

公務出國報告

(出國類別：會議)

111 年度經濟部台灣自來水公司

國際水協會(IWA) 2022 年世界水大會暨展覽會

(「2022 IWA World Water Congress & Exhibition」)

出國報告書

服務機關：台灣自來水公司

出國人員：姓名：李丁來、何承嶧

職稱：副總經理、副總工程師

出國地區：丹麥(哥本哈根)

出國期間：111 年 9 月 9 日～111 年 9 月 17 日

報告日期：111 年 11 月 25 日

系統識別號：C11100496

## 公務出國報告提要

頁數：78 含附件：否

報告名稱：111 年度經濟部台灣自來水公司「國際水協會(IWA) 2022 年世界水大會暨展覽會」(2022 IWA World Water Congress & Exhibition)出國報告書

主辦機關：經濟部台灣自來水公司

聯絡人：楊鈞浩 (04-22244191-757)

出國人員：李丁來、何承嶧

台灣自來水公司

出國類別：會議

出國地區：丹麥(哥本哈根)

出國期間：111 年 09 月 09 日至 111 年 09 月 17 日

報告日期：111 年 11 月 25 日

分類號/目：770 環境保護

關鍵詞：自來水、地下水、國際合作

內容摘要：參加國際水協會(IWA) 2022 年世界水大會暨展覽會(2022 IWA World Water Congress & Exhibition)，是本公司自新冠肺炎全球大流行以來，近年參加相關國際會議的濫觴，具有重視國際合作及水質安全的指標意義。在氣候變遷影響各水源(包括河、湖、井、海水及水庫等)水質變化的此時，藉由與世界各國菁英多面向交流，用以檢視台灣自來水有關水源、淨水場、管網系統至用戶端之整體飲用水水質管理架構及國際合作進行深入討論。整體而言此行不論汲取新知，以他國之石提供本公司參考，及結識各國從事自來水事業人員，均有助本公司推動及精進相關業務。

## 摘 要

國際水協會 (International Water Association, IWA) 是全球最富盛名輔導水務永續經營的國際組織，每年均針對不同水務主題舉辦各類型的國際研討會，並為平衡五大洲發展及權益，每次舉辦地點均極具特色。以本次舉辦城市：丹麥哥本哈哥(Copenhagen, Demark)為例，全球最適人居城市為其主要特色，並且以該國本土著名寓言作家安徒生(Hans Christian Andersen)聞名，故丹麥亦有童話王國之美稱。

本次國際水協研討會有二大特色，其一係首次在北歐國家舉辦，可以讓人感受北歐秋季宜人的天氣；另外則是因 COVID-19 疫情延後二年在同一地點舉行，再則因俄烏戰事持續未停火，本研討會於 9 月舉辦可稍解對冬季來臨對能源(尤其是天然氣)的迫切需求。

丹麥政府把保護水源列入「國家發展最高指標」，具體做法之一是跟園藝公司合作，幫民眾改建花園引導雨水，這不只可省下部分雨水拿來澆花，更可以減緩淹水，讓更多水流進土壤裡儲存，而能夠做到善用珍貴的水資源，靠的就是民眾的參與感跟大數據。2021 丹麥平均水價為每度 9.85 歐元(相當新台幣 324 元)，其中分成二大部分，內含近 6.57 歐元(相當新台幣 216 元)污水費(佔比 66.7%)(包含污水處理公司收益、稅費及增值稅(Value Added Tax, VAT)，及約 3.28 歐元(相當新台幣 108 元)自來水費(佔比 33.3%)(包含自來水公司收益、稅費及增值稅(Value Added Tax, VAT)。

本公司近來積極與國際接軌，有新設研發單位持續發展自來水系統的突破性管理策略，負責引入新技術，朝向兼具專業、科學研究及技術創新之制度發展。為有效全方位管理水資源，針對經營管理、生態保育、提供誘因促進用水效率、減少水資源運送之漏損、促進省水作為及建立合適管理機制與方法等面向進行全方位研討，期望未來能有效提昇本公司經營績效及用戶服務水準。

# 目錄

壹、目的.....	1
貳、研習內容與行程 .....	3
參、研習心得.....	71
一、丹麥自來水系統.....	72
二、智慧化宜居城市之自來水.....	75
肆、結論.....	77



## 壹、目的

島國台灣，雨量豐沛，但地形坡度大，大部分水流入大海，加上工廠廢水、生活污水及境外空氣移入對水源的污染，水源之開發是日漸困難，開發成本升高，可用的水資源相形見絀。然工商業持續發展，國民生活水準日益提昇，用水量是逐年提高，而台灣自來水公司(以下簡稱本公司)仍必須肩負政府政策性的要求辦理各項供水任務，財務負擔甚為沉重，以 110 年每度自來水的單位成本為 11.54 元，而單位給水售價為 10.97 元，長期自來水的水價偏低，無法反映成本，使得本公司經營更加困難。

近期全球氣候異常，更造成水質變動相當的大，尤其是濁度，汛期時原水水質高達數千或數萬 NTU，而水庫藻類優養化衍生臭味、總有機碳偏高等問題，超出淨水場處理負荷之頻率增加，水質管理遭遇相當大挑戰；此外，本公司自民國 63 年合併各地水廠成立公司時，所屬管線均已老舊。而當時為提高供水普及率，其新埋管線亦多採用經濟管種，迄今已逾 40 年；加上我國地震頻繁，致漏水嚴重，較其他已開發國家高。本公司雖面對這些問題，卻仍持續秉持「品質、創新、信賴、專業」之經營理念，積極推動水源開發利用多元化規劃、水源聯合調配運及充實供水系統備援備載能量。故本公司近來加強水質管理及水質處理相關研究以提升水質處理技術，並投入相當人力、成本強化防漏及水壓管控工作，以中、小區管網分析評估有高缺水風險及漏水嚴重之區域，積極推動檢漏作業及管線汰換，有效控制供水系統及管線之漏水復原，以達成本公司提供量足、質優自來水，以提升國民生活水準、促進經濟發展之使命。

近年來因氣候急遽變化，降雨量極不平均，常造成枯水期乾旱缺水或豪雨成災導致原水濁度過高的窘境；枯水期亦因流量短缺造成供水吃緊，本公司為能解決缺水問題，需多方評估擇選最佳方案。因此，本公司極需培養具水處理全流程(含淨廢水及污泥)操作、管理及檢討

修正的人才，並需具備外語能力，可適用引進國外最新技術，以因應多變的供水環境。

本次世界水大會主題「智慧宜居城市用水(Water for Smart Liveable Cities)」研討內容豐富，對本公司近年重點發展之供水業務、國際合作、取用優質原水暨多水源調配、淨水場現代化、持續降低漏水率、建置備援管線、提高供水普及率、智慧水管理及提升全方位服務品質，用以強調自來水水源、淨水場、管網系統至用戶端之整體飲用水水質管理架構等發展具正面助益。本公司當持續克盡厥責，遵循政府政策，全力為自來水志業永續發展發光發熱，冀期不負政府之付託、社會之期許及對用戶確保全時水安全之承諾。惟因時間有限，僅能針對部分主題參與研討，期望未來有更多優秀同仁獲核派共同參與，俾利引進更多國際新知。

## 貳、研習內容與行程

### 一、 概述

本出國參加研討會案，本公司主要係由具國際水協會會員資格李丁來副總經理率隊，並由何承嶧副總工程師以 poster presenter 身份參加，進行研究成果發表及參與會議及研討會，藉由與多單位多面向交流，用以檢視本公司有關水源、淨水場、管網系統至用戶端之整體飲用水管理架構，並針對水質研究業務進行探討，俾蒐集各國提供安全、可靠及優質飲用水匠採取的因應及改善對策。

國際水協會世界水大會暨展覽會(IWA World Water Congress & Exhibition, IWA WWCE)是主題涵蓋整個水領域專業人士的盛會。參加 IWA WWCE 包括專業研討會、水事業展覽及各項活動的人員常達到 10,000 名以上，與會水專業人員來自包括各種水事業(顧問公司及水/廢水事業單位)人士、學術及研究單位水專業人員及政府部門水管理部門相關人員。在前後總計 6 天的活動中，來自不同水相關領域的專業主管、決策人員、研究人員和業界代表共同參與盛會，研商各種不同水議題的解決方案。

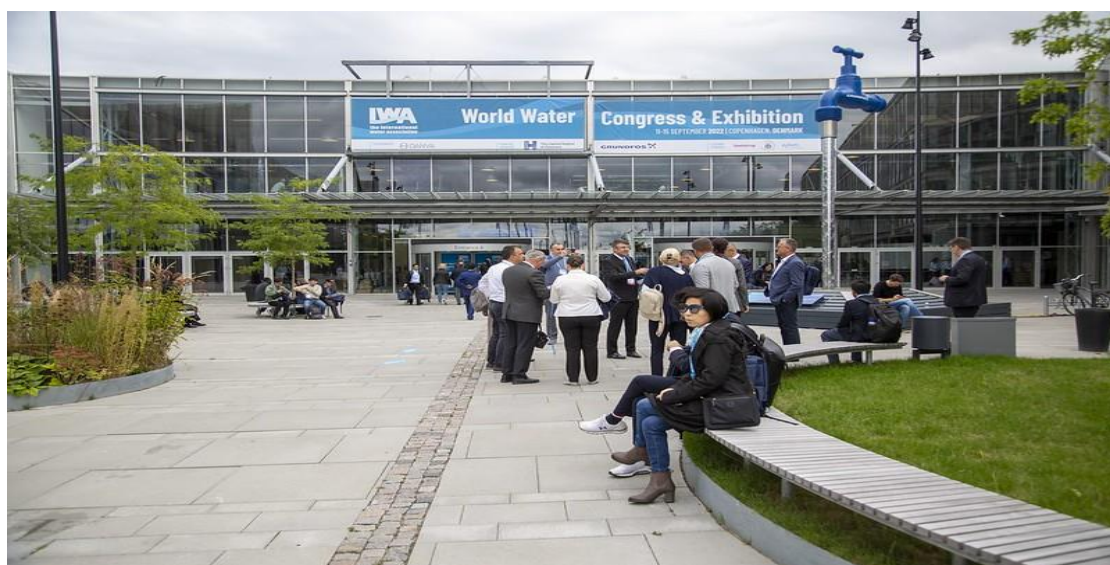
本次 2022 IWA WWCE 於丹麥哥本哈根市 Bella Center 舉行，Bella Center 位於市中心和哥本哈根機場之間的 Ørestad，可由哥本哈根各地區搭乘捷運抵達。其室內面積達 121,800 平方公尺，可容納 20,000 人，是 Scandinavia 地區的第二大展覽和會議中心。因為面積大，Bella Center 的大會堂(Congress Hall) 可以被劃分成三個可容納至多 4,200 人的大會議廳，四個演講廳可分別容納 310-930 人，會議區可彈性區隔成分別容納 2-400 人的 63 個會議室，整體場地範圍相當廣，此次 IWA WWC 大會僅使用其中一部分的設施。

由於此次大會總共安排超過 16 場的 Workshops、160 場的技術論文發表、500 篇的壁報(Posters)及論文提報，超過 300 家廠商參展吸引來自 102 國家或地區約萬人報名參與，故為加速報名作業，大會

設置多處自助報名設施及協助人員，使整體報到作業相當順暢，也招募多位義工，協助處理報到及會場詢問等事項，值得國內參採學習。



2022 IWA WWCE 會場-Bella Center 全貌



2022 IWA WWCE 世界水大會會場





2022 IWA WWCE 會場之裝置藝術(Grundfos 贊助)



2022 IWA WWCE 會場設置自助報到站



2022 IWA WWCE 會場人員協助自助報到情形





我國自來水協會郭俊銘理事長及國家會員代表王根樹教授自助報到情形



2022 IWA WWCE 展覽會場情形

## 二、 會議內容與議程

大會主題「智慧宜居城市用水(Water for Smart Liveable Cities)」是主辦國丹麥自翔領先的概念，主要探索智慧、整體和宜居的城市解決方案，利用各種智能系統之間的協同作用，使城市能夠適應不斷變化的氣候，同時提高社會的生活質量和福祉。此外，丹麥也致力於發展全球創新文化，以實現所需的徹底變革，因此丹麥常自翔是一個實現永續水管理和技術的生活實驗室(A Living Water Laboratory)，其水環境建設由統一的水務部門在創新和跨部門合作的夥伴關係中所開發及設計。

由於哥本哈根的城市規畫特別著重對於氣候變遷調適的重視，城市各個不同區域都很容易看到海綿城市、低密度開發、區域滯洪設計的元素，城市建築也有特色。也因此 2022 IWA WWCE 大會上，丹麥水務部門透過議程安排及展覽會場設置專區的方式分享其在達成聯合國可持續發展目標(Sustainable Development Goals，SDGs)及因應氣候變遷調適的實踐方案，包括城市水管理、以地下水為基礎的飲用水供應、暴雨水管理、氣候變遷適應、能源和資源效率與回收等作為。為達成此目的，此次大會除了邀請水領域專業人士與會外，特別鼓勵耗水行業、農業發展、建築師和城市規劃師、水文領域學者、土壤和地下水專家、社會科學、資料通信技術人員、以及金融人員參與，和其他水環境領域相關人員共同研商達成未來永續發展指標的做法。

大會除了在各相關議程報告及討論政府及產業相關水務部門(water sector)在可持續發展目標(SDGs)方面的進展，並將重點放在專門針對水和衛生設施的可持續發展目標 6 (SDG 6)上，此外，此次大會亦鼓勵針對水與所有 17 項 SDG 目標的交互作用關係進行研討，因此相關議程多可看到與 SDG 連結。議程大會總計安排 100 個論文發表的技術議程(Technical Sessions)、63 個工作坊(Workshops)、38 個論壇(Symposiums)、以及包括 500 餘篇海報論文的 Poster Session。這些論文發表、訓練、講習以及各種高峰論壇、商業論壇(Business

Forums)等活動均包含在大會安排的 19 個平行進行的時段中進行。此次大會吸引來自 102 個國家共 3551 個人員註冊參加，其中 57%為 IWA 會員，46%來自北歐國家。根據歷年註冊人數統計，此次繳交註冊費參加大會的人數為歷屆最高，在加上參加展覽的人員及各種工作人員，此次與會人數超過萬人。此次大會投稿文章數量多，加上各個工作坊及論壇的主持人可自行邀請講者參與會議，因此口頭論文發表(包括工作坊及論壇之報告及演講)就依照主題安排在不同的時段、會議室進行。此行與各國與會進行聆聽及研討實務暨交流獲益良多，相關研討會議行程詳參表 1 所示。

表 1 國際水協會世界水大會 6 項主題內容與議程概況

Track 1 WATER UTILITY MANAGEMENT	Track 2 WASTEWATER TREATMENT AND RESOURCE RECOVERY	Track 3 DRINKING WATER AND POTABLE REUSE	Track 4 CITY-SCALE PLANNING AND OPERATIONS	Track 5 COMMUNITIES, COMMUNICATION AND PARTNERSHIPS	Track 6 WATER RESOURCES AND LARGE- SCALE WATER MANAGEMENT
Sunday 11 September	Monday 12 September	Tuesday 13 September	Wednesday 14 September	Thursday 15 September	
	KEYNOTE PLENARY 09:00 – 09:50				
	BREAK 09:50 – 10:30				
	SESSION 1 10:30 – 12:00				
	LUNCH 12:00 – 13:30				
	SESSION 2 13:30 – 15:00				
	BREAK 15:00 – 15:45			CLOSING CEREMONY 15:15 – 16:45	
OPENING CEREMONY 16:00 – 18:00	SESSION 3 15:45 – 17:15				
EXHIBITION OPENING & WELCOME RECEPTION 18:00 – 20:00 Exhibition Hall	KEYNOTE PLENARY 17:30 – 18:20				
				GALA DINNER Evening	



## 2.1 會議主題

為了達到這個目的，此次大會依一般 IWA WWCE 年會常有的議程安排，共分 6 軌道(Track)主題同步進行，包括：

- Track1-水事業管理(Water Utility Management)
- Track2- 廢水處理及資源回收 (Wastewater Treatment & Resource Recovery)
- Track3-飲用水及自來水回用(Drinking Water & Potable Water)
- Track4- 城市水務規劃及操作 (City-Scale planning and Operations)
- Track5-社區、溝通與夥伴關係(Communities,Communication & Partnerships )
- Track 6-水資源與大規模水管理( Water Resources & Large Scale Water Management) 」

## 2.2 大會開幕式

2022 IWA WWCE 大會開幕式於 9 月 11 日(星期日)下午四時舉行，開幕式由 IWA 執行長 Kala Vairavamoorthy 主持，開幕式除 IWA 會長 Tom Mollenkopf、此次主辦國－丹麥大會會長 Anders Bækgaard 及哥本哈根主辦單位及相關貴賓致詞外，重要內容包括頒發 IWA 各項獎項，包括「全球水獎(Global Water Award)」、 「性別多樣性和水獎(Gender Diversity and Water Award)」、 「青年領袖獎(Young Leadership Award)」、 「水與發展研究獎(Water & Development Award for Research)」以及「水與發展實踐獎(Water & Development Award for Practice)」及由哥本哈根鼓隊(Copenhagen Drummers)，四人上場表演，甚具特色，獲得許多掌聲。



IWA 執行長 Kala Vairavamoorthy 主持開幕式



IWA 會長 Tom Mollenkopf 於大會開幕式致詞



IWA 「Global Water Award」 頒給 Nisha Mandani, Founder of Our AIM Foundation, USA





IWA 「Gender Diversity and Water Award」 頒給 Annabell Waititu, Bigfive Africa, Kenya



IWA 「Young Leadership Award」 頒給 Céline Vaneckhaute, Laval University, Canada



IWA 「Water & Development Award」 Research 部分頒給 Prof Damir Brdjanovic, IHE Delft, Practice 部分頒給 Jackline Susan Naomi, Africa Sand Dam Foundation



IWA 前任會長 Glen Daigger 捐贈 100 萬元美金，供作為培育水務青年領導者基金(Emerging Water Leaders Endowment Fund)，也舉行頒贈儀式。

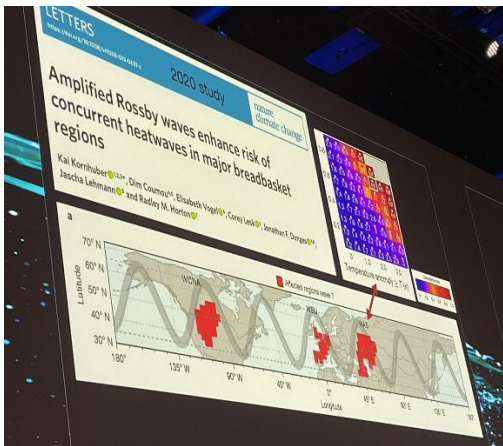
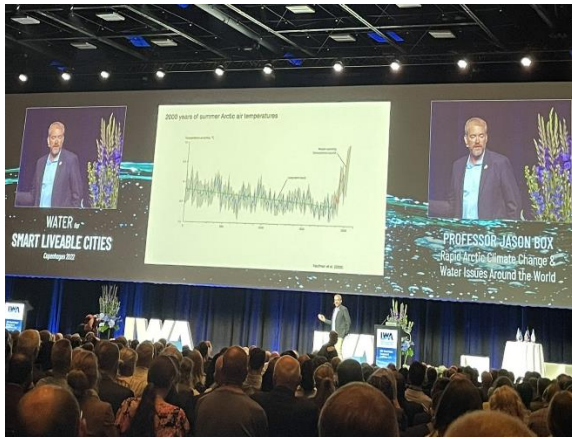


IWA 前會長 Glen Daigger 捐贈 US\$1 million 作為「水務青年領導者基金」

### 2.3 大會開幕專題演講

9 月 11 日(星期日)大會開幕式(Opening Ceremony)後，邀請演講者 Prof. Jason Eric Box, Glaciology and Climate, The Geological Survey of Denmark and Greenland(GEUS), Denmark，就「北極氣候快速變化和周圍的世界水資源問題(Rapid Arctic Climate Change and Water Issues Around the World)」進行專題演講





### Prof. Jason Eric Box 演講

Jason Box 教授自 1994 年以來已在格陵蘭島進行 20 多次的調查，調查內容涵蓋格陵蘭冰蓋的變遷。他除了是三份政府間氣候變化專門委員會(IPCC)報告的特約作者外，也是北極理事會北極監測和評估計劃 (Arctic Monitoring and Assessment Program , AMAP) 的主要成員。演講內容圍繞北極氣候的快速變化、格陵蘭冰蓋的溶解以及所連動的全球水資源問題。演講內容提到北極圈氣候暖化速度四倍於全球的平均暖化速度，其所面臨的問題將會直接影響全球的水資源議題。在大會開幕式以此為主題進行演講，除了展現丹麥的水資源特性外，也對此次大會主題下了註解，再次強調水資源永續發展及 SDG 6 的重要性。



接續於下午六點舉行 2022 IWA WWCE 展覽會開幕剪綵及接待會，依據照片順序由丹麥首都地區地區委員會主席 Lars Gaardhøj，IWA 會長 Tom Mollenkopf，主辦國－丹麥大會會長 Anders Bækgaard，IWA 執行長 Kala Vairavamoorthy，哥本哈根技術與環境市長(Copenhagen' s Mayor of Technology and Environment)Line Barfod，丹麥水和廢水協會 DANVA 的 CEO Carl-Emil Larsen



2022 IWA WWCE 展覽會開幕剪綵

## 2.4 大會專題演講

每天大會議程均於上午及下午安排大會專題演講，概要如下：

- 9月12(星期一)| 09:00 -09:50
  1. 演講者：Prof. Rohit T Aggarwala,  
Commissioner for Environmental Protection, City of  
New York, USA
  2. 題目：以實務觀點研討建立韌性的城市水管理 (A Practical  
Perspective in Building Resilience into Urban Water  
Management)



Prof. Rohit T Aggarwala 演講

Aggarwala 教授是可持續發展、環境和城市問題方面經驗豐富的高管和思想領袖，目前，他是紐約市首席氣候官兼環境保護專員，他在 Michael R. Bloomberg 市長的領導下領導了市長長期規劃和可持續發展辦公室的創建，在 Bloomberg Philanthropies 創立了環境贈款計劃，並擔任 C40 城市氣候領導小組的董事會主席。

Aggarwala 教授應邀出席本次 IWA 大會，在促進環境和城市可持續發展的事業中的經驗和參與，符合 IWA 的使命和本次議程，包括 IWA 最新的城市包容性衛生項目，他的演講內容具鼓舞人心及前瞻性，讓我們在城市可持續性和水資源方面擁有創新理念和開拓性思維，

Aggarwala 教授表示，在紐約市，他們專注於建立不同規模的多重彈性，以應對我們不斷變化的氣候給五個行政區帶來的多重危害，包括綠色基礎設施、電網備援、海岸保護項目、應急通信等等。重要的是，這項工作必須以緊迫感、資金以及與政府和個人的伙伴關係向前推進。我們將堅定地致力於環境正義，並優先考慮最脆弱的社區。本場專題也邀請經濟部水利署賴建信署長參與研討，分享台灣水務管理經驗。賴署長表示，氣候變遷不再只是科學名詞，已不斷來敲門，台灣歷經百年大旱，已深刻感受到氣候變遷帶來的威脅，他續指，極端氣候無法迴避，建構韌性為實踐永續發展的重要方法，因此需要從組織、基礎設施、社會及經濟等面向不斷提升韌性，強化調適能力，並在提升韌性過程，從思維到行動到制度，逐步落實 NBS(以自然為本的解決方案)，以自然永續達到 SDGs。



經濟部水利署賴建信署長應邀參與研討



● 9月12(星期一)| 17:20 -18:10

1. 演講者：Nathalie Olijslager, Program Director, UN 2023 Water Conference, Ministry of Foreign Affairs, Netherlands
2. 題目：實現 SDG 6.2-人人享有衛生設施以及如何連接尚未接管者路線圖 (A Road Map for Achieving SDG 6.2, Sanitation for All and How to Connect the Unconnected)



### Nathalie Olijslager 演講

Nathalie Olijslager 是可持續經濟發展、經濟合作和國際商務方面的專家。Nathalie 在荷蘭外交部開始了她的職業生涯，自 2002 年以來，她曾在多個國家工作，包括南非、匈牙利、美國、瑞士，現在在荷蘭，她被任命為由荷蘭共同主辦的聯合國 2023 年水資源會議的項目主任。她曾擔任跨國公司和大型工業用水用戶（如聯合利華、喜力和阿克蘇諾貝爾）的客戶經理。她熱衷於水和衛生問題，尤其是與婦女和青年有關的問題。Nathalie 在大會演講強調：「讓我們再也不要談論廢水，因為水不能浪費。」

Nathalie 在國際合作方面的經驗以及對衛生和性別問題的熱情，為我們圍繞包容性城市衛生的討論增加價值和深度，她在實現 SDG 6.2 領域的專業知識及所分享經驗，提供給各國水務機構參考，俾加強相關計劃的完整性，確保水環境之衛生。

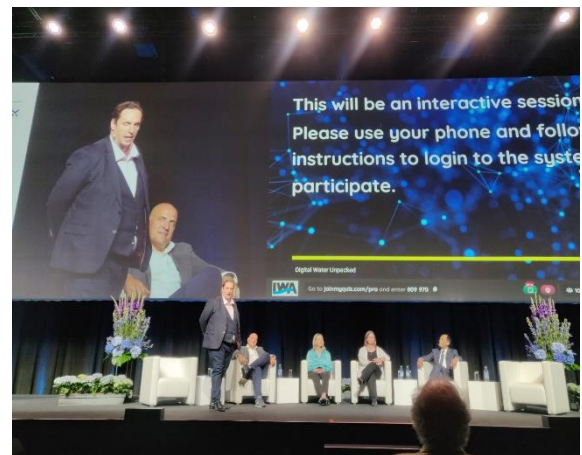
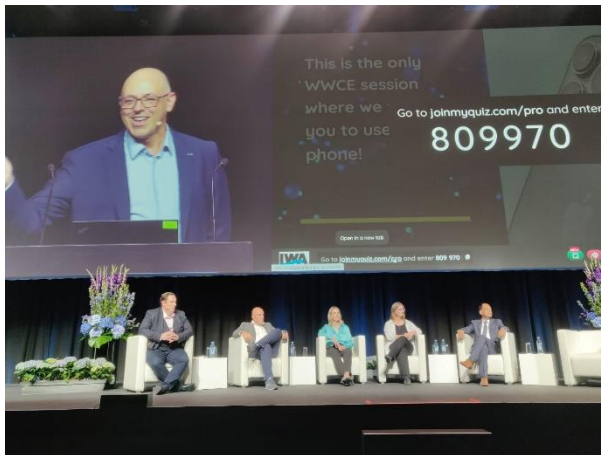
● 9月13(星期二)| 09:00 -09:50

1. 演講者：Dawn Martin-Hill, Chair in Indigenous Studies at McMaster University, Hamilton, Ontario, Canada
2. 題目：賦權社區研訂可持續的水資源解決方案—整合原住民知識 (Empowering Communities to Shape Sustainable Water Solutions – Incorporating Indigenous Knowledge)



Dawn 教授係文化人類學博士，是加拿大 McMaster 大學住民研究項目的創始人之一，亦是加拿大安大略省漢密爾頓市麥克馬斯特大學原住民研究系主任。她曾獲美國-加拿大富布賴特獎、原住民研究所聯盟頒發的傑出教學獎，並獲得了 SSHRC、CIHR 和安大略延齡草基金會的資助。她的研究包括：土著知識和文化保護、土著婦女和土著傳統主義的當代實踐，製作了三部關於歷史創傷、本土知識和傳統習俗的紀錄片。 Dawn 熱衷於社區賦權、可持續性和傳統環境保護實踐。最重要的是，她熱衷於分享融入本土知識的可持續水資源解決方案。 Dawn 教授談到了她在土著水知識和科學研究方面的經歷，在她的演講之後，舉行了一場水儀式，由邀請的原住民代表說明他們的國家、文化和水的重要性，然後由 IWA 主席 Tom Mollenkopf 主持研討，包括來自印度、格陵蘭和澳大利亞的原住民教授 Bradley Moggridge 以及非原住民澳大利亞 AWA 的主席 Louise Dudley， Bradley Moggridge 教授談到科學必須如何發展才能將傳統知識視為證據，因為土著人民有幾代人的經驗。

- 9月13(星期二)| 17:20 -18:10
  1. 演講者 1：Oliver Grievson, Chair of IWA’s Digital Programme, Technical Lead at Z-Tech Control Systems
  2. 演講者 2：Enrique Cabrera Rochera, Senior Vice President of IWA, Professor at Universitat Politècnica de València
  3. 題目：打開包裝的數位水務(Digital Water Unpacked)



Oliver Grievson 及 Enrique Cabrera Rochera 演講

Oliver 是一位經驗豐富的水務專家，在供水和廢水處理方面擁有豐富的經驗，管理從水資源、生產和分配到廢水收集和處理的整個水處理業務。近期，Oliver 加入 Z-Tech Control Systems 擔任技術主管，專注於水務 ICT 和數位化轉型，他熱衷於數位化、智能供水系統和技術，是 IWA 數位水計劃指導委員會主席。

Enrique Cabrera Rochera 是 IWA 資深副主席、西班牙 ITA-Universitat Politècnica de València 流體力學終身教授，專業於城市水管理和壓力水力學、水務績效評估、標竿管理、水務監管、水和能源以及水務資產管理相關議題。他在 ITA 工作重點是培訓水務專業人員（主要通過網路）、國際諮詢和顧問及新主題研究開發，目前也是 IWA 和 IWA Publishing 的董事會成員。

今年 IWA WWCE 上的數位水務會議，挑戰與會者思考什麼是數位水務和數位轉型，以及作為重要工具，如何為水行業做出貢獻。本項演講就「數位水務」進行研討，挑戰採用的必要性，並找出可持續發展目標及解決當前水務業面臨的氣候變化和淨零，將水務營運整合到智慧城市等概念中，並介紹數位水務相關規範、技術和術語，使水務人員深入了解「數位水」可能帶來的真正價值。

Oliver 指出“數位轉型這個概念已經存在了大約二十年，但現在水務業開始採用數位工具，並開始利用該概念並應用 它可以解決一些水務行業最嚴峻的挑戰，例如洩漏、污染管理和淨零競賽”，Enrique 亦指出“國際水務界支持更智能的水資源管理方法，水務部門需盡速進行數位化轉型，俾因應基礎設施老化、極端事件發生頻率增加、城市化和人口增長，以及不可預見的全球事件”。



● 9月14(星期三)| 09:00 -09:50

1. 演講者：Inês Breda, IWA YWP Denmark

Chapter /SILHORKO-EUROWATER A/S

2. 題目：團結青年水務人才(Uniting Youth for Water)



Inês Breda 演講

Inês Breda 是丹麥 Aalborg University and Skanderborg Forsyning A/S 博士，研究興趣在飲用水生物過濾技術的設計和運行、新型生物過濾設備操作以及通過物理化學和生物方法氧化錳。目前任職於 Grundos 公司子公司—Silhorko-EUROWATER A/S，擔任飲用水生產—生物過濾技術經理，對飲用水生產過濾技術有深入了解，對數據科學和國際合作充滿熱情。目前是 IWA 在丹麥 Young Water Professionals 的董事會成員和財務主管，亦是 IWA 專家—「飲用水處理廠設計運營和管理」小組董事會成員。

團結青年水務人才(YWP) 係 IWA 近年的一個重要策略方向，本屆 WWCE 比前幾屆的影響力更大，值得一提的是，本屆宣布了一項 IWA 前會長 Glen 和 Patty Daigger 捐助美金 100 萬成立的「水務青年領導者基金」，以團結及鼓勵青年人才投入水務行業。

● 9月14(星期三)| 17:20 -18:10

1. 演講者：Paul O’Callaghan， CEO BlueTech Research
2. 題目：學會在雨中跳舞—如何在氣候變化的時代茁壯成長  
(Learning to Dance in the Rain — How to Thrive in an Era of Climate Change)



### Paul O’Callaghan 博士演講

Paul 在荷蘭 Wageningen University 取得水創新博士，是專注於全球水資源創新情報公司—BlueTech Research 的創始人兼首席執行官，因 Paul 觀察到將水技術推向市場所花費的時間很長，故於 2011 年創立 BlueTech 以支持創新。他新完成”Brave Blue World” 紀錄片，俾提高對解決水危機的現有方案認識。Paul 的演講著眼於可再生水系統的路徑，以協助”冷卻”地球。

Paul 的演講係以在 BlueTech 工作的案例研究為特色，這些案例與來自世界各地的水務公司、技術供應商和最終用戶相關聯。探討溝通和講故事的作用，以重新將人們與他們的供水系統聯繫起來，並啟動一場讓人們感到自己擁有代理權的運動。環保運動易引起恐慌，因經常使用“另類語言”，使人們感到脫節、孤立和因環境焦慮而內疚，演講的最終目的是重新發現水的神奇之處，並找到讓人們愛上水的方法。

● 9月15(星期四)| 09:00 -09:50

1. 演講者：Gertjan Medema, Principal Microbiologist at KWR and Professor of Water & Health at Delft University of Technology, Netherlands
2. 題目：廢水病毒傳播：來自下水道的大流行信號(Wastewater Gone Viral: Pandemic Signals From the Sewers)



Gertjan Medema 演講

Gertjan Medema 教授是荷蘭 KWR「水研究所」首席微生物學家，Delft 大學「水與健康」教授，亦為美國密歇根州立大學「傑出漢娜客座教授」，他的研究重點是了解水系統傳播傳染病和抗菌素耐藥性及如何預防這種情況。這包括開發檢測和去除水中病毒、細菌、寄生蟲和抗菌素耐藥性等病原體的方法，對水系統的健康影響進行定量微生物風險評估和流行病學研究，並為安全水的設計提供建議制度和政策。他近年發起了廢水的 COVID-19 流行病學研究。Gertjan 教授亦是 KWR 與 WHO 合設的「水質與健康」中心主任，並就水和水再利用的微生物安全以及廢水監測向 WHO 和歐盟委員會提供建議。

在 COVID-19 流行後，有 70 多個國家/地區在下水道中發現 COVID-19 的存在，因此廢水監測提供了病毒出現的早期預警，包括新的關注變種，提醒衛生當局和公眾注意。相較傳統公衛監測方式，廢水更具普遍性和客觀，是公共衛生的寶貴信息來源，現在是改變大流行病防範和健康監測機會的時候了。



## 2.5 高峰 (Summit) 會議及論壇

IWA WWCE 大會整合數個跨主題的高峰 (Summit) 會議及論壇，特別著重數位水務 (Digital Water)、公用事業管理 (Utility Management)、循環經濟 (Circular Economy)、氣候變遷調適 (Climate Change Adaptation) 等主題。在這些主題之下，安排了如下論壇及峰會：

- 10 September 2022 | 09.00 – 15.00

專家組 (SG) 領導者論壇 (SPECIALIST GROUPS (SG) LEADERS FORUM)



IWA 針對各項涉及水務的專業成立了 50 個「專家小組 (Specialist Group, SG)」，包括 Advanced Oxidation Processes、Anaerobic Digestion、Assessment and Control of Hazardous Substances in Water、Benchmarking and Performance Assessment、Biofilms、Chemical Industries、Design Operation and Costs of Large Wastewater Treatment Plants、Design, Operation and Maintenance of Drinking Water Treatment Plants、Diffuse Pollution and Eutrophication、Disinfection、Efficient Urban Water Management、Environmental Engineering Education、Forest Industry、Groundwater Restoration and Management、Health Related Water Microbiology、Hydroinformatics、Institutional Governance and Regulation、Instrumentation, Control and Automation、Intermittent Water Supply、Lake and Reservoir Management、Marine Outfall Systems、



Membrane Technology、Metals and Related Substances in Drinking Water、Microbial Ecology and Water Engineering、Modelling and Integrated Assessment、Nano and Water、Non-Sewered Sanitation、Nutrient Removal and Recovery、Odours and Volatile Emissions、Particle Separation、Pretreatment of Industrial Wastewaters、Public and Customer Communications、Rainwater Harvesting & Management、Resources Oriented Sanitation、Sanitation and Water Management in Developing Countries、Sludge Management、Small Water and Wastewater Systems、Statistics and Economics、Strategic Asset Management、Sustainability in the Water Sector、Tastes, Odours, and Algal Toxins in Drinking Water、Resources and Aquaculture、Urban Drainage、Wastewater Pond Technology、Water and Wastewater in Ancient Civilizations、Water Loss、Water Reuse、Water Safety Planning、Water Security and Safety Management、Watershed and River Basin Management、Wetland Systems for Water Pollution Control」，是志同道合的 IWA 成員交流和分享知識的主要機制之一。它們構成了推動水行業創新的科技內容開發的重要引擎，亦是國際網絡、共享信息和技能以及建立專業和業務聯繫的有效方式。

鑑於水務業朝著更高的複雜性和互連性發展，SG 變得更加相互依賴以促進協作，SG 有自己的會議和其他會議計劃，以及定期的時事通訊，SG 成員藉網路促進個人會員間的互動，並創造產生想法和尋求合作夥伴關係的機會，此次大會為各專家小組領導人舉行論壇，為 SG 領導人提供一個獨特的面對面機會，讓他們可以相互交流並與 IWA 秘書處交流，討論與 IWA 發展策略相關的問題：與其他 SG 的合作、後新冠後 SG 的未來規劃、如何促進網路學習、宣達 IWA 的各項政策、活動與 IWA 會員和 SG 管理層的溝通等議題，也利用機會邀請 IWA 會員加入各專家群，以增加專家群的活力及影響力，俾更好地為水行業做出貢獻。

● 12 September 2022 | 10:30 – 17:15

## IWA 高層峰會(IWA High-Level Summit)



本屆 IWA 高層峰會主題是「智慧宜居城市的伙伴關係—水是關鍵氣候行動和可持續發展目標」，共有三個 Section，分別由 IWA 現任主席 Tom Mollenkopf、前任主席 Diane D' Arras 及丹麥水協：Carl-Emil Larsen 主持，本屆峰會強調可以提供幫助的行動機會，確保城市進步。以案件為重點，它將促進高級別的貢獻和辯論，主題圍繞：水務部門融資、水務治理、夥伴關係！

建立夥伴關係對於辨識、發展和提供回饋和創新解決方案，甚為重要，共識建立和多方利害關係人方法(Multistakeholder approaches) 有助整體解決方案，這就是為什麼全球合作，包括夥伴關係是 SGD17 的重點所在，此次峰會將為 IWA 推動全球水資源最佳實務的努力提供資訊，並推動其發展，為可持續、具韌性和宜居的城市做出貢獻。峰會案例將來自世界各地，以反映不同的需求和存在的情況，論壇將整合政府監管部門首長、城市和公用事業的聲音，以及學術界等其他合作夥伴的聲音和業務。

## 地下水論壇(Groundwater Forum)

地下水約佔地球淡水儲量的 97%，丹麥全國自來水幾乎全部取自地下水，故本屆 IWA WWCE 特別由丹麥首都地區和 ATV 土壤與地下水基金會主辦「地下水論壇」，旨在倡導地下水的開採對於實現聯合國 2030 年 SDG 至關重要，且為所有人提供安全飲用水，目前，全球對地下水開採量為 960,000 Mm<sup>3</sup>/年，其中約 70% 用於氣候乾燥國家的農業灌溉。

論壇主題：地下水管理、地下水可持續性、地下水水質保護，演講者強調挑戰和可持續地下水開採的解決方案，量化地下水可持續性，新興的風險評估污染物、地下水數據共享等。論壇一致認為，在適應氣候變化的背景下，地下水資源對於加強人類供水安全至關重要，然而，要確保這一重要水資源，就需要採取物理可持續性和質量保護方面的「地下水管理行動」。考慮到大多數含水層系統的巨大自然儲量以及人類時間尺度內動態穩定的地下水開採，在某些情況下還包括潛在污染源之新挑戰。在討論中，確保地下水可持續性的行動在發展中國家/城市和發達國家之間存在明顯分歧，需要採取“雙軌”方法。論壇和研討會達成共識，這有助於為不斷變化的世界中城市地下水管理的全球診斷框架的準備。

Table 1 : Global Diagnosis of Principal Urban Groundwater Management Needs in a Changing World

	GROUNDWATER ISSUE	UNDERLYING FACTORS/CAUSES	POSSIBLE SOLUTIONS	INSTITUTIONAL ACTORS
DEVELOPING CITIES ↑ ↓ DEVELOPED CITIES	City Waterwell Pollution	<ul style="list-style-type: none"> <li>predominantly from inadequate design and excessive density of in-situ sanitation systems</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>modify in-situ sanitation design to reduce ground pollution</li> <li>selective introduction of mains sewerage systems</li> <li>identify new deeper groundwater sources</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>water utility</li> <li>regulatory agency</li> <li>public health agency</li> </ul>
	City Falling Groundwater Levels	<ul style="list-style-type: none"> <li>excessive public and/or private waterwell abstraction</li> <li>differential settlement of building foundations</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>enhance proportion of imported utility water-supply</li> <li>harmonise private waterwell use with utility water-supply</li> <li>introduce managed recharge schemes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>water utility</li> <li>regulatory agency</li> <li>local government</li> </ul>
	Resource Use to Improve Water-Supply Security	<ul style="list-style-type: none"> <li>groundwater use is key to resilient water-supply for climate-change adaptation but needs sustainable management and effective protection to fulfil this role</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>water utility</li> <li>regulatory agency</li> </ul>
	Peri-Urban Wellfield Development & Protection	<ul style="list-style-type: none"> <li>identify principal catchment areas of main wellfields and protect the quality of their recharge by agreement with local farmers and/or public land acquisition, and by detailed monitoring of potential point sources of groundwater pollution</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>water utility</li> <li>regulatory agency</li> </ul>
	City Rising Groundwater Levels	<ul style="list-style-type: none"> <li>causing excessive sewer inflows, basement flooding, etc</li> <li>abandoning downlawn waterwell use on quality or demand grounds</li> <li>recharge from water-mains leakage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>reduce water-supply distribution losses</li> <li>reintroduce waterwell pumping for secondary uses according to quality</li> <li>improve subsurface construction to resist groundwater inflows</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>water utility</li> <li>regulatory agency</li> <li>local government</li> </ul>
	Industrially-Contaminated Land Legacy	<ul style="list-style-type: none"> <li>historically poor industrial practices with extensive areas generating groundwater pollution plumes and/or surface hazards</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>surveying to map affected areas of land</li> <li>selective remediation or detailed monitoring in cases where major threat to groundwater quality or surface land-use</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>water utility</li> <li>public health agency</li> <li>local government</li> </ul>



- 13 September 2022, 10.30 – 15:00

## 新興水務領導者論壇(Emerging Water Leaders Forum)



本論壇是一個開放平台，供年輕和新興的水資源領袖與同行合作，開始規劃他們將領導的水行業的未來。今年論壇的主題是「水行業面臨的挑戰以及作為年輕水專業人士如何發揮影響力」，邀請參與者在同行之間討論和設計解決方案，以應對重大挑戰。本論壇探索和分享跨地區和跨背景的水挑戰、為來自不同背景的志同道合年紀低於 35 歲年輕水務專業人員 (Young Water Professional, YWP) 建立協作平台，以激勵 YWP 解決水問題，並確定解決未來水問題所需的技能，提供機會可供年輕水務專業人士表達想法和觀點，並將復雜的問題分解成更小的組成部分，學習解決問題的技能。論壇議題 1. 破冰：為 YWP 提供一個機會，讓他們在會議開始時會面、建立聯繫並彼此融洽相處，YWP 主席將介紹委員會過去兩年的活動最新情況。2. 代際對話：邀請 1 位 YWP，1 位資深專業人士介紹與 YWP 相關的挑戰。3. 世界咖啡館：每位 YWP 分享他們的工作挑戰經驗和故事，鼓勵反思他人的經驗，並為可以採取的行動制定計劃，以對他們的挑戰產生有意義的影響，鼓勵 YWP 在會議上識別並聯繫可以幫助他們實現目標的人。

- 13 September 2022, 10:30 – 17:15

### 工業用水用戶論壇(Industrial Water Users Forum)



據聯合國統計，工業用水約佔全球取水量之 22%(從到高收入國家的 59%~低收入國家的 8%)，IWA 首次於世界水大會暨展覽會舉辦此專門的工業用水用戶論壇(Industrial Water Users Forum)，希望通過更好的水資源管理，可以減少工業用水對環境的影響，還可以滿足社會對清潔水的需求，同時也改進工藝性能並最終降低成本。因此，目前對於工業用水的投資似乎仍在增加，新時代“水管理的新典範”正在取得進展。

本屆大會設立「工業用水用戶論壇」目的在交流意見，以及以可持續方式緩解和克服與水有關的挑戰的方法。論壇係邀請來自食品和飲料等用水密集型行業的代表、零售商、消費者組織、從事水研究和技術解決方案的學者、非政府組織、水務技術顧問、水管理和技術解決方案之供應商等。論壇議題：對水資源管理的看法、從可持續發展目標到監管之激勵措施、可持續工具和應用(包括水效率和水的再利用)



● 13 – 14 September 2022, 10:30 – 17:15

### 公用事業領導者論壇(Utility Leaders Forum)



IWA 組織的公用事業領導者論壇 (ULF) 是公用事業領導者會面、擴展網絡和與來自世界各地的公用事業領導者交流知識的絕佳平台，同時強化了 IWA 內的公用事業專家小組運作，本屆 2022 ULF 在丹麥哥本哈根的 IWA WWCE 舉行兩天。

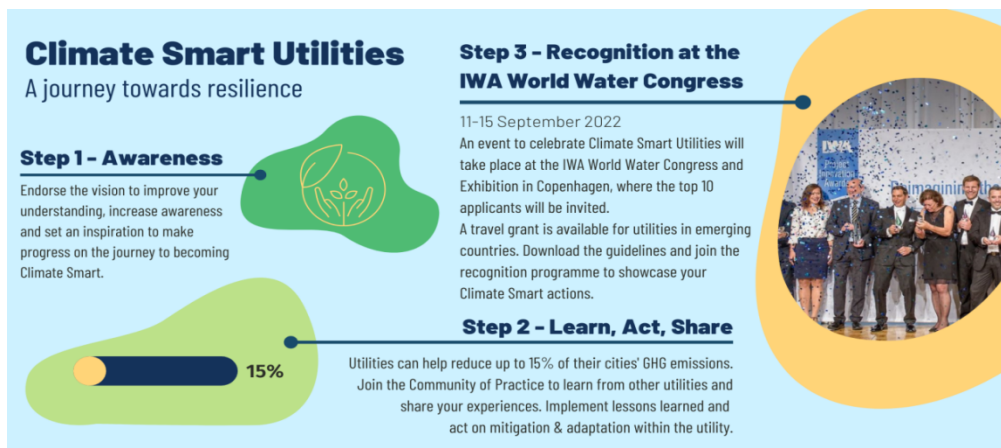
在論壇期間感受論壇會議室內的氣氛，並聆聽 250 名與會者的討論，留下了一個清晰的印象，那就是 ULF 設立的目的得到實現。建立全球公用事業領導者關係是真正的意義所在，如果仔細想像一下，倘參與者都與他們回家後在論壇上遇到的一個人建立聯繫，那麼影響實際上是相當大的，此有助於提高民眾對公用事業所發揮作用的認識，尤其是在必須應對氣候變化和國際不穩定的關鍵時刻。

ULF 主要研討有關緊急和全球公用事業問題的五項議題:1.公用事業如何成為社區領袖、2.加速創新、3.因應氣候變遷而發展、4.生活在數位世界、5.氣候智能型公用事業。

■ 14 September 2022, 13:30 – 15:00 氣候智能型公用事業認可計劃(The Climate Smart Utilities Recognition Programme)

氣候智能型公用事業認可計劃是 IWA 「公用事業領導者論壇」之部分，旨在激勵公用事業及其所有利益相關者向氣候智能型轉型，並在三個相互關聯的行動支柱上接受文化轉變：適應-增強面對氣候變遷的韌性、減緩-減少溫室氣體排放和領導力-成為地方、國家和國際層面的領導者。IWA 提出「氣候智能型公用事業倡議 (Climate Smart Utilities Initiative)」，邀請已經採取任何類型的氣候智能型行動的公用事業，申請 IWA 氣候智能型認可計劃，透過三個迭代步驟來推動：

1. 提高意識：IWA 目前通過廣泛邀請公用事業和 IWA 成員支持氣候智能型公用事業願景，IWA 還提供一系列網絡研討會、出版物和資源網絡平台。
2. 採取行動：IWA 通過描述理想的氣候智能型公用事業，啟發及鼓勵各國水務單位及公用事業參與，並提供應用指南，IWA 還通過實踐社區會議和網絡平台提供點對點交流。
3. 慶祝和分享正在進行的工作：在本屆 2022 年 IWA 世界水大會暨展覽會上慶祝和分享正在進行的工作，應用公用事業公司在本次大會上分享他們的成功故事和挑戰。這有助於提高關鍵利益相關者對轉型的認識，並激發公用事業的行動，循環回到步驟的第 1 步和第 2 步。





首屆參與「氣候智能型公用事業認可計劃」的單位，於2022年7月截止收件，收到了來自34個國家和2個地區的56份申請，說明了該計劃的全球影響力，該計劃已收到來自阿根廷、澳大利亞、比利時、巴西、布吉納法索、智利、中國、捷克共和國、丹麥、埃及、伊索比亞、斐濟、法國、德國、宏都拉斯、印度、意大利、澳門、馬拉威、墨西哥、荷蘭、奈及利亞、挪威、巴基斯坦、巴勒斯坦、秘魯、菲律賓、塞內加爾、索馬里亞、西班牙、烏干達、英國、美國和葉門，這些申請計畫代表了各國受氣候變遷影響的現況和背景。

所提交的申請內容將由一個獨立的小組進行評估，以確定所分享故事中鼓舞人心的部分，並就已採取、計劃或仍有待解決的行動，向公用事業單位提供直接反饋，首屆慶祝「氣候智能型公用事業」的表彰活動於2022年9月14日下午在IWA WWCE「公用事業領導者論壇」上舉行，總共有42項計畫受到表揚。





## Climate Smart Utilities – Recognition Programme Results, August 2022

Alphabetical Order

Organisation	Country
Aarhus Vand	Denmark
Addis Ababa Water and Sewerage Authority (AAWSA)	Ethiopia
Agua y Saneamientos Argentinos (AySA)	Argentina
Aguas Andinas	Chile
Aguas de Puerto Cortes S.A. de C.V.	Honduras
Aigües de Barcelona	Spain
Aqualia	Spain
Aquapolo Ambiental S.A.	Brazil
Barwon Water	Australia
Beijing Capital Eco-Environment Protection Group Co., Ltd.	China
Beijing Drainage Group Co., Ltd. (BDG)	China
Bergen Water	Norway
Canal de Isabel II	Spain
Chongqing Sino French Tangjiatuo Wastewater Treatment Company	China
De Watergroep	Belgium
Dunea Duin & Water	Netherlands
Eau de Paris	France
EPS SEDACUSCO S.A.	Peru
ESSBIO S.A.	Chile
GORI S.p.A.	Italy
Grenoble-Alpes Métropole	France
HOFOR AS	Denmark
Holding Company for Water and Wastewater (HCWW)	Egypt
Igua Saneamento SA	Brazil
Kaduna State Water Corporation (KADSWAC)	Nigeria
Macao Water Supply Company Limited	Macao
Manila Water Company, Inc.	Phillippines
National Water and Sewerage Corporation (NWSC)	Uganda
Obras Sanitarias Mar del Plata Sociedad de Estado (OSSE)	Argentina
Prague Water	Czech Republic
Rennes Metropole	France
San Francisco Public Utilities Commission (SFPUC)	USA
Severn Trent	UK
Shanghai Chemical Industry Park Sino French Water Development Co., Ltd.	China
SITRATA	Mexico
South East Water	Australia
Ruhrverband	Germany
United Utilities	UK
Vestfjorden Avløpsselskap (VEAS)	Norway
Veolia Eau d'Ile de France	France
Water Authority of Fiji (WAF)	Fiji
Yarra Valley Water	Australia

● 14 September 2022

## IWA 創新者平台(Innovators Platform)



水務業通常被認為是保守、謹慎甚至抵制創新的行業，水務業缺乏创新的主因是：領先的科學技術研究與水務公司、城市和河川流域的管理實況間存在「脫節」問題，實際上可應用創新來解決水資源管理面臨的挑戰，一般認知是儘管想法、技術和運營能力不斷增加，但現實只利用了創新的一小部分。為了支持和加速創新在水務行業的推展，IWA 認為需要促進和供需範圍內的知識共享和協作，整合技術製造商、大學科研機構、自來水事業、監管機構、用戶、技術顧問公司、非營利研究人員等，協助科學家和工程師，從技術或工藝的開發，轉向提供有效和可持續的解決方案，因此「創新者平台」旨在激勵創新者進行創新，彌合鴻溝，幫助公用事業公司辨識創新的技術，從中學習、適應和擁抱改變。

所指「創新」可以是技術改進、最佳作業實務、組織結構和流程、管理、法規和政策、融資以及業務和服務模型改進，理想上，創新可在實踐和流程中得到整合和實施。本質上講，創新非僅創造新事物的過程—實是新事物的影響，不僅要對供水系統產品進行創新，還意味著對產品背後的人員、流程和技術進行創新。IWA 提供平台，展示應對水資源挑戰的創新解決方案，從供應到需求策劃和融合創新，以分享和促進進水管理的新想法和方法；面對全球變化壓力，成為可持續水解決方案創新的信息和參考來源。

- 14 – 15 September 2022, 10:30 – 15:00

## 水務監管論壇(Water Regulators Forum)



IWA 水務監管論壇 (International Water Regulators Forum , IWRF), 是 IWA 全球水監管機構網絡的國際會議，它聚集了監管機構的高級代表和對提供水、衛生設施和廢水處理服務具有監管和監督職能的機構官員，迄今為止，IWRF 已成功在里斯本（2014 年）、倫敦（2015 年）、布里斯班（2016 年）、布宜諾斯艾利斯（2017 年）、東京（2018 年），2021 年以網路會議進行，參加之國家/地區的監管機構遍布各大洲 90 多個區域的 120 多個監管機構，成為 IWA 引以為豪的全球水務監管機構網絡之一，2022 年是第七屆，研討主題：「在自然、社會和經濟不確定時期，如何強化監管供水服務。」

論壇係以高度互動的會議討論方式進行，這些會議結合了簡短的鼓舞人心的演講和由演講者主持的圓桌討論。圓桌討論為與會者和發言人提供了一個機會，可以詳細分析和討論每個主題，分享比較經驗，解決提出的問題，並提出一項或多項建議供全體會議審議，論壇包括 5 個 Section，討論當前的監管挑戰和監管機構，其中涉及敏感議題者，僅限監管機構應邀參加，其餘 Section 可向一般參加者開放。論壇於大會閉幕前結束，屆時將提出總結論並提出建議，提供利益相關單位參考，該論壇由多元且積極進取的委員會指導，委員會係由 IWA 水務監管機構專家小組成員組成。





- 13 September 2022 | 13:00-14:30

## Primewater Meeting



PrimeWater 是歐盟資助的 Horizon2020 計畫的研究項目，旨在運用衛星科技，藉由先進地球觀測 (EO) 技術數據產品為基礎，與高度複雜的動態系統建模相結合，研究有關水源上游變化對未來水質和水量影響的資訊，提供水質和水量的高端監測和預報資訊，俾水務專業人員根據數據做出快速決策，以低成本實現合規性，並改善日常運營績效，為公共和私營部門的水資源管理決策提供了更好的和可操作的資訊。本次會議特別邀請四個國際案例研究（歐洲、美國和澳大利亞），從不同角度探討、如何將 EO 技術應用於水循環管理、水源管理、環境保護和飲用水供應及 PrimeWater H2020 項目框架內，以增強情境智能、增強預測和預警能力、加強水資源的適應性管理，俾更好地管理水質問題。

## 2.6 大會其他主題每日議程

近年全球(含台灣)相當重視新興污染物議題，IWA 大會安排這多個議程來進行論文發表，顯示新興污染物議題廣受重視的程度，此次大會與新興污染物相關主題有關的議程，包括「Future Challenges for Removal of Micropollutants in Wastewater Treatment Plants」、「Water Reclamation for Non-Portable Reuse」、「Micropolastics as Emerging Contaminants of Concern」、「PFAS as Emerging Contaminants of Concern」、「Micropollutants as Emerging Contaminants of Concern」、「Pharmaceuticals as Emerging Contaminants of Concern」、「Emerging Contaminants (PFAS, Pesticides and Others)」、「Emerging Pathogens and their Management in Drinking Water and Water Reuse」、「Health Risk Assessment of Antimicrobial Resistance in Water Systems」、「Microbial, Chemical, and By-product Risk Assessment」、「Microplastics in Wastewater and Biosolids」等議程。

每個會場都擠滿與會者，一些進不了會議室的與會者只能在門外聽講。除此外，在奈米污染物 (Nanomaterial)、高級氧化 (AOPs)、生物處理及人工濕地等相關議程亦有多篇論文探討新興污染物評估及控制之議題，本屆國際水協會世界水大會每日議程概況，詳表二。





表 2 國際水協會世界水大會每日議程概況

Monday 12 September									
SCHEDULE	A2	A3	C0	C1	C2	C3	B5 a	B5 b	B4 a
09:00 - 09:50	CONGRESS HALL A1 — KEYNOTE PLENARY — Prof Rohit T Aggarwala								
BREAK 09:50 - 10:30	HIGH-LEVEL SUMMIT	GROUNDWATER FORUM I	NATURE BASED SOLUTIONS WORKSHOP	NEXT GENERATION WATER ACTION	WORKSHOP 5.8 The art of collaboration: crossing borders to solve systems-based problems	TECHNICAL 2.1.2-1 Anaerobic digestion and enhanced performance	TECHNICAL 2.5.1 Sewer corrosion and odour management	TECHNICAL 3.1. Technologies and operations - I	TECHNICAL 3.12 Water management: source to consumer
SESSION 1 10:30 - 12:00									
LUNCH 12:00 - 13:30	HIGH-LEVEL SUMMIT	GROUNDWATER FORUM II	AQUARATING WORKSHOP		WORKSHOP 1.1 Nature-based Solutions — a way to make our cities circular	TECHNICAL 2.1.2-1 Anaerobic digestion and enhanced performance	TECHNICAL 2.1.4-2 Biofilm reactors	TECHNICAL 3.2. Technologies and operations - II	WORKSHOP 6.5 Earth observation for water management - building a community of practice
SESSION 2 13:30 - 15:00									
BREAK 15:00 - 15:45	HIGH-LEVEL SUMMIT	GROUNDWATER FORUM III	PROFESSOR GUSTAF OLSSON Festschrift presentation and legacy lecture	TRANSFORMING RESEARCH RESULTS INTO INNOVATION UPTAKES	TECHNICAL 6.4 Surface water issues related to ecosystem, recreation, drinking water source and monitoring	TECHNICAL 2.1.2-2 Improved anaerobic process	TECHNICAL 2.1.5 Membrane bioreactors and fouling control	TECHNICAL 3.5. Decentralised solutions and potable water reuse	WORKSHOP 3.5 Prevention and management of taste-and-odour events in supplies
SESSION 3 15:45 - 17:15									
17:30 - 18:20	CONGRESS HALL A1 — KEYNOTE PLENARY — Nathalie Olijslager								
B4 b	B4 c	B4 d	B3 a	B3 b	B3 c	B3 d	B3 e	B3 f	B3 g
CONGRESS HALL A1 — KEYNOTE PLENARY — Prof Rohit T Aggarwala									
TECHNICAL 5.1 Bottom-up resilience planning across the water cycle	WORKSHOP 5.6 Young water entrepreneurs: entrepreneurship as a way to bridge research and practice	TECHNICAL 1.12 Infrastructure rehabilitation	TECHNICAL 1.21 Integrated digital water utility	TECHNICAL 4.4.3 Microbial and chemical risks for city planning	WORKSHOP 4.1 The role of water and wastewater utilities in supporting Sustainable Development Goals	WORKSHOP 2.1 Future challenges for removal of micropollutants in wastewater treatment plants	TECHNICAL 2.2.1-1 Water reclamation for non- potable reuse	TECHNICAL 2.3.2-1 Advanced oxidation processes - group 1	WORKSHOP 1.3 Addressing water shortage mitigation in the mediterranean region
TECHNICAL 5.2 Incentives and drivers to enable change	TECHNICAL 4.4.8 Innovative modelling tools for urban water systems	WORKSHOP 1.2 Methodology and context for quantifying your sewer methane	TECHNICAL 1.19 Digital business management approaches at utility scale	TECHNICAL 4.4.2 Drivers and hazards at city scale	WORKSHOP 4.2 Evaluation criteria and approaches for tools in NbS planning	TECHNICAL 2.5.3-1 - Wastewater epidemiology: SARS- CoV-2	TECHNICAL 2.2.1-2 Water reclamation for non- potable reuse	TECHNICAL 2.3.2-2 Advanced oxidation processes - group 2	TECHNICAL 1.18 Utility responses and adaptation to climate change impacts
WORKSHOP 5.1 How the water industry can support women internationally	TECHNICAL 1.3 New services and perspectives for water utilities	TECHNICAL 1.13 Sewer overflow management at utility level	TECHNICAL 1.20 Utility-scale data collection, visualisation and utilisation	TECHNICAL 4.4.5 Flood risk management	WORKSHOP 4.3 Nature-based Solutions for climate- resilient cities in developing countries under change	TECHNICAL 2.5.3-2 Wastewater epidemiology: ARGs, SARS-CoV-2 and other pathogens	TECHNICAL 6.5 Technical achievements for surface water control	WORKSHOP Water Security and Sanitation Challenges in the Small Island States	WORKSHOP 1.3 Innovative Approach to Nature- based Solutions for urban climate resilience
CONGRESS HALL A1 — KEYNOTE PLENARY — Nathalie Olijslager									

Tuesday 13 September									
SCHEDULE	A2	A3	C0	C1	C2	C3	B5 a	B5 b	B4 a
09:00 - 09:50	CONGRESS HALL A1 — KEYNOTE PLENARY — Dawn Martin-Hill								
BREAK 09:50 - 10:30	UTILITY LEADERS FORUM I	FORUM FOR INDUSTRIAL WATER USERS I	EMERGING WATER LEADERS FORUM I	INCLUSIVE URBAN SANITATION 1	WORKSHOP 5.3 Putting cross-border collaboration into practice	WORKSHOP 2.2 BioCluster workshop — microbial ecology in water engineering: from theory to practice	TECHNICAL 2.4.2-1 Biosolids management & reuse	TECHNICAL 3.3 Groundwater based production - I	TECHNICAL 3.13 Water management in diverse contexts
SESSION 1 10:30 - 12:00									
LUNCH 12:00 - 13:30	UTILITY LEADERS FORUM II	FORUM FOR INDUSTRIAL WATER USERS II	EMERGING WATER LEADERS FORUM II	INCLUSIVE URBAN SANITATION 2 (DEI)	WORKSHOP 1.4 Developing consensus and good practices for digital twin applications A	TECHNICAL 2.1.6 Microbial ecology (communities, meta-omics)	TECHNICAL 2.4.2-2 Biosolids management & reuse	TECHNICAL 3.4 Groundwater based production - II	WORKSHOP 6.5 Coordinated management from source to sea - in the baltic sea and other basins
SESSION 2 13:30 - 15:00									
BREAK 15:00 - 15:45	UTILITY LEADERS FORUM III	FORUM FOR INDUSTRIAL WATER USERS III	WATER SAFE CITIES	ADVANCEMENTS IN NON-SEWERED SANITATION	WORKSHOP 1.4 Developing consensus and good practices for digital twin applications B	TECHNICAL 2.1.3a Activated sludge processes: microbial community dynamics	TECHNICAL 2.4.3-4 Microplastics as emerging contaminants of concern	TECHNICAL 3.8 Nonrevenue water, leakage management and intermittent water supply	WORKSHOP 3.2 Alleviating water scarcity using groundwater: the role of knowledge exchange through international cooperation
SESSION 3 15:45 - 17:15									
17:30 - 18:20	CONGRESS HALL A1 — KEYNOTE PLENARY — Oliver Grievson and Enrique Cabrera Rochera								
B4 b	B4 c	B4 d	B3 a	B3 b	B3 c	B3 d	B3 e	B3 f	B3 g
CONGRESS HALL A1 — KEYNOTE PLENARY — Dawn Martin-Hill									
TECHNICAL 5.3 Enabling health, well-being and liveability outcomes	WORKSHOP 5.7 Creating an effective innovative eco-system. How the UK enhances & enables innovation and what we can continue to learn	TECHNICAL 1.9 Asset management and optimisation innovation	TECHNICAL 1.5 Utilities water reuse throughout the water cycle	TECHNICAL 4.4.1 Data driven modelling at city scale	WORKSHOP 4.4 Tapping the value of urban drainage systems (UDS) data	TECHNICAL 2.4.3-1 PFAs as emerging contaminants of concern	TECHNICAL 6.1 Groundwater holistic approaches and regulation for water security	TECHNICAL 2.3.3 Nanomaterials and nanotechnology	TECHNICAL 1.6 Sustainable utility management - the Nordic experience
TECHNICAL 5.4 Partnerships and cooperation in and beyond the water sector	WORKSHOP 1.5 Research to technology - turning high impact research into breakthrough technology	TECHNICAL 1.10 Asset management and optimisation modelling	WORKSHOP 1.5 How to build integrative, regional strategies for responsible water reuse?	TECHNICAL 4.4.4 Planning in respect of nature impacts	WORKSHOP 4.5 Exploring framework conditions for utilities to reduce GHG emissions	TECHNICAL 2.4.3-2 Micropollutants as emerging contaminants of concern	TECHNICAL 6.2 Groundwater management - key's to SDGs	TECHNICAL 6.6 Strategic digital control of water management	TECHNICAL 1.7 Sustainable utility management
WORKSHOP 5.2 Towards climate smart utilities	TECHNICAL 6.7 Water stress, droughts and floods, including impact of climate change	TECHNICAL 1.11 Asset management and optimisation case studies	WORKSHOP 1.2 On-site reuse of water across the world	TECHNICAL 4.4.9 Pollution of urban water: monitoring, modelling, and controlling	WORKSHOP 4.9 Groundwater management for climate change adaptation considering the interaction between infrastructure and groundwater	TECHNICAL 2.4.3-3 Pharmaceuticals as emerging contaminants of concern	WORKSHOP 2.3 High value products based on carbon in wastewater - how do we select and is it sustainable?	TECHNICAL 6.3 Groundwater — resilience approaches	TECHNICAL 1.8 Greenhouse gas emissions in Denmark
CONGRESS HALL A1 — KEYNOTE PLENARY — Oliver Grievson and Enrique Cabrera Rochera									

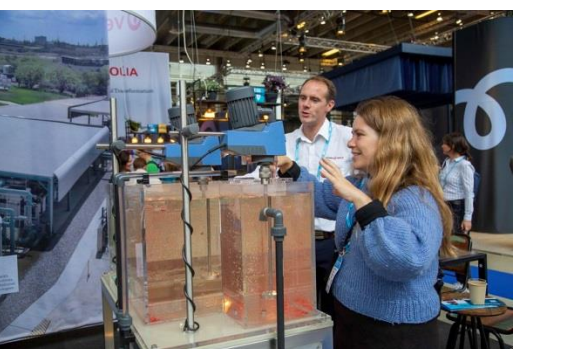
Wednesday 14 September									
SCHEDULE	A2	A3	C0	C1	C2	C3	B5 a	B5 b	B4 a
09:00 - 09:50	CONGRESS HALL A1 — KEYNOTE PLENARY — Farokh Laqa Kakar								
BREAK 09:50 - 10:30	UTILITY LEADERS FORUM IV	REGULATORS FORUM I	AFRICA BUSINESS FORUM	INNOVATORS PLATFORM I	WORKSHOP 1.4 Skills for a digital water future	TECHNICAL 2.1.3b Activated sludge processes: the nitrogen cycle	TECHNICAL 2.6. Digital tools for wastewater process optimisation	TECHNICAL 3.6 Emerging contaminants (PFAs, pesticides and others) - I	TECHNICAL 3.14 Digital water
SESSION 1 10:30 - 12:00									
LUNCH 12:00 - 13:30	UTILITY LEADERS FORUM V	REGULATORS FORUM II	Upscaling Faecal Sludge and Septage Management (FSSM) to City Wide Inclusive Sanitation (CWIS): Experience from India (state of Uttar Pradesh) and Global South	INNOVATORS PLATFORM II	TECHNICAL 6.11 Circular economy 1	TECHNICAL 2.1.1-1 Innovative mainstream wastewater treatment	TECHNICAL 2.6 Data-driven tools for wastewater treatment processes	TECHNICAL 3.6 Emerging contaminants (PFAs, pesticides and others) - II	WORKSHOP 3.3 Health risk assessment of antimicrobial resistance in water systems
SESSION 2 13:30 - 15:00									
BREAK 15:00 - 15:45	LATIN AMERICA DAY AT THE 2022 IWA WORLD WATER CONGRESS	REGULATORS FORUM III	NFSSM WORKSHOP: Collaborative Approach to Resilient and Inclusive City Sanitation: Best Practices for a Multi-stakeholder Ecosystem	INNOVATORS PLATFORM III	TECHNICAL 6.12 Circular economy 2	TECHNICAL 2.1.1-2 Optimisation and control of nutrient removal	TECHNICAL 2.3.1 Membrane applications in wastewater management	TECHNICAL 3.9 Emerging pathogens and their management in drinking water and water reuse	WORKSHOP 3.2 Groundwater as a sustainable supply resource
SESSION 3 15:45 - 17:15									
17:30 - 18:20	CONGRESS HALL A1 — KEYNOTE PLENARY — Paul O'Callaghan								
B4 b	B4 c	B4 d	B3 a	B3 b	B3 c	B3 d	B3 e	B3 f	B3 g
CONGRESS HALL A1 — KEYNOTE PLENARY — Farokh Laqa Kakar									
TECHNICAL 5.5 WASH and community-scale water management	WORKSHOP 5.9 Global megatrends and workforce of tomorrow	TECHNICAL 1.1 Non-revenue water — case studies	TECHNICAL 1.16 COVID-19 pandemic scientific responses at utility level	TECHNICAL 4.4.7 The urban water cycle: monitoring and modelling	WORKSHOP 4.10 Systemic management for water wise cities - Scandinavian experiences	WORKSHOP 1.4 Digital water: benefits and return on experience for the water sector	TECHNICAL 2.2.3-1 Recovery of nutrient and chemicals-group 1	TECHNICAL 6.8 Water resource management and adaptation to climate change impacts	TECHNICAL 1.1 The road towards climate and energy neutral water utilities
WORKSHOP 5.3 Online and hybrid approaches to knowledge exchange and capacity building for Water Operator Partnerships (WOPs)	WORKSHOP 1.5 The future of water cooperation programmes: how to ensure equal access to the best available solutions and technology	WORKSHOP 1.1 Non-revenue water management in low and middle income countries- A	TECHNICAL 1.17 COVID-19 pandemic impacts and case studies at utility level	TECHNICAL 4.4.10 Digital water cities	WORKSHOP 4.6 Water for smart liveable cities	TECHNICAL 2.2.2-1 Energy efficiency and recovery-group 1	TECHNICAL 2.2.3-2 Recovery of nutrient and chemicals-group 2	TECHNICAL 6.9 Catchment management and natural capital approaches on different scales	WORKSHOP 1.1 Water efficiency: the fastest, cheapest, largest source of new water
WORKSHOP 5.4 Water orientated living labs as a mean to engage stakeholders in the development and demonstration of water technologies	TECHNICAL 1.22 Fostering innovation and partnerships at utility level	WORKSHOP 1.1 Non-revenue water management in low and middle income countries- B	TECHNICAL 1.15 Management of extreme events	TECHNICAL 4.4.11 Nature-Based solutions, sponge cities and blue-green infrastructure	TRAINING 4.1 Assessing project impacts on all SDGs with the Water4AllSDGs App	TECHNICAL 2.2.2-2 Energy efficiency and recovery-group 2	TECHNICAL 2.2.3-3 Recovery of nutrient and chemicals-group 3	TECHNICAL 6.10 Holistic assessments and approaches	WORKSHOP 1.2 Sustainable small wastewater treatment plants: present, future, opportunities and challenges
CONGRESS HALL A1 — KEYNOTE PLENARY — Paul O'Callaghan									



Thursday 15 September									
SCHEDULE	A2	A3	C0	C1	C2	C3	B5 a	B5 b	B4 a
09:00 - 09:50	CONGRESS HALL A1 — KEYNOTE PLENARY — Gertjan Medema								
BREAK 09:50 - 10:30		REGULATORS FORUM IV			TECHNICAL 6.13 Integrated assessment	TECHNICAL 2.1.4-1 Aerobic granular sludge	TECHNICAL 2.4.1 Dedicated treatment	WORKSHOP 6.16 Holistic approaches to solving conflicts about water	WORKSHOP 3.4 Leading edge sand filtration
SESSION 1 10:30 - 12:00									
LUNCH 12:00 - 13:30		REGULATORS FORUM V		CLIMATE SMART UTILITIES RECOGNITION PROGRAMME	WORKSHOP 5.6 Innovation & entrepreneurship: developing entrepreneurial capabilities for the water sector	WORKSHOP 2.5 Aerobic granular sludge: intensifying and greening WWTPs	TECHNICAL 2.3.4 Other physico-chemical treatment techniques	TECHNICAL 3.11 Microbial, chemical, and by-product risk and management	WORKSHOP 3.1 SG health related water microbiology and WHO workshop: recreational water quality translating science to policy
SESSION 2 13:30 - 15:00									
15:15 - 16:45	CONGRESS HALL A1 — CLOSING CEREMONY — including Harremoës Lecture								
EVENING	GALA DINNER								
B4 b	B4 c	B4 d	B3 a	B3 b	B3 c	B3 d	B3 e	B3 f	B3 g
CONGRESS HALL A1 — KEYNOTE PLENARY — Gertjan Medema									
WORKSHOP 5.5 Reaching out for the water wise generation	WORKSHOP 1.3 Advancing coastal resiliency for imperiled barrier island systems	TECHNICAL 1.4 Optimisation of water distribution networks	WORKSHOP 1.3 Collaboration of water utilities and authorities in crisis	TECHNICAL 4.4.12 Transitioning to and implementation of sustainable and water wise cities	WORKSHOP 2.4 Microplastics in wastewater and biosolids	WORKSHOP 6.12 UNFC System for Groundwater-Resource Projects	WORKSHOP 6.13 How to operationalise integrated urban water management — a five-step guide	WORKSHOP 6.19 Governance and transition to a circular economy in public water services	WORKSHOP 1.5 Water in circular economy and resilience: an opportunity to transform urban water services
WORKSHOP 3.5 An innovative paradigm in water informatics for smart city applications	TECHNICAL 1.2 Utility efficiency and excellency	WORKSHOP 1.1 Are you adequately assessing your water losses? Learn to use the WL performance indicators	TECHNICAL 1.14 Integration of decentralised solutions in a centralised system	TECHNICAL 4.4.6 Holistic urban water management planning	WORKSHOP 4.7 Sanitation in urban informal settlements	WORKSHOP 4.8 Actionable pathway to implementation of Nature-based Solutions	WORKSHOP 6.16 Lifecycle system thinking and system boundaries for sustainability assessment of water management	WORKSHOP 1.4 The digital worker — challenges and lessons learned by international utilities	
CONGRESS HALL A1 — CLOSING CEREMONY — including Harremoës Lecture									
GALA DINNER									

## 2.7 參展廠商之商業論壇及技術演講

除了學術性質的研討會議程，在展覽會場也安排了相當數量的商業技術論壇，由與會的業界代表就各該公司的產品及技術與其他業界人員及與會者進行交流。由於參與展示的都是較為先進的監測技術、處理設備及管理軟體，在展覽區的技术論壇隨時可看到與會人員聚集聽講及討論，就水事業單位及水工業界的人員來講，展覽會場提供了另一種交流的機會。





我國也由水利署召集業者代表組成參展團隊，在展覽區設置攤位，介紹我國在水資源管理及智慧水科技方面的成果，同時宣傳我國將在2023年10月主辦IWA亞太區域會議(2023 IWA ASPIRE)，邀請與會人員到台灣參加會議。



水利署召集自來水協會及國內相關廠商組成 IWA WWCE 參展團隊



## ● 2.8 操作挑戰競賽(Operations Challenge) 14 September 2022

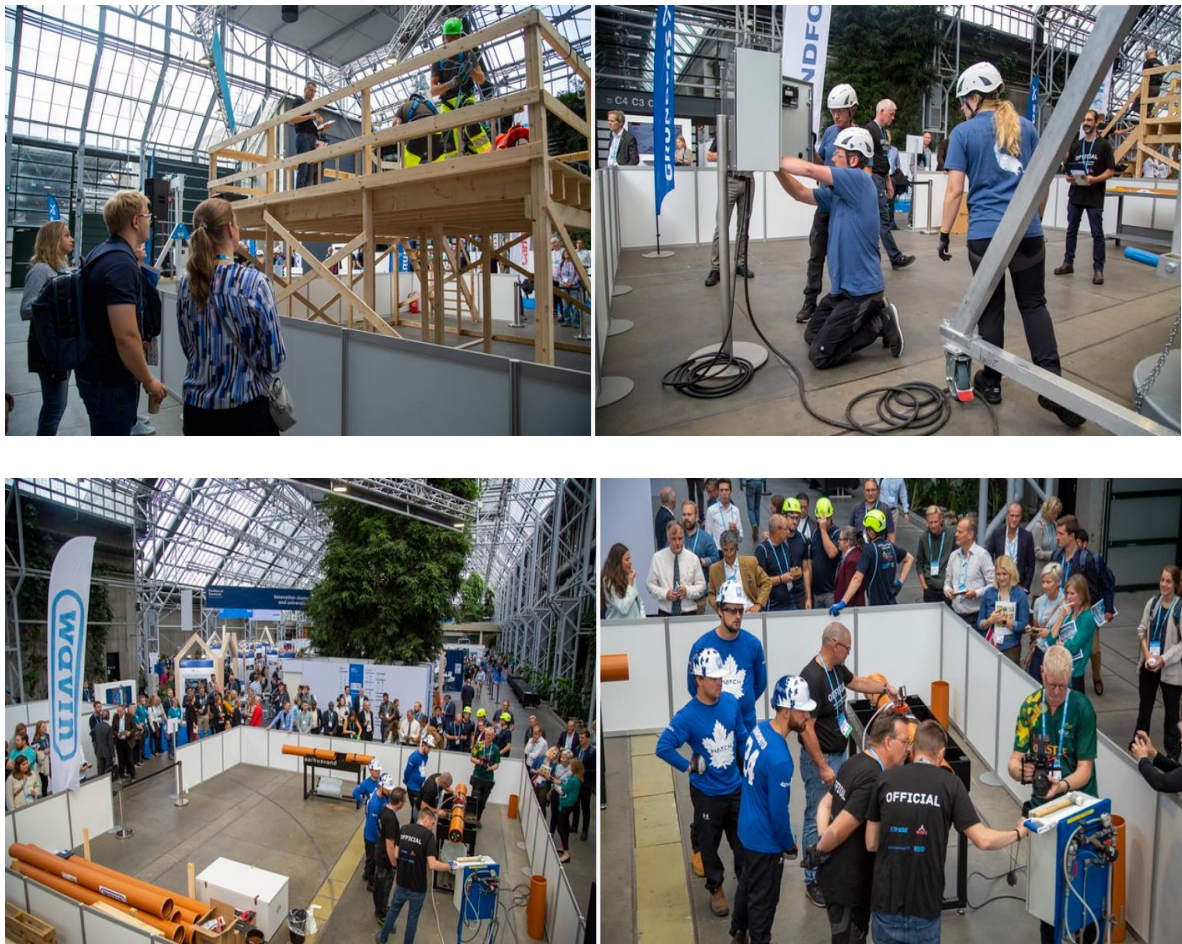
為鼓勵水相關事業實務操作人員勇於挑戰及創新，此次大會有史以來第一次辦理水務運營商技能競賽(註：以往在美國 AWWA 年會中，已有由各水事業單位參加的現場操作競賽，但在 IWA WWC 的研討會中並未辦理過類似活動)，並成為 IWA WWC 活動的一個項目。總共有 7 個國際團隊將在三種技能：維護、收集系統和安全這三項技能上展開競爭，挑戰賽將持續一整天，在大會展覽區舉行。

運營商技能競賽的靈感來自美國水環境聯盟(Water Environment Federation, WEF)技術中心(WEFTEC)研發的競賽模式，並與丹麥 DANVA、WEF、Aarhus Vand、廢水技術協會以及大會重要的贊助商 Grundfos、Wavin、Carl Stahl 和 Tractel 共同研議實現。每一團隊由三人組成，將在三種傳統的水務技能上進行比賽，每個技能類別的獲勝者和總冠軍將獲得獎勵，目的是強調日常專業操作和維護技能在水務工作的重要性。比賽於 2022 年 9 月 14 日星期三舉行，大會也提供示範競賽影片供學習。現場也開放所有與會者觀看，了解操作人員如何處理各種突發狀況操作競賽所競爭的三項關鍵技能領域，並依照標準作業程序進行各項工作，包括：

1. 維護：測試與賽者對抽水站問題的反應，參賽小組必須檢視和檢查抽水站中某台抽水機的軸封狀況，此外，也必須檢查導軌

支架(Guide rail holders)和導軌是否有足夠的維護和操作，最後將檢查過的抽水機重新裝回抽水站。

2. 收集系統：模擬下水道系統工作的問題，一條 8 英寸的 PVC 管線有洩漏，此項挑戰中，參賽團隊必須修理管材，並且必須將新的用戶接管連接到一條 4 英寸的 PVC 管。
3. 安全：這項挑戰任務涉及從檢修孔中救出一名昏迷的同事，該同事因檢修區域內的閥門墊圈磨損，而受到未知氣體或缺氧的影響而昏迷，團隊必須營救該同事，修理閥門，並安全地將管線修復恢復使用。



IWA WWCE 首次舉辦「操作挑戰競賽」概況

## 2.9 技術參觀

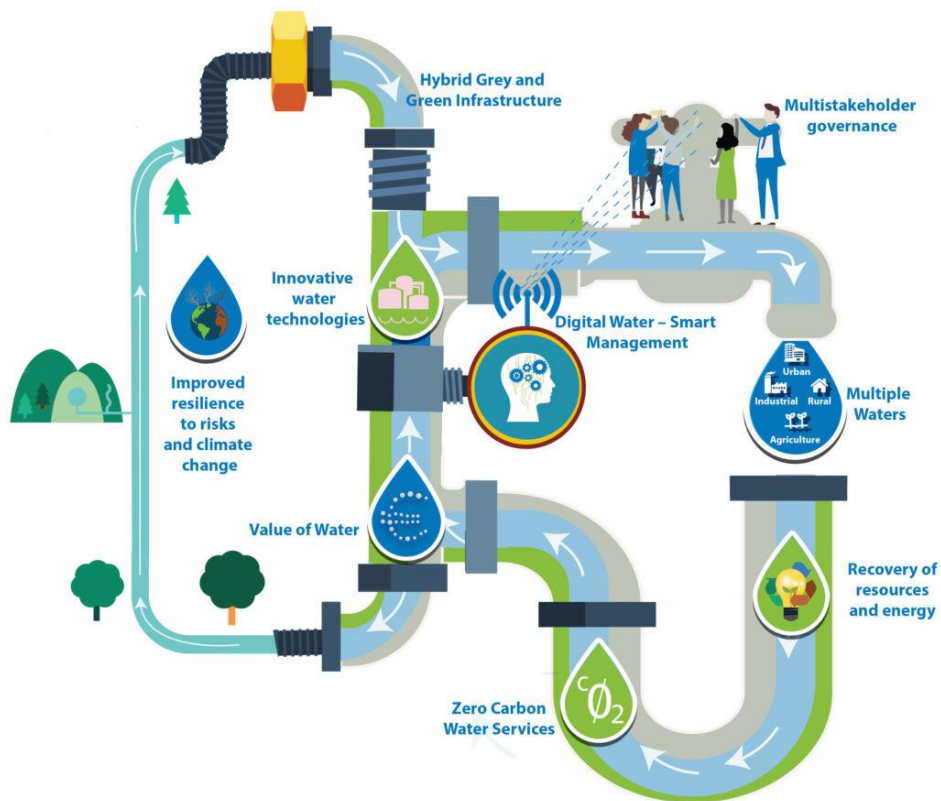
大會在學術研討會及展覽結束後安排了 11+1 個技術參觀行程，由與會人員另付費報名參加，技術參觀行程主題包括：地下水保護及淨水場參觀、廢污水處理及水資源回收再利用、漏水監測技術、宜居城市之氣候變遷調適、氣候變遷調適及防洪(哥本哈根港)、港灣水質改善及碳中和廢污水處理、廢污水處理及自然環境復育、工業區整合水資源管理、宜居城市水資源管理、北歐(芬蘭)水資源利用及管理、以及瑞典「智能水未來生活實驗室(Swedish Living Labs for a water smart future)」。

由大會所安排的技術參觀內容，可以大略了解丹麥主辦此次大會所希望傳達該國及其他北歐國家在建置宜居城市過程中，對於城市智慧水管理及氣候變遷調適上的努力。

- 參訪瑞典「智能水未來生活實驗室(Swedish Living Labs for a water smart future)」

該實驗室是屬「智慧經濟的韌性水創新」(REWAISE, REsilient WAter Innovation for Smart Economy) 之一部分，REWAISE 旨在創建一個新的“智慧水生態系統”，整合一個用於分散式水服務和決策的智慧數位框架，讓所有相關利益相關者都參與到水的真正價值中，減少淡水和能源的使用，並回收養分和材料，其結果將是一個符合韌性循環經濟概念的無碳、可持續的水文循環。





REWAISE 計畫概念圖

REWAISE 揭示了向碳中和水循環的範式轉變，解決技術、金融、法律和社會問題，以便我們能夠利用水的全部價值，同時考慮綜合水循環產生的經濟和社會價值的三個關鍵組成部分：

### 1. 水的價值

REWAISE 提取水的價值，促進高效利用和再利用，並回收原水和用過的水流中固有的能源和材料，這將通過以下方式實現：

- ✓ 使用可用的替代水源將淡水消耗量減少 30% 以上
- ✓ 實現零碳水循環服務，從水的養分和物質中創造價值
- ✓ 展示從海水淡化和養分中創新回收原材料、礦物質

## 2. 從水獲得的價值

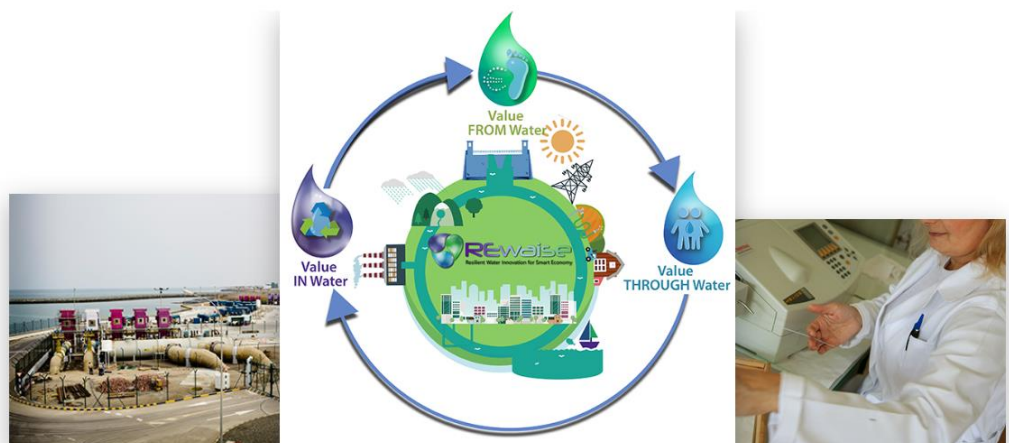
REWAISE 還從水資源中創造價值，促進經濟活動和服務質量，並創造以水為中心的工作和業務。為實現這一目標，REWAISE 將：

- ✓ 讓社區參與新的經濟模式，創造經常性活動和就業機會
- ✓ 創造新的市場利基並促進與新技術相關的業務
- ✓ 開發一個通用的數位框架，以改進基於共享標準的決策

## 3. 經由水產生的價值

REWAISE 將通過水產生社會福祉和價值，以下方式實現：

- ✓ 開發有利於政策和監管變革的新治理模式
- ✓ 提高供水系統的可持續性、安全性、安保性和彈性，以從中斷中恢復
- ✓ 在歐洲三個氣候區的九個生活實驗室展示無碳智能水循環



REWAISE 計畫水價值循環概念圖

## 2.10 大會閉幕式及 IWA WWCE 2024 主辦國交接

大會閉幕式在 9 月 15 日(星期四)下午三時舉行，主要進行內容包括主辦單位對籌備委員會及各項會議議程等人員的感謝、頒發海報論文獎，並舉行「Harremoës Lecture」演講。Poul Harremoës 教授為丹麥哥本哈根大學環境工程系教授，曾任 IWA 前身 IAWPRC 會長、帶領哥本哈根大學環境工程系獲 1992 年斯德哥爾摩水獎 (Stockholm Water Prize)，對於國際水領域研究具重大貢獻，因此成立此演講演講以紀念其貢獻。

演講者為 Poul Harremoës 教授以前的博士後研究員 Wolfgang Rauch 博士，現任 IWA 所發行的「Water Science and Technology」總編輯、奧地利 Innsbruck 大學都市水管理教授，演講題目為「Water for Smart Livable Cities」。演講從當前挑戰，如新冠肺炎疫情、戰爭、全球資源/能源危機及氣候變遷與乾旱開始，介紹污水流行病學發展的成功，帶到科學溝通可能需要借助專業人士，以及要發展更適合的「都市水管理」更需要"系統性"的思維及長期不懈的努力。

會議並宣布期盼大家加入推動「城市游泳(Global City Swim)」，希望改善城市水質及環境。最後並由本屆主辦主席 Anders Baegaard 交接給 2024 WWCE 多倫多年會主席 Peter Vanrolleghem，結束 IWA WWCE 2022 會議。





大會對籌備委員會及各項會議議程等人員的感謝



大會頒發海報論文獎



大會對參與首次舉辦「氣候智能型公用事業認可計劃」單位之感謝





Wolfgang Rauch 教授進行「Harremoës Lecture」演講



IWA 主席 Tom Mollenkopf 主持閉幕式



本屆 IWA WWCE 主辦方將大會權杖交給 2024 主辦方加拿大多倫多接辦



## 2.11 本次出席大會於 Poster Presentations 發表內容

### (二)Poster Presentations

#### 1. Poster List

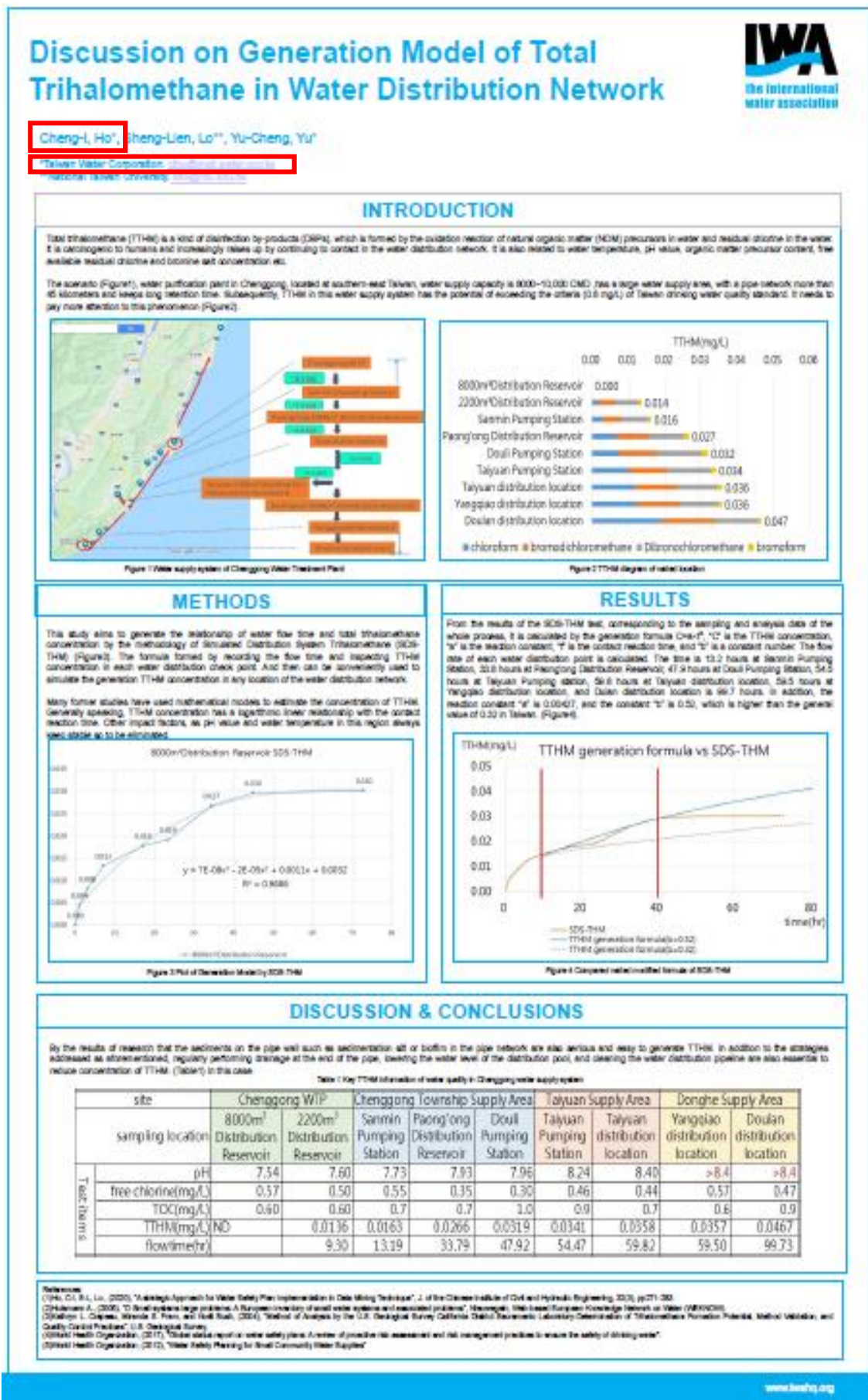


308	5371320	NL	Ten Years Of Advanced Surface Water Treatment Piloting With Ionexchange, Inline Coagulation And Ceramic Microfiltration <i>Bram Martijn, PWNT</i>
309	5371354	DE	Reduction Of The Input Of Plastics Via Wastewater Into The Aquatic Environment <i>Philipp Lau, Technische Universität Berlin</i>
310	5381548	DK	Microbiological Risk Management By Continuous Sampling And Regular Analysis Of Indicator Organisms In Large Water Volumes <i>Ann-Katrin Pedersen, HOFOR</i>
311	5363832	DK	Sustainable Rural Drinking Water Systems In Nepal - A New Approach Case Study <i>Surya Prajapati, EnviDan</i>
312	5364455	DK	New Water Balance Tool Provides Insights In Economic Costs And Carbon Footprint From Non-Revenue Water <i>Rasmus Nygaard, NIRAS</i>
313	5364843	ZA	Assessing The Flow Patterns In A Service Reservoir Using Computational Fluid Dynamics <i>Annelie Scholtz, University of Pretoria</i>
314	5364930	JP	Controlling The Quality Inside Distribution Pipes Of Small Water Supply Facility <i>Sadahiko Itoh, Kyoto University</i>
315	5367696	NO	Linking Water Treatment With Drinking Water Distribution System - Benefits Of Innovative Flow Cytometry <i>Paula Pellikainen, Bergen Vann</i>
316	5368496	DK	Increased Reliability Of Water Supply By Targeted Treatment Of Water From Individual Groundwater Wells <i>Gerald Heinicke, EnviDan</i>
317	5369678	IL	Satellite-based Leak Detection And Cost Benefit: Investing In Existing Water Infrastructure <i>Jonathan Jacobi, ASTERRA (formerly Utilis)</i>
318	5370338	ZA	Studies On The Effects Of Functional Group In Anion Exchange Resins On The Selectivity Of Nitrate Removal From Drinking Water <i>Mantsha Mathibela, Cwenga Technologies</i>
319	5367239	DE	Oslo Water Uses Digitalization And A Holistic Approach To Reduce Water Leakages <i>Janus Christiansen, NIRAS</i>
320	5381276	CH	Continuous Surveillance Of Microbial Water Quality By Automated And Online Flow Cytometry <i>Maria Reid, bNovate Technologies SA</i>
321	5361743	MA	Ozonation As A Solution To Control Water Quality <i>Mounia Sassi, Office National de l'électricité et de l'eau potable</i>
322	5365070	CT	Evaluation Of Nickel And Mercury Content Of Water Purification Plants In Taiwan And Trace Source By Using Lead Isotope <i>Sofia Ya Hsuan Liou, National Taiwan University</i>
323	5365243	MA	A Comparative Study Of Direct Seawater Intake Vs Beach Wells Intake — The Case Of Laayoune City Desalination Plant <i>Jaait Mokhtar, National Office of Electricity and Drinking Water</i>
324	5365260	MA	Desalination In Morocco-State Of Play And Perspectives <i>Hamid El Asbihani, ONEE</i>
325	5367656	UG	Assessment Of The Performance Of Filtralite® (filtration Media) In Water Treatment: A Case Study Of Two Conventional Water Treatment Plants In Uganda <i>Immaculate Kyomukama, National water &amp; Sewrage Corporation</i>
326	5368335	BE	Meter For A Rainy Day: Customer Research <i>Vincent Dunon, De Watergroep</i>
327	5369325	DN	The Potential Of Vacuum UV And UVC Treatment For Removal Of Pesticides And Biocides From Drinking Water <i>Peter Roslev, Aalborg University</i>

269	5370599	BR	Sampling Strategies For SARS-CoV-2 Wastewater Surveillance <i>Rodrigo Bueno, Federal University of ABC</i>
270	5369232	JP	Long-term Wastewater Norovirus Surveillance And Its Correlation With Clinical Reports <i>Yifan Zhu, Tohoku University</i>
271	5364020	JP	Using Viability Quantitative PCR To Evaluate The Health Risk Of Virus Pollution Derived From Combined Sewer Overflow <i>Hiroyuki Katayama, The University of Tokyo</i>
272	5363774	DE	SAC254 On-line Measurement: A Key Surrogate Parameter For Micropollutants Removal <i>Marie Inizan, Hach Lange GmbH</i>
273	5364375	DK	Predicting Phosphorus Concentration In A Wastewater Treatment Process Using Bayesian Optimized Long Short-term Memory Network <i>Esmaeel Mohammadi, Krüger</i>
274a	5370420	CN	Aerated Anoxic Condition Promotes Simultaneous Biological Nutrient Removal By Coupling SND, Anammox And EBPR Processes <i>Quan Yuan, Beijing Technology and Business University</i>
274b	5370561	SE	Process Monitoring And Fault Detection Using A Soft Sensor For The Return Activated Sludge Flow Rate At Henriksdal WRRF <i>Hanna Molin, Lund University IVL Swedish Environmental Research Institute</i>
275	5362176	CT	Discussion On Generation Model Of Total Trihalomethane In Water Distribution Network <i>Cheng-I Ho, Taiwan Water Corporation</i>
276	5362543	NO	What Actions Does The City Of Oslo Do To Secure The Drinking Water Quality From Source To Tap? <i>Frode Hult, City of Oslo, Agency for Water and Wastewater Services</i>
277	5362997	FI	Dead-end Ultrafiltration As Effective Method For Verification Of Tap Water Safety After Microbial Contamination <i>Anna-Maria Hokajärvi, Finnish Institute for Health and Welfare</i>
278	5363791	IE	Evaluation Of A 10L Transparent Polypropylene Jerrycan For Solar Water Disinfection (SODIS) Applications <i>Kevin McGuigan, RCSI</i>
279	5364106	FI	Microbiological Quality Of Finnish Potable Water In Remote Network Ends And Under Network Maintenance <i>Anu Kettunen, Teollisuuden Vesi</i>
280	5364110	IE	Evaluation Of Solar Water Disinfection (SODIS) Efficacy Of A 10L Polypropylene Transparent Jerrycan <i>Bhairavi Sawant, Royal College of Surgeons in Ireland, University of Medicine and Health Sciences</i>
281	5364424	DK	The Water Network: Taking Pressure And Leakage Management To The Next Level <i>Cedric Macleod, Grundfos Holding A/S</i>
282	5364594	JP	Non-Revenue Water Reduction In Tokyo Waterworks <i>Nozomi Ishida, Bureau of Waterworks, Tokyo Metropolitan Government</i>
283	5364627	ES	Adsorption And Desorption Processes Of Trihalomethanes On Different Granulated Activated Carbons In A Full-Scale Advanced Water Treatment Plant <i>Ana Urkiaga, Gaiker Technology Centre</i>



## 2. 現場海報展示內容(台水發表、第一作者)



### 3. 海報內容全文

#### Discussion on Generation Model of Total Trihalomethane in Water Distribution Network Cheng-I, Ho<sup>1</sup>, Sheng-Lien, Lo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Taiwan Water Corporation, <sup>2</sup>National Taiwan University,

#### KEY WORDS

Generation Model, Total Trihalomethane, Water Safety Plan

#### INTRODUCTION

Total trihalomethane (TTHM) is a kind of disinfection by-products (DBPs), which is formed by the oxidation reaction of organic matter (NOM) precursors in water and residual chlorine in the water. It is carcinogenic to humans and increasingly raises up by continuing to contact in the water distribution network. It is also related to water temperature, pH value, organic matter precursor content, free available residual chlorine and bromine salt concentration.

The scenario (Figure1), water purification plant in Chenggong, located at southern-east Taiwan, water supply capacity is 8000~10,000 CMD, has a large water supply area, with a pipe network more than 45 kilometers and keeps long retention time. Subsequently, TTHM in this water supply system has the potential of exceeding the criteria (0.8mg/L) of Taiwan drinking water quality standard. It needs to pay attention to this phenomenon (Figure2).

#### METHODOLOGY/PROCESS

This study aims to generate the relationship of water flowtime and total trihalomethane concentration by the methodology of Simulated Distribution System Trihalomethane (SDS-TTHM) (Figure3). The formula formed by recording the flowtime and inspecting TTHM concentration in each water distribution check point. And then can be conveniently used to simulate the generation TTHM concentration in any location of the water distribution network.

Many former studies have used mathematical models to estimate the concentration of TTHM. Generally speaking, TTHM concentration has a logarithmic linear relationship with the contact reaction time. Other impact factors, as pH value and water temperature in this region always keep stable so to be eliminated.

#### RESULTS/OUTCOMES

From the results of the SDS-TTHM test, corresponding to the sampling and analysis data of the whole process, it is calculated by the generation formula  $C = a \times t^b$ , "C" is the TTHM concentration, "a" is the reaction constant, "t" is the contact reaction time, and "b" is a constant number. The flow rate of each water distribution point is calculated. The time is 13.2 hours at Sammin Pumping Station, 33.8 hours at Paong'ong Distribution Reservoir, 47.9 hours at Douli Pumping Station, 54.5 hours at Taiyuan Pumping station, 59.8 hours at Taiyuan distribution location, 59.5 hours at Yangqiao distribution location, and Dulan distribution location is 99.7 hours. In addition, the reaction constant "a" is 0.00427, and the constant "b" is 0.52, which is higher than the general value of 0.32 in Taiwan. (Figure4)



Figure 1 Water supply system of Chenggong Water Treatment Plant

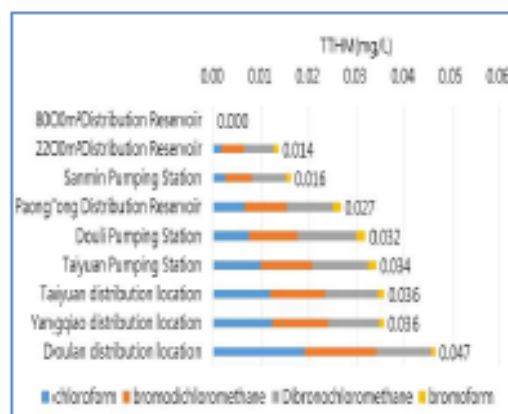


Figure 2 TTHM diagram of varied location



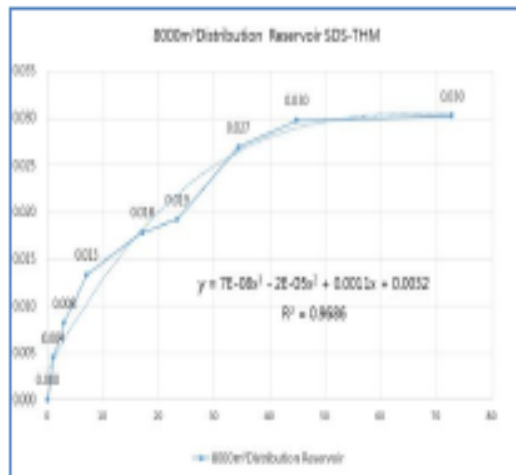


Figure 3 Plot of Generation Model by SDS-TTHM

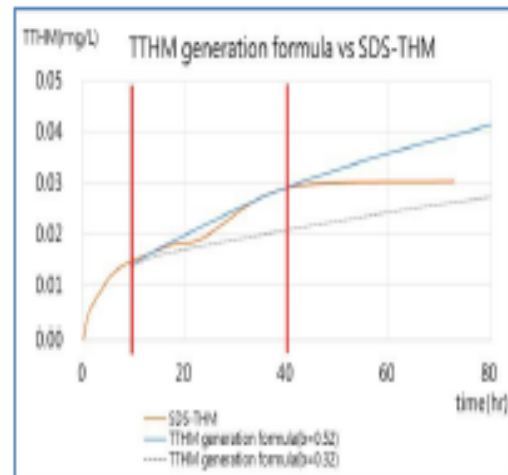


Figure 4 Compared varied modified formula of SDS-TTHM

Table 1 Key TTHM information of water quality in Chenggong water supply system

site	Chenggong WTP		Chenggong Township Supply Area			Taiyuan Supply Area		Donghe Supply Area	
sampling location	8000m <sup>3</sup> Distribution Reservoir	2200m <sup>3</sup> Distribution Reservoir	Sanmin Pumping Station	Paong'ong Distribution Reservoir	Douli Pumping Station	Taiyuan Pumping Station	Taiyuan distribution location	Yangqiao distribution location	Doulan distribution location
pH	7.54	7.60	7.73	7.93	7.96	8.24	8.40	>8.4	>8.4
free chlorine(mg/L)	0.57	0.50	0.55	0.35	0.30	0.46	0.44	0.57	0.47
TOC(mg/L)	0.60	0.60	0.7	0.7	1.0	0.9	0.7	0.6	0.9
TTHM(mg/L)	ND	0.0136	0.0163	0.0266	0.0319	0.0341	0.0358	0.0357	0.0467
flowtime(hr)		9.30	13.19	33.79	47.92	54.47	59.82	59.50	99.73

## DISCUSSION AND CONCLUSION

By the results of research that the sediments on the pipe wall such as sedimentation silt or biofilm in the pipe network are also serious and easy to generate TTHM. In addition to the strategies addressed as aforementioned, regularly performing drainage at the end of the pipe, lowering the water level of the distribution pool, and cleaning the water distribution pipeline are also essential to reduce concentration of TTHM. (Table1)

## REFERENCES

- Ho, C-I, S-L, Lo., (2020), "A strategic Approach for Water Safety Plan Implementation in Data Mining Technique", *J. of the Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering*, 32(3), pp271-283.
- Hulsman A., (2005), "D Small systems large problems: A European inventory of small water systems and associated problems", Nieuwegein, Web-based European Knowledge Network on Water (WEKNOW).
- Kathryn L. Crepeau, Miranda S. Fram, and Noël Bush, (2004), "Method of Analysis by the U.S. Geological Survey California District Sacramento Laboratory-Determination of Trihalomethane Formation Potential, Method Validation, and Quality-Control Practices", U.S. Geological Survey.
- World Health Organization, (2017), "Global status report on water safety plans: A review of proactive risk assessment and risk management practices to ensure the safety of drinking-water".
- World Health Organization, (2012), "Water Safety Planning for Small Community Water Supplies"



#### 4. 研究主題之中文內容

### I 前言

台水公司臺東地區轄屬成功淨水場因原水總有機碳及 pH 值偏高，加上淨水場加藥處理操作效能不彰，同時因供水轄區廣大，管網長達 45 公里以上，自來水滯留時間過久，以致環保署 109 年 6 月 18 日委外抽驗配水管網之泰源(淨水場)加壓站水中總三鹵甲烷測值達 0.0813 mg/L，超出飲用水水質標準最大限值(0.08 mg/L)。

為協助改善淨水場清水及配水水質，並探討各配水點流達時間以評估配水管網中減少總三鹵甲烷生成之策略，規劃執行成功淨水場及其配水管網之全流程分析、成功淨水場水源端及淨水端總三鹵甲烷生成潛勢測試、模擬配水管網總三鹵甲烷生成變化(SDS-THM)等調查研究工作。

### II 總三鹵甲烷生成原因、模式及控制策略

由於氯具有高氧化力、成本低廉及操作簡單等優勢，台水公司主要利用次氯酸鈉及液氯進行自來水消毒，以確保經淨水處理後之自來水送至用戶家中使用前，有足夠消毒能力，避免細菌、濾過性病毒及阿米巴原蟲等病媒於水中孳生。惟若原水中天然有機物(Natural organic matters, NOMs)之有機前質(precursors)，如腐植質等，會與餘氯反應生成總三鹵甲烷、鹵化乙酸與鹵化乙腈等多種消毒副產物(disinfection by-products, DBPs)，已證實對人體具有致癌性。

#### II.1 消毒副產物

消毒副產物(DBPs)是自來水在消毒過程中，由飲用水水質處理藥劑與水中有機或無機物質發生化學反應所生成物質。Jolley 與 Suffet 將有機鹵化物之消毒副產物分成 9 大類，其中以總三鹵甲烷(THM)為主，約佔 60%，而鹵乙酸類(HAAs)為次，約佔 20%，其他有機鹵化物尚包括鹵化乙腈類(HANs)、鹵化酮類(HKs)、鹵酚類

(halophenols)、鹵化醛類(haloaldehydes)、鹵化氰(cyanogens halides)、有機氯化胺類(N-Organochoroamines)及三氯亞硝基甲烷(Chloropicrin)等。另外，使用臭氧及二氧化氯作為淨水藥劑之淨水場，則可能產生亞氯酸鹽、氯酸鹽、溴酸鹽、氯氫類(chloral hydrate)等無機性消毒副產物。

消毒副產物的發現，緣自於 1974 年荷蘭鹿特丹水廠 J.J. Rook 在淨水程序中加氯消毒後之自來水，檢驗證實含有微量之致癌性物質三鹵甲烷(Trihalomethane, THM)，隨後各國研究亦顯示三鹵甲烷及其他鹵化有機物，普遍存在於加氯之自來水系統內。

依據流行病學研究調查指出，自來水加氯消毒後產生之消毒副產對人體有不利健康影響，包括膀胱癌、腦癌及直腸癌的發生機率上升。此外，Bull 以老鼠進行實驗，證實總三鹵甲烷具有致癌性，其中氯仿對動物及人類中樞神經系統和肝臟有嚴重損害，而溴仿則造成肝、肺、腎等器官中毒。

有鑑於此，各國紛紛立法來規範飲水中消毒副產物之最大容許值。目前我國飲用水水質標準對於處理後之自來水中消毒副產物，如總三鹵甲烷、鹵乙酸類、溴酸鹽及亞氯酸鹽等，訂有標準最大限值，如表 1 所示。

表 1 消毒副產物之飲用水水質標準

消毒副產物種類	最大限值(mg/L)
總三鹵甲烷	0.08 mg/L
鹵乙酸類(一氯乙酸、二氯乙酸、三氯乙酸、一溴乙酸、二溴乙酸等 5 項化合物濃度總和)	0.060 mg/L
溴酸鹽	0.01 mg/L
亞氯酸鹽	0.7 mg/L

## II.2 總三鹵甲烷生成成因

影響總三鹵甲烷生成因素很多，依條件可歸納區分為接觸時間、pH 值、加氯量、有機物前質、水溫及溴鹽離子等，分述如下：

### 1. 接觸時間

一般而言，總三鹵甲烷生成量會隨著反應時間增加而增大。總三鹵甲烷並非於管網中瞬間生成，通常需要數小時到數天才會達到最大生成量。Johnson 等人及 Batterman 等人研究均指出當氯與水中有機物接觸時間愈長，則氯仿的生成量也隨之增加。而 Chen 等人研究亦顯示總三鹵甲烷生成量在配水管網中會隨著接觸時間越長而增加，但鹵乙酸類則會因微生物降解作用而減少。

### 2. pH值

Adin 指出水中 pH 值影響加氯後消毒副產物生成量的主要變因，一般而言提高 pH 值將增加總三鹵甲烷的生成速率及生成量。若要控制水中總三鹵甲烷生成量，則 pH 值應越低越好，惟 pH 值降低會增加腐蝕性，故淨水程序調整 pH 值時，仍須考量對管網造成之腐蝕影響，且調整後之 pH 值亦應符合飲用水水質標準限值範圍(6.0~8.5)。

### 3. 加氯量

次氯酸鈉為強氧化劑，Trussell 等人指出在淨水過程之消耗可分成三階段，其中第一階段為與無機物間快速反應，如鐵、錳、氨氮等。第二階段為與有機物反應，產生總三鹵甲烷及鹵乙酸等消毒副產物，其生成量與耗氯量成正比。第三階段消毒副產物生成趨於緩和，加氯量增加對消毒副產物生成影響不大。故當加氯量越高，則總三鹵甲烷生成量越大。

### 4. 有機前驅物質

自來水水源中有機物質主要可歸類為天然有機物(Natural Organic Matter, NOM)及人工合成有機物(Synthetic Organic Chemicals, SOC)。



天然有機物可分為溶解性有機物(Dissolved Organic Matter, DOM, 粒徑小於  $0.22\ \mu\text{m}$ )、膠體有機物(Colloidal Organic Matter, COM, 粒徑介於  $0.22\ \mu\text{m}$ - $1\ \mu\text{m}$ )及粒狀有機物(Particulate Organic Matter, POM, 粒徑大於  $1\ \mu\text{m}$ )。溶解性有機物在未受污染的河川及湖泊中 50~65% 為腐植質，特別是湖泊水域或沼澤附近的水源，例如土壤及泥沼中溶出、底泥擴散及浮游生物或細菌的釋出，具有較大分子量範圍(數百至數十萬之間)，結構以芳香族苯環為主體，在水體中是屬於非定型、偏酸性化合物，其性質穩定，很難被生物分解利用，為總三鹵甲烷前驅物質主要貢獻來源，進一步分為腐植素(不溶於稀酸、稀鹼)、腐植酸(不溶於稀酸、溶於稀鹼)及黃酸(溶於稀酸、稀鹼)腐植酸(humic acid)和黃酸(fulvic acid)，因黃酸之羧基佔有分子量較大的比例，黃酸之溶解性較腐植酸為佳。

Adin 等人指出原水中黃酸加氯生成總三鹵甲烷的比例較腐植酸低，表示腐植酸為總三鹵甲烷之主要有機前驅物質。此外，Trussell 等人研判腐植質因本身為芳香族且具有酚基、甲氧基、氫氧基及羧基等不飽和官能基，易與鹵化物進行取代、加成反應。

對於水中有機前驅物質測定，一般以 UV254、色度、總有機碳以及 SUVA 值(UV254 與溶解性有機碳之比值)作為指標，其中芳香族佔比越高，UV254 吸光度及 SUVA 值越高，加氯反應易產生較多總三鹵甲烷。

## 5. 水溫

一般而言，當水溫越高時，總三鹵甲烷生成量越大。Rodriguez 針對加拿大魁北克三個供水系統進行總三鹵甲烷濃度調查，當水溫超過  $15^{\circ}\text{C}$  時，總三鹵甲烷生成速率加快，並隨水溫升高增加 2 到 4 倍，故水溫可作為季節性總三鹵甲烷生成之預測指標。

## 6. 溴離子濃度

水中若含有溴離子，會加速促進氯仿以外的溴化三鹵甲烷生成，影響總三鹵甲烷各成份生成佔比。依據 Singer 研究指出若水中含有相當濃度之溴離子，溴離子會取代氯離子形成次溴酸 (HOBr)，並與有機物反應生成溴化三鹵甲烷，其濃度並隨溴離子濃度增加而增高。而 Pourmoghaddas 等人研究溴離子對腐植酸加氯所衍生之鹵乙酸類影響，發現溴離子會誘發更多溴化物，但氯仿的生成則會受到抑制。

### II.3 總三鹵甲烷生成模式

國內外許多學者專家研究飲用水中總三鹵甲烷的影響因素及生成機制，並發展數學模式來推估加氯過程與總三鹵甲烷生成量之間的關連性，並依據模擬結果探討控制總三鹵甲烷生成之方式，以確保飲用水安全。有關總三鹵甲烷的生成模式主要可分成三種：反應動力模式 (reaction kinetic model)、多變數迴歸線性模式 (linear multiple regression model) 及多變數迴歸非線性模式 (nonlinear multiple regression model)，介紹如下：

#### 1. 反應動力模式

反應動力模式是由化學反應的觀點，建立隨著時間改變，加氯濃度與總三鹵甲烷生成之間關係可以下列反應式表示：

氯 (A) + 有機前質 (B) → DBPs (C) 其反應速率式為

$$\frac{dC_c}{dt} = -K_A C_A^m C_B$$

其中  $C_c$  為總三鹵甲烷的濃度、 $C_A$  為加氯量濃度、 $C_B$  為有機前質濃度。

由上式配合適當的初始條件，即可求解得到總三鹵甲烷濃度隨時間的變化情形。研究中指出，加氯反應產生總三鹵甲烷以  $m=2$  或  $3$  的較符合實場 TTHMs 產生量。二階的反應動力模式較一階的反應動力模式更能準確地預估 TTHMs 的變化，同時餘氯濃度變化亦可

符合二階反應動力模式。而在模式中所用的參數僅考慮 TOC、溫度、pH 值及初始餘氯濃度的影響，溴離子等因素影響則並未列入考慮。

## 2. 多變數迴歸線性模式

多變數迴歸線性模式是針對影響總三鹵甲烷生成因子，進行一連串實驗，以求得不同因子對總三鹵甲烷生成量的相關性，再利用統計的方法對這些資料作多變數分析，而得到一個總三鹵甲烷生成的經驗公式。其表示式如下 (Amy et al., 1987)：

$$\ln(\text{TTHM}) = a + b \times \ln(\text{有機前質濃度}) + c \times \ln(\text{加氯量}) + d \times \ln(\text{反應時間}) + e \times \ln(\text{溫度}) + f \times \ln(\text{pH} - 2.6) + g \times \ln(\text{Br} + 1)$$

其中 a~g 為常數，乃是由實驗數據迴歸求得。Amy et al.(1987) 研究中指出，各影響因子在反應初期之影響力分別為反應時間>溫度>TOC>pH>加氯量>Br，而在反應中期以後之影響力變為反應時間>加氯量>pH>TOC>溫度>Br。此外，Garcia-Villanova et al. (1997) 研究中指出，隨 pH 值的增加，總三鹵甲烷生成量亦會增加。

## 3. 多變數迴歸非線性模式

多變數迴歸非線性模式是比線性模式更為複雜的模式。非線性模式中各因子不再是以單一的對數形式表示，而改以線性、power function、exponential function 等多樣形式表示，並迴歸出各因子最適當的形式，其表示式如下：

$$\text{TTHM} = a + b \times (\text{有機前質濃度}) + c \times \exp(\text{溫度}) + d \times (\text{加氯量})^e + f \times (\text{Br})^g + h \times (\text{反應時間})^i + j \times (\text{pH} - 2.6)$$

Amy et al. (1987) 研究中指出，有機物前質及 pH 適合以線性 (linear) 形式表示，加氯量、反應時間及 Br 則適合以 power function 表示，溫度則適合以指數形式 (exponential function) 表示。研究中並



指出，由於反應初期 TTHMs 生成速率明顯與中期以後不同，因此在模式設計上應分為初期模式與長期模式兩種，會容易得到較佳結果。

一般而言，考量配水管網中 pH 值及水溫變化差異不大，總三鹵甲烷濃度與接觸反應時間成對數直線關係，故本研究採用生成公式為  $C = a \times t^b$ ，C 為總三鹵甲烷濃度，a 為反應常數，t 為接觸反應時間，b 為定數(自來水業採用 0.32)。另外 A、B 兩地間之總三鹵甲烷濃度關係可以下列公式表示：

$$C_B = C_A \times \left(1 + \frac{\Delta t}{\tau}\right)^b$$

其中  $C_A$  及  $C_B$  為 A、B 兩地之總三鹵甲烷濃度， $\Delta t$  為 A 地至 B 地流達時間(hr)， $\tau$  為次氯酸鈉加入至 A 地反應接觸時間(流達時間)。若 A 地為淨水場清水出口及 B 地為配水系統末端地點，則藉由上述公式求得配水點總三鹵甲烷目標值或 A 地至 B 地之流達時間。

## II.4 總三鹵甲烷控制策略

控制總三鹵甲烷消毒副產物，首先要確保消毒效率不受影響，以及在配水管網中自由有效餘氯保持在 0.3~0.9 mg/L 之間，有關總三鹵甲烷控制策略，可以採用三種控制策略，包括(1)減少總三鹵甲烷生成量、(2)去除總三鹵甲烷及(3)使用替代消毒藥劑。分述如下：

1. 減少總三鹵甲烷生成量：包括(1)減少取用有機前質濃度之原水、(2)利用加強混凝沉澱去除有機前質、(3)利用化學氧化(過錳酸鉀、臭氧、二氧化氯等)去除有機物前質、(4)以活性炭吸附有機前質、(5)減少餘氯接觸時間、(6)在不影響消毒效率的前提下減少加氯量、(7)以其他配水系統支援供水稀釋等方式進行等。

2. 去除總三鹵甲烷：在總三鹵甲烷形成後以(1)曝氣或攪拌抽氣、(2)活性炭吸附、(3)逆滲透薄膜過濾、(4)高級氧化(臭氧)等程序去除。

3. 使用替代消毒藥劑：通常有氯胺、二氧化氯、臭氧等，雖能降低總三鹵甲烷的生成，但各有不同缺點。

### III. 台東成功淨水場現況簡介

#### III.1 淨水場基本資料

成功淨水場位於臺東縣成功鎮高台路 60-1 號，泰源淨水場距離成功淨水場約 24 公里，位於臺東縣東河鄉泰源村東 23 線龍泉寺後面，因管網改善連結，台水公司於 107 年 7 月 1 日起將泰源系統整併入成功系統，節省操作成本，統一管理。送水管線由成功淨水場延管供給，原泰源(淨水場)加壓站僅年節期間補充供水(泰源淨水場原設計供水人口為 1,560 人、供水能力為 780 CMD)。

#### III.2 淨水場水源

成功淨水場主要水源取自成功鎮三仙里富家溪西方 4.3 公里之富家溪北溪支流地面水，經窰井引水至集水井再以重力導流至淨水場，沿途埋設約 2 公里之  $\phi 400$  mm 鑄鐵導水管及與南溪取水口聯絡之  $\phi 500$  mm 鑄鐵導水管 2.3 公里，導送至成功淨水場分水井。

#### III.3 淨水場處理單元

成功淨水場(新場)於 105 年 8 月 16 日營運，將舊有慢濾系統改為現行之 2200 m<sup>3</sup> 配水池 1 座，除供水外兼供快濾池反沖洗水源，另設有快混池 2 池、膠羽池 2 池、沉澱池 2 池、快濾池 4 池及 8000 m<sup>3</sup> 清水池 1 座，設計處理量為 14,000 CMD，目前出水量約為 7,000CMD。淨水處理設備資料如表 2 所示。

表 2 成功淨水場淨水處理設備

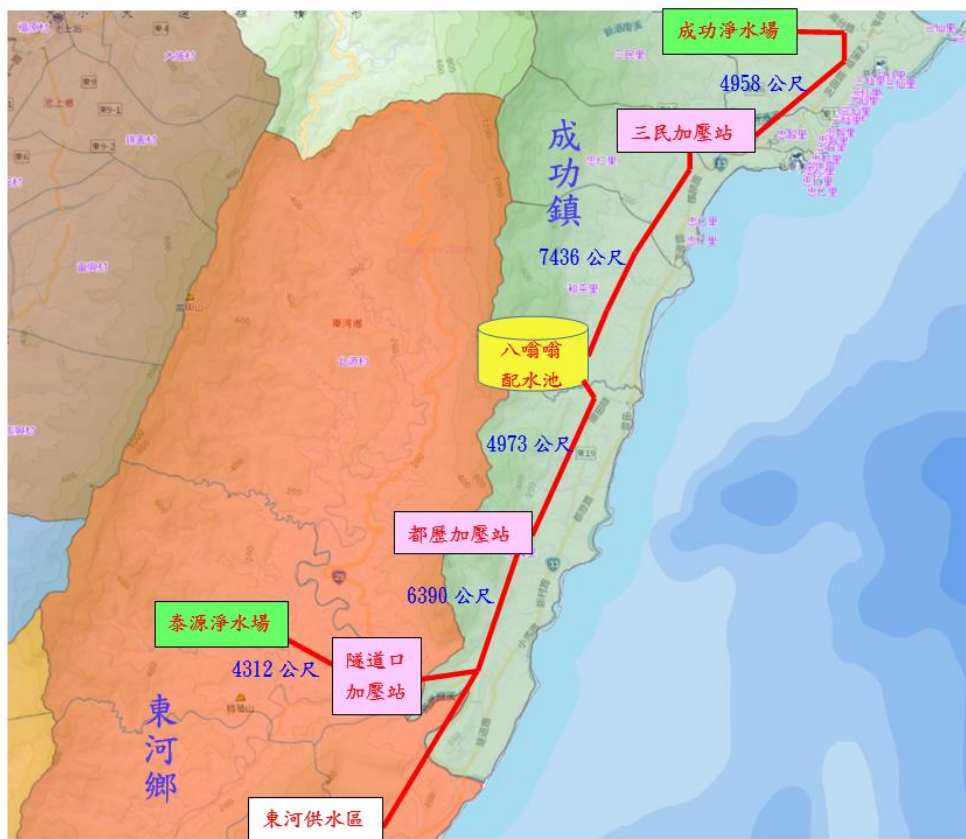
處理單元	概述	設計功能	設施標準	備註
處理能力	設計處理水量	14,000 CMD		
	淨水過程耗水量	540 CMD		
沉砂池兼調節池 (二組)	尺寸	每組 50.00m×20.00m×3.50m(有效水深)		現只使用一組
	容量	7,000 m <sup>3</sup>		
	滯留時間	12 hr	> 8 hr	
	表面負荷率	7.00 m/日		
	出水渠負荷率	101.16 m <sup>3</sup> /日/m	< 300 m <sup>3</sup> /日/m	
混合池 (二組)	尺寸	每組 1.40m×1.65m×2.00m(Hw)		現只使用一組
	滯留時間	57.02 sec	< 60 sec	
	池內速度差(G值)	800 sec <sup>-1</sup>	300~1000 sec <sup>-1</sup>	
	Gt	4.56×10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup> ~10 <sup>5</sup>	
膠凝池 (二組)	尺寸	每組 4.00m×4.00m×3.50m(Hw) 三池串聯		現只使用一組
	容量	336.00 m <sup>3</sup>		
	滯留時間	34.56 min	20~60 min	
	平均速度差(G值)	39 sec <sup>-1</sup>	10~75 sec <sup>-1</sup>	
	Gt	8.04×10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup> ~10 <sup>5</sup>	
沉澱池 (二組)	尺寸	每組 10.00m×40.00m×4.20m(有效水深)		現只使用一組



處理單元	概述	設計功能	設施標準	備註
	容 量	3,360 m <sup>3</sup>		
	滯留時間	5.76 hr	> 3.00 hr	
	表面負荷率	20 m/日	20~40 m/日	
	水平流速	11.57 cm/min	< 40 cm/min	
	出水渠負荷率	186 m <sup>3</sup> /日/m	< 500 m <sup>3</sup> /日/m	
快 濾 池 (四 組)	尺 寸	每組 5.00m×3.0m×3.60m(Hw)		現只使用二組
	過濾總面積	120.00 m <sup>2</sup>		
	濾 率	116.67 m/日	< 120 m/日	
清 水 池 (二 池)	尺 寸	每池 40.00m×20.00m×(Hw)		
	容 量	4,000×2=8,000 m <sup>3</sup>		

### III.4 配水管網

成功淨水場處理後清水供應臺東縣沿海成功鎮、東河鄉及長濱鄉等 3 鄉鎮，供水管網管線總長度為 48,912 公尺，其中 DIP 佔管線總長度為 80.13%，PVC 佔管線總長度為 2.93% 設計供水人口為 29,381 人(供水戶數 8,245 戶)、供水能力為 14,000 CMD，供水區域為成功鎮、長濱鄉及東河鄉等鄉鎮，北送長濱鄉(寧埔村界橋、膽曼、烏石鼻、寧埔、光榮社區、白桑安、竹湖村、永福、田組) 及成功鎮(博愛里、宜灣、重安、石雨傘、玉水橋、忠孝里小港、美山、三仙里白守蓮、高台、三仙台、基翠)，南送成功鎮(三仙里芝田、忠仁里、三民里、忠智里、麒麟、和平里八邊、信義里八翁、豐田、都歷、新村、東管處、小馬)、東河鄉(泰源村、泰源國小、新部落、中興、尚德村大坵園、麻竹林、農莊前寮、北源村牧場、柑桔林、泰源國中、清溪咖啡園、花固、美蘭、金都來、北溪、北源國小、順那)、東河鄉(東河村、金樽、隆昌村、興昌村、羊橋、興昌、舊埔、都蘭村)。供水區域如下圖所示。



成功淨水場供水區域圖

#### IV. 實驗分析方法

##### 1. 採樣方式(自來水供水系統之水質採樣)

採樣方式依下列原則辦理：

(1)採樣時樣品瓶瓶口不應接觸水龍頭出水口。

(2)自來水管線採樣點，採樣前必須打開水龍頭排出管線內之自來水餘水，正式採樣前先採取水樣測定有效餘氯含量予以記錄後，繼續排水 20 秒以上，再採樣測定有效餘氯含量，連續兩次測值保持穩定，兩者誤差範圍在 $\pm 10\%$ 之內，才可確認所採取樣品為直接自供水管線流出之新鮮水樣，然後調整水量使水流成柱狀而不致濺散，再以樣品瓶接取由水龍頭流出之水樣。

(3)剛裝設之水龍頭在採樣前須經適當流洗，以避免污染干擾。

## 2.檢驗分析方法介紹

本研究依據行政院環境保護署環境檢驗所公告之檢驗方法進行分析，檢驗方法如下：

(1)水中餘氯检测方法—分光光度計法(NIEA W408.51A)：水樣加入磷酸緩衝液溶和 N,N-二乙基-對-苯二胺 (N,N-diethyl-p-phenylenediamine，簡稱 DPD) 呈色劑後，水中之自由有效餘氯可將 DPD 氧化，使溶液轉變為紅色，立即以分光光度計在波長 515 nm (或其他特定波長) 處量測其吸光度。

(2)水之氫離子濃度指數 (pH 值) 測定方法—電極法(NIEA W424.52A)：利用玻璃電極及參考電極測定樣品之電位，可得知氫離子活性，而以氫離子濃度指數 (pH 值) 表示。採樣時，水樣使用玻璃瓶或塑膠瓶盛裝，於現場立即檢測或於實驗室內檢測時，樣品依個別方法之規定儘速分析。

(3)水中濁度检测方法-濁度計法(NIEA W219.52C)：在特定條件下，比較水樣和標準參考濁度懸浮液對特定光源散射光的強度，以測定水樣的濁度。散射光強度愈大者，其濁度亦愈大。現場採樣後，立即以淨水場現有之手提式濁度計或桌上型濁度計立即檢測。

(4)水中總有機碳检测方法—過氧焦硫酸鹽加熱氧化/紅外線測定法(NIEA W532.52C)：水樣導入消化反應器中與濃磷酸或濃硫酸反應後，水樣中的無機碳轉換成二氧化碳，吹氣將其排出後，殘留水樣即再加入過氧焦硫酸鹽溶液，將有機碳氧化轉換為二氧化碳，隨即被載流氣體導入非分散式紅外線分析儀，檢測出水樣中總有機碳的濃度。樣品採集於採樣瓶中，並避免於裝填水樣時有氣泡通過樣品或封瓶時有氣泡殘留，所用瓶蓋以厚的矽膠被覆鐵氟龍的墊片封瓶，並且是開口式，能呈正壓式密封。如果無法立即分析，則需  $4\pm 2$  °C 儲存，避光且減少空氣的接觸，並在 7 天內完成分析；若樣品不穩定則需添加磷酸或硫酸於樣品中，使 pH 值小於或等於 2，並於  $4\pm 2$  °C 條件下可保存 14 天。

(5)水中揮發性有機化合物檢測方法—吹氣捕捉毛細管柱氣相層析法/串聯式光離子化偵測器及電解導電感應偵測器檢測法(NIEA W784.52C)：利用惰性氣體以細微氣泡的形式將水樣中揮發性有機化合物吹出，並導入捕捉管收集。待捕捉完成後，捕捉管被加熱並通入氬氣以逆吹方式將揮發性有機化合物脫附，導入氣相層析毛細管柱，經由升溫程式將化合物加以分離，再以光離子化偵測器(Photoionization detector, PID)及串聯之電解導電感應偵測器(Electrolytic conductivity detector, ELCD)，進行水中揮發性有機物之檢測。

(6)模擬配水管網環境所生成之總三鹵甲烷含量(Simulated Distribution System Trihalomethane, SDS-THM)：測試方法係依配水系統之停留時間、溫度及餘氯量培養水樣，然後以上述檢測方法測得總三鹵甲烷含量，本次試驗時間為 0.5 天、1 天、2 天及 3 天。

(7)總三鹵甲烷生成潛勢(Trihalomethane Formation Potential, THMFP)-Miller 認為總三鹵甲烷生成潛勢實驗與有機碳濃度呈正向關係，可作為水中有機前驅物質含量的預估方式，其試驗方法如下：

以清水添加過量次氯酸鈉(20mg/L)，在室溫下放置反應 7 天後，確保水中自由有效餘氯仍有 1~5 mg/L，生成潛勢公式如下：

$$\text{THMFP}=\text{THM}_{\text{initial}}-\text{THM}_{\text{terminal}}$$

$\text{THM}_{\text{initial}}$ ：採樣瞬間之總三鹵甲烷含量

$\text{THM}_{\text{terminal}}$ ：培養 7 天後生成之總三鹵甲烷含量

## V. 結果與討論

110 年 3 月 23 日檢測分析結果如表所示，成功淨水場自 8000m<sup>3</sup> 配水池送 2200m<sup>3</sup> 配水池管中添加次氯酸鈉消毒，清水及各配水點總三鹵甲烷濃度分別為 2200m<sup>3</sup> 配水池 0.0136 mg/L、三民加壓站 0.0163



mg/L、八噶噶配水池 0.0266 mg/L、都歷加壓站 0.0319 mg/L、泰源(淨水場)加壓站 0.0341 mg/L、泰源配水點 0.0358 mg/L、羊橋監測站 0.0357 mg/L 及都蘭配水點 0.0467 mg/L，均符合飲用水水質標準最大限值(0.08mg/L)。另部份配水點總有機碳濃度較 2200 m<sup>3</sup> 配水池高，研判為管中生物膜所貢獻。

表 3 成功淨水場供水系統全流程採樣

場站/區域		成功淨水場					
採樣位置		A 沉砂池	B 混合池	C 沉澱池	D 快濾池	E1 8000m <sup>3</sup> 配水池	E2 2200m <sup>3</sup> 配水池
檢驗項目	pH值	8.32	7.18	7.28	7.51	7.54	7.60
	水溫(°C)	18.5	18.9	19.1	19.3	20.0	20.3
	濁度(NTU)	1.67	4.40	1.75	0.23	0.35	0.42
	濁度去除率		-163.5%	-4.8%	86.2%	79.0%	74.9%
	自由有效餘氯(mg/L)					0.57	0.50
	導電度(µs/cm)	253	263	263	263	273	275
	總溶解固體量(mg/L)	164	171	172	171	178	180
	總有機碳(mg/L)	0.80	0.70	0.70	0.60	0.60	0.60
	TOC去除率				25.0%	25.0%	25.0%
	總三鹵甲烷(mg/L)					ND	0.0136
流達時間(時)/初始時間(時)						9.3	

場站/區域		成功鎮供水區			泰源供水區		東河供水區	
採樣位置		G1 三民 加壓站	G2 八噶噶配 水池	G3 都歷 加壓站	G5 泰源 加壓站	G6 泰源 配水點	G8 羊橋監測站	G9 都蘭配水點
檢驗項目	pH值	7.73	7.93	7.96	8.24	8.40	>8.4	>8.4
	水溫(°C)	21.5	22.9	20.8	23.5	24.2	23.3	24.0
	濁度(NTU)	0.50	0.57	0.36	0.36	0.34	0.38	0.35
	濁度去除率							
	自由有效餘氯(mg/L)	0.55	0.35	0.30	0.46	0.44	0.57	0.47
	導電度(µs/cm)	286	287	287	296	292	289	289
	總溶解固體量(mg/L)	186	187	186.0	192.0	190	187	187
	總有機碳(mg/L)	0.7	0.7	1.0	0.9	0.7	0.6	0.9
	TOC去除率							
	總三鹵甲烷(mg/L)	0.0163	0.0266	0.0319	0.0341	0.0358	0.0357	0.0467
流達時間(時)/初始時間(時)	13.2	33.8	47.9	54.5	59.8	59.5	99.7	

以成功淨水場 110 年 3 月份平均出水量 5,678 CMD 計算 2,200m<sup>3</sup> 配水池停留時間，即次氯酸鈉加入至 2,200m<sup>3</sup> 配水池反應接觸時間(流達時間)約為 9.3 小時，假設配水管網中水溫、溴鹽離子濃度變化不大，且配水中總有機碳及餘氯足夠持續反應，將上述清水及各配水點總三鹵甲烷濃度代入公式  $C_B = C_A \times (1 + \frac{\Delta t}{\tau})^b$ ，求得各配水點流達時間分別為三民加壓站 13.2 小時、八噶噶配水水 33.8 小時、都歷加壓站 47.9 小時、泰源加壓站 54.5 小時、泰源派出所 59.8 小時、羊橋監測

站 59.5 小時及都蘭 7-11 便利商店 99.7 小時。另反應常數  $a$  為 0.00427，定數  $b$  為 0.52，較自來水業一般值 0.32 為高，研判管網中沉沙淤泥或生物薄膜等管壁沉積物積垢嚴重易生成總三鹵甲烷。

## VI. 結論與建議

1. 成功淨水場 $2200\text{m}^3$ 配水池、三民加壓站、八喻喻配水池、都歷加壓站、泰源(淨水場)加壓站、泰源配水點、羊橋監測站及都蘭配水點配水點總三鹵甲烷濃度，均符合飲用水水質標準最大限值( $0.08\text{mg/L}$ )，惟部分配水點總有機碳濃度較 $2200\text{m}^3$ 配水池高，研判為管中生物膜所貢獻。
2. 本研究的目的主要在於以公式推導求得各配水點可能流達時間，以評估配水管網中減少總三鹵甲烷生成之策略，各配水點流達時間分別為三民加壓站13.2小時、八喻喻配水水33.8小時、都歷加壓站47.9小時、泰源加壓站54.5小時、泰源派出所59.8小時、羊橋監測站59.5小時及都蘭7-11便利商店99.7小時。另反應常數 $a$ 為0.00427，定數 $b$ 為0.52，較自來水業一般值0.32為高，研判管網中沉沙淤泥或生物薄膜等管壁沉積物積垢嚴重易生成總三鹵甲烷。
3. 為有效改善配水端總三鹵甲烷含量，建議定期執行都蘭及泰源等管末地區排水，降低八喻喻及大柿橋配水池水位來減少反應接觸時間外，亦有必要針對管末配水管線辦理清洗作業，減少生物膜等有機物前質。

## 5. 現場海報展示內容(台大發表、共同作者)

本會與台大地質系主任劉雅瑄教授共同發表鎳汞示踪劑定量法研究

# Evaluation of Nickel and Mercury Content of Water Purification Plants in Taiwan and Trace Source by Using Lead Isotope



Chih-Ching Kuo<sup>1</sup>, Sofia Ya Hsuan Liou<sup>1\*</sup>, **Cheng-I Ho<sup>1\*</sup>**, Ming Fen Lai<sup>2</sup>, Wen-Ta Yang<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>National Taiwan University, No. 1, Sec. 4, Roosevelt Rd., Taipei 106319, Taiwan, c5724209@g.ntu.edu.tw

<sup>2</sup>National Taiwan University, No. 1, Sec. 4, Roosevelt Rd., Taipei 106319, Taiwan, yfhou@ntu.edu.tw

<sup>3</sup>Taiwan Water Corporation, No. 3-1, Sec. 2, Shuangshi Rd., North Dist., Taichung City 404403

<sup>4</sup>National Central University, No. 1, Sec. 4, Roosevelt Rd., Taipei 300019, Taiwan

## INTRODUCTION

Drinking water plays an important role in our daily life. Countries and International Organizations set up standards of drinking water quality for major elements, trace elements, and bacteria that are harmful to human health. Considering that a high concentration of Nickel in water might cause allergic stomatitis, and cancer (WHO, 2017). Mercury might cause neurological and renal disturbances (WHO, 2017). Drinking Water Standards for Nickel and Mercury in the UK, Germany, and EU are 0.02 mg/L and 0.001 mg/L, respectively. To meet the international standards of drinking water, the regulation of Nickel and Mercury in Taiwan was revised from 0.07 mg/L to 0.02 mg/L and 0.002 mg/L to 0.001 mg/L in 2020. Therefore, the concentration of Nickel and Mercury in water in Taiwan was evaluated and traced sources using Lead isotope in this study.

## Material and Methods

Samples were collected from 36 water purification plants in Taiwan (TWC, 2020). There were 3 types of water sources, surface water, groundwater, and mixed source. The location and water source of each plant shows in Fig. 1(a). Among 36 water purification plants, 6 of them (Fig. 1(b)) that might have a higher risk of exceeding the new standard or those supply mainly population served in its region were chosen for further experiments, collecting samples from every purification unit (Fig. 2). All samples were collected in acid-cleaned 200 ml PE bottles, acidified with high purity HNO<sub>3</sub> on the field, and stored at 4°C until analysis. Lead isotope samples should be prepared by following the steps in Fig. 3. Major elements, trace elements, and Lead isotope were measured in Isotope Geochemistry Lab at Academia Sinica, Taiwan.

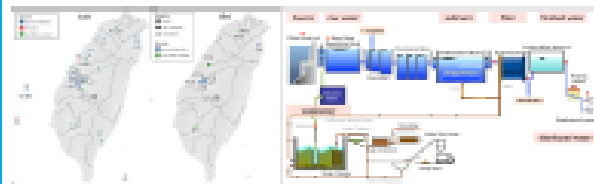


Figure 1 Location of water purification plants. (a) 36 water purification plants (b) location of selected and Lead isotope sampling plants. (c) 2021 Mapset © OpenStreetMap

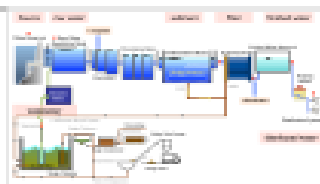


Figure 2 Water purification plants (TWC, 2020)

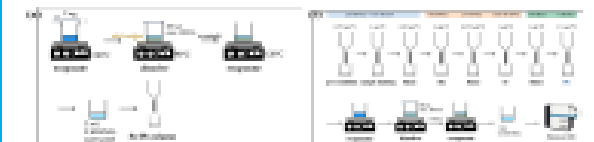


Figure 3 Lead isotope sample preparation (a) pretreatment (b) chromatography

## Results and Discussions

The concentration of Nickel and Mercury measured by HR-ICP-MS (Thermo Scientific Element 8R) showed all samples were less than the new standard (Table 1). Then, every water purification treatment unit from 6 water purification plants was selected for resident sampling (Fig. 2 and Table 2). According to the resident sampling experiment results, the contribution of the wastewater recycling system in water purification plants needs to be noticed. The removal rate of Nickel and Mercury may be mainly contributed by sedimentation basin or rapid sand filter. If the former is the main removal unit, Nickel and Mercury will be taken away with sludge so the concentration will not increase. However, if the latter is the main removal unit, the concentration of Nickel and Mercury in the raw water after mixing with the backwash wastewater may increase. If the accumulation time is long, there may be a risk of exceeding the new standard.

Table 1 Descriptive statistics of 36 water purification plants.

Element	Water type	Average	STDDEV	Maximum	Median	Minimum	NO	Sample size
Nickel (µg/L)	surface water	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	36
	groundwater	0.00	0.04	0.03	0.00	0.00	10	46
	mixed	0.00	0.02	0.08	0.00	0.00	0	4
Mercury (µg/L)	surface water	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	36
	groundwater	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	13	46
	mixed	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0	4
	total	0.01	0.02	0.03	0.00	0.00	13	104

Table 2 Resident sampling analysis results.

WPP	Element	Source	Raw	Sediment	Filter	Residual	Backwash	Water
S01	Ni		0.04	0.07	0.08	0.08	0.08	0.03
	Hg	NO	0.02	NO	0.04	0.04	0.03	0.21
S02	Ni		0.18	0.18	0.13	0.14	0.18	0.03
	Hg		0.18	0.18	NO	NO	NO	0.13
PW2_1	Ni		0.02	0.04	0.08	0.04	0.08	0.40
	Hg		0.02	0.02	NO	0.08	0.08	0.78
PW2_2	Ni		0.02	0.04	0.10	0.08	0.08	0.58
	Hg		0.02	0.02	0.02	0.08	0.08	1.70
S04	Ni		0.08	0.10	0.02	0.08	0.02	0.78
	Hg		0.02	0.02	0.04	0.04	0.04	0.63

WPP represents for Water Purification Plant

To reduce the parameter for Principal Component Analysis (PCA), the Standardized Euclidean Distance between Nickel or Mercury and other elements (Fig. 4) was calculated. After analyzing different groups and different water sources data, samples from groundwater were found to have the highest correlation ( $r = 0.985$ ) between Mercury and Lead (Fig. 5). Combining former analysis results, 26 samples were chosen based on the PCA results and analyzed the Lead isotope ratio of these samples.



Figure 4 Distance between (a) Nickel (b) Mercury and other elements. Figure 5 PCA result of groundwater source plants.

Lead isotope ratios were measured by Multi-collector-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (MC-ICP-MS, Thermo Scientific Neptune). The isotope ratio of <sup>206</sup>Pb/<sup>207</sup>Pb from 1.1464 to 1.1802 and <sup>208</sup>Pb/<sup>207</sup>Pb from 3.4163 to 3.4669 respectively based on the 2005 comparison, the Lead in samples might be related to human pollution. However, the concentration of Lead in these samples was less than 1 µg/L, while Mercury was less than 0.5 µg/L. Therefore, there were no risks that it would affect human health.

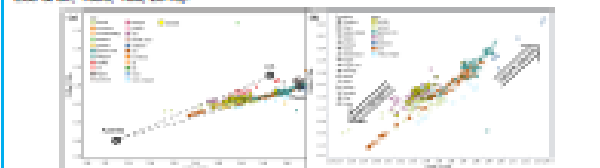


Figure 6 Lead isotope ratio (a) reference from global (b) focus in Taiwan

## Conclusions

According to the results, the concentration of Nickel and Mercury in all samples was less than the new standard. Results of the resident sampling experiment show the importance of the contribution of the wastewater recycling system in water purification plants. The removal rate of Nickel and Mercury may be mainly contributed by sedimentation basin or rapid sand filter. If containment does not remove from the water purification plant, it might accumulate in the plant and cause a high concentration of Nickel or Mercury in the water.

The isotope ratio <sup>206</sup>Pb/<sup>207</sup>Pb and <sup>208</sup>Pb/<sup>207</sup>Pb of 26 samples selected by statistical analysis ranged from 1.1464 to 1.1802 and from 3.4163 to 3.4669 respectively based on the 2005 comparison, the Lead in samples might be related to human pollution. However, the concentration of Lead in these samples was less than 1 µg/L, while Mercury was less than 0.5 µg/L. Therefore, there were no risks that it would affect human health.

## Reference

- Balshov, A., & Roeman, K. J. R. 2007. Isotopic source signatures for ATMO-Pb-210 lead: The Northern Hemisphere. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71(2), 1727-1742.
- Lee, D. C., Halliday, A. N., Daines, S. R., Blum, R. J., Pflum, J. D., & Tardieu, R. 1998. Mill Enrichment of Biotite-Deposited Metals: A Detailed Petrological, Trace Element and Isotopic Study of Mantle-Derived Olivines and Megacrysts from the Cameroon Line. *Journal of Petrology*, 39(2), 419-447.
- TWC 2020 Report of the Taiwan Water Corporation. Taiwan Water Corporation, Taichung.
- Wang, D. 2018. Lead Isotopes. *Encyclopedia of Earth*. Science Direct. <https://www.sciencedirect.com/encyclopedia/lead-isotopes>
- WHO 2017. Guidelines for Drinking-water Quality. Report of the World Health Organization. World Health Organization, Geneva.
- Yao, P. H. 2018. Lead Isotopes: Phytoextraction Applied to the Forensic Study on Soil and Rice. (Doctoral thesis, National Taiwan University, Taipei, Taiwan).

## Acknowledgement

I would also like to thank the Taiwan Water Corporation for funding this study (PG-10411-0013) and offering water samples.

## 6. 研究主題之中文內容

水中的汞、鎳重金屬是威脅飲用水安全的主要問題之一，為確保自來水能符合加嚴修訂的汞與鎳管制標準及適時掌握水源水質，並因應環境污染加強水質管理，以確保水質安全，台灣自來水股份有限公司強調自水源地、淨水場、經管網系統至用戶端的整體飲用水水質管理系統，要求供水單位能從水源端至用戶端所有環節進行廣泛的風險控管，以持續確保飲用水供給之安全性與可接受性。本計畫研究內容包括：(1) 探討自來水水源中汞、鎳分布現況及去除機制之文獻探討。(2) 採用統計方法分析台水公司水質年報，選擇高風險場駐場測試。(3) 增強汞、鎳採樣與分析的正確性。(4) 藉由控制混凝劑的操作條件合併活性碳吸附法，提升淨水程序對水中汞、鎳的去除效果。(5) 各情境條件下，水中含汞、鎳的健康風險評估。

統計分析 2014 - 2019 年 36 座淨水場水源、混合後原水、清水與配水汞、鎳濃度發現，在汞的部分，混合後原水超過加嚴的新標準頻率最高 2.6%，配水、水源和清水的超標頻率分別為 2.4%、1.9% 以及 1.1%。混合後原水超過加嚴的新標準頻率高於水源，可能的原因是回收水中累積較高的汞含量，導致水源與回收水混和後超過加嚴的新標準頻率增加。清水超過加嚴的新標準頻率低於原水，可說明淨水技術的組合具有去除汞的能力。

在鎳的部分，配水超過加嚴的新標準頻率最高 2.4%，水源、混合後原水和清水的超過加嚴的新標準頻率分別為 0.3%、0.4% 和 0.7%。由此可以見得鎳的主要來源是管線或管件的貢獻。本次實驗所採集之 36 座淨水場的原水、清水以及配水樣本中，有 9 座淨水場的清水鎳濃度高於原水，且有 10 座淨水場中的配水鎳濃度高於清水。這與水質年報統計分析結果相似，均指出鎳在淨水與配水單元中的風險值增加。實驗結果指出多元聚氯化鋁和氯化鐵對汞的去除



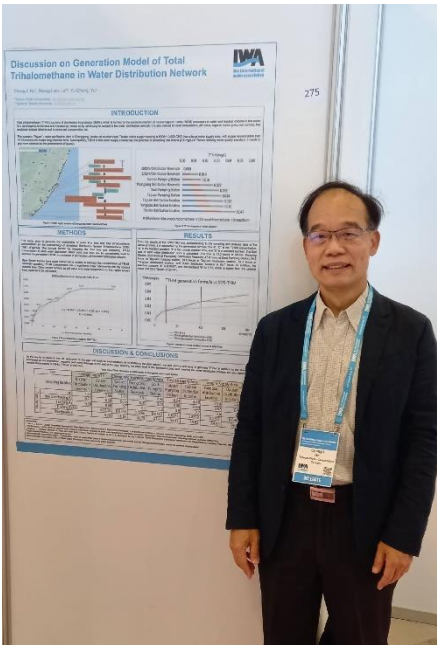
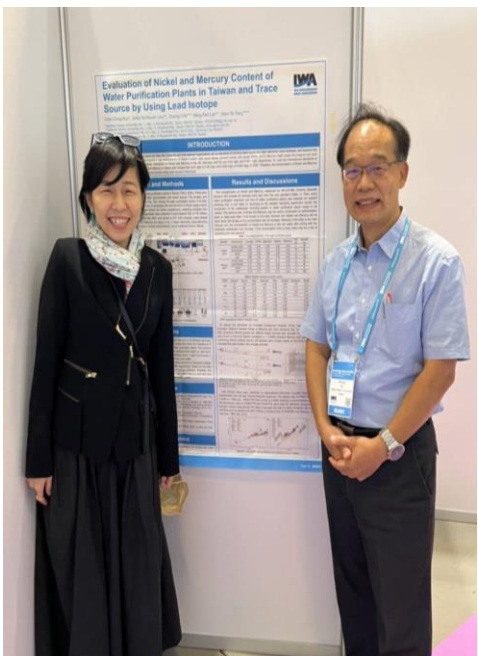
率都可達 60% 左右。氯化鐵對鎳的去除率約 20% 相對較多元聚氯化鋁（對鎳去除率<15%）為佳。

汞的去除與其和膠羽接觸時間長短有正相關，但是鎳的去除無顯著關聯性。硬水軟化慣用的  $\text{Ca(OH)}_2$  沉澱法對鎳的去除率可 95% 以上，但對汞的去除無加強效果。雙混凝劑對於汞和鎳的去除率均有提升。活性炭與化學混凝併用對於汞的去除有不錯的效果。駐場實驗發現汞可藉由化學混凝沉澱和砂濾達 70% 以上的去除效果，惟操作條件不佳時（如沉澱池效果不佳；初濾階段等）容易造成清水汞濃度增加。而鎳主要是砂濾吸附效果可達 70% 以上，因此應關注反沖洗水會是鎳主要污染來源。實驗室結果與駐場數據發現，回收系統的汞鎳來自化學混凝沉澱池或是快濾池所貢獻，若沉澱池的去除效率高時，顯示膠羽沉澱效果佳，在進入廢水系統時易排除，回收水的汞鎳濃度不會顯著上升，相反地，若以快濾池為主要去除單元時，會因反沖洗水含有細小膠羽，且有較長時間對汞鎳接觸吸附，導致進入廢水回收系統後，將汞鎳再釋出，使得回收水中的汞鎳濃度上升。

由於汞與鎳在廢水回收的過程中不斷地濃縮循環，當原水水量不足（稀釋倍數過低），或是濃縮時間較長，或廢水處理設備效能不彰等原因，導致其汞鎳超標風險較高。為提升各區管理處辦理淨水場汞鎳改善計畫，成立「水質異常處理小組」及「淨水場汞鎳改善技術輔導小組」，汞鎳含量改善標準作業程序包含調查淨水場基本資料、淨水場水質試驗、評估改善策略、淨水場實場測試、淨水場汞鎳減量效果評估及改善策略定案。依選定之策略辦理操作模式之調整或設備之增設、改善等作業，並修訂各淨水場操作標準作業程序，以利操作同仁有所遵循。部分淨水場廢水之汞鎳濃度極高，若原水/回收水的流量比例，無法達到合理稀釋倍數，會使超標風險增加，因此建議當廢水濃度超過某一濃度時，應申請廢水排放許可。或是廢水處理單元添加混凝劑或聚合物提高廢水處理效能。廢水回

收需經快濾桶處理或是電容去離子 (CDI) 等低耗能水處理技術，此快濾桶的反沖洗水或 CDI 的濃縮水直接進入廢水處理系統。依照水安全計畫的概念建立淨水場的全流程採樣汞鎳分析資料庫，以了解汞鎳的高風險位置。

## 7. 海報展示處現場解說

 <p>The poster is titled "Discussion on Generation Model of Total Trihalomethane in Water Distribution Network" and features a map of a water distribution network, a flow diagram, and several graphs. The man is wearing a dark suit and a lanyard.</p>	 <p>The poster is titled "Evaluation of Nickel and Mercury Content of Water Purification Plants in Taiwan and Trace Source by Using Lead Isotope" and includes a table of data and a map. The woman is wearing a black dress and a scarf, and the man is wearing a light blue shirt and dark pants. Both are wearing lanyards.</p>
<p>現場海報展示內容 I (台水發表、第一作者)</p>	<p>現場海報展示內容 II (台大發表、共同作者)</p>

## 參、研習心得

2022 年世界水資源國際大會 9 月 15 日在哥本哈根盛大召開，為期 5 天的時間裡，來自全球各地水資源領域的思想領袖、決策者、研究人員和商業代表專注於水解決方案，希冀塑造世界水資源更好的未來。丹麥把保護水源列入「國家發展最高指標」，具體做法是運用大數據分類統籌不同指導及作法。全盤掌控地下水源、引進儲存雨露水，不僅降低淹水風險，尤其讓更多水流進土壤裡儲存，進而善用珍貴的水資源，「淺碟型經濟體」處處費盡心思維持高效運作。

丹麥自來水水源主要來自地下水(Groundwater)，致力於地下水資源保護措施已經持續好長一段時間，IWA 丹麥主席 Helle Katrine Andersen 謙虛的表示，主辦國在此次研討會無法解決所邀請全球貴客的問題(例如糧食和能源議題)，但藉由本次國際研討會的共同討論(Discussing Together)，肯定必能從三個面向得到想要的答案，分別為：能源效率(Energy Efficiency)、水消費(Water Consumption)及永續性(Sustainability)。她並引用名聞全球丹麥寓言作家安徒生(Hans Christian Andersen) 終身奉行的中心理念：「遍地行腳即體驗生命(To travel is to live)」，竭誠歡迎遠道而來貴客，充份體會研討會人際互動及融入當地生活。本次主辦國正可以將丹麥自來水發展及淨零排放之成熟經驗，成功輸出至全球，是宣揚理念的絕佳時機。

這次國際水協研討會是首次在北歐(Nordic)及波羅的海(BALTIC)國家舉辦，可以看到寒帶國家如何運水水資源，機會相當難得。主辦國丹麥特別強調需重視年輕學者及對此領域有興趣的碩學士學生應極參與此類國際型研討會，因為此可以全精菁英產生連接、共同研討及建立友誼。另亦期望本次研討會各項討論結論及解決方案，期望均能達聯合國 2030 永續發展議定書(UN 2030 Agenda for Sustainable Development)的目標。

## 一、丹麥自來水系統

智慧城市另一項重要觀念的運用是「大數據」，在丹麥這個全世界水費最貴的國家，用水得花費台灣的 30 倍以上，為了保護珍貴的水資源，丹麥科學家充分運用大數據，研究出省水的辦法，大數據建構出的未來城市，如何擁有自己的想法，而在丹麥，為了保護珍貴的水資源，它們充分運用大數據，研究出省水的辦法。

政府都把保護水源列入「國家發展最高指標」，具體做法之一是跟園藝公司合作，幫民眾改建花園引導雨水，這不只可省下部分雨水拿來澆花，更可以減緩淹水，讓更多水流進土壤裡儲存，而能夠做到善用珍貴的水資源，靠的就是民眾的參與感跟大數據。

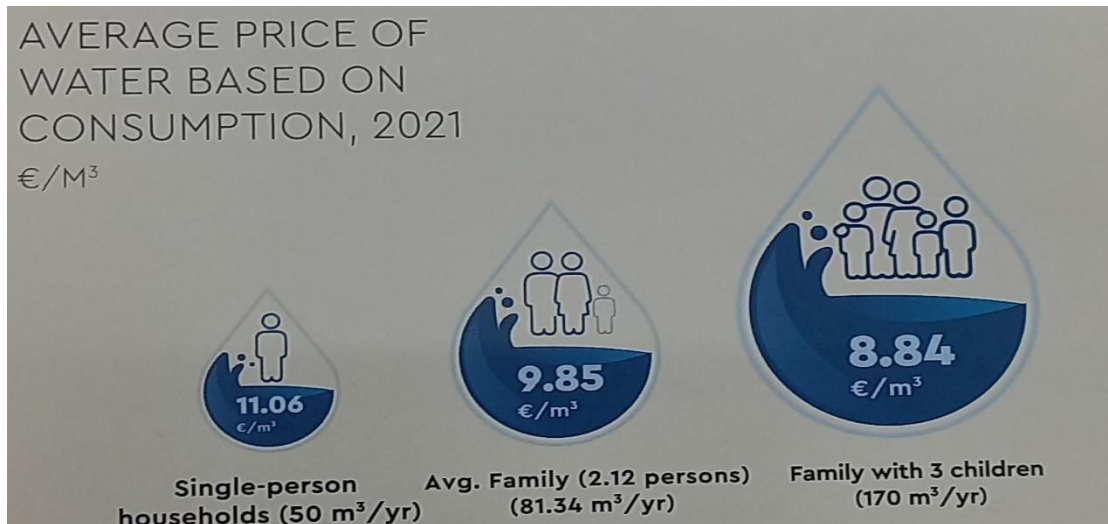
從家門口到花園地勢明顯傾斜，非常適合保護水源，世界高水價確保有充裕的人力物力，保護水資源，雨水從屋簷滑進水管，順著牆流到地面，再穿過籬笆抵達鄰居家，沒花園的家庭己所不欲、施於人，送來雨水澆灌小小花田，土壤含水量增加了，水災風險降低了，飲用水 100% 來自地下水的丹麥，更留住清泉。

例如運用 APP 就是個好工具，水廠管理員在哪都能用，設備出狀況，反應時間由一小時縮短到 5 分鐘，電腦版的雲端監測軟體，則能控制整個系統，供水量對照時段也很平常，沒有任何漏水可能，系統放著自動跑就行，隨時要手動一秒完成。

用傳統水井，人類能測量水質、土壤資料，卻只能達約 100 公尺深，以直升機探測後，3D 地圖能解開更多謎團。有了 3D 地理圖(3D geophysics)，3D 地圖我們現在不只有頂端的資訊，一直到底下，300 公尺的資料都還有點跟點之間的資料。丹麥官方 1999 年，就開始找私人企業合作，繪製地下水分布圖，現在資料量已經大到能做出模型，預測 10 年後，哪一戶用的是哪裡的地下水，越多準備，就能替未來政府省下越多鈔票！

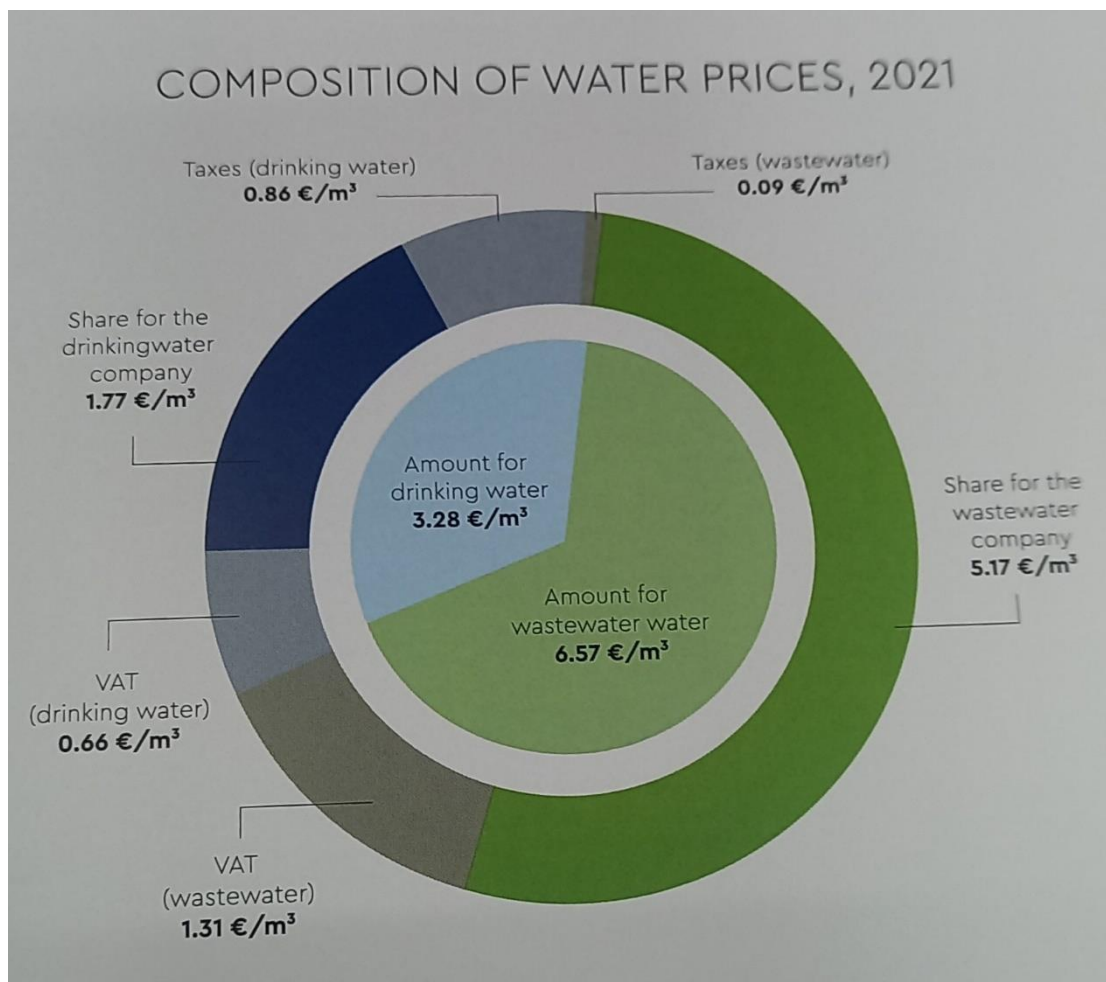


丹麥家戶人均用水量為 105 lpcd (2021)，相較 2020 及 2019，分別上升 1 及 4 公升，其主要原因係因為 COVID-19 影響，致工作型態調整以居家辦公為主之緣故。丹麥節用水資源，反映在降漏效果上成效卓著，全國管線總長約 45,000 公里，已達到高水準之 7.22% 漏水率，顯示其控管得宜。



2021 丹麥三項平均水價簡要說明圖

丹麥全國各地水價不儘相同，且計算方式複雜，以丹麥水協 (Denmark Water and Wastewater Association, DENVA) 2021 年統計 208 個自來水公司及 97 個污水處理公司資料，顯示三種平均水價，其中獨居 (Single-person) 用戶年用水量在 50 m<sup>3</sup> 以下者，每度水價為 11.06 歐元，如以新台幣 2021 年兌換歐元平均匯率 32.8558 計，折合新台幣約為 363 元；另外平均家庭每戶人口數 2.12 人 (Ave. Family 2.12 persons)，年用水量在 81.34 m<sup>3</sup> 以下者，每度水價為 9.85 歐元，折合新台幣約為 324 元；至於家庭成員 5 人 (含 3 位小孩) (Family with 3 children)，年用水量在 170 m<sup>3</sup> 以下者，每度水價為 8.84 歐元，折合新台幣約為 290 元。其水價設計的原理與本公司分級水價的概念一致，使用愈多則單價愈高。正因為水資源有限，以及高物價影響，其高水價政策確實對抑制用水及節約用水，此由低耗水的實際數據可見一斑。



**2021 丹麥水價組成圖**

綜而言之，2021 丹麥平均水價為每度 9.85 歐元(相當新台幣 324 元)，其中主要分成二大部分，內含近 6.57 歐元(相當新台幣 216 元) 污水費(佔比 66.7%)(包含污水處理公司收益、稅費及增值稅(Value Added Tax, VAT)，及約 3.28 歐元(相當新台幣 108 元)自來水費(佔比 33.3%)(包含自來水公司收益、稅費及增值稅(Value Added Tax, VAT)。

## 二、智慧化宜居城市之自來水

本研討會主題即為 Water for Smart Liveable Cities，各與會國家及人員即以此為研討內容主軸，以下僅概要說明部分研討的主題，以為參照，並附列研討會場附近觀察到的特色消防栓及建築工地地下水蒐集再利用的配置。

(一)沙烏地阿拉伯聯合大公國(The United Arab Emirates)：針對管線管理(Pipeline Management)應注重投入資本支出(Capital Expenditure, CAPEX)及營業費用(Operating Expen)se, OPEX)的經濟效益。

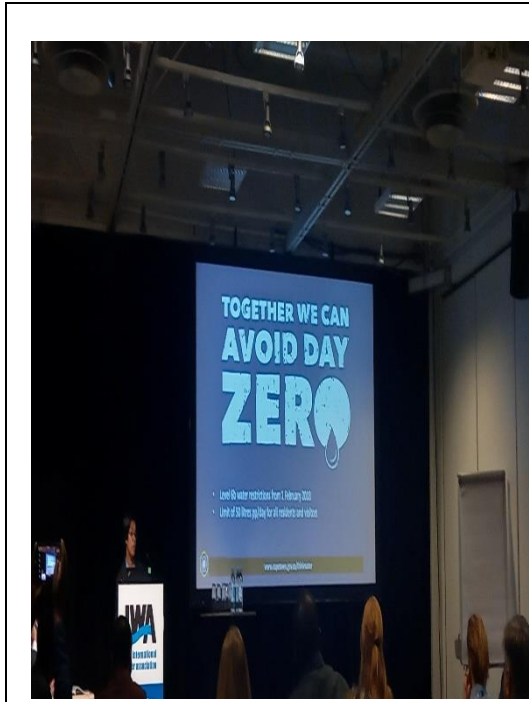
(二)南韓(South Korea)：開發 TOPSIS 資訊系統，以 DMA 為管理標的，有效進行偵測漏水點，進而進行後續修作業。

以下則提供部分研討會場熱烈討論的片面剪影。

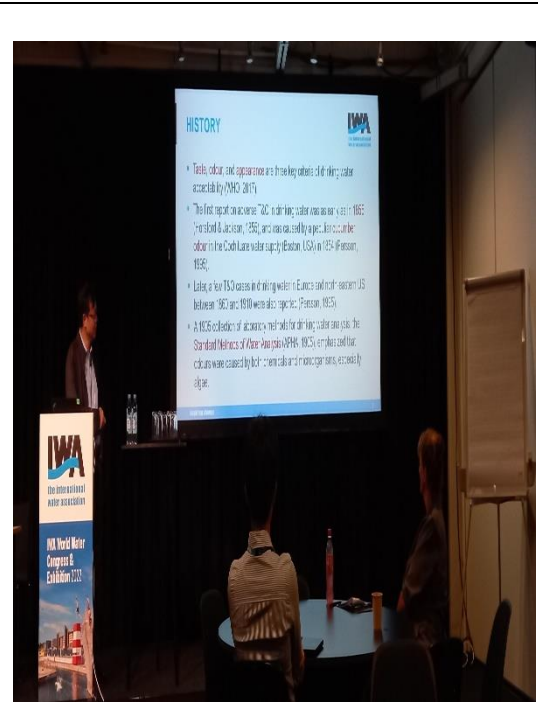
	
消防栓(丹麥)	建築工地地下水再利用



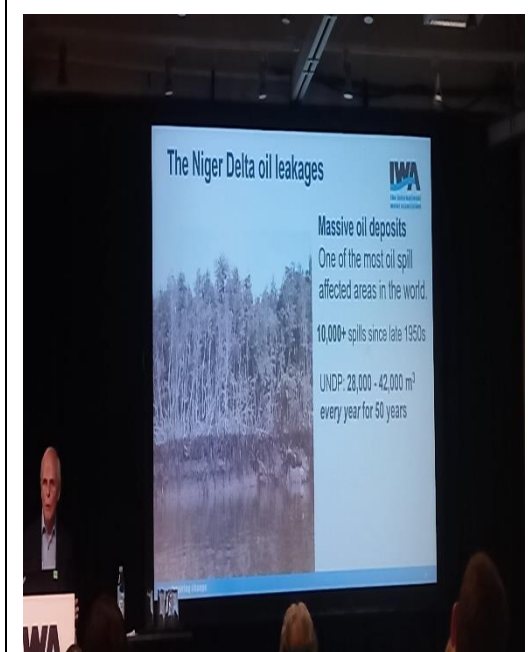
以下節錄之研討主題，分別為南非探討國際合作(左上)、台灣成大林財富教授探討水庫臭味防治(右上)、瑞典教授以尼日(Niger) Delta River 油污染為例說明水科學與人權(左下)及英格蘭 The Rivers Trust 公司介紹所研發天然洪水管理系統(Natural Flood Management, NFM)(右下)。



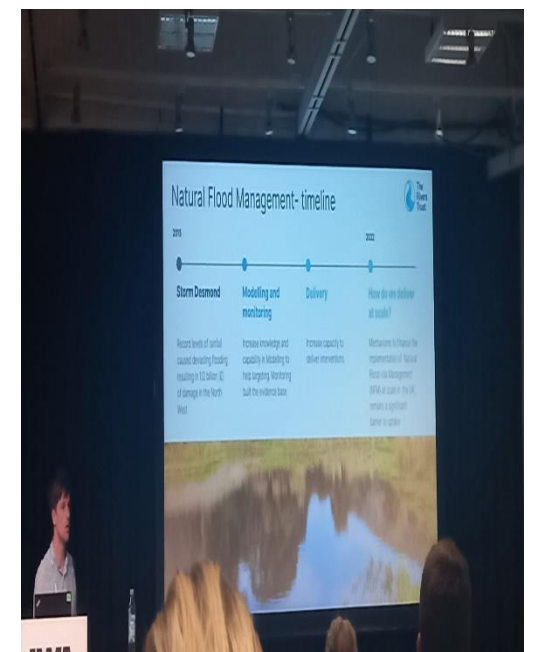
研討會場 I



研討會場 II



研討會場 III



研討會場 IV



## 肆、結論

- 一、本次研討會首次以論壇(Summit)聚焦在永續發展目標的升級(Escalation of Sustainable Development Goals, SDGs)及環境變遷對全球水資源的影響。另外探討主題之一的“洪水(Flood)”及“乾旱(Drought)”，已在全球氣候變遷共識前提下，廣泛探討各國對於水資源運用的政策及對策，必須正視該些議題的重要性及急迫性，包括台灣。
- 二、運用技術數位化(Digitalization)可快速提昇自來水系統設備的管理效能及降低效率不彰(inefficiency)的現象；循環經濟(Circular Economy)亦為本次研討重點，將廢水回收再利用，可節省能耗及創造新水，助益良多。
- 三、另項主題是國際合作(International Collaboration)，針對各項環境議題，以他國先前的經驗，解決各國現正經歷的水資源困境，可達節時省力之效，並且可發揮在地特有的問題解決思維，再透過合作機制分享與回饋，以達到互利雙贏(Win-win)的目標。
- 四、本次國際研討會受疫情影響自 2020 年 5 月延至 2022 年 9 月，截至目前為止，仍有部分國家因疫情傳播考量，僅少數參與或未能參加(例如中、韓…等亞洲國家)。而相對主辦國丹麥卻已在 2022 年 2 月起全面解封並開放國境，沒有任何口罩禁令，生活已回復日常，與疫情前並無差異，可見全球對於防疫作為的差異。雖然在會場，主辦單位國際水協(IWA)在入口處仍備有酒精噴劑，各會議進行期間亦勸導有體溫異常或身體不適人員建議不要到會場，如在會場發現不舒服請立即聯繫會務人員進行必要處置，同時午餐以餐盒代替共食…等等作為仍為考量各國的防疫觀念不同而盡力符合各國防疫要求，值得借鏡。
- 五、另藉此機會觀察會場周界的自來水供水系統，發現住戶屋頂不像台灣有架設水塔的設施，可能考量丹麥冬春季節天雪易結凍不設於戶外露明處；另去年台灣中部地區救旱的建築工地地下水，在

丹麥的工地是設有專管收集並導入臨時配水池的設計，以有效運用水資源，此類設計在德國亦復如是。

六、減少碳排在本次國際研討會中，可從報到處開始說明落實程度。

不像過去排隊方式，等候接待人員以紙本名冊或電腦查詢確認報名資料，再領取會議資料及名牌的方式。本次較特殊的方式為名牌自行至電腦前鍵打資料再自動列印輸出，避免人員近距離接觸，維持社交距離；同時其防水材質可免去外加封套，另再掃描名牌上 QR-Code，以領取會議資料(含會議期間午餐卷)，過程快速、減少接觸感染機會、同時節省材料及能耗，落實節能減碳，是疫情期間舉辦大型活動相當值得肯定及學習的地方。