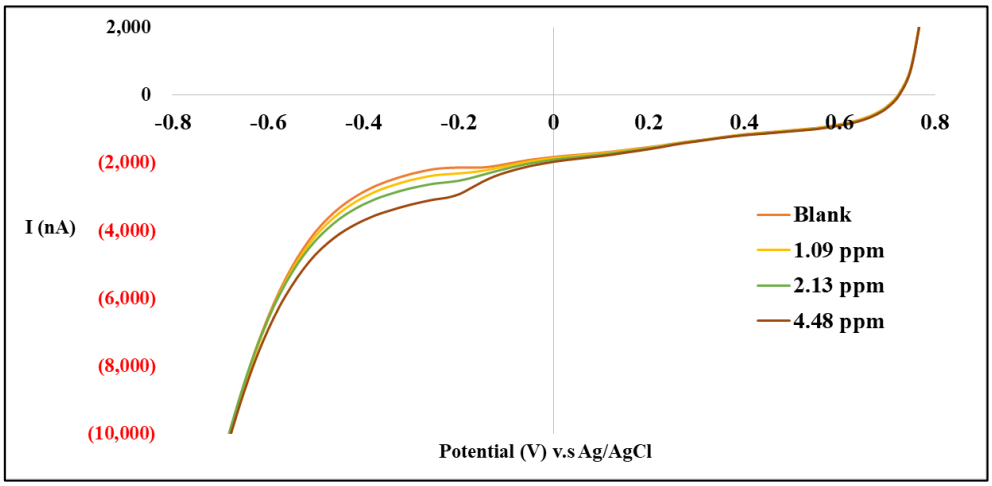
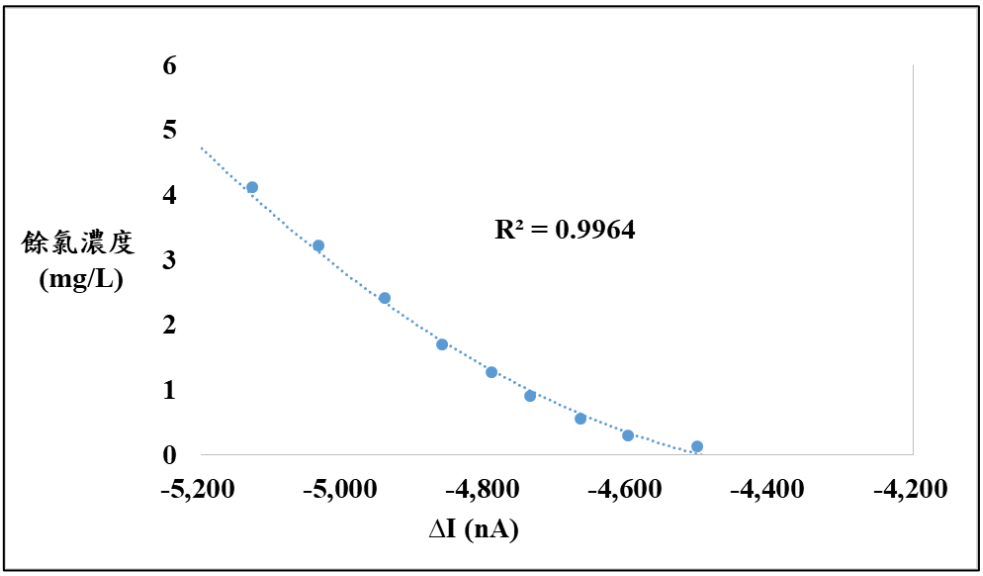


圖 3-18 餘氯電化學感測程序



(a) 電位及量測電流變化圖

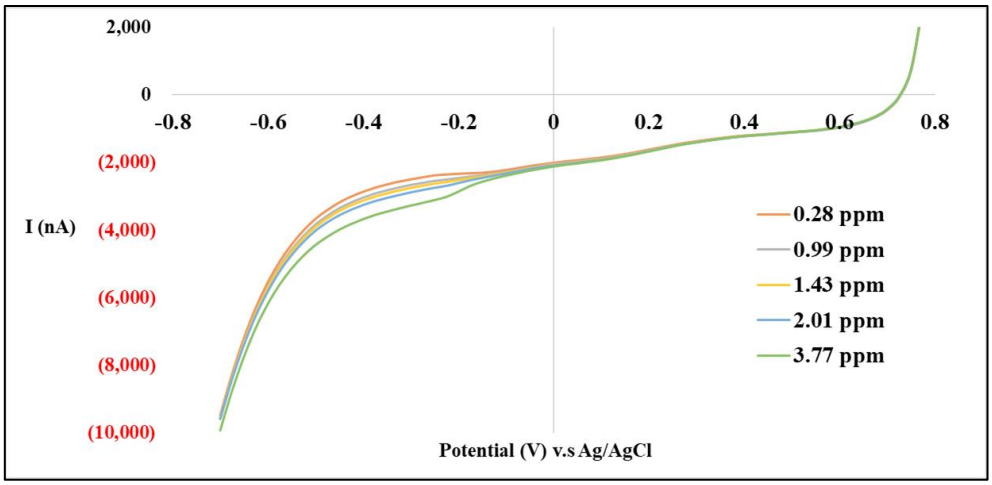


(b) 餘氯量測檢量線

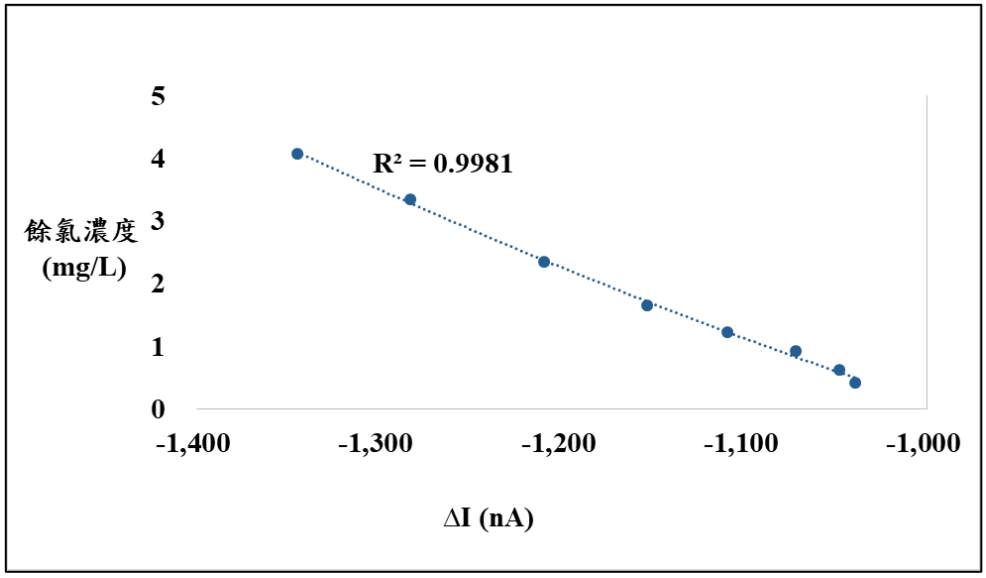
圖 3-19 餘氯感測回饋電流及檢量線(去離子水)-PBS + $NaClO_4$

進一步以自來水為基底，配置不同濃度之餘氯溶液，亦搭配含過氯酸鈉的 PBS 緩衝溶液，由圖 3-20(a)顯示，與以去離子水配置之水樣相同，餘氯還原電位亦於-0.2V，惟因自來水中含有不同離子，皆會影響到量測時之背景電流，故電流變化較

小，亦顯示於檢量線圖 3-20(b)中，可量測餘氯範圍為 0.4~2 mg/L，當餘氯濃度低於 0.4 mg/L 時，因會受水中其他物質影響，故回饋電流變化情形較不明顯，靈敏度亦較低，僅約 85 nA/ppm，後續擬持續透過 PBS 及 $NaClO_4$ 之濃度及比例調整，提升餘氯的濃度感測下限至 0.2 mg/L。



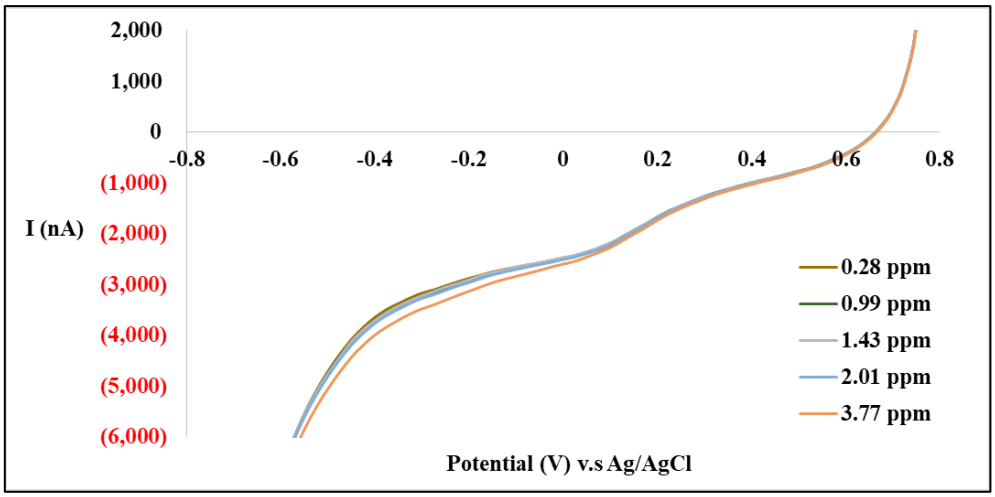
(a) 電位及量測電流變化圖



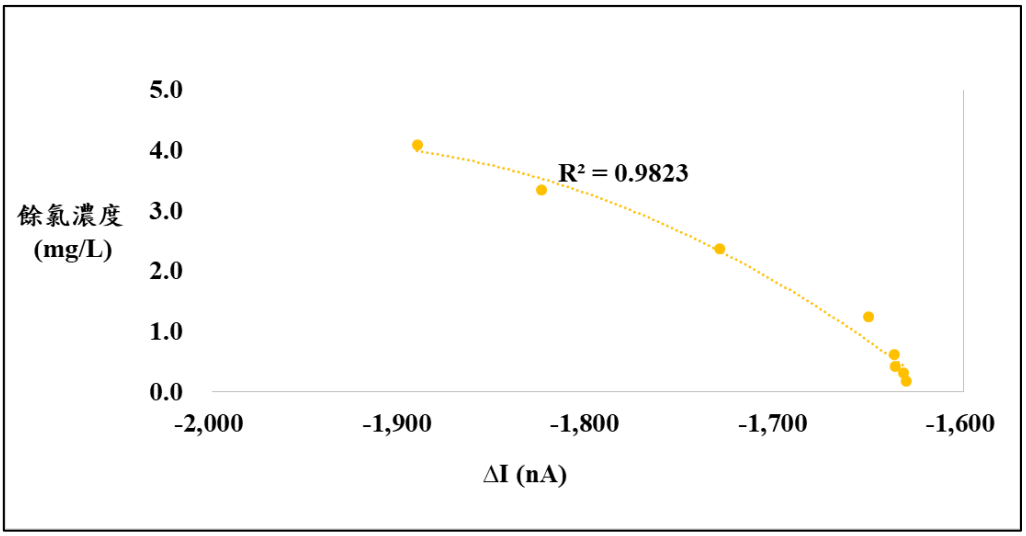
(b) 餘氯量測檢量線

圖 3-20 餘氯感測回饋電流及檢量線(自來水)-PBS + $NaClO_4$

除於緩衝溶液中添加過氯酸鈉外，參考 109 年計畫之緩衝溶液配方，本年度亦將氯化鉀(KCl)配置於 PBS 溶液中進行試驗，與添加過氯酸鈉之試驗結果相比，回饋電流變化情形較小，亦沒有明顯的餘氯還原波峰，參考圖 3-21 (a)，在-0.4V 之電位位置，不同濃度之量測電流具有最大變化量，故以該電位之量測電流作為基準，繪製餘氯感測檢量線如圖 3-21 (b)所示，檢量線可偵測最低餘氯濃度值可達 0.2 mg/L，最高約為 4 mg/L，惟靈敏度較低，僅約 70 nA/ppm，為減少低濃度電流之量測誤差，後續亦持續透過 PBS 及 KCl 之濃度及比例調整，來試驗提升感測靈敏度之可行性。



(a) 電位及量測電流變化圖



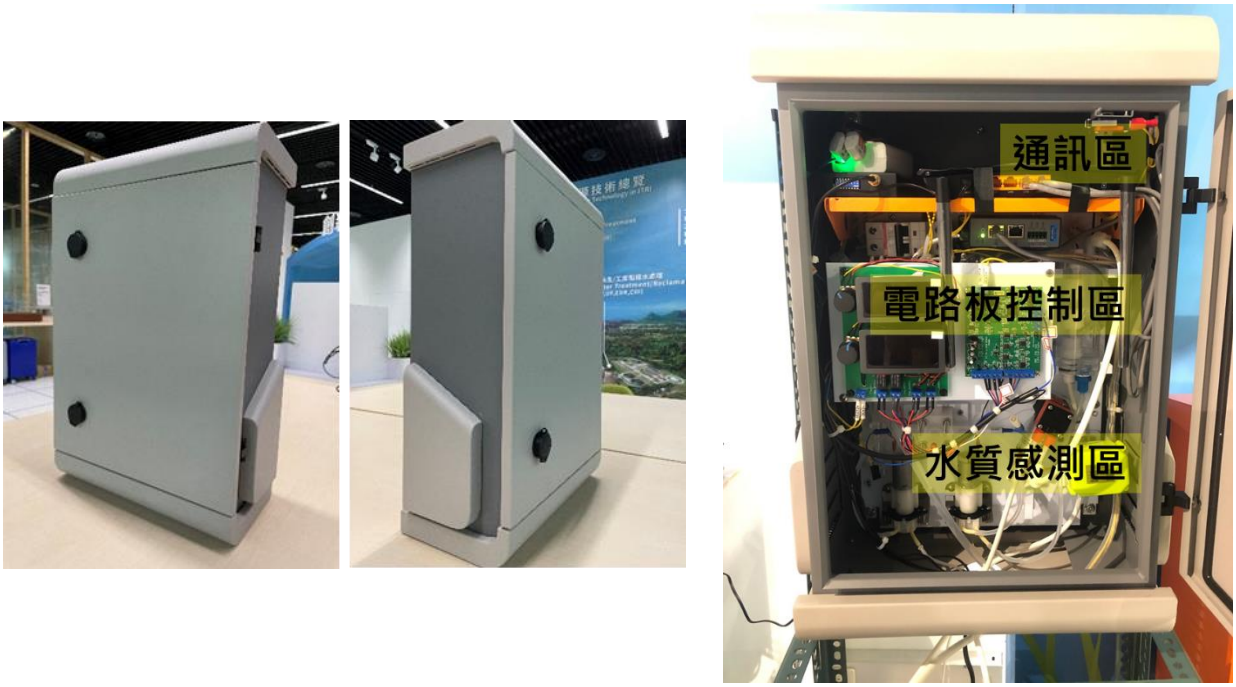
(b) 餘氯量測檢量線

圖 3-21 餘氯感測回饋電流及檢量線(自來水)-PBS + KCl

四、餘氯電化學固定式感測機台

除透過工作電極及電化學參數調整等方式，提升餘氯感測濃度下限及靈敏度外，本年度亦將透過電路板改良，如增加運算零件精密度等，使電壓及電流在量測上更加精準，此外，為使固定式感測機台運用於連續監測時，其運轉能更加穩定，並便於修改操作參數及掌握機台狀況，本年度亦針對固定式機台及雲端平台進行改良。

新型電化學固定式感測機台已組裝完成，外觀如圖 3-22 (a)所示，內部裝設如圖 3-22 (b)所示，包含通訊區(4G Router)、電路板控制區及水質感測區，其中電路板控制區包含電化學控制板及馬達控制板，於電化學控制板寫入電化學參數以進行電流量測，馬達控制板則分別控制水樣及緩衝液微流量泵浦之作動及流速調整，水質感測區除包含原先之水質感測元件，並加上原水泵及原水槽，整體程序由 PLC 進行自動控制；而電路板進行電流量測完後，透過 4G 通訊將電流數據傳送至雲端進行儲存及計算，再即時將量測結果上傳至環保署之環境物聯網平台。

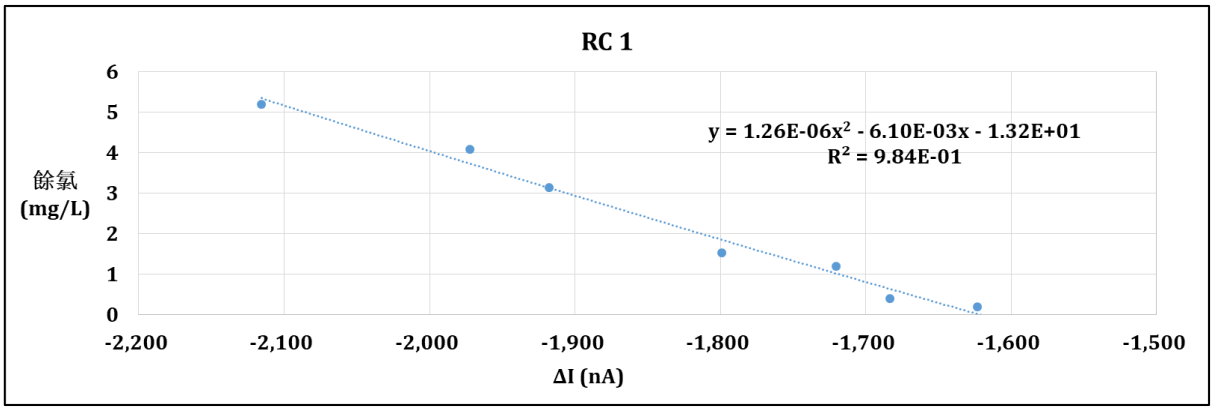


(a) 雛型機外觀　　(b) 雛型機內部裝設

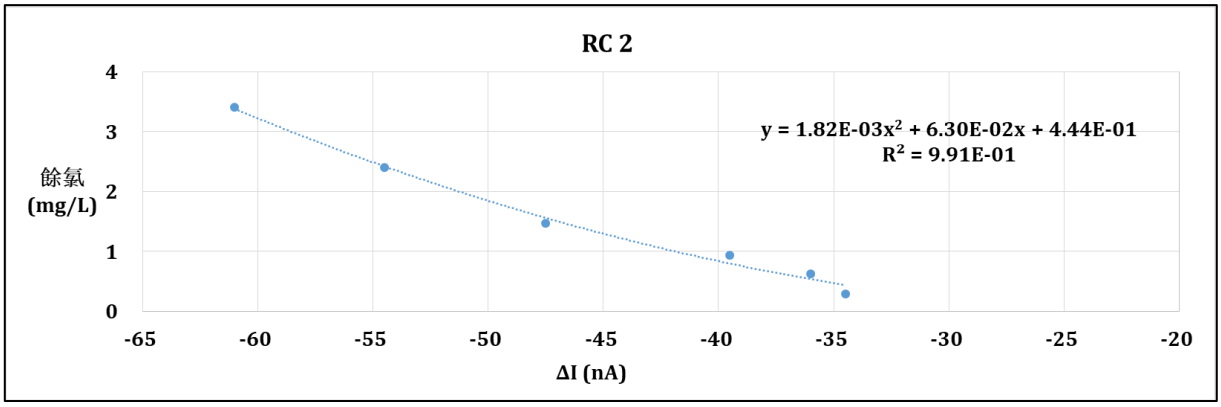
圖 3-22 新型電化學固定式感測機台

五、餘氯電化學固定式感測機台驗證-實驗室

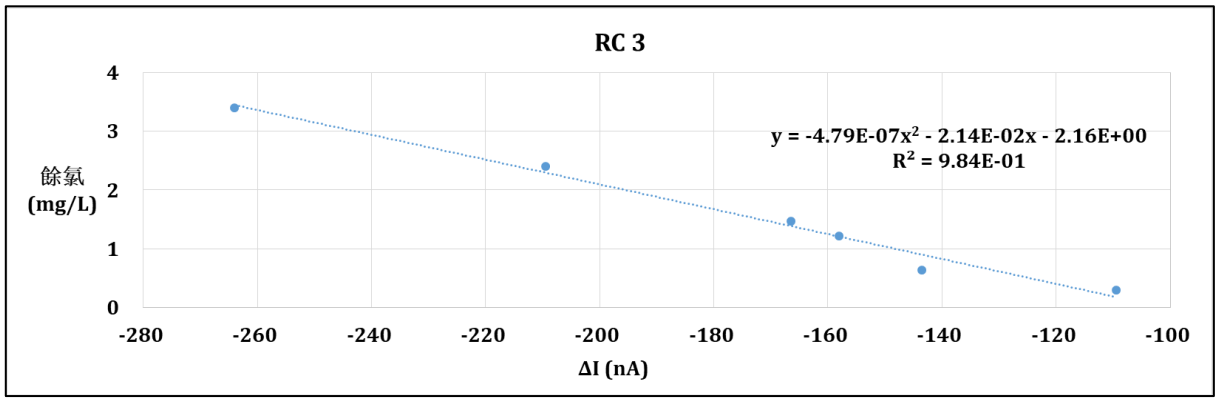
考量各機台之量測電流，會依據搭配之電極及電子材料等而具有差異性，故本計畫針對規劃裝設之 3 台固定式餘氯電化學感測機台，於實驗室進行檢量線製作及測試驗證，再裝設於驗證場域；餘氯感測機台之驗證場域為自來水水情監測站，本計畫以各場域自來水為基底配置不同濃度之餘氯水樣，以進行檢量線製作，圖 3-23 編號 RC1、RC2 及 RC3 感測機台之檢量線，餘氯量測範圍約介於 0.2~4.0 mg/L。



(a) 感測機台 RC1 檢量線



(b) 感測機台 RC2 檢量線



(c) 感測機台 RC3 檢量線

圖 3-23 餘氯固定式感測機台檢量線

感測機台之檢量線建立完成後，為進行量測濃度驗證，本計畫參考自來水水質標準中之自由餘氯濃度標準，以自來水為基底配置含不同濃度之餘氯水樣，同時以 NIEA 標準檢測方法及感測機台進行濃度量測，以比較其差異性，如表 3-9 所示，隨機配置之餘氯水樣，依據 NIEA 標準方法量測後濃度介於 0.3~1.65 mg/L，均位於感測機台之檢量線範圍內，以 RC2 及 RC3 為例，經感測機台量測後帶入檢量線計算之濃度列於表 3-4，並計算與標準方法分析結果之誤差百分比，於量測低濃度餘氯水樣時，因較容易受到自來水中其他離子之干擾，故誤差較大介於 5~10%，而量測中高濃度(0.5~1.65 mg/L)餘氯水樣時，因電流變化較大，故受水中其他離子之影響較不顯著，感測機台量測結果與 NIEA 標準方法分析結果相近，誤差百分比可小於 5%。

表 3-9 固定式餘氯感測機台濃度驗證

水樣編號	感測機台 RC2			感測機台 RC3		
	餘氯濃度 NIEA 方法 (mg/L)	餘氯濃度 機台 (mg/L)	誤差百分比 (%)	餘氯濃度 NIEA 方法 (mg/L)	餘氯濃度 機台 (mg/L)	誤差百分比 (%)
1	0.85	1.00	4.0	0.85	0.9	1.4
2	0.56	0.52	1.9	0.56	0.6	1.7
3	1.12	1.20	2.0	1.12	1.30	3.7
4	1.65	1.50	1.2	1.65	1.77	1.8
5	0.33	0.22	10.0	0.33	0.27	5.0

六、餘氯電化學固定式感測機台驗證-場域驗證

實驗室驗證作業完成後，本計畫即將感測機台裝設於各驗證場域，以進行連續量測，各裝設場域及機台編號如表 3-10 所示，機台裝設情形如圖 3-24，並持續將量測數據上傳至環境物聯網平台，以 T_3 站點為例，環境物聯網平台顯示如圖 3-25 所示。

為進行實場結果驗證，於機台進行場域驗證期間，本計畫規劃不定期至驗證場域，以比對商用安培法感測器(SWAN)、NIEA 標準檢測方法(分光比色法)及本計畫感測器之餘氯量測結果，以近期比對情形為例，第二驗證場(RC2)及第三驗證場 RC3 之驗證情形如圖 3-26 所示，其中 11/3 於第二驗證場比對，現場之商用安培法感測器量測濃度則為 0.63 mg/L，本計畫之感測器量測結果為 0.68 mg/L，誤差百分

比為 7.6%，後續將進行採樣取水，與標準檢測方法量測結果比對；第三驗證場之比對結果顯示於圖 3-26(b)，標準比色法量測之餘氯濃度為 0.55 mg/L，本計畫之感測器量測結果為 0.58 mg/L，誤差百分比為 5%，現場之商用安培法感測器量測濃度亦為 0.58 mg/L。

依據初步驗證結果，顯示本計畫開發之餘氯電化學固定式感測機台，其量測之餘氯濃度具有一定之信賴度，本計畫後續將持續針對感測機台之量測結果進行驗證，另與商用感測器(SWAN)量測結果之比對分析則說明於 4.6 節。

表 3-10 固定式餘氯感測機台驗證場域

感測機台編號	站點名稱	位置
RC 1	淨水廠第一驗證站-餘氯 T_1	水情揭露點-自來水出水口
RC 2	淨水廠第二驗證站-餘氯 T_2	水情揭露點-忠孝
RC 3	淨水廠第三驗證站-餘氯 T_3	水情揭露點-金山十八街

(a) 淨水廠第一驗證站-餘氯 T_1 (RC1)

(b) 淨水廠第二驗證站-餘氯 T_2 (RC2)

(c) 淨水廠第三驗證站-餘氯 T_3 (RC3)

圖 3-24 餘氯固定式感測機台裝設情形

圖 3-25 環保署環境物聯網平台(淨水廠第一驗證站-餘氯 T_3)

(a) 第二驗證場 (RC2)　　(b) 第三驗證場 (RC3)

圖 3-26 餘氯固定式感測器現場驗證情形(110 年 11 月 3 日)

3.3 精進固定式化學需氧量感測器

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、懸浮微粒，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。

因此，本工作項目之主要目的為利用光學感測技術搭配多成分演算法開發可同時量測溶解性化學需氧量（COD）與懸浮固體物（SS）的小型化新型感測模組 2 臺（8 月底），其模組電路設計須包含支援 Modbus 協定之連接器。

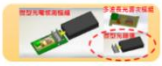
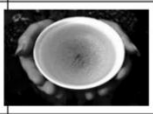
本計畫所開發之感測器可適用之範圍與市售商品之比較如表 3-11 所示，並細部分析如下：

一、目前 COD 與 SS 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（ex：今日儀器提供之 S::CAN），但其安裝成本居高不下（均超過 100 萬元以上），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）。

二、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（1-2hr），並非真正即時量測，建置成本一樣會達到 80-150 萬元，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）。

三、本計畫所開發的光學感測元件，除可擁有微型光譜之技術自主性可大量降低產品成本外，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 3-11 COD & SS 分析設備之感測方式與比較

項目＼設備	本計畫	COD&SS 線上光學偵測	COD 線上傳統量測	COD 傳統分析儀器	SS 傳統分析儀器
圖示					
代表廠牌	ITRI	S::CAN	無	無	無
測定原理	光學頻譜& 演算法	光學法	化學氧化法	化學氧化法 光學比色法	乾燥法
量測方式	實驗室/攜帶式 連續/批次式	批次式	批次式	實驗室 批次式	實驗室 批次式
價格(單位：仟元)	50-100	1,400	800~1500	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	➲標準方法 ➲可線上量測 ➲可現址安裝	➲標準方法	➲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	➲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	➲建置成本高 ➲需耗材成本 ➲耗時

本年度主要優化的功能，在通訊的部分，利用 Modbus 取代原本設計的 TX/RX 方式，大幅提高推廣及擴充可能；另外，有別於過去所設計的光學感測模組，針對感測模組的設計納入可支援即時量測與清潔模組的功能，可確實同步量測水中 COD 與 SS。本模組之 COD 濃度量測範圍須達 0－300 mg/L，精密度之相對標準差須< 10%，比對標準液之準確度須介於± 20 mg/L 或讀值之± 40%；SS 量測範圍須達 0-100 mg/L，精密度之相對標準差< 10%，比對標準液之準確度須介於± 20 mg/L 或讀值之± 40%。解析廢水中 COD 與 SS 濃度，以達到即時自動感測水質的目標。

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

實廠操作或是廢水場域感測之依據，常以化學需氧量（COD）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，本計畫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，本計畫以高嶺土做為 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，本計畫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，因此於本計畫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) COD 及 SS 推估模式建立步驟

本計畫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 3-27 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。

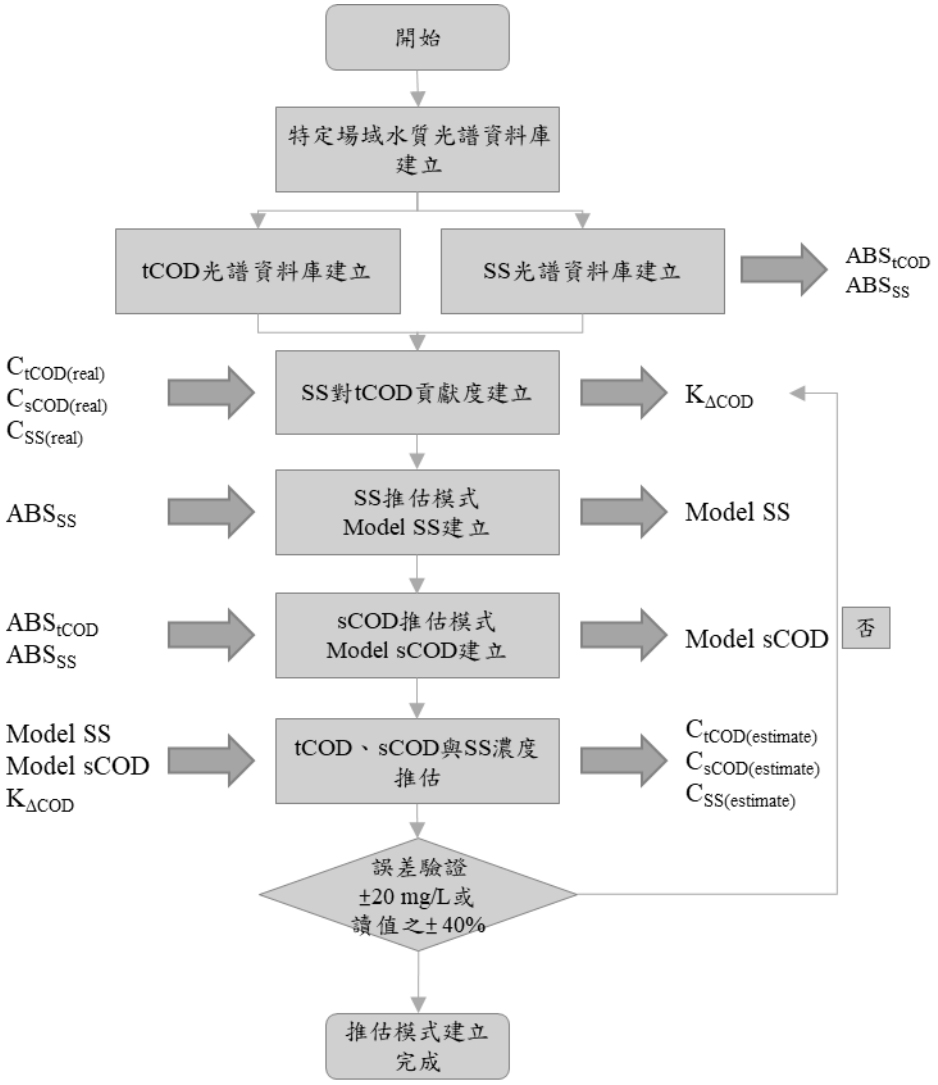


圖 3-27 tCOD 與 SS 推估模式建立步驟流程圖

二、COD/SS 感測模組與電路板優化設計

(一) 雙光源多光偵測器設計

本計畫將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。每種光源具備二組光偵測器（穿透光+參考光），提供不同量測模式選用，可針對不同 SS 範圍選擇最佳 COD 量測模式。

(二) 電路板優化設計

本計畫預計產出可支援 Modbus 通訊協定之電路板設計，並同步針對「電路板硬體」、「電路板韌體」及「電路板通訊」進行優化設計，支援可

同時量測溶解性化學需氧量（COD）與懸浮固體物（SS）的小型化新型感測模組設計。

三、計畫目標規格

利用光學感測技術搭配多成分演算法，8 月完成開發可同時量測化學需氧量（COD）及懸浮固體物（SS）的小型化新型感測模組 2 臺，電路設計須包含支援 Modbus 協定之連接器。COD 量測範圍須達 0-300 mg/L，精密度之相對標準差須< 10%，比對標準液之準確度須介於±比對標準液之準或讀值之±讀值之；SS 量測範圍須達 0-100 mg/L，精密度之相對標準差< 10%，比對標準液之準確度須介於±比對標準液之準或讀值之±讀值之。前述感測模組應提供標準品、工業廢水與民生廢水之批次驗證結果。

四、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 3-28 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，其結果如圖 3-28 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。

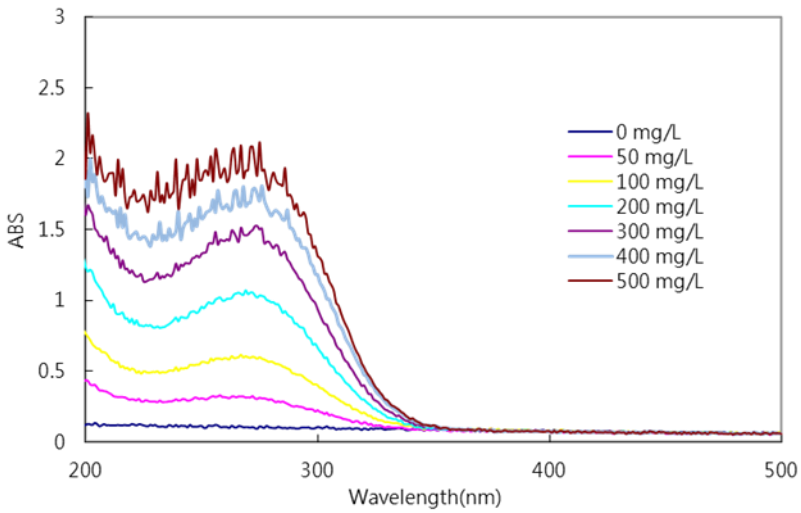


圖 3-28 COD 標準曲線試驗結果：不同濃度在不同波長之吸收度

圖 3-29 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表 3-12 所示。

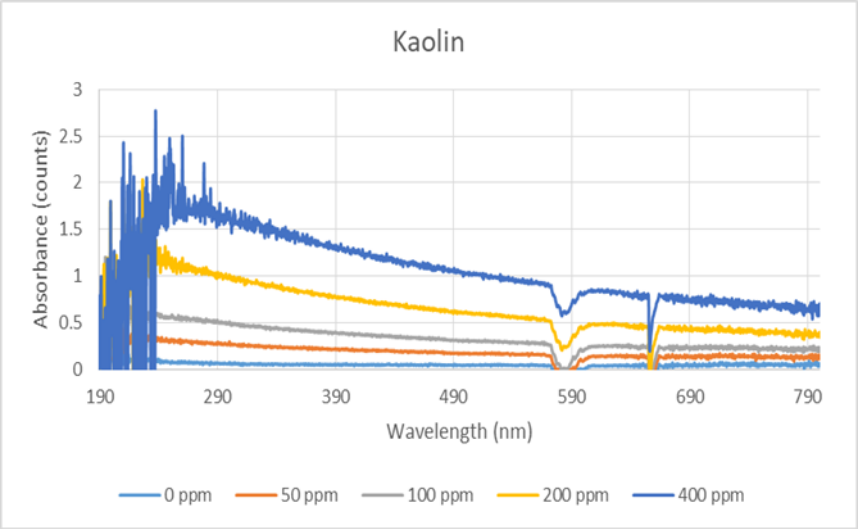


圖 3-29 SS 標準曲線試驗結果：不同 SS 濃度在不同波長之吸收度

表 3-12 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 感測模組與電路板設計

1. 流動/批次兩用光析槽設計（如圖 3-30（a））：

(1) COD 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 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 3-30（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），並提供三種量測模式選用（COD 純穿透模式、COD+SS 純穿透模式、COD+SS 穿透/參考比值模式），可針對不同 SS 範圍選擇最佳 COD 量測模式。

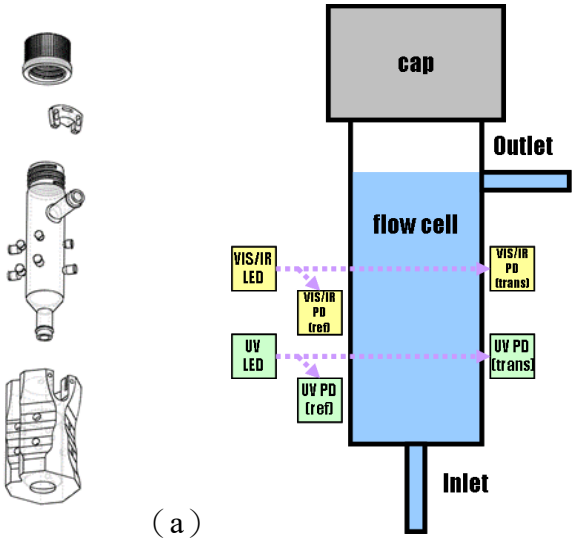


圖 3-30 COD 感測器設計：（a）爆炸圖；（b）示意圖

3. COD 與 SS 光學感測元件選用

(1) 紫外光 LED 選用與效能測試

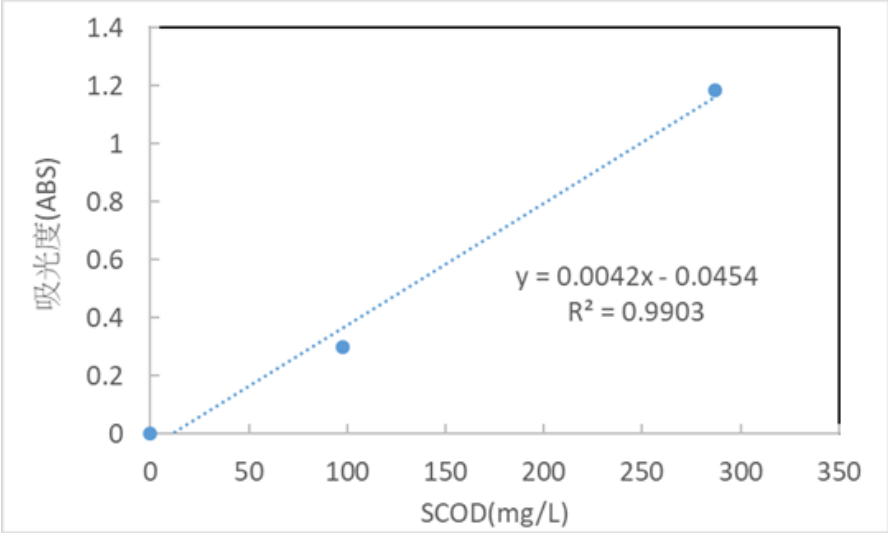
由於前一代之光學元件以 UV254 進行設計，部份模組因能量較高造成元件產生過熱導致光學系統受損情形發生，本年度先行評估 UV 光學元件之元件穩定性與量測可靠度，並重新匹配更適合之光學元件，其發現環境水樣利用 LED 254 nm 與 280 nm 量測結果之 COD 訊號差異不明顯，因此光學設計元件採用 280 nm 為主要強度之 UV 燈源，其匹配之光學接收器採用兼容 254 nm 與 280 nm 可接收之光學模組，光學元件實體圖如下圖 3-31 所示。

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 3-32 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。

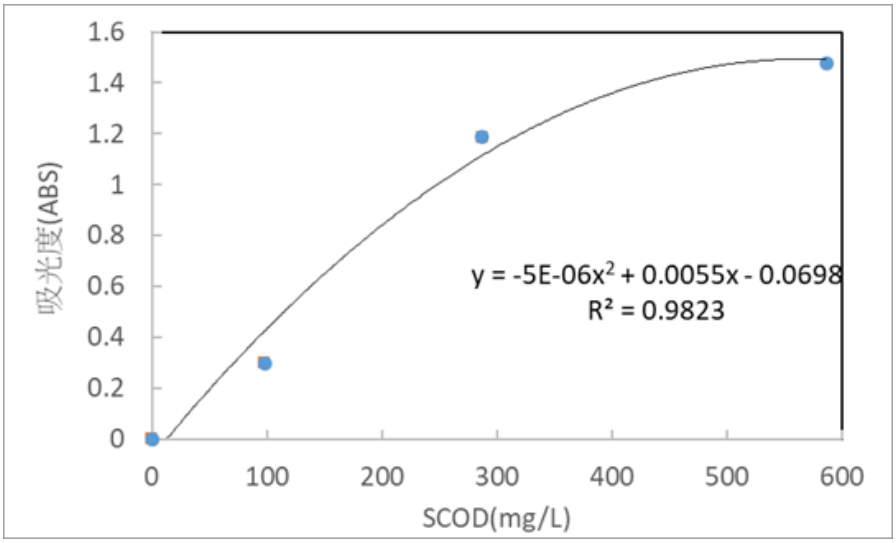
（a）

（b）

圖 3-31 COD 光學元件：（a）UV LED（280 nm）；（b）UV PD（254-280 nm）



（a）



（b）

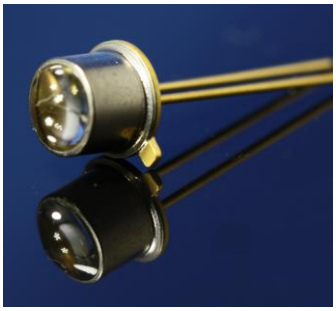
圖 3-32 新版紫外光 LED 光學元件對 COD 標準品測試結果

(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 3-33 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 3-34），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 3-33 SS 光學元件：（a） VIS LED （550 nm）；（b） VIS PD（550 nm）

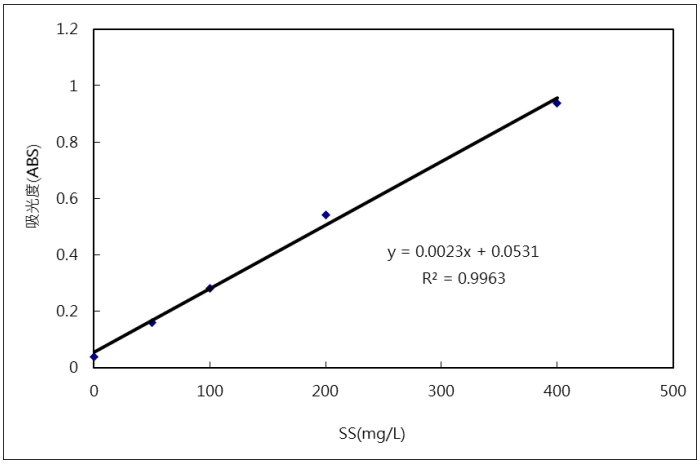


圖 3-34 新版可見光 LED 光學元件對 SS 標準品測試結果

4. 支援 Modbus 通訊協定之電路板設計

利用計畫團隊過去針對濁度感測模組已建立的電路設計的基礎下，進一步針對今年度新設計的可同時量測 COD 與 SS 的感測模組進行電路板設計，產出規格描述如下（圖 3-35）：

(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 端子臺（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) arity bit：none。

(D) stop bit：1。

(E) device address：1 to 255（預設值 255）。

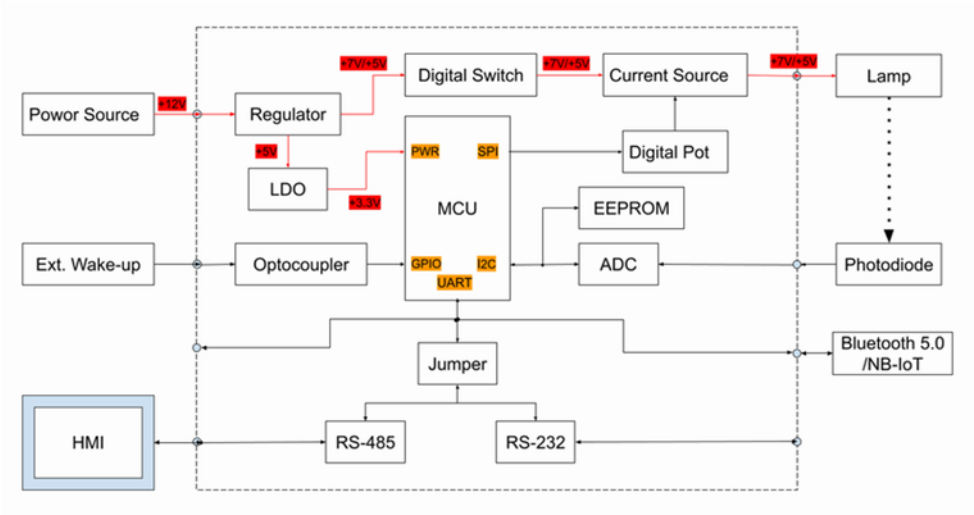


圖 3-35 COD/SS 感測模組電路設計圖

(三) COD/SS 感測模組原型裝置

利用前述選用之電路與光學元件，目前本計畫已完成 COD/SS 感測模組之精進，並完成 2 臺原型裝置，如下圖 3-36 所示，後續將以此原型裝置進行實場水樣驗證。

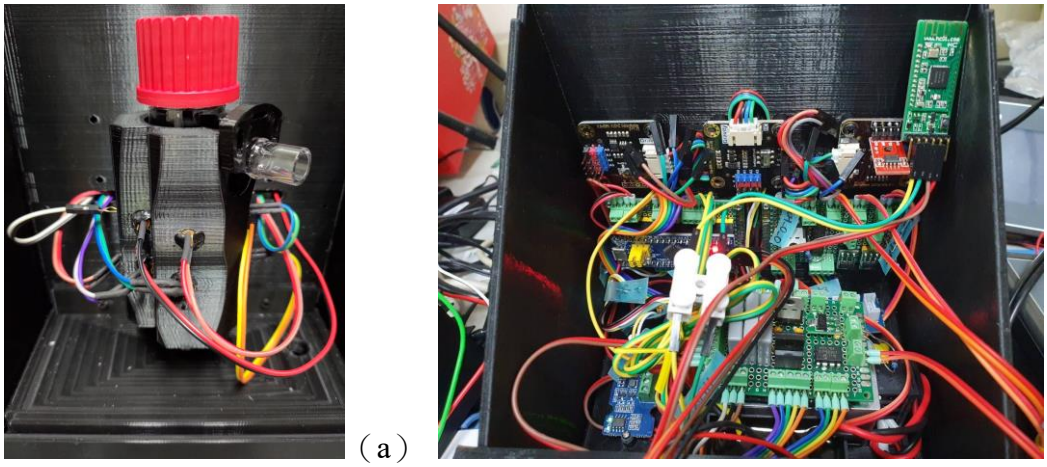


圖 3-36 COD/SS 感測模組：（a）光學分析模組（b）電路

本年度完之新一代 COD/SS 感測模組與前一代光學分析模組之比較如表 3-13 所示，在針對光學分析與電路相關的精進與優化後，預期可直接針對環境水樣之 COD 與 SS 進行直接量測，搭配演算法後，亦可達到推估 tCOD 的目的；而針對一些功能優化敘述如下：

1. 具體實現 COD 與 SS 同步量測功能
2. 流動/批次兩用設計，強化臨時水質量測與降低維運人力需求

3. 下進側出降低死角與氣泡
4. 管狀易開設計，便於清理
5. 模組化與 Modbus 設計，易於與不同系統快速串接
6. 兼具多種光源更換的機動設計要求
7. 提供手動或自動休眠與喚醒功能

表 3-13 COD/SS 感測模組精進差異比較表

項目	109 年以前	110 年
量測範圍	COD：無	COD：(0.1–300) mg/L SS：(0.1–100) mg/L
精密度	COD：無	COD：相對標準差< 10% SS：相對標準差< 10%
準確度	COD：無	COD: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
光析槽	流動單用設計 下進上出之槽狀設計	流動/批次兩用設計 下進側出之管狀設計
光析槽治具	組合成型、螺絲固定	一體成型、卡榫固定
光源	UVLED+鎢絲燈 光源強度無補償	UVLED+VIS 或 IR LED 擇一光源 強度自動補償
光偵測器	穿透光 PD	穿透光 PD+參考光 PD
量測模式	一種	三種可選
校正模式	無	內部校正、外部校正
休眠模式	無	多段休眠省電
通訊模式	自定義	Modbus

(四) COD/SS 感測模組實場水樣驗證結果

所開發之 COD/SS 感測模組經標準品測試後，搭配建立之推估模式，分別針對標準品、工業廢水及民生廢水進行驗證，故場域之驗證結果分述如下：

1. 標準品曲線建置

COD/SS 感測模組分別利用鄰苯二甲酸氫鉀(KHP)及高嶺土(Kaolin)作為標準品，分別針對 COD 濃度範圍 0-400 mg/L 及 SS 濃度範圍 0-150 mg/L 進行檢量線之建立，其結果如圖 3-37 與圖 3-38 所示，結果顯示利用 5 次多項式建立濃度與吸光度關係下，其 COD 與 SS 之 R^2 分別可達 0.9992 與 0.9806，具備良好的關聯性。

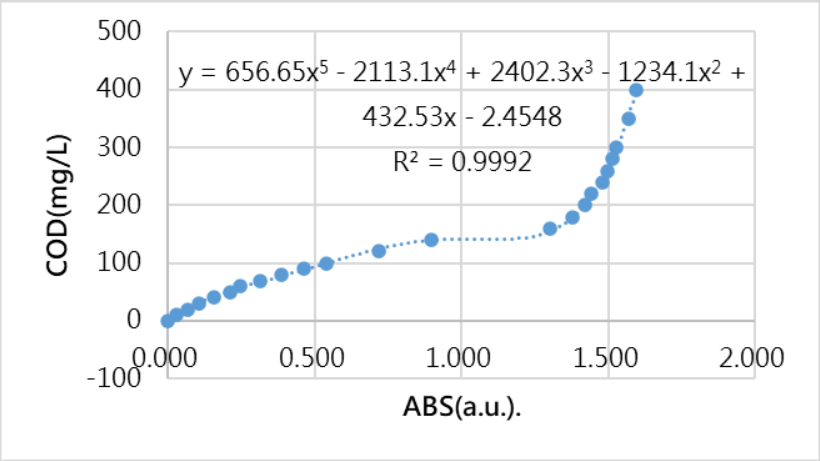


圖 3-37 COD(0-400 mg/L) 檢量線建置結果

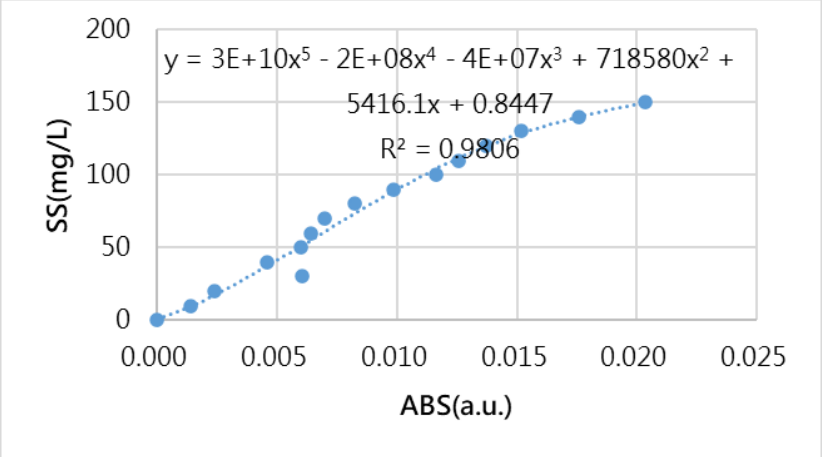


圖 3-38 SS(0-150 mg/L) 檢量線建置結果

2. 標準品精密度驗證

圖 3-39 與圖 3-40 為依據前述標準品曲線推估混和標準品水樣 COD 與 SS 之精密度驗證結果，在 COD 之結果顯示，模式推估與標準方法量測之 R^2 為 0.999，相對標準差<2.1%，讀值偏差 2.9 mg/L；在 SS 之結果顯示，模式推估與標準方法量測之 R^2 為 0.9806，相對標準差<4.4%，讀值偏差 2.57 mg/L。結果顯示均可達到本計畫設定之精密度(<10%)要求。

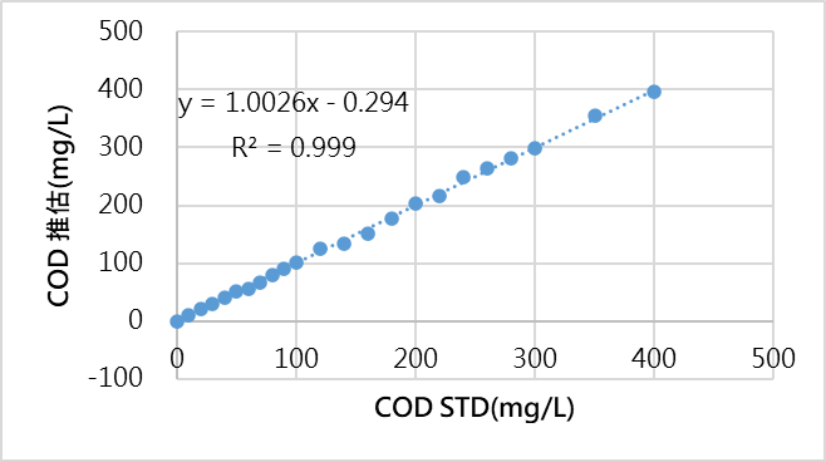


圖 3-39 COD 標準品推估結果

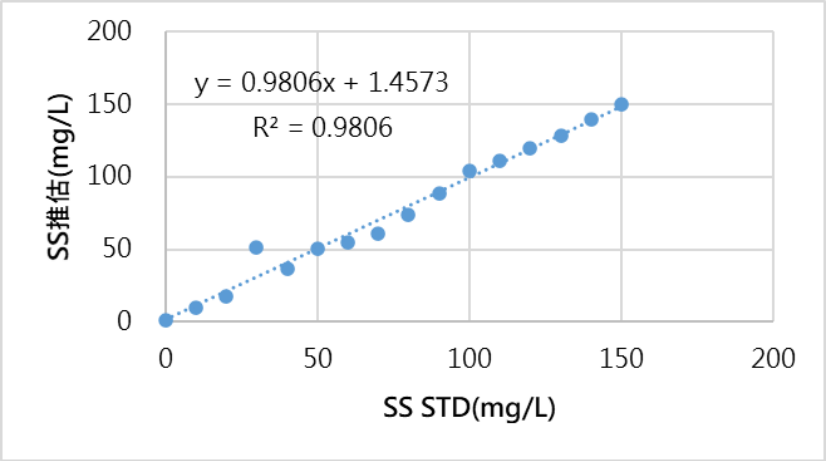


圖 3-40 SS 標準品推估結果

3. COD/SS 感測模組準確度驗證

表 3-14 為依據前述標準品曲線推估混和標準品水樣 COD 與 SS 之準確度驗證結果，所採用之實驗條件為 SS 濃度固定 50 mg/L，COD 濃度範圍由 50 增加至 300 mg/L，結果顯示，在 COD<200 mg/L 之推估結果無論在 SS 與 COD 均十分良好，但在 COD 超過 200 mg/L 時，混和樣品之 COD 推估誤差有明顯擴大情形，SS 則影響不大，推測發生此情況之原因可能因混和水樣在 UV 波段吸收度過高(接近 2 a.u.)導致。但整體結果均可達到本計畫設定之準確度(20 mg/L 或讀值之±40%中較大者@標準液)要求。

表 3-14 COD/SS 感測模組混和標準品準確度驗證結果

COD STD(mg/L)	COD推估(mg/L)	誤差(mg/L)	誤差(%)	SS STD(mg/L)	SS推估(mg/L)	誤差(mg/L)	誤差(%)
50	54.35	4.35	8.7%	50	56.47	6.47	12.9%
100	112.95	12.95	12.9%	50	53.83	3.83	7.7%
150	144.83	5.17	3.4%	50	54.68	4.68	9.4%
200	199.79	0.21	0.1%	50	51.81	1.81	3.6%
250	265.28	15.28	6.1%	50	62.94	12.94	25.9%
300	349.43	49.43	16.5%	50	60.66	10.66	21.3%

表 3-15 為依據前述標準品曲線推估工業廢水 COD 與 SS 之準確度驗證結果，本次驗證之場域來源為工研院廢水處理廠排放水與桃園某污染潛勢工廠之外側道路排放側溝。工研院廢水處理廠平時處理院內之實驗室廢水與少部分生活廢水，其進流 tCOD 與 SS 之範圍分別約為 100-150 與 50-150 mg/L，而經 SBR 反應器處理後排水之 COD 與 SS 則分別為<50 及<30 mg/L；而桃園潛勢工廠之基本水質則較為不固定，其 tCOD 與 SS 之範圍分別大約為 30-150 mg/L 與<30 mg/L。結果顯示，針對兩處驗證場域之 tCOD 與 SS 推估結果均可符合本計畫之準確度標準，但在 SS 濃度過低時，有可能因計算基準關係導致誤差較大的情況發生。

表 3-15 COD/SS 感測模組工業廢水準確度驗證結果

驗證樣品	TCOD(mg/L)	TCOD推估(mg/L)	誤差(mg/L)	誤差(%)	SS(mg/L)	SS推估(mg/L)	誤差(mg/L)	誤差(%)
工研院SBR總排水	26	19.66	6.34	24.4%	11	6.66	4.34	39.4%
工研院污水處理廠排水R1排水	26	23.75	2.25	8.6%	17	14.92	2.08	12.2%
工研院污水處理廠排水R2沉澱	100	112.83	12.83	12.8%	110	118.29	8.29	7.5%
桃園潛勢工廠S4	24	22.29	1.71	7.1%	24	20.90	3.10	12.9%

表 3-16 為依據前述標準品曲線推估民生廢水 COD 與 SS 之準確度驗證結果，本次驗證之場域來源為新竹市之汀甫圳、隆恩堰及桃園市塔寮坑溪，因其為有生活廢水排入之自然水體，因此其 tCOD 與 SS 之濃度均相對較低，分別約為<30 與<20 mg/L。針對三處驗證場域之 tCOD 與 SS 推估結果均可符合本計畫之準確度標準，但與工業廢水相同，其在 SS 濃度過低時，有可能因計算基準關係導致誤差較大的情況發生。

表 3-16 COD/SS 感測模組民生廢水準確度驗證結果

驗證樣品	TCOD(mg/L)	TCOD推估(mg/L)	誤差(mg/L)	誤差(%)	SS(mg/L)	SS推估(mg/L)	誤差(mg/L)	誤差(%)
新竹市汀甫圳	20	21.36	1.36	6.8%	22	28.81	6.81	31.0%
新竹市汀甫圳	24	21.30	2.70	11.3%	26	31.86	5.86	22.5%
新竹市隆恩堰	21	24.65	3.65	17.4%	33	31.63	1.37	4.2%
桃園市塔寮坑溪	28	20.19	7.81	27.9%	12	5.60	6.40	53.3%

3.4 改良固定式電源供應模組

本計畫於 107 年開發之「重複充電式鋰電池」係以多顆符合 CNS 15364 安規之鋰電池並聯製成如圖 3-41，而當時「重複充電式鋰電池」與電池充電器尚未送至合格檢測驗證中心驗證 CNS 15364 與 CNS 14336-1，本計畫經討論後認為此設計存在危害風險之虞，經危害嚴重度與危害可能性之評估，於今（110）年改良優化固定式電源供應模組，除提高電源安全性外，亦增加太陽能擴充支援功能，其設計概念與安全檢驗規範說明如下。

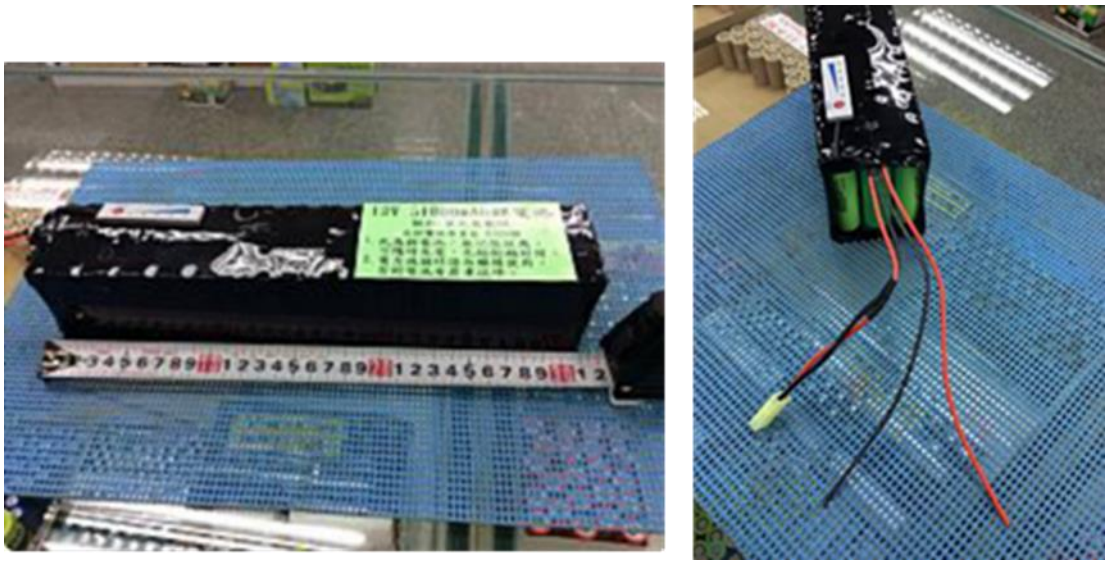


圖 3-41 重複充電式鋰電池

一、固定式電源供應模組選用

今年度固定式機臺電源供應模組選用之充電電池為 YUASA 湯淺 UXC50-12I/12V（圖 3-42），此款電池容量 50AH，電池尺寸：19.7x16.5x17.5cm （長*寬*高），重量約為 15.3Kg，鉛酸蓄電池除了維護簡單、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等優點。此外，經本年度優化後之固定式 COD 機型放電測試，此款電池之續航力可達 7 天左右。

圖 3-42 YUASA 湯淺 UXC50-12I/12V 電池

二、太陽能串接設計

固定式水質感測系統亦具有太陽能充電控制之電路設計，可依照現場需求選擇太陽能或 AC 交流供電。此太陽能充電控制電路具備「最大功率點追蹤」（Maximum Power Point Tracking, MPPT）之功能，以獲得最大的充電效率。經過本計畫評估設計後採用尺寸：520x660x35mm 之 50W 太陽能板，並搭配可調整角度之支架（如圖 3-43），該項設計將依針對固定式機器電源供應模組現場實際需求設計，提供無法取得市電場域之電源擴充使用。

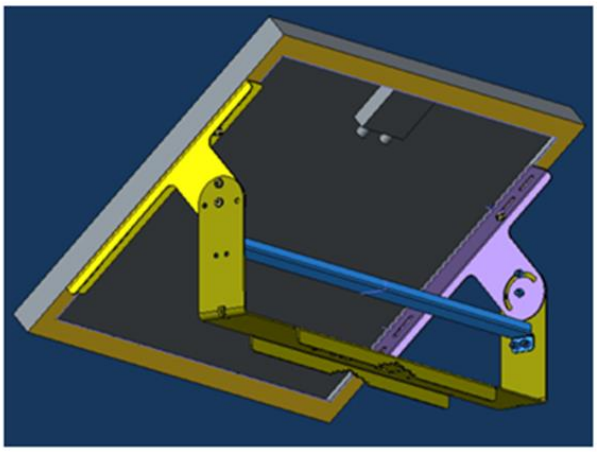


圖 3-43 可調角度式 50W 太陽能板示意圖

三、改良固定式電源供應模組實場測試結果

固定式水質感測器可依照現場環境條件，選擇電池搭配太陽能板或以 AC 交流供電。完成機種優化後，偕同專業人員至現場評估市電供應及太陽能板充電效應，並陸續更換為優化後機種。目前 30 臺已完成更換之固定式水質感測器之電力來源包含：12 組 AC 交流電及 18 組鉛酸蓄電池搭配太陽能，其電池與太陽能板供電如圖 3-44 所示。

圖 3-44 鉛酸蓄電池搭配 50W 太陽能板實際完工照

固定式水質感測器之電池電壓可於後端平臺顯示，其滿電電壓為 13.7V，斷電電壓為 10.7V，由此電池電壓資訊（圖 3-45）可提供分析人員於電壓低於 12V 時發出警示並提醒電池更換時機約 10 天，採用鉛酸蓄電池搭配 50W 太陽能板於天氣晴朗且日照充足之時可發揮良好的充電效率，並可延長電池續航力，30 天以上有效降低維運人員攜帶電池更換之頻率。

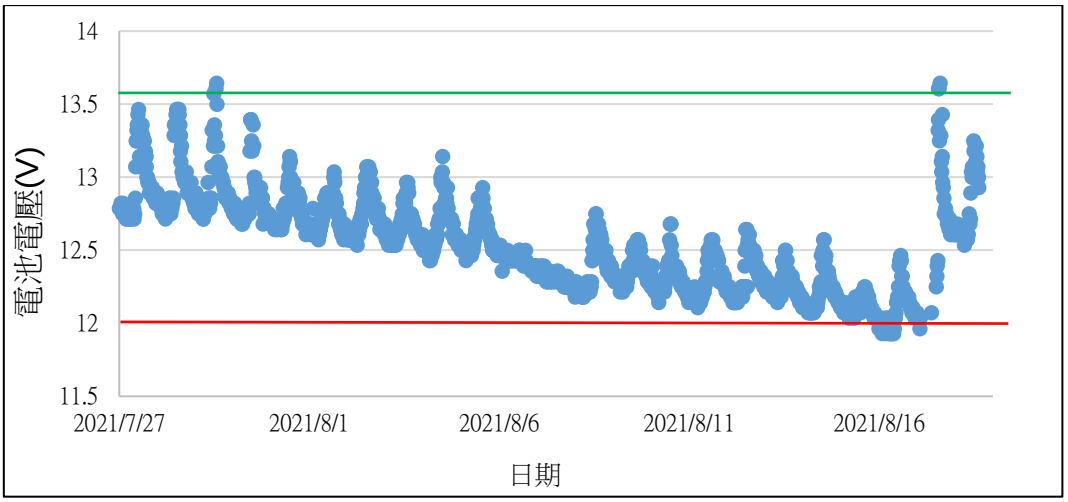


圖 3-45 固定式水質感測器電池電壓圖（鉛酸蓄電池搭配太陽能板）

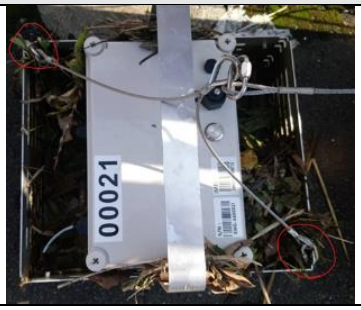
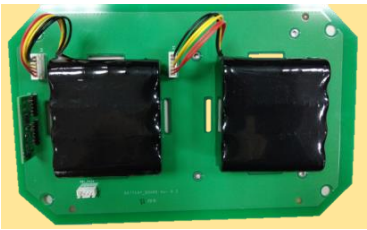
3.5 精進移動式水質感測器

本章節將 109 年所開發之 200 臺移動式水質感測，依據 109 年水質感測器合辦試驗計畫，地方政府所提應用回饋意見，綜合整理具可行性改善項目，納入今年精進版，期可大幅提昇環境適性及降低維運所需資源。已於 5 月 31 日前完成雛型機 2 臺製作，執行實驗室場域及實際場域共 1 個月驗證測試，並已於 7 月 15 日前完成精進版本原型機 20 臺製作；並依不同產業或環境執法應用情境，持續優化安裝應用機制，包含固定機構、回收設計、巡檢維運、校正程序等，滾動式修正相關標準作業程序，並於 9 月 9 日發布各縣市承辦單位與維運廠商進行參考，以提高使用者自行排除問題之效率。

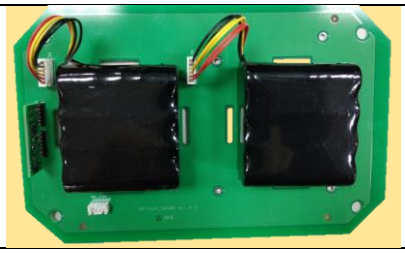
一、水質感測器應用回饋與精進目標

本計畫於 109 年所開發之 200 臺移動式水質感測，結合中央與地方 13 個縣市環保局單位進行不同場域布建應用，並透過教育訓練與實際使用情形蒐集回饋意見，110 年精進的內容詳述如下表(表 3-17)。

表 3-17 水質感測器應用回饋與精進目標

應用回饋意見	示意圖	應用回饋	精進目標
防撞板金設計		目前防撞護欄容易攔截水面異物，造成設備吃水線上升，造成進水危機	縮小整體設備體積、重量及護欄面積，降低吃水線高度
電池續航力		增加電池續航力由原本先 7 天之續航力提升至 14 天，以增加布建適用性	透過感測演算法及節能調整，提升電池續航力，一步達到縮小感測器體積及重量的可能

應用回饋意見	示意圖	應用回饋	精進目標
設備當機		pH、EC、DO 數值長時間停在 14，且重新開機或校正都無法排除障礙	初判為設備當機導致，將查明原因改善韌體版本，並提供使用者燒錄韌體程式，加速維運時間，另將提供遠端重新開機功能
生物膜包覆 sensor		因生物膜包覆感測器導致數值偏移或感測器嚴重髒污，導致維運頻率增加	尋找防止生物膜附著的環境友善塗料，降低生物膜滋長或生長時間
防水盒上蓋螺絲易崩牙		場域水質極端酸鹼，導致塑膠劣化旋開中崩牙	將警示燈號與開關外部化，以不開蓋方式進行維運，避免連續開關導致崩牙或是關蓋防水不確實的可能
Sensor 不易拆裝		Sensor 扣件底座過軟，泡過水後因有生物膜附著，導致容易滑動不易撬開	將改良扣件材質或是另尋其他固定方式
設備進水感應		設備進水辨識僅透過內部濕度計反應過慢	考量加裝進水警報感測器，即時提醒使用者，另將盒中主板及電源以模組化方式設計，即便進水也不立即損壞

應用回饋意見	示意圖	應用回饋	精進目標
校正自動化程序可行性		校正感測器需要人工判斷等候平衡才能進行下一個感測項校正相當費時	修正校正模組，以系統判斷數據平臺並顯示已完成字樣
外部充電		希望能自行外接電源供應器版本，減少購置太陽能板的成本	預計以更新電源頭的方式讓使用者外接電源供應器進行充電
電池插拔更換		目前電池放置於設備最底部，不易進行插拔更換	將調整電池為外部插拔方式進行更換設計
殼外燈號		目前設備外部沒有提供任何燈號資訊，無法直接判斷關鍵資訊，譬如電壓、訊號強弱	預計將關鍵燈號資訊外部化，避免開蓋查看動作導致進水風險

二、110 年 20 臺開發項目

本項工作除了依據上述 109 年地方政府所提應用回饋意見綜合整理具可行性改善項目納入今年精進版之外；於 110 年已開發之重點項目如下條列描述。

(一) 硬體機構

1. 新增「岸上移動式感測器」應用選擇方式，以雙槽型防水盒左右配置主機與電池模組圖 3-46，主機包含主板、感測器、通訊、儲存、韌體等；背面以固定架方式進行；以感測器 cable 線延長至污染水體進行監測，可大幅減少體積與重量及維運成本（圖 3-47）。

圖 3-46 主機與電池模組配置圖

圖 3-47 岸上移動式感測器

2. 優化「水面移動式感測器」，由稍大於「岸上移動式感測器」防水盒包覆，感測器以原訂 4 孔另加 2 孔擴充側出，板金與防水盒間加裝泡棉，感測器擺為平躺式（pH、Temp.、DO、EC）（圖 3-48）。

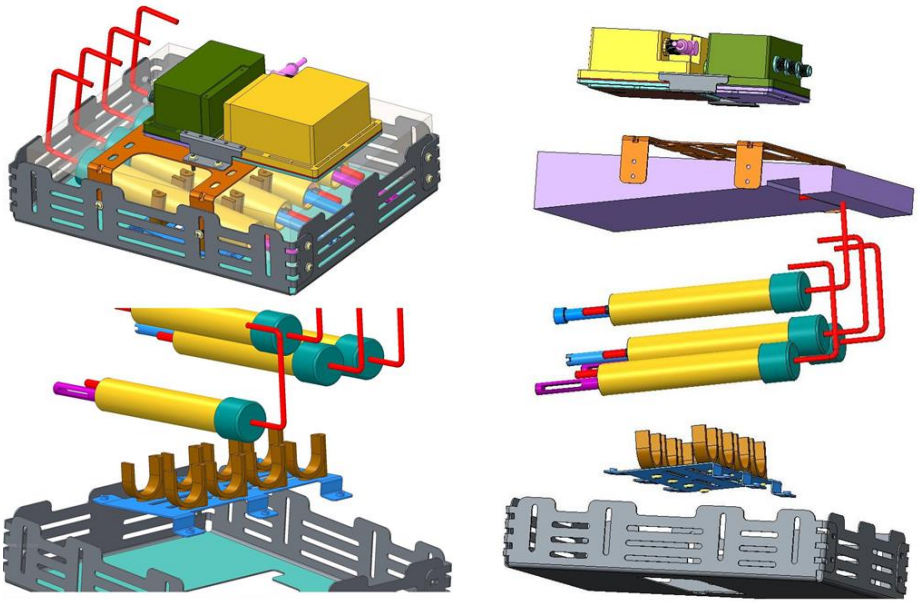


圖 3-48 水面移動式感測器

3. 強化感測器保護殼（圖 3-49），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 3-49 強化感測器保護殼

(二) 韌體與電池

1. 電池：內部使用 4 顆電池以 3 分鐘感測頻率並進行休眠，掛測結果續航力可達 7 天；另新增外部電池，以 3 分鐘感測頻率並進行掛測結果續航力可達 21 天，合併內部電池加上外部電池後，預計可達 30 天續航力。

2. 新增自行設訂省電模式功能，提供 1 秒、1 分鐘、3 分鐘、5 分鐘、10 分鐘，由使用者自行於平臺觀察水質變化，若有鎖定之污染目標即可自行設定監控頻率，提升稽查應用時效性。

3. 新增快速校正模式，改版校正 UI 介面，各測項可即時讀取的數據圖（圖 3-50），以利辨識校正是否穩定，校正自動判斷會新增一設定欄於數據圖下，預設可 Pass 之範圍值亦可自行調整可接受之範圍值。

4. 新增維運燈號，提供維運現場 dongle moniter 燈號、後臺燈號，包含呼吸燈、電量燈、網路燈等簡易亮號異常判斷(圖 3-51)。

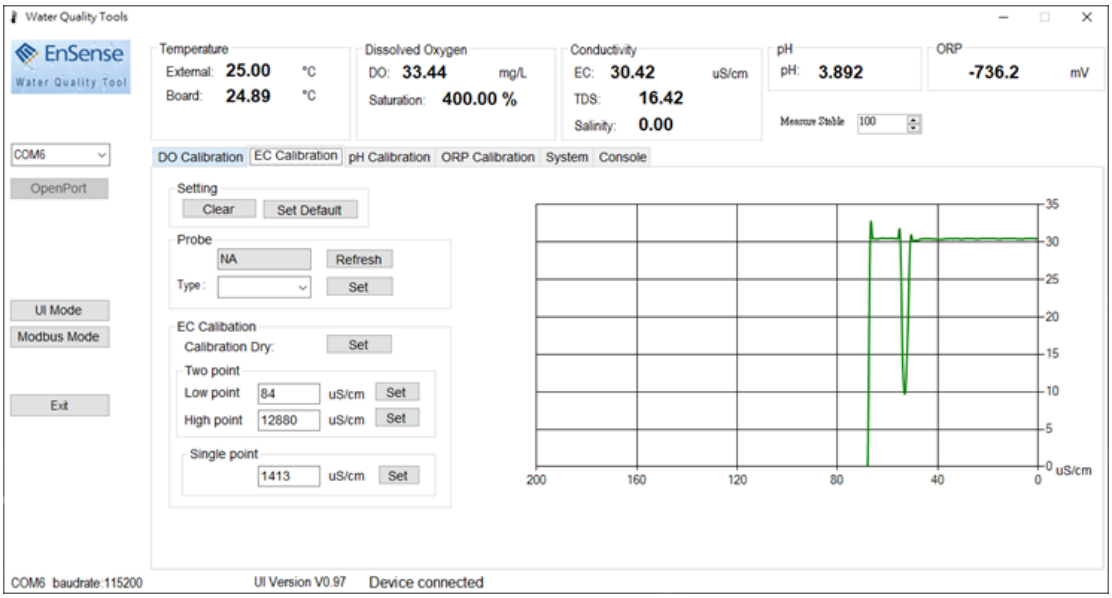


圖 3-50 快速校正模式 UI

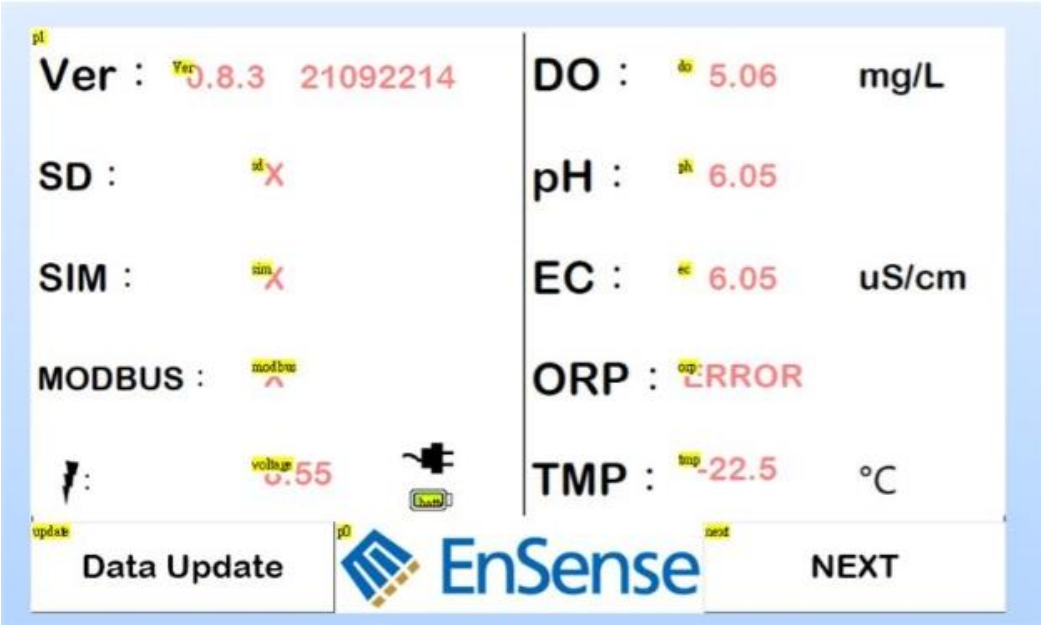


圖 3-51 維運外接螢幕燈號

(三) 感測元件：

水質感測器維持既有 1.0 版本水質感測項目，包括溫度、酸鹼值、電導度及溶氧，擴增 2 項感測元件擴充空間，並提供延長 7~10 米 cable 方案，提供使用者布建於污染水域便利性。

三、110 年 20 臺開發測試報告

設備開發後驗收方面，包含酸鹼值、電導度、溶氧、水溫等水質感測器；設備內部需包含整合水質與設備微控制器、通訊模組與定位模組、電源模組及設備溫濕度計，7 月 15 日已完成 20 臺設備出廠品保品管查驗且皆已達驗收標準，驗收文件可參考附件三。

四、實際場域驗證測試

上述 2.0 版本移動式感測器開發量產後，本計畫已完成進行各式測式，包含(1)同場域性能比對；(2)高階螢光法溶氧感測器性能比對；(3)強化對外販售量產出場測試項目；(4)布建場域測試結果建議，期望透過各項測試後，使得產品達到延長維運與提升數據品質及減少布建時間等三大目標，後續持續更新測試條件並驗證至本年度計畫結束，詳細測試結果如下：

(一) 同場域性能比對

本測試透過 2 臺同「2.0 版移動式感測器」與 1 臺「1.0 版移動式感測器」於新北市同場域進行性能比對，該場域為新北市新竹貨運行旁涵洞出流口，過去經常出現極端酸鹼值，可作為感測器敏感度與經過強化後之機構壓力測試極佳場域，測試條件說明如下表 3-18：

表 3-18 同場域性能比對表

設備	電力提供
2.0 版移動式感測器（橘線）	電池+太陽能板
2.0 版移動式感測器（灰線）	純電池

測試期間自 11 月 12 日起，截至數據於 11 月 26 日。水質感測器數據結果顯示 pH、電導度、溶氧、溫度於 2.0 版水質趨勢與數值相近且數據品質穩定，設備優化後測試誤差與數據品質標準如表 3-19 所示，測試結果如下圖 3-52~圖 3-55。

表 3-19 設備優化後測試誤差與數據品質標準

項目	優化設備測試誤差	本計畫品質標準
酸鹼度	<±0.5	±1.0
溫度℃	<±0.5	±1.0℃
導電度 (μS/cm)	<±10%	±15%
溶氧 (mg/L)	<±1.0	±1.0mg/L

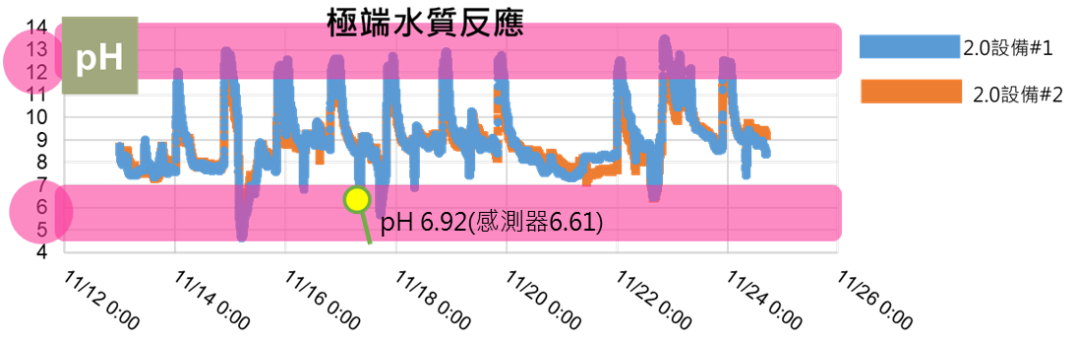


圖 3-52 同場域性能比對_pH

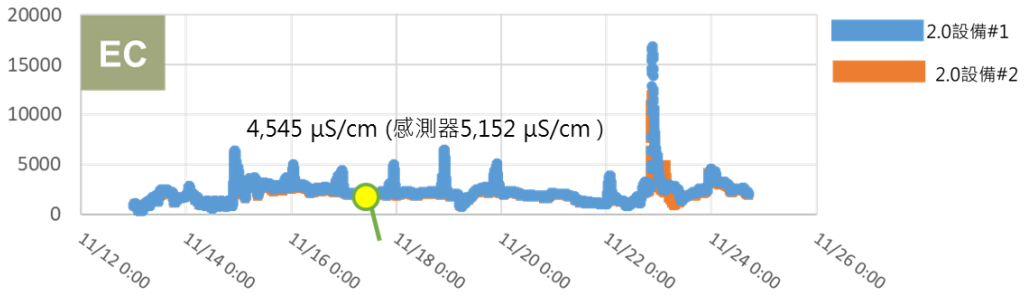


圖 3-53 同場域性能比對_電導度

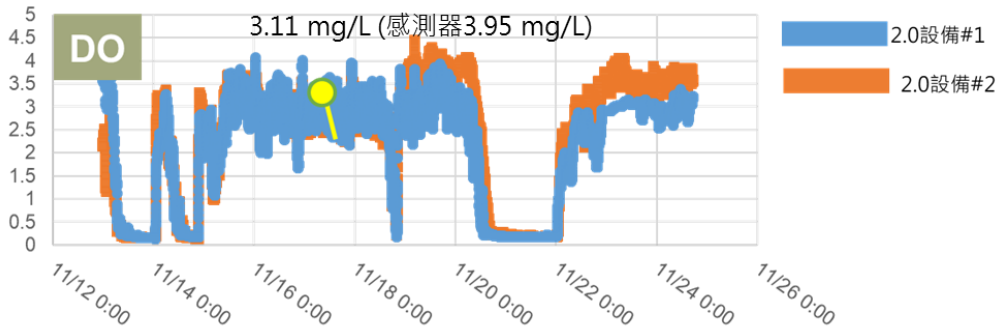


圖 3-54 同場域性能比對_溶氧

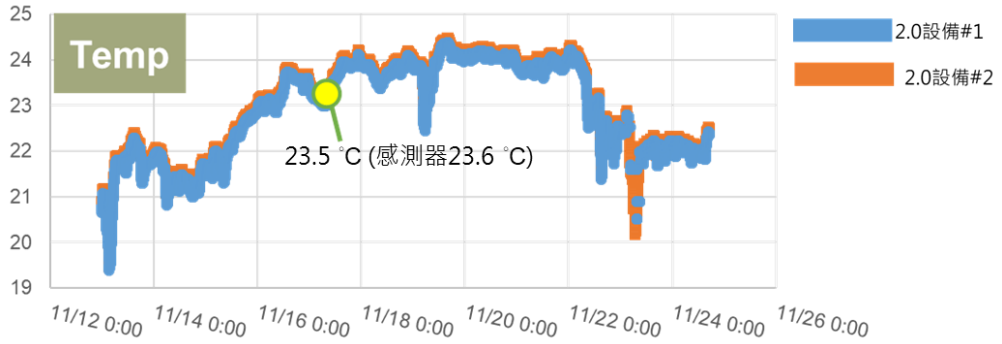


圖 3-55 同場域性能比對_溫度

(二) 高階溶氧感測比對

已於 10 月完成傳統薄膜法與高階螢光法溶氧感測器實驗室測試工作。實驗方式先以新鮮自來水作為量測標的，以環保署「水中溶氧檢測方法－碘定量法(NIEA W422.53B)」標準方法進行溶氧量測，經過三組滴定實驗後，透過溶氧計算公式計算(圖 3-56)，溶氧濃度介於 7.26~7.42 mg/L 之間(圖 3-57)；次之，本計畫掛測傳統薄膜法與高階螢光法溶氧感測器於新鮮自來水中，兩者讀值分別為 4.44 mg/L 與 7.56 mg/L(圖 3-58)。透過上述實驗結果可得知，標準碘定量法實驗一般自來水之溶氧約為 7 mg/L 左右，且高階螢光法溶氧感測器之數值也符合此方法測定下之數值，而傳統薄

膜法之溶氧感測器有被低估的現象。本工作於 11 月 5 日開始進行傳統薄膜法與高階螢光法溶氧感測器「實場測試工作」，於 11 月底進行數據分析工作。

（一）溶氧量計算公式：

$$\text{溶氧量 (mg O}_2\text{/L)} = \frac{A \times N \times \frac{32}{4}}{\frac{V_1}{1000} \times \frac{V - V_2}{V}} = \frac{A \times N \times 8000}{V_1} \times \frac{V}{V - V_2}$$

A＝水樣消耗之硫代硫酸鈉滴定溶液體積 (mL)

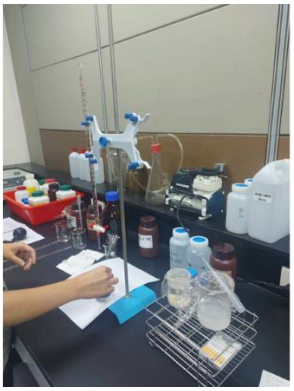
N＝硫代硫酸鈉滴定溶液當量濃度 (N)＝莫耳濃度 (M)

V_1＝滴定用的水樣體積 (mL)

V＝BOD 瓶之體積 (mL)

V_2：

1. V_2＝2 mL；水樣為立即測定時，V_2＝七、步驟（一）1 mL 硫酸亞錳溶液及 1 mL 鹼性碘化物－疊氮化鈉溶液總體積。
2. V_2＝6.7 mL；水樣為無法立即測定時，V_2＝六、採樣與保存（二）0.7 mL 濃硫酸和 1 mL 疊氮化鈉溶液及七、步驟（二）2 mL 硫酸亞錳溶液和 3 mL 鹼性碘化物溶液總體積。



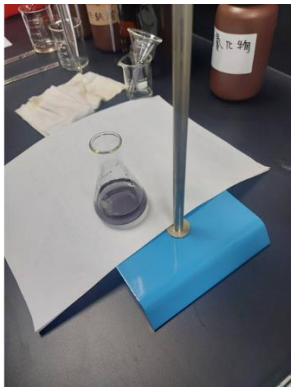


圖 3-56 水中溶氧檢測方法－碘定量法 實驗室新鮮自來水測定

硫代硫酸鈉滴定體積 mL	0.9		11/4用新鮮自來水	mg/L
硫代硫酸鈉當量濃度 N	0.025		第1次	7.42
水樣體積 mL	25		第2次	7.26
BOD瓶體積 mL	250		第3次	7.26
水樣是否為立即測定	是			
V-V2=	248			
溶氧量 mg/L =	7.26			

圖 3-57 水中溶氧檢測方法－碘定量法 實驗室新鮮自來水測定結果

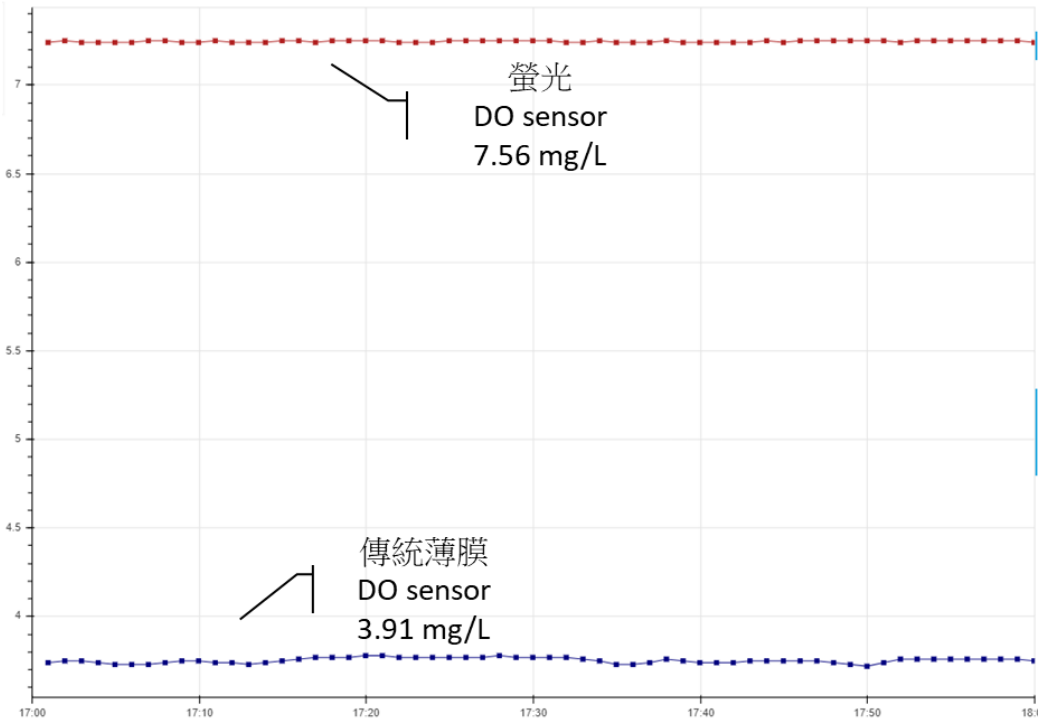


圖 3-58 傳統薄膜法與高階螢光法溶氧感測器 實驗室新鮮自來水測定結果

綜合上述以上兩種溶氧感測器，其優缺點比較表 3-20。目前本計畫所開發之水質感測器是使用傳統薄膜法進行量測，其缺點為：(1)維護量大且人力成本過高；(2)薄膜接觸水的時間越長，訊號飄移越大；(3) 電解液內氣泡對讀值不穩定，優點為：(1)售價便宜；(2)可大量布建。

相對傳統薄膜法，本計畫已額外進行高階螢光法電極之測試，其優點為：(1)無須更換電解液；(2)前端前端薄膜覆蓋螢光物質減少老化；(3)日常維護量低；(4)可大幅提升測量效率；(5)可用於工業廢水與養殖等。

未來策略，若螢光電極法數據品質如上述多項之優點，將評估未來其他購置本產品之加購件；不加購者，可不必內建溶氧感測器，降低購置成本。

表 3-20 傳統薄膜法與螢光法溶氧感測器比較表

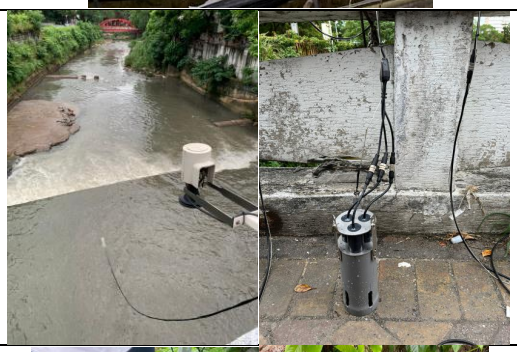
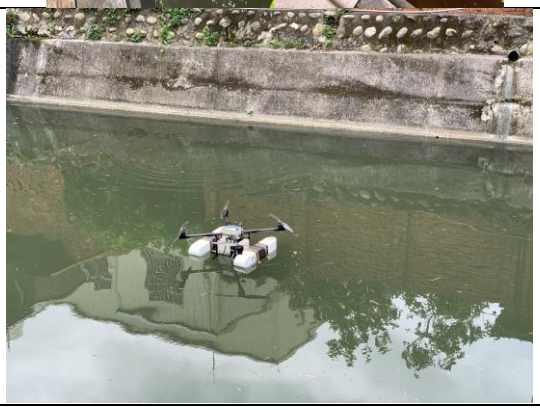
	圖片	優點	缺點
螢光法電極		1. 無需更換電解液前端薄膜覆蓋螢光物質減少老化 2. 日常維護量極低 3. 大幅提升測量效率 4. 可用於工業廢水與養殖等	售價高，約薄膜法 3 倍
傳統薄膜法電極		售價便宜 可大量布建	維護量大成本高 薄膜接觸水的時間越長，訊號飄移越大電解液內氣泡對讀值不穩定

(三) 布建場域建議

本計畫大量測試不同場域布建測試結果，包含數據品質表現與固定方式多方面嘗試後，彙整出最佳布建方案與布建工具應用及維運方法，提供給使用者後續布建場域情境規劃。目前初步布建場域內容如下表 3-21：

1. 具有浮具的設備，初步定義僅能布放至穩定封閉（半封閉）的水域。
2. 一般水域可將感測器綑綁後用水管套筒進行包覆後拋入監測水域進行量測，建議適用於 6 米以下場域進行布建。
3. 若監測場域有水流湍急或是大雨暴漲之疑慮，建議於岸上架設水管，建議適用於 4 米以下場域進行布建，避免發生人身安全疑慮。
4. 若監測場域需監控大範圍水質背景，需輔以動力設備，以免擱淺或是撞上暗礁。

表 3-21 2.0 移動式感測器布建方式

布建方式	圖例
具有**浮具**的設備，布放至穩定封閉（半封閉）的水域	
一般水域使用**水管套筒**進行包覆後拋入監測水域進行量測，適用 6 米以水域	
水流湍急或是大雨暴漲之疑慮，於**岸上架設水管**，適用於 4 米以下水域	
需監控**大範圍水質背景**，需輔以動力設備	

(四) 強化產品出廠報告

2.0 版本於未來量產販售前將進行多項測試報告與產品使用規範書，以確保使用者之權益與正常使用之保固規範，本計畫規畫內容如下，於量產前測試過程中持續更新條件，以達產品出貨時為最佳狀態，並預計於 11 月底提供 2.0 版本布建維運手冊提供使用者參考。

1. 設備使用規範

透過設備實驗室與實際場域進行軟硬體測試與改良後，定義以下各項使用規範內容，如：(1)水質感測器感測極限與誤差值；(2)感測頭使用壽命；(2)場域應用建議範圍；(3)通訊頻段；(3)電池續航力；(4)感測頻率。

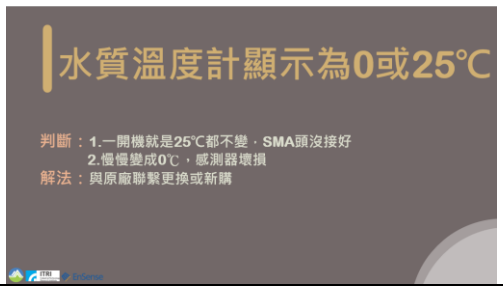
2. IP 第三方驗證

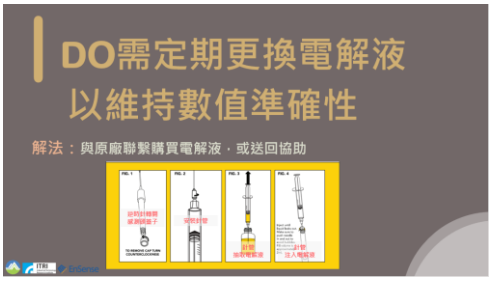
產品研發量產前，會將整組設備，送至第三方進行一般戶外電器產品（含成品與零組件）防水防塵測試，並提供至少 IP65 以上等級測試結果。

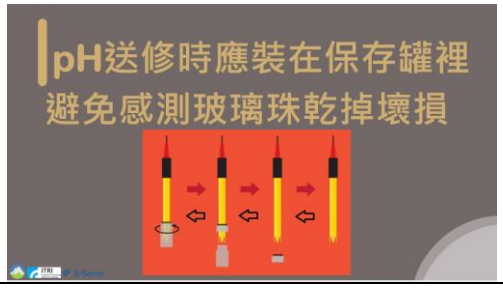
五、布建維運懶人包

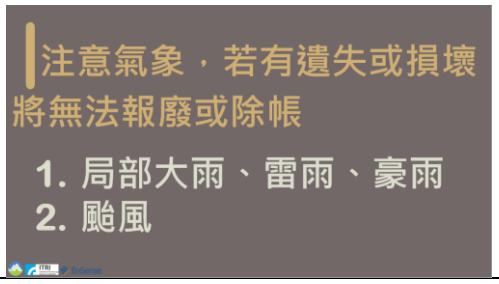
本計畫已於 109 至今，與各縣市環保局與其他跨單合作 1.0 版移動式感測器近 180 臺，於使用過程中蒐集各方常見問題後，製作布建維運懶人圖卡（表 3-22）。本文件已於 9 月 9 日發布各縣市承辦單位與維運廠商進行參考，以提高使用者自行排除問題之效率。

表 3-22 布建維運懶人圖卡









3.6 精進手持式水質感測器相關應用程式與推廣使用

環保署 108 年引領研發之手持式水質感測器，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 APP 功能隨測隨傳，目前 APP 具備功能包括：GPS 定位、照片上傳、感測器數據傳輸、歷史資料數據傳輸功能。由於該 APP 並未建立資料庫，數據需透過環保署環境物聯網平臺儲存，再以手機檢視。本計畫已事先完成設定事宜，當手持式設備透過手機 APP 上傳數據後，將先拋轉環保署 IoT 平臺，再由水科技物聯網平臺介接呈現。

該感測器於 109 年擴展納入合辦計畫，移交給各地方政府應用，本計畫持續蒐集使用者回饋意見，作為 110 年精進項目。問題可分為硬體端及應用程式端。其中，硬體問題若判定為正常使用狀況，屬 110 年保固範疇內，提供維修服務，若無法維修，則提供新品更換。另有關耗材更替問題，本計畫將於 5 月初提供各縣市環保局手持式感測元件耗材及校正液，至少可維持一年運作。

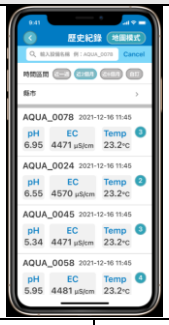
本工作為配合 110 年合辦計畫展開期程，已於 4 月 30 日完成手持式 APP 精進及資料拋轉功能[1]，後續期程將依據使用建議持續優化，相關精進內容如表 3-23

表 3-23 109 年手持式水質感測器使用意見回饋及解決方式

意見回饋/問題	解決方式
● 硬體	
藍芽連線	將感測器送回檢修
感測模組損壞	提供備品更換
按鍵不方便	撕掉保護膜再行使用、進行更換
● APP	
藍芽連線	利用下拉方式重新連線
現階段工作不清楚	於各階段設計提示說明
歷史資料不易查詢	第一階段：加上搜尋功能。第二階段：分群管理
● 後端資料庫/平臺	
無法互相查詢 ios 及 Android 上傳的歷史資料	已完成合併可互相查詢
上傳延遲或遺失	已討論出問題點，正與署內 IOT 資料庫團隊討論改進

[1] 應用程式下載連結：
Androoid: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.itri.wateriot2
IOS: https://apps.apple.com/tw/app/aquakit/id1486348034

表 3-24 110 年手持式水質感測器 APP 精進內容

水質感測頁面					
					
首頁分成水質感測、歷史紀錄、設備說明 3 個路徑，簡易清晰	內文字體放大，並將重要資訊簡化並跳色，操作一目了然	可修改資訊，按下「開始量測」才可進行量測	新增等待水質量測提醒	新增 MAP 游標，可移動確認	優化新增備註視窗，提供大塊輸入框與確認扭
					
優化新增照片的路徑，提供明確取用照片的視窗框	提供 4 組照片上傳空間， 點選可新增、可替換、可放大、可查看	新增照片上傳成功或失敗的訊息提醒使用者		新增打卡畫面，讓使用者做分享，可傳送至 FB、IG、LINE	
歷史紀錄頁面					
					
提供快速時區按鈕，提供近一週、近二週、近 6 個月或自訂	優化查表介面，以「抽屜式」提供設備資料存放	點入抽屜後以最新至最就呈現該設備感測資訊	新增縣市分類查找，讓資料範圍更聚焦	優化查表介面，以「地圖式」提供設備資料查找	點入後可依地圖位置確認設備量測結果

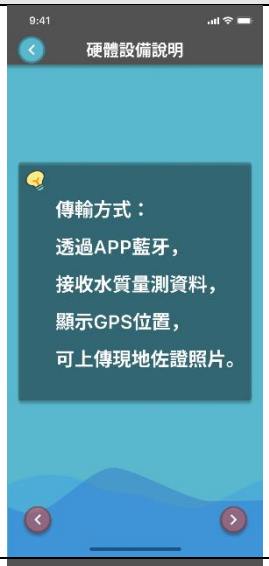
操作說明


設備說明頁
App 操作說明
設備規格說明
水質感測
歷史紀錄
一起來量測
生活周遭的
水質狀況吧
量測完了嗎？
這裡可以查詢
結果喔
到這裡看看
設備使用說明
設備說明
設備連結中...
請開啟設備
與手機藍芽配對中...
AQUA_0249 水質感測器
AQUA_0078 2021-12-16 11:45
pH 6.95
EC 4471 µS/cm
Temp 23.2°C
找到您的
感測器了
設備資訊頁
機台編號
AQUA_0249
使用者名稱
縣市環保局
事件/專案/流域
環境教育
開始測量
確認預設內容
都沒問題了嗎
量測完畢囉
上傳照片或是文字
記錄一下現場狀況
照片
備註
上傳感測資料
歷史紀錄
地圖模式
可以看看全臺灣
有多少數據喔
AQUA_0024 2021-12-16 11:45
pH 6.55
EC 4570 µS/cm
Temp 23.2°C
AQUA_0045 2021-12-16 11:45
pH 5.34
EC 4471 µS/cm
Temp 23.2°C
AQUA_0058 2021-12-16 11:45
pH 5.95
EC 4481 µS/cm
Temp 23.2°C
時間區間
縣市
選擇時間
或是縣市看看
過去數據的表現吧
點入後有更多
歷史資料喔
AQUA_0078 2021-12-16 11:45
pH 5.85
EC 4885 µS/cm
Temp 23.8°C
AQUA_0078 2021-12-16 11:45
pH 6.85
EC 4577 µS/cm
Temp 24.2°C
AQUA_0078 2021-12-16 11:45
pH 6.75
EC 4657 µS/cm
Temp 23.8°C
清單模式
Taiwan
縮放地圖
並點入位置標示
可以看到數據喔

設備說明


9:41
硬體設備說明
手持感測器可以做為
以下的應用喔：
1.河川巡守
2.工業廢水監督
3.生活用水把關
4.產業應用監測


9:41
硬體設備說明
尺寸：
長206mm
寬50mm
厚45mm

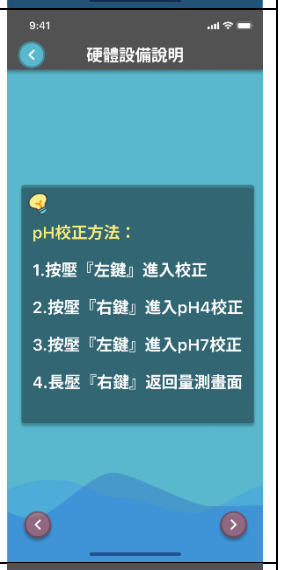

9:41
硬體設備說明
傳輸方式：
透過APP藍牙，
接收水質量測資料，
顯示GPS位置，
可上傳現地佐證照片。


9:41
硬體設備說明
(左) 模式 / 校正切換按鈕
顯示螢幕
(右) 量測 / 輸入按鍵
開啟按鍵
校正 / 量測杯
酸鹼值、電導度
與溫度量測模組（感測頭）


9:41
硬體設備說明
感測本體
感測頭
螺絲帽


9:41
硬體設備說明
2顆AAA電池(4號)

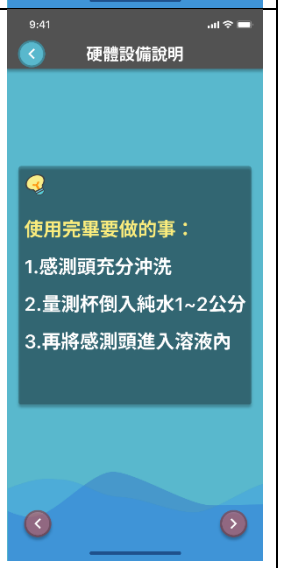

9:41
硬體設備說明
4步驟完成量測：
1.感測頭必須沖洗乾淨
2.用量杯撈取水
3.與APP配對成功
4.按壓『右鍵』開始量測
EPA
AquaKit

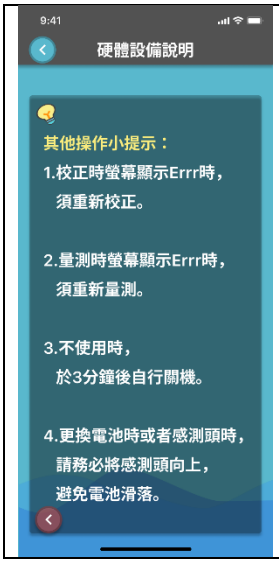

9:41
硬體設備說明
pH校正方法：
1.按壓『左鍵』進入校正
2.按壓『右鍵』進入pH4校正
3.按壓『左鍵』進入pH7校正
4.長壓『右鍵』返回量測畫面


9:41
硬體設備說明
左鍵
右鍵
左鍵
常壓右鍵
CAL
pH校正
4.0
pH4校正
7.0
pH7校正
EPA
量測畫面
每個月都要記得重新校正唷


9:41
硬體設備說明
EC校正方法：
1.按壓『左鍵』進入校正
2.按壓『右鍵』
進入EC0.147校正
3.按壓『左鍵』
進入EC5.000校正
4.長壓『右鍵』返回量測畫面


9:41
硬體設備說明
左鍵
右鍵
左鍵
常壓右鍵
EPA
CAL
EC校正
0.147
0.147校正
5.000
5.000校正
量測畫面
每個月都要記得重新校正唷


9:41
硬體設備說明
使用完畢要做的事：
1.感測頭充分沖洗
2.量測杯倒入純水1~2公分
3.再將感測頭進入溶液內

 9:41 硬體設備說明 其他操作小提示： 1.校正時螢幕顯示Errr時， 須重新校正。 2.量測時螢幕顯示Errr時， 須重新量測。 3.不使用時， 於3分鐘後自行關機。 4.更換電池時或者感測頭時， 請務必將感測頭向上， 避免電池滑落。	-	-	-

第四章 、多樣化水質感測器執行效益評估及產業化應用

一、現況說明

本計畫應用電化學與光學分析法搭配抽換式無線通訊模組，研發與精進包括：pH、溫度、電導度、化學需氧量(COD)、重金屬、餘氯與濁度等即時線上水質感測元件，組裝適用不同應用場域之廣布型感測器，本年度完成 195 套移動式、300 套手持式與優化 30 組固定式感測器。提供各環保單位環境水質感測系統之建置，達到即時監控水質狀況之目的。

目前已廣布並向各環保單位發放上述之各式水質感測器並有初步的應用分析及案例。為更有效掌握發放後之感測器具體效益，本計畫將針對場域性質所應用的感測器進行討論。用多樣化感測器「點線面」三維一體合縱連橫支撐並立體化高效化智慧水聯網，

二、執行策略與方法

本計畫持續分析各感測器於縣市環保局使用情形、各應用場域數據分布、感測數據衰減情形，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，針對具高效益應用點位，分析關鍵感測項目、安裝場域種類及位置，依據本年度布建之 30 台固定式水質感測器感測數據，篩選 21 件水質異常事件，並分析固定式水質感測器可應用的多元化場域，研提高階動力式水質感測器適用情境及可發揮效益用於 2 處場域以及 ORP 或軟式太陽能板移動式水質感測器適用情境，持續檢討並調整水科技物聯網應用平台提供感測器資料介接之架構及規範。

三、預期效益

應用多樣化水質感測器在多元環境場域透過實際案例分析鎖定高效益點位，利用空間與時間搭配 GIS 分析應用大數據與數據分析統計，框列出高風險場域提供稽查與滾動反饋。多觸角進化高階動力式水質感測器並執行場域驗證，化被動為主動，自主脫離、改變感測位置，搭配水科技物聯網即時監控數據資訊，使用者可將設備快速帶往可疑污染熱區，增加水質採樣時效性與便利性。擴增水質應用場域至商業養殖，開拓水質感測器可應用場域。整合多樣化水質感測器，以「點線面」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。

4.1 全方位盤點多樣化水質感測器應用效益

為進一步提升水聯網應用效益，本節規劃解析固定式、移動式及手持式感測數據，盤點感測數據範圍為 109 年度與地方政府合辦水質感測器合辦試驗應用計畫起至合辦計畫結束為止（即自 109 年 9 月 1 日至 110 年 3 月 31 日），該區間為三種水質感測設備運用頻繁、數據量大且具有期感測效益之區間。所有感測數據依據其感測器應用場域、感測目的與縣市別分類，分析結果將分為元件衰減指標、數據品質指標、場域數據分析、環境應用效益指標做結果與探討，其結果可作為未來選點、設備選用及數據趨勢判讀參考。

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，以確保未來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。

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結果圖 4-1 顯示，過去固定式感測器在元件更換比例上電池占大多數，而感測器優化後電池改良加上太陽能板可維持 30 天的電力，在安裝上以能接市電為優先，其次為日照充足的點位以發揮太陽能板的功效。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，如圖 4-2，主控傳輸模組、感測控制模組與電源供應模組，在河川、工業區以及零星工廠，元件有較高之更換頻率，若水流過大、外殼沒鎖緊或因水體複雜腐蝕外部零件，就有可能使滲入的水傷及內部各類機板與電路，在維運工單上的備註也顯示更換元件頻率高為設備進水居多，顯示其外部防水防蝕的重要性，因此如前述須注意各種狀況對水量所造成的影響。後續也精進了移動式感測器，縮小體積、重量與護欄面積，降低吃水線高度，減少進水的可能。在固定式與移動式感測器布建初期，均有許多問題須進行環境測試與改良，大部分的問題在後續進行感測器優化後已大幅改善，也降低了維運時程與頻率。

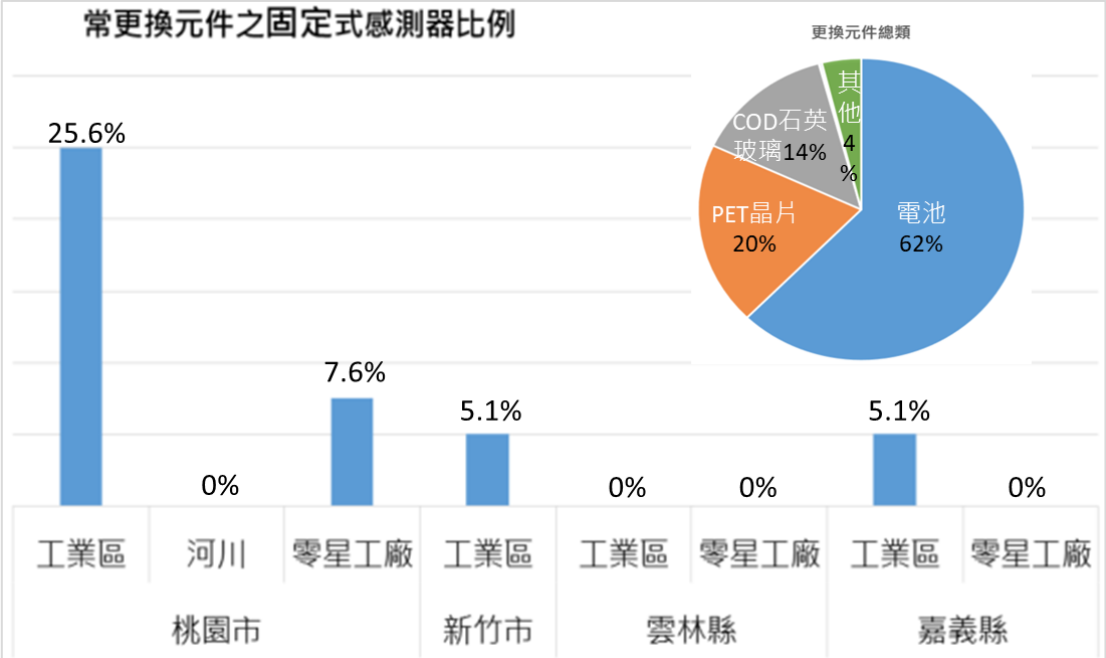


圖 4-1 常更換元件之固定式感測器數量占比與更換元件種類占比

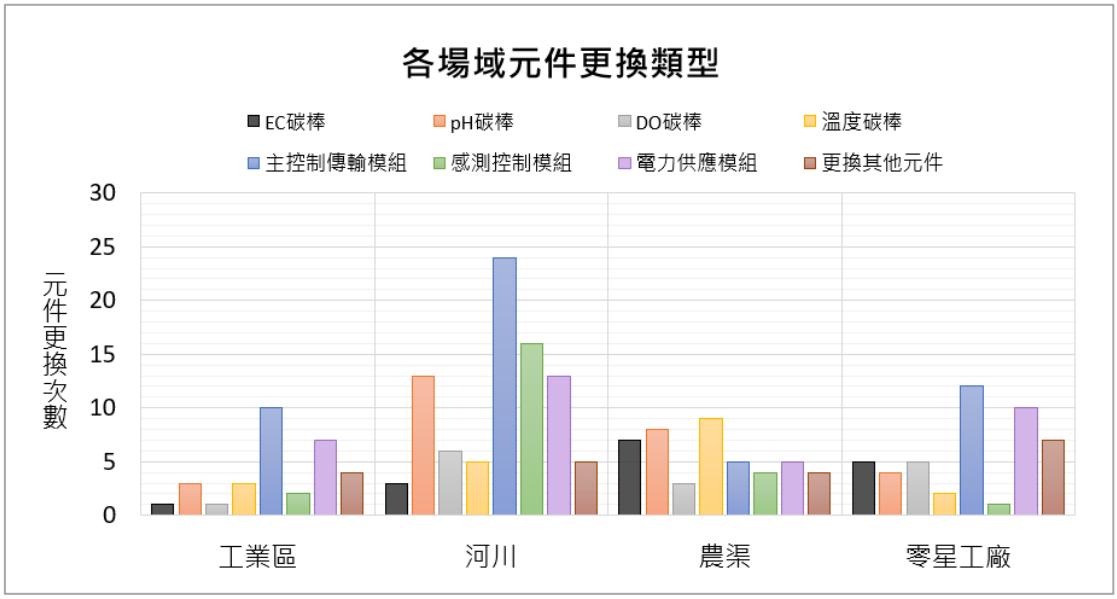


圖 4-2 移動式感測器各場域元件更換類型

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，在執行感測器數據分析時，可依據表 4-1 各場域與產業別水質排放特性來判斷水質異常與否，是否有超排，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評估與移點，以提升各感測點位之效益。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。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，電導度是個良好的依據，以電導度是否低於 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電導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，電導度常會有所起伏，由此也可得知，所選點位的水量狀態評估的重要性。

表 4-1 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

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
	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

數據分析完成後方可進行點位效益的評估，確認各感測項連動關係，篩選出高效益點位，如圖 4-3，依據環境效益指標分析顯示，固定式感測器在工業區與零星工廠的高效益點位較多，推測為工業區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。而移動式感測器如圖 4-4 與圖 4-5，高效益點位則位於河川與農渠，主要為過去位於農渠的布建點位行業別紀錄為多種行業，顯示附近行業別較為多元，推測附近的水質因為行業多元而較為複雜。而河川則有許多畜牧業聚集，因此易造成水質污染，如電導度易較高、酸鹼值偏高以及重金屬相關的污染，因此水質感測異常次數會較高。篩選出高效益點位後，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。(詳細內容見附件四)

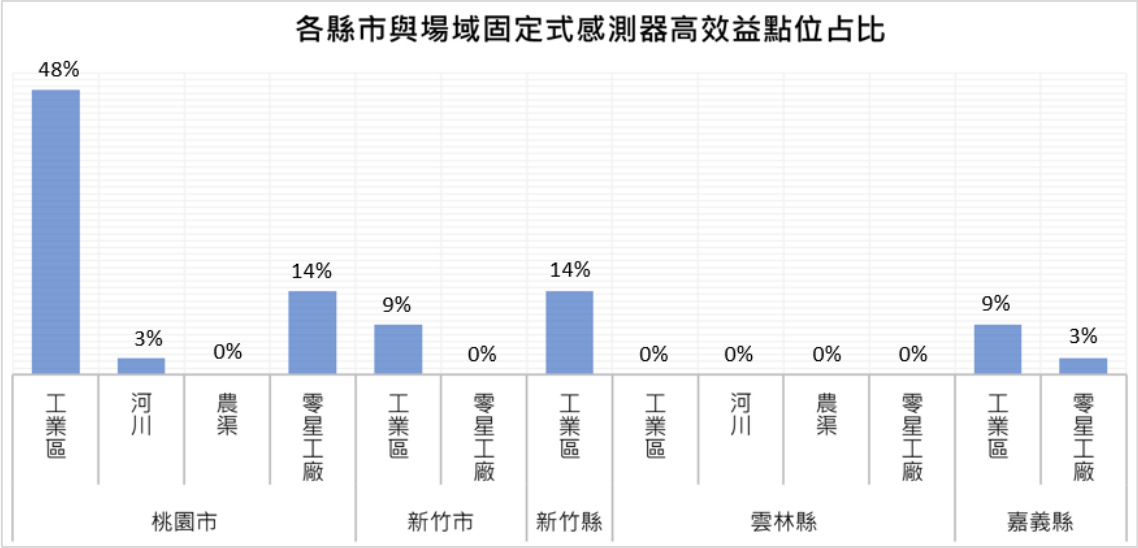


圖 4-3 各縣市與場域固定式感測器高效益點位占比

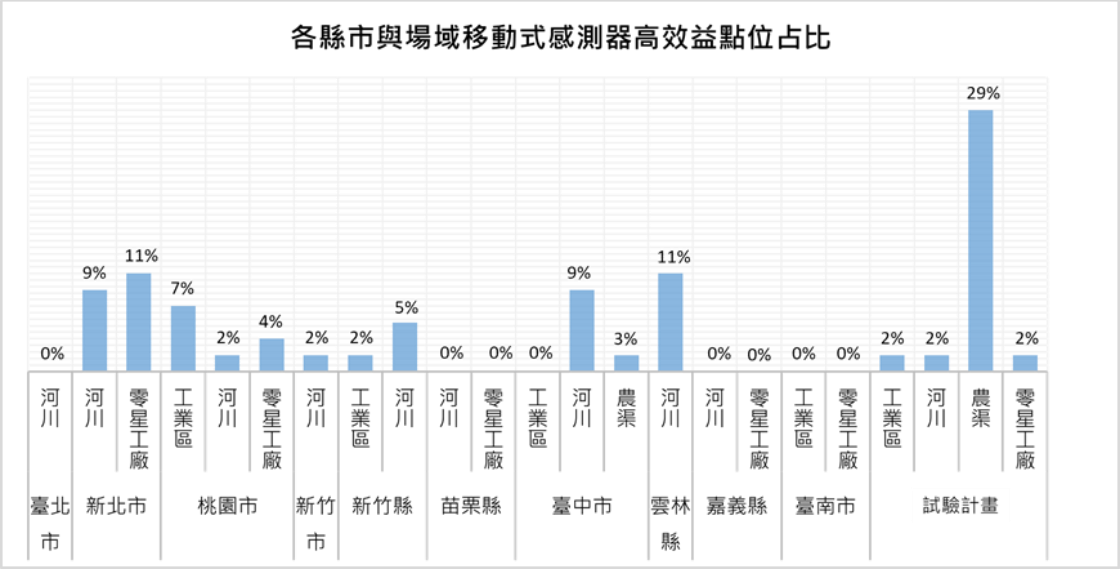


圖 4-4 各縣市與場域移動式感測器高效益點位占比

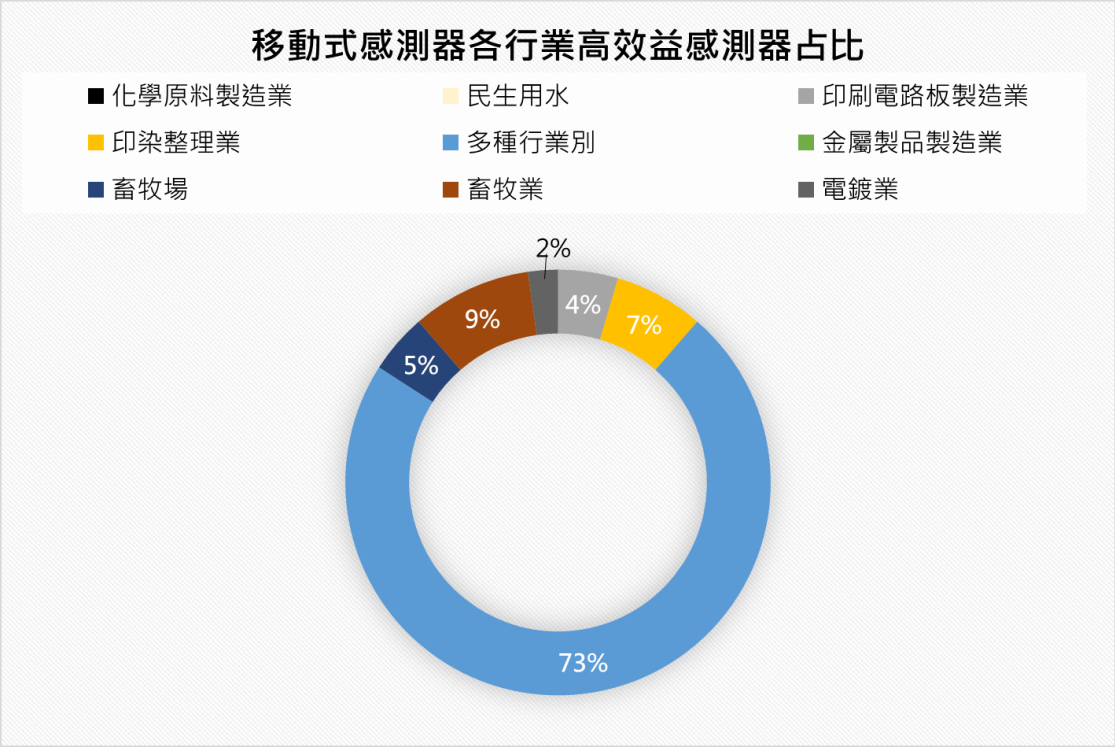


圖 4-5 移動式感測器各行業高效益感測器占比

4.2 分析固定式水質感測器數據及篩選異常案例

本工作依據 30 臺水質感測器感測數據，綜合應用平臺分析功能以及過去分析多樣化水質感測器感測數據應用評估報告之經驗，以大數據分析、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，並解析每次案件之異常時間頻率，截至 4 月，原 30 臺布建位置及應用目的與 5 月點位檢討後更改布建點位如圖 4-6。於本計畫期間利用感測數據分析，由感測數據異常預警、自動通報、數據分析、追蹤可疑污染源資，結合相關數據及資料彙整等如圖 4-7，篩選有固定污染排放時間且可疑污染源之明確標的，今年目標需完成篩選 20 件水質異常事件，並依環保署及環保局現場需要，協助必要之執法技術及儀器支援。

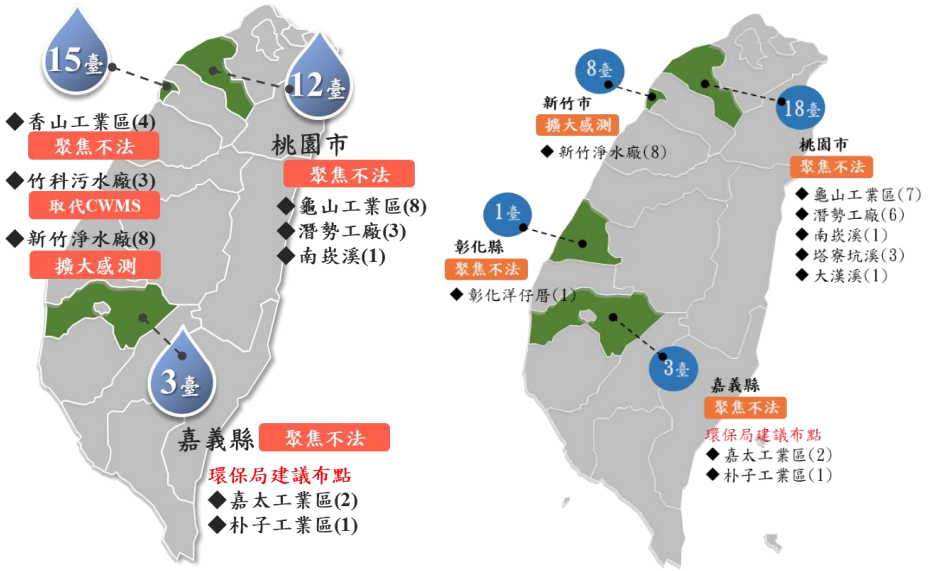


圖 4-6 水聯網 30 臺固定式感測器布建位置（移點前左，移點後右）

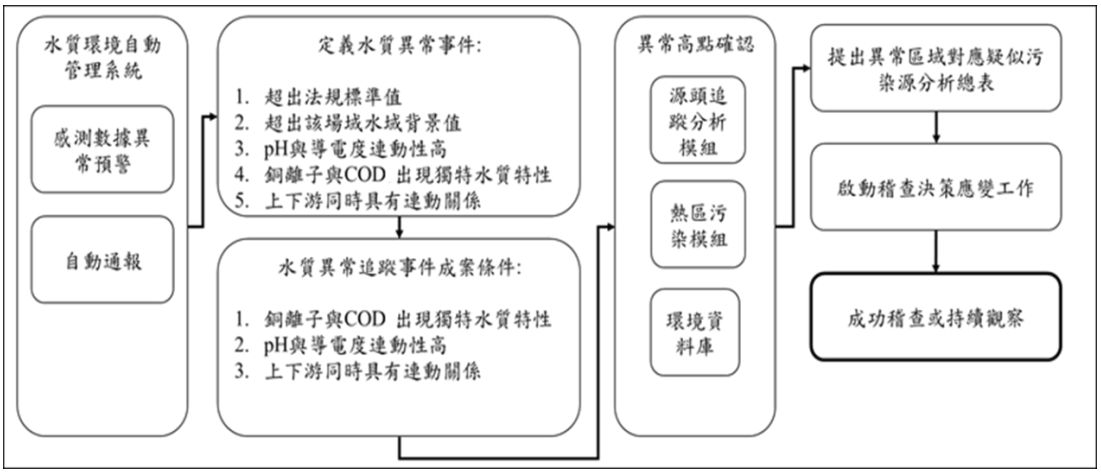


圖 4-7 水聯網分析篩選異常案例流程

4.2.1 水質感測器數據分析方法論

依據多樣化水質感測器感測數據應用評估報告分析經驗，以及利用過去成功篩選出水質異常案例，並與地方政府合作連結後端稽查執法，所建立相關篩選程序，將導入至今年分析流程。以水質布建轄區為範圍，針對轄區內之污染徵兆事件，經解析後以八階段進行管理，包含限縮污染可疑範圍、污染異常事件提供、整合異質資料勾稽可疑對象、鎖定可疑目標、深入分析污染事件特徵、確認不法事件行為模式、進行現場稽查、建立智慧執法成功案例等。依據各階段管理程序說明如下。限縮污染可疑範圍

(一) 週期性污染：

1. 使用 WIoT 或 IoT 平臺監控感測器變化，發現特定時段出現持續性高值的現象，懷疑是特定工廠於特定時段排放，也可從平台快速得知某感測器目前狀態來即時監控，如圖 4-8。

2. 進一步使用 WIoT 或 IoT 平臺熱區分析功能，抓出污染高值的重點區域，再去空間搜尋周邊可疑工廠，列出可疑工廠名單。

平鎮區大坑坎溪主流

站號：	TW010100EW100027	
IMEI：	355001091342419	
pH	7	-
溫度	24.7	℃
導電度	1279	μs/cm
溶氧	1.7	mg/L
電壓	6.7	V
電流	-141	mA
濕度	70.74	%RH
RSSI	-67	dBm
ORP	-	mV
座標：	24.912,121.196	
更新時間：	2021/10/29 13:53	

圖 4-8 WIoT 平台感測器即時狀態

(二) 突發性污染：

1. WIoT 或 IoT 平臺 24 小時 365 天持續監控工業區的感測器濃度變化，當出現數值高濃度群聚現象時，系統將即時發送 Line 告警通知，提醒數據分析人員或第一線的稽查人員。

2. 即時從變化趨勢觀察，藉此鎖定可疑的污染發生地點。

四、污染異常事件提供

由計畫管理團隊（PMO）於每 2 週提送各縣市污染熱區及污染時間分析報告，再由環保署監資處視需求通知相關單位如督察總隊及縣市環保局，各環保單位依據事件特性進行資訊確認與事件分案。

五、整合異質資料勾稽可疑對象

由相關單位進行資料勾稽，依據污染熱區及污染時段勾稽熱區範圍內列管工廠、行業別、裁罰紀錄及其他異質資料。並由水科技物聯網應用平臺（WIoT）提供高污染事件記錄資料及分析資料，以利勾稽可疑事業單位，如圖 4-9。

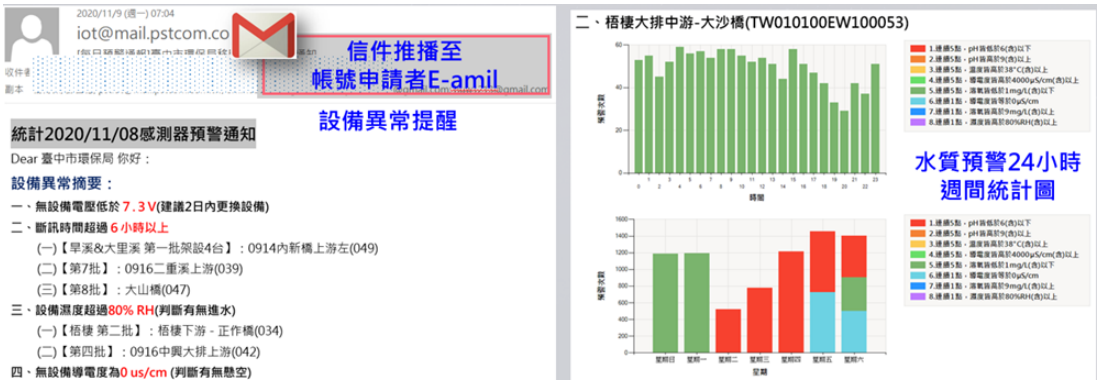


圖 4-9 數據分析推播

六、鎖定可疑目標

於每兩個月，由計畫管理團隊（PMO）提供高可疑工廠周邊感測點數據紀錄及分析成果，是需求協助提供稽查單位調度機動感測器加強高可疑工廠周邊布點，以鎖定可疑目標工廠給督察總隊或各縣市環保局。

七、深入分析污染事件特徵

持續由計畫管理團隊（PMO）協助提供稽查單位調度機動感測器加強高可疑工廠周邊布點，由水科技物聯網應用平臺（WIoT）提供高可疑工廠周邊感測點數據紀錄及分析成果，並於雙週報持續鎖定可疑目標工廠，並提供 24 小時熱力圖來解析不法排放之行為特徵。

八、確認不法事件行為模式

PMO 團隊協助分析高可疑工廠污染行為及排放時間，提供相關單位參考。並依據不法事件行為模式及事件規模，會合檢、警、調偕同辦案，進行現場稽查布局。由水科技物聯網應用平臺（WIoT）協助持續提供高鎖定高可疑目標工廠，另提供即時告警服務。

九、進行現場稽查作業

依據行為模式分析結果，預測下次偷排時間並事先佈局，由相關單位主導，透過科學採樣舉證，執法裁處不法排放工廠。並由計畫管理團隊（PMO）持續追蹤與協助各環保執法單位稽查成果，達成智慧執法之目標。

十、建立智慧執法成功案例

由計畫管理團隊（PMO）彙整各單位稽查成果與智慧執法成功案例，並研擬精進方案，由水科技物聯網應用平臺（WIoT）協助建立現場稽查成功案例之感測點數據紀錄資料，並回饋智慧判讀之機制，例如依據水質異常特徵設定並限縮感測數據告警範圍，最後由環保署監資處記錄與回饋各環境執法單位稽查成果與成功案例，以強化智慧執法之環境治理能量。

其中，藉由水科技物聯網應用平臺（WIoT）輔助限縮污染可疑範圍方法可歸納以下三步驟：

(一) 第 1 步先由 WIoT 平臺「預警統計」功能初篩，再以人工判讀數據時空異常，透過時間趨勢圖，統計水質異常時間，掌握排水特性。

(二) 第 2 步以平臺「污染專案」功能追蹤，自動通報仍異常測站，鑑定污染排放介入點。

(三) 第 3 步統計易出現異常之污染時段，並篩選污染源頭提供環境執法，積極與中央地方提出異常案例事件，並持續追蹤稽查執法進度（圖 4-10）。

圖 4-10 水質異常事件判定規則

此外，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。依據目前歷史數據分析、環保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可參考多樣化水質感測器感測數據應用評估報告分析結果。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；且需注意感測位置有可能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。

4.2.2 水質感測器數據分析結果

截至 10 月 31 日共有 21 件異常水質案件，短期間或過去曾發生水質異常的共有 10 件，至今仍不定時發生水質異常的有 11 件，如表 4-2。其中在 4 月 23 日前已有一件龜山工業區 S5 裁處案與一件潛勢污染工廠 S4 進場輔導案。龜山工業區 S5 測站為針對食品公司，觀察 1 個月數據變化後，於 3 月 11 日偕同北督、桃水、桃稽查大隊、土基會，查獲可 O 可 O 公司 pH 12.6 雨排超標行為，已開立稽查處分書並裁罰 36.05 萬元，目前超標情況已鮮少發生如圖 4-11; 目前偶而出現突發性 pH >9 些微超標以及 COD>130 mg/L 情形，例假日出現 pH<6 之異常，如圖 4-12。潛勢污染工廠 S4 為針對電子零組件業工廠之千 O 企業，從去年至今仍經常性於每日中午出現 COD> 150 mg/L、EC> 2,000 μS/cm 高值，屬再犯工廠，於 108 年至 109 年 6 月間，共有三次 COD 超標裁罰紀錄，桃園市環保局已於 109 年 4 月進廠輔導，但感測到 COD 水質異常至今仍不定時發生，如圖 4-13。龜山工業區 S2 為針

對印染整理業之崑 O 企業，從 110 年 1 月即開始有 pH>9 與 pH<6 出現超標情形，且 COD 長時間>130 mg/L，於 110 年 10 月有進行稽查發現 SS 53.2 mg/L 超標，進行裁處，感測到 COD 異常至今仍不定時發生，超標時段常於每日下午發生，如圖 4-14 與圖 4-15。龜山工業區 RD_04 為監測龜山工業區下游污水處理廠雨排，在過去 1-4 月間較常發生 COD> 130 mg/L，如圖 4-16，目前已鮮少發生。朴子工業區 I_1 與嘉太工業區排水道 I_1 均位於嘉義縣，分別為監測工業區金屬表面處理業與染整業，朴子工業區 I_1 水質異常特徵為 pH>9 與 COD>130 mg/L，至今仍不定時發生，如圖 4-17。而嘉太工業區排水道 I_1 為過去經常發生 pH>9 與 COD>130 mg/L，如圖 4-18，目前由於現地常無水而較無規律發生之情況。香山工業區 I_1 與香山工業區 I_16 分別為監測洗衣服務業與多家金屬表面處理業，香山工業區 I_1 水質異常如圖 4-19，於 2 月 19 日與 2 月 22 日偵測到 pH>9 之超標，並於後續稽查到洗衣業的尚 O 企業排放 pH11 之超標廢水，予以裁處。香山工業區 I_16 水質異常如圖 4-20，於超排期間幾乎每日均有 pH<6 超標，EC>1,000 µS/cm 連動。

5 月於點位檢討與移點後，已有 3 件依據感測器異常案件啟動與中央地方合作 SOP，進行水體採樣確認，整理污染出現時段、強度及可能污染源背景後通知環保署。其中南崁溪流域工廠 S_10，主要針對砂石業之石 O 工業，長時間 pH >9，至今不定時升高，最高約 pH 10 上下，並於每次維運時持續採水以手持式感測器確認現場 pH 值與平臺數據相符，並提供超標時段統計熱力圖如圖 4-21，建議相關主管機關稽查。另南崁溪主流 R_25 主要針對吉祥公園南崁溪上游觀察電子業與金屬業，獲議員陳情，於 109 年開始裝設點位，其感測之水質異常主要為不定時 pH>9，最高約 pH 11.2，且電導度連動，超標時段統計如圖 4-22，於週一至週六下午到晚間有較多的超標次數。另一案件南崁溪潛勢污染工廠 S_13，為監測金屬表面處理業之臺 O 科技，於 7 月 1 日布建後，當天採水 COD 295 mg/L 與 SS 6 mg/L，臺 O 科技於 7 月 5 日致電詢問布建原因，已告知了解水質背景; 經觀察，該水質異常為 pH 長時間偏低，部分時段 pH<6，超標時段統計在深夜較常發生，如圖 4-23，水質異常主要發生於七與八月。南崁溪潛勢污染工廠 S_11 為監測印刷電路板製造業之連 O 興業，其感測之水質異常為短時間 pH<6 或 pH>9 些微超標，EC>1,000 µS/cm

連動; COD 不定時長時間>130 mg/L，超標時段常持續一整天，如圖 4-24。龜山工業區 I_S1 與龜山工業區 I_S6 分別為監測電子零組件之群 O 科技股份有限公司與印刷電路板製造業之佳 O 興業股份有限公司，兩者均為 COD> 130 mg/L 之超標情形如圖 4-25 與圖 4-26，其中龜山工業區 I_S6 約每日規律於上班時段排水，不定時超標。

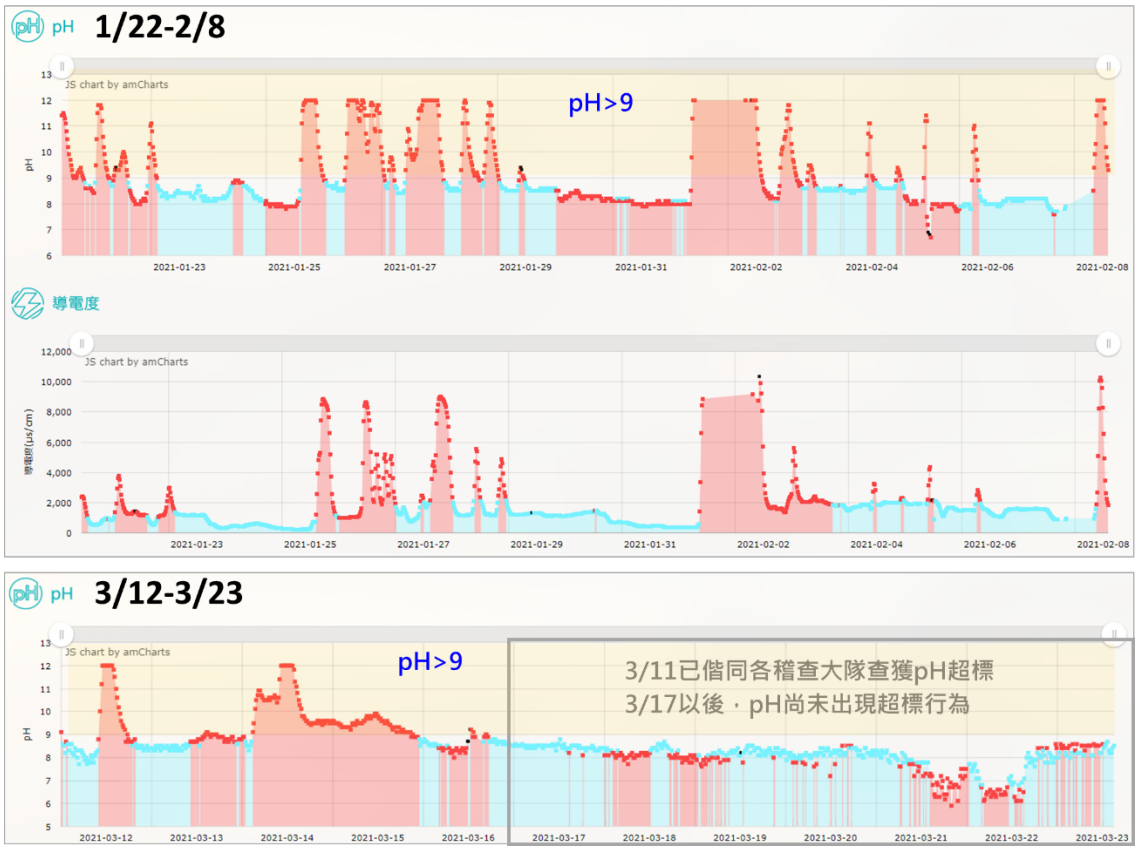
新增之點位亦有其感測效益，如桃園市塔寮坑溪 R_1 為新增之點位，為感測水質背景而設點，約於每日下午 17:00 排水，於九月中開始不定時 pH>9 超標，且 EC>500 μS/cm 連動，亦有採水以手持式感測器確認現場 pH 值與平臺數據相符，如圖 4-27 所示。新北市塔寮坑溪 S_1 亦為新增之點位，為感測東 O 電子而新設點，其為印刷電路板製造業，於 110 年 10 月底開始感測到水質異常，為 pH>9 與 pH<6 不定時超標，銅離子於 10/28 起長時間升高至 1 mg/L 上下，最高約 2.6 mg/L，pH、EC>2,000 μS/cm 與 Cu 連動，如圖 4-28，須再拉長時間觀察其超標時段是否有規律性。為其餘水質異常案件與統整列表如表 4-2，感測之水質異常均會持續觀察兩週，持續四週將啟動採水措施以手持式感測器或採水去實驗室檢測確認固定式感測器無異常，後續則會持續觀察超標時段是否有規律性與建議環保署及相關單位進行稽查並提供必要之協助。

表 4-2 水質污染事件總表

編號	測站名稱	水質異常項目	疑似污染源	異常期間及時間	發生期間
1	龜山工業區 RD_04	COD >130 mg/L 高值訊號，且超過法規標準	雨水匯流	半夜 00:00-3:00	一~四月
2	龜山工業區 S2	pH>9 與 pH<6，且 COD 長時間>130 mg/L	崑 O 企業	中午 11:00-12:00	至今不定時發生
3	潛勢污染工廠 S4	COD >130 mg/L	千 O 企業	經常於中午出現高值	至今不定時發生
4	龜山工業區 S5	pH >10 高值	可 O 可 O 公司	固定 12:00、00:00	一~三月
5	朴子工業區 I_1	pH >9，且 COD 為長時間>130 mg/L	自排金屬表面處理業	COD 長時間發生	至今不定時發生

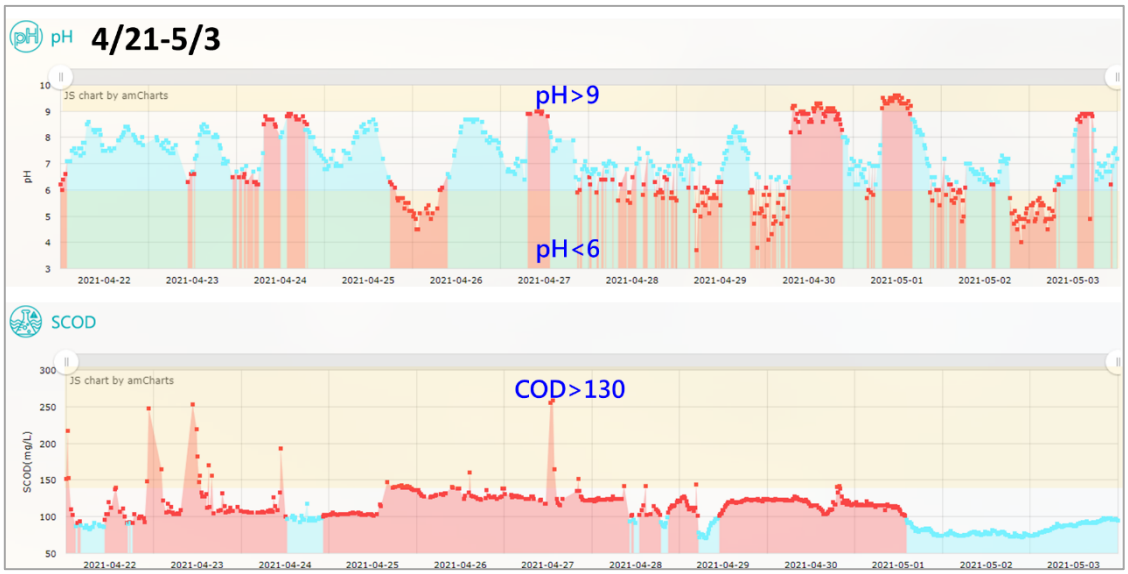
編號	測站名稱	水質異常項目	疑似污染源	異常期間及時間	發生期間
6	嘉太工業區排水道 I_2	EC 與 COD 出現高值，且 COD >100 mg/L	嘉太工業區左半邊工廠	COD 長時間發生	固定中午時段
7	南崁溪流域工廠 S10	pH >9 高值	石 O 工業	每日 12:00~23:00	至今持續發生
8	南崁溪主流 R25	pH >9 高值，EC 連動	吉祥河濱公園南崁溪上游	經常於下午時段排水，不定時超標	至今持續發生
9	香山工業區 I_1	pH>9	監測下游多家工廠	固定時間，每天 9:00 至 11:00；過年期間正常	二月
10	香山工業區 I_16	pH<6，EC>1,500 異常排水	多家金屬表面處理業	固定時間，每天半夜至清晨出現；過年期間正常	二、三月
11	龜山工業區 S5	3/11 稽查後出現其他異常污染。pH >9 些微超標情形，例假日出現 pH<6、EC<100 異常	可 O 可 O 公司	例假日期間	四月
12	龜山工業區 S2	pH<6 出現超標，COD 長時間>130 mg/L	崑 O 企業	下午時段 12:00-15:00	七月～至今
13	南崁溪潛勢污染工廠 S_11	pH<6 或>9 出現超標，EC 連動，COD 不定時長時間>130 mg/L	連 O 興業	不定時超標，常持續一整天	七月～至今
14	南崁溪潛勢污染工廠 S_13	pH<6 出現超標	臺 O 科技	經常於深夜至清晨	七、八月
15	南崁溪潛勢污染工廠 S_14	COD 經常>130 mg/L	龜山水資中心放流水監測（CWMS 比對）	不定時超標，每次約持續 4 小時	七月
16	嘉太工業區排水道 I_1	pH>9 高值，COD 長時間>130 mg/L	匯流及染整業	COD 長時間發生，pH 不固定	七月
17	龜山工業區 RD_12	不定時 COD>130 mg/L	污水處理廠雨排	不定時超標，每次至少持續 3 小時	七月
18	龜山工業區 S1	COD 長時間>130 mg/L	群 O 科技股份有限公司	週二至五 8:00-16:00	九月至今
19	龜山工業區 S6	COD 長時間>130 mg/L	佳 O 興業	每日約 10:00-21:00	八月至今

編號	測站名稱	水質異常項目	疑似污染源	異常期間及時間	發生期間
20	塔寮坑溪 R_1	pH>9 高值，EC 連動	背景調查	不定期下午 17:00-22:00	九月至今
21	塔寮坑溪 S_1	pH>9 與 pH<6 超標，Cu 約 1 mg/L 上下，最高約 2.6 mg/L，pH、EC 與 Cu 連動	東 O 電子	pH>9 週三與四 16:00-18:00，pH<6 週三 6:00-10:00	十月底至今



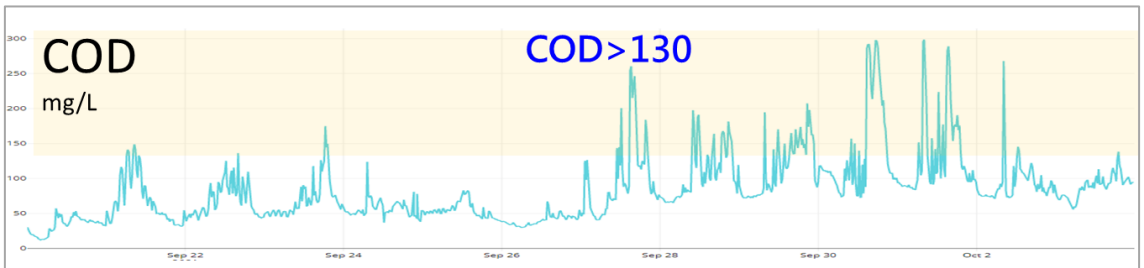
（本圖以 1 月 22 日-3 月 23 日超標時段為例）

圖 4-11 龜山工業區 S_5 1-3 月水質異常特徵



（ 本圖以 4 月 21 日-5 月 3 日超標時段為例 ）

圖 4-12 龜山工業區 S_5 4 月水質異常特徵



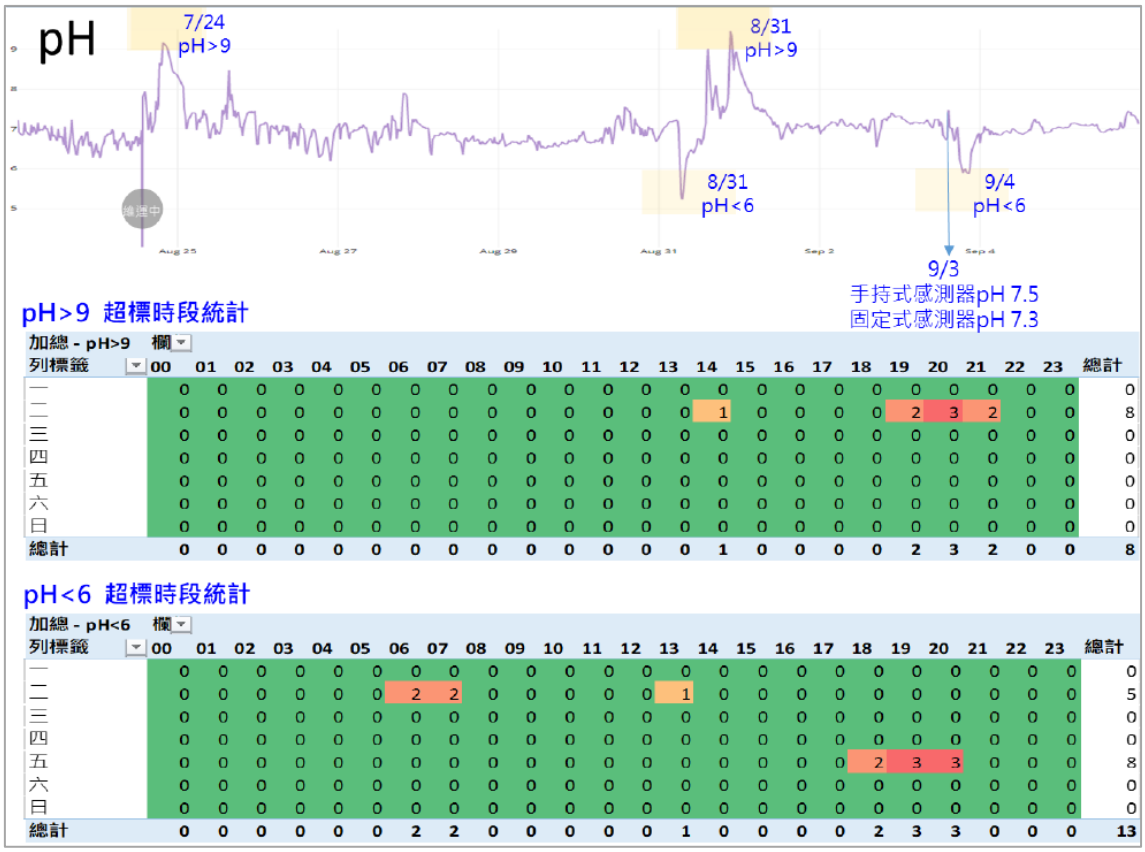
COD>130 超標時段統計

加總 - COD>130 欄標籤

列標籤	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
一	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	3	3	0	0	2	1	0	0	0	13
二	0	0	0	0	0	0	3	0	3	2	2	2	2	0	2	0	2	0	1	2	3	3	0	0	27
三	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	1	2	0	2	4	3	2	3	3	3	2	0	29
四	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	3	2	4	5	4	3	0	0	0	25
五	0	0	0	0	0	0	1	1	3	1	1	1	2	1	1	3	3	3	3	1	0	0	0	0	25
六	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
總計	0	0	0	0	0	0	4	2	8	3	6	7	10	3	5	11	14	10	11	13	10	6	2	0	125

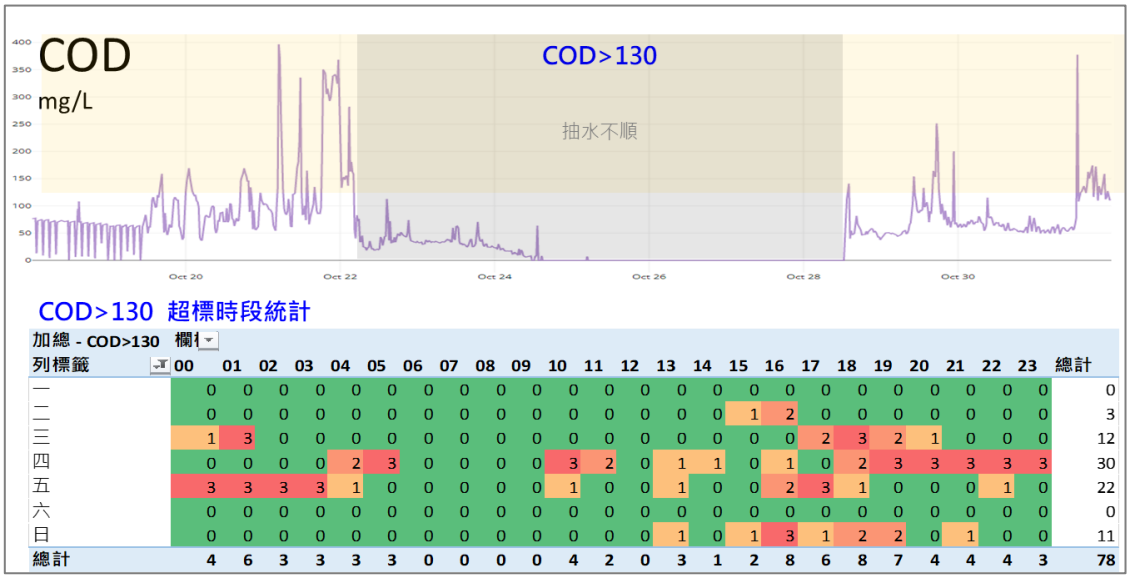
（ 本圖以 9 月 21 日-10 月 2 日超標時段為例 ）

圖 4-13 南崁溪潛勢污染工廠 S_4 水質異常特徵與超標時斷統計之熱力圖



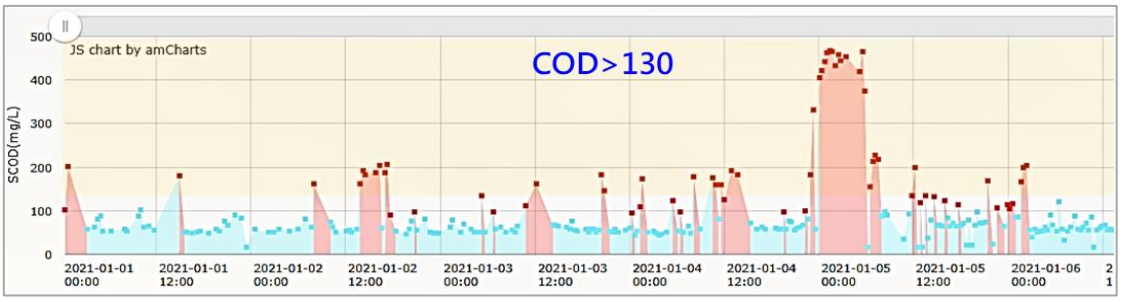
（ 本圖以 8 月 24 日-9 月 4 日超標時段為例 ）

圖 4-14 龜山工業區 S_2 pH 水質異常特徵與超標時斷統計之熱力圖



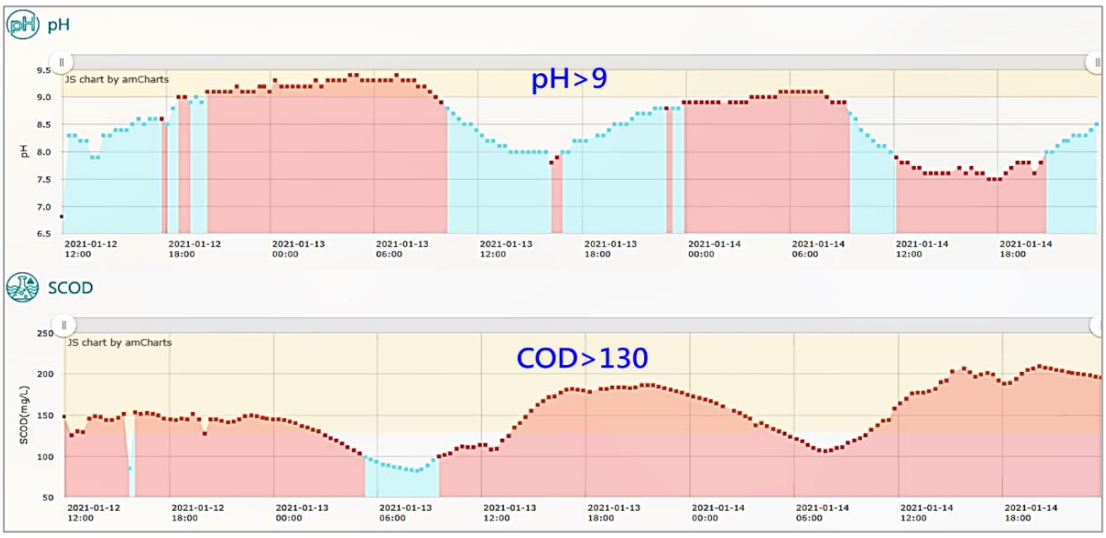
（ 本圖以 10 月 19 日-10 月 31 日超標時段為例 ）

圖 4-15 龜山工業區 S_2 COD 水質異常特徵與超標時斷統計之熱力圖



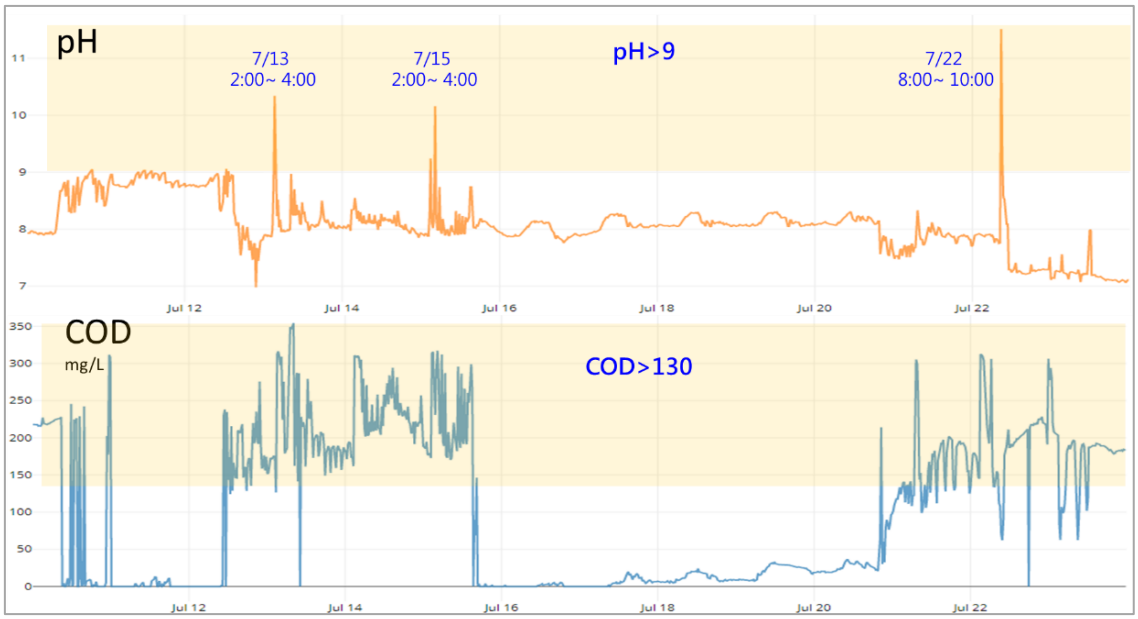
（ 本圖以 1 月 1 日-1 月 6 日超標時段為例 ）

圖 4-16 龜山工業區 RD_04 水質異常特徵



（ 本圖以 1 月 12 日-1 月 14 日超標時段為例 ）

圖 4-17 朴子工業區 I_1 水質異常特徵

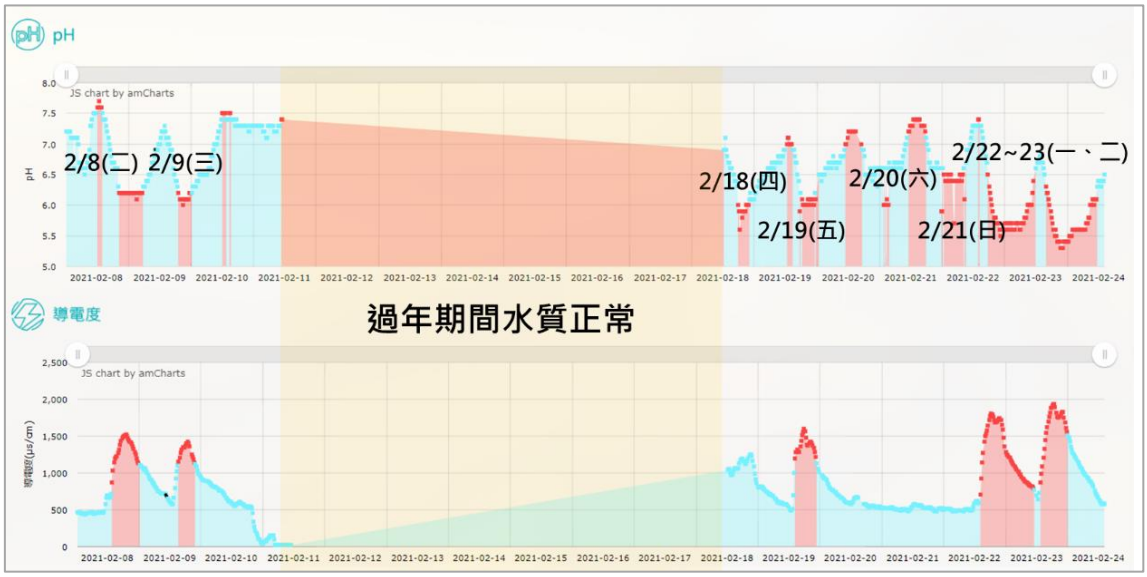


（ 本圖 7 月 11 日-7 月 22 日超標時段為例 ）

圖 4-18 嘉太工業區排水道 I_1 水質異常特徵

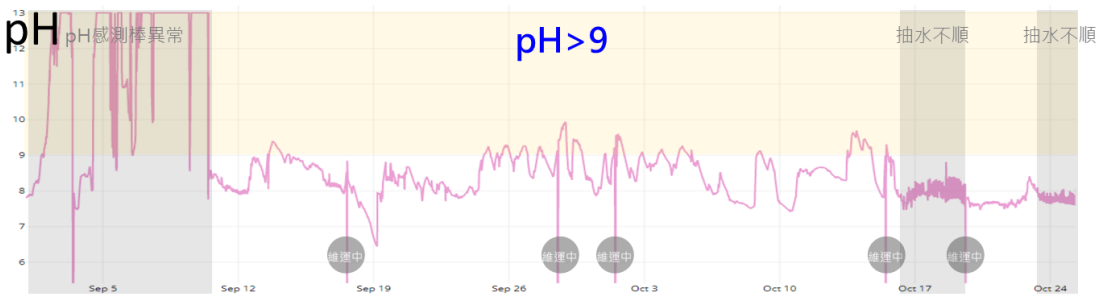
（ 本圖 1 月 3 日-3 月 28 日超標時段為例 ）

圖 4-19 香山工業區排水道 I_1 水質異常特徵



（ 本圖 2 月 8 日-2 月 24 日超標時段為例 ）

圖 4-20 香山工業區排水道 I_16 水質異常特徵

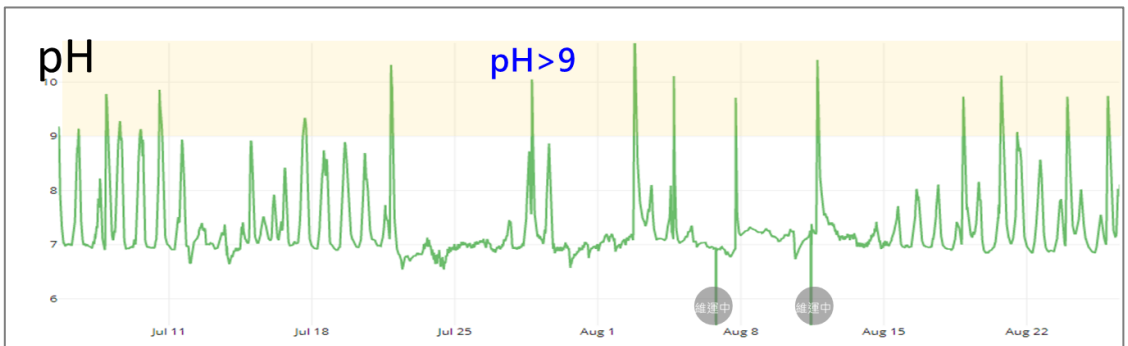


pH>9 超標時段統計

加總 - pH>9 欄																									
列標籤	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	3	6	4	6	6	6	6	6	7	6	6	70
二	6	6	6	4	5	3	2	0	0	0	2	5	2	6	6	5	3	3	3	3	3	3	3	3	82
三	1	0	0	0	0	0	1	2	3	3	3	3	6	4	3	5	6	5	3	3	3	2	3	3	62
四	0	0	0	0	0	1	2	3	3	3	0	0	0	0	0	1	2	3	0	0	0	0	2	3	23
五	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4	3	3	3	3	6	6	8	9	9	9	8	76
六	7	4	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	2	3	3	3	4	6	6	4	3	49
日	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3	3	4	6	6	6	6	6	4	52
總計	19	11	7	4	5	4	5	5	6	8	7	11	18	17	22	23	26	30	27	30	33	33	33	30	414

（ 本圖以 9 月 4 日-10 月 24 日超標時段為例 ）

圖 4-21 南崁溪潛勢污染工廠 S_10 水質異常特徵與超標時斷統計之熱力圖

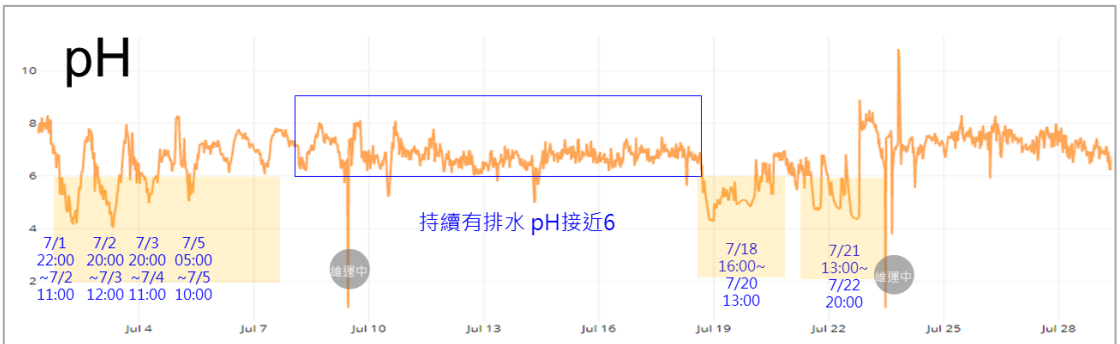


pH>9 超標時段統計

加總 - 欄																									
列標	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
一	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	3	3	2	1	3	18
二	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
三	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	4	4	7	11	6	41
四	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	13
五	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	2	0	3	3	3	1	0	0	0	16
六	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	6	6	4	2	1	0	0	0	0	0	29
日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
總計	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	12	16	9	4	9	12	10	8	9	12	9	126

（ 本圖以 7 月 10 日-8 月 22 日超標時段為例 ）

圖 4-22 南崁溪主流 R_25 水質異常特徵與超標時斷統計之熱力圖

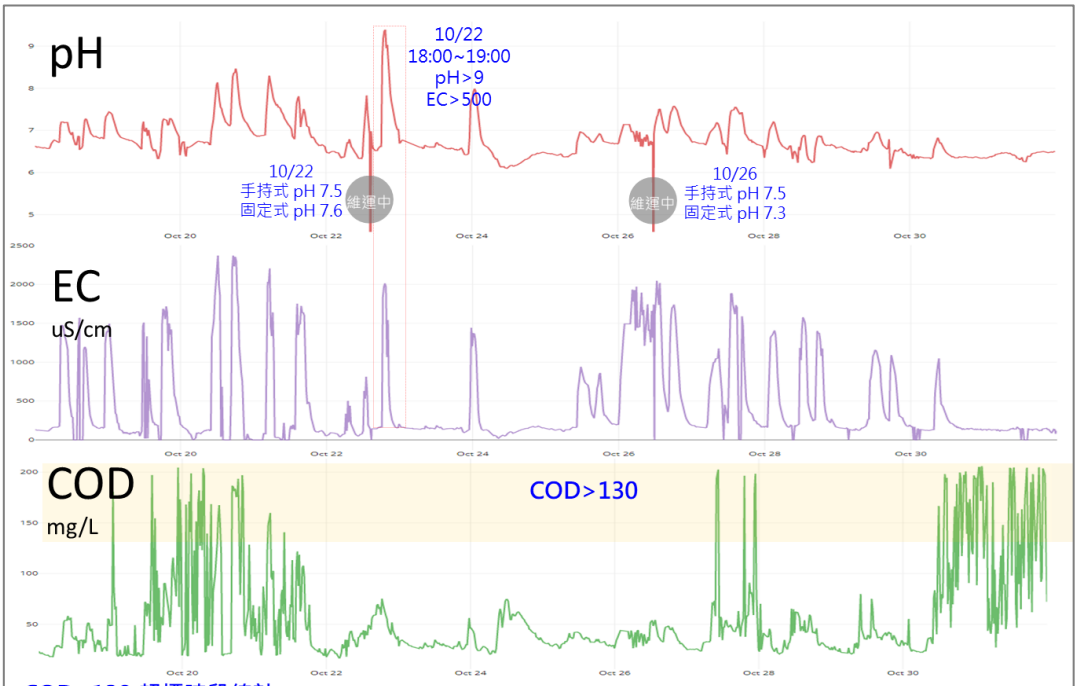


pH 超標時段統計

加總 欄																									
列	00時	01時	02時	03時	04時	05時	06時	07時	08時	09時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	總計
一	3	3	3	4	3	3	5	5	6	6	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	84
二	3	3	0	3	1	1	1	0	1	3	1	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
三	0	1	1	3	2	0	1	3	4	2	2	0	0	3	3	3	3	3	3	1	0	0	0	2	40
四	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	3	3	2	2	1	1	3	1	0	0	3	3	54
五	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	2	3	44
六	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	4	6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	48
日	1	0	1	2	3	3	4	4	3	3	1	2	0	0	0	0	1	3	3	3	3	3	3	3	49
總計	16	16	14	21	18	17	21	21	24	24	15	14	14	11	8	9	8	10	13	8	7	7	12	14	342

（本圖以 7 月 1 日-7 月 28 日超標時段為例）

圖 4-23 南崁溪潛勢污染工廠 S_13 水質異常特徵與超標時斷統計之熱力圖

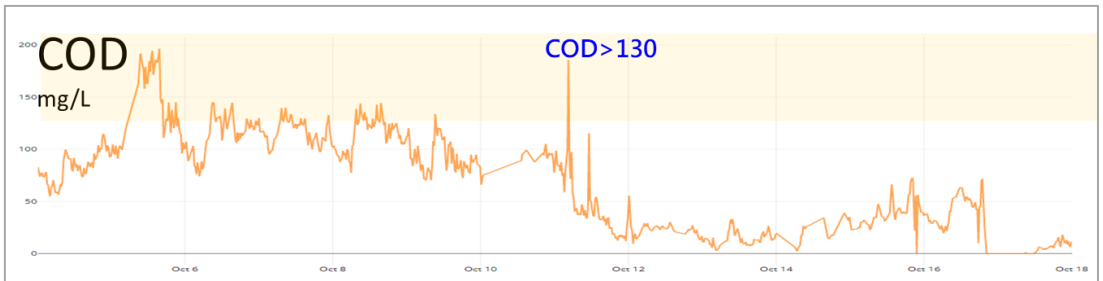


COD>130 超標時段統計

加總 - COD>130 欄																									
列標籤	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
一	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
二	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	6
三	0	1	3	0	1	2	2	1	1	2	2	1	2	0	0	0	2	3	3	2	1	0	2	0	31
四	0	0	0	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
五	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
六	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	2	0	1	2	2	2	3	2	2	2	21
日	2	3	2	3	0	1	0	0	0	1	0	3	2	1	1	1	1	1	1	1	0	2	1	1	28
總計	3	4	5	3	3	4	2	1	1	4	2	5	4	4	4	1	4	6	6	5	4	4	6	5	90

（本圖以 10 月 19 日-10 月 31 日超標時段為例）

圖 4-24 南崁溪潛勢污染工廠 S_11 水質異常特徵與超標時斷統計之熱力圖



COD>130 超標時段統計

加總 - COD>130 欄標籤

列標籤	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
一		0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
二		0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	3	2	3	3	3	3	0	1	1	0	2	0	0	26
三		0	0	0	0	0	0	0	1	3	2	2	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	14
四		0	0	0	0	0	0	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	7
五		0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	11
六		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
日		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
總計		0	0	0	0	1	0	0	2	6	8	9	5	2	4	6	8	4	0	1	1	0	2	1	0	60

（ 本圖以 10 月 6 日-10 月 18 日超標時段為例 ）

圖 4-25 龜山工業區 I_S1 水質異常特徵與超標時斷統計之熱力圖

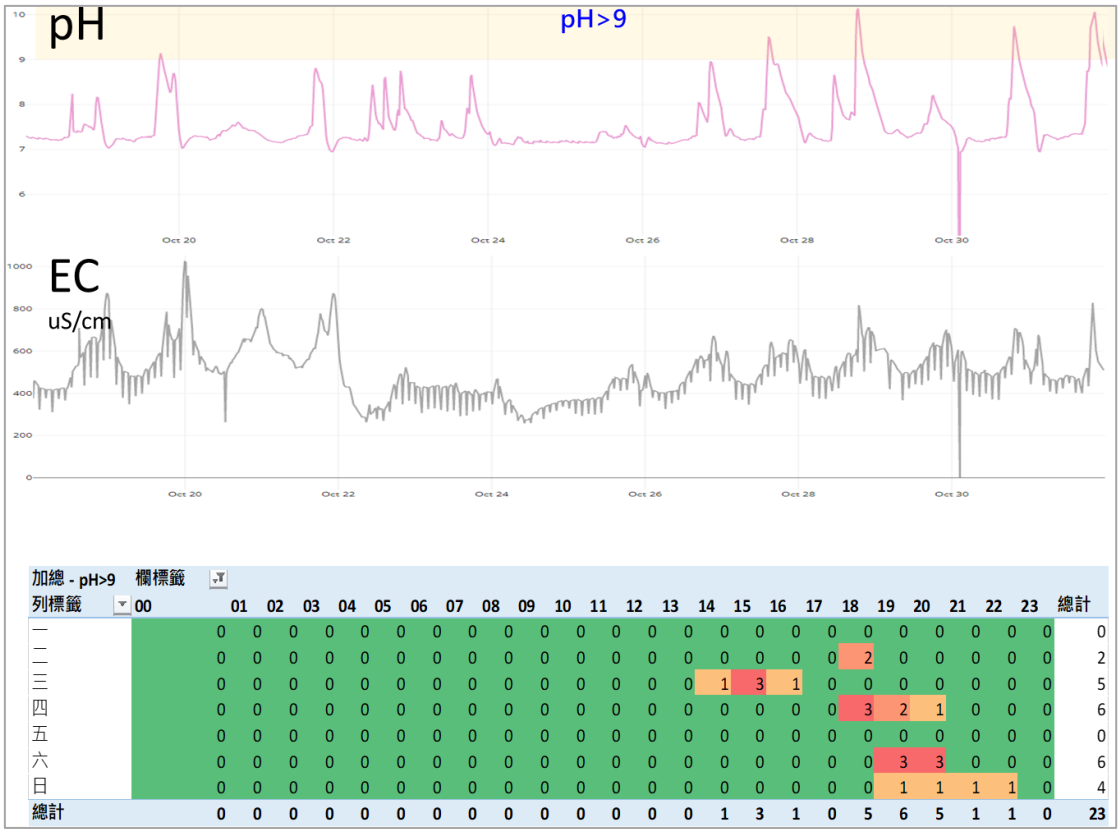
COD>130 超標時段統計

加總 - COD>1: 欄標籤

列標籤	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
一		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
二		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	1	1	6
三		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	2	0	0	5
四		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
五		0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	3	3	3	3	3	3	3	0	2	3	3	3	0	37
六	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	3	3	3	0	0	0	0	1	6	3	3	2	32
日		0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	5	4	3	3	3	3	3	2	1	2	2	0	0	39
總計	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10	13	10	10	9	6	6	7	3	6	12	11	7	3	119

（ 本圖以 9 月 9 日-9 月 19 日超標時段為例 ）

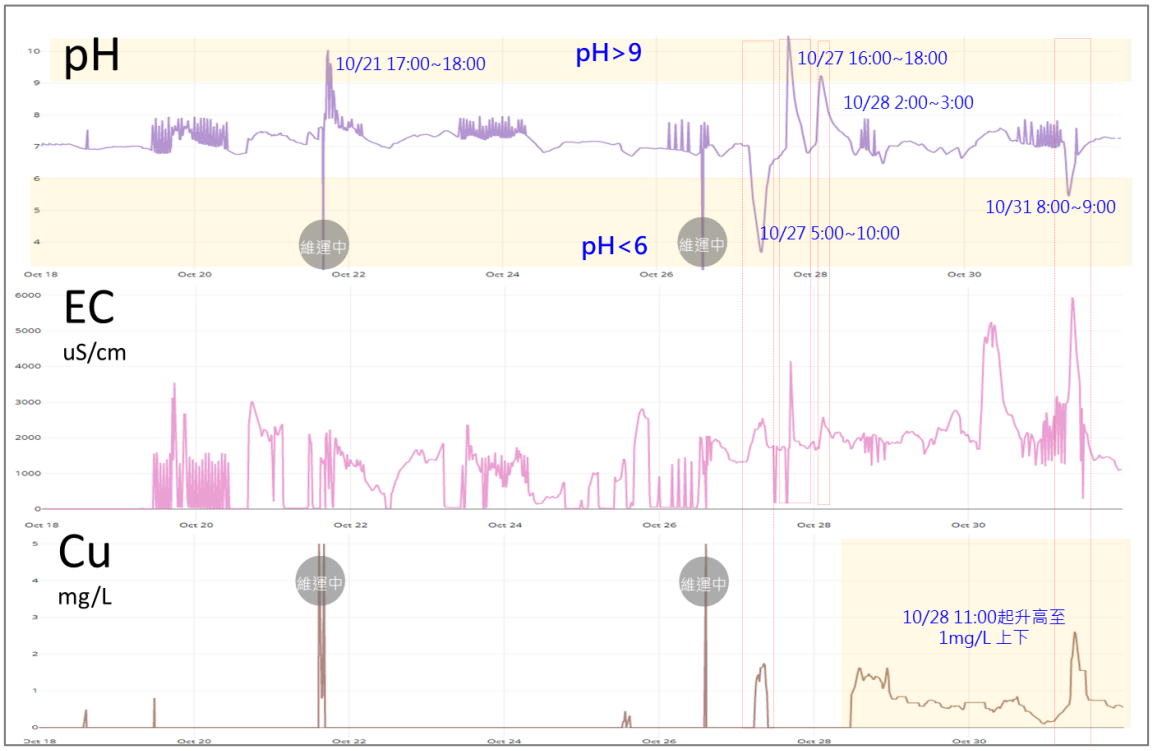
圖 4-26 龜山工業區 I_S6 水質異常特徵與超標時斷統計之熱力圖



加總 - pH>9	欄標籤																								
列標籤	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
一		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
二		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
三		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	5
四		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	1	0	0	0	6
五		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
六		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	6
日		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	4
總計		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	0	5	6	5	1	1	0	23

（ 本圖以 10 月 19 日-10 月 31 日超標時段為例 ）

圖 4-27 塔寮坑溪 R_1 水質異常特徵與超標時斷統計之熱力圖



（ 本圖以 10 月 19 日-10 月 31 日超標時段為例 ）

圖 4-28 塔寮坑溪 S_1 水質異常特徵

4.3 高階動力式水質感測器場域驗證

為能快速瞭解水路上下游發生污染時，水質在各匯流點之變化情形，從上游放置將移動式感測器再從下游回收可快速收集資訊。然我國河川短小湍急，應用漂流式感測時易遭異物卡住，為強化移動式感測器用性，本計畫於 109 年初步完成動力式漂流式感測器設計與開發，此設備可自動巡航、改變感測位置，具備無人飛機與無人船動力模式。

高階動力式水質感測器經初步實驗場域測試後，可穩定且正確顯示經緯度、高度、方向、電力、水質感測數據，並搭配水科技物聯網即時監控數據資訊，可同步即時了解 pH、溫度、電導度、溶氧、GIS、濕度、行蹤軌跡等資訊，使用者可將設備快速帶往可疑污染熱區，增加水質採樣時效性與便利性，如圖 4-29。另外，由於此設備於風力適中場域，可將感測器拉出水面，並可設置 GPS 自動巡航，達到自動化水質背景基線建立。本工作持續透過高階動力式水質感測器適用情境及可發揮效益，已於 110 年 11 月完成實際應用 2 處場域。

圖 4-29 高階動力式水質感測器

於 4 月完成桃園觀音工業區_日譽染整業排水道與桃園龜山工業區排水道現勘工作。因日譽染整業排水道為經常排出泡沫廢水，水道長度約 500m，且異常行為特性相較明顯，然由於臺灣缺水情形嚴重，現勘發現河道中水位低，導致裸露石頭不利於測試。

於梅雨季後 7 月中旬時現勘新北二重疏洪道與海水養殖場及微風運河，但由於二重疏洪道水深少於 50cm，動力船容易觸碰底泥與裸石，故不建議透過無人船進行航行測試。另於 7 月下旬於新竹海水養殖場進行測試，因水質鹽分過高導致動力船輪軸動能失效導致監測暫停；待設備修復後，於 8 月上旬至微風運河進行測試，因河面暗礁重重，導致設備監測 500m 後撞上暗礁動力失效。

後續於 10 月 1 日於新竹靜心湖進行「湖泊」場域測試。該場域以環狀繞一圈約 800m，本次設備可穩定於 1 小時內可完成量測作業(圖 4-30)。水質感測概況為 pH8.5、電導度約 700 μS/cm、溶氧約 3 mg/L、溫度約 29.2℃(圖 4-31、圖 4-32)。

圖 4-30 動力式於新竹靜心湖場域測試_地理位置

圖 4-31 動力式於新竹靜心湖場域測試_感測數據(1)

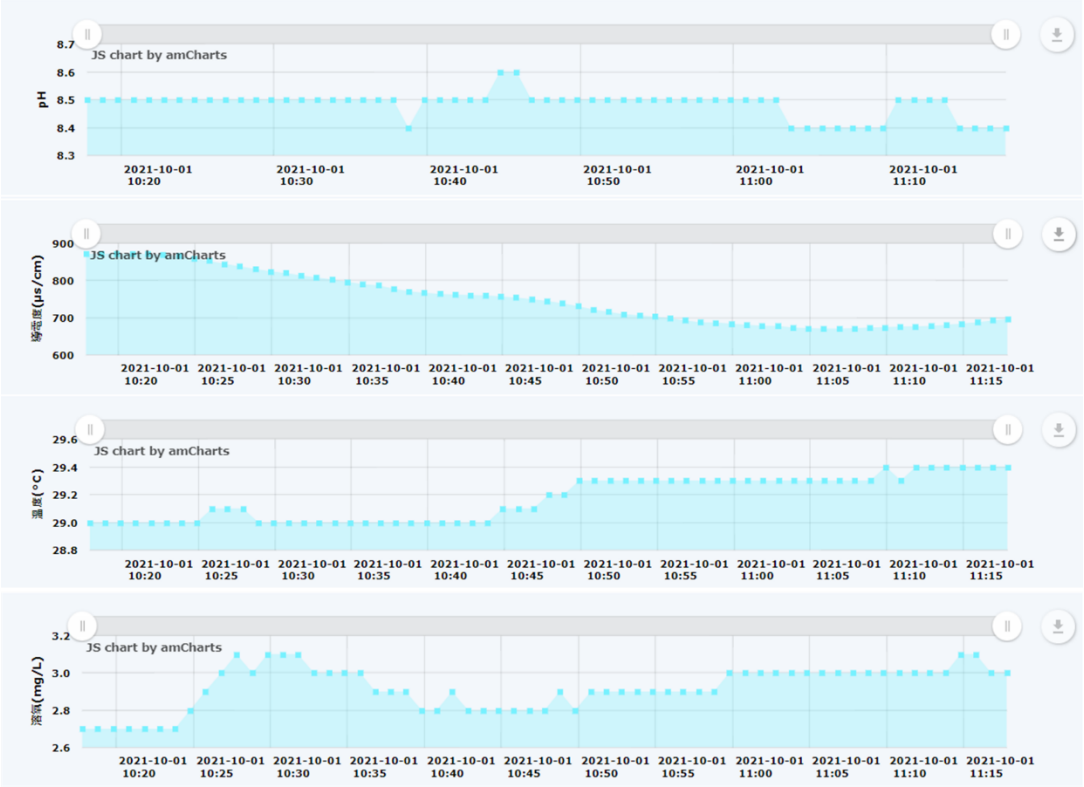


圖 4-32 動力式於新竹靜心湖場域測試_感測數據(2)

於 11 月 1 日於新竹港南運河進行「運河」場域測試。該場域以由北到南可施作之範圍約 1.96 公里，且為感潮河段。本次設備運作時為逐漸退潮狀態，但設備依然可穩定於 2 小時內可完成量測作業(圖 4-33)。以水質感測概況來說，pH 約 7.2、電導度約 10,000 μS/cm、溶氧約 6.5 mg/L、溫度約 24.8℃(圖 4-34、圖 4-35)。途中經過一小段灘地，感測設備可反映出電導度接近離水而逐漸下降趨勢；且溫度與溶氧因為被底泥覆蓋住也是出現相較水中偏低的狀態。

圖 4-33 動力式於新竹港南運河場域測試_地理位置

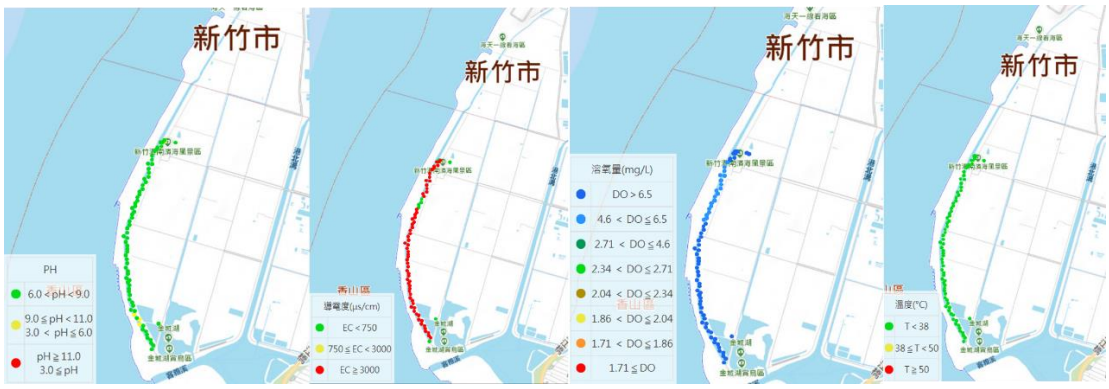


圖 4-34 動力式於新竹港南運河場域測試_感測數據(1)

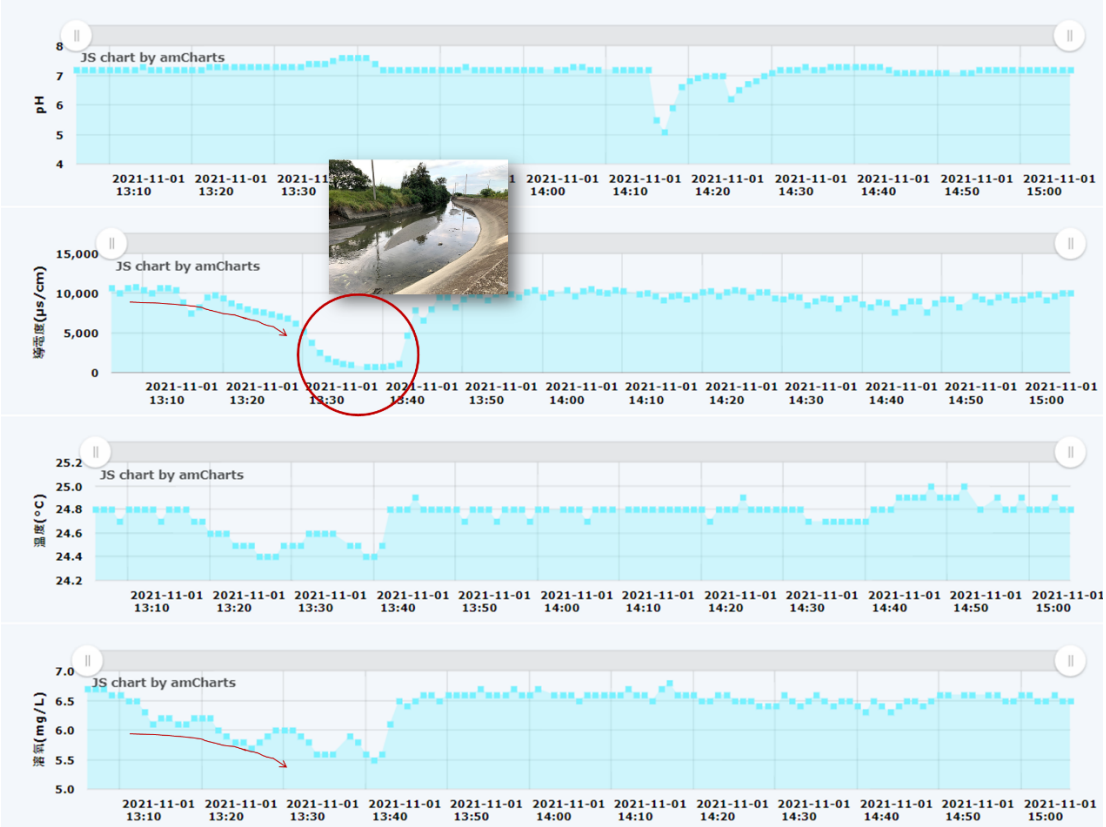


圖 4-35 動力式於新竹港南運河場域測試_感測數據(2)

經幾次場堪與測試後綜整以下監測條件作為後續設備操作之建議：

一、國內水庫、湖泊、機場周圍河道為違禁航區，故無法任意透過無人機將設備帶往想要監測的場域；若僅使用動力船進行監控，於布放時經常因壩頂過高、距離河岸邊太遠、設備吊掛船降至水面等作業上的困難，造成可監測之場域大幅限縮。

二、水流湍急與裸石過多及水位過低之場域，容易造成設備碰撞與擱淺等不確定性問題，故於布放監控前之場堪工作，建議不要大於 1 週，以避免一個大雨後

造成無法預測的變化。

三、監測場域建議為大面積且平穩之水域，以避免無人機飛行起降因側風重心 不平衡或動力船無法輔以設備保持於監控航道上。

四、需持續強化動力船設備輪槳性能，使其適用於大面積水域連續監測時不至於輪軸過熱導致動能失效。

五、由於臺灣地勢複雜，風場變化相當快速，故動力船至少要配置能抵抗風速 3~5m/s 的航行動力，以提升多樣性場域風場應變能。

4.4 ORP 移動式水質感測器產業應用

一、現況說明

高效化智慧水聯網應用場域非僅在工業區或污水排放渠道，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，本計畫將把水質感測器擴增應用在更多場域如遊憩泳池、養殖漁業等。基於原移動式感測器下，將感測項目由溫度、酸鹼值、電導度及溶氧外，再擴增氧化還原電位(ORP)感測項目。

二、執行方法

本計畫選擇 2 種適用情境場域如遊憩泳池、養殖漁業，執行 1 個月測試。

(一) 遊憩泳池

以工業技術研究院悠活館游泳池作為試驗場域，安裝於泳池溢流區，如圖 4-36 所示，透過 ORP 水質感測，衡量氧化劑如次氯酸活動強度。一般建議游泳池如保持 700mV，當 720 mV 的氧化還原電位[2]，可進行快速消毒，本工作已於 5 月 13 日下水測試，持續收集分析數據。

圖 4-36 工業技術研究院悠活館游泳池

[2] 澳洲新南威爾斯洲政府健康部（首頁/環境健康情況說明/氧化還原電位）
https://www.health.nsw.gov.au/environment/factsheets/Pages/orp.aspx

(二) 養殖漁業

以新竹縣嘉豐水產實業社作為試驗場域，如圖 4-37 所示，分析水質 ORP 情形以及溶氧狀態，當 ORP 低於 0 呈現負值狀態，將造成蝦群死亡。故可於 ORP 下降至負值前，提出示警通知加入益生菌或是換水，減少經濟農損。一般建議 150-250mv (養蝦)，於 11 月完成 1 份應用案例報告，以評估新型水質感測器於各類場域或用水單位等產業推廣應用。找尋可合作之養殖漁業業者長期使用，協助業者掌握水質生態環境。

圖 4-37 新竹縣水產養殖漁業

三、執行結果

(一) 遊憩泳池

ORP 移動式水質感測器應用於遊憩泳池恰好遇到疫情期間，泳池設施關閉。除 5 月 24 日以及 6 月 18 日拿起充電外，持續感測 3 個月數據穩定，期間遇到 3 個事件，可證實透過感測遊憩泳池之 ORP 可直接瞭解氧化劑添加情形，如圖 4-38 所示。

1. 6 月 25 日 ORP 持續下降，經泳池管理員證實當天漂白水加藥口阻塞停止加藥，導致 ORP 持續下降至約 332 mV，並同步發出示警。後續因為疫情泳池為開放，故無繼續添加氧化劑，僅有每日一次的水循環。每日 7-11 點啟動 1 次節能水循環，ORP 瞬間下降圖 4-39。

2. 7 月 6 日泳池水位低，額外執行補水導致 ORP 瞬間下降至約 300 mV。

3. 8 月 16 日疫情降級，游泳池準備開放，開始恢復氧化劑添加，從 275 mV 上升至 804 mV。

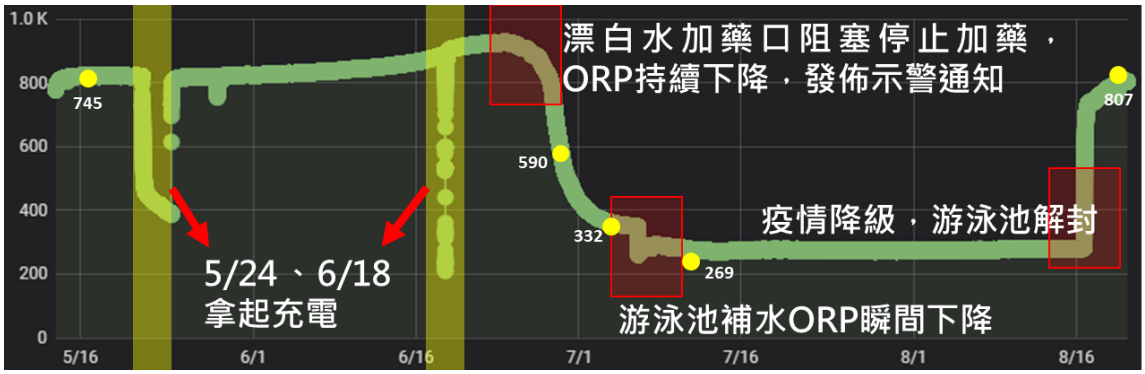


圖 4-38 遊憩泳池-ORP 移動式水質感測器試驗情形

圖 4-39 遊憩泳池每日啟動 1 次水循環

(二) 養殖漁業

本計畫以新竹縣嘉豐水產實業社作為試驗場域，安裝於養殖魚池外循環池，6 月 30 日起下水試驗，期間遇到 1 個事件。

由於養殖魚池於夜間無光合作用，導致水中溶氧降低，清通常晨溶氧達最低值。此時硝酸鹽 NO3 氧被搶走還原成有毒亞硝酸鹽 NO2，使得 ORP 下降，故可透過 ORP 下降情形提出示警。以養殖蝦群來看，當 ORP 呈現負值，其蝦群將會大量死亡。通常會投入益生菌如芽孢桿菌類，加速亞硝酸鹽代謝。

本計畫於 7 月 13 日觀察夜間 ORP 有下降趨勢至 150 mV，且隔日 7 月 14 日夜間 ORP 下降更低約 100 mV，本計畫提出第一次示警，過一天 7 月 15 日午夜 ORP 低於 0 並於當天清晨 ORP 下降至-100 mV 造成蝦群死亡。

同時比對該水產養殖場地使用之商用養殖監測系統其 ORP 數值過低，頻繁警示超過負值，可能為維運未即時之問題，導致無法達成長期感測需求，如圖 4-40 所示，一般商用養殖系統售價約為 20-25 萬元。

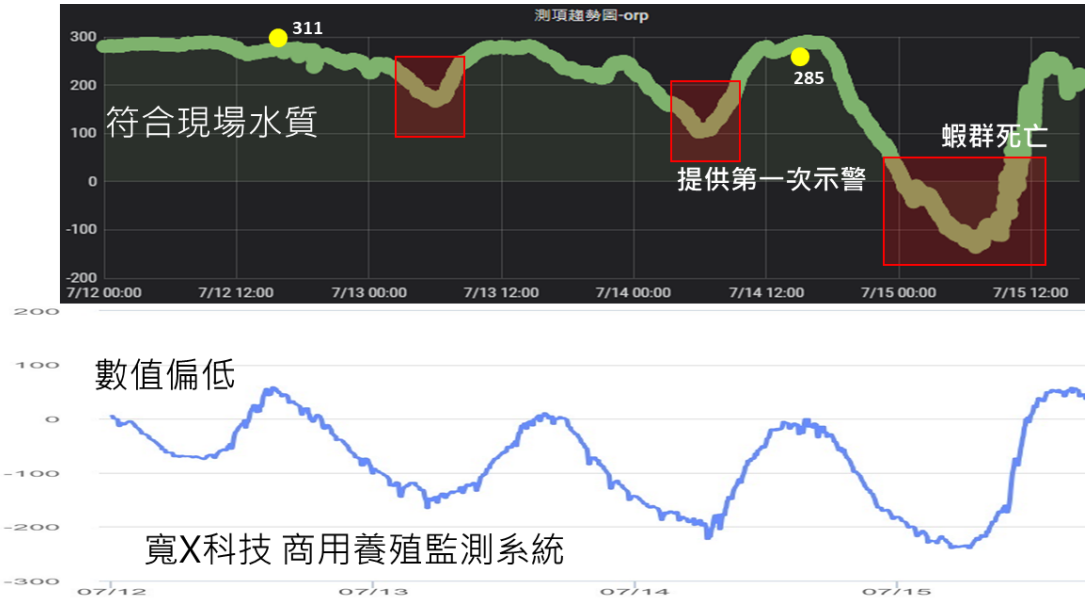


圖 4-40 養殖漁業-ORP 移動式水質感測器試驗情形

(三) 水質感測器應用於民生用途策略

本計畫透過水質感測器接收數據，在設立示警閾值後當感測數值觸擊異常設定值，透過 Line 示警推播，再由人力方式調整決策。於長遠來看，應以水質感測器啟動決策程序提出，如圖 4-41，以下針對 2 個情境說明：

1. 遊憩水域

當氧化還原電位低於設定值如 700 mV，透過可程式邏輯控制器（Programmable Logic Controller, PCL）啟動感測與控制設備自動操作計量泵，執行氯消毒或是透過紫外線和臭氧的氧化/消毒，直到氧化還原電位高於設定值。

2. 養殖漁業

以前水產養殖技術水質管理係由一名人員每小時或定期進行一次測量。現在可觀察養殖漁業水體變化情形，透過全天候水質感測酸鹼值、氧化還原電位、溶氧、電導度，搭配可程式邏輯控制器

（Programmable Logic Controller, PCL）啟動益生菌投料、啟動水車、飼料餵食、換水等措施避免水產產生疾病，所有數據都實時傳送。

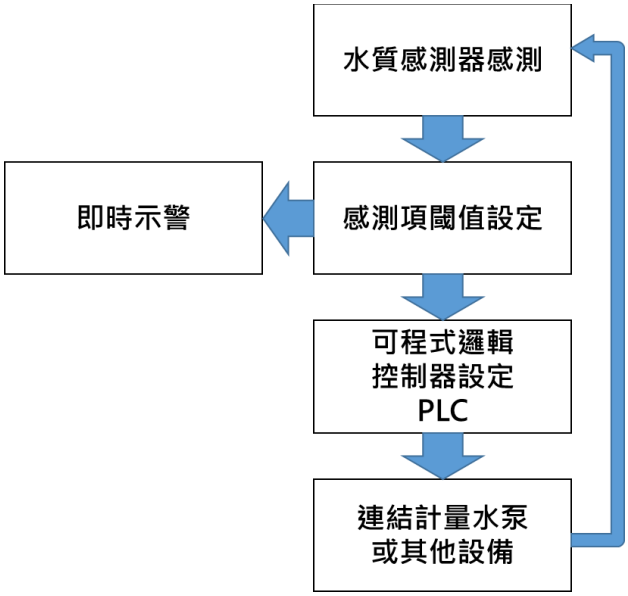


圖 4-41 水質感測器應用於民生用途策略啟動物聯網流程

4.5 應用新版移動式水質感測器及彙整異常事件

一、現況說明

本工作依據 15 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，15 臺布建位置及應用目的如圖 4-42，布建情形彙整如表 4-3。

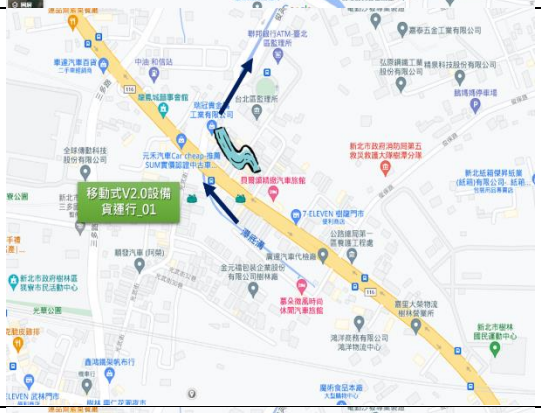
新版移動式水質感測器應用型態有五種分別為污染熱區排放點位 7 點、特定工廠放流口 3 點、CWMS 比對 2 點、感測器 1.0 版數據平行比對 2 點、低溶氧易死魚河川 1 點。裝設點位情境有五種分別為橋 5 點、堤岸 4 點、明渠排水道 3 點、加蓋排水溝 1 點、未加蓋排水溝 2 點。透過多元的應用型態與布建情境，強化新版移動式水質感測器執行經驗。

圖 4-42 15 臺新版移動式水質感測器布建點位

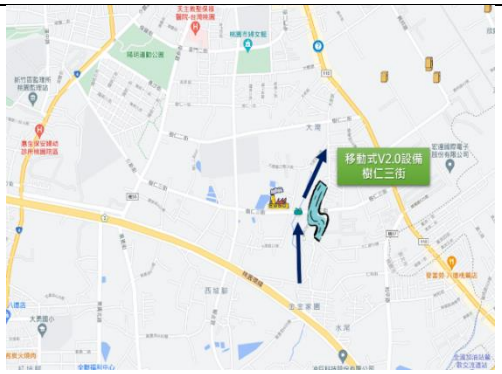
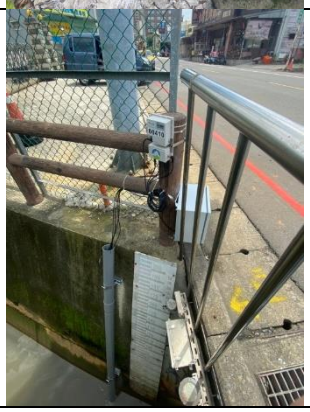
二、布建位置說明

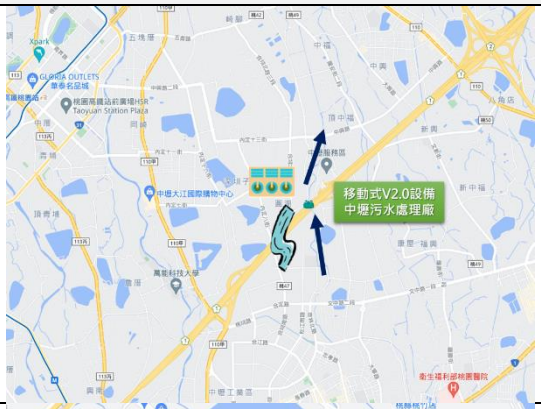
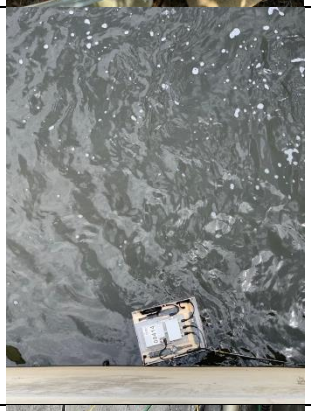
新版移動式水質感測器透過「水聯網分析篩選異常案例流程」（詳細流程參考報告 4.2 節之說明）篩選有固定污染排放時間且可疑污染源相當明確標的，今年目標需完成篩選 3 件水質異常事件，並依環保署及環保局現場需要，協助必要之執法技術及儀器支援。自 8 月初布建起始日至 12 月 20 日已發掘 18 件水質異常事件。

表 4-3 新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
基隆市	基金二路3巷			橋
	麥金路715巷			橋
新北市	貨運行_01			明渠排水道
	貨運行_02			明渠排水道

縣市別	測站名稱	布建點位圖	布建現況	裝設點位
桃園市	海福宮			橋
	坑子溪R_1			堤岸
	南崁溪潛勢S_9			堤岸
	南美街			明渠排水道

縣市別	測站名稱	布建點位圖	布建現況	裝設點位
桃園市	桃源橋			橋
	菜公堂排水支流			橋
	東舊路街			未加蓋水溝
	樹仁三街			未加蓋水溝

縣市別	測站名稱	布建點位圖	布建現況	裝設點位
桃園市	中壢污水處理廠			堤岸
	足鼎電子			堤岸
新竹市	竹科污水處理廠W_4			加蓋水溝

三、水質感測器數據分析結果

本年度依據 15 臺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，並於本計畫期間利用感測數據分析，以有固定污染排放時間且可疑污染源相當明確之標的完成篩選水質異常事件。自 8 月 2 日布建起始日至 10 月 31 日已發掘 18 件水質異常事件，水質異常案件總表如表 4-5，pH 異常區間熱力圖如圖 4-43 與圖 4-54，高關注測站異常事件分析說明如後。

(一) 貨運行_02

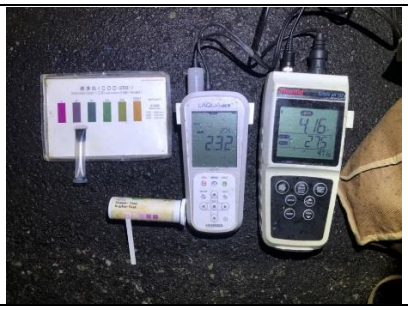
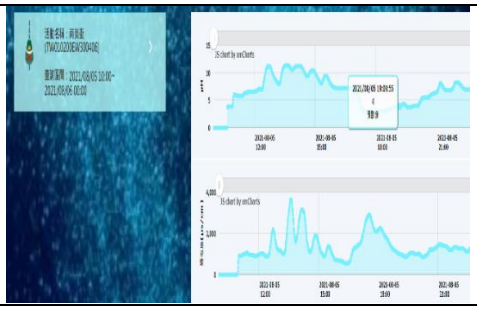
貨運行_02 測站自布建日起水質異常趨勢具週期性變化主要為酸性伴隨 EC 異常與鹼性伴隨 EC 異常事件，酸性伴隨 EC 異常事件主要發生在晚上 23:00 至隔日早上 04:00，鹼性伴隨 EC 異常事件主要發生在晚上 20:00-22:00，本站自 7/16 至 9/21 與 V1.0 版進行實場平行比對試驗，試驗結果顯示 V2.0 設備敏感性佳，可反映極端污染排放水、數據品質佳，水質趨勢與數值度量相近以及電池續航力佳，內外部電池達目標 15 天以上。另外由於本站為電鍍業、金表業、印刷電路板業密集區，因此持續感測並確認 V2.0 設備數據品質。

(二) 南美街

南美街測站為針對電子業、金屬業重金屬排放之低 pH 廢水（固定式設備 R_25 上游），觀察 3 個月數據變化後，水質異常趨勢具週期性變化主要為酸性伴隨 EC 異常事件，異常事件主要發生在上午 08:00-10:00、下午 17:00-21:00、以及凌晨 04:00-07:00。8 月 5 日晚上 7 點桃園市環保局稽查科至現場採水測得水質 pH 4.16、銅離子試紙約 30ppm 以上（表 4-4），目前為不明行為人排水，桃園市環保局稽查科於 8 月底真對該區域安排進廠普查，由於該區域水路較複雜且除列管事業外，亦有許多非列管事業排水量較低較難掌握稽查契機，另與水污局、農田管理處共同會勘與索取相關資訊，並規劃在感測器布點上游增加感測器布建，以進一步限縮可疑廠家，現階段已將日前投放的樹脂包

回收，後續將透過 X 射線螢光光譜儀（XRF）進行樹脂的重金屬含量檢測分析。

表 4-4 南美街稽查採水情形（8 月 19 日）

	
環保局稽查科現場採水 pH 4.16	水聯網平臺數據 pH 4

(三) 南崁溪潛勢 S_9

南崁溪潛勢 S_9 測站布建點位於固定式設備 S_10 旁（針對 O 繶工業），主要針對該區域上游零星工廠，原推測可能之潛勢工廠為砂石業，但觀察 3 個月數據變化後，水質異常趨勢具週期性變化主要為酸性伴隨 EC 異常事件，與砂石業排放廢水高 pH 特性不同，酸性伴隨 EC 異常事件主要發生在晚上 17:00-20:00，另有零星發生酸性伴隨 EC 異常事件與鹼性伴隨 EC 異常事件。北區督察大隊 8 月已於本測站投放樹脂包，本計畫提供感測數據趨勢圖與 pH 超標時段統計熱力圖給北區督察大隊參考異常排水時段，現階段北區督察大隊已掌握可疑廠家，後續將針對排水習性安排稽查行動。

(四) 菜公堂排水支流

菜公堂排水支流測站關注原因為經常性陳情出現有色廢水，觀察 3 個月數據變化後，水質異常趨勢具週期性變化主要為酸性伴隨 EC 異常事件，主要發生在凌晨 00:00-03:00 與上午 07:00-12:00，而 10 月 27 日下午 17:00 發生鹼性異常事件，由於該測站水位低，且異常事件排水量偏少，廢水滯留導致設備發現異常時間較長，桃園市環保局已掌握可疑廠家並持續觀察排水習性。

表 4-5 新版移動式感測器水質污染事件總表

編號	縣市別	測站名稱	水質異常項目	異常期間及時間	關注原因
1	新北市	貨運行_02	酸性（pH 1~6）伴隨 EC 異常（1,000~11,000 μS/cm）	8 月初~10 月底幾乎每日 23:00 至隔日早上 04:00	點位上游零星工廠
2			鹼性（pH 9~12）伴隨 EC 異常（1,000~6,000 μS/cm）	8 月初~10 月中幾乎每日 20:00-22:00；10 月中開始異常趨勢延長至 24:00	
3			鹼性（pH 9~12）伴隨 EC 異常（2,000~4,000 μS/cm）	8/19~9/2 每週四 00:00-03:00	
4			酸性（pH 1~5）伴隨 EC 異常（900~16,000 μS/cm）	9 月中~10 月中幾乎每日 02:00-07:00	
5			鹼性（pH 9~12）伴隨 EC 異常（1,000~4,000 μS/cm）	10 月初~10 月底幾乎每日 00:00-04:00	
6	桃園市	南美街	酸性（pH 1~4）伴隨 EC 異常（2,000~8,000 μS/cm）	8 月初~10 月底每日 08:00-10:00	南崁吉祥河濱公園上游零星工廠
7			酸性（pH 2~4）伴隨 EC 異常（1,000~4,000 μS/cm）	8 月初~10 月底幾乎每日 17:00~21:00	
8			酸性（pH 0~4）伴隨 EC 異常（1,000~13,000 μS/cm）	8 月底~10 月底幾乎每日 04:00-07:00	
9		南崁溪潛勢 S_9	酸性（pH 1~4）伴隨 EC 異常（4,000~14,000 μS/cm）	8 月初~8 月底幾乎每個平日 17:00~20:00 9 月底~10 月底不定期（通常發生在假期前後的平日）17:00~20:00 發生 6 次（9/27、10/9、10/12、10/18、10/20、10/29）	點位上游零星工廠
10			酸性（pH 2~6）伴隨 EC 異常（4,000~22,000 μS/cm）	8 月中~9 月中假日 06:00~09:00 發生 7 次（8/22、8/29、9/4、9/11、9/12、9/19、9/21）	

編號	縣市別	測站名稱	水質異常項目	異常期間及時間	關注原因
11			酸性（pH 1~4）伴隨 EC 異常（11,000~40,000 μS/cm）	9 月初~10 月底 23:00 至隔日 00:30 發生 7 次（9/2、9/3、9/17、9/25、10/2、10/15、10/29）	
12			鹼性（pH 10~12）伴隨 EC 異常（2,000~9,000 μS/cm）	8 月初~8 月底 10:00~11:00 發生 4 次（8/4、8/24、8/25、8/29）	
13			鹼性（pH 9~11）伴隨 EC 異常（2,000~11,000 μS/cm）	8 月中~9 月中 17:00~20:00 發生 6 次（8/20、8/23、9/8、9/9、9/11、9/14）	
14			酸性（pH 2~6）伴隨 EC 異常（10,000~23,000 μS/cm）	9 月初~10 月中 03:00~05:00 發生 4 次（9/6、10/7、10/17、10/21）	
15			鹼性（pH 9.3）伴隨 EC 異常（12,000 μS/cm）	10/31~11/1 23:50 開始至 05:00 分 3 段排放	
16		菜公堂排水支流	酸性（pH 2~6）異常 EC 300~500 μS/cm	8 月初~10 月底 07:00~12:00 發生 10 次（8/6、8/7、8/14、8/24、8/29、9/3、9/11、10/13、10/15、10/22）	陳情出現有色廢水
17			酸性（pH 2~6）異常 EC 200~800 μS/cm	8 月初~10 月中 00:00~03:00 發生 6 次（8/6、8/7、8/17、8/29、9/15、10/19）	
18			鹼性（pH 10.9）異常 EC >200 μS/cm	10/27 17:00 至隔日 09:00	

加總 - pH<6	欄標籤																								
列標籤	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
貨運行02	804	1156	1132	1220	1054	915	830	487	314	360	298	140	120	105	99	110	146	63	60	106	146	184	349	501	10699
星期日	185	240	198	155	116	113	115	81	60	60	60	60	60	60	60	60	41	0	0	0	0	0	23	28	1775
星期一	114	169	180	178	68	18	0	0	0	13	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	834
星期二	164	171	180	180	180	180	176	122	120	145	169	72	60	39	0	0	0	0	0	46	12	2	0	37	2055
星期三	59	145	180	180	180	180	162	89	74	51	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1306
星期四	56	99	71	175	180	180	221	112	60	91	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	60	59	1394
星期五	105	164	180	180	180	122	120	83	0	0	10	8	0	0	39	38	45	60	60	60	102	146	163	150	2015
星期六	121	168	143	172	150	122	36	0	0	0	7	0	0	0	0	12	60	3	0	0	32	21	103	170	1320

加總 - pH>9	欄標籤																								
列標籤	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
貨運行02	357	156	68	60	60	65	23	0	5	60	62	60	60	273	165	81	123	167	165	217	385	765	867	773	5017
星期日	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	60	60	5	108	253
星期一	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	7	0	0	15	14	31	118	151	152	110	716
星期二	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	33	46	0	7	0	0	0	0	24	151	72	347
星期三	116	28	0	0	0	0	14	0	0	34	60	60	60	111	73	60	60	60	60	80	137	240	240	212	1705
星期四	108	128	68	60	60	60	9	0	0	0	0	0	0	34	0	0	29	28	0	46	60	106	143	175	1114
星期五	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	39	21	27	60	60	42	4	55	60	37	491
星期六	0	0	0	0	0	5	0	0	5	12	2	0	0	10	0	0	0	4	31	12	6	129	116	59	391

圖 4-43 新版移動式感測器貨運行_02 測站 8 月份 pH 異常區間熱力圖

加總 - pH<6	欄標籤																								
列標籤	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
南美街	0	35	19	40	130	888	684	305	1349	1482	841	301	185	119	128	120	166	1122	1387	1314	1034	190	0	0	11839
星期日	0	13	14	0	0	0	0	0	95	240	197	159	134	119	120	120	112	77	60	84	66	0	0	0	1610
星期一	0	0	5	14	0	0	0	0	112	114	60	60	51	0	0	0	7	197	240	240	239	96	0	0	1435
星期二	0	0	0	0	32	179	150	50	218	240	188	19	0	0	0	0	45	204	221	180	94	0	0	0	1820
星期三	0	0	0	0	24	191	105	8	229	240	96	0	0	0	0	0	0	147	240	240	214	42	0	0	1776
星期四	0	22	0	26	23	167	175	73	195	240	140	63	0	0	0	0	0	224	300	300	222	36	0	0	2206
星期五	0	0	0	0	46	266	155	33	289	266	62	0	0	0	0	0	2	216	300	270	199	16	0	0	2120
星期六	0	0	0	0	5	85	99	141	211	142	98	0	0	0	8	0	0	57	26	0	0	0	0	0	872

加總 - pH>9	欄標籤																								
列標籤	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
南美街	0	0	0	0	0	13	21	0	0	31	247	326	295	213	111	131	36	0	0	0	0	0	0	0	1424
星期日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	35	60	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	143
星期一	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41
星期二	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
星期三	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	36	0	0	0	0	0	0	0	80
星期四	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	60	169	131	107	46	0	0	0	0	0	0	0	0	559
星期五	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	91	120	72	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	307
星期六	0	0	0	0	0	13	21	0	0	8	60	60	29	58	4	41	0	0	0	0	0	0	0	0	294

圖 4-44 新版移動式感測器南美街測站 8 月份 pH 異常區間熱力圖

加總 - pH<6	欄標籤																								
列標籤	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
南崁溪潛勢S_9	119	49	1	48	9	115	122	31	128	54	14	19	8	0	0	14	0	100	878	804	208	7	25	154	2907
星期日	0	0	0	0	9	40	55	8	88	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	219
星期一	0	0	0	23	0	31	0	0	0	6	1	0	0	0	0	5	0	29	206	188	25	0	0	0	514
星期二	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	120	116	69	6	1	0	339
星期三	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	0	0	4	0	0	0	0	20	128	158	22	0	0	0	348
星期四	0	0	0	0	0	26	60	23	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	153	128	5	0	24	103	541
星期五	87	37	1	25	0	18	0	0	0	0	8	19	4	0	0	3	0	15	211	109	60	1	0	51	649
星期六	32	12	0	0	0	0	7	0	32	2	5	0	0	0	0	6	0	9	60	105	27	0	0	0	297

加總 - pH>9	欄標籤																								
列標籤	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
南崁溪潛勢S_9	0	38	60	60	60	60	60	10	0	4	49	30	62	16	0	5	1	7	0	4	0	0	0	0	526
星期日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
星期一	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	5
星期二	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	12
星期三	0	38	60	60	60	60	60	10	0	2	31	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	382
星期四	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
星期五	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	30	62	1	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	102
星期六	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

圖 4-45 新版移動式感測器南崁溪潛勢 S_9 測站 8 月份 pH 異常區間熱力圖

加總 - pH<6	欄標籤																								
列標籤	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
菜公堂排水支流	351	376	470	444	459	468	397	473	446	479	540	481	398	299	360	324	226	145	143	233	240	251	260	331	8594
星期日	31	0	57	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	41	0	0	0	0	0	1029
星期一	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	113	120	120	120	118	591
星期二	118	120	120	120	81	60	60	114	120	120	120	120	144	87	120	84	18	0	0	0	0	11	20	95	1852
星期三	118	120	120	120	120	108	63	60	60	60	60	60	60	14	60	60	60	24	0	0	0	0	0	0	1347
星期四	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	60	60	60	28	1	31	0	0	0	0	0	254
星期五	25	60	60	60	60	60	60	119	86	62	120	75	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	59	1566
星期六	59	76	113	84	138	180	154	120	120	177	180	166	60	18	0	0	0	0	11	60	60	60	60	59	1955

圖 4-46 新版移動式感測器菜公堂排水支流測站 8 月份 pH 異常區間熱力圖

加總 - pH<6	欄標籤																								
列標籤	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
貨運行02	1189	1257	1246	1393	1369	1232	1028	550	304	371	335	296	236	180	237	237	206	263	243	240	425	638	644	937	15056
星期日	227	239	240	212	179	180	137	95	60	60	94	60	60	60	60	60	60	60	60	60	115	114	83	174	2749
星期一	173	172	171	173	167	120	84	60	60	60	60	60	60	60	107	60	60	60	60	60	86	120	120	118	2331
星期二	167	230	229	230	232	234	191	70	60	60	60	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	1873
星期三	162	92	107	178	149	73	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78	853
星期四	106	157	126	180	162	145	170	88	4	67	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	95	120	100	1560
星期五	118	127	133	180	240	240	192	53	0	0	0	0	0	0	10	57	26	60	60	60	125	201	202	236	2320
星期六	236	240	240	240	240	240	240	184	120	124	120	120	116	60	60	60	60	83	63	60	60	108	119	177	3370

加總 - pH>9	欄標籤																								
列標籤	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
貨運行02	309	146	171	96	29	0	0	108	83	49	50	36	121	56	0	85	60	21	58	221	528	662	745	587	4221
星期日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	16	60	44	0	53	0	0	0	0	0	2	41	36	262
星期一	59	22	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	96	110	109	99	526
星期二	39	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	47	0	0	0	0	0	0	2	79	176	180	175	724
星期三	41	22	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	93	180	180	198	93	832
星期四	52	31	93	60	29	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	16	11	47	86	120	99	125	784
星期五	118	71	60	36	0	0	0	45	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	44	24	29	0	440
星期六	0	0	0	0	0	0	0	20	60	49	40	20	14	12	0	32	60	5	40	60	43	50	89	59	653

圖 4-47 新版移動式感測器貨運行_02 測站 9 月份 pH 異常區間熱力圖

加總 - pH<6	欄標籤																								
列標籤	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
南美街	196	229	254	299	490	864	625	488	760	811	592	325	257	278	180	226	238	866	1020	991	876	308	236	256	11665
星期日	11	46	60	60	60	60	60	60	93	140	141	145	120	94	60	61	120	120	120	120	87	0	0	0	1838
星期一	0	0	0	0	0	0	0	0	4	60	70	60	17	7	0	0	6	170	173	159	159	60	65	59	1069
星期二	59	46	0	35	111	180	133	100	176	180	127	60	60	107	60	60	60	130	127	120	120	116	60	59	2286
星期三	59	60	60	60	85	120	60	61	61	80	86	60	60	60	60	60	15	143	180	180	143	60	43	42	1898
星期四	41	32	52	31	81	180	141	82	147	125	66	0	0	0	0	0	0	159	240	232	204	6	8	37	1864
星期五	26	21	22	79	65	176	145	120	144	81	67	0	0	10	0	0	0	90	120	120	103	6	0	0	1395
星期六	0	24	60	34	88	148	86	65	135	145	35	0	0	0	0	45	37	54	60	60	60	60	60	59	1315

加總 - pH>9	欄標籤																								
列標籤	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
南美街	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	63	110	129	113	60	91	11	0	0	0	0	12	0	612
星期日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	50	60	40	0	6	0	0	0	0	0	0	0	159
星期一	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
星期二	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
星期三	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	55	60	35	0	0	0	0	0	0	0	192
星期四	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	50	11	0	0	0	0	12	0	80
星期五	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
星期六	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	60	60	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	170

圖 4-48 新版移動式感測器南美街測站 9 月份 pH 異常區間熱力圖

加總 - pH<6	欄標籤																								
列標籤	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
南崁溪潛勢S_9	91	52	79	108	60	15	70	61	31	0	0	0	0	0	9	29	9	0	16	18	0	19	115	161	943
星期日	91	1	0	0	0	0	21	15	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140
星期一	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	11	0	0	0	0	0	20
星期二	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	30
星期三	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
星期四	0	0	19	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
星期五	0	51	60	60	60	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	25	43	317
星期六	0	0	0	0	0	4	49	46	4	0	0	0	0	0	0	7	0	0	5	18	0	19	90	118	360

加總 - pH>9	欄標籤																								
列標籤	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
南崁溪潛勢S_9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	11	19	0	4	10	92	0	0	0	0	139
星期日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
星期一	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
星期二	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	5	10	0	0	0	0	34
星期三	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	44	0	0	0	0	53
星期四	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	15	0	0	0	0	26
星期五	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
星期六	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	22

圖 4-49 新版移動式感測器南崁溪潛勢 S_9 測站 9 月份 pH 異常區間熱力圖

加總 - pH<6	欄標籤																								
列標籤	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
菜公堂排水支流	59	63	120	120	102	60	88	70	116	109	97	60	60	60	119	111	60	69	120	115	60	60	60	59	2017
星期日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	17	0	0	0	0	0	0	0	0	76
星期一	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
星期二	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
星期三	0	3	60	60	60	60	60	60	56	49	37	0	0	0	0	52	60	60	60	60	60	60	60	59	1036
星期四	59	60	60	60	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	60	55	0	0	0	0	405
星期五	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
星期六	0	0	0	0	0	0	28	10	60	60	60	60	60	60	60	42	0	0	0	0	0	0	0	0	500

圖 4-50 新版移動式感測器菜公堂排水支流測站 9 月份 pH 異常區間熱力圖

加總 - pH<6	欄標籤																								
列標籤	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
貨運行02	233	348	305	343	336	379	354	191	140	302	146	101	61	76	62	78	83	22	47	58	133	113	109	121	4141
星期日	5	8	6	4	0	4	10	12	8	1	0	0	11	22	27	30	22	7	11	21	20	6	4	1	240
星期一	0	0	2	26	41	66	67	3	3	65	35	45	4	33	8	9	9	2	0	0	0	0	0	0	418
星期二	8	108	120	116	115	75	39	0	10	73	3	0	0	0	0	10	13	4	22	6	11	0	0	23	756
星期三	59	60	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	135
星期四	63	60	60	60	60	68	70	61	61	110	72	15	0	0	0	5	25	9	7	21	25	14	20	20	906
星期五	31	41	60	66	80	87	84	34	21	30	14	19	26	15	20	19	11	0	0	4	68	82	82	71	965
星期六	67	71	42	71	40	79	84	81	37	23	22	22	20	6	7	5	3	0	7	6	9	10	3	6	721

加總 - pH>9	欄標籤																								
列標籤	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
貨運行02	718	679	635	435	59	0	0	177	163	83	0	0	47	59	42	0	0	8	111	132	358	690	876	864	6136
星期日	44	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	89	183
星期一	56	119	127	67	17	0	0	0	17	12	0	0	0	0	0	0	0	8	67	14	20	61	168	207	960
星期二	185	86	60	22	0	0	0	31	60	30	0	0	0	0	0	0	0	0	9	60	54	180	180	160	1117
星期三	115	180	203	154	10	0	0	51	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	15	72	121	166	150	1253
星期四	83	110	118	85	0	0	0	65	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	103	174	178	97	1066
星期五	97	60	25	30	20	0	0	26	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73	94	110	161	727
星期六	138	107	102	77	12	0	0	4	40	41	0	0	47	59	42	0	0	0	24	0	36	60	41	0	830

圖 4-51 新版移動式感測器貨運行_02 測站 10 月份 pH 異常區間熱力圖

加總 - pH<6	欄標籤																								
列標籤	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
南美街	405	296	498	417	608	901	929	902	1002	837	902	541	357	164	145	188	374	924	919	882	888	714	753	537	15083
星期日	68	48	47	61	52	9	39	13	65	79	119	120	76	77	86	75	118	76	57	67	47	8	4	0	1411
星期一	0	15	53	52	63	106	96	97	88	46	85	90	57	8	9	18	60	71	74	60	30	36	71	58	1343
星期二	10	5	34	76	93	74	59	60	69	110	79	16	0	0	0	11	15	125	149	144	158	105	101	117	1610
星期三	58	48	48	3	92	174	180	180	180	160	163	47	54	19	0	0	14	166	151	162	153	140	146	53	2391
星期四	47	22	35	23	60	127	178	180	179	142	140	45	6	8	5	32	96	173	151	115	122	100	99	109	2194
星期五	103	65	141	68	120	189	192	150	196	98	151	98	79	38	36	30	34	231	239	229	215	189	220	132	3243
星期六	119	93	140	134	128	222	185	222	225	202	165	125	85	14	9	22	37	82	98	105	163	136	112	68	2891

加總 - pH>9	欄標籤																								
列標籤	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
南美街	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52	131	179	37	0	0	0	11	58	94	48	0	0	0	0	610
星期日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
星期一	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	7	0	0	0	0	0	0	18
星期二	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	60	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88
星期三	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
星期四	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52	51	68	17	0	0	0	0	51	49	11	0	0	0	0	299
星期五	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	51	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95
星期六	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	45	37	0	0	0	0	110

圖 4-52 新版移動式感測器南美街測站 10 月份 pH 異常區間熱力圖

加總 - pH<6	欄標籤																								
列標籤	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
南崁溪潛勢S_9	245	164	167	281	341	267	259	159	177	186	155	141	146	160	155	238	226	105	206	256	319	190	170	228	4941
星期日	19	23	28	55	43	28	74	49	22	0	0	0	27	63	70	64	38	19	42	54	50	24	17	1	810
星期一	0	0	6	22	16	23	11	2	15	20	20	29	4	19	9	39	31	6	24	18	0	2	0	0	316
星期二	0	0	1	30	43	12	0	0	15	41	3	0	0	0	0	31	28	6	38	56	70	6	0	0	380
星期三	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	31	0	0	1	0	0	63
星期四	5	0	0	56	120	74	51	2	0	0	21	5	0	0	0	31	69	34	25	64	61	54	69	63	804
星期五	66	65	77	67	57	61	71	57	59	57	53	40	53	55	58	51	47	9	25	18	60	62	60	112	1340
星期六	155	76	55	51	62	69	52	49	66	68	58	67	62	23	18	22	13	0	21	46	78	41	24	52	1228

加總 - pH>9	欄標籤																								
列標籤	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
南崁溪潛勢S_9	65	100	66	42	49	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	7	60	21	0	0	0	0	6	424
星期日	15	59	11	3	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	102
星期一	50	41	55	39	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	236
星期二	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
星期三	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
星期四	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
星期五	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
星期六	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	60	18	0	0	0	0	0	82

圖 4-53 新版移動式感測器南崁溪潛勢 S_9 測站 10 月份 pH 異常區間熱力圖

加總 - pH<6	欄標籤																								
列標籤	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
菜公堂排水支流	199	205	161	194	192	219	206	197	238	222	205	240	254	269	226	251	245	185	164	214	208	184	151	187	5016
星期日	8	8	5	3	0	3	6	3	11	0	0	0	11	31	38	37	24	11	10	16	22	9	2	1	259
星期一	0	0	3	6	10	5	5	2	9	8	8	9	2	3	4	7	5	2	0	0	0	0	0	0	88
星期二	0	0	0	70	75	64	60	60	68	82	60	46	59	59	58	69	74	60	76	72	64	60	60	59	1355
星期三	59	75	70	60	58	58	59	59	59	6	0	52	60	60	60	60	60	45	5	33	39	28	1	0	1066
星期四	5	0	0	0	0	10	4	1	0	0	6	5	0	0	0	8	21	7	11	29	20	25	23	62	237
星期五	68	62	23	22	24	56	53	57	75	104	107	110	104	106	57	57	57	60	60	60	54	54	59	57	1546
星期六	59	60	60	33	25	23	19	15	16	22	24	18	18	10	9	13	4	0	2	4	9	8	6	8	465

加總 - pH>9	欄標籤																								
列標籤	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	總計
菜公堂排水支流	59	59	59	60	60	60	58	59	60	20	0	0	0	0	0	0	6	60	59	59	60	60	60	59	977
星期日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
星期一	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
星期二	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
星期三	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	60	59	59	60	60	60	59	423
星期四	59	59	59	60	60	60	58	59	60	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	554
星期五	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
星期六	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

圖 4-54 新版移動式感測器菜公堂排水支流測站 10 月份 pH 異常區間熱力圖

四、水質感測器與 CWMS 設備比對數據分析

新版移動式感測器除了應用於廠區異常排水事件分析外，亦進行重大點源放流水自動連續監測資訊公開查詢系統（CWMS）點位平行比對，比對中壢工業區污水處理廠 D01 放流口水質感測，布建初期觀察發現感測器 pH 測項易受其他感測設備訊號干擾影響導致感測值明顯偏差，設備優化後由圖 4-55 可知，pH 測項與 EC 測項感測值與 CWMS 感測值相近，pH 落在 6 至 7 之間、電導度落在 3,000 μS/cm 至 4,000 μS/cm 左右，其趨勢與固定式感測器 EC 值一致，且落在 15%合理誤差內。

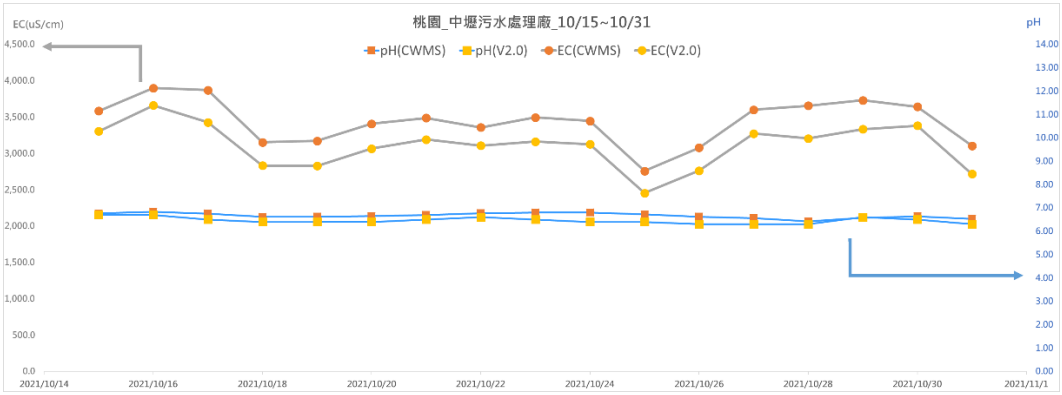


圖 4-55 新版移動式感測器平行比對 CWMS 應用以 10/15~10/31 舉例

五、水質感測器應用於低溶氧河段感測

新版移動式感測器於基隆市應用於大武崙溪低溶氧河段進行溶氧感測，由基隆環保局提供 5 月份大武崙溪麥金路溶氧曝氣試驗計畫溶氧數值觀察該河段溶氧背景值於上午時段（10:30~12:10）水溫 28~30°C時約為 4.5~6 mg/L，由圖 4-73 可知新版移動式感測器於麥金路感測溶氧值與試驗計畫相近，因此感測器溶氧測項數值具可信度。本計畫大武崙溪下游河段（民眾陳情易有死魚河段）布設感測器，由圖 4-73 可知下游河段溶氧明顯偏低，約為 0~2 mg/L，本計畫以提供感測器即時數據資料供環保局作為後續溶氧曝氣計畫規劃參考。

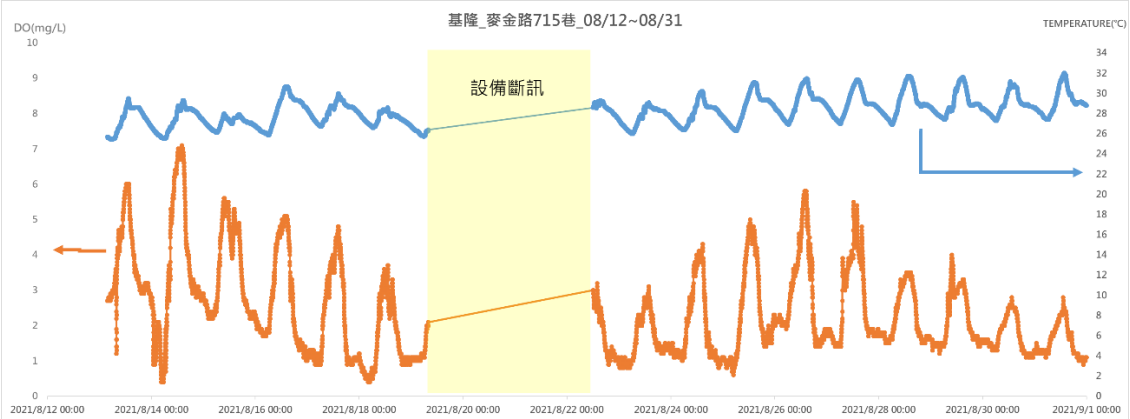


圖 4-56 新版移動式感測器應用於低溶氧河段以麥金路 715 巷測站 8 月份舉例

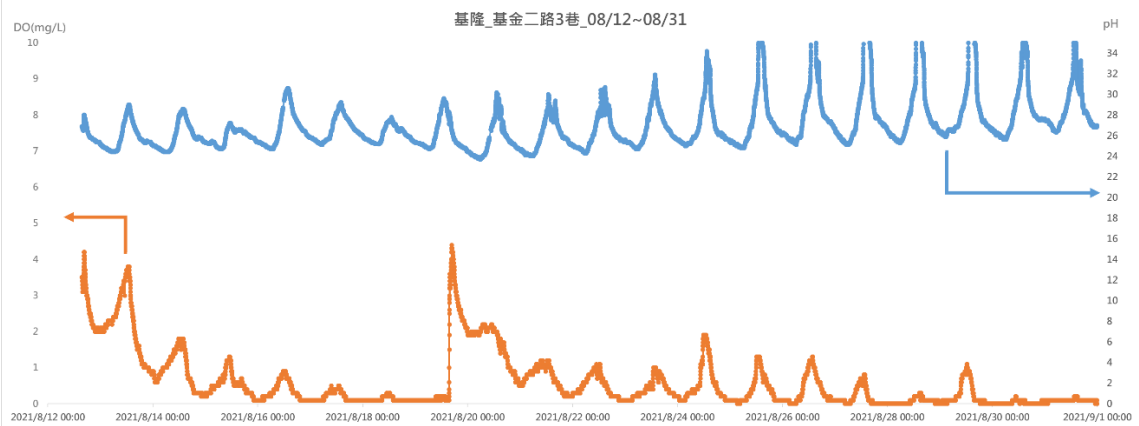


圖 4-57 新版移動式感測器應用於低溶氧河段以基金二路 3 巷測站 8 月份舉例

六、水質感測器精進後還域應用情形

本計畫透過 5 種不同場域，包含橋樑、堤岸、明渠排水道、加蓋水溝、未加蓋水溝等，測試改良後之設備於布建手法上與維護上是否有大幅減少作業時間。經過多方面嘗試後，彙整出 1.0 升級為 2.0 版本後各環境條件精進結果如下說明。目前升級為 2.0 版本後感測器布建情形內容如下表 4-6：

(一) 橋樑：1.0 版本於橋樑布建時，若是遇到急湍水域或是突然的山洪容易造成設備整台被水沖走的問題。升級至 2.0 版後，可將太陽板安裝置橋樑上方，主機安裝置太陽能板背面，不但可以減少布建空間也可以多一個遮蔽，而感測器也會以鐵件外加 PE 管進行包覆，強化整體機構，可耐沖刷與衝擊，減少整台設備進水或是翻覆等問題，可大幅減少維運成本。

(二) 堤岸：1.0 版於堤岸布建時，容易因為岸邊水深較淺造成吃水不足，感測器離水出現的狀況導致數據品質不佳的情形。升級至 2.0 版後，可延坡堤架設水管

至水深較深之處，再將感測器投入水管內就可以穩定的感測現場水質狀況，大幅減少擱淺造成的危機。

(三) 明渠排水道：明渠排水道底層較容易有石頭與不明雜物，且水深也相對淺，1.0 版本布建時，因整台設備體積較大，經常無法順利找到可穩定感測的點位。升級至 2.0 版後，可將受強化保護後的 Sensor 隨拋至水體，相較 1.0 版不受底層地形與石頭雜物等影響。

(四) 加蓋/未加蓋水溝：以往 1.0 版本無法將設備布建在加蓋水溝，若為外加蓋水溝也會被水溝寬度限制而無法順利成功布建。升級至 2.0 版後，因主機與 sensor 是分離的，故只要將 sensor 拋至水體即可順利完成布建工作，大幅提升布建場域之選擇性。

表 4-6 1.0 版升級為 2.0 版本後感測器布建情形

應用情境	1.0 布建現況	2.0 布建現況
橋樑		  

應用情境	1.0 布建現況	2.0 布建現況
提岸		
明渠排水道		
加蓋水溝	無法布建	
未加蓋水溝		

4.6 分析彙整固定式水質感測器多元化應用場域數據

一、現況說明

現行固定式水質感測器已實質應用於工業區排放水口以及關注之敏感水體，分析之項目大多為單一點位或是上下游鄰近點位，本年度將配合前述章節，持續精進多元化應用場域提供環保署及合作機關應用提升管理措施，並輔以實際布建。

本年度 30 臺固定式感測器布建地點散佈在新北市 2 臺、桃園市 16 臺、新竹市 8 臺、彰化縣 1 臺、嘉義縣 3 臺，如表 4 7 所示，執行 3 次滾動式點位效益檢討。布建地點大宗均位於工業區、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。

表 4-7 30 臺固定式水質感測器

序號	名稱	場域	裝設地點	感測項
1	龜山工業區 I_S1	污水下水道及污染截點感測	大排匯流	pH、EC、Temp.、COD
2	龜山工業區 I_S2		加蓋水溝	pH、EC、Temp.、COD
3	龜山工業區 I_S5		未加蓋水溝	pH、EC、Temp.、COD
4	龜山工業區 I_S6		大排匯流	pH、EC、Temp.、COD
5	龜山工業區 I_S9		未加蓋水溝	pH、EC、Temp.、COD
6	龜山工業區 I_RD12		大排匯流	pH、EC、Temp.、COD
7	龜山工業區 I_RD04		加蓋水溝	pH、EC、Temp.、COD
8	南崁溪潛勢污染工廠 S_4		加蓋水溝	pH、EC、Temp.、COD
9	南崁溪潛勢污染工廠 S_10		岸邊	pH、EC、Temp.
10	南崁溪潛勢污染工廠 S_11		加蓋水溝	pH、EC、Temp.、COD
11	南崁溪主流 R_25		岸邊	pH、EC、Temp.
12	南崁溪潛勢污染工廠 S_12		岸邊	pH、EC、Temp.、COD

序號	名稱	場域	裝設地點	感測項
13	南崁溪潛勢污染工廠 S_13		加蓋水溝	pH、EC、Temp.、COD
14	塔寮坑溪 S_1		岸邊	pH、EC、Temp.、Cu^{2+}
15	塔寮坑溪 S_2		岸邊	pH、EC、Temp.、Cu^{2+}
16	塔寮坑溪 R_1	污水下水道及污染截點感測	岸邊	pH、EC、Temp.
17	大漢溪主流 R_1		岸邊	pH、EC、Temp.
18	彰化洋仔厝 F_1		河川	pH、EC、Temp.、Cu^{2+}
19	朴子工業區排水道 I_1		岸邊	pH、EC、Temp.、COD
20	嘉太工業區排水道 I_1		岸邊	pH、EC、Temp.、COD
21	嘉太工業區排水道 I_2		岸邊	pH、EC、Temp.、COD
22	南崁溪潛勢污染工廠 S_14	CWMS	CWMS 比對機	pH、EC、Temp.、COD
23	新竹一二淨水廠取水口 R_1	自來水廠分析管理	淨水廠	pH、EC、Temp.、濁度
24	新竹一二淨水廠前處理 T_1			pH、EC、Temp.、濁度
25	新竹一二淨水廠前處理 T_3			pH、EC、Temp.、濁度
26	新竹第二淨水廠 T_1			pH、EC、Temp.、濁度
27	新竹第二淨水廠 T_4			pH、EC、Temp.、濁度
28	新竹一二淨水廠前處理 T_5			pH、EC、Temp.、濁度
29	新竹第二淨水廠 T_3			pH、EC、Temp.、濁度
30	新竹第二淨水廠 T_6			pH、EC、Temp.、濁度

二、執行方法

固定式水質感測器特性為感測項目多，電力持久並有多元的外接電力能力可應用於多元化場域，包括自來水廠分析管理、污水下水道感測、CWMS 比對。為掌握工廠超排、偷排情形，並達到即時示警及調控。整體多元化應用場域為自來水廠分析管理、污水下水道感測、外部截點及源頭放流口感測，構成 4 階層水質網絡監控，如圖 4-58 所示。

圖 4-58 階層水質網路監控

結合數據分析與統計方法分析，方法學執行架構為分析指標、方法學制定、數據前處理、數據分析、結果闡釋。彙整分析結果詳見附件五所示。

(一) 分析指標

1. 場域分析：布建場域特性，不同場域、不同產業別之水質異常情形。
2. 元件衰減：出現設備異常頻率高、常偏離基線值、維運頻繁。
3. 數據品質：Error Code、當機定值、數據亂跳。
4. 環境效益：抽不到水、通訊不良、經常阻塞、異常潛勢熱區。

(二) 方法學制定

將介接之資料先行分析概貌，透過數據時序圖、缺漏比例熱區圖等，尋找合適之分析方法，而有關感測器之基礎資料表應儘量完備欄位，增加可能對分析有用之資料標籤，如版本號、場域類型、更換元件時間等。

(三) 數據前處理

需確保分析之資料都是有效的，將維運數據或非正常量測水體數據標籤，並需確認選擇方法學是否需進行數據缺值補遺。

(四) 數據分析

需確保分析之資料都是有效的，將維運數據或非正常量測水體數據標籤，並需確認選擇方法學是否需進行數據缺值補遺。

(五) 結果闡釋

完成整體數據分析後，應進一步探討具效益及不具效益點位，其背後指標出現之次數及原因，並解析整體感測元件衰減平均週期及可能因素、設備異常原因等。

三、多元化場域數據應用

(一) 淨水廠水質分析管理

1. 淨水處理程序與安裝位置

淨水廠處理單元主要包含原水與淨水程序濁度控制以及淨水程序餘氯控制。淨水廠處理程序為取得原水執行前加氯後進到快混池依序膠羽池、膠凝沈澱池、快濾池、加氯消毒執行後加氯，處理完成後供給民生用水。本計畫與新竹淨水廠合作，安裝 8 臺水質感測器（5 臺濁度以及 pH、電導度、溫度感測、3 臺餘氯以及 pH、電導度、溫度感測）於新竹淨水廠。

5 臺濁度感測器分別安裝在原水取水口 1 臺，前處理程序 2 臺，膠凝沈澱池後 1 臺，後加氯 1 臺，如圖 4-59 所示。

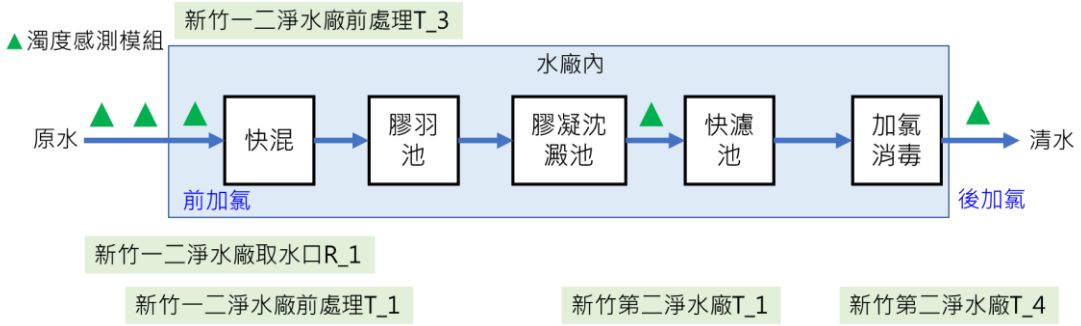


圖 4-59 淨水廠水質感測-濁度感測器安裝位置

3 臺餘氯感測器分別安裝在前加氯程序 1 臺，膠凝沈澱池後 1 臺，後加氯 1 臺，如圖 4-60 所示。

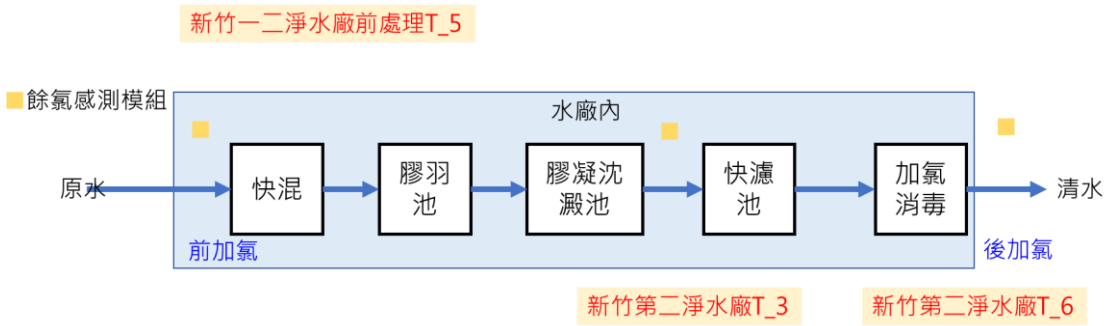
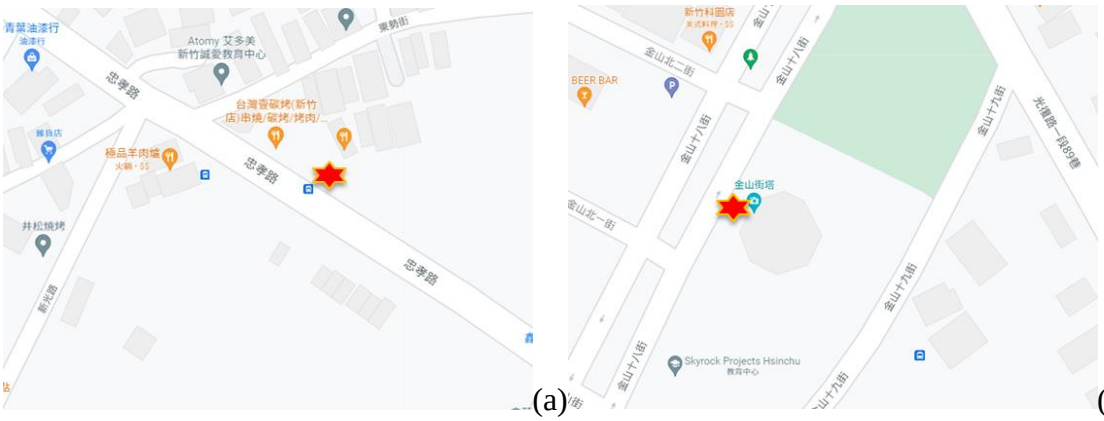


圖 4-60 淨水廠水質感測-餘氯感測器安裝位置

另外，上述設備在經實驗室與淨水廠驗證後，與第三區新竹淨水廠聯繫討論，於今年 10 月底啟動另一階段針對自來水管線末端(水情揭露點)餘氯與濁度等比對測試。感測器規畫裝設位置如表 4-8，驗證場域之位置與裝設照片如圖 4-61 與圖 4-62 所示。

表 4-8 淨水廠水情揭露點感測器驗證場域規劃

站點名稱	位置	裝設感測器
新竹一二淨水廠前處理 T_1	新竹市忠孝路	PET+濁度
淨水廠第二驗證站-餘氯 T_2	新竹市忠孝路	PET+餘氯
新竹第二淨水廠 T_1	新竹市金山十八街	PET+濁度
淨水廠第三驗證站-餘氯 T_3	新竹市金山十八街	PET+餘氯



(a) (b)

圖 4-61 淨水廠水情揭露點感測器驗證場域位置圖：(a)忠孝路監測站；(b)金山十八街監測站

(a) (b)

圖 4-62 淨水廠水情揭露點感測器裝設照片：(a) PET+濁度；(b)PET+餘氯

2. 淨水廠水質感測結果

(1) 頭前溪原水濁度感測

本計畫使用的國產化濁度感測器係利用正常原水及自來水清水分別建立光譜資料庫，建立演算模式，定義其濁度之貢獻度，來開發完整濁度推估模式。詳情請見精進固定式濁度感測器章節。本年度濁度感測範圍為 0.1 NTU 至 400 NTU。

濁度可直接反映出安裝場域水體中顆粒物的多寡。淨水廠取水口來源為頭前溪，平時濁度約 2.8 NTU 至 5.1 NTU，大雨可能升高至 17 NTU 或以上，如圖 4-63 所示。由於濁度感測係利用光學即時分析量測，在暴雨過後，光學分析槽體易髒污影響感測數值，故需加強清洗維持數據品質，如圖 4-64 所示。

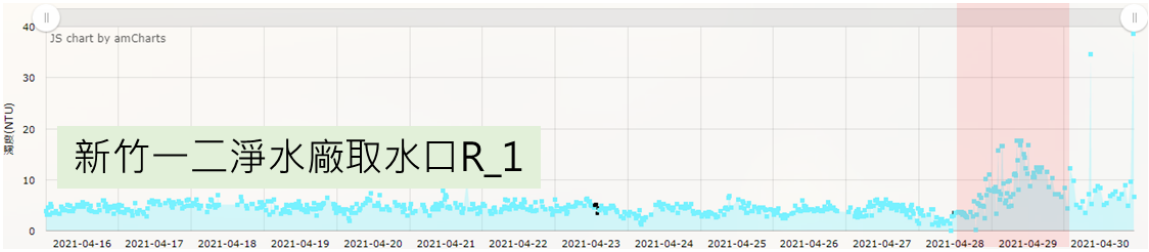


圖 4-63 濁度感測器易受大雨影響

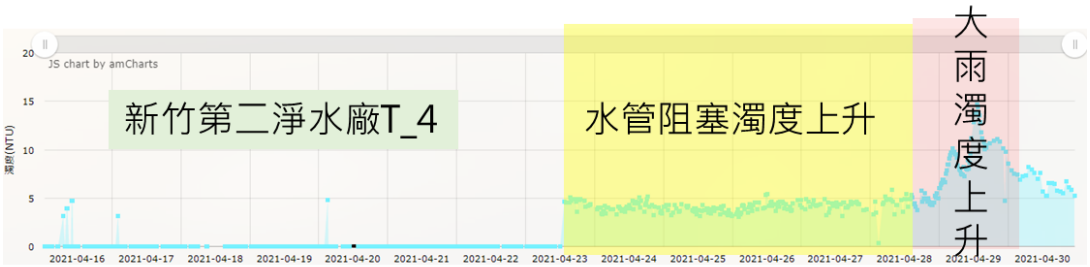


圖 4-64 濁度感測器髒污易影響數值判讀

(2) 水情揭露站-濁度標準方法及商用儀器比對結果

A. 量測數據比對方式

本計畫將國產與商用感測器之感測數據，利用統計分析進行成對檢定，驗證兩群體-國產與商用感測器感測數據之顯著水準(P-value)、相關係數(R)與相關性(RSQ)，並依據下表 4-9 進行顯著與相關性分析。

表 4-9 感測器數據統計分析參數

分析參數	數值範圍	統計意義
P-value	<0.05	非常顯著
	>0.05	顯著性不高
R	0-0.25	兩者缺乏相關
	0.25-0.50	兩者相關不強
	0.50-0.75	兩者適度或良好相關
	0.75-1.0	兩者相關係非常好

B. 標準方法比對結果

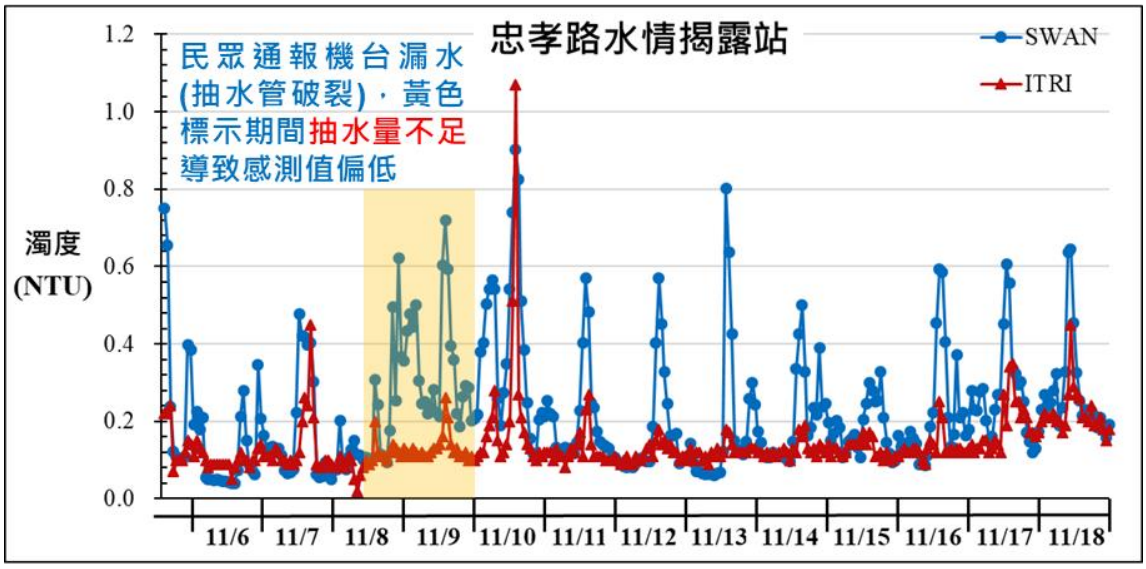
國產化濁度感測器裝設於淨水廠水情揭露站(忠孝路與金山十八街)驗證場域中，於維運校正前以符合國際標準方法之濁度計進行現場水質量測比對，水質數據比對結果如表 4-10 所示，結果顯示國產化濁度感測器之量測值較標準方法量測值稍有偏低，但多數量測誤差百分比皆可低於 20%，未來將持續針對低濁度(<0.3 NTU)水樣進行檢量線修正，提升低濃度量測準確度。

C. 商用儀器(SWAN)比對結果

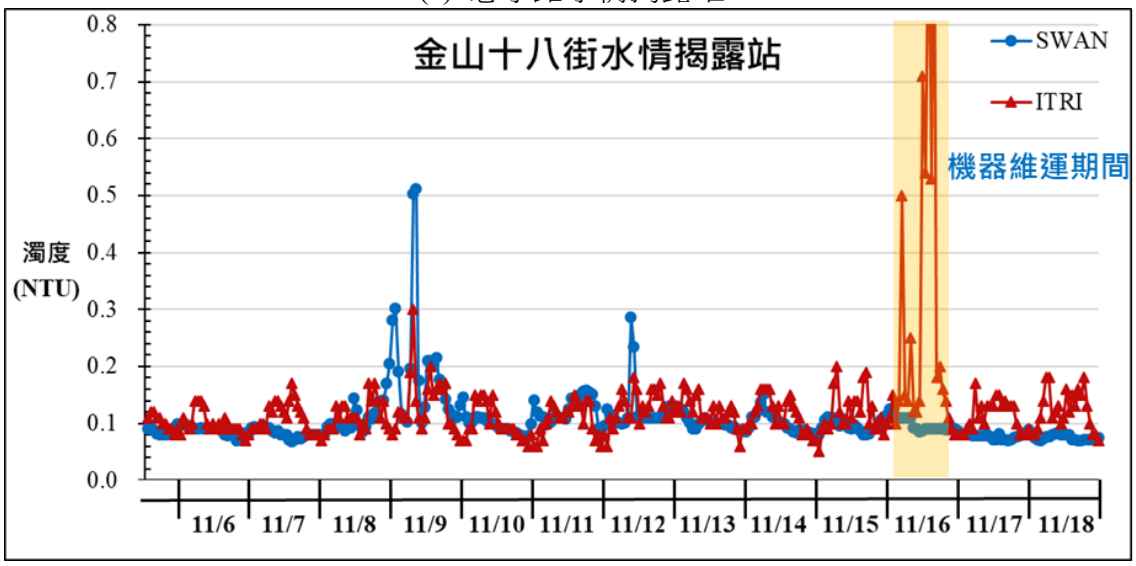
除了與標準方法進行感測器準確度比對外，本計畫亦與淨水廠安裝之商用濁度感測器(SWAN)之監測數值進行比對，圖 4-65 (a)及圖 4-65(b)為 110 年 11 月 5 日-11 月 18 日連續量測結果，統計分析結果(表 4-11)顯示，裝設於忠孝路與金山十八街之濁度感測器與 SWAN 儀器之顯著性與相關性檢定分別為 P=0.74 與 0.61、R=0.75 與 0.71、RSQ=0.563 與 0.504，由分析結果可知，兩測站與 SWAN 之感測數據比對均無顯著差異(P>0.05)，且均具有良好以上之相關性(R>0.7，RSQ>0.5)。

表 4-10 濁度感測器與標準方法量測數據表

測站名稱	量測日期	SWAN (NTU)	ITRI (NTU)	HANNA 標準方法 (NTU)	HANNA v.s ITRI	
					誤差值 (NTU)	誤差百分比 (%)
忠孝路水情揭露站	11/5	0.12	0.07	0.09	-0.02	22%
	11/9	0.22	0.13	0.16	-0.03	19%
	11/12	0.25	0.13	0.17	-0.04	24%
	1/16	0.19	0.15	0.17	-0.02	12%
	11/18	0.46	0.29	0.36	-0.07	19%
金山十八街水情揭露站	11/5	0.09	0.12	0.11	0.01	9%
	11/9	0.13	0.11	0.13	-0.02	15%
	11/12	0.11	0.10	0.11	0.01	9%
	11/18	0.07	0.15	0.12	0.03	25%



(a) 忠孝路水情揭露站



(b) 金山十八街水情揭露站

圖 4-65 固定式濁度感測設備與外站監測數值比對結果

表 4-11 國產(ITRI)與商用(SWAN)濁度感測器數據比較表

測站名稱	比對裝置	測值範圍 (NTU)	平均值 (NTU)	標準差 (NTU)	顯著性 P-value	相關係數 R	相關性 RSQ
忠孝路水情揭露站	SWAN	0.04-0.90	0.18	0.111	0.74	0.75	0.563
	ITRI	0.02-1.07	0.14	0.078			
金山十八街水情揭露站	SWAN	0.07-0.50	0.10	0.039	0.61	0.71	0.504
	ITRI	0.05-0.30	0.12	0.033			
P-value 預設 0.05：虛無假設(H0):SWAN=ITRI；對立假設(H1):SWAN≠ITRI							

(3) 淨水廠餘氯感測

本計畫使用的國產化餘氯感測器之量測原理為採用電化學方波伏安法(Square wave voltammetry, SWV)，可縮短掃描時間快速完成分析，詳情請見固定式餘氯感測器章節。

由於目前餘氯偵測極限為 0.3 ppm，一般淨水廠驗證場域約為 0.4 ppm 以下，對於低濃度餘氯感測可以看的到趨勢，但數值目前跳動不穩定可能受到偵測極限影響，如圖 4-66 所示。

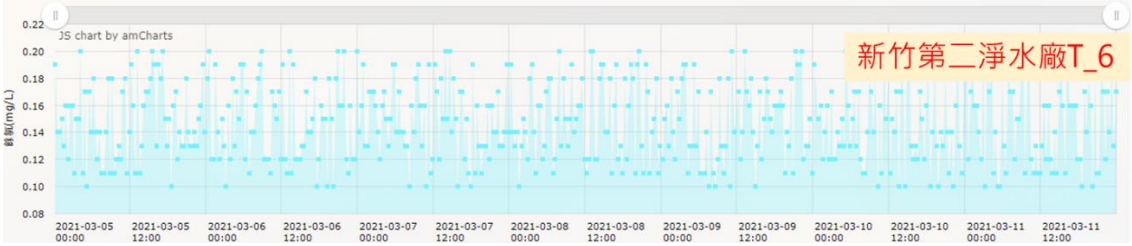


圖 4-66 後加氯單元餘氯感測器數值

(4) 水情接露站-餘氯標準方法及商用儀器比對結果

A. 量測數據比對方式

本計畫將國產與商用感測器之感測數據，利用統計分析進行成對檢定，驗證兩群體-國產與商用感測器感測數據之顯著水準(P-value)、相關係數(R)與相關性(RSQ)，並依據表 4-9 進行顯著與相關性分析。

B. 標準方法比對結果

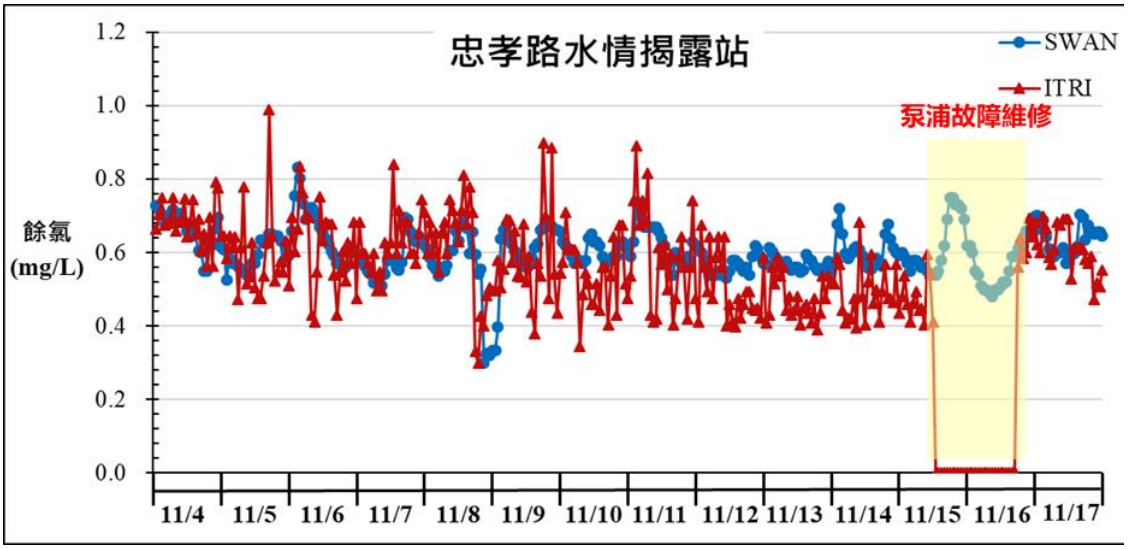
國產化餘氯感測器裝設於淨水廠水情揭露站(忠孝路與金山十八街)驗證場域中，於維運校正前以符合國際標準方法之濁度計進行現場水質量測比對，水質數據比對結果如表 4-12 所示，結果顯示國產化濁度感測器之量測值較標準方法量測值稍有偏低，但多數量測誤差百分比皆可低於 10%，並持續針對低濃度(<0.4 mg/L)水樣進行檢量線驗證，以提升低濃度量測準確度。

C. 商用儀器(SWAN)比對結果

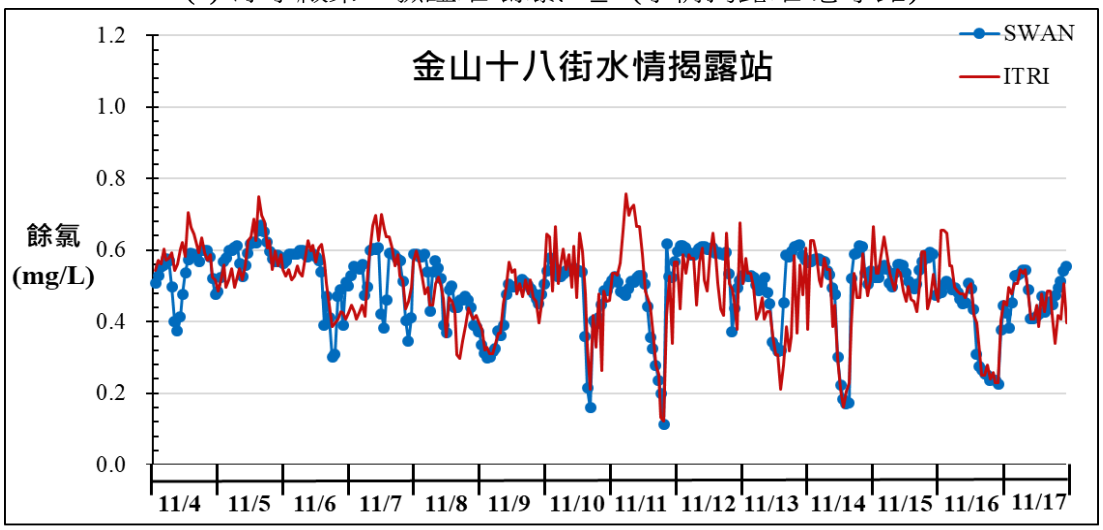
除了與標準方法進行感測器準確度比對外，本計畫亦與淨水廠安裝之商用濁度感測器(SWAN)之監測數值進行比對，圖 4-67 (a)及圖 4-67 (b)為 110 年 11 月 4 日-11 月 17 日連續量測結果，統計分析結果(表 4-13)顯示，裝設於忠孝路與金山十八街之濁度感測器與 SWAN 儀器之顯著性與相關性檢定分別為 P=0.4 與 0.72、R=0.56 與 0.72、RSQ=0.313 與 0.521，由此可知，兩測站與 SWAN 之感測數據比對均無顯著差異(P>0.05)，但相關性分析結果兩站略有不同，忠孝站感測數據僅具有適度相關性(R>0.5，RSQ>0.3)，而金山十八街站感測數據僅具有良好相關性(R>0.7，RSQ>0.5)。

表 4-12 餘氯感測器與標準方法量測數據表

測站名稱	量測日期	SWAN (mg/L)	ITRI (mg/L)	DPD 標準方法 (mg/L)	DPD v.s ITRI	
					誤差值 (mg/L)	誤差百分比 (%)
忠孝路水情揭露站	11/4	0.67	0.59	0.66	-0.07	10.6%
	11/11	0.54	0.59	0.55	-0.04	7.3%
	11/16	0.57	0.56	0.51	-0.05	9.8%
	11/22	0.65	0.70	0.77	-0.07	9.1%
金山十八街水情揭露站	11/4	0.58	0.58	0.55	0.03	5.5%
	11/11	0.53	0.65	0.70	-0.05	7.1%
	11/15	0.53	0.63	0.65	-0.02	3.1%
	11/22	0.48	0.40	0.42	-0.02	4.8%



(a) 淨水廠第二驗證站-餘氯 T_2 (水情揭露站-忠孝路)



(b) 淨水廠第三驗證站-餘氯 T_3(水情揭露站-金山十八街)

圖 4-67 固定式餘氯感測設備與外站監測數值比對結果

表 4-13 國產(ITRI)與商用(SWAN)濁度感測器數據比較表

測站名稱	比對裝置	測值範圍 (mg/L)	平均值 (mg/L)	標準差 (mg/L)	顯著性 P-value	相關係數 R	相關性 RSQ
忠孝路水情揭露站	SWAN	0.30~0.83	0.603	0.06	0.40	0.56	0.313
	ITRI	0.31~0.99	0.523	0.19			
金山十八街水情揭露站	SWAN	0.11~0.67	0.498	0.10	0.72	0.72	0.521
	ITRI	0.12~0.76	0.496	0.11			
P-value 預設 0.05：虛無假設(H0):SWAN=ITRI；對立假設(H1):SWAN≠ITRI							

(5) 元件衰減情形

分析布建於淨水廠之固定式感測器之維運數據，因淨水廠水質良好乾淨，除 4 月梅雨季節因大雨造成濁度上升使得水管阻塞抽不到水並偏離基線質外，無元件故障情形。

(二) 污水下水道及污染截點感測分析

1. 分析指標

(1) 場域分析

截點感測與污水下水道感測應用主要為執行水質污染監控及告警，使用的感測元件以酸鹼值(pH)、電導度(EC)、溫度(Temp)為主並依據不同場域，電鍍、金屬表面處理業、食品業、印刷電路板、其他電子零組件業、印染業、砂石業，加裝其他感測項組合，如化學需氧量(COD)、銅離子(Cu^{2+})。

A. 產業感測水質特性

應用感測器改善環境前需先掌握各場域水質背景基線，以基線設定告警條件會使推播通知更有效及精確。依據目前環保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，後續可依據全方位盤點數據分析結果持續修正。

表 4-14 產業別感測數據特性

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
污水下水道及污染截點感測	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
	砂石業	6.5 - 9	500 - 5,000	—	20 - 80	以 pH 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 判斷排水時間

B. 場域特性：

依據水路情形掌握每個污染源流入截點，固定式感測器可在無水情況下感測，不至損壞感測元件，且具有重金屬感測項目，適用於水位較低之感測點位。

表 4-15 應用場域感測數據特性

應用場域	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 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 判斷排水時間

(2) 元件衰減

感測元件衰減及數據偏離與環境水質有直接關係，水質複雜多股水匯流容易造成過濾器及水管阻塞、需加強清洗化學需氧量(COD)光學感測元件。

比對過去維運結果，每 1 週均需針對含化學需氧量(COD)光學感測元件均需執行 1 次以上的清洗保養，如無清洗將導致感光元件混濁感測數值上升如圖 4-68 所示。酸鹼值(pH)、電導度(EC)以

及銅離子(Cu^{2+})部分約 2 週校正清洗一次即可；部分需定期補充電解液如未補充電解液則會導致數值成定值如圖 4-69 所示。

圖 4-68 化學需氧量(COD)光學感測元件污染需更換清洗

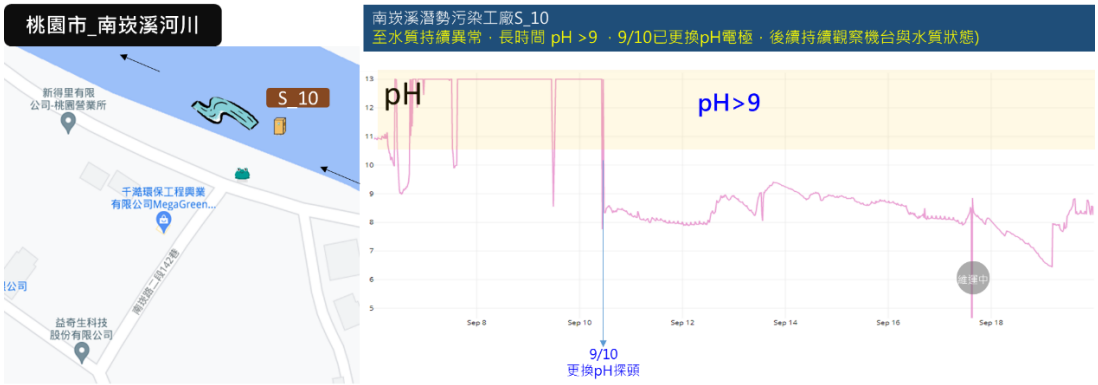


圖 4-69 酸鹼值(pH)電解液減少需更換補充

(3) 數據品質

本計畫使用的機臺感測知數據品質良好，但除抽不到水外，零星狀況有當機呈現定值、揚程過高、電極本身異常導致清洗水殘留情形。

A. 當機成定值：僅發生一次。感測器主版因不明原因導致酸鹼值(pH)、電導度(EC)當機呈現『0』，但化學需氧量(COD)感測正常。

B. 揚程過高：固定式感測器因布建場域不同，約 2-6 小時利用乾淨清洗水清洗一次，清洗後如揚程過高導致感測水樣沒有充分將清洗水排除，清洗水酸鹼值(pH)約 pH 7，導致感測數據忽高忽低呈現『梳子』狀數值如圖 4-70，現場水之水泵抽水時間拉長。

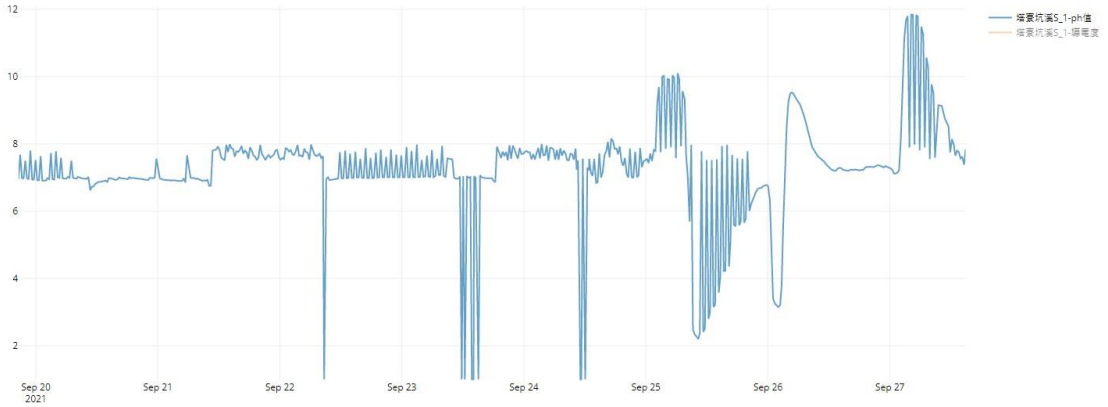


圖 4-70 揚程過高清洗水無充分混合數值呈現『梳子狀』

(4) 環境效益

固定式感測器長期放置在外定時抽水感測回傳，環境惡劣造成感測程序沒有執行或完成，可能的狀況為抽不到水、通訊不良、經常阻塞。如抽不到水或水位過低電導度數值則會降到 200 μS/cm 以下，清洗水位排除導致酸鹼值(pH)呈現梳子狀。

2. 數據分析

(1) 重要截點、大排及雨排布建

以上游龜山工業區 I_S6 以及下游龜山工業區 I_RD12 為例，兩者距離約 200 公尺，水質背景酸鹼值約 pH 6.6 至 7.5 之間、電導度約 530 至 3,000 μS/cm 之間。觀察以 8 月 12 日至 8 月 23 日時間區間為例，可明顯看到 8 月 12 日至 8 月 17 日上下游之 pH、電導度、COD 具強連動性，如圖 4-71、圖 4-72、圖 4-73 所示。

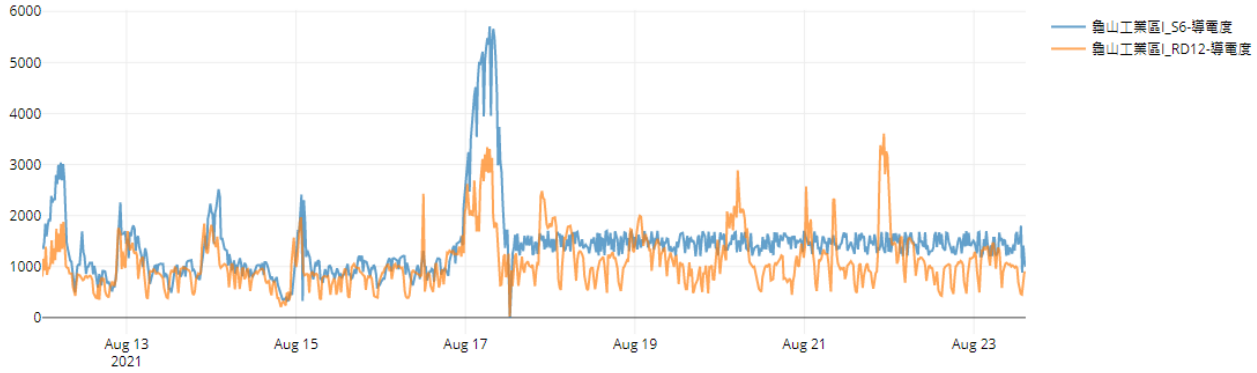


圖 4-71 電導度感測連動情形重要截點應用場域

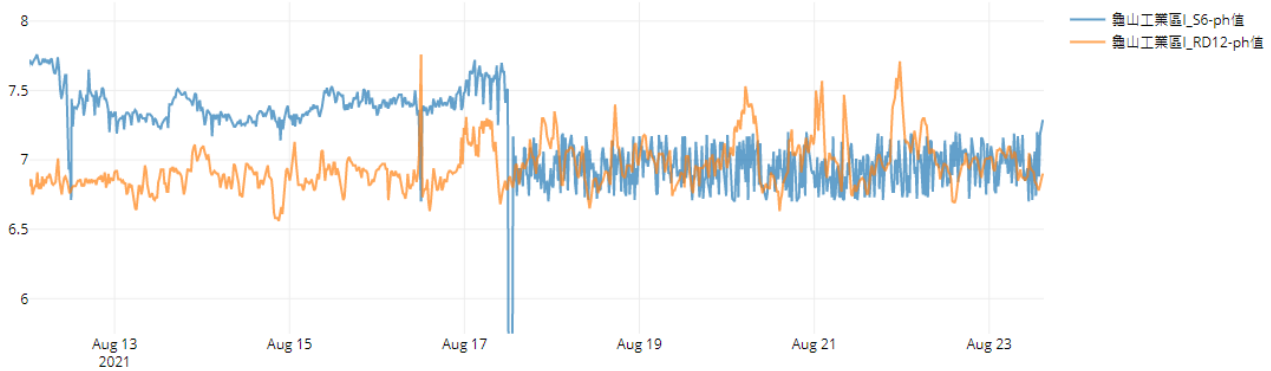


圖 4-72 pH 感測連動情形重要截點應用場域

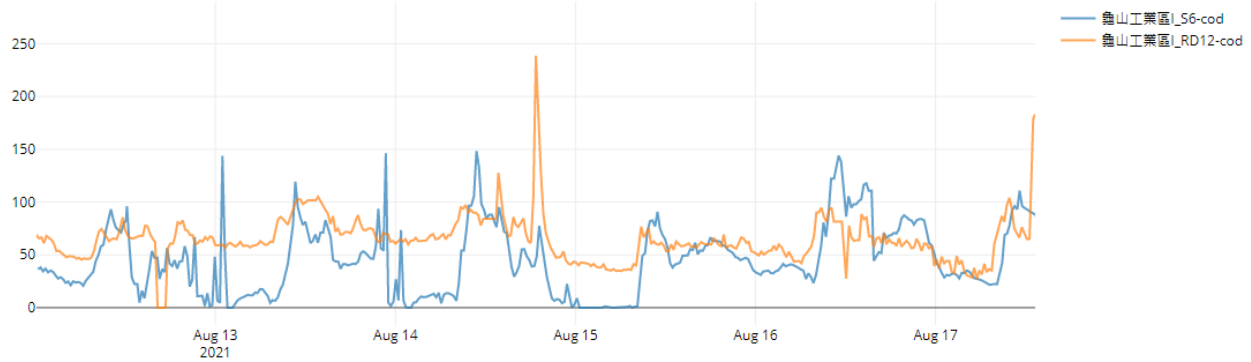


圖 4-73 COD 感測連動情形重要截點應用場域

(2) 農田渠道

以彰化洋子厝 F_1 為例，感測農田灌溉水有無重金屬感測情形，其水位有時偏低，會有抽不到水情形。搭配重金屬感測項目，如有排水時即可感測示警，如圖 4-74 所示。

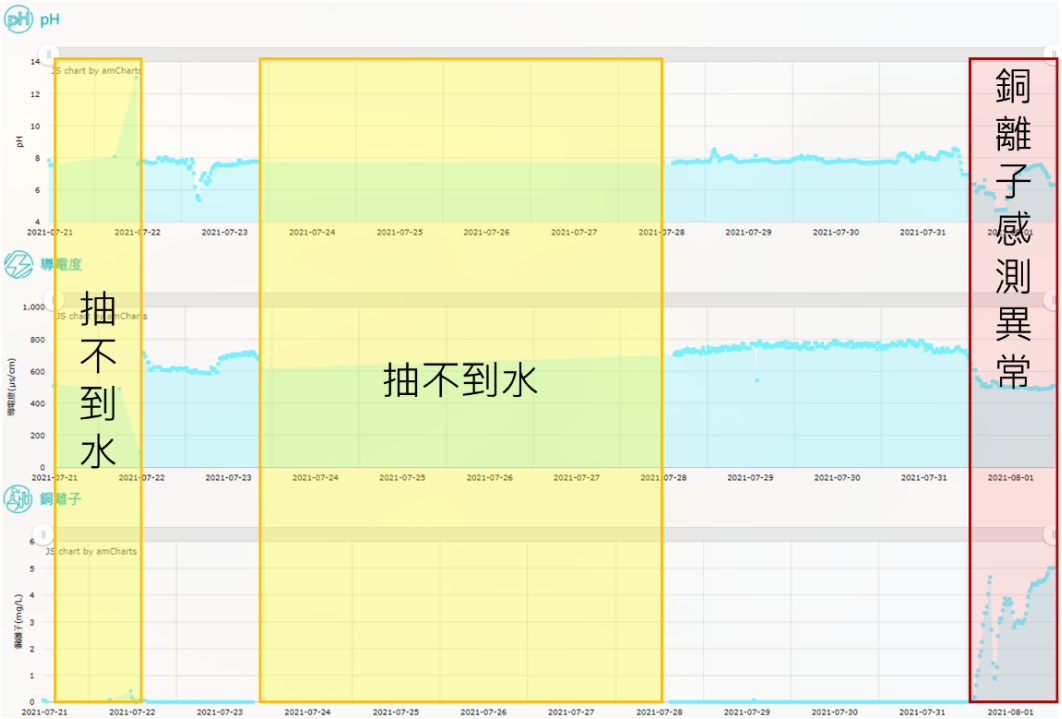


圖 4-74 農田渠道水體感測應用場域

(3) 河川

以南崁溪主流 R_25 為例，平時酸鹼值約為 pH 6.9-7.2、電導度約 240 至 270 μS/cm。定時感測河川水質是否於截點上游有水質異常情形。目前觀察該點位南崁溪主流 R_25 感測項連動，上游有定期排水電導度與 pH 明顯趨勢。如圖 4-75 所示。

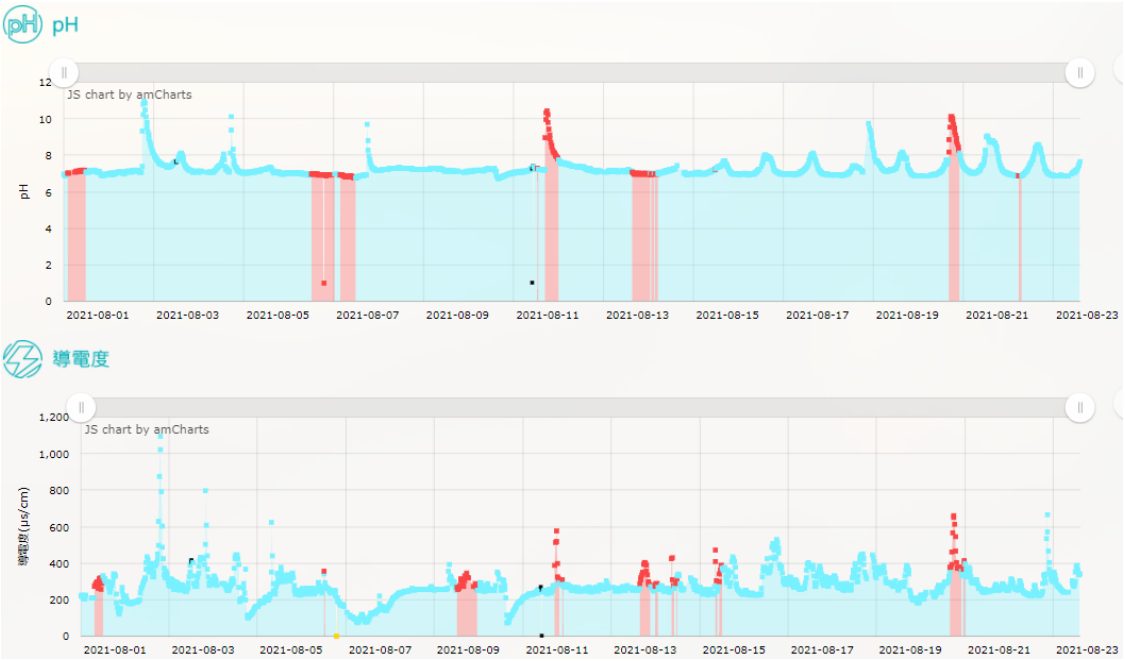


圖 4-75 河川水體感測應用場域

(三) 源頭感測 CWMS 應用

1. 場域分析

CWMS 應用主要為提供酸鹼值、電導度、溫度、化學需氧量感測內容逐步擴大需安裝放流口水質感測之列管事業範圍。

本工作平行比對重大點源放流水自動連續監測資訊公開查詢系統（CWMS）點位，比對新竹科學園區污水處理廠 D01 出流水採樣箱，如圖 4-76 所示。本點位感測項目為 pH、電導度、溫度、銅離子。

圖 4-76 新竹科學園區污水處理廠 D01 出流水採樣箱

2. 數據分析

長期觀察下來，以新竹科學園區污水處理廠 CWMS 7 月 8 日至 7 月 23 日舉例，本計畫使用之固定式感測器 pH 值相近，落差在 1 個 pH 內如圖 4-77 所示。比較新竹科學園區污水處理廠 CWMS 之電導度，其趨勢與固定式感測器 EC 值一致，且落在 30%合理誤差以內，如圖 4-78 所示。

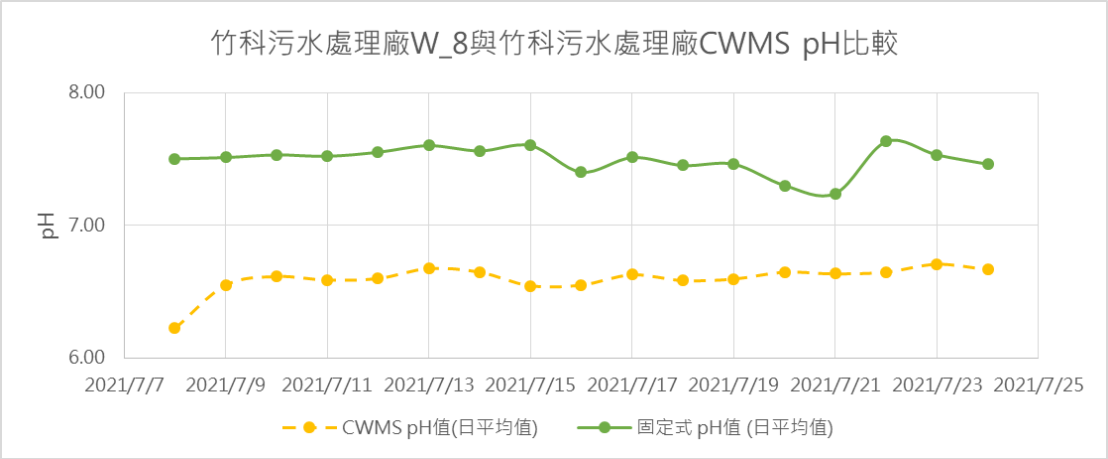


圖 4-77 新竹科學園區污水處理廠 D01 出流水採樣箱 pH 比較

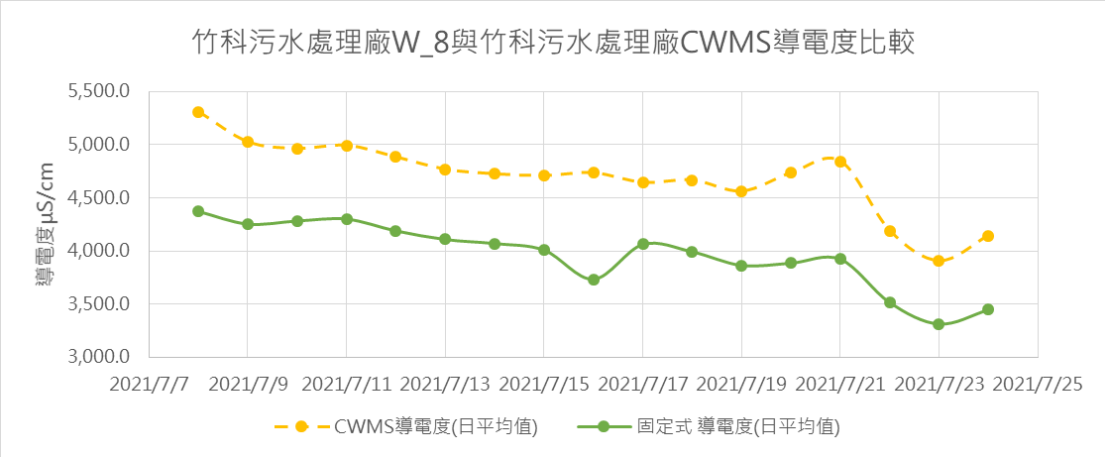


圖 4-78 新竹科學園區污水處理廠 D01 出流水採樣箱電導度比較

四、固定式水質感測管理應用建議

(一) 重要截點、大排及雨排、河川與農田渠道感測

1. 布建前：由於布建場域多元，為使布建效果達到最佳化，減少感測器機臺異常情形，增加布建效益。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。建議於布建前應執行以下事項：

(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、低水位揚程與經常有水及布建維運較為容易地區。

2. 布建時：確認規劃位置於現場環境布建可行性，以不影響當地主管機關及居民之現地設備、水路及業務用途為原則。重點考量事項包括，架設難易度、抽水揚程、採樣代表性、通訊傳輸、硬體保全、淹水問題、高溫曝曬問題、周遭居民溝通等。因應不同場域特性應配置不同密度的水質感測器，原則建議工業區/工廠排水道可採約 300 公尺 1 點具有重金屬監測功能感測器，再輔以精簡型感測器補足其中工廠排水支流較多區域，約 100 公尺 1 點。農田渠道以掌握背景水質濃度為主，於重點分支流處採約 500 公尺布建 1 點。河川流域則採低約 700 公尺布建 1 點。

3. 數據分析：固定式感測器維運應依各場域水質調整維運頻率，建議各點位至少 2 週維運一次。依據數據內容分析感測趨勢，並判斷是否為水質異常及數據連動趨勢或機臺硬體問題，並安排維運清洗、更換感測元件、調整抽水時間。

(二) CWMS 比對

1. 布建前：應考量區別性、代表性、完整性及目的性，查閱感測之點位是否在「重大點源放流水自動連續監測資訊公開查詢系統」登錄，並確認本次感測項目是否包含其監測內容。

2. 布建時：應放置 CWMS 放流水口或取水箱，避免與其他水體混淆導致數據差異。

3. 數據分析：建議各點位至少 2 週維運一次。感測數值應維持在水質感測元件允許誤差值之內，如有差異應安排校正。

4.7 水科技物聯網應用平臺維運

本計畫於 109 年作結束後，提供一年份保固服務，於環境感測數據展示平臺正式上線前，持續維運水科技物聯網應用平臺，以維持本計畫及其他計畫水質感測器應用所需正常運作。本工作於 4 月底前新增「帳號功能權限管理功能」、「移動式感測器檢視功能」、「移動式感測器即時 Line 通知」等功能；並於 6 月 30 日完成移轉，由「環境感測數據分析及展示服務整合計畫」團隊接手，本計畫已依照環保署承辦單位之指示，備妥交接所需之必要文件，如「系統分析報告書」、「系統設計報告書」、「系統測試報告書」、「系統程式規格書」、「系統使用手冊」、「系統維護手冊」、「輔導上線計畫書」等系統技術文件，內容將包括資料庫架構、程式說明、執行環境等，並於指定期間內與接手維運單位召開交接會議，說明相關技術內容，並於會議上確認系統維運轉移之時間點，確保系統之維運可以無縫接軌。

一、平臺新增功能

(一) 帳號功能權限管理功能：提供網站管理員控管各帳號檢視移動式、手持式感測器資料縣市權限（圖 4-79）。

圖 4-79 帳號功能權限管理功能

(二) 移動式感測器檢視功能：提供網站管理員控管各帳號「檢視」移動式感測器資料功能，使用者除了可以新增、刪除、修改自己縣市的感測器資料以外，也可以「檢視」其他縣市的設備資料（圖 4-80）。

圖 4-80 移動式感測器檢視功能

(三) 移動式感測器即時 Line 通知：提供網站管理員控制需要以「分鐘尺度」預警移動式感測器資料，包含(1)專案；(2)活動名稱；(3)預警條件，並組織 Line Notify 將相關稽查人員加入群組，即可於監控場域達預警條件時收到通知（圖 4-81）。

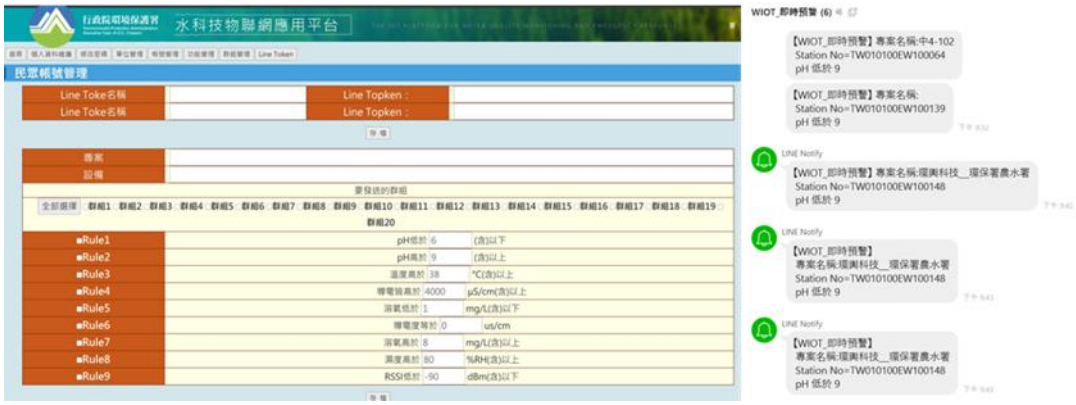


圖 4-81 移動式感測器即時 Line 通知

二、維運移轉內容

(一) 技術文件說明：包含系統架構、程式清單、資料庫架構，程式安裝說明及操作手冊。

(二) 接手維運單位需求說明：由接手維運單位依據自身需求向本計畫說明。

(三) 原始程式碼移交說明：確認原始程式碼移交方式及時間。

(四) 系統維運轉換時間確認：確認系統維運正式交接時間。

(五) 系統維運轉換期間權責釐清：確認交接緩衝期，及緩衝期內本計畫、接手維運單位及環保署承辦單位之權責。

(六) 後續支援範圍：確認系統移轉後本計畫是否需繼續提供支援，若有此需求則確認提供支援之範圍與時間。

(七) 其他未竟事項：除以上一致六點外，與會各方認為系統移轉需釐清之事項，與移交時程表規劃（表 4-16）。

表 4-16 維運移轉時程表

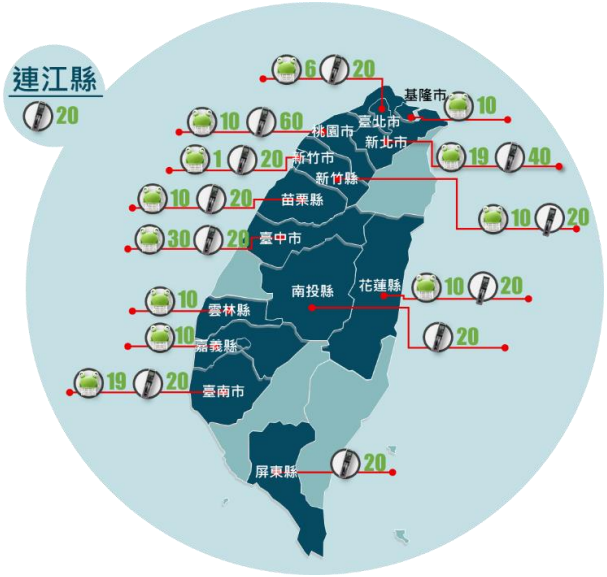
期程 作業項目	準備期 110 年 1~4 月		交接期 110 年 5~6 月			支援期 110 年 7/1~12/31
準備系統文件						
前期溝通及 約定交接會議時間						
交接會議						
原始程式碼交付						
管理者權限移交						
維運轉換緩衝期 及必要技術支援						

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管考移動式水質感測器及手持式水質感測器擴展應用情形，包括協助地方政府完成 109 年合辦計畫之結案與彙整執行成果、協助推動 110 年合辦計畫、協助管考「發展及推廣水質感測器執法應用服務試驗計畫」、以及彙整及推廣水聯網計畫成果，相關執行進度說明如下。

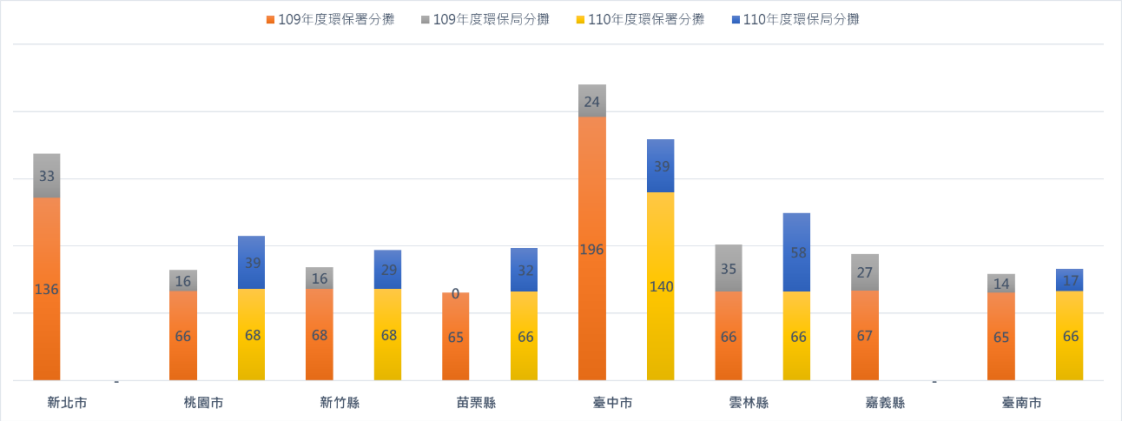
水質感測器合辦計畫（以下簡稱合辦計畫）自 109 年推動至今已執行 2 年，共有 15 縣市參與，移交地方政府應用 145 臺移動式及 300 臺手持式水質感測器，各縣市應用數量如圖 5-1 所示，移動式水質感測器主要由環保局選址、安裝應用、數據分析、熱區鑑定及執法稽查；手持式水質感測器主要交由地方河川巡守隊定期巡檢感測應用。

合辦計畫以環保署提供設備並分攤維運、數據分析費用（約佔總經費 90%），縣市環保局分攤部分耗材、通訊費用（約佔總經費 10%），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%），其中新北市 109 年度計畫展延執行至 110 年 8 月，嘉義縣自編經費維運與應用水質感測器，各縣市經費投入情形如圖 5-2。



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）



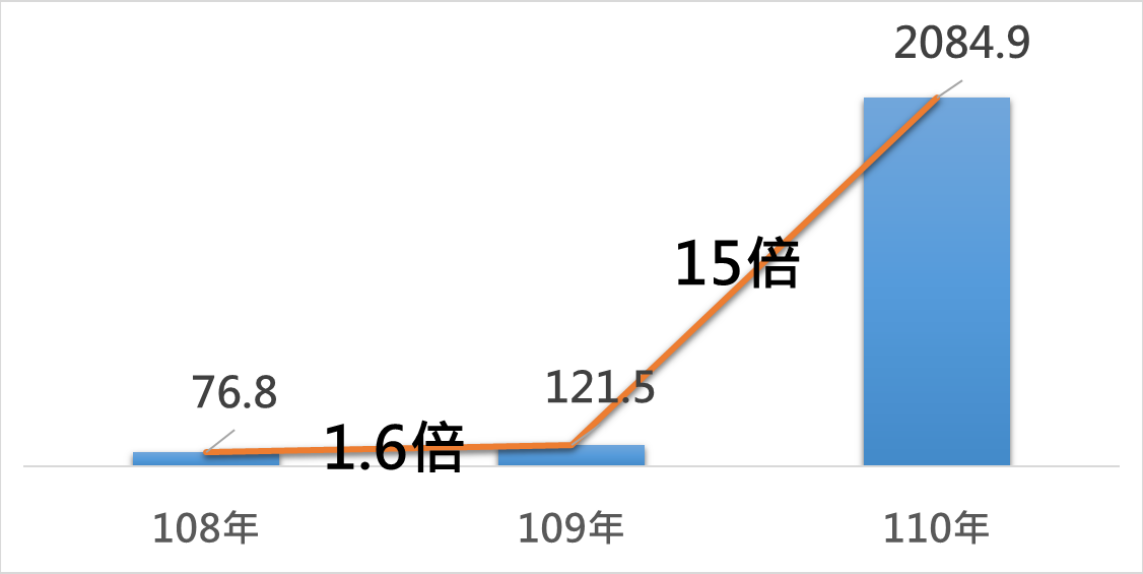
資料來源：本計畫彙整

圖 5-2 各縣市經費投入情形（單位：萬元）

環保署自 106 年引領推動水質物聯網領域，於四年計畫執行期間，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稽查違法廠家達 27 件次（圖 5-3），且 110 年行政裁罰金額為 109 年之 15 倍（圖 5-4），累計裁罰金額超過 2 千萬元，各縣市稽查件數與裁罰金額統計如圖 5-5 與圖 5-6。

資料來源：本計畫彙整

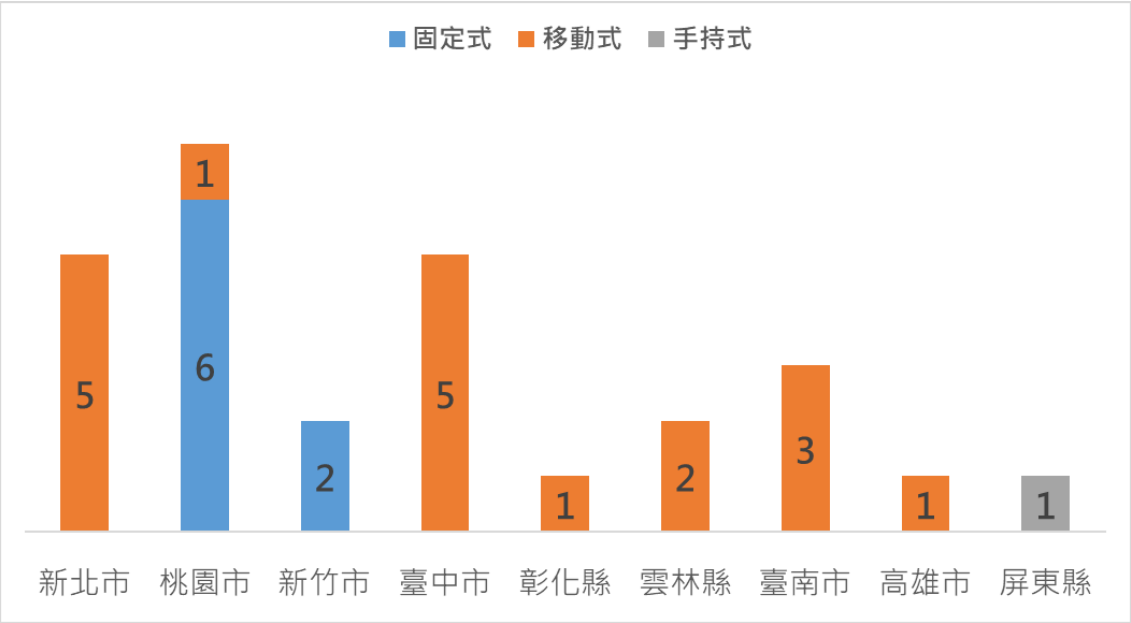
圖 5-3 各年度稽查件數統計（單位：件）



資料來源：本計畫彙整

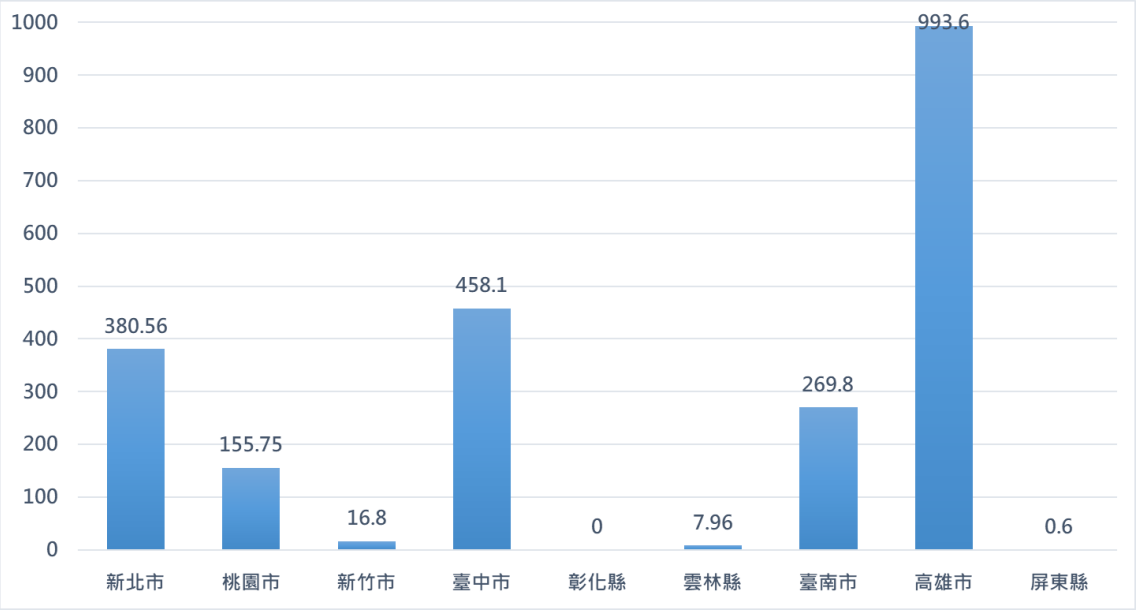
註：部分裁罰案件尚在行政程序中，尚未確認裁罰金額故未列入

圖 5-4 各年度裁罰金額統計（單位：萬元）



資料來源：本計畫彙整

圖 5-5 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 5-6 各縣市裁罰金額統計（單位：萬元）

5.1 彙整 109 年合辦計畫成果

為推廣多樣化水質感測器及應用水聯網改善環境品質，環保署於 109 年推動合辦試驗應用計畫，移交地方政府應用 113 臺移動式及 280 臺手持式水質感測器，以環保署提供設備並分攤維運、數據分析費用（約佔總經費 90%），縣市環保局分攤部分耗材、通訊費用（約佔總經費 10%），並提供環境應用實例及數據分析之合作方式。其中，共有 13 個縣市應用，詳如表 5-1，執行成果與回饋意見綜整說明如後。

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 1 組（10 臺）移動式需產出 2 件次環境應用實例，每申請 1 組（20 臺）手持式感測器需產出 1 件次環境應用實例。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。彙整 109 年地方政府應用感測器執行成果如表 5-2，109 年地方政府藉由水質感測器異常趨勢成功稽查 3 案，累計裁罰金額 61.8 萬元。

表 5-1 109 年地方政府合辦應用情形

縣市	實際應用數量（單位：臺）	
	移動式	手持式
新北市	19*	40
臺北市	2	20
桃園市	10	60
新竹市	1	20
新竹縣	10	20
苗栗縣	10	20
臺中市	31*	20
南投縣	0	20
雲林縣	10	0
嘉義縣	10	0
臺南市	10*	20
屏東縣	0	20
連江縣	0	20
總計	**113**	**280**

* 109 年計畫執行期間新北市遭竊 1 臺移動式感測器，臺中市遭竊 1 臺與損毀 1 臺，臺南市遭竊 1 臺（已自行增購 1 臺）；臺中市另於 109 年底另向環保署申請 3 臺移動式感測器。

表 5-2 109 年地方政府應用感測器執行成果

縣市	應用數量（臺）移動式／手持式	環境應用	稽查應用	回饋意見
新北市	20／40	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	觀察感測趨勢，已鎖定 3 家畜牧業，若有趨勢會走向稽查行動	設備機動性高，能快速針對污染熱點進行埋伏布局
臺北市	2／20	死魚事件、教育訓練	監控生活污水，若有趨勢會走向稽查行動	缺乏自動清洗、防盜措施提出增加設備申請需求
桃園市	10／60	零星工廠、民眾檢舉、死魚事件、教育訓練	觀察感測趨勢，已鎖定 1 家染整業，若有趨勢會走向稽查行動	可遠端觀看感測數據，減少稽查人員現場檢測水質之人力負擔
新竹市	1／20	死魚事件、教育訓練	掌握水體背景值為優先	各項感測值穩定且維運頻率低
新竹縣	10／20	零星工廠、教育訓練	觀察感測趨勢，已鎖定 1 處畜牧廢水污染場域，若有趨勢會走向稽查行動	希望能針對目標工廠埋伏布局
苗栗縣	10／20	死魚事件、教育訓練	已鎖定 2 家工廠並於 12 月執行稽查採樣，惟採樣結果未超標，後續將持續追蹤	設備機動性高，能快速針對污染熱點進行埋伏布局
臺中市	30／20	零星工廠、民眾檢舉、工業區污排、教育訓練	**已查獲 1 家工廠（電鍍廠）偷排廢水，裁罰金額 25.2 萬元**	可針對污排放死角進行布放設備
南投縣	0／20	教育訓練	-	-
雲林縣	10／0	零星工廠、民眾檢舉、教育訓練	觀察感測趨勢，已鎖定 1 家畜牧業，若有趨勢會走向稽查行動	設備穩定度低且訊號連線不穩
嘉義縣	10／0	零星工廠、死魚事件、教育訓練	觀察感測趨勢，已鎖定 1 家工廠與 3 家畜牧業，若有趨勢會走向稽查行動	感測器訊號連線不穩
臺南縣	10／20	零星工廠、民眾檢舉、工業區污排、死魚事件、教育訓練	**已查獲 1 家食品製造廠偷排廢水，裁罰金額 36 萬元**	感測器體積大易遭竊，建議增加偽裝設計
屏東縣	0／20	濕地水質感測、教育訓練	**已查獲 1 家畜牧業偷排廢水，裁罰金額 6 千元**	手持式攜帶方便可立即檢測水質狀況
連江縣	0／20	水庫水質定期感測、教育訓練	-	應用於水庫水質感測與環境教育介紹與強化縣民認知

5.2 推動 110 年合辦計畫

一、應用成果說明

為能妥善應用設備發揮效益，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，統計應用情形說明如表 5-3。為能順利推動 110 年度水質感測器合辦計畫，本計畫協助擬訂「110 年度水質感測器合辦計畫應用說明及注意事項」（詳細內容如附件六）並撰擬計畫相關範例文件供地方政府參考。彙整 110 年地方政府應用感測器執行成果如表 5-4，截至 10 月為止，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 14 件次，累計裁罰金額 1,055.22 萬元，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，雲林縣以空污感測限縮區域，比對異質資料篩選可疑工廠，結合水質感測標定稽查目標成功稽查食品加工業違法繞流排放廢污水；新北市稽查 2 家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，相關縣市稽查案新聞資料如圖 5-7~圖 5-10。

表 5-3 110 年地方政府申請合辦計畫統計應用情形（單位：臺）

縣市	109 年實際應用數量		110 年異動後應用數量	
	移動式	手持式	移動式	手持式
基隆市	-	-	10	0
新北市	19	40	19	40
臺北市	2	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	31*	20
南投縣	0	20	0	20
雲林縣	10	0	10	0
嘉義縣	10	0	10	0
臺南市	10	20	20*	20
屏東縣	0	20	0	20
花蓮縣	-	-	10	20
連江縣	0	20	0	20
總計	**113**	**280**	**147**	**300**

* 110 年計畫執行期間臺中市遺失 1 臺與損毀 1 臺（已自行增購 1 臺），臺南市遺失 1 臺移動式感測器，因此截至 110 年 8 月底移動式感測器總應用數量為 145 臺。

表 5-4 110 年地方政府應用感測器執行成果（統計至 110 年 10 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 380.56 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 4 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 432.9 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
臺南縣	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

環保局利器！水質感測器配合夜間突擊 逮獲畜牧場排污水

移動式水質感測器，搭配電信通訊、水質分析及AI等技術，可長時間監測pH值、導電度、溫度及溶氧等水質數值。（環保局提供）

2021/03/16 10:28

〔記者翁聿煌／新北報導〕新北市環保局不斷提升科技執法能力，環保局日前透過水質感測器，即時監控林口溪流域內6家以上飼養牛、豬等畜牧場排放水狀況，近日發現感測器數值顯示水體數值異常、疑似遭受污染，稽查人員13日啟動夜間蹲點，查獲一畜牧場廚餘槽體不斷有廢污水溢出，現場依違反水污染防治法告發，最高可處2千萬元罰鍰。

環保局水質保護科長曾士豪說，環保局針對轄內易遭受污染河川或支流排水中佈建移動式水質感測器，搭配電信通訊、水質分析及AI等技術，可長時間監測pH值、導電度、溫度及溶氧等水質數值，全天候觀察水質變化情形，一有特殊變化，就能察覺。

曾士豪說，稽查人員發現可疑的畜牧場位處山林中，稽查人員先運用空拍機居高臨下掌控，同步沿水路觀察水質數據變化並不定時採樣，自下游溯溪至河堤邊守株待兔，在14日凌晨5點發現一畜牧場廢污水少量排放，稽查人員隨即進行採樣並進場蒐證，一舉查獲放置廚餘的槽體不斷有廢污水溢出，夾雜廢水處理設施產生污泥，未經處理由放流口逕行排出，稽查人員要求業者立即啟動馬達返送排入設備處理，即不再有排放情事。

稽查人員現場採集樣品已送檢驗，將待檢測結果後依違反水污染防治法第7條規定告發，最重可處2千萬元罰鍰，業者辯稱，因外勞作業疏失，忘記啟動馬達，導致這次污染事件，將封除場內排水口，避免未來再次發生。

稽查員先使用空拍機掌握查緝地點的地形地貌。（環保局提供）

圖 5-7 新北市查獲畜牧場偷排廢水之新聞資料

水盒子監控水質 中市查獲排放廢水

記者柳榮俊/台中報導
2021年4月20日 週二 上午10:59 · 2 分鐘 (閱讀時間)

▲「水盒子」水質感測器監控，查獲2家金屬表面處理業非法排放廢水(圖／環保局提供 2021.4.20)

台中市環保局今年3月接獲民眾報案，神岡、大雅交界河流出現泡沫廢水，為揪出污染來源，環保局於民眾陳情地點裝設「水盒子」水質感測器24小時監控，成功查獲2家金屬表面處理業非法排放廢水，當場採集水樣化驗存證，將依違反「水污染防治法」規定分別開罰18萬元、201萬6仟元。

環保局表示，透過「水盒子」可以掌握水色異常時段及水質變化情形，經分析發現陳情地點河流導電度異常，循線往上游追查後，成功查獲2家金屬表面處理業者未妥善操作廢污水處理設施而排放廢水，其中一家放流水水質pH值超標，另一家懸浮固體超標達20倍以上、化學需氧量超標達10倍、重金屬總鉻也超過放流水標準，後續依水質檢測結果及違規情節裁罰。

環保局長陳宏益指出，稽查人員接獲民眾陳情後抵達現場時，為避免相關污染事證已消失，環保局化被動為主動，向環保署申請補助布設「水盒子」，在高污染潛勢熱區下游24小時即時監控河川水溫、溶氧、導電度及pH值，藉由水質監測數據趨勢圖掌握違法排放週期，於排放高峰期進廠稽查並採集放流水樣，就違規事證依法告發處分。

環保局表示，自去年起，環保局於高污染潛勢熱區及死魚好發區布設30台「水盒子」水質感測器，期間依照污染源特性滾動式更新布設點位，藉由雲端線上即時監控水質狀況，即時反應污染潛勢地區的水體品質，達到污染溯源及水質異常預警等功能。

環保局呼籲，旱季缺水期間河川基流量不足，且因無其他水源流入，一旦排放超標的放流水更易導致魚群死亡、水體水質惡化，提醒事業單位應妥善操作廢污水，降低生態影響。民眾若發現環境污染等公害情事，如死魚、水色異常或事業偷排廢水等情形，請撥打0800-066666免付費電話，或環保局報案專線04-23280380檢舉，環保局接獲通報會在最短時間內通知水體管理單位清理並派員稽查，與市民共同打擊非法，維護清澈乾淨的河川。

圖 5-8 臺中市查獲工廠偷排廢水之新聞資料

雨後空氣更臭？雲林環保局科技執法抓到食品大廠

10:33 2021/08/19 | 中時 | 周麗蘭

雲林縣環保局日前從遠端水質監控系統看到斗六工業區雨水溝水質的酸鹼度高達12，立即出動到現場抓元凶。（雲林縣環保局提供）

雲林縣環保局逐一測試水溝酸鹼度，揪出是某大食品廠排出未處理的強鹼廢水。（雲林縣環保局提供）

近來民眾反應斗六工業區工廠雨後傳出惡臭，似有工廠偷排，雲林縣環保局成立專案小組，設置微型空氣品質感測器、監視器、水質感測器等，日前抓到某大食品廠把未處理的強鹼廢汙水排出，透過不明管線排放至工業區雨水下水道，將依違法程度開罰6萬到2000萬元罰鍰。

環保局以科技執法方式進行遠端監控，日前看到水質監測的酸鹼值（pH）高達12，非常罕見，趕赴現場逐一檢測水溝水質，鎖定目標後，進入廠內雨水溝稽查，發現該食品廠的廢汙水處理設施汙泥堆置區及周邊雨水溝水質pH均高達10至12以上。

該局人員發現該廠廢水經自繞流至雨水收集溝渠匯流，再經雨水收集溝經由不明排放管線排放至斗六工業區雨水道，水質採樣pH高達12.17，屬強鹼廢水，已達嚴重違規程度。

專案小組指揮官、環保局秘書沈淑妧表示，確認該食品廠的廢汙水經不明管線排放至斗六工業區雨水下水道，水質嚴重超標，且影響下游水體甚鉅，現場命令停止排放，將違法排放管線立即封除，要求限期改善，並依法告發已違反水汙染防治法第七條及第八條之一，最高可處2000萬元罰鍰。

該廠後續須限期向主管機關申請並完成水量自動監測設施、廢汙水前處理設施獨立專用電子式電度表。

沈淑妧表示，環保局在斗六工業區裝設6具水質感測器，可遠端監測酸鹼度、溫度、導電度、溶氧量，每5分鐘更新一次，日前看到酸鹼值高達12也嚇一跳，放流水的酸鹼容許值是6至9。

沈淑妧說，該廠違反水汙染防治法的2條法規將依汙成度、水量、違規紀錄開罰。

環保局長張喬維表示，斗六工業區、斗南鎮空汙的專案小組持續監控與稽查中，秉持勿枉勿縱嚴懲嚴罰原則處理。

圖 5-9 雲林縣查獲食品廠偷排廢水之新聞資料

科學儀器揪出台南三爺溪皮革廠偷排廢水

20:21 2021/06/17 | 中時 | 曹淨淨

台南市環保局跨機會同環保署南區督察大隊，在流經永康、仁德間的三爺溪查獲皮革工廠非法排放廢水。（台南市環保局提供／曹淨淨 台南傳真）

台南市環保局跨機會同環保署南區督察大隊，在流經永康、仁德間的三爺溪查獲皮革工廠非法排放廢水。（台南市環保局提供／曹淨淨 台南傳真）

三爺溪遭偷排廢水的汙染事件頻傳，台南市環保局在移動式水質感測器等科學儀器助陣下，有效掌握轄內水汙染重點區河川水質變化等事證，16日會同環保署南區督察大隊，一舉在三爺溪查獲皮革工廠非法排放廢水，環保局表示，該業者以連通地下箱涵之排管偷排廢水，行為極其惡劣，最高可處 2000萬元罰款，水質檢測結果近日將出爐，如結果嚴重將動令停工。

環保局表示，稽查人員曾多次檢覆該廠廢水處理設施的水位異常，但該工廠管線銜接複雜，難以釐清廢水去向，而現場未能有進一步行動。今年決定人力稽查外再輔以科學儀器，5月中旬起，有計畫性的於三爺溪鎖點布設移動式水質感測器，依據監測水質逐步縮小範圍，終於在緊鄰該廠之排水溝地下箱涵找到偷排的排放口。

為掌握廢水偷排時間，又在附近架設即時傳遞水質及監視影像之儀器，在掌握到偷排廢水時間後，環保局16日晚間會同環保署南區督察大隊共同行動，一組稽查人員進廠涉過惡臭汙水，潛入地下箱涵於偷排排放口採取水樣，另一組稽查人員進入廠內查核廢水來源，發現業者將廢水從處理設施處抽出，彎彎曲曲、複雜迂迴未處理的廢水以塑膠管線導入地下箱涵排管偷排。

環保局長謝世傑表示，環保局已有10部移動式水質感測器，今年再向環保署提出申請10部移動式水質感測器，即將佈放於水汙染源重點及重污染熱點區域，日後將建構設水質監測網絡，提升打擊不法排放管線，呼籲業者切勿以身試法，民眾如發現河川異常，請撥打0800-066666環保報案專線，環保局會盡快派員前往查核。

圖 5-10 臺南市查獲工廠偷排廢水之新聞資料

二、因應豪大雨應變措施

110 年度合辦計畫執行期間臺灣本島西部地區遭遇大規模乾旱事件，部分縣市因感測器布建點位無水流經該區域，為避免感測元件因無水損壞已建議環保局移點或是先將感測元件裝上保護套管。後續又因適逢梅雨颱風季節，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，特訂定「因應豪大雨應變措施」（詳細內容詳如附件七）以因應豪大雨時段列為不可抗力因素之相關說明，當中央氣象局發布豪大雨特報或發布颱風及外圍環流影響時，即以信件通知相關縣市留意感測器設備狀況（圖 5-11），請環保局優先評估移往他處，若該點位為重要監控點，則建議於現場恢復後再移回原處。


寄件者: 張依典
寄件日期: 2021年10月8日 星期五 下午 3:46
收件者: la-chihwei@mail.taipei.gov.tw; AP5358@ntpc.gov.tw; 10013864@hchg.gov.tw; 001348@tydep.gov.tw; 63035@ems.hccepb.gov.tw; stchou@mail.mlepb.gov.tw; a0918395755@gmail.com; n11844@yahoo.com.tw; k0933652559@mail.tnepb.gov.tw; Wsk2520@gmail.com; tseng2016@mail.tnepb.gov.tw; 00283@tydep.gov.tw; d0014@taichung.gov.tw; leo4102063049@taichung.gov.tw
副本: jhihyuan.yu@epa.gov.tw; tsujung.mi@epa.gov.tw; yihsuan.chen@epa.gov.tw; 陳昭倫; 許騰洋; 鄭書德; 莊雅婷; 林政毅; 張依典
主旨: 【颱風特報】10/11(一)至10/12(二)熱帶性低氣壓或颱風外圍環流影響，將有豪雨發生機率，請留意！謝謝您
重要性: 高

各位長官 您們好,

因應這週颱風來臨，環保署長官特別提醒「請特別確認感測器狀況，勿再發生感測器遭沖走或損壞之情形發生」，
後續若有遺失或損壞，將無法再報廢或除帳，請各位長官提醒委辦廠商注意。

天氣概況連結：https://www.cwb.gov.tw/V8/C/W/index.html

概況 週報 小幫手

W11h086
中央氣象局 1週天氣預報概況
發布時間：110年10月 8日11時 0分
有效時間：自10月 8日12時起至10月14日24時止

> 天氣概況：

8日至10日基隆北海岸、東半部地區、恆春半島及大臺北山區有局部短暫陣雨，西半部地區為多雲到晴
0日下午起北部地區將轉為有局部短暫陣雨的天氣。

11日、12日熱帶性低氣壓或颱風外圍環流影響，北部及東半部地區有陣雨，並有大雨或豪雨發生的機

13日、14日北部及東半部地區有短暫陣雨，其他地區亦有局部短暫陣雨。

10日至12日基隆北海岸、東半部（含綠島、蘭嶼）及恆春半島沿海有長浪發生的機率。

圖 5-11 颱風警報提醒信件示意圖

三、應用改善回饋建議

依據 109 年度與 110 年度水質感測器合辦計畫，地方政府所提應用回饋意見，綜合整理具可行性改善項目與預擬解決方案（表 5-5）作為後續設備精進與改善之參考，期可大幅提升環境適性及降低維運所需資源。

表 5-5 地方政府感測器應用改善回饋建議

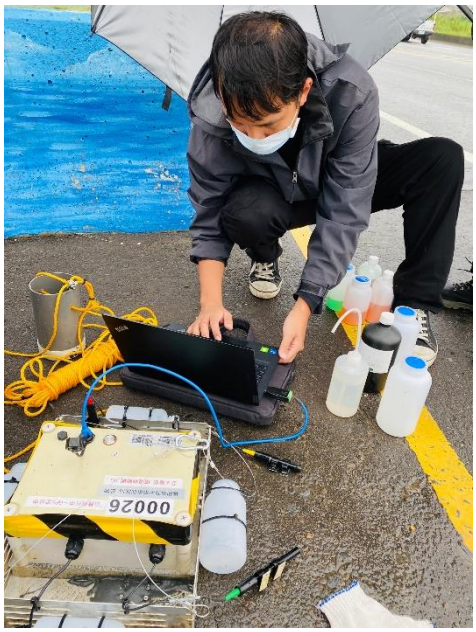
設備類別	應用回饋	建議與解決方式
手持式	歷史資料顯示過多感測器，無法查詢特定資料	在新版 APP 已增加搜尋功能
	利用手持式感測器檢測水質後，於 APP 完成上傳，但於歷史資料中卻未顯示該筆資料	持續改善 API 資料拋轉及下載
	多組巡守隊回報手持式設備按鍵過於難按	因保護膜偏厚且較硬，請將保護膜撕掉，比較好方便操作
	環境物聯網平臺無法撈取歷史資料	部分資料儲存至測試機，主因為操作者手機 APP 未更新至最新版本所致，後續將推出新版 APP，待操作者更新後可避免此狀況發生
	新版 APP 感測後程式閃退與無法成功上傳數據	新版 APP 在感測後需於資料庫建立設備資訊（約 5~10 分鐘），當該筆資訊出現在歷史資料即表示設備資訊建立完成，後續可連續感測，建議可先將所有設備皆感測後確認資料建立完成再至戶外場域執行水質感測
移動式	電池續航力不足	新版感測器內部使用 4 顆電池以 3 分鐘感測頻率並進行休眠，掛測結果續航力可達 7 天；另新增外部電池，以 3 分鐘感測頻率並進行掛測結果續航力可達 21 天，合併內部電池加上外部電池後，預計可達 30 天續航力
	生物膜包覆 Sensor	尋找防止生物膜附著的環境友善塗料，降低生物膜滋長或生長時間
	Sensor 不易拆裝	強化感測器保護殼，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；另一方面將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
	目前設備外部沒有提供任何燈號資訊，無法直接判斷關鍵資訊，譬如電壓、訊號強弱	新增維運燈號，提供維運現場 dongle moniter 燈號、後臺燈號，包含呼吸燈、電量燈、網路燈等簡易亮號異常判斷
	場域水質極端酸鹼，導致塑膠劣化，上蓋螺絲易崩牙	將警示燈號與開關外部化，以不開蓋方式進行維運，避免連續開關導致崩牙或是關蓋防水不確實的可能

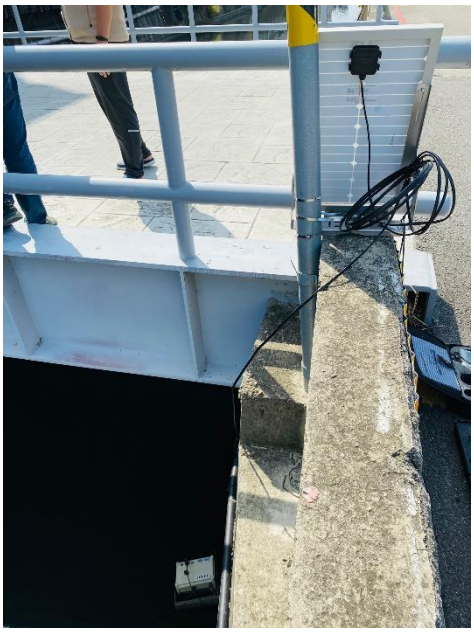
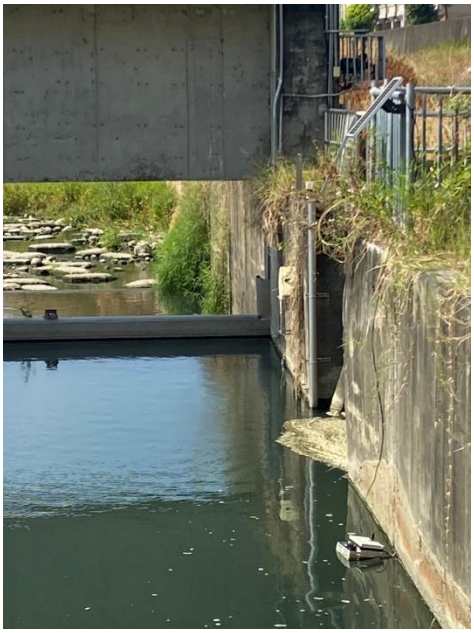
四、縣市應用設備抽驗結果

依據「110 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%，本團於 10 月 25 日、10 月 29 日、11 月 1 日以及 11 月 2 日分別針對臺北市、桃園市、新竹縣、苗栗縣、臺中市、雲林縣以及臺南市進行移動式設備抽驗查核，共抽驗 17 臺設備，抽驗情形如表 5-6，依據抽驗結果設備不合格數量為 3 臺，不合格率為 18%（圖 5-12），不合格原因皆為電導度感測值偏差，其中 1 臺電導度元件校正後放入感測水體無法順利傳輸感測值（感測值為 0），推測為校正範圍不符合水體濃度，單點校正建議使用貼近水體濃度的校正液或是使用兩點校正；1 臺為電導度感測值明顯偏差，推斷為感測水體電導度值偏低（低於 500 μS/cm），校正濃度範圍較廣以致感測低電導度水體明顯偏差，建議針對不同場域特性調整電導度校正範圍以確保設備準確度；1 臺為電導度元件校正後放入感測水體電導度感測值偏差，推測為電導度校正液偏差造成。其他建議事項為維運前應確認手持式設備與校正液準確度，以避免校正失準。

表 5-6 移動式設備抽驗情形

縣市別	設備抽驗情形	
臺北市		

縣市別	設備抽驗情形	
桃園市		
新竹縣		

縣市別	設備抽驗情形	
苗栗縣		
臺中市		

縣市別	設備抽驗情形	
雲林縣		
臺南市		

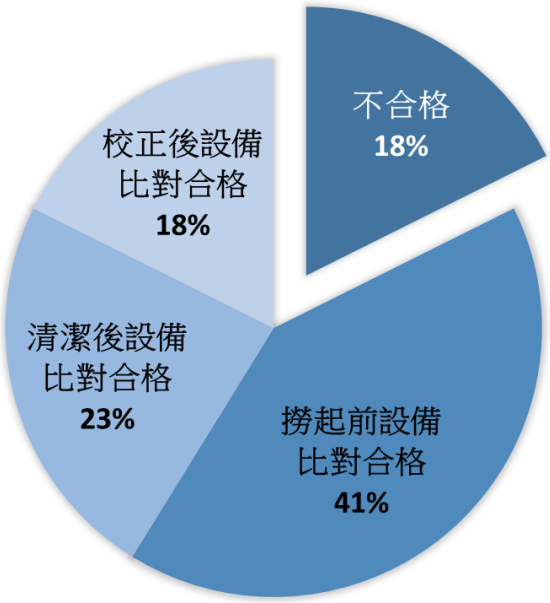


圖 5-12 移動式設備抽驗結果

5.3 管考 60 臺移動式感測器應用情形

為驗證移動式水質感測器輔助稽查執法可行性，環保署另推動「發展及推廣水質感測器執法應用服務試驗計畫」（以下簡稱試驗計畫），以應用 60 臺移動式感測器目標，要求至少平均在線 30 臺。本計畫主要協助每月彙整應用成果並確認績效指標是否達標，亦就其選址、安裝位置、數據分析及後端應用方式給予建議。

本試驗計畫共分兩階段執行，包括第一階段驗證計畫、第二階段正式應用、配合農水署增加灌溉渠道示範布建、以及配合土基會底泥點位驗證布建，第一階段驗證計畫自 109 年 12 月起至 110 年 4 月 15 日止已於新北市與彰化縣共布建 11 個點位、灌溉渠道示範計畫已於彰化縣與高雄市共布建 18 個點位，發掘 74 件異常事件並持續於第二階段應用；第二階段正式應用自 110 年 4 月 15 日起至 110 年 8 月止包含第一階段驗證計畫已於新北市、新竹市、彰化縣與高雄市共布建 21 個點位、灌溉渠道示範計畫已於彰化縣與高雄市共布建 21 個點位、底泥點位驗證計畫已於彰化縣布建 6 個點位。試驗計畫 8 月份應用數量於各縣市分布地圖如圖 5-13 所示，計畫全程各月份應用數量統計如圖 5-14 所示。

一、水質分析及異常說明

試驗計畫藉由水質分析掌握各感測點之異常特性與時段，另運用「水污染源管制資料管理系統」篩選感測點上游列管事業之許可核定及定期檢測申報資料，包含用水量、用藥量、污泥產生量等進行合理性分析，藉此篩選出污染疑慮較高之對象，提供地方環保局稽查參考。

水質感測器之異常事件認定方式分為 5 種類型，分別為 pH 值異常（小於 6.0 或大於 9.0）、電導度（EC）異常（兩小時內異常高於常態背景數值）及 pH 值與電導度（EC）同時發生異常（小於 6.0 或大於 9.0）；異常件數之統計方式以每月為發生週期，當月份所發生相同類型之異常均視為 1 次，計畫全程異常事件數量統計如圖 5-15 所示。

彙整各場域異常事件分類統計（表 5-7）可知，最常發生的異常事件類別為電導度（EC）異常，其次為鹼性異常，電導度（EC）異常與鹼性異常皆以高雄市農水署場域發生次數最多；分析各場域水質異常狀況以新北市場域最為複雜，配合農水署於灌溉渠道布建場域之水質狀況以 EC 異常居多、以鹼性異常次之。

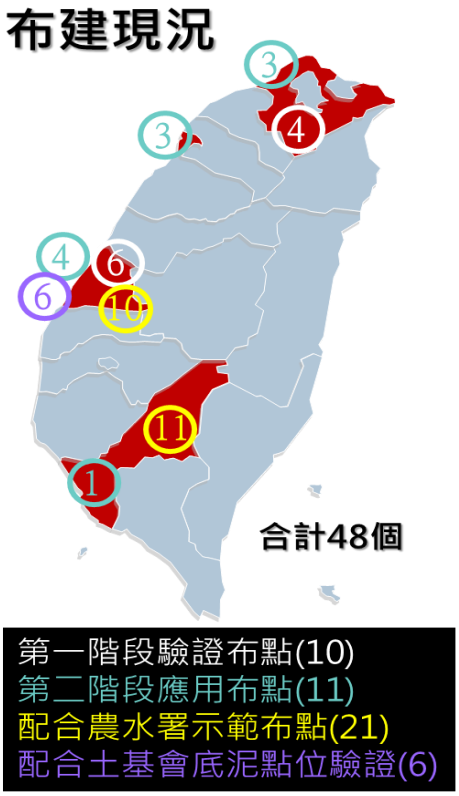


圖 5-13 試驗計畫全臺布建成果地圖（110 年 8 月應用數量）

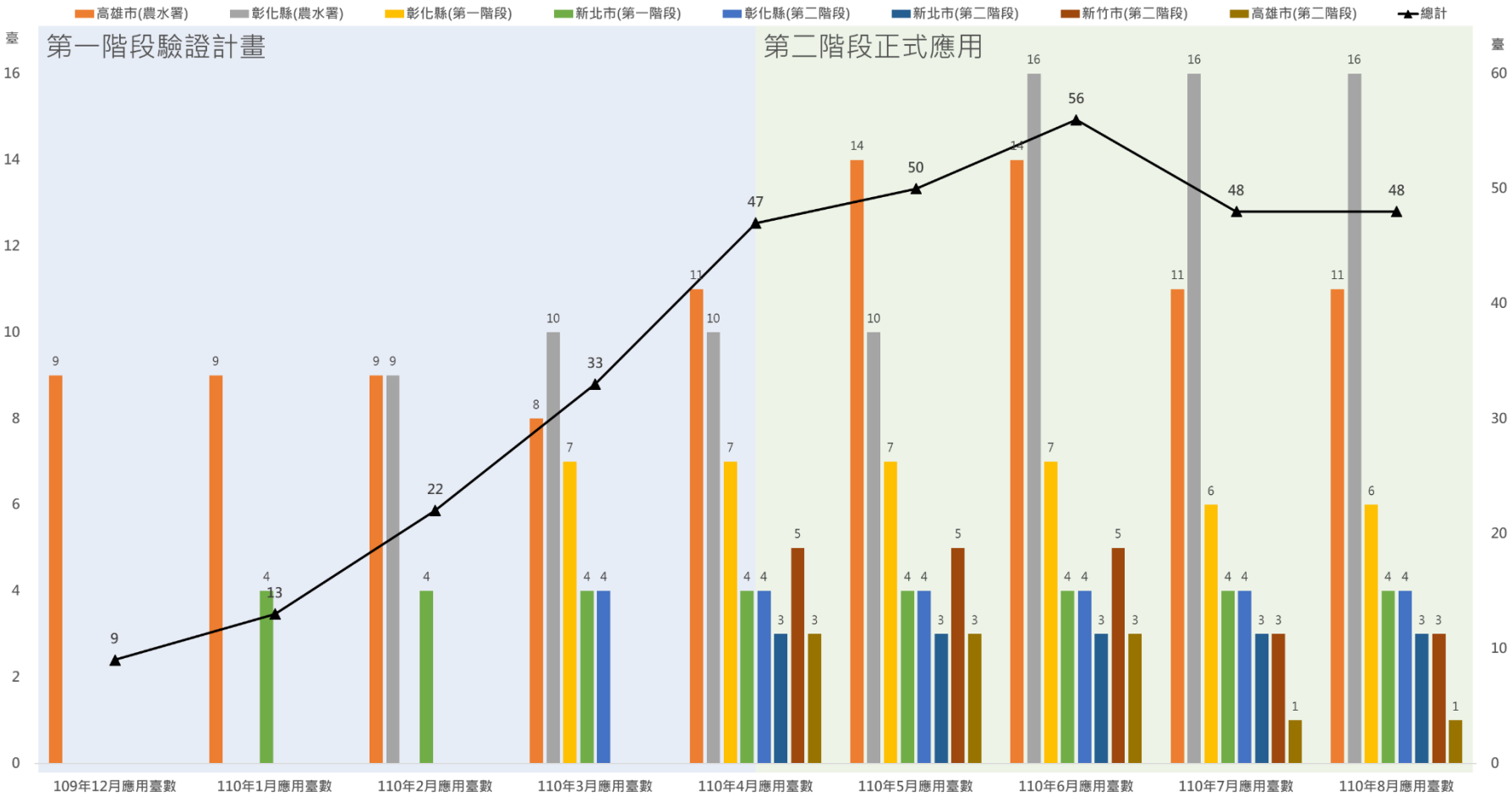


圖 5-14 試驗計畫水質感測器應用數量統計

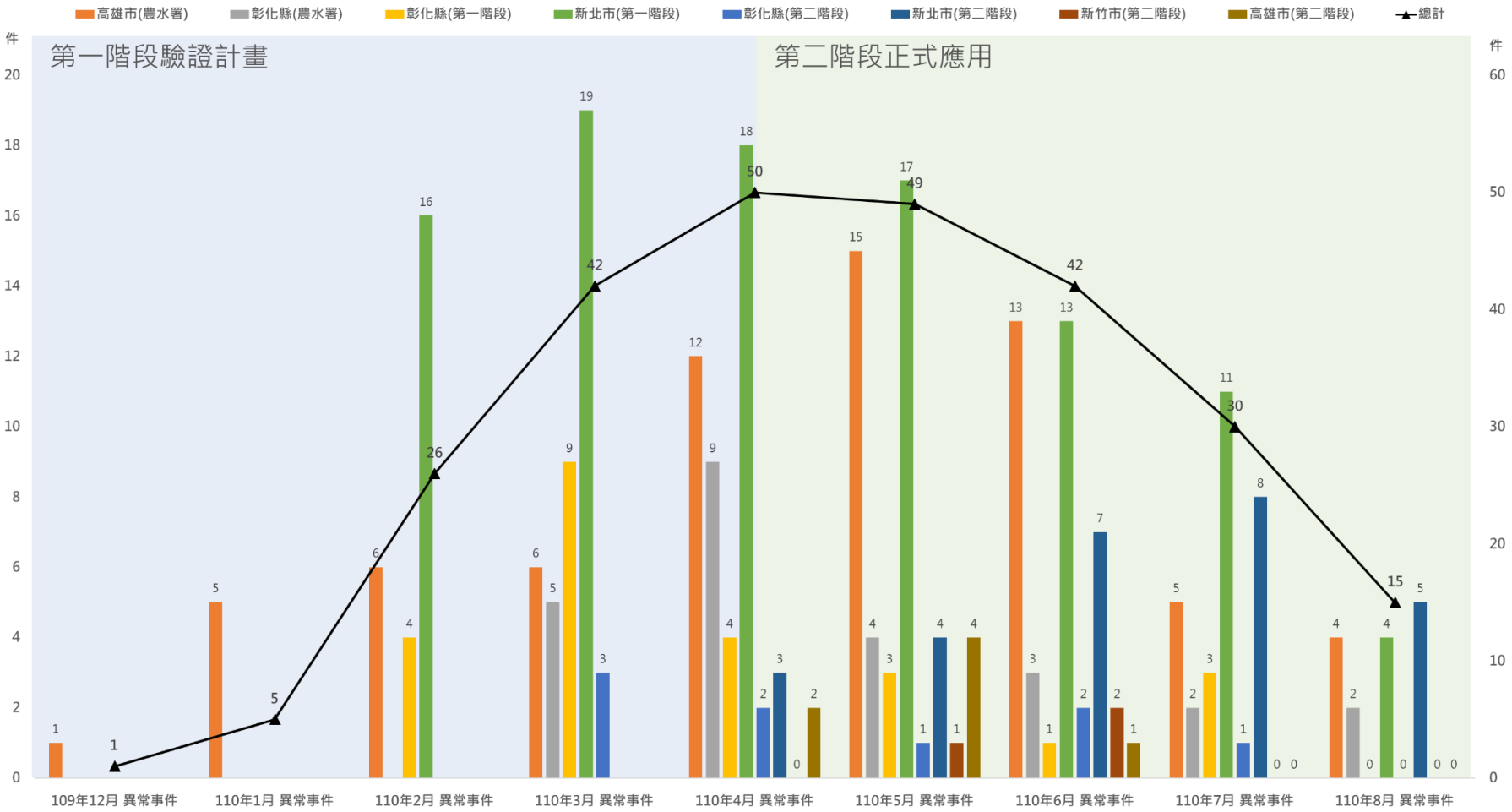


圖 5-15 試驗計畫水質感測器異常事件數量統計

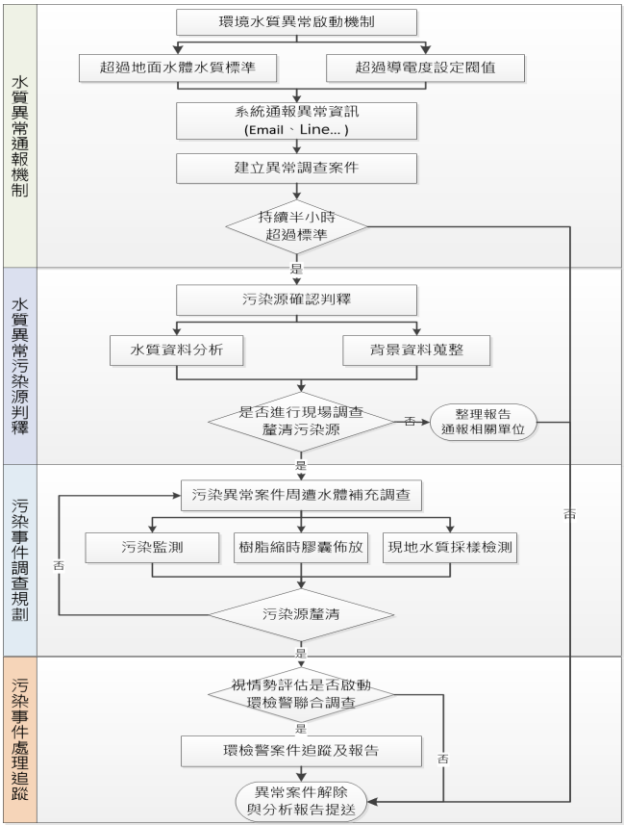
表 5-7 試驗計畫各場域異常事件分類統計表

列標籤	加總 - EC異常	加總 - 酸性伴隨EC異常	加總 - 鹼性伴隨EC異常	加總 - 酸性異常	加總 - 鹼性異常
高雄市(農水署)	26	9	7	4	21
嘉興農地重劃區小排六上游	3	4	3	1	1
嘉興農地重劃區小排六下游	1	1	2	0	4
嘉興農地重劃區小排六之二上游	0	0	0	0	1
嘉興農地重劃區小排六之二下游	1	0	0	0	1
嘉興農地重劃區小排六之四上游	4	1	0	0	4
嘉興農地重劃區小排六之四下游	3	1	0	1	3
五甲尾溝區排上游	5	0	0	0	2
五甲尾溝區排下游	3	0	2	0	2
百甲圳排水溝支線（漢翔上游）	1	0	0	0	3
百甲圳中游（台牙）	2	0	0	0	0
百甲圳上游測站	2	1	0	0	0
灣裡圳中游	0	0	0	1	0
灣裡圳下游	1	1	0	1	0
彰化縣(農水署)	6	1	2	4	12
洋仔厝溪二十九輪一中排上游	0	0	0	0	3
洋仔厝溪二十九輪一中排中游	1	0	0	1	2
洋仔厝溪二十九輪二中排上游	0	1	1	3	1
洋仔厝溪二十九輪二中排中游	1	0	0	0	3
洋仔厝溪二十九輪二中排下游	1	0	1	0	3
土地公排水匯入	1	0	0	0	0
花壇排水匯入處	2	0	0	0	0
彰化縣(第一階段)	16	1	1	5	1
湳港西排水分線上游	2	0	0	0	1
大湖底小排下游	5	0	0	0	0
湳港排水大排下游	5	0	0	2	0
安東二排與彰鹿路交會處	4	1	1	2	0
東西三圳污染源排放口下游	0	0	0	1	0
新北市(第一階段)	14	22	27	17	18
五股坑溪-洲仔橋	6	4	8	5	4
俊英街-加油站旁右岸排水	2	6	7	4	5
俊安街24巷	4	5	5	4	4
貨運行旁涵洞出流處	2	7	7	4	5
彰化縣(第二階段)	7	1	0	0	1
溪湖排水溝測站	1	1	0	0	1
海豐崙排水	2	0	0	0	0
台灣連興排水口	4	0	0	0	0
新北市(第二階段)	6	6	4	4	7
塔寮溪	1	4	1	1	0
潭底溝上游	1	2	1	1	3
潭底溝下游	4	0	2	2	4
新竹市(第二階段)	3	0	0	0	0
三姓溪玻璃廠下游測站	2	0	0	0	0
三姓溪電鍍業放流口	1	0	0	0	0
高雄市(第二階段)	6	0	1	0	0
經建橋電鍍業測站	2	0	1	0	0
阿公店溪A3箱涵	4	0	0	0	0
總計	84	40	42	34	60

二、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 5-16。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。



資料來源：發展及推廣水質感測器執法應用服務試驗計畫

圖 5-16 環境水質異常通報處理流程

三、異常事件自動化通報

水質感測設備於不同環境水體空間關係，環境背景狀況不相同，因此無法統一訂定異常狀態之數值，當遇到水質異常事件時，如何讓管理單位即時收到相關異常警訊，並且可依照當地水體環境狀況設定警戒閥值，讓管理單位進行異常事件的判斷及決策是相當重要的課題，因此水質資料應用平台，可進行高度彈性的通報定，使用者可自行設定相關參數，進行異常事件自動化通報，流程如圖 5-17 所示。

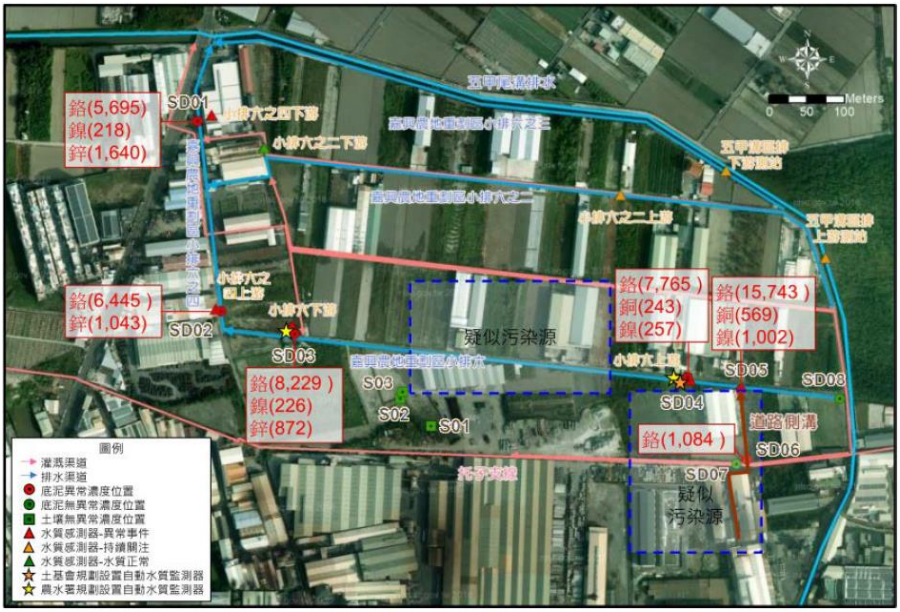
圖 5-17 異常事件自動化通報流程

四、污染源稽查成果說明

試驗計畫自 2020 年 12 月始布建移動式水質感測器並進行感測數據彙整與分析，觀察 1 個月水質感測資料後提報高雄市復興渠示範區域水質異常事件資料，並於 2021 年 1 月 22 日由主秘於環保署召開高雄水質異常研商會議，與會單位包含環保署監資處、土基會、水保處、督察總隊、南區督察大隊及高雄市環保局，會議結論請各單位分工執行此區異常事件處理。整體分工為監資處持續監控水質資料並提供資料予南區大隊及高雄市環保局，而土基會則針對本區域農地及底泥進行調查採樣，以釐清農地是否遭受污染，本區底泥採樣結果顯示，嘉興小排六上游起點底泥採樣(SD08)無異常，道路側溝介入後，中下游底泥鉻、銅、鎳、鋅濃度明顯偏高，底泥鉻、銅、鎳濃度明顯異常（SD03、SD04），以鉻為主要污染物（圖 5-18），透過底泥檢測資料分析，嘉興小排六及小排六之四底泥鉻污染源主要經由嘉興小排六旁側溝介入，底泥檢測分析結果亦符合水質感測結果；南區督察大隊及高雄市環保局則針對前述水列管事業及未登記工廠進行稽查盤查；水保處則提供相關事業製程資料，掌握上游列管事業製程及廢水特性。

配合前述水質異常規律時段，南區督察大隊於 2021 年 2 月 1 日周末凌晨於可疑污染源周遭守候，現場發現電鍍工廠首 O 事業非法繞流排放廢水於道路側溝，南區大隊立即進行稽查蒐證，查獲電鍍工廠繞流排放未經處理電鍍強酸廢水，其放

流水 pH 2 超標，水質採樣檢測總鉻超標 230 倍，行政裁處 993 萬 6 千元，不法利得 285 萬元，完成此區跨單位水質異常調查合作案例（圖 5-19）。



資料來源：發展及推廣水質感測器執法應用服務試驗計畫

圖 5-18 土基會底泥採樣調查成果

水物聯網立大功 環保署查獲電鍍工廠深夜偷排

區域環境管理　　110-02-03 [行政院環境保護署督察總隊]

環保署2月1日凌晨會同高雄市政府環境保護局拂曉出擊，透過水質即時監控設備，當場查獲高雄市岡山區電鍍工廠繞流排放未經處理之電鍍強酸廢水，依水污染防治法規定，可處以停工及最高可裁罰新臺幣2,000萬元並追繳不法利得，且依土壤及地下水污染整治法規定要求業者清除水溝污染之底泥。

環保署與農田水利署跨部會合作，去年12月於高雄市岡山區農田排水路布建水質感測器，經1個多月監測發現於假日凌晨pH值多次呈現異常，顯示有不肖業者非法排放廢水，且水溝底泥檢測重金屬含量高，環保署立即與高雄市政府環境保護局成立專案小組查緝，經溯源分析沿岸上游列管事業製程及廢水特性，鎖定可疑對象，立即裝設水質監控設備。

因業者偷排時間非常短暫，且難以掌握具體事證，透過水物聯網分析，掌控不肖業者偷排廢水的頻率及時間。該署環境督察總隊南區環境督察大隊1日凌晨於附近守候埋伏，發現水溝pH值下降，立即進行稽查蒐證，查獲業者以手動插頭控制沉水馬達，將原廢水以蛇行管抽送至廠後之水溝，現場立即採樣，並隨即責令業者將馬達及蛇行管拆除，後續將追究其不法利得。

環保署表示，繞流排放未經妥善處理且含有害健康物質廢水，依水污染防治法第36條規定，最高可處5年以下有期徒刑，裁罰新臺幣2,000萬元，並依法勒令停工。環保署再次呼籲事業應妥善處理事業廢水，切勿以身試法，春節期間水物聯網仍持續監測，以保護國民生活環境。

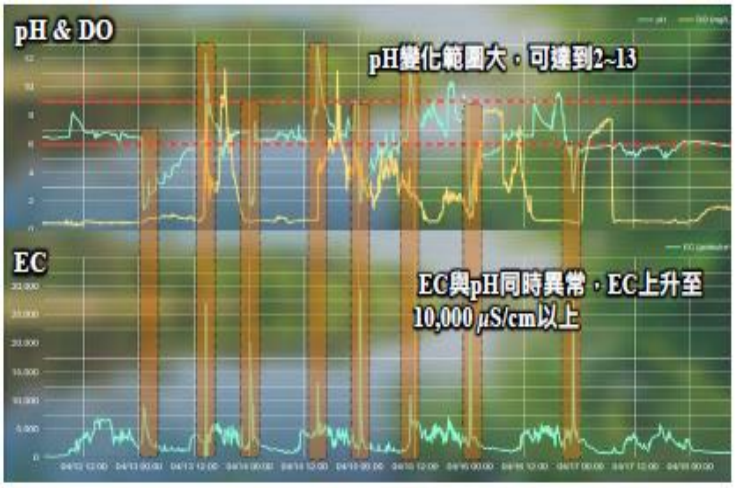
SHARE

點擊數 1374

資料來源:環保署環保新聞專區

圖 5-19 高雄電鍍工廠污染查獲新聞稿

藉由高雄市復興渠示範區域稽查經驗，試驗計畫持續彙整感測器之異常監控結果，歸納出發生異常事件平率較高的時段瞭解異常水質排放習性等資料（圖 5-20~圖 5-21），提供地方環保局污染來源追查應用，後續成功協助地方政府查獲 4 件次事業異常排放廢水行為（圖 5-22），均依據違反水污染防治法規定告發處分。



資料來源：發展及推廣水質感測器執法應用服務試驗計畫

圖 5-20 水質異常趨勢圖（以俊安街 24 巷測站為例）

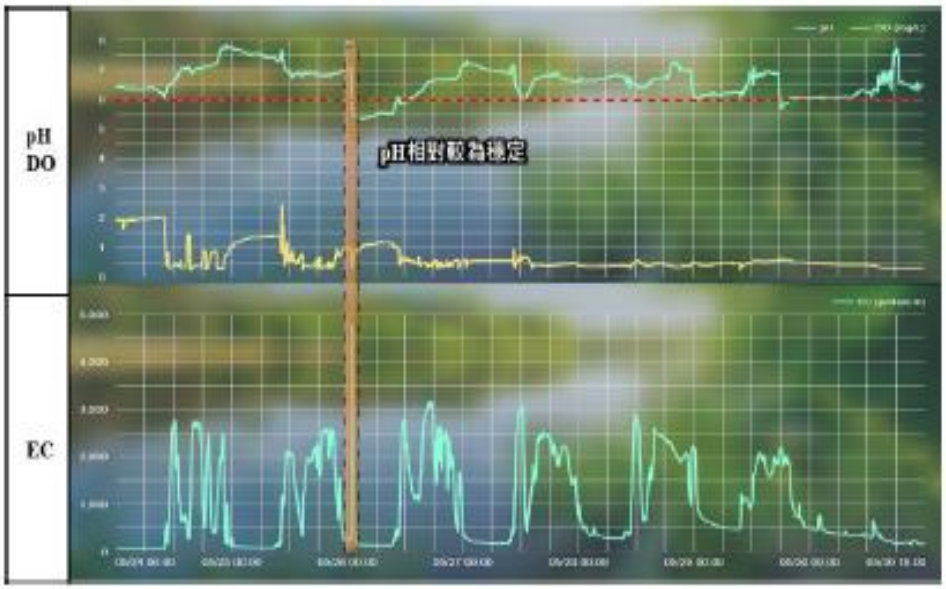
資料來源：發展及推廣水質感測器執法應用服務試驗計畫

圖 5-21 測站與污染源分布位置（以俊安街 24 巷測站為例）

資料來源：發展及推廣水質感測器執法應用服務試驗計畫

圖 5-22 測站上游事業繞流排放與稽查情形（以俊安街 24 巷測站為例）

觀察水質異常測站於上游事業查獲不法偷排且依法懲處後，亦持續感測水質連續變化趨勢，以俊安街 24 巷測站為例，彙整統計 2~8 月數據發現，該站經稽查後水質異常頻率由月均 34 次降為月均 9 次，且電導度異常高值由大於 50,000 μS/cm 降低至 6,000 μS/cm 內（圖 5-23），且由電導度讀值判斷常發生無水狀態，由此可知，該站上游不法廠家雖尚未根除，但其中較高污染排放量之對象經稽查裁罰後已有改善情形。



資料來源：發展及推廣水質感測器執法應用服務試驗計畫

圖 5-23 稽查後水質變化情形（以俊安街 24 巷測站為例）

透過試驗計畫應用移動式水質感測器之建置與驗證，篩選超過 200 件水質異常事件且成功協助地方環保局裁罰不法偷排廠商 5 件次，累積裁罰金額超過 1,600 萬元。充分驗證水質感測器、物聯網與大數據分析等技術，可有效輔助執法人員進行智慧稽查，使違法工廠無所遁形並維護民眾生活品質，本計畫團隊依據試驗計畫執行成果探討移動式感測器應用於環境執法應用可行性評析，詳細內容詳如附件八。

5.4 彙整及推廣水質物聯網計畫成果

本計畫運用國內布建水質感測器之成功經驗，完成水聯網宣傳摺頁 1 式與成果影片 1 式、4 篇論文發表、2 案專利申請與 1 案技術授權，並辦理 1 場次合辦計畫業務檢討會議、1 場次產業媒合會議、以及 1 場次水質感測物聯網布建及應用成果記者會展現我國水質感測物聯網產業推動成效。

5.4.1 宣傳摺頁手冊與影片製作

本工作彙整固定式、移動式及手持式水質感測器操作方式，建立多樣化水質感測器標準作業程序，設計製作淺顯易懂之宣傳手冊(表 5-8)，供未來地方政府及河川巡守隊使用；並以實機拍攝方式，呈現水質感測器、布建運作、維運品管、數據分析及稽查應用，製作 3 分鐘影片(表 5-9)；並已於 10 月完成上述摺頁與影片製作。

表 5-8 宣傳摺頁手冊主題與成品

主題	內容
全方位啟動水質感測物聯網	• 108~109 啟動水聯網 • 110 擴大場域合作應用 • 111~全方位多元化應用
感測，無水不在	• 即時感測 • 智慧稽查 • 限縮熱區 • 跨域應用
應用，無限可能	• 固定式感測器 • 移動式感測器 • 手持式感測器
快掃描 QR CODE 了解更多	• 水科技物聯網應用平台 • 安裝及數據應用 • AQUAKIT ios • AQUAKIT android

表 5-9 水質物聯網影片腳本與影片片段

主題	腳本大綱
破題	全面啟動臺灣智慧水聯網
研發+精進	1. 固定式 2. 移動式 3. 動力式 4. 手持式
過去五年成果 環保署布建合辦推動	記者會+各縣市布建+案例
水聯網運作方式	選址現勘、平臺分析數據、熱區鑑定、即時預警
	高階動力式
	手持式教育訓練
未來願景	三式硬體＋1 模式畫面(無敵鐵金剛組合)

5.4.2 應用與推廣會議

一、「110 年度水質感測器合辦應用計畫」研商會議

110 年 3 月 16 日邀集地方政府召開「110 年度水質感測器合辦應用計畫」研商會議（會議議程如表 5-10、辦理情形如圖 5-24），共計 20 個縣市環保局出席，約 60 人參與討論，會中除了分享 109 年度合辦計畫應用成果與預告 110 年度合辦計畫，並由南區督察大隊、新北市環保局、以及臺中市環保局 3 個單位分享實際稽查案例，各單位於會中提出許多執行面所遭遇之困難，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 5-10「110 年度水質感測器合辦應用計畫」研商會議議程

時間	議程
09：40~10：00	報到
10：00~10：05	主席致詞
10：05~10：15	水質感測器合辦成果與說明
10：15~10：25	南區督察大隊　案例分享
10：25~10：35	新北市環保局　案例分享
10：35~10：45	臺中市環保局　案例分享
10：45~11：00	110 年合辦維運案預告
11：00~11：30	綜合討論

圖 5-24 「110 年度水質感測器合辦應用計畫」研商會議辦理情形

二、水聯網感測器產業媒合會議

為擴大感測器應用與交流新世代水聯網感測技術，110 年 5 月 10 日辦理「水聯網感測器產業媒合會議」，邀集自來水、水產養殖業、水質設備開發商及科學園區等相關業者共同交流，共有 15 個政府單位、4 個研究單位、2 個公協會、14 個廠商，約 65 人參與討論，探討未來共同投入水資源感測產業及媒合洽談，運用智慧科技守護臺灣水資源。

會中介紹三款水質感測器設備、上水端實務應用需求及成果分享、工廠排水監控執法應用經驗分享、新版移動式感測器預告、以及產品技轉級授權程序介紹（會議議程如表 5- 11、辦理情形如圖 5-25），在交流討論時有廠商提出如何跳脫水質感測器現場保養的困境、自動清洗機制、以及重金屬感測元件開發進展等（交流討論如表 5- 12），會後本計畫持續與相關廠商探討未來可能合作方式，說明如後。

表 5- 11 「水聯網感測器產業媒合會議」議程

時間	議程	講者名單
13：30~14：00	報到	—
14：00~14：10	環保署長官致詞	環保署 游智淵科長
14：10~14：30	水質感測器介紹 （固定式、移動式、手持式）	工研院 朱振華博士
14：30~14：45	上水端實務應用需求及成果分享	新竹給水廠 陳銘琮廠長
14：45~15：00	工廠排水監控執法應用經驗分享	桃園市環保局 黃炯揚專案經理
15：00~15：10	新版移動式水質感測器預告	工研院 楊博傑工程師
15：10~15：30	茶敘（交流）	—
15：30~16：00	產品技轉及授權程序介紹	工研院 彭國樑經理
16：00~16：30	互動交流討論	各講者
16：30~	結束賦歸	—

圖 5-25 「水聯網感測器產業媒合會議」辦理情形

表 5- 12 「水聯網感測器產業媒合會議」交流討論

廠商提問	執行團隊回覆
水質感測現場維運保養是目前困境，尤其是 pH 感測元件，依 貴院研究測試結果是否已跳脫保養困境？	本院 pH、電導度、溫度晶片（以 PCB 板製作）目前維運模式為拋棄式，壞了就丟，應用結果發現在太髒的水域使用 pH、電導度、溫度晶片汰換頻率過高，現正修改製程以延長晶片生命週期。
感測器的自動清洗機制為何？以過去操作經驗，毛刷式（中國製、歐洲製）的毛刷成本比電極還貴，且若感測元件為薄膜式較易受損。	首先將固定式感測設備小型化，再以打清水方式清洗，其中清潔水內含低濃度消毒機制，以減少生物膜附著。 現階段有測試以超聲波震盪方式，增加水的擾動以減少生物膜的附著；亦有再考慮以物理性毛刷方式清潔。
重金屬感測元件除了銅離子以外，其他重金屬的進展為何？	初步是以網版電極為主，但仍有諸多連續監測的問題，所以才會轉以三電極式感測，初期測試過銅、鉛、鋅，也評估過砷、鎳，但難度非常高，未來如果要增加重金屬感測會以鉛或鋅為優先。未來會考量以惰性電極表面改質研究是否能突破在連續監測其他重金屬的準確性。

■ 新型態重金屬感測機台可行性討論

有鑑於目前開發固定式機台需要之連續重金屬感測模組在周邊與方法仍需要一段時間的精進，在基本測項如酸鹼值、電導度及溫度等感測方法日趨成熟的情況下，擬與國內成熟之儀器商討論新型態機種的可能性。因此與國內具研發能力之水質感測器廠商-儀展科技與瑞準科技討論新型態重金屬感測器之可能性，兩間公司基本介紹如下：

(一) 儀展科技有限公司

1992 年成立以來，為一專業環保儀器商，致力於環保監測以及製程控制的儀器領域。除代理國際知名品牌外，自 1999 年起，創立自有品牌 Chemmit，成為儀器製造商，可規劃研發生產專案，近年來自主研發的在線分析儀產品及環境監測儀器已獲得各工業區及污水廠所採用。

(二) 瑞準科技股份有限公司

瑞準科技 2017 年 11 月創立於台灣台中，有感於水質資訊獲取的漫長等待，造成決策不及，污染擴大，直接威脅到民生，灌溉用水與食品安全。目前已開發出「電化學金屬離子/重金屬檢測系統」，將傳統耗費 2 星期以上的實驗室檢測大幅縮短至 3 分鐘，為一可快速、方便及精確的重金屬檢測方案，讓資訊更即時透明，用水更安全，實現即時數據獲取的價值。

本計畫與兩間公司團隊討論後，擬定一可行之設計架構如圖 5-26 所示，本計畫提供水質監測裝置樣式需求與基本水質觸發條件，由儀展科技進行系統整合設計，其中包括基本水質測項：pH、EC 與 Temp(可擴充)與重金屬檢測模組，而重金屬檢測模組則由瑞準科技提供，目前正針對整體系統架構與重金屬分析模組試片更換模式進行細部討論，會逐月更新討論進展。

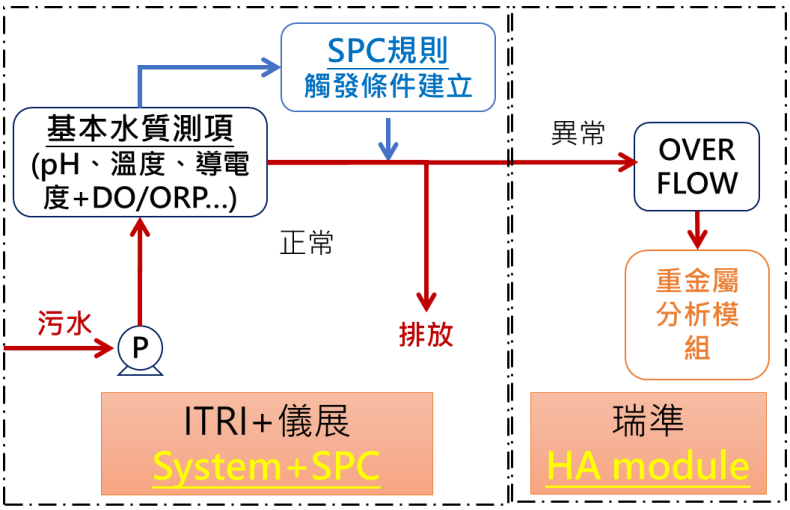


圖 5-26 新型態重金屬水質感測器系統架構

三、水質感測物聯網布建及應用成果記者會

環保署於歷年來致力於環境物聯網應用與露出，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】。本年度於 11 月 11 日辦理「你偷排，我在看 !」水質感測物聯網布建及應用成果記者會，以中央結合地方水質物聯網成果，推廣我國在水質物聯網於地方環保局的努力與成效。

會中邀請媒體記者、四個成效績優縣市環保局現身說法，分享水質感測物聯網執行成果與科技化稽查應用案例，展現科技管理成效落實城市智慧治理之願景，並展示水質感測器設備與水質感測物聯網全臺擴大應用成果以及五個縣市智慧化稽查應用案例，結合跨機關合作與各縣市參與，透過平臺展示數據蒐集及潛勢熱區分析，提升智慧稽查效益，會議議程如表 5- 13、辦理情形如圖 5-27。

表 5- 13 「水質感測物聯網布建及應用成果記者會」議程

時間	議程	備註
09:40-10:00	會前準備	監資處
10:00-10:05	主席致詞	監資處
10:05-10:15	環保署水質感測物聯網布建及應用成果	監資處
10:15-10:35	縣市成果分享	桃園市、臺中市、雲林縣、臺南市
10:35-10:40	現場設備及海報介紹	監資處
10:40-10:50	媒體交流訪問	監資處
10:40-10:50	媒體交流訪問	監資處

圖 5-27 「水質感測物聯網布建及應用成果記者會」辦理情形

5.4.3 論文發表與技術授權

一、論文發表

本計畫彙整過去工作成果完成 4 篇論文發表，包括 110 年 5 月出版工業材料第 413 期之「感測材料與微型化感測器開發應用於環境水質感測」、110 年 7 月 12 日於材料世界網發表之「即時線上電化學感測元件之開發：以水中餘氯為例」、110 年 11 月 8 日 110 年環境科技論壇之「水質感測數據之時空分析與案例分享」、以及將於工業污染防治刊物第 153 期刊出之「水質感測物聯網現地規劃與環境執法應用」。

二、技術授權

(一) 專利申請

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」等共 5 件專利，相關證書詳如附件九。

2. 針對「多功能水質感測模組」在中華民國、中國與美國亦有布局發明專利，案件審查中。

3. 本年度（110 年）針對光學 COD 與濁度水質監測裝置提出中華民國與中國新型專利申請，案件申請中。

表 5- 14 國產化元件專利申請彙整表

項次	專利名稱	專利英文名稱	申請國家	專利類型	申請日期	公告日期	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	2019/12/11	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	2018/6/1	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	2020/11/20	獲證
4	水質監測系統	Multi-sensing system for water quality monitoring	TW	新型	2019/12/27	2020/4/1	獲證
5	多功能水質感測模組	Multi-function Water Quality Monitoring Module	TW	新型	2020/5/26	2020/10/1	獲證
6	多功能水質感測裝置	Multi-function Water Quality Monitoring Device	TW	發明	2020/8/4	2021/7/1	審查中
7	多功能水質感測裝置	Multi-function Water Quality Monitoring Device	US	發明	2021/1/20	2021/6/24	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	2021/7/9	審查中
9	水質監測裝置	Water Quality Monitoring Device	TW	新型	(預計) 2021/12/31		定稿待送件
10	水質監測裝置	Water Quality Monitoring Device	CN	新型	(預計) 2021/12/31		定稿待送件

(二) 技術移轉

本計畫針對電化學量測方式，進行電化學感測系統技術授權洽談，將於 110 年 11 月 17 日辦理「即時線上餘氯電化學感測元件技術非專屬授權案」線上公開說明會。110 年 11 月 18 日完成與奇輝公司先期技術授權 1 件，此外櫻花廚具公司刻正接洽中。本研究以電化學法為開發基礎，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，以微流道及三極式（餘氯感測）電極原型機組為基礎，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。

第六章 、結論

依據傳統水質監測與管理，大多仰賴現場採樣（證據保全），再透過實驗室儀器分析確定污染濃度，雖可掌握數據品質但耗時又耗人力。另外亦有使用現場手持式水質監測儀器或採用連續監測設備，單價昂貴且校正維運經費高。有鑑於此本計畫利用自行研發國產化水質感測設備，搭配不同驗證場域進行測試，收集高解析度之時間及空間連續監測數據，利用各縣市合辦計畫來進行科技執法及智慧治理，發揮創新研發及跨域應用效益。本年度計畫各項工作之實際產出說明如下：

在優化運作 30 臺固定式水質感測器方面：為避免原感測酸鹼值(pH)、電導度(EC)與溫度(Temp)的三合一晶片，在環境感測時易受到水體中的氯離子(Cl^-)與磷酸鹽類(PO_4^{3-})等物質腐蝕破壞，導致量測失準的情況。考量水質感測器需長時間布建的需求，本年度替換成移動式水質感測器採用之 pH、EC 與 Temp 感測電極，完成新版 PET 感測模組設計，導入進 30 臺固定式水質感測器優化工作及電路設計改良，感測單元全模組化並具自動清洗，整體數據滿意度提升 110%。固定式水質感測器之優化與改良於 3 月底完成，4~8 月完成現場固定式機臺更換作業，維持監測數據不間斷之服務。已布建水質感測器在 1~4、5~8 月及 9~11 月之有效數據完整率與數據品質滿意度評估，數據品質完整率分別為 86.1%、97%及 97%；數據品質滿意度分別為 87.1%、94.8%及 94.8%，皆符合本計畫合約之品質要求。為瞭解本計畫固定式感測器在極端水溫的感測品質，本年度執行數據滿意度查核，在 110 年水溫高於 35℃及低於 20℃之可比對數據有 96 筆，數據品質滿意度高可達 94.8%。經過 3 次點位檢討，布建於 5 個縣市，完成 30 臺固定式感測器布建效益，分析淨水廠水質感測、污水下水道及截點感測、源頭感測 CWMS 應用 3 件場域示範案例，提出 2 項水質感測管理建議及上下游數據連動、水量不足與 CWMS 比對 3 種數據分析案例，同時選出 20 臺高效益點位，篩選出 21 件水質異常事件。此外，本計畫亦盤點水質感測器應用效益，其中電力問題為固定式與移動式水質感測器影響數據品質主要問題來源之一，故本年度優化電力模組搭配 50AH 鉛蓄電池及太陽能板，可延長夏季電力續航從 5 天至 30 天，冬季從 5 天至 20 天，續航力提升 400%。

在精進多樣化水質感測技術及國產化研發方面：光學感測模組部分，本年度完成可攜式濁度分析儀 1 臺，精進項目包含:(1)流動/批次兩用設計(2)具備藍芽通訊、模組化與 Modbus 設計，易於與不同系統快速串接(3)多組權限設定。通過光學感測器標準液規格驗證、實場水質驗證比對以及連續監測 7 天穩定性測試。完成標準品曲線建置與精密度驗證，符合計畫目標標準。COD、SS、濁度檢量線建置之 R^2 為 0.98 以上。可攜式濁度分析儀可量測範圍達 0.1-1000 NTU，精密度與準確度可達 10%與 20%。完成自來水超低濃度(0-2 NTU)演算驗證，量測誤差符合本計畫準確度規格，同時利用河川底泥配製不同濁度加以驗證，相對誤差±10 NTU 或 ±20%，符合設計規格。COD+SS 感測模組之 COD 與 SS 量測範圍分別可達 0.1-300 與 0.1-100 mg/L，精密度與準確度可達 10%與 40%，符合設計規格。本計畫執行不同水樣驗證結果，量測環境水體中 tCOD 與 SS 之批次驗證，「工業廢水」與「民生廢水」其 tCOD 與 SS 之推估誤差均可符合本計畫準確度需求。為瞭解濁度感測於淨水廠的應用，本計畫與台灣自來水公司第三區管理處新竹給水廠合作，完成商用感測器(SWAN)及標準檢測方法（濁度計法）2 站點數據驗證比對。濁度感測器量測自來水，多數誤差百分比小於 20%，符合數據品質滿意度要求。本計畫濁度感測器與 SWAN 比對結果顯示，兩測站之感測數值無顯著差異(P>0.05)，濁度感測器與 SWAN 之感測數據具有良好相關性。

電化學感測模組部分，本年度提升餘氯電化學反應槽工作電極至摻硼鑽石(BDD)電極，完成餘氯感測原型機之設計及組裝 3 臺，精進項目包含: (1)偵測極限下修自 0.5 mg/L 至 0.2 mg/L、(2)改採具低背景電流之 BDD 電極材料(背景電流自白金電極之 50 uA 降至 3 uA)、(3)固定式機臺設計及雲端平臺改良。完成 COD+SS 感測模組 2 臺，精進項目包含:(1)流動/批次兩用設計(2)具備藍芽通訊、模組化與 Modbus 設計，易於與不同系統快速串接(3)具體實現 COD 與 SS 同步量測功能(4)兼具多種光源更換的機動設計要求。與台灣自來水公司第三區管理處新竹給水廠合作，完成商用感測器(SWAN)及標準檢測方法（分光光度計法）2 站點數據驗證比對。餘氯感測器量測結果與分光光度計標準方法相比，誤差百分比小於 10%，符合數據品質滿意度要求。本計畫餘氯感測模組與 SWAN 比對結果顯示，兩測站之

感測數值比對均無顯著差異(P>0.05)，本計畫餘氯感測模組與 SWAN 之感測數據具有適度以上相關性。

在精進移動式水質感測器方面：於 5 月 31 日前完成雛型機 2 臺製作，執行實驗室場域及實際場域共 1 個月驗證測試，並已於 7 月 15 日前完成精進版本原型機 20 臺製作。布建 15 臺至 5 種應用形態（污染排放熱點 7 點、特定工廠放流口 3 點、CWMS 比對 2 點、感測器 1.0 數據平行比對 2 點、低溶氧易死魚河川 1 點）及 5 種場域形態（橋、堤岸、明渠排水道、加蓋排水溝、未加蓋排水溝）。截至 12 月 31 日有 18 件水質異常事件，多屬酸性伴隨電導度異常。本計畫嘗試將移動式水質感測器與 CWMS 設備執行比對，在 15 天連續感測數據比對酸鹼值(pH)與電導度(EC)，酸鹼值(pH)感測數值相近 pH 6-7 落在品質標準內，電導度相關性 R^2 為 0.96，適合提供環保機關更彈性使用水質感測器應用場域。完成高階動力式水質感測器 2 處場域（湖泊、運河）驗證，場域試驗情形良好設備與數據性能穩定。提出以下操作建議：水庫、湖泊、機場周圍為等禁航區無法搭載無人機進行施放、人員須具備 10 公斤無人機證照始得操作，且注意風場變化（可抵抗風速 3-5m/s 之布建場域）、不建議施放水流湍急與裸石過多及水位過低之場域、感測場域建議大面積且平穩之水域。完成 ORP 移動式水質感測器 2 種產業應用（遊憩泳池、養殖漁業）1 個月以上場域應用，應用情形良好，即時反應現場水質數據與應變，可擴展其他應用場域機關。

在多樣化水質感測器執行效益評估及產業化應用方面：為瞭解過去水質感測器布建應用效益，本年度分析 109 年 9 月至 110 年 3 月多樣化水質感測器分析，提出元件衰減、數據品質、場域數據、環境效益 4 大討論指標。針對固定式與移動式水質感測器提出修正建議。固定式水質感測器高效益點位主要運作於工業區，但因電力供應、抽水不穩定、電路板不穩定容易造成當機，而移動式設備高效益點位主要運作於河川與農渠，進水問題為主要導致感測數據不佳原因。上述感測不佳原因已於本年度設備優化後改善。

在水聯網縣市合作及科技執法效益與推廣方面：109 年合辦試驗應用計畫共有 13 個縣市參與，地方政府應用 113 臺移動式及 280 臺手持式水質感測器，地方政

府藉由水質感測器異常趨勢成功稽查 4 案，累計裁罰金額 64.8 萬元。此外，本年度（110 年）新增基隆市與花蓮縣申請，共移交地方政府應用 147 臺移動式及 300 臺手持式水質感測器。110 年地方政府合辦計畫，藉由水質感測器異常趨勢成功稽查 15 案，累計裁罰金額提高至 1,055.22 萬元。110 年透過水質感測器總稽查案件數為 18 案，累積裁罰金額為 2084.87 萬元。完成產業媒合會議 1 場次、合辦計畫業務檢討會議 1 場次與成果發表記者會 1 場次。完成 4 篇論文、2 案專利申請、1 案技轉授權（奇輝公司）。

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，證明水感測物聯網跨域應用之實績及競爭力。使水聯網融入生活，將水質數據透明化，用科技改善環境品質，讓民眾有感。

第七章 、建議

一、針對固定式水質感測器應持續優化，優化內容建議針對 1. 化學需氧量(COD)、懸浮固體物(SS)、濁度之精密度之相對標準差調降至< 5%、2. 持續下修感測濃度至 0.1 mg/L 並評估經濟與技術可行性、3. 擴增市售感測元件、4.應用化學需氧量(COD)設備元件之感測數值，演算不同情境生化需氧量(BOD)。

二、持續優化並運作移動式水質感測器，優化內容建議針對 1. 擴增應用情境，納入可替換之其他市售感測頭，建議未來可增加納入銅離子、流速、水位、餘氯、鹽度或氨氮等感測頭。同時研析再縮小移動式感測器，可朝向單一感測項，子母機方式執行數據感測、2. 運用既有水質模式執行模式校正評估，以減少 7-10 天維運一次之人力成本、3. 促進量產 1 機 2 用之產品，包含岸上架設與水面上漂流或浮動等應用情境，並持續通過各項驗證條件，包含電池續航力、訊號收訊範圍、防水防塵第 3 方驗證、感測器偵測極限與使用壽命。

三、建議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）、校園自來水管末及水塔、泳池等遊憩水域水情揭露並比較其他量測餘氯廠牌機器效能。

四、促進多樣化水質感測器空間應用情境，加值水質模式驗證，建議藉由傳統環境工程水質模式模擬重金屬銅之污染量，利用水質感測器搭配水質模式率定驗證，評估河川承受水體之污染濃度變化及研析污染物時空變化趨勢。

五、持續推動地方政府感測物聯網合辦計畫以及推行其他單位使用水質感測器。並積極拓展國內外其他場域應用機會，推廣環保署計畫產出之國產化水質感測物聯網。

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. Neufeld, Tova, et al.(2000)." A micro flow injection electrochemical biosensor for organophosphorus pesticides."Biosensors and Bioelectronics,15(5-6),323-329.ELSEVIER.
6. 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.
7. 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.
8. 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.

9. 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.

10. 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.

11. 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

12. 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.

13. 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.

14. 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.

15. Saputro, S., et al.(2010)."Differential Pulse Voltammetric Determination of Free Chlorine for Water Disinfection Process." Electroanalysis, 22(23), 2765-2768. JOURNALS.

16. 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.

17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. Gao, Wei, et al.(2016)."Wearable microsensor array for multiplexed heavy metal monitoring of body fluids." ACS SENSORS, 1(7), 866-874.ACS Publications.
22. 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.
23. Water quality -- Determination of turbidity -- Part 1: Quantitative methods(2016), ISO 7027-1. https://www.iso.org/standard/62801.html
24. 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.

25. Water quality -- Determination of turbidity -- Part 2: Quantitative methods(2019), ISO 7027-2. https://www.iso.org/standard/69545.html

26. Metrohm, Electrode shaft for the scTRACE Gold

27. 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.

28. 松井邦(1999)，感測器應用電路的設計與製作。臺北市：建宏。

29. 胡啟章(2002)，電化學原理與方法，臺北市：五南。

30. 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

31. 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。

32. 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。

33. 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。

34. 鄭立(2008)，ZigBee 開發手冊，臺北市：全華。

35. 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。

36. 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

37. 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。

38. 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

39. 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

40. 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。

41. 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。

42. 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。

43. 國家發展委員會(2016)，行政院第 3514 次會議-亞洲·矽谷推動方案。

44. 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。

45. 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

46. 科技部(2017)，國家科學技術發展計畫（民國 106 年至 109 年）。

47. 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。

48. 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。

49. 行政院環境保護署(2018)，106 年版環境白皮書。

50. 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