

嘉南藥理科技大學專題研究計畫成果報告

計畫編號：CNEE9515

計畫名稱：嘉南地區含砷地下水之硫酸根還原作用

執行期間：95年1月1日至95年12月31日

整合型計畫

個別型計畫

計畫總主持人：

計畫主持人：李孫榮

子計畫主持人：



中華民國九十六年三月七日

嘉南地區含砷地下水之硫酸根還原作用

節 要

本研究的目的是有二：其一是硫酸根是地下水中主要陰離子之一，其濃度變化將會影響地下水的水質組成，在嘉南地區地下水中，硫酸根濃度的空間分布為何？及其控制因素為何？第二、硫酸根還原作用的產物之一為硫化氫，因硫化氫與重金屬的溶解度積很低，易形成沉澱，會減低地下水中重金屬之濃度，本區地下水中硫化氫濃度的空間分布為何？是否與硫酸根及鐵離子濃度有關？瞭解此問題，有助於吾人評估水中重金屬的濃度。

由嘉南地區地下水觀測井所測的水樣，其硫酸根濃度的空間分布，以第一含水層的濃度較高，第二、三及四含水層較低。其空間分布應與地下水的流向、硫酸鹽還原作用、及嘉南地區沿海曬鹽有關。水中硫酸根濃度與硫化氫濃度，並沒有明顯的關係，硫酸根濃度低於 1 mg/l，仍含有硫化氫。硫化鐵離子活度積與硫酸根濃度也沒有明顯的關係，有些水樣硫酸根濃度低於 1 mg/l，但其硫化鐵離子活度積卻呈現過飽和狀態。

為何有些地下水中硫酸鹽濃度極低，卻仍有硫化氫及呈硫化鐵過飽和？可能的解釋之一，觀測井的濾水管約為 12–24 m 長，但嘉南地區的地層為砂泥互層，每層厚度只有數十公分至數公尺，所以觀測井的單層含水層，可能為更多細部的層次所組成，而每個層次的鐵離子濃度、硫酸根濃度、硫化氫濃度、甲烷濃度各自達到某種平衡，觀測井實際上已貫穿這些層次，至使水質互通，各種離子又需重新平衡，而本研究抽水所採的水樣，來自各個次水層，尚未達到平衡。

關鍵詞：硫酸根、還原作用、地下水、嘉南地區、地球化學

前 言

厭氧環境下的還原反應，大都要依賴微生物催化，因所得能量高低，各種反應有先後，例如：氧氣消耗是最早進行、然後是硝酸根還原（脫硝作用）、鐵還原、錳還原、再來才是硫酸根還原(Stumm and Morgan, 1995)。硫酸根（正六價硫）被還原，生成的產物是硫化物(sulfide)，包含離子態與氣態的硫化氫（負二價）。

地下水之還原反應，與地下水的流向有關。地表水剛補注入地下時，通常還含有溶氧，但隨著流入深度增加，缺乏地面氧氣補充，加上地層中的有機質降解，水中的離子漸漸被還原，因此，往下游流動，各還原作用依次產生，先還原的分布於比較上游，後還原的，位於較下游(Chapelle, 2001)。所以，比較淺層的地下水，多為溶氧或硝酸鹽還原帶，較深層的、多為硫酸根還原帶或甲烷生成帶(Chen and Liu, 2003, 2005)。

國外的研究顯示，含水層中有硫酸根還原作用並不少見，例如德國 Massmann 等人(2003)的研究，硫酸根還原作用可從硫酸根的硫同位素推測。Bottrell 等人(2000)的研究結果顯示，深層地下水及沉積物之硫化物濃度比較低。Snyder 等人(2004)在海水入侵的界線上，測到硫化物，顯示發生硫酸根還原作用。Chen and Liu(2005)在台灣的彰雲地區，發現部份地下水中 FeS 過飽和，呈無晶形硫化亞鐵(amorphous FeS)沉澱，推測硫酸根還原作用仍在進行。

研究硫酸根還原作用有許多意義：其一是科學上的好奇。硫酸根是地下水中主要陰離子之一，其濃度變化將會影響地下水的水質組成，在區域地下水調查中，令人感興趣—水質的控制因素有哪些？硫酸根還原作用在此是扮演何種角色？第二是實際應用之價值。因硫化物與重金屬的溶解度積很低，易形成沉澱，會減低地下水中重金屬之濃度，換言之，即有淨化水質的效果。地下水中是否發生硫酸根還原作用，有助於吾人評估水中重金屬的濃度。另外，硫酸根還原作用大約發生於氧化還原電位-200 至-300mV，硫酸根與硫化物可以指示地下水正處於何種氧化還原狀態，可以推測重金屬之價態(metal species)。

水文地質

嘉南地區地形平緩，大皆在 20m 高度以內，由東往西漸次降低，河流多成曲流，由東往西流向台灣海峽。民國 83 年至 87 年間，台大地質研究所劉聰桂教授在台南縣北門、宅港等地鑽探，研究沉積物岩心的孔隙水，得到許多寶貴的水文地質及地球化學資料(畢如蓮，1995；陳冠宇，1996；Liu et al., 1997；夏明鴻，1998)。民國 88 年，台灣地區地下水觀測網建立觀測站 18 站，分層觀測井 100 口，分布間距約每五公里一站（表一；圖一）。

東西向地質剖面概況如圖二，深度約 250 公尺內。地層多為砂泥互層，分層明顯但沿續性不佳，層厚變化大，並沒有主要的阻水層(特別厚的泥層)與含水層(砂層)，推測地下水之上下流通不佳。

地下水觀測網觀測井的深度，約 200—290m 之間，但最深可達 289m（進學四）。觀測深度內的水文地層，可概分為五層(圖二)：第一層深度約從 0-60m 深，第二層約 60-140m 深，第三層約 140-200m，第四層約 200-250m，第五層約 250-300m。以上分法大致以地面為準，但各層之確實邊界，在不同位置仍有不同。

嘉南地區地下水中氬濃度比對深度分布（劉聰桂，1999）顯示，除少數點外（4 點），氬濃度大於 1TU 的井，其深度皆淺於 60m，表示 40 年來的地下水自然補注，僅限於上部 60m 內的地層。同理，人為污染應僅局限於上部 60m 範圍內，此深度以下的地下水應屬自然的地下水，沒有人為污染，所以若要監測人為污染，只需監測第一含水層即可。

本區地下水的流向，淺層地下水因有地面補注，基本上符合地形分布，由東向西流向台灣海峽。深層地下水因泥層封隔，流通不良，近年來又大量抽取，導致地下水位零公尺線逐漸擴大，並形成三個顯著之沉降錐，在朴子溪及八掌溪之間的沿海一帶水位降至海平面下 25 公尺，另外下營及小新營附近亦是（台灣省水利局，1995）。

根據水利署之水權統計，台南縣市共有 907 口水井，以深度淺於 140m 之水井為主，佔約七成以上，但也有少數深井深達 350m，推測沿海地區淺層水質

較鹹，因此有可能鑽鑿 300m 以上的深井，才能取到深層的淡水。

採樣、保存與分析方法

採樣與現地檢測

採樣法大致依照行政院環境保護署公告「地下水採樣方法」(NIEA W103.50B)。先抽出三倍井水 (purging) 後採樣，但因觀測井井徑達 6 英寸，最深井深達 300m，若以低流量抽水—如 2 L/min，每口時間所費甚久，因此實際抽水量約 5—10 cmh，單口採樣時間最長約 1 時 30 分。採樣後在現場以冰桶保存，在 24 小時內專車或寄快遞送至位於臺南市的臺糖研究所水質化驗中心，全程以冰桶保存。

地下水的基本性質在現場檢測比較準確：溫度 (T)、溶氧 (DO)、氫離子濃度 (pH)、氧化還原電位 (ORP)、導電度 (EC) 等 (Wilson, 1995)。現場人員每站量測之前先以標準液，依照使用手冊方法校正：導電度為 1412 μ S/cm、pH 為 4.00—7.00—10.00、溶氧為空氣飽和校正、氧化還原電位為 +280mV。然後將水管出水口接封閉測量槽 (flow cell)，以閉免空氣混入，以手提式導電度計 (美國 ORION Cond 130)、溶氧計 (德國 WTW Oxi 315)、pH 計 (德國 WTW pH Electrode SenTix 21)，每隔 5 分鐘記錄抽水之溫度、pH、EC、濁度，當抽出三倍井管水後或 pH 及 EC 值穩定 (pH \pm 0.1、EC \pm 5%)，才停止抽水。抽水同時每 5 分鐘量靜水位，並填寫現場採樣記錄表。

水質測棒

本研究使用的複合測棒項目包括：溫度、溶氧、氫離子濃度、氧化還原電位、導電度。因為溫度抽出水面後，會受馬達、地面氣溫及陽光影響，溶氧及氧化還原電位會受空氣中氧氣混入影響，所以在井內測會比較準確，在抽完三倍井管水後，將測棒放入井內濾水管深度，至少測量 10 分鐘。測棒之校正方式，現場人員每站量測之前先以標準液，依照使用手冊方法校正。

保存、檢驗方法及品管程序

依照行政院環境保護署規定，鹼度及硝酸態氮保存不超過 48 小時，一般重金屬過濾後加硝酸可保存六個月，硫離子需添加醋酸鋅並以氫氧化鈉調成鹼性

可保存 7 天。

本計畫之分析方法（表二），主要依據行政院環境保護署公告或國際組織之標準方法（APHA）。實驗室之品保品管程序，以檢量線、空白、查核、重覆及添加來控制。每一批次約 10–15 樣。

結 果

基本水質

嘉南地區地下水之溫度、導電度、pH、溶氧、氧化還原電位等基本性質如表三。溫度介於 25.1–31.0 之間，中值為 27.30，最低為安平一，最高為竹圍三。溶氧最高為官田一，濃度為 0.97 mg/l，全部地下水的溶氧都小於 1 mg/l，表示偏向還原環境。值得注意的是，氧化還原電位為 -41–-420 mV，中值為-179 mV，最高為鹿草一，最低為安慶四。氧化還原電位皆為負值，與溶氧的結果一致，表示本區地下水大多為無溶氧的還原環境。pH 值為 6.87–8.57，中值為 7.52，最低為總爺三，最高為十份三，總數 99 口井中只有 3 口的 pH 小於 7.0。

導電度分布如圖四。99 口井中、共有 80 口的導電度超過 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，顯示嘉南地區地下水的導電度偏高。最小為大崙二、448 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，最大為頂山一、106600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ （表三）。從地下水導電度分層分布圖顯示（圖四），第一含水層的導電度最大，表示水質偏鹹；而深層含水層較淡。

第一含水層導電度差異非常大，靠山邊的觀測井，導電度較小，往西去海邊，導電度漸漸升高，沿海的地下水導電度高達 50000-110000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。海水的導電度約 50000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，第一含水層共有錦湖、北門等 7 口觀測井大於 50000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，顯示地下水的水質比海水更鹹，查北門、頂山等地自古以來便是曬鹽場，應是多年來的鹵水，滲入地下累積所致。

從導電度低於 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 的地下水分布，顯示東側丘陵區是本區地下水的補注區，大致有兩個分區：北邊為八掌溪及急水溪的上游，靠近白河及重溪站；南邊為曾文溪上游，靠近官田及小新站（圖四）。第一含水層的地下水導電度，主要應受三種因素控制：首先是全新世海進的影響，海水及海相沉積由西向東進入；再來為由東向西的河流沉積，並持續帶來淡水補注；最後是人類在沿海地區曬鹽，造成鹵水滲入地下。

第二含水層只有南興二及安慶二的導電度大於 50000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，南興二的導電度為 50600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，與海水相近；安慶二為 89700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，比海水鹹，

在垂向方面，含水層越深地下水越淡(導電度約小)，第四含水層除了三股及安慶站，導電度皆在 20000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以內。

硫酸根濃度與其它離子之關係

爲了瞭解本區地下水的變化，先以氯離子濃度來探討水質之來源。大致可將本區地下水依氯離子濃度多寡分成四類：氯離子濃度在 18000—20000 mg/l 之間，爲海水來源；大於 20000 mg/l 者爲鹵水；濃度小於 10 mg/l 者爲淡水，指未受人類污染的深層地下水，其來源應是較老的天水及河水；介於 18000—10 mg/l 則爲淡水與海水混合之地下水，或受人類影響之淺層地下水（圖五）。

圖五顯示，第一含水層西側靠海的地下水較鹹，東側靠山則較淡，以官田、善化及南科最淡，氯離子濃度爲 6—9 mg/l 。越往下層則氯離子濃度漸漸變小，與導電度的分布趨勢相似，氯離子最低爲竹圍二、大崙二及善化四，濃度爲 1.9 mg/l 。

圖六爲氯離子與硫酸根之濃度作圖，可將地下水分爲四類：A 類爲鹵水，硫酸根也都很高，介於 1000—10000 mg/l 之間；B 類的數據位於圖六的右側，硫酸根的濃度較高，推測爲硫酸根還原尚未進行；D 類水樣之硫酸根小於 3 mg/l ，此濃度很低，所以硫酸根的濃度不足以供應硫酸根還原作用。圖六顯示鹵水及海水部份，地下水中之硫酸根濃度仍高。若以不同含水層觀之，則以第一含水層的硫酸根有偏高的趨勢，第二、三、四層則硫酸根濃度偏低。

硫化氫（及硫化物）是硫酸根還原作用的產物之一，但從圖七觀之，硫化氫離子濃度與硫酸根濃度比對，並沒有明顯的趨勢。有些水樣之硫酸根小於 3 mg/l ，但硫化物濃度仍高達 1 mg/l 以上，其水樣之硫酸根濃度低，如何供應高濃度的硫化物形成？可能有三種解釋：其一、硫化氫由別處遷移而來；第二由硫化鐵等硫化礦物解離而來；第三爲濾水管觀測的地層層次複雜，各層之間的還原程度並不相同，有些可能硫酸根還原作用已結束，但有些還沒有。

由計算地下水中的硫化鐵離子活度積，來瞭解硫酸根還原作用的程度（圖八），其無晶形硫化鐵的 K_{sp} 約爲-3.0，所以大於-3.0 爲過飽和、小於-3.0 爲未飽和。圖八顯示有相當多的水樣爲過飽和，和硫酸根濃度並沒有關係。此趨勢與圖七結果類似，即水樣的組成與來源，遠比我們想像中的複雜，由圖八的結果，應

可排除水樣中的硫化氫由地層中的硫化鐵等硫化礦物解離而來，因為有太多的水樣是過飽和，如果是由礦物溶解，也不致於過飽和。

甲烷氣過飽和的水樣，與硫酸根及氯離子濃度的關係如圖九。除少數點外，偏左上的水樣多為甲烷氣飽和，值得注意的是，有些水樣之硫酸根濃度高達 1000 mg/l 以上，卻為甲烷氣過飽和。

結 論

由嘉南地區地下水觀測井所測的水樣，發現水中硫酸根濃度與硫化氫濃度，並沒有明顯的關係，硫酸根濃度低於 1 mg/l，仍含有硫化氫。硫化鐵離子活度積與硫酸根濃度也沒有明顯的關係，有些水樣硫酸根濃度低於 1 mg/l，但其硫化鐵離子活度積卻呈現過飽和狀態。可能的解釋之一，觀測井的濾水管約為 12—24 m 長，但嘉南地區的地層為砂泥互層，每層厚度只有數十公分至數公尺，所以觀測井的單層含水層，可能為更多細部的層次所組成，而每個層次的鐵離子濃度、硫酸根濃度、硫化氫濃度、甲烷濃度各自達到某種平衡，觀測井實際上已貫穿這些層次，至使水質互通，各種離子又需重新平衡，而本研究抽水所採的水樣，來自各個次水層，尚未達到平衡。

參考文獻

- 台糖地下水中心, 1999-2003, 台灣地區地下水觀測網水質調查分析, 共五冊, 經濟部水利署委託。
- 地下水工程處, 1959, 嘉南海岸沖積平原地下水源勘查報告, 中國農村復興聯合委員會出版, 共 155 頁。
- 夏明鴻 (1998) 台灣西南海岸平原義竹井岩心地球化學研究。國立台灣大學地質學研究所碩士論文, 共 94 頁。
- 陳冠宇 (1996) 台灣西南宅港與三寮灣地層孔隙水地球化學研究。國立台灣大學地質學研究所碩士論文, 共 77 頁。
- 畢如蓮 (1995) 台灣嘉南平原地下水生成途徑與地質環境之初步探討。國立台灣大學地質學研究所碩士論文, 共 77 頁。
- 黃衍騮, 1993, 台灣西南部海域之地質構造分析, 國立台灣大學地質學研究所碩士論文, 58 頁。
- 張育傑, 2001, 觀測井腐蝕改善之評估與規劃, 經濟部水利署委託東南技術學院環

境工程科。

謝永旭、蘇苗彬, 1994-2001, 地下水基本水質試驗分析研究, 經濟部水利署委託中興大學環境工程研究所。

臺灣省水利局 (1995) 臺灣現有地下水觀測及地盤下陷監測資料之整理與分析報告, 第三期: 嘉南平原。臺灣省水利局, 共 245 頁。

劉聰桂 (1993) 地下水基本水質檢定及定年分析, 地下水觀測網之建立及運作管理八十一年度報告。臺灣省水利局。

劉聰桂(2000-2002) 台灣地區新建地下水觀測井之地下水定年分析及垂向水質變化調查, 經濟部水利署委託, 國立台灣大學地質學研究所。

劉聰桂(1993-2002)地下水定年分析, 經濟部水利署委託。

Allen H.E., Fu G. and Deng B. (1993) Analysis of acid-volatile sulfide (AVS) and simultaneously extracted metals (SEM) for the estimation of potential toxicity in aquatic sediment. *Environ. Toxicol. Chem.* **12**, 1441-1453.

APHA (1998) *Standard methods for the examination of water and waste water*, 20th ed., American Public Health Assoc., Washington, DC.

Berner R.A. (1970) Sedimentary pyrite formation. *Amer. J. Sci.* **268**, 1-23.

Berner R.A. (1984) Sedimentary pyrite formation: an update. *Geochim. Cosmochim. Acta* **48**, 605-615.

Bottrell S.H., Moncaster S.J., Tellam J.H., Lloyd J.W., Fisher Q.J., and Newton R.J. (2000) Controls on bacterial sulphate reduction in a dual porosity aquifer system: the Lincolnshire Limestone aquifer, England. *Chemical Geology* **169**, 461-470.

Bowles K.C., Ernste M.J., and Kramer J.R. (2003) Trace sulfide determination in oxic freshwaters. *Analytica Chimica Acta* **477**, 113-124.

Brown C.J., Coates J.D., and Schoonen M.A.A. (1999) Localized sulfate-reducing zones in a Coastal Plain Aquifer. *Ground Water* **37**, 505-516.

Canfield D.E., Raiswell R., Westrich J.T., Reaves C.M., and Berner R.A. (1986) The use of chromium reduction in the analysis of reduced inorganic sulfur in

- sediments and shale. *Chem. Geol.* **54**, 149-155.
- Canfield D.E., Thamdrup B., and Hansen J.W. (1993) The anaerobic degradation of organic matter in Danish coastal sediments: iron reduction, manganese reduction, and sulfate reduction. *Geochim. Cosmochim. Acta* **57**, 3867-3883.
- Cedarstrom D.J. (1946) Genesis of groundwaters in the coastal plain of Virginia. *Economic Geology* **41**, 218-245.
- Chapelle F.H., Zelibor J.L., Grimes D.J., and Knobel L.L. (1987) Bacteria in deep coastal plain sediments of Maryland: a possible source of CO₂ to groundwater. *Water Resources Res.* **23**, 1625-1632.
- Chapelle F.H. and Lovley D.R. (1990) Rates of bacterial metabolism in deep coastal-plain aquifers. *Applied and Environmental Microbiology* **56**, 1865-1874.
- Chapelle F.H. and McMahon P.B. (1991) Geochemistry of dissolved inorganic carbon in a coastal plain aquifer: 1. sulfate from confining beds as an oxidant in microbial CO₂ production. *Journal of Hydrology* **127**, 85-108.
- Chapelle F.H. (2001) Ground-water microbiology and geochemistry. New York, John Wiley & Sons.
- Chen W.F. and Liu T.K. (2003) Dissolved oxygen and nitrate of groundwater in Choshui Fan-delta, western Taiwan. *Environmental Geology* **44**, 731-733.
- Chen W.F. and Liu T.K. (2005) Ion activity products of iron sulfides in groundwaters: implications from the Choshui fan-delta, western Taiwan. *Geochim. Cosmochim. Acta*, in press.
- Di Toro D.M., Mahony J.D., Hansen D.J., Scott K.J., Carlson A.R., Ankley G.T. (1992) Acid volatile sulfide predicts the acute toxicity of cadmium and nickel in sediments. *Environ. Sci. Technol.* **26**, 96-101.
- Filley T.R., Freeman K.H., Wilkin R.T., and Hatcher P.G. (2002) Biogeochemical controls on reaction of sedimentary organic matter and aqueous sulfides in

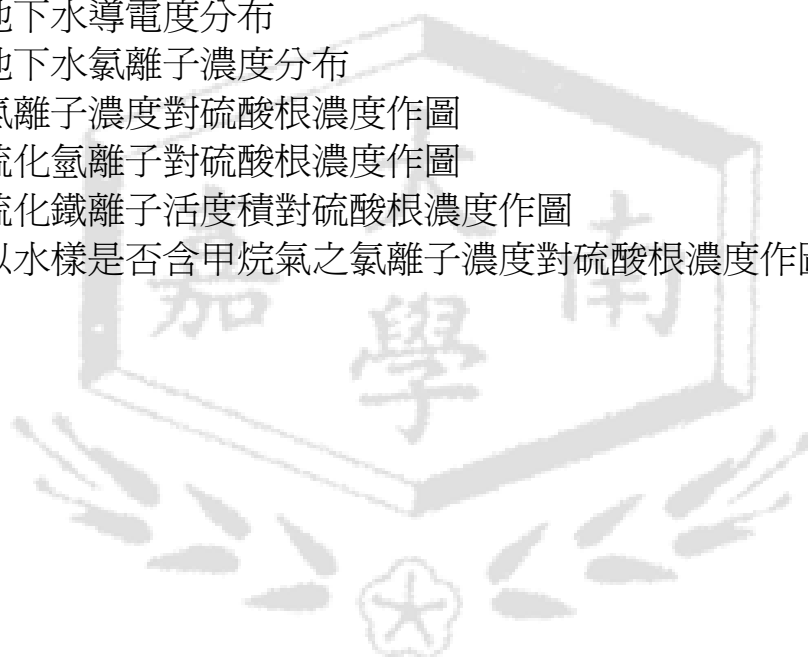
- Holocene sediments of Mud Lake, Florida. *Geochim. Cosmochim. Acta* **66**, 937-954.
- Grossman E.L. and Desrocher S. (2001) Microbial sulfur cycling in terrestrial subsurface environments. In *Subsurface Microbiology and Biogeochemistry* (eds. Fredrickson J.K. and Fletcher M.), pp. 219-248. New York, John Wiley & Sons.
- He Y Zheng Y Locke DC, 2002, Differential pulse cathodic stripping voltammetric determination of nanomolar levels of dissolved sulfide applicable to field analysis of groundwater, *Analytica Chimica Acta*, 459, 209-217.
- Henneke E., Luther III G.W., De Lange G.J. and Hoeps J. (1997) Sulphur speciation in anoxic hypersaline sediments from the eastern Mediterranean Sea. *Geochim. Cosmochim. Acta* **61**, 307-321.
- Hsieh Y.P., Chung S.W., Tsau Y.J., and Sue C.T. (2002) Analysis of sulfides in the presence of ferric minerals by diffusion methods. *Chemical Geology* **182**, 195-201.
- Huerta-Diaz M.A. and Morse J.W. (1990) A Quantitative method for determination of trace metal concentration in sedimentary pyrite. *Marine Chemistry* **29**, 119-144.
- Ivanov M.V. (1961) Microbiological studies of Carpathian sulfur deposits. *Microbiology* (English trans.) **30**, 428-430.
- Jones R.E., Beeman R.E., and Suflita J.M. (1989) Anaerobic metabolic processes in the deep terrestrial subsurface. *Geomicrobiol. J.* **7**, 117-130.
- Kao S.J., Horng C.S., Roberts A.P. and Liu K.L. (2004) Carbon-sulfur-iron relationships in sedimentary rocks from southwestern Taiwan: influence of geochemical environment on greigite and pyrrhotite formation. *Chem. Geol.* **203**, 153-168.
- Kimblin R.T. and Johnson A.C. (1992) Recent localized sulphate reduction and pyrite formation in a fissured Chalk aquifer. *Chem. Geol.* **100**, 119-127.

- Krumholz L.R., McKinley J.P., Ulrich G.A., and Suflita J.M. (1997) Confined subsurface microbial communities in Cretaceous rock. *Nature* **386**, 64-66.
- Lasorsa B. and Casas A. (1996) A comparison of sample handling and analytical methods for determination of acid volatile sulfides in sediment. *Marine Chemistry* **52**, 211-220.
- Liu, T.K., Sung, Q., Chen, K., Pi Z., Yang, C., Cheng, P.(1997) Tectonic subsidence and uplift in the Zeikang-Hopi area of southwestern Taiwan since the Late Pleistocene. *Journal of the Geological Society of China* 40/1, 155-165.
- Lin S., Huang K.M., and Chen S.K. (2000) Organic carbon deposition and its control on iron sulfide formation of the southern East China Sea continental shelf sediments. *Continental Shelf Research* **20**, 619-635.
- Lin S., Huang K.M., and Chen S.K. (2002) Sulfate reduction and iron sulfide mineral formation in the southern East China Sea continental slope sediment. *Deep-Sea Research I* **49**, 1837-1852.
- Martino D.P., Grossman E.L., Ulrich G.A., Burger K.C., Schlichenmeyer J.L., Suflita J.M., and Ammerman J.W. (1998) Microbial abundance and activity in a low-conductivity aquifer system in East-Central Texas. *Microbial Ecol.* **35**, 224-234.
- Morse J.W. and Cornwell J.C. (1987) Analysis and distribution of iron sulfide minerals in recent anoxic marine sediments. *Marine Chemistry* **22**, 55-69.
- Morse J.W. and Luther III G.W. (1999) Chemical influences on trace metal-sulfide interactions in anoxic sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta* **63**, 3373-3378.
- Morse J.W, Millero F.J., Cornwell J.C. and Rickard D. (1987) The chemistry of the hydrogen sulfide and iron sulfide systems in natural waters. *Earth Sci. Rev.* **24**, 1-42.
- Pucci AA Jr and JP Owens, 1989, Geochemical variations in a core of hydrogeologic

- units near Freehold, New Jersey. *Ground Water* **27**, 802-802.
- Rice C.A., Tuttle M.L., and Reynolds R.L. (1993) The analysis of forms of sulfur in ancient sediments and sedimentary rocks: comments and cautions. *Chem. Geol.* **107**, 83-95.
- Rickard D., Schoonen M.A., and Luther G.W. (1995) Chemistry of iron sulfides in sedimentary environments. In *Geochemical Transformations of Sedimentary Sulfur* (ed. M.A.A. Schoonen), pp. 168-193. American Chemical Society.
- Silva M.S.P., Silva I.S., Abate G., and Masini J.C. (2001) Spectrophotometric determination of acid volatile sulfide in river sediments by sequential injection analysis exploiting the methylene blue reaction. *Talanta* **53**, 843-850.
- Smith D.G., Downing R.A., Monkhouse R.A., Otlet R.L., and Pearson F.J. (1976) The age of groundwater in the Chalk of the London Basin. *Water Resources Res.* **12**, 392-404.
- Snyder M., Taillefert M., and Ruppel C. (2004) Redox zonation at the saline-influent boundaries of a permeable surficial aquifer: effects of physical forcing on the biogeochemical cycling of iron and manganese. *Jour. Hydrology* **296**, 164-178.
- Trapp H. Jr. L.L. Knobel, H. Meisler and PP Leahy, 1984, Test well DO-CE 88 at Cambridge, Dorchester County, Maryland. U.S. Geological Survey Water Supply Paper 2229.
- Wijnsman J.W.M., Middelburg J.J., Herman P.M.M., Bottcher M.E., and Heip C.H.R. (2001) Sulfur and iron speciation in surface sediments along the northwestern margin of the Black Sea. *Marine Chemistry* **74**, 261-278.
- Yu K.C., Tsai L., Chen S., and Ho S. (2001) Chemical binding of heavy metals in anoxic river sediments. *Water Res.* **35/17**, 4086-8094.

表圖目錄

- 表一 嘉南地區觀測井一覽表
- 表二 分析項目、方法及偵測極限
- 表三 地下水溫度等基本化學性質
- 表四 地下水中硫化物及鐵離子等之濃度
- 圖一 嘉南地區地下水觀測站位置
- 圖二 東西向地質剖面
- 圖三 南北向地質剖面
- 圖四 地下水導電度分布
- 圖五 地下水氯離子濃度分布
- 圖六 氯離子濃度對硫酸根濃度作圖
- 圖七 硫化氫離子對硫酸根濃度作圖
- 圖八 硫化鐵離子活度積對硫酸根濃度作圖
- 圖九 以水樣是否含甲烷氣之氯離子濃度對硫酸根濃度作圖



表一 嘉南地區觀測井一覽表

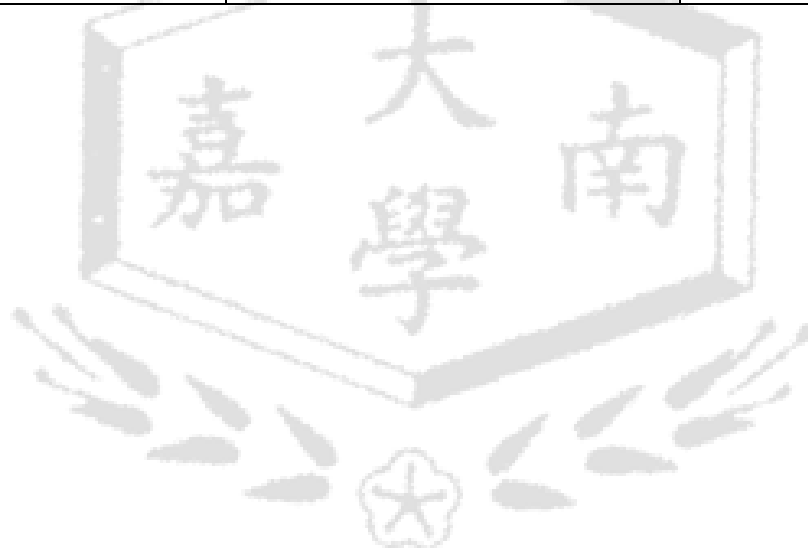
編號	井號	站名	濾管起點 (m)	濾管終點 (m)	靜水位 (m)	X (m)	Y (m)	地表高 (m)	分層
1	21070111	安平一	4	10	2.49	163950	2544815	2.21	1
2	21070121	安平二	32	50	3.27	163950	2544815	2.33	1
3	21060211	台南一	22	34	4.50	160526	2548099	2.90	1
4	21060221	台南二	90	120	1.62	160526	2548099	2.90	2
5	21060231	台南三	180	192	8.75	160526	2548099	2.90	3
6	21060241	台南四	227	257	11.27	160526	2548099	2.90	4
7	21060111	安慶一	17	35	5.80	166368	2549095	3.41	1
8	21060121	安慶二	58	74	5.80	166368	2549095	3.41	2
9	21060131	安慶三	176	188	16.17	166368	2549095	3.41	3
10	21060141	安慶四	230	248	20.79	166368	2549095	3.41	4
11	11310111	永康一	6	18	5.40	172843	2547566	15.87	1
12	11310121	永康二	72	90	8.81	172843	2547566	16.10	2
13	11180111	新化一	80	89	36.77	178148	2549104	12.36	2
14	11180121	新化二	99	114	38.95	178148	2549104	12.36	2
15	11190211	那拔一	30	42	30.00	182416	2552332	42.27	1
16	11190221	那拔二	71	98	41.25	182416	2552332	42.27	2
17	11190231	那拔三	135	147	38.25	182416	2552332	42.27	3
18	11200111	新市一	45	54	26.20	177117	2553431	10.41	1
19	11200121	新市二	90	120	38.85	177117	2553431	10.41	2
20	11200131	新市三	180	204	39.20	177117	2553431	10.41	3
21	11200211	南科一	18	33	14.57	175430	2556230	7.00	1
22	11200221	南科二	75	93	21.93	175430	2556230	7.00	2
23	11200231	南科三	126	177	35.87	175430	2556230	7.00	3
24	11200241	南科四	198	207	33.78	175430	2556230	7.00	4
25	11210111	南興一	21	30	5.70	169053	2553702	4.96	1
26	11210121	南興二	56	68	5.90	169053	2553702	4.96	2
27	11210131	南興三	155	167	23.63	169053	2553702	4.96	3
28	11210141	南興四	215	227	25.50	169053	2553702	4.96	4
29	11190111	小新一	24	36	9.64	178501	2558459	16.55	1
30	11190121	小新二	90	102	41.45	178501	2558459	16.55	2
31	11190311	善化一	33	45	16.68	176201	2559721	13.05	1
32	11190321	善化二	101	113	36.64	176201	2559721	13.05	2
33	11190331	善化三	145	173	36.35	176201	2559721	13.05	3
34	11190341	善化四	204	213	30.70	176201	2559721	13.05	4

編號	井號	站名	濾管起點 (m)	濾管終點 (m)	靜水位 (m)	X (m)	Y (m)	地表高 (m)	分層
35	11140111	進學一	17	26	9.63	167156	2558381	4.84	1
36	11140121	進學二	52	61	6.90	167156	2558381	4.81	2
37	11140131	進學三	230	239	28.87	167156	2558381	4.84	4
38	11140141	進學四	265	283	25.45	167156	2558381	4.81	5
39	11150211	三股一	52	64	3.45	158802	2556075	3.05	1
40	11150221	三股二	200	224	13.76	158802	2556075	3.05	4
41	11150411	十份一	14	26	2.90	154146	2556442	2.94	1
42	11150421	十份二	191	203	8.09	154146	2556442	2.99	3
43	11150431	十份三	260	272	9.48	154146	2556442	2.94	4
44	11150311	頂山一	21	33	2.00	158102	2565025	0.98	1
45	11150321	頂山二	219	231	16.89	158102	2565025	0.98	4
46	11150111	大文一	15	33	3.95	162586	2561292	2.68	1
47	11150121	大文二	94	106	3.85	162586	2561292	2.68	2
48	11150131	大文三	121	133	5.17	162586	2561292	3.11	3
49	11150141	大文四	220	232	20.05	162586	2561292	3.14	4
50	11070111	紀安一	15	42	5.37	171010	2561511	8.75	1
51	11070121	紀安二	185	209	28.40	171010	2561511	8.81	3
52	11070311	港尾一	18	30	4.02	167942	2567431	4.19	1
53	11070321	港尾二	114	126	18.65	167942	2567431	4.12	2
54	11070331	港尾三	172	190	31.87	167942	2567431	4.20	3
55	11070341	港尾四	241	250	36.92	167942	2567431	4.12	4
56	11070211	總爺一	26	44	28.00	174375	2565395	11.42	1
57	11070221	總爺二	98	110	28.00	174375	2565395	11.43	2
58	11070231	總爺三	164	194	28.00	174375	2565395	11.42	3
59	11100111	官田一	47	65	33.27	181773	2565588	26.46	1
60	11100121	官田二	90	102	32.86	181773	2565588	26.49	2
61	11100131	官田三	173	185	21.93	181773	2565588	26.46	3
62	11090111	六甲一	45	63	23.20	182708	2569605	26.87	1
63	11090121	六甲二	153	174	46.41	182708	2569605	26.77	3
64	11090131	六甲三	204	222	50.71	182708	2569605	26.87	4
65	11080111	下營一	12	30	5.16	173545	2570238	5.49	1
66	11080121	下營二	96	114	28.00	173545	2570238	5.53	2
67	11080131	下營三	170	182	33.59	173545	2570238	5.49	3

編號	井號	站名	濾管起點 (m)	濾管終點 (m)	靜水位 (m)	X (m)	Y (m)	地表高 (m)	分層
68	11080141	下營四	216	228	33.30	173545	2570238	5.53	4
69	11040111	柳營一	6	18	4.70	178884	2575010	10.02	1
70	11040121	柳營二	106	124	29.30	178870	2575008	9.96	2
71	11040211	重溪一	36	48	16.20	184263	2576361	21.50	1
72	11040221	重溪二	98	116	24.30	184263	2576361	21.49	2
73	11040231	重溪三	165	172	27.00	184263	2576361	21.50	3
74	11040241	重溪四	222	240	28.00	184263	2576361	21.49	4
75	11170111	北門一	18	32	2.69	158374	2576594	2.81	1
76	11170121	北門二	144	198	15.41	158374	2576580	2.84	3
77	11170211	錦湖一	32	50	3.70	164163	2577533	2.52	1
78	11170221	錦湖二	104	119	25.70	164163	2577533	2.52	2
79	11170231	錦湖三	150	168	25.20	164163	2577533	2.52	3
80	11050111	新東一	14	26	4.60	179177	2582776	14.05	1
81	11050121	新東二	62	86	23.40	179177	2582776	14.02	2
82	11050131	新東三	113	128	25.70	179177	2582776	14.05	2
83	11050141	新東四	207	239	24.60	179177	2582776	14.02	4
84	10100111	平溪一	9	21	2.70	169486	2584223	4.04	1
85	10100121	平溪二	112	130	26.30	169486	2584223	4.05	2
86	10100131	平溪三	150	168	25.70	169486	2584223	4.04	3
87	10100141	平溪四	231	240	31.00	169486	2584223	4.06	4
88	11030111	白河一	56	74	36.94	189263	2583701	35.65	1
89	11030121	白河二	108	126	31.39	189263	2583701	35.65	2
90	11030131	白河三	228	240	30.53	189263	2583701	35.65	4
91	10115211	下半年一	54	78	15.30	180440	2592280	16.00	2
92	10115221	下半年二	130	159	20.10	180440	2592280	16.00	3
93	10015111	大崙一	24	42	11.80	184640	2595550	19.00	1
94	10015121	大崙二	232	244	24.30	184640	2595550	19.00	4
95	10020111	竹圍一	76	88	23.10	171588	2595629	4.19	2
96	10020121	竹圍二	168	177	22.40	171588	2595629	4.13	3
97	10020131	竹圍三	234	246	21.20	171588	2595629	4.19	4
98	10110111	鹿草一	90	108	20.56	178215	2590227	13.68	2
99	10110121	鹿草二	190	202	29.07	178215	2590227	13.68	3
100	10030311	布袋一	76	104	26.88	164519	2586883	0.90	2
101	10030321	布袋二	177	195	34.18	164519	2586883	0.90	3

表二 分析項目、方法及偵測極限

項	目	檢 驗 方 法	偵測極限	單位
1.	T(水溫)：溫度計法	現地檢測 NIEA W217.50 A	靈敏度 0.1	
2.	pH：電極法	現地檢測 NIEA W424.51 A	靈敏度 0.01	
3.	ORP：電極法	現地檢測 APHA(20 th) 2580 B	靈敏度 0.1	mV
4.	EC：導電度計法	現地檢測 NIEA W203.51 B	靈敏度 0.01	μS/cm
5.	Cl ⁻ ：		0.50	mg/L
6.	SO ₄ ²⁻ ：離子層析法	NIEA W415.51 B	0.50	mg/L
7.	As：二乙基二硫代氨基 甲酸銀比色法	NIEA W310.50 A	0.011	mg/L
8.	Fe：	NIEA W305.51 A	0.038	mg/L
9.	硫化物：甲烯藍法	NIEA W433.50 A	0.035	mg/L



表三 地下水之溫度等基本化學性質

編號	站名	年月日	溫度 ℃	導電度 $\mu\text{S/cm}$	pH	溶氧 mg/l	氧化還原 電位 mV	甲烷氣 ppm	測棒深度 m
1	安平一	930518	25.1	6940	8.09	0.29	-165		5
2	安平二	930518	26.1	82000	7.16	0.18	-167		35
3	台南一	930426	27.1	103600	7.14	0.44	-154		25
4	台南二	930426	27.1	8810	8.18	0.9	-261	有	90
5	台南三	930426	27.7	1884	7.36	0.11	-152	有	180
6	台南四	930426	27.4	2560	7.27	0.92	-62	有	230
7	安慶一	930413	26.2	75400	7.15	0.78	-389		20
8	安慶二	930413	26.6	89700	7.88	0.71	-364	有	60
9	安慶三	930413	27.3	10360	7.38	0.13	-394		80
10	安慶四	930413	27.1	10820	7.38	0.88	-402	有	235
11	永康一	930518	26.7	1542	7.12	0.19	-154		10
12	永康二	930518	27.4	4160	7.64	0.42	-184		75
13	新化一	930519	26.9	1771	7.32	0.12	-202		80
14	新化二	930519	26.7	1887	7.36	0.13	-163		99
15	那拔一	930519	26.3	1240	7.38	0.15	-127		45
16	那拔二	930519	26.5	577	7.56	0.15	-146		75
17	那拔三	地震實驗							
18	新市一	930512	26.3	1062	7.54	0.13	-180		45
19	新市二	930512	28.4	2220	6.97	0.13	-134	有	90
20	新市三	930512	27.7	877	7.70	0.18	-113		180
21	南科一	930505	25.7	847	8.10	0.11	-214	有	20
22	南科二	930505	26.0	1705	8.54	0.18	-161	有	75
23	南科三	930505	27.2	754	7.31	0.11	-166	有	130
24	南科四	930505	27.2	1023	8.00	0.19	-206		200
25	南興一	930503	26.2	48800	7.32	0.1	-122		25
26	南興二	930503	27.3	50600	7.71	0.74	-159		60
27	南興三	930503	27.3	2460	7.35	0.91	-156	有	155
28	南興四	930503	28.2	3020	7.54	0.83	-260	有	215
29	小新一	930521	26.5	777	7.40	0.16	-137		25
30	小新二	930521	26.9	920	7.20	0.17	-146	有	90
31	善化一	930429	26.3	750	7.91	0.27	-181		35
32	善化二	930429	27.4	1186	7.51	0.82	-176	有	105
33	善化三	930429	27.7	640	7.64	0.93	-141		145
34	善化四	930429	28.1	646	7.67	0.67	-154	有	205

編號	站名	年月日	溫度 ℃	導電度 μ S/cm	pH	溶氧 mg/l	氧化還原 電位 mV	甲烷氣 ppm	測棒深度 m
35	進學一	930428	26.8	1948	7.49	0.61	-183		20
36	進學二	930428	26.7	34600	7.11	0.45	-150		55
37	進學三	930428	28.4	976	7.69	0.67	-205	有	230
38	進學四	930428	28	1364	7.56	0.8	-209	有	265
39	三股一	930517	26.6	84500	7.80	0.97	-345	有	55
40	三股二	930517	27.9	13820	7.10	0.17	-192	有	200
41	十份一	930420	26.8	81400	7.88	0.94	-264		15
42	十份二	930420	28.4	9380	7.75	0.7	-382	有	195
43	十份三	930420	28.9	2780	8.57	0.9	-361	有	260
44	頂山一	930514	27.1	106600	7.87	0.68	-305	有	25
45	頂山二	930514	30.0	1784	7.56	0.15	-179	有	220
46	大文一	930427	26.4	49800	7.29	0.18	-148		15
47	大文二	930427	27.6	44900	7.30	0.6	-210	有	95
48	大文三	930427	27.6	24000	7.09	0.59	-178	有	125
49	大文四	930427	29.1	1367	7.78	0.94	-254	有	220
50	紀安一	930517	25.8	887	7.78	0.35	-190		15
51	紀安二	930517	26.6	8480	7.52	0.18	-190		185
52	港尾一	930419	26.5	43300	7.77	0.11	-334	有	20
53	港尾二	930419	27.5	11110	7.04	0.16	-111	有	115
54	港尾三	930419	27.8	7020	7.05	0.19	-248	有	175
55	港尾四	930419	29.1	1199	8.00	0.15	-208	有	245
56	總爺一	930421	25.8	793	7.41	0.33	-135	有	30
57	總爺二	930421	26.9	25400	7.31	0.17	-126	有	100
58	總爺三	930421	27.7	4210	6.87	0.12	-140	有	165
59	官田一	930510	27	811	7.47	0.97	-255		50
60	官田二	930510	28.5	988	7.69	0.14	-130		90
61	官田三	930510	28.5	942	7.63	0.11	-210		175
62	六甲一	930520	26.0	1747	7.60	0.22	-173		45
63	六甲二	930520	27.5	989	7.76	0.18	-213		155
64	六甲三	地震實驗							
65	下營一	930430	27.3	4280	7.75	0.69	-182		15
66	下營二	930430	27.1	4800	7.31	0.72	-128	有	100
67	下營三	930430	27.7	3470	7.42	0.58	-168	有	170

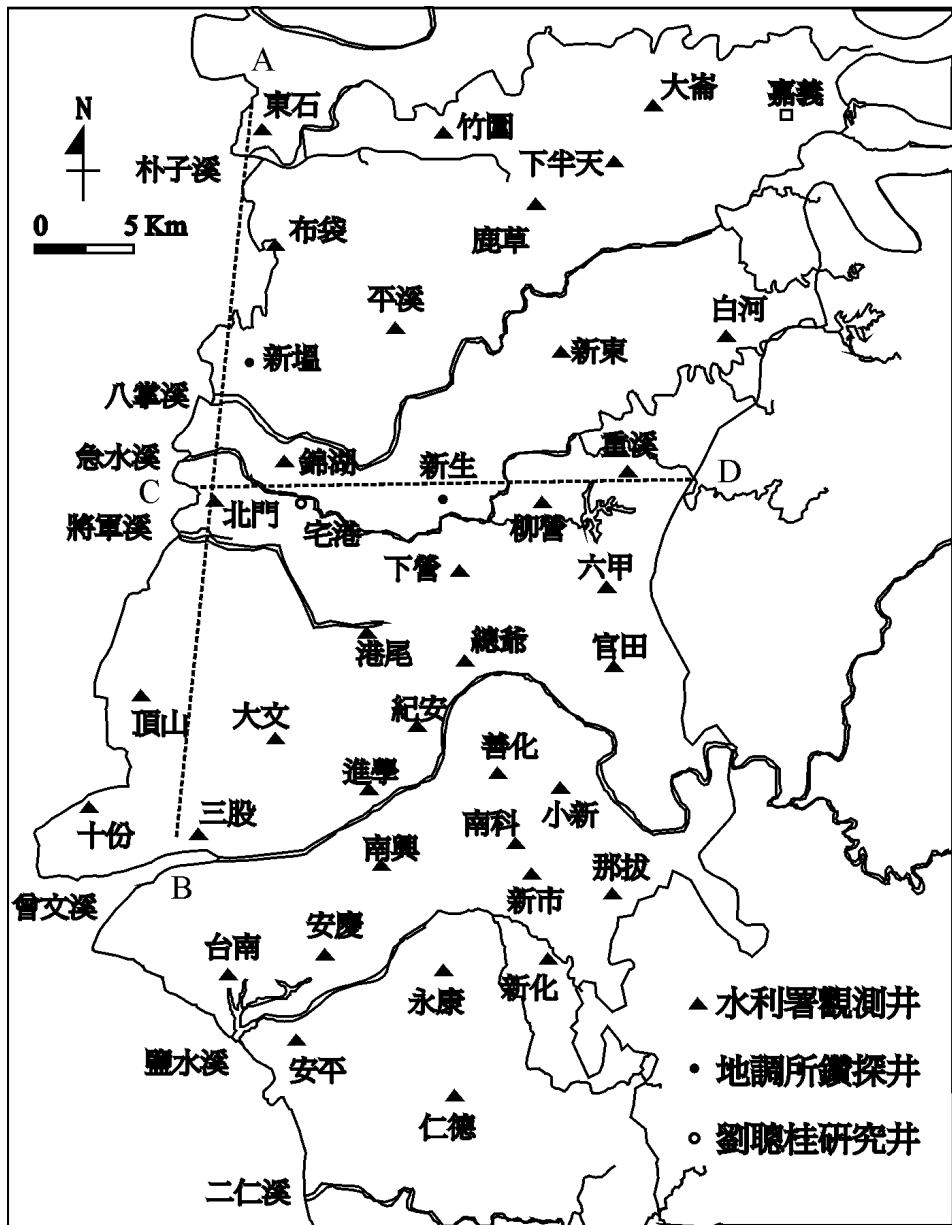
編號	站名	年月日	溫度 ℃	導電度 μS/cm	pH	溶氧 mg/l	氧化還原 電位 mV	甲烷氣 ppm	測棒深度 m
68	下營四	930430	28.3	5000	7.36	0.69	-166	有	220
69	柳營一	930520	26.3	845	7.18	0.23	-118		10
70	柳營二	930520	26.1	1741	7.62	0.19	-181		110
71	重溪一	930412	27	916	7.91	0.28	-191		40
72	重溪二	930412	27.1	537	7.53	0.7	-179		100
73	重溪三	930412	27.4	675	7.76	0.16	-110		165
74	重溪四	930412	28.9	593	7.61	0.15	-131		225
75	北門一	930514	27	51300	7.36	0.2	-159		20
76	北門二	930514	27.4	1721	7.94	0.12	-233		145
77	錦湖一	930506	26.2	67700	7.60	0.61	-357	有	35
78	錦湖二	930506	27.4	1468	7.36	0.19	-248	有	105
79	錦湖三	930506	28.4	1228	7.41	0.13	-159	有	150
80	新東一	930504	26.0	836	7.47	0.13	-171		15
81	新東二	930504	26.2	1677	7.49	0.11	-176	有	65
82	新東三	930504	26.6	1351	8.05	0.49	-326		115
83	新東四	930504	27.8	1523	7.51	0.96	-213	有	210
84	平溪一	930602	25.7	1400	7.14	0.14	-157		10
85	平溪二	930602	27.7	3560	7.29	0.12	-187	有	115
86	平溪三	930602	26.5	4560	7.27	0.14	-162	有	150
87	平溪四	930602	28.9	2270	7.37	0.17	-225	有	235
88	白河一	930513	26.6	877	6.99	0.27	-198		70
89	白河二	930513	26.7	547	7.49	0.26	-147		110
90	白河三	930513	28	583	7.52	0.19	-186		230
91	下半天一	930607	26.3	742	7.49	0.16	-161		55
92	下半天二	930607	27.7	670	7.66	0.19	-158		130
93	大崙一	930607	26.7	915	7.26	0.3	-67		25
94	大崙二	930607	28.8	448	7.95	0.14	-185		235
95	竹圍一	930603	28.1	822	7.38	0.13	-159		80
96	竹圍二	930603	29.8	607	7.76	0.15	-195		170
97	竹圍三	930603	31.0	511	7.76	0.16	-177		235
98	鹿草一	930604	27.6	737	7.58	0.14	-41		90
99	鹿草二	930604	29.5	633	7.68	0.17	-85		190
100	布袋一	930604	27.9	2970	7.37	0.13	-193	有	80
101	布袋二	930604	29.6	13000	7.86	0.11	-250	有	180

表四 地下水中硫化物及鐵離子等之濃度

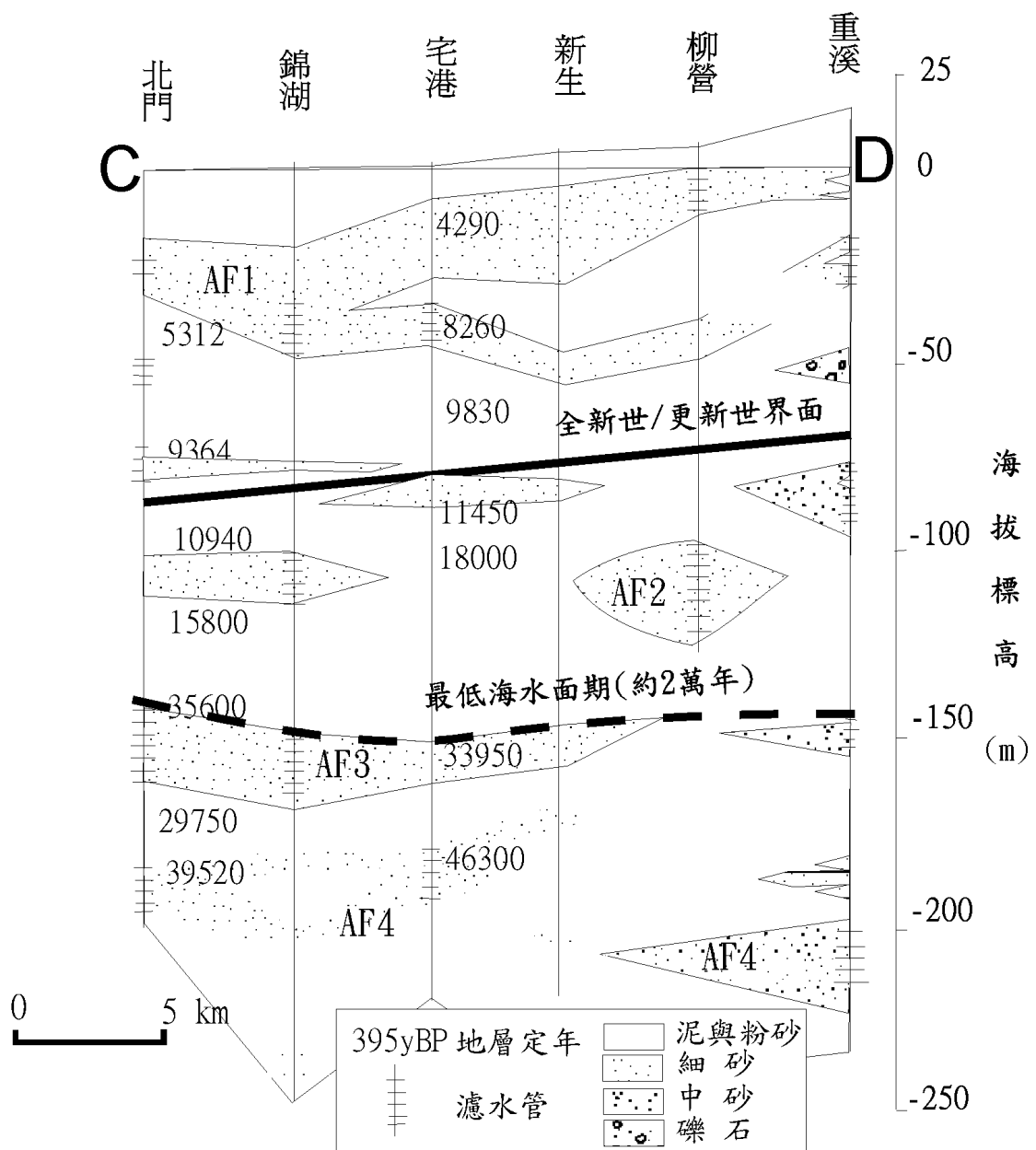
編號	站名	pH	sulfide	H ₂ S	HS-
1	安平一	8.09	0.03	0.002	0.03
2	安平二	7.16	0.03	0.012	0.02
3	台南一	7.14	0.03	0.012	0.02
4	台南二	8.18	0.03	0.002	0.03
5	台南三	7.36	0.03	0.009	0.02
6	台南四	7.27	0.07	0.024	0.05
7	安慶一	7.15	0.03	0.012	0.02
8	安慶二	7.88	0.03	0.003	0.03
9	安慶三	7.38	5.17	1.497	3.67
10	安慶四	7.38	5.23	1.514	3.72
11	永康一	7.12	0.03	0.013	0.02
12	永康二	7.64	0.03	0.005	0.02
13	新化一	7.32	0.03	0.010	0.02
14	新化二	7.36	0.03	0.009	0.02
15	那拔一	7.38	0.03	0.009	0.02
16	那拔二	7.56	0.03	0.006	0.02
17	那拔三			0.000	0.00
18	新市一	7.54	0.22	0.048	0.17
19	新市二	6.97	0.24	0.123	0.12
20	新市三	7.70	0.09	0.015	0.08
21	南科一	8.10	0.12	0.009	0.11
22	南科二	8.54	0.06	0.002	0.06
23	南科三	7.31	0.03	0.010	0.02
24	南科四	8.00	0.03	0.003	0.03
25	南興一	7.32	0.03	0.010	0.02
26	南興二	7.71	0.10	0.016	0.08
27	南興三	7.35	0.10	0.030	0.07
28	南興四	7.54	0.05	0.011	0.04
29	小新一	7.40	0.07	0.020	0.05
30	小新二	7.20	0.03	0.011	0.02
31	善化一	7.91	0.03	0.003	0.03
32	善化二	7.51	0.03	0.007	0.02
33	善化三	7.64	0.03	0.005	0.02
34	善化四	7.67	0.35	0.060	0.29

35	進學一	7.49	0.15	0.036	0.11
36	進學二	7.11	0.15	0.065	0.09
37	進學三	7.69	0.18	0.030	0.15
38	進學四	7.56	0.09	0.019	0.07
39	三股一	7.80	3.27	0.439	2.83
40	三股二	7.10	0.18	0.079	0.10
41	十份一	7.88	2.84	0.324	2.52
42	十份二	7.75	2.61	0.386	2.22
43	十份三	8.57	0.51	0.013	0.50
44	頂山一	7.87	2.72	0.317	2.40
45	頂山二	7.56	0.09	0.019	0.07
46	大文一	7.29	0.03	0.010	0.02
47	大文二	7.30	0.04	0.013	0.03
48	大文三	7.09	0.03	0.013	0.02
49	大文四	7.78	0.03	0.004	0.03
50	紀安一	7.78	0.73	0.102	0.63
51	紀安二	7.52	0.40	0.091	0.31
52	港尾一	7.77	0.07	0.010	0.06
53	港尾二	7.04	0.05	0.024	0.03
54	港尾三	7.05	0.11	0.051	0.06
55	港尾四	8.00	0.18	0.016	0.16
56	總爺一	7.41	0.03	0.008	0.02
57	總爺二	7.31	0.03	0.010	0.02
58	總爺三	6.87	0.03	0.017	0.01
59	官田一	7.47	0.03	0.007	0.02
60	官田二	7.69	0.11	0.018	0.09
61	官田三	7.63	0.13	0.024	0.11
62	六甲一	7.60	0.06	0.012	0.05
63	六甲二	7.76	0.50	0.073	0.43
64	六甲三			0.000	0.00
65	下營一	7.75	0.18	0.027	0.15
66	下營二	7.31	0.20	0.065	0.14
67	下營三	7.42	0.10	0.027	0.07
68	下營四	7.36	0.15	0.045	0.11
69	柳營一	7.18	4.27	1.675	2.59
70	柳營二	7.62	0.27	0.051	0.22
71	重溪一	7.91	0.03	0.003	0.03

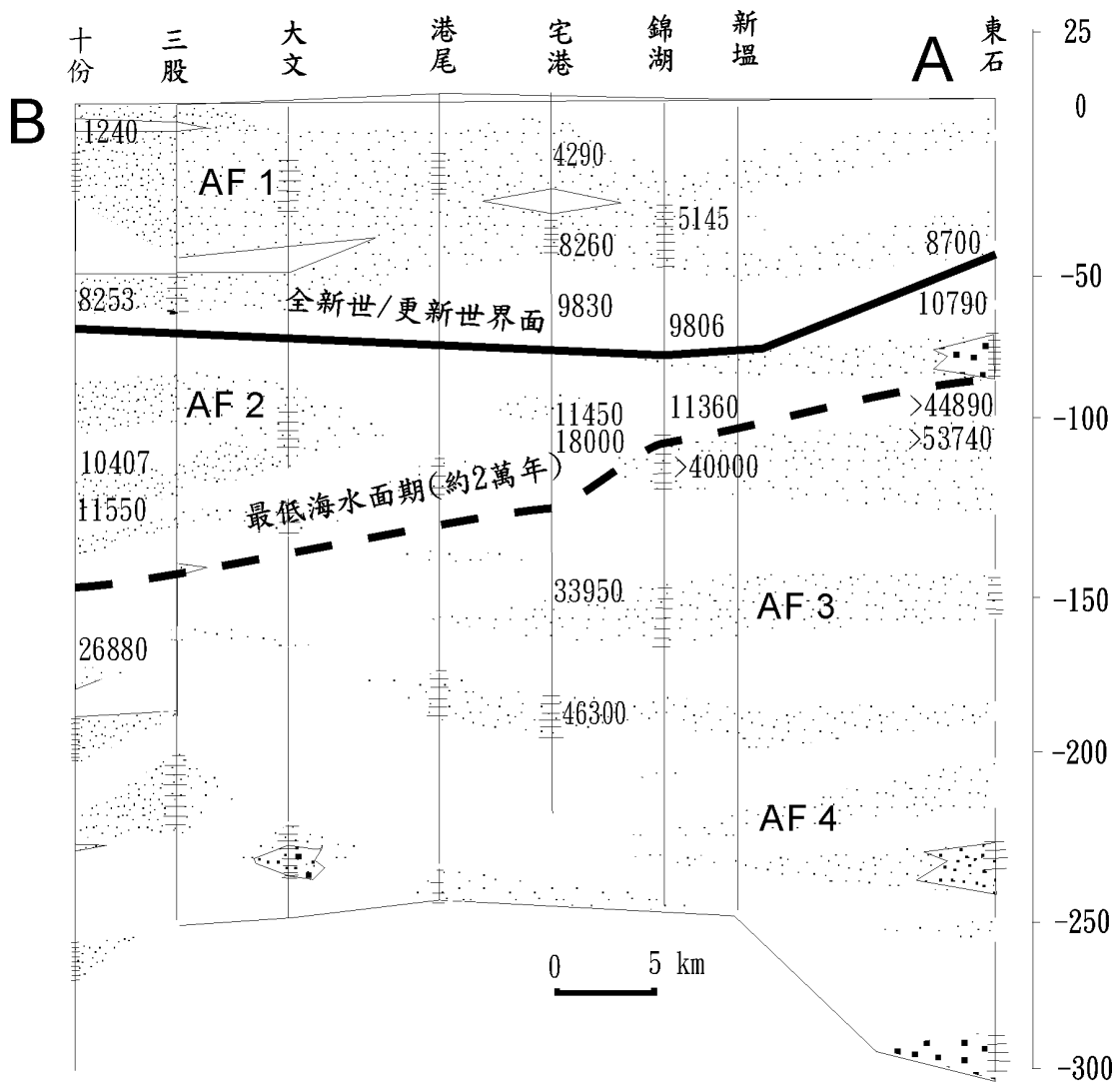
72	重溪二	7.53	0.03	0.007	0.02
73	重溪三	7.76	0.03	0.004	0.03
74	重溪四	7.61	0.06	0.012	0.05
75	北門一	7.36	0.31	0.093	0.22
76	北門二	7.94	0.62	0.063	0.56
77	錦湖一	7.60	6.5	1.281	5.22
78	錦湖二	7.36	0.31	0.093	0.22
79	錦湖三	7.41	0.44	0.121	0.32
80	新東一	7.47	0.03	0.007	0.02
81	新東二	7.49	0.08	0.019	0.06
82	新東三	8.05	0.22	0.018	0.20
83	新東四	7.51	0.10	0.023	0.08
84	平溪一	7.14	0.09	0.037	0.05
85	平溪二	7.29	0.15	0.050	0.10
86	平溪三	7.27	0.19	0.065	0.12
87	平溪四	7.37	1.21	0.356	0.85
88	白河一	6.99	0.24	0.120	0.12
89	白河二	7.49	0.03	0.007	0.02
90	白河三	7.52	0.03	0.007	0.02
91	下半天一	7.49	0.03	0.007	0.02
92	下半天二	7.66	4.94	0.870	4.07
93	大崙一	7.26	2.83	0.989	1.84
94	大崙二	7.95	5.28	0.522	4.76
95	竹圍一	7.38	0.18	0.052	0.13
96	竹圍二	7.76	0.25	0.036	0.21
97	竹圍三	7.76	0.23	0.033	0.20
98	鹿草一	7.58	0.03	0.006	0.02
99	鹿草二	7.68	0.03	0.005	0.02
100	布袋一	7.37	0.03	0.009	0.02
101	布袋二	7.86	0.90	0.107	0.79



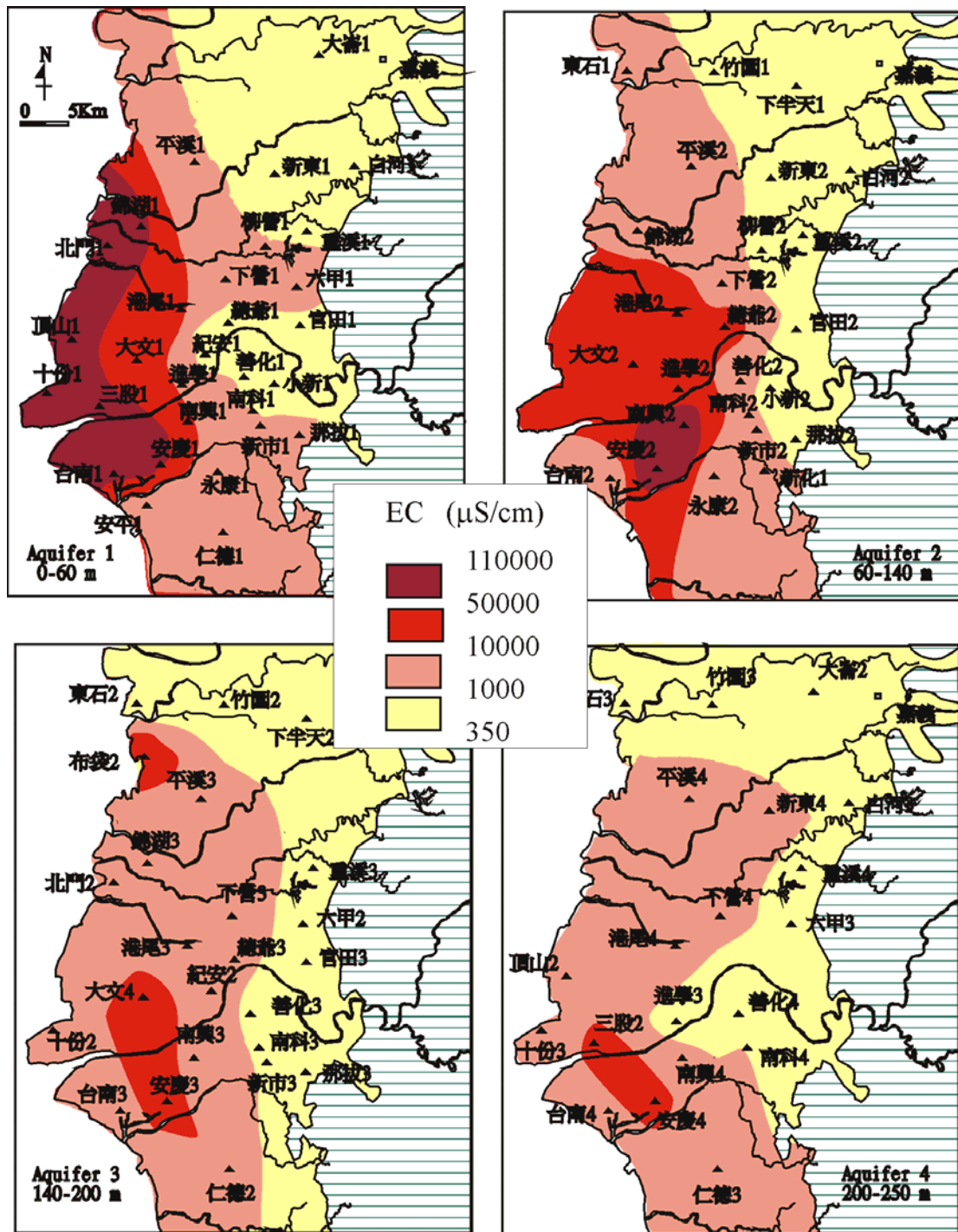
圖一 嘉南地區地下水觀測站位置



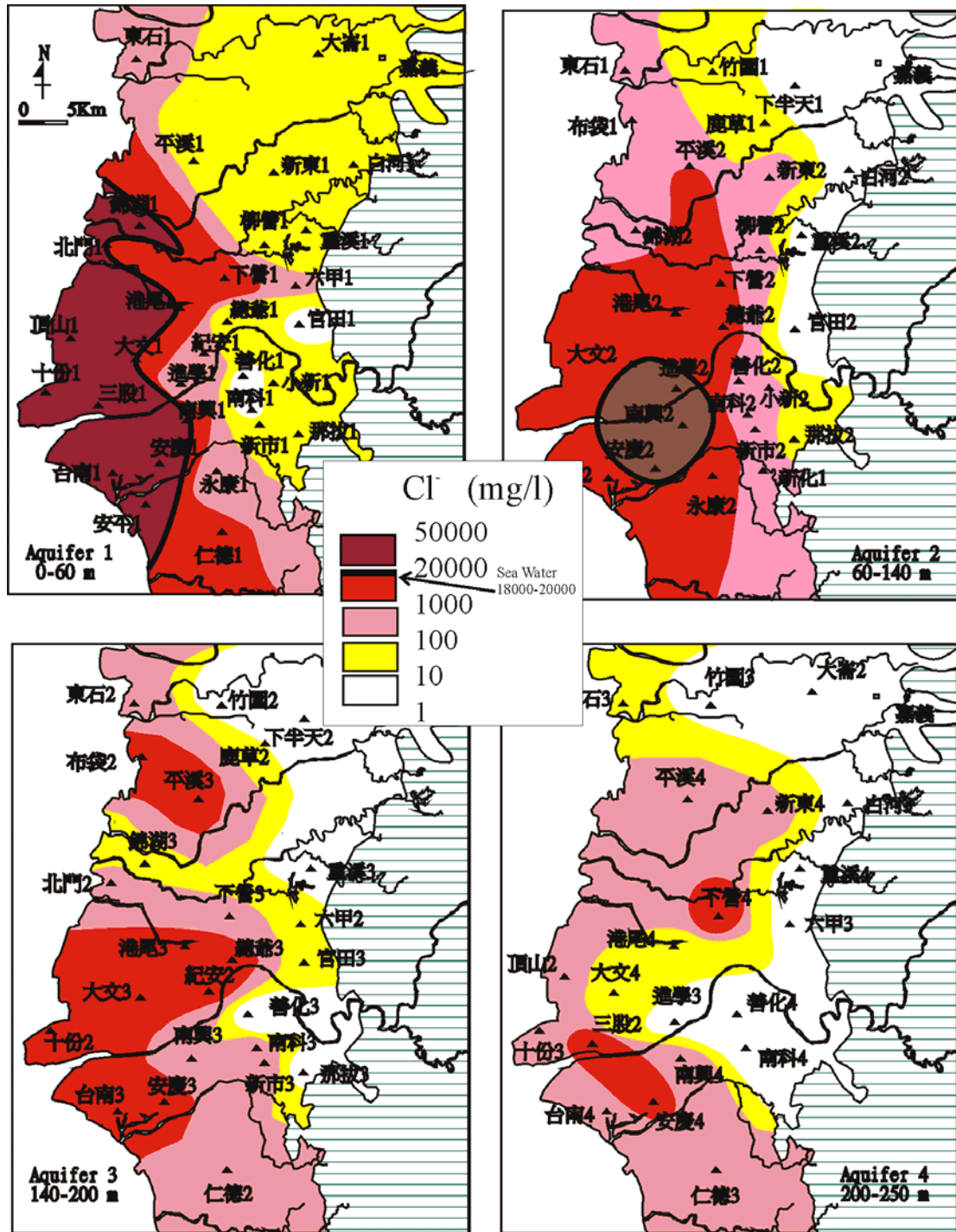
圖二 東西向地質剖面



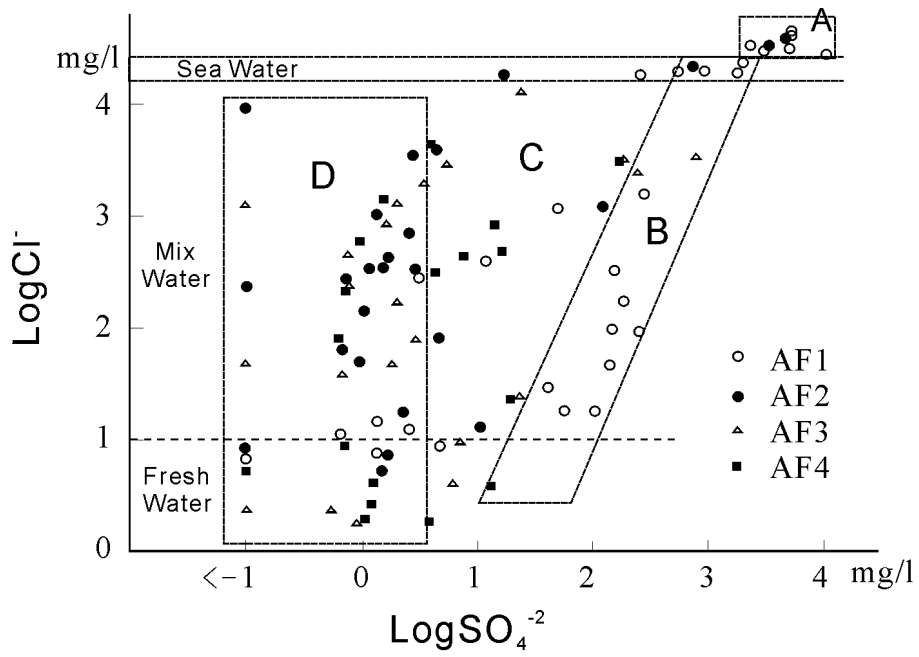
圖三 南北向地質剖面



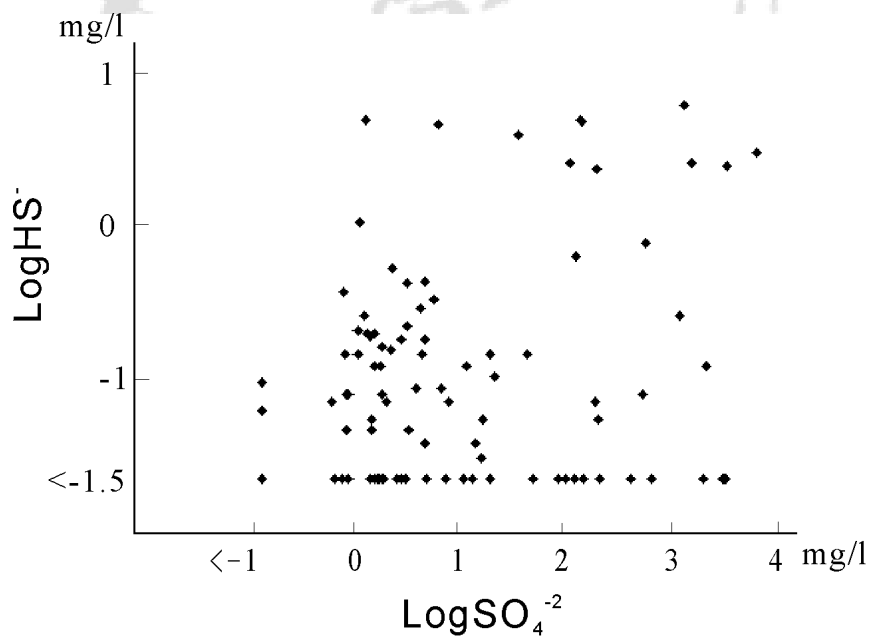
圖四 地下水導電度分層分布



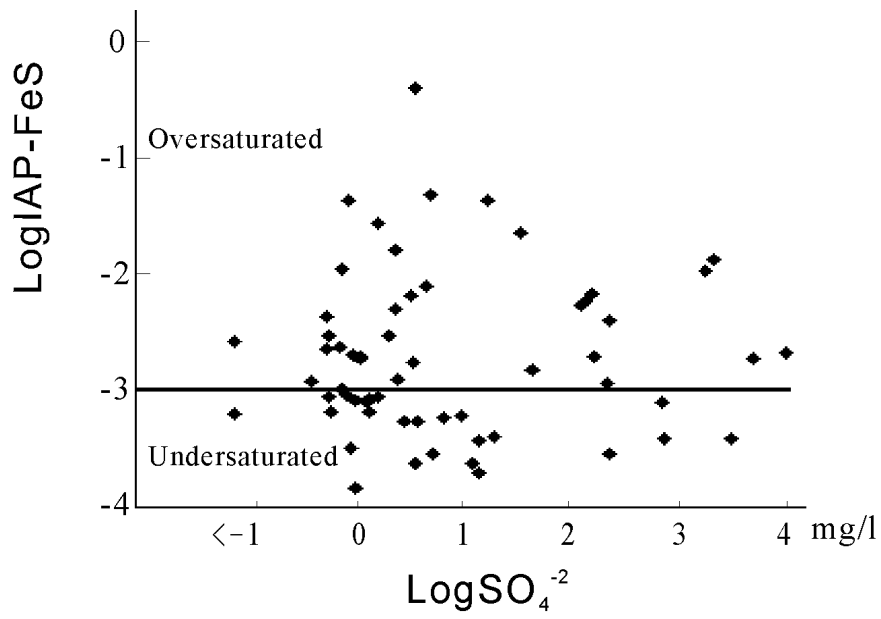
圖五 地下水氯離子濃度分層分布



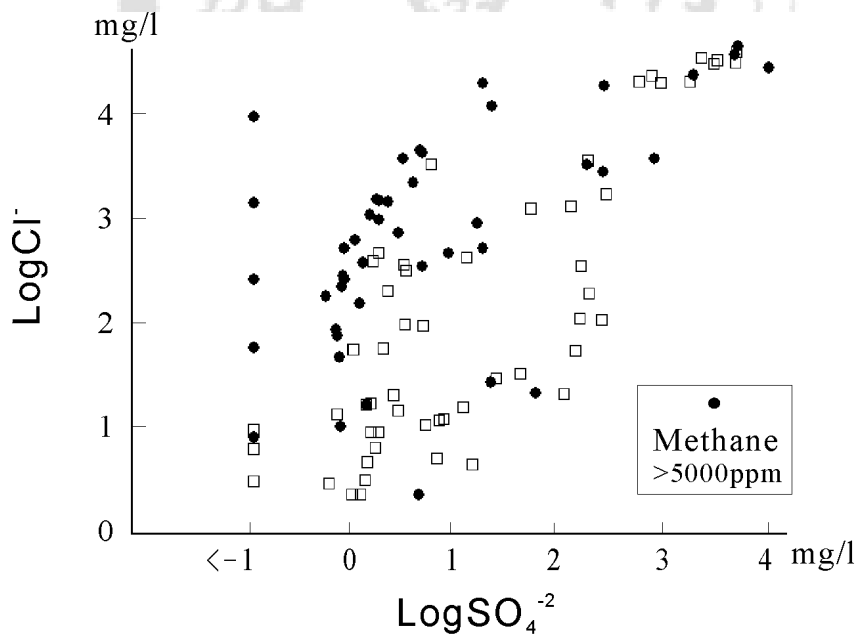
圖六 氯離子濃度對硫酸根濃度作圖



圖七 硫化氫離子濃度對硫酸根濃度作圖



圖八 硫化鐵離子活度積對硫酸根濃度作圖



圖九 以水樣是否含甲烷氣之氯離子對硫酸根濃度作圖