

第二章 氣候變遷衝擊情形

2.1 整體氣候變遷趨勢及衝擊

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。海洋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約十八倍。報告指出，北極海冰面積已達到或接近歷史最低水平，南極海冰面積為歷史第三低，冰川融化仍在持續。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)20 年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。大氣、海洋、冰雪圈與生物圈的變遷程度在過去數世紀至數千年來前所未有。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。AR6 報告針對不同的溫室氣體排放情境(SSP)模擬顯示，全球表面溫度將至少持續增溫至 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。AR6 報告指出，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 。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，由近 30 年、近 50 年及長期(1900 年至 2022 年)的趨勢值來看，平均氣溫升溫趨勢由每 10 年約 0.15°C 至 0.27°C。可以發現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，夏季開始提早、結束延後，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。

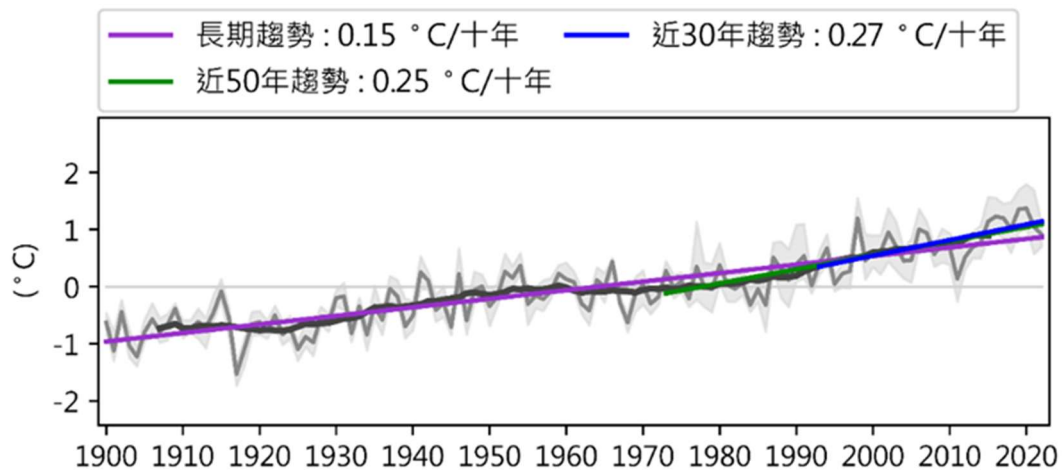


圖 2-1臺灣全年平均氣溫平均值變化趨勢(6個百年測站)

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，暖化程度可能增長至 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。

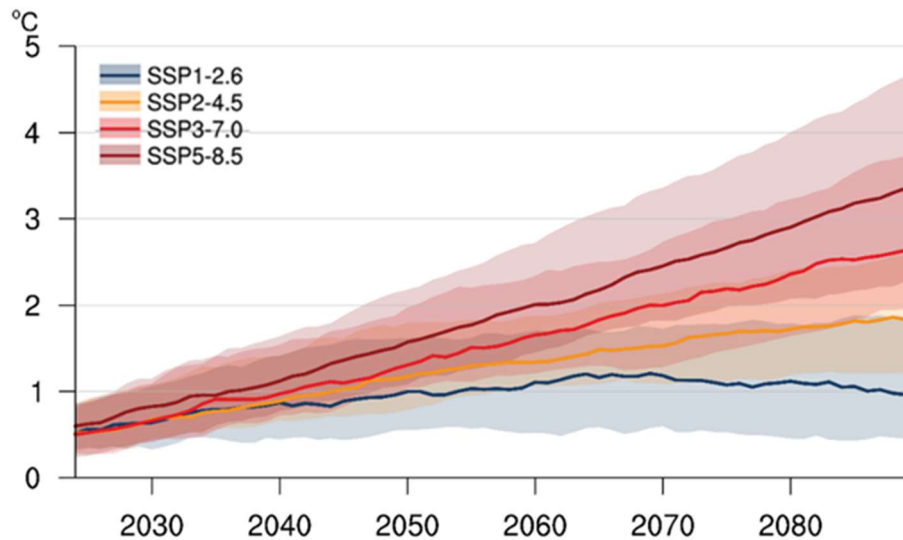


圖2-2 臺灣全年平均氣溫距平值的未來變化趨勢(CMIP6氣候模式)

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。隨著全球暖化程度越高，臺灣的降雨變化趨勢為乾季越乾、溼季越越來越明顯，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，但水文頻率年降雨量也呈現更加嚴重的趨勢。

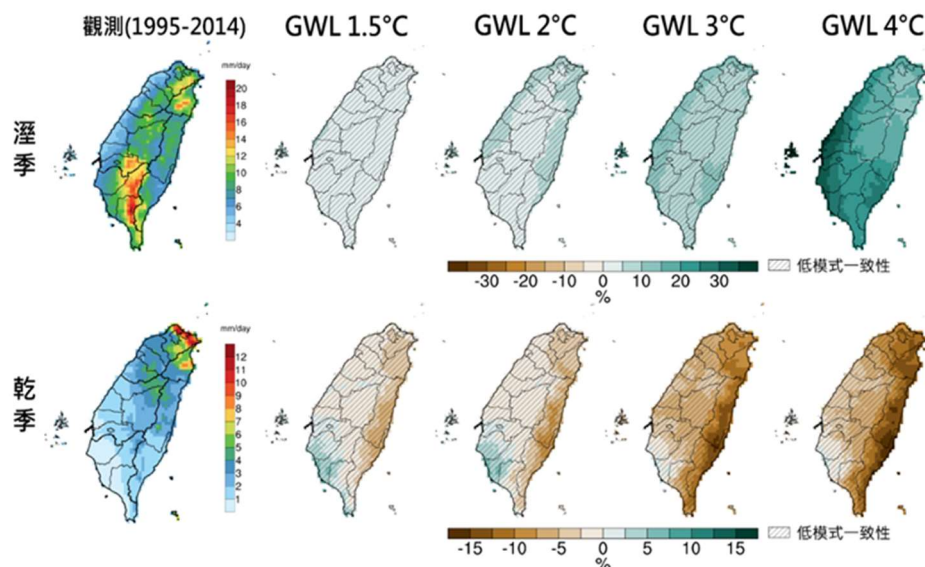


圖2-3 歷史與不同 GWL 下臺灣平均(上)溼季與(下)乾季的降雨空間變化

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

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 。

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 年平均值約為每年升高 $2.2(\text{Lan et al., 2017}) \pm 0.3$ 毫米，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個數及強烈颱風個數，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。

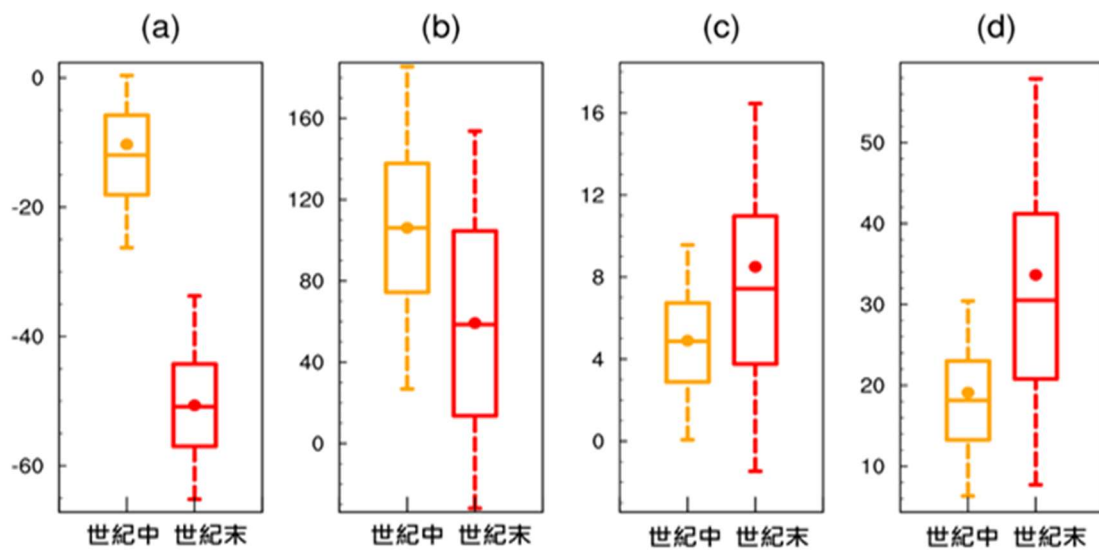


圖2-4 RCP8.5情境下，21世紀中(黃色)與世紀末(紅色)的(a)影響臺灣颱風頻率、(b)強颱頻率、(c)近中心最大風速、(d)距中心200km 內平均雨量的模擬結果

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(2021 年至 2040 年)增加約 14 天至 17 天，增加並不明顯；至中期(2041 年至 2060 年)則開始出現不同暖化情境的差異，排放情境最嚴重 SSP5-8.5 增加 41 天，相對的 SSP1-2.6 高溫天數增加

則不明顯；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)的情境，高溫天數差別有 87 天(模式高度一致性)。在極高排放情境下，世紀末全臺平均增加 75 天。若以 GWL 評估(即全球平均溫度相對於工業革命 (1850-1900) 前的升溫程度)，GWL4°C 下高溫日數將增加 55 天。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。

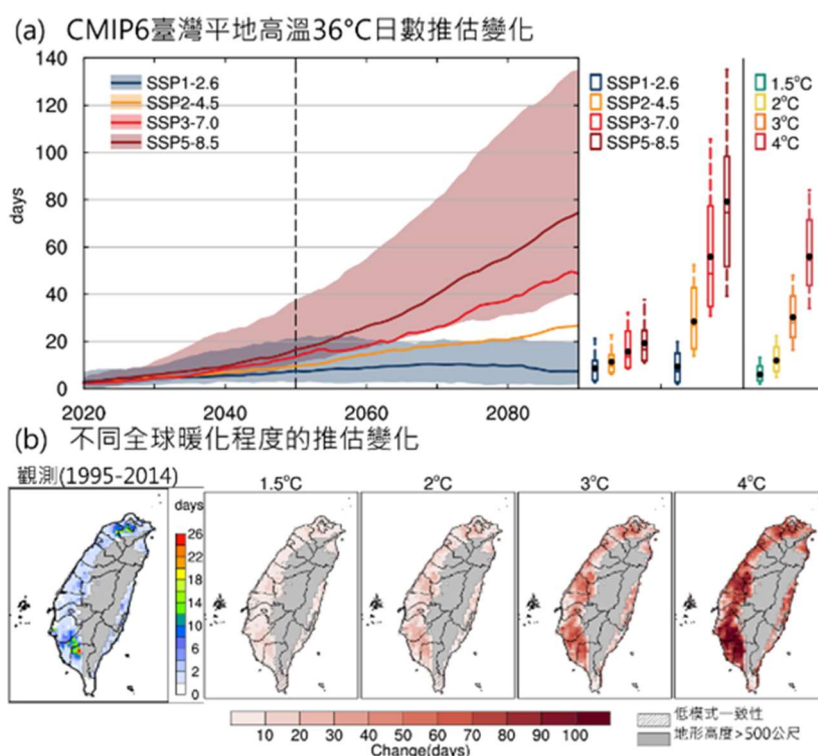


圖2-5 臺灣平地高溫超過36°C日數未來推估變化(CMIP6模式)

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。

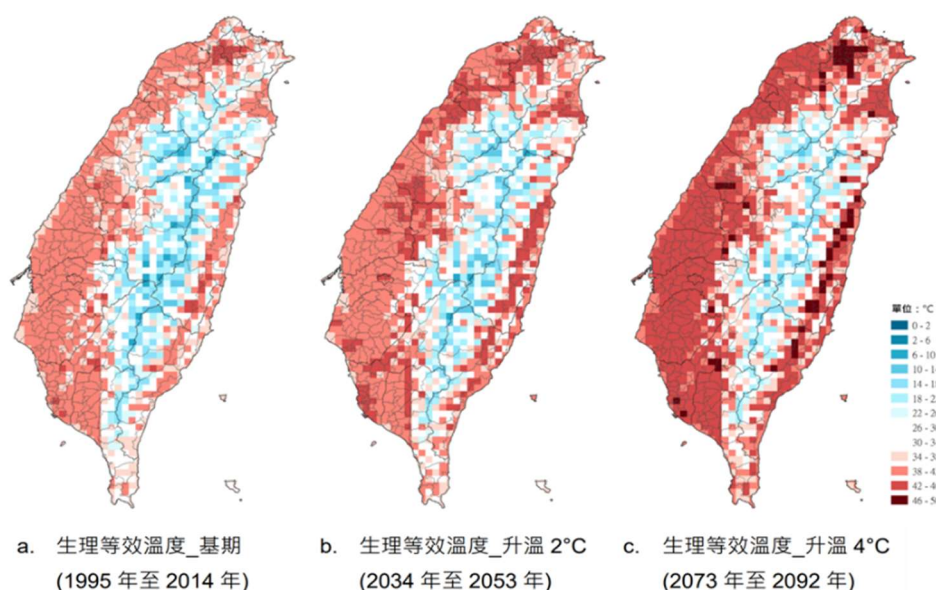


圖2-6 臺灣 PET 分佈圖(7月14:00平均值)

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。只有山區的年變幅度在 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

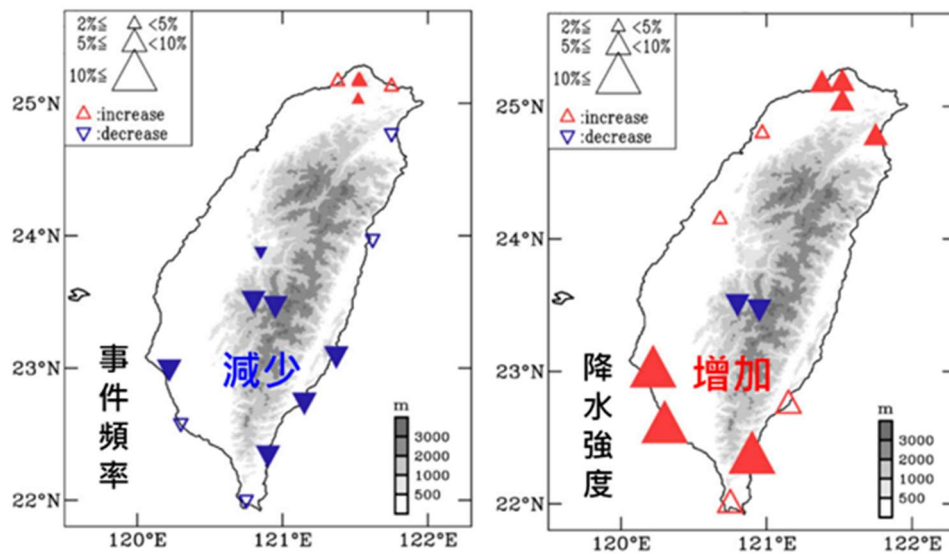


圖2-7 夏季午後對流發生頻率及降水強度特徵，使用臺灣地面測站資料(1961年至2012年間)

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旱期(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)。

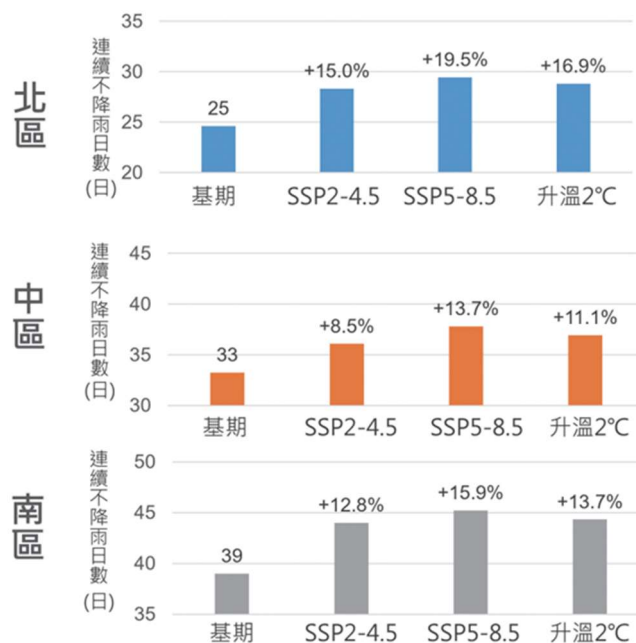


圖2-8 不同氣候變遷情境下連續不降雨日數增減情

二、本領域之氣候變遷衝擊

極端天氣事件往往導致「維生基礎設施」領域在脆弱度、暴露度相對較薄弱的區域造成災害，也致使維生基礎設施失去原本應有的服務功能。前揭最新的科學研究已經證明，全球暖化的全面衝擊正在持續發生，在氣候變遷的環境下，極端天氣事件發生的頻率更頻繁且更嚴重，事件的時間也持續拉長、縮短與驟變，強度也可能增加或加速，如強降雨、強風、高溫、暴潮/風浪的強度增加，以及海平面上升導致可能受衝擊影響範圍的加大。

因此，對於未來氣候變遷難以常規預測的變化強度與範圍，將致使維生基礎設施及相關系統設備等面臨更複雜且嚴峻的氣候風險。因此，如何辨識及掌握可能影響本領域之氣候變遷因子，依據風險評估步驟評級可能的調適差距，並就其調適差距研擬相應之調適策略，已成為當前及未來「維生基礎設施」在規劃、設計、營運、維護以及管理等生命週期各個階段的重要課題。

以下謹就「維生基礎設施」領域於交通運輸系統，以及通訊與資訊系統等可能遭遇之氣候衝擊因子與衝擊摘整說明如下：

（一）交通運輸系統

交通運輸係由人、車、路所組成，包含人(乘客、戶外工作者)、車(車輛、車廂)、路(道路、鐵軌)等組成，惟該等組成易受高溫、極端降雨、強風、暴潮/風浪，以及海平面上升之氣候驅動因子的影響。本領域參酌交通部運輸研究所 2022 年「公路系統規劃階段強化調適能力之探討」針對國內鐵道、公路、海運及空運等運輸系統，以及 2023 年「鐵道系統強化調適能力之探討(1/3)-機制與方法」所蒐整國內外鐵道系統面臨氣候驅動因子，並且參酌歐盟環境署於歐洲氣候調適平台(Climata ADAPT)針對各運輸系統有關氣候變遷衝擊資訊。

茲針對鐵道、公路、空運和海運等四個運輸子系統，分別列舉可能面臨氣候變遷衝擊之驅動因子，說明如下：

1. 鐵道系統

相較於其他運輸系統，鐵道系統係屬較節能且具高效率的運輸工具，路權使用範圍較小，對於環境影響相對較少，且提升鐵道運輸的使用便利性將有助於移轉私人運具的使用，進而減少溫室氣體排放。因此，鐵道系統常被視為長期推動

淨零減碳的重要交通策略。

然而，鐵道運輸一旦鐵道系統基礎設施發生事故時，相關營運調度存在應處靈活性將較為薄弱且費時的缺點。此外，鐵道系統營運須仰賴其他跨界面基礎設施的正常營運方可為之。例如，若因極端天氣事件而造成電力供應受到干擾，將可能直接影響鐵道系統的運輸服務。由於鐵道系統基礎設施的使用壽命相對較長，也因此調適措施所投入的成本對於鐵道系統於規劃、施作、營運所需之財務相對影響較小，若能將氣候變遷因素融入鐵道系統包含規劃、設計和管理等生命週期的各個階段，將有助鐵道系統的安全與營運。

此外，參酌國際鐵路聯盟(UIC)有關鐵道基礎設施氣候變遷調適計畫(Adaptation of Railway Infrastructure to Climate Change, ARISCC)對於鐵道產業所面臨氣候變遷風險之相關描述，來自氣候驅動因子(CID)主要可分為：冷與熱(Heat and Cold)、濕與乾(Wet and Dry)、風(Wind)、雪與冰(Snow and Ice)、沿海(Coastal)和其他(Other)共六大類型。若以影響類型區分，大致可將鐵道系統之氣候變遷影響區分為三類，且每一類型都需要採取特定的調適措施。

有關鐵道系統於臺灣面臨潛在氣候衝擊情形，綜整如表 2-1 所述。

- (1) 極端天氣事件：例如暴雨(及相關之洪水)、大豪風、颱風、極端高溫、極端低溫等。此外，因極端天氣事件而導致營運中斷時，與利害關係人的友善溝通，對於從業人員與企業也至關重要。
- (2) 長期發生的事件對於鐵道系統運輸有逐漸的影響：例如氣溫升高或海平面上升等。相應的調適計畫應納入長期的交通發展策略中予以實施。
- (3) 氣候變遷引發的其他自然災害，包括邊坡滑落、雪崩、路堤穩定性下降、野火、雷擊等。

表 2-1 鐵道系統面臨的潛在氣候衝擊綜理表

鐵道系統組成	氣候壓力因素	對於鐵道系統的直接衝擊
軌道構造（包含橋梁、軌道、隧道）	強降雨	橋梁鋼鐵結構腐蝕
		橋梁及基樁沖刷
		橋面板變位或傾倒
		橋墩及橋面板結構破壞
		隧道排水系統設施阻塞沖蝕
		軌道或隧道路基破壞及流失
		鐵軌穩定性降低使列車降速或暫停營運
		軌道破壞或淤積
		土壤吸收過多水分使邊坡滑落風險增加
	雷擊	擊毀電氣設備、通信系統導致營運必須中斷
		被雷擊中的樹木倒落在軌道或脆弱的設備上
	高溫	軌道彎曲變形
		嚴重乾旱使野火風險增加
車站、車廂或其聯外道路	強降雨	車站淹水，乘客無法進出車站
	強風	列車脫軌翻覆
	高溫	車站及車廂內部高溫，影響乘客舒適性
調車場、維修設施、支援設備和其他	強降雨	調車場、維修設施等超過排水標準導致淹沒或無法正常使用
		電力設備故障
	強風	列車無法以正常營運速率行駛
		樹木吹落至軌道上
		架空電車線遭吹落
	高溫	架空電車線受損
		號誌系統過熱導致故障
		增加戶外工作者健康風險
	野火	居民或應變小組人員的安全事故風險增加
	暴潮/風浪	臨海設施、路基遭風浪毀損、淹沒、掏空
	海平面上升	站體、路線，或其他設施遭海水淹沒

資料來源：1.交通部運輸研究所，鐵道系統強化調適能力之探討(1/3)-機制與方法，2024年。

2.公路系統規劃階段強化調適能力之探討(1/2)，交通部運輸研究所，2022年

2. 公路系統

依據國家發展委員會「國家氣候變遷調適政策綱領」所揭，臺灣因地理與地質因素，地震及颱風發生頻繁，災害（土石流及洪泛）潛勢地區遍及全島，極端氣溫與降雨將加劇災害發生之頻率及規模。其中，山區公路建設多沿河谷開鑿構築，故在暴雨作用下，容易受到邊坡滑動崩塌的威脅；亦常因河谷沖蝕加劇而危及道路路基，中斷公路系統；若河川上游發生洪水、土石流等，則形成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；如降雨量超過排水設計，則會面臨道路淹水的問題；而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。

另參酌歐盟歐洲氣候調適平台(Climate ADAPT)之統計資料，歐盟的公路運輸網絡對於歐盟各國之經濟及區域社會發展至關重要。依據 2017 年統計所示，透過公路系統進行貨運及客運運輸量之占比分別為 73.3%及 80.1%。故為避免公路系統不致因氣候變遷事件而中斷，歐盟針對可能影響道路路面，包含極端高溫、暴雨頻率，以及極度低溫等主要氣候趨動因子，透過檢討相關設施之設計標準、調整路面結構設計、選擇適切材質等方式，藉以提高道路韌性。

有關公路系統於臺灣地區所面臨潛在氣候衝擊情形，綜理如表 2-2 所述。

表 2-2 公路系統面臨的潛在氣候衝擊綜理表

公路系統尺度	公路系統組成	氣候壓力因素	對於公路系統的直接衝擊
路段	結構（包含橋梁及隧道）	強降雨	土壤含水量過高影響道路邊坡、隧道口的結構強度
			強降雨沖刷橋梁基礎
		強風	強風影響橋梁結構
		暴潮/風浪	暴潮/風浪加劇橋墩的沖刷
	基礎/地表下	強降雨	路基受沖蝕掏空
		海平面上升	加劇路基的沖刷
	排水	強降雨	排水不良造成淹水
	橫斷面	強降雨	道路的橫斷面，面臨強風暴雨沖刷等影響

公路系統尺度	公路系統組成	氣候壓力因素	對於公路系統的直接衝擊
	材料	高溫	鋪面材料軟化與標線變形
路廊	周邊環境	強降雨	路廊因地表逕流溢淹，影響周邊排水系統與生態環境
		強風	路樹傾倒造成道路中斷
		高溫	引發邊坡野火
		暴潮/風浪	海浪越堤溢淹災害，海岸線退縮，淘刷公路底部基座
路網	替代道路	強降雨	替代道路數量低，強降雨時可能面臨運輸中斷
		暴潮/風浪	海浪越堤溢淹災害，海岸線退縮，淘刷公路底部基座
		海平面上升	替代道路被淹沒
	交通場站	強降雨	交通場站聯外道路淹水，造成運輸中斷
		暴潮/風浪	交通場站聯外道路淹水，造成運輸中斷

資料來源：1.交通部運輸研究所，公路系統規劃階段強化調適能力之探討(1/2)，2022 年。

2.交通部運輸研究所，公路系統因應氣候變遷強化調適能力案到研析(附冊)-公路系統規劃階段氣候變遷調適指引，2024 年。

3. 海運系統

氣候變遷所造成短期的惡劣天氣事件及風暴，對於海上及近海作業，包含船舶航行、港口作業，以及海上平台等相關活動，造成極大的挑戰之外，在長期方面海平面上升與暴潮水位不斷升高，已對全球多個港口基礎設施和陸上設施造成損害，其災害類型包含港埠淹水、電力供應中斷、停工與港口關閉等。該等事件除威脅港埠設施、船舶航行期間船員和乘客的安全，並可能危害區域經濟發展與全球供應鏈的穩定。

臺灣四面環海，故氣候變遷對於海運系統所產生之衝擊係屬多種面向，諸如：強降雨會導致聯外功能受損，造成交通受阻；強風則影響設備操作、航班停駛、設施設備損壞；海平面上升或暴潮/風浪會導致港區設備損毀淹沒、碼頭受損、船舶無法靠泊作業等影響。由歷史天氣事件顯示，我國港口主要常因颱風來襲，造成暴潮/風浪、強風、強降雨等情形，迫使航班停駛及造成碼頭與設備損壞及聯外道路淹水中斷營運。

此外，由於海運在全球供應鏈扮演重要角色，航線若因氣候變遷因素受阻甚至中斷，將嚴重影響全球經濟貿易之發展。以巴拿馬運河為例，由於船舶通過巴拿馬運河時，需依賴淡水來調節水閘之水位高度，倘長期遭遇乾旱時，將迫使限縮航班、限制船舶載重，或限制船舶過境，然此舉將嚴重影響供應鏈的穩定，以及全球經濟貿易的發展。

參酌歐盟聯合研究中心(Joint Research Centre, JRC)針對氣候變遷對於交通運輸影響報告所揭示內容，有關海港的調適措施，包括抬高港埠基礎設施以因應預期的海平面上升、建造防暴潮設施，以及將海港搬遷等。此等措施有助於提高海上作業人員和陸上設施工作人員在惡劣條件下作業的安全，其中可評估的調適措施，包含建造硬質海岸防禦設施(包括海堤、防波堤)來保護海港免受淹沒，並研析可能的環境影響，例如海岸侵蝕和棲息地退化等¹。

至於提高海上作業安全，可採取之措施，主要包含：採用較具安全性之個人保護裝置、提升船舶穩定性，以及對操作人員進行專門的海上安全訓練等；對於陸上操作人員安全性的改善措施，包括：建造堤壩保護基礎設施、建立配備專門訓練人員的港口應變程序、改善基礎設施設計及使用材料，以及將加工場所遷至內陸等。

有關海運系統於臺灣面臨之潛在氣候衝擊情形，彙整如表 2-3 所述。

表 2-3 海運系統面臨的潛在氣候衝擊綜理表

海運系統組成	氣候壓力因素	對於海運系統的直接衝擊
港口	強降雨	聯外道路淹水、電力中斷而中斷營運
	強風	影響設備操作、航班停駛
	暴潮/風浪	碼頭與設備損壞
	海平面上升	港區設備損毀淹沒、船舶無法靠泊
海上作業	暴潮/風浪	影響設備及操作人員作業安全
航線	高溫	影響船舶航行與載運

資料來源：1.交通部運輸研究所，公路系統規劃階段強化調適能力之探討(1/2)，2022 年。

2. European Environment Agency, Enhancing operational safety in offshore and inshore operations, 2024.

¹ 參見：<https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/adaptation-options/enhancing-operational-safety-in-offshore-and-inshore-operations>, last visited: Jan. 13 2026.

4. 空運系統

機場是國家的門戶，對於國家與區域經濟發展至關重要，爰係屬國家關鍵基礎設施。因此，對於機場所屬之基礎設有其必要提高對氣候變遷風險的調適能力，以確保國家與區域之經濟發展。

臺灣計有 17 座機場，包含國際機場(桃園、高雄、松山、臺中)以及國內航線機場（花蓮、澎湖、金門、臺東、嘉義、臺南、馬祖南竿/北竿、蘭嶼、綠島、七美、望安、恆春等）。由於臺灣地形多山，平原有限，例如桃園國際機場鄰近埔心溪出海口，面臨強降雨之排水壓力，又如花蓮機場靠近海岸，受颱風豪雨之威脅，也因此國內機場需面臨強化排水系統與防洪設施等議題外，對於颱風、豪雨等可能導致航班中斷之營運韌性強化，以及導入符合國際永續治理需求，乃為國內空運系統權管機關(構)因應氣候變遷調適需特別關注的課題。

此外，參考歐盟歐洲氣候調適平台 Climate ADAPT 有關影響歐洲機場的主要氣候變遷風險，主要包含²：

- (1) 強降雨(Heavy precipitation)：未來強降雨事件之頻率將更加頻繁，除可能會影響飛機起降之間距，也將影響機場的吞吐量。此外，機場排水能力可能不足以應付更頻繁和更強烈的強降水事件，從而增加跑道和滑行道遭致淹沒的風險。另外在地下基礎設施例如電氣設備等，也可能受到大雨淹沒的威脅。
- (2) 平均降雨量(Average precipitation)：降雨量不足可能導致機場園區之缺水、限水等情形，進而影響影響機場及其所屬基礎設施的運作。
- (3) 溫度(Temperature)：預期未來平均高氣和日最高氣溫將持續上升，同時熱浪可能會變得更加強烈和持續。機場基礎設施的風險包括跑道及停機坪表面可能因熱損壞而變形，影響運載能力和耐用性。另場站及地勤人員方面，可能因高溫導致乘客和工作人員的身心健康問題。極端溫度

² 參見：[Adaptation measures to increase climate resilience of airports | Adaptation options | Discover the key services, thematic features and tools of Climate-ADAPT Climate-ADAPT](#), Last visited: Jan. 14, 2026.

可能導致飛機引擎推力的降低，進而影響起飛的跑道長度需求。

- (4) 風向(Wind directions)：風向預期將會變化更頻繁、更迅速，與現行風向的偏差加大，強風可能會造成破壞。
- (5) 海平面上升(Sea level rise)：除非採取建造海防等預防措施，否則海平面上升可能導致沿海機場永久被淹沒和容量損失。從長遠來看，某些位置的潛在永久性容量損失可能會對整體容量和營運產生影響。此外，暴潮風浪發生頻率增高的影響可能會在短期內顯現，並可能導致營運能力暫時下降和延誤事件的增加。
- (6) 當地生物多樣性(Local biodiversity)：氣候變遷可能導致機場當地生物多樣性及野生動物遷徙模式的變化，並可能增加野生動物的危害。其中，改變遷徙模式可能會影響飛機的飛航安全，並增加遭受鳥擊的風險。

以下謹將空運系統組成分為空側設施、航站和陸側設施、支援設備及其他部分所面臨之氣候衝擊綜理如表 2-4 所述。

表 2-4 空運系統面臨的潛在氣候衝擊綜理表

航空系統組成	氣候壓力因素	對於航空系統的直接衝擊
空側設施	強降雨	鋪面結構的損壞和惡化
		鋪面表面毀損
		排水能力負荷
	高溫	電力照明系統負荷
		降低飛機引擎推進力，增加跑道所需長度
	強風	影響飛機起降
航站 和陸側設施	強降雨	阻礙聯外運輸、流通、裝載和停車
		地面基礎破壞
		建築物和結構受損
	高溫	建築物和結構受損
		影響乘客舒適度
		影響戶外工作者身心健康
	海平面上升	沿海機場永久被淹沒
支援設備 和其他	強降雨	機場聯外道路因淹水或落石、坍方阻斷
		航機因強降雨、跑道積淹水而無法正常起降
	高溫	電氣系統故障或短缺
		火災風險增加
	高溫	航機接收地面導航和衛星信號失真機率增

航空系統組成	氣候壓力因素	對於航空系統的直接衝擊
		加
	強風	通信系統故障機率提高
	暴潮/風浪	臨海設施因暴潮/風浪沖刷及沖擊而受損
	生物多樣性	影響飛機的運行，增加鳥擊的可能性
備註：「空側」泛指機場內供航空器起飛、降落及地面活動區域，相較於供旅客使用區域「陸側」而言。		

資料來源：1.交通部運輸研究所，公路系統規劃階段強化調適能力之探討(1/2)，2022年。

2. European Environment Agency, Adaptation measures to increase climate resilience of airports, 2024.

(二) 通訊及資訊系統

近年來，極端氣候事件（例如強風、豪雨及其引發之土石流與淹水）於世界各地頻傳。此類事件常透過以下方式影響基地臺之營運穩定性：第一，外部電力供應中斷或電力設備損壞，致使基地臺失去主要電力來源；第二，光纜斷裂與傳輸路徑中斷，影響連接行網核心網路；第三，直接損害基地臺結構（如鐵塔、機房與設備）或阻礙維修通行（道路受損、橋樑中斷），延長修復時間。再者，偏遠地區常受限於備援電力容量、補給與維修資源，因而在災害時更易成為通訊孤島。鑑於氣候變遷使極端天氣事件發生的頻率與強度可能進一步提高，上述各項脆弱環節將被放大，基地臺營運中斷的發生機率與影響範圍亦有顯著上升之風險。

以2025年丹娜絲颱風及七二八豪雨為例，嘉南地區因遭受大範圍的電力中斷與光纜毀損，導致多處行動通訊基地臺停擺，造成災區民眾在災時通訊上的嚴重不便，也凸顯偏鄉通訊設施在面對極端氣候時的脆弱性與強化韌性的迫切需求。

有關通訊與資訊系統所面臨之潛在氣候衝擊綜理如表2-5所述。

表 2-5 通訊與資訊系統面臨的潛在氣候衝擊綜理表

通訊與資訊系統組成	氣候壓力因素	對於通訊與資訊系統的直接衝擊
通訊基地臺	強降雨	基地臺周圍排水能力負荷
		基地臺設備受強降雨侵襲毀損
	高溫	設備過熱導致損壞
	強風	設備受強風侵襲損壞
電力供應	強風、強降雨	電力供應中斷導致通訊基地臺無法運作
光纖	強風、強降雨	光纖受損導致通訊基地臺無法提供行動通信服務

資料來源：依據數位發展部及國家通訊傳播委員會所提資料整理