

出國報告（出國類別：開會）

**參加「美國 2023 年地下水週(2023
Groundwater week)研討會」**

服務機關：環境部環境管理署

姓名職稱：陳俞穎特約環境技術師

出國地點：美國內華達州拉斯維加斯

出國期間：112 年 12 月 03 日至 112 年 12 月 11 日

報告日期：113 年 01 月 26 日

摘要

本次出國行程係參加由國家地下水協會(National Ground Water Association, NGWA)於美國內華達州拉斯維加斯舉辦之「2023 年地下水週(2023 Groundwater week)」，本次研討會以「地下水」作為主軸，討論科學研究和實際應用，分為工作坊演講及科學與工程論壇（含口頭發表及海報展示），並邀請近 300 家廠商辦理展覽。會議主題包括地下水監測、調查、整治、模式應用、品質管理、資源永續及監測井相關技術與應用等議題；廠商展覽包括鑽機、鑽井配件及設備、管/套管及篩網、泵、閥件及水位量測等商品。

近年全氟/多氟烷基物質(Per/Poly fluoroalkyl substances, PFAS)為國際間高度關注之物質，我國也已因應國際趨勢將 PFAS 議題納入加強管制及相關評估作業、現況掌握及展開調查等工作，本次會議以發表論文海報「臺灣地下水全氟化合物流布調查」(Investigation on distribution of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in groundwater in Taiwan)為題，分享我國地下水全氟化物調查成果及國內推動全氟化物管理現況情形，藉由本次研討會瞭解 PFAS 國際間監管現況，應持續關注地下水 PFAS 分析方法及新穎整治技術研究發展動向。此外，本次研討會安排至胡佛水壩(Hoover Dam)參訪行程，瞭解該水壩建成後形成人工湖米德湖，利用水力發電產生再生能源，以供應鄰近 3 個州之用水，其有發電、防洪、蓄水、調節、休閒娛樂等經濟與社會效益。

目次

摘要.....	2
目次.....	3
壹、目的.....	4
貳、行程摘述.....	5
參、研討會內容.....	6
一、2023 年地下水週研討會.....	6
(一) 研討會介紹.....	6
(二) 參與會議主題.....	10
(三) 會議重點內容.....	11
(四) 展覽參觀.....	19
三、參訪胡佛水壩.....	23
肆、心得與建議事項.....	25
附件 1、2023 年地下水週研討會議程.....	26
附件 2、發表海報論文資料.....	30

壹、目的

臺灣長期以來仰賴地下水做為各標的用水來源，因此，地下水品質為國人關注之重點，為充分掌握全國地下水品質情形，2002 年起，陸續設置以監測為目的之區域性監測井，並由環環境部每年執行全面性地下水背景水質監測，目前臺灣地下水水質保護已具備完整的監測制度。然而，科技日新月異，事業生產製程之化學品數量眾多，需評估是否有潛在健康風險之虞，且因應國際趨勢及考量國內產業發展與實務需求，環境部環境管理署（下稱本署）建立蒐集國際及國內關切物質清單原則及方法，彙整各項地下水潛在污染物，建立地下水關切物質清單，歷年針對新興產業及關切物質進行地下水調查，瞭解地下水存在濃度範圍及調查產業之污染潛勢，作為地下水法規標準評估檢討之參考。多項關切物質清單中，PFAS 包含上千種化合物，其中以全氟辛酸(perfluorooctanoic acid, PFOA)、全氟辛烷磺酸(perfluorooctyl sulfonate, PFOS)為環境中廣泛存在較為典型的兩種全氟化合物。由於具難分解、生物危害等特性，近年來引起國際高度關注，且聯合國斯德哥爾摩公約已將 PFOS 及 PFOA 納入禁限用物質；因此，本署近年來逐步推動全氟化合物相關調查工作，優先針對運作含 PFAS 之光電半導體及紡織等相關產業進行地下水調查，以累積國內地下水基線資料。

本次出國行程係參加由國家地下水協會於美國內華達州拉斯維加斯舉辦之 2023 年地下水週研討會，本次研討會以「地下水」作為主軸，討論科學研究和實際應用，分成工作坊、科學與工程論壇、海報及展覽等主題/區域展示，超過 6,640 位與會者及近 300 家廠商共襄盛舉，主要參與主題包括地下水整治(Groundwater Remediation)、地下水監測(Groundwater Monitoring)、地下水數據管理(Groundwater Data Management)及地下水質安全與法規(Safety and Compliance)等，本署以「臺灣地下水全氟化合物流布調查」為題參與 1 篇論文海報發表。藉由參與本次研討會，瞭解國外對於監測井與地下水相關議題及新興污染物調查管理之最新概況，有助於掌握國際地下水環境保護趨勢與奠定未來環境調查之基礎，強化國內進行地下水相關調查及管理之精進作為，以回饋地下水保護及管理策略之業務推動，極具學習價值。

貳、行程摘述

日期	參訪行程
112.12.03	啟程，由臺灣桃園國際機場出發，(LA)洛杉磯國際機場轉機，抵達(LAS)拉斯維加斯哈里·瑞德國際機場
112.12.04	準備會議（海報）
112.12.05 ~112.12.07	1. 海報會議發表（第一天） 2. 參加研討會（論壇、工作坊） 3. 參觀展場
112.12.08	研討會舉辦之胡佛水壩參訪
112.12.09	回程，由(LAS)拉斯維加斯哈里·瑞德國際機場出發，抵達(LA)洛杉磯國際機場轉機
112.12.11	抵達臺灣桃園國際機場

參、研討會內容

本次行程主要是參加國家地下水協會(National Ground Water Association, NGWA)舉辦於美國內華達州拉斯維加斯之「2023 年地下水週(2023 Groundwater week)」研討會，並在拉斯維加斯會議中心舉辦連續 3 天會議，同時慶祝 NGWA 成立 75 年，與會者為各國的專家學者，包含學界、產業界、工程顧問、中央與地方政府代表參與，活動主題以技術實際應用為主軸，含括地下水監測、整治、管理與水井的建設、維護，以及水質系統的建置、運用等主題，此次會議舉辦方式係以實體現場分享的方式進行，另安排前往附近著名胡佛水壩參訪，茲說明本次行程重要工作內容如下：

一、2023 年地下水週研討會

(一) 研討會介紹

本次研討會以「地下水」相關議題作為主軸，討論科學研究和實際應用，分為工作坊演講及科學與工程論壇（口頭發表及海報展示），本次研討會超過 6,640 位與會者，分成 49 場工作坊、54 場科學與工程論壇及 17 篇海報展示，會場照片摘要整理如圖 1、議程如附件 1、發表海報詳見附件 2，各相關會議主題說明如下：

1. 工作坊

工作坊主要由講師指導之教育課程，重點係向與會者傳授技能與知識。本次工作坊分為 6 項子題，採用 60 分鐘演講型式辦理。

- 商業管理(Business Management)
- 鑽井作業和興建水井(Drilling Operations and Well Construction)
- 地下水永續利用(Sustainable and Available Groundwater)
- 地下水質安全與法規(Safety and Compliance)
- 井的維護和修復(Well Maintenance and Rehabilitation)
- 供水系統(Water Systems)

2. 科學與工程論壇

演講者藉由口頭發表平台，簡報分享研究或實際應用結果（展示 20 分

鐘)，每堂課 60 分鐘，以更深入地探索當前的地下水科學和技術；另有大型海報展示，係於研討會議第 1 天以海報形式呈現相關成果

- 地球物理技術與應用(Geophysical Techniques and Applications)
- 地下水知識和資源(Groundwater Awareness and Resources)
- 地下水數據管理(Groundwater Data Management)
- 地下水模式(Groundwater Modeling)
- 地下水監測(Groundwater Monitoring)
- 地下水品質和永續性(Groundwater Quality and Sustainability)
- 地下水整治(Groundwater Remediation)
- 地下水補注管理(Managed Aquifer Recharge)
- 水井技術與應用(Water Well Technology and Application)
- 其他與地下水相關主題(Anything Else Groundwater)

3. 廠商展覽

近 300 家廠商參與，區分不同商品展覽主題：

展覽主題	廠家
輔助（出版物、協會等）、鑽頭/錘子、建築設備、鑽井配件、鑽井設備、鑽井液/泥漿、岩土、雜項產品和服務、電機、泥漿泵/泥漿系統、封隔器、管道/套管、篩網、服務卡車、供應商、儲槽、水位測量	208
環境，地熱，水處理(Environmental, Geothermal, Water Treatment)	36
泵浦(Pumps)	34
閥(Valves)	4
驅動器(Drives)	1



(1) 研討會會場外觀



(2) 研討會會場接駁



(3) 電子報到櫃台



(4) 展覽會場



(5) 科學與工程論壇

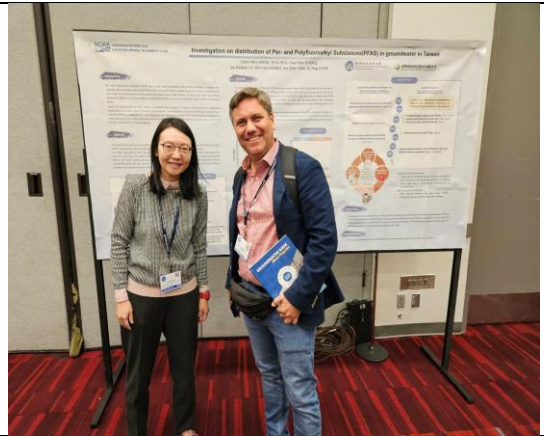


(6) 工作坊課程

圖 1、會場相關照片



(7) 海報發表區



(8) 海報展示



(9) 與 PFAS 主題講者交流



(10) 展覽廠商交流

圖 1、會場相關照片 (續)

(二) 參與會議主題

Sessions Attended		CECredit
Tue, Dec 05		
01:15 pm Emerging Contaminants in Drinking Water and Effective Treatment Technology Tools		1
08:00 am Groundwater Remediation I		1.3
09:40 am Groundwater Remediation II		1.3
02:45 pm Groundwater Remediation III		1
04:15 pm Managed Aquifer Recharge		1
Wed, Dec 06		
10:00 am Groundwater Monitoring		1.3
01:45 pm Groundwater Data Management		1.6
12:30 pm Birdsall-Dreiss Distinguished Lecture		1
Thu, Dec 07		
09:15 am Evaluating Aquifer Recharge for Generation Opportunities		1
08:00 am PFAS in Groundwater: What's Now and What's Next		1
10:30 am What Geophysical Method and Why? The Right Tool for the Right Answer: Applied Geophysics for Groundwater Projects		1
Total		12.5

日期	會議主題
112.12.05	08:00 地下水復育 I 09:40 地下水復育 II 11:00 海報發表 13:15 飲用水中新興污染物和有效的處理技術工具 14:45 地下水復育 III 16:15 含水層補注管理
112.12.06	09:00 《老鼠先生得到一口新井》簽書會 10:00 地下水監測 12:30 Birdsall-Dreiss 榮譽講座-《美國公共供應來源之地下水品質》 13:45 地下水數據管理 15:30 展廳參觀
112.12.07	08:00 地下水中PFAS：現在和下一步 09:15 評估含水層補助發電之可行性 10:30 地球物理方法應用 12:00 展廳參觀&導覽

(三) 會議重點內容

本次研討會共參與 28 場科學與工程論壇，就參與主題摘錄相關議題重點，主要為「地下水復育技術」、「新興污染物管理」、「全氟化合物相關議題」及「地下水監測及數據應用」等主題，說明如下：

1. 地下水復育技術

會議介紹多場現地污染整治技術應用之實場案例，包括現地化學還原法(In situ chemical reduction, ISCR)之透水性反應牆(permeable reactive barriers, PRBs)、過氧化鈣添加及現地土壤混拌等。其中將過氧化鈣注入至污染區域，與水反應後生成過氧化氫及氫氧化鈣，並進一步放出氧氣，透過化學及生物反應等機制降解污染物苯及氯苯，此外，注入過氧化鈣後微生物多樣性增加，顯示為微生物群落生長提供充足氧氣，有利於污染物的生物降解，且注入 pH 緩衝液可提高污染物的去除率；再者，為應對複雜的土壤及地下水污染情況，地下水污染復育採用多種技術和方法，整合複合技術或整治列車之概念評估地下水污染改善工作，最大程度的提高整治效果，而提出地下水污染整治採用零價鐵複合活性炭作為透水性反應牆反應介質，並注入氧化還原酶、營養鹽和菌劑；土壤污染則使用現地土壤混拌氧化劑（高錳酸鈉），整合多種整治技術有效降低三氯乙烯濃度及避免地下水污染擴散。

場址概念模型(Conceptual Site Model, CSM)在地下水和土壤污染整治中，扮演著至關重要的作用，可作為擬訂整治策略的輔助基礎，透過瞭解污染物之遷移途徑、受影響區域與風險區域，可以制定出最有效的整治方法，其中掌握地下水文地質特徵，為確定污染傳播途徑與影響範圍的重要基礎，會直接影響整治策略的制定和實施；然而，運作中的事業場址、地表活動的改變、地下水文地質發生變化、產生新的污染情事等條件，都將會響整治的成效，爰此，如何有效掌握場址現況與即時調整其整治設計方案則是關鍵。會議中展示具有 20 多年整治工作之兩處場址，討論 CSM 如何用於預測場址的整治軌跡，其中一處場址隨著含水層使用和水位條件的變化而不斷修改調整 CSM，相較於靜態 CSM 導致整治所遭遇之問題，動態的調整 CSM 較能反映最新的場址狀態，有助於及早發現潛在問題並優化整治策略，更有效地分配資源，根據現況調整監測和整治工作，來確保整治過程的有效性。

2. 新興污染物管理

新興污染物(Emerging Contaminants)是指已在環境中檢測到的、可能對人類健康或環境構成潛在風險，但尚未廣泛認可或監管的物質。這些污染物可能來自多種來源，包括工業排放、農業徑流、藥品、個人護理產品(PPCPs)和家用化學品，一些新出現的污染物可能存在於在環境中的時間較長，並有可能在生物體中不斷累積，雖無法充分掌握新興污染物對健康與環境影響的全部範圍，但大眾還是會憂慮其潛在之不利影響。因此，藉由逐步的評估、監測、控管，以確保公共供水系統用水品質，圖 2 為美國飲用水污染物管制流程步驟。然而，近期國際間主要關心之新興污染物多為殺蟲劑/除草劑、藥物、塑膠微粒、個人護理產品及全氟/多氟烷基物質等。

美國環境保護署 (USEPA)制定污染物候選清單(Contaminant Candidate List, CCL)是評估飲用水污染物的第一步，該清單列出已知或預期可能出現在公共飲用水系統中的污染物，未來可能需要根據「安全飲用水法」(The Safe Drinking Water Act, SDWA)進行監管，並要求每五年發布一次 CCL，自 1998 年起發布 CCL1，2021 年 11 月 14 日公佈 CCL5，包括 66 種化學物質、三個化學組（其中含全氟/多氟烷基物質(PFAS)）；再者，依據「未受規範污染物監控規則」(Unregulated Contaminant Monitoring Rule, UCMR)，並要求監測公共飲用水系統中重點未管制污染物之濃度，以評估它們的出現及潛在風險，作為特定污染物進行監管之參考依據，迄今 UCMR1~UCMR5，共計 141 項化學物質。根據相關數據評估結果，USEPA 針對飲用水質量製定標準，確定污染物的最大污染物水平(Maximum Contaminant Level, MCL)，代表公共飲用水中污染物的最大允許濃度。

執行和管理 MCL 涉及一系列行動和流程，以確保向公眾提供的飲用水符合既定的安全標準，包括監控、資料收集與分析、報告，以評估 MCL 的合規性，當發現違反 MCL 的行為時採取執法行動，公開通知、監理監督、定期檢討和修訂。其中公共通知規則 (Public Notification Rule, PNR)是 SDWA，PNR 的主要目的是確保消費者即時、準確地獲得有關其飲用水品質相關資訊，舉例而言，發生某些違反飲用水法規的情況時(水質異常、潛在健康風險等)，規定公共供水系統須即時通知消費者或其他指定方；消費者信心報告 (Consumer Confidence Reports, CCR) 規定由 SDWA 所綜整出當年度之水質報告，這些報告由社區供水系統提供，旨在讓消費者瞭解飲用水的質量，包

含有關水源檢測到的污染物、飲用水法規遵守情況、以及任何違規行為之潛在健康影響的資訊等。

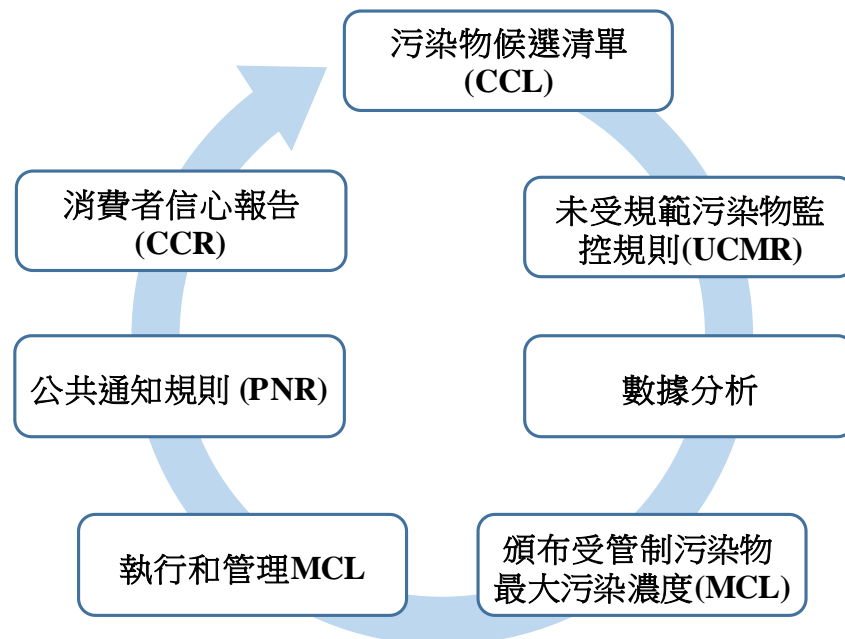


圖 2、美國飲用水污染物管制流程步驟

3. 全氟化合物相關議題

(1) 監管現況

有關地下水中全氟/多氟烷基物質議題，雖源頭逐步淘汰產品中之長鏈 PFAS，並開始使用短鏈替代品，然而針對特定短鏈 PFAS（例如：六氟環氧丙烷二聚酸(HFPO-DA or GenX)、全氟丁烷磺酸(PFBS)）宜重視其對人體健康風險影響，2022 年 5 月，USEPA 發布地下水中全氟辛酸(PFOA)和全氟辛烷磺酸(PFOS) 的區域篩選水準(Regional Screening Levels, RSL)，2023 年 3 月 USEPA 宣布針對六種特定之 PFAS：PFOS、PFOA、全氟己烷磺酸(PFHxS)、GenX 化學物質（也稱為 HFPO-DA）、PFNA 及 PFBS 擬議 NPDWR（詳表 1），將 PFOS 及 PFOA 視為個別污染物，MCL 各訂為 4 ng/L；另外其他四種 PFAS 視為化學物質混合物，建議使用危害指數計算方式來監管。

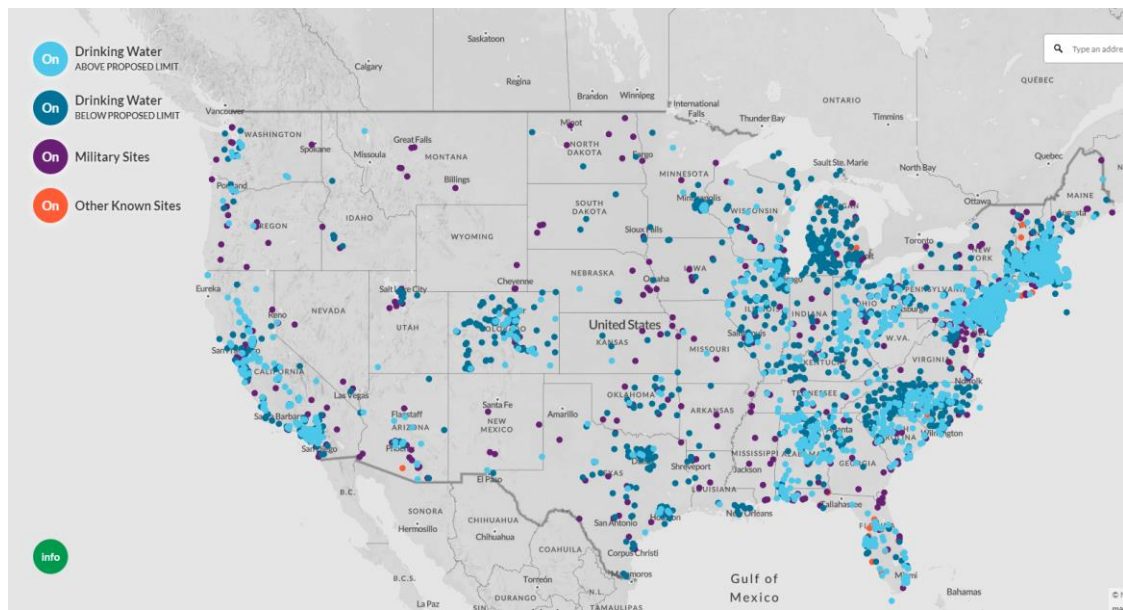
此外，於 2023 年 11 月 28 日，USEPA 根據 UCMR 5 的要求，發布第二輪公共供水系統測試資料，更新 PFAS 地圖（如圖 3 所示），記錄資料包括公共供水系統、軍事基地、機場、工業廠房和垃圾場以及消防員訓練地點及其附近 PFAS 污染。USEPA 刻正根據 UCMR5，訂於 2023 年至

2025 年間需蒐集全國各地的公共水系統資訊，包括 29 種 PFAS 基礎資訊以及對人體健康影響、處理技術、其他科學與技術等，並須持續研究，更多數據將在未來兩年內滾動發布，將評估其他 PFAS 未來是否應受到監管。

表 1、USEPA 發佈 PFAS 國家主要飲用水標準(NPDWR)草案

CAS. No.	Contaminant	MCL (mg/L) (unless otherwise noted)
(34) 45285-51-6	PFOA	0.000040.
(35) 45298-90-6	PFOS	0.000040.
(36) 108427-53-8; 122499-17-6; 72007-68-2; 45187-15-3.	Hazard Index PFAS (PFNA, HFPO-DA, PFHxS, and PFBS).	1.0 (unitless). ¹

註：¹MCL = ([GenXwater]/[10 ppt]) + ([PFBSwater]/[2000 ppt]) + ([PFNAwater]/[10 ppt]) + ([PFHxSwater]/[9.0 ppt])



資料來源：https://www.ewg.org/interactive-maps/pfas_contamination/map/

圖 3、USEPA 發布 PFAS 檢測範圍地圖

(2) 分析方法

目前存在超過 9,000 種已知的 PFAS 化合物，現行 USEPA 公布飲用水分析方法中，EPA Method 537.1 和 533，可測定 18 及 25 種化合物。EPA Draft Method 1633 的最終版本將包括測試廢水、地表水、地下水、土壤、生物固體、沉積物、垃圾掩埋場滲出液和魚類組織中九種化合物類別的 40 種 PFAS 化合物（包括直鏈和支鏈異構體），其中亦包含 UCME 5 中之 29 項。而國內參考 EPA Method 533，於 2020 年 12 月公告「水中全氟與多氟化合物檢測方法-液相層析串聯式質譜儀法(NIEA W542.51B)」，2021 年 4 月 15 日生效，適用於飲用水、飲用水水源、地下水、放流水、地面水體，

可測定 21 種目標化合物。

此外,特定 PFAS 化合物分析僅涵蓋全部 PFAS 分析物種的一小部分,未知的 PFAS 也可能存在且尚未被檢測出,因此,需要更廣泛檢測 PFAS 化合物的方法,故 USEPA 近期發布 EPA Draft Method 1621, 通過燃燒離子色譜(Combustion Ion Chromatography, CIC) 測定水體中可吸附有機氟(Adsorbable Organic Fluorine, AOF)的篩選方法,目前僅經單一實驗室驗證之篩選廢水中有機氟的方法,此方法可檢測很少天然存在的有機氟(具有碳-氟鍵的分子),其方法之優點在於可以廣泛篩選水樣本中數千種 PFAS 化合物,未來將持續推進該分析方法與多實驗室驗證之工作。

(3) 處理技術

PFAS 之整治技術,應具備可廣泛應用、可處理大量體積、具成本效益等多面向因素作為考量,於 2023 年 3 月聯邦公報第 88 卷 60 號中提及處理飲用水中 PFAS 的最佳可用技術(best available technology, BAT) (詳表 2),解決方案包括顆粒活性炭吸附、離子交換樹脂以及奈米過濾或逆滲透膜處理過程,但其再生溶液或廢棄物質可能含有高濃度的 PFAS,故需考慮後端處置方案。此外,國際間針對地下水 PFAS 分析方法及新穎整治技術研究(包含氣泡分餾濃縮 PFAS、熱破壞處理或發展其他專利之吸附劑等)仍持續進行,未來應持續關注國際趨勢與研究發展動向。

表 2、USEPA 發佈 PFAS 之最佳可用技術(BAT)

Contaminant	BAT
PFOA	Ion exchange, reverse osmosis, GAC, nanofiltration.
PFOS	Ion exchange, reverse osmosis, GAC, nanofiltration.
Hazard Index PFAS (PFHxS, HFPO-DA, PFNA, PFBS)	Ion exchange, reverse osmosis, GAC, nanofiltration.

本次研討會中來自 CETCO® 公司介紹,利用表面改質黏土之吸附劑 FLUORO-SORB®處理全氟化物,可做為地下水或飲用水過濾材、用於地下水被動式之滲透性反應牆(PRB)及原位穩定和固化(ISS),另可用於污染沉積物的現地復育作為覆蓋基質使用。利用不同方法吸附,進行相關研究成果比較,FLUORO-SORB®200 吸附劑、粒顆粒活性炭(GAC)和離子交換樹脂(IER)及生物炭(Biochar)吸附 PFAS 之情形,針對吸附 PFAS 之移除效率依序為 IER>FLUORO-SORB®200> GAC> Biochar; 而針對吸附長鏈(PFOA、PFOS)之移除效率依序為 IER=FLUORO-SORB®200> GAC> Biochar,此外,針對同時有混合有機污染物存在之情形下進行評估,其結果對於 FLUORO-SORB®200 吸附成效並無負面影響,當 FLUORO-

SORB 吸附劑開始吸附 PFAS 時，體積會呈現膨脹樣態，而轉換變成更大之吸附動力學與容量，使其吸附性顯著增強，相較於其它吸附材料，FLUORO-SORB®具較佳吸附容量，較無競爭吸附之影響，此外，目前已完成相關模場及實場之應用實績。

4. 地下水監測及數據應用

國家地下水監測網絡(NGWMN)係由美國地質調查局(United States Geological Survey, USGS)所建立，用於監測及評估國家地下水資源之品質，涵蓋美國各地不同地理區域與含水層，以確保對全國地下水有代表性和全面的瞭解。NGWMN 整合來自各種來源的數據，包括聯邦、州、部落和地方監測工作網路，採用標準化監控協議來促進一致的資料收集和分析，有助於確保整合來自不同地區的數據，迄今已有 1 萬 7,655 口水位觀測井與 4,096 口水質監測井，整合全國近 40 個機構的地下水資料，透過國家水資訊系統(National Water Information System, NWIS)公開地下水資料，並提供線上下載功能，提供政府機構、研究人員、民眾等均能存取地下水數據。

為瞭解美國公共供應來源之地下水的品質，USGS 國家水質評估計畫(National Water-Quality Assessment Program, NAWQA)在其第三個十年(2013-2021)中，系統評估用於公共供應的地下水品質，透過評估 25 個水區(principal aquifers, PA)之地下水質¹，這些水區占美國本土公共供應地下水的 84% (按比例計算約為 8,960 萬人)，總共採集 1,458 個站點，取得代表環境條件之水樣，並針對 502 種成分進行分析(包含地質及人為成分等)，透過檢測結果進行比較評估。

這篇研究主要關注檢測濃度偏高及經常被檢測到的成分(>1%)，檢測結果用來評估該範圍之人口影響，圖 4 顯示，最常檢測到的成分係屬地質成分(為砷或錳)，其對人口有最大潛在影響，人為成分則以硝酸鹽檢出範圍及濃度較為最高，其影響的人口約為砷或錳的一半，雖硝酸鹽可以自然存在於地下水中，但其濃度升高原因通常是由於人為所致，包括化學肥料、動物糞便和化糞池系統，這些來源通常與農業土地利用有關，在某些情況下，濃度升高的原因多由於歷年累積造成，而非當前的土地使用所造成，且通常僅限於

¹ Kenneth Belitz, Miranda S. Fram, Bruce D. Lindsey, Paul E. Stackelberg, Laura M. Bexfield, Tyler D. Johnson, Bryant C. Jurgens, James A. Kingsbury, Peter B. McMahon, Neil M. Dubrovsky, 2022. Quality of Groundwater Used for Public Supply in the Continental United States: A Comprehensive Assessment. ACS EST Water, 2, 12, 2645-2656.

有環境條件。整體而言，與人為成分相比，地質成分對於美國公共供應來源之地下水品質影響更甚。

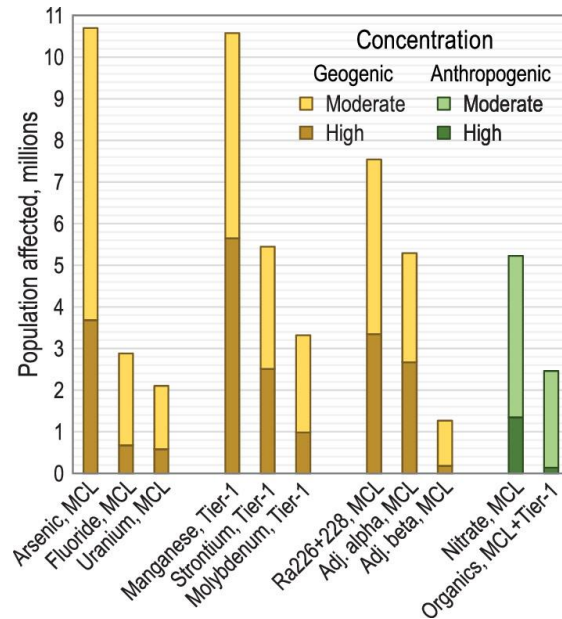
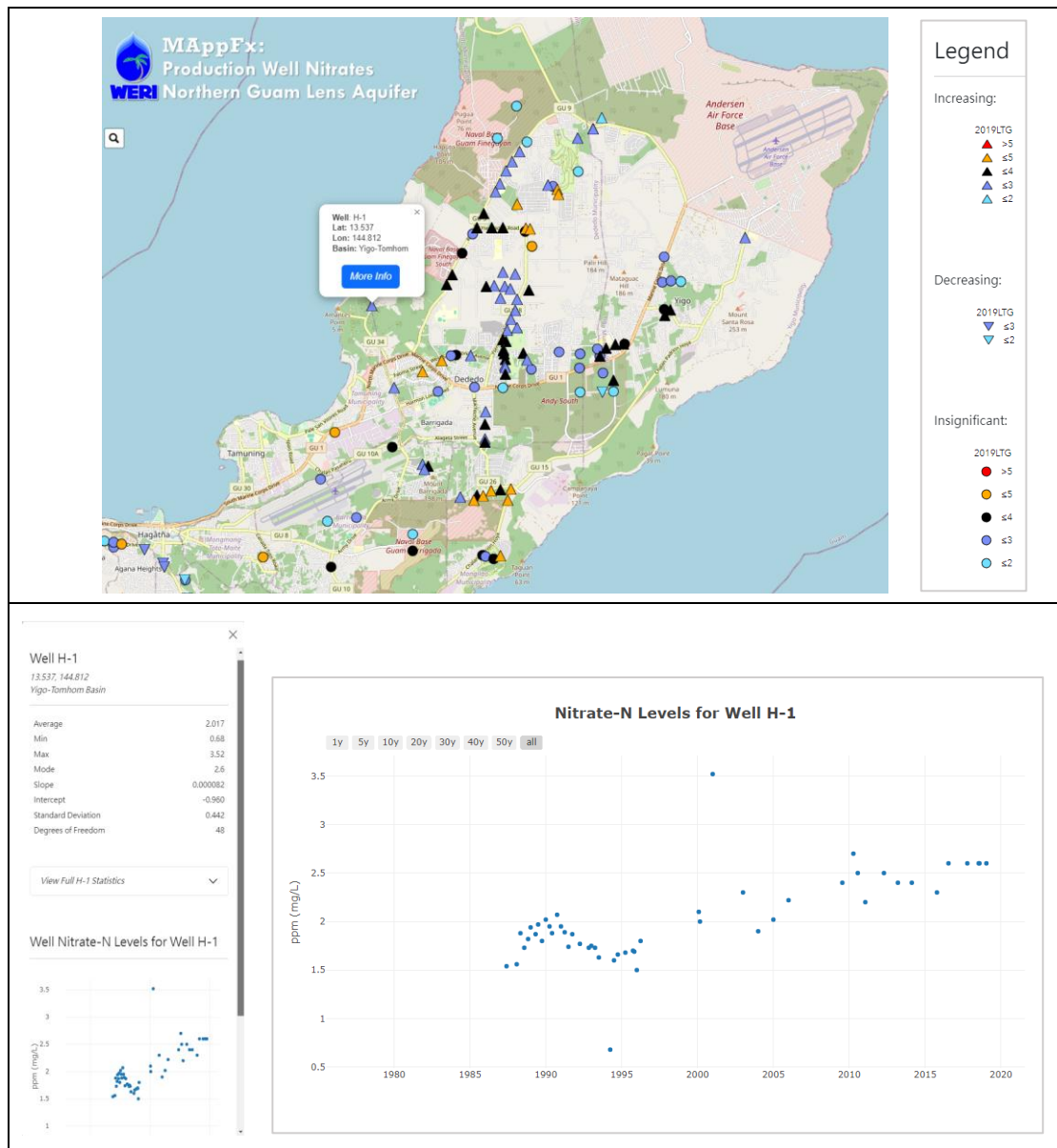


圖 4、受到特定成分濃度之影響人口

然而，大量地下水數據如何有效管理及應用，會議主題包含結合自動化分析、機器學習與人工智慧運用、趨勢分析及數據統計等工具，應用以評估監測井維護時間、最佳監測式自然衰減法之地下水監測位置，有效降低監測井維護及監測成本、提升推動工作之效率；建立互動式地圖網頁界面，圖像化方式呈現關注區域之地下水關切項目濃度分布及趨勢變化；亦分享美國國家地下水監測網絡(National Groundwater Monitoring Network, NGWMN)建置之相關經驗，考量以使用者為中心的設計，如何推動 NGWMN 資料入口網站的未來開發工作，提供地下水供應規劃、管理和開發所需的資訊。

來自關島大學西太平洋水與環境研究所(WERI, Water and Environmental Research Institute of the western Pacific)演示「MAppFx」互動式地圖應用程式(詳圖 5)，程式設計概念主軸為監測井地圖，示範地圖點(監測井位置)和圖形顯示功能(監測井及水質資訊)，其中地圖上的特定井在選擇時，會彈出一個按鈕，舉例而言，如點選硝酸鹽氮資料面板資訊、統計資料與圖表，則會呈現硝酸鹽濃度趨勢及數值變化，亦可放大視圖，其地圖與圖表均採互動方式呈現，頁面設計直觀，且使用者較為友好與便利。透過空間視覺化資料，有效展示大數據分析結果，讓使用者可以輕鬆存取及應用，有利於科學研究工作及作為相關決策之輔助參考。



資料來源：<https://guam-hydrologic-survey.github.io/well-nitrates-app/#close>

圖 5、MAppFx：關島北部含水層監測井硝酸鹽濃度

- 國家地下水協會(NGWA)預告將於 2024 年 4 月 16~17 日至亞利桑那州圖森，辦理地下水中 PFAS 相關主題論壇，會議著重於討論及分享處理 PFAS 污染物的最佳科學和最新實踐方法，確保地下水用於飲用水、農業、環境或其他用途之重要水源。此外，研討會最新一年度之地下水週研討會將於 2024 年 12 月 10 日至 12 日舉辦，地點於美國內華達州拉斯維加斯；則 2025 年地下水週研討會則於 2025 年 12 月 9 日至 11 日舉辦，地點於美國路易斯安那州新奧爾良。

(四) 展覽參觀

現場展覽主要展出鑿井、取水及水處理相關設備，包含多種大型鑽井機具及各類型相關設備、配件、工具、零件及量測儀器等，展區情形如圖 6 所示。以下就針對與地下水相關之鑽井設備、地下水量測、監測及污染復育等相關應用進行說明。

1. 鑽井設備

現場展示多種類型鑽井設備，可用於住宅、商用、灌溉水井鑽探或地熱鑽探，考量鑽井操作空間，針對不同地質條件（黏土或鵝卵石）及鑽井深度及水井用途等需求，結合各項相關設備、配件、工具、零件設計研發，例如：具設置定向井（特定角度的斜井）需求，此外，隨著科技技術的不斷發展，機械設備都朝著自動化方向發展，車載鑽機也是其中之一，自動化程度和遠程控制技術發展迅速，亦是未來的發展趨勢，以提供更安靜、更高效率、更易於操作之鑽井設備。



圖 6、鑽井展區

2. 水位量測

現場展示多樣類型之水位計，考量井徑較小水位計不易置入，102 型水位計使用窄型電纜（直徑 4 mm）測量狹小空間內的水位，以及具備有分段式探頭（直徑 10 mm），來提供更大的靈活性；亦採用改良式探頭設計，探頭底部可用於測量井深外，探頭亦具備磁性特性，當探頭達到井底部或有阻塞情形，則會發出警示，可有效且更準確地測量井深（相關設備如圖 7 所示）；此外，設備可搭配測量電導度及溫度，作為鹽化及污染之相關研究使用，溫度量測範圍為-20°C 至+60°C，電導度量測範圍為 0-80,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。

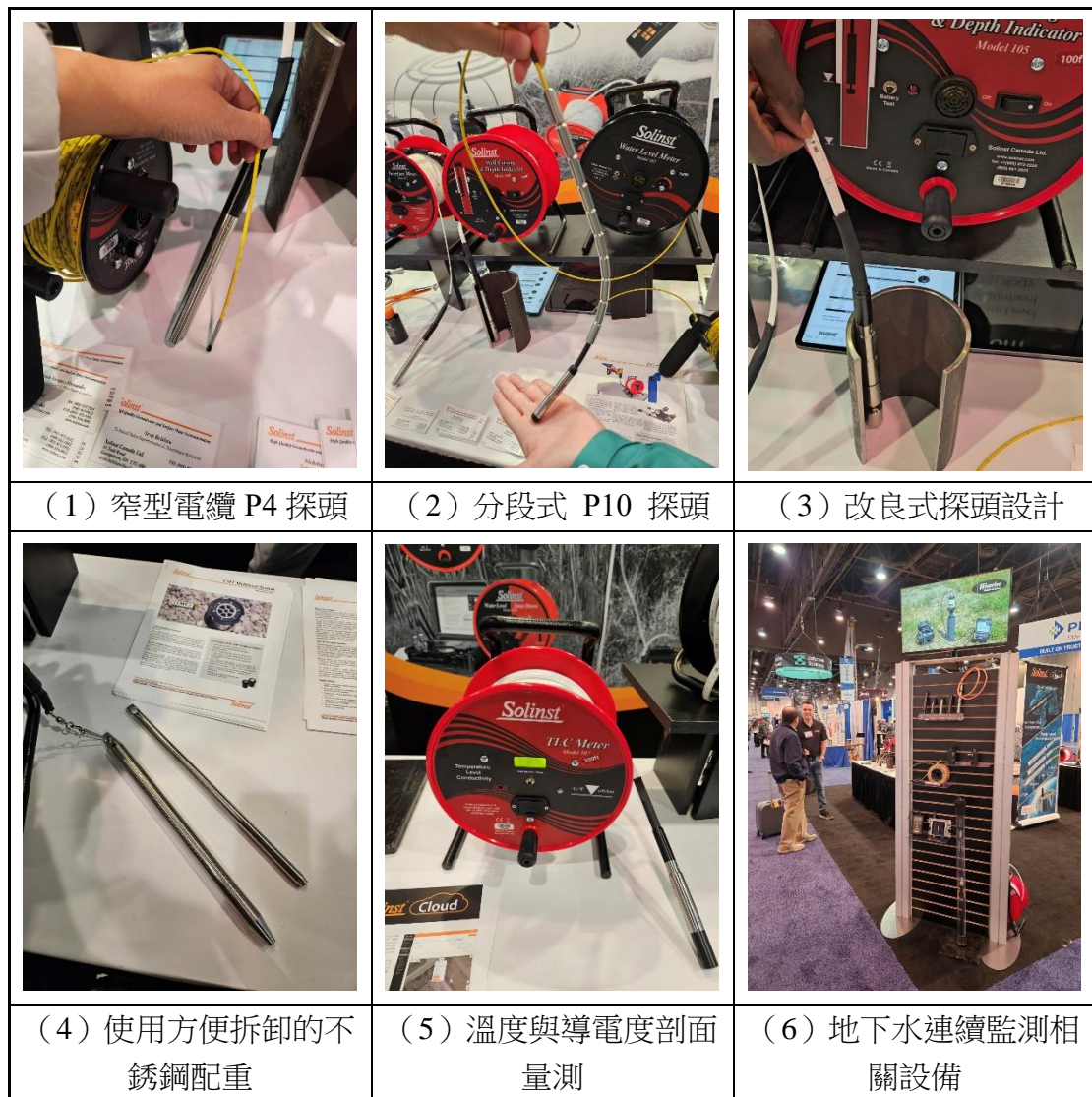


圖 7、水位量測設備展區

3. 水文監測技術

測量地下水位或水深對於長期和短期趨勢分析相當重要，包括水位下降、鹽水入侵及含水層補給等。地下水資料應用時間統計序列方法，可做為地下水建置模型與預測之基礎，適用於識別乾旱、描述地下水供應可用性、以及用來判別不斷變化之地下水條件等。

整體而言，地下水監測技術涉及應用層面非常廣泛，包括現場測量、遠端資料收集相關技術，例如蜂巢式網路建立或衛星通訊等。水位、溫度、電導率測量，除可以現場手動執行監測外，也可以在井中安裝地下水位記錄器或 CTD 監測儀，優點可即時且大量收集數據，並自動整合到客戶端伺服器或雲端的軟體中，以便隨時下載存取（連續設備如圖 8）。



圖 8、連續設備配置

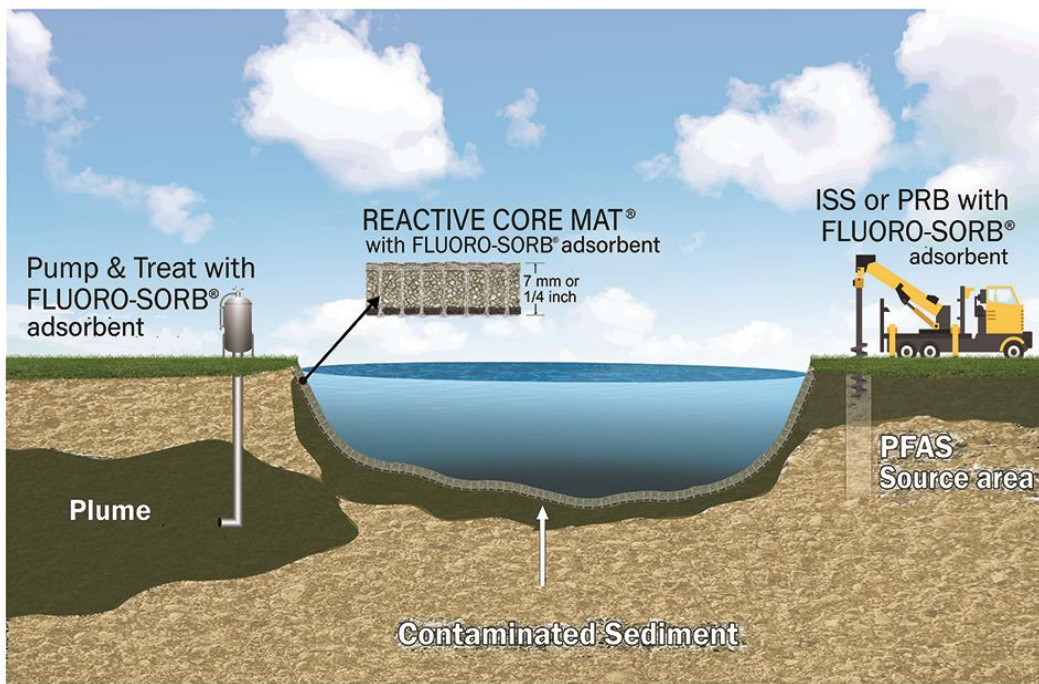
4. FLUORO-SORB® 吸附劑

FLUORO-SORB® 吸附劑係屬通過美國國家衛生基金會 (National Sanitation Foundation, NSF) 認證之專利產品，旨在支援全球 PFAS 的整治工作，相較於其他吸附劑產品差異，其特色較不易受到混合污染物(包括 BTEX、TCE、TCE 等)、天然有機物、鹽度和 pH 值變化之影響。FLUORO-SORB® 吸附劑近期多應用於去除飲用水中 PFAS 之吸附劑使用，作為顆粒活性碳(GAC)和陰陽離子交換樹脂(AER)的替代品，因此，而受到越來越多的關注，以下概述應用於 PFAS 復育之相關方法（詳圖 9）：

- (1) 用於飲用水或地下水的流通式過濾介質，其空床接觸時間(Empty Bed Contact Time, EBCT)應低於三分鐘，指的是在假設在無添裝濾床之情況下，

水流通過濾床所占空間需要的時間；FLUORO-SORB® 吸附劑可單獨使用，亦可結合現有的水處理系統作為預處理或後處理。此外，其研究結果顯示，有明顯延長泵浦與處理介質的使用壽命，並減少所需要的更換次數，有效降低營運成本與吸附後產生廢棄物之處置成本。

- (2) 用於地下水和水源控制之滲透性反應牆(PRB)。
- (3) 用於地下水和水源控制之原位穩定或固化(ISS)。
- (4) 透過在 CETCO REACTIVE CORE MAT® 複合土工織物墊中利用 FLUORO-SORB 吸附劑來覆蓋沉積物，用於土壤及沉積物復育。



資料來源：<https://www.mineralstech.com/business-segments/performance-materials/cetco/environmental-products/products/fluoro-sorb>

圖 9、吸附劑應用於 PFAS 復育之相關方法示意圖

三、參訪胡佛水壩

胡佛水壩(Hoover Dam)是一座位於美國內華達州和亞利桑那州交界處的大壩，橫跨科羅拉多河距離拉斯維加斯以東約 48 公里，位於內華達州和亞利桑那州的交界處，建造始於 1931 年，並於 1936 年完工，當時，屬於世界上最大的混凝土擋土壩，係為非常關鍵性的水利工程和能源工程之一。

胡佛水壩的主要目的是水利工程，高度約 221 米（726.4 英尺），長度約 379 米（1,244 英尺），用於控制科羅拉多河的水流，防洪，以及提供灌溉水源，同時，水壩上建有發電廠，有 17 個發電機，每年產生大約 4.2 百萬兆瓦時的電力，為周邊地區提供了重要的電力資源。此外，胡佛水壩的水庫稱為胡佛水庫(Lake Mead)，是美國最大的人工水庫之一，該水庫不僅為附近地區提供了水源，亦造就了一個極受歡迎的娛樂區域，為重要的旅遊景點，且吸引著世界各地的遊客，遊客可以參觀水壩，瞭解其歷史和工程特點，同時欣賞附近的風景。

於 12 月 8 日參與研討會舉辦之胡佛水壩參訪行程，深入水壩建築內部及底層實地瞭解參觀（詳圖 10），胡佛水壩利用水力發電作為電力供應來源，藉由水壩建築建置擋住科羅拉多河的水流，形成一個龐大水壩湖，稱為胡佛水庫，該水壩湖之水位高度受到水壩的控制，功能可調節水位。水壩底部設有通道與閘門，使得水能夠通過引導結構進入水壩下的發電廠；進入發電廠的水流通過巨型渦輪機，藉由水流推動渦輪機旋轉，再驅動發電機，進而產生電流，由發電機產生的電流經過變壓器升壓，最終輸送到電力網絡供應給用戶，此水力發電方式屬於可再生能源的一種，其優點能夠提供穩定之電力供應。

胡佛水壩之建造提供農業灌溉、商業供水、電力、休閒等經濟和社會等綜合型效益，對於美國西部地區之水資源管理與能源供應具有重要影響，成功成為一項極具代表性的工程成就。



圖 10、會場照片

肆、心得與建議事項

- 一、本次研討會中，本署發表 1 篇海報論文，內容係關於我國地下水全氟化合物流布調查及目前 PFAS 源頭管理情形，藉由研討會之參與，瞭解國際間針對 PFAS 之監管情形現況、分析方法及相關處理技術之研發成果。然而，美國多以地下水做為飲用水使用，已宣布針對六種 PFAS 擬議國家初級飲用水法規，目前尚未頒布最終版本，建議應持續掌握國際間監管動態。而現階段台灣地區土壤、地下水、放流水、飲用水及其他相關環境介質標準尚未對 PFAS 進行管制，仍需持續辦理各項環境介質監測工作，以掌握相關環境數據，作為後續評估訂定標準之參考。
- 二、因應斯德哥爾摩持久性有機污染物公約管制 PFAS 情形，國際關注 PFAS 物種隨之增加，擴及短鏈替代品(C<8)及長碳(C9~21)物種，未來應重視其環境流布及對人體健康風險影響，評估納入地下水關切物質初步清單(PCCL)滾動式檢討，宜持續累積及追蹤地下水 PFAS 各物種濃度分布情形。
- 三、國際間致力於發展及研究 PFAS 相關整治技術，當前的技術主要集中在分離相關技術之研發（吸附，離子交換或螯合），其他化學、生物等技術大部分仍屬實驗室研究或小型模廠階段，建議應著手積極發展 PFAS 相關整治技術之研發工作，另國際間 PFAS 監管物種及濃度逐步增加及加嚴，評估地下水中 PFAS 分析方法適用性及開發更新檢測方法之必要性，建議未來可積極參與相關國際研討會及成果發表，並汲取先進國家地下水管理及推動經驗。
- 四、國內地下水井資訊及其相關岩性（地質）、地下水水位及水質監測等相關資訊隸屬於各單位執行成果，確保高品質且一致性資料則是加強瞭解區域水文系統動態變化及地下水資源永續管理之重要關鍵，而如何將地下水相關資料整合且各單位自願提供並更新實為重要課題，促進不同單位之間的有效協作、資料共享與互通性；建立通用資料標準、制定明確的資料存取和共享政策、系統可擴充性，以適應未來資料量與複雜性，確保與各機關單位內現有系統的兼容性和整合，為不同單位的使用者提供培訓，以使資料傳輸系統可有效運用。自 NGWMN 十多年前成立以來，其資料入口網站已成功利用通用格式，藉以提供全國近 40 個機構之地下水資料，國內可汲取國外相關網站建置經驗，作為地下水最新資訊網站開發之參考。

附件 1、2023 年地下水週研討會議程

12 月 5 日	Forum, Science & Engineering Forum	12 月 5 日	Contractor Workshops
8:00 AM – 9:20 AM	<p><u>Groundwater Remediation I</u></p> <p>1. Combined Remedies Approach Tackles Large DNAPL Solvent Site 2. Influence of Activated Carbon on Microbial Transformation of Chlorinated Solvents and Explosives 3. Bedrock Structure Investigation to Evaluate PFAS Transport, Ottati and Goss Superfund Site, Kingston, New Hampshire 4. Working to Closure: The Value of a Living Conceptual Site Model</p>	8:00 AM – 9:00 AM	Motor Symposium Part 1
	<p><u>Water Well Technology & Application</u></p> <p>1. Leveraging Operational Data to Schedule Pump Repair and Maintenance 2. Harmonics - Effects on Pump Drive Applications 3. Comparing Natural Silica Sand and Glass Bead Filter Packs Used in Production Well Design and Construction 4. Challenges, Alternative Methodologies, and Success of a 2,550' Large Diameter Directional Drilling Project at Kennecott</p>		Ultraviolet 101 - UV for Domestic Water Wells Casing Advancement 101 Respirators and the Hazards of Silica
9:40 AM – 11:00 AM	<p><u>Groundwater Remediation II</u></p> <p>1. Challenging In Situ Chemical Reduction PRB Approach in Brazil, on Industrial Land Impacted by Chlorinated Solvents, Zinc, and Copper 2. In-Situ Reactive Zone Approach Using Calcium Peroxide for the Remediation of Benzene and Chlorobenzene in Soil and Groundwater: A Field Study 3. The Versatility of Surface-Modified Clay for Remediation of PFAS: Source Control via In-Situ Stabilization, and Permeable Reactive Barriers 4. Delineation of a Potentially TCE-Impacted Aquifer via Airborne Electromagnetic Geophysical Survey</p>	9:30 AM – 10:30 AM	Motor Symposium Part 2
	<p><u>Groundwater Modeling</u></p> <p>1. Configuration-Based Uniform Model-Independent Postprocessing Framework for Automated Modeling Workflows 2. Groundwater Models and Large Reservoirs - Seepage Recovery and Safety Analysis 3. Integrated Hydrologic Model Development and Calibration – Leveraging Python, and Parallel Processing 4. Wastewater Discharge From Septic Tanks, Impact to Groundwater Quality, Northern Guam Lens Aquifer</p>		Drilling Basics - Break Down of Basics and All the Questions You Want Answered The Institutional Market and the Value It Presents to the Geothermal & Drilling Industry Navigating the Build America, Buy America Act
11:00 AM – 1:00 PM	<p><u>Poster Presentations & Farvolden Scholarships</u></p> <p>1. A nexus approach to solar-powered groundwater irrigation pumping systems in India using causal loop diagrams 2. Assessment of Groundwater Vulnerability in a Hard-Rock Aquifer in the Upper Godavari Watershed (UGW), India 3. Co-existence of saline groundwater onshore and freshened groundwater offshore in the Pearl River Delta and Estuary, China 4. Detailed Survey of Flow and Mass Discharge to a Tributary Draining to Lake Ontario 5. Evaluating Optimal Groundwater-Surface Water Discharge Monitoring Periods for Source Control Evaluation in Portland Harbor: A Novel Approach 6. Groundwater Imprint on the Hydrochemistry of the Upper Los Angeles River Above Sepulveda Basin 7. Humboldt Community Services District Water Supply Well - Evaluation and Replacement</p>	11:00 AM – 12:00 PM	Understanding Meters and Meggers When Testing Submersible Motors Case Study: NGWA Building Geothermal Retrofit Loss Circulation - Facts, Treatment and Proper Development Groundwater Equipment Financing

12月5日	Forum, Science & Engineering Forum	12月5日	Contractor Workshops
	<p>8.Hydrogeologic Inputs to Emerging Wetlands on the Shores of the Receding Salton Sea, California 9.Investigation on Distribution of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in Groundwater in Taiwan 10.Modelling the role of subsurface geology on northern peatland hydrology 11.PCB and TCE Dechlorination in Town Creek, SC, Superfund Site Sediment Modified with Metals 12.Using Artificial Intelligence Image Detection in Hydrogeology 13.Advances in Adapting a Novel Tool for Measurement of Discrete Fracture Flux 14.Long-term groundwater geochemical impacts of prairie restoration. 15.Delineation of Fresh Groundwater Potentiality Zones in Saline Coastal Aquifers, Southwest Bangladesh using Remote Sensing and GIS Approaches 16.Isolation of aerobic and anaerobic styrene-degrading organisms for long-term microbial attenuation of styrene in aquifers 17.Can We Save the Master's in Hydrogeology?</p>		
1:00 PM – 2:30 PM	<p><u>Darcy Distinguished Lecture and Science & Engineering Membership Meeting</u> Fiber Optic Distributed Sensing as a Window on Subsurface Flow</p>	1:15 PM – 2:15 PM	<p>Sonic Drilling - The Future Is Now Building Blocks of Training a New Driller Renewable Energy Pumping Emerging Contaminants in Drinking Water and Effective Treatment Technology Tools</p>
2:45 PM – 3:45 PM	<p><u>Groundwater Remediation III</u> 1.Decision Support Tool for Selecting Corrective Actions Considering Principles of Sustainability 2.Closing a Hazardous Waste Site with LNAPL Contamination – Synergy of Groundwater Science and Adaptive Regulations 3.City of Alamosa Evaluates In-Situ Electrogenerated Ferrous Reagent for Arsenic Removal and Replacing Bulk Ferric</p> <p><u>Geophysical Technology & Applications</u> 1.Use of Airborne Electromagnetics for Groundwater Management and Planning 2.Statewide Mapping of California's Aquifers with Airborne Electromagnetics 3.Comparative Study of Towed Transient Electromagnetic, Airborne Electromagnetic, and Electrical Resistivity Tomography for Groundwater Exploration</p>	2:45 PM – 3:45 PM	<p>Optimize Irrigation Jobs: Tips & Expert Insights for Selecting the Best Pumping Solution for the Application Dual Rotary Drilling in Water Wells and Geothermal Boreholes Mud Testing - How Important Is It? Uses of Chemicals for Restoring & Maintaining Performance of Water Wells</p>
4:15 PM – 5:15 PM	<p><u>Engineering Hydrogeology</u> 1.Monitoring and Modeling of Subsidence and Settlement from Groundwater Pumping at the Millennium Tower Property – Downtown San Francisco Basin 2.From Reactive to Proactive: A Practical Approach to Controlling LCS Clogging 3.Groundwater Controls Through Complex Dewatering</p> <p><u>Managed Aquifer Recharge</u> 1.South Florida Water Management District LOWRP ASR Wells: Construction and Initial Testing Results 2.Achieving Acceptable Risks Using Recycled Wastewater for Managed Aquifer Recharge 3.Challenges Limiting Managed Aquifer Recharge (MAR) Adoption in the West</p>	4:15 PM – 5:15 PM	<p>Pump Panel Electrical Installation and Maintenance, Soft Starting and Stopping Winning Your Brand's Key Moments of Truth to Grow Your Business Safety & New Hires - Injuries That Can Impact a Business Legacy A Bits a Bit, but Is It?</p>

12月6日	Forum, Science & Engineering Forum	12月6日	Contractor Workshops
10:00 AM – 11:20 AM	Groundwater Monitoring 1.Underground Storm Drains in Urban Watersheds – An Important, and Often Ignored Factor in Urban Watershed Hydrogeology 2.Our National Groundwater Monitoring Network – Its Inception, Initial Successes, and How to Ensure Its Survival 3.USGS National Groundwater Monitoring Network and the USGS Climate Response Network 4.Real Time Environmental Monitoring Enhances Decision Making	10:30 AM – 11:00 AM	Motor Symposium Demo: Franklin Electric
	Groundwater Awareness & Resources 1.The Groundwater Project – A Global Initiative to Serve Humanity and our Planet’s Ecology by Making Groundwater Knowledge Freely Available 2.Creative Response to a New Responsibility – Reviewing Well Application Permits for SGMA Compliance 3.Water for Sale! SGMA and the Development of Groundwater Allocations and Transfer Markets 4.Groundwater-Surface Water Interactions at Coal Combustion Product Sites	11:00 AM – 12:00 AM	Evolution of Well Development in the Field: The Ever Changing Saga Water Well Disinfection and Rehabilitation Electrical Basics and Tips For Water Systems
12:30 AM – 01:30 PM	The Quality of Groundwater Used for Public Supply in the Continental United States	11:30 AM – 12:00 AM	Motor Symposium Demo: Pentair
01:45 PM – 03:05 PM	Groundwater Quality & Sustainability 1.Analysis of Historical Patterns and Trends of Salinity in the Northern Guam Lens Aquifer 2.Investigation of Radon, Its Geochemical Interactions, and Its Application in Understanding Groundwater Surface Water Interactions 3.Microbial Contamination of Groundwater and Associated Health Risk in Selected Coastal Communities of Ghana 4.Transatlantic Differences in Groundwater Monitoring: Lessons for Improved Management	01:00 PM – 01:30 PM	Motor Symposium Demo: Grundfos
		01:00 PM – 02:00 PM	Health & Safety Around the Well Drilling Site
			Keep It Simple Well Rehab Best Practices for a Submersible Pump Install
01:45 PM – 03:25 PM	Groundwater Data Management 1.Artificial Intelligence and Machine Learning to Better Predict Scheduling of Well Rehabilitation and Maintenance - 1 Year Later 2.Data Wrangling - Messy Hydrologic Data Transformed for Decision Making 3.MAppFx: Production Well Nitrates Northern Guam Lens Aquifer 4.Using Automated Analytics to Optimize Groundwater Monitoring at MNA Sites 5.NGWMN Data Portal: Lessons Learned From Over a Decade of Multi-Agency Data Sharing Efforts	02:00 PM – 02:30 PM	Motor Symposium Demo: Preferred Pump
		02:30 PM – 03:00 PM	Sieve Analysis, Slot Size, and Gravel Pack Selection
			Aqua-Scopic Well Rehabilitation VFD's - Did You Know?
03:20 PM - 03:40 PM	State of Art Critical Review on Advancement, Design, and Improvement Strategies for Modern-Era Membranes for Treatment of Wastewater	03:00 PM - 03:30 PM	NGWA Business Pro Demo

12月7日	Forum, Science & Engineering Forum	12月7日	Contractor Workshops
8:00 AM – 9:00 AM	PFAS in Groundwater: What's Now and What's Next	8:00 AM – 10:00 AM	Determination of Slot Size From Sieve Analysis Data
	Introduction to Using Resistivity for Securing and Maintaining Sustainable Water Resources	8:00 AM – 09:00 AM	Laboratory Evaluations of Well Fouling for Corrective Action Preparing to Sell or Hand Over Your Business
9:15 AM – 10:15 AM	Evaluating Aquifer Recharge for Generation Opportunities	9:15 AM – 10:15 AM	Grouting and Well Abandonment-Methods and Materials
	Nuclear Magnetic Resonance (NMR) Technology for Groundwater Investigations		2023 State of the U.S. Water Well Industry Report
10:30 AM – 11:30 AM	Decentralized Systems and Managed Aquifer Recharge (MAR)	9:45 AM – 10:15 AM	Product Demo: Awesome Aquifer 360
	What Geophysical Method and Why? The Right Tool for the Right Answer: Applied Geophysics for Groundwater Projects	10:45 AM – 11:15 AM	Product Demo: Franklin Electric Roundtable: Passing on Knowledge to the Next Generation
		10:30 AM – 11:30 AM	Improving the Efficiency of Irrigation Pumping Systems through Pump System Optimization
-	-	11:45 AM – 12:15 PM	Product Demo: Xylem Optimize by Goulds Water Technology
		12:45 PM – 13:15 PM	Product Demo: NGWA University, Featuring General Drilling Prep Online

附件 2、發表海報論文資料

Investigation on distribution of Per- and Polyfluoroalkyl Substances(PFAS) in groundwater in Taiwan

Chien-Hsiu WENG, Yi-Yu GUO, Yuan Hsin CHANG,
Jui Hsiang LIU, Shih Han HUANG, Hui Chen TSAI, Yu Ying CHEN



Introduction

Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) have a wide range of applications due to their hydrophobic, lipophobic, and chemically stable properties. Also, some PFAS are listed as persistent organic pollutants under the Stockholm Convention since they remain in the environment for long periods and cause adverse health concerns. In recent years, they have attracted international attention, and global research on analytical methods, environmental distribution, human health, and ecological effects.

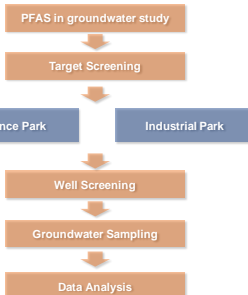
Despite not directly producing PFAS, Taiwan, a significant global producer of advanced semiconductors and high-quality manufacturing, has a wide range of domestic PFAS applications. Taiwan's Ministry of Environment (MOE) plays a crucial role in managing emerging contaminants by implementing bans and restrictions on certain PFAS and conducting investigations on PFAS distribution in groundwater near semiconductor industries (science parks) and industrial parks. The results contribute to the policy development for PFAS management.

Methods

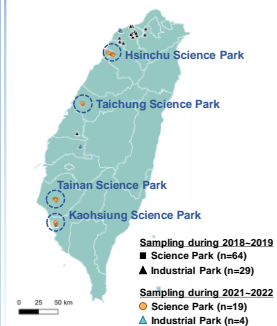
The study area is science parks and industrial parks and their adjacent river basins where the concentrated PFAS is utilized in Taiwan, considering the status of industry distribution and results of environmental studies for other media.

For a better understanding of the status of PFAS substances and concentrations, PFOA and PFOS are the main target PFAS chemicals in this study: the baseline study was conducted between 2018–2019, and the follow-up study was conducted between 2021–2022. Sampling and analytical methods in this study are "sampling monitoring well groundwater sampling method (NIEA W103.56B)" and "Method of PFAS detection in waters-LC/MS/MS (NIEA W542.51B)," which are published by the National Environmental Research Academy.

Investigation Process



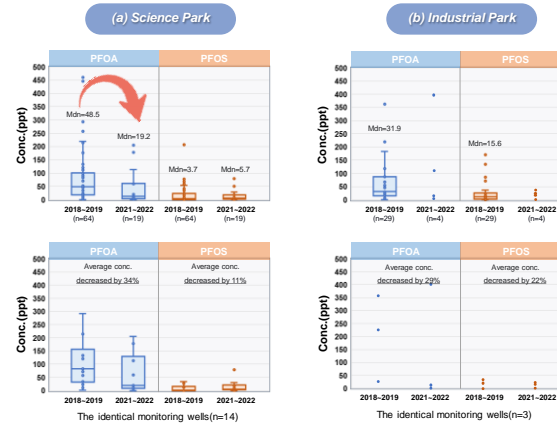
Sampling Location



Results

The median concentrations of PFOA and PFOS near science parks between 2018–2019 (n=64) are 48.5 ppt and 3.7 ppt, and the median concentrations of PFOA and PFOS between 2021–2022 are 19.2 ppt and 5.7 ppt (n=19). Comparing the results for science parks from 2018 to 2019 and 2021 to 2022, the median concentration of PFOA dropped, and the median concentration of PFOS slightly increased with low concentrations. Also, decreased concentration trends of PFOA and PFOS were found by comparing the results of the identical monitoring wells (n=14) from 2018–2019 and 2021–2022.

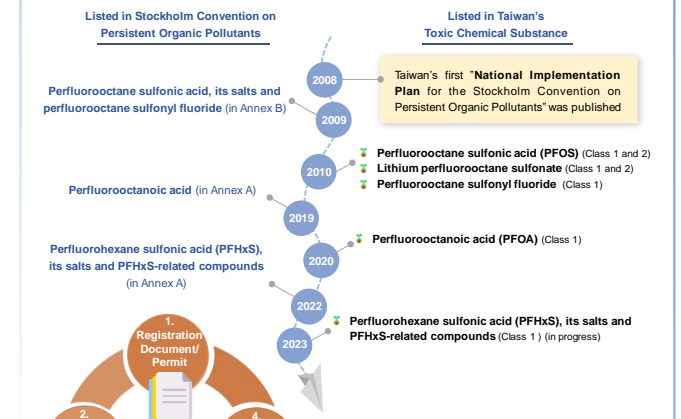
The median concentrations of PFOA and PFOS near industrial parks between 2018–2019 (n=29) are 31.9 ppt and 15.6 ppt, and the median concentrations of PFOA and PFOS between 2021–2022 are 24.1 ppt and 38.7 ppt (n=4). The results of the overall concentration of PFOA and PFOS and the identical monitoring wells (n=3) between 2018–2019 and 2021–2022 show a downward trend.



Source Management Promotion of PFAS

Taiwan's government encourages and assists industries to research on alternative materials or solutions for approaching sustainable development. Also, in response to the international trend of phasing out PFAS, the industries conduct voluntary phase-out of PFOA and PFOS and develop short-chain PFAS utilization or PFAS-free alternatives that can achieve similar effects.

List of PFAS



Class 1 toxic chemical substances:
Those chemical substances that are not prone to decompose in the environment or that pollute the environment or endanger human health due to bioaccumulation, bioconcentration or biotransformation.

Class 2 toxic chemical substances:
Those chemical substances that cause tumors, infertility, teratogenesis, genetic mutations or other chronic diseases.

Conclusion

This study is the first groundwater study of PFOA and PFOS in Taiwan by government agency. The results revealed although PFOA and PFOS were detected in groundwater near the science parks and industrial parks, the tendency of concentration of PFOA and PFOS remains stable and tends to decline. MOE will continue to follow up on the status of PFAS species and tendencies, develop policies on groundwater quality, and protect groundwater quality and water safety.

Acknowledgment

This work was supported by the Environmental Management Administration, Ministry of Environment, R.O.C. (Taiwan)