

蘭陽平原地下水之主要化學成分

Principal Chemical Constituents in Groundwater of Lan-Yang Plain

國立宜蘭農工專科學校環境工程科副教授

江 漢 全

Hann-Chyuan Chiang

摘 要

Ca, Mg, Na, K, CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} 等地下水中主要化學成分之含量及比例, 可提供吾人對地下水水質是否適合供各類用水標之需求及是否受鹽分污染之訊息。蘭陽平原地下水區為本省九個地下水資源分區之一, 地下水含水層透水性良好, 地下水位高, 屬地下水豐富地區, 本區地下水一向為飲用、灌溉、工業用水之主要來源。然而, 近年來, 養殖魚塢之大量擴展及工業之發展, 已造成本區部分地區地下水位下降, 並對地下水水質造成威脅。本研究於蘭陽平原設35口採樣井, 平均每11.4 km²一口, 於82年9月至83年5月止, 進行兩次採樣及九次地下水位量測, 地下水位資料顯示, 位於礁溪、壯圍、蘇澳等三個鄉鎮沿海地區的7口井, 平均地下水位在海平面之下, 尤其蘇澳沿海地區三年來之地下水位呈現迅速下降之情形。本區pH值偏微鹼性, 由Piper水質結構圖及Collin水質柱狀圖分析, 補注區至流出區鹽分濃度有漸次增加的趨勢, 水質由以 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 為主, 漸次轉為以 NaHCO_3 為主, 再轉為以 Na_2SO_4 及 NaCl 為主之水質型態。本文並以電導度、氯鹽、鈉吸著率、氯鹽/碳酸鹽類比值等參數, 討論蘭陽平原地下水水質之狀況。

關鍵詞：地下水, 水質, 主要成分, 鹽分污染。

ABSTRACT

The contents and ratios of principal chemical constituents, such as Ca, Mg, Na, K, CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} in groundwater offer the information not only for understanding availability of the groundwater but for evaluating the contamination of salinity. Lan-Yang Plain is one of nine important groundwater supply areas in Taiwan. In this area, groundwater is the main source for water consumptions of drinking, irrigation and industry. In recent years, the exploitation of aquacultural ponds and development of industry caused some problems on groundwater resources. These problems include drop of groundwater level and contamination of groundwater. Thirty-five wells were chosen for sampling groundwater twice and for measuring water level nine times from Septem-

ber, 1993 to May, 1994. The results show that 7 wells with water levels lower than sea were found nearby the coastal area of Chiao-Hai、Chuang-Wei and Su-Ao counties. According to Piper's Triangle and Collin's bar graph, the tendency of salinity content in groundwater was increased from recharge area to discharge area. The water quality type was changed from $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ type to NaHCO_3 type, then to Na_2SO_4 and NaCl types. The values of E.C., Cl^- , S.A.R. (Sodium Absorption Ratio) and $[\text{Cl}^-]/[\text{CO}_3 + \text{HCO}_3]$ ratio were selected to evaluate the status of groundwater quality of Lan-Yang Plain in this paper.

Keywords: Groundwater, Water quality, Principal component, Salinity contamination.

一、前 言

蘭陽平原位於本省東北部，約呈一等邊三角形，北起頭城，南止於蘇澳，西沿山麓線，東濱海岸，面積約400平方公里，蘭陽溪由西而東貫穿本平原，自中央山脈挾帶礫砂而下，沉積於平原之上，構成本區地下水之主要含水層，透水性良好，為台灣地區地下水豐富地區之一。經濟部水資會將台灣地區地下水資源分為九區⁽¹⁾，蘭陽平原即為其中一區。本區地下水位高，地下水一向為飲用、灌溉、工業用水之主要來源。然而，近年來，養殖魚塢之大量擴展及工業之發展，已造成部分地區地下水位下降，並對地下水水質造成威脅，顯示本區地下水水量與水質之維護為一重要課題。

蘭陽平原地下水位之量測資料，以台灣省水利局在本區之17口觀測井記錄最為完整，江氏(1991)⁽²⁾及駱氏等(1992)⁽³⁾均曾利用這些記錄繪製本區地下水等水位線圖，由等水位線圖觀之，本區地下水之流動方向大致為自蘭陽溪上游向下游移動，且由西南流向東北海岸；劉氏等人(1992)⁽⁴⁾分析了其中14口觀測井水之溶解無機碳的 ^{14}C 年代，繪製蘭陽平原地下水的等年線分佈圖，發現其所顯示的地下水流型態與由等水位線所推測者大致相符。

於氏及駱氏等(1991)⁽⁵⁾針對蘭陽平原地下水水質方面之調查研究，指出其水質概況為：硬度之背景值偏高，冬山河沿岸區域之砷含量相當高，鐵與錳偏高，重金屬含量則相當低微，另龍德工業區附近之水質疑有污染。冬山、五結地區砷含量過高的問題亦有淡江大學之調查(1990)⁽⁶⁾提

出。江氏(1992)⁽⁷⁾對宜蘭地區地下水質之評析則指出，沿海養殖魚塢密集區部分地下水井已受鹽分污染，其原因可能為養蝦池水滲透或海水入侵而來⁽⁸⁾。江氏(1992)⁽⁹⁾針對龍德工業區附近新馬地區淺層地下水井之調查則顯示有污染情形存在，其不良水質項目包括電導度(E.C.)、氯鹽(Cl^-)、總溶解固體物(TDS)、硝酸鹽氮($\text{NO}_3\text{-N}$)、氨氮($\text{NH}_3\text{-N}$)、硬度等。此外，台灣省環境保護處自民國69年起，在本區即設有10口取樣井，每年採樣3次，分析項目包括水溫、pH值、電導度值、鐵、錳、砷、銅、鋅、總硬度、氯鹽、鎳、鉻等12項，分析結果載於歷年之地下水水質年報中。以上水質分析資料多以污染調查為主，尤其是重金屬方面，欠缺對地下水質主要成分(Principal components)之探討。

地下水含水層水質為降雨至補注區(Recharge area)，歷經流過區域並混合土壤、岩層之滲漏水而成之綜合水質⁽¹⁰⁾。其主要成分陽離子有鈉(Na^+)、鉀(K^+)、鈣(Ca^{2+})、鎂(Mg^{2+})，陰離子則有重碳酸根離子(HCO_3^-)、氯離子(Cl^-)、硫酸根離子(SO_4^{2-})等⁽¹¹⁾。本研究係從蘭陽平原地下水水度量測及水質化學結構調查分析展開，由地下水中主要化學成分之含量及比例分析本區地下水質，希能提供吾人蘭陽平原地下水之主要成分基本資料，並對現階段地下水水質是否適合供各類用水標的之需求及是否受鹽分污染加以討論，以作為地下水資源規劃利用及維護之參考。

二、研究方法

2-1採樣井之選擇

考慮研究區域內水井分佈之平均性及水位置

測之難易度，共設置三十五口採樣井，平均每11.4 km²一口，各井資料列如表1所示，除編號EG-5之台灣省水利局礁溪自計水位測站井深最深達190公尺外，其餘各井深度在10至80公尺之間；以泵浦抽水者計14口井，其餘為自噴井或觀測井。各採樣井之分佈如圖1所示。

2-2 水位量測及水質採樣分析

各採樣水井之地下水位，係於民國82年9月起，至民國83年5月止，每月量測一次，共進行九次。先以水位計測量井頂下至地下水水面深度，配合已知之井管標高，即可計算地下水位高程。少數水井如EG-7，EG-11，EG-29，EG-31，EG-34等，由於量測困難，則於鄰近地區覓得類似地下水井予以替代之，為了與水質採樣井有所區分，於水位量測井之編號中予以上標"，"。

地下水質取樣及分析共進行兩次，即高水位期一次，於82年11月底進行；低水位期一次，於83年4月進行。以500 mL PE瓶採樣，樣品置於4°C保存箱中，每天採樣完成即送至實驗室中儘速進行水質檢驗。

水質分析項目包括pH值、E.C.、SO₄²⁻、碳酸鹽(CO₃²⁻)、HCO₃⁻、Cl⁻、鈉(Na)、鉀(K)、鈣(Ca)、鎂(Mg)等，檢驗工作均在各項目規定之保存時間內完成，分析方法悉依照環保署公佈之水質檢驗法⁽¹²⁾或美國公共衛生協會(APHA)等提供之「水與廢水標準檢驗法」⁽¹³⁾分析之，各水質檢驗項目之分析方法及方法偵測極限詳列如表2所示。

為監測現場採樣及實驗室過程中可能發生之誤差，計採取下列品管措施：每一批次樣品兩個試劑空白(Reagent blank)、每次採樣一個野外空白(Field blank)、每分析十個樣品便分析一個查核樣品(Check sample)、每十個樣品便採一個重覆樣品(Duplicate sample)執行重覆分析。

2-3 水位量測及水質分析結果之統計分析

依各水井水位量測記錄，先計算地下水位高程，然後繪製每月份之地下水位等水位線圖，據以判斷地下水流向，並研判是否有局部地區過度抽水現象及海水入侵可能。

本研究水質分析之結果，整理後繪製Piper氏

水質菱形圖及Collin氏水質柱狀圖⁽¹⁴⁾，以顯示各地下水井水質之化學結構，並進一步以Revelle氏之[Cl]/[CO₃+HCO₃]比⁽¹⁵⁾、pH、電導度、氯鹽、硫酸鹽、鈉吸著率(Sodium Absorption Ratio, S.A.R.)等指標討論鹽分污染情形。

三、結果與討論

本研究35口地下水井於82年9月至83年5月，九個月中之每月水位量測，每口井共計9次量測結果整理後列如表3所示，整體而言，各井水位之變化大致平穩，各井水位以九月份為最低者，以十二月份為最高者占最多。但水位變化趨勢各井並非一致。各採樣井平均水位在海平面下之井計有EG-3(礁溪防潮閘測站)、EG-6(大福補天宮測站)、EG-8(車路頭測站)、EG-11(社頭橋測站)、EG-21(下社測站)、EG-31(隆恩八號測站)等6口井，分別位於礁溪、壯圍、蘇澳等三個鄉鎮沿海地區，與江氏(1991)⁽²⁾在三年前統計之資料比較，蘭陽溪北的大福補天宮測站水位略有回升，是否近年養蝦池因蝦病停養，致減緩地下水之超抽所致仍待觀察。但蘭陽溪南蘇澳的育英國小附近隆恩六號及龍德二號測站比較後卻發現其水位已從海平面上約2.4公尺降至海平面下，值得警惕。地下水位較高之水井有EG-18(下深溝測站)、EG-26(大隱國小測站)及EG-27(廣興國小測站)三口井，水位高程平均在海平面20公尺以上。

水由高水頭流向低水頭，因此，由地下水等水位線可判斷地下水之流向。依本研究35口水位量測井測得之水位資料，可繪製82年9月至83年5月份各月份之蘭陽平原地下水等水位線及地下水流向圖，典型之代表如圖1所示，即使在平均水位較高之83年1月份，上述6口平均水位在海平面下之井均在小於0公尺等水位線範圍，地下水流線則與前人研究大致相符^(3,4)。

將蘭陽平原之採樣井依等水位線劃分為補注區(Recharge area)、過渡區(Transition zone)及流出區(Discharge area)等三區，分別表地下水水位平均在9 m以上，2~9 m及2 m以下之地區，則補注區共有六口井，過渡區12口井，而流出區共有17口

表 1. 蘭陽平原地下水井基本資料表

採樣井 編號	站 名	採樣井地址	井管直徑 (mm)	井管深度 (m)	座標		備 註
					N	E	
EG- 1	福興橋	宜蘭縣頭城鎮新建里	88.9	16	502	316	
EG- 2	二城國小	宜蘭縣頭城鎮頂埔里	50.8	50	486	306	觀測井
EG- 3	礁溪防潮閘	宜蘭縣礁溪鄉時潮村	152.4	50	473	319	
EG- 4	礁溪國小	宜蘭縣礁溪鄉大忠村	50.8	45	464	268	觀測井
EG- 5	礁溪自計水位	宜蘭縣礁溪鄉六結村	152.4	190	459	293	觀測井
EG- 6	大福補天宮	宜蘭縣礁溪鄉大福村	50.8	44.5	445	317	觀測井
EG- 7	打那岸慈天宮	宜蘭縣礁溪鄉玉田村	50.8	20	418	283	
EG- 8	車路頭	宜蘭縣壯圍鄉新社村	152.4	35	434	304	
EG- 9	龍潭國小	宜蘭縣礁溪鄉龍潭村	50.8	69	417	243	觀測井
EG-10	東安宮	宜蘭縣壯圍鄉美城村	50.8	50	418	283	觀測井
EG-11	社頭橋	宜蘭縣壯圍鄉新社村	152.4	35	416	315	
EG-12	光復國小	宜蘭縣宜蘭市泰山路	50.8	46.6	394	248	觀測井
EG-13	過嶺國小	宜蘭縣壯圍鄉過嶺村	50.8	50	394	318	觀測井
EG-14	員山國小	宜蘭縣員山鄉復興路	50.8	51	377	223	觀測井
EG-15	宜蘭農工	宜蘭縣宜蘭市神農路	152.4	52	381	246	觀測井
EG-16	壯圍國小	宜蘭縣壯圍鄉吉樟村	50.8	56	377	291	觀測井
EG-17	復興一號	宜蘭縣壯圍鄉復興村	203.2	21	372	313	灌溉井
EG-18	下深溝	宜蘭縣員山鄉內城村	254	50	346	193	
EG-19	七賢國小	宜蘭縣員山鄉七賢村	50.8	50	351	244	觀測井
EG-20	新南國小	宜蘭縣壯圍鄉新南村	50.8	50	356	301	觀測井
EG-21	下社	宜蘭縣壯圍鄉東港村	152.4	35	357	323	
EG-22	大洲	宜蘭縣三星鄉大洲村	76.2	12	323	232	
EG-23	學進國小宿舍	宜蘭縣五結鄉二結村	50.8	80	337	269	自噴井
EG-24	五結國小	宜蘭縣五結鄉五結村	50.8	66	317	303	觀測井
EG-25	清水	宜蘭縣五結鄉季水路	152.4	45	320	334	
EG-26	大隱國小	宜蘭縣三星鄉大隱村	50.8	50	293	214	觀測井
EG-27	廣興國小	宜蘭縣冬山鄉鹿脯村	50.8	50	291	243	觀測井
EG-28	聖母護校	宜蘭縣羅東鎮博愛路	152.4	50	298	274	
EG-29	武淵國小	宜蘭縣冬山鄉武淵村	50.8	80	285	299	自噴井
EG-30	利澤國小	宜蘭縣五結鄉下清村	50.8	41.7	288	329	觀測井
EG-31	隆恩八號	宜蘭縣蘇澳鎮龍德里	254	50	277	318	灌溉井
EG-32	冬山工作站	宜蘭縣冬山鄉冬山路	50.8	50	258	295	觀測井
EG-33	龍德二號	宜蘭縣蘇澳鎮龍德里	254	40	258	327	灌溉井
EG-34	文化國中	宜蘭縣蘇澳鎮永榮里	152.4	40	241	334	
EG-35	岳明新村	宜蘭縣蘇澳鎮岳明里	1000	10	234	356	

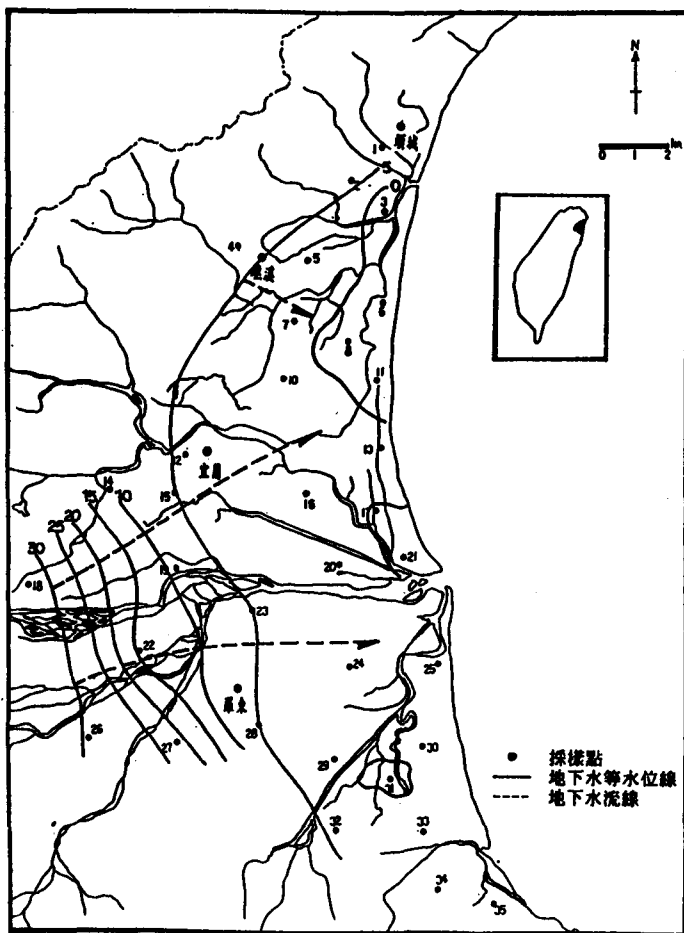


圖 1. 地下水採樣點及地下水等水位線圖

表 2. 檢驗項目、分析方法及偵測極限

檢驗項目	分析方法	依據	偵測極限
pH值	pH計法	APHA*4500-H+ B	—
電導度	比電導度計法	環保署203.1	—
硫酸鹽	濁度法	環保署430.1	0.19 mg/L
碳酸鹽	酸滴定法	APHA*2320	0.50 mg/L
重碳酸鹽	酸滴定法	APHA*2320	0.50 mg/L
氯鹽	硝酸汞滴定法	環保署407.2	0.50 mg/L
鈉	A.A.(Flame)	APHA*3500-Na B	0.05 mg/L
鉀	A.A.(Flame)	APHA*3500-K B	0.10 mg/L
鈣	A.A.(Flame)	APHA*3500-Ca B	0.25 mg/L
鎂	A.A.(Flame)	APHA*3500-Mg B	0.02 mg/L

* Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 17 Edition

表 3. 蘭陽平原民國82年9月至83年5月地下水位量測結果統計表

編號	井管 標高	水位 高 程			
		平均值	最小值	最大值	差距
-----公尺-----					
EG- 1	10.86	7.49	6.00	8.79	2.79
EG- 2	6.58	5.85	5.84	5.98	0.50
EG- 3	2.75	-0.98	-3.04	-0.37	2.67
EG- 4	12.59	6.35	5.88	6.85	0.97
EG- 5	2.72	2.12	1.77	2.37	0.60
EG- 6	2.62	-0.77	-2.42	0.02	2.44
EG- 7'	2.63	0.70	0.35	0.96	0.61
EG- 8	1.60	-0.48	-1.30	0.02	1.32
EG- 9	14.89	5.03	3.56	5.8	2.24
EG-10	3.79	1.08	0.29	1.46	1.17
EG-11'	3.55	-0.49	-1.11	-0.16	0.95
EG-12	7.61	3.23	2.26	3.59	1.33
EG-13	4.19	0.42	-0.45	0.74	1.19
EG-14	12.54	9.64	9.23	9.9	0.67
EG-15	7.05	4.58	3.59	5.13	1.54
EG-16	3.85	1.55	0.82	1.82	1.00
EG-17	2.19	0.20	-0.05	0.3	0.35
EG-18	36.10	33.60	32.24	34.86	2.62
EG-19	10.15	9.05	8.17	9.81	1.10
EG-20	3.38	1.22	0.64	1.46	0.82
EG-21	1.20	-0.30	-0.41	-0.18	0.23
EG-22	16.95	14.38	14.24	14.52	0.28
EG-23	5.50	5.33	5.22	5.5	0.28
EG-24	3.86	1.72	1.31	1.95	0.64
EG-25	2.20	0.74	0.19	0.95	0.76
EG-26	39.45	29.02	26.22	31.25	5.03
EG-27	29.00	20.80	19.70	22.24	2.54
EG-28	5.89	4.99	4.57	5.32	0.75
EG-29'	1.52	0.40	0.16	0.95	0.79
EG-30	3.73	1.29	0.53	1.96	1.43
EG-31'	0.92	-0.33	-0.60	-0.09	0.51
EG-32	5.01	3.72	0.65	4.76	4.11
EG-33	1.90	0.22	-0.45	0.87	1.32
EG-34'	8.71	3.66	2.66	4.33	1.67
EG-35	7.13	3.44	2.64	4.17	1.53

井。依兩次採樣分析結果，繪製Piper氏水質結構圖，經比較後發現兩次結果相當類似，故僅將第一次採樣（82年11月）分析結果之Piper氏水質結構圖示如圖2。補注區部分如圖2(a)所示，六口井中之五口井水質均位於Piper水質結構圖第I區內，僅EG-27號井水質結構為於第II區中，故係主要以 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 為主之自由或受壓地下水。過渡區部分如圖2(b)所示，十二口井中之八口井水質位於Piper氏水質結構圖第I區內，其餘四口井水質則位於第II區中，顯示為以 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 為主但漸轉變為以 NaHCO_3 為主之自由或受壓地下水。流出區部分如圖2(c)所示，十七口井中之八口井，即EG-3, EG-6, EG-10, EG-13, EG-17, EG-21, EG-25及EG-33水質位於Piper氏水質結構圖第IV區內，其餘九口井則位於第I及第II區內，但以第II區為主；由於第IV區之水質係以 Na_2SO_4 、 NaCl 為主，為受鹽水污染之地下水。由Piper氏水質結構圖可明顯看出蘭陽平原各採樣井之水質從補注區至流出區相當規則，由第I區而第II區，而第IV區；亦即由以 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 為主，漸次轉為以 NaHCO_3 ，再轉為以 NaSO_4 及 NaCl 為主之水質型態。位於第IV區之八口井，統計其地下水位平均值（如表3所示），為海平面上0.076 m；且各井之最低水位大多有低於海平面之數據，僅EG10 (0.29 m)及EG25 (0.19 m)略高於海平面，可知地下水位低之水井，其水質受鹽分污染之情形普遍。

依前述將採樣井劃分為補注區、過渡區及流出區三區，以各水井82年11月採樣水質繪製Collin氏水質柱狀圖，所得結果如圖3所示。補注區部分如圖3(a)所示，6口井中，以EG22陰陽離子稍高，且皆在6 meq/L以下，其水質型態以 Ca-HCO_3 型為主。過渡區部分如圖3(b)所示，12口井中，陰陽離子亦皆在6 meq/L以下，其水質型態以 Ca-HCO_3 及 Na-HCO_3 型為主。流出區部分如圖3(c)所示，17口井中，陰陽離子濃度在10 meq/L以上者之高低順序依序為EG6, EG3, EG10, EG25, EG21, EG13, EG17，上述這些水井之水質型態以 Na-Cl 型為主，其餘各井則仍以 Ca-HCO_3 及 Na-HCO_3 型為主。由Collin氏水質柱狀圖之分析，可知各採樣井之水質變化從補注區至流出區相當規

則，鹽分濃度漸次增加外，水質型態由 Ca-HCO_3 型，漸轉為 Na-HCO_3 型與 Ca-HCO_3 型，至流出區則有鹽分污染之各井，不但陰陽離子濃度甚高，水質型態亦以 Na-Cl 型為主，而未受污染之井，則仍以 Na-HCO_3 型與 Ca-HCO_3 型為主。

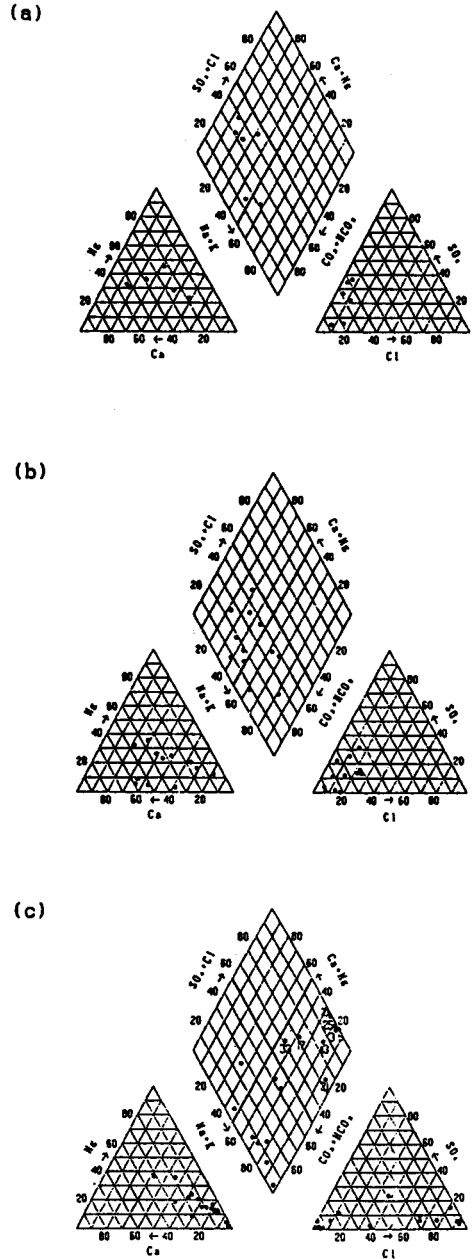


圖 2. 蘭陽平原35口地下水井之Piper氏水質結構圖
(a) 補注區 (b) 過渡區 (c) 流出區

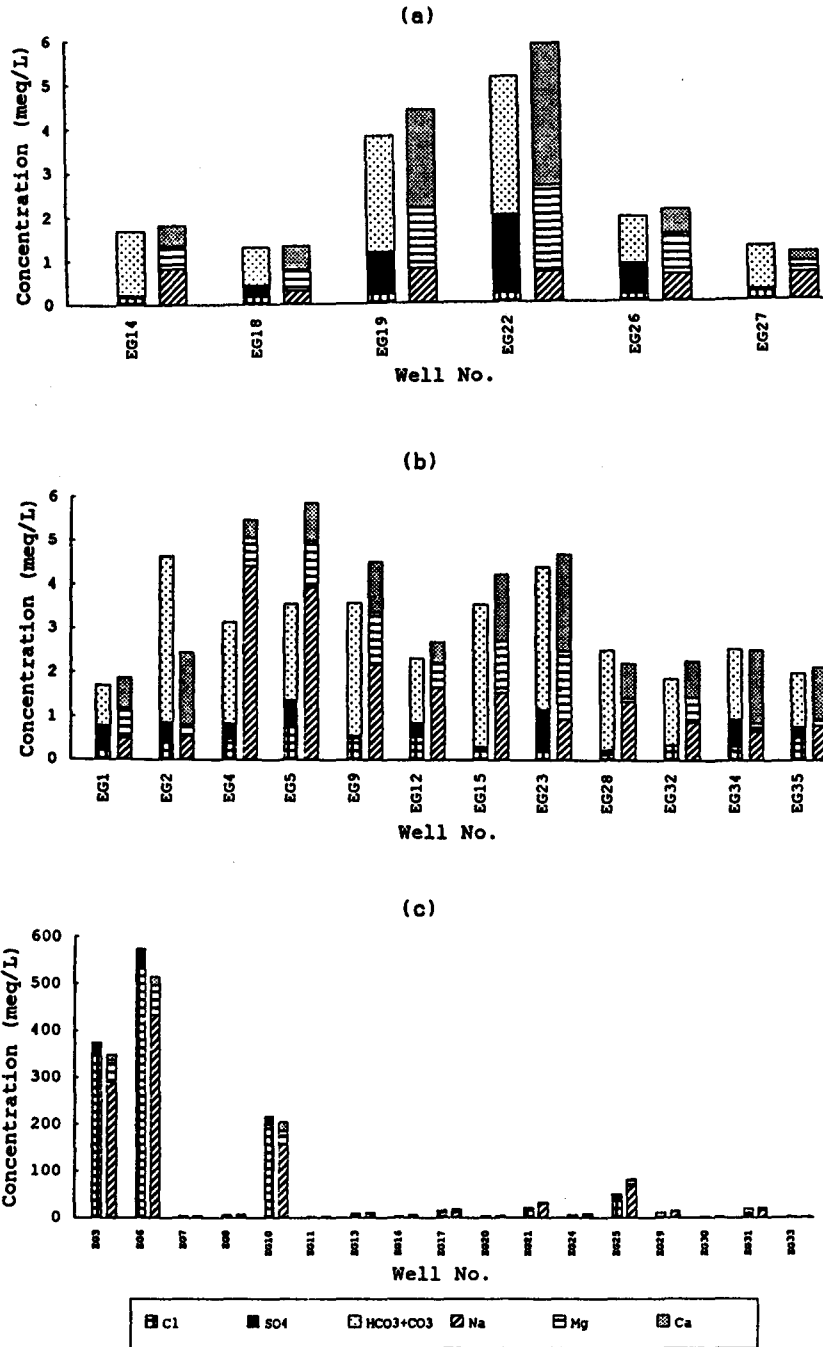


圖 3. 蘭陽平原35口地下水井之Collin氏水質柱狀圖
 (a) 補注區 (b) 過渡區 (c) 流出區

表 4. 蘭陽平原地下含水層地下水質分析結果表

參數	範圍	補注區		過渡區		流出區		總計	
		樣品數	百分率	樣品數	百分率	樣品數	百分率	樣品數	百分率
pH	< 6.5	0	0.0%	1	4.2%	2	6.1%	3	4.4%
	6.5~8.5	10	83.3%	23	95.8%	28	84.8%	61	88.4%
	> 8.5	2	16.7%	0	0.0%	3	9.1%	5	7.3%
E.C.	< 750	12	100.0%	24	100.0%	15	45.5%	51	73.9%
	≥ 750	0	0.0%	0	0.0%	18	54.5%	18	26.1%
Cl ⁻	< 175	12	100.0%	24	100.0%	17	51.5%	53	76.8%
	≥ 175	0	0.0%	0	0.0%	16	48.5%	16	23.2%
SO ₄ ²⁻	< 200	12	100.0%	24	100.0%	25	75.8%	61	88.4%
	≥ 200	0	0.0%	0	0.0%	8	24.2%	0	0.0%
S.A.R.	< 6.0	12	100.0%	22	91.7%	16	48.5%	50	72.5%
	≥ 6.0	0	0.0%	2	8.3%	17	51.5%	19	27.5%
[Cl]/[CO ₃ +HCO ₃]	0~1	12	100.0%	24	100.0%	18	54.5%	54	78.3%
	1~2	0	0.0%	0	0.0%	2	6.1%	2	2.9%
	2~5	0	0.0%	0	0.0%	2	6.1%	2	2.9%
	5~10	0	0.0%	0	0.0%	2	6.1%	2	2.9%
	10~200	0	0.0%	0	0.0%	4	12.1%	4	5.8%
	> 200	0	0.0%	0	0.0%	5	15.1%	5	7.3%

單位：E. C., μ mho/cm; Cl⁻及SO₄²⁻, mg/L。

蘭陽平原地下含水層地下水質分析結果如表4所示。全區有88.4%之水樣，pH值介於6.5至8.5之間，合乎台灣自來水水質標準，約有80.0%之水樣pH值介於7.0至8.5之間，偏微鹼性，與文獻報告相符⁽¹⁶⁾。有4.4%水樣pH值低於6.5，7.3%水樣pH值高於8.5，但除了EG27號井曾有一次分析值9.01超出灌溉水水質標準5.0~9.0外，所有其他樣品之pH值均可符合灌溉水水質之要求。電導度值大於台灣省灌溉水水質標準750 μ mho/cm之水樣，占總樣品69個中之26.1%。大體而言，本地下水區地下水之鹽分不高，鹽分偏高之九口井均位於地下水位平均在2 m以下之地下水流出區。

氯鹽含量大於台灣省灌溉水水質標準175 mg/L之水樣，占總樣品69個之23.2%，氯鹽含量偏高之水井與電導度偏高之水井大致相同，亦均位於地下水流出區，為EG3，EG6，EG10、EG13，EG17，EG21，EG25及EG31等八口井，EG29號井雖E.C值兩次採樣均超過1000 μ mho/cm，但氯鹽濃度僅15及10 mg/L，可知與前述八口井不同，應未受海水污染。硫酸鹽含量大於台灣省灌溉水水質標準200 mg/L之水樣，占總樣品數之11.6%，亦均位於地下水流出區，為EG3，EG6，EG10及EG25等四口井，其水質亦不符合電導度、氯鹽等之灌溉水水質標準。S.A.R.值大於台灣省灌溉水水質標準

6.0之水樣共19個，占總樣品之27.5%，19個樣品中，2個位於過渡區，17個位於地下水流出區，顯示有陽離子相逐漸連續變化之現象，可能為鹽基交換反應(Base exchange reaction)之結果^(17 18 19)。氯鹽/碳酸鹽類比值統計結果，大於200者屬海水的範圍，有5個樣品，占7.3%，10-200者屬嚴重海水污染，有4個樣品，占5.8%，高度、中度及輕度海水污染之樣品均各有2個樣品，各占2.9%。以上疑受海水污染之水樣水井均位於地下水位低於2 m之流出區，而流出區之水樣有45.5%疑受不同程度之海水污染，最嚴重者為EG6號井，餘依序為EG10，EG3，EG25，EG13，EG21及EG17等。

由上述各水質參數之討論，可知蘭陽平原地下含水層之地下水水質，在補注區之水質優良，除了有一口井(EG30) pH值偏高外，地下水主要成分含量及比例均適合各類用水需求；在過渡區之水質亦佳，少數樣品S.A.R.值偏高，顯示陽離子相二價離子漸轉為單價，但絕大多數水樣仍可符合灌溉用水水質標準；在流出區則依不同水質參數，各水井水樣呈現不同程度之鹽分污染現象，本區位於海岸之環境敏感地帶，農工業之活動宜避免大量抽取地下水導致海水入侵，淡水及鹹水養殖行為雖近年已漸趨減少，但部分魚塢以海水養殖取代之，鹽水滲透污染地下水之可能性極高⁽⁸⁾，故宜予以妥善規劃各類開發行為並嚴格執行，以維護寶貴之水土資源。

四、結 論

1. 由地下水位之分析，蘭陽溪北大福補天宮測站地下水位近三年來有回昇趨勢，而蘭陽溪南蘇澳的育英國小附近隆恩六號及龍德二號測站水位已從海平面上約2.4公尺降至海平面左右，推測與當地用水型態之轉變有關，宜長期監測密切注意其影響。
2. 由Piper氏水質結構圖及Collin氏水質柱狀圖可明顯看出蘭陽平原各採樣井之水質從補注區至流出區相當規則，由以 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 為主(Piper圖第I區)，漸次轉為以 NaHCO_3 為主(第II區)，再轉為以 Na_2SO_4 及 NaCl 為主(第IV區)之水質

型態。地下水位偏低之水井，其水質受海水污染之情形普遍。

3. 本區約有80.0%之水樣pH值介於7.0至8.5之間，偏微鹼性，幾乎所有樣品之pH值均可符合灌溉用水pH 5.0~9.0之水質要求。
4. EC值大於 $750 \mu\text{mho/cm}$ 之水樣占26.1%，氯鹽大於 175 mg/L 之水樣占23.2%，硫酸鹽大於 200 mg/L 之水樣占11.6%。大體而言，本區地下水之鹽分不高，鹽分偏高之井均位於地下水流出區。
5. S.A.R.大於6.0之水樣占27.5%。其中少數樣品來自過渡區，而大部分樣品均來自地下水流出區。
6. 由 $[\text{Cl}]/[\text{CO}_3 + \text{HCO}_3]$ 評估受海水污染程度，依序為編號EG6，EG10、EG3，EG25、EG13，EG21，EG17等地下水井，均位於地下水流出區。
7. 蘭陽平原地下水水質，在補注區之水質優良，在過渡區之水質亦佳，僅少數樣品S.A.R.值偏高，顯示陽離子相二價離子漸轉為單價，在流出區則依不同水質參數評析，各水井水樣呈現不同程度之鹽分污染現象，其原因可能為養殖池鹽水滲漏污染或海水入侵。

五、誌 謝

本研究承經濟部中央地質調查所及台灣省環境保護處支援經費，張智欽及林凱隆先生協助採樣，邱淑惠、柯惠玲、游淑桂小姐協助實驗工作，謹致由衷之謝忱。

六、參考文獻

1. 經濟部水資會，「台灣地區地下水資源」，經濟部水資會，台北(1989)。
2. 江漢全，「宜蘭地區地下水污染之調查研究」，臺灣省政府環境保護處委辦之專案研究計畫報告(1991)。
3. 駱尙廉、羅時麒、孫嘉福，「宜蘭縣地下水之水體分類反分區管制策略研究」，地下水調查分析與保育管理研討會論文集，中國農業工程學會學術技術研討會，台北市，第37-49頁(1992)。
4. 劉聰桂、彭宗仁、江崇榮，「蘭陽平原地下水

- 放射性碳定年研究」，地下水調查分析與保育管理研討會論文集，中國農業工程學會學術技術研討會，台北市，第679-689頁(1992)。
5. 於幼華、駱尙廉，「宜蘭縣環境品質規劃研究案第一階段報告」，宜蘭縣政府委託研究計畫報告(1991)。
6. 許聖哲，「台灣地區受污染水井調查」，行政院環境保護署委辦之專案研究計畫報告(1990)。
7. 江漢全，「宜蘭地區地下水水質評析」，宜蘭農工學報，第四期，第173~188頁(1992)。
8. 江漢全，「蘭陽平原海岸地區養蝦池對地下水質主要成分之影響」，中國農業工程學報，第四十卷，第二期，第58-68頁(1994)。
9. 江漢全，「新馬地區地下水污染現況調查」，宜蘭縣政府環境保護局委辦之專案研究計畫期末報告(1992)。
10. Melloul, A. and M. Collin, "Water quality factor identification by the 'principal components' statistical method", *Wat. Sci. Tech.* Vol.24, No.11, pp.41-50(1991).
11. Snoeyink, V. L. and D. Jenkins, "Water chemistry", John Wiley & Sons, Inc., New York, pp.6(1992).
12. 行政院環境保護署法規委員會，「環境法令—水質檢驗方法」，環保通訊週刊雜誌社，台北(1989)。
13. APHA, AWWA, WEF, "Standard methods for the examination of water and wastewater", 17th ed., Washington, DC 20005, U. S. A.(1989).
14. Zaporozec, A., "Graphical interpretation of water quality data", *Ground Water*, Vol.10, No.2, pp.32-43(1972).
15. 曹以松，「地下水」，中國土木水利工程學會，台北(1989)。
16. 洪銘堅，「台灣地區地下水資源概況」，地下水探測與污染防治研討會論文集，工研院能礦所，新竹(1988)。
17. 江漢全，「應用Na/Cl比追縱淺層地下水中之鹽分污染」，中國農業工程學報，第四十卷，第二期，第69-77頁(1994)。
18. Magaritz, M., A. Nadler, H. Koyumdjisky and J. Dan, "The use of Na/Cl ratios to trace solute sources in a semiarid zone", *Water Resources Research*. Vol, 17, No.3, pp.602-608(1981).
19. Thorstenson, D. C., D. W. Fisher and M. F. Croft, "The geochemistry of the fox hills-basal hell creed aquifer in southwestern North Dakota and northwestern South Dakota. *Water Resources Research*. Vol.15, No.6, pp.1479-1498(1979).

收稿日期：民國83年11月4日
 修正日期：民國83年11月22日
 接受日期：民國83年11月24日