



新興水源海岸水庫可行性評估— 以臺灣南部為例

國立成功大學水利及海洋工程學系副教授 / 吳昀達

國立成功大學水利及海洋工程學系博士後研究員 / 吳漢倫

國立成功大學水利及海洋工程學系研究助理 / 左秀文

國立成功大學水利及海洋工程學系教授 / 張駿暉

國立成功大學水利及海洋工程學系教授 / 蕭政宗

國立成功大學水利及海洋工程學系教授 / 孫建平

國立成功大學水利及海洋工程學系教授 / 陳憲宗

國立成功大學水工試驗所副研究員 / 葉昭龍

國立成功大學資源工程學系博士後研究員 / 林宏奕

國立成功大學資源工程學系教授 / 徐國錦

國立成功大學環境工程學系特聘教授 / 黃良銘

國立成功大學環境工程學系講座教授 / 林財富

關鍵字：新興水源、海岸水庫、可行性評估、氣候變遷、二仁溪、大鵬灣

摘要

臺灣山高河急且降雨過於集中，逕流無法有效儲蓄，致使每年梅雨季來臨前，中南部供水壓力倍增。又近年工業求水若渴，而氣候變遷影響颱風襲臺頻率與強度，這些或將加添供水予民生百業之不確定性。作為新興水源，國外已有數個海岸水庫成功案例，如此不僅提升

水源的儲備，而鄰近庫區的整體規劃與再造，也能帶動區域轉型與經濟發展。本文首先擇選臺灣南部之二仁溪出海口與大鵬灣，作為河口型與潟湖型海岸水庫之可行性評估案例。本研究由水利工程、海岸工程、環境工程面向，建立五大面向共 16 項指標之可行性評估框架，未來可被應用於尋覓臺灣抑或全球對儲備水源有需求之區域，作為新興水源的潛在候選。



一、前言

水資源的供應與品質，毫無疑問是維繫公共健康、產業發展與農業生產的關鍵課題，也是政府自古以來面臨的重大挑戰。聯合國於 2015 年提出的「2030 年永續發展目標」(Sustainable Development Goals, SDGs) 中，第六項目標便明確指出應確保所有人皆能獲得安全的飲水與完善的衛生設施，並推動其永續管理。然而，根據聯合國於 2020 年的統計資料顯示，全球仍有約 20 億人口（相當於世界總人口的 26%）無法使用經妥善管理的飲用水。同時，在新冠肺炎疫情期間，仍有 23 億人缺乏最基本的洗手用水，無法進行有效的防疫措施。此外，依據「世界缺水時鐘」(Water Scarcity Clock) 的預估，2021 年全球約有 23.9 億人居住在缺水的區域；而到 2030 年，該人數被預期增加至 27.2 億。因此，水資源短缺已不僅是公共衛生與經濟發展的問題，也加速了生態環境的惡化。氣候變遷與全球暖化的影響，再加上疫情所帶來的衝擊，使得缺水情勢更趨嚴峻。由此可見，水資源的永續利用與管理，仍是全世界亟需面對的共同挑戰。

工業革命後的近一世紀，大量化石的燃料被使用，使得全球平均氣溫不斷上升，進而加劇了氣候變遷的影響。氣候變遷不僅改變了水文循環的速率，也深刻影響降雨的時空分布。聯合國政府間氣候變遷專門委員會 (IPCC) 於 2021 發布的第六次評估報告指出，無論採取何種排放情境，本世紀中全球地表氣溫仍將持續升高，增溫幅度可能超過 1.5 至 2.0°C [1]。臺灣位處熱帶與副熱帶季風氣候帶，雖然年均降雨量（1949 ~ 2020 年

平均 2,512 mm）超過全球陸地平均的三倍，但因降雨分布不均，加上河川坡陡流急與人口稠密，水資源管理長期面臨挑戰。回顧近 10 年的旱災，臺灣在 2015 年及 2020 ~ 2021 年均遭遇嚴重乾旱，導致大規模限水及多項緊急抗旱措施的實施，包括區域水源調度、伏流水開發與海水淡化設施建設等 [2]。這些事件凸顯穩定且高品質的供水，對於公共衛生、產業發展及社會運作之關鍵性。

在區域需求方面，臺南市與高雄市（以下簡稱南區）人口於 2021 年合計已達 461 萬人，約佔全國人口五分之一。根據《臺灣南部區域水資源經理基本計畫》(2017) [3]，2014 年南部地區生活用水量為 158.2 萬噸／日，工業用水為 92.6 萬噸／日，合計 258.8 萬噸／日（不含農業用水）。雖然生活用水預估至 2031 年將下降約 7%，但工業用水卻將增加逾 47%，使總用水量提升至 283.4 萬噸／日，增加幅度達 13%。以南部科學園區為例，2020 年取水總量約 6,400 萬立方公尺，相當於每日 17.5 萬噸，其中台積電廠區每日用水量達 8.2 萬噸，約佔臺南市總用水的 8.5% [4]。隨著南部半導體產業鏈持續擴展，未來區域水需求預期將顯著成長。

目前臺灣的公共供水主要依賴地面水，尤其在臺南與高雄，但傳統水源受降雨不穩定影響，枯豐水期差異明顯。因應此困境，政府積極推動再生水與海水淡化，作為補充水源。然而，這些替代水源的成本與能耗往往高於傳統水源，限制其廣泛應用。以再生水為例，2020 年工業廢水處理設施的回收率已達 72%，但都市污水與工業廢水的再利用量僅約 28 萬噸／日，距離 2031 年達到 132 萬噸／日的目標仍



有相當差距。由此可見，開發新興水源，如海岸水庫，成為未來可能的選項之一。

海岸水庫的概念在國際間已推動超過半世紀，韓國、香港、新加坡、中國大陸、印度與馬來西亞均有實例或規劃案例 [5-7]。相較之下，臺灣現有的類似設施，如金門慈湖與馬祖后沃水庫，規模有限，且普遍面臨高鹽分問題而限制使用。學術研究顯示，海岸水庫在能耗、溫室氣體排放、營運與維護成本及生態影響等面向，相對優於其他替代水源 [8]，因此逐漸成為水資源規劃的重要選項。然而，場址適宜性、水量來源與進流水質，仍是決定成敗的核心因素。例如，韓國 Shihwa 海岸水庫於 1994 年啟用後僅兩年即遭遇水質惡化，政府投入相當於原建造費用 2.7 倍的經費進行改善，卻仍無法完全解決問題 [9]。而新加坡濱海灣水庫是具代表性的成功範例，該水庫為新加坡首座位於市區的海岸型水庫，其水源來自新加坡河、加冷河、芽籠河、斯坦福運河與梧槽引水道五大河川，集水面積達一萬公頃，約佔全國國土面積的六分之一。再者，濱海灣水庫並非單純的水利工程，而是新加坡「濱海灣十年改造計畫」的重要核心。新加坡重建局將其規劃為花園城市示範區域，整合水庫與周邊城市發展。該計畫不僅保留濱海區作為公共生態空間，還結合觀光、休閒與文化功能，例如建設濱海步道、發展觀光廊道，以及興建度假酒店與藝術科學博物館等地標設施。同時，相關基礎建設如地鐵、電車系統與濱海道路網絡亦同步完善，形成水利、交通與城市發展的整合效應。濱海灣水庫的實踐證明，海岸水庫除了在供水與防洪方面具備顯著成效外，亦能作為環境改造與城市更新的示範案例，展現了水資源工程與永續城市發展的結合潛力 [10]。

乾旱屬必然且周期性發生的自然事件，其影響範圍廣泛，涵蓋經濟發展、社會運作以及環境永續等多個層面。臺灣南部長期依賴傳統地面水作為主要水源，但近年多次乾旱已顯示其供水脆弱性。雖然政府積極推動再生水利用與海水淡化，以強化區域供水韌性，然而在成本、場址條件及建設時程等限制下，這些措施仍不足以完全因應未來水資源挑戰。在此背景下，本研究聚焦在臺灣南區建立海岸水庫之可行性評估，參考國際間的成功案例且因地制宜考量臺灣的社會、經濟與環境等特性，提出可行性評估之框架，用以判斷場址之適切性。

二、技術缺口

海岸水庫是透過築堤將河川或地表逕流在臨海區域蓄積而成的新興水源。然而，因設置位置接近海洋環境，淡水體不可避免地會受到海水滲入影響，使庫內水質逐漸鹽化，甚至可能導致無法供用 [11]。因此，鹽分傳輸過程成為影響海岸水庫維運的核心議題，其在不同運行階段會呈現出不同的動態特徵 [6]。主要可分為以下三種情境：

初期運行階段

在水庫建成初期，需面對「海水淡化」的挑戰，即移除殘留於庫體與沉積物中的海水。由於多數海岸水庫設於河口或濕地，壩體形式包括軟壩與硬壩結構。此時，庫區底床及鄰近沉積物多含有高鹽分，潮間帶蒸發更會使鹽分殘留並於降雨時被沖入庫區，加劇水鹽化問題 [12]。此外，底床沉積物在短



期內亦會釋放鹽分，導致水質進一步惡化。因此，建成初期需透過抽排高濃度鹽水或地下排水系統降低沉積物鹽度 [13]，以利庫內水質儘快達到可用狀態。

正常運行階段（低水位狀態，水位 < 潮位）

當水庫進入穩定運行後，水質逐漸受控，但「海水入侵」仍是主要威脅。來源可分為兩類：其一為孔隙入滲，包括底床土層與壩體孔隙；其二為直接入侵，如暴潮越堤。尤其在枯水期，庫水位低於潮位時，位能差使海水更易入滲，進而加劇鹽化問題。同時，若地下水過度抽取，地下水位下降亦會促使海水侵入庫區或地下水系統。這些機制使得水庫鹽分平衡難以維持，對水質穩定形成挑戰。

正常運行階段（高水位狀態，水位 > 潮位）

若水庫保持高水位，底床海水入滲量相對減少，且內陸地下水可能反向滲入庫區，有助於淡水補給。此時鹽度分層較為穩定，但直接入侵事件（如風暴潮）仍需警戒。

綜上，鹽度控制為海岸水庫長期營運的關鍵。其水動力過程受降雨、蒸發、河川逕流、地下水位、潮汐與波浪等多重邊界條件影響，形成高度複雜的鹽分傳輸動態。若未妥善管理，枯水期易導致水質鹽化升高，限制其在農業、工業及民生供水上的應用 [14,15]。因此，如何在多重水文與海象條件下，準確評估與控制鹽分傳輸，仍是當前海岸水庫技術發展的重要缺口。

三、場址簡介

本研究以臺灣西南部為場址篩選範圍，擇選兩處海岸水庫潛在場址，即二仁溪出海口（河口型海岸水庫）及大鵬灣（潟湖型海岸水庫），進行初步評估。

二仁溪出海口

二仁溪，舊稱二層行溪，為中央管轄河川。其源頭位於高雄市內門區木柵里山豬湖，主要支流包含松仔腳溪及牛稠埔溪。河川主流全長約 61.2 公里，集水面積約 339.2 平方公里。流域範圍涵蓋臺南市的關廟區、永康區、仁德區、歸仁區、龍崎區及南區，以及高雄市的內門區、田寮區、茄萣區、湖內區、路竹區與阿蓮區。其出海口位於臺南市南區與高雄市茄萣區交界處，位置如圖 1 所示。周邊土地利用以都市發展為主，鄰近的都市計畫區包括臺南市主要計畫區與茄萣都市計畫區。

大鵬灣

大鵬灣位於大鵬灣風景特定區，屬於都市計畫區範圍，其北界為台 17 號和屏 63 號縣道，南以海岸高潮線起 600 公尺海域為界，西臨東港都市計畫區，東以林邊鄉界接現有排水溝堤轉屏 12 之 1 及 128 縣道為界，其地理位置如圖 2 所示。大鵬灣為臺灣最大的內灣，其海域之動植物資源豐富，同時也是候鳥、過境鳥棲息之區域，如大杓鶴、黑翅鳶、紅尾伯勞、燕鷗、小燕鷗等。由於大鵬灣屬於獨立水域，其進流水量主要來自少量之生活污水與都市逕流，故在水源的考量上將以鄰近之東港溪與林邊溪做為考量。

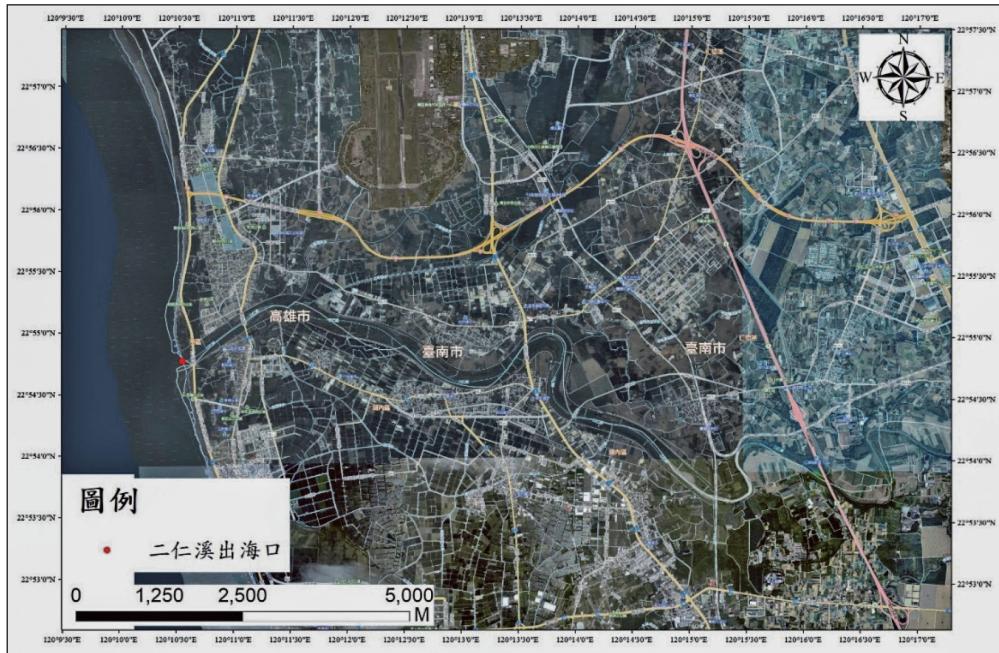


圖 1 二仁溪出海口地理位置圖 (資料來源 : [16])

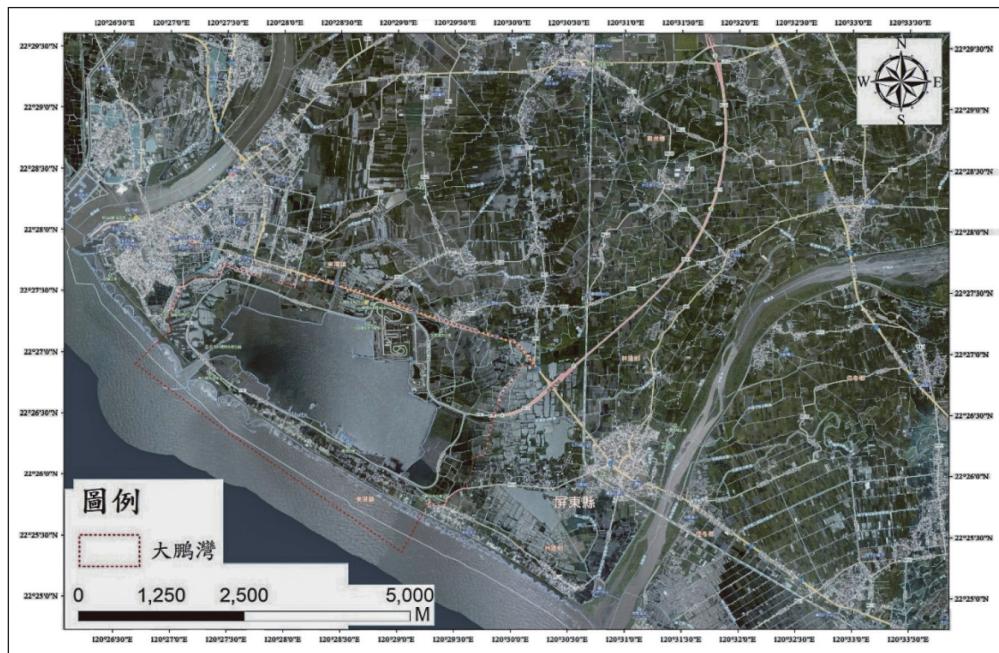


圖 2 大鵬灣地理位置圖 (資料來源 : [16])

四、核心技術建立與研究成果

4.1 降雨逕流與輸砂模擬

本研究選定臺灣西南部的二仁溪與大鵬灣地區（含東港溪及林邊溪）作為場址，進行河口區域的逕流量與輸砂量數值模擬。研究所採用的氣候資料來自「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫」（TCCIP）網格化觀測雨量以及聯合國政府間氣候變化專門委員會（IPCC）第六次評估報告（IPCC Sixth Assessment Report，簡稱 AR6）全球氣候模式（Global Climate Model, GCM）降尺度結果中的五組 GCM 模式，並考慮 SSP2-4.5 與 SSP5-8.5 兩種排放情境。模擬流程以美國工兵團水文工程中心（U.S. Army Engineer Hydrologic Engineering Center, HEC）水文模擬系統（Hydrologic Modeling System, HMS）HEC-HMS 建立降雨逕流模式，再結合美國墾務局（Bureau of Reclamation）沉積與河川水利學二維水理與輸砂模式（Sedimentation and River Hydraulics, SRH-2D），進行河口逕流與

輸砂模擬。建模過程中蒐集了流域地形高程與河道斷面資料，並利用雨量觀測與潮位統計值作為邊界條件進行率定與驗證。模式完成驗證後，再模擬歷史基期與未來時段的逕流量與輸砂量，並透過 Mann-Kendall 趨勢檢定及 Theil-Sen 斜率估計法分析其時間序列變化特徵。同時，比較基期與未來模擬結果的差異，量化逕流與輸砂的變動幅度，進而以可靠度分析評估東港溪及林邊溪河口發展海岸水庫的可行性與在氣候變遷下的適用性。

HEC-HMS 模型建置與率定結果顯示，二仁溪自上游至出海口的流量模擬表現良好（圖 3）；大鵬灣地區的東港溪與林邊溪亦經模型建置與驗證，結果顯示流量模擬具高度可靠性（圖 4 和圖 5），其逐時與逐日流量的 NSE 效率係數均大於 0.50，顯示 HEC-HMS 在流量模擬方面具有穩健性能。

針對 SRH-2D 的建模，二仁溪以 2009 年底床資料作為初始條件，並利用 2014 年實測資料進行檢驗；東港溪則以 2016 年底床資料

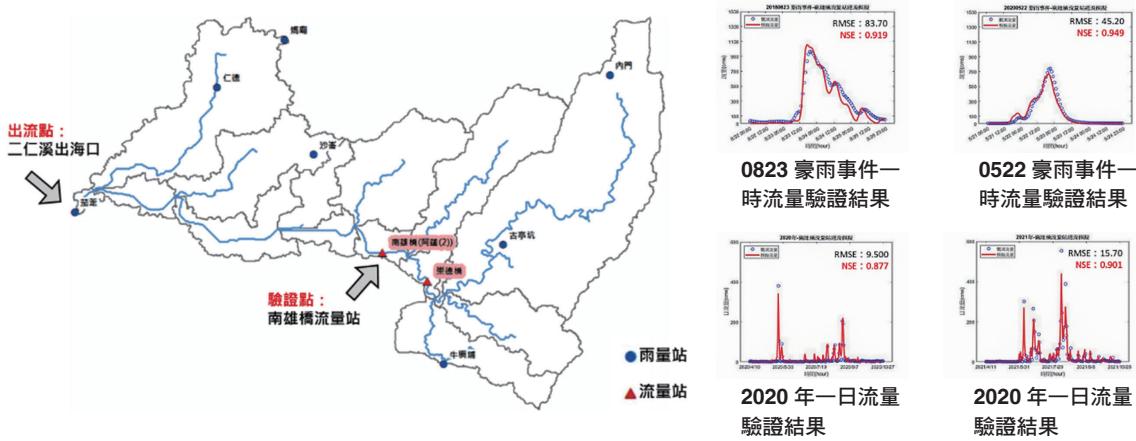


圖 3 二仁溪 HEC-HMS 建置示意圖與模式驗證結果（資料來源：[17]）

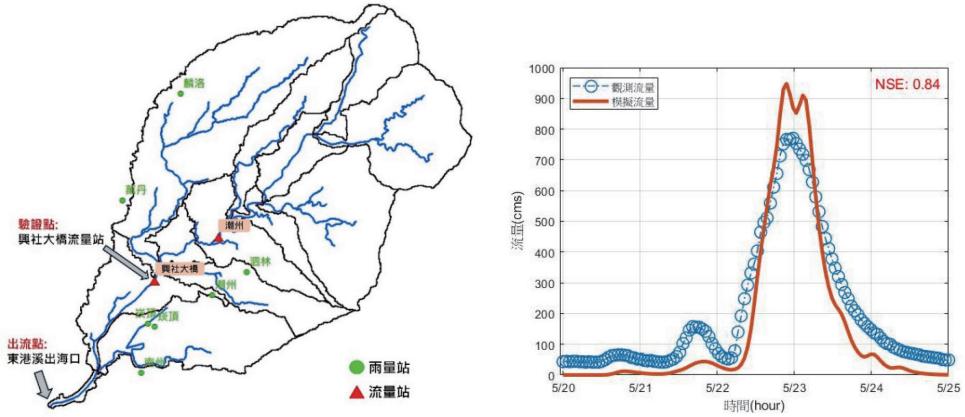


圖 4 大鵬灣 – 東港溪 HEC-HMS 建置示意圖與模式驗證結果 (資料來源：[17])

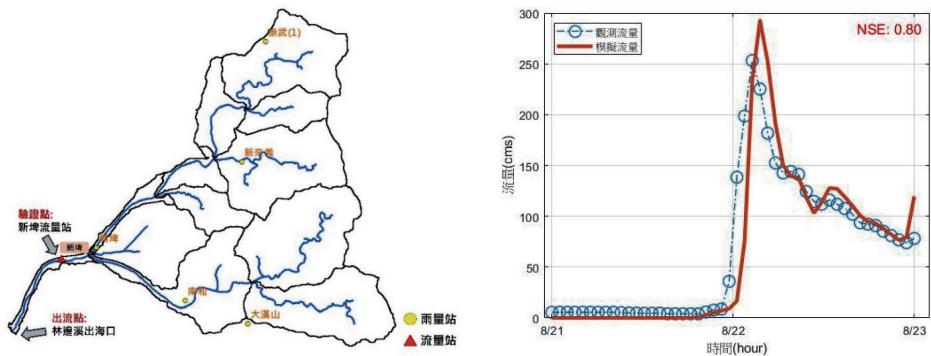


圖 5 大鵬灣 – 林邊溪 HEC-HMS 建置示意圖與模式驗證結果 (資料來源：[17])

建立模型，並以 2019 年實測資料驗證。模型模擬的河道深槽縱斷面與橫斷面結果（圖 6 和圖 7）與觀測沖淤趨勢相符，能合理反映河段隨時間與空間的地形變化。雖然在長期沖淤模擬上，河道兩側局部變化仍存在差異，但整體趨勢表現一致。至於林邊溪，由於缺乏水下地形資料，無法進行完整的動床檢驗，故本研究採用鄰近河川（如東港溪）的參數作為替代，以進行模擬。

本研究針對二仁溪河口在氣候變遷條件下的水文與輸砂變化進行模擬分析，所採情境為 SSP2-4.5 中間排放路徑。氣候輸入資料來自五組全球氣候模式（CanESM5、MIROC6、MPI-ESM1-2-LR、CMCC-CM2-SR5 及 TaiESM1），模擬時間區間分別設定為世紀中（2046 ~ 2065 年）與世紀末（2081 ~ 2100 年），並將結果與基期（1992 ~ 2021 年）的逕流與輸砂量進行比較，以量化相對變化

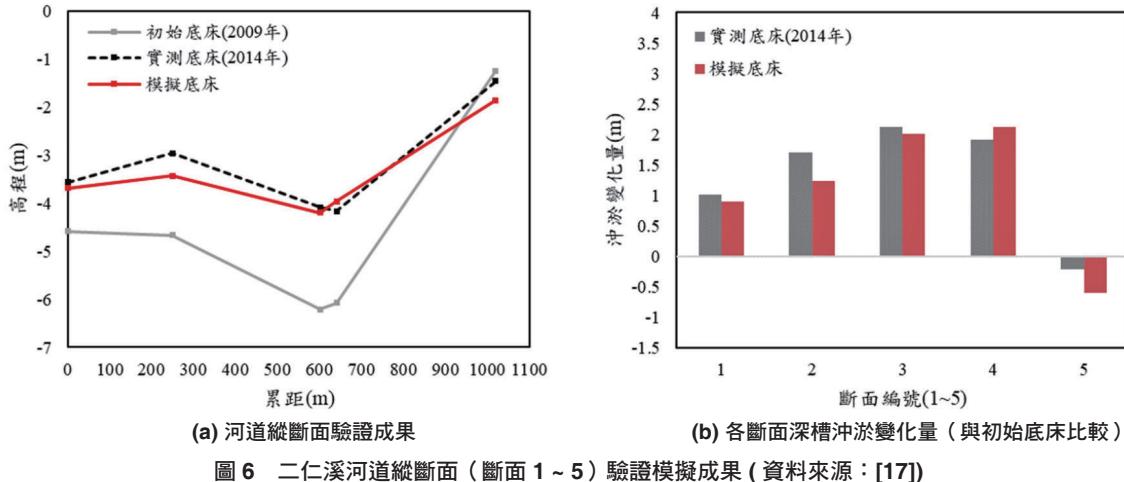


圖 6 二仁溪河道縱斷面（斷面 1~5）驗證模擬成果（資料來源：[17]）

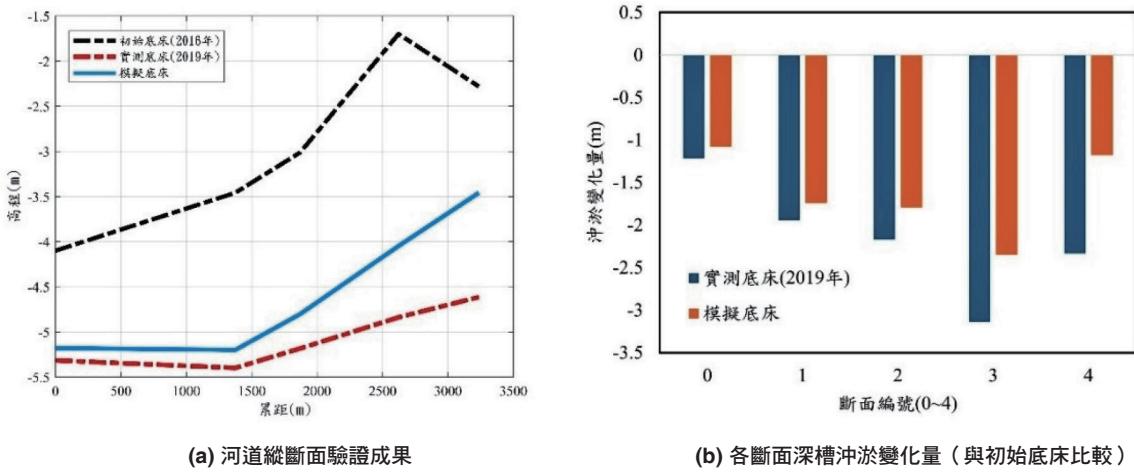


圖 7 東港溪河道縱斷面（斷面 0~4）驗證模擬成果（資料來源：[17]）

幅度。根據基期模擬結果，年平均日逕流量約為 160.05 萬立方公尺／日，而年平均日輸砂量則為 584.95 噸／日。趨勢分析顯示，在年尺度下，未來逕流與輸砂量整體上呈現增加情況（圖 8）。其中，日逕流量於世紀中增幅約 0.34%，至世紀末則提升至 5.71%；而日輸砂量的增幅更為顯著，世紀中與世紀末分別增加約 52.99% 與 72.31%。然而，需注

意不同 GCM 模式對氣候變遷的模擬結果存在差異，有些模式呈現增加趨勢，另一些則可能顯示減少，顯示出氣候變遷對水文與輸砂預測的高度不確定性。

針對東港溪與林邊溪河口，本研究在 SSP2-4.5 與 SSP5-8.5 兩種排放情境下進行水文與輸砂模擬，並採用五組全球氣候模式



(CanESM5、MIROC6、MPI-ESM1-2-LR、CMCC-CM2-SR5、TaiESM1)，模擬期間涵蓋未來短期（2021～2040年）與中期（2041

～2060年），相對變化趨勢則見於圖9與圖10。在東港溪流域，基期年平均日逕流量為319.76萬立方公尺／日，輸砂量為581.94

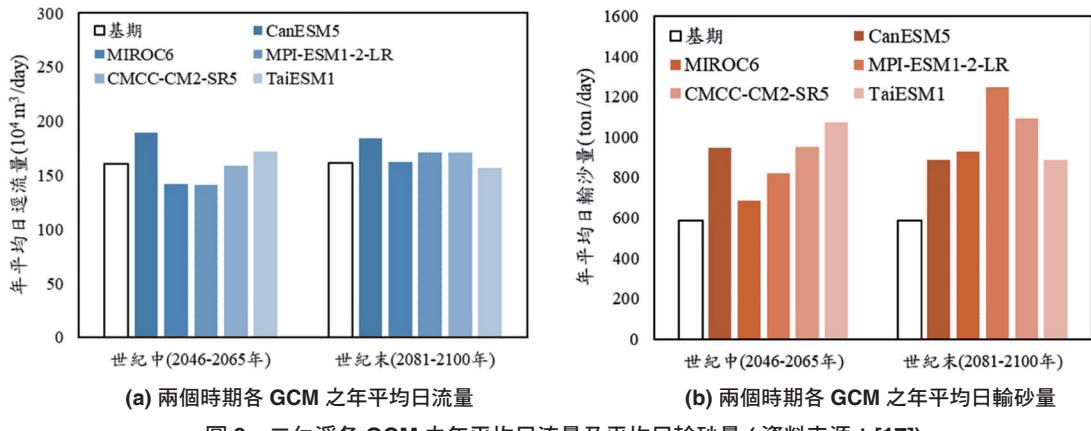


圖8 二仁溪各GCM之年平均日流量及平均日輸砂量(資料來源:[17])

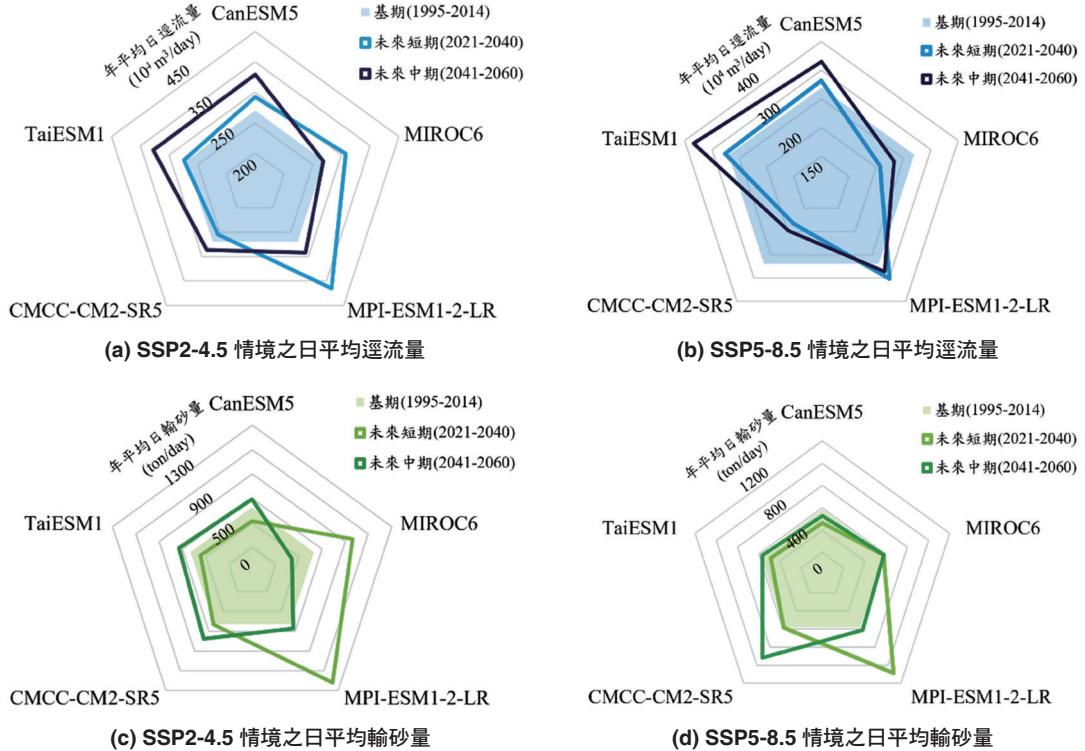


圖9 東港溪未來短期及中期各情境下之各GCM模式逕流量與輸砂量變化雷達圖(資料來源:[17])

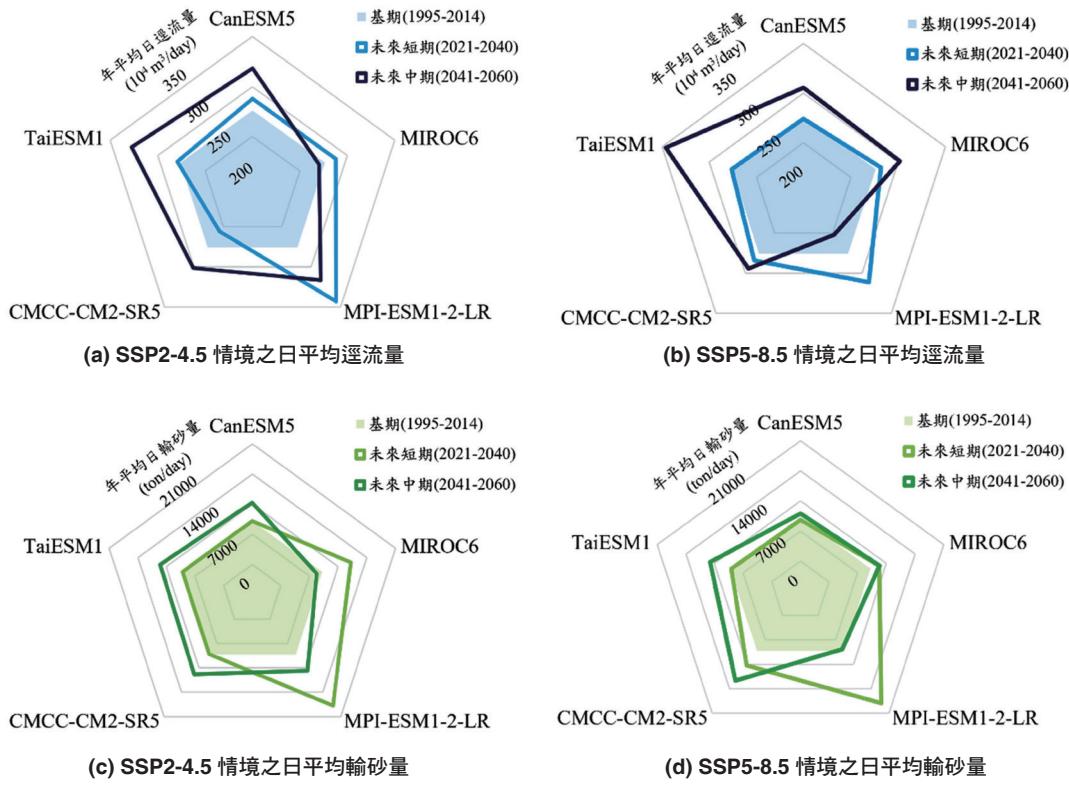


圖 10 林邊溪未來短期及中期各情境下之各 GCM 模式逕流量與輸砂量變化雷達圖（資料來源：[17]）

噸／日。於 SSP2-4.5 情境下，五個模式普遍顯示未來逕流量與輸砂量均高於基期。至於 SSP5-8.5 情境，短期模擬中逕流量略有下降，但在中期階段則出現回升，而輸砂量則在兩個時段皆有增加。林邊溪流域基期的年平均日逕流量為 276.17 萬立方公尺／日，輸砂量達 9,798.96 噸／日。於兩種排放情境下，多數模式均顯示短期與中期的逕流與輸砂輸出均超過基期水平，反映此流域在氣候變遷下水文動態的敏感性。然而，本研究僅以 5 組 GCM 模式進行分析，而全球氣候模式總數超過 20 組以上。不同模式對氣候變遷的反應存在差異，因此模擬結果仍具不確定性，需謹慎詮釋。

4.2 地下水與溶質傳輸模式

本研究採用美國地質調查所 (US Geological Survey, USGS) MODFLOW 模式作為地下水水流數值模擬的核心模式，並結合 USGS MT3DMS 溶質傳輸模組，以分析海水入滲對地下水系統的影響。在大鵬灣地區，模擬範圍主要依據自然邊界劃定，並以自然地下水出流量為控制條件，以避免邊界效應的干擾，因此區域邊界係由地下水觀測井與水位站的連線加以界定。相較之下，二仁溪流域除自然邊界外，尚需納入外海圍堤所形成的零流量邊界加以考量。



本研究以經濟部水利署於屏東平原設置的地下水位觀測網為基礎，選取模擬區域內的東港(1)、大潭(1)及崎峰(1)三處觀測站作為率定依據。將實測地下水位作為目標值，在設定 ± 50 cm 容許誤差範圍下進行模式率定。結果顯示，模擬水位與觀測水位變動趨勢一致，並滿足本研究 ± 0.5 m 的精度要求（圖 11）。進一步利用模式的水平衡分析功能推估庫區地下水入流量（圖 12），結果顯示模擬期間平均每月入流量約為 600 ~ 1,700 cmd。與庫區總蓄容量相比，此數值偏低，主因在於區域地下水梯度平緩、含水層滲透性不足，且受底泥阻隔影響，導致補注效果有限。

在二仁溪模擬區域，則選取鄰近之依仁(1)觀測站進行率定。模擬水位歷線與實測結果高度吻合，亦符合 ± 0.5 m 的誤差標準（圖 13）。由水平衡分析所得，平均每月庫區入流量約為 8 ~ 900 cmd（圖 14），同樣相對於蓄容量甚小。此結果顯示，二仁溪庫區的地下水入流量不僅低於需求水量，也明顯低於大鵬灣庫區，主要原因在於區域地下水梯度更趨平緩，且滲透性條件劣於大鵬灣。

4.3 三維水理與地形變遷模式

本研究規劃之海岸水庫潛在區域涵蓋臺南、高雄及屏東部分海域。除需利用三維水

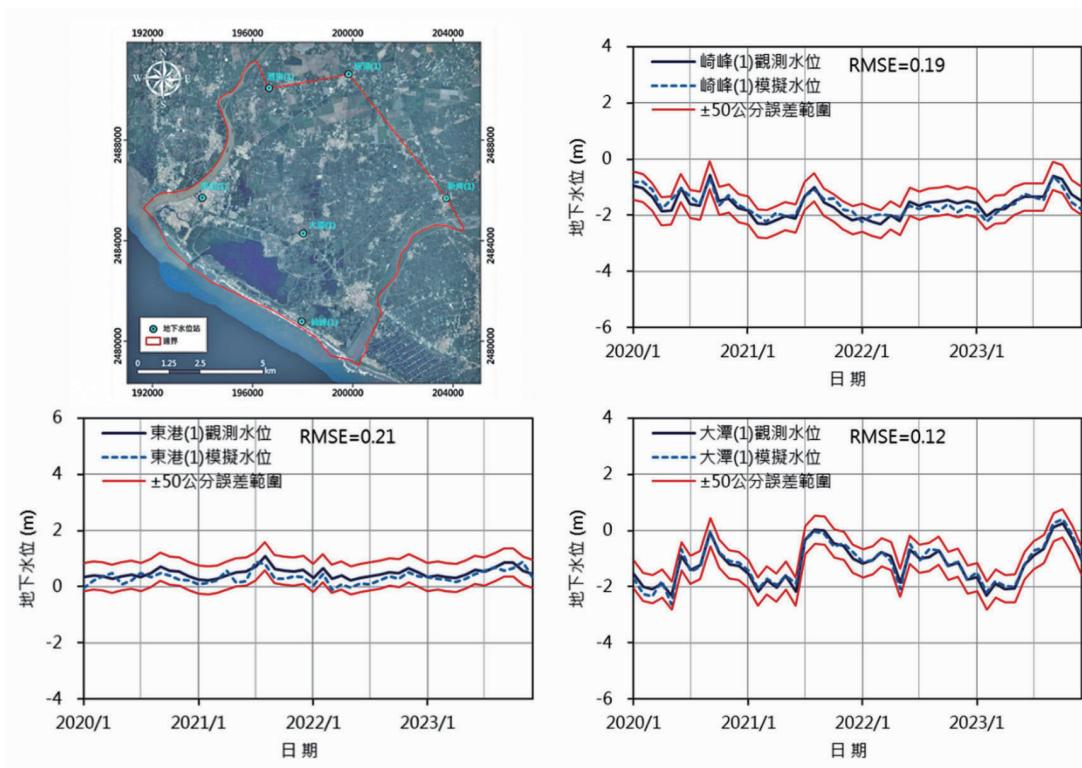


圖 11 大鵬灣庫址模擬率定結果（資料來源：[17]）

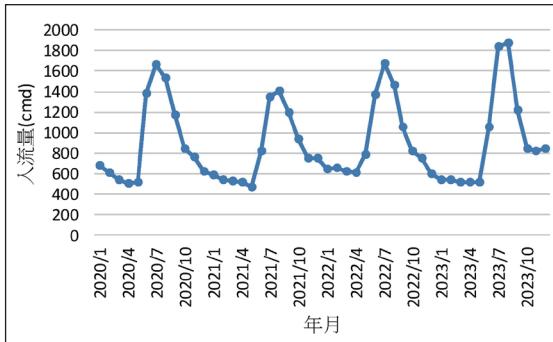


圖 12 大鵬灣庫址模擬地下水入流量評估成果（資料來源：[17]）

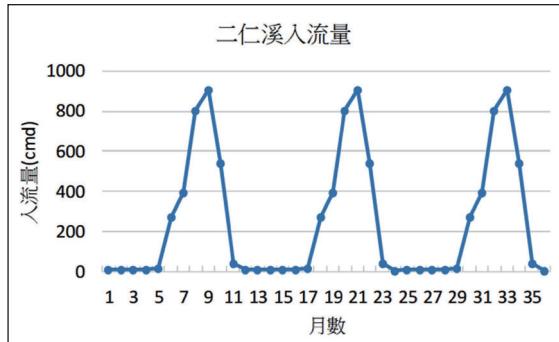


圖 14 二仁溪庫址模擬地下水入流量評估成果（資料來源：[17]）

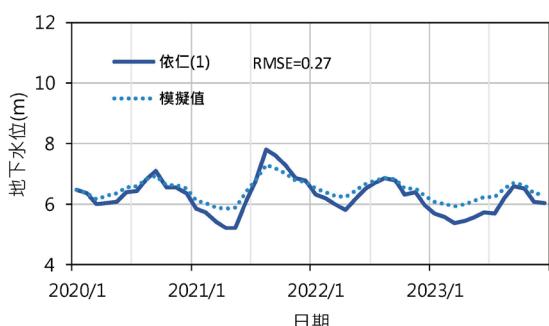
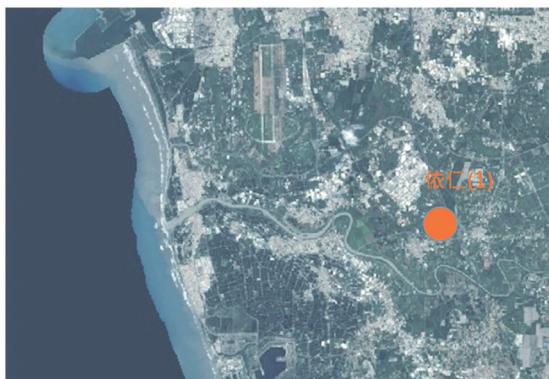


圖 13 二仁溪庫址模擬率定結果（資料來源：[17]）

理模式評估庫內水質外，亦需透過海洋水動力模式模擬，檢視水庫建置後對鄰近海域地形演變的潛在影響。

為探討氣候變遷下海象條件對庫址的可能衝擊，本研究蒐集並分析相關海象情境資料，以作為後續模式模擬的依據。依據TCCIP計畫提供之動力降尺度成果，可獲得暴潮及波高的增量資訊，並進一步萃取各潛在庫址區域的海象增量資訊。結果顯示，在暴潮增量方面，以屏東海域最為顯著，其次為臺南，高雄則相對較小；在波高增量部分，臺南增幅最高，屏東次之，高雄最低。

將上述氣候情境引入模式模擬並與現況比較（圖 15 和圖 16），結果顯示：大鵬灣在氣候變遷情境下，灣內波高變化不明顯，但水位上升約 0.17 公尺；二仁溪口附近海域則同時出現波高與水位升高，波高增加約 0.16 公尺，水位上升約 0.15 公尺。未來將進一步分析氣候變遷下地形變遷的影響，以作為水庫場址評估與氣候衝擊分析之依據。

二仁溪與大鵬灣分別代表河口型與潟湖型兩類不同的海岸水庫潛在型式。對大鵬灣而言，其水質擴散效果明顯，加上屬於單潮口封閉性海域，水庫邊界調整空間有限，因

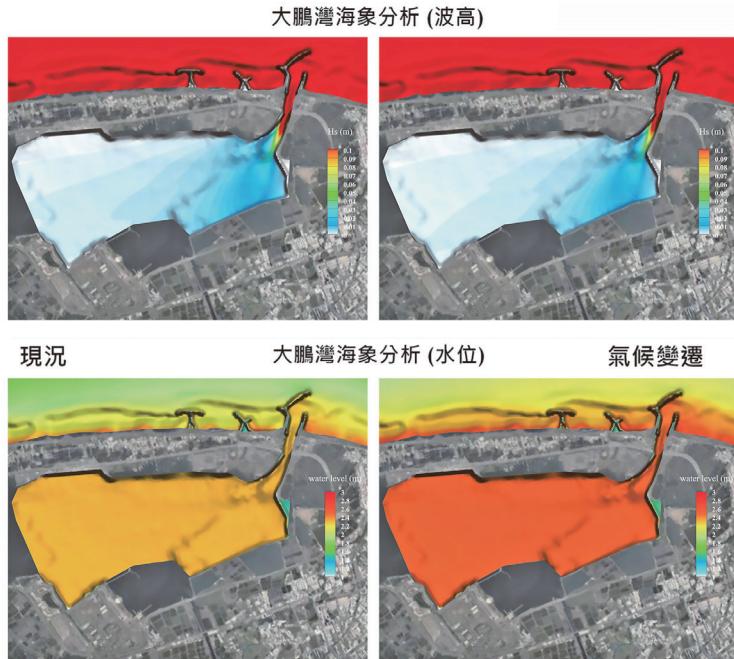


圖 15 氣候變遷海象衝擊評估一大鵬灣海域 (資料來源 : [17])

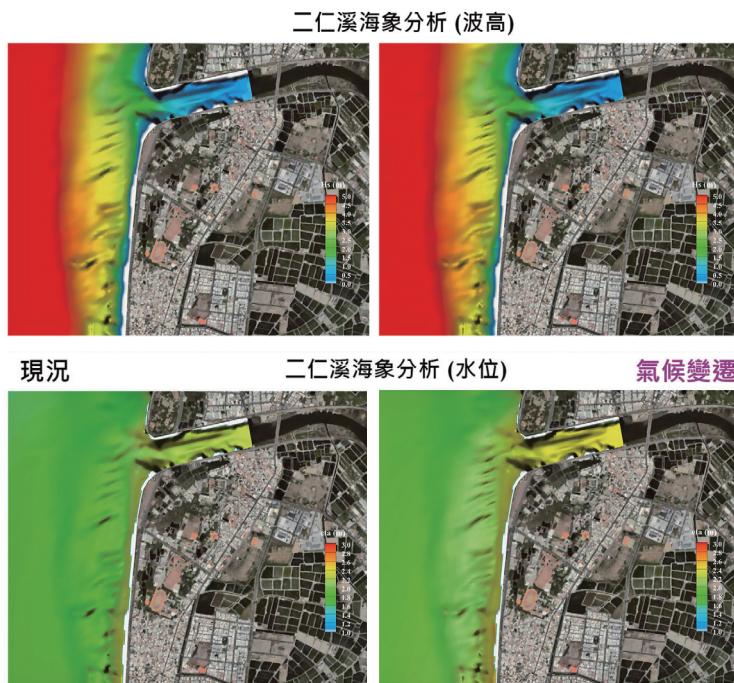


圖 16 氣候變遷海象衝擊評估一二仁溪海域 (資料來源 : [17])

此後續規劃基本上則可將潟湖開口設計為閘口。相較之下，二仁溪河口受限於流量規模，且環境屬開放性海域，因此在規劃時需更謹慎地評估庫區範圍與圍堤方式。

依據表 1 之流量與庫容資料，二仁溪與大鵬灣（含東港溪及林邊溪引水）在理論上

均能提供足夠流量以支撐目標供水量。然而，實際供水能力仍取決於庫區內可利用淡水體積，需透過水質模擬進一步評估。圖 17 顯示現階段兩處庫址的規劃範圍：大鵬灣以灣內水體為主，二仁溪則以南、北兩側圍堤區域為主，其初估原始庫容分別為 1,644 萬噸與 2,113 萬噸。根據三維水理模式進行分層模擬

表 1 預定庫址河川流量與庫容資料

| 水庫規模調整 | | 流量 (萬立方公尺/日) | | |
|-----------------------------------|------------------------|-----------------------------|--------|-----------------------|
| | | 二仁溪 | 東港溪 | 林邊溪 |
| 1992 ~ 2021 (30 年) 長期 代表性流量 | 全年平均 | 160 | 251 | 244 |
| | × 60 天 | 9,600 | 15,060 | 14,640 |
| | 豐水期 (5 ~ 10 月) | 293 | 469 | 454 |
| | × 60 天 | 17,580 | 28,140 | 27,240 |
| | 說明 | 流量皆可滿足供水需求目標 | | |
| 水庫 初始規劃 | 面積 (萬 m ²) | 280 | 324 | |
| | 庫容 (萬噸) | 2,003 | 1,644 | |
| | 說明 | • 未浚深 • 堤提高 +1.5 m | | • 未浚深 • 堤提高 +1.5 m |
| 水庫規劃 調整 | 面積 (萬 m ²) | 64 | 158 | |
| | 庫容 (萬噸) | 611 | 1502 | |
| | | (合計) 2,113 | | |
| | 說明 | • 浚深至庫深 7 m • 堤提高 +1.5 m | | |



(1) 二仁溪預定庫址規劃



(2) 大鵬灣預定庫址規劃

圖 17 兩預定海岸庫址規劃圖 (資料來源：[17])

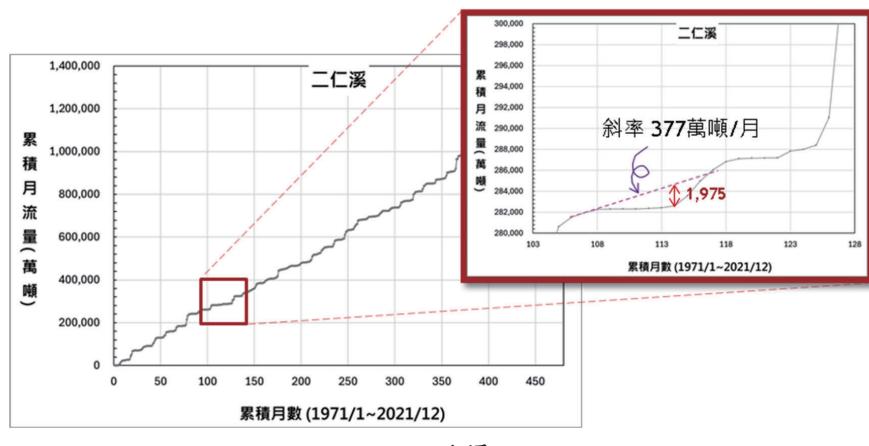


之分析，大鵬灣與二仁溪庫區內低於 0.1 PSU 的水體容量分別為 1,424 萬噸與 1,975 萬噸（表 2）。進一步將累積月流量曲線與可用水體結合後，估算可供水量分別為 971 萬噸與

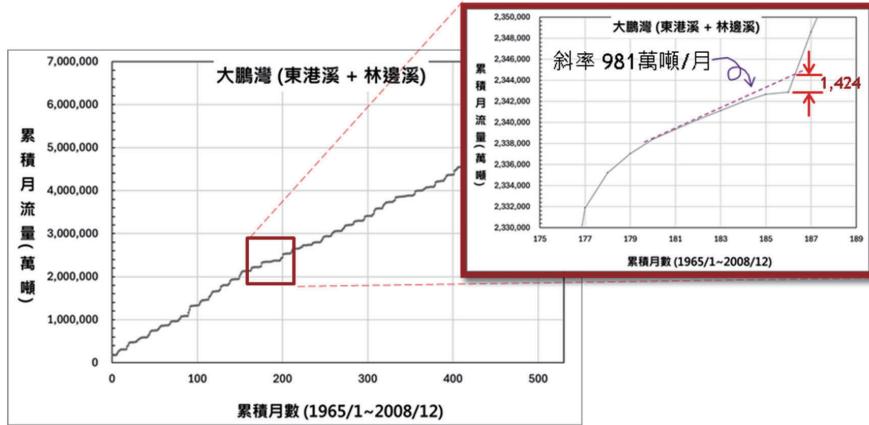
377 萬噸（圖 18）。綜合初步評估，大鵬灣預定庫址可滿足每月 600 萬噸的目標供水需求，而二仁溪雖未達成該門檻，但其可用水量仍能作為區域供水的重要補充來源。

表 2 預定庫址可供水量評估

| 預定庫址 | 大鵬灣 | 二仁溪 |
|-------------------|--|------------------------------|
| 總蓄水量（萬噸） | 1,644 | 2,113 |
| 可用淡水量（萬噸） | 1,424 | 1,975 |
| 可供水量（萬噸／月） | 981 | 377 |
| 滿足目標供水量（600 萬噸／月） | <input checked="" type="checkbox"/> 滿足 | <input type="checkbox"/> 未滿足 |
| 說明 | 可用供水量：鹽度小於 0.1 PSU 之水量 | |



(1) 二仁溪



(2) 大鵬灣

圖 18 兩預定海岸水庫可供水量評估（資料來源：[17]）

4.4 場址評估分析

本計畫以臺灣西南部為場址篩選範圍，分別擇選二仁溪出海口與大鵬灣等兩處條件迥異海岸水庫場址，進行現地勘查，蒐集場址水源、水質、地質、蓄水空間、用水標的、都市與國土規劃、生態等相關環境背景資料，再透過供水量、水庫內鹽分沉積、水庫水質處理難易度、水庫工程興建難易度與對鄰近區域之影響等五大面向進行評估。其中，入流河水中的含砂量可透過工程手段來解決，因此不再單獨列為評估項目，其餘評估指標因子及其說明列於表 3，而評估結果如圖 19 所示。結果顯示，大鵬灣總分為 3.4 分，遠高於二仁溪出海口的 2.6 分，進一步突顯了不同區域之間的差異性。

此外，鑑於氣候變遷對水資源規劃與管理的重大影響，部分評估指標因子需要根據不同的氣候情境進行進一步的分析與評估，包括河川入流量、地下水量、降雨量、海象情況以及地形變遷等因子，以便更全面地理解預測氣候變遷對未來水資源可用性的潛在影響，進一步提升海岸水庫的可行性，確保其在面對未來氣候變遷挑戰時的持續效益與可持續性。爾後，待上述關鍵評估因子的氣候情境條件分析有所得，將基於這些結果重新評估潛在的水庫場址，確保本研究之選址決策不僅基於當前的環境和社會經濟條件，並能夠適應未來可能的氣候變遷，從而實現水資源的長期可持續管理和利用。

表 3 海岸水庫選址可行性評估面向與指標因子

| 面向 | 指標因子 | 說明 |
|---------------|------------|----------------------------|
| 供水量 | 河川入流量 | 可供入庫蓄存之河川水量 |
| | 地下水量 | 可供入庫蓄存之地下水量 |
| 水庫內 鹽份沉積 | 入流水鹽度—河川 | 河川入流水鹽度 |
| | 入流水鹽度—地下水 | 地下水入流鹽度 |
| | 降雨量 | 水庫蓄水範圍降雨量 |
| | 蒸發量 | 水庫蓄水範圍蒸發量 |
| 水庫水質 處理難易度 | 需水端水質需求 | 用水需求端之用水品質要求 |
| | 底泥品質 | 逕流過程之底泥品質有污染水質之可能性 |
| | 運行初期鹽度淡化效率 | 水庫興建完成後，庫區內水質鹽度淡化效率 |
| 水庫工程 興建難易度 | 底質滲透率 | 影響水庫結構物之不透水層規模 |
| | 海象情況 | 影響水庫結構物之壩體高度與施工工法 |
| | 需水端距離 | 影響供水管線布設距離 |
| | 公共設施管線 | 當既有公共設施管線可供使用，將可降低供水管線布設規模 |
| 對鄰近區域之 影響 | 地形變遷 | 水庫結構物可能影響原有輸砂方向與含砂量，造成地形變遷 |
| | 環境敏感區 | 水庫所在地是否為都市計畫區或國土保護區 |
| | 產業環境用水需求量 | 用水端之可能需水量 |

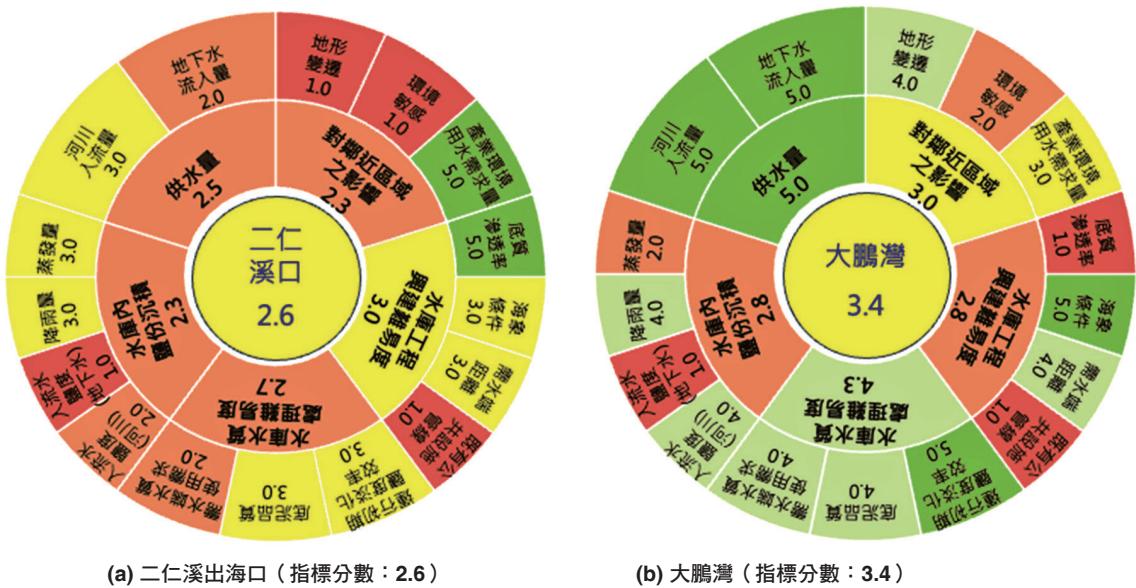


圖 19 海岸水庫選址可行性評估結果 (資料來源 : [17])

五、結語

考量供水量（含河川入流量、地下水流入量）、水庫內鹽分沉積（含入流水鹽度—河川、入流水鹽度—地下水、降雨量、蒸發量）、水庫水質處理難易度（含需水端水質需求、底泥品質、運行初期鹽度淡化效率）、水庫工程興建難易度（含底質滲透率、海象情況、需水端距離、公共設施管線）、對鄰近區域之影響（含地形變遷、環境敏感區、產業環境用水需求量）等 5 大面向、16 個指標，本研究針對二仁溪出海口與大鵬灣等兩處海岸水庫庫址，進行量化之庫址可行性評估分析。惟初步評分所採用之數據，係環境背景資料蒐集所得之臨近區域既有資料，部分指標因子尚需透過數值模擬分析以取得更切合實際現況之數據。後續將發展可耦合複合物理參數之海岸水庫水質評估模式，藉以推估

各時期水庫內可用蓄水量分布情況，俾供評估海岸水庫之可行性與效益性。

參考文獻

- IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, et al., Eds.). Cambridge University Press.
- 謝明昌、耿承孝, 2015, 面對 67 年最嚴重乾旱，水資源管理季刊，第 17 卷，第 1 期，第 2-8 頁。
- 經濟部水利署, 2017, 台灣南部區域水資源經理基本計畫 (第一次檢討)。
- 台積電, 2021, 2020 年社會企業責任報告。
- Yang, S.-Q. (2013) Coastal Reservoir - The trend of water supply in new era. International Symposium for Next Generation Infrastructure, doi: 10.14453/isngi2013.proc.51.
- Jin, G., Mo, Y., Li, M., Tang, H., Qi, Y., Li, L., Barry,



- D. A. (2019) Desalinization and salinization: a review of major challenges for coastal reservoirs. *Journal of Coastal Research* 35(3), 664-672.
7. Kolathayar, S., Amala Krishnan, U.s., Sitharam, T. G. (2021) Appraisal of Thanneermukkom bund as a coastal reservoir in Kuttanad, Kerala. *Journal of Applied Water Engineering and Research* 9, 324–335.
8. Yang, S., Smith, L., Sivakumar, M. (2017). Assessment of social and environmental impacts of coastal reservoirs Part B. 1122.
9. Lee, C.H., Lee, B.Y., Chang, W.K., Hong, S.J., Song, S.J., Park, J.S., Kwon, B.O., Khim, J.S. (2014) Environmental and ecological effects of Lake Shihwa reclamation project in South Korea: A review. *Ocean and Coastal Management* 102, 545-558.
10. Gwee, J. (2013). Case studies in public governance: building institutions in Singapore: Routledge.
11. 林銘崇、李文錫，1981，海岸水庫鹽度擴散之研究。第五屆海洋工程研討會，343-354。
12. Shokri-Kuehni, S. M., Vetter, T., Webb, C., Shokri, N. (2017). New insights into saline water evaporation from porous media: Complex interaction between evaporation rates, precipitation, and surface temperature. *Geophysical Research Letters* 44(11), 5504-5510.
13. Mao, X., Zhu, X., et al. (2005). Study on accelerating water desalination in polder reservoir for storage of fresh water along the coast. *Advances in Water Science* 16(6), 773-776.
14. Mao, X., Chen, F., et al. (2004). Numerical prediction of water desalination in a polder reservoir. *Journal of Hydraulic Engineering* 35(7), 79-84.
15. Yang, S.-Q. (2018). Coastal reservoir—How to develop freshwater from the sea without desalination. In *Water resources management* (pp. 121-139): Springer.
16. 林財富等人，2023，學門主題式計畫 - 南區新興水源探索與整合技術研計畫 (1/3)，國家科學及技術委員會補助專題研究計畫報告。
17. 林財富等人，2024，學門主題式計畫 - 南區新興水源探索與整合技術研發計畫 (2/3)，國家科學及技術委員會補助專題研究計畫報告。