

出國報告（出國類別：其他，參加國際線上會議）

參加「2022 新加坡國際水週」
(Singapore International Water Week,
SIWW2022)

服務機關：經濟部水利署北區水資源局

姓名職稱：廖雯雯副工程司

派赴國家：新加坡(線上會議)

出國期間：111年4月17日至111年4月21日

報告日期：111年5月

摘要

2022 年新加坡國際水週 (SIWW2022) 於 4 月 17 日至 21 日在新加坡濱海灣的金沙會展中心(Sands Expo & Convention Centre, Marina Bay Sands, Singapore)以實體活動的方式展開。本次水週匯集了來自政府、公用事業、學術界和工業界的思想領袖、專家和從業者，分享、共同創造創新的解決方案，以應對全球迫切的城市水挑戰。

SIWW2022 由新加坡國家水務機構 (PUB, Singapore's national water agency) 主辦，內容涵蓋城市水循環的各個面向，反映當前水環境的趨勢和問題。對於塑造水的未來至關重要，數位化管理、資源恢復力和氣候變遷等新興主題都是本次水週之重點。

本次出國計畫配合國家防疫政策，採取視訊方式辦理，核定以抗旱為題，進行論文投稿以及 4 月 19 日之專題演講，同時為擴大參與效應，亦線上參與重要論壇之研討會，以增進交流機會，借此學習各國對於水環境、水處理與水利工程經驗，作為日後推動國內相關水利業務的參考。

目 錄

| | | |
|-----|------------------------|----|
| 第壹章 | 目的..... | 4 |
| 一、 | 緣起..... | 4 |
| 二、 | 會議目標..... | 4 |
| 第貳章 | 2022 新加坡國際水週介紹..... | 5 |
| 第參章 | 參加過程..... | 12 |
| 一、 | 投稿論文..... | 12 |
| 二、 | 口頭發表文章..... | 21 |
| 三、 | 參加/觀看線上研討會主題..... | 29 |
| | (一) 4月17日 DAY1..... | 30 |
| | (二) 4月18日 DAY2..... | 32 |
| | (三) 4月19日 DAY3..... | 36 |
| | (四) 4月20日 DAY4..... | 40 |
| | (五) 博覽會(WaterEpo)..... | 42 |
| | 心得及建議..... | 44 |

第壹章 目的

一、緣起

2022年新加坡國際水週(SIWW2022)於4月17日至21日在新加坡濱海灣金沙的金沙會展中心以實體活動的形式回歸。在疫情橫掃全球後，能夠以實體方式展出與交流，是相當令人期待的一件事情。

SIWW2022 作為亞洲領先的國際水資源盛會之一，匯集了來自政府、公用事業、學術界和工業界的思想領袖、專家和從業人員，分享和共同創造創新解決方案，以應對全球急迫的各式各樣水挑戰。

二、會議目標

SIWW2022 本次水週以實體活動方式回歸，同時間舉辦新加坡清潔環境峰會 (CleanEnviro Summit Singapore ,CESG)，這兩項活動實體與線上超過15,000人次與會。

本 SIWW2022 作為自疫情爆發以來首次在亞洲現場舉辦的國際水展之一，為各國領導者、專家和從業人員提供了面對面互動的理想場所，學習和重建商業夥伴關係。

這次會議的亮點在於提倡永續水資源，未來面對各式緊急的氣候變遷行動與政策，本次會議可以發揮有效的對話及凝聚共識作用。SIWW2022 特別將重點放在關注氣候整體恢復能力、淨零排放、資源循環性、永續性以及水資源數位化等新興主題。

在 SIWW2022 水資源領袖峰會，匯聚全球水資源領袖，分享應對城市水資源挑戰的戰略、政策見解和解決方案。水公約、專題和商業論壇聚集專家和從業人員，通過案例研究和技術解決方案，交流技術知識。水博覽會展出各式產品和服務，共300多家參展商、14個國家及地區展館和三個新的主題展館，可以為尋求創新城市供水解決方案的買家提供一站式市場。本次 SIWW2022 另有重頭戲「2022年李光耀水獎」在活動中頒發，表彰水資源專家在解決世界水問題方面的傑出貢獻。

第貳章 2022 新加坡國際水週介紹

本次計畫係以參與 4 月 17 日至 27 日之 2022 新加坡國際水週」(Singapore International Water Week, SIWW2022)為主要目標，本會議為自疫情爆發以來首次在亞洲現場舉辦的國際水展，內容以高峰會、論壇、研討會、專家會議、觀摩導覽及商業展覽等方式進行。

本次出國計畫配合國家防疫政策，雖採取視訊會議方式發表投稿與簡報，仍整理本次新加坡水週重要主題供未來國內舉辦相關活動可參考：

(一) 環境與水資源領袖論壇(Environment & Water Leaders Forum)：

4月18日上午9時45分於金沙博覽會和會議中心(SandsExpo&ConventionCentre)L4

環境與水資源領導人論壇(EWLF)為聯合 SIWW-CESG 的高級論壇，提供來自政府、國際組織和水資源領導人分享環境與水資源之政策和治理方針。

EWLF 的主題是「邁向氣候變遷調適的未來—將挑戰化為轉機」，討論組織如何在全球變化的浪潮中利用永續發展將其化為轉機的觀點。

(二) 水資源領袖峰會(Water Leaders Summit)：

4月19日上午09:30 金沙博覽會和會議中心(SandsExpo&ConventionCentre)L4

水資源領袖峰會(WLS)由全球水資源領導人和專家應邀參加，通過提供對商業、創新和政策擬定的見解，從而面對全球城市水資源緊迫的挑戰，以塑造全球水議程。本屆 WLS 召集全球水資源領導者就氣候復原力、資源循環性和永續性等關鍵主題進行策略討論，以促進集體行動。代表們亦可同步在與 SIWW2022 一同舉行的「新加坡清潔環境峰會」上與其他領導人互動。

且 WLS 代表同時可參加 4 月 17 日的水資源熱點問題研討會和技術交流、4 月 18 日的聯合開幕和環境與水資源領導人論壇以及李光耀水資源獎講座。此外亦可以參加主題論壇和商業論壇，參觀水資源博覽會，尋找跨越水循環的創新城市水解決方案。

日程：

| 時間 | 主題 | 簡述 |
|-------------|-----------------------------------|--|
| 09:30~11:00 | 全體會議 1：減緩氣候變遷：邁向低碳及永續 | 探討城市水務部門如何在未來邁向低碳和永續，以減輕氣候變遷的影響，以及實現淨零排放所需的政策、措施和技術。 |
| 11:30~13:00 | 全體會議 2：氣候變遷調適：增強抵禦極端天氣事件和海平面上升的能力 | 重點關注極端氣候事件及海平面上升造成的氣候影響，以及政府和企業為保護城市社區和建築環境免受內陸和沿海洪水的威脅，而採取的調適性措施。 |
| 14:00~15:30 | 全體會議 3：氣候變遷調適：加強水安全以應對乾旱氣候 | 重點關注乾旱和乾燥氣候造成的影響，以及為加強水安全和可靠性以保障城市社區人類生命、福祉和社會經濟發展而採取的調適性措施。 |
| 16:00~17:30 | 全體會議 4：2025 年後世界的全球水資源大趨勢 | 整合 100 多位全球水資源領導者的觀點，探討未來 10-15 年塑造世界水資源的關鍵驅動因素和大趨勢。 |

(三) 水資源會議(Water Convention)：

本會議匯聚來自世界各地的專業人士和技術提供者，分享其知識、實踐經驗和新技术，以應對當前和新興的水資源挑戰。本會議包括開幕主題全體會議、49 場口頭會議、1 場海報會議和閉幕會議，共提交 300 多篇高質量論文，涵蓋以下六個主題：

1. 從源頭到水龍頭（網絡）

隨著用水需求增加，供水網絡變得越來越密集，公用事業公司更加重視網絡規劃和設計，以確保其高效且有彈性。採用智能技術來管理和最佳化網絡，網路傳感器和儀表被廣泛部署於監控。相關評估工具可幫助公用事業識別洩漏並確定管道修復和更換的先後順序，以減少水損失。同時利用先進的計量基礎設施來檢查現場的洩漏情況。這些數據可用於研究最終用戶的消費行為進而影響節水策略。透過這些努力與永續的水循環管理相結合，以增加效益。

2. 從源頭到水龍頭（處理）

由於全球淡水供應有限，城市面臨著需要通過海水、廢水和半鹹水等替代品來實

現水源多樣化的挑戰。隨著處理技術的成熟，重點也轉移使其更具永續性，例如：減少能源需求，探索鹽水的再利用和從廢水中收集能量，並考慮各項處理技術以調適未來氣候變遷的影響。在確保充足和永續的供水同時，獲得安全優質的水仍然是最重要的。現今有越來越多先進技術在開發，以處理和去除新興的污染物和傳統技術無法解決之標的。同時公用事業正在採用更多新穎的感測器和數位解決方案來維持工廠營運、維護和最佳化。

3. 有效和高效的廢水管理（處理）

在我們追求未來永續發展的過程中，人們對廢水的看法已經從不受歡迎變成有益的資源，此種轉變主要為期望推動從廢水中盡可能提取更多的能源和有價值的材料。並逐步開發新技術提高廢水處理過程中產生的能量。為緩解氣候變遷，嘗試減少廢水管理的總碳足跡，包括一氧化二氮和甲烷排放。從廢水中回收和再利用材料資源呈上升趨勢。對於剩餘的廢水，部分通過對飲用水部門的膜技術進行調整，以實現高品質的再利用。除研究新的創新之外，並致力提高現有流程的效率以增強永續性。

有效和高效的廢水管理（輸送）

下水道對於廢水輸送到處理設施相當重要，為確保下水道正常發揮作用，須進行適當的操作和維護。在數位化和智能技術的幫助下，公用事業採取更加積極主動的方法。在下水道營運中，透過分析和管理工具與即時偵測感測器和儀表使用，用於檢測和預測堵塞、流入和滲透。檢查排入下水道的廢水的質量同樣重要，因為它會影響下游處理過程。在維修方面，則配備先進的檢測設備進行下水道檢查、清潔和修復。隨著大型下水道在都市化的城市中鋪設得越來越深，尖端技術顯得更加重要。深層隧道污水系統需要創新的解決方案來監測隧道的結構完整性和輸送狀況。

4. 未來城市

本主題的重點是「促進城市轉型」。面對人口增長和氣候變遷的顯著影響，政府、公用事業、行業和社區共同努力促進城市轉型，打造一個對水敏感、宜居和有復原力之城市的動力越來越強。通過循環經濟方法規劃整體城市，是確保水系統得到適當設計和管理以實現永續性的關鍵。隨著城市的發展，考慮因素是在整合多功能藍-綠-灰基礎設施的平衡，以滿足城市的複雜需求。而氣候變遷的影響使一些城市面臨海平面

上升和洪水氾濫，需要採取海岸保護措施和雨水管理計畫。相反地，部份城市則遭受乾旱之苦，需要建立具有保水能力的社區。城市應該為不可預測的未來制定穩健且調適性強的戰略。

5. 水質和健康

聯合國永續發展目標 6「確保人人享有水和衛生設施並對其進行永續管理」和目標 3「良好的健康和福祉」為「一水一健康」提供了一個共同的目標：通過確保水安全和供應安全、清潔的飲用水來保護和促進公眾健康。然而極端天氣事件、生態系統完整性和生物多樣性的下降、快速的城市化、人類流動性和流行病使這些挑戰變得更加嚴峻，因此，我們的水資源和飲用水的質量正遭受威脅。須採取系統性方法，涵蓋水和廢水循環的各面向實施全面的水質評估和管理策略，並透過跨領域專家間的對話，開發新技術、方法和工具，提高評估的準確性、敏感性和速度，對於保持有效的水質管理和使供水服務更具彈性至關重要。最近在檢測、識別和追蹤常規和新出現的污染物和病原體方面的分子和基因進展，為水質管理創造新的機會。監管框架、源頭管理策略以及先進的自動檢測技術是該主題的核心。

6. 關係和循環

與全球循環經濟運動相一致，水務部門應採取綜合方法來實現永續發展。在透過先進的處理技術關閉水循環之後，現在的重點是關閉水系統內外資源和碳循環。在此過程中，除了技術方面，對政策和規劃、利益相關者參與、應用和市場化的系統思考也相當重要。隨著水部門努力實現循環，考慮系統之間相互依賴以及與其他部門合作的聯繫方法及其重要。

日程：

| 會議 | 主題 1： 從源頭到水龍頭 (網路) | 主題 2： 從源頭到水龍頭 (處理) | 主題 3： 有效和高效的廢水管理 (處理和輸送) | | 主題 4： 未來城市 | 主題 5： 水質和健康 | 主題 6： 關係和循環 |
|---------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------|----------------|---------------------|---------------------|
| 4/17(日) | 水資源會議熱點問題研討會 | | | | | | |
| 4/18(一) | 聯合開幕 | | | | | | |
| | 水資源會議全體會議開幕 | | | | | | |
| | 李光耀水資源獎講座 | | | | | | |
| | 水資源會議海報展示 | | | | | | |
| 4/19(二) | 規劃、設計和實施 | 高級氧化技術 | 薄膜再利用技術 | 輸送—建模和數位解決方案 | 用於遙感和即時控制的數位技術 | WQ 健康評估和管理—處理和管理 | 政策與規劃 1 |
| | 營運效率—最佳化整體工具之效率 | 應對新興污染物的創新技術 | 膜生物反應器 (MBR) | 溢流、隧道和氣候變遷 | 用於水質管理的數位分身 | WQ 健康評估和管理—即時感測器和標準 | 政策和規劃 2 |
| | 資產管理和網路更新 | 膜技術和應用進展 | 膜曝氣生物膜反應器 (MABR) | 輸送系統中的腐蝕 | 城市水韌性 | WQ 健康評估和管理—風險評估 | 利益相關者參與和跨部門合作—循環水經濟 |
| | 用於網路監控的智能感測器 | 海水淡化創新一前處理 | 厭氧消化進展 1 | 非城市廢水再利用 | 城市調適策略 | 服務交付的系統方法 | 循環經濟體系 |
| 4/20(三) | 數位分身 | 海水淡化創新一能源保存技術 | 厭氧消化進展 2 | 去除磷 | 城市水資源總計畫 | 基於廢水的流行病學 1 | 資源循環 |
| | 節水和節能措施 | 從鹽水中回收資源 | 通過新的氮途徑強化技術 | 氣候變遷和減少碳足跡 | 混合基礎設施的經濟評估 | 基於廢水的流行病學 2 | 碳循環 |
| | 通過再利用增加供水 | 水處理廠的數位化 | 資源回收 | 下一代智能工廠 | 未來城市的抗洪能力 | 水質/食品安全關係 (與糧農組織合作) | 消除新興污染物的綜合辦法 |
| | 水資源全體會議閉幕和最佳海報頒獎典禮 | | | | | | |

(四) 熱點問題研討會：

4月17日 09:30~17:00 金沙博覽會和會議中心

(SandsExpo&ConventionCentre,MarinaBaySands,Singapore,)L3

新興主題包括水行業的數位化轉型、海水淡化的未來、永續廢水管理、沿海振興、消費者在生活用水再利用和循環利用方面的包容性以及碳循環等。這些研討會將以高度互動、以小組討論為基礎的形式進行，提供一個集中的平台，以激發專家和代表之間就當今水行業面臨的「熱點」或新興問題進行更開放的參與。

日程：

| 時間 | 主題 |
|-------------|--|
| 1000 - 1300 | 研討會 1 水務部門的科技化轉型和數字孿生的作用 |
| | 研討會 2 海水淡化的未來：淡化和鹽水管理的創新 |
| 1400 - 1700 | 研討會 1 (續) 水務部門的科技化轉型和數字孿生的作用 |
| | 研討會 2 (續) 海水淡化的未來：淡化和鹽水管理的創新 |
| | 研討會 3 發展中國家的可持續廢水管理：印度河流復興的創新方法 |
| | 研討會 4 沿海振興—新加坡給小島國的新經驗 |
| | 研討會 5 生活用水的減少、再利用和循環利用—益處、健康風險和消費者參與性 |
| | 研討會 6 水部門脫碳和碳循環 |

(五) 科技 X 改變：

4月17日上午 09:30 金沙博覽會和會議中心，濱海灣金沙，新加坡

(SandsExpo&ConventionCentre)L4

旨在將創新者與投資者、合作夥伴和買家聯繫起來，以推商業化的新水技術。分享創新技術、促進互動、創造交流機會並促進行業領導者間熱烈討論。演講者陣容包含：投資者、企業家、公用事業領導者和技術高管，對於想解更多有關可能塑造全球水資源永續性的新興技術的人來說，是一次經典的會議。

(六) 專題和商業論壇：

與 SIWW 的策略及合作夥伴共同舉辦的專題及商業論壇，內容涵蓋當今各個水行業的新興趨勢、商機和挑戰，並將討論全球水行業最感興趣的主題領域。論壇旨在分享關鍵資訊，以提高代表們對市場的了解，並提供對特定項目的見解。

- 專題論壇深入探討新興城市水資源問題—揭示關鍵挑戰、點出重要趨勢並展示全球應用的永續解決方案。
- 商業論壇探討亞洲水務項目的商機和挑戰，分享重要信息以提高市場理解，並提供對市場前景的見解。

(七) 技術現場參訪：

4月17日、21日上午 08:00~下午 16:00

參訪新加坡的水標誌和設施，為新加坡實現永續水資源的方法提供經驗。參訪體現永續城市和水資源的最佳解決方案，使參與者能夠深入了解新加坡將城市轉變為花園和水之城的過程。

日程：

| | 現場參訪 1 | 現場參訪 2 | 現場參訪 3 | 現場參訪 4 |
|----|--|----------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| 主題 | 氣候調適 —多樣化的水源 | 氣候調適 —雨水管理 | 彈性資源 —減少能源和碳足跡 | 研究與創新 —卓越中心 |
| 項目 | 1. 吉寶濱海東部海水淡化廠 2. 樟宜水回收廠/ 深隧道污水處理系統/ 勝科新生水廠 | 1. 史丹佛攔水壩 2. 濱海堤壩 | 1. 勝科登格浮動太陽能發電場 2. 蔡厝港自來水廠 | 1. 南洋環境與水資源研究所 2. 分離技術應用研究與翻譯中心 |

第參章 參加過程

本次 SIWW2022 主要任務為論文投稿 (The Emergency Actions for Centennial Drought in Taiwan)及進行口頭發表，將臺灣 2020 年寶貴的抗旱經驗與世界分享；並藉由購買數位通行證參與主題研討會，深入了解他國水資源最新技術及管理方法。

一、投稿論文

本次投稿主題以「面對百年大旱抗旱啟動及作為」為主軸，分享 2020 年下半年至 2021 年上半年臺灣遭逢之百年大旱，水利署針對不同情境啟動各項抗旱準備，提前部署應變及視水情趨勢滾動檢討，提升臺灣水韌性能力的多元調適作法，強化組織韌性、社會韌性、經濟韌性及基礎設施韌性等應變措施積極救旱，包括透過跨域組織分工超前部署、多元對話溝通建立社會抗旱意識、強化經濟應變彈性減緩抗旱影響、中央地方合作提升供水韌性等。同時採取強化水庫細緻操作、日日監看水情、跨區供水調度、加強農業節水灌溉、施做人工增雨、自來水減壓及產業節水等應變措施，並趕辦抗旱 1.0 及 2.0 計畫，多元開發緊急水源達每日 166 萬噸，透過中央、地方及民間共同協力多省水、多找水及多調水全力抗旱，方能有效延長水庫供水時程，降低旱災影響。本次 SIWW2022 發表全文如下：

The Emergency Actions for Centurial Drought in Taiwan

Chien-Hsin Lai*, Chia-Heng Wu**

*Water Resources Agency, Ministry of Economic Affairs, Taichung City, Taiwan

A000010@ms1.wra.gov.tw

**Water Resources Agency, Ministry of Economic Affairs/Management Division, Taichung City, Taiwan

A000020wu@wra.gov.tw

Corresponding author: Ruey-Hsing Lu, Engineer, A620120@wra.gov.tw, No.501, Sec. 2, Liming Rd., Nantun Dist., Taichung City 408204, Taiwan, Tel: (+886)4-2250-1181, Fax: (+886)4-2250-1609

Type of presentation: Oral

Theme and sub-topic the paper is to be submitted for:

- Theme 4 (City Water Resilience and Adaptation Strategies – Preparing for and learning from emergency responses)

• **SUMMARY**

From the second half of 2020 to the first half of 2021, it had suffered from a centurial severe drought in Taiwan. The challenge of water supply was the greatest in history. In order to reduce the impact on people's lives, Water Resources Agency (WRA) used multiple adjustment actions to enhance water resilience capabilities. Those actions include advance deployment through cross-domain organization division of labor, multiple dialogues and communication to establish social drought resistance awareness, strengthening economic resilience to reduce the impact of drought, and central and local governments' cooperation to improve water supply resilience. The contingency actions, e.g. detailed reservoir operating, daily water condition monitoring, cross-regional water supply dispatching, water-saving of agricultural and industrial uses, artificial rainfall enhancing, tap water decompression, and diversely developing emergency water sources those reached 1.66 million tons per day, had also been implemented to reduce the water supply from reservoirs effectively.

• **KEYWORDS:**

Centurial drought in Taiwan, Resilient water city, Stabilizing water supply

• **INTRODUCTION**

In recent years, climate changes, abnormal rainfall, and extreme weather have exceeded the control of engineering and non-engineering measures. Therefore, it is necessary to actively build more resilient and disaster-resistant cities. In 2020, there was not enough rainfall falling in Taiwan due to no typhoon invaded during the wet season. And the spring rainfall in 2021 was also not as expected. From June 2020 to May 2021, the accumulated rainfall in western Taiwan was only 880 mm, which

was the lowest record since 1911 and far lower than Taiwan's average annual rainfall of 2,500 mm. Particularly, the accumulated rainfall was only 500 mm in central region. Those resulted in the water storage of reservoirs in western Taiwan was only about 1 to 3% and caused the worst drought in a century. Referring to Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030, WRA followed the four principles of resilient water city, i.e. organizational resilience, social resilience, economic resilience and infrastructure resilience (Figure 1.1), and actively used various emergency actions to reduce the impact on society and industry due to severe drought.



Figure 1.1 Resilience Water City Evaluation Aspects and Elements

- **TAIWAN'S WATER ENVIRONMENT**
- **Hydrological conditions**

Taiwan is in the subtropical region and its annual precipitation is approximately 2,500 mm, which is 2.5 times the world average. But, the country's water infrastructures capture little of it because of the geography. As shown in Figure 2.1, the distribution of rainfall is uneven through a whole year. About 78% of the rainfall, which takes place during the wet season between May and October, comes from typhoons and/or heavy rain storms during the so-called "plum rain" season. Rainfall in the dry season, from November to April, constitutes only 22% of Taiwan's annual rainfall. Furthermore, rainfall is also unevenly distributed in space. The ratios of rainfall in the wet and dry seasons in the northern, central and southern regions are respectively 6:4, 8:2 and 9:1. Due to the non-uniform rainfall distribution, the water supply in the dry season will be insufficient and unstable if the rainfall is not stored in the reservoirs.

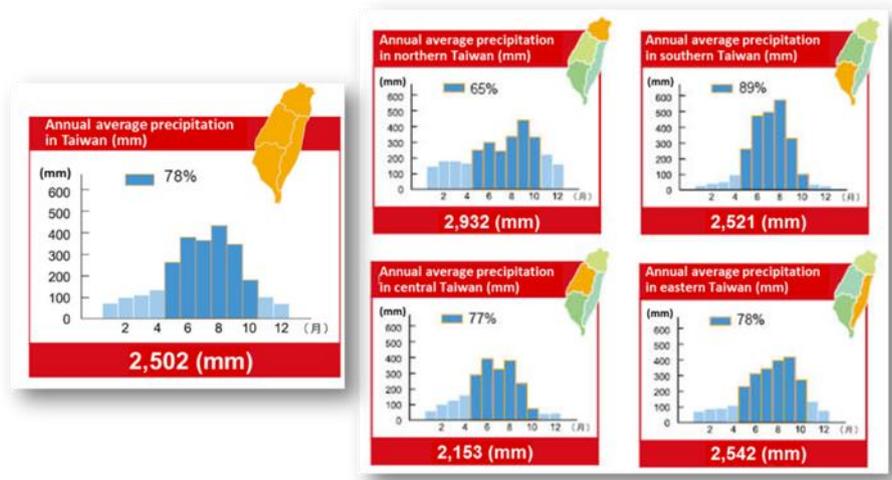


Figure 2.1 Precipitation Distributions in Taiwan

- Water usage**

As shown in Figure 2.2, Taiwan's annual precipitation reached 93.8 billion tons. However, 22% and 60% of it is evaporated and goes to sea. The total water consumption is 17.1 billion tons, which is about 18% of precipitation. The ratio of consumption is 72% in agriculture, 19% in domestic, and the rest 9% in industrial use. That consumption is satisfied by waters from rivers, reservoirs, groundwater, desalination and reclaim. Among them, the annual water supply of the reservoirs with a total storage capacity of 1.9 billion tons is up to 3.8 billion tons.

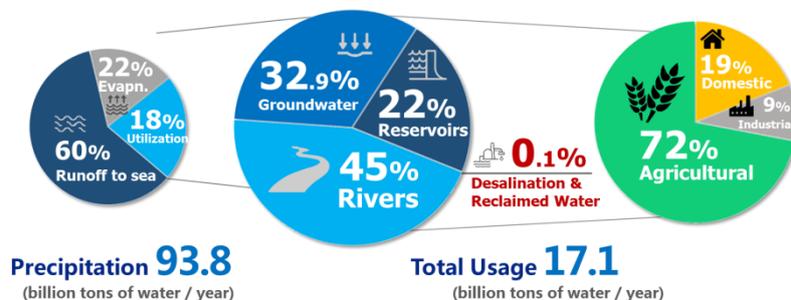


Figure 2.2 Water Resource Allocations in Taiwan

- DROUGHT RESISTANCE EMERGENCY ACTIONS**

According to the statistics from 1911 to 2020, there was an average of 3.4 typhoons striking Taiwan per year. The typhoon rainfall accounts for about 40 to 50% of annual rainfall. And it is an important source of water supply. The threat of drought in the dry season will be resulted in once the rainfall is insufficient in the wet season. Nevertheless, no typhoons passed by with official warning issued in 2020. Then, Taiwan faced the unprecedented challenge because of the rainfall of main reservoirs in June 2020 to May 2021 being an all-time-low record. The annual inflow to the main reservoirs is about 4,600 million tons per year, but the inflow was only 1,580 million tons over 2020. Water levels at main reservoirs were down to less 10% capacity. The supply of water resources had not sufficiently

satisfied the water demands of domestic, irrigation and industry. The abnormal climate affected Taiwan's water resources management seriously. Immediately, the drought response mechanism was started and all necessary measures were implemented depending on the severity of drought at each water region. And the operation level started from regional offices and gradually upgraded to WRA, Ministry of Economic Affairs (MOEA), and central level (Executive Yuan).

- **Strengthen organizational resilience – cross-domain organizational division of labor, advance deployment to fight drought**

The rainfall was less during the dry period from 2019 to the first half of 2020. WRA judged that it would be a warning based on the water assessment experience over the years. And WRA updated the statistical data of main reservoirs comparing with the historical data every day and collected the weather forecast information closely to grasp the detail of water use and water regime. Since July 2020, WRA had invited all units to take stock of water supply situations and initiate various drought preparedness preparations for different situations. Then, Drought Emergency Response Teams of WRA, MOEA, and Central Emergency Operation Center were respectively set up as shown in Figure 3.1. Up to 12 months of drought resistance, a number of drought-resistance and water-saving actions were initiated, such as reservoir water management and control, regional dispatch, backup water supply, artificial rainfall enhancement, agricultural strengthening irrigation management, and irrigation suspension in some areas. At the same time, the precise management actions, such as water condition monitoring every half day, daily drought control reviewing, and weekly water supply controlling, were executed. Those included 94 water condition meetings of different administrative levels, more than 66 artificial rainfall enhancements when fronts were approaching, and water conserving up to 1.3 billion tons, etc.

Different from the water scarcity responses in the past, 8 major groups of meteorological analysis, water resource allocation, people's livelihood water supply, agricultural water supply, industrial water supply, drought-resistant water source, water-saving publicity, safety and health, were also set up under Central Emergency Operation Center. The drought resistance strategies, being evaluated and proposed by those professional groups, were frequently discussed, adjusted and decided with time. And relevant tasks were then immediately assigned to the corresponding departments. During the drought period, Central Weather Bureau and private meteorological experts provided meteorological analysis. Construction site manufacturers, local governments, Ministry of the Interior, Environmental Protection Administration, and other public and private departments assisted in the integration of groundwater at construction sites into the tap water system. Military engineers and private manufacturers assisted in the dredging of reservoirs, the navy supported water to islands, the air force supported aerial rain enhancement operations, and the industrial community cooperated with water saving in times of difficulties. Those have become a new successful model for cross-domain cooperation to overcome the drought crisis.

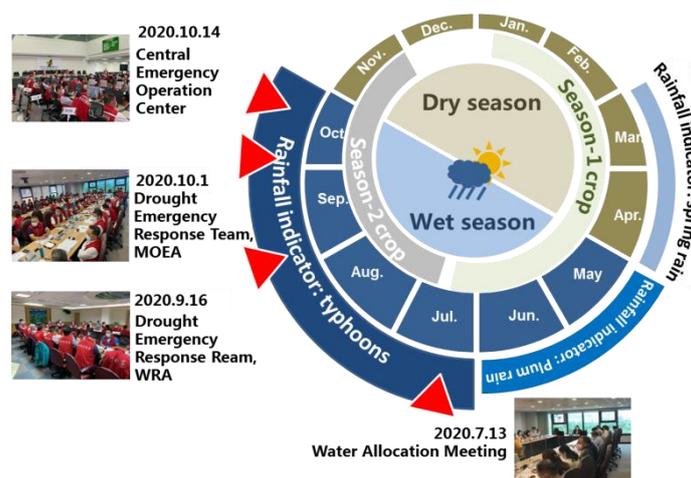


Figure 3.1 Early Preparedness and Response since July 2020

- **Strengthen social resilience – multiple dialogues and communication, build social awareness of drought resistance**

The water-saving measures were gradually adjusted and intensified depending on the water scarcity situation. Many conversations and dialogues with public sectors and private groups were held to explain the drought situation and the water-saving supporting measures. By cooperation with the agricultural sector, the methods of regional rotation irrigation, community deployment, precision irrigation, night water transfer, return water reuse, and well pumping, etc., were utilized. The river water and the pond water were and fully used in order to minimize use of water from reservoir. Domestic water-saving measures, e.g. night decompression of tap water, all-day decompression and district water supply, were gradually adjusted according to water condition trends. From September 2020, industrial districts also saved 5% of water use autonomously. To avoid interrupting industrial production, the water supply was reduced and non-stop for the science park or industrial park with a dedicated supply of tap water.

- **Strengthen economic resilience – improve economic resilience to reduce the impact of excessive drought**

In order to reduce socio-economic shocks owing to water shortage, irrigating in some regions was stopped based on the principle of considering public water demand to the end of May 2021 and avoiding insufficient irrigation water to affect crop production. About 94 thousand hectares of farmland were suspended of water, including 2020 second season crop and 2021 first season crop, and more than 680 million tons of water saved. According the evaluation by the agriculture department, the influence on markets would be little because the rice storage in the government barns was enough to support Taiwan's rice annual dosage. Compensation of NT\$8.58 billion and assistance were then provided to subsidize farmers' losses. It is an expedient measure that domestic and industrial water supply may be stabilized by dispatching and transferring the irrigation water. The farmers are then providing to compensate. The agricultural losses therefore are reduced and the ones of social economy due to drought may be minimized.

- **Strengthen the resilience of Infrastructure – central and local cooperation to enhance the resilience of water supply**

For extending the water supply from reservoirs and reducing the drought impact, the central and local governments and non-governmental organizations worked together through various measures such as saving more water, finding more water, and dispatching more water. To save more water, the night decompression of tap water was gradually expanded to full-day decompression. The industrial water saving was gradually increasing to 17%. The irrigation possibly replaced the water from reservoirs with the one pumped from agriculture ponds and district drainage rivers. The central government also invested NT\$6.3 billion in rushing to find and dispatch water with increasing 1.66 million tons per day by drought-resistant wells, effluents in the water resources centers, hyporheic flow water, emergency desalination units, mobile water treatment facilities, groundwater pumped at construction sites, and retrieving residual water from downstream rivers, etc.

Emergency Water Supplies 1.0

From June to September 2020, the rainfall was only 20% to 60% of the historical average and most was the lowest in the reservoir catchment area in western Taiwan. Preparing for the worst possible situation of low rains in following winter and spring, the central government invented NT\$1.4 billion immediately to run the project of Emergency Water Supplies 1.0 to find water in diverse ways. In February 2021, the water supply of 780,000 tons per day were increased by drought-resistant wells into the tap water system of 340,000 tons per day, agricultural pond water of 2.09 million tons, effluents of 425,000 tons per day in the water resources centers, and Hsinchu emergency desalination units of 13,000 tons per day.

Emergency Water Supplies 2.0

The reservoir's water storage capacity was the lowest in the same period in history, because the rainfall was not as expected in the spring of 2021. The drought was severe and it was a centennial extreme drought in Taiwan. Moreover, the meteorological analysis group of Central Emergency Operation Center forecasted that the rainfall from April to June would be less normal. Therefore, the central government invented NT\$4.9 billion again to run the project of Emergency Water Supplies 2.0 to find urgent water resources and dispatch cross-regional water as more as possible. In May 2021, the water supply of 880,000 tons per day were increased by emergency interconnections with nearby water utilities of 393,000 tons per day, drought-resistant wells into the tap water system of 309,000 tons per day, hyporheic flow water of 70,000 tons per day, Taichung emergency desalination units of 15,000 tons per day, and construction site dewatering system water use of 93,000 tons per day.

- **RESULTS AND DISCUSSION**

In order to minimize the drought impact on public, the basic principle of choosing any measure was to extend water supply time until rainy season arrived. The main mitigation measures included water-saving, cross-regional water dispatching and diverse emergency water sources developing to keep water stored in reservoirs possibly. Finally, those reduced 31% water supply from reservoirs.

And heavy rains battered Taiwan after May 2021. That round of plum rains gave a boost to reservoirs nationwide. If those emergency actions against the drought had not been taken, rotating water cuts would have been instituted long ago.

In Taiwan, the dewatering system water use of groundwater pumped at construction sites, the water pumped from agriculture ponds and district drainage rivers, reducing reservoir discharge, and retrieving residual water from downstream rivers, are new ways of increasing emergency water sources for drought relief. Those will be continually utilized as a normal backup facility for reducing the water supply from reservoirs and storing water in reservoirs as much as possible. Moreover, WRA will cooperate continually with the agricultural departments to promote the regional rotation irrigation, and utilize the water resources of agriculture ponds, rivers, and district drains in reservoir irrigation areas in Taiwan. And those experiences, including water resource development, water-saving promotion, cross-regional water diversion, backup water facilities and water management, have been extracted in Taiwan's Regional Water Resources Master Plan.

- **CONCLUSIONS**

Taiwan's hydrological environment has been affected by the change in global climate, as evidenced by the difference in precipitation between wet and dry season/year and the increasing frequency and severity of extreme rainfall and drought. From June 2020 to May 2021, the rainfall in Taiwan was the least in a century, and resulted in the water storage of reservoirs continually dropping to 1 to 3%. In order to reduce the impact of drought, the emergency actions of strengthening organizational resilience, social resilience, economic resilience, and infrastructure resilience were executed to actively rescue droughts. The cross-domain departments and organizations were assigned tasks according professional duties. The departments of agriculture and industry autonomously cooperated in saving more water. The social and economic losses may be minimized when dispatching irrigation water to stabilize the water supply for domestic and industrial uses. Furthermore, the projects of diversified emergency water sources were also quickly implemented to find and dispatch more water. Therefore, the water from reservoirs may continually supply until rainy days coming. Adapting the extreme climate in the future, Taiwan will constantly improve the constructions, managements and systems of water resources to enhance the resilience of water supply.

- **REFERENCES**

1. Ministry of Economic Affairs (2020), Emergency response to drought in the second half of 109 – emergency utilization plan for drought relief water resources. (in Chinese)
2. Ministry of Economic Affairs (2021), Emergency drought relief water resource contingency plan 2.0. (in Chinese)
3. Un World Conference on Disaster Risk Reduction (2015), Sendai framework for disaster risk reduction 2015-2030.
4. Water Resources Agency, Ministry of Economic Affairs (2019), Evaluation of resilient water cities – reference manual for heads of local governments. (in Chinese)

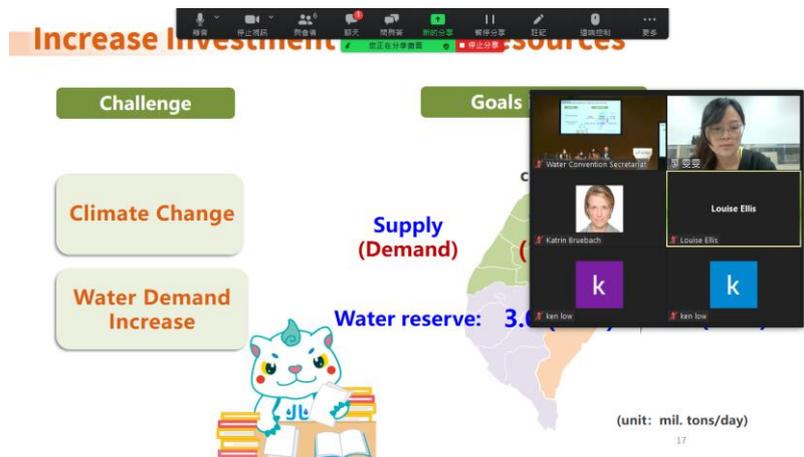
5. Lai, C.H. (2021) Drought resisting launch and actions for centurial drought, *Water Resources Management* **23** (1), 1-10. (in Chinese)

二、口頭發表文章

本次口頭發表文章於 4 月 19 日下午於主題 4 未來城市-城市水韌性(4.3 City Water Resilience)專題發表，論壇主席為英國籍 Mark Fletcher，每一個論壇時段為 90 分鐘，開場由主席簡要介紹，本場次共 5 場演講，各場發表時間為 15 分鐘，最後由主席引導問答環節。

| | |
|-------------------|---|
| Title | The Emergency Actions for Centurial Drought in Taiwan |
| Paper Status | Accepted for Oral Presentation |
| Presentation Type | Oral: Presentation at Technial Programme |
| Session Details | 4.3 City Water Resilience Tuesday, Apr 19, 2022 2:00 PM - 3:30 PM |





文章發表演場影像

本次發表以分享 2020 至 2021 年臺灣抗旱經驗為主軸，先介紹臺灣的水資源條件，再說明臺灣抗擊百年大旱的因應對策，包含超前布署提前因應、機關合作節省水庫出水、抗旱水源緊急計畫 1.0 及 2.0，以及整體抗旱成效；分享内容摘要如下：

臺灣於 2020 下半年至 2021 上半年遭逢百年大旱，西部地區 12 個月降雨量僅歷年平均的 1/3，主要供水水庫蓄水量僅餘 1~3%，水資源調度及供應挑戰為歷史最大。為降低對民眾生活衝擊，水利署除針對不同情境啟動各項抗旱準備提前部署應變，及視水情趨勢滾動檢討加大應變作為外，並以提升臺灣水韌性能力的多元調適作法，強化組織韌性、社會韌性、經濟韌性及基礎設施韌性等應變措施積極救旱，包括透過跨域組織分工超前部署、多元對話溝通建立社會抗旱意識、強化經濟應變彈性減緩抗旱影響、中央地方合作提升供水韌性等。同時採取強化水庫細緻操作、日日監看水情、跨區供水調度、加強農業節水灌溉、施做人工增雨、自來水減壓及產業節水等應變措施，

並趕辦抗旱 1.0 及 2.0 計畫，多元開發緊急水源達每日 166 萬噸，透過中央、地方及民間共同協力多省水、多找水及多調水全力抗旱，方能有效延長水庫供水時程，降低旱災影響。

本次主題會中獲得廣大迴響，於 Q&A 時段也有相當多的交流，參與人員皆對於抗旱議題相當有興趣，也顯示目前全球因氣候變遷影響，各國都相當在乎抗旱的議題並努力尋求解決之道。口頭發表簡報亦於會後提供主辦單位上傳活動官網提供各界參考，內容如下：

The Emergency Actions for Centurial Drought in Taiwan



Liao, Wen-Wen
Northern Region Water Resources Office, Water Resources Agency, Ministry of Economic Affairs, Taiwan
April 2022

CONTENTS



Taiwan's worst drought in a century



Strengthen Drought Resilience

2

Water Resource Allocation

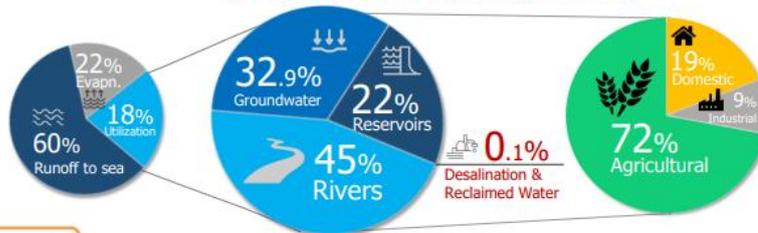


Precipitation **93.8**
(billion tons of water / year)



Challenge 1

◆ The total water usage : **17.1 billion tons/year**
(only **18%** of the precipitation)



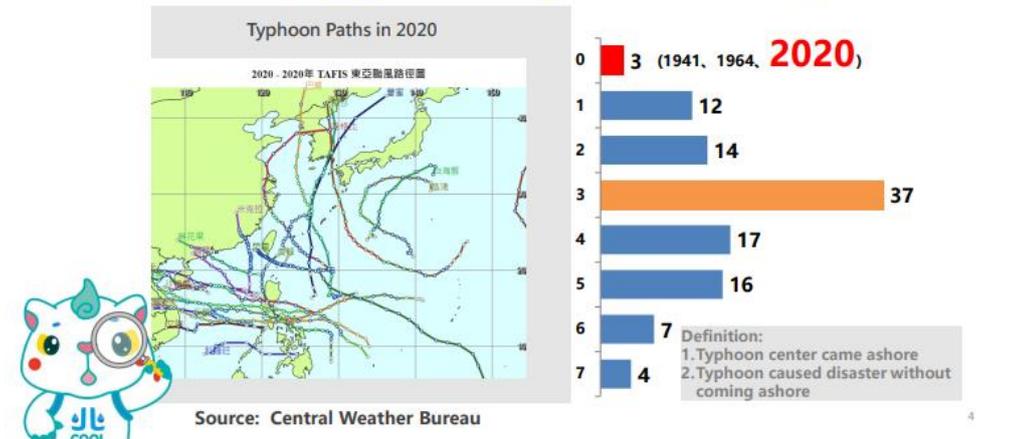
Challenge 2

◆ Uneven distribution either in time or locations

3

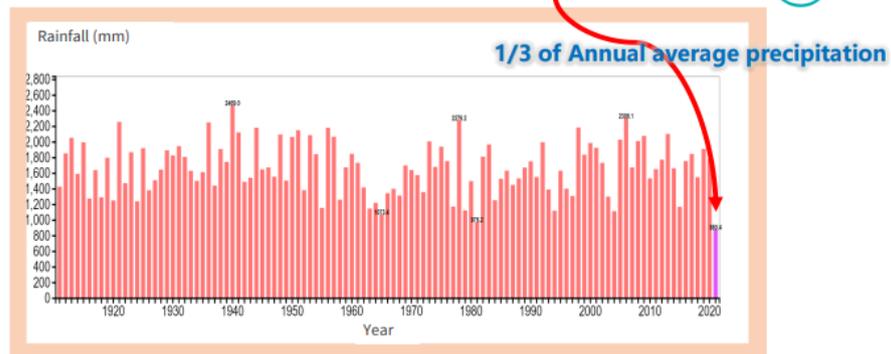
No Typhoon passed Taiwan in 2020

3.5 typhoons / year on average



The worst drought in Taiwan history

From June 2020 – May 2021,
 Lowest recorded precipitation rate (880mm) since 1911.



(Data source: Prof. H.H. Hsu, Atmospheric Sciences, NTU)

1911-2021

5

Unprecedented Challenge

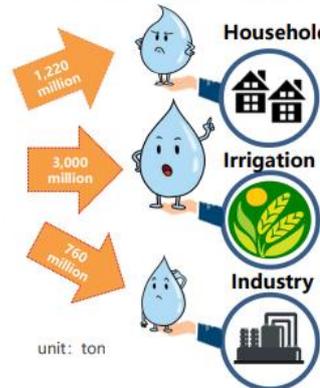
Accumulated inflow of Reservoir

About **4,600** million tons/year

Only **1,580** million tons between
 2020/1/6~2021/5/28



Water requirement/per year



Statistical data : Accumulated inflow of Reservoir and water requirement include Taoyuan、Hsinchu、Miaoli、Taichung、Chiayi and Tainan areas.

6

Early preparedness & response



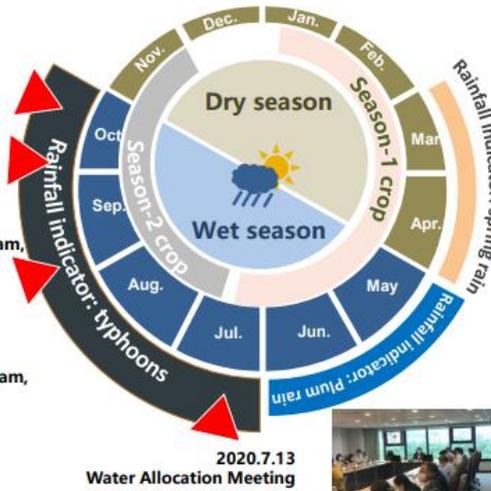
2020.10.14
Central
Emergency
Operation
Center



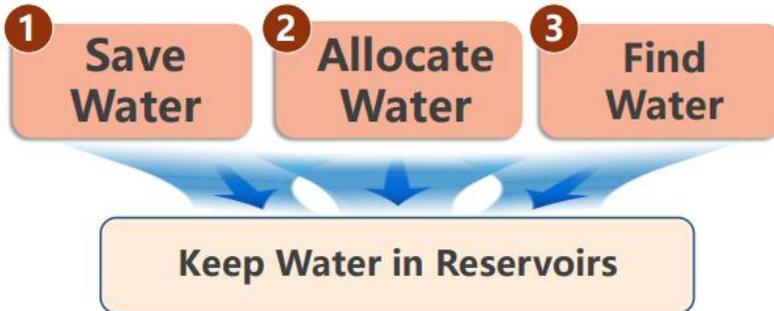
2020.10.1
Drought
Emergency
Response Team,
MOEA



2020.9.16
Drought
Emergency
Response Team,
WRA



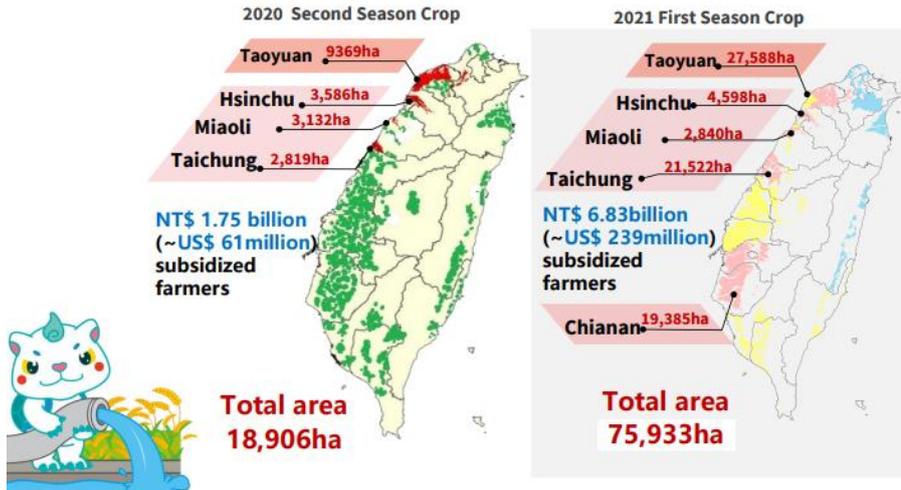
Mitigation measures



Save Water - Domestic/Industrial Sectors

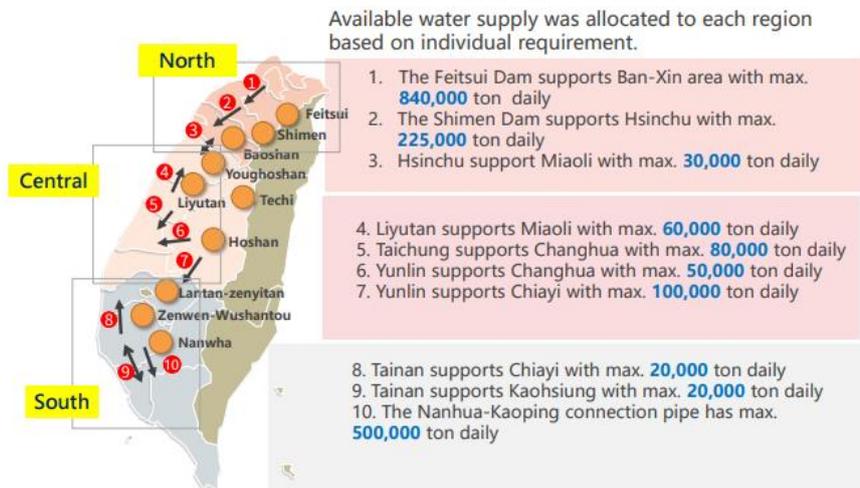
| | Domestic uses | Industrial uses | Non-essential uses | Non-Industrial Water |
|---------------|----------------------------------|-----------------|--------------------|----------------------|
| Green | Low pressure (Pm11~Am5) | -5% | | |
| Yellow | Extend lower pressure (Pm10~Am6) | -5~-7% | Prohibited | |
| Orange | All Day Low Pressure | -7~-15% | Prohibited | -10~-20% |
| RED | 2 days off in a week | -15% | Prohibited | -20% |

Save Water- Agriculture



10

Allocate water - Water Supply Corridor



11

Allocate water - Regional Allocation

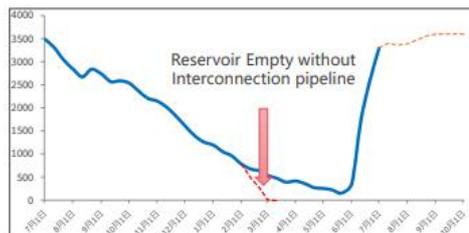


Interconnection Pipelines



Construction Works

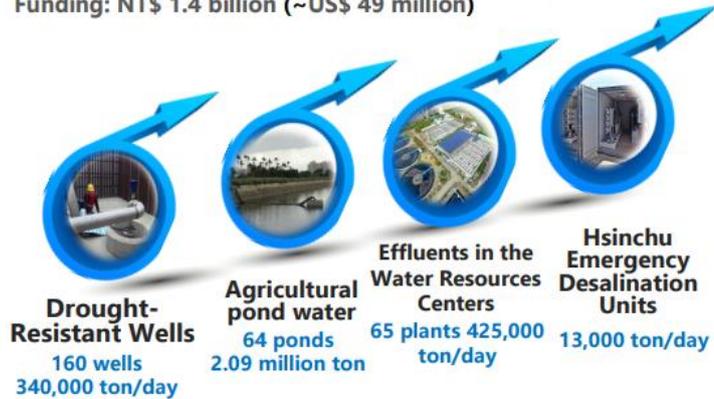
- Taoyuan to Hsinchu **interconnection pipeline** was completed ahead of schedule in Feb. 2021 (originally to be June).
- Supply Hsinchu 200,000 tons/day, about **40%** of the water demand.
- About 23 million tons was supplied, about 60% of the totally volume of the Reservoir.



12

Find water - Emergency Water Supplies 1.0

- Nov. 2020 – Feb. 2021
- **Additional water supply of 780,000 ton/day**
- Funding: NT\$ 1.4 billion (~US\$ 49 million)



13

Find water - Emergency Water Supplies 2.0

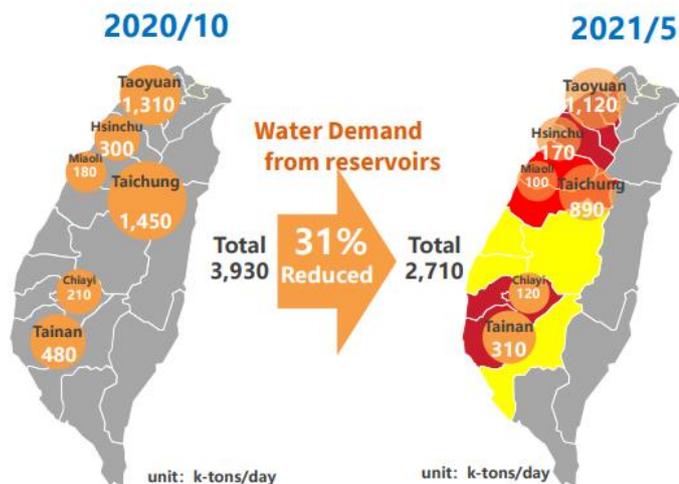
- Plan 2.0 was completed in May, 2021
- **Increase 880,000 ton/day (Original to be 168,000 ton/day)**
- Funding: NT\$ 4.92 billion (~US\$ 172 million)

- Emergency interconnections with nearby water utilities (+393,000 ton/day)
- Drought-Resistant Wells (+309,000 ton/day)
- Hyporheic Flow Water (+70,000 ton/day)
- Taichung Emergency Desalination Units (+15,000 ton/day)
- Construction Site Dewatering System Water Use (+93,000 ton/day)

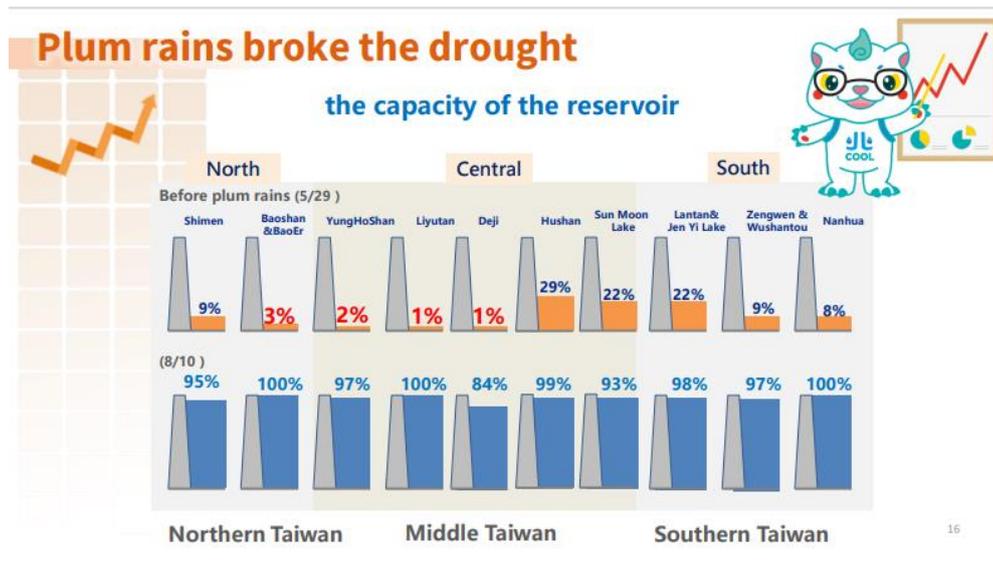


14

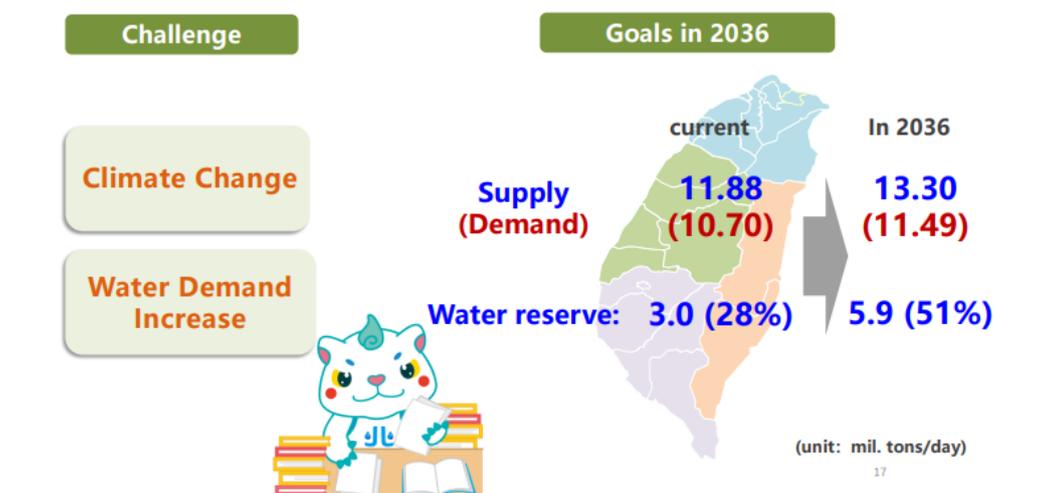
Keep Water in Reservoirs



15



Increase Investment in Water Resources



三、參加/觀看線上研討會主題

本次研討會因應全球疫情發展，無法親臨現場的參與人員，可以購買通行證參與線上論壇(SIWW+)。每次會議結束後，主辦單位會上傳影音檔及文章，供有通行證人員線上瀏覽；上傳的會議內容包含：

- 技術交流 (TechXchange)
- 熱點議題研討會 (Hot Issues Workshops)
- 聯合開幕式 (Joint Opening)
- 水公約開幕全體會議 (Water Convention Opening Plenary)

- 環境與水資源領袖論壇 (Environment & Water Leaders Forum)
- 李光耀水獎講座 (Lee Kuan Yew Water Prize Lecture)
- 水資源領袖峰會 (Water Leaders Summit)
- 水公約技術會議 (Water Convention Technical Sessions)



SIWW+平台，圖片來源：官方臉書

以下為本次參與/觀看主題，並針對各主題，分別摘錄重點內容如下。

| 日期 | 主題名稱 |
|-----------|---|
| 4/17 | 技術交流 (TechXchange) |
| 4/18 | 聯合開幕式 (Joint Opening) |
| | 李光耀水獎(LEE KUAN YEW WATER PRIZE) |
| 4/19 | 水資源領袖峰會(Water Leaders Summit) |
| | 城市洪水與健康影響(Urban Floods and Human Health Impacts) |
| 4/20 | 你具有水韌性嗎(Are you water resilient?)- Thematic and Business forums |
| 4/18~4/20 | 博覽會(WaterEpo) |

(一)4月17日 DAY1

SIWW2022 第一天最重要的亮點為「技術交流」(TechXchange)，用技術開拓永續發展之路！該場次由主要來賓 Mr Jeffrey Siow (新加坡企業發展局董事總經理兼首席運

營官) 致辭，分享以技術達成水資源永續的解決方案，並同時談及一個完整的生態系統對當地水產業的重要性。

TechXchange 是一個旨在將創新者與合作夥伴、買家和發明者聯繫起來以加速從實驗室到市場的新興水技術商業化論壇，通過 24 位業界領導者以及來自印度、加拿大的 12 家水新創企業分享見解，並由新加坡、英國、美國推銷展示該國的創新解決方案，包含數位化水資源技術和循環經濟領域，如人工智能分析平台、無汞紫外線 LED 消毒技術都是本次技術交流的焦點。



 **TECHXCHANGE** [View more](#)



Technology
TechXchange
17 April 2022 | **Videos**

「技術交流」(TechXchange)，圖片來源：SIWW 官網

(二) 4月18日 DAY2

1. 聯合開幕式

聯合開幕式的主軸為新加坡藉由國際水週 SIWW2022 推進國際合作和創新以加速氣候行動，新加坡永續發展與環境部長 Ms Grace Fu 在金沙會展中心舉行的新加坡國際水週 (SIWW) 和新加坡清潔環境峰會 (CESG)聯合開幕式上發表聯合開幕主旨。

Ms Grace Fu 在致辭中強調了全球夥伴關係和創新在應對氣候變化方面的重要性，並強調了新加坡通過 2023 年綠色計劃，包含到本世紀中葉實現淨零排放、2023 年人均垃圾填埋量減少 30%，也在演講中分享廢棄物回收統計數據，體現新加坡實現其因應氣候變遷改革之雄心和永續發展所採取的行動。

“新加坡在推進永續發展上，透過我們的環境和水資源部門的努力，獲得了世界其他地區的合作夥伴的支持” Ms Grace Fu 說。

Ms Grace Fu 還補充說到 *“CESG 和 SIWW 等國際活動可以發揮重要作用，將來自政府、學術界和工業界的思想領袖、專家和從業者聚集在一起，交流思想，共同創造解決方案”*。顯示出這兩個國際活動有效的促成了氣候變遷夥伴關係，並打開了許多環境工作之商機。



新加坡可持續發展與環境部長 Ms Grace Fu 女士在新加坡國際水週暨新加坡清潔環境峰會 2022 開幕致辭，圖片來源 SIWW 官網

作為聯合開幕的一部分，部長 Ms Grace Fu 還參觀了水博覽會，與包括 Ramboll、

NEOM 和 Keppel Infrastructure Holdings Pte Ltd 等約 14 家參展商進行了交談，以了解更多關於他們的產品，並為 RSK 永續發展卓越中心(RSK Centre for Sustainability Excellence)開幕。



RSK 永續發展卓越中心開幕，圖片來源：SIWW 官方臉書

2. 李光耀水獎(LEE KUAN YEW WATER PRIZE)

該獎項旨在表彰個人或組織通過開發或應用有益於人類的創新技術、政策或計劃來解決世界水挑戰的傑出貢獻。這個享有盛譽的國際獎項以新加坡第一任總理李光耀的名字命名，他的遠見和領導能力使新加坡能夠實現永續水資源的供水目標。



Kazuo Yamamoto 專題演講，圖片來源：SIWW+

SIWW2022 得獎的是日本的 Kazuo Yamamoto 教授，因其發明世界上第一個可操作的浸沒式膜生物反應器 (submerged membrane bioreactor, MBR) 而被授予著名的李光耀水獎。他的主題演講一樣可在 SIWW+ 上觀看。

藉由這個主題演講，能夠了解新加坡國家水務局 (PUB) 如何採用這項創新技術來提高處理、生產再生水 NEWater 的效率，這是新加坡水資源永續發展戰略性的關鍵因素，同時可減少土地空間利用。

Kazuo Yamamoto 教授在 1989 年成功演示了第一台可操作的水下 MBR，這是廢水處理領域的一項重大突破。此後，浸沒式 MBR 技術在全球的應用從根本上改變了污水處理程序，改善了數億人的生活。

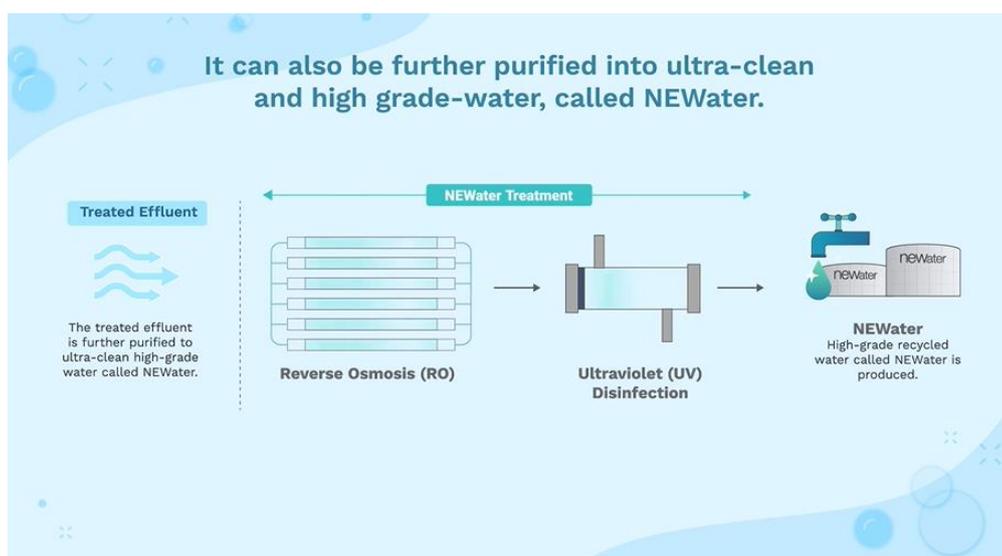
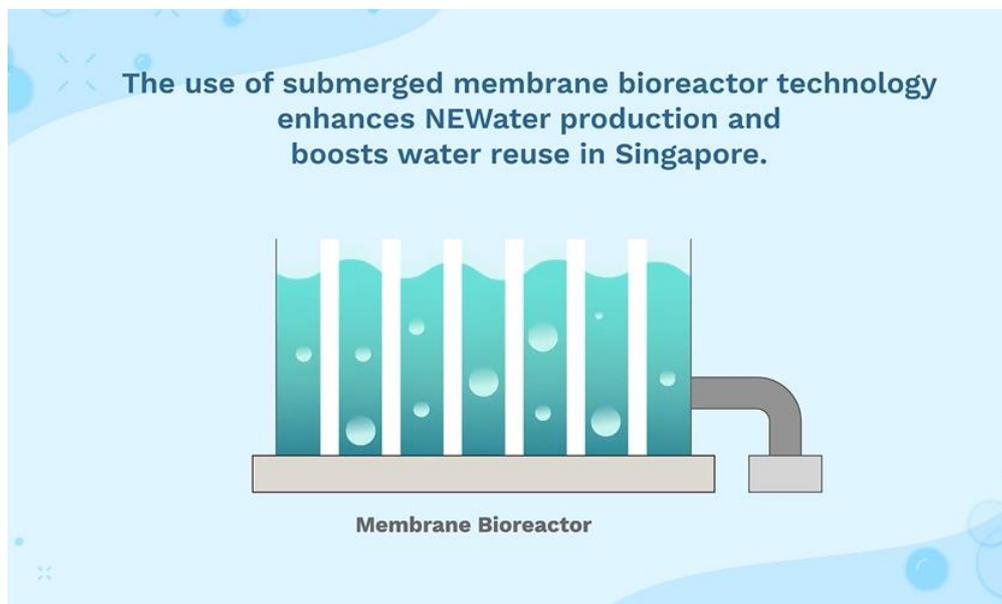
廢水需經過處理以去除污染物，之後之放流水才可返還自然，或進一步回收以供後續人類使用。廢水處理是一種生物過程，涉及使用細菌和原生生物來沉澱其中溶解的有機物質，然後可以將其以固體的型態去除。在 MBR 出現之前，這樣的過程需要以大型沉澱池與大量基礎設施投資方能做到。

隨著 1960 年代合成膜的出現，MBR 被作為廢水處理之旁流式生物處理系統使用，儘管旁流式 MBR 可以消除大型沉澱池的需求，但膜價格昂貴且容易結垢。縱使在今天，這樣的操作也需要巨大的能量，只在特殊淨化中使用。

在 1980 年代中期，Kazuo Yamamoto 教授開始嘗試將膜組件直接浸入生物處理池中，在當時這是相當不可思議的想法。在此過程中，他的設計宗旨是使用低負壓或吸力來驅動過濾過程，從而取代旁流式 MBR 成為現在主流的循環方式。

Yamamoto 教授的深刻見解在於間歇性地而不是連續地操作過濾過程，以防止發生嚴重的結垢，從而產生了第一個可行的水下設計原型，他的發明代表了世界上第一個成功地將浸沒式膜技術應用於廢水處理。

Yamamoto 教授的浸沒式 MBR 曾被認為在工程上是不可行的，但他的成功也標誌著先進廢水處理新時代的開始。Yamamoto 成功地證明了水下 MBR 大大優於其他旁流式 MBR；浸沒式 MBR 系統不僅節省空間，可使用更少的能源且不易結垢。

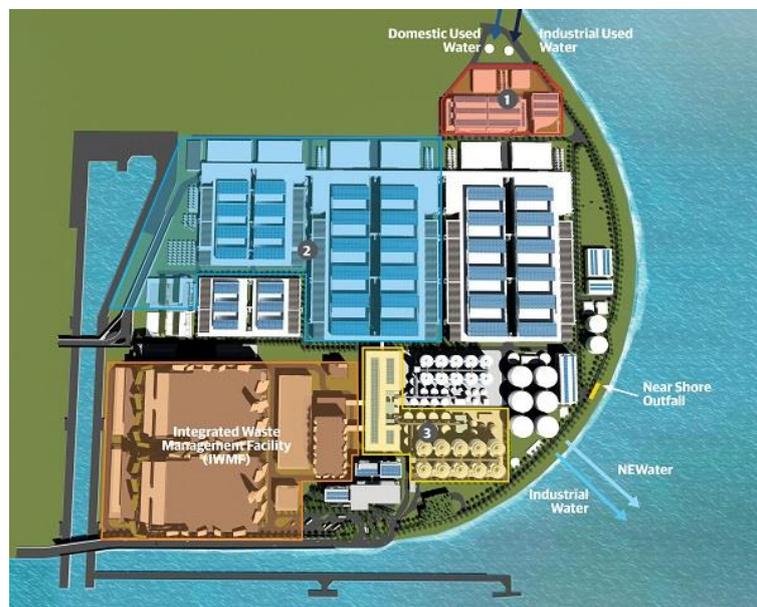


浸沒式膜生物反應器，圖片來源：SIWW 官方臉書

更引人注目的是 Yamamoto 教授選擇了放棄他的發明著作權，他選擇將新知識保留在公共領域。這使得其他科學家和工程師可以自由地在他的發現的基礎上繼續發展，並繼續為所有人的利益創造新的進步和創新。這加速了全球浸沒式 MBR 技術的商業化和發展。在首次發布後的短短 15 年內，世界上幾乎一半的大型污水處理廠採用浸沒式 MBR。

如今浸沒式 MBR 在廢水處理中很常見。這些系統具備的高效能，可以有效的節省自來水公司數百萬的基礎設施成本，也能夠降低細菌與病毒的孳生，減少處理過後的水排放到環境中的影響，對於公共衛生亦有一定的助益。

這樣的發明大大地促進了水的循環利用和再生，這是解決世界日益嚴重的水資源短缺的可行辦法，新加坡從 Yamamoto 教授的研究中獲得相當多的助益，包含能夠建造高效能的水回收中心，騰出土地做為其他的用途。目前新加坡正在興建世界上最大型的水回收中心- Tuas Water Reclamation Plant，預計於 2026 年啟用，亦是採用本技術，可提高再生水產量，並進一步推動新加坡水經濟的循環。



Tuas Water Reclamation Plant 圖片來源：PUB, Singapore's national water agency 官網

(三)4月19日 DAY3

第三日全日均舉辦水資源領袖峰會(Water Leaders Summit)，做為全球水資源領袖及專家邀請制的會議，本次聚焦於氣候恢復力、資源循環、永續發展等關鍵主題進行

戰略探討，以促成全球的集體合作及行動。



水資源領袖峰會(Water Leaders Summit)，圖片來源：SIWW 官方臉書

當天一共有四場會議，本次觀摩第二場會議，該場次會議主軸為「氣候變遷的調適策略-打造韌性環境以因應極端氣候條件及海平面上升」，主持人為 Scott Dunn - Aecom，較為重要的會議發言內容摘錄如下：

Dr Debra Roberts (IPCC)談到氣候變化對全球社區的嚴重影響，希望更多地區應採取適應策略，目前全球暖化升溫已經接近危險的 1.5°C，持續惡化將會對生態系統造成不可逆的破壞。

Chua Soon Guan (PUB，新加坡國家水務局)談到了新加坡當前的適應戰略，考量防洪閘門、洪水警報和土地開墾以及種種面臨的挑戰。面對氣候挑戰的不確定性和對不同地區的影響，使得基礎設施和土地規劃變得相當困難，所以更應該保持彈性的戰略以快速因應氣候的改變。

Elijah Hutchinson(紐約市經濟發展公司)認同新加坡在其適應戰略中面臨的挑戰，指出紐約也面臨著類似的水資源挑戰，例如土地稀少和難以為不同社區條件實施最佳適應戰略，這將是未來重要的課題。



水資源領袖峰會(Water Leaders Summit)與會專家，圖片來源：SIWW 官方臉書

除水資源領袖峰會外，本日另參與了一場由荷蘭三角洲學院(Deltares)主講的論壇，主題為「城市洪水與人類健康」，講題主軸包含洪水及健康概論、研究背景、研究區域(印尼當前及未來的氣候災害、聚焦雅加達)、極端事件…等。

氣候變遷在城市帶來的現象包含洪水、乾旱、暴雨、野火，並會引發多重災害，這個研究的主要目的是希望減輕洪水後的健康負擔，將洪水與健康進行共同管理，並藉此整合及影響基礎設施的投資行為，不過由於目前氣候變化與健康之間的研究相當有限，尤其發展中國家氣候恢復力本就不佳，更限制了其整合氣候與健康間的能力。

這項研究主要是朝向能否由公開的數據找出洪水與健康的關聯？衛生設施是否根據洪水相關的健康負擔進行充分的分配？國家政策如何支援氣候與健康在國家及地方層級的韌性？

雅加達的研究數據分析顯示，登革熱、出血熱、腹瀉等疾病，於汛期有明顯增加趨勢。也進行了洪水、健康以及健康設施的分析。

Seasonal variation and health impacts

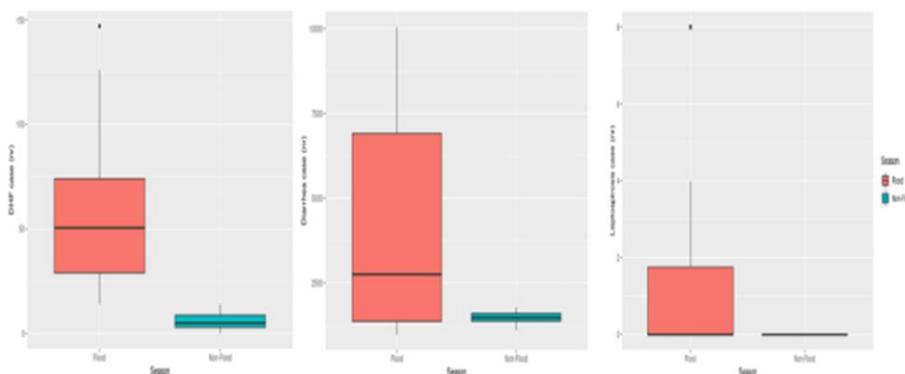
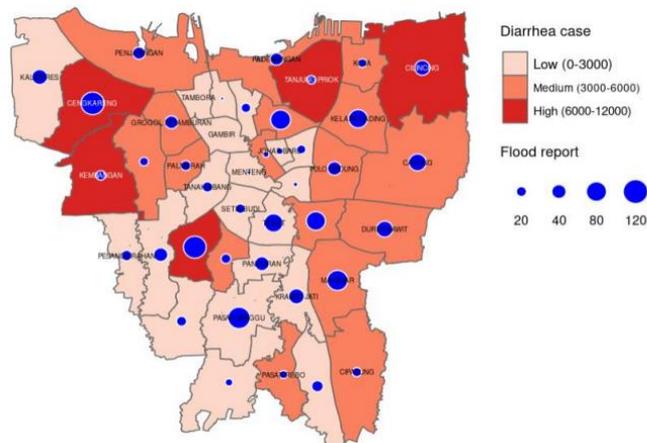


Table X. Mann Whitney U test result of seasonal variation and health impacts

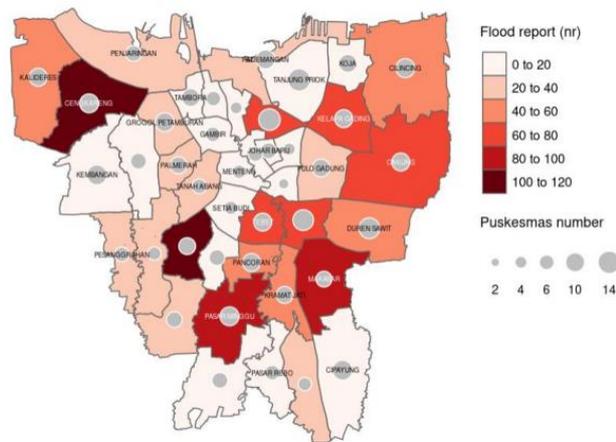
| | P-value | 95%CI | Sample Estimate Differences |
|---|---------|-----------------|-----------------------------|
| Seasonal variation and DHF | 0.00 | 33.00-57.00 | 46.00 |
| Seasonal variation and <u>diarrhea</u> | 0.05 | -6.99 – 4649.99 | 1239.82 |
| Seasonal variation and leptospirosis | 0.00 | 0.00-0.0001 | 0.0001 |

Flood report and Health Impacts



Deltares

Flood Report – Health Facilities



Deltares

洪水、健康以及設施關聯圖，資料來源：Ira Wardani 簡報

這項研究的結論顯示，透過既有的公共數據，呈現出洪水與健康確有關連性。藉由洪水管理計畫可透過社會、治理及基礎建設手段，改善洪水後的援助工作，並且可以針對可能的衝擊進行防範。且洪水健康風險管理與氣候恢復力，需要在國家整體政策內執行並進行整合。

(四)4月20日 DAY4

本日舉辦之專業論壇其中一場以水資源韌性為主軸，題為「你具有水韌性嗎(Are you water resilient?)」，由 Pritha Hariram (安博工程集團部門主管)主持，Ms Neeta Pokhrel (亞洲開發銀行水務部門負責人)開場致詞，會議演講者包含 Dr Debra Roberts (IPCC 副主

席)、Peter Joo Hee Ng(新加坡國家水務局 PUB 執行長)、Taqsem Khan (孟加拉水力公司董事)。

論壇中表示由於亞太地區屬於世界上最容易發生災害的地區，氣候變化會放大和加劇自然災害的影響，對當地經濟、人口和環境產生前所未有的衝擊。目前關注水資源的韌性管理已經成為氣候變遷減緩和調適的核心，應對這些挑戰需要地方、國家、區域和全球一起訂定水資源目標，保持一致的創新方法來因應。

亞洲開發銀行 (ADB) 的水部門小組 (WSG) 發起了一項名為 “ARe you Water Resilient” (RUWR) 的新倡議。RUWR 是一個專門的技術支援平台，旨在通過技術建構和工具支持亞太地區的水利基礎建設，以增強抵禦氣候變遷衝擊的能力，其中包括掌握氣候變化情況、降低流行病和減少金融危機。RUWR 倡議旨在透過合作方式在亞行發展中成員國實現水安全和復原力的轉型轉變。它將通過匯集該地區的主要利益相關者、發展夥伴、政府代表和水服務提供廠商來促進更多的學習和知識交流。

作為該計劃的一部分，亞行正在創建一個虛擬的亞洲及太平洋水韌性中心(virtual Asia and the Pacific Water Resilience Hub)。水韌性中心將透過建立夥伴關係來做為強化水韌性的工具；提供培訓、開發、共享知識產品、創新方法、工具、數據和科技技術，且會根據實際執行情況確認需求來執行此專案。

本次為時 1 小時的會議，亞行藉新加坡國際水週 (SIWW2022)，分享亞洲及太平洋地區的水韌性主流化，會議公佈亞行新的韌性措施，表達水資源管理將是解決亞洲及太平洋發展中地區易受自然災害、水資源不安全和氣候變化影響的核心；必須迅速轉變觀點，摒棄一切舊理念，擁抱轉型變革。前揭倡議有五個關鍵領域的水資源管理提供援助和工具，包含：

- 診斷和規劃：適應性規劃和診斷工具，支持當地水務公司和資源管理者實現水韌性的目標
- 治理和保障財務：支持更好的治理和資金調動以提高水韌性的工具和資源
- 技術與科技化：建立數據收集和共享平台
- 跨領域水夥伴關係：研究中心、學術機構、培訓中心、智庫、政府機關、私部門、水公司締結夥伴關係

- 技能培訓：當地水務公司和水資源管理人員的培訓和能力建構

代表不同水領域的專家小組於本次會議中討論地區性水韌性的指標案例、挑戰和良好實踐，希望能夠實踐「人人享有安全用水的權力」，並公布亞洲及太平洋水韌性中心與其夥伴關係將於 2022 年 8 月展開。



亞洲開發銀行的倡議和行動呼籲，圖片來源：SIWW 官網

(五)博覽會(WaterEpo)

水週博覽會一共有 250 多家國際廠商參展，包含 12 個展館、提供涵蓋了 21 個產品類別的解決方案(如：集水區管理、海岸保護工程、海水淡化、再生水、消毒技術、工業用水解決方案...等)，相關產品展示，同步也能夠於購買通行證的 SIWW+進行線上瀏覽；本次最受矚目的亮點商品想必為新加坡國家水務局(Singapore's National Water Agency)與在地微型釀酒坊(Brewerkz)合作推出的一款產品「NEWBrew」。「NEWBrew」是一種獨特的精釀啤酒，採用新加坡自有的超高等級再生水品牌 NEWater 製成，「NEWBrew」的啤酒以 95%再生水釀製，口感清新順滑，水的性質和口味都屬中性，適合新加坡的熱帶氣候，這樣的推動可以讓民眾明白再生水可作為新加坡水永續發展的關鍵支柱，可安全飲用，甚至可以用來釀造啤酒。再生水不僅超潔淨、高品質，且符合國際衛生和安全水平。這樣的商品不僅堪稱最環保的啤酒，更富有教育市民循環利用再生水、實踐水資源永續發展之理念。

「NEWBrew」啤酒的包裝設計也別具水理念的巧思，三種款式分別展示了新加坡

著名的指標性水地標－濱海堤壩(Marina Barrage)、麥里芝蓄水池(MacRitchie Reservoir)及新加坡河(Singapore River)，都與新加坡水永續發展息息相關，本次實體參加水週的人員更可以持通行證免費兌換，無疑是對 NEWater 最好的行銷。



再生水製成之「newBrew」，圖片來源：SIWW 官方臉書

心得及建議

(一) 心得

1. 新加坡國際水週(SIWW2022)這次與新加坡清潔環境峰會 (CESG2022)共同舉辦，不僅宣示了廣泛的戰略合作夥伴關係，還簽署多項倡議與備忘錄，藉由大型水週活動增加各國對話，以共享和共同創造水解決方案的平台，有效為各地區氣候變遷行動做出巨大貢獻。
2. 本次水週於 2022 年 4 月 17 日至 21 日舉辦，超過 15,000 名現場參與者，包括來自世界各地的政府、工業和學術界領袖，齊聚一堂，推動國際合作，可加速氣候行動，促進合作交流及創建緩解與調適方案。
3. 水資源領袖峰會匯集了來自政府、國際組織和各式水領域領導人分享跨環境與水政策之治理見解；其中的「氣候變遷的調適策略-打造韌性環境以因應極端氣候條件及海平面上升」會議，討論組織如何在全球變化的浪潮中面對永續發展挑戰並將其轉化為機遇的觀點，最後傳達出明確的訊息，需要採取緊急行動來緩解和適應氣候變化。會議共識包含時間相當緊迫，世界的變化需要緊急因應；水利署目前也成立「氣候變遷調適專案小組讀書會」，以快速蒐集各國案例，有助於業務組室思考將新知應用於水利署氣候變遷行動方案，並藉由實質討論來納入我國水資源調適策略。
4. 由於全球疫情關係，本次開放視訊與會，新加坡水週(SIWW2022)特別推出數位平台 SIWW+，提供無法親自到場的人員，藉由購買通行證線上參與的機會，屬於面對疫情下更彈性的會議/研討會召開方式，除了本屆 2022 的內容之外，亦可瀏覽過去年度水週的公開文章、資料及影片，內容豐富，可提供各式水領域需求參考。
5. 本次參與新加坡國際水週(SIWW2022)因配合國家防疫政策採取線上與會方式，雖然非親臨現場，但透過視訊交流，仍然能將臺灣 2020-2021

年的抗旱心得與國際分享交流，於疫情當下實屬難得。本次研討會除文章發表外，亦爭取口頭簡報分享臺灣 2020-2021 年經歷的抗旱歷程，與會的人員皆對於臺灣面臨的嚴峻考驗以及抗旱應變過程表現高度興趣，藉由分享抗旱 1.0 與 2.0 的執行過程，將臺灣的抗旱實力與全民節水素養，展現於世界舞台，相關執行方法並可提供其他國家參考；本次簡報亦提供主辦方上網於 SIWW+公開，增加抗旱成果曝光度。

6. 本屆「2022 年李光耀水獎」獲獎者日本 Kazuo Yamamoto 教授，以發明浸沒式膜生物反應器 (submerged membrane bioreactor, MBR)，為廢水處理建立了劃時代的變革，這項技術在 15 年間，大大提升廢水處理效率、降低大型水資源回收中心基礎設施成本、減輕放流水對環境衝擊、提升公共衛生，更重要的是 Kazuo Yamamoto 教授放棄他的著作權，使得此項技術可以快速普及，促進水資源循環利用再生，解決水資源短缺問題；目前新加坡正在興建世界上最大型的水回收中心- Tuas Water Reclamation Plant，預計於 2026 年啟用，即是使用這項技術；本次頒發的獎項也顯示水資源再利用受到世界的關注，各國不停追求新興技術以作為水資源困境的解方。
7. 本次荷蘭三角洲學院(Deltares)分享之城市洪水與人類健康的關聯－以印尼為例，顯示出水環境與公共衛生其實息息相關，如臺灣 2020-2021 年間遭逢之大旱，同時也是疫情最嚴峻時期，當啟動分區供五停二限水措施時，疾管署即加強呼籲，節水相當重要，但手部衛生更不能忽略，才能有效預防各類病毒，且分享限水期間聰明洗手之秘訣，同時達成節約用水與公共衛生的目的。

(二) 建議

1. 本次以線上方式參與國際研討會，雖能進行投稿論文與口頭報告，惟主辦單位規劃線上交流方式時仍有許多限制，如：不開放直播，故臺灣方僅有簡報者可參與連線(亦不開放其他共同作者線上與會)，僅現場與會者可發言互動，使得有興趣人員，無法於線上即時發言，只能購買通行證，

會後俟主辦方公布錄影檔後方可單方瀏覽，略為可惜；未來國內倘舉辦類似研討會時，可將線上參與模式的即時性納入考量，使交流更為即時。

2. 新加坡使用 100%再生水研發「新生啤(NEWBrew)」的精釀啤酒，並在 SIWW2022 贈送與會者享用，成為最具亮點的商品，透過首席釀酒師嚴謹的釀製，賦予再生水更精緻的生命，提升再生水的價值，成為受大眾歡迎的商品，也讓新加坡的水朝永續發展更進一步；相較於臺灣受法規或技術限制，再生水係供產業用水使用，未來可以思考更多元化的使用方式，提升其他利用的可能性及再生水產品價值。
3. 本次水週博覽會吸引了超過 300 家參展商，展示了水與環境管理方面的最新技術，博覽會中包含了 30%的參展商，以新興科技化的手段提供水資源困境的解決方案；今年度臺灣以視訊方式與會，僅能就主辦單位上傳 SIWW+的影音內容參與部分博覽會內容，較為可惜，未來倘疫情解封後，建議可恢復實體參與國際交流，獲取國際新知外，亦可組成團隊參展將臺灣技術分享國際。
4. 本次水週全球水利專業人士齊聚一堂，主題安排貼近全球重點水議題且與水利署業務具有高度相關，未來建議可針對水利署強項於此國際研討會多多進行發表，有助於行銷台灣水技術、增加交流機會，且可提升同仁國際觀，建議未來不論實體或視訊可持續派員參加本論壇，並統整國內相關單位共同推展，以達最大效益，藉由參與國際大型展覽、論文發表、現地觀摩等皆有助於國際交流與未來國內舉辦國際型活動時參考。
5. 因應疫情發展，國際與國內交流活動多有所轉型，視訊成為廣為使用的方式，此類型的交流有助於提升參與廣度、增加交流人次並減少出國預算支出，惟建議相關通訊設備與支援上應可強化以因應未來持續發展的數位化會議，建議未來於國際交流時，可考量獨立網路(以配合使用主辦單位提供之各種視訊會議軟體)或再提升軟硬體設施，以因應日趨漸增之視訊需求。