

A large, stylized sun with a face, composed of concentric semi-circular bands in shades of blue and orange. The sun's face is formed by a blue band with a white outline of a face. The sun is surrounded by various weather elements: blue clouds with rain falling from them, a blue wave on the left, and a thermometer on the right. The sun's rays are depicted as orange and yellow flames. The background is a light gray grid pattern.

臺灣氣候變遷 關鍵指標圖集

AR6統計降尺度版



臺灣氣候變遷 關鍵指標圖集

AR6統計降尺度版

國科會「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫」編撰

國家災害防救科技中心 出版

序

國家科學及技術委員會所推動之「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫(Taiwan Climate Change Projection Information and Adaptation Knowledge Platform, TCCIP)」，長期推動氣候變遷本土科學資料產製與應用推廣。TCCIP計畫曾於2019年出版《臺灣氣候變遷關鍵指標圖集》(簡稱氣候圖集)，彙整由世界氣象組織建議的氣候變遷指標，其中包含極端高溫、低溫、暴雨及乾旱等極端指標，應用在臺灣的氣候變遷推估。氣候圖集參考聯合國政府間氣候變遷專門委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)在第五次評估報告(Fifth Assessment Report, AR5)所使用的氣候推估資料與暖化情境，提供不同情境之下，臺灣各區域的氣候變遷推估資訊。該圖集出版目的是將大量複雜的氣候科學資料，透過資料加值、知識轉譯，以淺顯易懂的圖表資訊，提供不同領域對於氣候變遷研究與風險評估等應用需求。TCCIP計畫接著在2021年出版了《臺灣氣候變遷關鍵指標圖集：水文應用指標篇》，有別於第一本氣候圖集沒有設定特定的對象，水文應用指標篇主要關注於水文、水資源等領域的需求，提供常用的氣候指標的推估資訊。

隨著IPCC在2021年8月公布第六次評估報告(AR6)，使用新一代氣候模式資料與暖化情境，TCCIP也跟隨國際的腳步，著手更新資料與情境設定，並於2023年1月釋出最新的臺灣氣候推估資料。

TCCIP為此出版《臺灣氣候變遷關鍵指標圖集：AR6統計降尺度版》，除了使用最新的AR6暖化情境與氣候推估資料，還新增了以全球暖化程度作為評估氣候變遷的另一種呈現方式，使讀者更好理解當全球落實不同程度的氣候目標時，將導致臺灣氣候變遷的嚴重程度有所差異。這本氣候圖集也新增了氣候變遷訊號的不確定性評估，提供讀者在應用指標圖表時，能更好解讀這些推估資訊是否有較高的不確定性。除了將這些指標圖資出版成冊，同時，也在TCCIP平台開發氣候圖集的互動式頁面，將難以完整呈現的重要圖表資訊，透過可以自行操作的頁面功能，期望帶給所有使用者最完善的體驗及最詳盡的氣候變遷推估資訊。

目次

00 序	3
01 關於圖集	6
資料來源	8
模式模擬說明	9
情境設定	10
基期與未來時期	12
區域	14
氣候變遷關鍵指標	15
溫度指標	16
降雨指標	20
不確定性評估	21
資料處理流程	23
常見問題	26
02 圖集導讀	30

03 氣候變遷關鍵指標 40

溫度指標

· 日夜溫差 DTR	42
· 暖晝天數 TX90p	70
· 暖夜天數 TN90p	98
· 冷晝天數 TX10p	126
· 冷夜天數 TN10p	154
· 日高溫最大值 TXx	182
· 日低溫最大值 TNx	210
· 日高溫最小值 TXn	238
· 日低溫最小值 TNn	266
· 極端高溫持續指數 HWDI	294
· 極端低溫持續指數 CWDI	322

降雨指標

· 雨日 RRI	350
· 雨日總降雨量 PRCPTOT	378
· 雨日降雨強度 SDII	406
· 10 毫米雨日 R10mm	434
· 20 毫米雨日 R20mm	462
· 大雨日 R80mm	490
· 豪雨日 R200mm	518
· 年最大一日降雨量 Rx1day	546
· 年最大連續五日累積降雨量 Rx5day	574
· 年最長連續不降雨日 CDD	602
· 年最長連續降雨日 CWD	630

04 附錄 660

CMIP6 模式表	662
CMIP6 模式、情境與全球暖化程度時間表	663



關於圖集



關於圖集

資料來源

本圖集所使用的資料來源為國家科學及技術委員會「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫」(Taiwan Climate Change Projection Information and Adaptation Knowledge Platform, TCCIP)，包含觀測資料與模式資料。觀測資料來自遍布臺灣各地的測站(例如中央氣象局的氣象站)，經過彙整處理製作成網格化觀測資料，資料時間間隔為每日一筆，空間解析度為每一個網格 $0.05^{\circ} \times 0.05^{\circ}$ 。模式資料參考聯合國政府間氣候變遷專門委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)第六次評估報告(IPCC Sixth Assessment Report, AR6)使用的全球氣候模式資料，來自第六期耦合模式比對計畫¹(Coupled Model Intercomparison Project Phase 6, CMIP6)，包含31個模式、4種排放情境的氣候模擬資料(如附錄一)。模式原始資料亦為每日一筆，為了得到適用於臺灣的歷史氣候模擬與未來推估結果，須經過統計降尺度²方法處理，產製得到與觀測資料相同空間解析度的AR6統計降尺度資料。關於「網格化觀測日資料」與「AR6統計降尺度日資料」更多說明，請參考TCCIP網站的「資料服務」功能，包含「資料介紹」有更深入的介紹以及「氣候變遷資料商店」提供資料下載。

1 耦合模式比對計畫(CMIP)：CMIP是由全球氣候研究計畫(World Climate Research Programme, WCRP)主持的計畫，目的是透過國際間合作進行氣候模式發展與改進，使我們更加了解過去與未來氣候變遷。CMIP發展一系列的氣候模擬實驗、制定標準化資料格式，確保模式輸出結果可提供全球的氣候研究社群所使用。國際上有相當多氣候研究論文及IPCC氣候變遷評估報告都大量建立在CMIP的模擬結果。更多資訊請參考<https://www.wcrp-climate.org/wgcm-cmip>。

2 統計降尺度：將低解析度的氣候模式資料(如全球 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 氣候模式資料)透過提高空間解析度、偏差修正等統計方法，根據觀測資料修正原始資料以符合本地的氣候特徵，同時盡可能地保留原始資料的變化趨勢，提升為高解析度的降尺度資料(如臺灣 $0.05^{\circ} \times 0.05^{\circ}$ 統計降尺度資料)，更多說明請參考TCCIP出版的《統計與動力降尺度方法》。

模式模擬說明

CMIP6 氣候模式可以模擬過去及未來的氣候狀態，包含溫度與降雨等許多變數。在模擬過去的部分，科學家根據歷史觀測的溫室氣體 (Greenhouse Gas, GHG) 濃度、氣溶膠濃度及土地利用變遷等情形，產生輻射強迫力³的變化歷程以進行歷史氣候模擬。另一方面，未來的氣候推估則需要考慮在目前的發展情形下，假設未來社會與經濟發展可能有不同走向，以及氣候政策對溫室氣體排放量的影響，並稱之為「情境」。

科學家將這些未來可能的發展，以情境故事進行說明，在 IPCC AR6 採用的情境結合「共享社會經濟路徑 (Shared Socioeconomic Pathways, SSPs) 與代表濃度路徑 (Representative Concentration Pathways, RCPs)」，其中 SSPs 代表社會經濟發展、RCPs 代表 GHG 排放或濃度變化所造成的輻射強迫力結果，簡稱為 SSP 排放情境或 SSP-RCPs。由於 SSP 排放情境的設定複雜，不同氣候模式對於同一個排放情境所反應的溫度變化差異也很大，因此 IPCC 近年提出以全球暖化程度 (Global Warming Levels, GWLs) 作為評估暖化所造成氣候變遷的主要方式，使大眾更好理解與比較當全球平均溫度上升到不同程度時，例如大眾關心的全球暖化 1.5°C 及 2°C，臺灣或全球其他區域的未來氣候變遷推估。

3 輻射強迫力：衡量地球與大氣系統能量平衡的度量，與地球接收太陽輻射、地表及大氣反射與吸收輻射有關。當地球大氣系統吸收的輻射大於向外釋放的輻射，造成氣候改變也導致地球表面溫度上升，可用來解釋全球暖化的原因，而自工業革命以來人類活動造成溫室氣體排放增加，是導致輻射強迫力增加的主因。

 情境設定

- SSP排放情境：取決於未來社會經濟假設、排放減量程度、氣溶膠污染物等造成不同的GHG排放量，可由低至極高GHG排放量簡單區分成以下四個代表性情境(如表1、圖1)：

表1 SSP排放情境造成的溫室氣體排放量說明

排放情境	說明
SSP5-8.5	GHG 極高排放量，在2050年左右CO ₂ 排放量會加倍
SSP3-7.0	GHG 高排放量，在2100年左右CO ₂ 排放量會加倍
SSP2-4.5	GHG 中排放量，CO ₂ 排放量直到世紀中才開始下降，在2100年以前無法達成淨零排放
SSP1-2.6	GHG 低排放量，在2075年左右達成CO ₂ 淨零排放

關於 SSP 排放情境的更多資訊說明請參考TCCIP網頁。

Carbon dioxide (GtCO₂/yr)

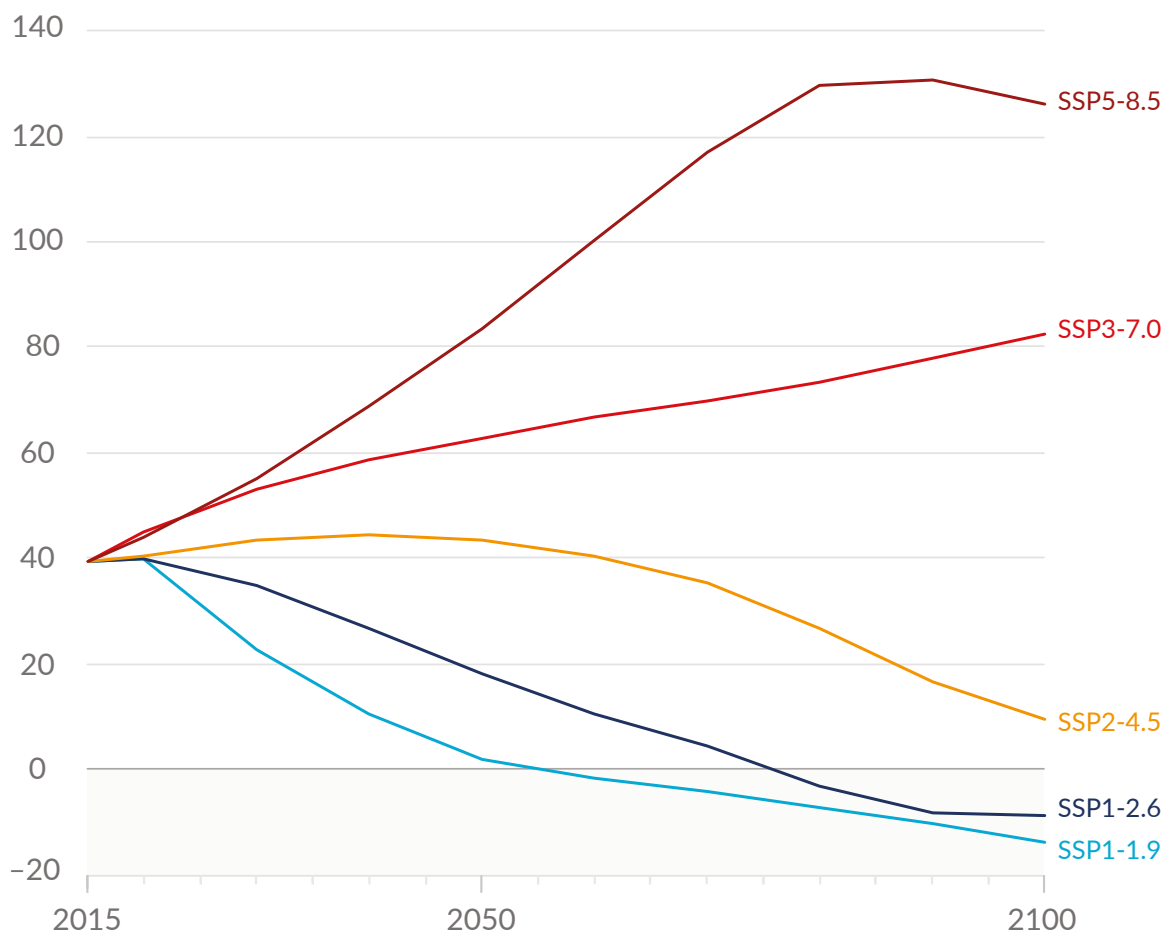


圖1 不同SSP排放情境的每年二氧化碳排放量(圖取自IPCC AR6, 2021, Summary for Policymakers, Figure SPM.4)
本圖集未使用SSP1-1.9的推估結果，原因請參考常見問題。

- 全球暖化程度：參考IPCC的定義，以工業革命前(1850-1900年)全球平均溫度作為基準，根據模式模擬在不同SSP排放情境的升溫結果，計算第一次達到全球暖化1.5°C, 2°C, 3°C及4°C的20年時期(※注意：模式模擬的全球平均溫度變化須先計算成20年平均值，才判斷是否超過特定暖化門檻，而不是以每一年的溫度變化作為判斷依據)。IPCC AR6綜合多項證據所得到的評估結果，各SSP排放情境的全球暖化推估如圖2所示，然而本圖集只有建立在CMIP6模式推估結果，計算各個模式與排放情境對應的GWLs時期(如附錄二)，因此若針對不同暖化程度最有可能發生的時間進行統計，例如使用模式中位數來表示，仍會與IPCC AR6評估結果(圖2)有所不同。

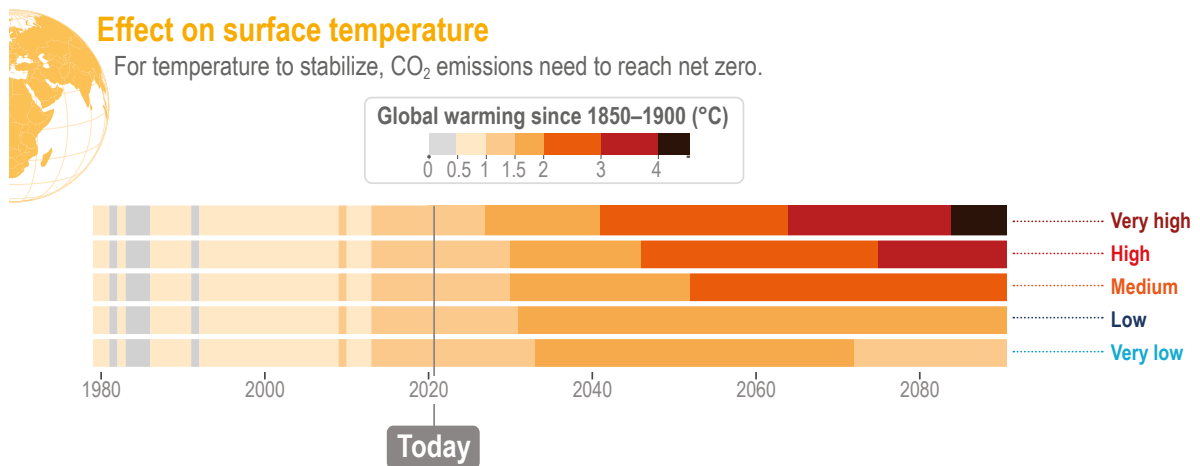


圖2 不同SSP排放情境 (Very high: SSP5-8.5, High: SSP3-7.0, Medium: SSP2-4.5, Low: SSP1-2.6, Very low: SSP1-1.9) 推估的全球暖化程度 (圖取自IPCC AR6, 2021, Technical Summary, Infographic TS.1)

基期與未來時期

本圖集在使用模式模擬資料的原則為，每一個模式的未來氣候推估只能與本身模擬的過去氣候比較，這是由於模式與觀測資料會有誤差，不能直接將觀測資料做為模式推估變遷的比較基準；而不同模式結果也會有所差異，因此也必須遵循這項原則，必須先計算出個別模式的氣候變遷訊號後，再進行後續的多模式結果統計。

為了瞭解在不同排放情境之下，未來氣候推估相對於過去的變化，所有模式需要使用同一段過去的時間來比較，稱之為「基期」。同時，為了瞭解在基期的實際氣候狀態，觀測資料也需要選取相同一段時期作為對照。根據IPCC AR6使用的參考時期，基期為1995-2014年，並將未來時期分為短期2021-2040年、中期2041-2060年、長期2081-2100年(如圖3)。不論是歷史基期或未來時期皆使用20年氣候平均。

- 基期：1995-2014年
- 未來時期：短期2021-2040年、中期2041-2060年、長期2081-2100年

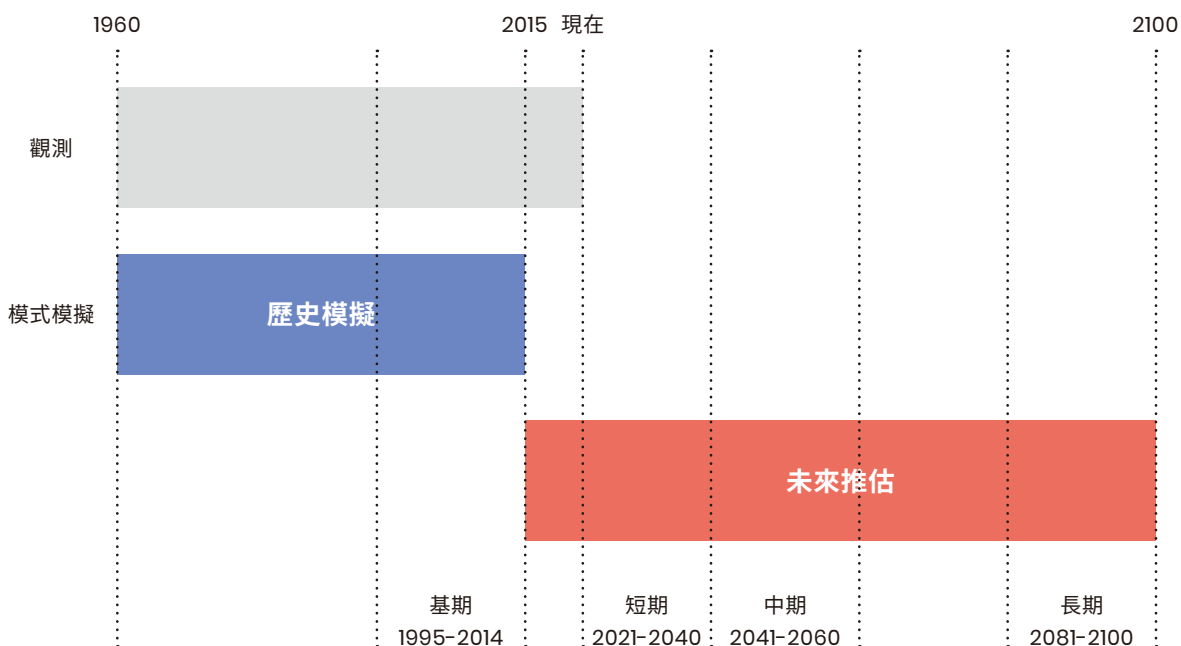


圖3 基期與未來時期示意圖

不論SSP排放情境或全球暖化程度皆使用相同基期作為氣候變遷推估的比較基準，由於不同SSP排放情境是隨著推估時間愈長而變化差異愈大(如圖1所示)，因此需要將未來區分為短期、中期、長期，才能合理評估情境之間的差異。然而，全球暖化程度在本圖集是不區分排放情境(與圖2將SSP情境分開呈現有所不同)，評估的是在特定暖化程度的結果，由於模擬全球平均溫度到達某個溫度門檻的時間，如附錄二所呈現的不同模式與情境對應的時期不盡相同，所以不會分成短期、中期、長期進行評估。但藉由圖2的結果仍可推斷出，全球暖化1.5°C在短期內必然會發生、全球暖化2°C可能發生在中期，至於長期暖化程度仍取決於未來GHG排放量的差異。本圖集將SSP排放情境與全球暖化程度的比較與應用整理如表2，期望讀者能更好地理解這兩種評估暖化的方式。

表2 本圖集使用兩種評估暖化的方式說明

暖化評估	分類	未來時期	應用
SSP 排放情境	SSP1 - 2.6 SSP2 - 4.5 SSP3 - 7.0 SSP5 - 8.5	完整推估 2015-2100 年 短期 (2021-2040 年) 中期 (2041-2060 年) 長期 (2081-2100 年)	探討特定排放情境造成長時間的氣候變遷，或特定時期不同情境之間的推估結果比較，適合氣候科學或相關領域研究人員深入分析
全球暖化程度	GWL 1.5°C GWL 2°C GWL 3°C GWL 4°C	20 年時期 (不區分短、中、長期，請參考附錄二)	探討在不同全球暖化程度之下的氣候變遷，適合大眾理解當全球達成(或無法達成)氣候目標時，由於人為暖化所造成的氣候變遷

區域

本圖集分別提供臺灣、四分區及20縣市的氣候變遷推估資訊。參考交通部中央氣象局的區域劃分，將臺灣本島(含附屬島嶼)分為四大區域，分別為北部、中部、南部、東部地區。北部地區包含基隆市、臺北市、新北市、桃園市、新竹縣、新竹市及苗栗縣；中部地區包含臺中市、彰化縣、南投縣、雲林縣、嘉義縣及嘉義市；南部地區包含臺南市、高雄市及屏東縣；東部地區包含宜蘭縣、臺東縣及花蓮縣。(離)外島地區目前只有澎湖縣，而暫無金門縣與連江縣的推估資訊，如圖4所示。

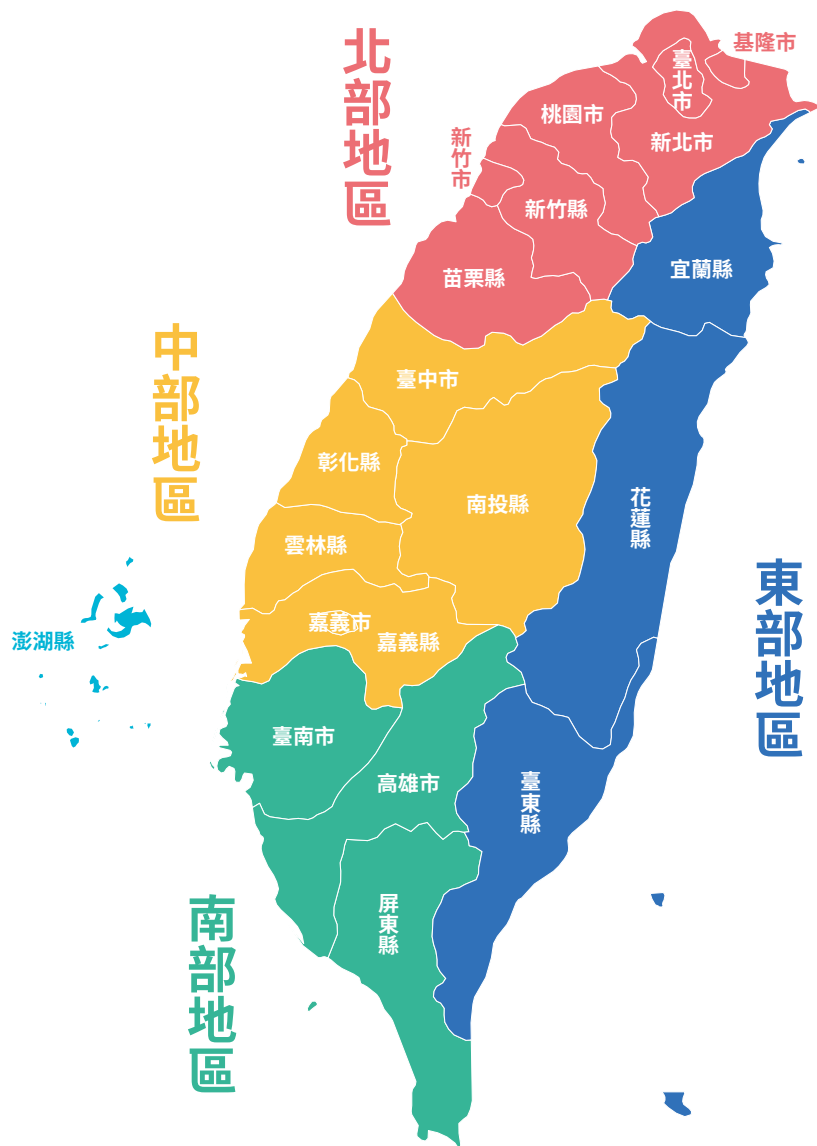


圖4 區域空間分布圖

氣候變遷關鍵指標

本圖集參考世界氣象組織 (World Meteorological Organization, WMO) 的氣候變遷偵測與指標專家小組 (Expert Team on Climate Change Detection and Indices, ETCCDI)⁴ 定義的氣候變遷指標，用以評估全球或區域氣候變遷情形，特別是極端事件的頻率或嚴重程度。TCCIP 從中挑選出適用於臺灣氣候特徵的 22 項指標，部分的指標定義經過調整，更強調未來推估相對於基期的變化程度進行評估與應用，而非過去氣候變遷。關鍵指標包含 11 項溫度指標與 11 項降雨指標，如表 3 所示。每一項指標皆為計算一年之中的極大(小)值或總和或平均值，因此每一年都只會得到一個數值。

溫度指標	降雨指標
日夜溫差 DTR	雨日 RRI
暖晝天數 TX90p	雨日總降雨量 PRCPTOT
暖夜天數 TN90p	雨日降雨強度 SDII
冷晝天數 TX10p	10 毫米雨日 R10mm
冷夜天數 TN10p	20 毫米雨日 R20mm
日高溫最大值 TXx	大雨日 R80mm
日低溫最大值 TNx	豪雨日 R200mm
日高溫最小值 TXn	年最大一日降雨量 Rx1day
日低溫最小值 TNn	年最大連續五日累積降雨量 Rx5day
極端高溫持續指數 HWDI	年最長連續不降雨日 CDD
極端低溫持續指數 CWDI	年最長連續降雨日 CWD

表 3 TCCIP 整理出 22 項評估臺灣氣候變遷的關鍵指標

⁴ 氣候變遷偵測與指標專家小組 (ETCCDI)：主要是為了協助大眾更好地理解與應對氣候變遷問題而設立的。提供了許多有關氣候變遷指標的定義及計算方式，以及相關的軟體套件及應用指導，讓使用者可以更方便地進行氣候變遷研究及分析。更多資訊請參考 <https://www.wcrp-climate.org/etccdi>。



溫度指標

① 日夜溫差 DTR (Daily temperature range)

一年之中，日最高溫與日最低溫差值之年平均值，單位為°C

② 暖晝天數 TX90p (Annual count of days when daily maximum temperature is greater than the 90th percentile)

一年之中，日最高溫高於基期當天第90百分位數的總天數，單位為天

說明 | 使用基期1995-2014年的日最高溫資料，取樣每一日曆天及該日曆天前、後各2天——總共5天的20年資料——合計100筆資料。利用這100筆資料計算第90百分位數的溫度，作為該日曆天的門檻值⁵。將每日最高溫與前面得到的該日門檻值比較，若高於門檻值則為暖晝，再計算一年之中的暖晝天數總和。

為了避免基期與其他時期可能存在不均質 (inhomogeneity)，只有在計算基期 (1995-2014年) 這段時期的暖晝天數需要另外使用Bootstrap方法，詳細說明請參考Zhang et al. (2005)。

③ 暖夜天數 TN90p (Annual count of days when daily minimum temperature is greater than the 90th percentile)

一年之中，日最低溫高於基期當天第90百分位數的總天數，單位為天

說明 | 使用基期1995-2014年的日最低溫資料，取樣每一日曆天及該日曆天前、後各2天——總共5天的20年資料——合計100筆資料。利用這100筆資料計算第90百分位數的溫度，作為該日曆天的門檻值⁵。將每日最低溫與前面得到的該日門檻值比較，若高於門檻值則為暖夜，再計算一年之中的暖夜天數總和。

為了避免基期與其他時期可能存在不均質 (inhomogeneity)，只有在計算基期 (1995-2014年) 這段時期的暖夜天數需要另外使用Bootstrap方法，詳細說明請參考Zhang et al. (2005)。

5 由於暖晝或其他類似指標 (暖夜、冷晝、冷夜) 是統計一整年的白天或夜晚的相對高溫、低溫，門檻值應隨著季節改變，例如夏天的門檻值會高於冬天的門檻值，所以需要針對每一日曆天計算門檻值。考量到同一日曆天的溫度隨每一年皆有所變化，同時為了減少計算門檻值的不確定性，取基期20年以該日為中心的連續5日資料以增加樣本數。例如：以1月3日為例，該日門檻值須使用1995年1月1日至1月5日、1996年1月1日至1月5日、……、至2014年1月1日至1月5日，一共100天的日最低溫資料計算。前述作法將套用至一年365天，每一日曆天都會有各自的門檻值，如圖5所示。

④ **冷晝天數 TX10p** (Annual count of days when daily maximum temperature is less than the 10th percentile)

一年之中，日最高溫低於基期當天第10百分位數的總天數，單位為天

說明 | 使用基期1995-2014年的日最高溫資料，取樣每一日曆天及該日曆天前、後各2天——總共5天的20年資料——合計100筆資料。利用這100筆資料計算第10百分位數的溫度，作為該日曆天的門檻值⁵。將每日最高溫與前面得到的該日門檻值比較，若低於門檻值則為冷晝，再計算一年之中的冷晝天數總和。

為了避免基期與其他時期可能存在不均質 (inhomogeneity)，只有在計算基期(1995-2014年)這段時期的冷晝天數需要另外使用Bootstrap方法，詳細說明請參考Zhang et al.(2005)。

⑤ **冷夜天數 TN10p** (Annual count of days when daily minimum temperature is less than the 10th percentile)

一年之中，日最低溫低於基期當天第10百分位數的總天數，單位為天

說明 | 使用基期1995-2014年的日最低溫資料，取樣每一日曆天及該日曆天前、後各2天——總共5天的20年資料——合計100筆資料。利用這100筆資料計算第10百分位數的溫度，作為該日曆天的門檻值⁵。將每日最低溫與前面得到的該日門檻值比較，若低於門檻值則為冷夜，再計算一年之中的冷夜天數總和。

為了避免基期與其他時期可能存在不均質 (inhomogeneity)，只有在計算基期(1995-2014年)這段時期的冷夜天數需要另外使用Bootstrap方法，詳細說明請參考Zhang et al.(2005)。

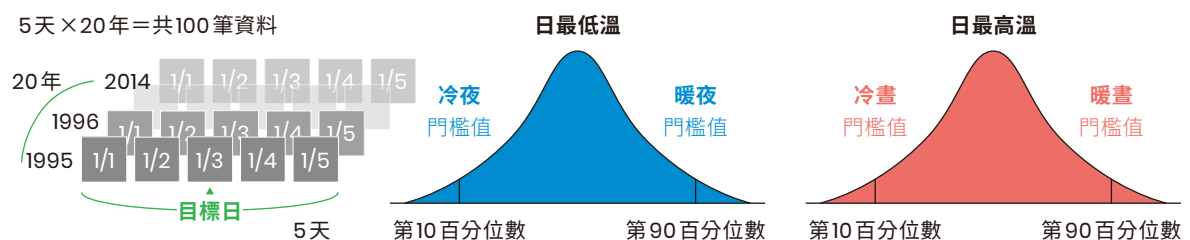


圖5 暖晝、暖夜、冷晝、冷夜的溫度門檻值示意圖

⑥ **日高溫最大值 TXx**(Annual maximum value of daily maximum temperature)

一年之中，日最高溫的最大值，單位為°C

⑦ **日低溫最大值 TNx**(Annual maximum value of daily minimum temperature)

一年之中，日最低溫的最大值，單位為°C

⑧ **日高溫最小值 TXn**(Annual minimum value of daily maximum temperature)

一年之中，日最高溫的最小值，單位為°C

⑨ **日低溫最小值 TNn**(Annual minimum value of daily minimum temperature)

一年之中，日最低溫的最小值，單位為°C

⑩ **極端高溫持續指數 HWDI**(Heat wave duration index)⁶

一年之中，連續3天以上日最高溫高於基期第95百分位數之事件總天數，單位為天

說明 | 使用基期1995-2014年的日最高溫資料，利用20年內每一筆資料計算第95百分位數的溫度，作為判斷是否為極端高溫事件的溫度門檻值⁷，計算一年之中連續3天以上日最高溫高於門檻值的事件數，得到所有事件數的天數總和⁸。

⑪ **極端低溫持續指數 CWDI**(Cold wave duration index)⁶

一年之中，連續3天以上日最低溫低於基期第5百分位數之事件總天數，單位為天

說明 使用基期1995-2014年的日最低溫資料，利用20年內每一筆資料計算第5百分位數的溫度，作為判斷是否為極端低溫事件的溫度門檻值⁷，計算一年之中連續3天以上日最低溫低於門檻值的事件數，得到所有事件數的天數總和⁸。

- 6 本圖集使用的HWDI或CWDI與原始定義並不相同。HWDI原始定義是以基期每一日曆天的日最高溫氣候值+5°C為門檻值，連續超過5天發生日最高溫高於當日門檻值，稱為熱浪(Heat wave)。由於臺灣位於副熱帶地區(夏季高溫變化幅度不如中高緯地區明顯)且氣溫受到海洋調節，過去未曾發生過熱浪，因此該定義並不適用於臺灣。CWDI原始定義為連續超過5天發生日最低溫低於當日氣候值-5°C，稱為寒潮(Cold wave)，在臺灣普遍稱為寒流。但根據中央氣象局定義，是以臺北氣象站日最低氣溫達10°C以下，即視為寒流。
- 綜合上述，由於熱浪與寒潮定義在臺灣並不適用或已有其他定義，為了避免使用上有所混淆，本圖集將這兩個指標分別調整為：(1)極端高溫持續指數(HWDI)、(2)極端低溫持續指數(CWDI)，更適用於臺灣的氣候系統。
- 7 HWDI門檻值是將基期20年內每一筆日最高溫資料作為樣本，計算第95百分位數，因此只會有一個門檻值。CWDI門檻值計算方法亦相似，只是改為計算日最低溫的第5百分位數。由於和暖晝或冷夜的門檻值計算方式並不相同，並不是針對每一日曆天計算門檻值，因此在基期的極端高溫只會出現在夏季附近，極端低溫只出現在冬季附近，但未來推估則隨著暖化可能造成提早或延後發生，進而影響極端溫度事件的發生頻率與持續時間。
- 8 若連續超過3天出現極端高溫或極端低溫，只會以實際連續天數計算，且不會被重複計入其他較短天數。例如：一年之中，發生極端高溫連續3天事件數有2次，連續4天事件數有3次，連續5天事件數有1次，並未出現連續6天以上事件，則該年HWDI即為 $3 \times 2 + 4 \times 3 + 5 \times 1 = 23$ 天。

降雨指標

① 雨日 RRI (Wet days)

一年之中，日降雨量達到1毫米以上的總天數，單位為天

② 雨日總降雨量 PRCPTOT (Annual total precipitation in wet days)

一年之中，所有雨日的總降雨量，單位為毫米

③ 雨日降雨強度 SDII (Simple daily precipitation intensity index)

一年之中，雨日的平均降雨量，即所有雨日的總降雨量除以雨日天數，單位為毫米／天

④ 10毫米雨日 R10mm (Annual count of days when daily precipitation is greater than or equal to 10mm)

一年之中，日降雨量達到10毫米以上的總天數，單位為天

⑤ 20毫米雨日 R20mm (Annual count of days when daily precipitation is greater than or equal to 20mm)

一年之中，日降雨量達到20毫米以上的總天數，單位為天

⑥ 大雨日 R80mm (Annual count of days when daily precipitation is greater than or equal to 80mm)

一年之中，日降雨量達到80毫米以上的總天數，單位為天

⑦ 豪雨日 R200mm (Annual count of days when daily precipitation is greater than or equal to 200mm)

一年之中，日降雨量達到200毫米以上的總天數，單位為天

⑧ 年最大一日降雨量 Rx1day (Annual maximum 1-day precipitation)

一年之中，日降雨量的最大值，單位為毫米

⑨ 年最大連續五日累積降雨量 Rx5day (Annual maximum consecutive 5-day precipitation)

一年之中，連續5日累積降雨量的最大值，單位為毫米

⑩ 年最長連續不降雨日 CDD (Annual maximum number of consecutive dry days)

一年之中，日降雨量少於1毫米之連續最長天數，單位為天

⑪ 年最長連續降雨日 CWD (Annual maximum number of consecutive wet days)

一年之中，日降雨量達到1毫米以上之連續最長天數，單位為天

不確定性評估

模式在單一情境或暖化程度之下對未來氣候變遷的推估結果，整體上呈現較一致的變化趨勢（除了少數指標可能例外），然而不同模式之間在時間或空間上的模擬細節仍會有所差異，顯示氣候推估有其不確定性。本圖集利用多模式的推估結果，使用不同百分位數區間呈現模式機率分布，稱為可能性(Likelihood)範圍；或根據模式推估結果之間的一致性與顯著性，又稱為穩健性(Robustness)評估。

可能性

參考IPCC定義的可能性(模式機率分布)來量化不確定性的評估方法，使用第25-75百分位數(即50%機率分布)代表比較可能範圍；使用第5-95百分位數(即90%機率分布)代表非常可能範圍(如圖6)。

- 比較可能 (more likely than not) :
第 25-75 百分位數
- 非常可能 (very likely) :
第 5-95 百分位數

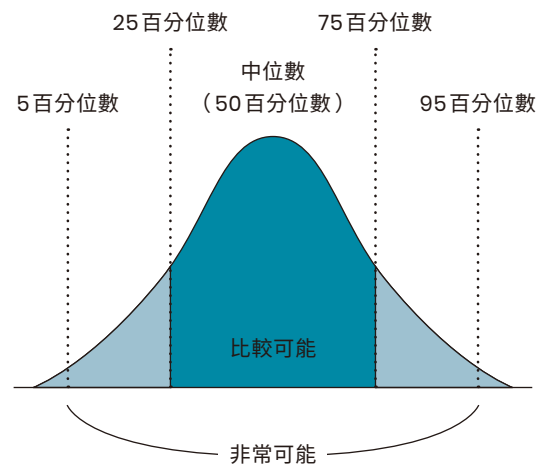


圖6 模式機率分布對應的可能性範圍

除了以模式的機率分布說明未來氣候變遷推估的可能性，也需要對氣候變遷訊號進行檢驗，可以針對模式之間的一致性，以及訊號的顯著性進行評估。參考IPCC AR6 Atlas對於模式模擬的氣候變遷訊號之穩健性評估，提供兩種不同的方法（如表4）：

- 1 **簡單方法**：根據模式推估變化的符號（增加+或減少-）一致性，當至少80%以上模式有相同變化符號，表示為高模式一致性（High model agreement）；少於80%模式有相同變化符號，表示為低模式一致性（Low model agreement）。
- 2 **進階方法**：除了模式的符號一致性，也檢驗氣候變遷訊號的顯著性，當模式的未來推估變化大於或小於內部變異門檻值⁹，判斷有或無顯著變化。當至少66%以上模式為顯著變化且至少80%以上模式有相同變化符號（即高模式一致性），表示為穩健訊號（Robust signal）；當少於66%模式有顯著變化，表示為無變化或無穩健訊號（No change or no robust signal）；當有66%以上模式有顯著變化，但少於80%模式有相同變化符號（即低模式一致性），表示為矛盾訊號（Conflicting signals）。



方法	類別	定義	網格覆蓋
簡單方法 (模式一致性)	高模式一致性	≥80% 模式有相同變化符號	無
	低模式一致性	<80% 模式有相同變化符號	斜線 
進階方法 (顯著變化與一致性)	穩健訊號 (顯著變化與高一一致性)	≥66% 模式推估變化大於內部變異門檻值 ≥80% 模式有相同變化符號	無
	無變化或無穩健訊號	<66% 模式推估變化大於內部變異門檻值	反斜線 
	矛盾訊號 (顯著變化但低一致性)	≥66% 模式推估變化大於內部變異門檻值 <80% 模式有相同變化符號	交叉線 

表4 穩健性評估方法

9 內部變異門檻值：參考IPCC AR6 Atlas使用近似定義為 $y = \sqrt{(2/20)} \times 1.645 \times \delta_{1yr}$ ，其中 $\delta_{1yr}/\sqrt{20}$ 代表氣候變異的雜訊， δ_{1yr} 計算方法為將基期20年資料先移除線性趨勢後，計算年際標準差（standard deviation），1.645對應90%信心水準， $\sqrt{2}$ 為IPCC設定的倍率因子，為了強調氣候變遷訊號（即氣候平均值的變化）的重要性。

資料處理流程

本圖集從資料整理、加值計算，轉化為氣候變遷指標圖資，處理流程如下(如圖7)：

- Ⓐ **基期與未來資料**：將觀測資料與模式的歷史模擬資料，取出基期1995-2014年的網格日資料；以及模式在不同SSP排放情境的未來推估，取出2015-2100年的網格日資料。使用的變數視氣候變遷指標而定，包含日最高溫、日最低溫及日降雨量。
- Ⓑ **指標計算**：將基期(1995-2014年)與未來推估資料(2015-2100年)，計算出氣候變遷指標在每一個網格的逐年數值。
- Ⓒ **區域平均**：為了得到區域的氣候推估資訊，須將該區域內所有網格的氣候變遷指標計算出一個平均值。例如，臺北市有22個網格，將所有網格的氣候變遷指標數值計算成一個平均值，即區域平均值。如果是呈現基期或未來推估的空間分布(即每一個網格的數值資訊)，則不需要進行此計算。
- Ⓓ **氣候平均**：不論是網格資料或區域平均的結果，都須計算基期20年平均值作為比較基準，以及不同未來時期(包含短期、中期、長期或不同全球暖化程度)的20年平均值。其中，為了呈現指標隨時間的連續變化，也利用20年移動平均¹⁰的計算方式，得到未來推估的時間序列。

¹⁰ 移動平均：在時間序列分析經常使用的一種消除短期波動變化的統計方法。在氣象領域應用，可用來作為濾除年際變化，以呈現氣候平均狀態的長期時序變化。例如，以未來推估2015-2100年的逐年變化為例，經過20年移動平均計算，可以得到2024-2090年時間序列，而2024年即2015-2034年的氣候平均值、2025年即2016-2035年的氣候平均值...以此類推，如此一來，既可得到連續的20年氣候狀態的時間序列變化，也可擷取出特定未來時期(如2030年對應短期、2050年對應中期、2090年對應長期)的氣候推估資訊。

⑤ **氣候變遷訊號**：將氣候變遷指標在未來推估與基期的氣候平均值相減，得到未來推估變化值，如果是計算變化率（即相對於基期的變化百分比），則須再除以基期氣候平均值後乘以100%。本圖集只有降雨指標的年最大一日降雨量 Rx1day、年最大連續五日累積降雨量 Rx5day、兩日總降雨量 PRCPTOT 及兩日降雨強度 SDII 是使用變化率（單位與雨量多寡有相關的指標），其他指標則一律使用變化值表示。

- 變化值 = 未來推估的氣候平均值 - 基期的氣候平均值
- 變化率 = 變化值 / 基期的氣候平均值 × 100%

⑥ **系集統計**：每一個SSP排放情境或GWLs各自有不同數量的模式推估結果（如附錄一、二），稱之為多模式系集。針對多模式系集推估的氣候變遷訊號，通常會計算所有模式的平均值，稱為系集平均；或計算所有模式的中位數，稱為系集中位數。對於氣候模式的模擬，普遍以系集平均或中位數作為最佳推估結果。

⑦ **不確定性評估**

- 穩健性：本圖集使用較容易理解的簡單評估方法（模式一致性）。針對多模式系集在每一個網格的推估結果，統計氣候變遷訊號為增加趨勢（符號為正）或減少趨勢（符號為負）的模式數量比例，當有80%以上模式與系集平均結果為一致符號，則為高模式一致性；反之，當少於80%模式有一致符號，則為低模式一致性。該評估方法只適用於網格空間分布，無法應用在區域平均的推估結果。
- 可能性範圍：針對區域平均的結果，計算多模式系集推估的氣候變遷訊號各項統計值，包含第25-75百分位數、第5-95百分位數，呈現模式推估變化的可能性範圍，並以時間序列及盒鬚圖呈現推估資訊。

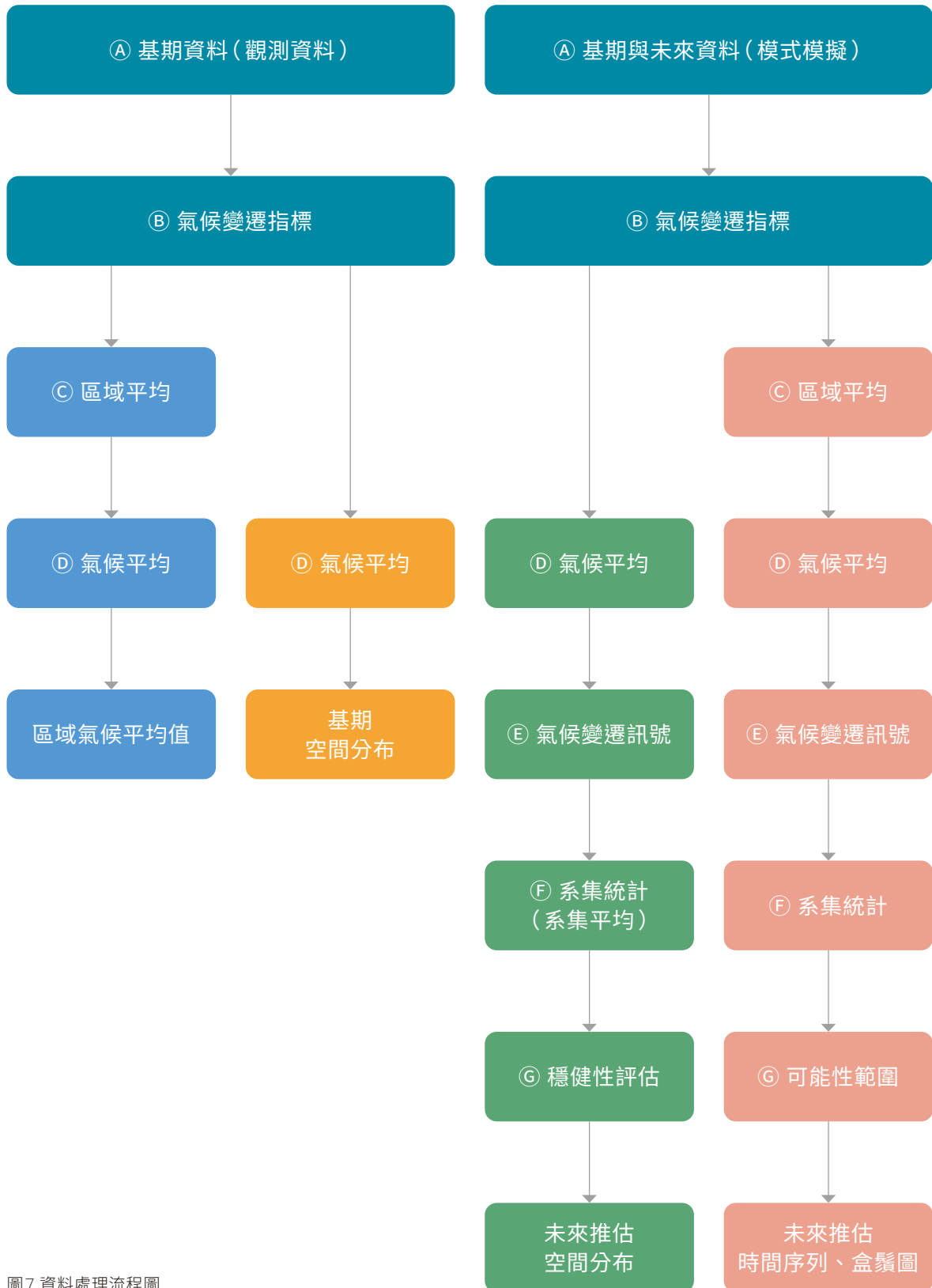


圖7 資料處理流程圖

常見問題

1 本圖集與2019年出版的第一本氣候圖集的主要差異為何？

答：包含使用的資料組更新、排放情境不同、時段選擇不同，以及圖表呈現方式新增更多的評估結果，將兩本圖集的差異整理如下(如表5)。

	第一本(2019年版)	本圖集	其他說明
資料組	網格化觀測日資料(5公里) AR5統計降尺度日資料 (2019/08發布)	網格化觀測日資料(0.05°) AR6統計降尺度日資料 (2023/01發布)	資料說明與取得方式請至 TCCIP網站「資料服務→氣候 變遷資料商店」
排放情境	RCP2.6 RCP4.5 RCP6.0 RCP8.5	SSP1-2.6 SSP2-4.5 SSP3-7.0 SSP5-8.5	本圖集新增全球暖化程度 (GWLs)的評估結果，建立在 使用SSP排放情境的模擬資料
基期與未來時期	參考AR5： 基期1986-2005年 近未來2016-2035年 世紀中2046-2065年 世紀末2081-2100年	參考AR6： 基期1995-2014年 短期2021-2040年 中期2041-2060年 長期2081-2100年	GWLs使用相同的基期，但未 來不分短期、中期、長期，不 同氣候模式有各自對應的20年 時期
圖表呈現方式	系集平均結果	系集平均、中位數、 可能性範圍、不確定性評估	有別於第一本只提供系集平均 的推估結果，本圖集新增多模 式系集的統計結果，以及不確 定性評估

表5 兩本氣候圖集比較表

2 是否能取得更詳細的氣候推估資訊，例如模式在每個網格的數值？

答：讀者可至TCCIP網站「資料服務→互動圖表→氣候圖集→AR6統計降尺度版」進入互動式圖集(如圖8)，提供所有模式在單一網格或區域平均的時間序列及統計圖，以及不同時期的空間分布，並提供指標的變化(率)數值讓使用者可以獲得時間、空間上完整的推估資訊。

The screenshot shows the TCCIP website interface. At the top, there is a navigation bar with the TCCIP logo and links for '關於我們', '資料服務', '調適百寶箱', '知識服務', '其他服務', '登入', and 'ENG'. Below this, a secondary navigation bar highlights '資料服務 / 氣候圖集' and '互動圖表'. A dropdown menu is open under '互動圖表', listing '過去變遷', '未來推估', '氣候變遷降雨頻率分析', and '氣候圖集'. The main content area is titled '臺灣氣候變遷關鍵指標圖集：AR6統計降尺度版'. It features a large graphic on the left with a thermometer and weather icons, and text on the right explaining the data sources and model information. The text mentions the Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) and the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Sixth Assessment Report (AR6). It also notes that the data is derived from the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) and is available for download on the TCCIP website.

圖8 TCCIP 互動式圖集頁面示意圖

3 是否有提供氣候變遷指標原始資料，以及該如何取得？

答：本圖集使用的氣候變遷指標資料目前(2023.05)尚未開放下載，已加入TCCIP網站的「資料服務→氣候變遷資料商店」的上架規劃，最新消息請至TCCIP網站查詢。

4 為何沒有提供符合《巴黎協定》積極目標的SSP1 - 1.9情境的推估資訊？

答：CMIP6氣候模式多數以SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5四個溫室氣體排放情境進行模擬，僅少數氣候模式提供SSP1-1.9模擬結果，其推估結果具有高度不確定性，因此並未加入本圖集使用的資料組。

5 將來是否會提供連江縣與金門縣的氣候推估資訊？

答：外島縣市的測站數量少、資料長度不足，難以建立氣候變遷相關資料。本期TCCIP目前正在進行離島、外島歷史氣候與未來推估資料建置，測試完成將可以提供連江縣與金門縣的氣候推估資訊。

6 本圖集與第一本氣候圖集(2019年版)所使用的氣候變遷指標定義是否相同？

答：本圖集指標定義與第一本圖集相同，但為更貼近指標的定義，將英文縮寫及中文譯名進行調整。並同步更新為AR6基期設定時段，由1986-2005年調整為1995-2014年，下列6個指標需使用到基期溫度做為門檻值計算的溫度指標，包含暖晝天數TX90p、暖夜天數TN90p、冷晝天數TX10p、冷夜天數TN10p、極端高溫持續指數HWDI以及極端低溫持續指數CWDI，一併進行更新。同時，為了避免極端指標在基期有從未發生過的情形，導致無法計算未來推估變化率(分母不能為0)，以天數為單位的相關指標，未來推估將改為以變化值(單位：天)呈現，如表6所示。

7 為何穩健性評估只能適用於空間分布(網格)，無法使用在區域平均的結果？

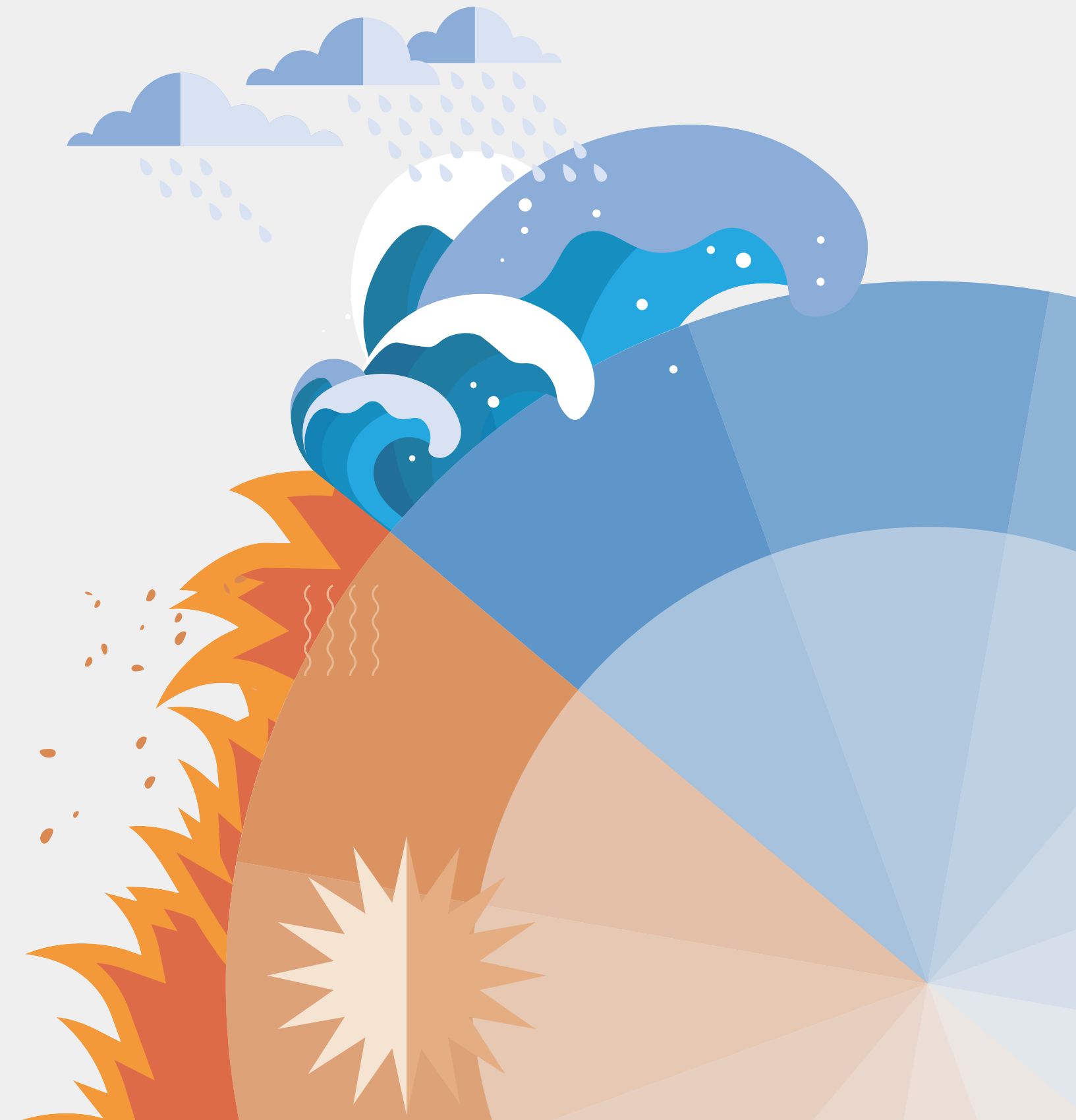
答：由於不同網格之間指標的氣候變遷訊號可能差異很大(特別是降雨相關指標)，計算區域平均會彼此干擾，影響訊號一致性或顯著性評估結果。本圖集提供兩種穩健性的評估方法，其中關於進階方法的評估結果可至TCCIP平台互動式圖集查詢。

第一本(2019年版)	本圖集	單位說明
日夜溫差 DTR	日夜溫差 DTR	單位為°C
極端暖晝日數 TX90p	暖晝天數 TX90p	單位為天 變化率(%)→變化(天)
極端暖夜日數 TN90p	暖夜天數 TN90p	單位為天 變化率(%)→變化(天)
極端冷晝日數 TX10p	冷晝天數 TX10p	單位為天 變化率(%)→變化(天)
極端冷夜日數 TN10p	冷夜天數 TN10p	單位為天 變化率(%)→變化(天)
日高溫 TXx	日高溫最大值 TXx	單位為°C
日低溫的最大值 TNx	日低溫最大值 TNx	單位為°C
日高溫的最小值 TXn	日高溫最小值 TXn	單位為°C
日低溫 TNn	日低溫最小值 TNn	單位為°C
熱浪持續指標 HWDI	極端高溫持續指數 HWDI	單位為天 變化率(%)→變化(天)
寒潮持續指標 CWDI	極端低溫持續指數 CWDI	單位為天 變化率(%)→變化(天)
雨日 RRI	雨日 RRI	單位為天 變化率(%)→變化(天)
年總降雨量 prcpTOT	雨日總降雨量 PRCPTOT	單位為毫米
雨日降雨強度 SDII	雨日降雨強度 SDII	單位為毫米/天
雨日 R10mm	10毫米雨日 R10mm	單位為天 變化率(%)→變化(天)
多雨日 R20mm	20毫米雨日 R20mm	單位為天 變化率(%)→變化(天)
大雨日 R80mm	大雨日 R80mm	單位為天 變化率(%)→變化(天)
豪雨日 R200mm	豪雨日 R200mm	單位為天 變化率(%)→變化(天)
年最大日降雨 RX1DAY	年最大一日降雨量 Rx1day	單位為毫米
年最大連續5日累積降雨量 RX5DAY	年最大連續五日累積降雨量 Rx5day	單位為毫米
年最大連續不降雨日 CDD	年最長連續不降雨日 CDD	單位為天 變化率(%)→變化(天)
年最大連續降雨日 CWD	年最長連續降雨日 CWD	單位為天 變化率(%)→變化(天)

表6 氣候變遷指標名稱與單位對照表



圖集導讀



圖集導讀

本圖集針對氣候變遷關鍵指標，包含11項溫度指標及11項降雨指標，呈現全球暖化與氣候變遷的影響之下，臺灣各區域的極端氣候推估變化資訊。讀者可以從觀測資料呈現基期1995-2014年的空間分布，瞭解不同指標過去的氣候平均狀態，以及區域之間的差異。在未來推估方面，提供不同全球暖化程度對於臺灣極端氣候造成的影響，並進一步探討由不同排放情境差異所導致的未來短期、中期、長期所有可能的氣候變遷情形。考量到氣候變遷未來推估的不確定性，加入模式一致性的評估結果，針對臺灣、四分區及各縣市的區域平均推估資訊，也透過統計多模式系集呈現的可能性範圍，期望提供讀者更完整的氣候變遷推估資訊。

本圖集的氣候變遷指標圖表呈現方式如圖9所示，以下透過最常被使用的極端降雨指標之一的「年最大一日降雨量」為例，針對各項指標圖表內容進行說明。

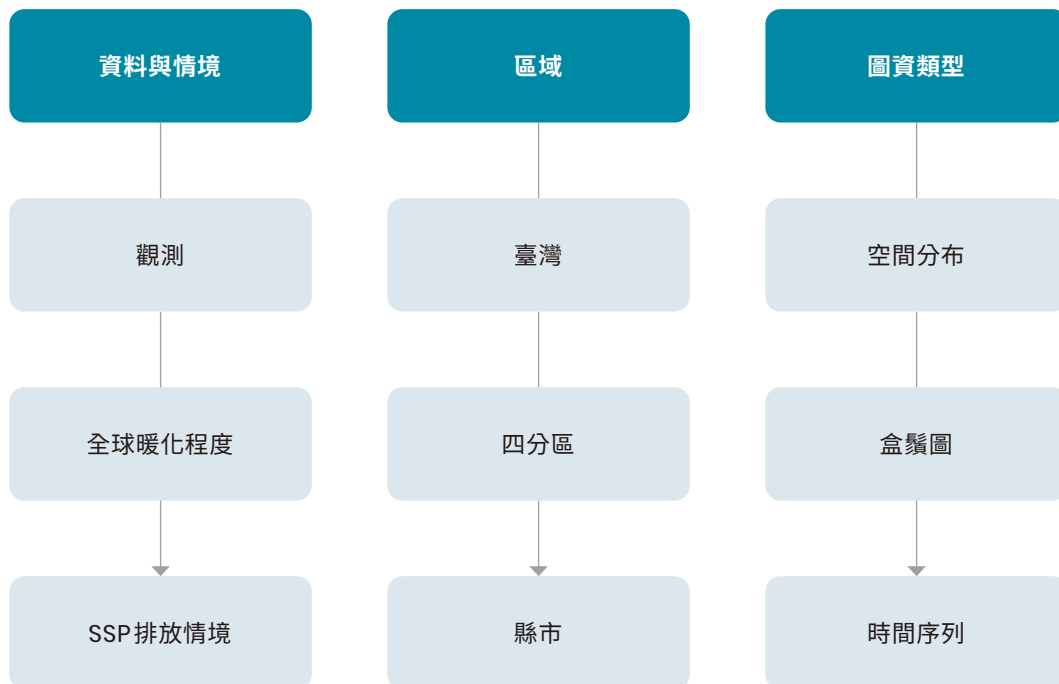
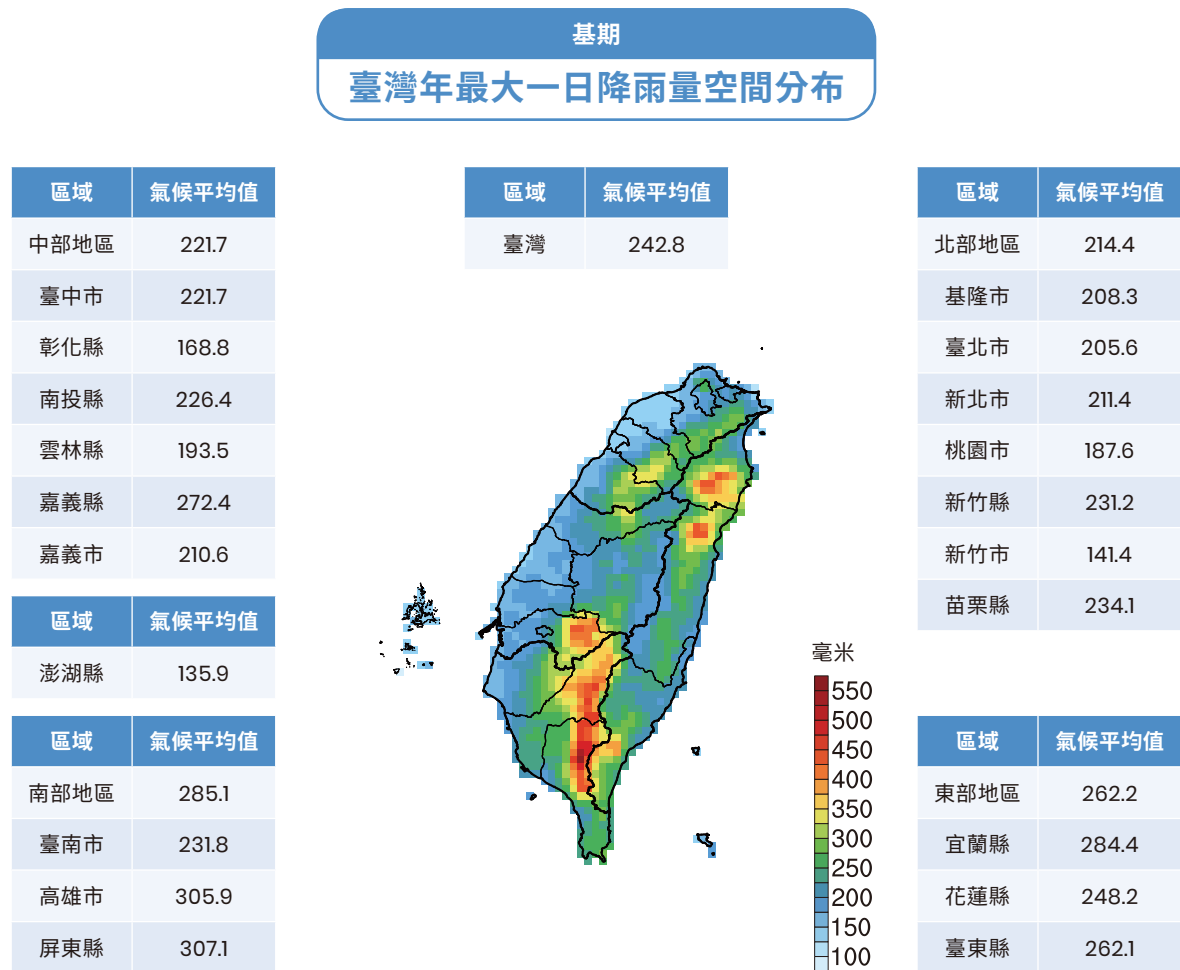


圖9 本圖集呈現的圖資內容及順序

觀測

年最大一日降雨量在基期(1995-2014年)氣候平均值之空間分布(如圖10)，根據觀測資料顯示極值分布在高屏山區，其次包含嘉義阿里山、宜蘭太平山、花蓮太魯閣等山區。臺灣的區域平均值約為243毫米，四分區或縣市的區域平均值如表格數值所示。由於網格化資料經過空間內插處理，與全臺測站觀測資料仍會有所差異，再加上氣候平均及區域平均的關係，普遍感受可能會有低估的情形，特別是與單一年份可能出現的極端值相比。但本圖集主要目的為呈現一段時期的氣候平均狀態，及其未來推估變化趨勢，而非逐年的變化情況，讀者使用上應多加注意。



圖資說明 | 觀測資料在基期1995-2014年的氣候平均值(單位：毫米)，表格數值為區域平均的結果

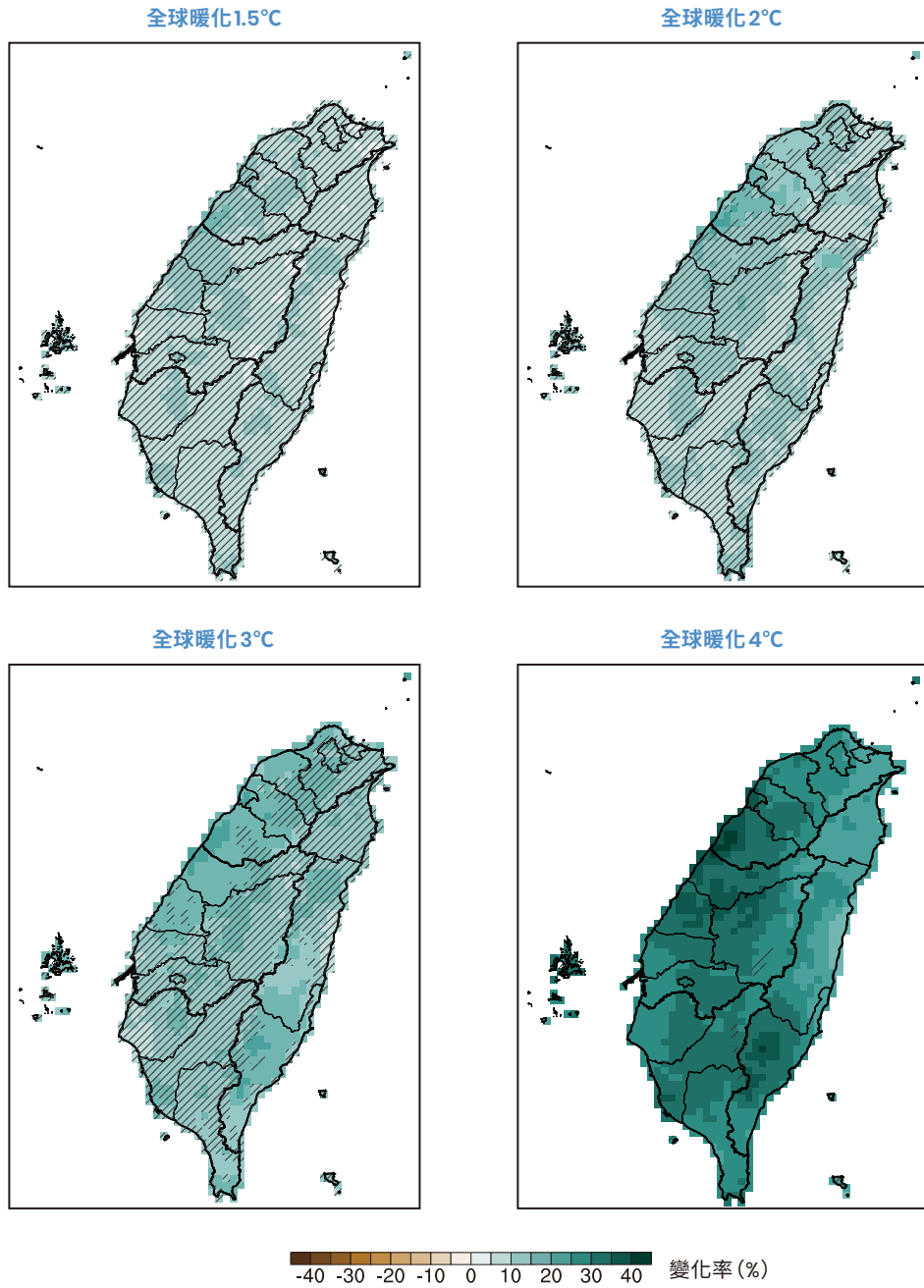
圖10 臺灣年最大一日降雨量在基期的觀測氣候平均值的空間分布

全球暖化程度

由於減緩全球暖化為目前國際間共同努力的目標，以全球暖化程度來呈現氣候變遷推估的結果，除了與國際研究接軌，也更容易為大眾所理解與接受。因此，本圖集以全球暖化程度作為主要評估方式，呈現臺灣在全球暖化1.5°C、2°C、3°C、4°C之下，年最大一日降雨量相對於基期1995-2014年的未來推估變遷（如圖11）。由不同全球暖化程度下的推估結果，全球暖化1.5°C-4°C都呈現相似的空間分布，而隨著暖化愈嚴重降雨量也增加愈多，而變化率最大的區域發生在苗栗縣的沿岸地區，最嚴重的暖化程度之下降雨量增加44%左右；另一方面，在高屏山區未來推估的變化率也有增加30%以上，藉由觀測資料所提供的資訊（如圖10），可以推斷該區域未來仍是全臺極端降雨最劇烈的區域，讀者可以藉由空間分布及高雄市、屏東縣區域平均的變化率進行驗證。除了呈現系集平均的推估變化空間分布，提供每一網格的氣候變遷訊號的穩健性評估，由圖11呈現在暖化較緩和的情境下，模式推估一致性較低，而隨著暖化愈嚴重，愈多網格呈現降雨量增加的一致趨勢，甚至在全球暖化4°C情境下，幾乎全臺都呈現模式有高一一致性的推估結果。表示在嚴重暖化的影響之下，多數模式都顯示極端降雨有增強的趨勢。

除了系集平均推估變遷的空間分布，本圖集也有呈現區域平均的推估結果，由系集中位數及可能性範圍（第25-75百分位數及第5-95百分位數）組成的盒鬚圖（如圖12）。不論是系集平均或中位數的推估結果可以發現，年最大一日降雨量的確隨著暖化程度愈嚴重而增加愈多，且全球暖化4°C明顯要比暖化1.5°C-3°C的降雨量增加非常多，系集平均的結果顯示增加約29%，非常可能範圍是增加1-69%。

全球暖化1.5-4°C
臺灣年最大一日降雨量推估變遷之空間分布



氣候變遷訊號評估
 無標記：模式一致性高 (80%以上模式變化符號相同)
 斜線標記：模式一致性低 (低於80%模式變化符號相同)

圖資說明 全球暖化1.5°C, 2°C, 3°C及4°C時期，相對於基期1995-2014年，模式系集平均的變化率 (單位：%)

圖11 在不同全球暖化程度，臺灣年最大一日降雨量推估變遷之空間分布

全球暖化1.5-4°C

臺灣年最大一日降雨量推估變遷之可能性範圍

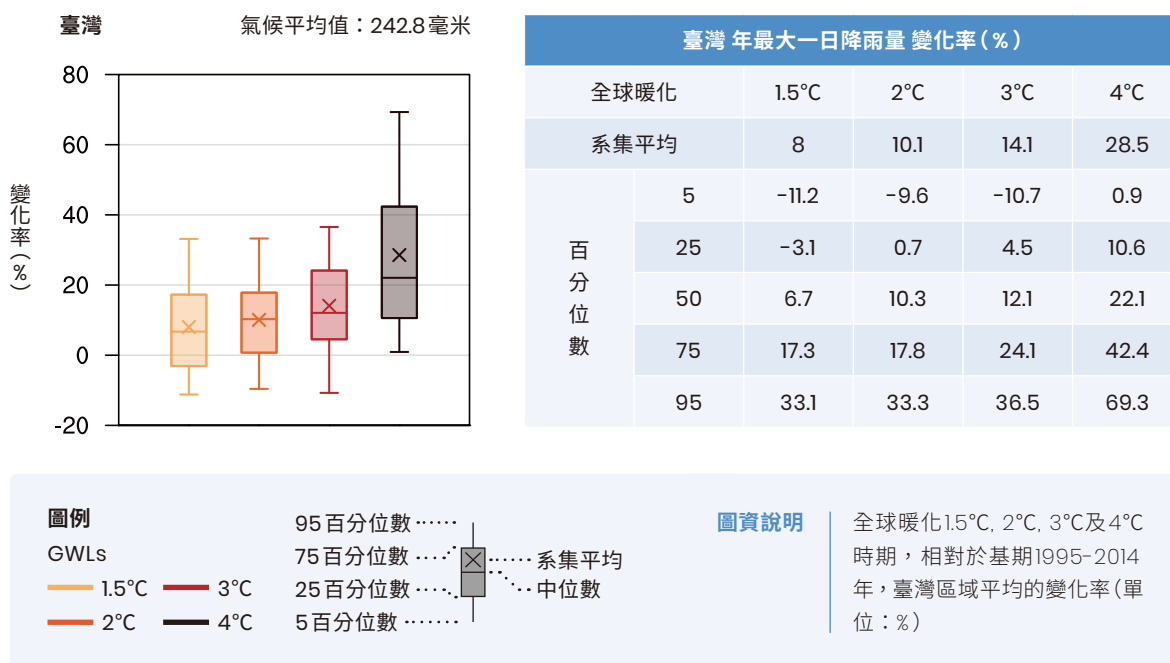


圖12 臺灣年最大一日降雨量推估變遷的模式可能性範圍

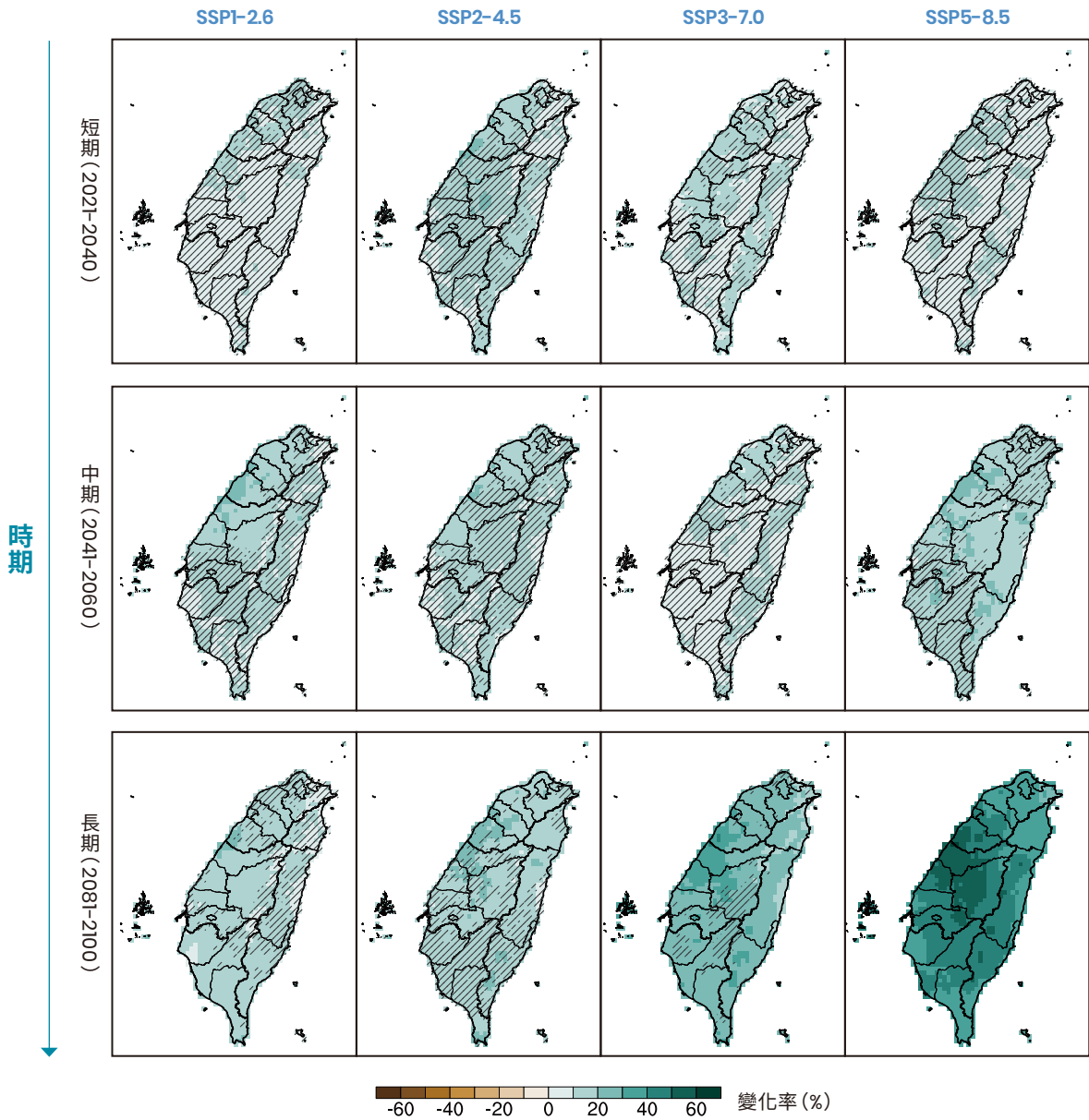
SSP 排放情境

進一步探索在不同溫室氣體排放情境之下所有可能的未來變遷。與圖11空間分布圖的呈現方式相似，但分為SSP1-2.6、SSP2-4.5、SSP3-7.0、SSP5-8.5四個情境(水平軸)，在短期2021-2040年、中期2041-2060年、長期2081-2100年三個不同時期(垂直軸)，模式系集平均顯示的推估結果。如圖13所示，短期與中期在不同SSP排放情境之間的推估結果差異並不大，而長期推估隨著溫室氣體排放量愈高，極端降雨量增加愈劇烈，此與全球暖化程度顯示隨暖化愈嚴重降雨愈劇烈，結果可互相呼應(由於排放量增加導致全球平均溫度上升，也導致極端降雨增強)。在SSP5-8.5情境下，單一網格最大降雨量甚至增加63%。

SSP 排放情境
臺灣年最大一日降雨量推估變遷之空間分布

溫室氣體排放量

低排放量 → 極高排放量



圖資說明 | SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5 排放情境 (每一欄)，在未來短期 2021-2040 年、中期 2041-2060 年、長期 2081-2100 年時期 (每一列)，相對於基期 1995-2014 年，模式系集平均的變化率 (單位：%)

氣候變遷訊號評估
 無標記：模式一致性高 (80% 以上模式變化符號相同) ：模式一致性低 (低於 80% 模式變化符號相同)

圖13 不同SSP排放情境與時期，臺灣年最大一日降雨量推估變遷之空間分布

空間分布圖只能呈現特定時期的推估結果，需要透過時間序列才能檢視年最大一日降雨量隨著時間的變化趨勢(如圖14)。正如在前面「關於圖集」章節所提到，由於我們關心的是一段時間內氣候平均狀態隨時間的變化，因此時間序列是將逐年變化經過20年移動平均的結果，因此2030年即對應短期(2021-2040年)、2050年對應中期(2041-2060年)，而2090年可對應長期(2081-2100年)。在低、中排放量的情境，對於極端降雨造成的變遷趨勢差異不大，而高或極高排放情境則可以明顯看到，有一部分模式推估的變化率非常大(第95百分位數的數值)，甚至在長期增加超過130%，顯示在極高排放量之下，對於某些模式的模擬結果氣候變遷造成的影響非常大。

若讀者關心的是單一排放情境之下，年最大一日降雨量在不同時期的推估變遷，可藉由時間序列的結果進行分析；倘若想比較同一時期、不同排放情境的結果，則利用盒鬚圖可以看出各情境之間的模式推估變化的差異性(如圖15)，儘管在短期與中期各情境之間差異並不明顯，需要到長期推估結果，才比較能反映出溫室氣體排放量對於極端降雨造成的影響(主要是源自於長期的升溫程度差異變大導致)。

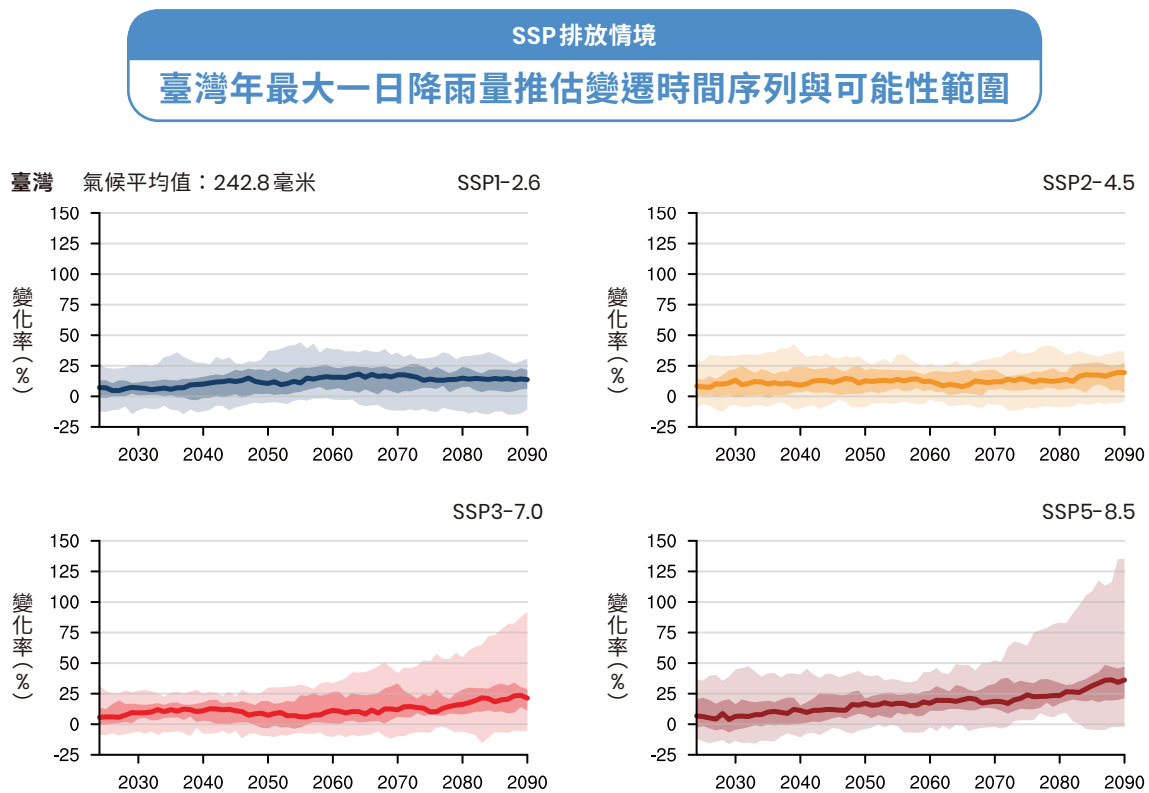
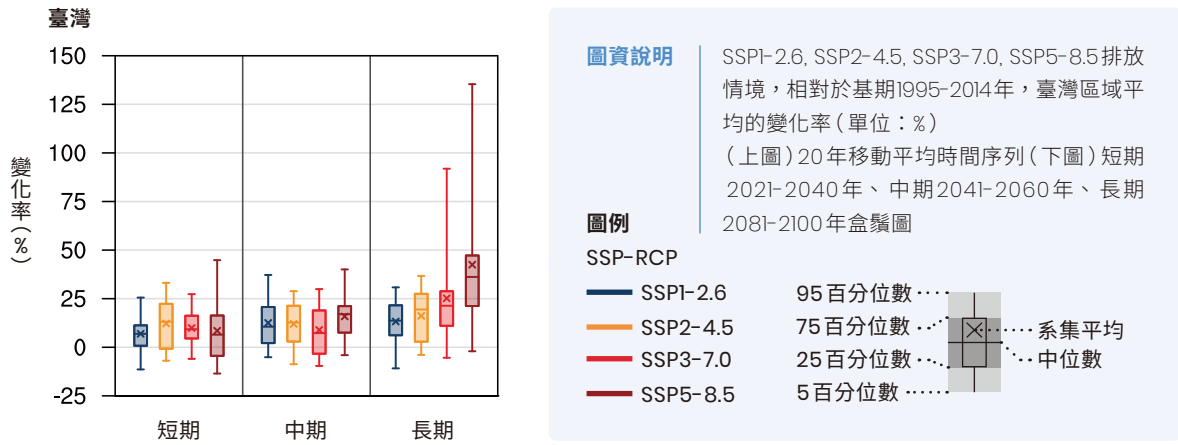


圖14 在不同SSP排放情境，臺灣最大一日降雨量推估變遷之時間序列



臺灣年最大一日降雨量 變化率(%)													
未來時期		短期2021-2040年				中期2041-2060年				長期2081-2100年			
SSP 排放情境		1-2.6	2-4.5	3-7.0	5-8.5	1-2.6	2-4.5	3-7.0	5-8.5	1-2.6	2-4.5	3-7.0	5-8.5
系集平均		6.9	12.2	9.9	8.5	12.5	12	8.9	15.8	13.3	16.2	25.2	42.5
百分位數	5	-11.4	-6.9	-6	-13.5	-5.1	-8.7	-9.6	-4.1	-10.9	-3.9	-5.4	-2.1
	25	0.8	-0.7	4.5	-4.4	2.1	2.9	-3.3	7.5	6.2	2.9	11	21.2
	50	6.9	13.1	9.3	6.5	10.6	12.8	7.3	17	13.7	19.5	21.4	36.2
	75	11.3	22.4	16.2	16.3	20.7	21.4	18.9	21.2	21.6	27.5	28.8	47.2
	95	25.6	33.1	27.3	44.8	37.2	28.9	29.9	40.1	30.8	36.7	91.9	135.4

圖15 在不同SSP排放情境，臺灣最大一日降雨量推估變遷之盒鬚圖

結語

本圖集旨在提供讀者瞭解臺灣在全球暖化影響之下造成的氣候變遷情形，利用最新的臺灣氣候觀測資料與模式模擬資料，針對22項氣候變遷關鍵指標，從過去觀測的氣候平均狀態，到未來不同暖化程度或排放情境下的推估變遷，提供完整的氣候變遷推估資訊。由於篇幅限制，僅能呈現模式系集平均的空間分布，或是經過區域平均後的盒鬚圖與時間序列，若讀者對於個別模式的空間分布或單一網格的時序變化有興趣或應用的需求，可至TCCIP網站的互動式圖集進行瀏覽，以獲得更詳細的推估資訊。

參考文獻

- 臺灣氣候變遷關鍵指標圖集(2019)。國科會「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫」編撰。新北市：國家災害防救科技中心。
- Arias, P.A., N. Bellouin, E. Coppola, R.G. Jones, G. Krinner, J. Marotzke, V. Naik, M.D. Palmer, G.-K. Plattner, J. Rogelj, M. Rojas, J. Sillmann, T. Storelvmo, P.W. Thorne, B. Trewin, K. Achuta Rao, B. Adhikary, R.P. Allan, K. Armour, G. Bala, R. Barimalala, S. Berger, J.G. Canadell, C. Cassou, A. Cherchi, W. Collins, W.D. Collins, S.L. Connors, S. Corti, F. Cruz, F.J. Dentener, C. Dereczynski, A. Di Luca, A. Diongue Niang, F.J. Doblas-Reyes, A. Dosio, H. Douville, F. Engelbrecht, V. Eyring, E. Fischer, P. Forster, B. Fox-Kemper, J.S. Fuglestedt, J.C. Fyfe, N.P. Gillett, L. Goldfarb, I. Gorodetskaya, J.M. Gutierrez, R. Hamdi, E. Hawkins, H.T. Hewitt, P. Hope, A.S. Islam, C. Jones, D.S. Kaufman, R.E. Kopp, Y. Kosaka, J. Kossin, S. Krakovska, J.-Y. Lee, J. Li, T. Mauritsen, T.K. Maycock, M. Meinshausen, S.-K. Min, P.M.S. Monteiro, T. Ngo-Duc, F. Otto, I. Pinto, A. Pirani, K. Raghavan, R. Ranasinghe, A.C. Ruane, L. Ruiz, J.-B. Sallée, B.H. Samset, S. Sathyendranath, S.I. Seneviratne, A.A. Sörensson, S. Szopa, I. Takayabu, A.-M. Tréguier, B. van den Hurk, R. Vautard, K. von Schuckmann, S. Zaehle, X. Zhang, and K. Zickfeld, 2021: Technical Summary. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 33–144, doi:10.1017/9781009157896.002.
- Gutiérrez, J.M., R.G. Jones, G.T. Narisma, L.M. Alves, M. Amjad, I.V. Gorodetskaya, M. Grose, N.A.B. Klutse, S. Krakovska, J. Li, D. Martínez-Castro, L.O. Mearns, S.H. Mernild, T. Ngo-Duc, B. van den Hurk, and J.-H. Yoon, 2021: Atlas. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1927–2058, doi:10.1017/9781009157896.021. Available from <http://interactive-atlas.ipcc.ch/>

- IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou(eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32, doi:10.1017/9781009157896.001.
- Karl, T.R., N. Nicholls, and A. Ghazi, 1999: CLIVAR/GCOS/WMO workshop on indices and indicators for climate extremes: Workshop summary. *Climatic Change*, 42, 3–7.
- Mastrandrea, M.D., C.B. Field, T.F. Stocker, O. Edenhofer, K.L. Ebi, D.J. Frame, H. Held, E. Kriegler, K.J. Mach, P.R. Matschoss, G.-K. Plattner, G.W. Yohe, and F.W. Zwiers, 2010: Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/uncertainty-guidance-note.pdf>
- Peterson, T.C., and Coauthors: Report on the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998–2001. WMO, Rep. WCDMP-47, WMO-TD 1071, Geneva, Switzerland, 143pp. <http://etccdi.pacificclimate.org/docs/wgccd.2001.pdf>
- Zhang, X., G. Hegerl, F. W. Zwiers, and J. Kenyon, 2005: Avoiding Inhomogeneity in Percentile-Based Indices of Temperature Extremes. *J. Climate*, 18, 1641–1651, <https://doi.org/10.1175/JCLI3366.1>.



附錄



附錄

附錄一 CMIP6模式表

模式名稱	研究機構(國家)	Historical		SSP1-2.6		SSP2-4.5		SSP3-7.0		SSP5-8.5	
		溫度	降雨	溫度	降雨	溫度	降雨	溫度	降雨	溫度	降雨
ACCESS-CM2	CSIRO-ARCCSS (Australia)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
ACCESS-ESM1-5	CSIRO (Australia)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
AWI-CM-1-1-MR	AWI (Germany)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
BCC-CSM2-MR	BCC (China)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
CanESM5	CCCma (Canada)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
CESM2-WACCM	NCAR (USA)		V		V		V		V		V
CMCC-CM2-SR5	CMCC (Italy)		V		V		V		V		V
CMCC-ESM2	CMCC (Italy)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
EC-Earth3	EC-Earth-Consortium (Europe)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
EC-Earth3-AerChem	EC-Earth-Consortium (Europe)	V	V					V	V		
EC-Earth3-CC	EC-Earth-Consortium (Europe)	V	V			V	V			V	V
EC-Earth3-Veg	EC-Earth-Consortium (Europe)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
EC-Earth3-Veg-LR	EC-Earth-Consortium (Europe)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
FGOALS-g3	CAS (China)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
GFDL-CM4	NOAA-GFDL (USA)	V	V			V	V			V	V
GFDL-ESM4	NOAA-GFDL (USA)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
IITM-ESM	CCCR-IITM (India)	V	V	V	V		V		V		V
INM-CM4-8	INM (Russia)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
模式數量		28	31	25	28	26	29	23	27	26	29

模式名稱	研究機構(國家)	Historical		SSP1-2.6		SSP2-4.5		SSP3-7.0		SSP5-8.5	
		溫度	降雨	溫度	降雨	溫度	降雨	溫度	降雨	溫度	降雨
INM-CM5-0	INM (Russia)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
IPSL-CM5A2-INCA	IPSL (France)		V		V				V		
IPSL-CM6A-LR	IPSL (France)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
KACE-1-0-G	NIMS-KMA (Korea)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
KIOST-ESM	KIOST (Korea)	V	V	V	V	V	V			V	V
MIROC6	MIROC (Japan)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
MPI-ESM1-2-HR	DKRZ (Germany)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
MPI-ESM1-2-LR	MPI-M (Germany)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
MRI-ESM2-0	MRI (Japan)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
NESM3	NUIST (China)	V	V	V	V	V	V			V	V
NorESM2-LM	NCC (Norway)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
NorESM2-MM	NCC (Norway)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
TaiESM1	AS-RCEC (Taiwan)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
模式數量		28	31	25	28	26	29	23	27	26	29

附錄二 CMIP6 模式、情境與全球暖化程度時間表

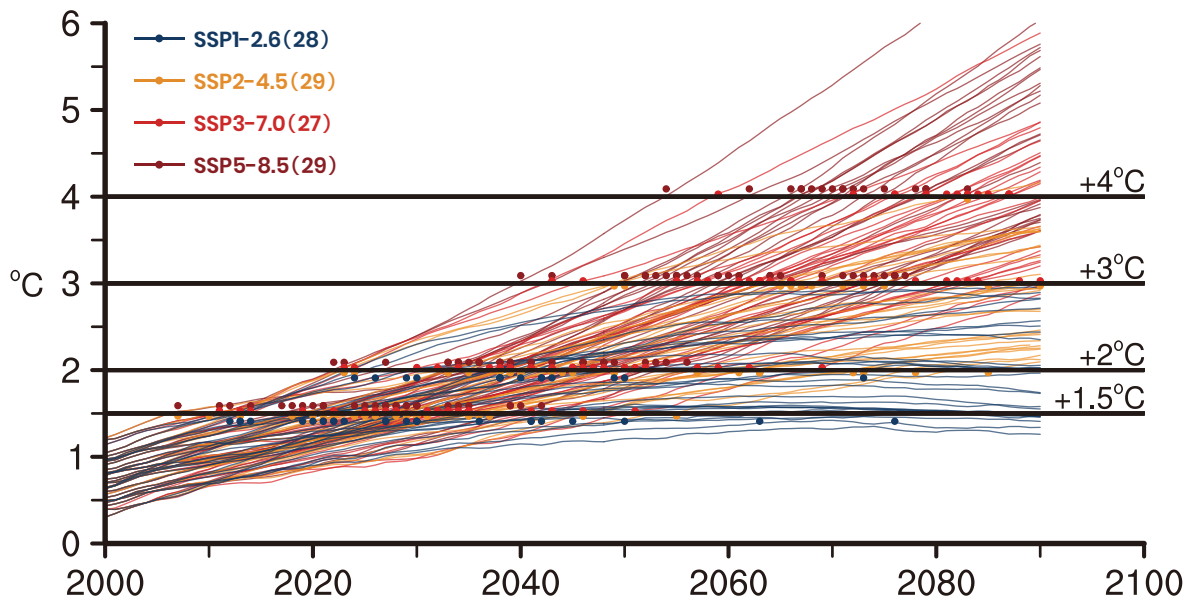
模式	SSP 排放情境	變數		全球暖化程度							
		溫度	降雨	1.5°C		2°C		3°C		4°C	
ACCESS-CM2	ssp126	V	V	2018-2037		2033-2052					
ACCESS-ESM1-5	ssp126	V	V	2021-2040		2064-2083					
AWI-CM-1-1-MR	ssp126	V	V	2013-2032		2041-2060					
BCC-CSM2-MR	ssp126	V	V	2032-2051							
CanESM5	ssp126	V	V	2004-2023		2017-2036					
CESM2-WACCM	ssp126		V	2012-2031		2029-2048					
CMCC-CM2-SR5	ssp126		V	2014-2033		2029-2048					
CMCC-ESM2	ssp126	V	V	2021-2040		2033-2052					
模式數量		溫度	降雨	97	110	86	99	57	66	26	31

模式	SSP 排放情境	變數		全球暖化程度							
		溫度	降雨	1.5°C		2°C		3°C		4°C	
EC-Earth3	ssp126	V	V	2013-2032		2034-2053					
EC-Earth3-Veg	ssp126	V	V	2003-2022		2020-2039					
EC-Earth3-Veg-LR	ssp126	V	V	2021-2040							
FGOALS-g3	ssp126	V	V	2067-2086							
IITM-ESM	ssp126	V	V	2036-2055							
INM-CM4-8	ssp126	V	V	2041-2060							
INM-CM5-0	ssp126	V	V	2027-2046							
IPSL-CM5A2-INCA	ssp126		V	2004-2023		2021-2040					
IPSL-CM6A-LR	ssp126	V	V	2010-2029		2029-2048					
KACE-1-0-G	ssp126	V	V	2005-2024		2015-2034					
KIOST-ESM	ssp126	V	V	2011-2030							
MIROC6	ssp126	V	V	2054-2073							
MPI-ESM1-2-HR	ssp126	V	V	2032-2051							
MPI-ESM1-2-LR	ssp126	V	V	2033-2052							
MRI-ESM2-0	ssp126	V	V	2020-2039							
NESM3	ssp126	V	V	2012-2031		2040-2059					
TaiESM1	ssp126	V	V	2018-2037		2031-2050					
ACCESS-CM2	ssp245	V	V	2019-2038		2031-2050		2062-2081			
ACCESS-ESM1-5	ssp245	V	V	2020-2039		2036-2055					
AWI-CM-1-1-MR	ssp245	V	V	2011-2030		2030-2049					
BCC-CSM2-MR	ssp245	V	V	2026-2045		2048-2067					
CanESM5	ssp245	V	V	2004-2023		2015-2034		2040-2059		2074-2093	
CESM2-WACCM	ssp245		V	2015-2034		2030-2049		2066-2085			
CMCC-CM2-SR5	ssp245		V	2016-2035		2029-2048		2057-2076			
CMCC-ESM2	ssp245	V	V	2021-2040		2031-2050		2056-2075			
EC-Earth3	ssp245	V	V	2013-2032		2035-2054		2076-2095			
EC-Earth3-CC	ssp245	V	V	1998-2017		2026-2045		2064-2083			
EC-Earth3-Veg	ssp245	V	V	2001-2020		2024-2043		2058-2077			
EC-Earth3-Veg-LR	ssp245	V	V	2017-2036		2040-2059		2081-2100			
FGOALS-g3	ssp245	V	V	2021-2040		2054-2073					
模式數量		溫度	降雨	97	110	86	99	57	66	26	31

模式	SSP 排放情境	變數		全球暖化程度							
		溫度	降雨	1.5°C		2°C		3°C		4°C	
GFDL-CM4	ssp245	V	V	2022-2041		2040-2059					
GFDL-ESM4	ssp245	V	V	2037-2056		2064-2083					
IITM-ESM	ssp245		V	2027-2046		2052-2071					
INM-CM4-8	ssp245	V	V	2026-2045		2054-2073					
INM-CM5-0	ssp245	V	V	2028-2047		2063-2082					
IPSL-CM6A-LR	ssp245	V	V	2009-2028		2024-2043		2056-2075			
KACE-1-0-G	ssp245	V	V	2004-2023		2014-2033		2041-2060			
KIOST-ESM	ssp245	V	V	2012-2031		2031-2050					
MIROC6	ssp245	V	V	2037-2056		2064-2083					
MPI-ESM1-2-HR	ssp245	V	V	2028-2047		2054-2073					
MPI-ESM1-2-LR	ssp245	V	V	2027-2046		2048-2067					
MRI-ESM2-0	ssp245	V	V	2021-2040		2040-2059					
NESM3	ssp245	V	V	2015-2034		2034-2053					
NorESM2-LM	ssp245	V	V	2046-2065		2076-2095					
NorESM2-MM	ssp245	V	V	2037-2056		2069-2088					
TaiESM1	ssp245	V	V	2022-2041		2034-2053		2059-2078			
ACCESS-CM2	ssp370	V	V	2018-2037		2030-2049		2053-2072		2073-2092	
ACCESS-ESM1-5	ssp370	V	V	2024-2043		2039-2058		2060-2079			
AWI-CM-1-1-MR	ssp370	V	V	2013-2032		2028-2047		2055-2074			
BCC-CSM2-MR	ssp370	V	V	2023-2042		2037-2056		2065-2084			
CanESM5	ssp370	V	V	2004-2023		2014-2033		2034-2053		2050-2069	
CESM2-WACCM	ssp370		V	2019-2038		2032-2051		2054-2073		2076-2095	
CMCC-CM2-SR5	ssp370		V	2016-2035		2030-2049		2054-2073		2078-2097	
CMCC-ESM2	ssp370	V	V	2022-2041		2032-2051		2054-2073		2078-2097	
EC-Earth3	ssp370	V	V	2013-2032		2029-2048		2054-2073		2075-2094	
EC-Earth3-AerChem	ssp370	V	V	2023-2042		2038-2057		2057-2076		2074-2093	
EC-Earth3-Veg	ssp370	V	V	2002-2021		2023-2042		2048-2067		2067-2086	
EC-Earth3-Veg-LR	ssp370	V	V	2019-2038		2036-2055		2057-2076		2078-2097	
FGOALS-g3	ssp370	V	V	2017-2036		2036-2055		2073-2092			
GFDL-ESM4	ssp370	V	V	2032-2051		2048-2067		2074-2093			
模式數量		溫度	降雨	97	110	86	99	57	66	26	31

模式	SSP 排放情境	變數		全球暖化程度								
		溫度	降雨	1.5°C		2°C		3°C		4°C		
IITM-ESM	ssp370		V	2023-2042	2042-2061	2079-2098						
INM-CM4-8	ssp370	V	V	2026-2045	2043-2062	2074-2093						
INM-CM5-0	ssp370	V	V	2023-2042	2041-2060	2075-2094						
IPSL-CM5A2-INCA	ssp370		V	2002-2021	2021-2040	2049-2068	2070-2089					
IPSL-CM6A-LR	ssp370	V	V	2010-2029	2025-2044	2046-2065	2067-2086					
KACE-1-0-G	ssp370	V	V	2005-2024	2015-2034	2037-2056	2063-2082					
MIROC6	ssp370	V	V	2034-2053	2050-2069							
MPI-ESM1-2-HR	ssp370	V	V	2025-2044	2041-2060	2072-2091						
MPI-ESM1-2-LR	ssp370	V	V	2026-2045	2043-2062	2069-2088						
MRI-ESM2-0	ssp370	V	V	2022-2041	2036-2055	2064-2083						
NorESM2-LM	ssp370	V	V	2042-2061	2060-2079							
NorESM2-MM	ssp370	V	V	2037-2056	2053-2072	2081-2100						
TaiESM1	ssp370	V	V	2024-2043	2034-2053	2052-2071	2072-2091					
ACCESS-CM2	ssp585	V	V	2016-2035	2029-2048	2046-2065	2062-2081					
ACCESS-ESM1-5	ssp585	V	V	2018-2037	2030-2049	2051-2070	2069-2088					
AWI-CM-1-1-MR	ssp585	V	V	2010-2029	2027-2046	2050-2069	2070-2089					
BCC-CSM2-MR	ssp585	V	V	2021-2040	2034-2053	2056-2075						
CanESM5	ssp585	V	V	2003-2022	2013-2032	2031-2050	2045-2064					
CESM2-WACCM	ssp585		V	2011-2030	2024-2043	2044-2063	2059-2078					
CMCC-CM2-SR5	ssp585		V	2012-2031	2024-2043	2043-2062	2060-2079					
CMCC-ESM2	ssp585	V	V	2020-2039	2030-2049	2046-2065	2061-2080					
EC-Earth3	ssp585	V	V	2015-2034	2026-2045	2048-2067	2064-2083					
EC-Earth3-CC	ssp585	V	V	1998-2017	2027-2046	2047-2066	2062-2081					
EC-Earth3-Veg	ssp585	V	V	2002-2021	2018-2037	2041-2060	2058-2077					
EC-Earth3-Veg-LR	ssp585	V	V	2019-2038	2032-2051	2052-2071	2066-2085					
FGOALS-g3	ssp585	V	V	2018-2037	2037-2056	2063-2082						
GFDL-CM4	ssp585	V	V	2020-2039	2032-2051	2050-2069	2070-2089					
GFDL-ESM4	ssp585	V	V	2030-2049	2043-2062	2066-2085						
IITM-ESM	ssp585		V	2026-2045	2039-2058	2067-2086						
INM-CM4-8	ssp585	V	V	2021-2040	2037-2056	2060-2079						
模式數量		溫度	降雨	97	110	86	99	57	66	26	31	

模式	SSP 排放情境	變數		全球暖化程度							
		溫度	降雨	1.5°C		2°C		3°C		4°C	
INM-CM5-0	ssp585	V	V	2021-2040	2037-2056	2065-2084					
IPSL-CM6A-LR	ssp585	V	V	2009-2028	2025-2044	2041-2060	2057-2076				
KACE-1-0-G	ssp585	V	V	2005-2024	2014-2033	2034-2053	2053-2072				
KIOST-ESM	ssp585	V	V	2008-2027	2029-2048	2055-2074					
MIROC6	ssp585	V	V	2031-2050	2044-2063	2067-2086					
MPI-ESM1-2-HR	ssp585	V	V	2024-2043	2040-2059	2064-2083					
MPI-ESM1-2-LR	ssp585	V	V	2025-2044	2039-2058	2062-2081					
MRI-ESM2-0	ssp585	V	V	2017-2036	2029-2048	2055-2074	2074-2093				
NESM3	ssp585	V	V	2012-2031	2025-2044	2045-2064	2063-2082				
NorESM2-LM	ssp585	V	V	2033-2052	2047-2066	2068-2087					
NorESM2-MM	ssp585	V	V	2030-2049	2045-2064	2067-2086					
TaiESM1	ssp585	V	V	2019-2038	2027-2046	2043-2062	2058-2077				
模式數量		溫度	降雨	97	110	86	99	57	66	26	31



附圖二-1 全球平均溫度相較於工業革命前(1850-1900年)溫度基準的時序變化。黑色水平線代表不同全球暖化程度(1.5°C, 2°C, 3°C及4°C)，彩色線為CMIP6氣候模式在不同SSP排放情境下的全球平均溫度推估變化，再計算20年移動平均的結果，圓點代表各個模式推估第一次到達不同暖化程度的年份。

臺灣氣候變遷關鍵指標圖集： AR6 統計降尺度版

發行人 | 陳宏宇
計畫主持人 | 林李耀
主編 | 陳永明
執行編輯 | 王俊寓、簡毓瑋
編輯小組 | 陳永明、王俊寓、周至中、林士堯、林思穎
孫天祥、陳又瑄、陳昭安、陳韻如、童裕翔
黃熾蓁、劉子明、劉星妤、鄭兆尊、簡毓瑋
美術設計 | 映品形象設計有限公司
指導單位 | 國科會自然科學及永續研究發展處
補助計畫 | 臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫
發行單位 | 國家災害防救科技中心

地址 | 新北市新店區北新路三段 200 號 9 樓
電話 | 02-8195-8600
發行日期 | 2023 年 6 月

臺灣氣候變遷關鍵指標圖集：AR6 統計降尺度版 / 國科會
「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫」編撰
新北市：國家災害防救科技中心，2023.06
面； 公分

ISBN 978-986-5436-44-5 (平裝)
1. CST: 氣候變遷
328.8

112008907

