

行政院環境保護署

102 年度土壤及地下水污染整治基金補助研究與模場試驗專案

以多種同位素與地球化學分析技術(MEIGA)研究中壢工業區

地下水污染

期末報告

主辦單位： 行政院環境保護署

計畫執行單位：國立台灣大學／地質科學系

計畫主持人：李紅春 教授

計畫執行期間：101年12月10日起至

102年12月09日

中華民國 102 年 12 月 印製

土壤及地下水污染整治基金補助研究與模場試驗專案 成果自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

☒ 達成目標

☐ 未達成目標（請說明，以 100 字為限）

☐ 實驗失敗

☐ 因故實驗中斷

☐ 其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文：☐已發表 ☒未發表之文稿 ☐撰寫中 ☐無

專利：☐已獲得 ☐申請中 ☐無

技轉：☐已技轉 ☐洽談中 ☐無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

一、發現中壢工業區 CL02 井位的三氯乙烯污染，基本是近處排放到地下水的污染，擴散範圍不大，內定國小處地下水的輕度污染可能是從 CL02 井位處擴散來的。除此之外，中壢工業區地下水在本次調查中，沒有顯示污染狀況。

二、臺氯頭份廠大坑西南處的污染來源有兩處：中石化排放水和中普氣體廠對面之排水管。這個地方的排水在大雨天顯示高導電度和離子濃度，不是天然水體的排放。這種雨天排放的情況值得環保監測部門的重視。

三、MEIGA 法對於地下水的來源、運移和變化能有效地了解，對研究污染來源和擴散行之有效。在學術上，穩定同位素的運用發揮了重要作用，相關研究成果已經撰寫學術論文，並進行投稿。MEIGA 法的實行需要具有一定的研究實力、設備和理論基礎，一般環保公司和政府單位較難完成，這需要有資質的學術研究單位參與。從環保調查、研究和整治的角度上來看，MEIGA 法對於完整而準確地掌握地下水污染狀況，無疑是值得採納的。

1. 中文摘要

本計畫用同位素和地球化學方法 (Multiple-evidence of isotopic and geochemical approach, MEIGA) 研究中壢工業區的地下水污染，將對研究區的地表水/地下水在旱季、雨季和颱風過後分別採樣，進行同位素和地球化學分析。檢測分析項目包括 pH、溶氧、導電度、氨氮、 $\delta^{18}\text{O}$ 、 δD 、 $\delta^{13}\text{C}$ (DIC)，K，Na，Li，Ca，Mg，Sr，Ba，Fe，Mn，Al，Cu，Zn，Ni，Ga，三氯乙烯。

自計畫執行以來，我們在中壢工業區採集地表水和地下水共 81 個樣品。從這些樣品的地球化學數據來看，該區的主要發現是：1. **中壢工業區 CL02 井位的三氯乙烯污染，基本是近處排放到地下水的污染，擴散範圍不大；**2. **內定國小處地下水的輕度污染可能是從 CL02 井位處擴散來的。**3. 除此之外，中壢工業區地下水在本次調查中，沒有顯示含氯有機物（三氯乙烯）污染狀況。還表現為沒有重金屬污染；氨氮的濃度還不如河水中的高，某些區段河水由於生活排放廢水導致氨氮濃度偏高（11ppm）。

除了中壢工業區的污染調查之外，我們還延續了頭份工業區的污染調查。在去年的報告中，有關臺氯頭份廠內，“大坑”西南角處的污染來源，需要進一步查明。我們在 2013 年 5 月 15 號，大雨中採樣，發現該處的污染來自地表並且水樣的 pH 和電導度都偏高，**污染來源有兩處：中石化排放水和中普氣體廠對面之排水**管。從分析數據結果來看，所有中壢工業區的地下水樣品，無論是常量元素，還是微量元素的濃度都很低，遠遠低於頭份工業區的地下水元素濃度。而且，中壢工業區的地下水與地表水的元素濃度相當，說明地表水在下滲過程中，沒有礦物的溶解，也沒有工業廢水排放的影響。這與氫氧同位素的結果也可以相互印證。

無論是頭份工業區還是中壢工業區都存在雨季導電度和污染濃度都高於旱季，在臺氯頭份廠內“大坑”西南角處採樣時，暴雨中廢水排放增加，這些現象表明在雨季有偷排現象。因此，本研究建議，環保單位應該：1. 對造成 CL02 井位處污染的廠商進行監督；2. 對“大坑”西南角處的排水溝釋放廢水的單位進行調查，制止污染物排放；3. 加強雨季監測措施，有效防止偷排。4. 鑒於 MEIGA 法能夠行之有效地了解地下水的來源、運移和變化，對判斷污染來源和成因有重要作用，應該推廣用於地下水的研究和監測。

2. 英文摘要

According to the investigation on 22 industrial technology areas during the past 2~3 years by Taiwan EPA, there are four industrial technology areas with Red Light sign which means that the areas have significant contamination and high potential proliferate. The investigation result called up strongly public attention. Chungli Industrial Technology Area is one of the sites with Red Light sign. Under such a circumstance, the local and central governments have ordered the related corporations and manufactories to clean up the contamination. One may cut off current discharge of pollutants from those manufactories. But, the pollutants in the contaminated site will continue to spread in groundwater. How do those pollutants migrate in the groundwater? Where are the sources of the pollutants in both surface and underground? How do the geological and hydrological conditions to influence penetration, diffusion and mixing of the pollutants in the groundwater system? Answers to these questions will be the key to clean up the contaminations. In this proposed project, we plan to collect surface water and groundwater samples in the Chungli Industrial Technology Area in both wet and dry seasons and to measure samples for pH, DO, conductivity, $\text{NH}_3\text{-N}$, δD , $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$ of DIC, and elemental contents of Na, K, Li, Ca, Mg, Sr, Ba, Fe, Mn, Al, Zn, Cu, Ni, Ga, concentrations of Trichloroethene.

In this project, we have collected 81 samples including groundwaters and surface waters from Chungli Industrial Technology Area. Based on the preliminary results, we find that the pollution of the groundwater in Chungli Industrial Technology Area is much less compared to Toufen Industrial Technology Area. The contamination source at CL02 well site comes from nearby manufactory. This contaminated source might spread to the groundwater in the Neiding Elementary school. The δD and $\delta^{18}\text{O}$ relationships of the samples indicate that the groundwater is mainly from the surface water with no indication of industrial waste water. There is no heavy metal contamination in the groundwater. High concentrations (~11 ppm) of $\text{NH}_3\text{-N}$ appeared in the river water near some residential area and the $\text{NH}_3\text{-N}$ concentrations in the groundwater samples are generally low. Only one sample shows slightly high Trichloroethene concentration. The conductivity and elemental concentrations are generally low in all samples.

In addition, we have continued the investigation of Toufen Industrial Technology Area in which the contamination source at the southwest corner of “Dakeng” was not

clear during the project of last year. On May 15, 2013, we have sampled the surface water in this location, and found that the surface water contained high pH and conductivity. We suspect that the surface water may indicate the contamination source which comes from outlets nearby. All samples of groundwater in the Chungli Industrial Technology Area, whether it is a constant element, or the concentration of trace elements are low, much lower than those samples in the Toufen Industrial Technology Area. Moreover, the groundwater and surface water element concentration in the Chungli Industrial Technology Area, shows that surface water in the process of infiltration, no mineral dissolution, also does not have the effect of industrial waste water discharge. This can match with the results of hydrogen and oxygen isotope.

From the results of this project, we suggest that (1) Local EPA should check out the manufactories who dumped the pollution source into the groundwater at CL02 well site. (2) Local EPA should check out the contamination source from the outlets at the southwest corner of “Dakeng”. (3) Monitoring outlets of manufactories in the industrial areas during rainy days. (4) Applying MEIGA method in more areas and sites.

3. 計畫緣起與目的

101 年行政院環保署公佈的 4 個紅燈和 6 個橘燈的污染現狀的工業園區，引起了媒體和廣大民眾的注意。這項為全國 151 個工業園進行體檢的項目於 99 年發起，目前還只是完成了部分的體檢工作，已經發現高污染潛勢的工業園區都是多年來被檢測出來受污染的場址。例如：頭份工業區在 2004 年被發現地下水遭受含氯有機物污染，直至今天仍有不少井位測出含氯有機物超標（苗栗縣環境保護局，2004, 2008；行政院環境保護署，2009，2010a；行政院環境保護署，2012a）；中壢工業區從民國 95 年起就連續檢測出地下水 TEC 污染和含氯有機物超標（行政院環境保護署，2010b；行政院環境保護署，2012b）。因此，儘管環保部門可以控管企業的排放標準，但是已經被污染的場址要清除污染是一項非常艱鉅的任務，不少污染物一旦進入環境中，會長時間地滯留，這並不是只要遏制住現在的污染排放就可以達到目標的。環境執法單位除了監測和發現各種污染現象和問題之外，還要判別污染的來源和責任的歸屬。在許多情況中，發現污染問題並不難，難的是如何追蹤與釐清污染的來源。不少污染場址是在過去環保法規尚不健全、執行尚不嚴格的年代已經存在的，原來的廠家早已撤離；有些污染場址存在多個產生污染的源頭；還有一些污染場址的污染源可能來自遠處。所以，不少污染場址被發現之後，卻無法在短期內找出責任歸屬，有些情況甚至需要消費鉅資來尋找污染來源，甚至不少司法判案依據需要科學證據來說明污染來源。更重要的是，對於已經遭受污染的場址，被污染的地下水將如何遷移？污染源如何擴散？地質和水文條件對污染的擴散會有什麼影響？解決這些問題是治理污染的必要途徑。一方面要遏制住污染排放，另一方面要有效地治理被污染的環境，只有這樣雙管齊下，才能真正地達到“土清水淨”的目標。

對於來源複雜的污染場址，要判斷污染物來源，是一個綜合的地質、水文和地球化學的研究課題。在進行地下水鑽探工程之前或者同時，地球物理和地球化學分析資料能夠更有效、更合理地明確工程計畫和確定鑽井位置。然而，目前對於地球化學方法在環境污染場址的地下水調查研究中的使用還相當薄弱，所量測的指標相對比較普通，如：水溫、電導度、總硬度、pH、氨氮、硝酸鹽氮、總有機碳、氯鹽、鈣、鎂、鈉、鉀、鐵、錳、鎘、銅、鉻、鋅、硫酸根、亞硝酸鹽、碳酸氫鹽及碳酸鹽等，還很少利用同位素分析技術。因此，本計畫目的主要是針

對地下水體系，利用多種同位素和地球化學分析方法，瞭解地下水的來源、運移狀況、以及污染物在地下水中的變化（如：降解/反應、吸附/脫附、遷移/沉澱），從而判斷污染來源與擴散歷史和規律，幫助確定處理污染的方法和措施。

80 年代臺灣飛速發展的經濟，產生了不少環境污染的遺留問題。在各類型污染物中，因為含氯有機溶劑屬於比水重非水相液體(Dense Non-Aqueous Phase Liquid, DNAPL)，一旦洩漏至土壤或地下水中，其移動分佈深受複雜的水文地質變化所影響，所造成的問題最為棘手(環保署，2010a)。環保署對北臺灣地區的多個工業園區進行深入地調查已經發現多個工業園區遭受含氯有機物的污染(表 1)。Wang(2010)指出，美國地區自 1940 年早期即廣泛使用含氯有機溶劑，因此成為地下水中最常被檢測出之污染物質。另外在很多污染案例當中，含氯有機物污染團來源不明，以致衍生後續相關污染來源之環境訴訟。

美商傑明工程顧問公司多年來受環保署以及地方環保局的委託，對苗栗頭份工業區和桃園中壢工業區進行詳細調查，發現含氯有機物的污染已經深達 20-30 米的地下水中，大量的鑽井工作已經證實該地區含氯有機物污染的嚴重性和複雜性（行政院環境保護署，2012b）。在環保署和桃園環保局多年的監測下，中壢工業區的污染雖然似乎還沒有擴散到工業園區之外，但住宅和民用用水都有一定的風險。在多年的監測資料中，發現三氯乙烯、氨氮、個別重金屬（如：Mn, Fe）等超標（行政院環境保護署，2012b）。儘管排放污染的控制已經很嚴格，當地地下水的污染狀況還是沒有解決。因此，中壢工業區是 101 年度環保署公佈的具有高污染潛勢的紅燈工業區之一。為此，將中壢工業區的污染場址做為首要研究對象，是本計畫的考量。重點是要研究污染場址的地下水運移模式，污染源遷移和擴散過程。這就需要用到前述的綜合研究方法。

我們與美商傑明工程顧問公司合作執行行政院環境保護署「101 年度土壤及地下水污染研究與技術提昇計畫」，利用多種同位素和地球化學方法（MEIGA），綜合性地研究了頭份工業園區污染場址的地下水體系，探索污染物在地下水中的變化與運移，基本確定了污染源的來源，建立了一套行之有效的研究地下水污染的綜合地球化學方法。我們將這個研究方法運用在中壢工業區的研究，這樣可以進一步驗證這一 MEIGA 模式，為環保機構提供完善的技術方法。

中壢工業區是 101 年環保署公佈的 4 個紅燈高污染潛勢工業區，必須立即開展

污染清理工作。然而，對已經污染的場址，僅控制相關企業的污染排放是不夠的，必須對場址的地下水系統進行全面詳細地調查，找出地下污染源以及遷移和擴散方式，排查出隱藏的污染因素，才能有效地治理污染。

我們對中壢工業區地的地表水和進行地下水不同季節的採樣，進行同位素和地球化學檢測分析，瞭解大氣降水和地表水的同位素和地球化學特性，研判地下水的來源、補給狀況與地表水的關係。結合污染物濃度的水準，研判可能污染項目的可能污染源，建議後續污染調查方向。將研究區地下水同位素和地球化學分析資料建檔於環保署建置之地下水監測資料管理系統，撰寫研究報告，發表學術論文，培養大學生和研究生在環境研究中的能力。配合和參與由環保署主辦之地下水污染相關工作會議，宣導與解釋 MEIGA 的理論與應用，將地學研究方法和大學的先進儀器設備應用於環境研究中。

4. 研究方法與過程

4.1 研究區背景

中壢工業區位於桃園縣中壢市，工業化和城市化程度很高，人口和建築都相當密集，地勢較為平坦。中壢市處在北緯 $25^{\circ}01'48''$ ~ $24^{\circ}57'16''$ 和東經 $121^{\circ}15'06''$ ~ $121^{\circ}08'37''$ 之間，北邊接大園鄉與蘆竹鄉，南邊與平鎮市與龍潭鄉相連（圖一）。該處是一個沖積扇台地，南高北低，南端海拔約 170 公尺，緩緩下降至北端的 70 公尺左右。中壢市的 5 條河流從西向東依次為：大崙溪(下游雙溪又稱新厝港溪)、洽溪河(下游田心溪)、老街溪(中壢溪)、新街溪(石頭溪)和黃墘溪(下游埔心溪)，前四條河流都源自南方高台地，黃墘溪源自內壢，最後都北流至大園出海。由此可見，本區地下水的流動方向，基本上是從南向北，從東向西。

中壢市地理位置分布圖

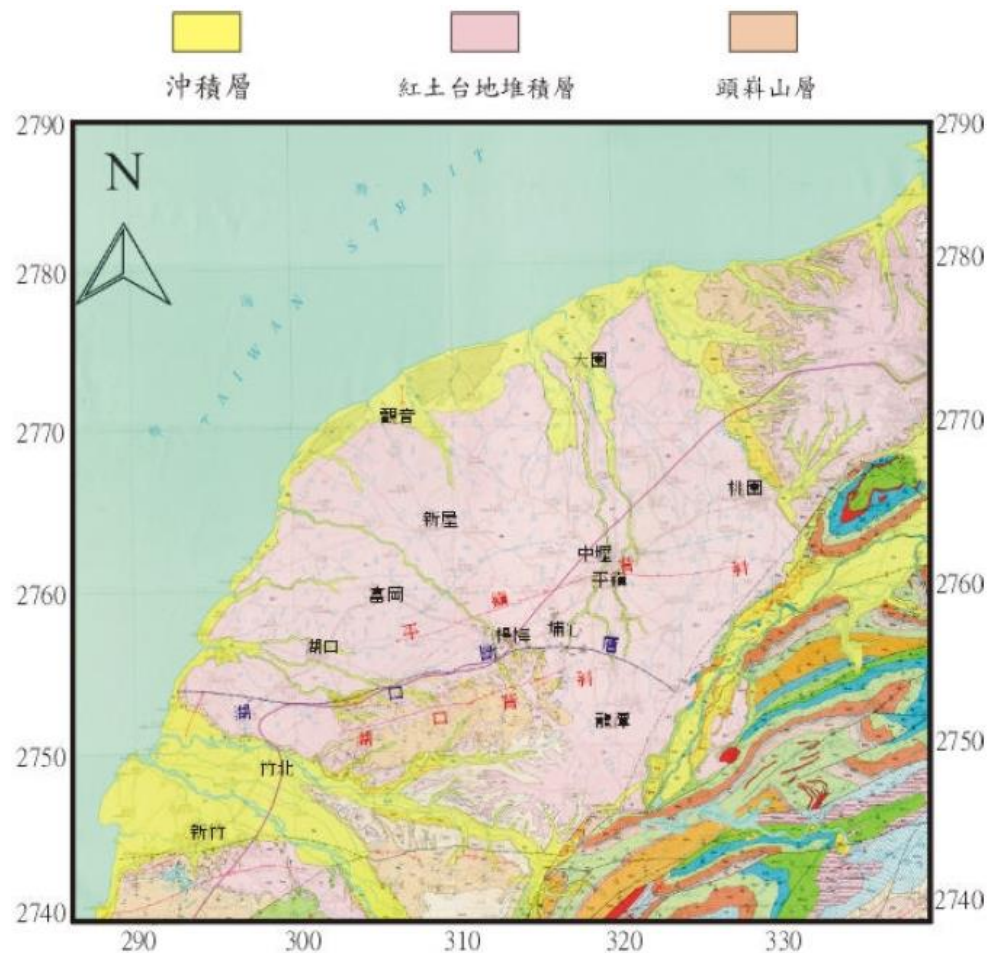


圖一、中壢市地理位置（中壢市公所，2011）

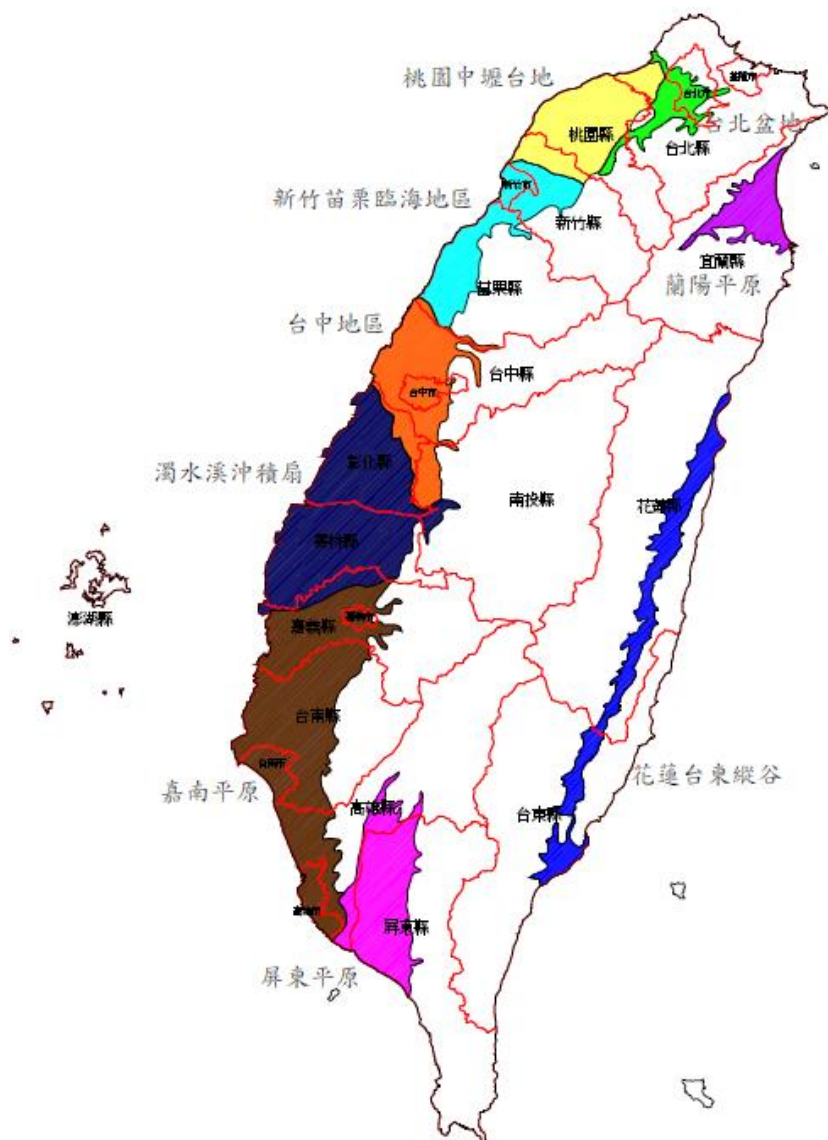
中壢市在地質上屬於桃園中壢台地，台地地層主要是河流沖積層，岩層由卵礫石、

砂及粘土組成（圖二）。地表廣泛分布全新世的河階礫石層和晚更新世的紅土礫石層；紅土礫石層下為楊梅層，以細砂與泥互層為主，相當於中更新世的頭嵙山層香山段的海相地層。地下水分區屬於桃園中壢台地（圖三），台地因缺少較大河流通過，加之表面紅色黏土極為堅密，地面雨水滲透不易，故地下水較為貧乏。中壢臺地導水係數大部分地區約 $300 \text{ m}^2/\text{day}$ ，降水量的季節分配和地層的透水性有差異。根據現階段地下水與雨水、地表水之氫氧同位素組成比較，桃園中壢台地之地下水可能主要來自台地東側或台地以東大漢溪流域。

在氣候上，中壢市屬台灣北部潮濕亞熱帶季風氣候，年均溫約在 $21\sim 24^\circ\text{C}$ 之間，6~9 月氣溫最高，1、2 月溫度最低；平均年雨量約 1,500 毫米，主要雨季以 4~5 月之梅雨季節及 7~9 月之颱風季節雨量較多。



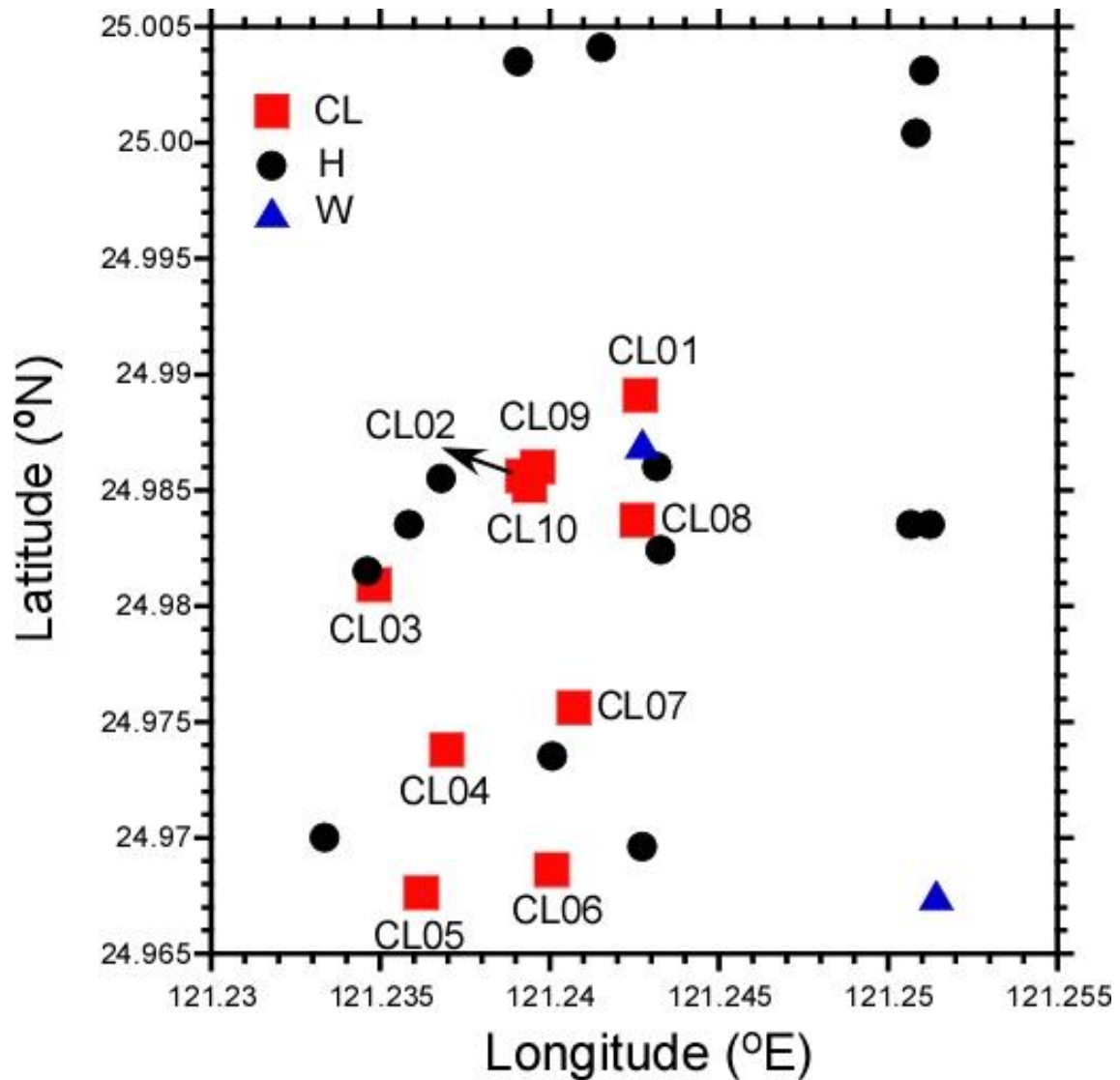
圖二、桃園中壢台地地質圖（經濟部中央地質調查所，5 萬分之一地質圖）



圖三、台灣地下水分區圖（單信瑜，2005）

4.2 採樣過程

本計劃將分為二月(旱季)、五月(雨季)和九月(颱風過後)共三次採樣，將針對研究區的地表水和地下水進行取樣。地下水井位的選擇是將中壢市所有的地下水監測井位都考慮在內，包括：水利署（2 口）、工業局（10 口）以及桃園縣環保局（14 口）的井位，井位分佈涵蓋整個工業區，所有井位的座標由圖四標出。地表水則是取研究區內鄰近地下水井位的河流。



圖四 中壢工業區監測井位座標分佈圖。CL 井代表工業局地下水井；H 井代表桃園縣環保局監測井；W 井代表水利局地下水井。圖中標出了 10 個工業局地下水井的位置。

2013 年 2 月，我們聯絡工業局、水利局和桃園縣環保局，對中壢工業區水井進行地下水採樣，在研究區 5 處地點採集了地表水樣品，一共採集了 24 個水樣（表一）（圖五~十）。

表一、中壢工業區二月(乾季)採樣位置及資訊

Sample No.	Sample ID	水井編號	地點	緯度	經度	深度(米)
地下水樣品						
20130225-1	水利局內定測站觀測井一	內定測站觀一	內壠內定國小內球場旁	24 59'41.7610"N	121 14'56.7263"E	10
20130225-2	水利局內定測站觀測井二	內定測站觀二	內壠內定國小內球場旁	24 59'41.7610"N	121 14'56.7263"E	85
20130225-3	水利局自立測站	自立測站	中壠自立國小內	24 58'04.6642"N	121 15'08.5660"E	7
20130225-4	桃園縣環保局內定井	H00258	內壠內定國小內大門旁	24 59'36.0557"N	121 14'59.3385"E	11.5
20130225-5	桃園縣環保局內壠國中井	H00221	內壠國中內南大門花園	24 58'17.3930"N	121 14'56.6803"E	15
20130225-6	桃園縣環保局思福公園井	H00160	中壠思福公園內球場旁	24 58'19.9358"N	121 14'00.3398"E	15
20130226-1	工業局CL01	CL01	中壠污水廠	24 59'54.4305"N	121 14'56.2785"E	10
20130226-1	工業局CL01(混濁)	CL01	中壠污水廠	24 59'54.4305"N	121 14'56.2785"E	10
20130226-10	工業局CL02	CL02	床的世界對面	24 59'33.8487"N	121 14'35.4448"E	6.5
20130226-3	工業局CL03	CL03	SHISEIDO廠門口	24 59'05.1558"N	121 14'09.1499"E	4
20130226-4	工業局CL04	CL04	服務中心水塔後方	24 58'42.3330"N	121 14'22.0979"E	8
20130226-5	工業局CL05	CL05	南園路24號	24 58'05.3859"N	121 14'17.5786"E	6
20130226-6	工業局CL06	CL06	自強二路2號	24 58'11.4379"N	121 14'40.6271"E	6
20130226-7	工業局CL07	CL07	松江南路&安東路口	24 58'53.4582"N	121 14'44.4919"E	3.5
20130226-8	工業局CL08	CL08	松江北路8號	24 59'22.3117"N	121 14'55.8225"E	7
20130226-12	工業局CL09	CL09	定寧路8號對面	24 59'35.8629"N	121 14'38.1120"E	5
20130226-11	工業局CL10	CL10	FYC福永炭素	24 59'31.4270"N	121 14'36.7252"E	6
地表水樣品						
20130225-7	思福公園旁河水(過濾)		思福公園旁河水(過濾)	24 58'22.3403"N	121 13'59.2974"E	0
20130225-7	思福公園旁河水(未過濾)		思福公園旁河水(未過濾)	25 58'22.3403"N	122 13'59.2974"E	0
20130226-2	松江路&吉林路口河水(過濾)		松江路&吉林路口河水(過濾)	24 59'06.5425"N	121 14'54.5196"E	0
20130226-2	松江路&吉林路口河水(未過濾)		松江路&吉林路口河水(未過濾)	25 59'06.5425"N	122 14'54.5196"E	0
20130226-9	內定一街&二街河水		內定一街&二街河水	24 59'05.4363"N	121 15'15.8231"E	0
20130226-13	南園二路大橋河水		南園二路大橋河水	24 59'12.5596"N	121 14'25.5095"E	0
20130226-14	北園路&合定路河水		北園路&合定路河水	24 59'13.9740"N	121 14'32.5931"E	0



圖五、水利局內定測站觀一井取樣



圖六、工業局測井 CL04 採樣



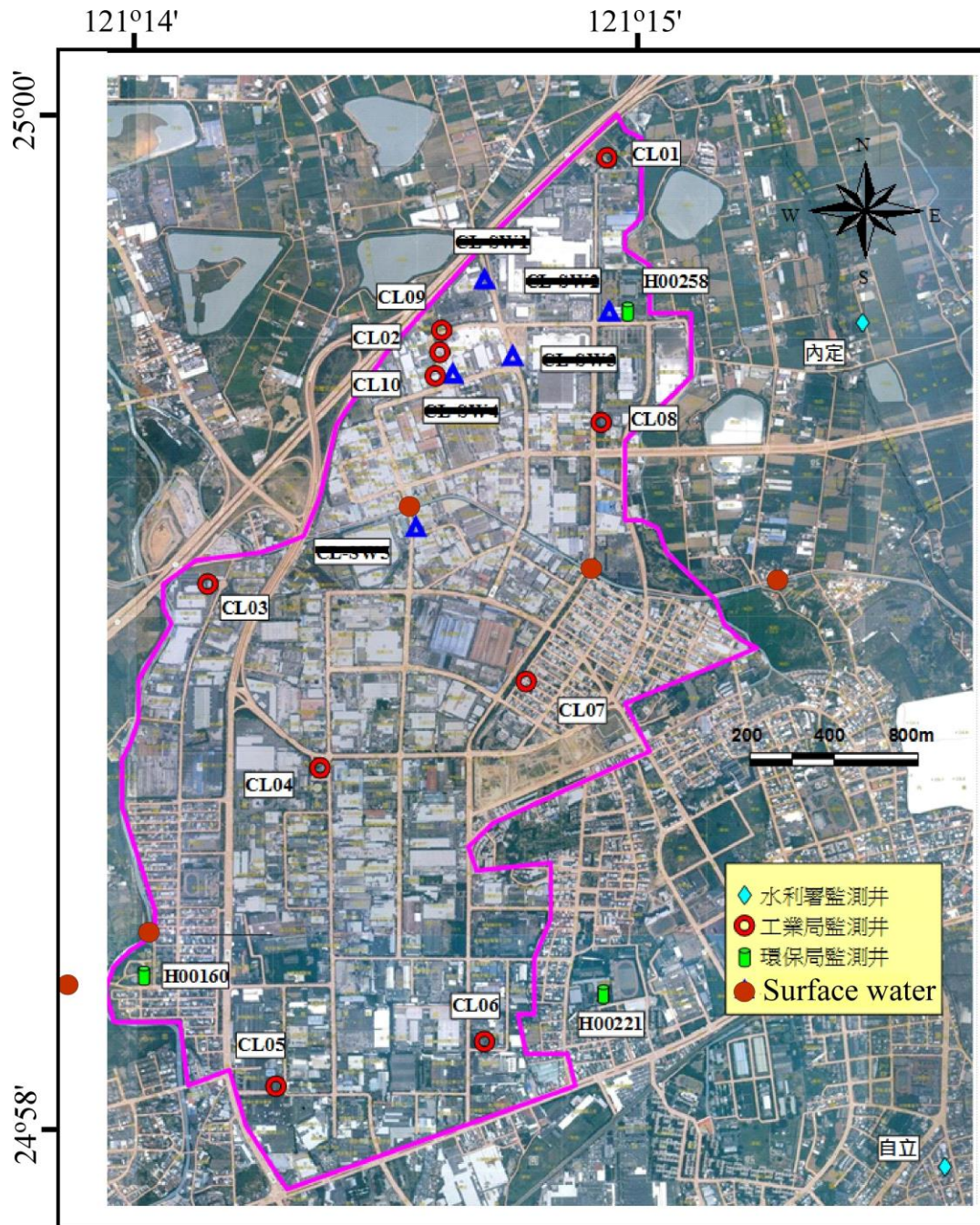
圖七、桃園縣環保局監測井 H00221 採樣



圖八、松江路和吉林路口採集河水樣品



圖九、南園二路大橋處河水樣品



圖十、中壢工業區採樣位置圖

地下水的採樣使用貝拉管的方式，水樣除了在野外當場測量 pH、溫度、導電度、溶氧、氨氮之外，分別把原樣、過濾後加酸以及原樣加酸三種水樣，裝入事先清洗過的樣品瓶中，帶回實驗室分析。

在 2013 年 5 月 15 號，我們到苗栗頭份工業區臺氯頭份廠的“大坑”西南角進行採樣（圖十一~十二）。因為在 2012 年的頭份工業區的調查中，發現該處地下水的污

染有一個新的來源，需要進一步調查查明。這次採樣共取得 7 個樣品（表二）

表二、苗栗頭份工業區臺氣頭份廠內“大坑”西南角處地表水樣品資訊

Sample No.	地點	緯度	經度
地表水樣品			
20130515-4	中普氣體材料排水管水(未降雨時)	24 40'40.7251"N	120 53'20.0880"E
20130515-5	中普氣體材料旁水溝水	24 40'40.8251"N	120 53'20.0880"E
20130515-6	中普氣體材料排水管水(降雨時)	24 40'40.7251"N	120 53'20.0880"E
20130515-7	農田排水(泥+河水)	24 40'40.9241"N	120 53'20.0880"E
20130515-8	水溝水頂端 近中石化(大坑東南角)	24 40'40.8851"N	120 53'20.0880"E
20130515-9	水溝中段 (大坑正南)	24 40'40.8351"N	120 53'20.0880"E
20130515-10	中普氣體對面地表管水(開地上的水管)	24 40'40.7251"N	120 53'20.0880"E



圖十一、臺氣頭份廠“大坑”西南角採樣位置圖



圖十二、2013 年 5 月 15 號苗栗頭份工業區臺氯頭份廠西南角地表水採樣

2013 年 5 月 20 到 22 日，我們除了二月採過的監測井外，還新增加了環保局 11 口工業區郊區外圍之監測井進行地下水採樣，一共採集了 33 個水樣（表三）（圖十三~十九）。

表三、中壢工業區五月(雨季)採樣位置及資訊

Sample No.	Sample ID	水井編號	地點	緯度	經度	深度(米)
地下水樣品						
20130520-8	水利局內定測站觀測井一	內定測站觀一	內壢內定國小內球場旁	24 59'41.7610"N	121 14'56.7263"E	7
20130520-9	水利局內定測站觀測井二	內定測站觀二	內壢內定國小內球場旁	24 59'41.7610"N	121 14'56.7263"E	70
20130520-13	水利局自立測站	自立測站	中壢自立國小內	24 58'04.6642"N	121 15'08.5660"E	8
20130521-8	桃園縣環保局內定井	H00258	內壢內定國小內大門旁	24 59'36.0557"N	121 14'59.3385"E	6
20130522-4	桃園縣環保局內壢國中井	H00221	內壢國中內南大門花園	24 58'17.3930"N	121 14'56.6803"E	7
20130520-12	工業局CL01	CL01	中壢污水廠	24 59'54.4305"N	121 14'56.2785"E	6
20130520-6	工業局CL02	CL02	床的世界對面	24 59'33.8487"N	121 14'35.4448"E	8
20130520-2	工業局CL03	CL03	SHISEIDO廠門口	24 59'05.1558"N	121 14'09.1499"E	8
20130520-1	工業局CL04	CL04	服務中心水塔後方	24 58'42.3330"N	121 14'22.0979"E	7
20130520-3	工業局CL05	CL05	南園路24號	24 58'05.3859"N	121 14'17.5786"E	7
20130520-4	工業局CL06	CL06	自強二路2號	24 58'11.4379"N	121 14'40.6271"E	7
20130520-10	工業局CL07	CL07	松江南路&安東路口	24 58'53.4582"N	121 14'44.4919"E	4
20130520-11	工業局CL08	CL08	松江北路8號	24 59'22.3117"N	121 14'55.8225"E	5
20130520-5	工業局CL09	CL09	定寧路8號對面	24 59'35.8629"N	121 14'38.1120"E	10
20130520-7	工業局CL10	CL10	FYC福永炭素	24 59'31.4270"N	121 14'36.7252"E	6
20130521-1	中壢#1	中壢#1	停車場(SHISEIDO廠附近)	24 59'09.10"N	121 14'07.97"E	11
20130521-4	中壢#2	中壢#2	工地內	24 59'20.75"N	121 14'15.34"E	9
20130521-5	中壢#3	中壢#3	內定十六街	24 59'33.16"N	121 14'21.07"E	9
20130521-6	中壢#4	中壢#4	內定八街永順宮前	25 00'21.14"N	121 14'34.72"E	7
20130521-7	中壢#5	中壢#5	合興北路二段615巷口對面	25 00'24.76"N	121 14'49.42"E	8
20130522-5	中壢#6	中壢#6	中壢服務區停車格下	25 00'18.72"N	121 15'06.42"E	6
20130522-3	中壢#7	中壢#7	中壢服務區警察局前	25 00'02.60"N	121 15'05.03"E	10
20130522-1	中壢#8	中壢#8	內定六街(內定國小附近)	24 59'20.97"N	121 15'04.13"E	9
20130522-2	中壢#9	中壢#9	文中路 H00604	24 59'21.15"N	121 15'07.48"E	7
20130521-2	中壢#10	中壢#10	寶雅工業對面公園	24 59'14.47"N	121 14'59.94"E	8
20130521-3	中壢#11	中壢#11	文林街草叢	24 58'40.80"N	121 14'40.76"E	11
地表水樣品						
20130515-1	北園路&合定路河水		北園路&合定路河水	24 59'13.9740"N	121 14'32.5931"E	0
20130515-2	南園二路大橋河水		南園二路大橋河水	24 59'12.5596"N	121 14'25.5095"E	0
20130515-3	南園二路河水出水口		南園二路河水出水口	24 59'12.5000"N	121 14'25.5095"E	0



圖十三、2013 年 5 月 15 號中壢工業區地表水採樣



圖十四、五月雨季工業局汙水廠 CL01 地下水取樣



圖十五、五月雨季環保局內定國小 H00258 地下水取樣



圖十六、五月雨季環保局郊區水井中壢#2 地下水取樣



圖十七、五月雨季環保局郊區水井中壢#4 地下水取樣



圖十八、五月雨季環保局郊區水井中壢#5 地下水取樣



圖十九、五月雨季環保局郊區水井中壢#7 地下水取樣

2013 年 9 月 6 日，我們在颱風過後進行地下水和地表水採樣，一共採集了 17 個水樣（表四）。

表四、中壢工業區九月(颱風過後)採樣位置及資訊

Sample No.	Sample ID	水井編號	地點	緯度	經度	深度(米)
地下水樣品						
20130905-7	水利局內定測站觀測井一	內定測站觀一	內壢內定國小內球場旁	24 59'41.7610"N	121 14'56.7263"E	3
20130905-6	水利局內定測站觀測井二	內定測站觀二	內壢內定國小內球場旁	24 59'41.7610"N	121 14'56.7263"E	> 70
20130905-1	水利局自立測站	自立測站	中壢自立國小內	24 58'04.6642"N	121 15'08.5660"E	7
20130905-5	桃園縣環保局內定井	H00258	內壢內定國小內大門旁	24 59'36.0557"N	121 14'59.3385"E	4.5
20130905-3	桃園縣環保局思福公園井	H00160	中壢思福公園內球場旁	24 58'19.9358"N	121 14'00.3398"E	10
20130905-16	工業局CL01	CL01	中壢污水廠	24 59'54.4305"N	121 14'56.2785"E	5
20130905-15	工業局CL02	CL02	床的世界封面	24 59'33.8487"N	121 14'35.4448"E	6
20130905-2	工業局CL04	CL04	服務中心水塔後方	24 58'42.3330"N	121 14'22.0979"E	8
20130905-17	工業局CL06	CL06	自強二路2號	24 58'11.4379"N	121 14'40.6271"E	7
20130905-10	工業局CL07	CL07	松江南路&安東路口	24 58'53.4582"N	121 14'44.4919"E	4
20130905-8	工業局CL08	CL08	松江北路8號	24 59'22.3117"N	121 14'55.8225"E	5
20130905-12	工業局CL09	CL09	定寧路8號對面	24 59'35.8629"N	121 14'38.1120"E	9
20130905-14	工業局CL10	CL10	FYC福永炭素	24 59'31.4270"N	121 14'36.7252"E	10
地表水樣品						
20130905-4	思福公園旁河水		思福公園旁河水	24 58'22.3403"N	121 13'59.2974"E	0
20130905-9	松江北路河水		松江北路河水	24 98'94.3889"N	121 24'88.3890"E	0
20130905-11	松江南路&吉林路口河水		松江路&吉林路口河水	24 59'06.5425"N	121 14'54.5196"E	0
20130905-13	北園路&合定路河水(過濾)		北園路&合定路河水	24 59'13.9740"N	121 14'32.5931"E	0

4.3 分析方法

4.3.1 野外測量

在所有採樣點，我們都進行了野外參數的測量，包括 pH、水溫、溶氧（DO）、導

電度 (Conductivity)、氨氮 ($\text{NH}_3\text{-N}$)。其中，氨氮的測量是使用比色法，其他參數使用野外便攜式儀器。

4.3.2 穩定同位素

測量的地表水和地下水的 δD 和 $\delta^{18}\text{O}$ ，可以判別地下水的來源、補給、混合和運移，這樣可以幫助瞭解污染物在地下水中的遷移狀況。本計劃 δD 和 $\delta^{18}\text{O}$ 的分析是請中研院地科所汪中和研究員的實驗室測量，測量儀器為 PICARRO L2130-i 高精度鐳射水氫氧穩定同位素分析儀，分析水樣的氫氧同位素的精度大約為 $\pm 0.3\text{‰}$ (δD) 和 $\pm 0.25\text{‰}$ ($\delta^{18}\text{O}$)。在本計畫中對水樣 DIC 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值測量，我們用台大地質系楊燦堯教授管理的 LGR Carbon Dioxide Isotope Analyzer (CCIA-36d) 鐳射穩定同位素測試儀來進行分析，誤差大約 $\pm 0.3\text{‰}$ 。

4.3.3 元素分析

本計畫中元素分析主要選擇 Na、K、Li、Ca、Mg、Sr、Ba、Fe、Mn、Al、Ti、Cu、Zn、Ni、Ga。測量方法將以本實驗室的 Perkin-Elmer Optima 8000 DV ICP-OES 電感耦合等離子光譜儀進行。該儀器是目前 ICP-OES 新一代產品，有單元素和多元素模式，能夠一次同時分析一個樣品中 10 種以上的元素。每個元素的樣品量只需要 1mL 左右，檢測限對大多數元素為 0.001mg/L，測量誤差一般小於 2%。在所選元素中，鹼土金屬元素 (Ca、Mg、Sr、Ba) 對硬度貢獻最大，鹼金屬 (Na、K) 對鹽度和導電度貢獻較大，Fe、Mn 對氧化還原電位影響較大，重金屬 (Zn、Cu) 常能反映工業廢水的排放。

4.3.4 含氯有機物分析

含氯有機物分析是委託環保署認可的澳新科技股份有限公司的實驗室 (ALS Laboratory)，質譜儀編號 ALS-LA98-512，檢測限量為 $\mu\text{g/L}$ 。因為本計劃只針對三氯乙烯的污染情況做調查，所以只分析這一項，每個樣品原規定認證實驗室收取單一樣品測樣費是 5000 元台幣，因經費有限希冀盡可能節省計劃成本進行分析。

4.3.5 陰離子濃度分析

我們測量了 2013 年 5 月 15 號在頭份工業區大坑附近採集的地表水樣品中的氯離子濃度 (Cl^-)、硝酸根離子濃度 (NO_3^-) 以及硫酸根離子濃度 (SO_4^{2-})，分析方法是使用臺大地質系的離子色譜儀 (IC)，檢測限度為 0.1ppm，相對誤差一般小於 5%。

4.4 數據結果

4.4.1 野外測量結果

2013 年 2 月 25-26 號(旱季)採樣的野外測量數據結果，列於表五。2013 年 5 月 15 號(雨季)採樣時，野外測量數據結果，列於表六。2013 年 5 月 20-22 號(颱風過後)採樣時，野外測量數據結果，列於表七。2013 年 9 月 6 號採樣時，野外測量數據結果，列於表八。

表五、中壢工業區二月(旱季)野外水質測量參數以及三氯乙烯分析結果

Sample No.	Sample ID	pH	T (°C)	DO (mg L^{-1})	Cond (μS)	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ (mg L^{-1})	三氯乙烯 (mg L^{-1})
地下水樣品							
20130225-1	水利局內定測站觀測井一	7.92	23.60	6.64	378.10	0.48	
20130225-2	水利局內定測站觀測井二	6.43	24.20	4.06	274.70	0.24	< 0.001
20130225-3	水利局自立測站	6.38	23.40	2.82	260.10	7.60	
20130225-4	桃園縣環保局內定井	6.85	23.80	1.91	421.70	0.57	
20130225-5	桃園縣環保局內堰國中井	6.29	23.00	3.28	243.20	0.53	
20130225-6	桃園縣環保局思福公園井	6.45	21.10	2.93	417.50	1.50	
20130226-1	工業局CL01	7.31	25.00	3.04	440.00	0.53	
20130226-1	工業局CL01(混濁)	6.77	25.00	2.66	430.20	1.01	
20130226-10	工業局CL02	6.44	25.70	2.60	334.00	0.88	4.3
20130226-3	工業局CL03	6.41	22.60	2.48	593.00	0.75	ND
20130226-4	工業局CL04	6.67	25.00	4.17	204.70	0.78	
20130226-5	工業局CL05	6.20	22.50	2.25	328.30	0.45	
20130226-6	工業局CL06	6.10	23.30	3.24	286.50	0.76	
20130226-7	工業局CL07	5.30	23.00	2.74	522.00	1.35	ND
20130226-8	工業局CL08	6.10	24.40	2.20	345.50	0.66	
20130226-12	工業局CL09	6.34	24.90	3.54	317.50	0.46	
20130226-11	工業局CL10	6.40	25.20	2.93	276.00	0.34	
平均值		6.49	23.86	3.15	357.24	1.11	
地表水樣品							
20130225-7	思福公園旁河水(過濾)	5.91	20.10	2.43	447.00	11.00	
20130225-7	思福公園旁河水(未過濾)	5.91	20.10	2.43	447.00	11.00	
20130226-2	松江路&吉林路口河水(過濾)	7.00	25.00	6.52	220.50	0.85	
20130226-2	松江路&吉林路口河水(未過濾)	7.00	25.00	6.52	220.50	0.85	
20130226-9	內定一街&二街河水	6.63	20.40	6.11	234.90	0.54	
20130226-13	南園二路大橋河水	6.84	23.30	3.11	435.90	11.00	
20130226-14	北園路&合定路河水	7.29	19.20	6.32	222.70	0.38	ND
平均值		6.65	21.87	4.78	318.36	5.09	

表六、2013 年 5 月 15 號苗栗頭份工業區臺氯頭份廠內“大坑”西南角處採樣野外測量數據結果

Sample No.	地點	pH	T (°C)	DO (mg L ⁻¹)	Cond (µs)	NH ₄ ⁺ -N (mg L ⁻¹)	三氯乙烯 (mg L ⁻¹)	1,2-二氯乙烷 (mg L ⁻¹)
地表水樣品								
20130515-4	中普氣體材料排水管水 (未降雨時)	5.58	26.40	5.04	182.60	3.67	ND	ND
20130515-5	中普氣體材料旁水溝水	13.13	26.00	5.09	25760.00	3.31	ND	ND
20130515-6	中普氣體材料排水管水 (降雨時)	8.23	25.20	7.64	54.30	3.44	ND	ND
20130515-7	農田排水(泥+河水)	9.15	26.00	6.11	59.70	1.38	ND	ND
20130515-8	水溝水頂端 近中石化(大坑東南角)	12.08	26.10	5.37	2324.00	2.55	ND	ND
20130515-9	水溝中段 (大坑正南)	11.97	25.70	5.55	1987.00	3.65	ND	ND
20130515-10	中普氣體對面地表管水(開地上的水管)	6.49	25.60	4.73	6070.00	7.50	ND	ND
平均值		9.52	25.86	5.65	5205.37	3.64	ND	ND

表七、中壢工業區五月(雨季)野外水質測量參數以及三氯乙烯分析結果

Sample No.	Sample ID	pH	T (°C)	DO (mg L ⁻¹)	Cond (µs)	NH ₄ ⁺ -N (mg L ⁻¹)	三氯乙烯 (mg L ⁻¹)	1,2-二氯乙烷 (mg L ⁻¹)
地下水樣品								
20130520-8	水利局內定測站觀測井一	6.30	24.00	1.17	390.00	0.53	0.02	ND
20130520-9	水利局內定測站觀測井二	7.20	23.00	2.10	281.50	0.42	ND	ND
20130520-13	水利局自立測站	7.60	23.50	1.82	291.00	0.86	ND	ND
20130521-8	桃園縣環保局內定井	7.08	24.00	2.65	382.30	0.89	0.06	ND
20130522-4	桃園縣環保局內堰國中井	7.20	24.10	3.30	247.20	1.41	< 0.001	ND
20130520-12	工業局CL01	6.50	26.00	2.75	300.00	0.39	ND	ND
20130520-6	工業局CL02	6.30	24.00	1.80	357.00	0.43	11.20	ND
20130520-2	工業局CL03	6.34	24.80	1.85	660.00	1.56	ND	ND
20130520-1	工業局CL04	6.50	24.00	2.88	246.00	0.76	ND	ND
20130520-3	工業局CL05	6.30	24.00	1.16	341.00	0.68	ND	ND
20130520-4	工業局CL06	6.60	23.80	2.90	258.00	1.74	ND	ND
20130520-10	工業局CL07	6.49	25.00	1.44	454.20	0.71	ND	ND
20130520-11	工業局CL08	6.80	24.00	2.17	210.40	0.77	< 0.001	ND
20130520-5	工業局CL09	6.40	24.50	2.50	337.60	0.54	ND	ND
20130520-7	工業局CL10	6.60	25.00	1.36	304.00	0.52	0.48	ND
20130521-1	中壢#1	6.57	23.00	1.87	415.10	0.88	ND	ND
20130521-4	中壢#2	6.98	23.00	1.76	391.80	2.19	ND	ND
20130521-5	中壢#3	6.78	23.50	3.03	370.60	0.76	ND	ND
20130521-6	中壢#4	6.70	23.50	2.04	308.80	0.79	0.00	ND
20130521-7	中壢#5	6.80	24.10	3.17	321.40	0.45	ND	ND
20130522-5	中壢#6	6.92	23.00	2.57	511.00	1.00	ND	ND
20130522-3	中壢#7	6.91	23.00	2.32	336.30	0.71	ND	ND
20130522-1	中壢#8	6.82	24.30	2.47	545.00	0.98	< 0.001	ND
20130522-2	中壢#9	7.27	24.30	2.79	452.00	0.82	ND	ND
20130521-2	中壢#10	6.73	24.50	4.48	379.90	0.70	< 0.001	ND
20130521-3	中壢#11	6.57	23.80	2.66	412.20	0.69	ND	ND
平均值		6.74	23.99	2.35	365.55	0.85	2.35	ND
地表水樣品								
20130515-1	北園路&合定路河水	8.16	25.00	6.86	292.50	0.60	ND	ND
20130515-2	南園二路大橋河水	7.42	25.90	4.42	356.90	5.63	< 0.001	ND
20130515-3	南園二路河水出水口	7.65	25.90	2.90	454.20	18.80	< 0.001	ND
平均值		7.74	25.60	4.73	367.87	8.34	ND	ND

表八、中壢工業區九月(颱風過後)野外水質測量參數以及三氯乙烯分析結果

Sample No.	Sample ID	pH	DO (mg L ⁻¹)	Cond (μs)	NH ₄ ⁺ -N (mg L ⁻¹)	三氯乙烯 (mg L ⁻¹)	1,2-二氯乙烷 (mg L ⁻¹)
地下水樣品							
20130905-7	內定測站觀一	7.06	2.65	389.70	0.00	0.00372	ND
20130905-6	內定測站觀二	7.99	2.85	285.90	0.11	ND	ND
20130905-5	桃園縣環保局內定井	7.03	1.81	387.30	0.09	0.0191	ND
20130905-1	水利局自立測站	7.87	1.12	274.40	0.00	ND	ND
20130905-3	桃園縣環保局恩福公園井	6.90	2.70	490.10	0.18	ND	ND
20130905-16	工業局CL01	7.19	2.52	258.60	0.07	< QDL (0.001)	ND
20130905-15	工業局CL02	6.85	2.24	348.40	0.13	3.09	ND
20130905-2	工業局CL04	7.97	2.38	211.50	0.19	ND	ND
20130905-17	工業局CL06	7.64	2.38	249.50	0.14	ND	ND
20130905-10	工業局CL07	7.23	6.22	453.00	0.13	ND	ND
20130905-8	工業局CL08	7.26	7.02	178.40	0.03	0.00119	ND
20130905-12	工業局CL09	7.09	8.19	260.00	0.01	0.00466	ND
20130905-14	工業局CL10	7.22	7.47	278.10	0.10	0.0144	ND
平均值		7.33	3.81	312.68	0.09	0.52	ND
地表水樣品							
20130905-4	恩福公園旁河水	7.05	2.33	349.40	0.65	ND	ND
20130905-9	松江北路河水	7.31	7.57	368.70	0.39	ND	ND
20130905-11	松江南路&吉林路口河水	7.31	11.60	190.60	0.20	ND	ND
20130905-13	北園路&合定路河水	8.07	8.31	202.10	0.04	ND	ND
平均值		7.44	7.45	277.70	0.32	ND	ND

單一水質野外指標意義

1. 酸鹼值(pH)

為水中氫離子濃度之倒數的對數值。一般用以表示水體酸鹼度，大部份水生生物對水環境中pH 值範圍相當敏感。若水受到工業廢水或礦場廢水污染時，其pH 值可能產生明顯的變化；pH 值會影響生物的生長、物質的沈澱與溶解、水及廢水的處理等(高秋實、袁書玉，1989)。中壢工業區之地下水及地表水所量測出之Ph值約在6-7之間，符合水質標準，然而頭份工業區之地表水pH值偏高，甚至有達到13左右，顯示出其排放水之異常。

2. 溫度(temperature)

溫度的變化對於複雜的水生環境有相當大的影響。如溫度的升降與BOD5及DO的變化有相當大的影響，而溫度的變化也就是季節的變化，而豐枯水期的變化與季節的變化也有關係(高秋實、袁書玉，1989)。中壢工業區之地下水跟地表水所量測出之溫度並沒有異常情況。

3. 溶氧(dissolved oxygen, DO)

溶氧係指溶解於水中的氧量，來自大氣溶解、人為曝氣及水生生物光合作用等，

是判別河川污染程度重要項目之一。水體必須保持一定的溶氧水準，以提供魚類及其他水中生物良好生活及生存環境。水若受到有機物質污染，則水中微生物在分解有機物時會消耗水中的溶氧，而造成水中溶氧降低甚至呈缺氧狀態，並且產生臭味(歐陽嶠暉，2000)。中壢工業區跟頭份工業區之水樣所量測出之 DO 都略低於水質標準。

4. 導電度(conductivity)

導電度常做為水中鹽類濃度的測定，水傳導電能力，意即可用來表示水中導電物質的多寡，包括鹽類與離子。通常導電度愈高，表示水中電解質含量較多。由於大部分鹽類都可電離，因此導電度也可表示水中溶解固體物的多寡。將電流通過 1 cm^2 截面積，長 1 cm 之液柱時電阻(Resistance)之倒數，單位為 mho/cm ，導電度較小時以其 10^{-3} 或 10^{-6} 表示，記為 mmho/cm 或 $\mu\text{ mho/cm}$ 。導電度之測定需要用標準導電度溶液先行校正導電度計後，再測定水樣之導電度。採用電導度主要考慮為灌溉用水參考指標，根據灌溉水的研究，導電度大於 750 umhos/cm 之水質，長期施灌於土質粘重、排水不良之土壤，農田便有發生鹽化之可能，將會妨礙作物之正常生長。各種溶解物質之性質、離子強度等均能影響導電度。污水中的導電度與該地之給水有關，有些工業廢水則會造成較高之導電度。一般而言，導電度愈高，表示水中的鹽分也愈高(葉世鏞，2010)。數據顯示出中壢工業區之導電度並沒有異常現象，然而頭份工業區所採取之水樣明顯高於水質標準，而元素分析結果也與此結果相互應證。

5. 氨氮(ammonia nitrogen, $\text{NH}_3\text{-N}$)

氨氮是生物活動及含氮有機物分解之產物，可作為河川水質之衛生品質指標之一。大部份的氮是以有機氮(蛋白質)及氨的形式存在，當水遭受污染一段時間後，有機氮慢慢轉變成氨氮，如有氧化的情況發生，氮再藉由硝化作用氧化成亞硝酸鹽及硝酸鹽。若水中檢驗出含有大部份的有機氮及氨氮，表示此水體被污染不久。水中若含有高硝酸鹽及低氨氮即代表水遭受污染已有一段時間了。氨氮物質若存在於湖泊、水庫則易形成優氧化，使藻類過度繁殖造成污染(歐陽嶠暉，2000)。中壢工業區地下水樣品的氨氮濃度偏低，並且遠不如河水中的高，某些區

段河水由於生活排放廢水導致氨氮濃度偏高（11ppm）。

4.4.2 穩定同位素分析結果

未過濾、未加酸的原樣水樣送至中央研究院汪中和研究員的實驗室，進行氫氧穩定同位素分析，結果列於表九到表十二。一份原樣送至國立台灣大學地質科學系楊燦堯教授的實驗室，進行溶解碳（DIC）的碳穩定同位素分析，結果列於表九到表十二。由於部份樣品的含碳量太低，達不到儀器檢測碳同位素的靈敏度，顯示為 ND。水樣的氫氧穩定同位素主要是用於了解水的來源，由於水在蒸發或者冷凝的過程中，會產生同位素分餾。輕的同位素趨於氣相，而重的同位素趨於水相。由於氫氧同位素同時分餾，大氣降水大致有 $\delta D = 8 \cdot \delta^{18}O + 10$ 的關係。所以，每個地區的降水基本組成一個氫氧同位素的線性關係。

表九、中壢工業區二月(旱季)水樣的穩定同位素分析結果

Sample No.	Sample ID	C (mM)	Delta ¹³ C, per mil	Delta ² H, per mil	Delta ¹⁸ O, per mil
地下水樣品					
20130225-1	水利局內定測站觀測井一	1.1	ND	-42.3	-6.90
20130225-2	水利局內定測站觀測井二	2.58	-15.69	-32.7	-6.00
20130225-3	水利局自立測站	0.05	ND	-35.4	-6.35
20130225-4	桃園縣環保局內定井	0.8	ND	-42.5	-7.02
20130225-5	桃園縣環保局內壢國中井	0.8	ND	-45.4	-7.66
20130225-6	桃園縣環保局思福公園井	1.89	-13.93	-48.7	-7.81
20130226-1	工業局CL01	0.94	ND	-53.9	-8.51
20130226-10	工業局CL02	1.57	-13.10	-39.9	-6.74
20130226-3	工業局CL03	1.42	-14.79	-53.4	-8.58
20130226-4	工業局CL04	0.52	ND	-50.1	-8.06
20130226-5	工業局CL05	0.69	ND	-34.6	-6.20
20130226-6	工業局CL06	0.87	ND	-33.5	-6.02
20130226-7	工業局CL07	2.97	-14.40	-51.4	-8.12
20130226-8	工業局CL08	0.76	ND	-39.7	-6.57
20130226-12	工業局CL09	0.4	ND	-51.9	-8.34
20130226-11	工業局CL10	0.89	ND	-36.6	-6.44
平均值		1.14	-14.38	-43.25	-7.21
地表水樣品					
20130225-7	思福公園旁河水	1.95	-13.02	-48.8	-7.78
20130226-2	松江路&吉林路口河水	1.13	-7.80	-61.6	-9.35
20130226-9	內定一街&二街河水	1.11	-8.56	-61.2	-9.36
20130226-13	南園二路大橋河水	1.87	-10.58	-48.8	-7.82
20130226-14	北園路&合定路河水	1.12	-7.77	-61.4	-9.42
平均值		1.44	-9.55	-56.36	-8.75

表十、2013 年 5 月 15 號苗栗頭份工業區臺氣頭份廠內“大坑”西南角處水樣的穩定同位素分析結果

Sample No.	地點	C (mM)	Delta ¹³ C, per mil	Delta ² H, per mil	Delta ¹⁸ O, per mil
地表水樣品					
20130515-4	中普氣體材料排水管水 (未降雨時)	0.60	-11.28	-15.48	-2.96
20130515-5	中普氣體材料旁水溝水	无水	-22.68	-24.32	4.68
20130515-6	中普氣體材料排水管水 (降雨時)	ND	ND	-15.26	-3.71
20130515-7	農田排水(泥+河水)	ND	ND	-18.82	4.05
20130515-8	水溝水頂端 近中石化(大坑東南角)		-25.00	-17.53	-3.96
20130515-9	水溝中段 (大坑正南)		-25.65	-16.69	-3.90
20130515-10	中普氣體對面地表管水(開地上的水管)		-13.38	40.68	-5.45
平均值			-19.60	-21.25	4.10

表十一、中壢工業區五月(雨季)水樣的穩定同位素分析結果

Sample No.	Sample ID	C (mM)	Delta ¹³ C, per mil	Delta ² H, per mil	Delta ¹⁸ O, per mil
地下水樣品					
20130520-8	水利局內定測站觀測井一	无水	-13.28	47.40	-7.42
20130520-9	水利局內定測站觀測井二	2.60	-14.36	40.17	-6.66
20130520-13	水利局自立測站	无水	ND	-37.39	-6.35
20130521-8	桃園縣環保局內定井	0.40	-13.79	41.38	-6.76
20130522-4	桃園縣環保局內壢國中井	0.40	-10.68	43.43	-7.03
20130520-12	工業局CL01	1.60	-16.92	-35.20	-6.20
20130520-6	工業局CL02	1.00	-13.81	47.56	-7.46
20130520-2	工業局CL03	1.00	-18.79	-36.87	-6.52
20130520-1	工業局CL04	0.20	-13.42	44.92	-7.38
20130520-3	工業局CL05	0.60	-15.65	-39.86	-6.70
20130520-4	工業局CL06	无水	-17.94	-34.36	-6.11
20130520-10	工業局CL07	2.80	-12.16	47.61	-7.59
20130520-11	工業局CL08	0.40	-17.04	42.42	-7.00
20130520-5	工業局CL09	0.40	-15.10	-56.61	-8.56
20130520-7	工業局CL10	0.60	-14.90	46.18	-7.37
20130521-1	中壢#1	4.80	-14.67	-38.51	-6.57
20130521-4	中壢#2	无水	-13.88	-34.44	-5.98
20130521-5	中壢#3	1.40	-12.45	-39.90	-6.83
20130521-6	中壢#4	0.60	-10.73	44.41	-6.79
20130521-7	中壢#5	0.40	ND	-30.13	-5.51
20130522-5	中壢#6	1.90	-16.85	-31.51	-5.62
20130522-3	中壢#7	0.50	-16.50	-39.40	-6.55
20130522-1	中壢#8	0.50	-12.71	44.19	-6.98
20130522-2	中壢#9	1.60	-15.88	41.33	-6.89
20130521-2	中壢#10	0.80	-15.76	41.97	-6.93
20130521-3	中壢#11	1.80	-12.93	47.31	-7.53
平均值		1.20	-14.59	-41.33	-6.82
地表水樣品					
20130515-1	北園路&合定路河水	1.20	-8.17	-56.18	-8.80
20130515-2	南園二路大橋河水	0.90	-10.07	42.26	-7.06
20130515-3	南園二路河水出水口	0.70	-12.39	44.46	-7.30
平均值		0.93	-10.21	-47.64	-7.72

表十二、中壢工業區九月(颱風過後)水樣的穩定同位素分析結果

Sample No.	Sample ID	Delta ² H, per mil	Delta ¹⁸ O, per mil
地下水樣品			
20130905-7	內定測站觀一	-36.31	-6.42
20130905-6	內定測站觀二	-32.86	-5.90
20130905-5	桃園縣環保局內定井	-46.76	-7.26
20130905-1	水利局自立測站	-40.50	-6.65
20130905-3	桃園縣環保局思福公園井	-46.84	-7.60
20130905-16	工業局CL01	-47.81	-7.82
20130905-15	工業局CL02	-35.78	-6.53
20130905-2	工業局CL04	-46.10	-7.44
20130905-17	工業局CL06	-38.13	-6.71
20130905-10	工業局CL07	-39.57	-6.78
20130905-8	工業局CL08	-36.73	-6.66
20130905-12	工業局CL09	-45.99	-7.62
20130905-14	工業局CL10	-34.82	-6.33
平均值		-40.63	-6.90
地表水樣品			
20130905-4	思福公園旁河水	-60.52	-9.01
20130905-9	松江北路河水	-58.38	-9.09
20130905-11	松江南路&吉林路口河水	-68.85	-10.48
20130905-13	北園路&合定路河水	-69.08	-10.48
平均值		-64.21	-9.76

如果地下水 δD - $\delta^{18}O$ 關係落在大氣降水線上，就表明地下水的來源應該是來自於當地的大氣降水。如果地下水 δD - $\delta^{18}O$ 關係不落在大氣降水線上，表明該地下水不是來自現今的大氣降水，有可能是古老的地下水，或者是工業污水。

4.4.3 元素分析結果

過濾加酸的水樣回到實驗室後，冷藏，用 ICP-OES 儘快測量元素濃度，結果列於表十三到表十六。

表十三、 中壢工業區二月(旱季)水樣中元素含量 (mg L⁻¹)，以 ICP-OES 測量。

Sample No.	Sample ID	Na	K	Li	Ca	Mg	Sr	Ba	Fe	Mn	Al	Ti	Cu	Zn	Ni	Ga
地下水樣品																
20130225-1	水利局內定測站觀測井一	26.43	1.80	0.01	21.05	11.37	0.18	0.05	0.01	0.11	0.05	0.08	ND	ND	ND	ND
20130225-2	水利局內定測站觀測井二	23.25	1.19	0.01	20.59	4.23	0.20	0.05	0.02	0.03	0.05	0.08	ND	ND	ND	ND
20130225-3	水利局自立測站	11.73	0.86	0.01	14.99	8.09	0.09	0.12	1.57	1.03	0.04	0.09	ND	ND	ND	ND
20130225-4	桃園縣環保局內定井	35.00	2.06	0.01	13.53	13.66	0.19	0.05	0.02	0.01	0.04	0.08	ND	ND	ND	ND
20130225-5	桃園縣環保局內壢國中井	23.08	1.62	0.01	8.03	7.22	0.10	0.03	0.01	0.02	0.03	0.08	ND	0.03	ND	ND
20130225-6	桃園縣環保局思福公園井	20.73	6.97	0.01	25.53	16.94	0.22	0.05	0.01	0.05	0.05	0.08	ND	ND	ND	ND
20130226-1	工業局CL01	26.50	1.26	0.01	25.16	11.98	0.11	0.04	ND	0.02	0.05	0.08	ND	ND	ND	ND
20130226-1	工業局CL01(過濾)	30.35	1.96	0.01	27.46	10.94	0.11	0.04	0.12	0.03	0.15	0.08	ND	ND	ND	ND
20130226-10	工業局CL02	24.53	0.90	0.01	13.02	13.41	0.19	0.03	ND	0.05	0.04	0.08	ND	ND	ND	ND
20130226-3	工業局CL03	57.75	1.74	0.01	39.04	6.96	0.17	0.06	0.13	0.21	0.14	0.08	0.02	0.02	ND	ND
20130226-4	工業局CL04	17.40	0.52	0.01	3.30	11.98	0.08	0.05	0.01	0.02	0.03	0.08	ND	ND	ND	ND
20130226-5	工業局CL05	26.75	0.89	0.01	8.71	12.18	0.16	0.07	0.04	0.05	0.05	0.08	ND	ND	ND	ND
20130226-6	工業局CL06	26.78	0.53	0.01	4.51	6.71	0.07	0.02	ND	0.02	0.03	0.08	ND	ND	ND	ND
20130226-7	工業局CL07	33.20	1.76	0.01	41.38	16.79	0.26	0.06	ND	0.34	0.07	0.08	ND	ND	ND	ND
20130226-8	工業局CL08	30.05	1.70	0.01	8.64	13.55	0.16	0.05	0.04	0.04	0.05	0.08	ND	ND	ND	ND
20130226-12	工業局CL09	27.73	0.79	0.01	8.19	8.95	0.11	0.02	0.01	0.05	0.03	0.08	ND	ND	ND	ND
20130226-11	工業局CL10	27.78	0.73	0.01	6.36	6.13	0.10	0.02	<0.01	0.05	0.03	0.08	ND	ND	ND	ND
平均值		27.59	1.60	0.01	17.03	10.65	0.15	0.05	0.17	0.12	0.05	0.08	0.02	0.02	ND	ND
地表水樣品																
20130225-7	思福公園旁河水(過濾)	26.03	4.17	0.01	25.85	7.59	0.16	0.01	0.18	0.08	0.09	0.08	ND	ND	ND	ND
20130225-7	思福公園旁河水(未過濾)	22.40	4.01	0.01	26.59	7.60	0.17	0.01	0.05	0.01	0.06	0.08	ND	ND	ND	ND
20130226-2	松江路&吉林路口河水(過濾)	8.63	0.68	0.01	25.20	7.82	0.20	ND	0.07	0.01	0.07	0.08	ND	ND	ND	ND
20130226-2	松江路&吉林路口河水(未過濾)	11.38	0.62	0.01	24.82	7.59	0.19	ND	0.01	0.01	0.05	0.08	ND	ND	ND	ND
20130226-9	內定一街&二街河水	7.60	0.49	0.01	25.02	7.72	0.19	ND	0.01	0.01	0.05	0.08	ND	ND	ND	ND
20130226-13	南園二路大橋河水	26.65	2.40	0.01	26.72	7.99	0.17	0.01	0.12	0.07	0.10	0.08	ND	ND	ND	ND
20130226-14	北園路&合定路河水	8.38	0.50	0.01	25.30	7.71	0.19	ND	0.01	0.01	0.05	0.08	ND	ND	ND	ND
平均值		15.86	1.84	0.01	25.64	7.72	0.18	0.01	0.06	0.03	0.07	0.08	ND	ND	ND	ND

表十四、2013 年 5 月 15 號苗栗頭份工業區臺氯頭份廠內“大坑”西南角處採樣的元素分析結果

Sample No.	地點	Na	K	Li	Ca	Mg	Sr	Ba	Fe	Mn	Al	Ti	Cu	Zn	Ni	Ga
地表水樣品																
20130515-4	中普氣體材料排水管水(未降雨時)	6.60	2.49	0.02	14.24	1.17	0.16	ND	0.10	ND	0.09	0.08	ND	ND	ND	ND
20130515-5	中普氣體材料旁水溝水	143.75	20.99	0.02	11.59	0.19	0.12	ND	0.22	ND	14.82	0.08	0.03	0.26	ND	0.05
20130515-6	中普氣體材料排水管水(降雨時)	4.03	0.35	0.01	2.18	0.11	0.04	ND	0.10	ND	0.04	0.08	ND	ND	0.04	ND
20130515-7	農田排水(泥+河水)	5.83	2.33	0.01	2.31	0.54	0.03	ND	0.42	ND	0.17	0.08	ND	ND	ND	ND
20130515-8	水溝水(農田近中石化(大坑東南角))	203.35	4.67	0.02	9.54	0.08	0.06	ND	0.16	ND	1.89	0.08	ND	ND	ND	ND
20130515-9	水溝中段(大坑正南)	177.58	4.39	0.02	10.07	0.17	0.07	ND	0.23	ND	1.53	0.08	ND	ND	ND	ND
20130515-10	中普氣體對面地表管水(開地上的水管)	24.30	18.21	0.07	66.70	11.50	3.44	0.13	18.72	1.08	0.16	ND	ND	ND	ND	0.07
平均值		80.78	7.63	0.02	16.66	1.97	0.56	0.13	2.85	1.08	2.67	0.08	0.03	0.26	0.04	0.06

表十五、中壢工業區五月(雨季)水樣中元素含量 (mg L⁻¹)，以 ICP-OES 測量。

Sample No.	Sample ID	Na	K	Li	Ca	Mg	Sr	Ba	Fe	Mn	Al	Ti	Cu	Zn	Ni	Ga
地下水樣品																
20130520-8	水利局內定測站觀測井一	21.45	1.80	0.02	25.23	11.94	0.20	0.03	0.08	0.13	0.05	0.08	ND	ND	ND	ND
20130520-9	水利局內定測站觀測井二	21.35	1.17	0.02	20.64	4.21	0.21	0.04	0.08	ND	0.04	0.08	ND	ND	ND	ND
20130520-13	水利局自立測站	10.53	1.78	0.02	14.24	7.40	0.10	0.13	3.37	1.62	0.03	0.08	ND	ND	ND	ND
20130521-8	桃園縣環保局內定井	24.48	1.95	0.02	12.82	12.12	0.20	0.03	0.08	ND	0.03	0.08	ND	ND	ND	ND
20130522-4	桃園縣環保局內壠國中井	16.93	1.67	0.01	6.85	6.63	0.10	0.02	0.08	<0.01	0.02	0.08	ND	ND	ND	ND
20130520-12	工業局CL01	12.30	0.54	0.01	31.60	6.32	0.11	ND	0.08	ND	0.05	0.08	ND	ND	ND	ND
20130520-6	工業局CL02	21.93	1.86	0.02	13.08	13.34	0.20	0.02	0.08	ND	0.03	0.08	ND	ND	ND	ND
20130520-2	工業局CL03	55.33	3.88	0.01	32.46	5.08	0.14	0.04	0.11	0.83	0.06	0.08	ND	ND	ND	ND
20130520-1	工業局CL04	14.25	2.38	0.02	5.28	11.51	0.12	0.03	0.10	ND	0.03	0.08	ND	ND	ND	ND
20130520-3	工業局CL05	20.38	1.70	0.02	9.42	13.10	0.18	0.08	0.08	0.02	0.03	0.08	ND	ND	ND	ND
20130520-4	工業局CL06	21.48	1.06	0.02	6.48	7.14	0.08	0.02	0.08	ND	0.02	0.08	ND	ND	ND	ND
20130520-10	工業局CL07	25.18	2.84	0.02	25.85	15.84	0.23	0.03	0.09	ND	0.04	0.08	ND	ND	ND	ND
20130520-11	工業局CL08	12.08	0.65	0.02	5.43	10.73	0.09	0.01	0.11	0.08	0.09	0.08	ND	ND	ND	ND
20130520-5	工業局CL09	26.45	1.97	0.02	11.20	11.18	0.14	0.02	0.08	0.09	0.03	0.08	ND	ND	ND	ND
20130520-7	工業局CL10	23.18	1.55	0.02	9.99	8.46	0.14	0.02	0.08	ND	0.03	0.08	ND	ND	ND	ND
20130521-1	中壢#1	23.03	3.53	0.01	46.77	6.58	0.21	0.07	0.17	0.25	0.06	0.08	ND	ND	ND	ND
20130521-4	中壢#2	15.68	2.67	0.01	25.93	8.78	0.18	0.05	0.08	0.31	0.04	0.08	ND	ND	ND	ND
20130521-5	中壢#3	12.58	0.64	0.01	42.51	10.69	0.22	0.01	0.09	ND	0.06	0.08	ND	ND	ND	ND
20130521-6	中壢#4	18.20	1.42	0.02	8.38	12.91	0.17	0.03	0.08	0.06	0.03	0.08	ND	ND	ND	ND
20130521-7	中壢#5	22.93	1.46	0.02	14.29	11.66	0.14	0.11	0.08	0.39	0.03	0.08	ND	ND	ND	ND
20130522-5	中壢#6	16.98	8.74	0.01	21.05	17.65	0.21	0.03	0.08	0.06	0.06	0.08	ND	0.02	ND	ND
20130522-3	中壢#7	15.63	1.56	0.01	8.99	18.77	0.15	0.04	0.08	0.34	0.03	0.08	ND	ND	ND	ND
20130522-1	中壢#8	32.35	2.64	0.02	22.11	17.23	0.29	0.03	0.08	0.03	0.04	0.08	ND	ND	ND	ND
20130522-2	中壢#9	12.55	2.54	0.01	50.43	15.42	0.26	0.06	0.08	ND	0.07	0.08	ND	ND	ND	ND
20130521-2	中壢#10	28.60	1.85	0.02	10.97	15.39	0.19	0.03	0.08	0.05	0.03	0.08	ND	ND	ND	ND
20130521-3	中壢#11	23.05	2.49	0.02	30.71	17.37	0.21	0.03	0.08	0.04	0.05	0.08	0.01	ND	ND	ND
平均值		21.11	2.17	0.02	19.72	11.44	0.17	0.04	0.21	0.29	0.04	0.08	0.01	0.02	ND	ND
地表水樣品																
20130515-1	北園路&合定路河水	9.60	1.27	0.02	28.31	8.36	0.22	ND	0.09	ND	0.05	0.09	ND	ND	ND	ND
20130515-2	南園二路大橋河水	19.60	4.13	0.02	29.05	6.80	0.16	ND	0.12	0.03	0.06	0.08	ND	ND	ND	ND
20130515-3	南園二路河水出水口	20.35	5.65	0.02	32.65	7.39	0.18	ND	0.16	0.21	0.05	0.08	ND	ND	ND	ND
平均值		16.52	3.68	0.02	30.00	7.52	0.18	ND	0.12	0.12	0.05	0.08	ND	ND	ND	ND

表十六、中壢工業區九月(颱風過後)水樣中元素含量 (mg L⁻¹)，以 ICP-OES 測量。

Sample No.	Sample ID	Na	K	Li	Ca	Mg	Sr	Ba	Fe	Mn	Al	Ti	Cu	Zn	Ni	Ga
地下水樣品																
20130905-7	水利局內定測站觀測井一	11.05	1.17	0.01	21.18	11.54	0.20	0.04	0.02	0.11	0.06	0.08	0.01	0.00	ND	0.05
20130905-6	水利局內定測站觀測井二	15.68	0.92	0.01	18.76	4.28	0.22	0.05	0.02	0.05	0.06	0.08	0.01	ND	ND	0.05
20130905-1	水利局自立測站	10.80	2.33	0.01	14.20	7.27	0.11	0.18	2.79	1.58	0.06	0.08	0.01	0.01	ND	0.05
20130905-5	桃園縣環保局內定井	17.94	1.60	0.01	13.10	12.39	0.19	0.04	0.02	0.04	0.05	0.08	0.01	0.01	ND	0.05
20130905-3	桃園縣環保局恩福公園井	20.76	8.05	0.01	25.17	17.21	0.24	0.05	0.02	0.07	0.06	0.08	0.01	ND	ND	0.05
20130905-16	工業局CL01	11.25	0.16	0.01	25.67	6.18	0.11	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08	0.01	ND	ND	0.05
20130905-15	工業局CL02	18.91	0.25	0.01	13.38	12.57	0.19	0.04	0.03	0.06	0.05	0.08	0.01	ND	ND	0.05
20130905-2	工業局CL04	10.19	0.91	0.01	4.59	11.53	0.10	0.05	0.06	0.10	0.08	0.08	0.01	ND	ND	0.05
20130905-17	工業局CL06	20.15	0.18	0.01	8.69	6.90	0.09	0.03	0.02	0.06	0.05	0.01	0.01	ND	ND	0.05
20130905-10	工業局CL07	24.18	0.81	0.01	22.76	15.41	0.23	0.04	0.02	0.08	0.06	0.08	0.01	0.03	ND	0.05
20130905-8	工業局CL08	11.07	0.31	0.01	6.78	0.71	0.08	0.02	0.06	0.06	0.13	0.08	0.01	ND	ND	0.05
20130905-12	工業局CL09	22.31	0.36	0.01	8.11	7.04	0.10	0.01	0.02	0.04	0.05	0.08	0.01	ND	ND	0.05
20130905-14	工業局CL10	20.12	0.25	0.01	9.46	5.50	0.10	0.02	0.03	0.05	0.05	0.08	0.01	ND	ND	0.05
	平均值	16.49	1.33	0.01	14.76	9.12	0.15	0.05	0.24	0.18	0.06	0.07	0.01	0.01	ND	0.05
地表水樣品																
20130905-4	恩福公園旁河水(過濾)	15.23	3.77	0.01	22.92	5.67	0.14	0.01	0.04	0.05	0.07	0.08	0.01	ND	ND	0.05
20130905-9	松江北路河水(過濾)	8.45	1.44	0.01	35.02	5.84	0.18	0.03	0.02	0.05	0.07	0.08	0.03	0.06	ND	0.05
20130905-11	松江南路&吉林路口河水(過濾)	11.21	0.34	0.01	20.62	6.06	0.16	ND	0.03	0.04	0.09	0.08	0.01	ND	ND	0.05
20130905-13	北園路&合定路河水(過濾)	9.29	0.28	0.01	20.53	6.27	0.16	ND	0.03	0.04	0.09	0.08	0.01	ND	ND	0.05
	平均值	11.05	1.46	0.01	24.77	5.96	0.16	0.02	0.03	0.04	0.08	0.08	0.01	0.06	ND	0.05

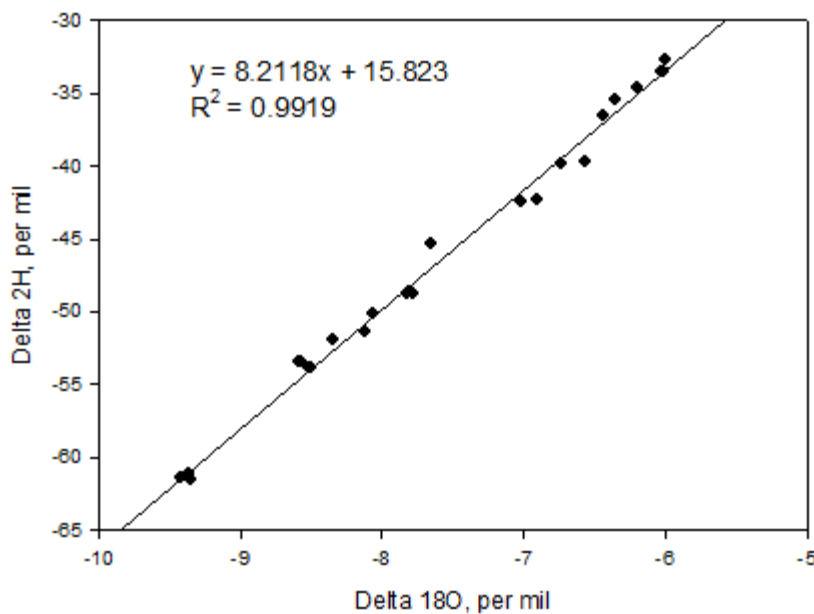
4.4.4 三氯乙烯分析結果

由於委託澳新科技測量三氯乙烯的樣品分析費昂貴，在經費有限的情況下，我們只能選擇部份樣品。根據野外測量數據和同位素、元素分析結果，本計劃主持人認為，旱季地下水污染情況不明顯，就選擇了 4 個污染可能性最大的樣品，送澳新科技測試。結果，只有一個樣品（20130226-10）超標，而且並不嚴重。而在五月雨季和九月(颱風過後)部份我們針對委員所提出之期中報告建議，將所有水樣都進行完整的三氯乙烯分析，結果顯示出，大部分的樣品超標情況並不嚴重，然而乾季時工業局 CL02 (床的世界)已超標，而在雨季採樣時濃度更是大大提升，根據目前結果，建議針對這個監測井附近進行一個完整周邊調查，以了解地下水的污染來源。

5. 主要發現與結論

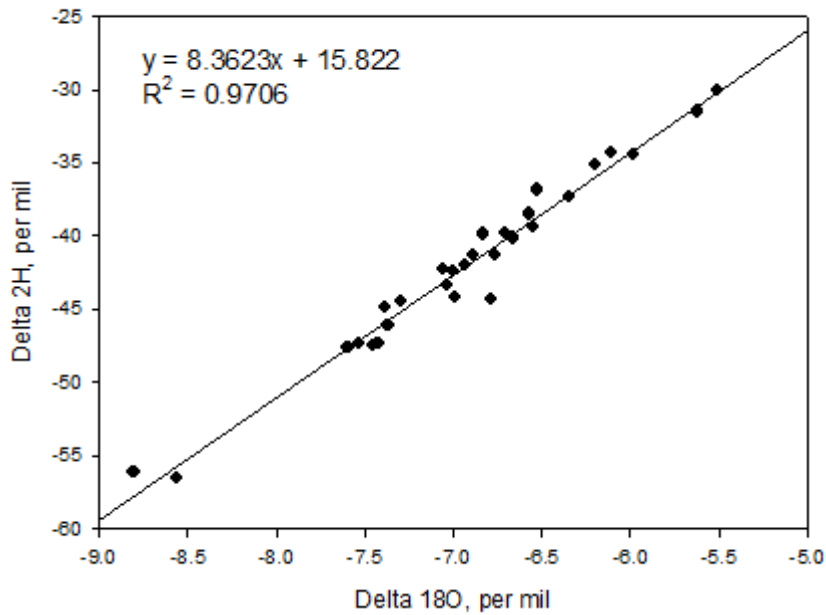
5.1 本區地下水的來源（氫氧同位素）

根據 2 月(旱季)水樣的氫氧同位素比值（表九），我們可以發現，沿著工業區西側南北向的河流（20130225-7 和 20130226-13）， δD 和 $\delta^{18}O$ 值較重，河水較骯髒，有大量的生活污水排放，河水流速緩慢，蒸發作用較強（圖九和圖十九）。而穿過工業區中部東西向的河流，流速快，河水乾淨， δD 和 $\delta^{18}O$ 值較輕。從鄰近位置採集的樣品，具有相近的氫氧同位素比值，顯示分析結果的可靠性。

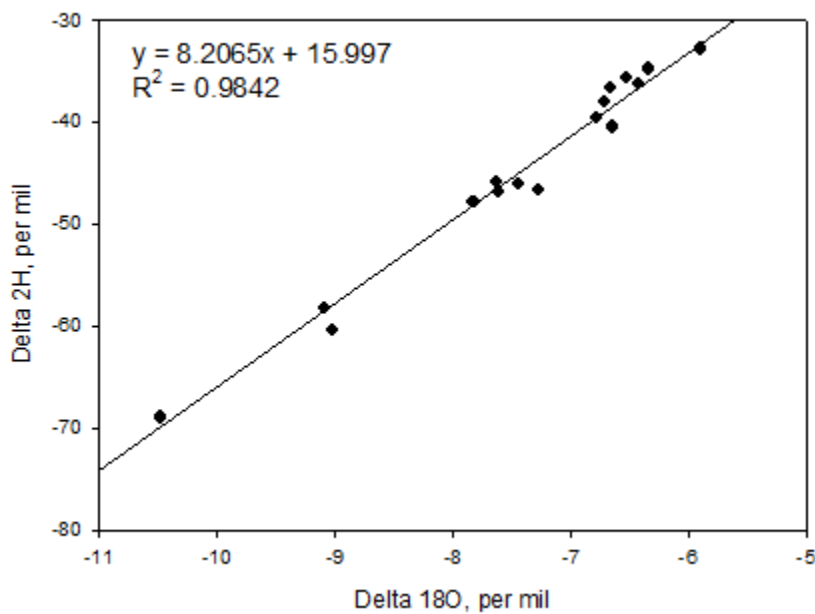


圖二十、中壢工業區二月(旱季)水樣的氫氧同位素關係圖

從圖二十所顯示的水樣氫氧同位素線性關係來看，所有的點都落在大氣降水線上，相關係數達 0.99 以上，指示所有水樣都是來自大氣降水，所採集的地下水樣品的來源並沒有封閉的地下水源，也沒有顯示工業廢水的排放異常。如果在工業排放的廢水中，有經過化學處理流程的，其氫氧同位素值應該不會落在這條大氣降水線上。而五月(雨季)和九月(颱風過後)的氫氧同位素分析結果也相似於乾季，顯示出在雨季時並無工業廢水偷排異常現象(表十一、表十二、圖二十一和圖二十二)。



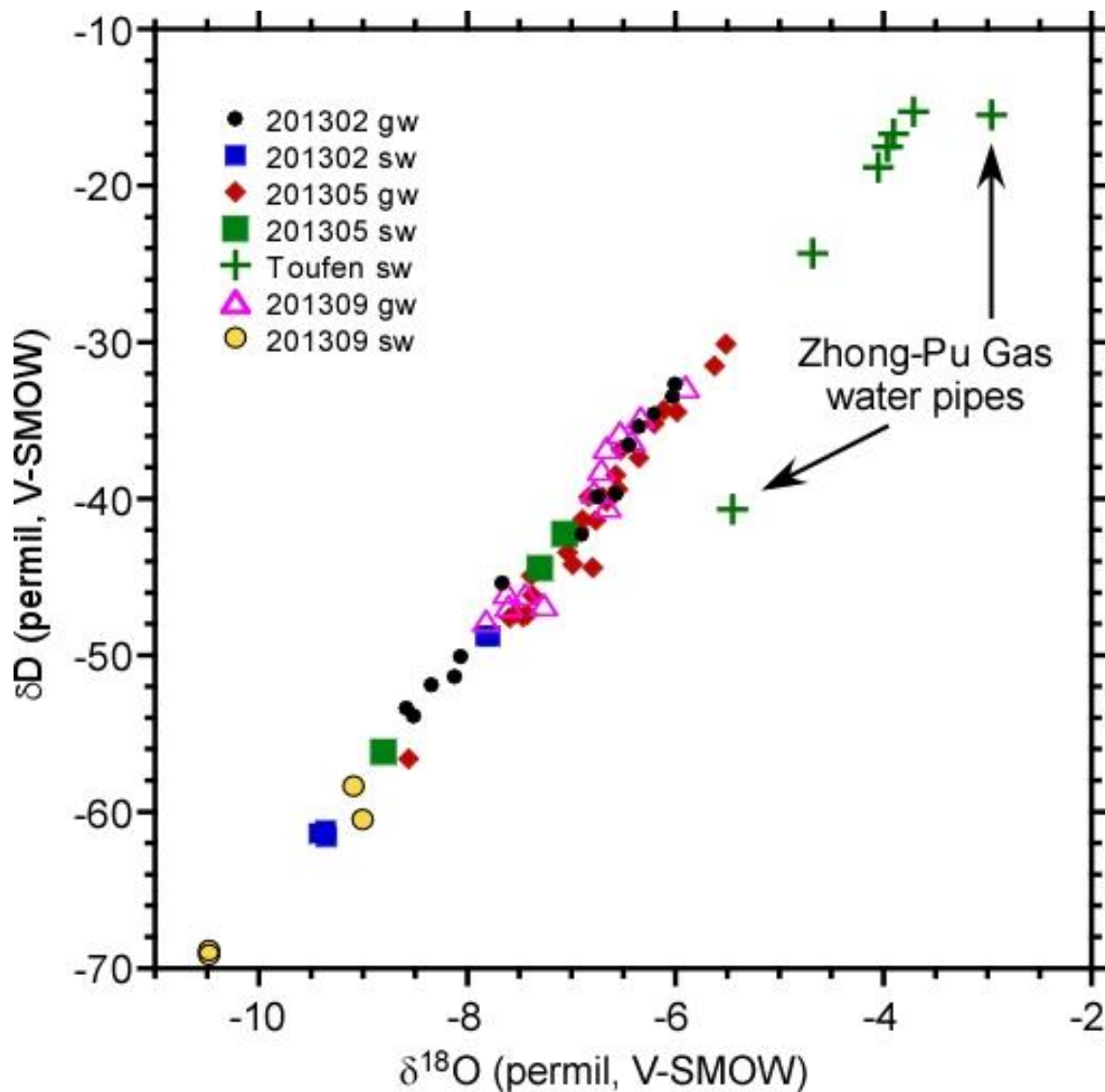
圖二十一、中壢工業區五月(雨季)水樣的氫氧同位素關係圖



圖二十二、中壢工業區九月(颱風過後)水樣的氫氧同位素關係圖

最後，我們將 2013 年計劃執行中所有水樣的氫氧同位素數據畫在圖二十三中，可以得到以下結論：1. 中壢工業區所有的點都落在大氣降水線上，指示所有水樣都是來自大氣降水，沒有封閉的地下水源，也沒有顯示工業廢水的排放異常。2. 夏

季地表水氫氧同位素值較輕，地表水氫氧同位素值較地下水的偏輕，且 2 月份的地下水比 5 月和 9 月的氫氧同位素值偏輕。說明地表水下滲到地下水有個時間過程。3. 頭份比中壢的水樣氫氧同位素偏重很多，其中兩個點不在大氣降水線上。說明 “大坑” 西南角處的不是天然水，而是工業廢水。

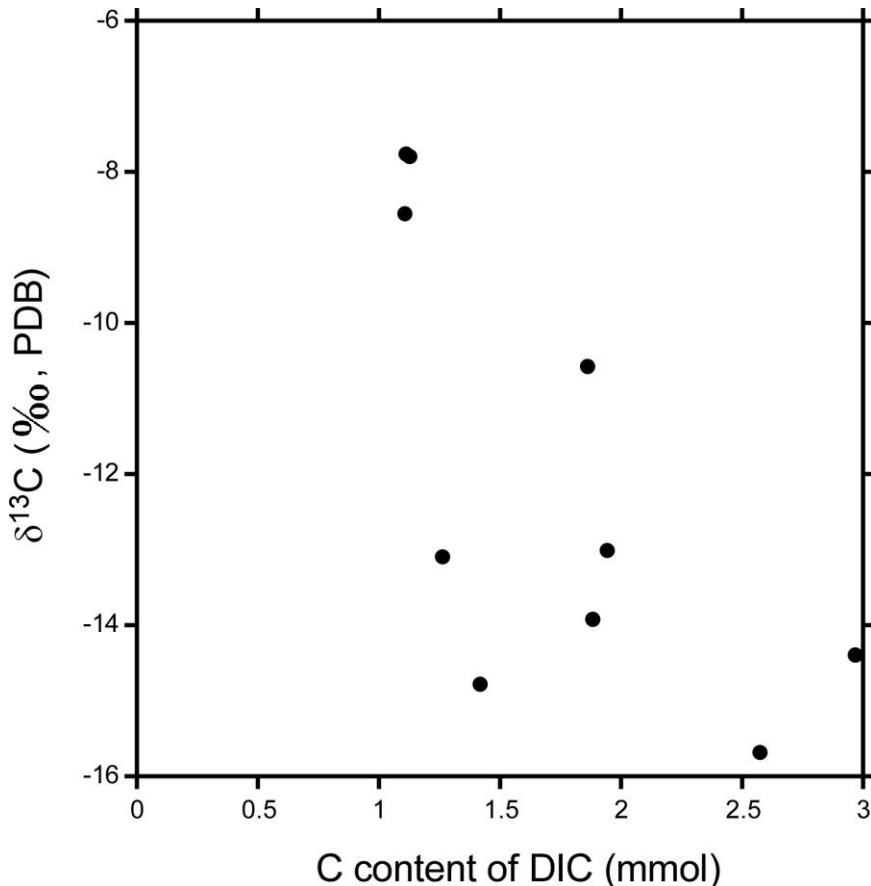


圖二十三、102 年計劃執行中所有水樣的氫氧同位素關係圖。圖中，sw = surface water (地表水)；gw = groundwater (地下水)；Toufen = 臺氯頭份廠內大坑西南角地表水。除了中普氣體材料廠附近的排水管的的水之外，所有點均落在大氣降水線附近。

5.2 碳同位素的意涵

從表九所顯示的水樣中溶解無機碳（DIC）的含量來看，多數地下水樣品的 DIC 都很低，這表明地表水在下滲過程中，沒有溶解碳酸鹽物質，也沒有有機碳的分解進入到水中。四個碳含量較高的樣品，只有 20130226-10 的三氯乙烯超標，說明本區的地下水在這次採樣時（旱季）受含氯有機物的影響很小。

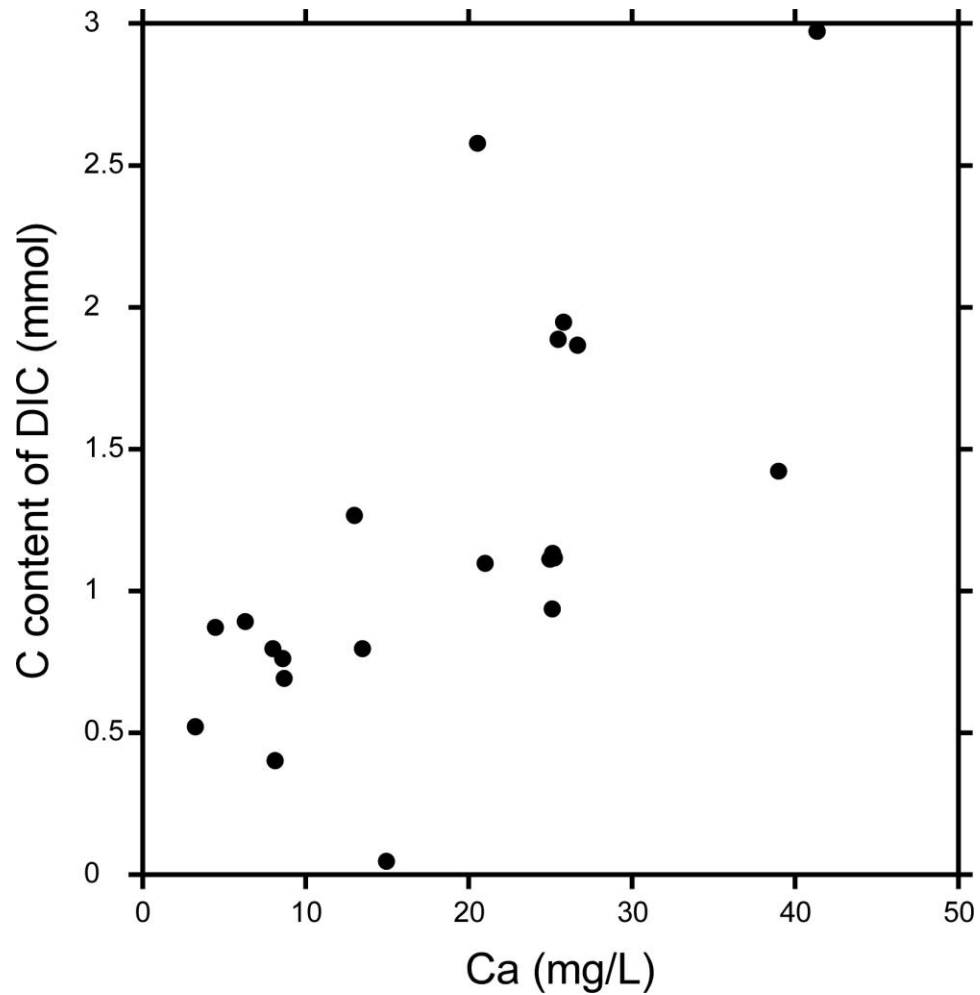
圖二十四顯示，碳同位素值與碳含量存在一定的反相關，這說明 DIC 的來源應該不是以碳酸鹽溶解為主的，有機物的降解和揮發是造成這種反相關的主要原因。當有機碳降解溶解於水中時，含碳增加，碳同位素值變輕；當有機碳揮發成 CO_2 向大氣逸出時，水中的 DIC 不會增加，但碳同位素值變重。沿著工業區西側南北向的河流（20130225-7 和 20130226-13），有機物含量較高，碳同位素值較輕；而穿過工業區中部東西向的河流，有機物含量低，碳同位素較重，證實上述現象。碳同位素結果與氫氧同位素的結果可以相互印證。



圖二十四、中壢工業區二月(旱季)水樣溶解無機碳的含量與碳同位素值之間的關係

圖二十五顯示，水樣中 Ca 的濃度與 DIC 的濃度存在一定的正相關。這是因為 DIC

主要是碳酸氫根，在天然水體中，鈣離子主要與碳酸氫根平衡。這表明，在研究區內的地下水和地表水不存在大量的鹽類溶解與排放，鈣離子的來源基本是天然水中攜帶的。

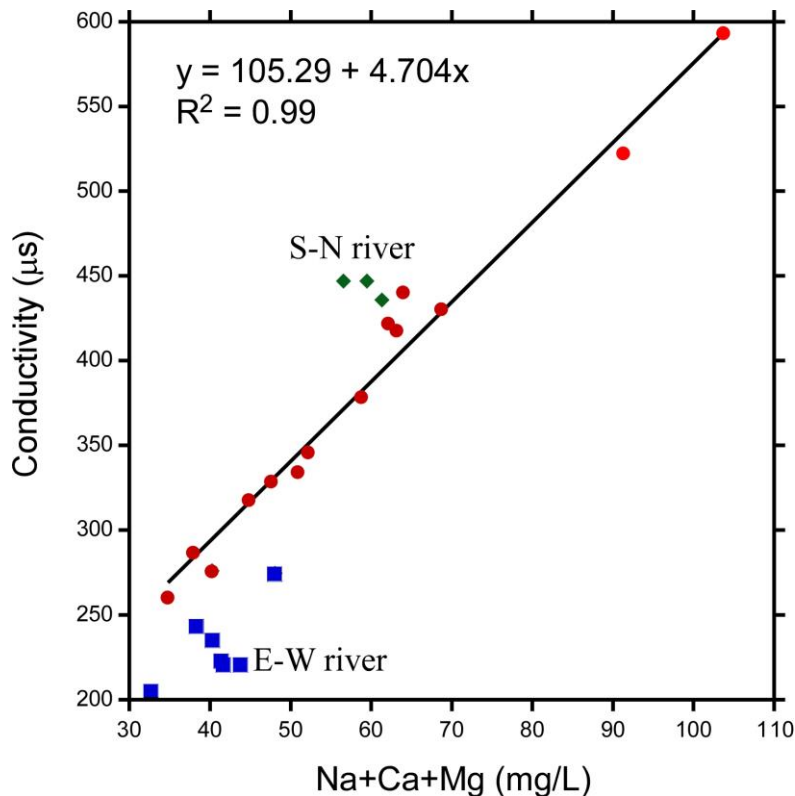


圖二十五、中壢工業區二月(旱季)水樣的鈣離子濃度與溶解無機碳的關係

5.3 元素含量的指示

水樣在國立台灣大學地質科學系本實驗室以 Perkin-Elmer Optima 8000 DV ICP-OES(電感耦合等離子光譜儀)進行分析，結果列於表十三到表十六。從分析數據結果來看，所有中壢工業區的地下水樣品，無論是常量元素，還是微量元素的濃度都很低，遠遠低於頭份工業區的地下水元素濃度。而且，中壢工業區的地下水與地表水的元素濃度相當，說明地表水在下滲過程中，沒有礦物的溶解，也沒有工業廢水排放的影響。這與氫氧同位素的結果也可以相互印證。

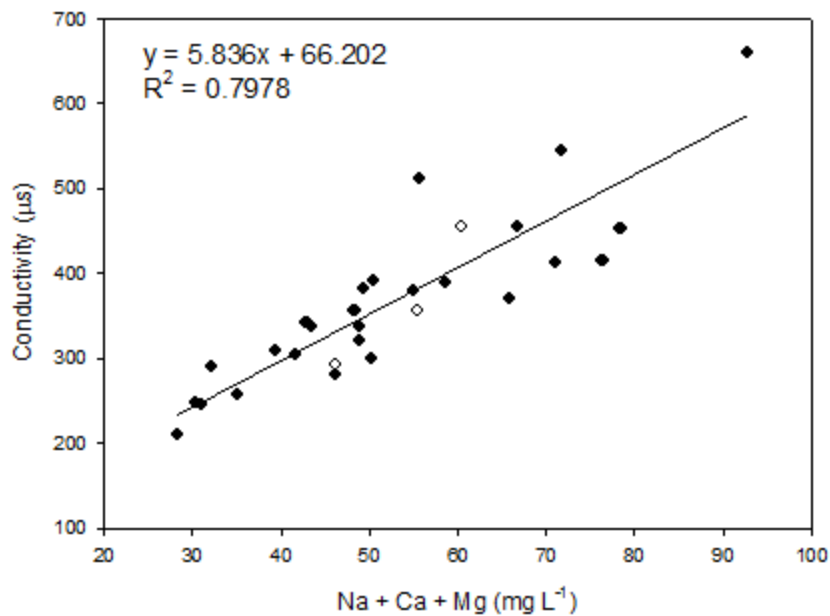
在所測元素中，含量最高的是 Na、Ca 和 Mg，但濃度一般都不超過 50 mg L⁻¹。重金屬元素的濃度基本上低於環保署規定的地下水標準，沒有顯示污染現象。我們將 Na、Ca 和 Mg 三種元素的濃度相加，然後與導電度作圖(圖二十六到圖二十九)，可以發現地下水樣品的常量元素含量基本與導電度呈強烈的正相關，旱季相關係數甚至可以達到 0.99，只有個別濃度較低的井位的數據點偏離這一關係。



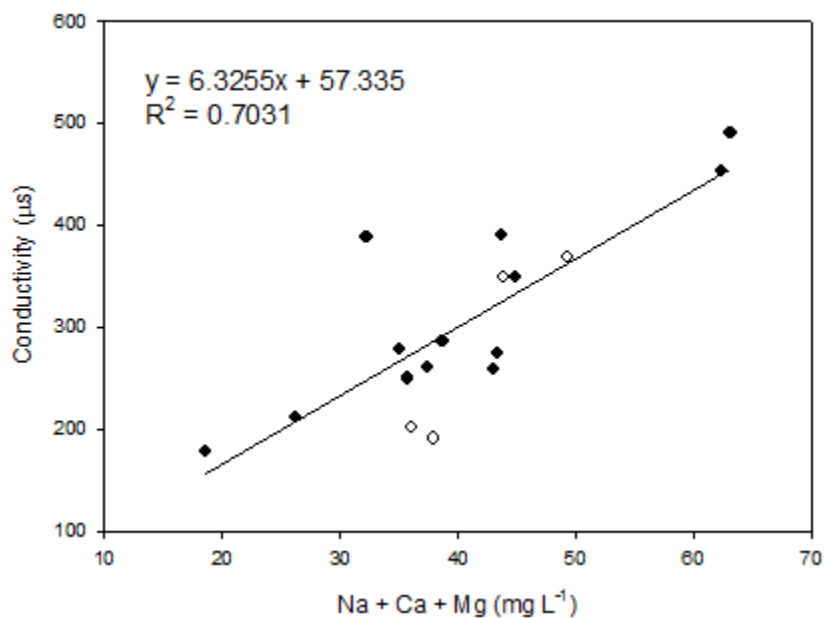
圖二十六、中壢工業區二月(旱季)水樣的常量元素含量與導電度的關係

在地表水方面，沿著工業區西側南北向的河流（20130225-7 和 20130226-13），導電度與常量元素濃度相關的點落在線的左上方（圖二十六中綠色菱形點），而穿

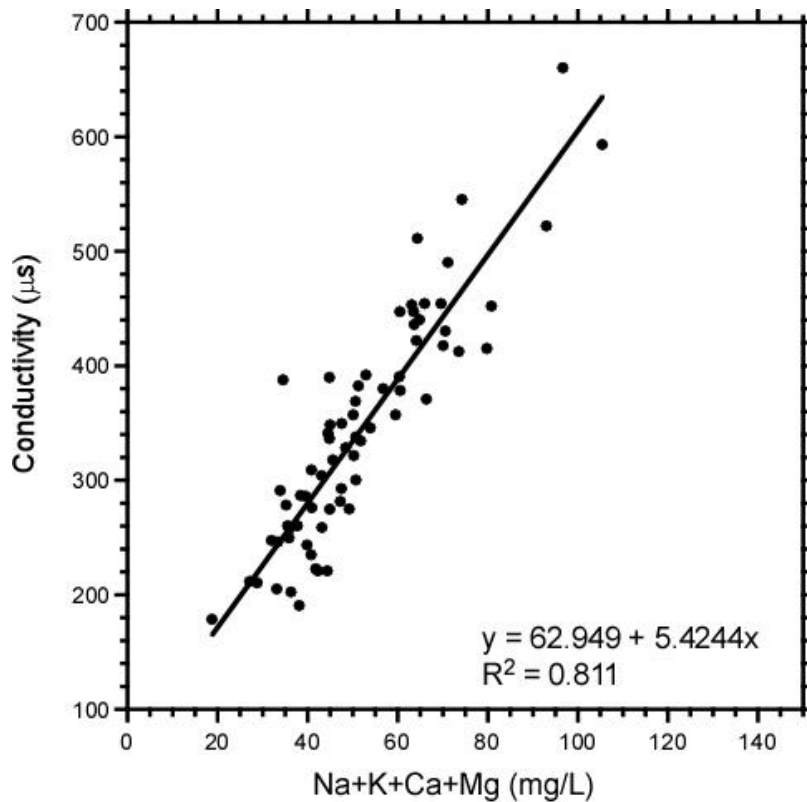
過工業區中部東西向的河流的水樣落在線的右下方（圖二十六中藍色方塊點），說明這兩條河有不同的水化學，與地下水也存在區別。這些結果將有利於我們判斷水的來源、遷移與混合。



圖二十七、中壢工業區五月(雨季)水樣的常量元素含量與導電度的關係

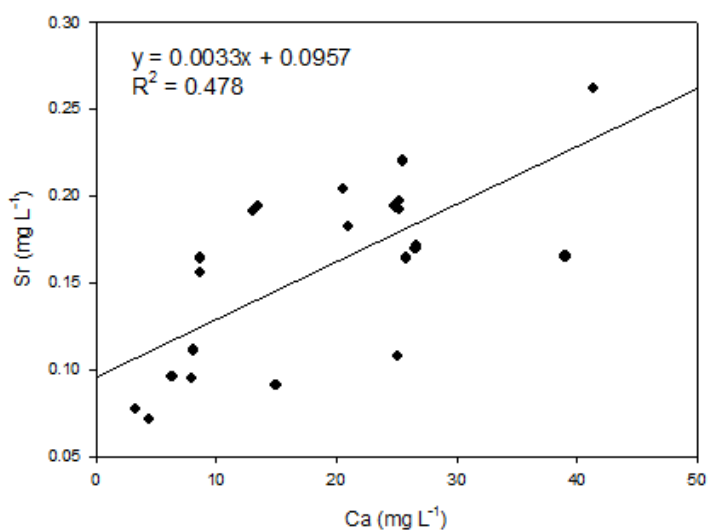


圖二十八、中壢工業區九月(颱風過後)水樣的常量元素含量與導電度的關係

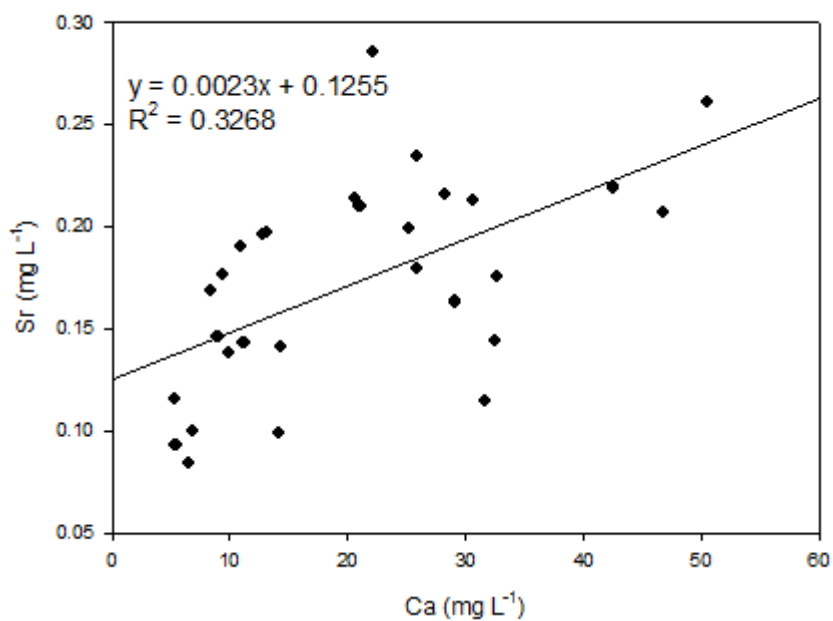


圖二十九 中壢工業區所有水樣主要元素濃度之和與導電度的關係。

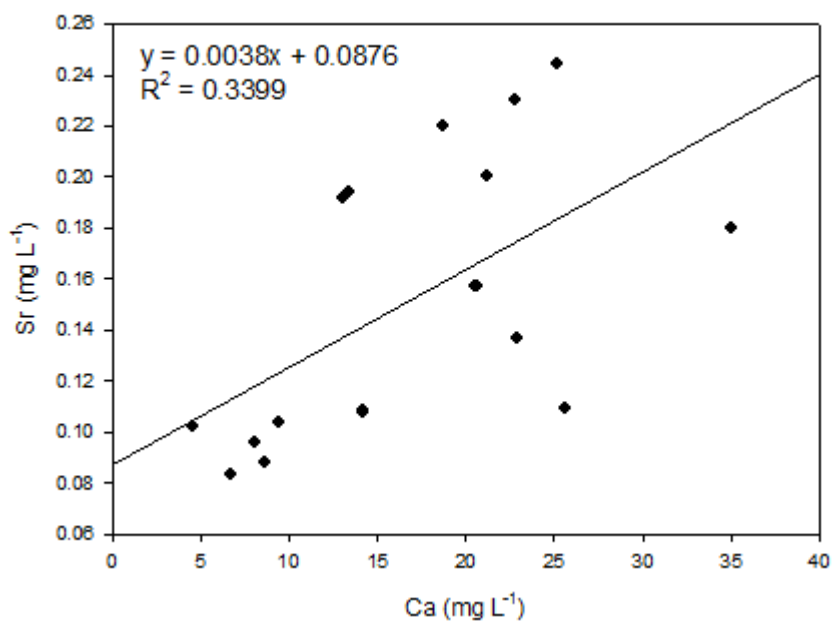
在鹼金屬方面，K 的含量遠低於一般地下水的鉀含量，而且 Na 和 K 之間不存在相關性。說明本區地層中的可溶性礦物鹽類極少，也說明沒有工業廢水的影響。在鹼土金屬方面，Ca 含量比一般地下水低很多，與 Mg 不存在相關性，與 Sr 有一定的正相關（圖三十到圖三十二）。這說明不含碳酸鹽礦物的溶解。



圖三十、中壢工業區二月(旱季)水樣中 Ca 與 Sr 的關係

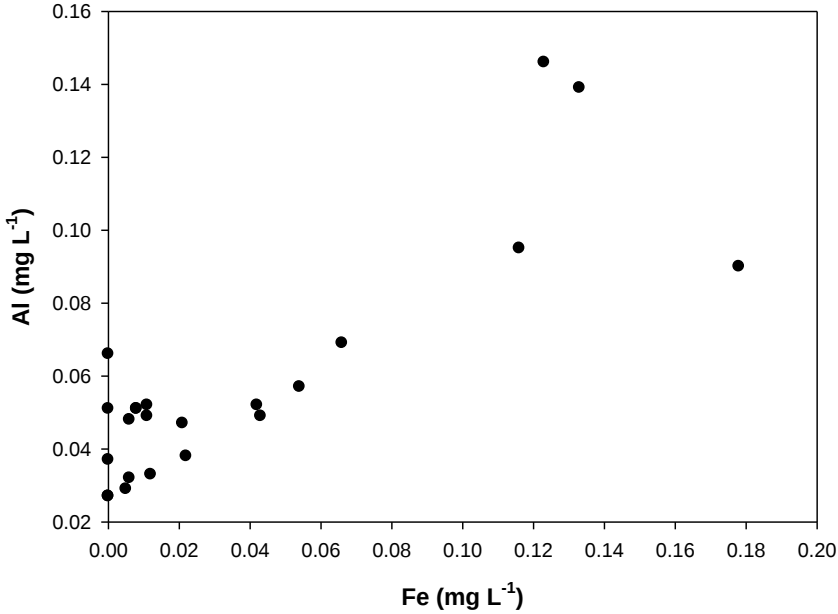


圖三十一、中壢工業區五月(雨季)水樣中 Ca 與 Sr 的關係

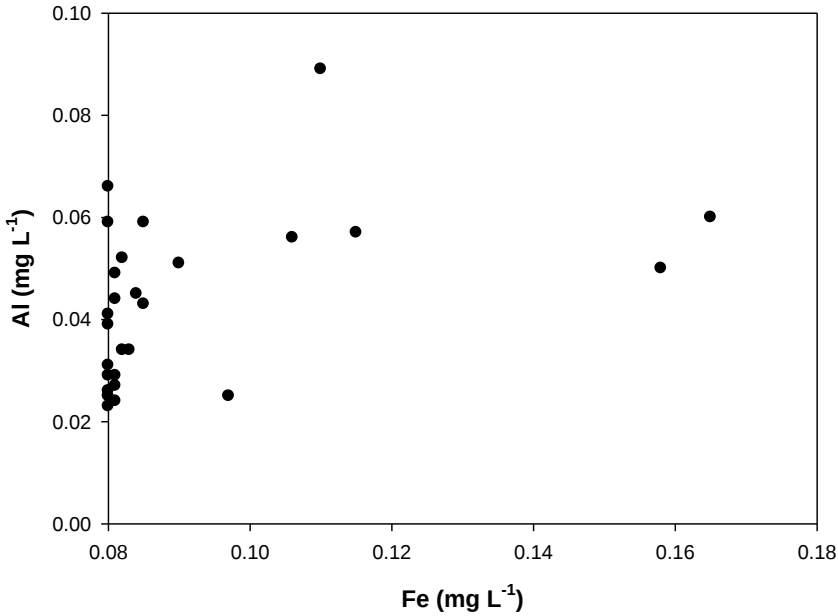


圖三十二、中壢工業區九月(颱風過後)水樣中 Ca 與 Sr 的關係

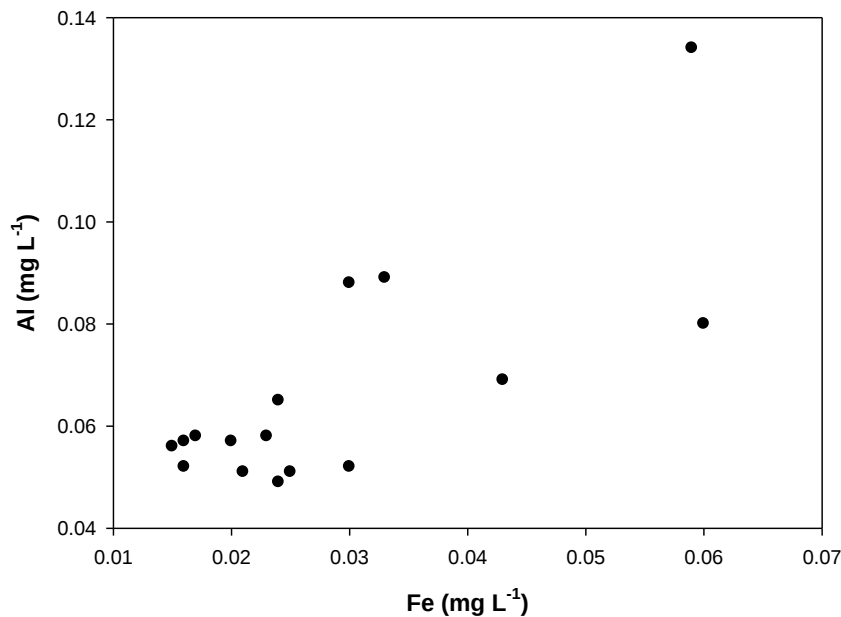
圖三十三到圖三十五顯示，大部份水樣中的 Fe 和 Al 存在一定的正相關，表示這兩個元素有共同的來源和行為，但它們的含量都很低，比一般地表水中的濃度要低。



圖三十三、中壢工業區二月(旱季)水樣中 Fe 與 Al 的關係



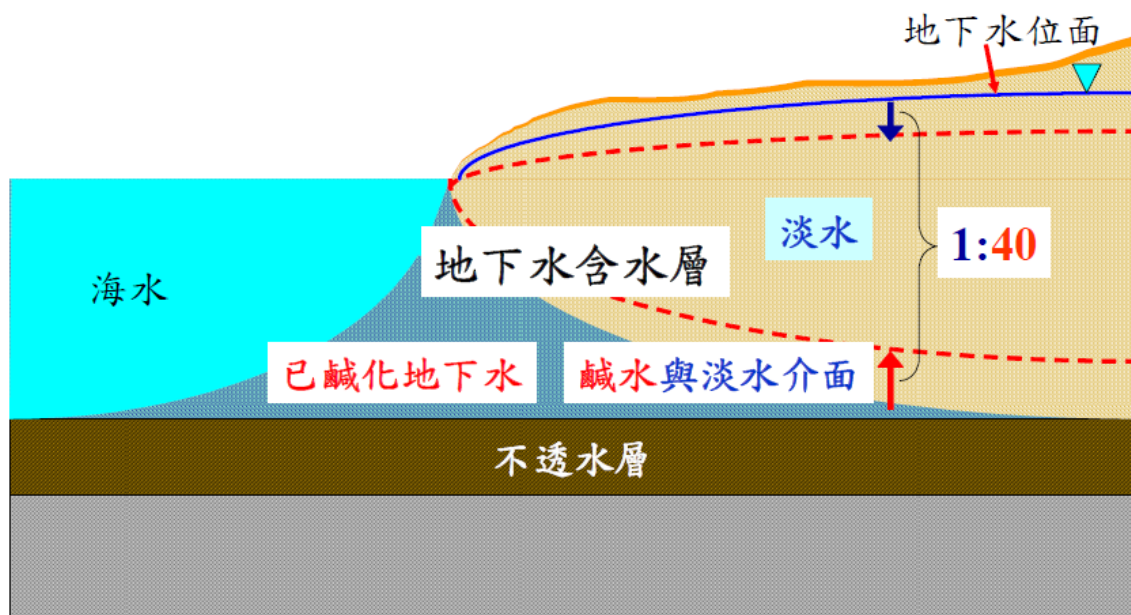
圖三十四、中壢工業區五月(雨季)水樣中 Fe 與 Al 的關係



圖三十五、中壢工業區九月(颱風過後)水樣中 Fe 與 Al 的關係

5.4 中壢工業區和頭份工業區地下水元素含量的區別

前述提到，中壢工業區地下水樣品中無論是常量元素的含量，還是微量元素的含量，都遠低於頭份工業區地下水的含量。這種元素的平均含量，可能是與地質背景有關。除了工業廢水排放所造成的污染因素之外，地下水溶解地層中的礦物質，海水的入侵等，均可能造成地下水元素濃度增高。中壢臺地的位置離海較遠，海拔較高。而頭份工業區的地下水區域屬於新竹苗栗臨海地區（圖三）。這樣，頭份工業區的地下水就可能受到海水的入侵作用，而使得地下水的導電度、Na、K、Mg、Ca 等元素含量增加（圖三十六）。當然，除了天然因素之外，工業廢水的排放，也會造成地下水元素含量增加。從地表水的比較來看，兩個工業區的天然水中的元素含量相近（表十三到表十六），但是頭份工業區所排放的廢水，似乎有很高的元素含量（表十四）。這些廢水進入到地下水，就使得元素濃度增高。因此，元素含量的異常，是一個指示污染源的有效指標。

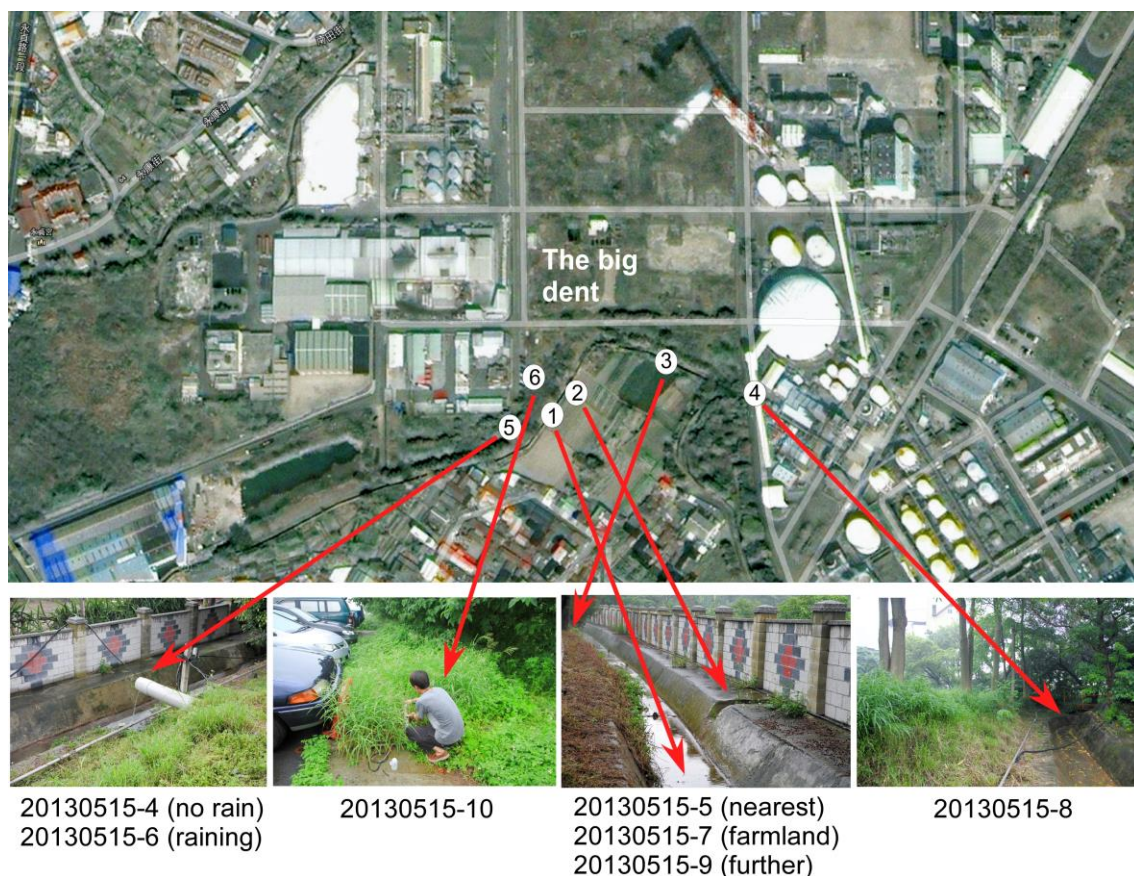


圖三十六、海水入侵影響地下水的示意圖（單信瑜，2005）

5.5 頭份工業區臺氯頭份廠內“大坑”西南角處污染來源的進一步調查

在 2012 年執行的環保署計劃“多種同位素與地球化學分析技術(MEIGA)判釋地下水污染之來源:以頭份工業區含氯碳氫化合物污染為例”時，我們發現在臺氯頭份廠內“大坑”西南角處的地下水污染，不是原來污染場址所造成的，可能有新的來源。有評委要求我們在今年的計劃中進行更深入地調查，找出污染來源。為此，我們在 2013 年 5 月 15 號到該處進行採樣（圖三十五）。

在採樣時，我們就已經發現該處的地表水有異常（表六），在“大坑”西南側的排水溝中（圖三十七），樣品 20130515-5 的 pH 和導電度異常高，完全不是天然水的條件。這條排水溝的水是從中石化廠出來的，我們無法進入內部尋找根源。起初採樣時還沒有下雨，排水溝中的水量很少。然而，在採集 20130515-6 至 201305-9 樣品時，下大暴雨。這時，排水溝內的水量急劇增加。另外，在中普氣體材料廠旁邊的一個出水管的出水量也猛增。到底這些水量增加是因為人為排放呢？還是下雨彙聚造成的？這需要行政干預地進行調查。如果是人為地有意在暴雨時進行污水排放，那麼，“常規”地監測很難抓住這些污染排放事件！

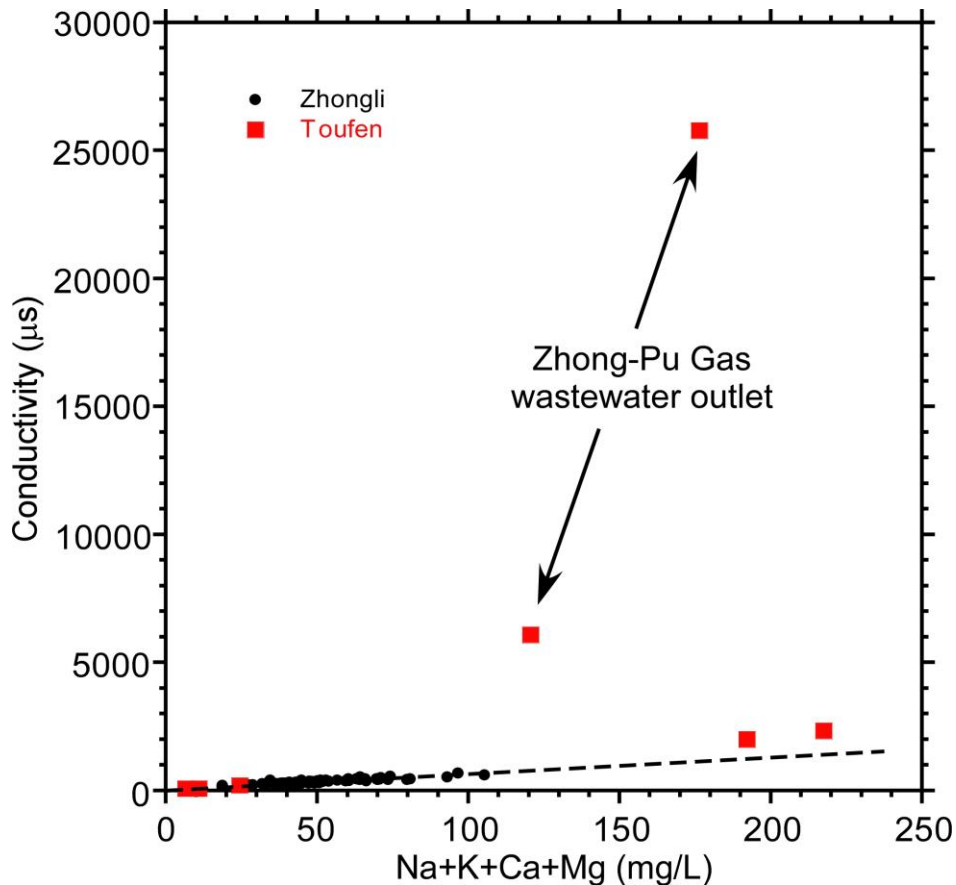


圖三十七、2013 年 5 月 15 號臺氯頭份廠內採樣情況

從表六和表十四的數據可見，圍牆外側的農地不是污染來源。而從中石化方向來的排放水中，pH、導電度、Na 含量都很高，而且是沿排水溝水流方向逐漸減小。這說明，從中石化方向出來的水有問題！雖然三氯乙烯的分析結果顯示出未有有機物的污染情況。但從 pH、導電度、Na 含量的指標來看，這些排放水是不合格的。

表十七 2013 年 5 月 15 號頭份工業區大坑附近地表水陰離子濃度、陽離子濃度和導電度

Sample No.	地點	Conductivity (μ s)	Na+K+Ca+Mg (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)
20130515-4	中普氣體材料排水管水 (未降雨時)	182.6	24.507	4.21	18.96	11.57
20130515-5	中普氣體材料旁水溝水	25760	176.520	6.46	5.76	71.41
20130515-6	中普氣體材料排水管水 (降雨時)	54.3	6.660	2.06	5.15	5.56
20130515-7	農田排水(泥+河水)	59.7	11.008	2.92	8.28	7.36
20130515-8	水溝水頂端 近中石化(大坑東南角)	2324	217.636	3.38	5.74	33.12
20130515-9	水溝中段 (大坑正南)	1987	192.206	29.68	8.38	37.86
20130515-10	中普氣體對面地表管水(開地上的水管)	6070	120.710	1841.79	6.14	492.59



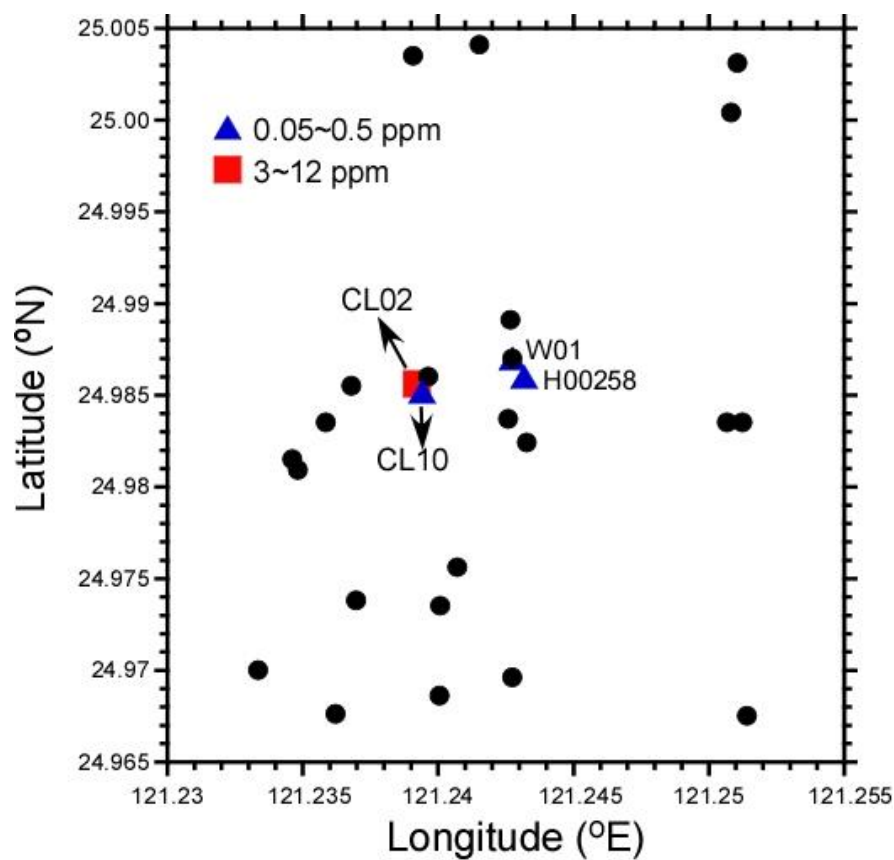
圖三十八 102 年度計劃執行中所有水樣的主要元素濃度之和與導電度的關係。

圖三十八顯示 102 年度所有水樣的主要元素濃度之和與導電度的關係，可以發現導電度無法由所有陽離子之和來解釋。對於臺氯頭份廠“大坑：西南角的樣品中，從中普氣體廠對面的排水管中排放的水，導電度異常高，但又無法用陽離子濃度解釋。我們懷疑是陰離子濃度高所造成的原因。因此，將樣品進行氯離子（Cl⁻）、硝酸根離子（NO₃⁻）和硫酸根離子（SO₄²⁻）的測量，結果顯示與表十七中。分析結果表明，20130515-10 的確含有很高的氯離子和硫酸根離子濃度。但是，所測的陽離子（Na+Ca+K+Mg）濃度無法無法與陰離子濃度達到平衡。造成這種現象的原因尚不清楚。然而，這次高濃度氯離子和硫酸根離子濃度的排水是為什麼？難道是中石化工廠、臺氯頭分廠和中普氣體廠進行含氯有機物分解的處理？為什麼在大雨期間大量排放廢水？這需要環保單位進行監督。

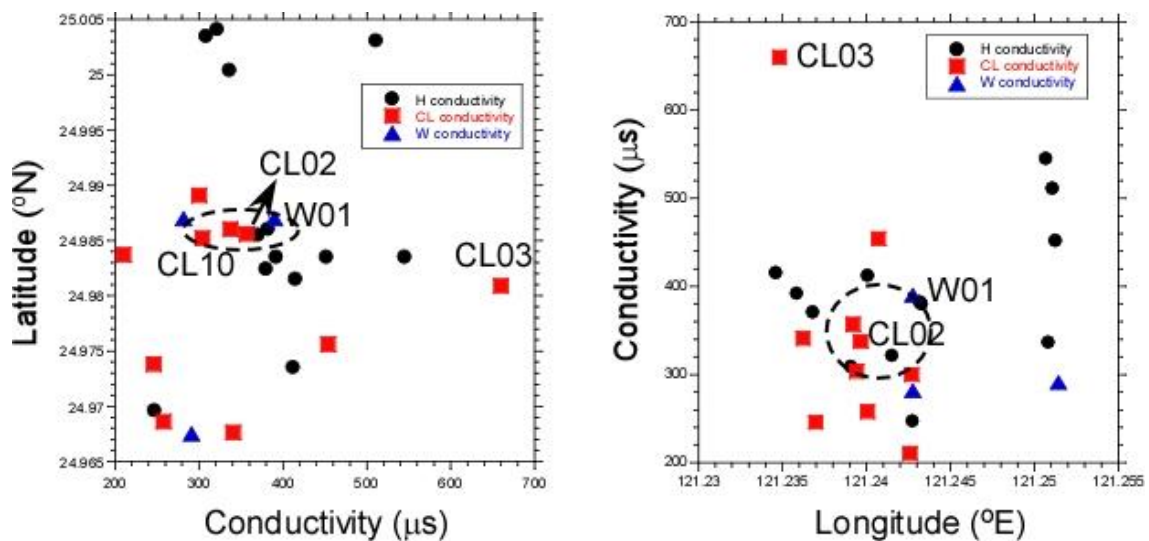
6. 中壢工業區地下水含氯有機物污染狀況評價

表十八 2013 年中壢工業區三次採樣地下水的導電度、硝態氮以及三氯乙烯濃度的對比

	Cond (μS)			$\text{NH}_4^+\text{-N}$ (mg L^{-1})			三氯乙烯 (mg L^{-1})		
	2013.02.25	2013.05.20	2013.09.05	2013.02.25	2013.05.20	2013.09.05	2013.02.25	2013.05.20	2013.09.05
水利局內定測站觀測井一	378.1	390.0	389.7	0.48	0.53	0.00		0.02	0.004
水利局內定測站觀測井二	274.7	281.5	285.9	0.24	0.42	0.11	< 0.001	ND	ND
水利局自立測站	260.1	291.0	274.4	7.60	0.86	0.00		ND	ND
桃園縣環保局內定井	421.7	382.3	387.3	0.57	0.89	0.09		0.06	0.019
桃園縣環保局內壢國中井	243.2	247.2		0.53	1.41			< 0.001	
桃園縣環保局思福公園井	417.5		490.1	1.50		0.18			ND
工業局CL01	440.0	300.0	258.6	0.53	0.39	0.07		ND	< 0.001
工業局CL02	334.0	357.0	348.4	0.88	0.43	0.13	4.3	11.20	3.09
工業局CL03	593.0	660.0		0.75	1.56		ND	ND	
工業局CL04	204.7	246.0	211.5	0.78	0.76	0.19		ND	ND
工業局CL05	328.3	341.0		0.45	0.68			ND	
工業局CL06	286.5	258.0	249.5	0.76	1.74	0.14		ND	ND
工業局CL07	522.0	454.2	453.0	1.35	0.71	0.13	ND	ND	ND
工業局CL08	345.5	210.4	178.4	0.66	0.77	0.03		< 0.001	0.001
工業局CL09	317.5	337.6	260.0	0.46	0.54	0.01		ND	0.005
工業局CL10	276.0	304.0	278.1	0.34	0.52	0.10		0.48	0.014



圖三十九 2013 年中壢工業區地下水三氯乙烯濃度分佈的狀況



圖四十 2013 年 5 月 20 號中壢工業區地下水導電度隨緯度（左圖）和經度（右圖）的變化

根據本研究所得結果，我們將中壢工業區三次採樣分析得到的導電度、氨氮和三氯乙烯列於表十八中，對比不同季節的結果進行分析。首先，三氯乙烯的濃度只有在 CL02 井位的地下水中明顯超標，且乾季和雨季都存在超標。在它附近的 CL10 井位以及內定國小的井位地下水只有輕微超標（圖三十九）。這表明，（1）CL02 井位的三氯乙烯是來自附近工廠的排放，而且這個排放是在淺層的地下，因為在內定國小的井位中淺層地下水顯示污染情況，而深層地下水沒有顯示污染情況。這個污染源的擴撒範圍較小，基本在 CL02 井的位置。因此，桃園縣環保局應該可以調查到是哪個工廠的排放。（2）CL02、CL10 和內定國小的井位地下水的導電度基本相似（圖四十），在整個研究內導電度並不隨緯度或經度有明顯的變化趨勢。因此，地下水流動速度不快，污染不易從遠處傳輸來。（3）除了這幾個井之外，其它井位的地下水都沒有顯示超標情況。（4）氨氮的濃度在自立國小井位處最高，這與生活污染來源有關。

7. 總結

中壢工業區的地下水來源主要是地表水快速下滲，在下滲過程中基本沒有礦物和鹽類溶解。中壢工業區 CL02 井位的三氯乙烯污染，基本是近處排放到地下水

的污染，擴散範圍不大。

內定國小處地下水的輕度污染可能是從 CL02 井位處擴散來的。除此之外，中壢工業區地下水在本次調查中，沒有顯示含氯有機物（三氯乙烯）污染狀況。

無論是在旱季或者是在雨季和颱風過後地下水水質基本良好，沒有重金屬污染，無論是常量元素還是微量元素，濃度都很低，遠遠低於頭份工業區的地下水元素濃度，與地表水的性質相當。這與沒有海水入侵以及工業廢水中的元素含量較低有關。氨氮的濃度還不如河水中的高，某些區段河水由於生活排放廢水導致氨氮濃度偏高（11ppm）。

地表水的調查主要是沿著工業區西側南北向的河流以及橫穿工業區中部東西向的河流，這兩條河流的水化學性質不同，南北向河流受生活廢水排放影響較大，氨氮有超標，有機碳降解明顯。但未顯示三氯乙烯污染。東西向河流水質良好，無污染。

在對臺氯頭份廠“大坑”西南角污染來源的調查時，發現從中石化流出的排水溝中的水，指標非常異常，可能是污染來源。中普氣體材料廠對面的排水管出水也顯示異常。這些排水處都在暴雨時出水量大增，是否“配合”暴雨在做人為地排放？值得深究。為此，我們建議環保部門應該注意雨季，尤其是暴雨時，人為的排放事件。在監測方法和過程中，不能用完全常規的方式採樣監測，否則無法完全抓住污染事件。從目前的研究進展來看，我們的方法的確能夠發現污染來源的異常，如：中壢工業區 CL02 井位的污染，以及臺氯頭份廠內“大坑”西南角的污染；也能夠發現不同季節以及不同地區的水質變化。

8. 參考文獻

- 中壢市公所，2011. 桃園縣中壢市地區災害防救計畫。224p。
- 行政院環境保護署，2005，污染源同位素分析鑑識技術建立之研究及應用，EPA-94-E3S4-02-01，台北。
- 行政院環境保護署，2007. 96 年度土壤及地下水污染整治年報。165p。
- 行政院環境保護署，2009，96-97 年度土壤及地下水污染事件應變調查、查證及技術支援工作計畫－苗栗縣竹南鎮台灣氯乙烯頭份廠第二含水層地下水污染查證報告（9708），台北。
- 行政院環境保護署，2010a，運作中工廠土壤及地下水含氯有機溶劑污染潛勢調查及查證計畫，期末報告，2010 年 1 月。
- 行政院環境保護署，2010b，99 年度高污染潛勢地區地下水質調查及監測井管理計畫，期末報告，2010 年 12 月。
- 行政院環境保護署，2012a，多種同位素與地球化學分析技術(MEIGA)判釋地下水污染之來源:以頭份工業區含氯碳氫化合物污染為例。行政院環境保護署「101 年度土壤及地下水污染研究與技術提昇計畫」期中報告，計畫編號：EPA-100-B11142，臺北。
- 行政院環境保護署，2012b，高污染潛勢工業區污染源調查及管制計畫(第一期) 行政院環境保護署「100 年度土壤及地下水污染研究與技術提昇計畫」期中報告，計畫編號：EPA-99-G102-03-A178，臺北。
- 行政院環境保護署環檢所，2005，「重大污染源指紋建立技術之研究」，EPA-94-E3S4-02-02，台北。
- 苗栗縣環境保護局，2004，苗栗縣頭份竹南地區污染查證工作計畫，苗栗。
- 苗栗縣環境保護局，2008，97 年度苗栗縣頭份及竹南地區地下水污染調查及查證計畫，期末報告，2008 年 8 月。
- 單信瑜，2005. 台灣地下水資源使用與水質現況。水環境教育教師研習活動，74p。
- 經濟部中央地質調查所，2004，桃園中壢台地水文地質初步調查，93 年度中央地質調查所年報 P73-P76，台北。
- 行政院環境保護署，2005，「環境污染物指紋資料庫之建置」期末報告，EPA-94-1401-02-01，台北。

高秋實、袁書玉，環境化學，科技圖書股份有限公司，81-97 頁，1989。

歐陽嶠暉，下水道工程學，長松文化興業股份有限公司，239-255 頁，2000。

葉世鏞，河川污染負荷與環境因子相關性之研究，逢甲大學水利工程與資源保育學系，碩士論文，2010。