

第二章 氣候變遷衝擊情形

一、 整體氣候變遷趨勢及衝擊

(一) 全球氣候變遷趨勢

2024 年人類活動導致的氣候變遷的明顯跡象達到了新的高度，這是第一個比工業化前時代高出 1.5°C 以上的日曆年，全球近地表平均溫度比 1850-1900 年的平均值高出 $1.55 \pm 0.13^{\circ}\text{C}$ 。世界氣象組織於 2026 年 3 月發布的《2025 年全球氣候狀況報告》證實，2015 年至 2025 年是有記錄以來最熱的 11 年。此外，海洋也持續變暖並吸收二氧化碳。過去二十年來，海洋每年吸收的二氧化碳量相當於人類年能源消耗量的十八倍左右。報告指出，冰川融化仍在持續，北極海冰面積已達到或接近歷史最低水平，而南極海冰面積則為歷史第三低。該報告也指出全球範圍內的極端事件，包括酷熱、暴雨和熱帶氣旋，造成了生態的破壞和損失，凸顯了我們相互關聯的經濟和社會的脆弱性。

根據聯合國政府間氣候變遷專門委員會(IPCC)於 2021 年至 2023 年間發布的第六次評估報告(AR6)顯示，自 1950 年代以來，全球大多數地區的極端高溫事件的強度和發生頻率增加，而極端低溫的強度和發生頻率則減少。這些變化主要由人為活動造成的溫室氣體增加所驅動。人類活動對大氣、海洋及陸地暖化的影響已無庸置疑。在過去數世紀至數千年來之大氣、海洋、冰雪圈與生物圈的變遷程度前所未有。亦即，人為氣候變遷已影響全球各地的極端天氣與氣候事件，如熱浪、豪雨、乾旱及熱帶氣旋等，相關觀測及其受人為影響的證據更加顯著。

AR6 報告顯示，20 世紀後期的暖化主要由人為溫室氣體排放驅動，自然因素的影響相對較小。該報告特別針對不同的溫室氣體排放情境(SSP)進行模擬，結果顯示全球表面溫度至少將持續增溫至 21 世紀中葉。低排放情境(SSP1-1.9)預測 21 世紀末全球地表平均溫度上升約 1.0°C 至 1.8°C ，而高排放情境(SSP5-8.5)則可能高達 3.3°C 至 5.7°C 。在 SSP5-8.5 情境下，增溫超過 2°C 極可能在 2041 年至 2060 年間發生。換言之，無論何種排放與社會經濟發展情境的假設，即使在未來幾十年內大幅減少溫室氣體排放或增加碳吸收，全球溫度仍將持續增溫至少到本世紀中，並可能超過工業革命時期的 1.5°C 至 2.0°C 。因此我們可以樂觀地期待，唯有全球在 2050 年達到淨零排放，全球暖化程度才有機會於 21 世紀末降回 1.5°C 。

全球暖化將導致氣候系統多方面的變遷，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；熱帶氣旋數量減少，但強烈熱帶氣旋比例增加；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，導致水循環變異度、全球季風降雨、乾濕事件的嚴重程度增加，並對海洋、冰層及全球海平面等造成不可逆轉的影響。

在亞洲地區，IPCC 報告指出未來氣候變遷的趨勢包括：

1. 溫度：極端高溫事件將增加，冷事件減少。
2. 降水：極端降水、平均降水及洪水事件將增加。
3. 風場：地面風速下降，熱帶氣旋數量減少但強度增加。
4. 海岸與海洋：海平面上升將導致沿岸地區洪水增加，海岸線倒退，海洋熱浪增加。

(二) 臺灣氣候變遷趨勢

國家科學及技術委員會與環境部於 2024 年發布《國家氣候變遷科學報告 2024：現象、衝擊與調適》（以下簡稱科學報告 2024），彙整近年國內外氣候變遷觀測、推估與衝擊研究相關進展，以下內容以摘錄自科學報告 2024 為主。

1. 氣溫

根據臺灣各測站的長期觀測資料，顯示出明顯的逐年暖化趨勢。以中央氣象署六個百年測站(臺北、臺中、臺南、恆春、花蓮及臺東)觀測結果顯示，近 30 年、近 50 年及長期(1900 年至 2022 年)的平均氣溫升溫趨勢大致由每 10 年約 0.15°C 增加至 0.27°C 。亦即，近年的溫度上升趨勢越來越明顯。平均氣溫於 1920 年至 1940 年緩慢上升，1940 年至 1980 年持平，但 1980 年後開始有較大幅度的增溫，此增溫幅度明顯高於其他時段，如圖 2.1。根據測站百年資料發現，近 50 年來每 10 年夏季延長約 6.31 天至 12.88 天，冬季縮短約 6.19 天至 12.20 天。亦即夏季開始提早、結束延後，而冬季期間則有縮短現象。

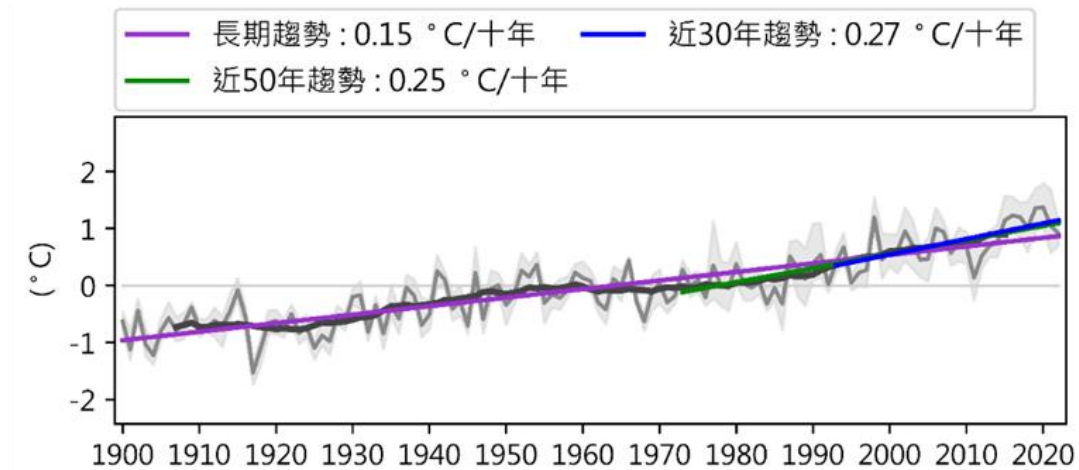


圖 2.1 臺灣全年平均氣溫平均值變化趨勢(6 個百年測站)

(灰色實線為測站平均值，黑色實線為 15 年滑動平均值)

資料來源：國科會與環境部(2024)，「國家氣候變遷科學報告 2024：現象、衝擊與調適」

根據 AR6 氣候模擬中不同的共享社會經濟路徑(SSPs)情境，臺灣的未來氣溫變化預測如下(圖 2.2)：

- (1) 短期(2021 年至 2040 年)：在此期間，臺灣的區域平均氣溫上升幅度差異不明顯，預計增溫 0.6°C 至 0.8°C。
- (2) 中期(2041 年至 2060 年)：不同情境下的氣溫變化開始顯現差異。在低排放情境(SSP1-2.6)下，預計增溫 1°C；而在極高排放情境(SSP5-8.5)下，增溫幅度達到 1.6°C。
- (3) 長期(2081 年至 2100 年)：在世紀末，氣溫增暖的情境差異更加明顯。在低排放情境下，增溫幅度可維持在中期的 1°C；然而，在極高排放情境下，暖化程度可能增暖至 3.4°C 至 3.5°C。這將導致臺灣的氣候狀態更接近熱帶國家的特性，全年幾乎都是溫暖至炎熱的情況，夏季長達近 7 個月，幾乎無冬季存在。

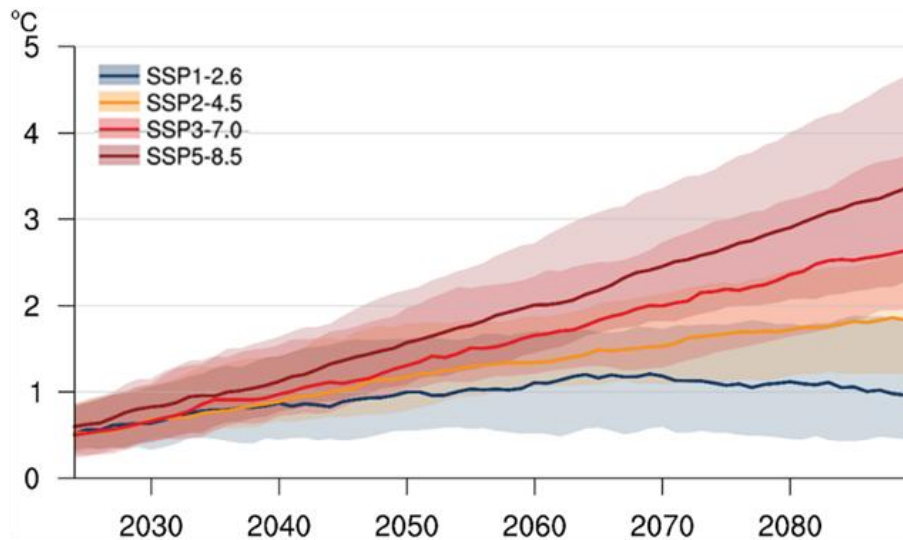


圖 2.2 臺灣全年平均氣溫距平值的未來變化趨勢(CMIP6 氣候模式)

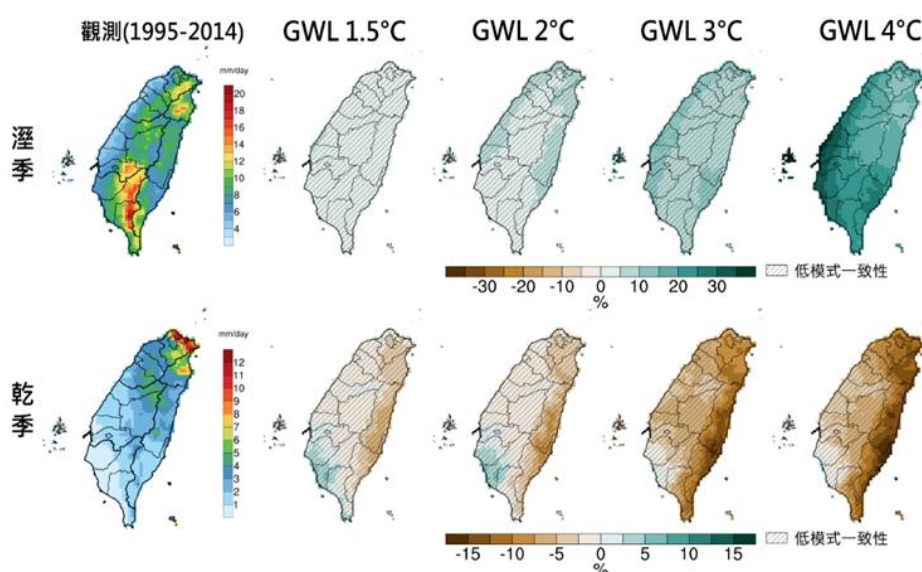
資料來源：國科會與環境部(2024)，「國家氣候變遷科學報告 2024：現象、衝擊與調適」

2. 降雨

臺灣降雨趨勢在過去百年觀測紀錄中不明顯，過去嚴重乾旱事件最常發生的區域為中、南部，其次是北部。最常發生的季節為春季，其次是秋、冬季。氣象乾旱發生的頻率具有明顯區域特性及低頻振盪特徵，造成雨量偏低的原因皆與大尺度環流條件相關。

未來暖化情境推估的降雨變化不明顯(模式間差異較大，不確定性高)，但乾溼季(乾季為 11 月至 4 月；溼季為 5 月至 10 月)差距隨暖化程度增強而增加。以乾季為例，全臺多數區域降雨減少，特別是東北部與東部地區。隨著全球暖化程度 (Global Warming Level, GWL) 越高，臺灣的降雨變化趨勢為乾季越乾、溼季越來越明顯，如圖 2.3。在暖化情境下，臺灣極端降雨變化趨勢主要為「降水兩極化」：連續不降雨日數

呈現增加趨勢，透過水文頻率分析，極端降雨對臺灣的影響



日益嚴重。

圖2.3 歷史與不同 GWL 下臺灣平均(上)溼季與(下)乾季的降雨空間變化

資料來源：國科會與環境部(2024)，「國家氣候變遷科學報告2024：現象、衝擊與調適」

3. 海溫與海平面上升

全球暖化所伴隨的區域海溫與海平面變化對於海洋生態與海洋或海岸相關產業相當重要。以臺灣海峽為例，根據觀測資料顯示，海溫過去百年呈現增溫趨勢。在近 30 年間，1998 年至 2012 年暖化停滯期間伴隨的海表增溫停滯的現象在 2012 年後已再次被增溫取代，2012 年至 2018 增溫趨勢約為每 10 年 0.63°C (Lee et al., 2021)。

在海平面方面，臺灣周遭海平面變化趨勢受到聖嬰現象與太平洋年代際振盪影響，1993 年至 2015 年平均値約為每年升高 2.2 ± 0.3 毫米 (Lan et al., 2017)，略低於全球平均值的每年 3.2 ± 0.1 毫米，可能與 2013 年後臺灣周遭平均海平面明顯下降有關。21 世紀末時，臺灣周遭平均海平面上升較全球平均高，且臺灣東岸的變化較西岸大，此空間分布特性與海水熱膨脹效應及受大氣風場驅動之海洋環流改變有關，至本世紀末：低排放與極高排放情境下將分別上升約 0.4 與 0.8 米。

4. 颱風

過去影響臺灣的颱風數量及強烈颱風數量，長期變化趨

勢不明顯，且呈現年代際變化特徵，同時颱風路徑的變化受到大尺度環流影響，與全球溫度上升的關聯性不顯著。隨著暖化未來將持續，影響臺灣颱風的未來推估結果呈現「個數減少、強度增加」，此與西北太平洋颱風的變遷趨勢一致。以RCP8.5情境下的結果為例，21世紀中、末的颱風個數分別減少約10%、50%。但強颱出現的頻率則分別增加約105%、60%。風速與降雨也皆呈現增加趨勢，近颱風中心最大風速增加約9%，這對於海岸評估暴潮及相關衝擊具重要性。前述的增減代表平均結果，但由於模式使用的海溫暖化空間分布會影響颱風頻率變化，故盒鬚圖中的範圍都是可能發生的，如圖2.4。

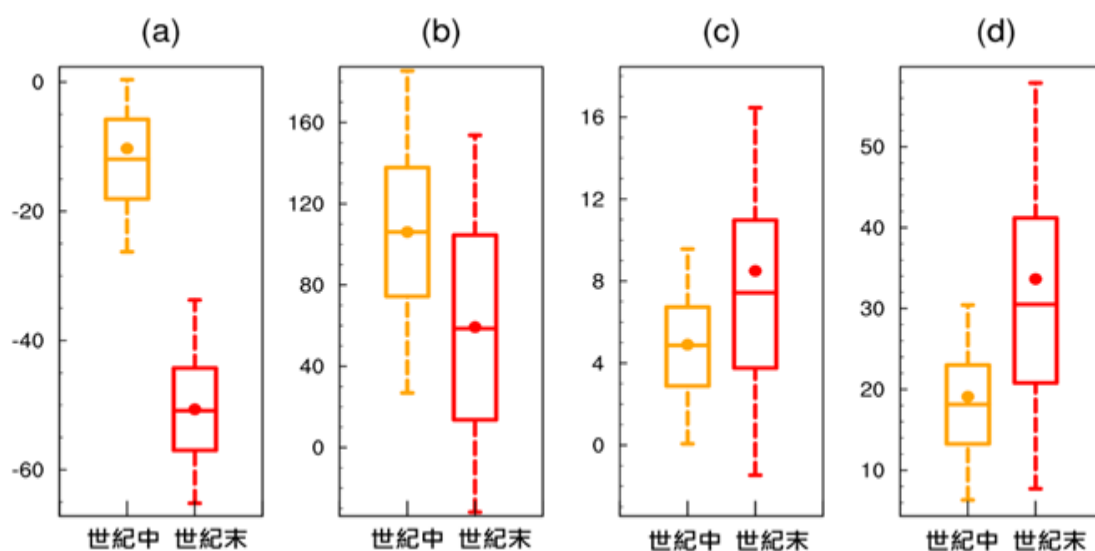


圖2.4 RCP8.5情境下，21世紀中(黃色)與世紀末(紅色)的(a)影響臺灣颱風頻率、(b)強颱頻率、(c)近中心最大風速、(d)距中心200km 內平均雨量的模擬結果

資料來源：國科會與環境部(2024)，「國家氣候變遷科學報告2024：現象、衝擊與調適」

5. 極端事件

(1) 極端高溫

暖化趨勢及夏季長度持續增加，預期將衝擊農作物、生態、健康等領域。極端溫度的變化趨勢呈現高溫天數增加，低溫天數減少，夜晚氣溫降低的幅度越來越小。

根據 CMIP6 未來推估結果，以每年日最高溫超過 36℃ 的天數代表高溫事件的指標，臺灣平地(只考慮海拔高度 500 米以下區域)高溫日數將持續增加，短期與中期各情境

間的增加差異尚不如長期顯著，但隨著全球暖化程度（GWL 1.5°C、2°C、3°C、4°C）的推移，高溫天數將分別增加 5 天、11 天、28 天與 55 天，至長期（2081 年至 2100 年）極高溫室氣體排放情境（SSP5-8.5）下，全臺平均將大幅增加 75 天，如圖 2.5(a)；倘以「極端高溫持續指數(HWDI)」作為指標，短期（2021 年至 2040 年）增加約 14 天至 17 天，各情境增加差異並不明顯；至中期(2041 年至 2060 年)開始出現不同暖化情境的差異，排放情境最嚴重的 SSP5-8.5 將增加 41 天，相對的 SSP1-2.6 高溫天數增加則不明顯；至長期（2081 年至 2100 年）差異更大，溫室氣體排放最嚴重（SSP5-8.5）與減排（SSP1-2.6）情境的高溫天數差別達 87 天（模式高度一致性）。高溫空間分布方面，增加較多的區域包括臺北盆地、中部近山區與高屏近山區，同時包含山谷(河谷與縱谷)。此與該區域缺乏海風調節、地形封閉等因素有關，如圖 2.5(b)。

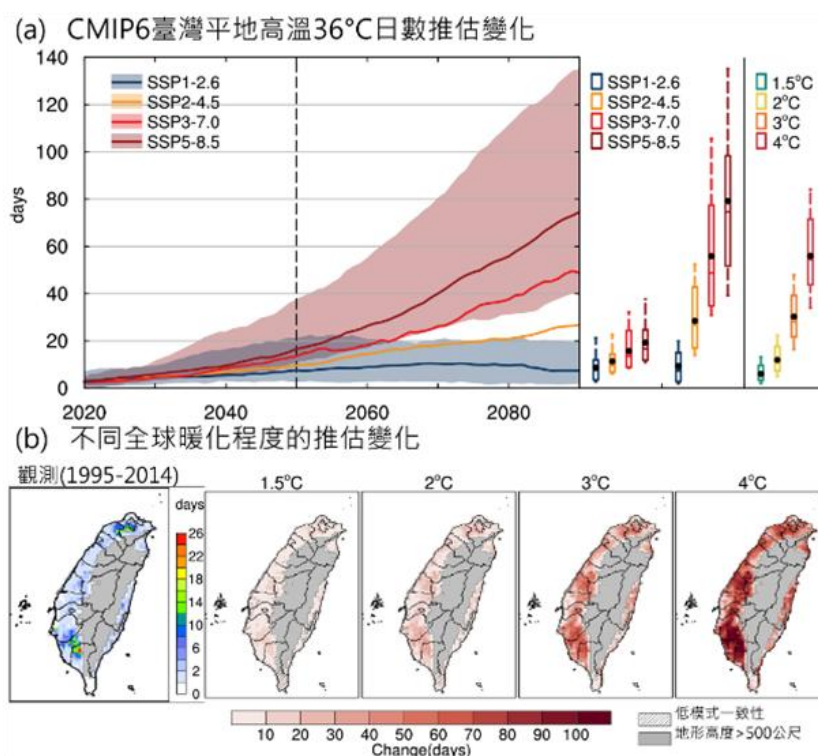


圖2.5 臺灣平地高溫超過36°C日數未來推估變化(CMIP6模式)

資料來源：國科會與環境部(2024)，「國家氣候變遷科學報告2024：現象、衝擊與調適」

隨著全球暖化與都市化進程加速，臺灣主要都會區的熱島現象日益嚴峻。臺北市在 2020 年連續打破紀錄，6 月

29 日測得 38.9°C，7 月 24 日更測得 39.7°C，創下臺北測站 124 年來的最高氣溫紀錄。過去臺灣都市熱島強度約在 2°C 至 2.5°C 之間，但由於盆地地形易蓄熱，加上高度都市化造成環境失衡，市中心氣溫比郊區高出 3°C，調節溫度能力顯著下降。隨著暖化程度提高，生理等效溫度(PET)也逐不同氣候情境上升(圖 2.6)，戶外熱環境對人體健康的威脅將日益嚴峻。

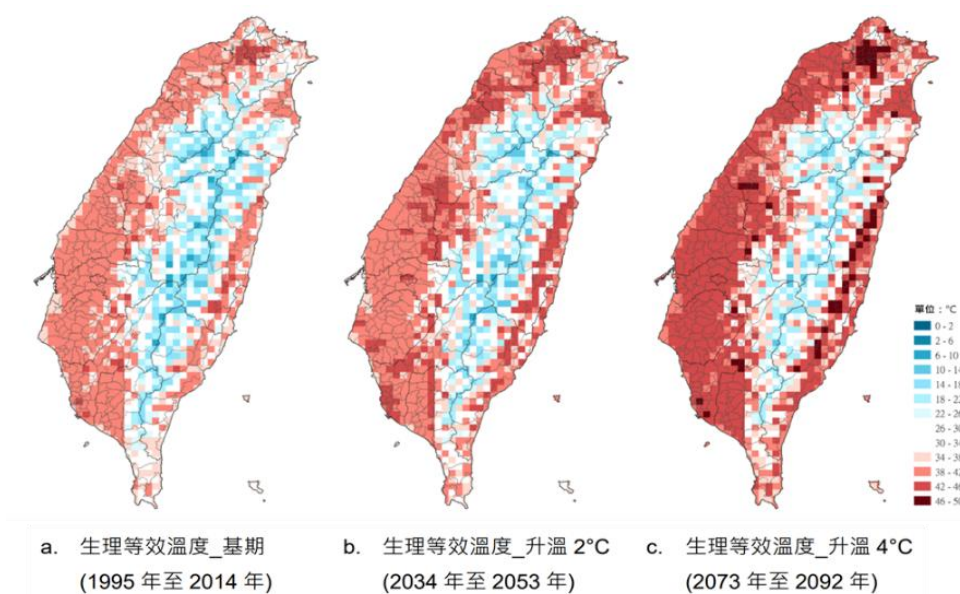


圖 2.6 台灣 PET 分佈圖(7 月 14:00 平均值)

資料來源：國科會與環境部，「國家氣候變遷科學報告 2024：現象、衝擊與調適」圖 4.7.2.4。2024 年。

(2) 極端降雨

根據中央氣象署署屬測站的大雨、豪雨及大豪雨日數資料，自 1950 年至今各地皆沒有顯著的長期變化趨勢。只有山區的年際變化幅度在 2000 年後較大。臺灣夏季(6-8 月)午後對流降雨為重要的水資源來源，但也容易造成積淹水的災害。1961 年至 2012 年間測站資料發現，北部夏季午後對流的發生頻率有增加的趨勢，但在其他區域卻是減少的趨勢。在夏季午後對流強度變化方面，多數區域有增強。

在未來極端降雨變化部分，動力降尺度資料(HiRAM-WRF)在 RCP8.5 情境下，21 世紀末夏季午後對流降雨，呈現頻率減少，強度增加(圖 2.7)。

夏季午後對流降雨頻率與強度的趨勢變化

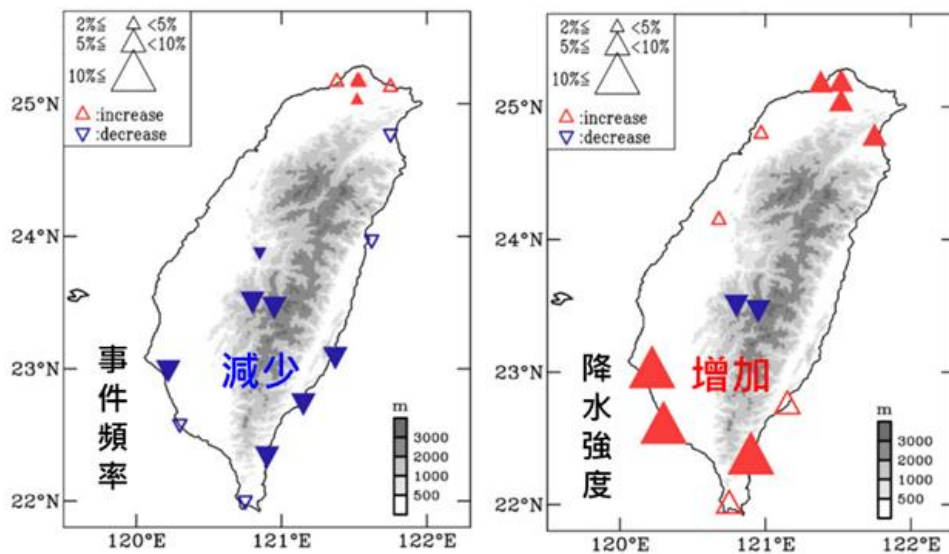


圖 2.7 夏季午後對流發生頻率及降水強度特徵，使用臺灣地面測站資料(1961 年至 2012 年間)

資料來源：Huang et al., 2015。

「連續不降雨日數」通常用於評估長期的乾早期(無雨日)，並作為氣象乾旱的指標，北部、中部及南部的連續不降雨日數可能分別增加 16.9%、11.1%及 13.7%，導致未來不降雨的期間將變得更長(圖 2.8)。

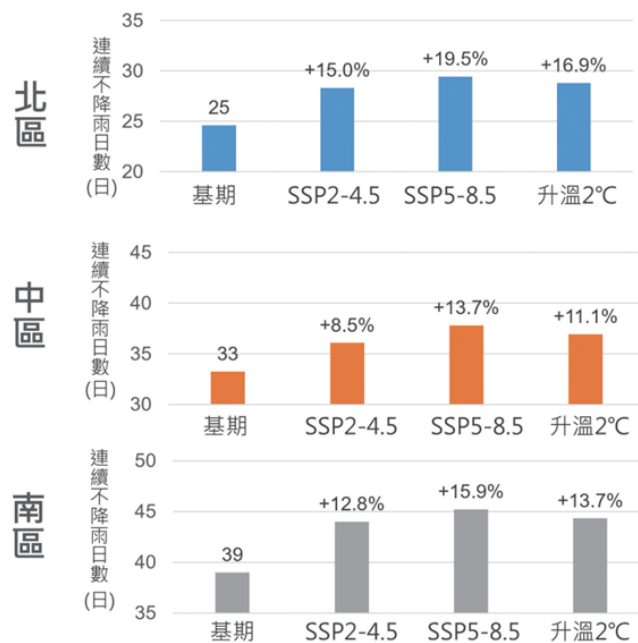


圖2.8 不同氣候變遷情境下連續不降雨日數增減情(標註出處)

二、本領域之氣候變遷衝擊

依據聯合國政府間氣候變遷專門委員會（IPCC）第六次評估報告（AR6）與我國《國家氣候變遷科學報告 2024》推估，全球與臺灣周邊海域及海岸地區正面臨前所未有的氣候變遷衝擊。在物理化學環境方面，溫室氣體增加不僅導致大氣暖化，更促使海洋吸收過量熱能與二氧化碳，造成顯著的海水升溫、海洋層化與酸化現象。歷史觀測顯示，臺灣周遭海域的增溫趨勢與全球一致，且近 30 年來有加速現象，例如臺灣海峽自 2012 年起海表溫度（SST）呈現每十年上升 0.63°C 的加速增溫趨勢(Lee et al., 2021)。近 15 年我國海域例行性監測結果顯示近岸海域 pH 平均值大致維持於 8.1 至 8.2 之間，且多數測值符合海洋環境品質標準，顯示我國近岸海域整體酸鹼狀態尚屬穩定。

在氣候型態上，臺灣未來降雨趨勢將呈現「乾愈乾、濕愈濕」的兩極化發展，極端降雨強度與連續不降雨日數皆顯著增加。同時，海平面持續上升與極端海象（如強烈颱風、暴潮、巨浪）的交互作用，大幅提升臺灣海岸空間的脆弱性。海岸侵蝕、國土流失、沿海低窪地區溢淹，以及海洋生態系（如珊瑚礁、藍碳生態系）的退化，對我國漁業、沿岸基礎設施、自然人文資產及沿海聚落安全構成不可逆的系統性風險。

針對海洋與海岸領域，氣候變遷具體衝擊概述如下：

(一) 高低溫衝擊

1. **極端高溫與海洋熱浪：**受全球暖化影響，自 1980 年代以來海洋熱浪發生頻率、強度與持續時間均顯著增加。觀測數據顯示，若海水溫度連續 8 天維持在 32°C，將導致 50%至 100%的造礁珊瑚發生白化甚至大量死亡，嚴重削弱海岸防護功能與生物多樣性。經蒐集民眾回報珊瑚白化資料 109 年共 9 筆、110 年共 2 筆、111 年共 19 筆、112 年 9 筆、113 年 175 筆、114 年 15 筆，由於臺灣沿海 113 年經歷前所未有的海洋熱浪，白化情形較為嚴重；114 年北台灣及南台灣周熱化度數(DHW)最大直分別為 6.4 和 7.7，顯示有白化風險，然而接連受颱風影響，強降雨使水溫下降，因此並未發現大規模珊瑚白化。此外，海水暖化致物種棲地重組使漁獲組成改變，如臺灣東部海域亞熱帶礁岩區已出現魚類相轉變為熱帶專化魚種，顯示海洋生態系已發生熱帶化轉移。此外，氣候變化造成洋流變化，海洋漁業資源隨著洋流移動，氣候變遷造成漁場位置改

變，漁民傳統作業漁場消失，漁獲不確定性增加，伴隨著作業風險增加，影響漁業作業安全及生計。另高溫亦導致養殖漁業面臨水質惡化與突發性暴斃等生產風險。

2. **極端低溫(寒害)：**氣候系統的不穩定導致冬季大尺度環流異常，頻繁引發突發性的「霸王級」寒流。例如 2008 年、2011 年及 2016 年，臺灣沿海及澎湖地區遭遇極端低溫事件，導致棲息生物與養殖魚群適應不及而大規模凍死，造成極為慘重的漁業經濟損失。

(二)海平面上升衝擊

1. **沿海溢淹與國土流失：**臺灣周遭海平面在過去 20 年間持續上升。依據推估，至 21 世紀末臺灣海平面可能上升 0.41 至 0.82 公尺。在西南沿海（如彰化、雲林、嘉義、臺南）等地，海平面上升與長期人為超抽地下水導致的地層下陷產生加乘作用，使得「相對海平面上升」速率遠高於全球平均，大幅增加暴潮溢淹範圍與海水倒灌風險。
2. **基礎設施與水下文化資產風險：**海平面上升與極端風浪的雙重夾擊，加速海岸線退縮，威脅港區、海堤與離岸風機等設施的結構安全。對於長期處於潮濕底土或水中的「水下文化資產」，海平面上升與海流變異，加上暖化促進的生物及化學作用，亦可能對這些文化資產造成不可逆的侵蝕與破壞。

(三)極端降雨衝擊

1. **水文震盪與養殖漁業損害：**降雨型態走向極端化，短延時強降雨發生頻率提高。當極端暴雨發生時，大量的地表淡水逕流與夾帶的土石沖入近岸水域，造成海水鹽度與化學組成瞬間劇烈改變。這種短時間內的水文與水質震盪，往往超越底棲生物與養殖物種（如文蛤、牡蠣）的適應門檻，引發突發性大量死亡。
2. **海岸防護林與地形破壞：**極端降雨若結合天文大潮或颱風暴潮，易引發強大的沖刷力量，導致海岸地形改變與防風林帶根系掏空。在特定風災事件中，強勁季風與海水倒灌的交互作用，甚至會造成沿海防風林發生嚴重的鹽害與大面積枯死，使其徹底喪失阻絕飛砂與國土保安的功能。