

第十一屆水利工程研討會

台灣大學 2000 年 7 月 5~6 日

嘉南平原地下水之基本水質試驗分析

謝永旭 蘇苗彬 方天志 陳育志 張炎銘 盧瑞興

第十一屆水利工程研討會論文集 抽印本

Proceedings of the 11th Hydraulic
Engineering Conference

嘉南平原地下水之基本水質試驗分析

謝永旭¹ 蘇苗彬² 方天志¹ 陳育志² 張炎銘³ 盧瑞興³

摘 要

本研究係依據台灣地區地下水觀測網第二期計畫，於台糖地下水中心受前台灣省政府水利處之委託執行嘉南平原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，其目的在經由嘉南平原地下水質之調查結果，瞭解與掌握該地區之地下水基本水質現況，除可建立地下水質的基本資料並作後續觀測的分析檢討背景外，並可據以判定該地區地下水各種供水用途的適宜性，以配合日後用水來源的調度功能及確保用水的水質安全。

Study on the Basic Water Quality Analysis of Groundwater at Jienan Groundwater

Y.H.Hsieh¹, M.B.Su², T.C.Fang¹, Y.J.Chen², Y.M.Chang³, R.S.Lu³

Abstract

According to the second stage of the observation network plan of groundwater in Taiwan area, executed by the Groundwater Center of the Taiwan Sugar Company and granted by the Department of Water Conservancy to the basic water quality in the Jienan Plan. The purpose of this study is the establishment of the informative data of groundwater quality and the assessment of the availability to insure the safety and quality of groundwater use. By the analytical investigation of groundwater quality for the newly build-up observation wells, it is expected to establish the basic information in the Jienan Plan, discuss the availability of groundwater body, understand the corrosive-like or scaling-like trend, evaluate the pollution problem, and detect the sources of pollution. Moreover, it will be helpful to regional pollution and seawater intrusion based on the complete and comprehensive regional groundwater quality.

一、前言

由於地下水在使用上具有分布廣、開發費用低、取用方便、水質水量穩定等優點，地下水遂成為本省的重要水資源。雖然本省的地下水水量非常豐富，但若在毫無限制與計畫下超抽地下水，使抽水量大於含水層所允許的安全出水量時，易導致地盤下陷、海水入侵、水質污染及地下水資源枯竭等嚴重問題，尤其是近年來，由於農業的密集生產與工業的快速成長，使得許多未經妥善處理之廢污水與廢棄物的傾棄排放，也直接或間接的影響到了地下水質的安全，進而影響到地下水資源的安全與有效利用。因此，為確保地下水源的持續利用與用水品質¹，必須對地下水質進行相關的分析與調查，以建立其水質現況資料，並可評估其污染程度，以為各項因應措施的依據。

本研究乃配合經濟部委託前台灣省政府水利處辦理之台灣地區地下水觀測網第二期計畫，針對台灣地區地下水蘊藏量豐富的嘉南平原朴子溪以南區域，配合水利處委託台糖地下水中心執行地下水觀測站的設立同時(60口井，詳見表1及圖1)，進行基本水質的採樣與分析調查，以建立基本背景資料；另外亦可由區域整體水質的空間變化情況，提供做水文地質單元相關及連續性的探討，進而輔助地下水補注、流向等之判定及區域性污染與海水入侵情況之瞭解，以擴大整體地下水站網之成效運用。

二、調查方法

(一)採樣作業

於台糖公司地下水開發保育中心於完成新設井之開鑿之後，進行該井的定量試水作業，同時通

¹ 國立中興大學環工系

² 國立中興大學土系

³ 經濟部水利處

知本實驗室進行採樣工作：

1. 採樣前準備作業

本計畫之採樣前置作業計有下列幾項：

- (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。
- (2) 樣品瓶洗滌：聚乙烯塑膠瓶（PE）及螺旋蓋，先以硝酸洗劑洗淨後，再以蒸餾水沖淨，晾乾。
- (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. 採樣步驟

(1) 填寫「地下水採樣記錄表」。

(2) 洗井：由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，量測 pH、導電度及溫度並記錄之，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，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。

(二) 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。

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 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

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，最好由採樣人員自行運送。

(三) 檢測分析之品保與品管(QA/QC)

依據環保署檢驗所規定的各樣品之分析品管項目計有：空白分析、重複分析、查核樣品分析及添加標準品分析等，藉以確定樣品分析的品質。

品質管制措施之目的在於監測分析過程的可靠性，而分析過程之可靠性可利用數據之精密度（Precision）及準確度（Accuracy）來表示。精密度係指同一樣品重複分析結果的吻合程度，可由樣品重複分析結果之相對誤差計算得之。而準確度係指分析結果與真值（True value）接近之程度。品質管制範圍及分析頻率可分為五大部份：

1. 檢量線：檢量線之製作必須至少有五個標準值（包含零值）以最小平方求得，且所量測之水樣測值須涵蓋於檢量線範圍之內，不可使用內外差計算，每分析 20 個或每批樣品應重新製作檢量線，檢核儀器之反應強度。

2. 實驗空白：係使用實驗室試劑水依分析步驟操作所得之空白值，本實驗室每 20 組樣品做一空白分析，實驗空白值應不大於方法偵測極限之兩倍才可接受，否則應檢查儀器或分析步驟。

3. 重複分析：通常每 20 個樣品或每一批次至少有一個樣品執行重複分析；同一樣品重複分析兩次，得測定值 X_1 、 X_2 ，計算差異百分 R。

4. 添加標準品之回收率管制：為了解樣品中基質可能造成之干擾，常於樣品中添加已知量之標準樣品，由回收率來管制基質之干擾，通常每 20 個樣品或每一批次應同時分析一添加標準品之樣品。

5. 參考樣品分析：所謂參考樣品係指購買標準參考品，其基質含量與欲分析樣品相似，添加於試劑水中，伴隨一般分析樣品進入分析程序，藉此查核分析過程的人為誤差造成之影響。

三、結果與討論

(一) 分析結果與各相關標準比較

就現有各項水質標準和擬議中之地下水水體分類水質標準（甲、乙、丙三類）與本調查之分析結果進行比較討論。表 2 列出本年度調查共 60 口井和以上各水質標準比較後，各項目超出標準之百分比。從表中得知，其中電導度、氯鹽、硬度、硫化物、氨氮、總溶解固體物、鐵、錳等超過標準的井數非常多。因此，本地區之地下水不論作為公共、水產、工業或灌溉用水之用途，均須詳細考慮其適用性。

(二) 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⁴。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。

將本計畫今年度及去年度所完成採樣分

析的69口井之EC及TDS進行線性迴歸分析，關係如圖2所示，兩者之間約略成線性關係，迴歸結果顯示 $TDS=0.8149 \times EC$ 。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。

(三)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，將所得之水質資料標示於地圖上可得圖3，圖上所顯示各形狀特異的部份即應注意形成的可能原因。由圖3可看出錦湖(1)、頂山(1)、港尾(1)-(3)、大文(1)-(2)、十份(1)-(2)、三股(1)、西港(2)、總爺(2)、安慶(2)、南興(2)等在不同水層有相似的形狀，若再配合氯鹽濃度分布，則可看出與海水相關的現況及發展的地層。其他在各河溪中上游之各層井的水質圖形則大略相似，顯示其來源與現況大致相同。

(四)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為88年度嘉南平原之地下水質菱形圖，與stiff圖比較後發現港尾(2)-(3)、總爺(2)、三股(1)-(2)、西港(1)、十份(2)等觀測井之地下水可能與海水有明顯的關係。

四、結論及建議

本年度共進行了60口新設地下水觀測井採樣及分析工作。將結果分述如下：

- 1.以現有之各項水質標準，各項目超出標準的情況，以超出擬議中之地下水體分類標準(甲、乙、丙類)為最多，包括有電導度、氯鹽、硬度、氨氮、硫化物、鐵、錳。因此顯示本地區之地下水不論作為公共、水產、工業或灌溉用水之用途，均須詳細考慮其適用性。
- 2.以目前台北市、高雄市及台灣省所施行的各項水質標準來看，不符合標準的項目包括氯鹽、硬度、總溶解固體、氨氮、鐵、錳等(其中錳更是達到100%的高比例)，其中氯鹽、硬度及總溶解固體等項目顯示本地區地下水可能與海水有相當關連性。
- 3.以蘭氏飽和指數進行觀測井之腐蝕與積垢傾向分析，顯示在本次所有採樣站中，呈腐蝕傾向的有57口，呈積垢傾向者有3口；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。
- 4.以88年度所完成採樣分析的60口井之EC及TDS進行線性迴歸分析($TDS=\text{因數} \times EC$)，兩者之間約略成線性關係，迴歸結果顯示因數為0.8149。
- 5.由水質之菱形圖及stiff圖比較後發現港尾(2)-(3)、

總爺(2)、三股(1)-(2)、西港(1)、十份(2)等觀測井之地下水可能與海水有明顯的關係。

參考資料

- 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"，國立中興大學環境工程研究所，84年8月。
- 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"，國立中興大學環境工程研究所，85年8月。
- 台灣地區地下水觀測網第一期計畫，"87年度屏東平原地下水基本水質試驗分析研究報告"，國立中興大學環境工程學系，87年5月。
- 「水及廢水處理化學」，楊萬發譯，茂昌圖書有限公司。
- 中華民國台灣地區環境資訊，環保署，85年版。

表1 本年度採樣之地下水觀測站站址

站名	(1)	(2)	(3)	(4)	站址	地址
新東	1	1	1	1	新東國小	台南縣後壁鄉仕安村下長81號
錦湖	1	1	1		錦湖國小	台南縣北門鄉錦湖村杜仔頭75號
重溪	1	1	1	1	重溪國小	台南縣柳營鄉小腳腿
六甲	1	1	1		六甲國小	台南縣六甲鄉六甲村中正路15號
官田	1	1	1		官田國小	台南縣官田鄉官田村11號
總爺	1	1	1		總爺國小	台南縣麻豆鎮南勢里總爺104號
下營	1	1	1	1	下營國小	台南縣下營鄉仁里村1號
港尾	1	1	1	1	港尾國小	台南縣麻豆鎮港尾里9號
西港	1	1	1	1	西港國小	台南縣西港鄉慶安村進學街50號
大文	1	1	1	1	大文國小	台南縣七股鄉大寮村36-2號
三股	1	1			三股國小	台南縣七股鄉三股村100號
頂山	1	1			頂山國小	台南縣七股鄉頂山村153-2號
那拔		1	1		那拔國小	台南縣善化鎮那拔林54號
新市	1	1	1		新市國小	台南縣新市鎮中興街1號
南興	1	1	1	1	南興國小	台南縣安定鄉六嘉村30號
安慶	1	1	1	1	安慶國小	台南市安中路一段703巷80號
十份	1	1	1		氣象站內	台南縣七股鄉十份村2號
善化	1	1	1	1	善化國小	台南縣善化鎮進學路63號

表 2 各分析項目超過標準之百分比

項目	地下水體甲類	地下水體乙類	地下水體丙類	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 水質標準	飲用水水源 水質標準(一)	飲用水水源 水質標準(二)	美國飲用水 水質標準	
訂定機關	擬議中			環保署						環保處	環保局	台北市 環保局	高雄 市 環保局	台灣 省 府	環保署	環保署	US. EPA
公告日期				87.2.4						79.2.8	85.9.9	87.2.4	67.7.5	86.9.24	86.9.24	1966	
項目				台灣省		台北市		高雄市									
電導度 s/cm	43.3%	40.0%											78.3%				
氯鹽mg/L	40.0%	40.0%	33.3%	40.0%		40.0%		40.0%		40.0%	40.0%	40.0%	45.0%		40.0%	40.0%	
硬度mg/L as CaCO ₃	75	150	300	150 (92.7.1)		400 (89.12.1)	500 (發布日)	150 (89.12.1)	400 (發布日)	150 (89.12.1)	400 (發布日)	500	300	400			
	96.7%	90.0%	66.7%	90.0%		60.0%	46.7%	90.0%	60.0%	90.0%	60.0%	46.7%	66.7%	60.0%			
COD mg/L														6.7%			
TSS mg/L													18.3%				
TDS mg/L	1000	2000	10000	250 (92.7.1)		600 (89.12.1)	800 (發布日)	250 (89.12.1)	600 (發布日)	250 (89.12.1)	600 (發布日)	800	1000	250 (89.12.1)	600 (發布日)	500	500
	55.0%	40.0%	21.7%	95.0%		75.0%	68.3%	95.0%	75.0%	95.0%	75.0%	68.3%	55.0%	95.0%	75.0%	81.7%	81.7%
硫酸鹽 mg/L				16.7%		16.7%		16.7%		16.7%	16.7%	18.3%	16.7%		16.7%	16.7%	
硫化物 mg/L						71.7%											
氨氮 mg/L	0.1	0.3		0.1 (89.12.1)		0.5 (發布日)		0.1		0.1	0.5	0.1		1 (TKN)	1	0.1	
	85.0%	43.3%		85.0%		30.0%		85.0%		85.0%	30.0%	85.0%			10.0%	85.0%	
亞硝酸鹽氮				8.3%		8.3%		8.3%				8.3%		8.3%			
鐵 mg/L	51.7%	51.7%	51.7%	51.7%		51.7%		51.7%		51.7%	51.7%	51.7%			51.7%	51.7%	
錳 mg/L	100%	100%	100%	100%		100%		100%		100%	63.3%	100%	5.0%		100%	100%	
銅 mg/L	3.3%	3.3%	3.3%														
鋅 mg/L	15.0%	15.0%	15.0%										6.7%				
汞 mg/L	1.7%	1.7%	1.7%	1.7%		1.7%		1.7%		1.7%	1.7%	1.7%	1.7%	1.7%	1.7%	1.7%	

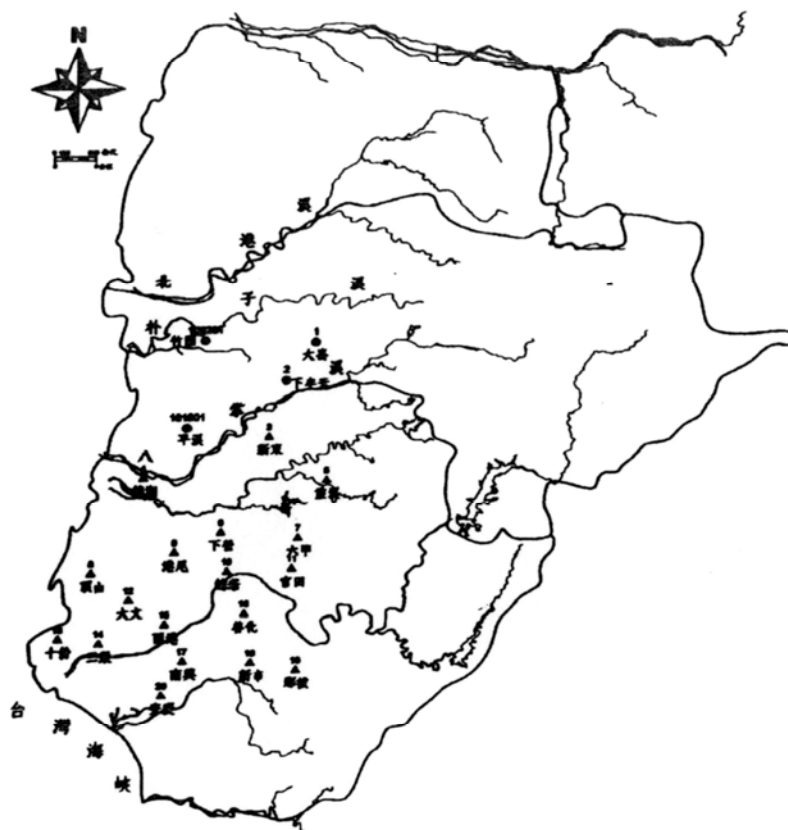


圖 1 嘉南平原 88 年度地下水質測站位置圖

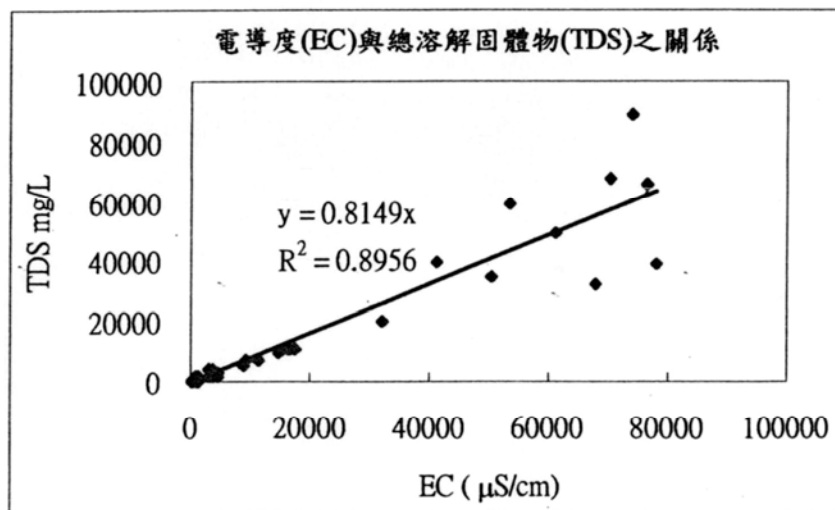


圖 2 電導度(EC)與總溶解固體物(TDS)的關係

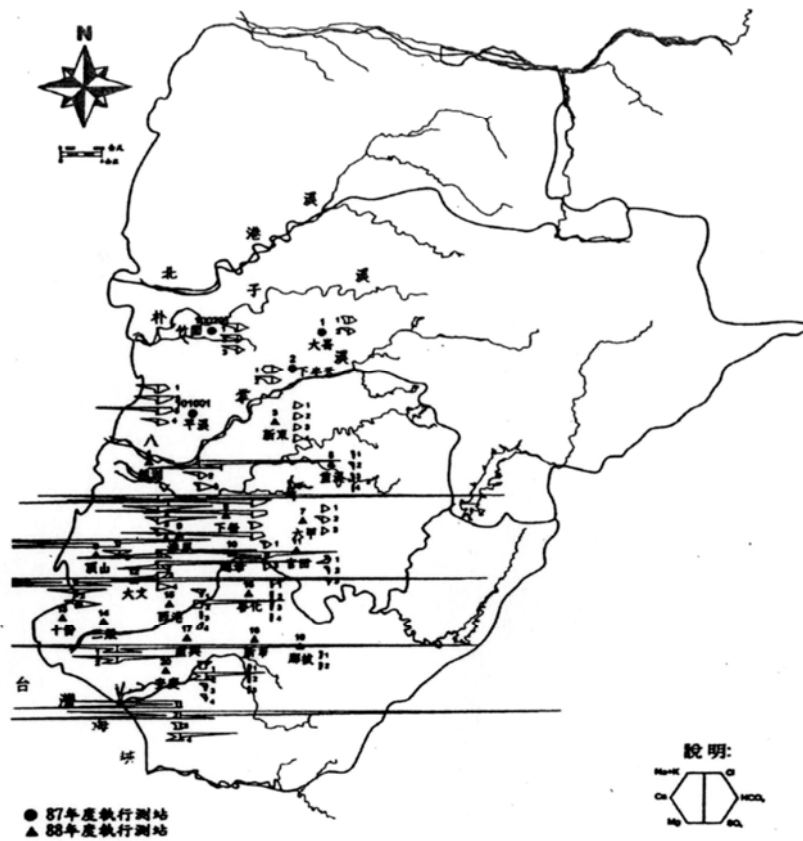


圖 3 嘉南平原 88 年度地下水 Stiff 的水質空間分布圖

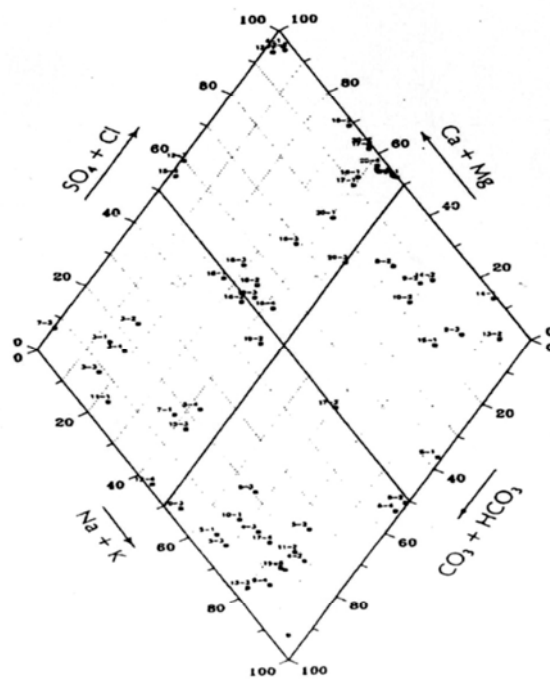


圖 4 嘉南平原 88 年度地下水 Piper 的菱形圖