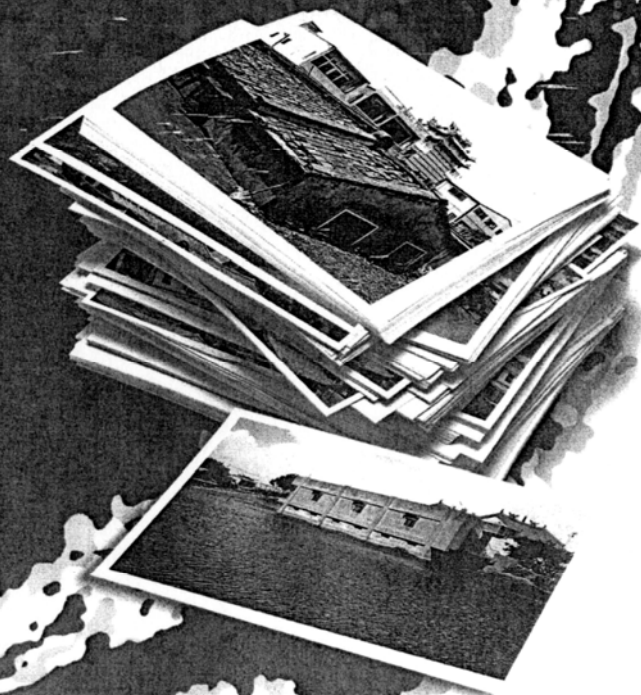


經濟部

「地層下陷防治執行方案」暨「地下水觀測網整體計畫」 九十一年度執行成果發表研討會報告集

主辦單位：經濟部水利署、行政院農業委員會漁業署、內政部營建署
經濟部中央地質調查所

執行單位：國立成功大學水工試驗所地層下陷防治服務團



台灣地區新建地下水觀測井之地下水水質試驗分析(1/2)

謝永旭¹ 蘇苗彬² 張名毅³ 陳育志⁴

1.國立中興大學環境工程學系 教授

2.國立中興大學土木工程學系 教授

3.國立中興大學環境工程學系研究助理

4.國立中興大學土木工程學系研究助理

摘要

本研究係依據台灣地區地下水觀測網整體計畫，於台糖地下水開發保育中心受經濟部水利署之委託執行蘭陽平原及嘉南平原地區新設地下水觀測井開鑿試水後，進行新設地下水觀測井之基本水質採樣與分析工作，以作為後續水質監測之背景參考。

針對地下水資源之保育利用，研擬地下水基本水質分析項目，除了前台灣省環境保護處訂定之十二項水質檢驗項目（包括水溫、電導度、酸鹼度、氯鹽、硬度、鐵、錳、鎳、鉻、銅、鋅、砷）外，並增加生化需氧量、化學需氧量、總有機碳、氨氮、硝酸鹽、亞硝酸鹽、大腸菌類密度、總鹼度、氧化還原電位、總溶解固體、總懸浮固體、硫酸鹽、硫化物、鈣、鎂、鈉、鉀、汞等分析項目之採樣分析工作，合計為三十個項目。

91年度新建地下水觀測井則完成蘭陽平原11口及嘉南平原3口計十四口井之採樣及分析工作，由完成14口新建觀測井電導度測值變化相當大，尤其以古亭(二)為最高，以台灣省灌溉用水水質標準範圍750 μ S/cm而言，公館(一)、古亭(一)、古亭(二)及港墘(一)超過其標準。古亭(二)及港墘(一)發現氯鹽含量偏高，是否有海水侵入的情形有待進一步釐清。14口新建觀測井中5口屬於非常硬水、4口屬於硬水、5口為中等硬度，可見14口新建觀測井硬度亦偏高，即水中二價金屬陽離子(Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、.....)含量高。

以蘭氏飽和指數進行觀測井之腐蝕與積垢傾向分析，顯示蘭陽平原11中有10口及嘉南平原3口呈腐蝕傾向，蘭陽平原之三星(一)1口則呈積垢傾向，表示水中之 CaCO_3 過飽和，將有固體 CaCO_3 沈澱於管壁上；14口新建觀測井所完成之EC及TDS線性迴歸結果顯示 $\text{TDS}=0.5879 \times \text{EC} + 245.42$ ，因數為0.5879。

一、研究方法與過程

本研究今年度執行範圍為蘭陽平原及嘉南平原地區，配合台糖地下水開發保育中心於觀測井的開鑿、洗井及試水時，進行採樣工作。本年計執行14口採樣井水質試驗分析，表1.1為本年度之地下水觀測站站址。

本研究採用的方法與進行步驟說明如下：

- 1.蒐集與建立地下水的採樣作業規範、保存與運送方法、分析檢驗方法、品保與品管、地下水體用水標的與水質標準等相關資料，以供執行本計畫之基本依據。
- 2.蒐集與整合蘭陽平原、嘉南平原過去之地下水水質分析數據，並與前台灣省環保處常設地下水水質監測站之水質數據比較探討，同時亦對該地區地下水之各種可能污染源加以彙整評析。

- 3.針對地下水資源之保育利用研擬地下水基本水質分析項目，除了台灣省環保處訂定之十二項下水質檢驗項目（包括水溫、電導度、酸鹼度、氯鹽、硬度、鐵、錳、鎘、鉻、銅、鋅、砷外）並增加生化需氧量、化學需氧量、總有機碳、氨氮、硝酸鹽、亞硝酸鹽、大腸菌類密度、總鹼度、氧化還原電位、總溶解固體、總懸浮固體、硫酸鹽、硫化物、鈣、鎂、鈉、鉀、汞等分析項目之分析工作，合計為三十個項目。
- 4.就水質分析試驗結果進行檢討與評析，並對電導度與總溶解固體之相關性以及離子平衡做概略分析。依據各項用水標的水質要求，研判各觀測井地區地下水的適用性及其腐蝕、積垢傾向，以提供地下水井維護管理之相關考量。
- 5.進行區域性水質、狀況之空間評析，並對水質狀況與水文地質單元關聯性加以探討。
- 6.提出研究報告。

二、研究計畫之品保品管

環境檢驗之基本要求為獲得精密及準確之數據，以了解環境污染之嚴重性及環境品質之現況，並提供此數據作為訂定環保政策之依據。由於環境樣品兼具複雜性及微量性，正確之數據往往非常難以獲得，其結果常因不同的機構或不同的分析人員而有很大之差異，導致政策決定極大之困擾。為了解決此一問題，乃提出環境檢驗品質管制/品質保證（Quality Control / Quality Assurance）計畫，設法從技術及管理層面制定分析品質之保證策略，以達到確保檢驗品質之目的。

環境檢驗品質保證/品質管制計畫之實施項目包括採樣作業、實驗分析及數據資料整理等，其目的在使環境檢驗實驗室能遵循一定之操作規範，保證其實驗數據能落在一定之品質範圍內，並建立全體分析人員，均有執行品保制度之共識。

2.1 採樣之儀器設備

本研究計畫之品保與品管乃參考環保署所公告之地下水採樣方法(NIEA W103.50B)，所使用的現場檢測儀器規格如下：

儀器名稱	廠牌	型號	使用電極形式	精確度
攜帶式 pH 計	德製 WTW	LF95	玻璃電極	小數點下 2 位
攜帶式 ORP 計	德製 WTW	LF95	白金氧化還原電極	1 mV
攜帶式電導度計	德製 WTW		複合式白金電極附溫度感應裝置	1 μ S/cm

其他設備：

- 1.樣品容器：依據 NIEA W102.50A 之規定使用適當之容器。
- 2.水位計：由台糖地下水開發保育中心提供。
- 3.抽水設備：由台糖地下水開發保育中心提供高揚程離心式泵，其材質為不鏽鋼管。
- 4.採樣設備：直接由出水口承接水樣。
- 5.試劑水及添加藥品：使用電阻係數在 18.5MO 以上之去離子超純水及分析級硝酸、硫酸、氫氧化鈉及醋酸鋅。

2.2 採樣前準備作業

本計畫之採樣前置作業計有：樣品瓶組分類計、各類樣品瓶洗滌、樣品瓶組標籤製作、採樣樣品瓶組準備作業及採樣器材設備與樣品保存藥劑清點等作業。

- 1.樣品瓶組分類統計：依據本計畫所檢驗項目之保存方法、保存期限、樣品容器種類等資料，建立採樣樣品瓶組分類表。(如表 2.1)
- 2.樣品瓶洗滌：聚乙烯塑膠瓶（PE）及螺旋蓋，依分析之項目分別以硝酸及鹽酸作為酸洗劑洗淨後，再以蒸餾水沖淨後予以烘乾及晾乾(採樣、分析氨氮、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮等項目之則以鹽酸做為酸洗劑)。
- 3.樣品瓶之準備：出發前將洗淨晾乾之樣品容器貼上標籤，並依採樣點排列清點。
- 4.採樣器材設備與樣品保存藥劑清點：針對採樣所需攜帶的採樣設備、現場測試儀器、樣品保存藥劑，包括 pH 計（含水溫計、氧化還原電位計）、導電度計、硝酸、氫氧化鈉溶液、醋酸鋅溶液、滴管、手套、紙、筆、冷藏櫃、酒精、燒杯等逐一進行清點作業。

2.3 採樣步驟

- 1.洗井：實際採樣工作因配合台糖地下水開發保育中心於洗井完畢後，定量分級試水期間，抽水至少 1~2 小時後開始準備取水樣，同時觀察汲出井水之顏色、異樣氣味，及有無雜質存在。汲出水量至少符合三倍井柱水體積之要求。
- 2.現場檢測項目：本研究計畫採樣記錄工作係參考「地下水採樣記錄表」，而僅於現場量測並記錄水溫、pH、導電度及氧化還原電位，並於期間現場量測至少五次以上，而最後三次應符合各項參數之穩定標準，其值如下：pH $\leq \pm 0.2$ 、導電度 $\leq \pm 3\%$ 、溫度 $\leq \pm 0.2^\circ\text{C}$ 。
- 3.採樣：待水樣之各項參數穩定後，直接由出水口盛裝水樣於樣品瓶內。並填好樣品標籤，貼在樣品瓶上。

2.4 樣品保存與運送作業

1.樣品保存

本計畫水質檢驗所需水樣量約為 2 公升，如需另作某些特殊項目之化驗，則可酌增其量。理化性及細菌檢驗用水樣因性質不同，取樣及處理方法各異，不宜用同一水樣檢驗。採樣時需注意獲得具代表性之水樣，並避免被污染的可能。

水樣會因化學性或生物性的變化而改變其性質，故採樣與檢驗間隔的時間愈短，所得的結果愈正確可靠；但若限於場地、時間與儀器等種種因素無法立即進行檢驗，則水樣需以適當方法保存以延緩其變質。保存的方法包括 pH 控制、冷藏或添加試劑等，以降低生物性的活動及成份之分解、吸附或揮發等。故水樣取得後，除現場可檢測項目立刻分析之外，並於欲測硫化物和重金屬等分析項目之水樣加入適當的保存試劑後，將所有水樣置於 4°C 之冰櫃中予以保存。所有分析項目的保存方法請參考表 2.1。

水樣之溫度、pH 或溶解的氣體量(如氧、二氧化碳等)變化很快，需於採樣現場測定；由於 pH-鹼度-二氧化碳平衡之改變，碳酸鈣可能沈澱出來，而減低水樣之鹼度及硬度。某些陽離子如鋁、鎘、鉻、銅、鐵、鉛、錳、銀、鋅等可能沈澱或吸附於容器上，應貯存於乾淨的瓶內並加硝酸使水樣之 $\text{pH} < 2$ ，以減少沈澱或吸附。鈉、矽、硼可能自玻璃容器溶出，如需檢驗這些成份，水樣宜存於塑膠瓶中。微生物的活動會影響硝酸鹽-亞硝酸鹽-氨的平衡，減低酚類的含量及生化需氧量，使硫酸鹽還原為硫化物，餘氯還原為氯鹽。

2.樣品運送與接送

於每日採樣作業完畢後，採樣負責人仔細清點過冷藏櫃中樣品數量，並將整批樣品立即運送回實驗室之大冰櫃冷藏，其中經手的人員越少越好。

三、資料分析與討論

3.1 基本水質分析結果

監測數據統計分析為反應地區性，表 3.1 列出蘭陽平原地區各分析項目測值統計。表 3.2 列出各測井之

碳酸氫根與碳酸根濃度計算結果。

3.2 分析結果與各相關標準比較

由於今年度新建觀測井中蘭陽平原 11 口及嘉南平原 3 口，因嘉南平原僅 3 口新建觀測井，為區分地區特性，本小節僅就蘭陽平原 11 口與各水質標準比較後作一整理分析。11 觀測井之氯鹽濃度以公館(1)及古亭(2)較為偏高，尤其是古亭(2)氯鹽濃度達 17295ppm，高於地下水污染監測基準第二類；硬度則有 63.6% 的井數超過地下水污染監測基準第一類，並無超過地下水污染監測基準第二類，63.6% 的井數台北市與高雄市之飲用水水質標準，9.1% 的井數超過台灣省自來水水質標準；此 11 口觀測井並無位於自來水水源水質量保護區內或飲用水水源保護區內，總有機碳未超過地下水第二類(指非屬第一類之地下水)監測基準；總懸浮固體物約 18.2% 超過高雄市自來水水質標準，而此 11 口觀測井總溶解固體物約 9.1% 的井數超過地下水污染監測基準第二類、54.5% 的井數超過地下水污染監測基準第一類及台北市、高雄市飲用水水質標準及高雄市自來水水質標準；本地區水井硫酸鹽含量並不高，低於各項標準值；氨氮約 45.5% 的井數超過地下水污染監測基準第一類，27.3% 的井數超過台灣省飲用水水質標準，硝酸鹽氮約 72.7% 的井數超過地下水污染監測基準第一類，18.2% 的井數超過台灣省飲用水水質標準、而亞硝酸鹽氮則約 22.2% 井數超過地下水污染監測基準第一類監測值，9.1% 的井數超過台灣省飲用水水質標準及飲用水水源水質標準(2)；鐵含量約 9.2% 超過地下水污染監測基準第二類監測值，72.7% 超過其他各項標準值；錳含量亦偏高，約 9.1% 超過地下水污染監測基準第二類監測值，11 口井超過其他各項標準值，顯示本地區鐵、錳含量偏高；11 口井銅含量約 9.1% 超過地下水污染監測基準第二類監測值，27.3% 超過其他各項標準值，11 口井鋅含量無超過地下水污染監測基準第二類監測值，而 9.1% 超過飲用水水質標準，18.2% 超過台灣省灌溉用水水質標準；鉻、鎳及汞含量不高，並無超過現行各項標準者，亦未發現超過第一類及第二類地下水污染管制值的情形。

目前國內對地下水硬度尚無相關的標準規定，地下水體分類標準中將水中硬度含量在 0~75 mg/L 者稱為軟水，含量為 75~150 mg/L、150~300 mg/L 及 300 mg/L 以上則分別歸類為中等硬度、硬水及非常硬水。由分析結果，蘭陽平原 91 年度新建 11 口觀測井硬度分布範圍為 80.0~556.0mg/L，平均為 235.8mg/L，4 口屬於中等硬度，4 口屬於硬水，3 口屬於非常硬水；嘉南平原 91 年度新建 3 口觀測井硬度分布範圍為 132.0~600.0mg/L，平均為 377.3mg/L，1 口屬於中等硬度，2 屬於非常硬水。

3.3 水質之特性分析

3.3.1 水質之腐蝕與積垢分析

在水質分析項目中，所謂的穩定水，一般指既不溶解亦不沈澱碳酸鈣，尤其對自來水事業中之配水系統而言，若在管線中有碳酸鈣之薄膜保護，可防止腐蝕狀況發生，且若其沈積量太大，亦容易造成輸送能力的降低。

管線等之腐蝕與否，除了與上述碳酸鈣之薄膜保護有關外，其與水中容易造成腐蝕之成份含量亦有很大的影響，如溶氧、二氧化碳、陰離子(氯鹽及硫酸鹽)和酸度(低 pH 值)、氨氮及硫化物等均可能增加水之腐蝕性；另外，如硫酸鹽還原細菌及鐵細菌等微生物亦可能造成腐蝕現象或沈積現象的發生。

水之積垢或腐蝕現象可由鈣離子濃度、總鹼度、酸鹼度(pH 值)、水溫和總溶解性固體物量來計算判斷，本節乃依據 Langelier 飽和指數來計算判斷嘉南平原各觀測井地下水之腐蝕和積垢傾向，此研判結果亦可作為往後地下水質監測系統之建立、儀器之使用等適用性之參考依據。

本節之計算分析乃參考『水及廢水處理化學』中 Langelier 飽和指數計算方法。

在 pH=6.5~9.5 範圍內：

蘭氏飽和指數 $LI = pH - pH_s$ ，LI 為負值時，表示水中之 $CaCO_3$ 未飽和；LI 為正值時，表示水中之 $CaCO_3$ 過飽和，將有固體 $CaCO_3$ 沈澱；LI 為零值時，表示水中之 $CaCO_3$ 恰為飽和。

式中

$$pH_s = pK_2' + p[Ca^{2+}] - pK_s' - \log(2 \cdot [Alk]) - \log(?)$$

其中 pK_2' 及 pK_s' 為不同水溫之下的碳酸第二解離常數及飽和碳酸鈣溶解度積常數的修正值，分別由下式計算：

$$pK_2' = 2092.39/T + 0.02379T - 6.498 \quad (\text{by Loewenthal, Marais 1976})$$

$$pK_s' = 0.1183T + 8.03 \quad (\text{by Loewenthal, Marais 1976})$$

r 為離子活性係數，依由下列關係之一計算：

1. 離子強度 $I < 0.005M$ ，利用 Debye-Huchel

$$\log ? = -AZ(I)^{1/2} \quad (\text{by Davies 1970, 當 } I < 0.5M \text{ 時})$$

$?$ = 活性係數，下標 M 、 D 、 T 表示化合物之氧化數絕對值(例如 $?M$ 表示單價離子之活性係數， $?D$ 表示雙價離子之活性係數， $?T$ 表示三價離子之活性係數。)

Z = 離子物種的氧化數

$$A = 1.82 \times 10^6 \times (DT)^{-3/2}$$

D ：水之介電常數，常用 78.3

T ：絕對溫度 K

2. 離子強度 $I < 0.1M$ ，利用延伸 Debye-Huchel 關係

$$\log ? = -AZ^2 \left\{ (I)^{1/2} / [1 + Bb(I)^{1/2}] \right\}$$

$$B = 50.3 \times (DT)^{-1/2}$$

b = 與離子大小有關之校正係數，單位為埃

3. 離子強度 $I < 0.1M$ ，利用延伸 Guntelberg 關係

$$\log ? = -AZ^2 \left\{ (I)^{1/2} / [1 + (I)^{1/2}] \right\}$$

4. 離子強度 $I < 0.5M$ ，利用 Davies 關係

上式中的離子強度乃由經驗式得到：

$I = 2.5 \times 10^{-5} \times TDS$ (by Langelier 1936)，因此式未考慮水中溶解有機質，可改用 $I = 2.5 \times 10^{-5} \times EC \times G$ (by Kemp, 1971 $G = 0.55 \sim 0.70$ ，一般用 0.67)

Ca^{2+} : mole/L

alk.: mole/L as $CaCO_3$

另一方面，一般水溶液中之離子強度可由下列公式而得： $\mu = 1/2 \sum (C_i Z_i^2)$

其中 C_i = 離子物種 i 的濃度

Z_i = 離子物種 i 的電荷

表 3.4 為本次蘭陽平原 11 中有 10 口及嘉南平原 3 口呈腐蝕傾向，蘭陽平原之三星(一)1 口則呈積垢傾向，表示水中之 $CaCO_3$ 過飽和，將有固體 $CaCO_3$ 沈澱於管壁上。但值得注意的是，由於實驗分析得到的是水中總鈣含量，並非鈣離子含量，因此若單純以水質調查結果研判該水質之碳酸鈣沈澱或溶解之傾向，必須再謹慎求得鈣離子含量才能比較準確地判斷出來。但實際狀況更應考慮其他會造成腐蝕或積垢現象之成份的含量和微生物之反應與阻塞等狀況。故在監測站網建立、儀器使用之前，應對水質作一全盤性的了解，以確保其儀器使用年限。針對會造成腐蝕現象之水質，其因應對策可加以化學藥劑處理，如加入各種鹼金屬之氫氧化物、碳酸鹽、矽酸鹽等腐蝕抑制劑，其在金屬表面形成穩定氧化物進而減緩或抑制腐蝕反

應之發生；此外，使用之管線及儀器等亦可以加以塗裝或慎選其材質而達保護。

3.3.2 水質之電導度與總溶解固體物之關係

電導度(EC)乃表示水之導電性質，其數值大小與水中電解質之總濃度、移動速度與溫度有關。故溶解物質之性質及濃度，以及水中之離子強度等均能影響電導度。Langelier(1936)提出以下之近似式：

$$I = 2.5 \times 10^{-5} \times \text{TDS}, I \text{ 為水中之離子強度, TDS 為水中之總溶解固體物濃度(mg/L).}$$

Russell(1976)推導出下式：

$$I = 1.6 \times 10^{-5} \times \text{EC},$$

上二式相除，可得 $\text{TDS(mg/L)} = 0.64 \times \text{EC}(\mu\text{S/cm})$

因此，水樣中之溶解電離質可自電導度乘以一因數來估計，此因數由文獻大約是 0.55 至 0.9 之間，因水樣之溶解成份及檢測當時之溫度而異，一般而言，鹹水及鍋爐水之因數較大，有氫氧化物或游離酸之水其因數較小。

將本計畫 14 口新建觀測井所完成之 EC 及 TDS 線性迴歸關係如圖 3.1 所示，EC 及 TDS 兩者之間迴歸結果顯示 $\text{TDS} = 0.5879 \times \text{EC} + 245.42$ 。但須注意此線性關係僅代表兩著之間的變化趨勢，並不代表兩著之間的絕對換算公式。

四、地下水質之空間分布

地下水觀測網計劃中，基本水質調查分析之目的，在於瞭解與掌握區域之基本水質現況。區域地下水水質在空間上的變化，除了可以提供協助瞭解區域的水文地質特性及受污染與海水入侵的現況，也提供瞭解地下水可供使用的程度。

14 口新建地下水觀測井位於蘭陽平原(11 口)及嘉南平原(3 口)，對於如何充分瞭解其水文地質分布，地下水補注、流向與平衡狀態，地下水水質在空間上的分布變化，本章針對此方向作進一步的探討，評定地下水質之空間分布，並研判其可能顯示之意義。本年度觀測站網執行採樣之蘭陽平原(11 口)及嘉南平原(3 口)站井位置分布分別如圖 4.1 及圖 4.2 所示。

4.1 水質之 SAR 值空間分布

SAR(Sodium Adsorption Ratio)為陽離子交換比值的一個常用的參數。
$$\text{SAR} = \frac{[\text{Na}^+]}{\left[\frac{\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}}{2} \right]^{0.5}}$$
，代表土

壤中鈣、鎂離子與鈉離子交換的情況，灌溉用水中若鈉太多而鈣太少則可能造成土壤團粒的破壞，可將基本水質標示成 SAR 值與電導度關係來看其特性，並可同時由電導度的分布顯示其鹽分危害的情形。

圖 4.3 為本年度蘭陽平原 11 口觀測井地下水水質 SAR 值與電導度之關係圖，由圖顯示本年度調查區內地下水質之古亭(2)屬高 SAR 值與高度鹽分外，其他為低 SAR 值與低度鹽分；圖 4.4 為本年度嘉南平原 3 口觀測井地下水水質 SAR 值與電導度之關係圖，由圖顯示本年度調查區內地下水質之港墘(1)因屬高 SAR 值與高度鹽分，其測點分布於圖 4.4 之外而並未顯現於其圖中，其他二站為低 SAR 值與低度鹽分。

若 SAR 值偏高可能對土地造成鹽害的部分，應特別注意其影響，將來農業使用上會有嚴重受限的情況，則應注意追蹤並探究其成因。

4.2 Piper 的菱形圖

由地下水中主要離子的分布可以顯示出其來源的異同，並可反應出其水質混合的情況，在菱形圖上直線分布顯示可能有相同的來源，圖 4.5 為蘭陽平原 11 口觀測井之地下水質菱形圖。由圖可見水井水質座落

於第一、第二及第四區，其中古亭(2)座落於第四區，第一及第二區為鹼土類重碳酸鹽類之一般河水(淺屬地下水)與重碳酸鹽類之一般淡水性受壓地下水，第四區則為鹼類非碳酸鹽型，顯示古亭(2)可能與海水有關；圖 4.6 為嘉南平原 3 口觀測井之地下水質菱形圖。由圖可見三口水井水質分別座落於第一、第二及第四區，其中港墘(1)座落於第四區，此區即為鹼類非碳酸鹽型，顯示此測站可能與海水有關。

4.3 Stiff 的水質空間分布圖

地下水的水質變異可以用 Stiff 圖的多邊形來表示，多邊形的每一軸長度代表某個主要離子的當量濃度，其多邊形的形狀差異在空間的分布可顯示出水質受影響的程度，將所得之水質資料依各種陰陽離子濃度種類標示於地圖上可得各測站之 Stiff 圖，圖上所顯示各形狀特異的部份即應注意形成的可能原因。

圖 4.7 為蘭陽平原 91 年度 11 口觀測井之 Stiff 的水質空間分布圖，顯示本地區的地下水質除了古亭(2)變異性較大外，其他測站變異性並不大；圖 4.8 為嘉南平原 91 年度 3 口觀測井之 Stiff 的水質空間分布圖，顯示本地區的地下水質除了港墘(1)變異性較大外，其他二站變異性並不大，顯示 91 年度 14 口觀測井的空間分布上除了古亭(2)及港墘(1)外，其他測站並無太大之變異性存在。

五、結論及建議

91 年度新建地下水觀測井完成蘭陽平原 11 口及嘉南平原 3 口計 14 口觀測井之採樣分析工作，將本年度結果分述如下：

1. 14 口新建觀測井電導度測值變化相當大，尤其以古亭(二)為最高，以台灣省灌溉用水水質標準範圍 $750 \mu\text{S/cm}$ 而言，公館(一)、古亭(一)、古亭(二)及港墘(一)超過其標準。古亭(二)及港墘(一)發現氯鹽含量偏高，是否有海水侵入的情形有待進一步釐清。
2. 以蘭氏飽和指數進行觀測井之腐蝕與積垢傾向分析，顯示 14 口抗旱井為呈腐蝕傾向，代表水中 CaCO_3 未飽和，水質不穩定；蘭陽平原 11 中有 10 口及嘉南平原 3 口亦呈腐蝕傾向，蘭陽平原之三星(一)1 口則呈積垢傾向，表示水中之 CaCO_3 過飽和，將有固體 CaCO_3 沈澱於管壁上。但由於實驗分析得到的是水中總鈣含量，並非鈣離子含量，因此若單純以水質調查結果研判該水質之碳酸鈣沈澱或溶解之傾向，必須再謹慎求得鈣離子含量才能比較準確地判斷出來。但實際狀況更應考慮其他會造成腐蝕或積垢現象之成份的含量和微生物之反應與阻塞等狀況。故在監測站網建立、儀器使用之前，應對水質作一全盤性的了解，以確保其儀器使用年限。
3. 14 口新建觀測井中 5 口屬於非常硬水、4 口屬於硬水、5 口為中等硬度，可見 14 口新建觀測井硬度亦偏高，即水中二價金屬陽離子(Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} ……)含量高。
4. 以完成採樣分析的 14 口新建觀測井所完成之 EC 及 TDS 線性迴歸結果顯示 $\text{TDS}=0.5879 \times \text{EC}+245.42$ ，因數為 0.5879。

參考資料

1. 台灣省政府環境保護處，環境保護常用業務法規彙編，台中(1991)。
2. 台灣省環境保護局，「台灣地區淺層地下水污染防治現況調查」，台中(1985)。
3. 行政院農委會，地下水之調查及研究，台北(1989)。
4. 行政院環保署，地下水水質保護，台北(1989)。
5. 吳建民、張秉權等，「台灣地區之地下水資源」，水文地質研討會論文專輯，經濟部中央地質調查所，台北(1989)。
6. 徐年盛、吳先琪等，「台灣地區地下水區水體分類與水質標準訂定可行性之研究」，國立台灣大學土木工程

- 研究所，台北(1991)。
- 7.國立中興大學環境工程研究所，台灣地區地下水觀測網第一期計畫，”84 年度高屏溪沖積扇地下水基本水質試驗分析研究報告”，台中(1995)。
 - 8.國立中興大學環境工程研究所，台灣地區地下水觀測網第一期計畫，”85 年度濁水溪沖積扇及高屏溪沖積扇地下水基本水質試驗分析研究報告”，台中(1996)。
 - 9.國立中興大學環境工程學系，台灣地區地下水觀測網第一期計畫，”86 年度屏東平原地下水基本水質試驗分析研究報告”，台中(1997)。
 - 10.國立中興大學環境工程學系，台灣地區地下水觀測網第一期計畫，”87 年度嘉南平原地下水基本水質試驗分析研究報告”，台中(1998)。
 - 11.國立中興大學環境工程學系，台灣地區地下水觀測網第一期計畫，”89 年度蘭陽平原及嘉南平原地下水基本水質試驗分析研究報告”，台中(2000)。
 - 12.黃政賢編著，污水工程學精要，曉園出版社，台北(1993)。
 - 13.經濟部水資會，中華民國水資源發展與地下水之利用，台北(1989)。
 - 14.楊萬發譯，水及廢水處理化學，茂昌圖書有限公司，台北(1995)。
 - 15.環保署，中華民國台灣地區環境資訊，台北(1996)。
 - 16.環保署，環境白皮書，台北(1997)。
 - 17.盧至人，”台灣省重要地下水污染防治之研究－第四年，台中地區地下水污染之調查研究”，國立中興大學環境工程學研究所，台中(1992)。
 - 18.謝永旭，”台灣省地下水污染防治之研究-雲林地區地下水污染之調查研究”，國立中興大學環境工程學研究所，台中(1990)。
 - 19.W.F. Langelier, “The Analytical Control of Anti-Corrosion Water Treatment”, J. Am. Water Works Assoc., 28: 1500(1936).

表 1.1 九十一年度蘭陽平原及嘉南平原地下水觀測站站址

序號 站名	(1)	(2)	(3)	(4)	站 址	地 址
同樂	?				同樂國小	宜蘭縣員山鄉新城路 84 之 4 號
三星	?				三星國小	宜蘭縣三星鄉義德街 12 號
公館	?				公園預定地	宜蘭縣壯圍鄉壯圍運動公園預定地
古亭	?	?			古亭國小	宜蘭縣壯圍鄉古亭村 81 號
順安	?				順安國小	宜蘭縣東山鄉永興路二段 17 號
吳沙	?	?			吳沙國小	宜蘭縣礁溪鄉吳沙村育嬰路 79 號
二龍	?				二龍村堤防邊	宜蘭縣礁溪鄉二龍村堤防邊
大洲	?	?			大洲國小	宜蘭縣三星鄉大洲路 162 號
河東	?				河東國小	台南縣白河鎮河東里 83 之 1 號
港漚	?	?			港漚國小	嘉義縣東石鄉港漚村 64 號
備註：1.本年度蘭陽平原11口、嘉南平原3口監測井之採樣分析。						
2.? 符號表示已建置並完成採樣分析之觀測井。						

表 2.1 水樣分析項目、保存及分析方法

檢驗項目	容器	保存方法	保存時間	分析方法
溫度(°C)	玻璃或塑膠瓶	無特殊規定	立刻分析	溫度計法(NIEA W202.50A)
pH 值	玻璃或塑膠瓶	無特殊規定	立刻分析	電極法(NIEA W424.50A)
電導度 (μS/cm)	塑膠瓶	暗處,4°C 冷藏	48 小時	電導度計法(NIEA W203.50A)
氧化還原電位 (mV)	玻璃或塑膠瓶	現場測定	立刻分析	氧化還原電位計
氯鹽 Cl ⁻ (mg/L)	玻璃或塑膠瓶	無特殊規定	7 天	硝酸汞滴定法(NIEA W407.50A)
硬度 Hardness (mg/L)	玻璃或塑膠瓶	加硝酸使 pH<2	48 小時	EDTA 滴定法 (NIEA W208.50A)
化學需氧量 COD (mg/L)	玻璃或塑膠瓶	加硫酸使 pH<2,暗處,4°C 冷藏	7 天	開放迴流法 (NIEA W515.50A)
生化需氧量 BOD (mg/L)	玻璃或塑膠瓶	暗處,4°C 冷藏	48 小時	五天 BOD 瓶法 (NIEA W510.50A)
總有機碳 TOC (mg/L)	玻璃瓶	加鹽酸使 pH<2,暗處,4°C 冷藏	14 天	燃燒-紅外線測定法 (NIEA W530.50C)
大腸桿菌群 個/100mL	無菌採樣瓶	暗處,4°C 冷藏	當天分析	膜濾法
總鹼度 Alk. (mg/L)	玻璃或塑膠瓶	暗處,4°C 冷藏	24 小時	指示劑法
總溶解固體物 TDS (mg/L)	玻璃或塑膠瓶	暗處,4°C 冷藏	7 天	103-105°C 乾燥法 (NIEA W210.50A)
硫酸鹽 SO ₄ ²⁻ (mg/L)	玻璃或塑膠瓶	暗處,4°C 冷藏	7 天	濁度法(NIEA W430.50A)
硫化物 S ²⁻ (mg/L)	玻璃或塑膠瓶	加醋酸鉍及氫氧化鈉溶液至 pH>9, 4°C 冷藏	7 天	甲烯藍比色法(NIEA W433.50T)
氨氮 NH ₃ -N (mg/L)	玻璃或塑膠瓶	加硫酸使 pH<2,暗處,4°C 冷藏	7 天	納氏比色法 (NIEA W416.50T)
硝酸鹽 NO ₃ ⁻ (mg/L)	玻璃或塑膠瓶	暗處,4°C 冷藏	48 小時	馬錢子鹼比色法 (NIEA W417.50A)
亞硝酸鹽 NO ₂ ⁻ (mg/L)	玻璃或塑膠瓶	暗處,4°C 冷藏	48 小時	分光光度計法 (NIEA W418.50A)
鈉 Na(mg/L)	以 1+1 硝酸洗淨之玻璃或塑膠瓶	加硝酸使 pH<2	六個月	放射光譜法
鉀 K(mg/L)	以 1+1 硝酸洗淨之玻璃或塑膠瓶	加硝酸使 pH<2	六個月	放射光譜法
砷 As(mg/L)	以 1+1 硝酸洗淨之玻璃或塑膠瓶	加硝酸使 pH<2	六個月	砷化氫原子吸收光譜法
鈣 Ca(mg/L)	以 1+1 硝酸洗淨之玻璃或塑膠瓶	加硝酸使 pH<2	六個月	火焰式原子吸收光譜法(NIEA W306.50A)
鎂 Mg(mg/L)	以 1+1 硝酸洗淨之玻璃或塑膠瓶	加硝酸使 pH<2	六個月	火焰式原子吸收光譜法(NIEA W306.50A)
鐵 Fe(mg/L)	以 1+1 硝酸洗淨之玻璃或塑膠瓶	加硝酸使 pH<2	六個月	火焰式原子吸收光譜法(NIEA W306.50A)
錳 Mn(mg/L)	以 1+1 硝酸洗淨之玻璃或塑膠瓶	加硝酸使 pH<2	六個月	火焰式原子吸收光譜法(NIEA W306.50A)
鉻 Cr(mg/L)	以 1+1 硝酸洗淨之玻璃或塑膠瓶	加硝酸使 pH<2	六個月	火焰式原子吸收光譜法(NIEA W306.50A)
銅 Cu(mg/L)	以 1+1 硝酸洗淨之玻璃或塑膠瓶	加硝酸使 pH<2	六個月	火焰式原子吸收光譜法(NIEA W306.50A)
鋅 Zn(mg/L)	以 1+1 硝酸洗淨之玻璃或塑膠瓶	加硝酸使 pH<2	六個月	火焰式原子吸收光譜法(NIEA W306.50A)
鎘 Cd(mg/L)	以 1+1 硝酸洗淨之玻璃或塑膠瓶	加硝酸使 pH<2	六個月	火焰式原子吸收光譜法(NIEA W306.50A)
汞 Hg(mg/L)	以 1+1 硝酸洗淨之玻璃或塑膠瓶	加硝酸使 pH<2	14 天	冷蒸汽原子吸收光譜法(NIEA W330.50A)

註 1.資料來源：行政院環保署環檢所，水質檢測方法-保存篇，民國八十六年十一月。

2.淡水(TDS<1000mg/L)，Cd、Cr、Cu、Fe、Zn、Pb、Zn、Mn 檢測方法為 NIEA W306.50A；鹹水(TDS>1000mg/L)，則為 NIEA W306.20A。

表 3.1 九十一年度蘭陽平原地區採樣井各項分析數據統計表

項目	單位	最小值	最大值	中位數	平均值
酸鹼度	×	6.77	7.73	7.32	7.28
水溫	°C	22.1	24.7	24.1	23.8
電導度	μS/cm	191	57900	431	5772
氧化還原電位	mV	-118	140	25	31
氯鹽	mg/L	4.0	17294.6	15.0	1613.7
硬度	mg/L	80.0	556.0	160.0	235.8
化學需氧量	mg/L	17	77	26	38
生化需氧量	mg/L	0.7	15.7	1.8	4.0
總有機碳	mg/L	0.285	1.850	0.521	0.768
大腸桿菌群	CFU/100ml	0	0	0	0
總鹼度	mg/L	412	860	560	583
總懸浮固體	mg/L	1.0	56.0	10.0	20.3
總溶解固體	mg/L	53.0	32733.7	253.3	3221.1
硫酸鹽	mg/L	1.0	13.9	1.9	4.7
硫化物	mg/L	ND	0.044	0.023	0.017
氨氮	mg/L	ND	0.167	0.044	0.061
硝酸鹽氮	mg/L	1.442	19.100	7.368	7.694
亞硝酸鹽氮	mg/L	0.058	0.103	0.075	0.078
鈉 Na	mg/L	10.30	9650.00	16.07	893.63
鉀 K	mg/L	1.03	108.70	2.50	16.17
砷 As	μg/L	ND	ND	-	-
鈣 Ca	mg/L	8.6	60.1	22.0	30.4
鎂 Mg	mg/L	0.05	11.93	7.80	7.72
鐵 Fe	mg/L	0.017	4.271	0.433	0.816
錳 Mn	mg/L	0.054	0.421	0.155	0.162
鉻 Cr	mg/L	ND	ND	-	-
銅 Cu	mg/L	0.006	8.220	0.058	1.346
鋅 Zn	mg/L	0.023	5.639	0.093	0.992
鎘 Cd	mg/L	ND	ND	-	-
汞 Hg	mg/L	ND	ND	-	-

註：表中ND代表該項目低於方法偵測極限。

表 3.2 九十一年度新建觀測井 HCO_3^- 及 CO_3^{2-} 濃度計算結果表

站名	深度(m)	$[\text{HCO}_3^-](\text{mg/L})$	$[\text{HCO}_3^-](\text{mmole/L})$	$[\text{CO}_3^{2-}](\text{mg/L})$	$[\text{CO}_3^{2-}](\text{mmole/L})$
同樂(1)	56	509.55	8.35	0.21	3.54E-03
三星(1)	50	784.28	12.86	0.82	1.37E-02
公館(1)	42	418.18	6.86	0.12	2.06E-03
古亭(1)	49	408.47	6.70	0.26	4.40E-03
古亭(2)	124	501.81	8.23	0.15	2.47E-03
順安(1)	38	350.83	5.75	0.20	3.36E-03
吳沙(1)	96	442.37	7.25	1.19	1.98E-02
吳沙(2)	162	549.66	9.01	1.45	2.41E-02
二龍(1)	47	442.03	7.25	1.16	1.94E-02
大洲(1)	49	515.39	8.45	0.84	1.39E-02
大洲(2)	129	705.55	11.57	0.93	1.55E-02
河東(1)	210	228.65	3.75	0.07	1.10E-03
港墘(1)	114	825.12	13.53	0.34	5.60E-03
港墘(2)	255	1297.26	21.27	7.13	1.19E-01

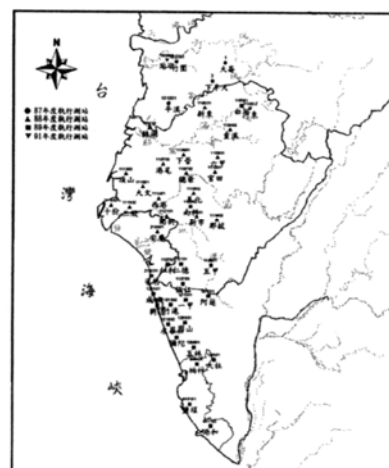
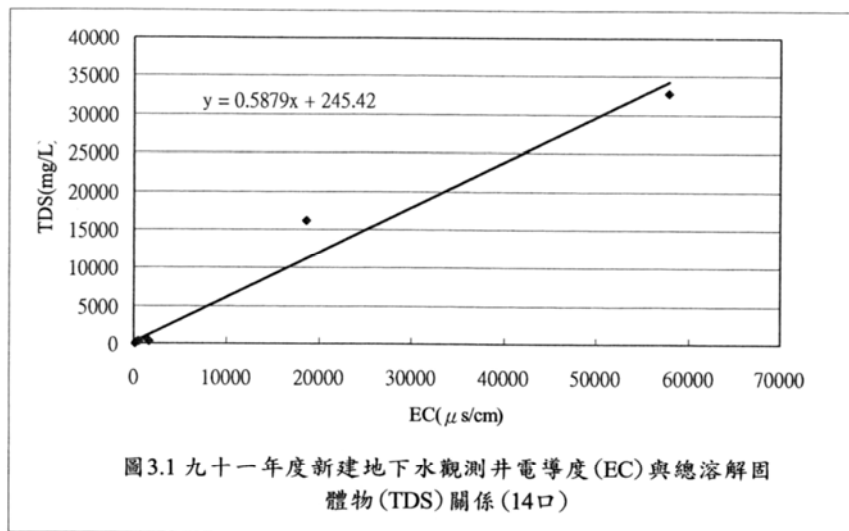
表 3.3 九十一年度蘭陽地區新建觀測井各分析項目超過標準之百分比(11 口井)

項目	地下水污染監測 基準	地下水污染監測 基準	第一階段地下水 污染管制標準	第一階段地下水 污染管制標準	水質標準 飲用水			台灣省自來水 水質標準	台北市自來水 水質標準	高雄市自來水 水質標準	台灣省灌溉用水 水質標準	飲用水水源 水質標準(一)	飲用水水源 水質標準(二)
訂定機關	環保署				環保署			環保處	台北市環保局	台北市環保局	高雄市政府	環保署	環保署
公告日期	90.11.21				87.2.4			79.2.8	85.9.9	87.2.4	67.7.5	86.9.24	86.9.24
項目	第一類	第二類	第一類	第二類	台灣省	台北市	高雄市						
電導度 $\mu\text{S}/\text{cm}$											27.3%		
氯鹽 mg/L	18.2%	9.1%			18.2%	18.2%	18.2%	18.2%	18.2%	18.2%	18.2%		18.2%
硬度 mg/L as CaCO_3	150	750			150 (92.7.1)	400 (89.12.1)	150 (89.12.1)	150 (89.12.1)	500	300	400		
	63.6%	0.0%			63.6%	18.2%	63.6%	63.6%	9.1%	27.3%	18.2%		
COD mg/L												63.6%	
TOC mg/L	0.0%	0.0%											
TSS mg/L										18.2%	0.0%		
TDS mg/L	250	1250			250 (92.7.1)	600 (89.12.1)	250 (89.12.1)	250 (89.12.1)	800	1000	250 (89.12.1)		500
	54.5%	9.1%			54.5%	18.2%	54.5%	54.59%	9.1%	9.1%	54.5%		18.2%
硫酸鹽 mg/L	0.0%	0.0%			0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		0.0%
硫化物 mg/L						0.0%							
氨氮 mg/L	0.05	0.25			0.1 (89.12.1)	0.1	0.1	0.5		0.1	1 (TKN)	1	0.1
	45.5%	0.0%			27.3%	27.3%	27.3%	0.0%		27.3%		0.0%	27.3%
硝酸鹽氮 mg/L	72.7%	0.0%	0.0%	0.0%	18.2%	18.2%	18.2%		18.2%	18.2%		0.0%	18.2%
亞硝酸鹽氮 mg/L			22.2%	0.0%	9.1%	9.1%	9.1%			9.1%			9.1%
砷 mg/L	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
鐵 mg/L	90.9%	9.1%			72.7%	72.7%	72.7%	72.7%	72.7%	72.7%			72.7%
錳 mg/L	100%	9.1%			100%	100%	100%	100%	100%	100%	0.0%		100%
鉻 mg/L	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
銅 mg/L	27.3%	9.1%	27.3%	0.0%	27.3%	27.3%	27.3%	27.3%	27.3%	27.3%	27.3%		27.3%
鋅 mg/L	9.1%	0.0%	9.1%	0.0%	9.1%	9.1%	9.1%	9.1%	9.1%	9.1%	18.2%		9.1%

項目	地下水污染監測 基準	地下水污染監測 基準	第一階段地下水 污染管制標準	第一階段地下水 污染管制標準	飲用水 水質標準			台灣省自來水 水質標準	台北市自來水 水質標準	高雄市自來水 水質標準	台灣省灌溉用水 水質標準	飲用水水源 水質標準(一)	飲用水水源 水質標準(二)
訂定機關	環保署				環保署			環保處	台北市環保局	高雄市環保局	台灣省政府	環保署	環保署
公告日期	90.11.21				87.2.4			79.2.8	85.9.9	87.2.4	67.7.5	86.9.24	86.9.24
項目	第一類	第二類	第一類	第二類	台灣省	台北市	高雄市						
鎘 mg/L	9.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
汞 mg/L			0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

表 3.4 九十一年度新建觀測井之腐蝕與積垢分析表

站名	pH	Temp℃	EC μS/cm	TDS mg/L	alk mg/L	Ca ²⁺ mg/L	飽和指數	特性判定
同樂(1)	6.92	24.5	258	90.7	632	8.58	-1.17	呈腐蝕傾向
三星(1)	7.32	23.8	431	282.7	860	48.32	0.02	呈積垢傾向
公館(1)	6.77	24.2	1323	739.0	560	21.09	-1.17	呈腐蝕傾向
古亭(1)	7.11	24.1	1645	253.3	472	8.78	-1.18	呈腐蝕傾向
古亭(2)	6.77	24.1	57900	32733.7	672	50.00	-1.02	呈腐蝕傾向
順安(1)	7.06	23.8	241	140.0	612	22.01	-0.68	呈腐蝕傾向
吳沙(1)	7.06	23.8	241	140.0	612	22.01	-0.68	呈腐蝕傾向
吳沙(2)	7.06	23.8	241	140.0	612	22.01	-0.68	呈腐蝕傾向
二龍(1)	7.06	23.8	241	140.0	612	22.01	-0.68	呈腐蝕傾向
大洲(1)	7.06	23.8	241	140.0	612	22.01	-0.68	呈腐蝕傾向
大洲(2)	7.06	23.8	241	140.0	612	22.01	-0.68	呈腐蝕傾向
河東(1)	7.06	23.8	241	140.0	612	22.01	-0.68	呈腐蝕傾向
港墘(1)	7.06	23.8	241	140.0	612	22.01	-0.68	呈腐蝕傾向
港墘(2)	7.06	23.8	241	140.0	612	22.01	-0.68	呈腐蝕傾向



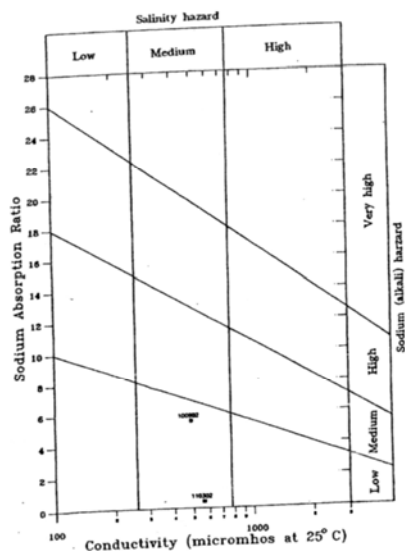


圖 4.3 蘭陽平原地區 SAR 與電導度關係顯示對土壤的影響

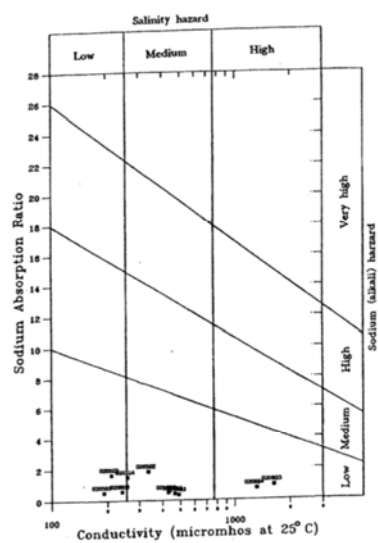


圖 4.4 嘉南平原地區 SAR 與電導度關係顯示對土壤的影響

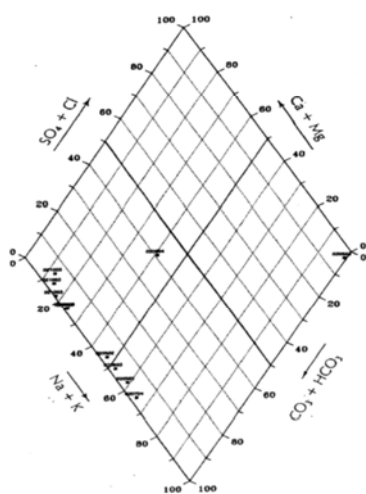


圖 4.5 蘭陽平原地區地下水水質菱形圖 (91 年度資料)

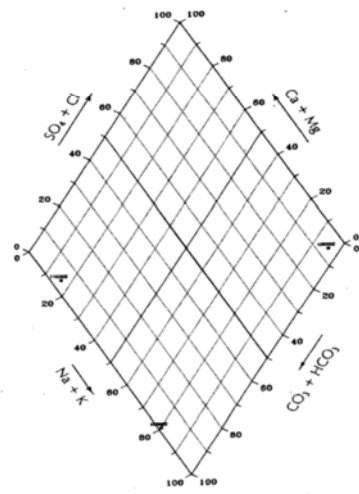


圖 4.6 嘉南平原地區地下水水質菱形圖 (91 年度資料)

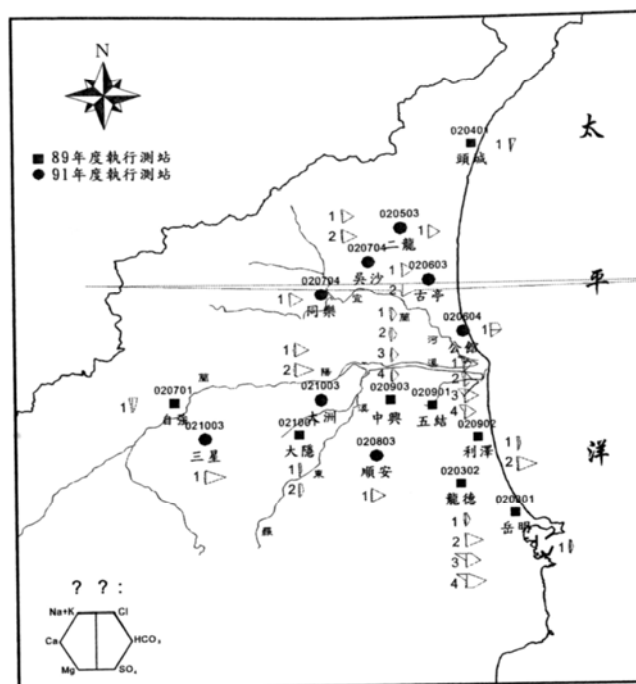


圖 4.7 蘭陽平原地下水質 Stiff 空間分佈圖

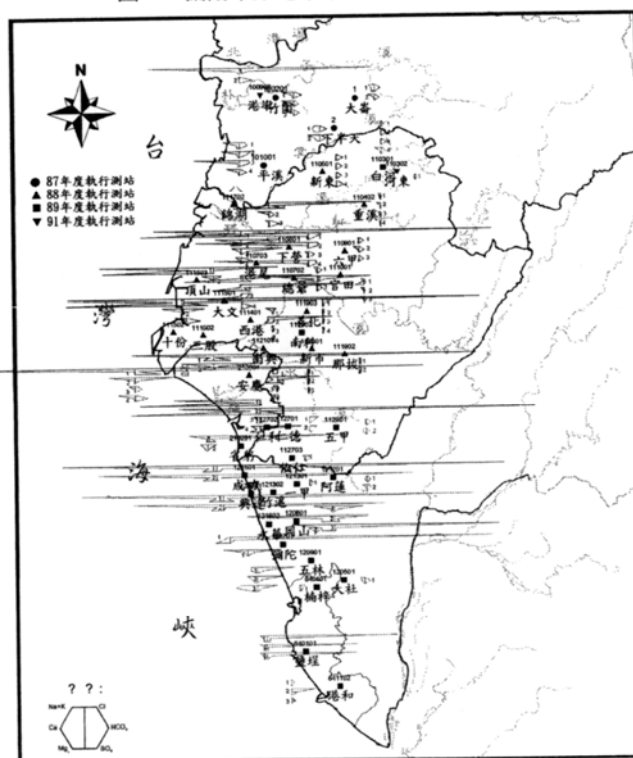


圖 4.8 嘉南平原地下水質 Stiff 空間分佈圖