

出國報告（出國類別：國際研討會）

「第 42 屆國際水文地質協會
年會－回到未來」
國際研討會

服務機關：行政院環境保護署土壤及地下水污染整治基金管理會

姓名職稱：陳俞穎 助理環境技術師

派赴國家：義大利羅馬

出國期間：104 年 9 月 12 日至 19 日

報告日期：104 年 12 月 6 日

摘要

本次赴義大利羅馬參加「第 42 屆國際水文地質協會年會」，會議主題為「回到未來」(Hydrogeology : Back To The Future)，本研討會辦理日期為民國（下同）104 年 9 月 13 日至 9 月 18 日，為期 6 天，係由國際水文地質協會(The International Association of Hydrogeologists, IAH)主辦，總計共有近 800 篇口頭發表及海報發表，以及逾 950 人以上產官學研各界專家學者、工程師、學生、政府代表、非政府組織代表等參與。

本次研討會議程主要包括 8 項議題及 44 項子議題，包含地下水資源之永續利用、都市型地下水污染、地下水之治理與政策、水文地質的新工具及新領域等，期間另有海報發表。本署發表 1 篇海報論文「臺灣地下水新興污染物之流布 (Occurrence of groundwater emerging contaminants in Taiwan)」，內容係關於我國地下水新興污染物調查及污染物新增列管篩選原則之建立成果。

藉由本次研討會之參與，瞭解各國均已開始關切環境中新興污染物存在之問題，除辦理大規模調查外，也進一步評估其宿命與傳輸行為等；此外，國際間也開始廣泛應用示蹤劑、同位素、分子生物技術等新穎工具，解決污染源追蹤及整治效益評估等遭遇之困難，以回饋至我國評估與規劃後續污染調查、管理與政策擬訂。此外，經由研討會參與及海報發表，也加強與國外學者之交流，增加我國於國際間之能見度，宣揚我國地下水新興污染物調查現況及管理策略。

目錄

一、目的

二、過程

三、心得與建議

四、附件

附件1 研討會議程

附件2 關切議題摘要與發表資料

附件3 參展廠商資料

附件4 阿都拉西斯親王國際水源獎

一、目的

水，孕育了萬物生長，亦為永續發展的核心，為有限且不可替代之寶貴資源，是人類福祉之基礎，對於社會經濟發展、生態系統維持、人類健康與生存均相當重要，近年來，隨著全球人口膨脹、氣候變遷等影響，各地旱災與供水短缺事件頻傳，「水危機」已列為近 10 年影響全球穩定最迫切的危機之一。臺灣地下水資源管理工作目前已累積豐碩成果，包括污染防治、調查、整治及管理層面，藉由國際研討會之參與及成果發表，除宣揚我國近年對於地下水污染防治等相關工作成果及進展，並與各國產官學界專業人士共同交流工作心得，吸取國際新知與新穎技術，掌握國際水污染防治與管理之趨勢與發展。

本次參加位於義大利羅馬大學(Sapienza University of Rome)，由國際水文地質協會(The International Association of Hydrogeologists, IAH)舉辦之「第 42 屆國際水文地質協會年會」，今(104)年會議主題為「回到未來」(Hydrogeology: Back To The Future)，透過追溯西元 2000 年前古羅馬時代的用水觀念，探討現今 21 世紀的用水需求隨全球人口數量不斷上升的問題，反思當未來面臨地下水及食物匱乏時，應須具備相關的對策與因應作為。

研討會議程主要包括 8 項議題(詳列如下)，又細分為 44 項子議題，另含 6 場次專題講座，以及近 800 篇口頭發表及海報發表論文。研討會與會人員包括產官學研各界專家學者、工程師、學生、政府代表、非政府組織代表等總計 950 人以上，詳細議程請詳見附件 1。

T1：地下水與食品健康的關聯(Groundwater, food and health)

T2：地下水資源之永續利用(Sustainable use of groundwater)

T3：地下水流場特性行為(Groundwater flow systems behaviour)

T4：都市型地下水污染(Urban and contaminant hydrogeology)

T5：綜觀地下水與地面水(Ground/surface water: an integrated view)

T6：地下水之治理與政策(Groundwater governance and policy)

T7：沿海地下水管理對策(Groundwater management in coastal areas)

T8：水文地質的新工具及新領域(New tools and new frontiers)

本次研討會中，本署發表 1 篇海報論文「臺灣地下水新興污染物之流布(Occurrence of groundwater emerging contaminants in Taiwan)」，內容係關於我國地下水新興污染物調查及污染物新增列管篩選原則之建立，而參加本次研討會可達下列效益：

- (一) 藉由會議期間專題研討新興污染物調查成果與現況之契機，瞭解國際間調查發展之趨勢，並宣揚我國施政理念及推動經驗。
- (二) 掌握各國對於新興污染物調查及地下水污染管理之最新概況，強化國內進行相關調查之技術與工作能力，作為國內後續研擬地下水資源管理政策、健全完備法規制度、強化行政管理體系之參考。
- (三) 透過本次研討會參與，建立我國與國外地下水相關研究單位或非政府組織定期資訊交流管道，以提升國內發展新興污染物調查及地下水污染管理工作之面向，符應世界潮流。

二、過程

(一) 研討會

本次「第 42 屆國際水文地質協會年會－回到未來(42nd IAH International Congress, AQUA2015, hydrogeology: back to the future)」國際研討會係由國際水文地質協會(The International Association of Hydrogeologists, IAH)主辦，並由歐洲數個顧問公司及學術單位贊助辦理。本研討會於義大利羅馬舉行，會議時間為 104 年 9 月 14 日至 18 日，除特定時段之 6 場專題講座外，於各間會議室進行不同議題之成果發表，總計 8 項議題，又細分為 44 項子議題，中午及傍晚時段則有不同議題之電子海報發表及專人講解。依據議題類別及本署推動業務需求，本次參與行程如表 1 所示，研討會現場相關照片如圖 1 所示。以下依參與之各項議程進行重點說明，詳細摘要及發表資料內容請詳見附件 2，參展廠商相關資料及文宣品如附件 3，參展廠商簡介如表 2 所示。

1. 「都市型地下水污染(T4)」－「地下水整治：抽出處理與現地整治間永不停息之衝突(Groundwater remediation: the never ending conflict between pump&treat and in situ treatment)」

本議題主要講述現地整治成效深受水文地質影響，如地表下平流方向之紊亂(Chaotic advection)，會影響注入藥劑與污染物之混合，進而影響整治成效；高含量黏土及高含量鐵鋁（氫）氧化物之土壤，難以用化學氧化法進行污染整治；因缺乏現地且可信的傳輸參數，污染物於地表水實際之傳輸與擴散行為較難預測，此往往是影響整治成功與否之關鍵因素。有鑑於此，各國嘗試利用各種現地試驗、示蹤劑、模式、分析儀器等，增加現地參數的可信度及污染物傳輸之掌握度，另也有國家綜合評估整治技術、污染改善效率、含水層型態、成本等，發展整治技術決策工具，使整治工法具環境永續性及經濟效益。

2. 「都市型地下水污染(T4)」－「地下水新興污染物之來源、流布及宿命(Emerging organic contaminants in groundwater: sources, occurrence and fate)」

近年來科技日新月異，產業結構變化幅度顯著，化學品日趨多元且複雜，加上檢測技術日益進步，地下水中也陸續發現未列管之新興污染物，新興污染物議題已漸受國際間關注，本議題主要講述各國新興污染物調查成果、污染源追蹤、宿命研究與傳輸模擬等，各研究重點摘錄如下。

- (1) 本篇研究針對義大利地下水及地表水進行 161 種新興污染物及 137 種農藥之流布調查，主要集中於義大利北部及中部，調查結果顯示，義大利之地表水及地下水以農藥污染最為普遍（濃度達 10^5 ng/L）；工業用化學品次之（濃度達 10^6 ng/L），如界面活性劑、清潔劑及含氯溶劑等；其次是個人藥品類等。此為義大利首次辦理之新興污染物調查，地表水及地下水已明顯檢出數種新興污染物及農藥，而目前義大利南部之調查數據有限。此外，歐盟為保護境內之環境水體，迄今已列有 45 項優先污染物名單，均屬已明確對人體及生態具負面影響之物質，其類別包含農藥、溶劑、芳香族碳氫化合物及消毒副產物等。
- (2) 微量有機污染物已大量運用在農業生產、工業製程、人體及動物健康等。自西元 2002 年起，英國陸續針對地下水進行微量有機污染物之調查，近期，已全面辦理較大規模之調查與評估，調查數量已逾 800 種有機污染物，並釐清其與土地利用、含水層型態等關聯。地下水調查結果顯示，前 30 項檢出濃度最高之污染物中，其中 11 項屬含氯有機溶劑；而前 30 項檢出頻率最高之污染物中，以農藥及多環芳香族化合物為主，如咖啡因、敵避(DEET)等。相較於地表水，因物化反應、生物衰減等作用，地下水品質受到一定程度的保護，然於地下水中仍檢出許多微量有機污染物。

- (3) 非洲尚比亞(Zambia)號稱是地球上污染最嚴重的城市之一，本篇發表內容係關於尚比亞枯豐水期地下水逾 1,000 種之有機污染物調查成果與濃度變化趨勢(類別包含農藥及藥物類等)，為非洲地下水新興污染物調查之首例。調查結果顯示，地下水普遍檢出敵避(DEET)，濃度高達 1.8 $\mu\text{g/L}$ ，與其他各國地下水調查成果相較下濃度偏高，且於各種土地利用型態之地下水檢出率多達 75%以上；而藥物類檢出情形較少，原因可能為於發展中國家藥物類取得途徑及經濟能力受限。目前，非洲之廢污水多未經處理即直接排放，導致環境中明顯存在數種新興污染物，然因公共建設資源有限及快速城市化的狀況下，當地政府難以設立相關基礎設施以改善及防治污染。
- (4) 磺胺類物質(Sulfonamide)普遍應用於動物飼養時抑制細菌生長之藥劑，與其轉化物均屬非極性、疏水性物質，因使用量大，且經由動物排洩等途徑，於土壤及地下水中可檢出磺胺類物質，另也可檢出溶解性有機物質。磺胺類物質於土壤及地下水中之移動行為受膠體顆粒影響，可能傳輸機制包含(a)磺胺類物質間之競爭吸附、(b)磺胺類物質與膠體顆粒間之競爭吸附、(c)磺胺類物質吸附至具移動性膠體顆粒並一同移動、(d)磺胺類物質吸附至不具移動性之膠體顆粒等，因此，藉由溶解性有機物質形成之膠體顆粒，因其之存在與特性，可作為預測磺胺類物質移動與入滲之指標。爰此，本篇研究即利用管柱試驗，研析土壤中溶解性有機質對磺胺類物質傳輸之影響，初步研究成果顯示，磺胺類物質對顆粒具強吸附性，但高濃度溶解性有機物質存在時，其移動速率與貫穿濃度增加。
- (5) 因檢測技術進步，環境水體中已陸續發現微量有機污染物，且依據現場調查成果證實，微量有機污染物之自然衰減受環境因子影響，如氧化還原條件，而為評估污染物排放至承受水體後進而入滲至地下水，再抽至淨水處理過程中之宿命，本篇研究選定 35 種藥物類與工業用物質，利用三種試驗分別模擬污染物

入滲、含水層中流動及淨水處理時之衰減情形。研究成果發現，以安替比林(Phenazone)為例，於無氧條件下不會衰減，於氧氣存在下，如於地表水中，安替比林之半衰期時間推算約 3 小時，入滲至地下水中後，半衰期約 12 小時；於淨水處理之曝氣槽中，對無氧之地下水進行曝氣，可增加數種微量有機污染物之去除效率，惟與文獻相較，本篇研究之去除率較低。

- (6) 近年來，國際間逐漸議題包括，內分泌干擾物質所導致環境之衝擊，此類物質於低劑量時即可對人體或生物造成負面影響，如雙酚 A 及雌激素類物質，然於樣品前處理及分析時往往耗時、成本昂貴，且須耗用大量溶劑。因此，發展具可信度且成本低之檢測方法便相當重要。分散式液-液微萃取法(Dispersive liquid liquid microextraction, DLLME)為一微量樣品前處理技術，係直接將三種成分之衍生劑注入一定體積之樣品，可迅速達平衡態以減短萃取時間，搭配後端氣相層析質譜儀，已被國際醫藥法規協合會(International Conference on Harmonization, ICH)推薦，且於美國與歐洲部分公開指引中列為內分泌干擾物質之檢驗方法。本研究即利用此快速且較低成本之現地衍生方法，優化其條件，並於葡萄牙測試分析 21 種不同水體樣品之雙酚 A、雌激素類物質，如應用於地下水、海水、河水、自來水等，均具極佳之敏感度、精確性及準確性。
- (7) 本篇研究發表於西班牙南部瓜達洛塞河(Guadalhorce river)調查不同河段地下水含水層中 14 種藥物類之分布、污染源及與水文地質化學參數之關聯性。地下水中以布洛芬檢出濃度較高（數百 ng/L），檢出的藥物類濃度、種類與污染源之型態、數量、距離相關，搭配氫、氧、硫穩定同位素分析，地下水中檢出較高濃度的布洛芬、甲芬那酸及咖啡因之區域，與廢污水之排放、引灌（未）處理污水具高直接相關性；而磺胺二甲嘧啶、甲氧苄啶主要作為動物之抗菌劑、抗腸道寄生蟲之藥物，地下水檢出與畜牧場、動物化糞塘具直接相關。該研究針對地下水藥物

類問題也提出幾項建議，包含評估廢水處理採用高級處理設施之可行性、增加廢水處理之停留時間、研析人工濕地或微生物分解藥物類之應用、法規管制及限制經處理之廢污水之使用等。

3. 「水文地質的新工具及新領域(T8)」－「示蹤劑及同位素之應用(Tracer and isotope hydrology)」、「地下水分子生物工具、特定同位素及奈米科技之研究(Molecular biology tools, compound-specific isotopes and nanotechnology in groundwater studies)」、「地下水監測之新工具與策略(New strategies and tools in groundwater monitoring)」；「都市型地下水污染」－「複雜場址污染源追查及污染管理之挑戰(The challenges of source apportionment and managing contamination at complex field sites)」

環境污染事件常因缺乏科學性證據，無法有效追查出污染源及污染行為人，導致公權力難以伸張、不肖業者行徑囂張、污染事件頻傳，而若場址遭受複合污染物污染，加上水文地質之異質性，污染源與污染範圍、污染物降解途徑等難以確定，後端污染整治工法不易選擇，整治成效也難以掌握。爰此，近年來，各國多已利用示蹤劑或同位素釐清污染來源、追查污染行為人、確認污染物降解途徑、降解情形及整治成效，並以分子生物技術輔助調查。本次研討會發表論文中，多已結合多種同位素或其他特徵同位素，可有效釐清現階段複雜污染場址之調查瓶頸，以下簡述本次研討會上發表之應用案例。

- (1) 某場址利用 $d^{13}C/d^{37}Cl$ 、 $d^{13}C/d^2H$ 追蹤與辨識地下水氯苯、苯兩個不同污染來源，釐清其自然衰解途徑為好氧生物分解，並輔以分子生物技術掌握好氧分解菌之優勢物種。此外，也藉由同位素得知，苯為洩漏污染物而非氯苯之降解產物。
- (2) 地下水中之 1,1,1-三氯乙烷可經由不同生物或非生物途徑降解，為確認其降解途徑及較具毒性之代謝產物產生可能性，故利用 $d^{13}C/d^{37}Cl$ 得知水解與脫鹵化氫反應(Dehydrohalogenation)

為某場址地下水 1,1,1-三氯乙烷之主要降解途徑，也釐清 1,1-二氯乙烯（約 10 mg/L）主要源自 1,1,1-三氯乙烷之降解。

- (3) 含氯有機溶劑因不當使用與廢棄，且其具高密度與低移動性，會經由未飽和含水層移動及累積至低滲透性之阻水層，並可能成為長期潛在污染源，本篇研究利用碳、氯同位素釐清，在較還原態之阻水層中，除擴散作用外，含氯有機溶劑之（生物）降解情形。因擴散作用與（生物）降解導致之同位素分化程度不同，研究成果顯示，阻水層中三氯乙烯之碳同位素有大幅度改變(20 ‰)，搭配數值模式確認為（生物）降解作用所致，並藉以推估（生物）降解速率。
- (4) 有機磷農藥可經由水解、生物分解、直接或間接光解而濃度降低，然其於環境中之持久性與累積性，常於土壤中檢出，本篇研究即分析 40 種有機磷農藥之 4 種穩定同位素（氫、碳、氧、氮），依該研究現階段初步成果，已建立不同有機磷農藥於不同 pH 值水解下之 ^2H 、 ^{13}C 相關性。位於丹麥，有一污染較為嚴重之場址，受到 100 噸以上有毒化學物質污染，且以有機磷農藥為主要污染物，現正藉以同位素方式評估其降解途徑與污染源。
- (5) 苯 (benzene)、甲苯 (toluene)、乙苯 (ethylbenzene) 及二甲苯 (xylenes)，前述 4 項物質合稱 BTEX（下稱 BTEX）。硫酸鹽還原為地下水中有機污染物厭氧分解之重要反應，BTEX 污染團與地下水水位之交界面會形成一氧化還原條件變動區域，因氧化還原條件之變動，會導致濃度與微生物族群變化不易解釋。本篇研究結合硫中間產物分析、微生物族群分析、硫同位素分析等技術，可知硫酸鹽之 $\delta^{34}\text{S}$ 值增加，伴隨著苯濃度減少即為污染團上方於硫酸鹽還原條件下 BTEX 氧化之證據，而相同深度下，硫酸鹽之 $\delta^{18}\text{O}$ 值顯示係由 70% 之還原態硫再氧化成硫酸鹽。污染團邊緣之硫中間產物濃度為其他深度之兩倍，由此可反映地下水水位附近劇烈之氧化還原反應。本研究利用微生物

族群及硫同位素分析，可進一步瞭解環境中之硫循環，於整治階段，亦須考量污染物降解與硫中間產物循環之關聯。

- (6) 愛爾蘭約有 16 萬 2,000 戶家庭以地下水為主要供水來源，然經採樣與分析，30 % 之水井其地下水受糞便指標微生物污染，主要污染來源為生活污水處理系統，尤其是化糞池。愛爾蘭約有 43 萬 8,000 處之生活污水處理系統，然因糞便指標微生物不具專一性，無法區分人類或動物排泄物。故本研究利用多種指紋技術去追蹤地下水污染來源，以及受生活污水與農業之污染程度，前述技術包含使用螢光物質、糞便固醇、陰離子比例、大腸桿菌噬菌體及雙歧桿菌等應用。本研究主要針對兩處地下水易受污染物及兩處地下水不易受污染之區域，進行總計 216 口水井調查，現階段完成調查之 165 口水井中，約有 8 成水井檢出含有大腸桿菌群，愛爾蘭後續將針對各項技術評估，比較其污染源判釋成果。
- (7) 義大利某受海水入侵影響之工業區污染場址，其污染整治技術主要為抽出處理，並另利用水平流阻隔(Horizontal flow barrier)防止污染團往海岸移動，以及結合水力阻隔(Hydraulic barrier)以增加污染物侷限及整治之效益，因地下水流向受此整治技術影響。故本研究利用 ^{18}O 、 ^2H 穩定同位素評估地下水來源與海水入侵強度，以氡評估地下水停留時間，藉以確認污染物侷限與整治之成效及對海岸區域潛在影響。研究成果顯示，地下水之年代多較年輕，尤其是淺層地下水，且與補注水年代相近，而海岸區域地下水之年代較久；水平流阻隔與水力阻隔下游，淺層地下水受補注水影響，而較深層之地下水，其年代較久，即與海水入侵有關；而以同位素分析結果，可區別出三種地下水特徵類別，包含補注水、海水及兩者之混合。
- (8) 位於加拿大之基拉尼省立公園(Killarney Provincial Park)為一露營地區，因人潮眾多，污水負荷量大(約 25,000 L/day)，故於

下游監測其地下水營養鹽，並利用同位素及分子生物技術評估源自化糞池之污染團其氮類濃度削減情形，以及地下水中硝化、脫硝及無氧氨氧化等反應是否發生。調查成果顯示，鄰近污染源之地下水氮類濃度較高(57.5 mg/L N-NO₃⁻, 40.5 mg/L N-NH₄⁺)，污染團末端之氮類濃度較低(<1 mg/L for N-NO₃⁻ and N-NH₄⁺)，氮同位素分析結果顯示該污染區域各氮類轉化、削減反應發生，如未飽和層與淺層污染團，其硝酸鹽氮濃度高，反映硝化反應發生；若隨著污染團移動，脫硝反應進行，硝酸鹽氮濃度則降低，利用微生物族群分析(DNA-based analysis)及 $\delta^{15}\text{N-NH}_4^+$ 值分析結果，顯示無氧氨氧化作用可能會影響氮類的削減機制。

4. 「都市型地下水污染(T4)」—「非點源污染源對地下水之影響(Impacts of non- point contamination sources on groundwater)」

(1) 義大利亞得里亞海中岸(central-Adriatic Italy)地下水中普遍存在硼，本篇研究針對各類含水層之土壤及地下水樣品之化學分析結果，如碳酸鹽含水層、沖積扇含水層、山間盆地，進行水化學及統計分析，歸納出地下水硼僅於亞得里亞海之沖積扇含水層中檢出。先前文獻曾指出硼、氯間之相關性可反映地下水硼污染受鹽化影響，本研究進一步利用硼、鋇同位素分析， $\delta^{11}\text{B}$ 值最高為 40.5 ‰時，硼濃度也為最高值，應為地下水鹽化所致，而 $\delta^{11}\text{B}$ 值之變動應為淺層地下水與深層鹽化地下水之混合；然部分礦化地下水（氯化鈉相）中也檢出高濃度硼。綜前所述，地下水硼屬自然因素所致，與水中氯化鈉含量相關，而非人為污染。

(2) 本篇研究中，加拿大 12 處化糞池場址，於其廢水及鄰近地下水中檢出安賽蜜(Acesulfame)，安賽蜜為人工甜味劑，存在於人體中不易被吸收與代謝。12 處場址地下水無機氮與安賽蜜之比值介於 680~3,500，其中 5 處該比值降低即顯示氮濃度衰減。因此，

無機氮與安賽蜜之比值於加拿大用來評估地下水氮類污染情形，如某農業區之地下水安賽蜜濃度低($<0.008\sim 0.15\ \mu\text{g/L}$)，代表廢水硝酸鹽氮貢獻量小於 1 %；某鄰近具化糞池之農業區，地下水安賽蜜濃度偏高($0.06\sim 0.14\ \mu\text{g/L}$)，顯示廢水硝酸鹽氮貢獻量佔 2~15 %；城鎮中地下水安賽蜜濃度較高($0.2\sim 11\ \mu\text{g/L}$)，顯示廢水硝酸鹽氮貢獻量 $>50\%$ 。爰此，安賽蜜可作為地下水污染之追蹤劑，可評估地下水中，廢水所導致之污染貢獻量。

- (3) 葡萄牙南部因農業行為及大量抽用地下水，導致地下水鹽化及硝酸鹽氮污染，污染情形最嚴重區域為西亞法莫撒潟湖(Ria Formosa lagoon)西半部之含水層，該處因與其他含水層連通，地下水洩降量不明顯，然地下水中硝酸鹽氮濃度持續增加。本研究指出 50 公尺內含水層地下水長期具硝酸鹽氮污染，與地表農作施肥量失衡及灌排迴歸水有關，相關文獻業已利用氮同位素證實有關連，本研究也利用模式模擬，即使實施歐盟良好農業規範(Good agricultural practices, GAP)及理想情境下，上層含水層受補注量低、用水量高及含水層不完全混合等影響，故地下水硝酸鹽氮濃度於短期內難以改善。

表 1 本次參與之研討會行程

日期	工作內容概要
9 月 12 日	啟程臺北－羅馬
9 月 13 日	研討會註冊報到
9 月 14 日	<p>參加第 42 屆國際水文地質協會年會</p> <p>(1) 「都市型地下水污染」： 「地下水整治：抽出處理與現地整治間永不停息之衝突 (Groundwater remediation: the never ending conflict between pump&treat and in situ treatment)」</p> <p>(2) 「都市型地下水污染」： 「地下水新興污染物之來源、流布及宿命(Emerging organic contaminants in groundwater: sources, occurrence and fate)」</p>
9 月 15 日	<p>參加第 42 屆國際水文地質協會年會</p> <p>(1) 「都市型地下水污染」： 「非點源污染源對地下水之影響(Impacts of non- point contamination sources on groundwater)」</p> <p>(2) 「水文地質的新工具及新領域」： 「示蹤劑及同位素之應用(Tracer and isotope hydrology)」</p>
9 月 16 日	—
9 月 17 日	<p>參加第 42 屆國際水文地質協會年會</p> <p>(1) 「水文地質的新工具及新領域」： 「地下水分子生物工具、特定同位素及奈米科技之研究 (Molecular biology tools, compound-specific isotopes and nanotechnology in groundwater studies)」</p> <p>(2) 「都市型地下水污染」： 「複雜場址污染源追查及污染管理之挑戰(The challenges of source apportionment and managing contamination at complex field sites)」</p> <p>(3) 本署電子海報「臺灣地下水新興污染物之流布(Occurrence of groundwater emerging contaminants in Taiwan)」</p>
9 月 18 日	<p>參加第 42 屆國際水文地質協會年會</p> <p>(1) 「水文地質的新工具及新領域」： 「示蹤劑及同位素之應用(Tracer and isotope hydrology)」</p> <p>(2) 「水文地質的新工具及新領域」： 「地下水分子生物工具、特定同位素及奈米科技之研究 (Molecular biology tools, compound-specific isotopes and nanotechnology in groundwater studies)」</p> <p>(3) 「水文地質的新工具及新領域」： 「地下水監測之新工具與策略(New strategies and tools in groundwater monitoring)」</p>
9 月 19 日	返程羅馬－臺北
9 月 20 日	返程羅馬－臺北



研討會開幕



研討會開幕



研討會會場



研討會會場



專題講座



專題講座

圖 1 研討會相關照



口頭發表



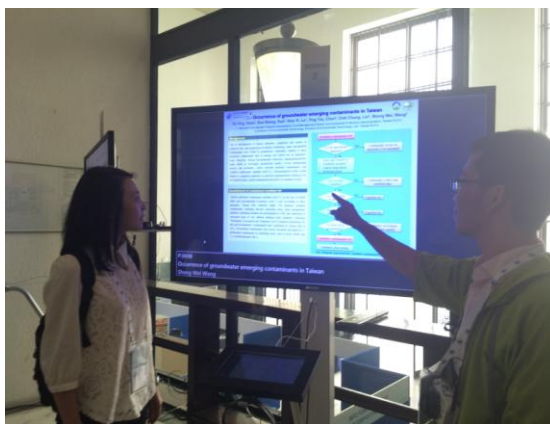
口頭發表



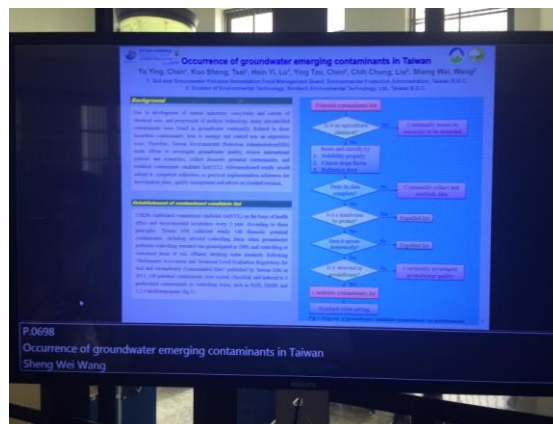
海報發表



海報發表



本署電子海報答詢說明



本署發表電子海報輪播

圖 1 研討會相關照片 (續)

表 2 本次參展廠商簡介

廠商	服務範疇
STS global. sensor. excellence	販售溫度、導電度、pH 等水質感測器、壓力感測器、液位感測器等。
I GIS	廠商展示 GeoDScene3 軟體，可視覺化、解釋、編輯大量地質、鑽孔及地物探測等資料，並以地圖、剖面及 3D 方式展現。
Thermo Fisher Scientific	販售高端分析儀器、軟體、服務、耗材和試劑，如穩定同位素比值質譜儀、感應耦合電漿放射光譜儀等。
Sogin	於西元 1999 年成立，負責義大利核能廠除役、拆解、原廠址環境恢復、核廢料處置，及工業、醫療研究所產生之放射性廢料管理，包含匯集、處理、安定化、暫存等，並負責儲放處置場之選址、設計、建造、營運，以確保人民安全、保護環境與後代生活。
ANIPA	專長於水文地質、鑽井、生產鑽井所需設備、工具與材料之公司。
Corr-Tek	負責銷售、安裝、出租科學儀器進行水質監測，並提供技術支援，包含水位監測、溫度、鹽度、溶氧、濁度、氯鹽、氮類等連續監測。
KIGAM	韓國地質資源研究院屬政府部門，分為 9 個部門，使命為於地質科學領域進行詳細之研究與服務，貢獻於國家發展。主要研究領域包含能源與礦產資源開發、地質災害、氣候變遷等，為一獨立的科研機構，經費來自政府。

(二) 本署海報發表

本次研討會中，本署發表 1 篇海報論文「臺灣地下水新興污染物之流布(Occurrence of groundwater emerging contaminants in Taiwan)」，內容主要關於我國地下水新興污染物調查成果及污染物新增列管篩選原則之建立，內容概述如下，海報如圖 2 所示。

1. 因應國內新興產業崛起，使用之化學品多元且複雜，加上檢測技術日益進步，地下水中也陸續發現未列管之污染物，對於此類可能具潛在健康危害及環境衝擊之污染物，應如何辦理調查、監測與管理、掌握其環境流布及傳輸機制、選取優先新增列管項目及研訂標準值等相關工作，實為刻不容緩之問題。爰此，本署除針對新興產業辦理地下水未列管項目之流布調查，並參考國內外相關法令及研究報告，彙整國內地下水潛在列管污染物名單及研訂污染物新增列管篩選原則，以期篩選優先新增列管污染物候選名單，作為後續地下水污染監測及管制標準修正之決策參考，提供關切污染物相關補充調查及污染潛勢分布之規劃建議。
2. 完成污染物新增列管篩選原則之建立，其主要係參考美國污染物候選清單(CCL)，綜合考量污染物之健康危害與環境流布之研訂精神，本署首先彙整國內潛在列管污染物名單，總計 148 項污染物。
3. 近年來隨著經濟快速發展，產業結構已顯著變化，自 100 年起本署針對運作或製程可能產生之新興污染物事業，分階段辦理地下水污染潛勢調查，部分工廠內鄰近貯槽或製程區之監測井地下水中檢出銻、鉬、鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯或雙酚 A，濃度達 $10^{-2} \sim 10^{-1}$ mg/L，實有必要主動釐清可能污染來源，進行污染改善與預防，故本署於 102 年就地下水污染管制標準增列管銻、鉬兩項，其餘項目將持續評估地下水污染管制標準新增列管之必要性。

Occurrence of groundwater emerging contaminants in Taiwan

Yu Ying, Chen¹, Kuo Sheng, Tsai¹, Hsin Yi, Lu¹, Ying Tzu, Chen², Chih Chung, Liu², Sheng Wei, Wang²

1: Soil and Groundwater Pollution Remediation Fund Management Board, Environmental Protection Administration, Taiwan R.O.C.
 2: Division of Environmental Technology, Sinotech Environmental Technology, Ltd., Taiwan R.O.C.

Background

Due to development of sunrise industries, complexity and variety of chemical uses, and progression of analysis technology, many uncontrolled contaminants were found in groundwater continually. Related to these hazardous contaminants, how to manage and control was an imperative issue. Therefore, Taiwan Environmental Protection Administration (EPA) made efforts to investigate groundwater quality, review international policies and researches, collect domestic potential contaminants, and establish contaminant candidate list (CCL). Aforementioned results would submit to competent authorities as practical implementation references for investigation plans, quality management and advice on standard revision.

Establishment of contaminant candidate list

USEPA established contaminant candidate list (CCL) on the basis of health effect and environmental occurrence every 5 year. According to these principles, Taiwan EPA collected totally 148 domestic potential contaminants, including advised controlling items when groundwater pollution controlling standard was promulgated in 2000, and controlling or concerned items of soil, effluent, drinking water standards. Following "Preliminary Assessment and Treatment Level Evaluation Regulations for Soil and Groundwater Contaminated Sites" published by Taiwan EPA in 2013, 148 potential contaminants were scored, classified, and induced to 3 preferential contaminants as controlling items, such as RDX, DEHP, and 1,2,3-trichloropropane (fig 1).

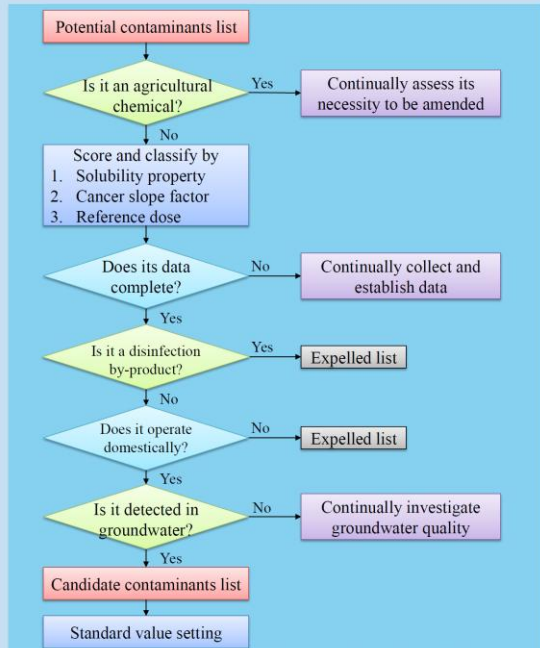


Fig 1 Diagram of groundwater candidate contaminants list establishment

Occurrence of groundwater emerging contaminants in Taiwan

Yu Ying, Chen¹, Kuo Sheng, Tsai¹, Hsin Yi, Lu¹, Ying Tzu, Chen², Chih Chung, Liu², Sheng Wei, Wang²

1: Soil and Groundwater Pollution Remediation Fund Management Board, Environmental Protection Administration, Taiwan R.O.C.
 2: Division of Environmental Technology, Sinotech Environmental Technology, Ltd., Taiwan R.O.C.

Assessment of contamination potential of sunrise industries

Recently, with rapid economic development, industrial structure significantly changed. Since 2011, Taiwan EPA had investigated groundwater contamination potential of industries which were government supporting or operating emerging contaminants (fig 2). As shown in figure 3, near factories, industrial and scientific parks, especially close to storage and manufacturing areas, indium, molybdenum, bis(2-ethylhexyl) phthalate and bisphenol A concentration of groundwater were up to 10^{-2} - 10^{-1} mg/L. It was necessary to verify "hot spot" and improve immediately. Hence indium and molybdenum were amended as the items of the groundwater pollution monitoring/controlling standards in 2013, other contaminants would assess necessity for control continuously.

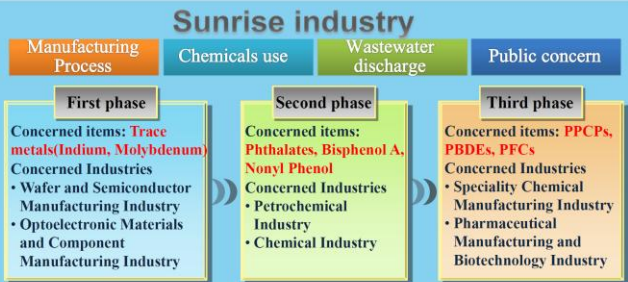


Fig 2 Investigation priority of sunrise industries and concerned contaminants in groundwater

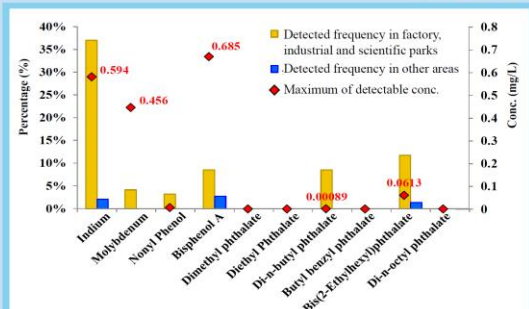


Fig 3 Detected frequency and concentration of concerned contaminants



Future perspective of groundwater pollution control

圖 2 本署發表之電子海報

(三) 阿都拉西斯親王國際水源獎

本次研討會上，大會特別介紹阿都拉西斯親王國際水源獎(Prince Sultan Bin Abdulaziz International Prize for Water)，該國際水源獎直屬沙國皇室，是沙烏地阿拉伯為維護水資源與乾旱環境而設（詳如附件 4）。自西元 2002 年成立以來每兩年頒獎一次，主要為獎勵科學家、發明家及研究機構等於世界各地對於飲用水永續供應、減緩水資源短缺等全球性問題所付出之貢獻與努力。該國際水源獎目前設有五個獎項，分別為創造力獎(Creativity Prize)、地表水資源獎(Surface Water Prize)、地下水資源獎(Groundwater Prize)、替代性水資源獎(Alternative Water Resources Prize)及水資源管理及維護獎(Water Management & Protection Prize)，為堅持各獎項寧缺勿濫，常有從缺現象。

前述創造力獎為獎勵對於水資源領域，有突破性科學工作之革新者或先驅者，僅接受提名，由院校、研究機構、公司等提名個人或研究團隊，獎金為 26 萬 6,000 元美金；其餘專門獎項為自我推薦，獎金為 13 萬 3,000 元美金，前述獎項涵蓋議題如表 2 所示。西元 2016 年將召開第 7 屆國際水源獎頒獎儀式，獎項提名期限截至 2015 年 12 月 31 日止。

表 3 阿都拉西斯親王國際水源獎各獎項領域概要

獎項	涵蓋領域	
創造力獎	於水資源領域具前瞻性及創新性科學成果，須提供對社會有益的解決方案，可促進發展及提高生活水平，並具實用性、環境友善性及成本效益。	
地表水資源獎	<ul style="list-style-type: none"> ■ 集水 ■ 雨水&逕流模擬 ■ 全球暖化對降雨之影響 ■ 洪災緩和與控制 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 蒸發&蒸散 ■ 地表水系統之沉澱作用 ■ 其他
地下水資源獎	<ul style="list-style-type: none"> ■ 地下水補給 ■ 地下水勘查與評估 ■ 地下水污染 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 含水層特性 ■ 抽水試驗 ■ 其他
替代性水資源獎	<ul style="list-style-type: none"> ■ 海水淡化 ■ 廢污水處理 ■ 水回收&淨化&循環利用 ■ 水生產創新方法 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 人工降雨 ■ 霧&露水 ■ 其他
水資源管理及維護獎	<ul style="list-style-type: none"> ■ 水資源整合管理 ■ 水資源保存 ■ 水資源需求管理 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 水污染防治 ■ 水資源永續性 ■ 其他

三、心得與建議

(一) 心得

本次參與第 42 屆國際水文地質協會年會，主要關切議題之一為新興污染物，因各類產業使用之化學品多元且複雜，加上檢測技術逐漸進步，地下水中已陸續發現未列管之污染物，各國均已積極辦理地下水數百至數千種新興污染物調查，也針對既定污染事實，進行污染源追蹤、宿命研究與傳輸模擬等工作。而各國環境水體中，檢出頻繁之污染物大多為工業用化學品、藥物類及農藥，我國除農藥未有完整性調查外，近年來，本署已針對其餘新興污染物逐漸完備地下水調查數據。

而國內現階段污染場址調查及整治工作可能遭遇之瓶頸，多為污染源與污染範圍難以追蹤，污染物降解途徑與整治成效不易掌握等因素，隨著調查技術不斷進步，目前各國多已結合多種同位素或其他特徵同位素，並輔以分子生物工具等技術，有助於釐清複雜污染場址之污染現況，以及評估污染物降解與整治效益，國內已著手建立相關技術，並進行污染場址實場驗證，仍待技術純熟及背景資料充足以廣泛應用。

此外，本次研討會中，本署發表 1 篇海報論文「臺灣地下水新興污染物之流布 (Occurrence of groundwater emerging contaminants in Taiwan)」，內容係關於我國地下水新興污染物調查及污染物新增列管篩選原則之建立，藉由與國外學者之雙向交流，宣揚我國地下水新興污染物調查現況及管理策略。

綜前所述，藉由本次研討會參與，已掌握國際間之水資源調查及管理進展，並吸取現場調查技術工具之實場應用經驗，可供我國在污染物管理、調查或法規完善之參考。

（二） 建議

1. 地表水及地下水中新興污染物之流布現況已開始受到國際間關注，建議國內應持續關切地下水新興污染物議題，精進檢測分析技術，普查與追蹤地下水檢出情形及釐清污染源。此外，我國以農立國，農藥使用量大且頻繁，先進國家已重視農藥於環境中存在之問題，建議應規劃完善之調查，掌握國內環境農藥污染現況，跨單位研商法規競合與協調污染管理，並應擬訂源頭管理及地下水污染管理策略。
2. 多年來，本署追查全國土壤及地下水污染場址，針對現階段遭遇之污染物來源不明或污染責任釐清等問題，建議可持續蒐集國內外相關研究報告與技術發展，建立國內污染辨識技術與指紋資料庫，並實際應用於國內污染源追查、污染改善等，以加強對污染場址之掌握程度及污染改善成效。
3. 我國地下水資源管理工作已逐步累積成果，建議未來可積極參與相關國際研討會及成果發表，以立足先機及增加能見度，掌握各國地下水領域研究進展與新課題，並汲取各國先進國家創新技術與工作經驗，建立國際良好合作關係，作為國內後續研擬地下水資源管理之參考，以期達地下水資源永續利用。

