

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

新興污染物於臺灣地下水體之流佈研究

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／嚴慶齡工業發展基金會

合設工業研究中心

計畫主持人：林郁真 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：本研究計畫之執行進度，皆符合預期工作進度

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）

本團隊於今年成功建立台灣地下水中 50 種新興污染物之固相萃取結合液相層析串聯式質譜儀 (LC-MS/MS) 之微量分析方法。此為台灣第一筆地下水新興污染物之流佈資料。本計劃除完成上述之預期完成工作項目之外，計畫預期所得之綜合效益如下所示，將其分為學術研究、技術創新、社會影響方面，評估研究成果之學術或應用價值。

學術研究方面：

預計在分析化學、地下水流佈研究、環境生態衝擊、綠色工程議題上，產出國際期刊論文及國際研討會論文。並可培養至少 1 位博士、1 位碩士與 1 位專任研究助理，使其拓展研究視野與領域，更能使其增進團隊研究合作之能力。

社會影響方面：

透過新興污染物於地下水體中之研究分析，建立此三大類新興污染物(人體用藥、賀爾蒙與工業用化合物)之環境分佈，針對藥物的特性提升產業廢水、醫院污水、掩埋焚化廠滲漏水及都市污水處理效益。協助建立此三類新興污染物之風險管理方法與管理制度。提供政府相關部門充分瞭解新興污染物於地下水之流佈狀況，提供後續相關政策之參考依據。提升民眾對人體健康及生態保護意識。

技術創新方面：

建立 50 種新興污染物於地下水中之固相萃取結合 LC-MS/MS 之檢測分析方法。建立新興污染物地下水控制之防護處理技術及地下水源控制之綠色技術。

行政院環境保護署計畫成果中英文摘要(簡要版)

- 一、中文計畫名稱：新興污染物於臺灣地下水體之流佈研究
- 二、英文計畫名稱：Occurrence of Emerging Contaminants in Taiwanese Groundwaters
- 三、計畫編號：101-S-A87
- 四、執行單位：國立臺灣大學嚴慶齡工業發展基金會合設工業研究中心
- 五、計畫主持人（包括共同主持人）：林郁真
- 六、執行開始時間：101/12/10
- 七、執行結束時間：102/12/09
- 八、報告完成日期：102/11/28
- 九、報告總頁數：119
- 十、使用語文：中文，英文
- 十一、報告電子檔名稱：101-S-A87.docx
- 十二、報告電子檔格式：WORD 2010
- 十三、中文摘要關鍵詞：新興污染物，固相萃取法，液相層析串聯式質譜儀，地下水，流佈
- 十四、英文摘要關鍵詞： Emerging contaminant, Solid-phase extraction, LC-MS/MS, Groundwater, Occurrence
- 十五、中文摘要

文獻指出新興污染物(emerging contaminants)無法以現有污水處理系統完全去除掉並已在環境水體中出現，其中以藥品和個人保健用品 (pharmaceuticals and personal care products, PPCPs)、賀爾蒙和工業用化合物如全氟化合物(perfluorinated compounds, PFCs)最常被檢測出來，這些污染物可能因為各種途徑而由表面水體進入地下水體中，而台灣地下水多用為民生用水、農業及工業用水，因此若新興污染物進入地下水體將可能進一步造成人體及環境上的危害。於今年度，本研究團隊根據國外相關分析方法文獻及過去建立之新興污染物於表面水體與廢水中之分析方法資料，成功建立台灣地下水中 50 種新興污染物之固相萃取結合液相層析串聯式質譜儀(LC-MS/MS)之微量分析方法，其偵

測極限範圍為 0.05-5 ng/L，達到微量 ng/L 等級。而回收率測試顯示介於 67%~118%之間，除了 PFDoA 與 Gemfibrozil 之外，此為微量檢測技術可接受之範圍。基於台灣地區過去尚未有研究調查地下水中新興污染物的濃度分佈，因此本研究團隊建立了第一筆台灣地下水體中之新興污染物流佈數據，初步調查大台北地區(14 個監測井、2 個場置性監測井)及新竹地區(6 個監測井)之地下水，於今年度的枯水期(3 月)及豐水期間(6 月)各採樣一次化驗分析。檢測結果發現，絕大多數(40 種)目標物之濃度皆為 ng/L 濃度等級，其中有 3 種污染物濃度達到 $\mu\text{g/L}$ 濃度等級，分別為 Acetaminophen ($1.0\ \mu\text{g/L}$)、Sulfamethoxazole ($1.8\ \mu\text{g/L}$)和 $17\ \alpha$ -ethynylestradiol ($1.8\ \mu\text{g/L}$)。另就檢出頻率來看，檢出頻率最高之前十名化合物中，前八名皆為全氟化物，其原因可能與全氟化物在環境中持久及不易分解的特性有關。此外，O2 監測井(新竹市東門國小)之檢出目標污染物種類為最多(35 種)且濃度最高($1.8\ \mu\text{g/L}$)，明顯高於其他採樣點且兩次數據具有重複性。建議未來可持續針對特定監測井與常見之新興污染物進行相關調查。

由於各監測井位置皆鄰近診所、藥局、醫院、藥廠、污水處理廠及電子科技廠，加上國外文獻與本研究團隊發表之期刊論文證實以上場址皆為新興污染物之環境污染來源，因此初步研判這些場址為地下水中新興污染物之可能污染源頭。建議未來能持續進行相關調查，以釐清污染來源與後續防治策略。

十六、英文摘要：

Previous studies have shown that emerging contaminants cannot be removed completely during wastewater treatment processes and have been detected in our aquatic environment. Among all emerging contaminants, most frequently detected compounds are pharmaceuticals and personal care products (PPCPs), hormones and industrial pollutants such as perfluorinated compounds (PFCs). These contaminants may enter into groundwater system from surface water through various pathways. In Taiwan, groundwaters are often used for domestic consumption, agricultural irrigation and industrial use. Consequently, the occurrence of emerging contaminants in groundwater can be a potential risk to human health. The analytical methods (solid-phase extraction combining with liquid chromatography-tandem mass spectrometry) of 50 emerging compounds in groundwater have been developed this year. The method detection limits of all target compounds range from 0.05-5 ng/L. Recoveries at this concentration level range from 67%-118% except for PFDoA and gemfibrozil. This is the first work to investigate occurrences of emerging contaminants in groundwaters in Taiwan. Groundwater monitoring wells in Taipei and Hsinchu area were monitored in March and June this year and the

temporal and spatial distribution of emerging contaminants were investigated. Results showed that 40 target compounds were found to occur at the ng/L concentration level and 3 compounds reached $\mu\text{g/L}$ concentration level, including Acetaminophen ($1.0\ \mu\text{g/L}$), Sulfamethoxazole ($1.8\ \mu\text{g/L}$) and $17\ \alpha$ -ethynylestradiol ($1.8\ \mu\text{g/L}$). In terms of detection frequency, the most frequently detected eight compounds were all perfluorinated compounds; this is likely due to its persistent nature in the environment. On the other hand, O2 monitoring well has the most number of target compounds found (35 PPCPs and PFCs). The result is significantly higher than the other monitoring wells and is consistent in the two times sampling. All the monitoring wells are close to clinics, pharmacies, wastewater treatment plants and electronic technology factories. Studies from other countries and the results of our previous works have identified that these sites are the sources of emerging contaminant pollution. For future investigation, it is important to continuously monitor the most frequently detected compounds as well as the specific monitoring wells which have found to have higher occurrence of emerging contaminants.

報告大綱

本報告架構參照計畫契約書附件三行政院環境保護署期中(末)研究報告撰寫要求及紙本印製格式編排撰寫，內容包括：

- 報告封面

參照計畫契約書附件三第一項報告印製格式(五)封面格式編撰。

- 研究報告基本資料表

參照計畫契約書附件四報告基本資料填寫。

- 行政院環境保護署計畫成果中英文摘要(簡要版)

參照計畫契約書附件五計畫成果中英文摘要(簡要版)填寫。

- 報告大綱

參照計畫契約書附件三第二項報告內文編排格式(四)表次之後應撰寫「報告大綱」。

- 報告本文

依據計畫目標及工作項目參照計畫契約書附件三行政院環境保護署期中(末)研究報告撰寫要求及紙本印製格式編排撰寫，報告章節及章節摘要如下所述：

一、計畫緣起與目的

述明本研究計畫緣起及計畫目的。

二、研究方法與過程

述明本研究所採取之地下水監測井採樣規劃及步驟。

三、現場採樣檢測結果

包括新興污染物於地下水檢測分析方法之確效評估，及今年度之採樣分析結果

四、分析方法草案

詳述依據計畫之工作項目，以固相萃取法結合液相層析串聯質譜儀，對於 50 種新興污染物之分析方法建立，且其檢測方法須包含檢測方法條件、相關精密度、準確度及偵測極限等驗證資料。

五、結論與建議

依本計畫各項工作執行結果彙整歸納結論，並依各項工作執行過程中所產生之問題，彙整歸納出建議。

六、參考文獻

報告所參考及引註之書籍、期刊及各項資料。

行政院環境保護署研究計畫成果報告摘要(詳細版)

計畫名稱：新興污染物於臺灣地下水體之流佈研究

計畫編號：101-S-A87

計畫執行單位：國立臺灣大學嚴慶齡工業發展基金會合設工業研究中心

計畫主持人(包括協同主持人)：林郁真

計畫期程：101 年 12 月 10 日起 102 年 12 月 9 日止

計畫經費：2,000,000 元

前言

新興污染物(emerging contaminants)包含許多種類化合物，這些化合物具有以下特徵「過去分析技術未發現其存在環境，現今新科技才檢測出微量濃度」、「法規尚未規範或規範不全」、「傳統都市污水處理廠無法完全去除」以及「對人體健康與生態之潛在危害性既深且遠」等含義。

文獻指出新興污染物無法以現有污水處理系統完全去除掉並已在環境水體中出現，其中以藥品和個人保健用品 (pharmaceuticals and personal care products, PPCPs)、賀爾蒙和工業用化合物如全氟化合物(perfluorinated compounds, PFCs)最常被檢測出來，這些污染物可能因為各種途徑而由表面水體進入地下水體中，以台灣地區水文循環而言，台灣年雨量為 905 億噸，年平均蒸發量共 197 億噸佔 21%，年平均逕流量 668 億噸佔 74%，而年平均地下水入滲量為 40 億噸佔 5%。由此可知，河川、土壤及其周遭環境都為地下水之可能污染來源，且因地下水流動緩慢，污染物易停留於地下水層中，此外，台灣地下水多用於民生用水、農業及工業用水，因此本計畫認為實有必要針對台灣之地下水之新興污染物調查其時空數據(spatial and temporal data)並研究其可能之污染來源。

基於台灣地區尚未有任何研究調查地下水中新興污染物的濃度分佈，因此於本研究計畫中，根據國外相關分析方法文獻及過去本研究團隊建立之新興污染物於表面水體與廢水中之分析方法資料，建立 50 種新興污染物於臺灣地下水體之同步檢測分析技術並進行台灣地下水體之採樣，建立了第一筆台灣地區地下水中新興污染物之流佈資料。

研究方法及結果

1. 目標新興污染物於國外地下水中流佈之文獻資料

現今已有許多種類之新興污染物於國外地下水體中被檢測出，其檢測出之污染物濃度範圍從 ng/L 到 $\mu\text{g/L}$ ，這些污染物將可能對人體及生態環境造成潛在危害。

2. 目標新興污染物於臺灣地下水體之檢測方法建立

本研究團隊已根據國外相關分析方法文獻及過去建立之新興污染物於表面水體與廢水中之分析方法資料，成功建立地下水中 50 種新興污染物之液相層析串聯式質譜儀(LC-MS/MS)分析方法，其偵測極限範圍為 0.05-5 ng/L，而回收率測試顯示介於 67%~118%之間，除了 PFDoA 與 Gemfibrozil 之外，此為微量檢測技術可接受之範圍，並將此方法應用於今年度台灣地下水體之採樣分析。

3. 實場採樣

本研究團隊以初步調查的觀點選擇人口密集度最高之大台北地區(台北市及新北市)，以大台北地區鄰近河川與各大藥廠、醫院及掩埋場等之環保署設立的地下水監測井為主，共選擇 14 個監測井；加上高科技產業重鎮新竹地區(新竹縣市)，挑選鄰近高科技廠、藥廠及醫院等環保署設立的地下水監測井作為採樣點，共選擇 6 個監測井。另外，也針對大台北地區一場置性監測井之上游及下游井進行調查。因考慮到不同季節時程(豐水期及枯水期)可能會造成新興污染物濃度分佈的差異性，於枯水期間(3 月)及豐水期間(6 月)各採樣一次化驗分析。以瞭解新興污染物濃度之時間分佈差異及了解枯豐水期對於新興污染物的影響性。

4. 現場採樣檢測結果

於兩次的採樣分析結果可知，50 種目標新興污染物中，共有 43 種目標物被檢測出，其中絕大多數(40 種)目標物之濃度皆為 ng/L 濃度等級，有 10 種化合物濃度大於 100 ng/L，分別為 Naproxen (128 ng/L)、Gemfibrozil (172 ng/L)、Bezafibrate (257 ng/L)、Flumequine (317 ng/L)、PFHxA (358 ng/L)、Ibuprofen (837 ng/L)、Caffeine (931 ng/L) 以及達到 $\mu\text{g/L}$ 濃度等級的 Acetaminophen ($1.0\ \mu\text{g/L}$)、Sulfamethoxazole ($1.8\ \mu\text{g/L}$) 和 17α -ethynylestradiol ($1.8\ \mu\text{g/L}$)，而其餘目標化合物之濃度皆低於 100 ng/L。而 Roxithromycin、Tylosin、Sotalol、Ketoprofen、 β -Estradiol、Estriol、PFDoA 於兩次採樣中皆未被檢測出(低於方法偵測極限)。

檢出頻率方面，檢出頻率最高之前十名化合物中，前八名皆為全氟化物，分別為 PFHpA (100%)、PFNA (100%)、PFHxS (97%)、PFHxA (94%)、PFOS (94%)、PFBS (91%)、PFOA (85%)及 PFDA (74%)，第九名及第十名為 Caffeine (71%)及 Sulfamethazine (68%)。另外，濃度大於 10 ng/L 及頻率大於等於 50%之目標新興污染物有 10 種，分別為 PFHpA、PFHxA、PFOS、PFOA、Caffeine、Sulfamethazine、Sulfamethoxazole、Sulfadiazine、Gemfibrozil 及 Carbamazepine。

各採樣井之比較方面，在不同時間採集兩次之 12 個監測井中，O2 採樣點(新竹市東門國小)之檢出目標污染物種類為最多(35 種)且檢出較高濃度(1820 ng/L)，明顯高於其他採樣點且兩次數據具有重複性。其次為 A1(台北市仁愛國中)、A12(台北市士東國小)、F29(新北市中和國小)、O14(新竹市關東國小)以及 A4(台北市東門國小)之檢出污染物最多為 18-25 種且檢出最高濃度為 9.3-1820 ng/L 範圍。

結論與建議

本研究團隊於今年度建立了第一筆台灣地下水體中之新興污染物流佈數據。台灣之地下水源常用於民生、農業及工業用水，於今年度本研究團隊之調查發現，已有微量的新興污染物出現於地下水中，因此將可能對生態環境及人體健康造成潛在風險。檢測結果發現，絕大多數(40 種)目標物之濃度皆為 ng/L 濃度等級，其中有 3 種污染物濃度達到 $\mu\text{g/L}$ 濃度等級，分別為 Acetaminophen ($1.0\ \mu\text{g/L}$)、Sulfamethoxazole ($1.8\ \mu\text{g/L}$)和 $17\ \alpha\text{-ethynylestradiol}$ ($1.8\ \mu\text{g/L}$)。

另就檢出頻率來看，檢出頻率最高之前十名化合物中，前八名皆為全氟化物，其中 PFHpA 及 PFNA 之檢出頻率甚至高達 100%。其原因可能與全氟化物在環境中持久及不易分解的特性有關。此外，濃度大於 10 ng/L 且頻率大於等於 50%之污染物有十種，分別為 PFHpA、PFHxA、PFOS、PFOA、Caffeine、Sulfamethazine、Sulfamethoxazole、Sulfadiazine、Gemfibrozil 及 Carbamazepine，若未來相關單位需要持續進行監測，可密切關注此十種常見之新興污染物。

分析結果指出，枯水期(2013 年 3 月 6 日~3 月 10 日)及豐水期(2013 年 6 月 20 日~6 月 22 日)之目標新興污染物流佈於並無顯著差異。推測其原因為地下水的流動速度及循環速度非常緩慢，因此以今年的兩次採樣的時間間隔來看，並無法觀察出明顯的流佈差異。再者，由兩次採樣數據可發現目標新興污染物之分析濃度具有再現性，亦可表示本研究團隊建立之新興污染物分析方法適用於地下水體分析。經由兩次採樣統計 12 個監測井中，O2 監測井之檢出目標污染物種類為最多(35 種)且檢出較高濃度(1820 ng/L)，明顯高於其他採樣點且兩次數據具有重複性。其次為 A1、A12、F29、O14 以及 A4 監測井之檢出污染物最多為 18-25 種且檢出最高濃度為 9.3-1820 ng/L 範圍。建議未來可持續針對這六個監測井進行新興污染物之相關調查。

大台北與新竹地區之目標新興污染物於地下水檢出情形並無明顯地域差異，與本研究團隊於 2008-2010 年之大台北、新竹地區之新興污染物於地表水之流佈比較發現，整體上地下水中新興污染物與其環境地表水之濃度差異度不大。但這些新興污染物從地表水進入地下水之過程中，經歷土壤吸附、氧化及生物降解等自

然淨化機制，由於新興污染物之物化特性不同其降解程度也會有所不同，可能會導致部分新興污染物容易流入地下水中，建議未來應該要持續進行流佈調查，建立新興污染物於台灣地下水體之完整流佈資料庫，以追蹤地下水中常見之新興污染物。

由於各監測井位置皆鄰近診所、藥局、醫院、藥廠、污水處理廠及電子科技廠，加上國外文獻與本研究團隊發表之期刊論文證實以上場址皆為新興污染物之環境污染來源，因此初步研判這些場址為地下水中新興污染物之可能污染源頭。建議未來能持續進行相關調查，以釐清污染來源與後續防治策略。

第一章 計畫緣起與目的

1-1 研究主旨與背景說明

新興污染物(emerging contaminants)包含許多種類化合物，這些化合物具有以下特徵「過去分析技術未發現其存在環境，現今新科技才檢測出微量濃度」、「法規尚未規範或規範不全」、「傳統都市污水處理廠無法完全去除」以及「對人體健康與生態之潛在危害性既深且遠」等含義。研究指出新興污染物無法以現有污水處理系統完全去除掉並已在環境水體中出現，其中以藥品和個人保健用品(pharmaceuticals and personal care products, PPCPs)、賀爾蒙和工業用化合物如全氟化合物(perfluorinated compounds, PFCs)最常被檢測出來，濃度範圍從 ng/L 到 μ g/L。因此新興污染物已成為歐美等先進國家關注之對象，雖然美國環保署(U.S. EPA)仍持續評估新興污染物對於環境生態的衝擊性，但目前仍尚未有明確的環境濃度規範。由於 PPCPs 種類繁多，全球科學家正積極研究各種 PPCPs 於環境中之濃度及宿命，並且進一步探討此濃度是否會對人體健康或生態系統造成衝擊。目前已有先進國家開始針對這些物質做毒性分析並將某些確定有危害之物質列入管制清單中，例如美國環保署公布的 Contaminant Candidate List 3 (CCL3)中已經列入部分的 PPCPs、賀爾蒙以及兩種 PFCs (PFOA 和 PFOS)。

國外研究指出新興污染物對人類或動物有特殊的生理影響，當它們殘留在自然界中，有可能會造成環境生態的威脅。許多 PPCPs 具有生物毒性，其中針對 PPCPs 之環境風險評估資料發現部分抗生素、非類固醇消炎止痛藥(NSAIDs)、 β -受體阻滯劑、抗憂鬱劑等藥物之化合物，其風險商數(RQ)大於 1 顯示這些化合物可能對環境生態造成不良影響。其中研究發現多數之抗生素無法有效地被動物所吸收，會以原型態化合物殘留於禽畜產品或排泄物中而進入環境中。部分抗生素會隨尿液等排泄物排出體外，這些含抗生素及其代謝物之排泄物或廢棄物，會透過逕流及滲透之方式而部分傳至河川、湖泊、地下水層、及其他水體，造成潛在性的環境

生態危害。

地下水為陸地上可利用之水資源之一，佔地球水圈總水量之 0.62%，且佔可用淡水資源之 95.7%。水文循環使地球上各個水體不斷更新，根據水體的儲量及參與水循環的數量，可計算出水體的循環週期，淺層之地下水更換週期約 340 年，而深層地下水可達 5000 年。地下水之流動速度緩慢因此循環速度也較為緩慢，若有污染物進入地下水體中則不易排出而滯留於地下水層中，因此值得特別關注。地下水之來源為地表補注，除降雪、降雨之外，若河床位置高於地下水位則河川水體也會補助地下水，因此若河川水體受到污染，則將可能影響地下水，且部份化合物會因吸附作用而停留在土壤中，此化合物也會因水之入滲而被帶入地下水層中。則以台灣地區水文循環而言，台灣年雨量為 905 億噸，年平均蒸發量共 197 億噸佔 21%，年平均逕流量 668 億噸佔 74%，而年平均地下水入滲量為 40 億噸佔 5%。由此可知，河川、土壤及其周遭環境都為地下水之可能污染來源，且因地下水流動緩慢，污染物易停留於地下水層中，此外，台灣地下水多用於民生用水、農業及工業用水，以經濟部水利署 1993 年之統計資料為例，台灣地區農、工業與民生用水總用水量約為 171.06 億立方公尺，包括地下水供應 71.39 億立方公尺，佔總用水量之 41.73%，而水庫總供水佔 25.6%，其餘為河川引水佔 33.03%因此本計畫認為實有必要針對台灣之地下水之新興污染物調查其時空數據(spatial and temporal data)並且深入研究其可能之污染來源。

1-2 文獻回顧

1-2-1 新興污染物於地下水中之分佈

新興污染物包含許多類型化合物，其中以 PPCPs、賀爾蒙和工業用化合物如全氟化合物最常被檢測出，濃度範圍從 ng/L 到 μ g/L，因此新興污染物已成為歐美等先進國家關注之對象。有鑑於此，於本計畫中調查這三類的新興污染物於地下水的濃度分佈。基於台灣尚未有研究調查新興污染物於地下水中的污染情況，因此

本計畫彙整此三類新興污染物於國外地下水中之分佈調查結果，列於表一，其中檢測出較高濃度或最高平均濃度之污染物為全氟烴基磺酸中之 PFHxS (最高濃度為 120000 ng/L)、PFOS (最高濃度為 110000 ng/L)、全氟羧酸中之 PFOA (最高濃度為 105000 ng/L)、PFHxA (最高濃度為 20000 ng/L)、興奮劑 caffeine (平均濃度為 9032 ng/L)、精神科藥物 carbamazepine (平均濃度為 4858 ng/L)、非類固醇消炎止痛藥中之 naproxen (平均濃度為 1867 ng/L)、ibuprofen (平均濃度為 1386 ng/L)、巨環素類抗生素 erythromycin-H₂O (平均濃度為 1046 ng/L)，以上濃度皆達到 ppb 濃度等級，此為常見新興污染物檢出之高濃度範圍。

地下水之污染來源可分為(1)受到鄰近河川之污染(2)因土壤吸附作用而累積，爾後又因滲透水帶入地下水中(3)附近之醫院、藥品製造業、工廠、廢棄物處理業、掩埋場、住宅等輸水管線滲漏或破裂，使得排放之廢污水流入地下水中。無論是哪種途徑，都難以察覺，且一旦污染物進入地下水中就不易降解或排出，又台灣地下水常用於民生用水及灌溉，影響之潛在危害是我們必須瞭解的。

表一、各種用藥於國外地下水流佈現況

新興污染物	最高濃度或 平均濃度 * (ng/L)	參考文獻
磺胺類抗生素		
Sulfadiazine	7	(NAQUA 2009)
Sulfamethoxazole	236*	(Sacher et al. 2001) (Hirsch et al. 1999) (Lindsey et al. 2001) (Schmidt et al. 2003) (Hinkle et al. 2005) (Verstraeten et al. 2005) (Miller and Meek 2006) (Godfrey et al. 2007) (Barnes et al. 2008) (Loos et al. 2010) (Watanabe et al. 2010) (NAQUA 2009) (Bruchet et al. 2005) (Hu et al. 2010)
Sulfathiazole	340	(Bartelt-Hunt et al. 2011)
Sulfamethazine	298*	(Watanabe et al. 2010) (Hirsch et al. 1999) (Barnes et al. 2008) (NAQUA 2009) (Bartelt-Hunt et al. 2011)

新興污染物	最高濃度或 平均濃度 * (ng/L)	參考文獻
巨環素類抗生素		
Erythromycin-H ₂ O	1046*	(Sacher et al. 2001) (Bartelt-Hunt et al. 2011) (Verstraeten et al. 2005)
Roxithromycin	1.3*	(Vulliet and Cren-Olive 2011)
Tylosin	0.6	(Watanabe et al. 2010)
奎諾酮類抗生素		
Ciprofloxacin	42.5	(Hu et al. 2010)
Norfloxacin	37	(NAQUA 2009)
咪唑類抗生素		
Dimetridazole	964	(Stuart et al. 2011)
林可胺類抗生素		
Lincomycin	152*	(Barnes et al. 2004) (Barnes et al. 2008) (Watanabe et al. 2010) (Bartelt-Hunt et al. 2011)
非類固醇消炎止痛藥		
Acetaminophen	10.3*	(Vulliet and Cren-Olive 2011)
Ibuprofen	1386*	(Heberer 1997) (Heberer 2002) (Rabiet et al. 2006) (Drewes et al. 2003) (Miller and Meek 2006) (Carrara et al. 2008) (Verstraeten et al. 2005) (Barnes et al. 2008) (Buszka et al. 2009) (Einsiedl et al. 2010) (Loos et al. 2010) (Stuart et al. 2011) (Ellis 2006)
Naproxen	1867*	(Rabiet et al. 2006) (Drewes et al. 2003) (Carrara et al. 2008)
Ketoprofen	611*	(Heberer 1997) (Heberer and Adam 2004) (Rabiet et al. 2006) (Carrara et al. 2008) (Loos et al. 2010)
Diclofenac	133*	(Drewes et al. 2002) (Sacher et al. 2001) (Heberer 1997) (Rabiet et al. 2006) (Heberer and Adam 2004) (Miller and Meek 2006) (Carrara et al. 2008) (Einsiedl et al. 2010) (Loos et al. 2010) (Ellis 2006)
降血脂及降膽固醇用藥		
Clofibric acid	988*	(Drewes et al. 2002) (Heberer 1997) (Heberer and Adam 2004) (NAQUA 2009) (Ellis 2006)
Gemfibrozil	782*	(Heberer 1997) (Carrara et al. 2008)
β-受體阻滯劑		
Propranolol	1.8*	(Vulliet and Cren-Olive 2011)
Atenolol	5.5*	(Vulliet and Cren-Olive 2011)
Sotalol	560	(Sacher et al. 2001)

新興污染物	最高濃度或 平均濃度* (ng/L)	參考文獻
興奮劑		
Caffeine	9032*	(Rabiet et al. 2006) (Seiler et al. 1999) (Hinkle et al. 2005) (Swartz et al. 2006) (Godfrey et al. 2007) (Verstraeten et al. 2005) (Barnes et al. 2008) (Buszka et al. 2009) (Katz et al. 2009) (Nakada et al. 2008) (Loos et al. 2010) (Stuart et al. 2011) (Musolff et al. 2009)
精神科藥物		
Carbamazepine	4858*	(Drewes et al. 2003) (Sacher et al. 2001) (Seiler et al. 1999) (Kreuzinger et al. 2004) (Rabiet et al. 2006) (Clara et al. 2004) (Heberer and Adam 2004) (Snyder et al. 2004) (Miller and Meek 2006) (Godfrey et al. 2007) (Katz et al. 2009) (Gasser et al. 2010) (Nakada et al. 2008) (Loos et al. 2010) (Maeng et al. 2011) (NAQUA 2009); (Stuart et al. 2011) (Bruchet et al. 2005) (Osenbruck et al. 2007) (Musolff et al. 2009)
其他類抗生素		
Trimethoprim	580	(Verstraeten et al. 2005)
賀爾蒙		
β -Estradiol	31*	(Hohenblum et al. 2004) (Mansell and Drewes 2004) (Swartz et al. 2006) (Vulliet et al. 2008)
Estriol	0.16	(Hohenblum et al. 2004)
Estrone	9*	(Hohenblum et al. 2004) (Swartz et al. 2006) (Zuehlke et al. 2004) (Vulliet et al. 2008) (Loos et al. 2010) (Kolodziej et al. 2004)
17 α -Ethinylestradiol	3*	(Hohenblum et al. 2004) (Vulliet et al. 2008)
全氟烴基磺酸		
PFBS	25	(Loos et al. 2010)
PFHxS	120000	(Moody et al. 2003)
PFOS	110000	(Moody et al. 2003)
全氟羧酸		
PFHxA	20000	(Moody et al. 2003)
PFHpA	21	(Loos et al. 2010)
PFOA	105000	(Moody et al. 2003)
PFNA	94	(Murakami et al. 2009)
PFDA	11	(Loos et al. 2010)

1-2-2 新興污染物之毒性評估

關於這些殘留的新興污染物(PPCPs、賀爾蒙及工業用化合物)是否會對環境生態造成危害的問題，首先必須瞭解其毒性資料。一般化合物的毒性資料可分成急性毒性與慢毒性兩種，這些研究將實驗生物，包含微生物、動植物等，暴露於不同化合物之濃度或劑量下，而後紀錄暴露一段時間之後所得結果，將所得的結果，通常是一個範圍而非單一數字，以估計值及其可信賴界限來表示，於此用以建立某化合物質之暴露安全標準，並可進一步地計算出環境中的風險值。

各項新興污染物之不會造成影響的濃度(Predicted No Effect Concentration, PNEC)如表二所示。其與該物質之物理化學性質、在環境中之宿命、生物毒性(藻類、水蚤、魚類等)等因子有關。PNEC 之估算方式一般則根據化學物質對生物的生物毒性與評估係數(assessment factor)，預測環境水體中殘留物不會造成影響的濃度。列表中賀爾蒙類之化合物的 PNEC 皆小於 20 ng/L，且於表二中可知 β -Estradiol 及 17 α -Ethinylestradiol 於國外之地下水體普遍測得的濃度皆高於其 PNEC，因此需要特別注意此類化合物於地下水中之存在濃度。

表二、各種用藥之毒性評估

新興污染物	最低 PNEC 濃度 (ng/L)
磺胺類抗生素	
Sulfamethoxazole	20000
Sulfamethazine	1.2×10^6 *
Sulfadimethoxine	248000*
巨環素類抗生素	
Erythromycin-H ₂ O	40
Clarithromycin	40
Roxithromycin	150
Tylosin	$>10^6$ *

新興污染物	最低 PNEC 濃度 (ng/L)
奎諾酮類抗生素	
Ciprofloxacin	20
Norfloxacin	150
Ofloxacin	40
咪唑類抗生素	
Metronidazole	1300
林可胺類抗生素	
Lincomycin	$>10^6$ *
非類固醇消炎止痛藥	
Acetaminophen	9200
Ibuprofen	5000
Naproxen	37000
Ketoprofen	15.6×10^6 *
Diclofenac	10000
降血脂及降膽固醇用藥	
Clofibrilic acid	12000
Gemfibrozil	100000
Bezafibrate	100000
β -受體阻滯劑	
Propranolol	500
Atenolol	10×10^6
Metoprolol	8800
興奮劑	
Caffeine	$>10 \times 10^6$
精神科藥物	
Carbamazepine	25000
其他類抗生素	
Trimethoprim	1000
賀爾蒙	
β -Estradiol	0.020
Estriol	0.8
Estrone	18*
17 α -Ethinylestradiol	0.02

參考文獻：最低 PNEC: (Webb, 1998, 2000) (Golet et al. 2002) (Jones et al. 2002)

(Kummerer and Henninger 2003) (Quinn et al. 2008)

“*”：其值為 LC_{50}/EC_{50} (Brain et al., 2004) (Drewes et al., 2005) (Carlsson et al. 2006)

1-2-3 新興污染物(PPCPs、賀爾蒙及工業用化合物)之基本用途

(A) PPCPs

磺胺劑類藥物是指具有對氨基苯磺醯胺結構的藥物總稱，是一類重要的抗感染藥物，用於預防和治療細菌感染性疾病的化學治療藥物，因為性質穩定、使用方便、易於生產、價格低廉，且對流行性腦脊髓膜炎、鼠疫等有明顯的療效，所以在臨床上久用不衰。其可能發生的副作用為過敏反應、腹瀉或嚴重胃痛、嚴重噁心暈眩，或頭痛。此類抗生素常使用在治療人體、畜牧產業及水產業等。巨環素類抗生素在醫學或獸醫學上是廣大和重要的抗生素類群，為治療葡萄球菌、肺炎雙球菌、呼吸道感染、中耳炎等具有感染性細菌引起之感染症。常見之副作用為噁心嘔吐、呼吸困難、皮膚紅疹、輕度蕁麻疹、頭痛等，嚴重者甚至會喪失聽力、胃嚴重痙攣、嚴重腹瀉等。此類抗生素常使用在治療人體、畜牧產業及水產業等。根據行政院衛生署統計資料，此類抗生素 2005 年製劑可使用量(製造量+輸入量)排名第三名。

奎諾酮類抗生素為人工合成之抗菌劑，對於細菌 DNA 螺旋酶具有選擇性抑制，在人體臨床上可應用於泌尿生殖道感染、呼吸道感染、腸胃感染、婦女病、性病以及皮膚和軟組織的感染。其價格較頭孢菌類藥物便宜，且口服吸收好、半衰期長，使用較為方便，其副作用大多數為噁心感、頭痛、頭昏眼花，嚴重者會產生呼吸或吞嚥困難、血便、臉頰或唇舌腫脹等。Metronidazole 及 dimetridazole 為兩種最常見之咪唑類抗生素。Metronidazole 為常用人體用藥，有強大的殺滅滴蟲作用為治療陰道滴蟲病的首選藥物，可用於治療阿米巴痢以及細菌引起的骨骼和關節感染、腦膜炎、心內膜炎、腹腔內感染、子宮內膜炎、肺炎等。此類藥物可用於治療敗血癥、牙周炎等。其常見之副作用為腹部抽痛、嘔吐、頭暈目眩、頭痛等。

Dimetridazole 為動物用藥，常用於豬、雞等家禽類動物。針對體重 60 kg 以下之豬使用，可促進生長、改進飼料利用效率及控制豬赤痢。依據衛生署公布動物藥物食品殘留標準規定，不得超過 0.005 ppm。另外，台灣、日本及歐盟在水產用藥殘留容許量之規定，皆為不得檢驗出。

林可胺類抗生素能夠與核糖體上的 50S 核糖體亞基結合，阻止原核翻譯的進行，從而使細菌死亡。長期使用會引起難分辨性梭狀芽孢桿菌性偽膜性腸炎，且會引起過敏性反應，如皮疹等，此類抗生素禁止孕婦及新生兒使用。非類固醇類消炎藥(Non-Steroid Anti-Inflammatory Drugs, NSAIDs)，具有止痛及解熱作用，這些藥物廣泛用於頭痛、肌肉酸痛、關節炎、發燒等等。最近更使用在腦部退化性疾病，老年癡呆症、阿滋默症與及大腸息肉症的預防，用途非常廣泛。中央健保局於 2002 年委託工研院產經中心(2006)之研究報告指出，2000 年至 2002 年 1~3 月間，國內一般門診對 NSAIDs 耗用劑量統計資料顯示，三年中使用量較大者為 ibuprofen、naproxen 等。

降血脂及降膽固醇用藥通常用於治療高膽固醇血症及高三酸甘油脂血症。其主要作用為能減少過量膽固醇和三酸甘油脂在心臟主要血管沈積造成動脈粥樣硬化的風險（可降低罹患冠動脈心臟病的危險性）。常見的副作用有頭痛、暈眩、失眠、降低性慾、皮疹等，嚴重者會有肌肉疼痛或痙攣、無力、不明原因的發燒、過敏反應、眼睛或皮膚變黃等現象。 β -受體阻滯劑適用於合併冠心病或心律失常的高血壓病人，能抗心絞痛、縮小心肌梗塞範圍和抗心律失常，另外長期小劑量服用可預防心肌梗塞範圍和抗心律失常，減少猝死的危險。然而 β 受體阻滯劑也有一定的副作用，使血甘油三酯增高，高密度脂蛋白降低；使胰島素敏感性降低；可出現幻覺、失眠及抑鬱等；部分病人可出現胃腸道反應如噁心、腹痛及腹瀉等症狀。

Caffeine 是一種中樞神經的興奮劑，也是新陳代謝的刺激劑。其是一種植物鹼，

就來源而論是從植物萃取的化學物質，普遍存在於咖啡豆、茶葉及可可豆中。每天攝取多於一克會導致痙攣、心跳不穩等。此為環境水體中常見之藥物，普遍存在於各種污水來源中。Carbamazepine 是一種常使用的抗癲癇藥物，也可以使用於治療三叉神經痛的疾病上。在精神科的使用，主要是用在治療躁鬱症的患者，也可作為治療酒精禁戒症候群、腎原性糖尿病崩症、尿崩症等病症之用藥。此藥物的藥理作用是提高細胞膜穩定性，對於精神分裂病患者，此藥物也被使用作為輔助性治療的藥物。常見之副作用如口乾、腹瀉、嗜睡、暈眩等，嚴重時可能會有致命之表皮壞死反應。Carbamazepine 為健保常用藥物，每年使用量約為 0.6-60 噸。

Pentoxifylline 為 Theophylline 的衍生物，為銀杏萃取物，因可改善紅血球的可塑性使血液黏度降低，故常用於腦梗塞中風患者，以改善腦血液循環。其可能會造成藥物中毒，症狀為心搏加速、抽搐、昏迷、發燒等。2005 年健保統計資料得知，Pentoxifylline 為健保常用藥物，每年使用量約為 3.4-13.4 噸，此數量相當可觀。Trimethoprim 與磺胺藥(Sulfamethoxazole)合用可使抗菌作用增強數倍至數十倍，主要被作為磺胺類藥的增效藥來使用，因此在環境水體中經常同時檢測出此兩種藥物，可用來治療葡萄球菌、肺炎雙球菌、赤痢菌及綠膿菌引起之感染症，單獨用於呼吸道感染、泌尿道感染、腸道感染等病症，也可以用來治療家禽細菌感染和球蟲病。副作用如貧血、出血傾向、頭暈、發燒、噁心嘔吐等。

(B)賀爾蒙

賀爾蒙通常是由內分泌腺產生的化學物質，隨著血液輸送到全身，控制身體的生長、新陳代謝、神經信號傳導等，種類包含：生長激素、甲狀腺素、腎上腺素、胰島素、雌激素等。其中雌激素類藥物常用於乳腺癌、避孕、預防骨質酥鬆症和其他的更年期症狀等用途。服用時常見的副作用包含乳房觸痛、周圍水腫及頭痛。週期性服用較可減緩此等副作用。長期曝露於高劑量雌激素對於仍有子宮的婦女可能造成子宮內膜增生及子宮內膜癌的危險性。

(C)工業用化合物

全氟化合物(perfluorinated compounds, PFCs)包含全氟梭酸系列(perfluoroalkyl carboxylates acid, PFCAs)及全氟烷基磺酸系列(perfluoroalkyl sulfonate, PFASs)，其結構由碳與氟以直鏈的形式組成，常用於界面活性劑及具防水、防油、抗污的表面防護化學品等製造，其應用為民生用品及工業製品，如紡織品、皮革製品、包裝、泡沫滅火器、塗料添加劑及家用和工業清潔劑等。除此之外，電子製造業中，半導體產業及光電產業對於 PFCs 的使用亦是相當頻繁，因此半導體及光電業所產生的廢水即含有大量的 PFCs 存在(Tang et al. 2006)。但由於 PFCs 的高化學及熱穩定性，使其不易於自然環境中降解，因此對於環境、生物及人體健康為一大衝擊。

1-2-4 台灣地下水之現況及可能污染源

地下水為陸地上可利用之水資源之一，佔地球水圈總水量之 0.62%，且佔可用淡水資源之 95.7%。而地下水之流動速度緩慢因此循環速度也較為緩慢，若有污染物進入地下水體中則不易排出而滯留於地下水層中，因此值得特別關注。地下水之來源為地表補注，除降雪、降雨之外，若河床位置高於地下水位則河川水體也會補助地下水，因此若河川水體受到污染，則將可能影響地下水，且部份化合物會因吸附作用而停留在土壤中，此化合物也會因水之入滲而被帶入地下水層中。則以台灣地區水文循環而言，台灣年雨量為 905 億噸，年平均蒸發量共 197 億噸佔 21%，年平均逕流量 668 億噸佔 74%，而年平均地下水入滲量為 40 億噸佔 5%。由此可知，河川、土壤及其周遭環境都為地下水之可能污染來源。

台灣因降雨時空分佈不均，而使豐枯水期之水量差異大，且又由於儲水設施不足，致地下水成為枯水期間之重要水源，以補充農業、工業以及民生用水所需，因此地下水質之良莠將直接影響地下水之用途以及人體健康。而於豐水期間，由於鄰近之河流水位上升，使得河流補注地下水，因此若河川受到污染則可能導致地下水被污染。

台灣都市人口密度高，醫院、診所多設立於人口密集區，而近年來高科技產

業蓬勃發展，尤其是電子科技廠，而這些放流水中並無法確定此些藥物、賀爾蒙或是工業用化合物完全被去除，且難以判斷是否會透過管線、土壤或是河川水體進入地下水體中。本研究團隊於 2008-2010 年發表之論文與環檢所計畫成果報告書中(如表三所示)，調查台北地區的醫院排放水、污水處理廠的進放流水與河川流域(新店溪、大漢溪及基隆河)之新興污染物濃度分佈。由調查數據得知許多人體用藥都可以在醫院排放水、污水處理廠、製藥廠的進放流水以及河川中被檢出，濃度較高為 Acetaminophen (100433 ng/L)、Erythromycin-H₂O (75100 ng/L)、Caffeine (23967 ng/L)、Estrinol (22633 ng/L)等人體用藥，皆達 ppb 濃度等級。本團隊針對工業用化合物(全氟化物)於新竹園區的調查結果(表三)，顯示 PFHxS 檢測出最高濃度為 133330 ng/L、PFOA 檢測出最高濃度為 26895 ng/L、PFOS 檢測出最高濃度為 128670 ng/L，皆來自於高科技產業。在新竹園區附近的表面河川流域亦調查出高濃度的 PFOS 與 PFHxS，檢出濃度分別為 6050 與 2517 ng/L。

表三、台灣台北地區與新竹地區常見新興污染物的濃度分布情況

新興污染物	檢測樣品來源	檢出濃度範圍 (ng/L)	參考文獻
磺胺類抗生素			
Sulfamethoxazole	台北醫院排放水	118-5823	(Lin et al. 2008)
	台北都市污水處理廠放流水	47-964	
	台北都市污水處理廠進流水	179-1760	(Lin et al. 2009a)
	台北大漢溪與新店溪流域	1-150	(Lin and Tsai 2009)
	台北基隆河與新店溪流域	0.5-270	(林郁真 2008)
巨環素類抗生素			
Erythromycin-H ₂ O	台北大漢溪與新店溪流域	38-75100	(Lin and Tsai 2009)
	台北醫院排放水	193-5177	(Lin et al. 2008)
	台北都市污水處理廠放流水	361-811	
	台北都市污水處理廠進流水	226-1537	(Lin et al. 2009a)
	台北基隆河與新店溪流域	14.3-535	(林郁真 2008)
Clarithromycin	台北醫院排放水	381-2300	(Lin et al. 2008)
	台北都市污水處理廠放流水	12-232	
	台北都市污水處理廠進流水	59-1433	(Lin et al. 2009a)
	台北基隆河與新店溪流域	12.7-68.4	(林郁真 2008)
奎諾酮類抗生素			
Ciprofloxacin	台北醫院排放水	193-3863	(Lin et al. 2008)
	台北都市污水處理廠放流水	32-103	
Ofloxacin	台北醫院排放水	909-5180	(Lin et al. 2008)
	台北都市污水處理廠放流水	53-991	

新興污染物	檢測樣品來源	檢出濃度範圍 (ng/L)	參考文獻
	台北都市污水處理廠進流水	115-1274	(Lin et al. 2009a)
咪唑類抗生素			
Metronidazole	台北醫院排放水	109-7850	(Lin et al. 2008)
	台北都市污水處理廠放流水	10-126	
	台北都市污水處理廠進流水	1 - 294	(Lin et al. 2009a)
林可胺類抗生素			
Lincomycin	台北醫院排放水	14-262	(Lin et al. 2008)
	台北基隆河與新店流域	12.3-112	(林郁真 2008)
非類固醇消炎止痛藥			
Acetaminophen	台北醫院排放水	6-100433	(Lin et al. 2008)
	台北都市污水處理廠放流水	4-120	
	台北大漢溪與新店流域	2.9-13467	(Lin and Tsai 2009)
	台北基隆河	14-1600	(Lin et al. 2010a)
Ibuprofen	台北醫院排放水	63-5297	(Lin et al. 2008)
	台北都市污水處理廠放流水	313-3777	
	台北都市污水處理廠進流水	711 - 17933	(Lin et al. 2009a)
Naproxen	台北醫院排放水	65-8463	(Lin et al. 2008)
	台北都市污水處理廠放流水	244-3807	
Diclofenac	台北醫院排放水	37-786	(Lin et al. 2008)
	台北都市污水處理廠放流水	4-101	
降血脂及降膽固醇用藥			
Clofibric acid	台北醫院排放水	3-2400	(Lin et al. 2008)
	台北都市污水處理廠放流水	47-487	

新興污染物	檢測樣品來源	檢出濃度範圍 (ng/L)	參考文獻
	台北都市污水處理廠進流水	36 – 2,593	(Lin et al. 2009a)
Gemfibrozil	台北醫院排放水	25-10393	(Lin et al. 2008)
	台北大漢溪與新店河流域	21-108	(Lin and Tsai 2009)
β -受體阻滯劑			
Propranolol	台北醫院排放水	20-88	(Lin et al. 2008)
	台北都市污水處理廠放流水	15-171	
	台北基隆河	2-12	(Lin et al. 2010a)
Atenolol	台北醫院排放水	132-2260	(Lin et al. 2008)
	台北都市污水處理廠放流水	210-681	
	台北都市污水處理廠進流水	738 – 2883	(Lin et al. 2009a)
Metoprolol	台北醫院排放水	18-631	(Lin et al. 2008)
	台北都市污水處理廠放流水	12-199	
興奮劑			
Caffeine	台北醫院排放水	124-23967	(Lin et al. 2008)
	台北都市污水處理廠放流水	19-1727	
	台北基隆河	3500-6000	(Lin et al. 2010a)
精神科藥物			
Carbamazepine	台北醫院排放水	63-1433	(Lin et al. 2008)
	台北都市污水處理廠放流水	93-214	
	台北都市污水處理廠進流水	82 – 357	(Lin et al. 2009a)
其他類抗生素			
Trimethoprim	台北醫院排放水	217-2993	(Lin et al. 2008)
	台北都市污水處理廠放流水	203-415	
	台北都市污水處理廠進流水	259 – 949	(Lin et al. 2009a)

新興污染物	檢測樣品來源	檢出濃度範圍 (ng/L)	參考文獻
	台北基隆河與新店流域	16.7-89.2	(林郁真 2008)
賀爾蒙			
Estriol	台北醫院排放水	9297-22633	(Lin et al. 2008)
全氟烴基磺酸			
PFBS	新竹園區工業污水處理廠放流水	960±35.2	
PFHxS	新竹園區工業污水處理廠放流水	2226.7±120.6	(Lin et al. 2010b)
	新竹南門溪	12-2407	
	新竹客雅溪	2517	
	新竹園區高科技產業放流廢水	216-133330	
PFOS	新竹河川流域 (客雅溪、頭前溪、霄裡溪)	10-2000	(Lin et al. 2009b)
	新竹園區工業污水處理廠放流水	5663.3±427.4	
	新竹南門溪	207-6050	
	新竹客雅溪	62-4330	
PFOS	新竹園區高科技產業放流廢水	7229-128670	
	新竹河川流域 (客雅溪、頭前溪、霄裡溪)	45-5440	(Lin et al. 2009b)
全氟羧酸			
PFHxA	新竹園區工業污水處理廠放流水	71.1±16.5	(Lin et al. 2010b)
	新竹南門溪	27-77	
	新竹客雅溪	35-68	
	新竹園區高科技產業放流廢水	76	
PFHpA	新竹園區工業污水處理廠放流水	14.5±0.3	(Lin et al. 2010b)
PFOA	新竹園區工業污	480.3±28.2	(Lin et al. 2010b)

新興污染物	檢測樣品來源	檢出濃度範圍 (ng/L)	參考文獻
	水處理廠放流水 新竹南門溪 新竹客雅溪 新竹園區高科技 產業放流廢水 新竹河川流域 (客雅溪、頭前 溪、霄裡溪)	16-517 48-717 118-26895 10-200	(Lin et al. 2009b)
PFNA	新竹園區工業污 水處理廠放流水	10.4±0.8	(Lin et al. 2010b)
PFDA	新竹園區工業污 水處理廠放流水 新竹南門溪 新竹園區高科技 產業放流廢水	22.6±1.3 9-23 7-4195	(Lin et al. 2010b)
PFUnA	新竹園區工業污 水處理廠放流水	4.8±1.2	(Lin et al. 2010b)
PFDaA	新竹園區工業污 水處理廠放流水	2.8±0.3	(Lin et al. 2010b)

1-2-5 新興污染物於美國加州回收水之監測與規範

台灣地下水大部分使用在民生用水、養殖及灌溉，許多偏遠地區的民眾亦直接作為飲用水，因此地下水與人體健康有相當高的關聯性。目前專家學者們尚未全面瞭解這些新興污染物在環境水體中的生態衝擊，尤其是新興污染物在地下水中之宿命、毒性以及對人體或環境之風險等評估分析更加困難。全世界尚未設立任何法規或規範針對飲用水或地下水中新興污染物之濃度，因此本計畫引用美國加州回收水之監測與規範內容來推估新興污染物的危害風險。美國加州回收水之監測與規範利用閾值(threshold value)，閾值是以污染物於一特定水體環境中之毒性、影響、特性以及最低偵測濃度等所訂定出，制定污染物於特定環境中之限制濃度，進而發展成法規或規範。本計畫根據此規範彙整目標新興污染物的濃度規範如表

四所示，表中所列 PNEC_{dw} (predicted no effect concentration in drinking water，預估無影響濃度)，為 Schwab 等人預測這些新興污染物於飲用水中無影響之濃度；DWG (drinking water guideline) 則為飲用水之規範準則；而 Snyder 等人則以水當量水準 (drinking water equivalent level, DWEL)作為再生水飲用標準，在此參數中加入一安全係數，以成人每人為 70 公斤，每人飲水量 2 升/天，並將飲用水訂為 100%之接觸量以計算之，此計算之值則為預期不會對人體健康有危害之情況下之濃度；另一參數 PGV (provisional guideline value)則為一暫定準則，將用來作為未來訂定濃度之參考值。由此表四資料得知，PFOA、PFOS、caffeine、erythromycin-H₂O、 β -受體阻滯劑的規範濃度皆為 ppb 等級，對照表三的數據可發現這些新興污染物在環境水逕流途徑中皆可達到 ppb 等級，因此本計畫認為調查新興污染物的濃度分佈相當重要。表四提到賀爾蒙類之各項規範值相較於其他化合物來得低，其中 PNEC 甚至僅為 0.9 ng/L，因此必須密切注意賀爾蒙類污染物在環境水體中的濃度與可能污染源。

表四、目標新興污染物於回收水中之各項規範

目標新興污染物	PNEC ^a (ng/L)	PNEC _{dw} ^b (ng/L)	DWG ^c (ng/L)	DWEL ^d (ng/L)	PGV ^e (ng/L)
磺胺類抗生素					
Sulfamethoxazole		1.9×10 ⁶	3.5×10 ⁴	1.8E×10 ⁷	4.4E×10 ⁵
Sulfathiazole		7.3×10 ⁵			
Sulfamethazine			3.5×10 ⁴		
Sulfadimethoxine			3.5×10 ⁴		
巨環素類抗生素					
Erythromycin-H ₂ O	4.9×10 ³				
Clarithromycin			2.5×10 ⁵		
Roxithromycin			1.5×10 ⁵		
Tylosin			1.1×10 ⁶		
奎諾酮類抗生素					
Norfloxacin		2.8×10 ⁶	4.0×10 ⁵		
Ciprofloxacin		2.3×10 ⁴	2.5×10 ⁵		
林可類抗生素胺					
Lincomycin		3.7×10 ⁵	3.5×10 ⁶		

目標新興污染物	PNEC ^a (ng/L)	PNECdw ^b (ng/L)	DWG ^c (ng/L)	DWEL ^d (ng/L)	PGV ^e (ng/L)
非類固醇消炎止痛藥					
Acetaminophen	3.5×10 ⁵	5.0×10 ⁶			
Ibuprofen		1.6×10 ⁶	4.0×10 ⁵		
Naproxen			2.2×10 ⁵	2.0×10 ⁷	
Ketoprofen			3.5×10 ³		
Diclofenac			1.8×10 ³	2.3×10 ⁶	
降血脂及降膽固醇用藥					
Gemfibrozil		8.0×10 ⁵	6.0×10 ⁵	4.5×10 ⁴	
Bezafibrate			3.0×10 ⁵		
β-受體阻滯劑					
Propranolol			4.0×10 ⁴		
Atenolol				7.0×10 ⁴	
Metoprolol			2.5×10 ⁴		5.0×10 ⁴
興奮劑					
Caffeine			3.5×10 ²		
精神科藥物					
Carbamazepine			1.0×10 ⁵	1.2×10 ⁴	1.0×10 ³
其他類抗生素					
Trimethoprim		6.1×10 ⁴	7.0×10 ⁴	6.7×10 ⁶	
賀爾蒙					
β-Estradiol	9.0×10 ⁻¹		1.8×10 ²	1.8×10 ³	
Estriol	3.5×10 ²		50		
Estrone	3.5×10 ²		30	4.6×10 ²	
全氟烴基磺酸					
PFOS	2.0×10 ²				5.0×10 ²
全氟羧酸					
PFOA	1.1×10 ³				5.3×10 ³

*註: a: USEPA CCL 3 和 CA PCC Dossier of Chemicals; b: Schwab et al. 2005. Human pharmaceuticals in US surface waters: a human health risk assessment. Regulatory Toxicology and Pharmacology 42: 296-312.; c: Environment Protection and Heritage Council et al. 2008. Australian Guidelines for Water Recycling. Augmentation of Drinking Water Supplies. May 2008.; d: Toxicological Relevance of EDCs and Pharmaceuticals in Drinking Water. Awwa Research Foundation. 484 pp.; e: Schriks et al. 2009. In Press. Toxicological relevance of emerging contaminants for drinking water quality. Water Research, doi: 10.1016/j.watres.2009.08.023.

1-2-6 目標新興污染物之國外地下水流佈數據與分析方法彙整

針對 50 種目標新興污染物，本研究團隊蒐集國外相關分析方法文獻，如表五所示。發現國外研究團隊對於樣品前處理技術大多數都採用固相萃取法(solid phase extraction, SPE)為目前萃取方法中主流技術之一，常用的固相萃取匣有 C₁₈ 萃取匣、HLB 萃取匣及 MCX 萃取匣。C₁₈ 逆相萃取管柱中的填充物質，以矽酸鹽(Silica)為主體，接上非極性長鏈之 C₁₈，因此 C₁₈ 逆相萃取管柱是藉由目標化合物與 C₁₈ 長鏈之相互作用，先將目標化合物沖提出，達到分離及純化效果；另一種為 HLB 萃取匣，具備親水及疏水特性，藉由目標待測物質與萃取管柱之親水及疏水特性之間的相互作用以達到純化的目的。部分文獻中也採用 MCX(混合型的陽離子交換萃取匣)，此萃取匣對鹼性化合物有高選擇性。另外，在分析儀器方面，為了克服極為複雜的環境樣品以及適用於微量濃度的分析，國外研究團隊大多數選擇具有高選擇性且高靈敏度的液相層析串聯式質譜儀(liquid chromatography tandem mass spectrometry, LC-MS/MS)作為分析儀器，依據分析化合物的不同其離子源可分為 APCI (atmospheric pressure chemical ionization)與 ESI (electrospray ionization)兩種模式，另外，根據化合物帶電能力的不同又可分為正離子和負離子模式。**表五**目前所列之分析方法與本研究團隊過去建立之分析方法極為相似，並且本團隊已經發表過 50 種目標新興污染物之表面水體與廢水中之分析方法於國際期刊中(Lin et al. 2008, Lin et al. 2009a, Lin and Tsai 2009, Lin et al. 2010b, Lin et al. 2009b, Yu et al. 2011, Lin et al. 2010c)，方法偵測極限皆可達 ng/L 等級，部分目標新興污染物方法偵測極限可低於 1 ng/L。於本研究計劃中，建立了 50 種新興污染物於地下水體之同步分析方法，詳見第四章(分析方法草案)。

表五、彙整目標新興污染物之國外分析方法

Class	Compound	Matrix	Extraction method	Instrument	LOD	Reference
NSAIDs	diclofenac, ibuprofen, ketoprofen, naproxen, clofibric acid, bezafibrate, carbamazepine	groundwater	SPE PPLBond-Elut	LC-MS/MS	7.9-44 ng/L	(Sacher et al. 2001)
β 受體阻滯劑	metoprolol, propranolol, atenolol, sotalol					
降血脂劑	gemfibrozil					
磺胺劑類抗生素	sulfamethoxazole, sulfadiazine, trimethoprim					
巨環素類抗生素	erythromycin, roxithromycin, clarithromycin, tylosin					
血管擴張劑	pentoxifylline					
抗生素	Tetracyclines, tylosin	ground water	SPE	LC-MS	100ng/l	(Hamscher et al. 2002)
β 受體阻滯藥	acebutolol, atenolol, metoprolol, sotalol	sewage influent and effluent, surface water, ground water	SPE (Oasis HLB)/MeOH	LC-MS/MS	0.4-49 ng/L	(Vieno et al. 2006)
精神科藥物	carbamazepine				0.2-3.5 ng/L	
奎諾酮類抗生素	ciprofloxacin, ofloxacin, norfloxacin				1.6-163 ng/L	
NSAIDs	ibuprofen, naproxen, ketoprofen, diclofenac, clofibric acid	rivers and tap waters	SPE C18/MeOH	LC-MS/MS	7.5-75 ng/L	(Hernando et al. 2006)
NSAIDs	ketoprofen, naproxen, ibuprofen, diclofenac, acetaminophen	river water	SPE Oasis HLB	LC-MS/MS	river water: 1.0-30 ng/L; wastewater: 3-160 ng/L	(Gros et al. 2006)
降血脂劑	clofibric acid, gemfibrozil, bezafibrate					
精神科藥物	carbamazepine					

Class	Compound	Matrix	Extraction method	Instrument	LOD	Reference
抗生素	erythromycin, sulfamethoxazole, trimethoprim, ofloxacin					
β 受體阻滯劑	atenolol, sotalol, metoprolol, propranolol					
降血脂劑	clofibril acid, gemfibrozil					
NSAIDs	ibuprofen, ketoprofen, naproxen, diclofenac	river water	Isolute mixed phase SPE C2/ENV+ Isolute SPE(RP-C18)	LC-MS/MS GC/MS	non reported non reported	(Bendz et al. 2005) (Andreozzi et al. 2003)
精神科藥物/ β 受體阻滯劑	carbamazepine, atenolol, metoprolol, propranolol					
抗生素	trimetoprim, sulfamethoxazole					
興奮劑	caffeine					
精神科藥物/降血脂劑/NSAIDs	carbamazepine, clofibril acid, ibuprofen, naproxen, diclofenac	surface waters	SPE Oasis HLB	LC-MS/MS	20-1400 ng/L	(Hao et al. 2006)
巨環素類抗生素	erythromycin, tylosin A, lincomycin, roxithromycin					
磺胺劑類抗生素	sulfadimethoxine, sulfamethazine, sulfathiazole					
降血脂劑	bezafibrate, gemfibrozil					
B 受體阻滯劑/林可胺類抗生素/奎諾酮類抗生素/降血脂劑	atenolol, lincomycin, ciprofloxacin, clofibril acid, bezafibrate	river water	SPE Oasis MCX	LC-MS/MS	0.3-10 ng/L	(Calamari et al. 2003)
抗 生 素 & NSAIDs	erythromycin, tylosin, clarithromycin, ibuprofen,	river water	SPE Lichrolut EN			

Class	Compound	Matrix	Extraction method	Instrument	LOD	Reference
NSAIDs	clofibric acid, naproxen, ketoprofen, bezafibrate, ibuprofen, diclofenac	surface waters	SPE Oasis HLB	LC-MS/MS	0.3-0.6 ng/L	(Quintana et al. 2004)
NSAIDs	acetaminophen, ibuprofen, naproxen, diclofenac	surface waters	SPE Oasis HLB	LC-MS/MS	1.0 ng/L	(Vanderford et al. 2003)
精神科藥物	carbamazepine					
抗生素, 抗菌劑	erythromycin, sulfamethoxazole, trimethoprim					
降血脂劑	gemfibrozil					
血管擴張藥	pentoxifylline					
興奮劑	caffeine					
賀爾蒙	estradiol, ethynylestradiol					
興奮劑	caffeine	river water	SPE Isolute C18	LC-MS/MS	25-50 ng/L	(Ternes et al. 2001)
NSAIDs	Diclofenac, ibuprofen, naproxen	surface waters	For LC - MS analysis, SPE (Bondesil ODS); MeOH as elution solvent. For CE-MS analysis, prior to SPE, samples were treated by LLE with hexane-MTBE (1:1, v/v)	Determination by HPLC - or CE - (+and -)ESI - MS - MS	LODs (SPE - LC - MS)=0.2 - 0.6. LODs (LLE - SPE - CE - MS)=5 - 19	(Ahrer et al. 2001)
NSAIDs	Ibuprofen, ketoprofen, naproxen, diclofenac	surface waters	For LC - MS analysis, SPE (LiChrolut-EN) and acetone and MeOH as elution solvents. For GC - MS analysis, LLE with dichloromethane	HPLC - (-)ESI - MS - DAD. GC - MS (derivatization with BF ₃ - MeOH)	LODs (SPE - LC - MS)=5 - 43. LODs (LLE - GC - MS)=not reported	(Farre et al. 2001)
NSAIDs	Ibuprofen, naproxen, diclofenac, ketoprofen	Bottled water	SPE (LiChrolut RP-18); elution with acetone and	CZE - DAD; Oncolumn preconcentration technique:	LODs=2 - 9	(Macia et al. 2003)

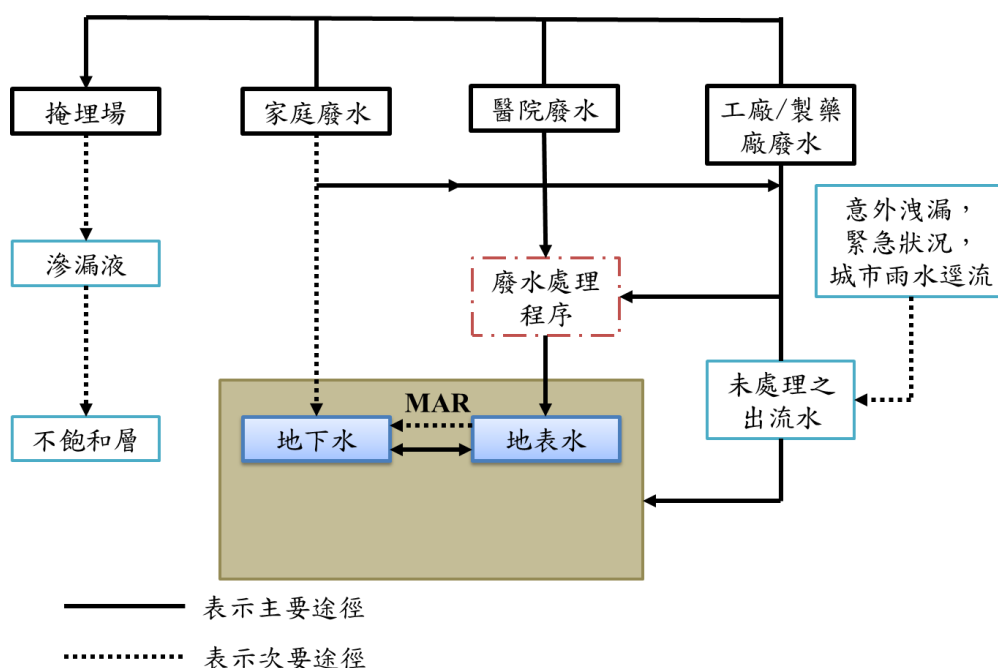
Class	Compound	Matrix	Extraction method	Instrument	LOD	Reference
			MeOH	LVSEP		
NSAIDs	Ketoprofen, naproxen, diclofenac, ibuprofen	drinking, and surface waters	SPE (Oasis HLB); elution with MeOH containing 5 mmol L ⁻¹ TBACl	HPLC - (-)ESI - QqQ in MRM mode HPLC - (-) ESI - QqTOF in PIS mode	LODs (QqQ) ≤0.461; LODs (QqTOF) ≤1.025	(Marchese et al. 2003)
NSAIDs	naproxen, diclofenac, ibuprofen	surface waters	SPE (LiChrolut RP-18); elution with MeOH	HPLC coupled with DAD and (-) ESI - MS	LODs=5 - 95	(Debska et al., 2005)
NSAIDs, 抗生素	clofibric acid, clotrimazole, dextropropoxyphene, diclofenac, erythromycin, ibuprofen, mefenamic acid, paracetamol, propranolol, sulfamethoxazole, and trimethoprim	surface waters	StrataX SPE columns (200 mg; Phenomenex, UK); elution with MeOH	LC-ESI-MS-MS	LOD were described previously (Hilton and Thomas, 2003)	(Roberts and Thomas 2006)
降血脂劑	bezafibrate, gemfibrozil, clofibric acid	surface waters	SPE/C18/MeOH	LC-MS/MS		(Hernando et al. 2004)
降血脂劑	bezafibrate, gemfibrozil, clofibric acid	surface waters	SPE/LiChrolut EN/MeOH:	LC-MS/MS		(Comoretto and Chiron 2005)
降血脂劑	gemfibrozil	surface waters	SPE/LiChrolut EN/MeOH: Acet.	LC-MS		(Farre et al. 2001)
降血脂劑	bezafibrate, gemfibrozil	surface waters	SSPE/C18+HLB/MeOH:Acer	LC-MS		(Loos et al. 2003)
降血脂劑	bezafibrate, clofibric acid	surface waters	SPE/C18/MeOH	LC-MS/MS		(Ahrer et al. 2001)
降血脂劑/抗生素	roxithromycin,	river water	SPE	LC-MS	1(pg)absolute 3(pg) 2(pg)	(Miao and Metcalfe 2003)
抗生素	Erythromycin, roxithromycin, tylosin	Natural waters	SPE addition of 5% Na ₂ EDTA acidified pH 5	LC-MS	30-70 ng/l	(Yang and Carlson 2004)
PFCs	PFCAs and PFASs	River and drinking water	SPE	LC- MS/MS	2 ng/l	(Skutlarek et al., 2006)

1-3 研究動機與目的

台北及其郊區人口密度稠密，近640萬民眾居住，超過80家地區醫院和醫療中心，其中醫院排放水含有大量各式各樣的藥物，對承受水體所造成的衝擊深遠，根據環境保護署規定，醫院處理過後之排放水只需要低於放流水標準(生化需氧量 30 mg/L、化學需氧量100 mg/L、懸浮固體30 mg/L 及大腸桿菌群 200,000 CFU/100 mL)即可排放至承受水體。另台灣之高科技產業絕大多數集中於新竹科學園區，新竹科學園區橫跨新竹縣市，園區內之產業包括積體電路產業、電腦及周邊產業、光電產業等，其中包括203家(46%)積體電路產業及86家(19%)光電產業，且PFASs主要來自積體電路產業廢水，而PFCAs則主要來自光電產業廢水(Lin et al. 2010b, Lin et al. 2009b)。由於傳統的廢水處理程序無法有效去除PPCP、賀爾蒙及PFCs，因此這些化合物容易排放至環境水體中(如表三所示)，進而可能影響附近之地下水資源。另圖一為可能之地下水污染來源，MAR(managed artificial recharge)表示以人工補助的方式以補注地下水，從圖一中可知，家庭污水及掩埋場之滲出水皆可能為直接之污染源，若地表水受到醫院或工廠廢水之污染，或是因處理廠未處理完全而排放至地表水中，則其對於地下水之影響會較其來污染源來得高。

綜合國外地下水中(表一)、台灣北部河川水體以及新竹科學園區之表面水和廢水(表三)常見之新興污染物，本研究選定 50 種目標新興化合物，其中包含 12 類人體用藥、4 種賀爾蒙以及 2 類工業用化合物，詳細如表六所示。表七為此 50 種目標新興化合物之結構及物化特性資料。此計畫之目標為：(1)完成 50 種目標新興污染物於地下水之檢測方法與確效之建立。(2)完成枯水期(12 月~4 月)之 20 個監測井之採樣，分析 50 種目標新興污染物，其中較高檢出濃度之 12 個監測井於豐水期(5 月~10 月)再次進行 50 種目標新興污染物分析，以建立時空分佈資料。(3)針對 20 個監測點進行數據分析與統整並深入探討與其周遭污染源之相關性。(4)比較大台北地區與新竹地區之分析結果，延伸至地面上社會結構與地下水時空背景之相關性。(5)統整目標新興污染物之濃度分佈，評估可能污染來源並建議其改善方案。

此計畫為台灣第一個全面性針對地下水中新興污染物之流佈研究，因此本計劃成果除了可作為未來水資源管理、處理工程及相關法規之重要依據外，亦將建立台灣地下水新興污染物首例流佈資料。目前台灣並無分析地下水中新興污染物之研究，因此本計劃除了建立第一組地下水體新興污染物濃度之數據外，更能提供日後相關研究進行之參考。

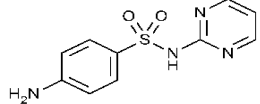
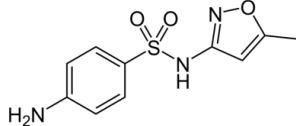
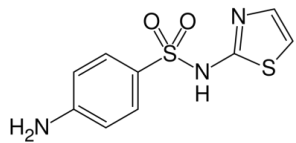
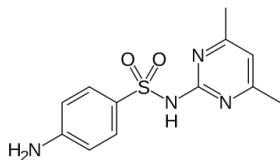
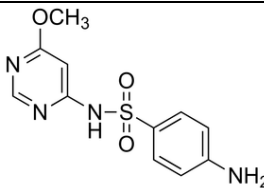
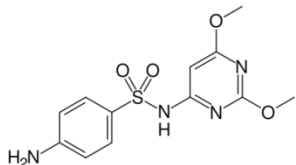
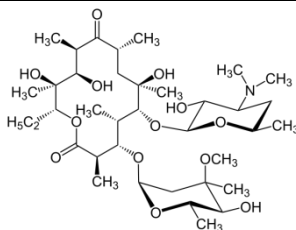
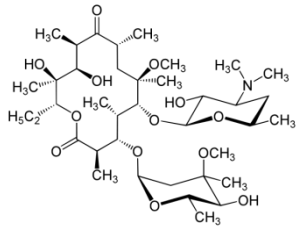


圖一、台灣地下水可能之污染途徑

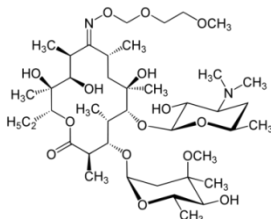
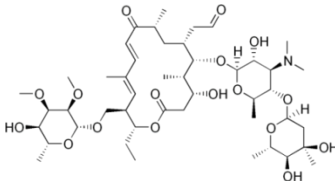
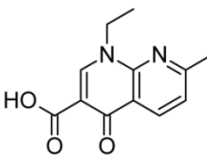
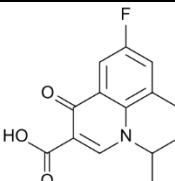
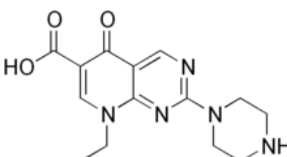
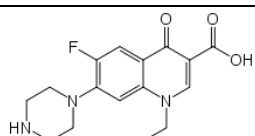
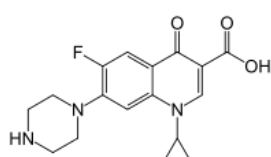
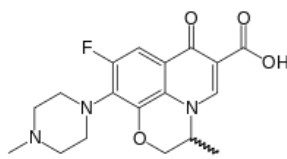
表六、50 種目標新興污染物列表

PPCPs	非類固醇消炎止痛藥 (NSAIDs)	賀爾蒙	
磺胺類抗生素 (Sulfonamide antibiotics)	Acetaminophen	β -Estradiol	
	Ibuprofen	Estriol	
Sulfadiazine	Naproxen	Estrone	
Sulfamethoxazole	Ketoprofen	17 α -Ethinylestradiol	
Sulfathiazole	Diclofenac	工業用化合物	
Sulfamethazine	降血脂及降膽固醇用藥		
Sulfamonomethoxine	(Lipid regulator and		全氟烴基磺酸
Sulfadimethoxine	cholesterol lowering drug)		(PFASs)
巨環素類抗生素 (Macrolide antibiotics)	Clofibric acid	PFBS (perfluorobutyl sulfonate)	
	Gemfibrozil	PFHxS (perfluorohexyl sulfonate)	
Erythromycin-H ₂ O	Bezafibrate	PFOS (perfluorooctyl sulfonate)	
Clarithromycin	β -受體阻滯劑 (β -blockers)	全氟羧酸	
Roxithromycin		(PFCAs)	
Tylosin	Propranolol	PFHxA (perfluorohexanoic acid)	
奎諾酮類抗生素 (Quinolone antibiotics)	Atenolol	PFHpA(perfluoroheptanoic acid)	
	Metoprolol	PFOA (perfluorooctanoic acid)	
Nalidixic acid	Acebutolol	PFNA (perfluorononanoic acid)	
Flumequine	Sotalol	PFDA (perfluorodecanoic acid)	
Pipemidic acid	興奮劑	PFUnA (perfluoroundecanoic acid)	
Norfloxacin	(Psychostimulants)	PFDoA (perfluorod odecanoic acid)	
Ciprofloxacin	Caffeine		
Ofloxacin	精神科藥物		
咪唑類抗生素 (Imidazole antibiotics)	(Psychiatric drugs)		
	Carbamazepine		
Dimetridazole	血管擴張藥		
Metronidazole	(Vasodilators)		
林可胺類抗生素	Pentoxifylline		
(Lincosamides antibiotics)	其他類抗生素		
Lincomycin	(Other antibiotics)		
	Trimethoprim		

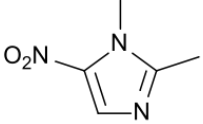
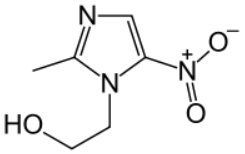
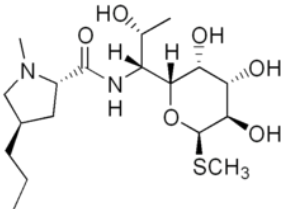
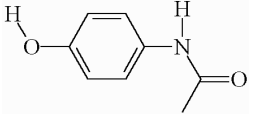
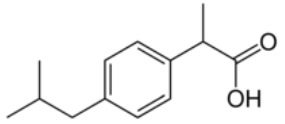
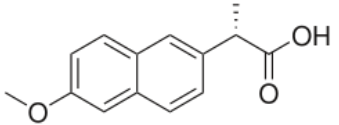
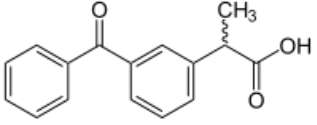
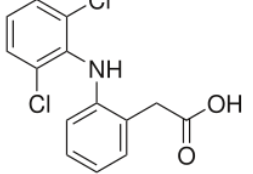
表七、50 種目標新興污染物之結構及物化特性

化合物名稱	分子式	分子量 (g/mol)	pka	Log Koc	Log Kow	結構式
Sulfadiazine	C ₁₀ H ₁₀ N ₄ O ₂ S	250.28	2.14 6.40	2.09	-0.05	
Sulfamethoxazole	C ₁₀ H ₁₁ N ₃ O ₃ S	253.28	1.70 5.60	1.40	0.89	
Sulfathiazole	C ₉ H ₆ N ₃ O ₂ S ₂	255.32	7.24	2.30	-0.05	
Sulfamethazine	C ₁₂ H ₁₄ N ₄ O ₂ S	278.33	7.45	2.24	0.8	
Sulfamonomethoxine	C ₁₁ H ₁₂ N ₄ O ₃ S	280.30	6.05	2.67	0.7	
Sulfadimethoxine	C ₁₂ H ₁₄ N ₄ O ₄ S	310.33	6.21	2.16	1.63	
Erythromycin	C ₃₇ H ₆₇ NO ₁₃	733.93	8.88	2.76	3.06	
Clarithromycin	C ₃₈ H ₆₉ NO ₁₃	747.95	8.99	2.18	3.16	

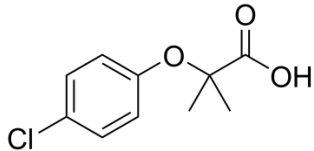
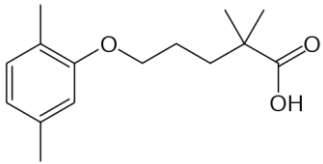
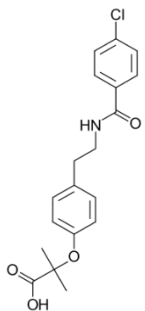
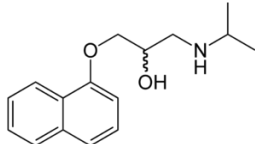
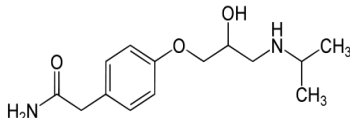
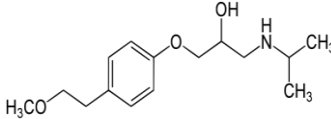
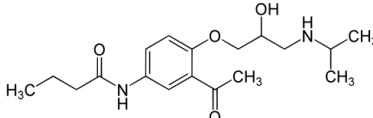
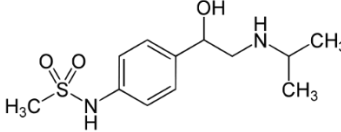
表七、50 種目標新興污染物之結構及物化特性(續)

化合物名稱	分子式	分子量 (g/mol)	pka	Log Koc	Log Kow	結構式
Roxithromycin	C ₄₁ H ₇₆ N ₂ O ₁₅	837.05	9.2	2.09-3.05	2.4-2.7	
Tylosin	C ₄₆ H ₇₇ NO ₁₇	916.10	7.73	2.74	1.63	
Nalidixic acid	C ₁₂ H ₁₂ N ₂ O ₃	232.24	5.95	3-4.9	0.47	
Flumequine	C ₁₄ H ₁₂ FN ₃ O ₃	261.25	5.40	2.26	1.6	
Pipemidic acid	C ₁₄ H ₁₇ N ₃ O ₃	303.30	5.40 8.20	1.00	-2.15	
Norfloxacin	C ₁₆ H ₁₈ FN ₃ O ₃	319.33	6.30 8.38	1.96	-1.09	
Ciprofloxacin	C ₁₇ H ₁₈ FN ₃ O ₃	331.35	6.09	1.55	0.28	
Ofloxacin	C ₁₈ H ₂₀ FN ₃ O ₄	361.37	6.01 8.28	1.65	-0.39	

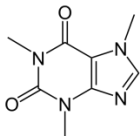
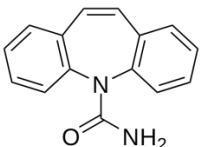
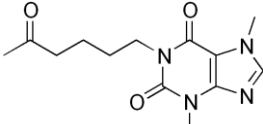
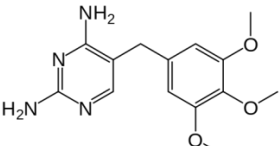
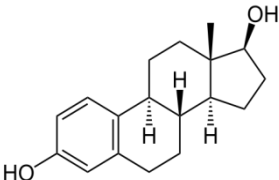
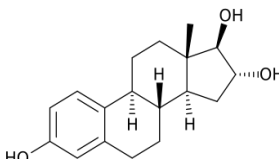
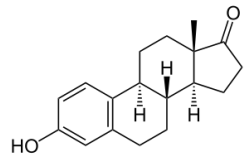
表七、50 種目標新興污染物之結構及物化特性(續)

化合物名稱	分子式	分子量 (g/mol)	pka	Log Koc	Log Kow	結構式
Dimetridazole	C ₅ H ₇ N ₃ O ₂	141.13	2.60	1.34	0.31	
Metronidazole	C ₆ H ₉ N ₃ O ₃	171.15	2.62	1.00	-0.02	
Lincomycin	C ₁₈ H ₃₄ N ₂ O ₆ S	406.54	7.60	1.77	0.56	
Acetaminophen	C ₈ H ₉ NO ₂	151.16	9.38	1.79	0.46	
Ibuprofen	C ₁₃ H ₁₈ O ₂	206.29	4.43	2.60	3.50	
Naproxen	C ₁₄ H ₁₄ O ₃	230.26	4.40	2.54	3.18	
Ketoprofen	C ₁₆ H ₁₄ O ₃	254.28	4.45	2.50	2.99	
Diclofenac	C ₁₄ H ₁₁ Cl ₂ NO ₂	296.15	4.00	2.92	4.5	

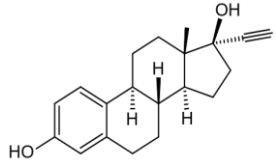
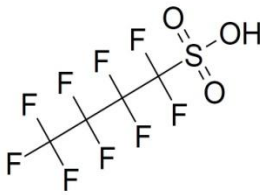
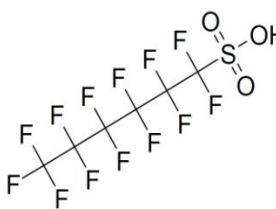
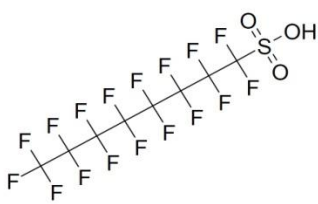
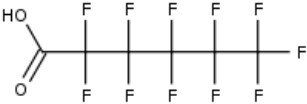
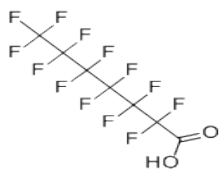
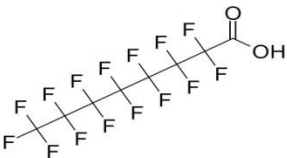
表七、50 種目標新興污染物之結構及物化特性(續)

化合物名稱	分子式	分子量 (g/mol)	pka	Log Koc	Log Kow	結構式
Clofibric acid	C ₁₂ H ₁₅ ClO ₃	242.70	-4.9	1.00	2.57	
Gemfibrozil	C ₁₅ H ₂₂ O ₃	250.33	4.42	2.66	4.77	
Bezafibrate	C ₁₉ H ₂₀ ClNO ₄	361.82	3.83	3.17	4.25	
Propranolol	C ₁₆ H ₂₁ NO ₂	259.34	9.42	3.09	3.48	
Atenolol	C ₁₄ H ₂₂ N ₂ O ₃	266.34	9.60	2.17	0.16	
Metoprolol	C ₁₅ H ₂₅ NO ₃	267.36	9.67 14.09	1.79	1.88	
Acebutolol	C ₁₈ H ₂₈ N ₂ O ₄	336.43	9.57 13.91	1.40	1.71	
Sotalol	C ₁₂ H ₂₀ N ₂ O ₃ S	272.36	9.43 10.07	1.58	0.24	

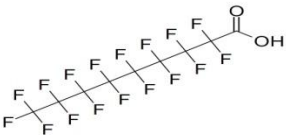
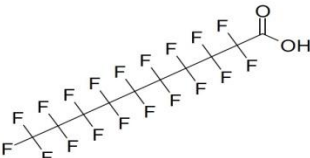
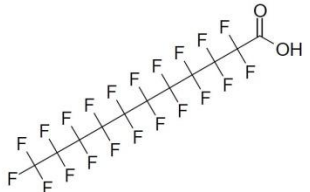
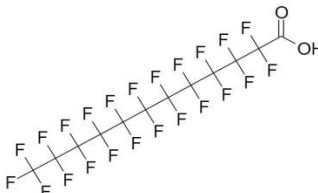
表七、50 種目標新興污染物之結構及物化特性(續)

化合物名稱	分子式	分子量 (g/mol)	pka	Log Koc	Log Kow	結構式
Caffeine	C ₈ H ₁₀ N ₄ O ₂	194.19	10.40	1.00	-0.07	
Carbamazepine	C ₁₅ H ₁₂ N ₂ O	236.27	15.96	3.59	2.45	
Pentoxifylline	C ₁₃ H ₁₈ N ₄ O ₃	278.31	-0.93 19.64	1.00	0.29	
Trimethoprim	C ₁₄ H ₁₈ N ₄ O ₃	290.32	7.16	2.96	0.91	
β -Estradiol	C ₁₈ H ₂₄ O ₂	272.38	>8.5	4.21	4.01	
Estriol	C ₁₈ H ₂₄ O ₃	288.38	-3.2 10.33	3.29	2.81	
Estrone	C ₁₈ H ₂₂ O ₂	270.37	10.4	3.69	3.43	

表七、50 種目標新興污染物之結構及物化特性(續)

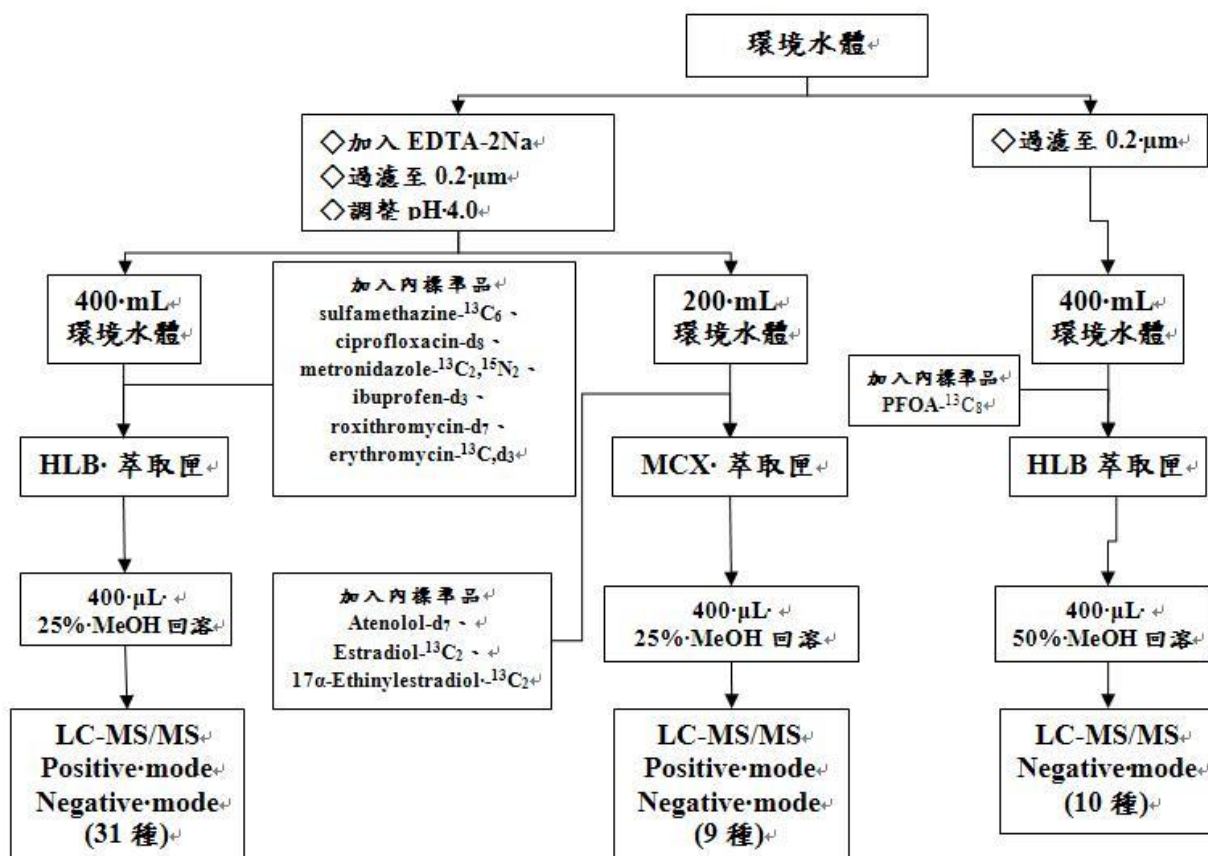
化合物名稱	分子式	分子量 (g/mol)	pka	Log Koc	Log Kow	結構式
17 α -Ethinylestradiol	C ₂₀ H ₂₄ O ₂	296.40	10.21	3.68	4.15	
PFBS	C ₄ HF ₉ O ₃ S	300.10	0.14	2.35	2.41	
PFHxS	C ₆ HF ₁₃ O ₃ S	400.11	0.14	3.68	4.34	
PFOS	C ₈ F ₁₇ SO ₃	538	-3.27	5.00	-1.08	
PFHxA	C ₆ HF ₁₁ O ₂	314.05	2-3	3.10	4.37	
PFHpA	C ₇ HF ₁₃ O ₂	364.06	-0.15	3.76	5.33	
PFOA	C ₈ HF ₁₅ O ₂	414.07	2.80	4.43	6.30	

表七、50 種目標新興污染物之結構及物化特性(續)

化合物名稱	分子式	分子量 (g/mol)	pka	Log Koc	Log Kow	結構式
PFNA	$C_9HF_{17}O_2$	464.08	-1.7	5.09	7.27	
PFDA	$C_{10}HF_{19}O_2$	514.08	0.52	1.95	6.15	
PFUnA	$C_{11}HF_{21}O_2$	564.09	-5.20	2.32	7.20	
PFDoA	$C_{12}HF_{23}O_2$	614.10	-5.2	2.72	7.80	

第二章 研究方法與過程

本計畫之分析流程圖如圖二所示，詳細之分析步驟及內容見請參照第四章 分析方法草案。



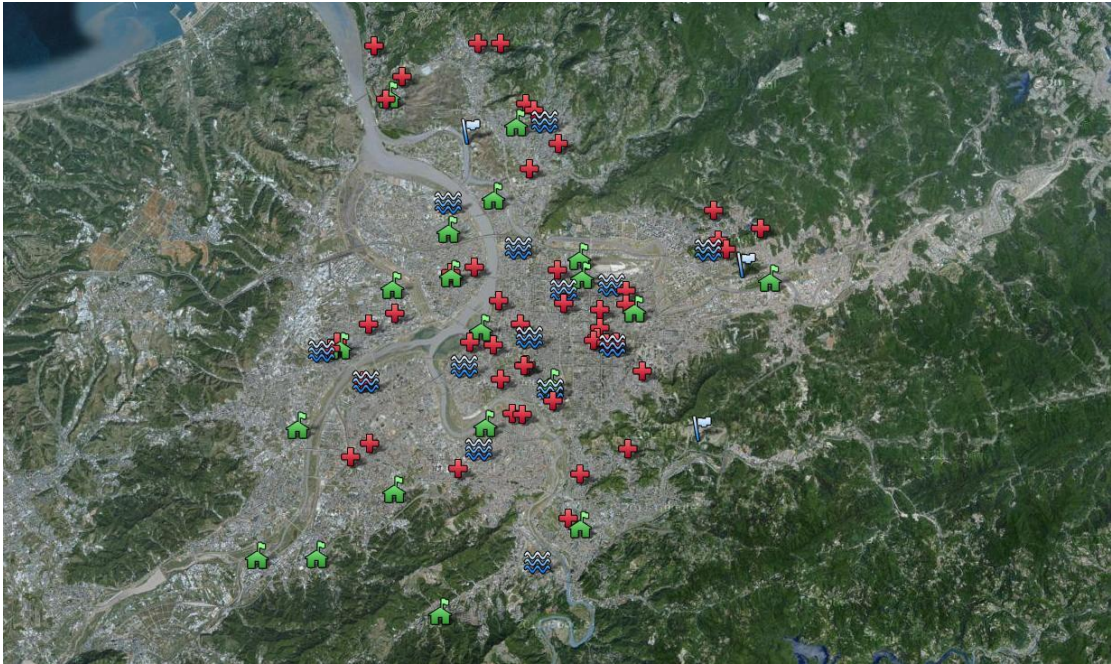
圖二、本計畫之 50 種目標新興污染物分析方法流程圖

2-1 實場採樣

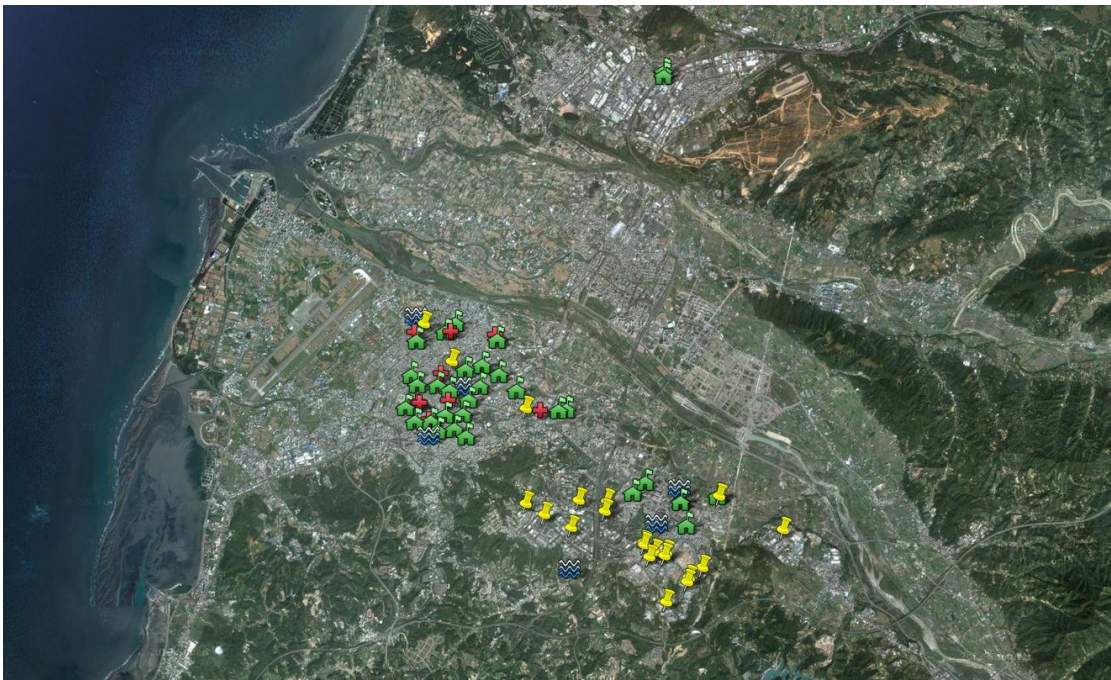
新興污染物的可能污染來源主要是要人為和畜牧活動之排放污水或是高科技產業的廢水排放，基於台灣地區尚未有研究調查地下水中新興污染物的濃度分佈，因此本計畫以初步調查的觀點選擇人口密集度最高之大台北地區(包括台北市及新北市)，以大台北地區鄰近河川與各大藥廠、醫院及掩埋場等之環保署設立的地下水監測井為主；加上高科技產業重鎮新竹地區(包括新竹縣市)，挑選鄰近高科技廠、藥廠及醫院等環保署設立的地下水監測井作為採樣點。採樣點附近相關產業標示

在圖三與圖四中，大台北地區針對較大之醫院(+)、藥廠及藥局(🏠)、掩埋場及焚化廠(🗑️)周遭之監測井，以瞭解人為活動與醫院、藥廠之放流水以及掩埋場對於地下水之影響程度。新竹地區除針對較大之醫院(+)和藥廠及藥局(🏠)之外，也另外針對新竹科學園區以及各個電子科技廠(💡)周圍之監測井作為採樣點，除了瞭解人為活動與醫院、藥廠之放流水對於地下水之影響程度外，亦調查電子科技廠之廢水排放對於地下水的影響程度。

採樣頻率考慮到不同季節時程(豐水期及枯水期)可能會造成新興污染物濃度分佈的差異性，因此本計畫於枯水期間(12 月~4 月)及豐水期間(5 月~10 月)各採樣一次化驗分析。採樣日期分別為 2013 年 3 月 6 日~3 月 10 日(第一次採樣)及 6 月 20 日~6 月 22 日(第二次採樣)，本計畫之採樣點(📍)於上半年度枯水期間共採樣 20 點，包括大台北地區 14 點(如圖三、表八所示)、新竹地區 6 點(如圖四、表九所示)。接著本研究於下半年度豐水期間，挑選上半年度有檢出較高濃度之目標新興污染物的 12 個監測井(見表八、表九)繼續追蹤調查，並也針對大台北地區一場置性監測井之上游及下游井進行調查，以瞭解新興污染物濃度之時間分佈差異，也能進一步了解枯豐水期對於新興污染物的影響性。



圖三、大台北地區之採樣位置與可能污染源



圖四、新竹地區之採樣位置與可能污染源

表八、大台北地區採樣點

大台北地區採樣點		
井號	地址	站名
* A00001	台北市大安區安和路一段 60 號	仁愛國中
* A00002	台北市松山區敦化北路 199 巷 18 號	民生國小
* A00004	台北市東門國民小學	東門國小
A00008	台北市萬華區西藏路 213 號	華江高中
A00009	臺北市大同區大龍街 187 巷 1 號	蘭州國中
* A00011	台北市內湖區民權東路六段 138 號	新湖國小
* A00012	台北市士林區中山北路六段 392 號	士東國小
A00014	台北市中山區長春路 165 號	長春國小
* A00017	台北市大安區羅斯福路三段 201 號	古亭國小
F00010	新北市三重區五華街 160 號	碧華國小
* F00017	新北市板橋區英士路 179 號	文德國小
* F00024	新店市安康路 1 段 263 巷 44 號	下城活動中心
* F00029	新北市中和區中和路 100 號	中和國小
* F00162	新北市新莊區中正路 386 號	國泰國小
	場置性監測井上游井	
	場置性監測井下游井	

備註：打*號為二次採樣之監測井

表九、新竹地區採樣點

新竹地區採樣點		
井號	地址	站名
O00015	新竹市東區介壽路 300 號	科學園區實驗中學
* O00014	新竹市東區關東路 53 號	關東國小
O00012	新竹市東區南大路 521 號	新竹教育大學
* O00002	新竹市東區民族路 33 號	東門國小
O00005	新竹市北區東大路二段 386 號	載熙國小
J00002	新竹縣寶山鄉雙園路二段 84 號	雙溪國小

備註：打*號為二次採樣之監測井

2-2 採樣步驟

本計畫之採樣步驟遵循環保署環境檢驗所公告之監測井地下水採樣標準程序進行水樣採集(NIEA W103.54B)，詳細步驟如下。水位計、貝勒管、繩子、抽水器和汲水管線以無磷清潔劑擦洗後，以試劑水沖洗乾淨，再以甲醇清洗後陰乾。盛裝樣品之褐色玻璃材質容器則以超音波振盪器洗淨後，再的去離子水淋洗並晾乾。

以貝勒管進行採樣，將貝勒管放置於井篩中間附近取得水樣，採樣應在洗井後兩小時內進行，並以小流量抽水之方式避免造成井水擾動。於洗井期間量測 pH 值、導電度、溶氧等水質參數並記錄採樣開始之時間，待各項參數連續三次達到穩定標準後，則可結束洗井開始採樣，將採集後之樣品於現場分裝，部分水樣立即加入 4 mL 0.25 M EDTA-2Na 於每公升樣品中，放置於有冰塊的保冰箱中，維持溫度在 18°C 以下，並在各樣品上貼上樣品標籤，紀錄採樣者、採樣時間與地點，盡速運回實驗室。為確保樣品之品質，將不含待測物之試劑水裝入樣品瓶密封後，攜至採樣地點，暴露於採樣狀況下(例如打開瓶蓋、加入保存劑等)，再與採集之樣品一同攜回檢測，用於判之整個採樣及運送過程之污染情形。全部水樣最終過濾至 0.2 μ m 濾膜，玻璃過濾器先以甲醇潤洗，以超音波振盪器洗淨後再以去離子水沖洗，才能進行下一個水樣之分析。部分過濾後之水樣須加酸調整至 pH 4.0，全部水樣冷藏於 4°C 冰箱中，於 5 天之內分析完畢。

第三章 現場採樣檢測結果

3-1 檢測方法確效

依據行政院環境保護署公告之相關環境檢驗品質管制指引通則規定，若無公告標準檢測方法可遵循時，檢測方法需執行方法確效步驟。爲了獲得有效且準確的檢測數據及確保分析結果的可靠性，執行本計畫之 50 種目標新興污染物分析方法時，也同時進行新興污染物於地下水方法之確效評估，包括分析方法回收率、精密度與準確度測試以及方法偵測極限，以確保分析方法之準確性。

3-1-1 檢量線

在 50 種目標新興污染物中，除了 Nalidixic acid、Flumequine、Lincomycin、Acetaminophen、Clofibric acid、Gemfibrozil、Bezafibrate、Caffeine、Carbamazepine、Pentoxifylline、Trimethoprim 此 11 種化合物不使用內標準品定量外，其他 39 種目標化合物皆使用內標準品定量之。39 種目標化合物之檢量線配置爲添加一系列不同濃度之標準品混合溶液及固定濃度之內標準品溶液於 25% 甲醇/去離子水溶劑中(工業用化合物爲 50% 甲醇/去離子水溶劑中)，另外，不使用內標準品定量之 11 種化合物的檢量線配置爲，添加一系列不同濃度之標準品混合溶液，通過 SPE 程序並進行回溶後，作爲其檢量線。本試驗採用線性模式並以線性回歸校正法(linear regression)來進行環境水體樣品中目標化合物定量之量測，利用統計方式製備檢量線。檢量線之最適性，以其線性相關係數(correlation coefficient, r)評估。基於環境水中藥物的濃度範圍分布廣大，所以使用之檢量線的範圍有兩個部分，分爲高濃度檢量線與低濃度檢量線。分析結果顯示檢量線之線性相關係數(r)皆大於 0.995，詳細如表十三所示。

3-1-2 回收率測試

根據與目標新興污染物相關之文獻資料，此分析方法測採用 Oasis® HLB 以及 Oasis® MCX 兩種特性之萃取匣進行實驗；HLB 萃取匣，是一種有機聚合物

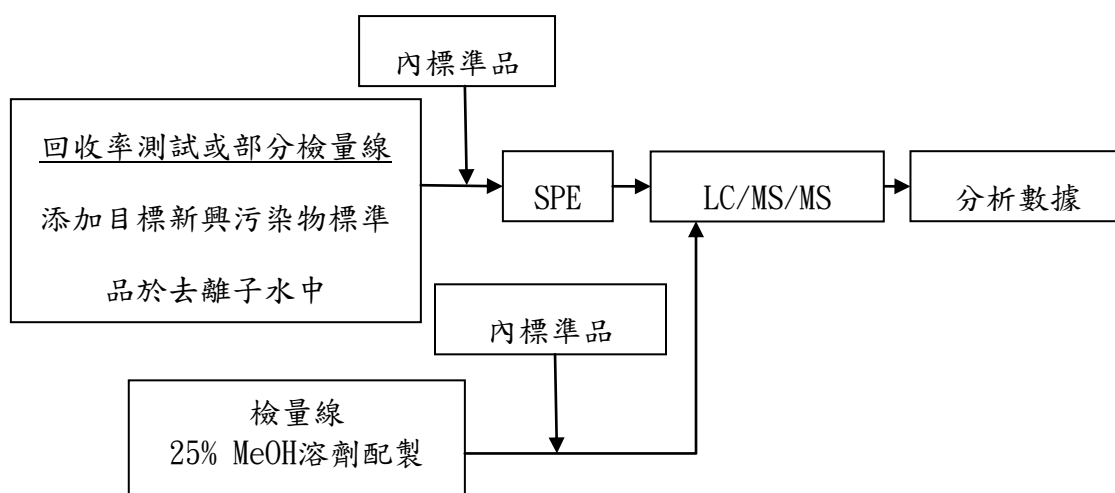
(poly(m-divinylbenzene-co-N-vinylpyrrolidone))充填，具備親水及疏水特性，藉由目標待測物質與萃取管柱之親水及疏水特性之間的相互作用以達到純化的目的，適用的範圍很大，被廣泛地使用；MCX 萃取匣，為一種有機聚合物 (poly(m-divinylbenzene-co-N-vinylpyrrolidone) with sulfonic acid)充填，具備親水及疏水特性，適用於鹼性化合物。本試驗採用 HLB 以及 MCX 萃取匣進行回收率的測試，流程如圖五所示，添加適當量目標污染物標準品於去離子水樣中，以設立之萃取及分析方法分析，評估此方法對目標待測物質於水樣中分析所得的回收率。

本計畫採用的分析方法為內標準品(internal standard, IS)定量方法，以去除水樣基質影響及前處理損失平衡，其實驗步驟如圖五所示，取固定體積水樣(HLB 為 400 mL，MCX 為 200 mL)添加固定體積濃度內標準品溶液後，經 SPE 萃取濃縮後回溶，回溶體積至 400 μ L (萃取濃縮倍數 HLB 為 1000 倍，MCX 為 500 倍)，最後使用 LC/MS/MS 進行分析及內標準品進行定量。

50 種目標新興污染物中有 39 種採用內標準品定量方法，另外 11 種未使用內標準品定量。在 39 種使用內標準品定量的目標污染物中，6 種磺胺類抗生素使用 Sulfamethazine- $^{13}\text{C}_6$ 定量；Erythromycin- H_2O 、Clarithromycin (巨環素類抗生素)使用 Erythromycin- $^{13}\text{C}_3$ 定量；Roxithromycin 及 Tylosin (巨環素類抗生素)使用 Roxithromycin- d_7 定量；4 種奎諾酮類抗生素 (Nalidixic acid 及 Flumequine 除外)使用 Ciprofloxacin- d_8 定量；2 種咪唑類抗生素使用 Metronidazole- $^{13}\text{C}_2$, $^{15}\text{N}_2$ 定量；Ibuprofen、Naproxen、Ketoprofen、Diclofenac (非類固醇消炎止痛藥)使用 Ibuprofen- d_3 定量；5 種 β -受體阻滯劑使用 Atenolol- d_7 定量。4 種賀爾蒙中， β -Estradiol 及 Estrone 使用 Estradiol- $^{13}\text{C}_2$ 定量，Estril 及 17α -ethynylestradiol 使用 17α -ethynylestradiol- $^{13}\text{C}_2$ 定量。10 種全氟化物類使用 PFOA- $^{13}\text{C}_8$ 定量。

本計畫評估不同濃度的目標化合物之回收率效果，測試方法為添加 50 ng/L 目標化合物於去離子水樣中(全氟化物類為添加 25 ng/L 於去離子水樣中)，再以 HLB 或 MCX 萃取匣進行萃取，最後再利用 LC-MS/MS 進行分析，並計算其回收率(如

表十二所示)。回收率測試結果顯示，除了 PFOS、PFUnA 及 PFDoA 於去離子水中之回收率小於 70%之外，其餘的目標污染物其回收率介於 75.2%~118.3%之間。於 50 種目標污染物中，有 11 種污染物雖未使用內標準品定量，於去離子水中仍有良好之回收率(75.9~133.7%)。



圖五、分析方法流程圖

3-1-3 方法偵測極限值(method detection limit, MDL)

本工作團隊採用國內外文獻常用之方法偵測極限值測試方法。首先，加入一系列低濃度範圍的目標化合物於去離子水樣經過 SPE 萃取過程再利用 LC-MS/MS 定量分析後，取訊號與雜訊比值(signal-to-noise ratio, S/N) ≥ 10 之最低點濃度定義為此方法之 MDL (Gros et al., 2006)。本計畫 50 種目標化合物的 MDL 於去離子水之結果如表十二所示，均介於 0.05-5 ng/L 之間。並也依此 MDL 做為現場採樣調查數據結果之依據。

3-2 現場採樣分析結果

將採樣結果分為上下半年度來討論，其分析結果如表十所示，並綜合比較上下半年度目標污染物檢出採樣點數與濃度範圍，如表十一。每一採樣點進行三重複樣品分析，現場調查數據以方法偵測極限值為基準呈現，且符合本計畫檢測方法確效之定性與定量準則。

1. 上半年度(枯水期)

本工作團隊於上半年度(2013 年 3 月 6 日~3 月 10 日)枯水期間共採樣 20 點，包括大台北地區 14 點(如圖三、表八所示)、新竹地區 6 點(如圖四、表九所示)。於檢測結果可知(表十一)，50 種目標新興污染物中，絕大多數污染物之濃度均為 ng/L 濃度等級。其中 3 種污染物之最高濃度達到 $\mu\text{g/L}$ 濃度等級，分別為 17 α -ethynylestradiol (1.8 $\mu\text{g/L}$)於 O14 採樣點被檢測到；次高之檢出濃度為 Sulfamethoxazole (1.8 $\mu\text{g/L}$)於 O5 採樣點之檢出濃度，再者為 Acetaminophen (0.9-1036 ng/L)、Caffeine (1.2-931 ng/L)、Ibuprofen (17.4-837 ng/L)、PFHxA (6.1-358 ng/L)、Bezafibrate (0.1-257 ng/L)、Gemfibrozil (0.1-172 ng/L)、Naproxen (128 ng/L)；其餘之目標化合物皆低於 100 ng/L 或接近方法偵測極限。

另於檢出頻率方面(表十一)，以全氟化物類之檢出頻率為最高，其中 PFBS、PFHxS、PFOS、PFHxA、PFHpA、PFOA、PFNA 之檢出頻率皆大於 80%；其次為 Acetaminophen 及 Gemfibrozil (70%)；PFDA (65%)；Sulfamethoxazole (60%)；Sulfadiazine 及 Sulfamethazine (55%)；再者為 Caffeine、Carbamazepine 及 Estrone (50%)；其餘之目標化合物之檢出頻率皆低於 50%。而在此 20 個採樣點中，Erythromycin-H₂O、Clarithromycin、Pipemidic acid、Norfloxacin、Dimetridazole、Metronidazole、Atenolol、Acebutolol、Naproxen 及 Trimethoprim 只有於 O2 採樣點被檢測到；另外，在 50 種目標新興污染物中，Roxithromycin、Tylosin、Ciprofloxacin、Propranolol、Metoprolol、Sotalol、Ketoprofen、 β -Estradiol、Estriol 及 PFDoA 並未在任何採樣點中被檢測到(低於方法偵測極限)。

依採樣點來看(表十二)，在 20 個採樣點中，O2 採樣點之檢出目標污染物種類為最多(34 種)，其次為 A12、A14 與 O14 採樣點(20 種)、F29 採樣點(19 種)、F10 採樣點(18 種)，剩下的採樣點檢出的目標新興污染物數量皆在 9-15 個。根據檢出之目標新興污染物的多寡選擇下半年度的採樣點，以目標新興污染物之檢出頻率與濃度較高為基準，最後選定出 12 個具有代表性的採樣點，分別為 A1、A2、A4、

A11、A12、A17、F17、F24、F29、F162、O2、O14 進行下半年度再次檢測實驗。

2. 下半年度(豐水期)與總結

本工作團隊於下半年度(2013 年 6 月 20 日~6 月 22 日)豐水期間,進行上半年度選定之具代表性之 12 個監測井繼續追蹤調查,包括大台北地區 10 點(如圖三、表八所示)、新竹地區 2 點(如圖四、表九所示),另採取一大台北地區之場置性監測井之上游及下游井進行調查。每一採樣點進行三重複樣品分析,其分析結果如表十所示。現場調查數據以方法偵測極限值為基準呈現,且符合本計畫檢測方法確效之定性與定量準則。

表十彙整了 50 種目標新興污染物於大台北及新竹地下水監測井兩次採樣之檢測結果。於兩次的採樣分析結果可知,50 種目標新興污染物中,共有 43 種目標物被檢測出,其中絕大多數(40 種)目標物之濃度皆為 ng/L 濃度等級,有 10 種化合物濃度大於 100 ng/L,分別為 Naproxen (128 ng/L)、Gemfibrozil (172 ng/L)、Bezafibrate (257 ng/L)、Flumequine (317 ng/L)、PFHxA (358 ng/L)、Ibuprofen (837 ng/L)、Caffeine (931 ng/L)及達到 $\mu\text{g/L}$ 濃度等級的 Acetaminophen ($1\ \mu\text{g/L}$)、Sulfamethoxazole ($1.8\ \mu\text{g/L}$)和 17α -ethynylestradiol ($1.8\ \mu\text{g/L}$),而其餘目標化合物之濃度皆低於 100 ng/L,另外, Roxithromycin、Tylosin、Sotalol、Ketoprofen、 β -Estradiol、Estriol、PFDoA 於兩次採樣中皆未被檢測出(低於方法偵測極限)。而在所有化合物中, 17α -ethynylestradiol 雖具有最高檢出濃度,但僅於 O14 點之第一次採樣被檢測出。

表十一彙整了 50 種目標新興污染物於兩次採樣之檢出採樣點數、檢出頻率與濃度範圍。將兩次採樣之結果進行比較後發現,整體上,兩次採樣之整體數據(檢出濃度、檢出頻率)無明顯差異。表十二彙整了各採樣點檢出之目標新興污染物數量,在不同時間採集兩次之 12 個監測井中,O2 採樣點(新竹市東門國小)檢出目標污染物數量皆為最高(第一次採樣:34 種;第二次採樣:26 種),且其污染物檢出濃度(最高濃度為 1820 ng/L)亦明顯高於其他採樣點。檢出數量次高的為 A1(台北

市仁愛國中)的 25 種 (最高濃度為 298 ng/L)，再者為 A12(台北市士東國小)、F29(新北市中和國小)以及 O14(新竹市關東國小)的 20 種(最高濃度為 1822 ng/L)，A4(台北市東門國小)的 18 種 (最高濃度為 9.3 ng/L)，其他監測井之檢出數量皆小於或等於 15 種。另外，根據本研究團隊採取大台北地區之一場置性監測井之上游井及下游井的分析結果指出，其所存在之新興污染物濃度與其他一般監測井來比，並未有顯著差異。

表十三將各種目標污染物之檢出頻率由高至低依序排列。檢出頻率最高之前十名化合物中，前八名皆為全氟化物，分別為 PFHpA (100%)、PFNA (100%)、PFHxS (97%)、PFHxA (94%)、PFOS (94%)、PFBS (91%)、PFOA (85%)及 PFDA (74%)，第九名及第十名為 Caffeine (71%)及 Sulfamethazine (68%)。另外還有 4 種污染物之檢出頻率大於或等於 50%，分別為 Sulfamethoxazole (62%)、Sulfadiazine (53%)、Gemfibrozil (50%)及 Carbamazepine (50%)；其餘 36 種污染物之檢出頻率皆小於 50%，而其中有 23 種目標污染物之檢出頻率小於 10%。另外，**表十四**彙整了濃度大於 10 ng/L 及頻率大於等於 50%之目標新興污染物，分別為 PFHpA、PFHxA、PFOS、PFOA、Caffeine、Sulfamethazine、Sulfamethoxazole、Sulfadiazine、Gemfibrozil 及 Carbamazepine。

另以區域性來比較大台北及新竹地區之目標新興污染物檢出情形，發現並無明顯差異。並將今年度兩次地下水採樣分析結果，與本研究團隊於 2008-2010 年之大台北、新竹地區之新興污染物於地表水之流佈結果相比較，整體上地下水中新興污染物與其環境地表水之濃度差異度不大。另外，根據本團隊今年度之兩次採樣結果，發現於地下水中，碳鏈數越長的全氟化物，於地下水中測到的濃度反而越低，初步推測與其土壤吸附性有關。

將本年度兩次採樣之新興污染物檢出濃度，與澳洲回收飲用水規範及美國環保署第三階段污染物候選清單(CCL3)/初步污染物候選清單(PCCL)中(表十五)進行比較，發現除了僅 Caffeine 於 O2 採樣點之檢出濃度超過澳洲回收飲用水規範之外，其他目標新興污染物之最高檢出濃度皆低於規範參考值(其中 Estrone 之最高檢出

濃度接近規範參考值)。因本計畫之採樣僅為今年度之兩次採樣，而台灣並無其他地下水新興污染物之流佈資料，建議未來相關單位能夠進行長期性之監測，以瞭解新興污染物於臺灣地下水體的長期流佈情形。

各採樣點資訊及其代號如下：

(第一次採樣共 20 個採樣點；第二次採樣共 14 個採樣點)

代號	採樣批次		名稱	位置
A1	第一次	第二次	仁愛國中	台北市
A2	第一次	第二次	民生國小	
A4	第一次	第二次	東門國小	
A8	第一次	—	華江高中	
A9	第一次	—	蘭州國中	
A11	第一次	第二次	新湖國小	
A12	第一次	第二次	士東國小	
A14	第一次	—	長春國小	
A17	第一次	第二次	古亭國小	
F10	第一次	—	碧華國小	新北市
F17	第一次	第二次	文德國小	
F24	第一次	第二次	下城活動中心	
F29	第一次	第二次	中和國小	
F162	第一次	第二次	國泰國小	
Z1	—	第二次	場置井上游井	
Z2	—	第二次	場置井下游井	
O2	第一次	第二次	東門國小	新竹市
O5	第一次	—	載熙國小	
O12	第一次	—	新竹教育大學	
O14	第一次	第二次	關東國小	
O15	第一次	—	科學園區實驗中學	
J2	第一次	—	雙溪國小	新竹縣

備註：第一次採樣日期為 2013/03/06~2013/03/10，第二次採樣日期為 2013/06/20~2013/06/22
— 意旨未進行採樣

表十、50 種目標新興污染物於大台北及新竹地下水監測井兩次採樣之檢測結果

(ng/L)	MDLs		A1	A2	A4	A8	A9	A11	A12	A14	A17	F10	F17	F24	F29	F162	O2	O5	O12	O14	O15	J2	Z1	Z2	
磺胺類抗生素 (Sulfonamide antibiotics)																									
Sulfadiazine	0.1	一	0.5±0.1	ND	3.8±0.6	0.1±0.0	ND	ND	0.5±0.2	3.8±0.5	3.4±0.2	1.6±0.3	ND	ND	1.8±0.1	ND	14.4±0.5	0.5±0.1	ND	1.1±0.1	ND	ND	-	-	
		二	0.3±0.1	ND	2.9±0.1	-	-	ND	0.4±0.1	-	1.7±0.2	-	ND	ND	ND	ND	2.7±0.2	-	-	5.5±0.1	-	-	0.8±0.1	ND	
Sulfamethoxazole	0.1	一	43.7±1.2	ND	6.7±0.4	ND	0.3±0.1	ND	0.7±0.3	6.3±0.2	ND	ND	ND	17.0±1.9	ND	0.2±0.1	1820±78.1	ND	2.4±0.3	42.4±3.7	0.4±0.1	0.5±0.1	-	-	
		二	298±20.6	ND	12.0±1.0	-	-	ND	0.7±0.3	-	0.3±0.2	-	ND	21.1±1.1	ND	0.1±0.1	22.7±2.2	-	-	57.7±4.0	-	-	ND	0.1±0.0	
Sulfathiazole	0.5	一	ND	ND	0.7±0.0	ND	ND	ND	ND	0.8±0.1	ND	1.7±0.2	ND	ND	ND	ND	ND	3.0±0.2	ND	ND	ND	ND	-	-	
		二	ND	ND	0.8±0.1	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	1.0±0.3	ND	ND	-	-	0.6±0.0	-	-	ND	ND	
Sulfamethazine	0.1	一	ND	ND	3.1±0.4	1.6±0.0	ND	ND	5.1±0.2	8.4±1.3	25.0±1.4	28.9±0.2	1.8±0.3	ND	8.3±0.6	5.1±0.7	ND	3.4±0.2	ND	1.9±0.2	ND	ND	-	-	
		二	0.3±0.1	1.2±0.1	1.7±0.1	-	-	0.4±0.1	2.2±0.1	-	7.1±0.2	-	2.2±0.2	ND	7.6±0.3	6.1±0.3	ND	-	-	9.8±0.8	-	-	13.7±0.2	4.6±1.0	
Sulfamonomethoxine	0.5	一	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.3±0.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.8±0.3	ND	ND	0.6±0.1	ND	ND	-	-	
		二	0.8±0.1	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	ND	0.7±0.2	-	-	1.5±0.2	-	-	ND	ND	
Sulfadimethoxine	0.5	一	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.8±0.1	4.3±0.3	ND	ND	ND	ND	1.2±0.1	ND	ND	ND	ND	1.2±0.1	ND	ND	-	-	
		二	ND	ND	1.5±0.1	-	-	ND	1.0±0.2	-	ND	-	ND	ND	0.8±0.1	ND	ND	-	-	1.5±0.3	-	-	ND	ND	
巨環素類抗生素 (Macrolides antibiotics)																									
Erythromycin-H ₂ O	0.1	一	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	54.8±0.9	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	
		二	ND	ND	2.2±1.6	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	ND	18.4±2.4	-	-	ND	-	-	ND	ND	
Clarithromycin	0.5	一	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	6.9±0.5	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	
		二	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	ND	12.5±0.8	-	-	ND	-	-	ND	ND	
Roxithromycin	0.5	一	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	
		二	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	-	-	ND	ND	
Tylosin	1.0	一	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	
		二	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	-	-	ND	ND	

註: ND: not detected，低於方法偵測極限。

一：第一次採樣(2013/03/06~2013/03/10) 二：第二次採樣(2013/06/20~2013/06/22)

表十、50 種目標新興污染物於大台北及新竹地下水監測井兩次採樣之檢測結果(續)

(ng/L)	MDLs	A1	A2	A4	A8	A9	A11	A12	A14	A17	F10	F17	F24	F29	F162	O2	O5	O12	O14	O15	J2	Z1	Z2
奎諾酮類抗生素 (Quinolone antibiotics)																							
Nalidixic acid	1.0	—	ND	ND	2.9±0.1	ND	ND	ND	ND	ND	1.6±0.0	3.2±0.1	ND	ND	ND	16.4±1.1	ND	ND	ND	ND	ND	-	-
		二	4.0±0.2	ND	1.6±0.5	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	14.3±0.6	-	-	ND	-	-	ND	ND
Flumequine	0.5	—	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.4±0.1	ND	4.1±0.4	ND	6.6±0.3	ND	ND	ND	ND	ND		
		二	1.0±0.2	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	-	-	317±21.0	ND
Pipemidic acid	1.0	—	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	10.2±0.7	ND	ND	ND	ND	ND	-	-
		二	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	2.6±0.8	-	-	ND	-	-	ND	ND
Norfloxacin	1.0	—	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	9.3±0.9	ND	ND	ND	ND	ND	-	-
		二	2.8±1.1	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	-	-	ND	ND
Ciprofloxacin	0.5	—	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-
		二	1.6±1.1	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	-	-	ND	ND
Ofloxacin	0.5	—	ND	ND	ND	ND	ND	0.9±0.4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	11.8±1.0	ND	ND	ND	ND	ND	-	-
		二	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	7.9±1.3	-	-	ND	-	-	ND	ND
咪唑類抗生素 (Imidazole antibiotics)																							
Dimetridazole	0.5	—	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.8±0.5	ND	ND	ND	ND	ND	-	-
		二	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	-	-	ND	ND
Metronidazole	0.5	—	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	26.2±1.3	ND	ND	ND	ND	ND	-	-
		二	ND	ND	4.9±6.7	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	35.6±59.5	-	-	ND	-	-	ND	ND
β-受體阻滯劑 (β-blockers)																							
Propranolol	0.6	—	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-
		二	ND	ND	ND	-	-	5.4±1.6	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	-	-	ND	ND
Atenolol	1.2	—	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3.6±0.7	ND	ND	ND	ND	ND	-	-
		二	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	-	-	ND	ND
Metoprolol	0.6	—	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-
		二	7.8±0.5	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	-	-	ND	ND
Acebutolol	0.6	—	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.7±0.4	ND	ND	ND	ND	ND	-	-
		二	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	-	-	ND	ND
Sotalol	0.5	—	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-
		二	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	-	-	ND	ND

註: ND: not detected, 低於方法偵測極限。

一: 第一次採樣(2013/03/06~2013/03/10) 二: 第二次採樣(2013/06/20~2013/06/22)

表十、50 種目標新興污染物於大台北及新竹地下水監測井兩次採樣之檢測結果(續)

(ng/L)	MD		A1	A2	A4	A8	A9	A11	A12	A14	A17	F10	F17	F24	F29	F162	O2	O5	O12	O14	O15	J2	Z1	Z2	
	Ls																								
非類固醇消炎止痛藥 (NSAIDs)																									
Acetaminop hen	0.1	—	ND	8.4±0.	6.5±0.	ND	24.7±0	29.1±1	1.3±0.	2.0±0.	24.3±1	ND	ND	7.0±0.	ND	0.9±0.	1036±55.	ND	3.2±0.	2.0±0.	2.2±0.	1.2±2.	-	-	
				3	5		.9	.2	0	2	.9			8		1	7		4	7	3	1			
		二	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	2.1±2.	ND	ND	ND	-	-	ND	-	-	ND	ND	
Ibuprofen	5													6											
		—	ND	17.4±0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	222±20	ND	83.2±4.	ND	837±29.3	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	
				.8									.8		3										
		二	7.0±1.	7.8±1.	ND	-	-	ND	ND	-	251±1.	-	ND	ND	53.2±2.	ND	75.8±2.8	-	-	ND	-	-	18.0±2	10.5±0	
			1	0							7				6							.2	.1		
Naproxen	5	—	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	128±1.0	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	
		二	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	-	-	ND	ND	
Ketoprofen	5	—	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	
		二	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	-	-	ND	ND	
Diclofenac	1	—	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3.5±0.	ND	ND	ND	ND	ND	18.2±1.	ND	33.2±4.9	ND	ND	2.1±0.	ND	ND	-	-	
									1						2				4						
		二	8.1±0.	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	6.6±2.3	ND	13.9±1.8	-	-	ND	-	-	ND	ND	
降血脂及降膽固醇用藥 (Lipid regulator and cholesterol lowering drug)																									
Clofibic acid	0.1	—	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1±0.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.0±0.1	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	
									0																
		二	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	-	-	ND	ND	

新興污染物於臺灣地下水體之流佈研究

Gemfibrozoi	0.1	一	0.8±0.	0.1±0.	ND	0.3±0.	0.4±0.	0.2±0.	0.1±0.	0.1±0.	ND	0.3±0.	0.6±0.4	0.1±0.	44.5±6.	ND	172.3±12	0.1±0.	0.2±0.	ND	ND	ND	-	-
1			4	1		3	2	4	1	1		1		0	5		.2	0	3					
		二	10.1±2	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	7.4±1.2	ND	3.2±0.9	-	-	ND	-	-	ND	ND
			.8																					
Bezafibrate	0.1	一	ND	ND	ND	4.0±0.	ND	ND	ND	0.2±0.	ND	0.8±0.	ND	0.2±0.	257±24	ND	ND	ND	0.1±0.	0.2±0.	0.6±0.	0.1±0.	-	-
						5				1		3		0	.7				2	4	2	1		
		二	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	35.6±3.	ND	ND	-	-	ND	-	-	ND	ND
															2									

註: ND: not detected，低於方法偵測極限。 一：第一次採樣(2013/03/06~2013/03/10) 二：第二次採樣(2013/06/20~2013/06/22)

表十、50 種目標新興污染物於大台北及新竹地下水監測井兩次採樣之檢測結果(續)

(ng/L)	MDLs		A1	A2	A4	A8	A9	A11	A12	A14	A17	F10	F17	F24	F29	F162	O2	O5	O12	O14	O15	J2	Z1	Z2
興奮劑 (Psychostimulants)																								
Caffeine	0.1	一	214±67.4	31.3±27.4	ND	ND	15.2±4.0	12.8±18.0	ND	7.3±4.3	5.8±4.8	ND	ND	35.8±10.4	ND	ND	931±35.6	ND	1.2±2.0	ND	18.3±13.3	ND	-	-
		二	3.5±1.5	4.5±0.6	9.3±0.7	-	-	2.3±2.1	10.3±4.4	-	10.2±1.7	-	7.5±1.8	89.3±6.5	5.5±0.6	15.5±12.6	11.1±8.1	-	-	12.0±3.6	-	-	47.3±0.6	34.9±3.4
精神科藥物 (Psychiatric drugs)																								
Carbamazepine	0.1	一	4.1±0.3	ND	2.0±0.2	ND	ND	ND	0.9±0.0	37.9±0.5	ND	0.5±0.1	ND	5.5±0.7	1.8±0.2	ND	5.1±0.2	0.4±0.0	ND	9.5±0.3	ND	ND	-	-
		二	19.8±0.6	ND	2.6±0.2	-	-	ND	1.4±0.0	-	ND	-	ND	3.4±0.1	2.6±0.2	ND	5.4±0.2	-	-	14.7±0.6	-	-	ND	ND
血管擴張藥 (Vasodilators)																								
Pentoxifylline	0.25	一	ND	ND	ND	ND	ND	0.7±0.4	ND	2.4±3.7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.4±0.1	ND	0.4±0.7	ND	ND	ND	-	-
		二	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	-	-	ND	ND
林可胺類抗生素 (Lincosamides antibiotics)																								
Lincomycin	1	一	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4.0±0.4	ND	ND	3.8±1.5	ND	1.4±1.2	16.9±1.0	ND	48.4±8.5	ND	ND	4.9±0.2	ND	ND	-	-
		二	1.1±0.5	ND	ND	-	-	ND	2.5±0.9	-	ND	-	ND	ND	8.5±0.5	ND	2.6±0.2	-	-	12.5±0.7	-	-	ND	ND
其他類抗生素 (Other antibiotics)																								
Trimethoprim	0.1	一	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	17.8±0.8	ND	ND	ND	ND	ND	-	-
		二	4.0±2.2	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	ND	0.1±0.1	-	-	ND	-	-	ND	ND

註: ND: not detected，低於方法偵測極限。 一：第一次採樣(2013/03/06~2013/03/10) 二：第二次採樣(2013/06/20~2013/06/22)

表十、50 種目標新興污染物於大台北及新竹地下水監測井兩次採樣之檢測結果(續)

(ng/L)	MDLs		A1	A2	A4	A8	A9	A11	A12	A14	A17	F10	F17	F24	F29	F162	O2	O5	O12	O14	O15	J2	Z1	Z2	
賀爾蒙																									
β -Estradiol	2.5	一	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-
		二	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	-	-	ND	ND
Estriol	5	一	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-
		二	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	-	-	ND	ND
Estrone	1	一	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.0±0.3	ND	1.4±0.5	9.0±1.7	ND	3.3±0.3	1.2±1.0	14.7±2.1	ND	2.3±0.5	2.5±1.2	1.3±0.2	1.3±0.3	-	-	
		二	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	5.9±1.6	ND	ND	ND	14.9±1.0			ND	-	-	ND	ND	
17 α -ethynylestradiol	2.5	一	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1822±150	ND	ND	-	-	
		二	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	-	-	ND	ND

註: ND: not detected，低於方法偵測極限。 一：第一次採樣(2013/03/06~2013/03/10) 二：第二次採樣(2013/06/20~2013/06/22)

表十、50 種目標新興污染物於大台北及新竹地下水監測井兩次採樣之檢測結果(續)

MDLs			A1	A2	A4	A8	A9	A11	A12	A14	A17	F10	F17	F24	F29	F162	O2	O5	O12	O14	O15	J2	Z1	Z2
全氟烷基磺酸 (PFASs)																								
PFBS	0.05	一	1.6±0.1	2.9±0.7	1.3±0.1	1.9±0.1	0.9±0.1	3.4±0.3	5.2±0.6	1.5±0.1	1.2±0.2	3.4±0.5	ND	2.3±0.5	4.1±0.3	4.8±0.7	2.1±0.2	1.5±0.2	1.4±0.0	2.9±0.5	4.2±0.3	ND	-	-
		二	1.3±0.2	1.9±0.2	0.8±0.2	-	-	4.4±0.5	1.0±0.1	-	0.7±0.1	-	ND	0.6±0.0	4.5±1.0	4.3±0.4	1.3±0.1	-	-	1.9±0.3	-	-	1.6±0.3	2.3±0.2
PFHxS	0.08	一	0.5±0.1	4.8±0.2	1.2±0.1	1.2±0.1	0.6±0.1	ND	1.7±0.8	0.9±0.1	0.6±0.1	1.0±0.1	9.3±0.7	0.3±0.1	1.5±0.2	2.1±0.9	3.0±0.3	1.0±0.1	1.2±0.1	3.6±0.3	8.3±0.9	0.9±0.1	-	-
		二	0.3±0.0	3.3±0.3	0.2±0.0	-	-	0.2±0.1	0.8±0.1	-	0.2±0.0	-	4.3±2.8	0.2±0.0	2.6±0.5	2.4±0.5	2.3±0.3	-	-	3.3±0.4	-	-	1.2±0.1	1.5±0.3
PFOS	0.25	一	3.1±0.2	3.1±0.4	0.9±0.1	3.5±0.7	0.6±0.4	1.3±0.2	6.4±1.0	1.5±0.2	ND	8.8±0.4	60.9±6.2	1.1±0.3	4.6±2.2	6.0±0.8	1.7±0.1	0.9±0.2	1.6±0.6	9.3±0.5	5.0±2.0	ND	-	-
		二	5.6±0.4	11.2±1.4	3.3±0.9	-	-	4.4±0.5	16.8±0.3	-	1.1±0.2	-	35.5±4.4	1.2±0.2	76.8±16.5	9.0±0.6	28.6±1.1	-	-	11.9±1.3	-	-	5.0±0.7	8.1±2.2
全氟羧酸 (PFCAs)																								
PFHxA	0.1	一	13.3±0.9	38.6±4.8	6.2±0.6	12.0±0.5	ND	133±17.1	108±21.2	6.1±0.9	16.1±1.6	56.6±5.0	358±50.9	36.5±8.4	ND	96.2±16.1	32.3±4.2	7.7±1.5	6.3±0.6	145±11.6	16.3±1.8	60.3±6.6	-	-
		二	9.3±1.3	19.8±2.9	2.7±0.6	-	-	86.0±6.1	19.9±1.4	-	10.2±3.1	-	240±47.6	9.8±0.1	75.3±16.3	63.7±11.9	6.9±0.9	-	-	46.1±5.2	-	-	8.1±0.3	18.1±2.7
PFHpA	0.05	一	2.4±0.2	6.0±0.1	1.4±0.1	0.5±0.1	1.2±0.1	0.9±0.1	2.8±1.5	1.2±0.1	0.5±0.1	1.5±0.1	5.0±0.3	1.1±0.1	14.9±0.5	1.8±1.4	3.8±0.2	0.2±0.0	3.7±0.2	1.6±0.1	7.2±0.5	0.7±0.1	-	-
		二	5.6±0.4	6.3±0.3	0.7±0.1	-	-	1.1±0.1	5.1±0.2	-	0.2±0.1	-	4.9±0.7	0.7±0.1	46.3±6.5	1.0±0.1	5.2±0.3	-	-	1.7±0.3	-	-	9.9±0.6	21.1±1.6
PFOA	0.05	一	3.8±0.7	18.4±5.0	ND	ND	2.0±0.3	5.0±2.1	9.3±0.5	12.3±0.6	ND	4.5±0.5	38.4±0.9	3.4±0.5	29.0±0.6	9.5±2.4	13.3±0.8	ND	3.6±0.6	7.1±0.8	23.3±1.6	4.3±0.6	-	-
		二	11.9±1.6	13.9±0.7	2.9±0.4	-	-	3.2±0.9	10.9±2.2	-	0.1±0.2	-	12.4±5.6	2.7±0.1	40.3±10.5	ND	18.1±1.7	-	-	7.5±0.8	-	-	17.4±1.7	33.0±0.8
PFNA	0.1	一	2.3±0.2	1.7±0.2	1.9±0.4	0.2±0.1	0.7±0.1	0.3±0.0	1.4±0.4	0.6±0.1	0.5±0.3	1.9±0.1	3.2±0.4	1.0±0.1	2.5±0.2	1.3±0.7	1.6±0.2	0.5±0.1	1.6±0.1	2.5±0.2	1.3±0.1	0.5±0.0	-	-
		二	3.2±0.4	1.6±0.2	1.2±0.2	-	-	1.1±0.7	2.4±0.3	-	0.2±0.2	-	1.1±0.1	0.4±0.2	6.6±0.4	0.4±0.1	4.4±0.4	-	-	3.3±1.2	-	-	5.7±0.7	9.7±0.7
PFDA	0.05	一	1.1±0.0	0.3±0.1	0.7±0.1	ND	0.3±0.1	ND	1.2±0.2	ND	ND	0.5±0.1	ND	0.3±0.0	0.9±0.3	1.2±0.1	0.6±0.1	ND	1.1±0.1	1.6±0.1	0.3±0.1	ND	-	-
		二	1.5±0.3	0.7±0.1	1.3±0.1	-	-	0.2±0.1	1.3±0.1	-	0.2±0.1	-	ND	0.1±0.0	2.3±0.4	ND	2.0±0.1	-	-	1.6±0.2	-	-	1.3±0.2	5.6±0.6
PFUnA	0.25	一	ND	0.6±0.1	0.3±0.2	ND	ND	0.7±0.6	0.3±0.1	ND	0.4±0.1	0.4±0.1	ND	ND	0.3±0.0	0.6±0.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-
		二	0.3±0.1	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	1.2±0.3	ND	0.5±0.2	-	-	0.4±0.3	-	-	ND	0.3±0.2
PFDnA	0.25	一	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-
		二	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	-	-	ND	ND

註: ND: not detected，低於方法偵測極限。 一：第一次採樣(2013/03/06~2013/03/10) 二：第二次採樣(2013/06/20~2013/06/22)

表十一、目標新興污染物檢出採樣點數、檢出頻率與濃度範圍

目標新興污染物	第一次採樣 (共 20 個採樣點)			第二次採樣 (共 14 個採樣點)		
	檢出採樣點數	檢出頻率 (%)	檢出濃度範圍 (ng/L)	檢出採樣點數	檢出頻率 (%)	檢出濃度範圍 (ng/L)
磺胺類抗生素 (Sulfonamide antibiotics)						
Sulfadiazine	11	55%	0.1-14.4	7	50%	0.3-5.5
Sulfamethoxazole	12	60%	0.2-1820	9	64%	0.1-298
Sulfathiazole	4	20%	0.7-3.0	3	21%	0.6-1.0
Sulfamethazine	11	55%	1.6-28.9	12	86%	0.3-13.7
Sulfamonomethoxine	3	15%	0.6-1.8	3	21%	0.7-1.5
Sulfadimethoxine	4	20%	0.8-4.3	4	29%	0.8-1.5
巨環素類抗生素 (Macrolides antibiotics)						
Erythromycin-H ₂ O	1	5%	54.8	2	14%	2.2-18.4
Clarithromycin	1	5%	6.9	1	7%	12.5
Roxithromycin	0	0	ND	0	0	ND
Tylosin	0	0	ND	0	0	ND
奎諾酮類抗生素 (Quinolone antibiotics)						
Nalidixic acid	4	20%	1.6-16.4	3	21%	1.6-14.3
Flumequine	3	15%	2.4-6.6	2	14%	1.0-317
Pipemidic acid	1	5%	10.2	1	7%	2.6
Norfloxacin	1	5%	9.3	1	7%	2.8
Ciprofloxacin	0	0	ND	1	7%	1.6
Ofloxacin	2	10%	0.9-11.8	1	7%	7.9
咪唑類抗生素 (Imidazole antibiotics)						
Dimetridazole	1	5%	1.8	0	0	ND
Metronidazole	1	5%	26.2	2	14%	4.9-35.6
β-受體阻滯劑 (β-blockers)						
Propranolol	0	0	ND	1	7%	5.4
Atenolol	1	5%	3.6	0	0	ND
Metoprolol	0	0	ND	1	7%	7.8
Acebutolol	1	5%	0.7	0	0	ND
Sotalol	0	0	ND	0	0	ND
非類固醇消炎止痛藥 (NSAIDs)						
Acetaminophen	14	70%	0.9-1036	1	7%	2.1
Ibuprofen	4	20%	17.4-837	7	50%	7.0-251
Naproxen	1	5%	128	0	0	ND
Ketoprofen	0	0	ND	0	0	ND
Diclofenac	4	20%	2.1-33.2	3	21%	6.6-13.9

表十一、目標新興污染物檢出採樣點數、檢出頻率與濃度範圍(續)

目標新興污染物	第一次採樣 (共 20 個採樣點)			第二次採樣 (共 14 個採樣點)		
	檢出採樣點數	檢出頻率 (%)	檢出濃度範圍 (ng/L)	檢出採樣點數	檢出頻率 (%)	檢出濃度範圍 (ng/L)
降血脂及降膽固醇用藥 (Lipid regulator and cholesterol lowering drug)						
Clofibic acid	2	10%	0.1-1.0	0	0	ND
Gemfibrozil	14	70%	0.1-172	3	21%	3.2-10.1
Bezafibrate	9	45%	0.1-257	1	7%	35.6
興奮劑 (Psychostimulants)						
Caffeine	10	50%	1.2-931	14	100%	2.3-89.3
精神科藥物 (Psychiatric drugs)						
Carbamazepine	10	50%	0.4-37.9	7	50%	1.4-19.8
血管擴張藥 (Vasodilators)						
Pentoxifylline	4	20%	0.4-2.4	0	0	ND
林可胺類抗生素 (Lincosamides antibiotics)						
Lincomycin	6	30%	1.4-48.4	5	36%	1.1-12.5
其他類抗生素 (Other antibiotics)						
Trimethoprim	1	5%	17.8	2	14%	0.1-4.0
賀爾蒙						
β -Estradiol	0	0	ND	0	0	ND
Estriol	0	0	ND	0	0	ND
Estrone	10	50%	1.0-14.7	2	14%	5.9-14.9
17 α -ethynylestradiol	1	5%	1822	0	0	ND
全氟烴基磺酸 (PFASs)						
PFBS	18	90%	0.9-5.2	13	93%	0.6-4.5
PFHxS	19	95%	0.3-9.3	14	100%	0.2-4.3
PFOS	18	90%	0.6-60.9	14	100%	1.1-76.8
全氟羧酸 (PFCAs)						
PFHxA	18	90%	6.1-358	14	100%	2.7-240
PFHpA	20	100%	0.2-14.9	14	100%	0.2-46.3
PFOA	16	80%	2.0-38.4	13	93%	0.1-40.3
PFNA	20	100%	0.2-2.5	14	100%	0.2-9.7
PFDA	13	65%	0.3-1.6	12	86%	0.1-5.6
PFUnA	8	40%	0.3-0.7	5	36%	0.3-1.2
PFDoA	0	0	ND	0	0	ND

表十二、各採樣點檢出之目標新興污染物數量

共 50 種目標新興污染物		
	第一次採樣	第二次採樣
採樣點	檢出目標污染物數	檢出目標污染物數
A1	13	25
A2	13	11
A4	15	18
A8	10	-
A9	11	-
A11	11	11
A12	20	15
A14	20	-
A17	10	12
F10	18	-
F17	12	10
F24	15	12
F29	19	20
F162	13	9
O2	34	26
O5	11	-
O12	15	-
O14	20	18
O15	13	-
J2	9	-
Z1	-	13
Z2	-	13

表十三、目標污染物之檢出採樣點數、檢出頻率、濃度範圍及中位數

目標新興污染物	上下半年度 檢出採樣點數	上下半年度 檢出頻率	上下半年度 檢出濃度範圍 (ng/L)	檢出濃度 中位數 (ng/L)
PFHpA	34	100%	0.2-46.3	1.8
PFNA	34	100%	0.2-9.7	1.5
PFHxS	33	97%	0.2-9.3	1.2
PFHxA	32	94%	2.7-358	19.9
PFOS	32	94%	0.6-76.8	4.8
PFBS	31	91%	0.6-5.2	1.9
PFOA	29	85%	0.1-40.3	9.5
PFDA	25	74%	0.1-5.6	1.1
Caffeine	24	71%	1.2-931	11.1
Sulfamethazine	23	68%	0.3-28.9	4.6
Sulfamethoxazole	21	62%	0.1-1820	6.3
Sulfadiazine	18	53%	0.1-14.4	1.7
Gemfibrozil	17	50%	0.1-172	0.3
Carbamazepine	17	50%	0.4-37.9	3.4
Acetaminophen	15	44%	0.9-1036	3.2
PFUnA	13	38%	0.3-1.2	0.4
Estrone	12	35%	1.0-14.9	2.4
Ibuprofen	11	32%	7.0-837	53.2
Lincomycin	11	32%	1.1-48.4	4.0
Bezafibrate	10	29%	0.1-257	0.4
Sulfadimethoxine	8	24%	0.8-4.3	1.2
Diclofenac	7	21%	2.1-33.2	8.1
Nalidixic acid	7	21%	1.6-16.4	3.2
Sulfathiazole	7	21%	0.6-3.0	0.8
Sulfamonomethoxine	6	18%	0.6-1.8	1.1

註：上半年度有 20 個採樣點，下半年度有 14 個採樣點，共計 34 個採樣點。

表十三、目標污染物之檢出採樣點數、檢出頻率、濃度範圍及中位數(續)

目標新興污染物	上下半年度 檢出採樣點數	上下半年度 檢出頻率	上下半年度 檢出濃度範圍 (ng/L)	檢出濃度 中位數 (ng/L)
Flumequine	5	15%	1.0-317	4.1
Pentoxifylline	4	12%	0.4-2.4	0.6
Erythromycin-H ₂ O	3	9%	2.2-54.8	18.4
Metronidazole	3	9%	4.9-35.6	26.2
Trimethoprim	3	9%	0.1-17.8	4.0
Ofloxacin	3	9%	0.9-11.8	7.9
Clarithromycin	2	6%	6.9-12.5	9.7
Pipemidic acid	2	6%	2.6-10.2	6.4
Norfloxacin	2	6%	2.8-9.3	6.1
Clofibic acid	2	6%	0.1-1.0	0.6
17 α -ethynylestradiol	1	3%	1822	1822
Naproxen	1	3%	128	128
Metoprolol	1	3%	7.8	7.8
Propranolol	1	3%	5.4	5.4
Atenolol	1	3%	3.6	3.6
Dimetridazole	1	3%	1.8	1.8
Ciprofloxacin	1	3%	1.6	1.6
Acebutolol	1	3%	0.7	0.7
Roxithromycin	0	0%	ND	ND
Tylosin	0	0%	ND	ND
Sotalol	0	0%	ND	ND
Ketoprofen	0	0%	ND	ND
β -Estradiol	0	0%	ND	ND
Estriol	0	0%	ND	ND
PFD ₀ A	0	0%	ND	ND

註：上半年度有 20 個採樣點，下半年度有 14 個採樣點，共計 34 個採樣點。

表十四、檢出最高濃度大於 10 ng/L 及頻率大於等於 50%之目標新興污染物

目標新興污染物	上下半年度 檢出採樣點數	上下半年度 檢出頻率	上下半年度 檢出濃度範圍 (ng/L)	檢出濃度 中位數 (ng/L)
PFHpA	34	100%	0.2-46.3	1.8
PFHxA	32	94%	2.7-358	19.9
PFOS	32	94%	0.6-76.8	4.8
PFOA	29	85%	0.1-40.3	9.5
Caffeine	24	71%	1.2-931	11.1
Sulfamethazine	23	68%	0.3-28.9	4.6
Sulfamethoxazole	21	62%	0.1-1820	6.3
Sulfadiazine	18	53%	0.1-14.4	1.7
Gemfibrozil	17	50%	0.1-172	0.3
Carbamazepine	17	50%	0.4-37.9	3.4

表十五 本研究有測得之目標污染物於現行澳洲回收飲用水及美國污染物候選清單(CCL3/PCCL)中有列出之規範參考值

目標新興污染物	上下半年度檢出最高濃度 (ng/L)	DWG ^a (ng/L)	PNEC ^b (ng/L)
磺胺類抗生素			
Sulfamethoxazole	1820	3.5×10^4	
Sulfamethazine	28.9	3.5×10^4	
Sulfadimethoxine	4.3	3.5×10^4	
巨環素類抗生素			
Erythromycin-H ₂ O	54.8		4.9×10^3
Clarithromycin	12.5	2.5×10^5	
Roxithromycin	ND	1.5×10^5	
Tylosin	ND	1.1×10^6	
奎諾酮類抗生素			
Norfloxacin	9.3	4.0×10^5	
Ciprofloxacin	1.6	2.5×10^5	
林可類抗生素胺			
Lincomycin	48.4	3.5×10^6	
非類固醇消炎止痛藥			
Acetaminophen	1036		3.5×10^5
Ibuprofen	837	4.0×10^5	
Naproxen	128	2.2×10^5	
Ketoprofen	ND	3.5×10^3	
Diclofenac	33.2	1.8×10^3	
降血脂及降膽固醇用藥			
Gemfibrozil	172	6.0×10^5	
Bezafibrate	257	3.0×10^5	
β-受體阻滯劑			
Propranolol	5.4	4.0×10^4	
Metoprolol	7.8	2.5×10^4	
興奮劑			
Caffeine	931	3.5×10^2	
精神科藥物			
Carbamazepine	37.9	1.0×10^5	
其他類抗生素			
Trimethoprim	17.8	7.0×10^4	
賀爾蒙			
β -Estradiol	ND	1.8×10^2	9.0×10^{-1}
Estriol	ND	50	3.5×10^2
Estrone	14.9	30	3.5×10^2
全氟烴基磺酸			
PFOS	76.8		2.0×10^2
全氟羧酸			
PFOA	40.3		1.1×10^3

a. 澳洲回收水標準，2008

DWG (drinking water guideline): 飲用水標準

b. 美國環保署第三階段污染物候選清單 (CCL3)/初步污染物候選清單 (PCCL)

PNEC (predicted no effect concentration): 預估無影響濃度值; 美國環保署以 70 年的暴露時間而得出此參考值

第四章 分析方法草案

本工作團隊執行「新興污染物於臺灣地下水體之流佈研究」所開發之檢測分析方法，並將其分析方法彙整成一分析方法草案如下。

水中磺胺劑類、巨環素類、奎諾酮類、咪唑類、林可胺類抗生素及其他類抗生素、非類固醇消炎止痛藥、降血脂及降膽固醇用藥、 β 受體阻滯劑、興奮劑、精神科藥物、血管擴張藥、賀爾蒙、全氟烴基磺酸及全氟羧酸檢測方法
—固相萃取與高效液相層析串聯式質譜儀器法

4-1 方法概要

本方法使用高效液相層析串聯式質譜儀檢測水樣中的磺胺劑類抗生素 (Sulfonamide antibiotics)、巨環素類抗生素 (Macrolide antibiotics)、奎諾酮類抗生素 (Quinolone antibiotics)、咪唑類抗生素 (Imidazole antibiotics)、林可胺類抗生素 (Lincosamides antibiotics)、非類固醇消炎止痛藥 (NSAIDs)、降血脂及降膽固醇用藥 (Lipid regulator and cholesterol lowering drug)、 β 受體阻滯劑 (β -blockers)、興奮劑 (Psychostimulants)、精神科藥物 (Psychiatric drugs)、血管擴張藥 (Vasodilators)、其他類抗生素 (other antibiotics)、賀爾蒙、全氟烴基磺酸 (PFASs) 及全氟羧酸 (PFCAs) 等共 50 種藥物。水樣採集後，每升之水樣需加入 4 mL 之 0.125 M EDTA-2Na，再經 0.22 μ m 醋酸纖維濾膜過濾後，以 1 M 鹽酸調整水樣至 pH 值至 4.0。如果水樣不立即萃取，需儲存於 4°C 的冰箱中 (工業用化合物類不須加入 EDTA-2Na 及調 pH)。

欲萃取分析 PPCPs 及賀爾蒙類時，其中使用 HLB 萃接管柱之目標化合物，取 400 mL 水樣放入褐色玻璃瓶中，加入內標準品 (sulfamethazine- $^{13}\text{C}_6$ 、ciprofloxacin- D_8 、metronidazole- $^{13}\text{C}_2$, $^{15}\text{N}_2$ 、ibuprofen- D_3 、roxithromycin- D_7 、erythromycin- $^{13}\text{C}, \text{D}_3$)；另外，使用 MCX 萃接管柱之目標化合物，取 200 mL 水樣放入褐色玻璃瓶中，加入內標準品 (Atenolol- D_7 、Estradiol- $^{13}\text{C}_2$ 、17 α -Ethinylestradiol - $^{13}\text{C}_2$ ，

混合均勻。水樣以 3-6 mL/min 的流速流經固相管柱，後以 6 mL 去離子水清洗管柱，並抽乾萃取管柱。加入 3 mL 甲醇於 HLB 管柱後，接著加入 3 mL 甲醇-乙醚(50：50, v/v)溶液沖提之，並收集沖提液。沖提液於 37°C 下氮氣(N₂)吹乾後，以 0.4 mL 甲醇-去離子水(25：75, v/v)回溶，振盪溶解均勻，再經由 0.45 μ m 孔徑 PVDF 過濾膜(13 mm)過濾，最終過濾液進行 LC-MS/MS 分析。

欲萃取分析工業用化合物類時，取 400 mL 水樣放入褐色玻璃瓶中，加入內標準品(PFOA-¹³C₈)並混和均勻。水樣以 3-6 mL/min 的流速流經固相管柱，後以 6 mL 去離子水清洗管柱，並抽乾萃取管柱。加入 6 mL 甲醇沖提之，並收集沖提液。沖提液於 37°C 下氮氣(N₂)吹乾後，以 0.4 mL 甲醇-去離子水(50：50, v/v)回溶，振盪溶解均勻，再經由 0.45 μ m 孔徑 Nylon 過濾膜(13 mm)過濾，最終過濾液進行 LC-MS/MS 分析。

4-2 適用範圍

本方法適用於地下水、地面水、飲用水、廢(污)水中的 Sulfadiazine、Sulfamethoxazole、Sulfathiazole、Sulfamethazine、Sulfamonomethoxine、Sulfadimethoxine、Erythromycin-H₂O、Clarithromycin、Roxithromycin、Tylosin、Nalidixic acid、Flumequine、Pipemidic acid、Norfloxacin、Ciprofloxacin、Ofloxacin、Dimetridazole、Metronidazole、Lincomycin、Acetaminophen、Ibuprofen、Naproxen、Ketoprofen、Diclofenac、Clofibric acid、Gemfibrozil、Bezafibrate、Propranolol、Atenolol、Metoprolol、Acebutolol、Sotalol、Caffeine、Carbamazepine、Pentoxifylline、Trimethoprim、 β -Estradiol、Estrilol、Estrone、17 α -Ethinylestradiol、PFBS、PFHxS、PFOS、PFHxA、PFHpA、PFOA、PFNA、PFDA、PFUnA 及 PFDa 等共 50 種新興污染物之檢測。

4-3 干擾

(一) 本方法的干擾可能來自於溶劑、試劑、玻璃器皿，及樣品處理過程中所使用的硬體設備，干擾物質會導致層析圖基線之上移。

(二) 所有使用之實驗器皿(包含玻璃器皿和塑膠器皿)必須謹慎清洗。當實驗器

皿使用前，應先用甲醇潤洗，後再去離子水沖洗，存放於乾淨之環境自然風乾。

(三) 使用高純度的試劑及溶劑可降低干擾的問題。

(四) 干擾物質可能是樣品中之其他物質。基質干擾的程度隨樣品之來源而不同。由於本方法所使用之偵測系統具選擇性，因此本方法所探討之基質中並無觀察到干擾物。如果有干擾發生，則需用額外的淨化步驟。

(五) 部分目標化合物易與多價金屬離子結合產生形成安定的複合物，造成萃取和分析上的干擾，因此添加 EDTA-2Na 以避免純化過程中化合物與固相萃取管柱中的金屬離子作用，並可減少其與環境水體基質中多價陽離子螯合的情形，以達到高萃取效率的結果。

4-4 設備

(一) 採樣瓶：1 L，褐色玻璃材質器皿並附螺旋瓶蓋，若使用透明採樣瓶，須用鋁箔紙包於瓶外，以避免照光。使用前需先清洗並乾燥。

(二) 定量瓶(Volumetric flasks)：棕色硼矽玻璃材質，10 mL 和 25 mL。

(三) 分析天平(Balances)：可精秤至 0.1 mg。

(四) 酸鹼度計(pH meter)：能測量 pH 值至 0.1 單位。

(五) 過濾膜(Filter membrane)：0.45 μ m 孔徑，47 mm 直徑，cellulose acetate 材質；0.45 μ m 孔徑，13 mm 直徑，PVDF 材質；0.45 μ m 孔徑，13 mm 直徑，Nylon 材質；0.22 μ m 孔徑，47 mm 直徑，cellulose acetate 材質。

(六) 高效能液相層析串聯式質譜儀(LC-MS/MS)裝置及建議條件

1. 高效能液相層析：

- 層析管柱：ZORBAX Eclipse XDB-C18, 150 × 4.6 mm, 5 μ m pore size (Agilent)或同級品。
- 移動相 A 組成：去離子水含 0.1%甲酸(正離子)，去離子水含 5 mM 醋酸銨(負離子)，去離子水含 1 mM 醋酸銨(PFCs)
- 移動相 B 組成：甲醇含 0.1%甲酸(正離子)，甲醇含 5 mM 醋酸銨(負

離子)，甲醇含 1 mM 醋酸鉍(PFCs)

- 清洗溶劑：100%甲醇(Methanol)
- 流速：1.0 mL/min
- 樣品注入量：20 μ L
- 樣品溫度：室溫
- 分析時間：15 min；7 min (PFCs)
- 液相層析梯度沖提條件：

時間(min)	流量(mL/min)	HPLC 動相組成	
		動相 A (%)	動相 B (%)
0.0	1.0	100	0
0.5	1.0	100	0
3.0	1.0	60	40
7.5	1.0	30	70
9.0	1.0	5	95
11	1.0	5	95
12	1.0	100	0
15	1.0	100	0

- PFCs 液相層析梯度沖提條件：

時間(min)	流速(mL/min)	HPLC 動相組成	
		動相 A (%)	動相 B (%)
0.0	1.0	63	37
0.4	1.0	50	50
0.8	1.0	20	80
4.8	1.0	5	95
5.0	1.0	63	37
7.0	1.0	63	37

2.串聯式質譜儀裝置(MS/MS)：

- Ionization mode: 正、負離子電灑游離法模式(ESI+、ESI-)
- Ion Spray Voltage (IS): 5.5 kV(正離子)，-4.5 kV(負離子)

- Curtain gas (CUR): 10
- Gas1 (GS1): 60
- Gas2 (GS2): 50
- Temperature (TEM): 500°C
- Interface heater (IHE): ON
- Collisionally activated dissociation (CAD): 5
- MRM 離子對及其質譜參數如表十五所示

3. 數據處理系統：能顯示分析物的滯留時間及尖峰面積之系統。

(七) 萃取裝置

1. 固相萃取管柱：Oasis® HLB Cartridges, 500mg, 6mL 及 Oasis® MCX Cartridges, 150 mg, 6 mL 或同級品。
2. 固相萃取管柱裝置：VARIAN，20 SPE 或同級品。
3. 氮氣吹乾裝置(N₂ Evaporator)：可調整加熱溫度和氮氣吹出量。
4. 真空幫浦：可調整真空度，可維持真空壓力至 8-10 mm 汞柱高。
5. 過濾膜：0.45 µm 孔徑，13 mm 直徑，PVDF 材質；0.45 µm 孔徑，13 mm 直徑，Nylon 材質。

4-5 試劑

1. 試劑水：不含待測元素之去離子水，其電阻應大於 16 MΩ-cm。
2. 甲醇：HPLC 級或更高純度。
3. 甲酸：ACS 試劑級。
4. 氫氧化鈉：試劑級。
5. 氨水：ACS 試劑級。
6. 濃硫酸：ACS 試藥級。
7. 乙醚：ACS 試劑級。
8. 乙二胺四乙酸二鈉(Disodium ethylenediaminetetraacetic acid, EDTA-2Na)：

ACS 試藥級。

9. 試劑溶液

- (1) 氫氧化鈉溶液，0.1 N：氫氧化鈉 0.4 g 溶於 100 mL 之試劑水中。
- (2) 乙二胺四乙酸二鈉溶液，0.125 M：乙二胺四乙酸二鈉 4.65 g 溶於 100 mL 之試劑水中。

10. 儲備標準溶液

- (1) Erythromycin-H₂O 標準品溶液製備：稱取 10 mg erythromycin 以 15 mL 甲醇溶解之，1 M 硫酸溶液調整 pH 值至 2.0。於室溫下攪拌 4 小時後，以 0.1 N NaOH 調整 pH 值至 6.0，再以甲醇定量至 25 mL。避光儲存於-20℃，保存 7 天。
- (2) 其他抗生素標準品儲存溶液(1000 mg/L)以甲醇配製而成，避光儲存於-20℃，保存 15 天。
- (3) 各標準品之工作溶液 (10000、1000、100、10 及 1 μ g/L) 以甲醇-水(25:75, v/v)每天新鮮配製。

4-6 採樣與保存

(一) 以乾淨的棕色高密度聚氯乙烯材質容器瓶或棕色矽烷玻璃瓶收集水樣，遵循標準程序進行水樣採集(如 NIEA W101.50A, W102.50A, W103.50A 等標準程序)。若以自動進樣裝置採集水樣，則儘量避免分析物吸附於採樣器上。

(二) 樣品需冷藏於 4℃ 下，且須注意分析物會對光產生敏感。分析物之穩定性經測試後與基質有關。所有樣品須在 2 天內完成萃取，萃取液須在 7 天內完成分析。

4-7 步驟

(一) 檢量線製備

1. 分析至少五個不同濃度由上節所製備的檢量標準品溶液，最低一點濃度應宜與方法定量極限（約為 3 倍方法偵測極限）之濃度相當。

2. 爲了使檢量標準品和樣品緊密配合，可經由七、(三)所描述之萃取方法來處理標準品。

(二) 水樣淨化

1. 部分水樣採集後需立即加入 0.125 M 之 EDTA-2Na，加入量以每升樣品加入 4 mL 之 0.125 M 之 EDTA-2Na 爲原則。
2. 水樣中含有微粒或是不明混合物，則需經過 0.45 μm 及 0.22 μm 醋酸纖維濾膜過濾。
3. 如果水樣不立即萃取，需儲存於 4°C 的冰箱中。

(三) 萃尿管柱萃取

甲、HLB 固相萃尿管柱(人體用藥)

1. HLB 固相萃尿管柱必須經由 6 mL 甲醇流洗後，再以 6 mL 去離子水流洗之，以達活化效果。
2. 以 1M 鹽酸調整水樣至 pH 值至 4.0，取 400 mL 水樣放入褐色玻璃瓶中。
3. 加入適量內部標準品 (sulfamethazine- $^{13}\text{C}_6$ 、ciprofloxacin- D_8 、metronidazole- $^{13}\text{C}_2$, $^{15}\text{N}_2$ 、ibuprofen- D_3 、roxithromycin- D_7 、erythromycin- $^{13}\text{C}, \text{D}_3$)，瓶身緊貼桌面搖晃均勻。
4. 水樣以 3-6 mL/min 的流速流經 HLB 固相管柱後，以 6 mL 去離子水清洗管柱，並抽乾固相管柱。
5. 抽乾萃尿管柱內加入 3 mL 甲醇後，接著加入 3 mL 甲醇-乙醚 (50:50, v/v) 溶液沖提之並收集沖提液。
6. 沖提液於 37°C 下氮氣(N_2)吹乾後，以 400 μL 甲醇-去離子水(25:75, v/v)回溶，溶解振盪均勻。
7. 回溶液經由 0.45 μm 孔徑 PVDF 過濾膜(13 mm)過濾之。
8. 利用表十六所列的 LC/MS/MS 操作條件和參數、停留時間及 MRM 離子對，進行樣品分析。

乙、HLB 固相萃取管柱(工業用化合物)

1. HLB 固相萃取管柱必須經由 6 mL 甲醇流洗後，再以 6 mL 去離子水流洗之，以達活化效果。
2. 取 400 mL 水樣放入褐色玻璃瓶中。
3. 加入適量內部標準品(PFOA- $^{13}\text{C}_8$)，瓶身緊貼桌面搖晃均勻。
4. 水樣以 3-6 mL/min 的流速流經 HLB 固相管柱後，以 6 mL 去離子水清洗管柱，並抽乾固相管柱。
5. 抽乾萃取管柱內加入 6 mL 甲醇沖提之並收集沖提液。
6. 沖提液於 37°C 下氮氣(N_2)吹乾後，以 400 μL 甲醇-去離子水(50:50, v/v)回溶，溶解振盪均勻。
7. 回溶液經由 0.45 μm 孔徑 Nylon 過濾膜(13 mm)過濾之。
8. 利用表十六所列的 LC-MS/MS 操作條件和參數、停留時間及 MRM 離子對，進行樣品分析。

丙、MCX 固相萃取管柱

1. MCX 固相萃取管柱必須經由 6 mL 甲醇流洗後，再以 6 mL 去離子水流洗之，以達活化效果。
2. 以 1M 鹽酸調整水樣至 pH 值至 4.0，取 200 mL 水樣放入褐色玻璃瓶中。
3. 加入適量內部標準品(Atenolol- D_7 、Estradiol- $^{13}\text{C}_2$ 、17 α -Ethinylestradiol - $^{13}\text{C}_2$)，瓶身緊貼桌面搖晃均勻。
4. 水樣以 3-6 mL/min 的流速流經 MCX 固相管柱後，以 6 mL 蒸餾水清洗管柱，並抽乾固相管柱。
5. 固相管柱內加入 6 mL 甲醇- NH_4OH (95 : 5, v/v) 溶液沖提之，並收集沖提液。
6. 沖提液於 37°C 下氮氣(N_2)吹乾後，以 400 μL 甲醇-去離子水(25:75, v/v)回溶，溶解振盪均勻。
7. 回溶液經由 0.45 μm 孔徑 PVDF 過濾膜(13 mm)過濾之。

8.利用表十六所列的LC-MS/MS 操作條件和參數、停留時間及MRM 離子對，進行樣品分析。

4-8 結果處理

(一) 線性回歸校正法

$$C (\mu g / L) = \frac{(C_a \times V_f)}{V_i}$$

C_a =由檢量線所求得之樣品濃度($\mu g/L$)

V_f =樣品濃縮後(沖提液)的體積，mL

V_i =樣品的體積，mL

(二) 內標準品校正法

$$C (\mu g / L) = \frac{A_x \times C_{is} \times D}{A_{is} \times RF \times V_i}$$

A_x ：樣品溶液中待測物尖峰面積或高度。

C_{is} ：內標準品添加於樣品溶液之量 (ng)。

A_{is} ：內標準品之尖峰面積或高度。

RF：待測物之平均感應因子。

D：樣品溶液之稀釋倍數。

4-9 品質管制

(一) 使用液相層析串聯質譜系統之多重反應監測模式(Multiple Reaction Monitoring mode, MRM)時，對每一種化合物監測其母離子/子離子之離子對，來做為定量及定性的依據。依據歐盟(2002/657/EC)的指引標準分析，每一種目標化合物共監測 1 個母離子以及兩個子離子，可獲得 4 identification points，適合用於環境水樣中目標化合物的定性與定量，其中選定訊號較強者為定量 MRM 離子對。各離子對及質譜參數可參考表十六。

(二) 分析樣品前，先做試劑空白試驗證明去活化玻璃器皿或塑膠器皿及化學試劑並無污染。於高濃度樣品分析或更換溶劑後亦須進行空白樣品分析。

(三) 計算回收率、標準偏差(SD) 和相對標準偏差(RSD)。回收率需至少連續做 3 到 4 個樣品，且其回收率範圍需在如表十六中回收率之標準偏差需在 $\pm 30\%$ 以內。回收率的 RSD 值需小於 30%。

(四) 方法偵測極限(MDL)需於空白樣品中添加一系列不同濃度的標準品，根據所設立的分析方法處理。計算每一個濃度所分析出來的層析波峰圖其儀器信號與雜訊比值(S/N) ≥ 3 時，此待測物濃度為方法偵測極限值。

(五) 檢量線(calibration curve)配製製備檢量線時，應包括至少 5 種不同濃度的標準溶液，最低一點標準品的濃度應宜與方法定量極限（約為 3 倍方法偵測極限值）之濃度相當，且檢量線之線性迴歸(linear regression)相關係數(correlation coefficient, r)應大於或等於 0.995。

4-10 準確度與精密度

表十七為單一實驗室使用萃取管柱分析，以去離子水為基質的準確度與精密度之結果。

表十六、50 種目標新興污染物之 MRM 離子對及其質譜參數

目標新興污染物	Retention time (min)	Precursor ion (m/z)	Product ions (m/z)	MS/MS 參數			
				DP (volts)	EP (volts)	CE (volts)	CXP (volts)
磺胺類抗生素							
Sulfadiazine	5.27	251	92(定性) 156(定量)	38	10	38.0 22.4	4.4 10.3
Sulfamethoxazole	6.48	254	92(定性) 156(定量)	40	10	37.2 21.2	7.0 12.1
Sulfathiazole	5.35	256	92(定性) 156(定量)	40	10	36.5 20.0	4.4 8.0
Sulfamethazine	5.98	279	156(定性) 186(定量)	38	10	25.1 23.8	8.1 11.9
Sulfamonomethoxine	6.67	281	92(定性) 156(定量)	45	10	43.0 24.2	5.1 8.1
Sulfadimethoxine	7.66	311	92(定性) 156(定量)	40	10	41.0 30.2	6.6 8.9
巨環素類抗生素							
Erythromycin-H ₂ O	10.19	716.5	158(定性) 558(定量)	46	10	42.1 24.0	8.5 15.3
Clarithromycin	10.06	748.5	158(定性) 590.5(定量)	49	10	38.5 28.7	12.4 16.6
Roxithromycin	10.15	837.5	158(定性) 679.6(定量)	50	10	45.0 29.2	13.0 20.6
Tylosin	9.00	916.7	174(定性) 772.5(定量)	60	10	54.3 39.3	14.0 22.5
奎諾酮類抗生素							
Nalidixic acid	9.34	233	187(定性) 215(定量)	37	10	35.3 18.9	10.6 11.2
Flumequine	9.66	262	202(定性) 244(定量)	44	10	44.6 24.2	15.1 19.9
Pipemidic acid	5.54	304	217(定性) 286(定量)	48	10	28.9 24.2	17.9 7.1
Norfloxacin	5.92	320	276(定性) 302(定量)	40	10	23.4 28.7	7.0 17.1
Ciprofloxacin	5.99	332	288(定性) 314(定量)	45	10	24.5 26.2	7.5 8.6
Ofloxacin	5.77	362	261(定性) 318(定量)	40	10	36.9 27.8	14.8 8.5
咪唑類抗生素							
Dimetridazole	5.61	142	81(定性) 96(定量)	32	10	35.8 23.8	3.9 7.5
Metronidazole	5.34	172	82(定性) 128(定量)	30	10	31.3 20.8	6.7 9.0
林可胺類抗生素							
Lincomycin	5.50	407	126(定性) 359(定量)	55	10	37.0 26.1	6.5 9.6
非類固醇消炎止痛藥							
Acetaminophen	5.40	152	93(定性) 110(定量)	32	10	32.0 23.6	4.1 8.2
Ibuprofen	11.58	208	164(定性) 161(定量)	-25	-10	-10.5 -9.7	-11 -10.9

新興污染物於臺灣地下水體之流佈研究

目標新興污染物	Retention time (min)	Precursor ion (m/z)	Product ions (m/z)	MS/MS 參數			
				DP (volts)	EP (volts)	CE (volts)	CXP (volts)
Naproxen	10.89	229	170(定性) 185(定量)	-22	-10	-19.0 -8.9	-13.7 -14.7
Ketoprofen	10.63	253	197(定性) 209(定量)	-20	-10	-7.0 -9.8	-10.0 -14.7
Diclofenac	11.47	294 296	250(定性) 252(定量)	-25	-10	-15.5 -15.5	-13.4 -13.9
降血脂及降膽固醇用藥							
Clofibrilic acid	10.84	213	85(定性) 127(定量)	-25	-10	-13.0 -17.0	-3.0 -9.0
Gemfibrozil	11.99	249	121(定性) 127(定量)	-30	-10	-15.3 -14.7	-18.1 -5.0
Bezafibrate	10.88	360	154(定性) 274(定量)	-30	-10	-35.0 -21.8	-10.8 -14.6
β -受體阻滯劑							
Propranolol	8.07	260	116(定性) 183(定量)	45	10	25.5 24.3	8.8 12.1
Atenolol	4.77	267	145(定性) 190(定量)	45	10	36.0 26.0	10.9 10.3
Metoprolol	6.41	268	116(定性) 191(定量)	40	10	25.5 24.3	8.9 14.3
Acebutolol	6.32	337	116(定性) 319(定量)	45	10	29.5 24.0	9.7 8.9
Sotalol	4.64	273	213(定性) 255(定量)	31	10	24.5 17.2	11.0 10.0
興奮劑							
Caffeine	6.62	195	110(定性) 138(定量)	35	10	30.4 28.2	8.3 11.0
精神科藥物							
Carbamazepine	9.65	237	192(定性) 194(定量)	43	10	29.1 24.5	15.6 14.0
血管擴張藥							
Pentoxifylline	7.46	279	99(定性) 181(定量)	34	10	25.8 23.9	7.8 11.0
其他類抗生素							
Trimethoprim	5.50	291	230(定性) 261(定量)	42	10	33.1 35.9	18.5 18.7
賀爾蒙							
β -Estradiol	11.00	271	143(定性) 183(定量)	-105	10	-54 -52	-10 -12
Estriol	9.01	287	145(定性) 171(定量)	-105	10	-56 -51	-5 -11
Estrone	11.01	269	145(定性) 169(定量)	-100	10	-51 -46	-7 -8
17 α -Ethinylestradiol	10.91	279	133(定性) 159(定量)	-100	10	-51 -47	-6 -12
全氟烴基磺酸							
PFBS	3.31	299	80(定性) 99(定量)	-61.2	-10	-60.4 -48.1	-4.9 -5.8
PFHxS	3.65	399	80(定性) 119(定量)	-42.2	-10	-75.9 -48.6	-3.0 -18.3
PFOS	4.10	499	80(定性) 99(定量)	-60.0	-10	-46.2 -15.3	-4.8 -8.0

目標新興污染物	Retention time (min)	Precursor ion (m/z)	Product ions (m/z)	MS/MS 參數			
				DP (volts)	EP (volts)	CE (volts)	CXP (volts)
全氟羧酸							
PFHxA	3.49	313	119(定性) 269(定量)	-28.4	-10	-35.0 -24.0	-8.6 -4.8
PFHpA	3.68	363	119(定性) 169(定量)	-20.3	-10	-34.2 -35.2	-6.1 -11.8
PFOA	3.88	413	169(定性) 369(定量)	-25.0	-10	-15.0 -28.5	-7.0 -9.1
PFNA	4.14	463	169(定性) 219(定量)	-27.2	-10	-39.1 -28.9	-8.8 -9.9
PFDA	4.45	513	269(定性) 469(定量)	-26.0	-10	-33.2 -26.0	-4.8 -11.6
PFUnA	4.80	563	269(定性) 319(定量)	-37.7	-10	-27.2 -25.0	-14.1 -5.7
PFDoA	5.18	613	269(定性) 569(定量)	-34.1	-10	-32.0 -22.1	-4.8 -14.8

表十七、50 種目標污染物之回收率、相對標準偏差值(RSD%)、檢量線之相關係數(r)及其線性範圍

Compound	添加 50 ng/L 標準品濃度於去離子水中		Correlation coefficient (r)	Linear range (μ g/L)
	Recovery $\pm$ SD (%) (n=3)	R.S.D (%)		
Sulfadiazine	93.1 $\pm$ 7.6	8.2	0.9959	0.1~100
Sulfamethoxazole	115.0 $\pm$ 6.2	5.4	0.9965	0.1~100
Sulfathiazole	106.6 $\pm$ 8.6	8.0	0.9997	0.5~100
Sulfamethazine	102.2 $\pm$ 8.7	5.6	0.9982	0.1~100
Sulfamonomethoxine	111.7 $\pm$ 4.9	4.4	0.9992	0.5~100
Sulfadimethoxine	94.7 $\pm$ 12.6	13.3	0.9966	0.5~100
Erythromycin-H ₂ O	85.2 $\pm$ 3.6	5.8	0.9954	0.1~100
Clarithromycin	93.2 $\pm$ 6.8	1.9	0.9990	0.5~100
Roxithromycin	107.0 $\pm$ 7.1	5.3	0.9995	0.5~100
Tylosin	105.0 $\pm$ 9.3	8.6	0.9986	1.0~100
Nalidixic acid	92.5 $\pm$ 3.3	3.5	0.9998	0.25~10
			0.9973	10~100
Flumequine	96.3 $\pm$ 1.7	1.8	0.9970	0.5~10
			0.9985	10~100
Pipemidic acid	101.5 $\pm$ 4.6	4.5	0.9984	0.5~5
			0.9994	5~100
Norfloxacin	107.3 $\pm$ 2.4	2.2	0.9996	0.5~5
			0.9994	5~100
Ciprofloxacin	98.7 $\pm$ 3.2	3.2	0.9990	0.5~5
			0.9992	5~100
Ofloxacin	104.1 $\pm$ 7.7	7.4	0.9974	0.5~5
			0.9978	5~100
Dimetridazole	104.3 $\pm$ 3.6	3.5	0.9999	0.25~5
			0.9971	5~100
Metronidazole	101.4 $\pm$ 1.1	1.1	0.9998	0.25~10
			0.9979	10~100
Lincomycin	98.5 $\pm$ 9.2	9.4	0.9963	1~100
Acetaminophen	110.8 $\pm$ 11.3	10.2	0.9955	0.1~100
Ibuprofen	118.3 $\pm$ 6.4	5.4	0.9953	5~100
Naproxen	98.6 $\pm$ 9.7	9.8	0.9971	5~100
Ketoprofen	89.8 $\pm$ 9.7	10.8	0.9951	5~100
Diclofenac	76.3 $\pm$ 7.2	9.4	0.9987	1~100
Clofibric acid	99.5 $\pm$ 4.9	4.9	0.9991	0.1~100
Gemfibrozil	133.7 $\pm$ 24.6	18.4	0.9955	0.1~100
Bezafibrate	75.9 $\pm$ 6.9	9.1	0.9988	0.1~100
Propranolol	83.2 $\pm$ 6.0	7.3	0.9994	0.1~100
Atenolol	103.2 $\pm$ 4.6	4.4	0.9997	0.1~100
Metoprolol	89.6 $\pm$ 4.7	5.3	0.9993	0.1~100
Acebutolol	93.3 $\pm$ 7.9	8.5	0.9998	0.1~100
Sotalol	103.3 $\pm$ 10.8	10.4	0.9966	0.5~100
Caffeine	92.9 $\pm$ 16.7	18.0	0.9962	0.1~100
Carbamazepine	103.0 $\pm$ 2.6	2.6	0.9967	0.1~100
Pentoxifylline	91.8 $\pm$ 9.1	9.9	0.9989	0.25~100
Trimethoprim	111.7 $\pm$ 4.2	10.9	0.9971	0.1~100
β -Estradiol	108.5 $\pm$ 5.8	5.3	0.9968	5~500
Estrinol	80.9 $\pm$ 5.7	7	0.9979	10~500
Estrone	75.2 $\pm$ 9.3	12.4	0.9988	1~500
17 α -Ethinylestradiol	112.7 $\pm$ 6.9	6.2	0.9984	5~500

表十七、50 種目標污染物之回收率、相對標準偏差值(RSD%)、檢量線之相關係數(r)及其線性範圍(續)

Compound	添加 25 ng/L 標準品濃度於去離子水中		Correlation coefficient (r)	Linear range (μ g/L)
	Recovery $\pm$ SD (%) (n=3)	R.S.D (%)		
PFBS	83.6 $\pm$ 4.5	5.4	0.9956	0.05~100
PFHxS	85.6 $\pm$ 5.0	5.8	0.9963	0.05~100
PFOS	66.8 $\pm$ 2.6	3.8	0.9982	0.25~100
PFHxA	91.0 $\pm$ 6.2	6.8	0.9975	0.1~100
PFHpA	110.3 $\pm$ 5.3	4.8	0.9961	0.05~100
PFOA	82.6 $\pm$ 11.3	13.7	0.9982	0.05~100
PFNA	101.3 $\pm$ 4.5	4.4	0.9957	0.1~100
PFDA	84.9 $\pm$ 4.6	5.4	0.9968	0.05~100
PFUnA	66.5 $\pm$ 4.8	7.3	0.9977	0.25~100
PFDoA	41.6 $\pm$ 6.5	15.7	0.9972	0.25~100

第五章 結論與建議

1. 本工作團隊已建立 50 種新興污染物(表六)之同步分析方法及分析方法草案(第四章)，其偵測極限範圍為 0.05-5 ng/L，符合各項目標污染物濃度之偵測極限須達到 ppt (ng/L)等級之規定。
2. 於枯水期(2013 年 3 月 6 日~3 月 10 日)及豐水期(2013 年 6 月 20 日~6 月 22 日)進行大台北(14 個監測井與 2 個場置性監測井)及新竹地區(6 個監測井)地下水之採樣分析，完成 50 種目標新興污染物的流佈數據。結果可知，絕大多數(40 種)目標物之濃度皆為 ng/L 濃度等級，其中有 10 種化合物濃度大於 100 ng/L，分別為 Naproxen (128 ng/L)、Gemfibrozil (172 ng/L)、Bezafibrate (257 ng/L)、Flumequine (317 ng/L)、PFHxA (358 ng/L)、Ibuprofen (837 ng/L)、Caffeine (931 ng/L)及達到 $\mu\text{g/L}$ 濃度等級的 Acetaminophen ($1.0\ \mu\text{g/L}$)、Sulfamethoxazole ($1.8\ \mu\text{g/L}$)和 $17\ \alpha$ -ethynylestradiol ($1.8\ \mu\text{g/L}$)。
3. 檢出頻率最高之前十名化合物中，前八名皆為全氟化物，其中 PFHpA 及 PFNA 之檢出頻率甚至高達 100%。其原因可能與全氟化物在環境中持久及不易分解的特性有關。此外，濃度大於 10 ng/L 且頻率大於等於 50%之污染物有十種，分別為 PFHpA、PFHxA、PFOS、PFOA、Caffeine、Sulfamethazine、Sulfamethoxazole、Sulfadiazine、Gemfibrozil 及 Carbamazepine。
4. 將目標新興污染物之檢出濃度與澳洲及美國現行列出的規範進行比較，發現僅 Caffeine 於 O2 採樣點之檢出濃度超過澳洲回收飲用水規範之外，其他目標新興污染物之最高檢出濃度皆低於規範參考值(其中 Estrone 之最高檢出濃度接近規範參考值)。若未來相關單位需要持續進行監測，可密切關注此兩種污染物、及結論 3 提到的十種新興污染物(共十一種污染物)。
5. 枯水期(2013 年 3 月 6 日~3 月 10 日)及豐水期(2013 年 6 月 20 日~6 月 22 日)之目標新興污染物流佈於並無顯著差異。推測其原因為地下水的流動速度及循環速度非常緩慢，因此以今年的兩次採樣的時間間隔來看，並無法觀察出明

顯的流佈差異。再者，由兩次採樣數據可發現目標新興污染物之分析濃度具有再現性，亦可表示本研究團隊建立之新興污染物分析方法適用於地下水體分析。經由兩次採樣統計 12 個監測井中，O2 採樣點(新竹市東門國小)之檢出目標污染物種類為最多(35 種)且檢出較高濃度(1820 ng/L)，明顯高於其他採樣點且兩次數據具有重複性。其次為 A1(台北市仁愛國中)、A12(台北市士東國小)、F29(新北市中和國小)、O14(新竹市關東國小)以及 A4(台北市東門國小)之檢出污染物最多為 18-25 種且檢出最高濃度為 9.3-1820 ng/L 範圍。建議未來可持續針對這六個監測井進行新興污染物之相關調查。

6. 大台北與新竹地區之目標新興污染物於地下水檢出情形並無明顯地域差異，與本研究團隊於 2008-2010 年之大台北、新竹地區之新興污染物於地表水之流佈比較發現，整體上地下水中新興污染物與其環境地表水之濃度差異度不大。但這些新興污染物從地表水進入地下水之過程中，經歷土壤吸附、氧化及生物降解等自然淨化機制，由於新興污染物之物化特性不同其降解程度也會有所不同，可能會導致部分新興污染物容易流入地下水中，建議未來應該要持續進行流佈調查，建立新興污染物於台灣地下水體之完整流佈資料庫，以追蹤地下水中常見之新興污染物。
7. 由於各監測井位置皆鄰近診所、藥局、醫院、藥廠、污水處理廠及電子科技廠，加上國外文獻與本研究團隊發表之期刊論文證實以上場址皆為新興污染物之環境污染來源，因此初步研判這些場址為地下水中新興污染物之可能污染源頭。建議未來能持續進行相關調查，以釐清污染來源與後續防治策略。

參考文獻

- NAQUA (2009) Ergebnisse der Grundwasserbeobachtung Schweiz (NAQUA). Bundesamt für Umwelt BAFU, 144.
- Sacher, F., Lang, F.T., Brauch, H.J. and Blankenhorn, I. (2001) Pharmaceuticals in groundwaters - Analytical methods and results of a monitoring program in Baden-Wurttemberg, Germany. *Journal of Chromatography A* 938(1-2), 199-210.
- Hirsch, R., Ternes, T., Haberer, K. and Kratz, K.L. (1999) Occurrence of antibiotics in the aquatic environment. *Sci Total Environ* 225(1-2), 109-118.
- Lindsey, M.E., Meyer, M. and Thurman, E.M. (2001) Analysis of trace levels of sulfonamide and tetracycline antimicrobials, in groundwater and surface water using solid-phase extraction and liquid chromatography/mass spectrometry. *Analytical Chemistry* 73(19), 4640-4646.
- Schmidt, C.K., Lange, F.T., Brauch, H.-J. and Kühn, W. (2003) Experiences with riverbank filtration and infiltration in Germany. DVGW-Water Technology Center (TZW).
- Hinkle, S.R., Weick, R.J., Johnson, J.M., Cahill, J.D., Smith, S.G. and Rich, B.J. (2005) Organic wastewater compounds, pharmaceuticals, and coliphage in ground water receiving discharge from onsite wastewater treatment systems near La Pine, Oregon—Occurrence and implications for transport: . U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2005-5055, 98.
- Verstraeten, I.M., Fetterman, G.S., Meyer, M.T., Bullen, T. and Sebree, S.K. (2005) Use of tracers and isotopes to evaluate vulnerability of water in domestic wells to septic waste. *Ground Water Monitoring and Remediation* 25(2), 107-117.
- Miller, K.J. and Meek, J. (2006) Helena Valley Ground Water: Pharmaceuticals, Personal Care Products, Endocrine Disruptors (PPCPs), and Microbial Indicators of Fecal Contamination Montana Bureau of Mines and Geology.

- Godfrey, E., Woessner, W.W. and Benotti, M.J. (2007) Pharmaceuticals in on-site sewage effluent and ground water, Western Montana. *Ground Water* 45(3), 263-271.
- Barnes, K.K., Kolpin, D.W., Furlong, E.T., Zaugg, S.D., Meyer, M.T. and Barber, L.B. (2008) A national reconnaissance of pharmaceuticals and other organic wastewater contaminants in the United States--I) groundwater. *Sci Total Environ* 402(2-3), 192-200.
- Loos, R., Locoro, G., Comero, S., Contini, S., Schwesig, D., Werres, F., Balsaa, P., Gans, O., Weiss, S., Blaha, L., Bolchi, M. and Gawlik, B.M. (2010) Pan-European survey on the occurrence of selected polar organic persistent pollutants in ground water. *Water Res* 44(14), 4115-4126.
- Watanabe, N., Bergamaschi, B.A., Loftin, K.A., Meyer, M.T. and Harter, T. (2010) Use and Environmental Occurrence of Antibiotics in Freestall Dairy Farms with Manured Forage Fields. *Environmental Science & Technology* 44(17), 6591-6600.
- Bruchet, A., Hochereau, C., Picard, C., Decottignies, V., Rodrigues, J.M. and Janex-Habibi, M.L. (2005) Analysis of drugs and personal care products in French source and drinking waters: the analytical challenge and examples of application. *Water Science and Technology* 52(8), 53-61.
- Hu, X.G., Zhou, Q.X. and Luo, Y. (2010) Occurrence and source analysis of typical veterinary antibiotics in manure, soil, vegetables and groundwater from organic vegetable bases, northern China. *Environmental Pollution* 158(9), 2992-2998.
- Bartelt-Hunt, S., Snow, D.D., Damon-Powell, T. and Miesbach, D. (2011) Occurrence of steroid hormones and antibiotics in shallow groundwater impacted by livestock waste control facilities. *Journal of Contaminant Hydrology* 123(3 – 4), 94-103.
- Vulliet, E. and Cren-Olive, C. (2011) Screening of pharmaceuticals and hormones at the regional scale, in surface and groundwaters intended to human consumption. *Environmental Pollution* 159(10), 2929-2934.

Stuart, M.E., Manamsa, K., Talbot, J.C. and Crane, E.J. (2011) Emerging contaminants in groundwater. British Geological Survey 111.

Barnes, K.K., Christenson, S.C., Kolpin, D.W., Focazio, M., Furlong, E.T., Zaugg, S.D., Meyer, M.T. and Barber, L.B. (2004) Pharmaceuticals and other organic waste water contaminants within a leachate plume downgradient of a municipal landfill. *Ground Water Monitoring and Remediation* 24(2), 119-126.

Heberer, T.D., U; Reilich, Ch; Stan, H-J (1997) Detection of drugs and drug metabolites in ground water samples of a drinking water treatment plant Fresenius Environmental Bulletin 6(7-8), 438-443.

Heberer, T. (2002) Tracking persistent pharmaceutical residues from municipal sewage to drinking water. *Journal of Hydrology* 266(3-4), 175-189.

Rabiet, M., Togola, A., Brissaud, F., Seidel, J.L., Budzinski, H. and Elbaz-Poulichet, F. (2006) Consequences of treated water recycling as regards pharmaceuticals and drugs in surface and ground waters of a medium-sized Mediterranean catchment. *Environmental Science & Technology* 40(17), 5282-5288.

Drewes, J.E., Heberer, T., Rauch, T. and Reddersen, K. (2003) Fate of pharmaceuticals during ground water recharge. *Ground Water Monitoring and Remediation* 23(3), 64-72.

Carrara, C., Ptacek, C.J., Robertson, W.D., Blowes, D.W., Moncur, M.C., Sverko, E. and Backus, S. (2008) Fate of pharmaceutical and trace organic compounds in three septic system plumes, Ontario, Canada. *Environmental Science & Technology* 42(8), 2805-2811.

Buszka, P.M., Yeskis, D.J., Kolpin, D.W., Furlong, E.T., Zaugg, S.D. and Meyer, M.T. (2009) Waste-Indicator and Pharmaceutical Compounds in Landfill-Leachate-Affected Ground Water near Elkhart, Indiana, 2000-2002. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 82(6), 653-659.

Einsiedl, F., Radke, M. and Maloszewski, P. (2010) Occurrence and transport of pharmaceuticals in a karst groundwater system affected by domestic wastewater treatment

- plants. *Journal of Contaminant Hydrology* 117(1-4), 26-36.
- Ellis, J.B. (2006) Pharmaceutical and personal care products (PPCPs) in urban receiving waters. *Environmental Pollution* 144(1), 184-189.
- Heberer, T. and Adam, M. (2004) Transport and Attenuation of Pharmaceutical Residues During Artificial Groundwater Replenishment. *Environmental Chemistry* 1(1), 22-25.
- Drewes, J.E., Heberer, T. and Reddersen, K. (2002) Fate of pharmaceuticals during indirect potable reuse. *Water Science and Technology* 46(3), 73-80.
- Seiler, R.L., Zaugg, S.D., Thomas, J.M. and Howcroft, D.L. (1999) Caffeine and pharmaceuticals as indicators of waste water contamination in wells. *Ground Water* 37(3), 405-410.
- Swartz, C.H., Reddy, S., Benotti, M.J., Yin, H.F., Barber, L.B., Brownawell, B.J. and Rudel, R.A. (2006) Steroid estrogens, nonylphenol ethoxylate metabolites, and other wastewater contaminants in groundwater affected by a residential septic system on Cape Cod, MA. *Environmental Science & Technology* 40(16), 4894-4902.
- Katz, B.G., Griffin, D.W. and Davis, J.H. (2009) Groundwater quality impacts from the land application of treated municipal wastewater in a large karstic spring basin: Chemical and microbiological indicators. *Science of the Total Environment* 407(8), 2872-2886.
- Nakada, N., Kiri, K., Shinohara, H., Harada, A., Kuroda, K., Takizawa, S. and Takada, H. (2008) Evaluation of pharmaceuticals and personal care products as water-soluble molecular markers of sewage. *Environmental Science & Technology* 42(17), 6347-6353.
- Musolff, A., Leschik, S., Moder, M., Strauch, G., Reinstorf, F. and Schirmer, M. (2009) Temporal and spatial patterns of micropollutants in urban receiving waters. *Environmental Pollution* 157(11), 3069-3077.
- Kreuzinger, N., Clara, M., Strenn, B. and Vogel, B. (2004) Investigation on the behaviour of selected pharmaceuticals in the groundwater after infiltration of treated wastewater.

Water Science and Technology 50(2), 221-228.

Clara, M., Strenn, B. and Kreuzinger, N. (2004) Carbamazepine as a possible anthropogenic marker in the aquatic environment: investigations on the behaviour of Carbamazepine in wastewater treatment and during groundwater infiltration. Water Res 38(4), 947-954.

Snyder, S., Westerhoff, P., Yoon, Y., Vanderford, B. and Rexing, D. (2004) Evaluation of conventional and advanced treatment processes to remove endocrine disruptors and pharmaceutically active compounds. Abstracts of Papers of the American Chemical Society 228, U620-U620.

Gasser, G., Rona, M., Voloshenko, A., Shelkov, R., Tal, N., Pankratov, I., Elhanany, S. and Lev, O. (2010) Quantitative Evaluation of Tracers for Quantification of Wastewater Contamination of Potable Water Sources. Environmental Science & Technology 44(10), 3919-3925.

Maeng, S.K., Sharma, S.K., Lekkerkerker-Teunissen, K. and Amy, G.L. (2011) Occurrence and fate of bulk organic matter and pharmaceutically active compounds in managed aquifer recharge: A review. Water Res 45(10), 3015-3033.

Osenbruck, K., Glaser, H.R., Knoller, K., Weise, S.M., Moder, M., Wennrich, R., Schirmer, M., Reinstorf, F., Busch, W. and Strauch, G. (2007) Sources and transport of selected organic micropollutants in urban groundwater underlying the city of Halle (Saale), Germany. Water Res 41(15), 3259-3270.

Hohenblum, P., Gans, O., Moche, W., Scharf, S. and Lorbeer, G. (2004) Monitoring of selected estrogenic hormones and industrial chemicals in groundwaters and surface waters in Austria. Science of the Total Environment 333(1-3), 185-193.

Mansell, B.L. and Drewes, J.E. (2004) Fate of steroidal hormones during soil-aquifer treatment. Ground Water Monitoring and Remediation 24(2), 94-101.

Vulliet, E., Wiest, L., Baudot, R. and Grenier-Loustalot, M.F. (2008) Multi-residue

- analysis of steroids at sub-ng/L levels in surface and ground-waters using liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* 1210(1), 84-91.
- Zuehlke, S., Duennbier, U., Heberer, T. and Fritz, B. (2004) Analysis of endocrine disrupting steroids: Investigation of their release into the environment and their behavior during bank filtration. *Ground Water Monitoring and Remediation* 24(2), 78-85.
- Kolodziej, E.P., Harter, T. and Sedlak, D.L. (2004) Dairy wastewater, aquaculture, and spawning fish as sources of steroid hormones in the aquatic environment. *Environmental Science & Technology* 38(23), 6377-6384.
- Moody, C.A., Hebert, G.N., Strauss, S.H. and Field, J.A. (2003) Occurrence and persistence of perfluorooctanesulfonate and other perfluorinated surfactants in groundwater at a fire-training area at Wurtsmith Air Force Base, Michigan, USA. *Journal of Environmental Monitoring* 5(2), 341-345.
- Murakami, M., Kuroda, K., Sato, N., Fukushi, T., Takizawa, S. and Takada, H. (2009) Groundwater Pollution by Perfluorinated Surfactants in Tokyo. *Environmental Science & Technology* 43(10), 3480-3486.
- Golet, E.M., Alder, A.C. and Giger, W. (2002) Environmental exposure and risk assessment of fluoroquinolone antibacterial agents in wastewater and river water of the Glatt Valley Watershed, Switzerland. *Environmental Science & Technology* 36(17), 3645-3651.
- Jones, O.A.H., Voulvoulis, N. and Lester, J.N. (2002) Aquatic environmental assessment of the top 25 English prescription pharmaceuticals. *Water Res* 36(20), 5013-5022.
- Kummerer, K. and Henninger, A. (2003) Promoting resistance by the emission of antibiotics from hospitals and households into effluent. *Clinical Microbiology and Infection* 9(12), 1203-1214.

Quinn, B., Gagne, F. and Blaise, C. (2008) An investigation into the acute and chronic toxicity of eleven pharmaceuticals (and their solvents) found in wastewater effluent on the cnidarian, *Hydra attenuata*. *Science of the Total Environment* 389(2-3), 306-314.

Carlsson, C., Johansson, A.K., Alvan, G., Bergman, K. and Kuhler, T. (2006) Are pharmaceuticals potent environmental pollutants? Part I: Environmental risk assessments of selected active pharmaceutical ingredients. *Science of the Total Environment* 364(1-3), 67-87.

Tang, C.Y.Y., Fu, Q.S., Robertson, A.P., Criddle, C.S. and Leckie, J.O. (2006) Use of reverse osmosis membranes to remove perfluorooctane sulfonate (PFOS) from semiconductor wastewater. *Environmental Science & Technology* 40(23), 7343-7349.

Lin, A.Y., Yu, T.H. and Lin, C.F. (2008) Pharmaceutical contamination in residential, industrial, and agricultural waste streams: risk to aqueous environments in Taiwan. *Chemosphere* 74(1), 131-141.

Lin, A.Y., Yu, T.H. and Lateef, S.K. (2009a) Removal of pharmaceuticals in secondary wastewater treatment processes in Taiwan. *J Hazard Mater* 167(1-3), 1163-1169.

Lin, A.Y. and Tsai, Y.T. (2009) Occurrence of pharmaceuticals in Taiwan's surface waters: impact of waste streams from hospitals and pharmaceutical production facilities. *Sci Total Environ* 407(12), 3793-3802.

林郁真 (2008) 水中醫藥類及其代謝之殘留化學物質之檢測技術建立研究(2/4)期末報告(EPA-97-E3S4-02-01). 行政院環境保護署環境檢驗所.

Lin, A.Y., Lin, C.A., Tung, H.H. and Chary, N.S. (2010a) Potential for biodegradation and sorption of acetaminophen, caffeine, propranolol and acebutolol in lab-scale aqueous environments. *J Hazard Mater* 183(1-3), 242-250.

Lin, A.Y., Panchangam, S.C. and Ciou, P.S. (2010b) High levels of perfluorochemicals in Taiwan's wastewater treatment plants and downstream rivers pose great risk to local aquatic ecosystems. *Chemosphere* 80(10), 1167-1174.

- Lin, A.Y., Panchangam, S.C. and Lo, C.C. (2009b) The impact of semiconductor, electronics and optoelectronic industries on downstream perfluorinated chemical contamination in Taiwanese rivers. *Environmental Pollution* 157(4), 1365-1372.
- Yu, T.-H., Lin, A.Y.-C., Wang, X.-H. and Lin, C.-F. (2011) Occurrence of β -blockers and β -agonists in hospital effluents and their receiving rivers in southern Taiwan. *Desalination and Water Treatment* 32(1-3), 49-56.
- Lin, A.Y., Wang, X.H. and Lin, C.F. (2010c) Impact of wastewaters and hospital effluents on the occurrence of controlled substances in surface waters. *Chemosphere* 81(5), 562-570.
- Hamscher, G., Sczesny, S., Hoper, H. and Nau, H. (2002) Determination of persistent tetracycline residues in soil fertilized with liquid manure by high-performance liquid chromatography with electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Analytical Chemistry* 74(7), 1509-1518.
- Vieno, N.M., Tuhkanen, T. and Kronberg, L. (2006) Analysis of neutral and basic pharmaceuticals in sewage treatment plants and in recipient rivers using solid phase extraction and liquid chromatography-tandem mass spectrometry detection. *Journal of Chromatography A* 1134(1-2), 101-111.
- Hernando, M.D., Heath, E., Petrovic, M. and Barcelo, D. (2006) Trace-level determination of pharmaceutical residues by LC-MS/MS in natural and treated waters. A pilot-survey study. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 385(6), 985-991.
- Gros, M., Petrovic, M. and Barcelo, D. (2006) Development of a multi-residue analytical methodology based on liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) for screening and trace level determination of pharmaceuticals in surface and wastewaters. *Talanta* 70(4), 678-690.
- Bendz, D., Paxeus, N.A., Ginn, T.R. and Loge, F.J. (2005) Occurrence and fate of pharmaceutically active compounds in the environment, a case study: Hoje River in

Sweden. *J Hazard Mater* 122(3), 195-204.

Andreozzi, R., Marotta, R. and Paxeus, N. (2003) Pharmaceuticals in STP effluents and their solar photodegradation in aquatic environment. *Chemosphere* 50(10), 1319-1330.

Hao, C.Y., Lissemore, L., Nguyen, B., Kleywegt, S., Yang, P. and Solomon, K. (2006) Determination of pharmaceuticals in environmental waters by liquid chromatography/electrospray ionization/tandem mass spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 384(2), 505-513.

Calamari, D., Zuccato, E., Castiglioni, S., Bagnati, R. and Fanelli, R. (2003) Strategic survey of therapeutic drugs in the rivers Po and Lambro in northern Italy. *Environmental Science & Technology* 37(7), 1241-1248.

Quintana, J.B., Rodil, R. and Reemtsma, T. (2004) Suitability of hollow fibre liquid-phase microextraction for the determination of acidic pharmaceuticals in wastewater by liquid chromatography-electrospray tandem mass spectrometry without matrix effects. *Journal of Chromatography A* 1061(1), 19-26.

Vanderford, B.J., Pearson, R.A., Rexing, D.J. and Snyder, S.A. (2003) Analysis of endocrine disruptors, pharmaceuticals, and personal care products in water using liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *Analytical Chemistry* 75(22), 6265-6274.

Ternes, T., Bonerz, M. and Schmidt, T. (2001) Determination of neutral pharmaceuticals in wastewater and rivers by liquid chromatography-electrospray tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* 938(1-2), 175-185.

Ahrer, W., Scherwenk, E. and Buchberger, W. (2001) Determination of drug residues in water by the combination of liquid chromatography or capillary electrophoresis with electrospray mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* 910(1), 69-78.

Farre, M.L., Ferrer, I., Ginebreda, A., Figueras, M., Olivella, L., Tirapu, L., Vilanova, M. and Barcelo, D. (2001) Determination of drugs in surface water and wastewater samples by liquid chromatography-mass spectrometry: methods and preliminary results including

toxicity studies with *Vibrio fischeri*. *Journal of Chromatography A* 938(1-2), 187-197.

Macia, A., Borrull, F., Aguilar, C. and Calull, M. (2003) Improving sensitivity by large-volume sample stacking using the electroosmotic flow pump to analyze some nonsteroidal anti-inflammatory drugs by capillary electrophoresis in water samples. *Electrophoresis* 24(16), 2779-2787.

Marchese, S., Gentili, A., Perret, D., D'Ascenzo, G. and Pastori, F. (2003) Quadrupole time-of-flight versus triple-quadrupole mass spectrometry for the determination of non-steroidal antiinflammatory drugs in surface water by liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 17(9), 879-886.

Roberts, P.H. and Thomas, K.V. (2006) The occurrence of selected pharmaceuticals in wastewater effluent and surface waters of the lower Tyne catchment. *Science of the Total Environment* 356(1-3), 143-153.

Hernando, M.D., Petrovic, M., Fernandez-Alba, A.R. and Barcelo, D. (2004) Analysis by liquid chromatography-electro spray ionization tandem mass spectrometry and acute toxicity evaluation for beta-blockers and lipid-regulating agents in wastewater samples. *Journal of Chromatography A* 1046(1-2), 133-140.

Comoretto, L. and Chiron, S. (2005) Comparing pharmaceutical and pesticide loads into a small Mediterranean river. *Science of the Total Environment* 349(1-3), 201-210.

Loos, R., Hanke, G. and Eisenreich, S.J. (2003) Multi-component analysis of polar water pollutants using sequential solid-phase extraction followed by LC-ESI-MS. *Journal of Environmental Monitoring* 5(3), 384-394.

Miao, X.S. and Metcalfe, C.D. (2003) Determination of cholesterol-lowering statin drugs in aqueous samples using liquid chromatography-electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* 998(1-2), 133-141.

Yang, S. and Carlson, K.H. (2004) Solid-phase extraction-high-performance liquid

chromatography-ion trap mass spectrometry for analysis of trace concentrations of macrolide antibiotics in natural and waste water matrices. *Journal of Chromatography A* 1038(1-2), 141-155.

附件三 採樣紀錄表

第一次(枯水期)採樣

水樣名稱	地點	地理位置 (座標,經緯度)	日期	時間	天氣狀況	採樣體積
仁愛國中	台北市	X：305698.383Y：2769993.155	2013/3/6	10:22	晴天	5L
民生國小	台北市	X：305641.8、Y：2772172.28	2013/3/6	12:23	晴天	5L
長春國小	台北市	X：303839、Y：2772077	2013/3/6	02:14	晴天	5L
新湖國小	台北市	X：309440.793、Y：2773480.308	2013/3/6	05:57	晴天	5L
古亭國小	台北市	X：303527.628、Y：2768235.398	2013/3/7	10:31	晴天	5L
蘭州國中	台北市	X：302128.952、Y：2773685.412	2013/3/7	13:42	晴天	5L
國泰國小	新北市	X：294513、Y：2769684	2013/3/7	15:04	晴天	5L
文德國小	新北市	X：296252.003、Y：2768327.918	2013/3/7	18:08	晴天	5L
關東國小	新竹市	X：252103.235、Y：2741875.289	2013/3/8	10:02	晴天	5L
科學園區實驗中學	新竹市	X：251774.74、Y：2741124.33	2013/3/8	11:00	晴天	5L
雙溪國小	新竹縣	X：248989.53、Y：2739863.24	2013/3/8	12:31	晴天	5L
新竹教育大學	新竹市	X：246426.38、Y：2742867.13	2013/3/8	14:30	晴天	5L
東門國小	新竹市	X：247214.27、Y：2744265.71	2013/3/8	17:04	晴天	5L
載熙國小	新竹市	X：246358.219、Y：2745802.916	2013/3/8	18:12	晴天	5L
東門國小	台北市	X：302465.022、Y：2770181.353	2013/3/9	09:46	晴天	5L
華江高中	台北市	X：300206、Y：2769097	2013/3/9	11:26	晴天	5L
碧華國小	新北市	X：299319.019、Y：2775209.122	2013/3/9	13:45	晴天	5L
士東國小	台北市	X：303140.205、Y：2778331.837	2013/3/9	16:46	晴天	5L
中和國小	新北市	X：300531.349、Y：2765878.801	2013/3/10	10:55	晴天	5L
下城活動中心	新北市	X：302919.37、Y：2761727.72	2013/3/10	13:32	晴天	5L

第二次(豐水期)採樣

水樣名稱	地點	地理位置 (座標,經緯度)	日期	時間	天氣狀況	採樣體積
東門國小	新竹市	X：247214.27、Y：2744265.71	2013/6/20	13:45	晴天	5L
關東國小	新竹市	X：252103.235、Y：2741875.289	2013/6/20	15:29	陰天	5L
文德國小	新北市	X：296252.003、Y：2768327.918	2013/6/21	09:33	晴天	5L
國泰國小	新北市	X：294513、Y：2769684	2013/6/21	11:02	晴天	5L
古亭國小	台北市	X：303527.628、Y：2768235.398	2013/6/21	11:22	晴天	5L
場置井上游井	新北市	-	2013/6/21	14:42	晴天	5L
士東國小	台北市	X：303140.205、Y：2778331.837	2013/6/21	16:09	晴天	5L
場置井下游井	新北市	-	2013/6/21	16:26	晴天	5L
新湖國小	台北市	X：309440.793、Y：2773480.308	2013/6/21	16:59	晴天	5L
東門國小	台北市	X：302465.022、Y：2770181.353	2013/6/21	18:34	晴天	5L
仁愛國中	台北市	X：305698.383、Y：2769993.155	2013/6/22	10:04	陰天	5L
中和國小	新北市	X：300531.349、Y：2765878.801	2013/6/22	10:55	晴天	5L
民生國小	台北市	X：305641.8、Y：2772172.28	2013/6/22	11:31	晴天	5L
下城活動中心	新北市	X：302919.37、Y：2761727.72	2013/6/22	13:32	晴天	5L