



行政院環境保護署

Environmental Protection Administration  
Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan)



## 環保科技論壇

# 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

日期：Jun 11, 2018

報告者：朱振華

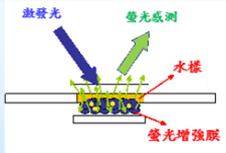
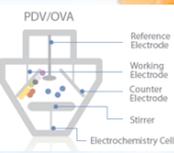
# 報告大綱

- 目前水質感測設備與系統之比較
- 即時線上水質監測元件開發
- FY106水質感測器系統布建與測試結果
- 水質感測物聯網資訊管理平台介紹
- 重點結論與建議



# 目前水質感測設備與系統之比較

## 重金屬設備可適用之範圍與比較

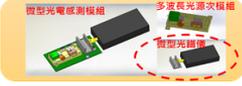
設備	本計畫		ICP	AA	市售光學法	市售電極法	
項目	本計畫		ICP	AA	市售光學法	市售電極法	
圖示							
代表廠牌	ITRI	ITRI	Agilent	SpectraA	Hach	Cole-Parmer	Modern Water
測定原理	奈米光學感測	改質電化學電極	原子發射光譜法	原子吸收光譜法	光學比色法	離子交換	伏安法
量測方式	實驗室/攜帶式 連續/批次式	實驗室/攜帶式 連續/批次式	實驗室 批次式	實驗室 批次式	實驗室/攜帶式 批次式	實驗室/攜帶式 批次式	實驗室/攜帶式/ 批次式
價格(單位：仟元)	<100	<100	2,500	1,200	200~1,000	500~1,000	800~1,200
優點	<ul style="list-style-type: none"> <li>即時分析</li> <li>感測時間短</li> <li>無添加藥劑成本</li> <li>建置成本較低</li> <li>可線上量測</li> <li>可現址安裝</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>同時監測多項</li> <li>即時分析</li> <li>無添加藥劑成本</li> <li>建置成本較低</li> <li>可線上量測</li> <li>可現址安裝</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>同時監測多項</li> <li>無添加藥劑</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>無添加藥劑</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可線上量測</li> <li>可現址安裝</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可線上量測</li> <li>可現址安裝</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可線上量測</li> <li>可現址安裝</li> <li>同時監測多項</li> </ul>
缺點	<ul style="list-style-type: none"> <li>單一重金屬分析(量子點)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>需前處理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>建置成本高</li> <li>需前處理</li> <li>需人力操作</li> <li>無法線上量測</li> <li>無法現址安裝</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>建置成本高</li> <li>需前處理</li> <li>單一重金屬分析</li> <li>需人力操作</li> <li>無法線上量測</li> <li>無法現址安裝</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>無法即時監測</li> <li>現場安裝貴</li> <li>需添加藥劑</li> <li>廢液處置問題</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>無法即時監測</li> <li>現場安裝貴</li> <li>汞污染問題</li> <li>需添加藥劑</li> <li>廢液處置問題</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>需添加藥劑</li> <li>廢液處置問題</li> <li>現場安裝貴</li> <li>24小時只能測 量三次水樣</li> </ul>

### 產品競爭分析

- 實驗室ICP.AA設備(1)建置成本高;(2)無法現地即時分析;(3)需高級人力處理
- 市售光學法與電化學法監測系統(1)即時性不足;(2)操作與安裝成本高;(3)藥劑配方無法掌握
- 本計劃所開發的奈米光學與電化學感測電極，具有可偵測多種金屬、穩定性佳、低濃度(sub ppm)檢測準確度較高並延長使用壽命等優點

# 目前水質感測設備與系統之比較

## COD&SS分析設備之監測方式與比較

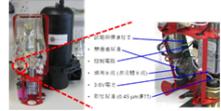
項目 \ 設備	本計畫	COD&SS 線上光學偵測	COD 線上傳統量測	COD 傳統分析儀器	SS 傳統分析儀器
圖示					
代表廠牌	ITRI	S::CAN	無	無	無
測定原理	光學頻譜&演算法	光學法	化學氧化法	化學氧化法 光學比色法	乾燥法
量測方式	實驗室/攜帶式 連續/批次式	批次式	批次式	實驗室 批次式	實驗室 批次式
價格(單位：仟元)	50-100	1,400	800~1500	500	500
優點	<ul style="list-style-type: none"> <li>同時監測兩項以上</li> <li>即時光譜分析</li> <li>具自動清洗功能</li> <li>可線上量測</li> <li>可現址安裝</li> <li>無藥劑成本</li> <li>建置成本較低</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>同時監測兩項以上</li> <li>即時分析</li> <li>無藥劑成本</li> <li>可線上量測</li> <li>可現址安裝</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>標準方法</li> <li>可線上量測</li> <li>可現址安裝</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>標準方法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>標準方法</li> </ul>
缺點	<ul style="list-style-type: none"> <li>需利用短時間建立與修正資料庫及演算法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>需利用短時間建立與修正資料庫及演算法</li> <li>建置成本高</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>單一量測</li> <li>體積龐大</li> <li>建置成本高</li> <li>須藥劑成本</li> <li>耗時(&gt;2hr)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>建置成本高</li> <li>須藥劑成本</li> <li>耗時</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>建置成本高</li> <li>需耗材成本</li> <li>耗時</li> </ul>

### 產品競爭分析

- 傳統實驗室分析方法(1)無即時性;(2)人力與藥劑成本高
- 傳統COD監測設備(1)即時性不足;(2)藥劑成本高且二次污染嚴重;(3)建置成本高
- 新型態COD&SS監測設備(1)資料庫需購置;(2)監測濃度較低;(3)建置成本過高
- 本計劃所開發的光學感測元件，具有可偵測多種水質成分、即時監測性高、具有設備體積小且操作成本低等優勢

# 目前水質感測設備與系統之比較

## 廣佈型水質感測裝置之比較

項目 \ 設備	本計畫	現階段水質監測系統	線上水質監測系統	EU微型化水質快速監測系統
圖示				 (Form: EU 2020年水質監測計畫)
代表廠牌	ITRI	Endress+Hauser、KORBI	HYDROLAB、libelium	研發中
測定原理	電化學/光學	電化學/光學	光學	光學
量測方式	實驗室/攜帶式 連續/批次式	固定設置 批次式	攜帶式 連續式/批次式	實驗室/攜帶式 連續/批次式
尺寸大小	18公分×15公分×10公分	200公分×100公分×300公分	75公分長，直徑15公分	30公分高，直徑10公分
價格(單位：仟元)	100-150	>1,000	750-950	>100
優點	<ul style="list-style-type: none"> <li>水樣前處理</li> <li>即時光譜分析</li> <li>自動清洗功能</li> <li>無添加藥劑</li> <li>建置成本較低</li> <li>可線上(即時)量測</li> <li>可現址安裝</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可線上量測</li> <li>同時監測多項</li> <li>包含水樣前處理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可線上(即時)量測</li> <li>可現址安裝</li> <li>無添加藥劑</li> <li>電動刷子清潔檢測元件</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可線上(即時)量測</li> <li>可現址安裝</li> <li>自動清洗功能</li> </ul>
缺點	<ul style="list-style-type: none"> <li>取樣與多重檢測造成耗電量高</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>建置成本高</li> <li>無法現址安裝</li> <li>耗時</li> <li>試劑消耗大，以及廢液處置問題</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>無前處理</li> <li>僅單一重金屬分析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>無前處理</li> <li>僅單一重金屬分析</li> <li>需添加藥劑</li> <li>容易受到干擾</li> </ul>

### 產品競爭分析

- 國內自行開發之新方法/新技術演進，可打破國外市場壟斷，提昇國內廠商服務效能
- 大幅降低產品成本，並提昇設備商獲利能力
- 系統朝「體積小」、「耐用」、「維護容易」及「低成本」的方向進行開發，可應用於大規模區域之即時線上水質監測技術，而設備最小化則以微流道技術為主。
- 微型化水質監測系統是目前世界各國積極發展中的技術，尚無實體系統廠商，因此發展微型化水質監測系統正是一個利基點。

# 即時微型水質監測元件開發

## 電化學金屬離子濃度測定分析模組開發

### 複合電極製作



### 感測材料主要製作方向:

#### 1. 金複合電極:

金與沉積金屬表面之間容易產生相互作用，可感測**氧化電位較高之重金屬離子**。

#### 2. 鈹複合電極:

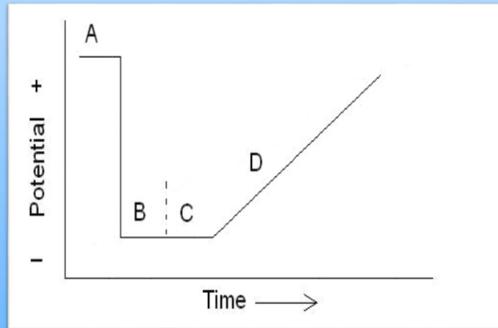
鈹具有跟汞類似的電化學反應機制，可感測**氧化電位較低之重金屬離子**。

### 電化學感測分析技術平台

最佳參數建立

標準品測試

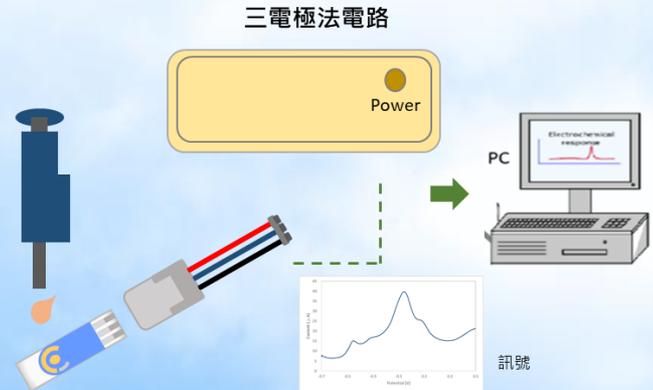
實場水樣測試



感測器程序設計

- A: Cleaning step (正偏壓清洗)
- B: Electroplating step (預濃縮)
- C: Equilibration step (平衡)
- D: Stripping step (偏壓剝除)

### 電化學微機電感測模組



1. 訊號**電位** → 金屬**種類**
2. 訊號**強度** → 金屬**濃度**

### FY106 研發成果

1.  $\text{Cu}^{2+}$ 及 $\text{Zn}^{2+}$ 重金屬電化學感測分析技術平台建立，偵測極限低於放流水標準
2. 電化學微機電感測模組晶片製作與效能評估

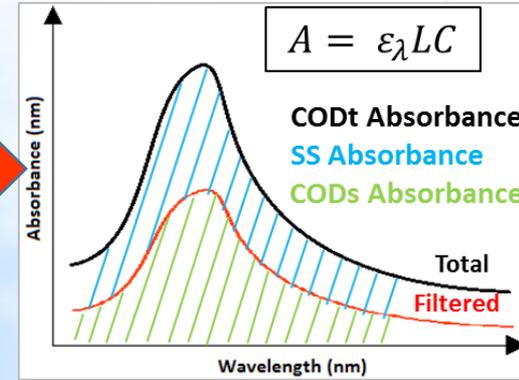
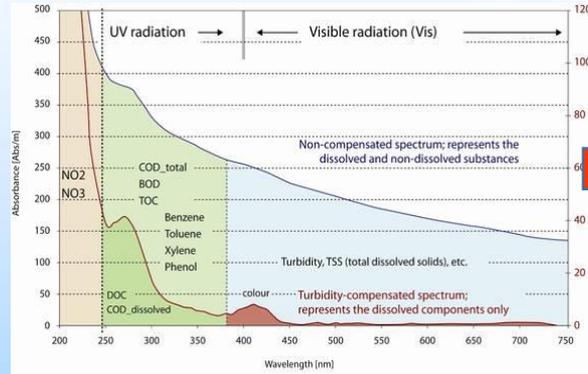
### FY107 工作項目產出指標

1. 電化學感測分析重金屬 $\text{Cu}^{2+}$ 或 $\text{Zn}^{2+}$ 之偵測極限分別低於1 ppm與3 ppm
2. 建立 $\text{Ni}^{2+}$ 或 $\text{Pb}^{2+}$ 之重金屬電化學感測分析技術平台，偵測極限低於放流水標準
3. 電化學微機電感測模組晶片製作完成， $\text{Cu}^{2+}$ 與 $\text{Zn}^{2+}$ ，並利用實際場域廢水完成效能評估

# 即時微型水質監測元件開發

## COD/SS光電感測元件開發

### 多成分定性定量演算法精進



**COD及SS水質光學特性之建立**

1. 訂定水質分量測項目
2. 界定各種成分光學頻譜特性
3. 建立各種成分交互關係

**水質多成分定性定量演算法建立**

1. 吸收光譜資料前處理
2. 多成分定性分析演算法
3. 多成分定量分析演算法

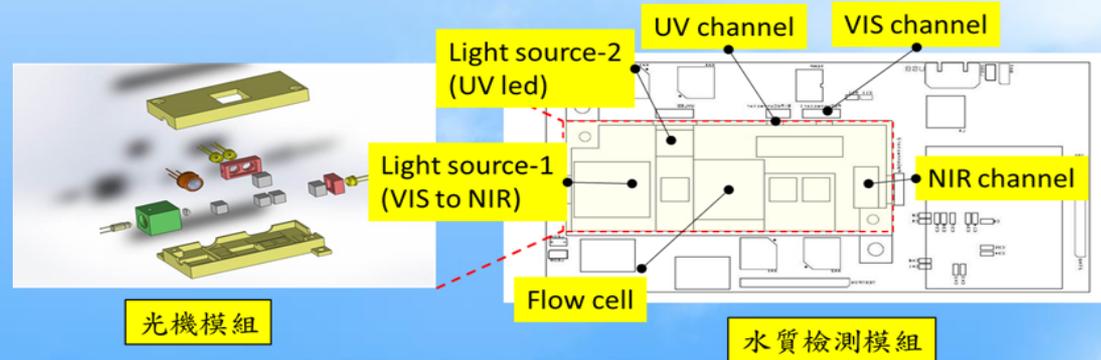
**COD及SS推估模式建立**

1. 特定場域水質光譜資料庫建立
2. CODs與SS推估模式建立
3. CODt濃度推估：ΔCOD/SS建立

**微型化COD/SS檢測平台設計**

1. 微型化廣範圍多波長檢測平台設計
2. COD及SS推估模式導入
3. 實廠廢水驗證

### 微型化COD/SS檢測平台設計



### FY106 研發成果

1. 多成分定性定量演算法建立，實驗室標準品分析準確率>90%
2. 完成COD,SS光電感測元件原型及功能測試，實際廠(污)水分析準確率>70%

### FY107 工作項目產出指標

1. COD,SS多成分定性定量演算法建立，實驗室標準品分析準確率>95%
2. 完成COD,SS光電感測元件原型及功能測試，實際廠(污)水分析準確率>75%

# 即時微型水質監測元件開發

## 酸鹼值、導電度與溫度微型化感測器整合稀釋模組開發

### 微型化感測器原理與設計

▶ 微型化感測器開發，包括：

#### 1. 水體酸鹼值量測：

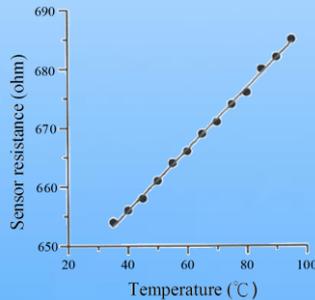
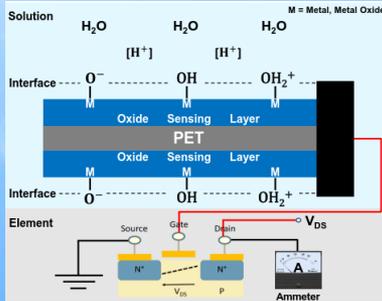
利用透明導電Indium Tin Oxide (ITO)吸引氫離子產生表面電位之介電層，產生介面電位勢改變。

#### 2. 水體溫度量測：

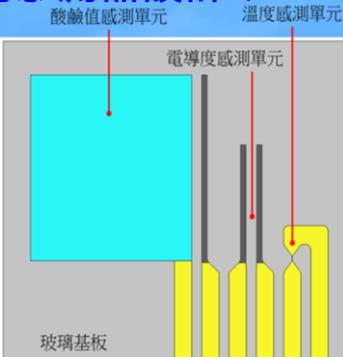
藉由溫度改變所造成的鉑金屬電阻值變化轉換成電子訊號做控制回饋。

#### 3. 水體導電度量測：

藉由溶液中陰陽離子的改變產生電流的變化，來量測水中電解質多寡。



### ▶ 微型化感測器設計：



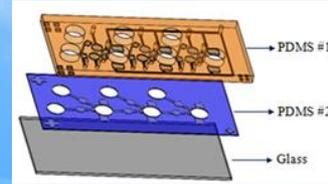
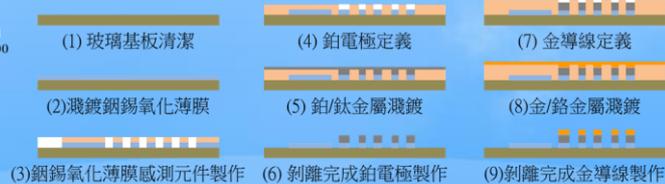
### 微型化稀釋模組原理與設計

- 新式微流體稀釋模組整合微型注射器(Microinjector)和渦旋式微型混合器(Vortex-type micromixer)
- 以自動化方式進行準確稀釋，並且能夠主動調配多種稀釋倍率
- 調配之稀釋倍率範圍為一至十倍



### 微型化感測器整合稀釋模組製作

- 以耐酸鹼及耐溫之玻璃為基板；
- 並採用ITO以及鉑金屬製作感測元件，其具有高選擇性、高穩定性與長生命週期等優點
- 利用PDMS翻膜製作微型化稀釋模組



### FY106 研發成果

1. 溫度精確度為±0.3°C
2. 酸鹼值精確度為±0.1pH；
3. 導電度量測範圍150μs/cm-15ms/cm，誤差±5%

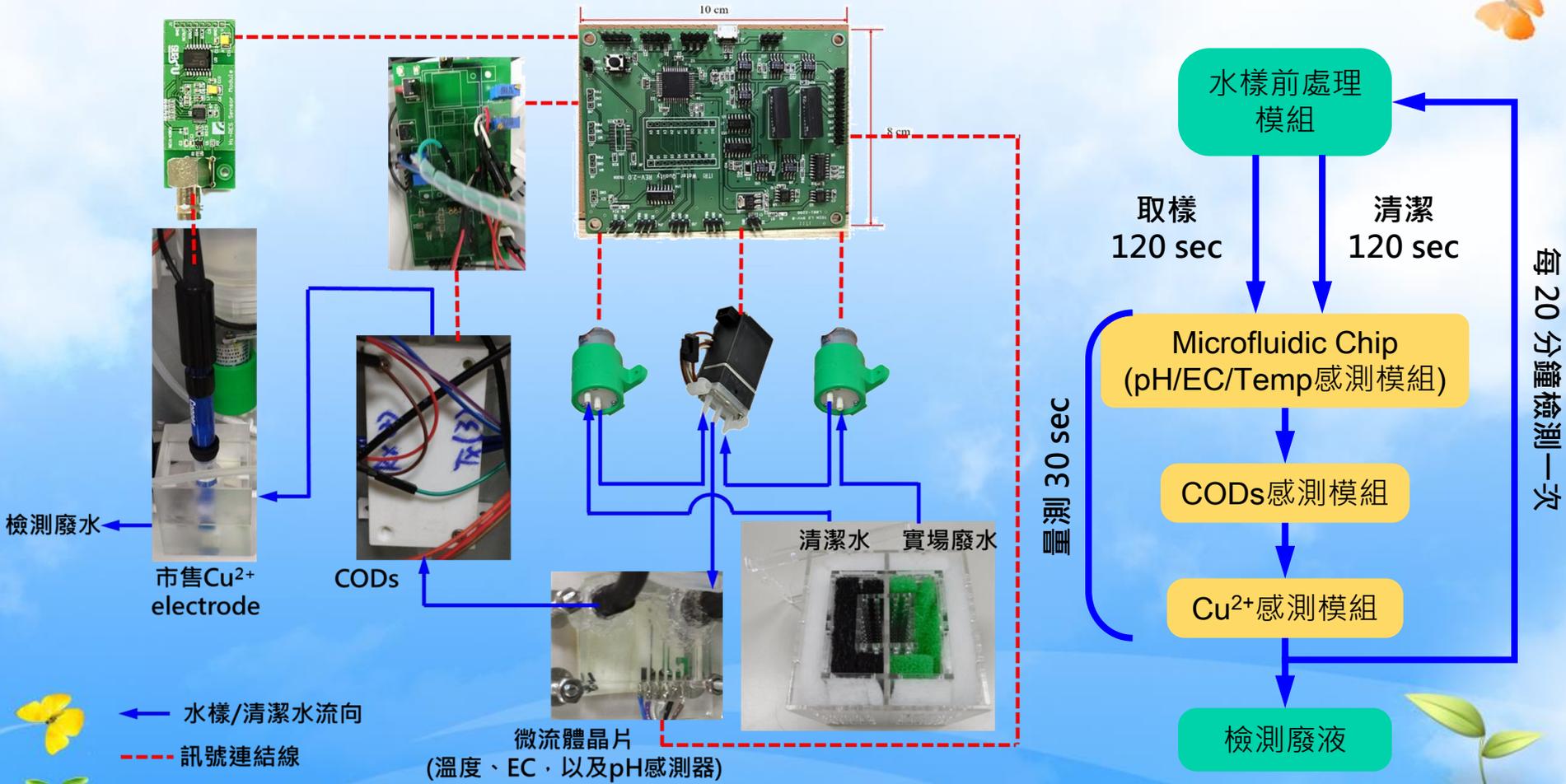
### FY107 工作項目產出指標

1. 溫度精確度為±0.2°C
2. 酸鹼值精確度為±0.1pH；
3. 配合水樣稀釋模組，導電度量測範圍可達150μs/cm-20ms/cm，誤差±5%



# FY106水質感測器系統布建與測試結果

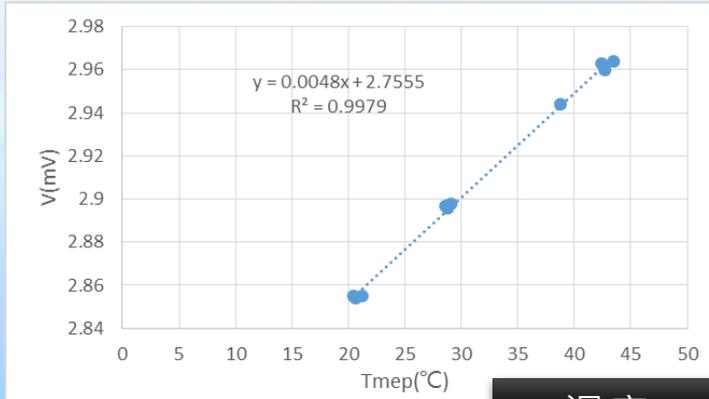
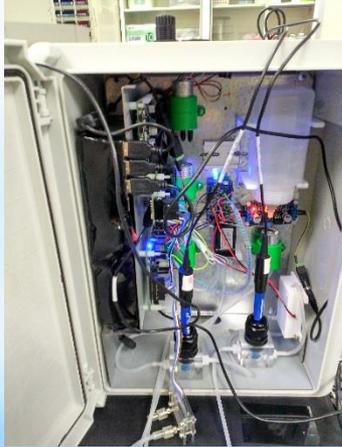
## 小型化水質監測系統原型機檢測流程



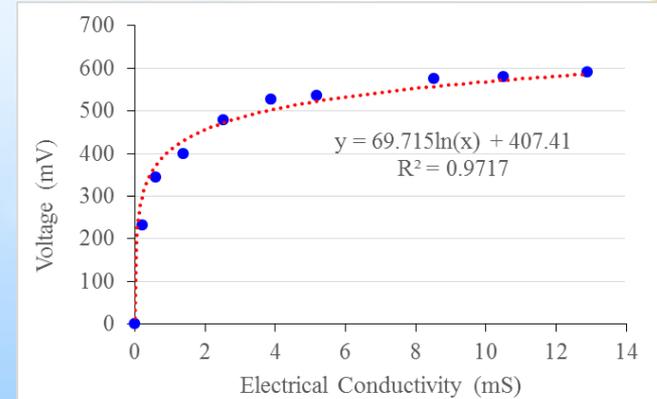
# FY106水質感測器系統布建與測試結果

## 小型化水質監測系統原型機測試結果

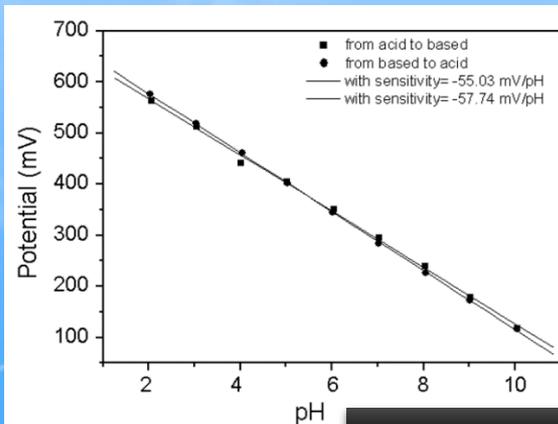
### 原型機檢量線建立



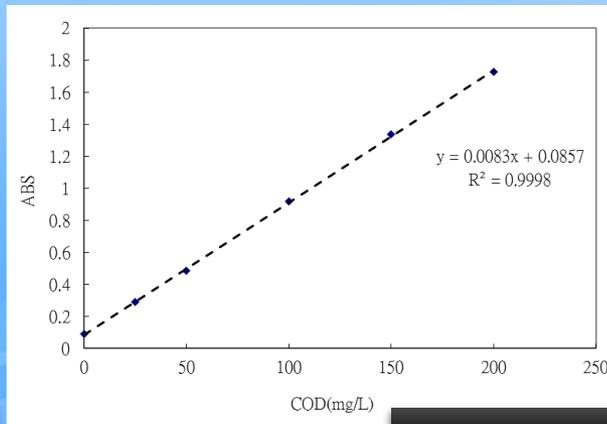
溫度



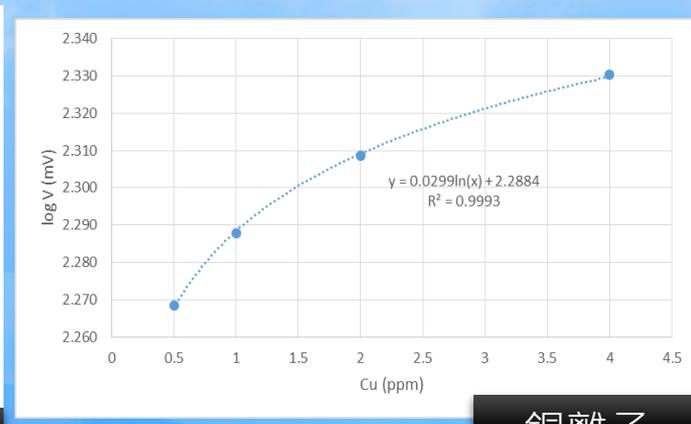
EC



pH



CODs



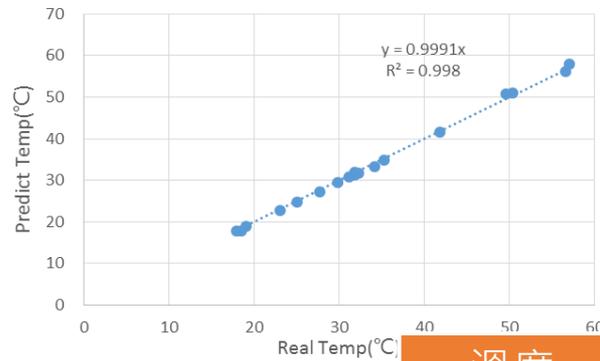
銅離子



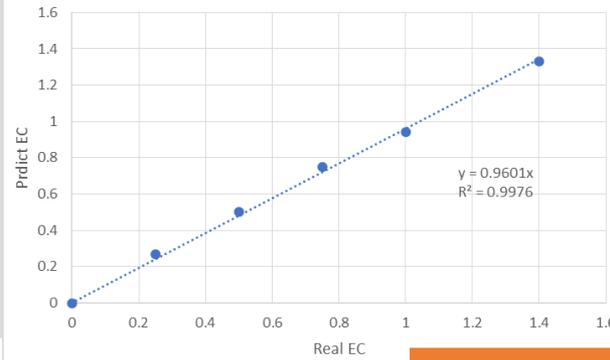
# FY106水質感測器系統布建與測試結果

## 小型化水質監測系統原型機測試結果

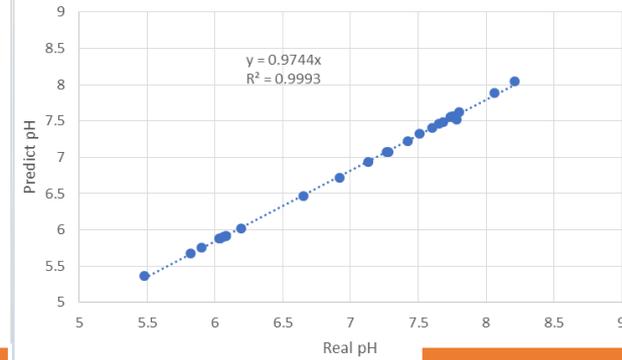
### 原型機實廠廢水測試結果



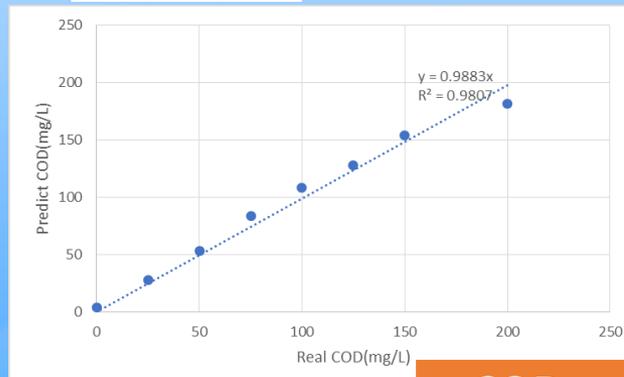
溫度



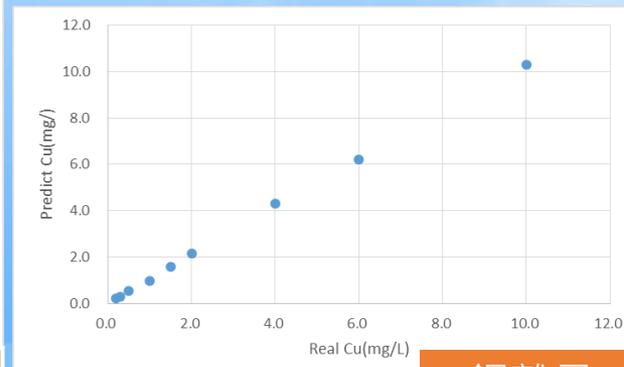
EC



pH



CODs



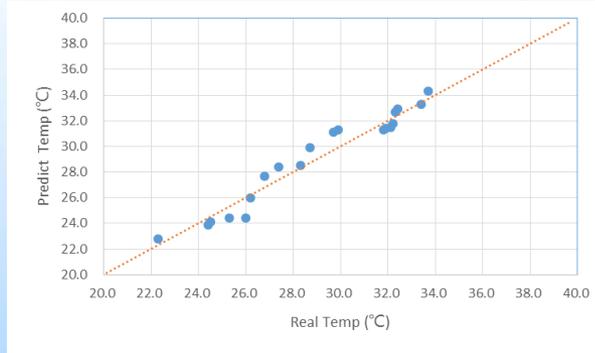
銅離子

- 目前原型機各水質測項之標準曲線及實廠測試均已完成
- 電導度感測模組校正後可穩定操作
- 溫度感測模組在操作前仍須配合現地加以校正
- CODs光機模組可穩定操作，但需修正演算方式以更符合現場水樣

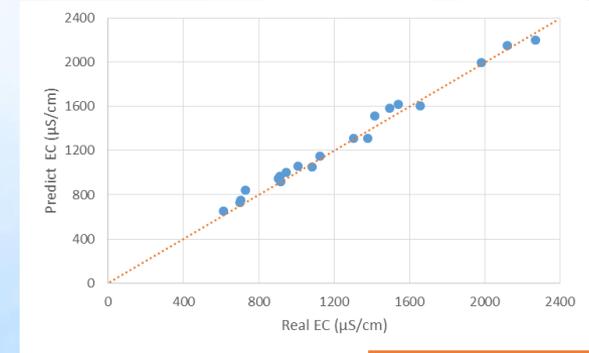
# FY106水質感測器系統布建與測試結果

## 小型化水質監測系統原型機實場測試

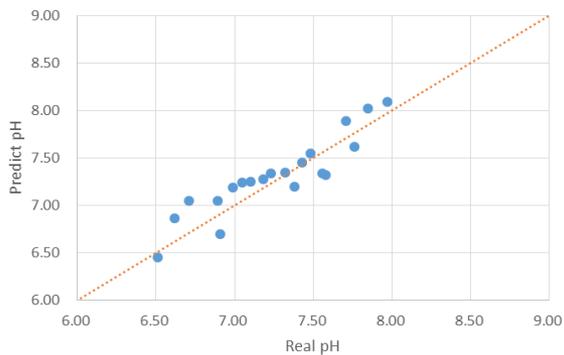
(桃園市蘆竹區徐厝排水)



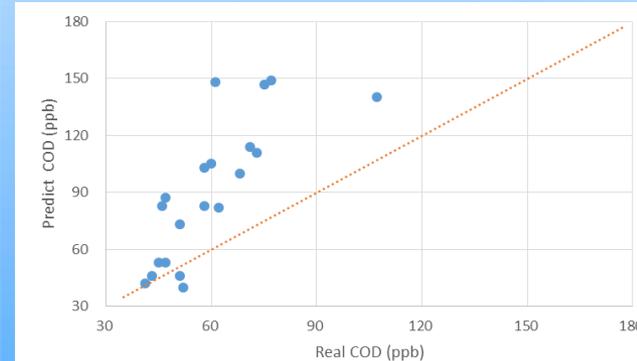
溫度



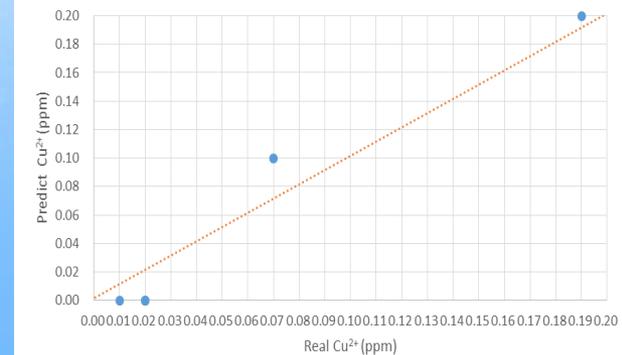
電導度



酸鹼值



CODs



銅離子

- 溫度、電導度與酸鹼值平均誤差分別為2.44%、4.58%，以及2.2%
- 銅離子以及CODs濃度誤差分別高達68.02%與51.61%，可能原因包括：
  - 檢測區形成生物膜，以及檢量線飄移所造成的誤差；
  - 前處理模組無法及時過濾過多微顆粒。



# 水質感測物聯網資訊管理平台

## 即時資訊



## 預警分析模組



## 污染源頭分析模組



## FY107前台展示

- 感測研發
- 資料展示查詢
- 監測聯網布建
- 產業加值應用
- 巨量資料應用
- 推廣宣傳

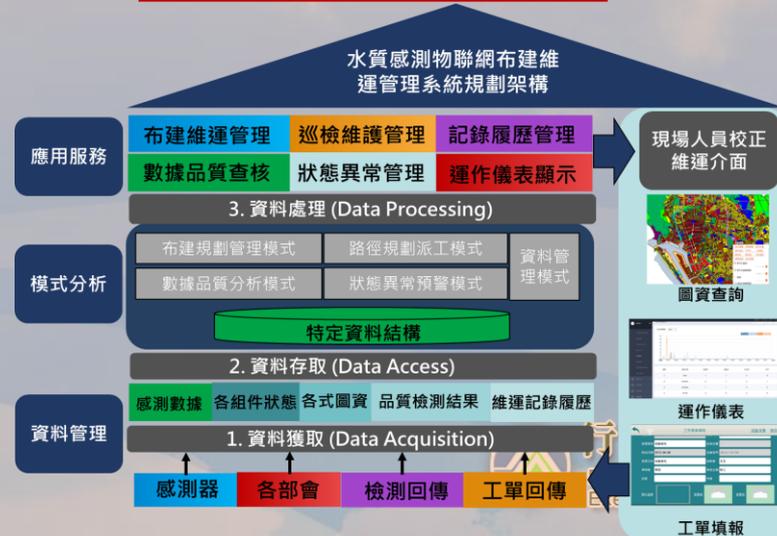
## FY106分析模組

- 即時資訊
- 預警分析模組
- 污染源頭分析模組

## FY107後台分析模組

- 污染熱區分析模組
- 快速稽查模組
- 移動式載具展示特區

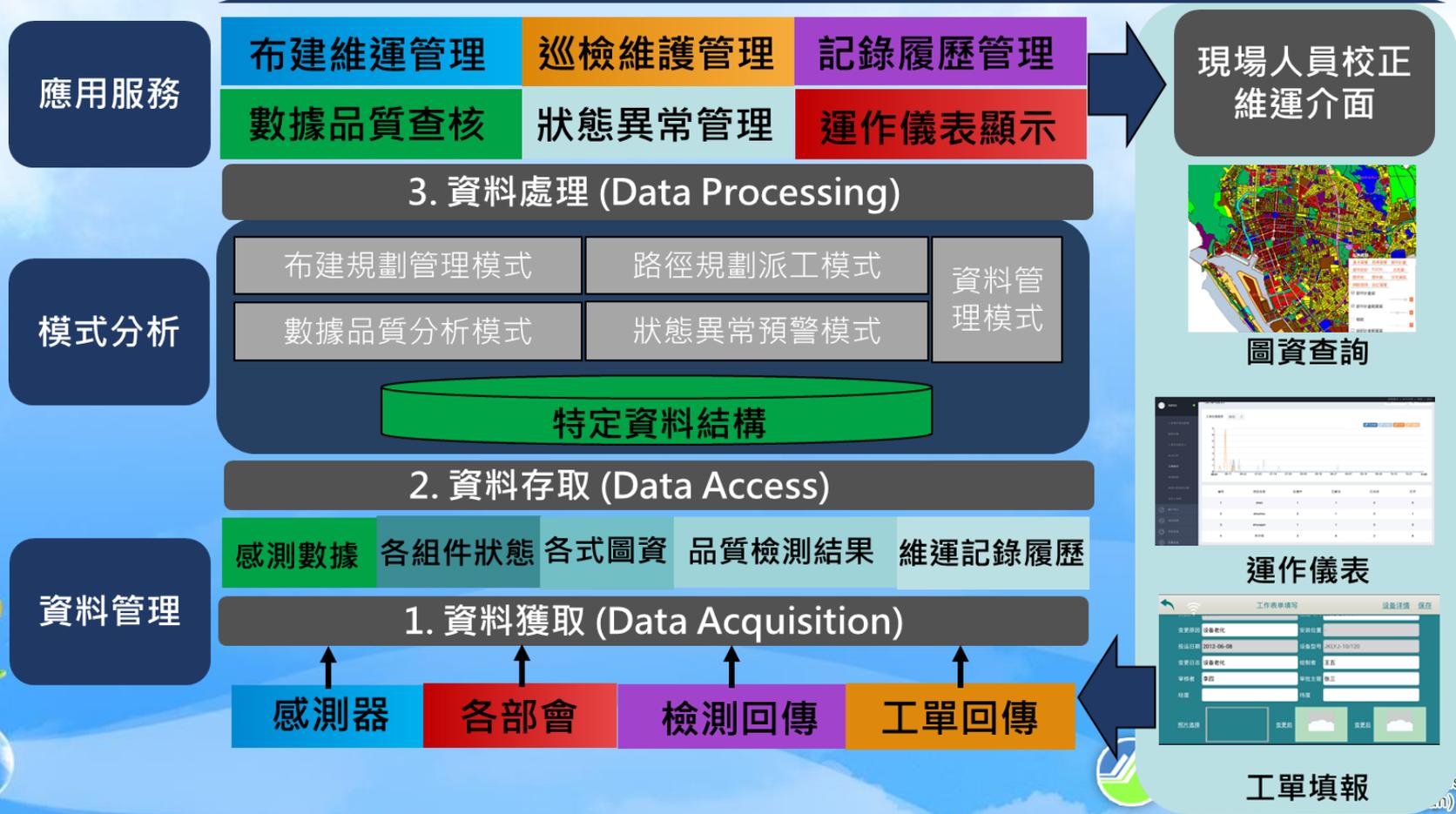
## FY107維運管理系統



# 布建維運自動化管理資訊系統

- 建立 **布建維運自動化管理資訊系統**，提供維運、巡檢、校正、異常監測等一貫化資訊數位作業

## 水質感測物聯網布建維運管理系統規劃架構



## 重點成果與建議

- 利用光學與電化學技術，開發重金屬、化學需氧量、懸浮固體物、酸鹼度、電導度與溫度等微型化水質監測元件，並完成實際廢水之驗證與相對應品檢/品管/品保制度
- FY106完成小型化水質監測系統原型機設計，包括前處理模組、通訊模組及水質感測模組；並於FY107新增消毒與前處理模組，增加水質監測系統之適用性
- 已規劃建置水質感測物聯網資訊管理平台，後續將搭配數據分析與雲端服務之功能，提供多樣化平台資訊與應用服務，以利各部會之管理與一般民眾查詢





行政院環境保護署

Environmental Protection Administration  
Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan)



Thanks for  
your attention