

第二章 氣候變遷衝擊情形

2.1 整體氣候變遷趨勢

一、全球氣候變遷趨勢

依據聯合國政府間氣候變遷專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）2021年8月公布之氣候變遷第六次評估報告（IPCC AR6）第一工作小組報告「氣候變遷物理科學」顯示：人類對大氣、海洋及陸地暖化的影響乃無庸置疑。大氣、海洋、冰雪圈與生物圈已發生廣泛且快速的變遷，且近期的地球氣候系統與其各面向的變遷程度是過去數世紀至數千年來前所未有的，人為氣候變遷已影響世界各地許多極端天氣與氣候事件（如熱浪、豪雨、乾旱、熱帶氣旋），相關觀測及其受人為影響的證據更加顯著。

依據 IPCC 評估，無論何種排放與社會經濟發展情境的假設，各國氣候模式模擬推估結果顯示，即使幾十年內大幅減少溫室氣體排放或增加碳吸收，全球朝向 2050 淨零目標邁進，全球溫度亦將持續增溫至少到本世紀中，和工業革命時期相比全球將增溫 1.5°C，甚至到 2.0°C。唯有全球在 2050 年確實達到淨零排放，全球暖化程度才有機會於 21 世紀末降回 1.5°C（和工業革命時期相比）。

全球暖化下將造成氣候系統諸多面向的變遷，包括極端高溫、海洋熱浪、豪雨、區域農業與生態乾旱的發生頻率與強度增加；熱帶氣旋（颱風）減少但強烈熱帶氣旋比例增加、以及北極海冰、雪蓋與永凍土的減少等。暖化將進一步改變全球水循環，其中包括水循環變異度、全球季風降雨、乾濕事件的嚴重程度，且會導致其他的現象的變遷，尤其是海洋、冰層以及全球海平面等，在未來數世紀至數千年皆為不可逆轉過程。伴隨著全球暖化加劇，各區域預計將更頻繁面臨複雜氣候衝擊驅動因子及複合性變遷。且不能排除冰層崩解、海洋環流劇變、複合性極端事件之可能性及影響。

IPCC 報告亦提供各區域的關鍵氣候資訊，針對亞洲地區的氣候變遷未來變遷趨勢評估摘錄如下：

- 溫度：極端高溫事件將會增加、冷事件減少
- 降水：極端降水、平均降水、洪水事件將會增加
- 風場：地面風速下降；熱帶氣旋的數量減少但強度增加
- 海岸與海洋：海平面上升、洪水增加、海岸線倒退、熱浪增加

二、臺灣氣候變遷趨勢

國家科學委員會氣候變遷科研團隊依據 IPCC AR6 報告與國內最新資料進行之臺灣氣候變遷變遷趨勢與本地氣候變遷衝擊評估情形 (https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/ipcc_ar6.aspx)，摘錄重點如下：

根據中央氣象局觀測資料分析顯示，臺灣年平均氣溫於過去 110 年 (1911-2020 年) 上升約 1.6°C，近 50 年及近 30 年增溫呈現加速趨勢 (圖 2-1)。在四季分布方面，21 世紀初夏季長度已增加至約 120-150 天，冬季長度則縮短約 70 天，且近年來冬季甚至縮短至約 20-40 天 (圖 2-2)。

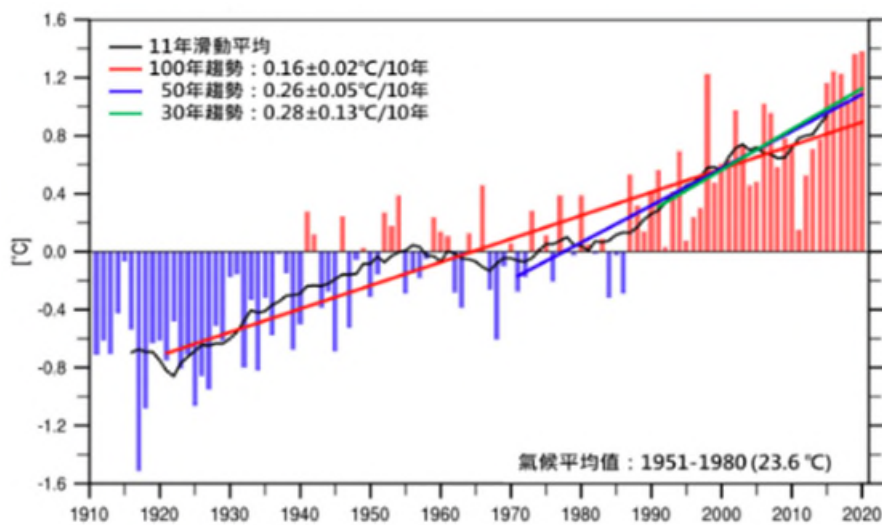


圖 2-1 臺灣年平均氣溫變化趨勢

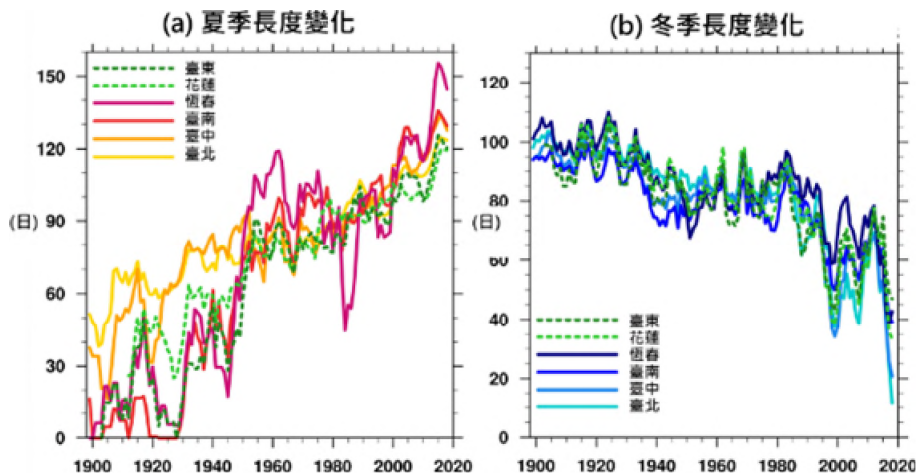


圖 2-2 臺灣冬夏兩季長期變遷趨勢

在降雨方面，年總降雨量趨勢變化不明顯，但 1961-2020 年間少雨年發生次數明顯比 1960 年前時期增加，其中年最大 1 日暴雨強度在 1990-2015 年間，強度與頻率均呈現明顯增加趨勢（圖 2-3）；另與乾旱有關之年最大連續不降雨日數趨勢變化明顯，過去 110 年增加約 5.3 日最大連續不降雨日數（圖 2-4）。

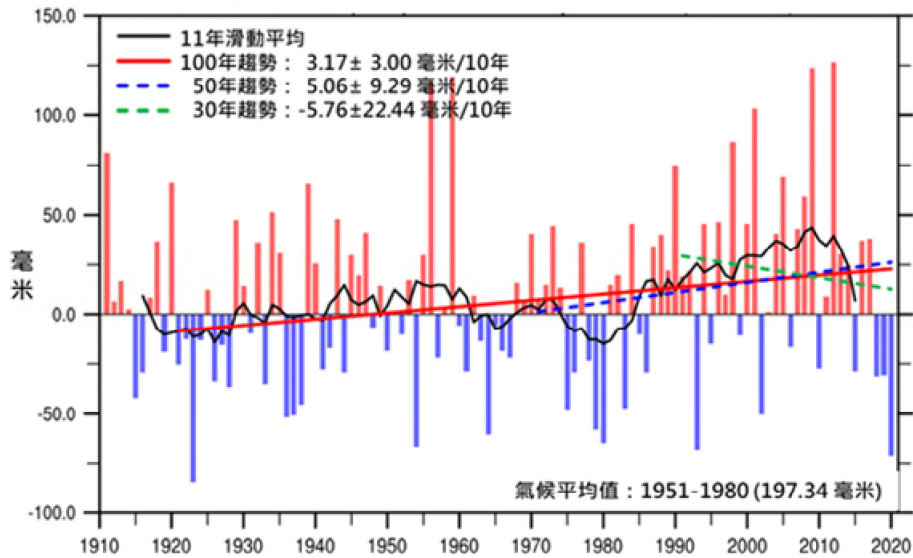


圖 2-3 臺灣年最大 1 日暴雨變化趨勢

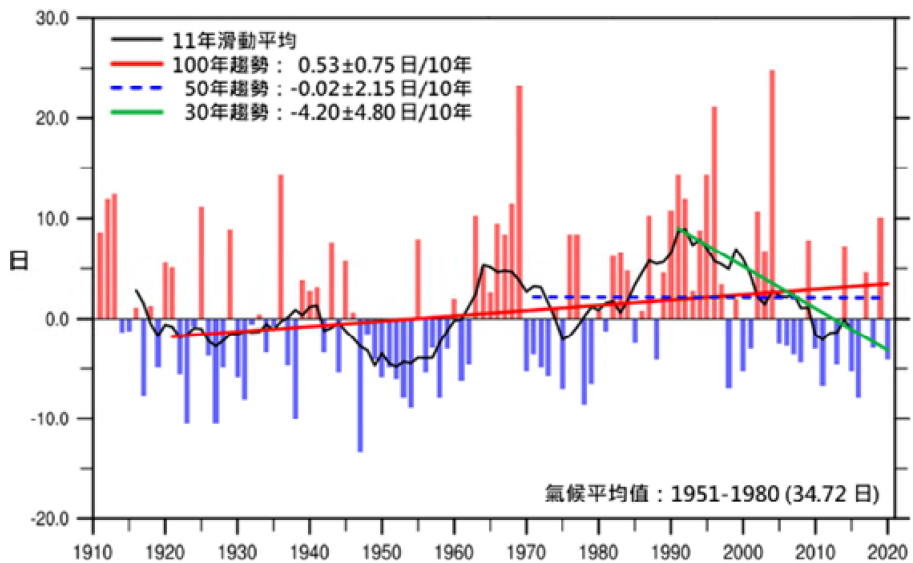


圖 2-4 臺灣年最大連續不降雨日數變化趨勢

依據本土氣候變遷模擬與未來推估分析，依據 IPCC AR6 的最新資料顯示，全球高度排放溫室氣體的最劣暖化情境（SSP5-8.5）與理想減緩情境（SSP1-2.6）相比較，前者對我國衝擊程度將明顯大於後者。

在氣溫方面，最劣情境下，於本世紀末高溫達 36°C 以上日數將較基期增加約 48 天；理想減緩情境下，增加天數降為 6.6 天（圖 2-5）；於四季分布方面，夏季長度從約 130 天增長至 155-210 天，冬季長度從約 70 天減少至 0-50 天，變遷趨勢於最劣暖化情境下顯著，理想減緩情境下則相對緩和（圖 2-6）；

與災害衝擊有關之「年最大 1 日暴雨強度」方面，在最劣情境下之 21 世紀末強度增加約 41.3%，理想減緩情境下，暴雨強度增加幅度約為 15.3%（圖 2-7）。最劣情境（AR5 RCP8.5 暖化情境）下於本世紀中及本世紀末，影響臺灣地區颱風個數將減少約 15%、55%，但強颱風比例將增加 100%、50%，颱風降雨改變率將增加約 20%、35%，（圖 2-8）。未來最劣暖化情境（AR5 RCP8.5 暖化情境）下，本世紀末颱風風速約增強 2%~12%，平均增強 8%。因其先天地理環境，臺灣沿岸地區颱風風浪衝擊以東北及東南部海岸衝擊較大，颱風暴潮衝擊則以北部、東北部及中部海岸衝擊較大，故於升溫情境下，其衝擊皆高於其他地區。據 IPCC AR6 升溫 2°C 情境顯示，臺灣周邊海域海平面上升約 0.5 公尺，於升溫 4°C 情境將導致海平面上升 1.2 公尺。

與乾旱水資源有關的部分，年最大連續不降雨日數各地有增加的趨勢，最劣情境 (SSP5-8.5) 下，21 世紀中、末平均增加幅度約為 5.5%、12.4%；理想減緩情境 (SSP1-2.6) 下，21 世紀中、末減少幅度約為 1.8%、0.4%。（圖 2-9）

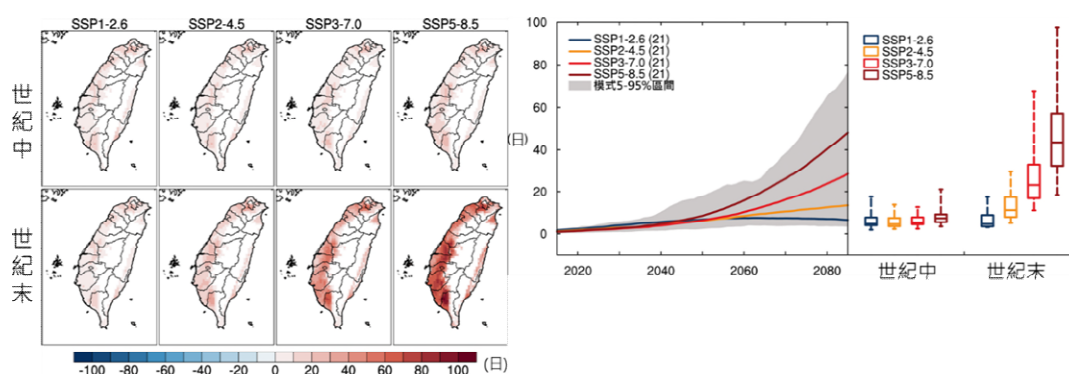


圖 2-5 臺灣未來高溫超過 36°C 空間分布與年高溫日數推估

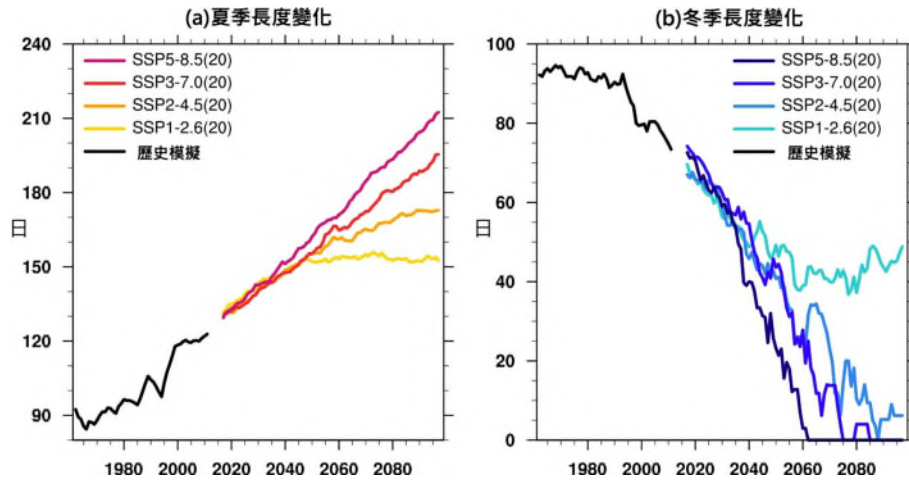


圖 2-6 臺灣未來季節長度推估

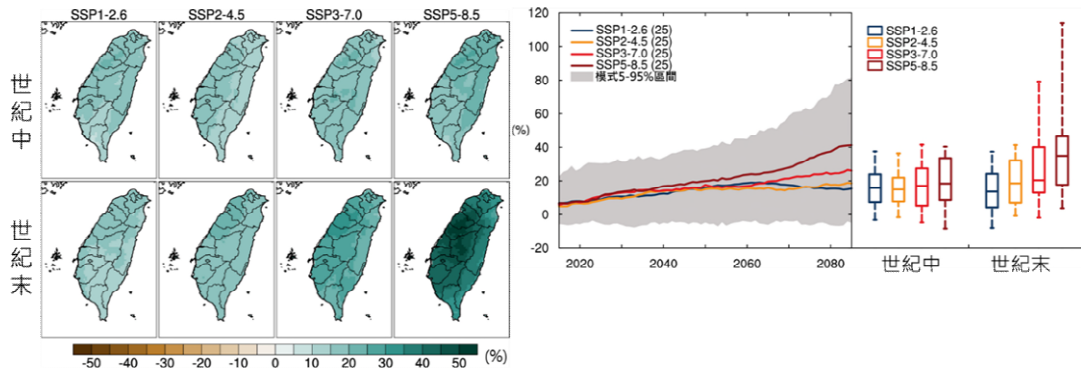


圖 2-7 臺灣未來年最大 1 日暴雨空間分布與強度推估

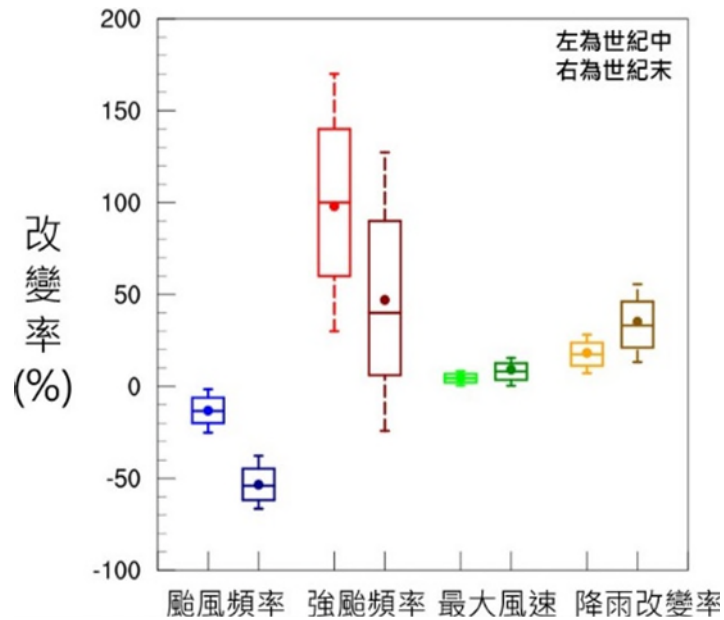


圖 2-8 臺灣未來颱風特性變化趨勢推估

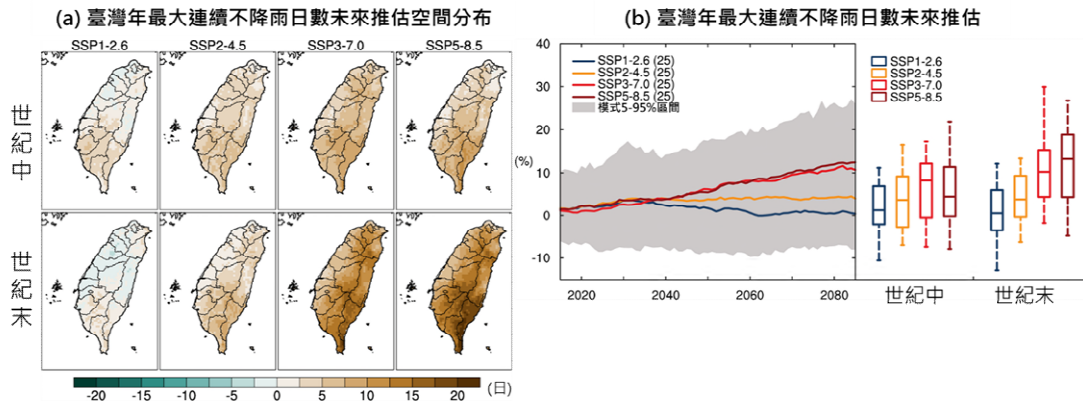


圖 2-9 臺灣未來連續不降雨變化趨勢推估

2.2 水資源領域氣候變遷衝擊

全球氣候變遷將導致臺灣未來的水文條件變化，並對水資源整體造成衝擊，使未來水資源管理的風險提升。為確保我國水資源在未來的氣候風險下得以永續經營，應分析氣候變遷對水資源可能的影響，並從中確立氣候變遷對水資源的主要衝擊；再評估臺灣水文情境下的水資源供給與需求的脆弱度及風險，最終綜整氣候變遷下水資源主要風險，以作為規劃推動我國水資源調適策略與行動計畫的基礎。

全球氣候變遷對水資源的影響因子可綜整為四項：(1)溫度上升、(2)不降雨日數增加、(3)降雨強度增加以及(4)海平面上升，上述影響因子對我國水資源調適範圍內的：(一)水資源開發與保育、(二)水資源供給、(三)水資源需求等課題將造成衝擊。以下依據 3 項調適課題，分別列舉說明可能受到氣候變遷影響的 11 項水資源細項課題，後續再針對細項課題進行衝擊評估：

(一) 水資源開發與保育

依據開發與保育的標的，水資源開發與保育的細項課題可分為：(1)地表水與(2)地下水。

(二) 水資源供給

依據供給的程序，水資源供給的細項課題可分為：(3)水庫蓄水、(4)水庫取水、(5)河川引水、(6)淨水、(7)輸水以及(8)地下水抽用。

(三) 水資源需求

依據各需求來源，水資源需求的細項課題可分為：(9)農業用水、(10)生活用水以及(11)工業用水。

表 2-1 逐項分析 4 項氣候變遷影響因子對 11 項水資源細項課題的影響，並從中確立氣候變遷對於水資源的主要衝擊(共計 17 項)，「溫度上升」主要導致水資源需求提升，影響地表水資源的蘊藏量，「不降雨日數增加」主要影響水資源設施原本蓄豐濟枯的調節功能，「降雨強度增加」主要影響水資源設施的可蓄水量，並導致濁度上升而影響取水與減低淨水效率；「海平面上升」主要影響地下水資源的蘊藏量。綜合上述分析結果，在我國水資源調適範圍內，共計有 9 項將承受氣候變遷主要衝擊的水資源細項課題：(1)地表水、(2)地下水、(3)水庫蓄水、(4)水庫取水、(5)河川引水、(6)淨水、(7)農業用水、(8)生活用水及(9)工業用水，應進一步逐項評估風險，以作為國家水資源調適行動方案規劃與推動的基礎；此外彙整說明 17 項氣候變遷主要衝擊與 9 項水資源主要細項課題的關聯性(圖 2-10)。

表 2-1 氣候變遷對水資源的影響分析

水資源調適課題 與細項課題(11 項)		氣候變遷影響因子(4 項)			
		溫度上升	不降雨日數增加	降雨強度增加	海平面上升
水資源 開發與 保育	地表水	主要衝擊(1)：導致蒸發散量增加，影響地表水資源的蘊藏量。	主要衝擊(2)：影響地表水資源的蘊藏量。	無	無
	地下水	無	主要衝擊(3)：降低入滲量，影響地下水資源的蘊藏量。	無	主要衝擊(4)：導致鹽水入侵地下水含水層，影響地下水資源的蘊藏量。
水資源 供給	水庫蓄水	主要衝擊(5)：導致蒸發散量增加，影響水庫蓄水量。	主要衝擊(6)：影響蓄水，降低蓄豐濟枯調節功能。	主要衝擊(7)：導致淤積量增加，可蓄水量減少。	無
	水庫取水	無	無	主要衝擊(8)：導致濁度上升，影響取水。	無
	河川引水	無	主要衝擊(9)：導致河川流量降低，影響取水。	主要衝擊(10)：導致濁度上升，影響取水。	無
	淨水	主要衝擊(11)：導致水質劣化，影響淨水效率。	主要衝擊(12)：導致水質劣化，影響淨水效率。	主要衝擊(13)：導致濁度上升，影響淨水效率。	無
	輸水	無	無	無	無
	地下水抽用	無	無	無	無
水資源 需求	農業用水	主要衝擊(14)：導致蒸發散量提高，農業用水需求增加。	主要衝擊(15)：導致灌溉水源短缺，影響農產。	無	無
	生活用水	主要衝擊(16)：導致生活用水需求增加。	無	無	無
	工業用水	主要衝擊(17)：導致工業冷卻用水需求增加。	無	無	無

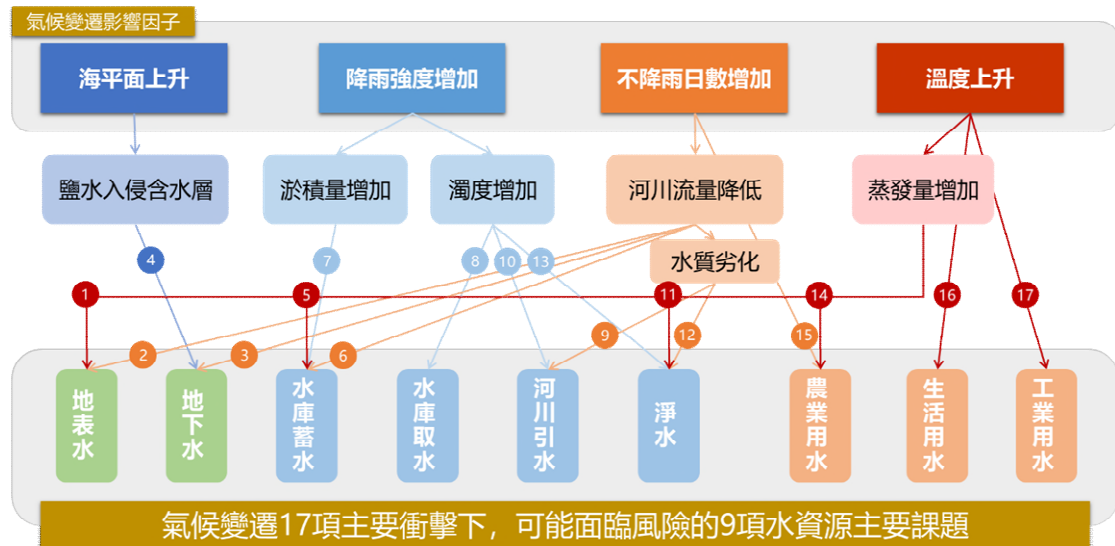


圖 2-10 氣候變遷主要衝擊下可能面臨風險的水資源細項課題

依據 IPCC 第六次評估報告(AR6)所進行的分析結果，未來臺灣連續不降雨日數將持續增加，造成枯早期的缺水風險上升，此衝擊於臺灣南部地區更加明顯。檢視臺灣近年乾旱事件，2014 至 2015 年、2017 至 2018 年以及 2020 至 2021 年總共經歷 3 場嚴重的乾旱事件，而 2022 至 2023 年亦有乾旱事件發生，農業被迫停灌休耕並衝擊公共供水的穩定性。整體而言，近期臺灣平均約 2 至 3 年就會經歷一場乾旱事件，其發生頻率相較於往常已有增加趨勢。2018 年 6 月曾文水庫的蓄水率約 2%；2020 年全臺降雨僅 800 毫米，遠低於平均值 2,500 毫米，主要水庫集水區 6 至 9 月平均降雨量為歷史平均值約 2 至 6 成，造成百年來最嚴峻的旱象；2020 年至 2022 年創下連續 3 年沒有颱風過境臺灣、南部地區連續長達一年半以上沒有降下超過 200 毫米大雨的紀錄，造成持續枯旱情形，對民生、農業及工業影響深遠。

此外，921 地震事件後造成全臺大規模地表土層鬆動，如遇氣候變遷造成颱風豪雨降雨強度增加，易導致河川或水庫原水濁度飆高，超出部分淨水場處理能力，並增加水庫淤積量，影響區域供水穩定，凡此均為未來臺灣極端乾旱的嚴峻挑戰。