

貳、全球及臺灣氣候變遷趨勢

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9日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數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：推估海平面上升造成沿岸地區洪水增加、海岸線倒退；海洋熱浪增加。

二、臺灣氣候變遷趨勢及衝擊

國家科學及技術委員會（以下簡稱國科會）氣候變遷科研團隊依據 IPCC 與國內最新資料進行之臺灣氣候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 年間（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）。

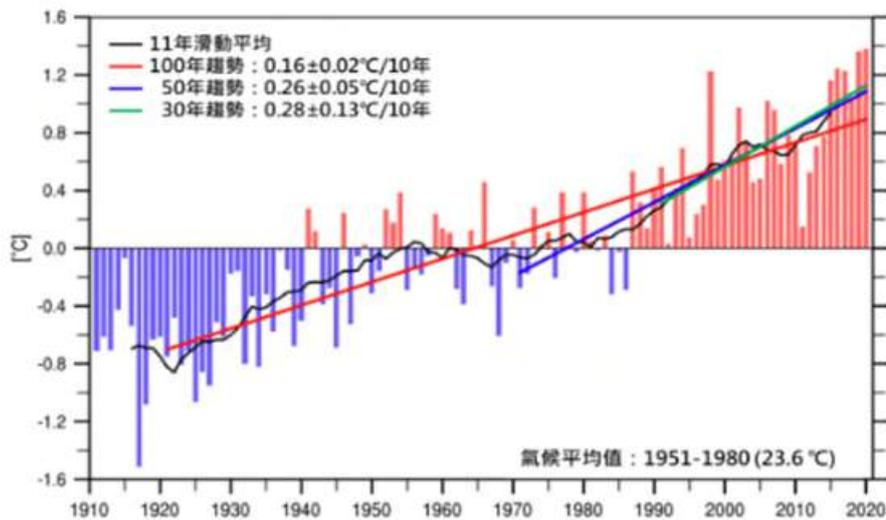


圖 2-1、臺灣年平均氣溫變化趨勢

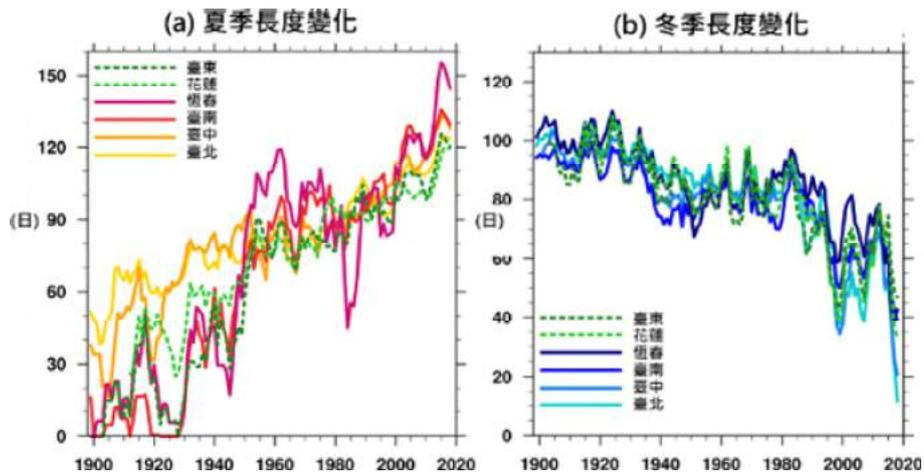


圖 2-2、臺灣冬夏兩季長期變遷趨勢

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）。

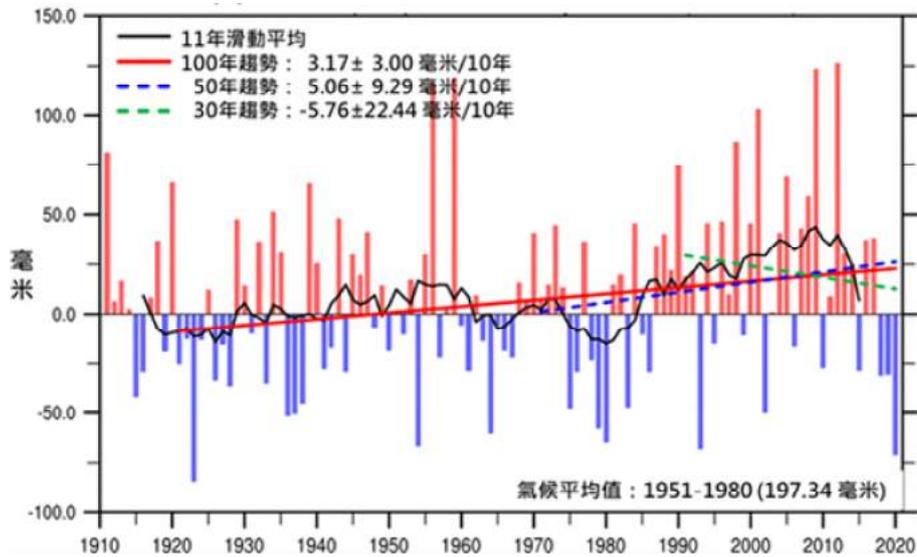


圖 2-3、臺灣年最大 1 日暴雨變化趨勢

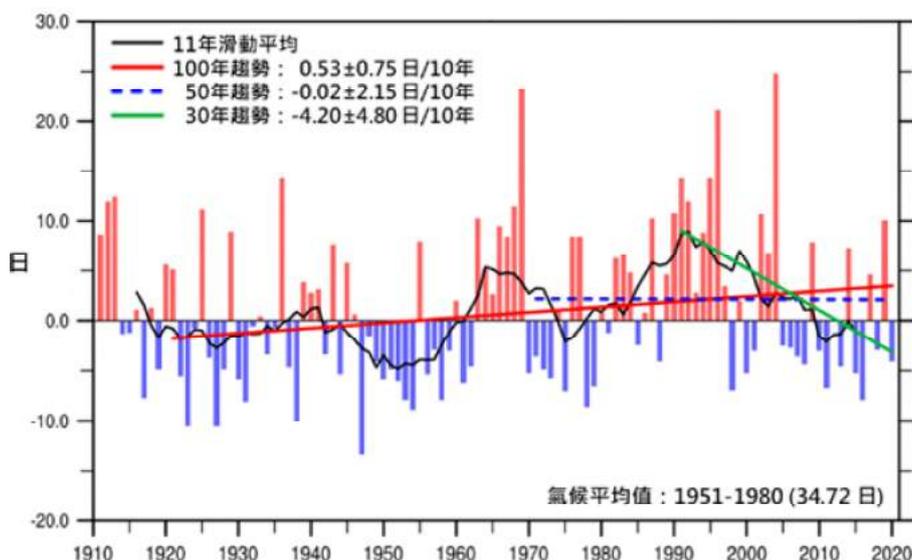


圖 2-4、臺灣年最大連續不降雨日數變化趨勢

依據本土氣候變遷模擬與未來推估分析，及 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。

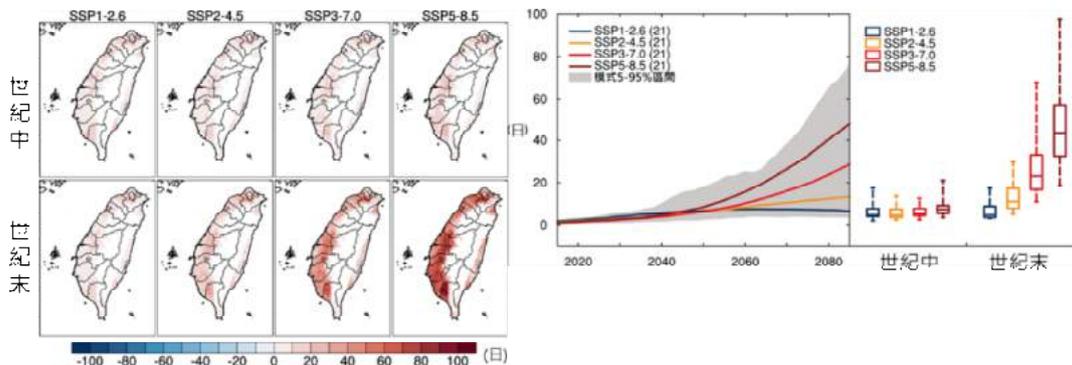


圖 2-5、臺灣未來高溫超過 36°C 空間分布與年高溫日數推估

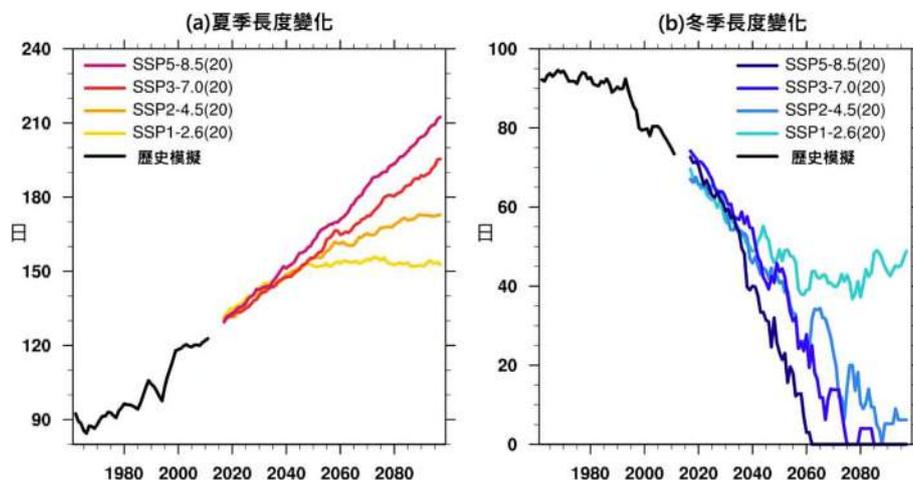


圖 2-6、臺灣未來季節長度推估

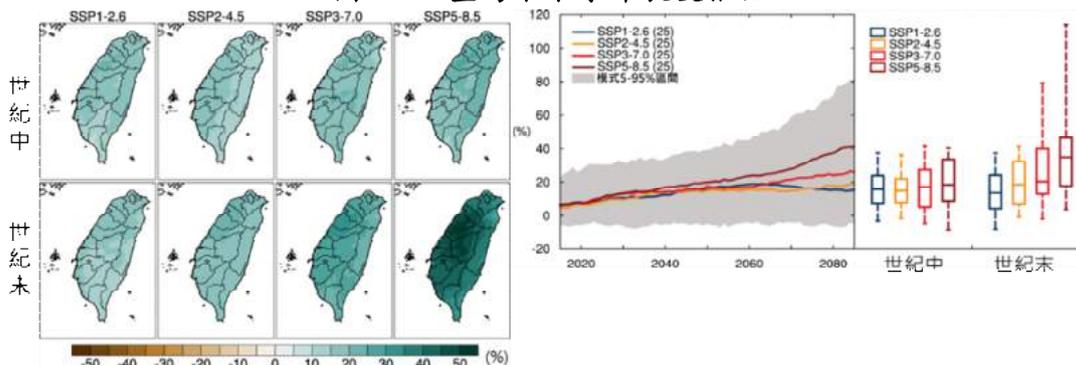


圖 2-7、臺灣未來年最大 1 日暴雨空間分布與強度推估

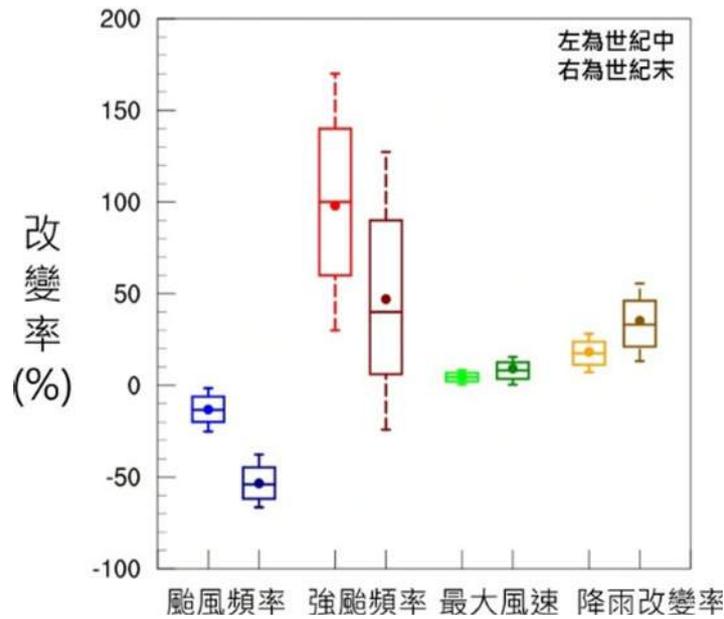


圖 2-8、臺灣未來颱風特性變化趨勢推估

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)

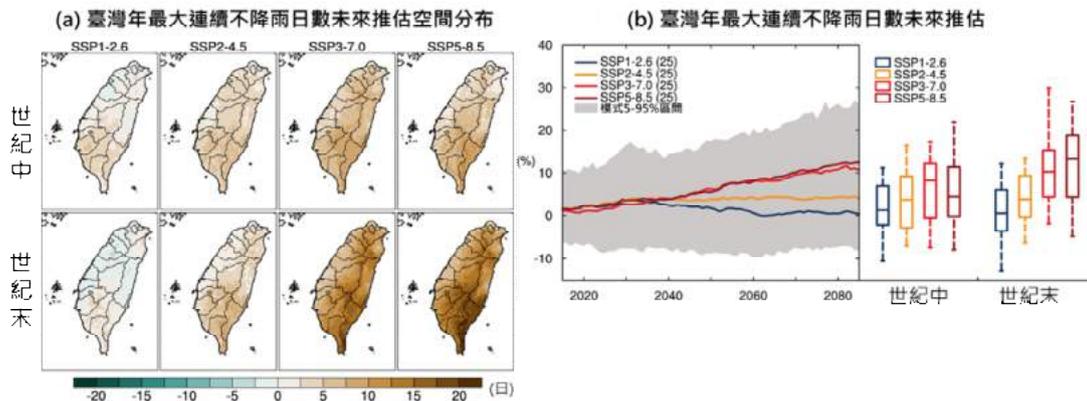


圖 2-9、臺灣未來連續不降雨變化趨勢推估

氣候變遷所衍生的各類衝擊因子對臺灣不同部門與領域所造成衝擊有其差異，但可初步歸納於我國具潛在顯著影響之因子為：溫度（熱與冷）、降雨（濕與乾）、海岸與海洋（海平面上升、海洋熱浪、酸化等）。以下針對溫度、降雨、海平面上升等變化趨勢，簡述各領域未來潛在可能衝擊：

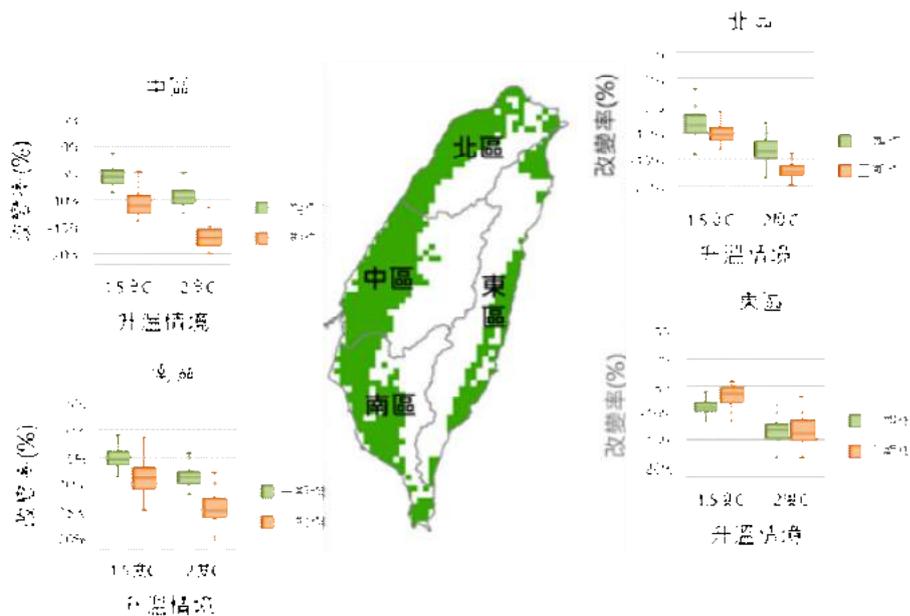


圖 2-10、臺灣水稻產量未來變化趨勢推估，平均產量減少，二期稻作減產程度較一期稻作明顯。

(一) 高溫

有鑑於未來的溫度變化趨勢，在升溫情境下，於農業方面，臺灣水稻產量呈現減少趨勢（圖 2-10）；花卉開花時序改變，增加花農產期調節成本；果樹之果實產期提前或延後，及品質的降低；因夏季高溫期延長，夏季蔬菜生產品種少，病蟲危害增加；氣溫的上升亦有利於病蟲害的發展與疾病媒蚊之傳播，使得畜禽疾病增加，生產性能降低；高溫會造成動物之熱緊迫，採食量減少、生理機能下降而影響產量。長期監測資料已證實不少高海拔生物之適生範圍持續往更高海拔區域移動，棲地面積縮減和更高頻度的嚴重擾動，將可能導致各類生態系功能受損，物種面臨滅絕風險。而危害性節肢動物在全世界分布上皆有往高緯度與高海拔移動的趨勢，隨著病媒生物分布區域的擴張，傳染病的傳播風險可能會增加，近年來臺灣的埃及斑蚊即呈現北移擴張的趨勢，推測本世紀中埃及斑蚊分布可能跨過現有臺南嘉義交界向北延伸，花東地區亦有向北延伸趨勢，且世紀末埃及斑蚊分布範圍向北持續擴大，導致登革熱發生風險增加。另一方面，暖化氣候造成全球海水溫度異常上升、海水異常酸化，致使海洋生物棲地環境變化及珊瑚礁白化。

於交通方面，因高溫引發的熱空氣與高水溫除容易腐蝕橋墩，也造成公路鋪面軟化與損壞；熱脹效應致鐵路軌道擠壓變形、挫屈，影響列車行車安全，架空電車線也會因高溫受損。在水資源的方面，高溫導致蒸發散量增加，影響地表水資源的蘊藏量及水庫蓄水量，也會導致水質劣化，影響淨水效率；農業用水、生活用水及工業冷卻水的需求也會增加。在能源方面，高溫除了影響電場發電效率，也使雷擊趨勢上升而造成機組設備損壞，輸配電設施則有跳機之可能性；另一方面，高溫也會加重鹽害，以致光電板失去發電效益、增加管線腐蝕或鐵塔等設施鏽蝕。氣溫升高對產業的影響則為間接衝擊，可能造成重要設施設備或公用設備損壞損失，增加生產成本及公司營運成本（如增加空調用電量等），且因著全台總用電量增加，促使台電實施限電措施，而影響製程運作。

高溫天氣和空氣污染之間存在複雜的關係，高溫可能導致臭氧濃度升高，危害人體健康；高溫且乾燥的天候可能會導致火災風險增加，除了引發森林火災和農作物損失，進一步造成空氣品質劣化，另外也會提高因資源回收場火災和衛生掩埋場悶燒的風險；若有涉及化學品的火災，可能釋放出危險物質，對周遭環境和人體健康造成危害。許多環境品質監測站的儀器，因溫度升高可能會影響儀器的精度和穩定性或站房內空調使用量，影響監測數據的準確性及增加維護成本。

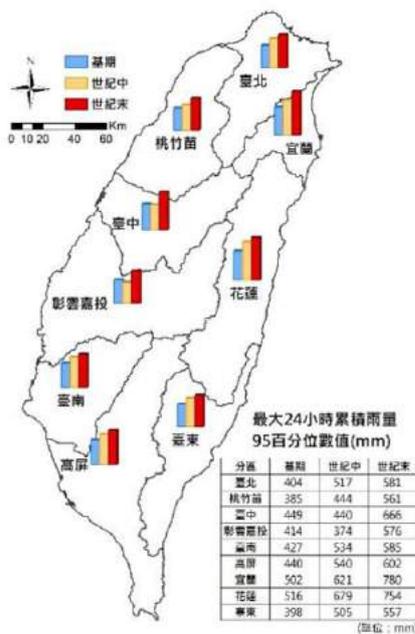
溫度除了對環境造成危害，對人體的健康也會產生衝擊，在極端高低溫發生時，總死亡率、心肺相關疾病死亡及就醫率皆會上升。極端高溫或低溫都會加重原有疾病，各國分析皆顯示心血管、呼吸和腎臟病的急診就診率與總死亡率隨熱浪的持續時間和強度增強而增加。因此，極端高低溫事件對先天性疾病或慢性疾病患者的衝擊最大，並可能造成長時期在戶外活動或工作的社群臨熱危害的風險，嚴重時可促發熱衰竭、熱痙攣、中暑或死亡。原有心肺疾病患者及三高族群都是脆弱族群。同時，社經因素是重要中介因子，社經條件及醫療資源

好的地區所受衝擊較小；而老年人、獨居者、原住民及身心障礙等脆弱族群比例高的地區衝擊則較大。

(二) 極端降雨

未來暖化情境下，呈現極端降雨強度增加、侵臺颱風機率降低、降雨型態改變等趨勢。於淹水衝擊影響評估，除中部地區於本世紀中略為減少，其他區域皆呈現增加趨勢；以臺北、宜蘭、臺南、高屏四分區淹水發生機率為例（以現有條件進行模擬），世紀中較基期之淹水機率呈現持平或略為增加，世紀末增加幅度更為明顯（圖 2-11）。對坡地災害的衝擊趨勢，本世紀中除中部山區外，其餘為增加趨勢；本世紀末增加趨勢更為明顯。

(a) 極端降雨變化趨勢



(b) 四個分區淹水發生機率變化趨勢

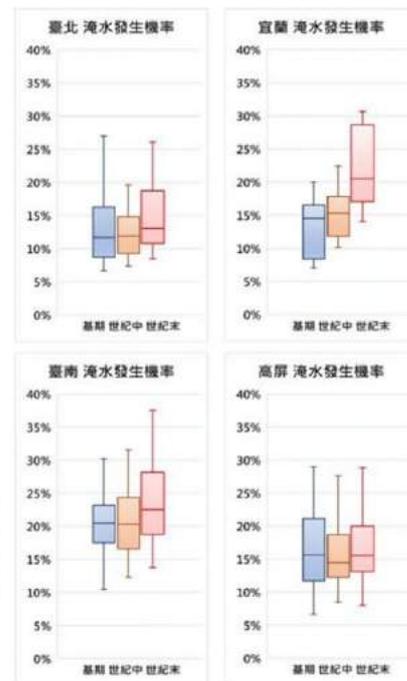


圖 2-11 極端降雨與淹水發生機率未來變化趨勢

極端暴雨對維生基礎建施的影響甚鉅，當降雨量超過排水設計，道路、軌道或隧道則面臨淹水、鐵軌容易腐蝕，機場設施的地面基礎、鋪面結構也會遭受損壞和惡化；而山區交通建設多沿河谷開鑿構築，容易受到邊坡滑動崩塌的威脅；因洪水沖蝕加劇而危及道路路基、破壞軌道，中斷鐵、公路系統；若河川上游發生洪水、

土石流等，則沖刷裸露基礎之橋梁；下游橋梁之橋墩、橋面也易遭洪水、土石流沖毀或掩埋。大雨造成發電設備或光電板受損無法運轉發電，發電廠廠房、儲煤場、變電所等設備淹水、損壞。大雨可能沖毀供油、供氣設備，造成過河段管線裸露或燃料油管線沖斷。對產業的直接影響為設備毀壞損失、供水系統或電力配電系統停擺，造成維運成本增加或生產中斷。

極端暴雨對水體也造成影響，因山區坡地崩塌、土石流等現象，帶來土石、泥沙及土壤污染物流入水體，導致水庫河川濁度上升，影響取水及淨水效率，又因淤積量增加，減少蓄水量；而水體中的有害物質濃度增加，則進一步劣化養殖池與沿岸養殖海域的水質和環境。

降雨型態改變對農業的影響對不同生產區位栽培作物與個別品項的衝擊規模不同，大致而言降雨頻率改變會影響蔬菜及果樹之產量，降雨量不足會造成農作物缺水，降雨強度過大會直接破壞作物外觀與品質。

極端暴雨災害對健康的直接衝擊為死亡與肢體傷殘。緊接著，因原先堆積或掩埋的污染物及病媒的快速擴散污染水源、再者由於水處理設施在洪水期間可能遭到破壞或因暴雨而超出原本處理容量、淹水逐漸退去後的積水處有利於蚊蟲孳生，都增加了傳染病發生之風險。

未來最劣暖化情境（RCP8.5）下，本世紀末颱風風速約增強 2%~12%，平均增強 8%。一旦臺灣受到颱風侵襲，伴隨的強風對維生基礎設施的影響可能造成鐵路架空電車線受損、列車無法正常行駛、航機無法正常起降、航機或空運設施受損、貨運業務無法作業、通信系統故障提高、港口航班停駛。強風也可能影響能源供應，風力機組設備或光電板被吹損、折斷，線路與粉煤機跳脫，供油船舶進船偏移，暫緩卸收油料，供氣船舶無法進港。對於遠洋漁業而言，海上風暴次數與強度增加，對海上作業安全危害增加，使漁業生產成本增加。

(三) 乾旱

於水資源的監測來看，集水區的河川流量豐枯差異變大，預計本世紀中春季流量大致呈現減少趨勢，世紀末變化更為顯著，枯旱的風險大為增加（圖 2-12）。乾旱會減少河川流量，進而影響水力發電，另外也會影響能源及產業的冷卻系統運作。

乾旱對健康的影響包括民生用水及糧食生產兩方面。乾旱可能導致河川流量下降，水體流動緩慢，有害物質濃度升高，如有機污染物、氨氮和塑膠微粒等物質，污染物累積會導致淡水水質惡化，進而影響飲用水和水產。乾旱及其伴隨的饑荒問題被認為是最致命的氣象災害之一，除了影響水源和食物供應，也會間接影響植物病原菌的生態及蟲媒的分布。植物病蟲害感染及地力損失加重糧食問題嚴重性。

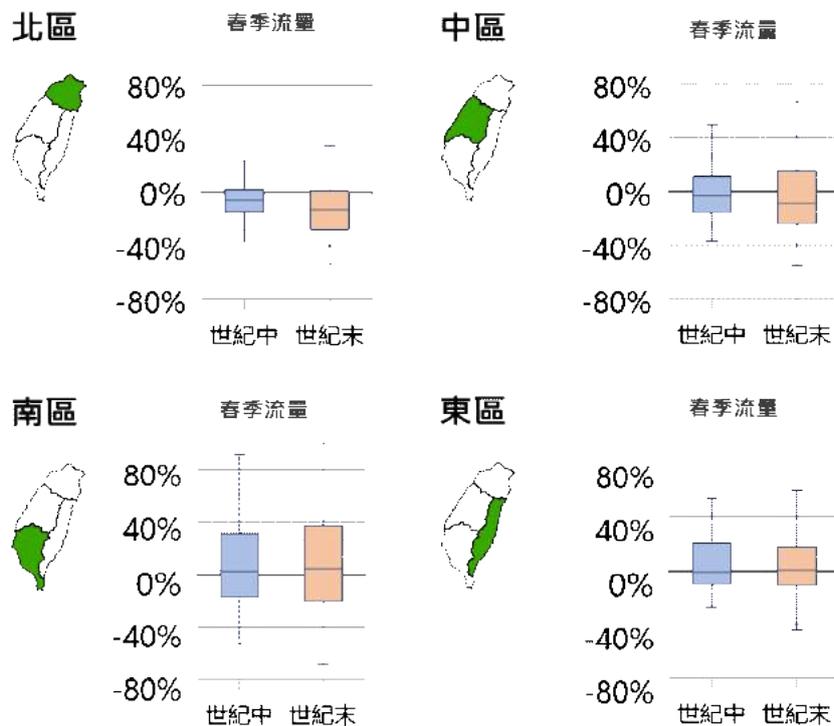


圖 2-12、臺灣水資源分區年最大連續不降雨日數與春季流量未來變化趨勢推估

(四) 海平面上升

全球暖化氣候變遷使得海水體積因熱膨脹、加上冰河、高山、格林蘭及極地冰層融解，造成全球性的海平面上升，臺灣沿海也同樣面臨海平面上升的威脅。即使控制全球升溫在 2°C 以內，相對於 1995-2014 年，全球平均海平面在 2100 年可能會上升 0.3~0.6 公尺，到 2300 年可能增加 0.3~3.1 公尺。即使氣候趨於穩定，已暖化的地球仍會持續發生融冰，造成海平面緩步上升，影響小島、三角洲、沿岸低窪區和沿海城市的環境生態，尤其是暴潮對海岸的侵蝕。依據 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。以大臺北地區為例，海平面上升可能導致溢淹地區，主要位於淡水河出海口一帶，於現有堤防保護下，都市區域影響相對較小。西南沿海地區以臺南地區為例，海平面上升可能導致溢淹地區集中在地勢較低窪處，尤以沿海養殖魚塢、濕地、沙洲等地區為甚（圖 2-13）。

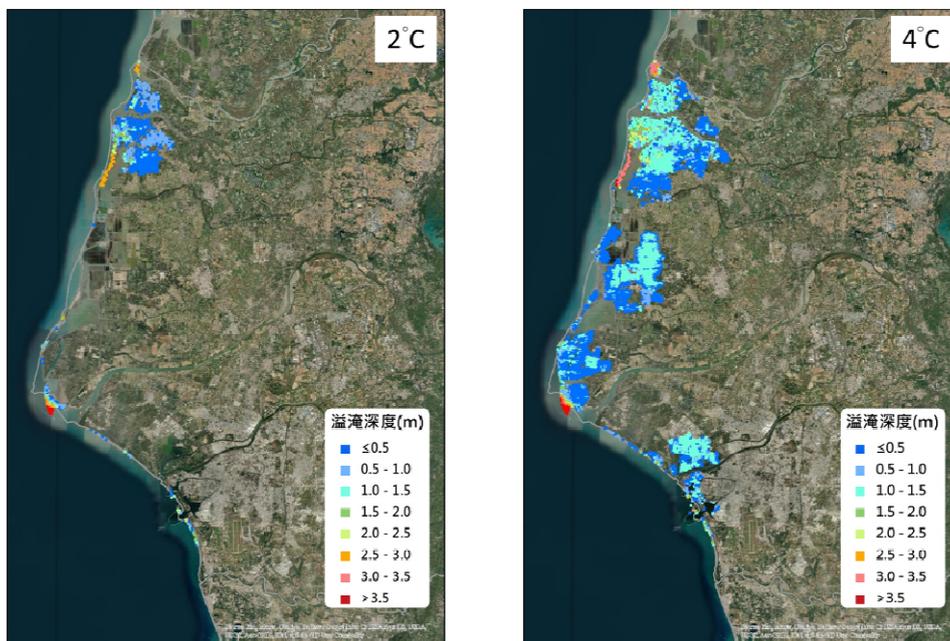


圖 2-13、臺南地區未來海平面上升變化趨勢推估

進行未來颱風風浪與颱風暴潮的衝擊模擬評估，對近海風浪及海岸暴潮可能帶來的衝擊如下：1.風浪：全臺

沿岸地區受颱風風浪衝擊以東北及東南部海岸衝擊較大，升溫情境下，其衝擊增加率亦高於其他地區（圖 2-14a）。
 2. 暴潮：全臺沿岸地區受颱風暴潮衝擊以北部、東北部及中部海岸衝擊較大，升溫情境下，其衝擊增加率亦高於其他地區（圖 2-14b）。臨海的交通設施也會因海平面上升或暴潮/風浪而淹水或淹沒、碼頭與設備損壞，而導致船舶無法靠泊。

海平面上升進一步會導致鹽水入侵地下水含水層，影響地下水資源的蘊藏量。沿海地區地下水鹽化或是地層下陷等現象，將影響靠海維生民眾的生計，並衍生當地社區遷徙、收入驟降等問題。

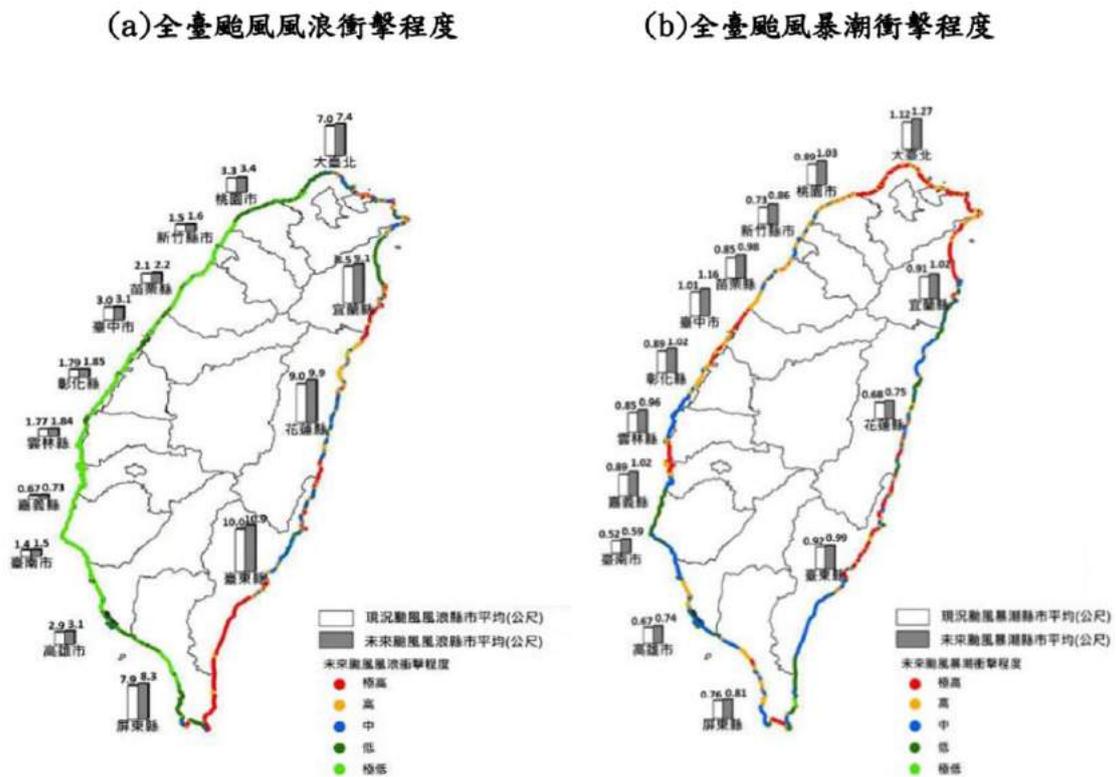


圖 2-14 海岸地區未來颱風風浪與颱風暴潮衝擊變化趨勢