

NCDR 110-T22

IPCC AR6最新氣候情境分析與 災害應用評析報告

The latest climate scenario analysis and disaster
application evaluation report in IPCC AR6



行政法人

國家災害防救科技中心

National Science and Technology Center
for Disaster Reduction

國家災害防救科技中心

中華民國 111 年 01 月

NCDR 110-T22

IPCC AR6最新氣候情境分析與 災害應用評析報告

The latest climate scenario analysis and disaster
application evaluation report in IPCC AR6

簡毓瑭、劉曉薇、張珈瑋、王俊寓、鄭兆尊、陳永明



國家災害防救科技中心
中華民國 111 年 01 月

中文摘要

在氣候變遷影響之下，全球極端天氣事件頻繁，臺灣的自然災害也在暖化之下受到不同層面的變化。因此，對於使用最新的氣候變遷資訊建立更全面的防災議題，是臺灣目前所需要正視的防災政策作為。IPCC 第一工作小組於 2021 年 8 月發布氣候變遷第六次評估報告 (AR6)，更新氣候變遷最新模擬與評估結果，也首次在第一工作小組的評估報告中說明區域的氣候變遷衝擊。

本報告先對國際上常見的災害風險減輕 (Disaster Risk Reduction, 簡稱 DRR)、氣候變遷調適 (Climate Change Adaptation, 簡稱 CCA) 兩系統於臺灣防災之重要性做個說明。也將第六次評估報告所使用之氣候模式情境設定做個簡介，綜整報告中對過去氣候與未來推估所做的分析，了解在人類影響下，當前氣候狀態與未來可能氣候趨勢。最後針對臺灣的災害特性、參考 AR6 報告中提及的主要氣候指標，分析臺灣氣候現況與推估，詳細討論空間分布與時間序列在不同情境下的變遷，並比較前一期氣候資料 CMIP5 與最新一期資料 CMIP6 於臺灣指標分析之差異。

關鍵字：IPCC、AR6、氣候變遷

ABSTRACT

Under climate change, extreme weather events are getting frequent around the world. The intensity and pattern of natural disasters in Taiwan are also subject to change under the warming climate, and Taiwan must establish a more comprehensive disaster prevention policy to cope with the new normal. With IPCC's first working group releasing the sixth assessment report (AR6) in August 2021 to update the latest simulation and assessment results of climate change, we find it necessary to highlight some of the key aspects mentioned in the newest findings.

Our report first discusses the functioning of the Disaster Risk Reduction (DRR) and Climate Change Adaptation (CCA) system in Taiwan and their importance. We then introduce the climate model scenario settings used in the sixth assessment report while presenting the analysis and estimation of the current climate through a holistic view to better help in understanding the current climate status and future climate trends under human influence.

Lastly, we attempt to utilize the climate indicators mentioned in the AR6 report and analyze the current situation and estimation of Taiwan's climate, considering the characteristics of disasters in Taiwan. The changes in spatial distribution and time series among different scenarios and the comparison of CMIP5 and CMIP6 data with multiple climate impact factors of Taiwan are also discussed in detail.

Keywords: IPCC, AR6, Climate Change

目錄

| | |
|--|----|
| 第一章 前言..... | 1 |
| 第二章 臺灣的防災政策作為..... | 3 |
| 2.1 前言..... | 3 |
| 2.2 氣候變遷科學及 CCA 與 DRR 策略整合於我國之重要性..... | 4 |
| 第三章 IPCC 第六次評估報告..... | 7 |
| 3.1 IPCC 評估報告簡介..... | 7 |
| 3.2 AR6 模式情境設定..... | 9 |
| 3.3 AR6 與 AR5 之差異..... | 11 |
| 第四章 全球氣候系統變化..... | 14 |
| 4.1 全球氣候現況..... | 14 |
| 4.2 可能的未來氣候趨勢..... | 17 |
| 第五章 臺灣極端指標分析..... | 21 |
| 5.1 臺灣極端指標現況與推估..... | 21 |
| 5.1.1 溫度..... | 22 |
| 5.1.2 降水..... | 26 |
| 5.1.3 颱風..... | 30 |
| 5.2 臺灣極端在 AR5 與 AR6 情境推估之差異..... | 31 |
| 第六章 總結..... | 35 |

圖目錄

| | |
|---|----|
| 圖 1 DRR 與 CCA 系統特色同異之處..... | 4 |
| 圖 2 全球氣候變遷模擬的各國團隊..... | 7 |
| 圖 3 AR6 未來推估結合 CMIP5 模式情境示意圖..... | 8 |
| 圖 4 AR6 氣候推估情境設定..... | 9 |
| 圖 5 RCP 情境的輻射強迫力..... | 11 |
| 圖 6 (a)1960-2018 年最大日高溫 (TXx)、(b)年最小日低溫 (TNn) 和(c)年最大日高溫超過第 90 個百分點年天數的線性趨勢..... | 13 |
| 圖 7 1950-2018 年站點觀測到的年最大日降水量 (Rx1day) 趨勢分布..... | 13 |
| 圖 8 1960-2018 年連續乾旱日數 CDD 的線性趨勢..... | 14 |
| 圖 9 全球年最高溫度的變化趨勢，(a)1.5°C、(b) 2°C和(c) 4°C和年最低溫度(d)1.5°C、(e) 2°C和(f) 4°C情境..... | 16 |
| 圖 10 同圖 9，但為年最大日降水量的趨勢變化..... | 17 |
| 圖 11 SSP1-2.6 和 SSP5-8.5 情景下全球平均海平面推估趨勢。(上圖) 相對於 1995-2014 年，全球平均對海平面變化的貢獻時間序列；(下圖) 影響因子空間分布..... | 18 |
| 圖 12 臺灣年平均氣溫的時間序列與變化趨勢。(a)1911-2020 年臺灣年平均氣溫距平，是臺北、臺中、臺南、恆春、花蓮和臺東 6 個測 | |

站氣溫的平均，黑線為 11 年滑動平均的結果，紅為 100 年迴歸線，藍線為 50 年，綠線為 30 年；實線表示線性變化趨勢通過了 95% 的信心度檢定，虛線表示未通過檢定。根據各迴歸線斜率計算的變化趨勢標示於左上角，1951-1980 年氣候基期的平均氣溫標示在右下角。(b)長條圖從左到右是各測站 100 年、50 年、30 年的變化幅度。實心表示變化趨勢通過了 95% 的信心度檢定，空心表示未通過檢定。..... 20

圖 13 (a)臺灣地區未來氣溫模式推估趨勢分布圖，(b)為臺灣地區未來氣溫模式推估趨勢。(藍色為 SSP1-2.6 情境、橙色為 SSP2-4.5 情境、紅色為 SSP3-7.0 情境和暗紅色為 SSP5-8.5 情境，趨勢線為模式系集平均，灰色區塊為模式 5~95%區間；盒鬚圖分別表示 5%、25%、50%、75%與 95%)，單位:°C..... 21

圖 14 同圖 13，但為高溫超過 36°C 日數。單位:日。..... 22

圖 15 (a)臺灣地區未來氣溫模式推估趨勢分布圖，(b)雙北地區未來氣溫模式推估趨勢。單位：日。..... 22

圖 16 1897 至 2020 年臺灣六個百年測站冬、夏兩季長期變遷趨勢；單位:日。..... 23

圖 17 未來季節長度，圖為系集平均結果；單位:日。..... 24

圖 18 同圖 12，但為年總降雨量。單位: 毫米。..... 25

| | |
|---|----|
| 圖 19 同圖 13，但為年總降雨量。單位:%。 | 25 |
| 圖 20 同圖 12，但為年最大 1 日暴雨。單位:毫米。 | 26 |
| 圖 21 同圖 13，但為年最大 1 日暴雨強度。單位:%。 | 27 |
| 圖 22 同圖 12，但為年最大連續不降雨日數。單位:日。 | 27 |
| 圖 23 同圖 13，但為年最大連續不降雨日數，單位:%。 | 28 |
| 圖 24 RCP8.5 情境下，四項颱風指標的未來變遷。 | 29 |
| 圖 25 臺灣平均氣溫未來推估變化比較。左上為 CMIP5 與 CMIP6 於不同情境下平均溫度變化幅度，右上為其盒鬚圖；下圖為各系集 30 年滑動平均比較。 | 30 |
| 圖 26 同圖 25，但為臺灣年總降雨量。 | 31 |
| 圖 27 同圖 25，但為臺灣年最大 1 日暴雨強度。 | 31 |
| 圖 28 同圖 25，但為臺灣最大連續不降雨日數。 | 32 |

表目錄

| | | |
|-----|-------------------------|----|
| 表 1 | IPCC 氣候模式不同版本差異比較 | 11 |
|-----|-------------------------|----|



第一章 前言

受全球氣候變遷及極端氣候事件之影響，未來逐漸加劇的氣候相關災害及潛在衝擊，已成為防災科學研究上需重視之課題。臺灣位居環太平洋地震帶，也處於西北太平洋颱風侵襲的主要路徑上，世界銀行報告指出，臺灣同時暴露於兩項以上天然災害之土地面積，面臨災害威脅之人口為 99%，故屬於全世界高災害風險的地區（World Bank, 2005）。因此，當未來極端天氣與氣候事件的發生頻率及強度可能增加的時候，首當其衝的即為我國的災害防救領域，面對自然災害的調適與減災為目前至關重要的工作。

聯合國政府間氣候變遷專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change，簡稱 IPCC）於 8 月 9 日公布第六次氣候變遷評估報告（Sixth Assessment Report）－第一工作小組（Working Group I, WG I）報告的最終版草案。報告指出，人為氣候變遷已經影響世界各地許多極端天氣與氣候事件，近期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。這些變遷包括極端高溫、海洋熱浪、豪雨、部分地區農業與生態乾旱的發生頻率與強度增加、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，這些極端氣候事件的發生往往會對自然系統以及人類社會造成極大的衝擊與影響（Du et al., 2019; Dunn et al., 2020）。

本報告依據釋出之最新氣候變遷情境設定，並利用 AR6 推估資料，以過去科研經驗所發展之相同的降尺度技術與方法，產製 AR6 臺灣本土降尺度資料。除了連結與比較全球、區域到臺灣的氣候變遷，報告同時對過去的 AR5 降尺度資料的分析結果進行比較，並且與藉此瞭解舊、新一代氣候推估資料的差異之處及其對災害衝擊可能的影響。尤其是在氣候變遷災害風險地圖製作相關的氣候參數，以利使用者做前後情境之比對。同時搭配氣候變遷情境，進行暖化情境改變的情況下可能的災害衝擊模擬。

第二章將介紹臺灣目前防災政策作為、第三章敘述最新氣候變遷情境資料 (AR6) 與 AR5 情境設定差異比較、第四章說明目前全球系統變化趨勢、第五章為臺灣地區極端指標的分析與第六章總結。

第二章 臺灣的防災政策作為

2.1 前言

在講求建立韌性、長遠防災藍圖時，需思考如何將更全面、永續的視野帶進防災主軸業務，因此，氣候變遷的影響難以被忽略。過去獨立運作的「災害風險減輕（Disaster Risk Reduction，簡稱 DRR）」，現也已需朝向考量因應氣候變遷的「調適」（Climate Change Adaptation，簡稱 CCA）方向推動。國際間更形成出防減災（DRR）與氣候變遷調適（CCA）兩大體系採整體性推動的氛圍，亦逐漸透過倡議及公約條文，朝兩大系統保留各自優勢及獨特性，但可相輔相成、擴大綜效的方向拓展業務，以提高資源運用效益，大幅降低未來災害風險之衝擊及損失。

單從定義上而言，DRR 以災害為主軸，儘管災害類型可涵蓋非氣候災害，如地震、火山爆發等其它物理性或人為災害，但仍聚焦在災害連動的影響上（UNDRR，2021）；CCA 則更著墨於探討氣候所導致的各類影響（非氣候因子則不在該系統討論範圍內），考量層面就不限於災害議題，可為生態、能源、公衛、貿易等（Proact，2008）。若進一步對 DRR 與 CCA 的特性進行分析，可簡略將兩大系統特色整理為下圖 1。該圖除可看出定義中所提及之兩大系統差異之外，亦不難發現，在風險分析資料來源上（DRR 使用歷史災害資料，而 CCA

使用氣候指標及模式做風險推估) 以及規劃時間尺度上 (DRR 多以短期與現況做主要考量, CCA 則以世紀末等長期規劃為主) 皆有其細節上的差異。

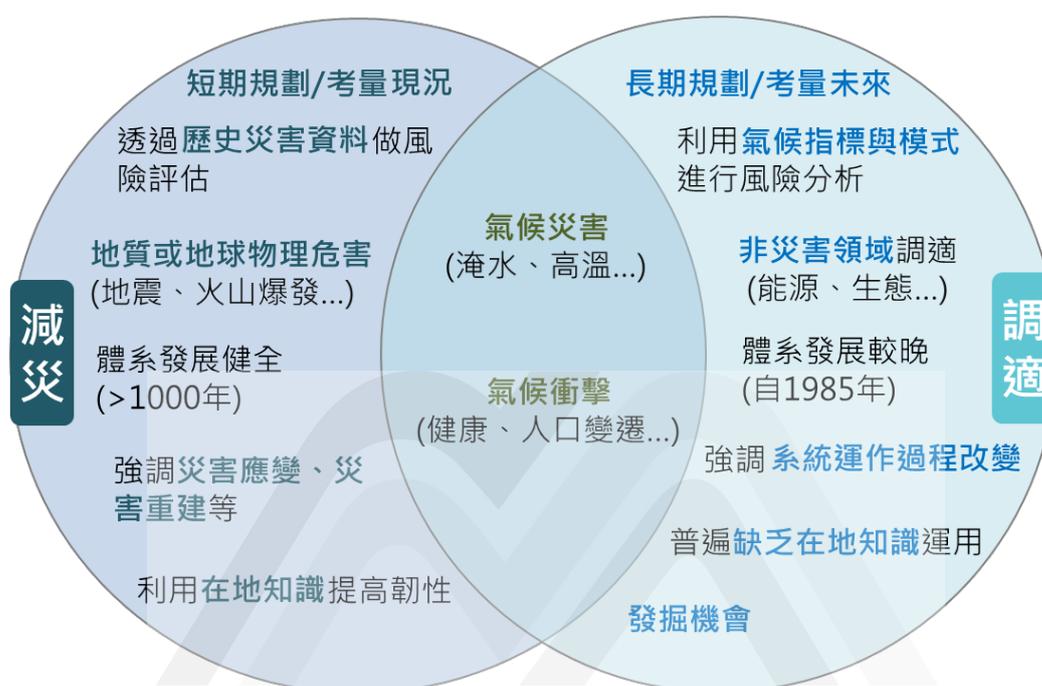


圖 1、DRR 與 CCA 系統特色同異之處 (此圖為整理多項文獻後繪製, 文獻包含 Proact (2008)、Placard(2018)、UNDRR(2021))

2.2 氣候變遷科學及 CCA 與 DRR 策略整合於我國之重要性

相較於氣候變遷, 更倚重於防災業務的「調適計畫」並不少見。雖臺灣社會及部會對氣候變遷議題並不陌生, 但對於氣候變遷風險辨識的能力、氣候變遷風險評估方法運用、調適選項選擇等方面的能力卻仍待發展。另因我國天災頻繁, 數十年來從各類事件中淬煉出的

DRR 實務經驗、組織體制與整體認知能力相對 CCA 成熟許多，且體系的完備性仍在不斷提升當中；要推動中央及地方單位，將近十年才逐漸浮現的氣候變遷及 CCA 議題納入業務考量實非易事。尤其多數部會在業務推動過程中，常因現況問題繁雜且急迫、預算編列週期較短等因素，形成導入 CCA 思維的門檻，或陷入無法推動長遠性規劃（如 CCA 的世紀中、世紀末情境）的窘境。

此外，雖 DRR 與 CCA 有著系統上實質的差異，但依照目前國際發展趨勢，兩大體系要完全獨立運作的可能性極低。因兩者皆以降低風險及損害為目標之一，在執行順序上無優先性及重要性之分，我國既然 CCA 發展較晚，其策略可建構在 DRR 現有優勢之上，同時透過體系異同的認知宣導，在協助部會釐清兩者核心工作及推動方式外，有效降低體系間的衝突或相互侷限的可能。而為確保 DRR 與 CCA 工作達到相輔相成之效，而非顧此失彼。國際間無論層級（國家、地方、區域、社區），亦時常將兩大體系的相關計畫，含括在更為廣義、大尺度的概念中，作為「韌性」（Resilience）、永續發展（sustainable development）或風險管理（risk management）目標的工作之一，以確保氣候變遷及各類災害因子都有被明確掌握，並提前做出因應；此類推動方向也可以成為我國在 DRR 與 CCA 縱效思考上的可行性選項。

不論是 DRR 或是 CCA 的執行都需要科學數據的支持。DRR 極

度仰賴過去歷史資料的蒐集以及即時監測或是短期預報的資訊來對正在發生或是即將發生的災害進行應變、救災或是災後復原資源分配作為；CCA 則需要歷史資料以及氣候變遷推估的訊息作為政策形成的基礎。以下章節將對最新出版的全球以及臺灣地區氣候變遷推估加以描述。



第三章 IPCC 第六次評估報告

3.1 IPCC 評估報告簡介

聯合國政府間氣候變遷專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）是一個附屬於聯合國之下的跨政府組織，在 1988 年由世界氣象組織、聯合國環境署合作成立，專門研究由人類活動所造成的氣候變遷。該會會員限於世界氣象組織及聯合國環境署之會員國。為決策者提供定期評估氣候變化、其影響和未來風險的科學基礎，以及適應和緩解的備選方案。

IPCC 已分別在 1990、1995、2001、2007 年及 2013 年發表五次正式的「氣候變遷評估報告」。2021 年，IPCC 在 8 月 9 日發布了第一工作組的報告《氣候變遷 2021：自然科學基礎》，預計將在 2022 年 2 月、3 月和 9 月分別發布《氣候變遷 2022：衝擊調適和脆弱度》、《氣候變遷 2022：氣候變遷減緩》與綜合報告《氣候變遷 2022：第六次評估綜合報告》。

IPCC 報告中的科學基礎來自於其成員對於每年發表的科學論文進行評估，總括目前科學對於觀測、氣候模擬的發現與進展，其中最主要來自第六次耦合模式比對計畫（Coupled Model Intercomparison Project Phase 6, CMIP6）的相關科研成果。全球氣候模式的模擬需大量資源，全球各國研究機構皆投入大量的時間與資源，臺灣過去的全

球氣候模式發展有限，並未能參與 CMIP 計畫。而近年來，中央研究院在科技部的支持下形成一個團隊致力於發展氣候系統模式，以美國大氣研究中心（National Center for Atmospheric Research, NCAR）的地球系統模式為基礎，納入臺灣研究的模組改善大氣物理參數，並調整海洋模擬的模組。全球氣候變遷模擬的各國團隊（圖 2），臺灣首次以中研院發展的臺灣地球系統模式（簡稱 TaiESM）加入，貢獻了一組完整的新暖化情境模擬資料。

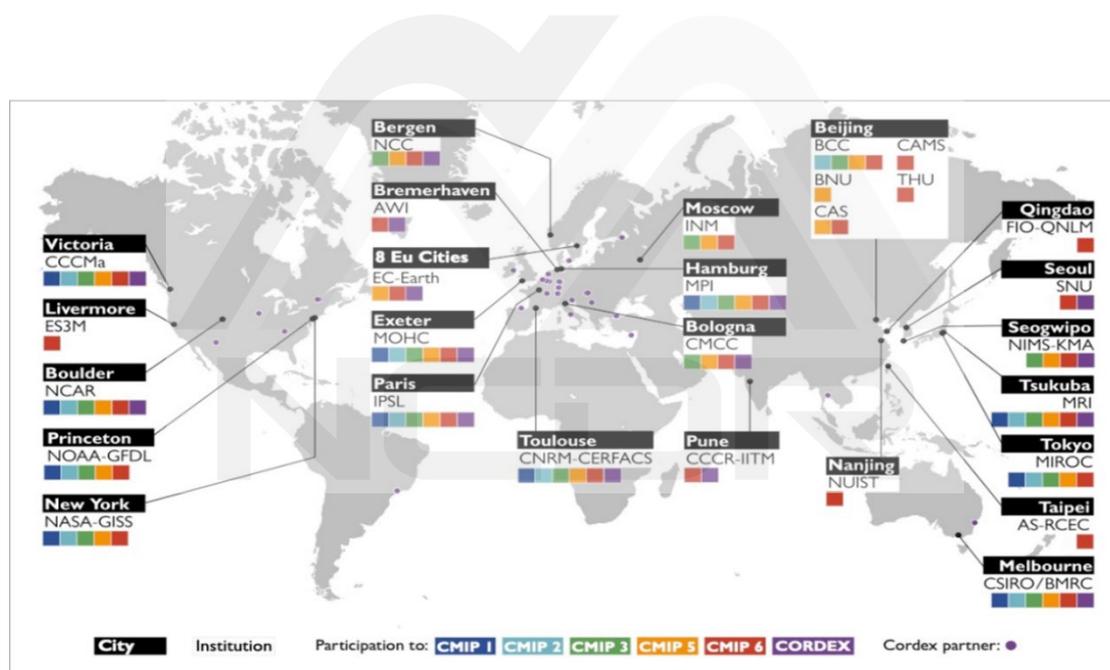


圖 2 全球氣候變遷模擬的各國團隊

(資料來源：IPCC 圖 (2021 年) 1-199, Figure 1.20)

3.2 AR6 模式情境設定

IPCC 第六次評估報告 (Sixth Assessment Report, 簡稱 AR6) 中，提供另一種未來氣候變遷情境「共享社會經濟路徑」 (Shared Socioeconomic Pathways, 簡稱 SSPs) 如圖 3，AR6 考慮了前兩期報告情境設定的優缺點，結合了社會經濟發展 (SSP) 與 AR5 輻射強迫力 (Representative Concentration Pathways, 簡稱 RCP) 的情境推估未來氣候。SSP 設定了社會經濟發展的故事軸線，RCP 則制定了發展的強度，SSP-RCP 隱含減緩與調適的社會經濟挑戰。

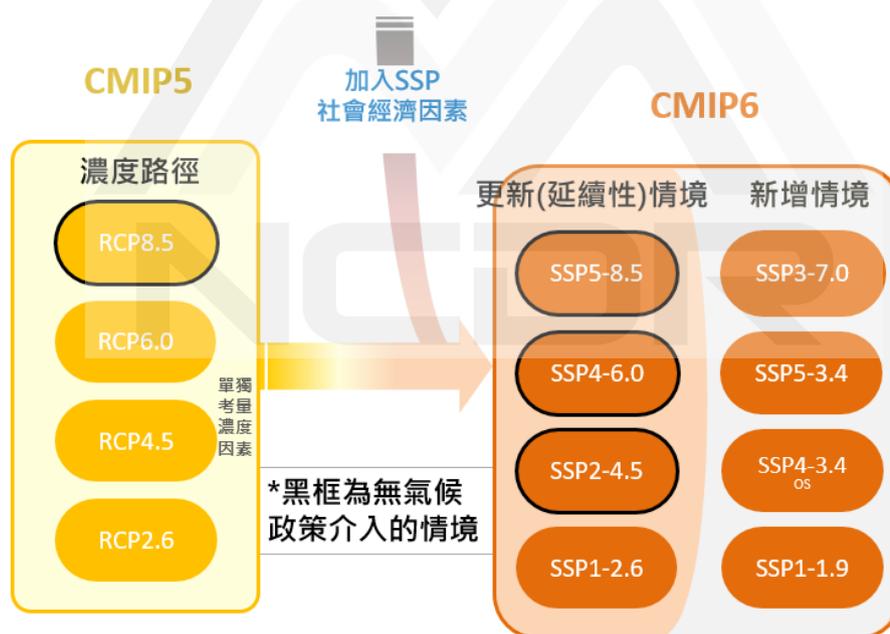


圖 3 AR6 未來推估結合 CMIP5 模式情境示意圖

圖 4 以現況可數據化、可量測之資料建立一整合性模型做為基礎情境，後續透過不同敘述性故事情境，提出不同未來能暖化的情境。SSPs 之間主要差異來自對社會經濟因素的不同假設，如全球人

口增長、受教育機會、城市化、經濟增長、資源可用性、技術發展...等。圖 4 以現況可數據化、可量測之資料建立一整合性模型做為基礎情境，後續透過不同敘述性故事情境，提出不同未來能暖化的情境。各情境解釋如下：

1. SSP1-全世界將氣候變遷視為重大議題，攜手共進全力減少氣候變遷之影響。（永續）
2. SSP2-未來全球發展持續依循現行發展路徑進行。（中間路線）
3. SSP3-區域或民族意識高漲，各國以提高自身國家競爭力為發展目標，無視跨區域性之環境影響進行經濟發展。（區域競爭）
4. SSP4-已開發國家與低開發、開發中國家之差距日益明顯，導致各國家對氣候變遷重視程度不一。（不平等）
5. SSP5-全球市場趨於整合，且因成功解決許多環境議題使各界相信即使全力發展化石燃料，仍可邁向永續發展。（石化燃料發展）

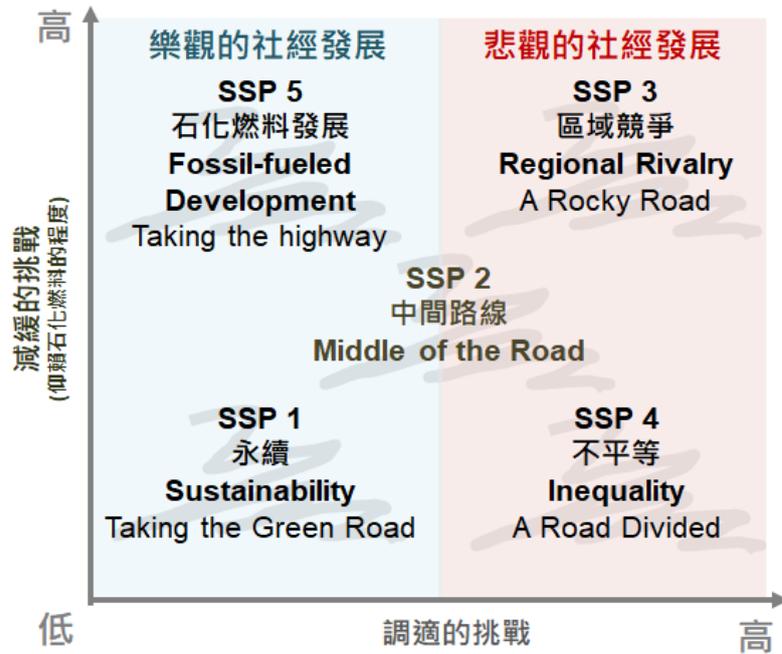


圖 4 AR6 氣候推估情境設定

3.3 AR6 與 AR5 之差異

AR5 報告中的未來推估情境則是以代表濃度路徑表示分為 RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0 與 RCP8.5 四種情境（以 2100 年與 1750 年工業革命前之間的差異量作為指標）（如圖 5）。以 2100 年個別達到之輻射強迫 (Radiative forcing, 簡稱 RF) 來命名；RCP2.6 至 RCP8.5，依序是由積極調適作為到持續排放汙染的不同程度（即 2100 年時 RF 增加 2.6 W/m^{-2} 至 2100 年時 RF 增加 8.5 W/m^{-2} ）。

RCP2.6 的情境暖化減緩（輻射強迫力在 2100 年呈減少趨勢），於未來的溫室氣體減量相對樂觀；RCP4.5、6.0 是屬於穩定的情境（輻射強迫力的變化在 2100 年呈較為穩定狀態）；RCP8.5 的情況最為嚴峻，是溫室氣體高度排放的情境（輻射強迫力在 2100 年

呈持續增加趨勢)，表示世界各國並無任何溫室氣體減量之假設情境，此情境是相對於是最劣排放情境，以險峻的情境進行推估，可做較保守的調適操作。

AR6 報告中模式從大氣環流模式到地球系統模式、區域高解析度模式，空間解析度提升至 100 公里、50 公里；更新物理過程的計算，氣候模式中的主要模擬變數增加，模式個數增加至 60 組，多數模式有較高的氣候敏感度，計算出的暖化的幅度較大。

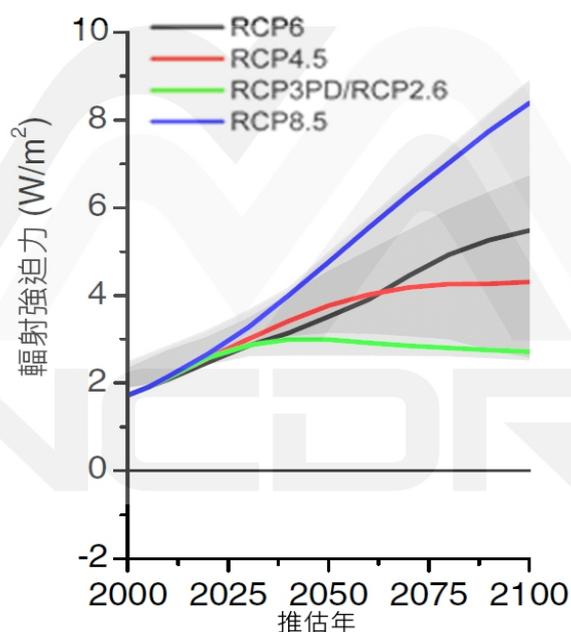


圖 5 RCP 情境的輻射強迫力。淺灰色區域代表原先整合評估模式 (IAM, Integrated Assessment Model) 情境 98% 的範圍，深灰色代表 90% 的範圍 (圖片來源: van Vuuren et al, 2011)

表 1 IPCC 氣候模式不同版本差異比較

| 世代 | AR5 | AR6 |
|-----------|---|---|
| 實驗組 | CMIP5 | CMIP6 |
| 推估 起始年 | 2006 | 2015 |
| 常用情境 | 以輻射強迫力決定 RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5 數字愈高暖化程度越高 | 社會經濟與輻射強迫力結合的 推估情境矩陣組合 SSP1-2.6 永續 SSP2-4.5 中間路線 SSP3-7.0 區域競爭 SSP4-6.0 不平等發展 SSP5-8.5 石化燃料發展 |
| 空間 解析度 | 100~250km | 更高解析度全球模式 (60~125km) |
| 模式數 | 42 個 | 60 個 |

NCDR

第四章 全球氣候系統變化

4.1 全球氣候現況

人類對大氣、海洋及陸地暖化的影響已是無庸置疑，大氣、海洋、冰雪圈與生物圈已經發生廣泛且快速的變遷。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。人為氣候變遷已經影響世界各地許多極端天氣與氣候事件。自從第 5 次評估報告 (AR5) 發布以來，極端事件 (如熱浪、豪雨、乾旱、熱帶氣旋) 的觀測及其受人為影響的證據均已更強化。

AR6 報告指出，自 1850–1900 年 (即工業革命後)，人類活動產生的溫室氣體至今已令全球地表溫度升溫近 1.1°C (Capron et al., 2017)。全球氣候變遷下極端高溫變化 (圖 6)，大部分地區變暖的趨勢一致，歐洲和南美洲西北部的日高溫上升幅度特別大，日低溫而言以北極區域上升幅度最大。自 1960 年代，北極區域日低溫的上升速度約為全球地表溫度的三倍。全球範圍內熱浪的強度和持續時間以及熱浪天數都有所增加，這些趨勢可能發生在歐洲、亞洲和澳大利亞。非洲極端溫度的變化具有中等可信度，南美洲則為高可信度。

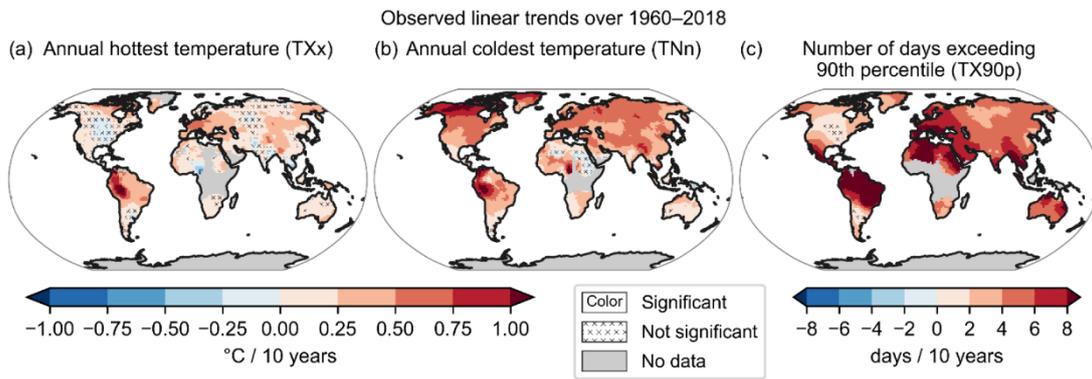


圖 6 (a)1960-2018 年最大日高溫 (TXx)、(b)年最小日低溫 (TNn) 和(c)年最大日高溫超過第 90 個百分點年天數的線性趨勢(基期為 1961-1990 年) (TX90p) (Dunn et al., 2020)

持續的全球暖化將進一步增強全球水循環，其中包括水循環變異度、全球降雨、乾濕事件的嚴重程度。在大部分具有良好觀測覆蓋的陸地區域，強降水的頻率和強度可能在全球範圍內有所增加。自 1950 年代以來，在具有足夠觀測覆蓋範圍進行評估的陸地區域內，一天或連續五天以上的年最大降水量可能增加 (Du et al., 2019; Dunn et al., 2020)，增加的區域多於減少的區域 (圖 7)。三大洲的大陸尺度強降水可能有所增加，包括觀測數據更為豐富的北美、歐洲和亞洲。

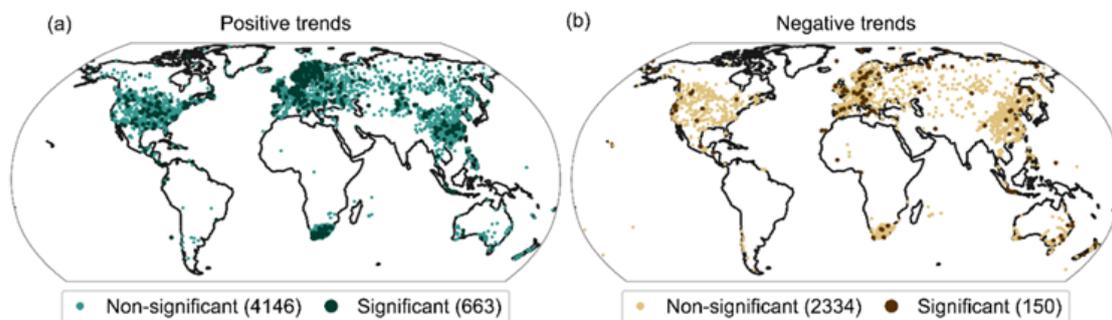


圖 7 1950-2018 年站點觀測到的年最大日降水量 (Rx1day) 趨勢分布。(a)正、(b)負趨勢的站點分布。

(資料來源：IPCC 圖 (2021 年) 11-332, Figure 11.13)

乾旱可分為不同類型，氣象（降水不足）、農業（例如作物減產或歉收，通常與土壤水分不足有關）、生態（例如導致樹木枯萎，與植物缺水有關）或水文乾旱（例如河流或水庫，湖泊，瀉湖和地下水等儲存庫缺水）（Brunner and Tallaksen, 2019）。在全球範圍內觀察到 1960-2018 年連續乾旱日數（Consecutive Dry Days, 簡稱 CDD）的線性趨勢（圖 8），顯示非洲西部和南部地區、地中海和東亞地區乾旱頻率和嚴重程度略有增加的趨勢（Dai and Zhao, 2017; 30 Spinoni et al., 2019; Song et al., 2020）。

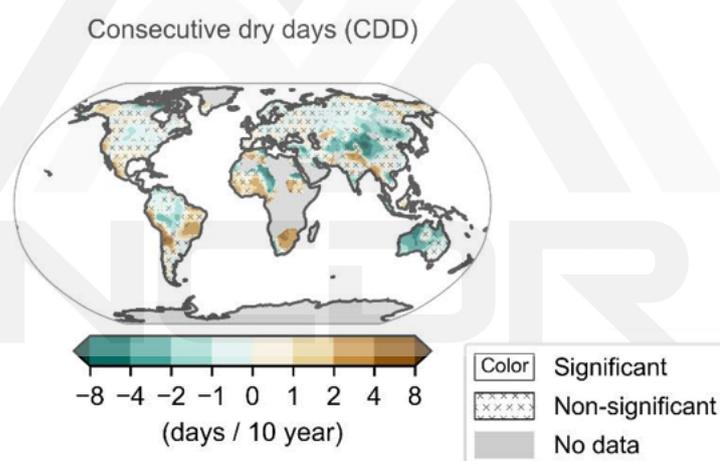


圖 8 1960-2018 年連續乾旱日數 CDD 的線性趨勢。

（資料來源：Dunn et al., 2020）

隨著全球變暖的加劇，過去 40 年中，強熱帶氣旋的比例、平均最大風速將有增加趨勢（高信心）（Kishtawal et al. 2012; Balaguru et al., 2018; Bhatia et al., 2018）。西北太平洋自 1940 年代以來，熱帶

氣旋中心平均位置向極區移動，並且移動速度在過去幾年有所減慢（非常可能）。北大西洋、北太平洋和阿拉伯海盆的熱帶氣旋活動非常可能與人為影響有關。2015 年的異常熱帶氣旋活動不僅由極端聖嬰現象的影響來解釋，還有人為氣候變遷影響導致副熱帶地區海表面升溫。

暖化的氣候同時造成海平面上升，一方面是極地的冰融，另一方面是海水受熱後膨脹的結果。AR6 報告統計，在過去的三千年中，全球平均海平面（global mean sea level, 簡稱 GMSL）在 20 世紀的上升速度比之前任何一個世紀都快，在 1901 年至 2018 年期間上升了 0.20 [0.15 - 0.25] 公尺。自 1960 年代後期以來，GMSL 的上升速度加快，1971-2018 年期間平均增加為 2.3 [1.6-3.1] 公釐/年，在 2006-2018 期間增加到 3.7 [3.2-4.2] 公釐/年（高信心）(Irvali et al., 2020)。《IPCC AR6》(9-102, Table 9.6)。

4.2 可能的未來氣候趨勢

氣候系統的諸多變遷與全球暖化程度直接相關。這些變遷包括極端高溫、海洋熱浪、豪雨、部分地區農業與生態乾旱的發生頻率與強度增加、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。未來無論哪種排放情境，全球地表將持續增溫至少到本世紀中。除非在幾十年內大幅減少二氧化碳及其他溫室氣體排放，否則全球暖

化幅度將在 21 世紀超過 1.5°C 及 2.0°C。

固定暖化情境下（如圖 9），中緯度和半乾旱地區，最熱天的溫度增幅最高，約為全球暖化速度的 1.5 倍至 2 倍（高信心），年最低溫暖化幅度大於年最高溫，且兩極的暖化幅度比赤道更大，極端溫度幅度的變化與全球暖化成正比；但極端事件發生的機率通常隨著變暖呈非線性增加（高信心）。

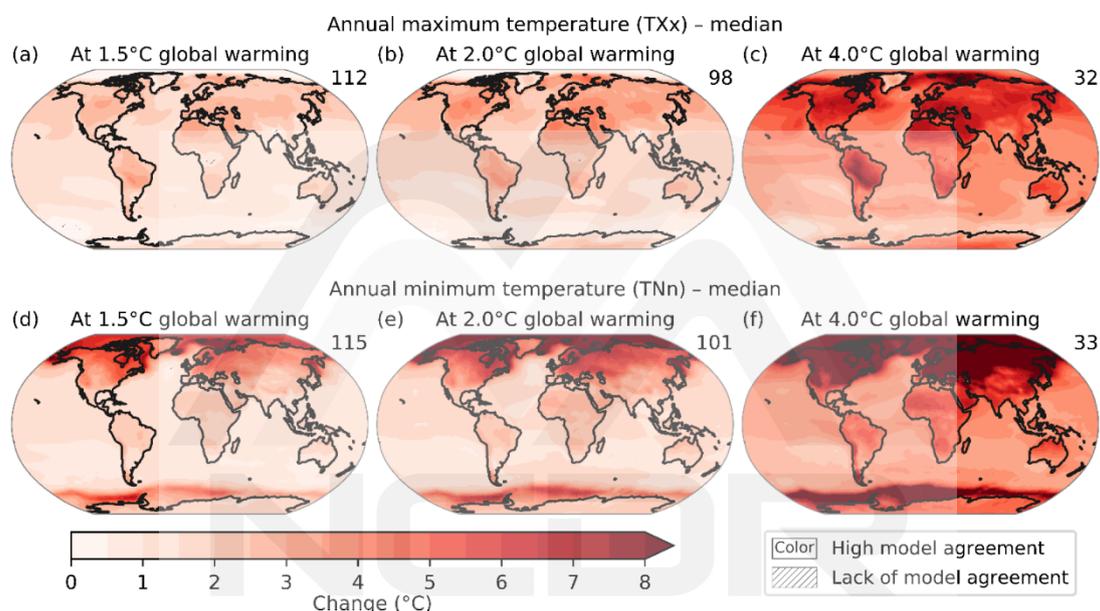


圖 9 全球年最高溫度的變化趨勢，(a)1.5°C、(b) 2°C和(c) 4°C和年最低溫度 (d)1.5°C、(e) 2°C和(f) 4°C情境。

（資料來源：IPCC 圖（2021 年）11-330,Figure 11.11）

持續的全球暖化將進一步增強全球水循環，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。氣候模式推估，水蒸氣的增加導致極端降水事件大幅增加（圖 10），其幅度在每增暖 1°C，水氣增加 4~8%，多個案例表明，非常極端的降水可能已超過熱力學(C-C equation)的速度增加，推估極端降雨減少的區域僅限於亞熱帶海洋，

並且與氣旋路徑轉移導致的平均降水減少高度相關。

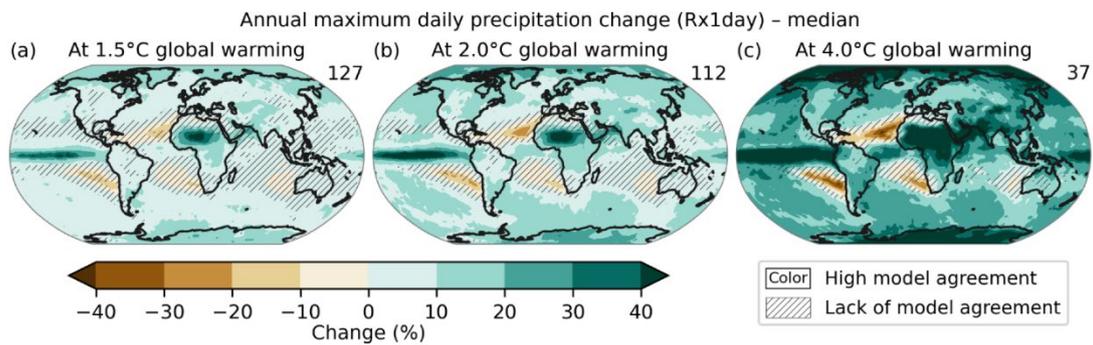


圖 10 同圖 9，但為年最大日降水量的趨勢變化
(資料來源：IPCC 圖 (2021 年) 11-335, Figure 11.16)

全球暖化下海水熱膨脹和陸地冰凍圈融化的影響導致全球平均海平面上升，其驅動因子（包含：海水熱膨脹、格陵蘭冰蓋、南極冰蓋、冰川、土地蓄水、海洋動態海平面、地球重力和旋轉效應因素...等），由於目前沒有單一模型可以直接對海平面的變化計算所有貢獻，因此對未來海平面上升的推估需單獨計算後合併。（資料來源：IPCC 表 (2021 年) 9-108, Table 9.7)

未來海平面上升的趨勢幾乎是被報告肯定的，全球平均海平面將繼續上升到 2100 年。如圖 11 顯示，相對於 1995-2014 年期間，減緩情境 (SSP1-2.6) 下，GMSL 到 2050 年將上升約 0.19 [0.16-0.25]公尺和最劣情境(SSP5-8.5)下，上升約 0.23 [0.20-0.29]公尺，到 2100 年期間，減緩情境(SSP1-2.6)下，上升約 0.44 [0.32-0.62]公尺；最劣情境 (SSP5-8.5)下，上升約 0.77 [0.63-1.01]。GMSL 的上升主要是由冰川和冰蓋的熱膨脹和質量損失貢獻影響，陸地-水儲存變化的貢獻很小，

這些可能的推估範圍不包括與冰蓋相關的不確定性。

Projected Sea Level Change Contributions under SSP1-2.6 and SSP5-8.5

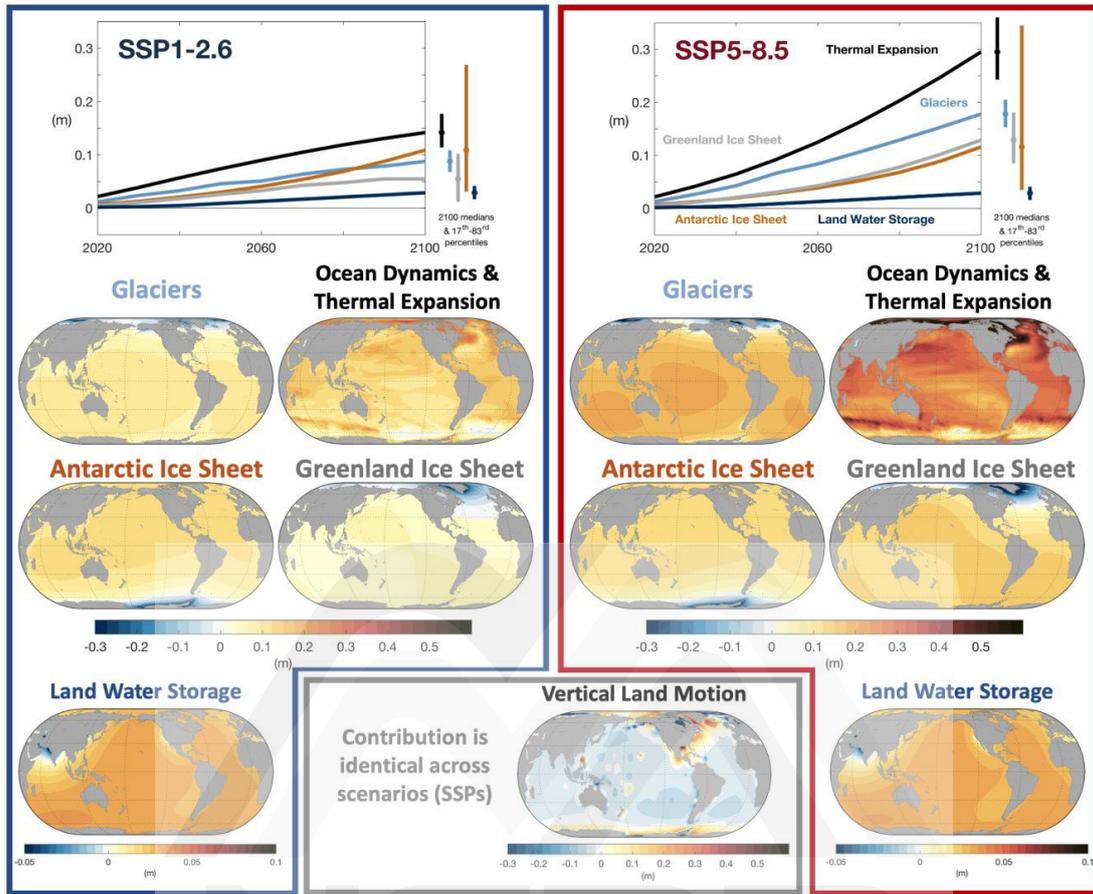


圖 11 SSP1-2.6 和 SSP5-8.5 情景下全球平均海平面推估趨勢。(上圖) 相對於 1995-2014 年，全球平均對海平面變化的貢獻時間序列；(下圖) 影響因子空間分布。

(資料來源：IPCC 圖 (2021 年) 9-248, Figure 9.26)

第五章 臺灣極端指標分析

5.1 臺灣極端指標現況與推估

臺灣位於東亞副熱帶季風區，為四季分明、降水豐沛的氣候型態。然而，從歷史觀測資料分析，溫度和降水都受到了全球暖化的影響，極端高溫 and 極端降水事件的頻率有增加的趨勢。本章將從臺灣歷史資料出發，由中央氣象局六個百年測站觀測資料(包含臺北、臺中、臺南、恆春、花蓮和臺東)分析百年、五十年和近三十年的氣候要素，以科學角度分析並客觀討論臺灣歷史氣候和極端事件的變化。未來氣候推估方面，本研究取得科技部 TCCIP 計畫以 CMIP6 不同暖化情境下未來推估溫度和降水的臺灣地區高解析度統計降尺度資料，分析最新的氣候變遷資料中，臺灣未來氣候可能的變化趨勢。

為了進行風險評估與區域調適規劃所需的氣候推估資訊，AR6 在第 12 章中提出氣候衝擊驅動因子 (Climate Impact Drivers, CIDs)，將影響氣候狀態的變數分為七大類 (熱與冷、濕與乾、風、雪與冰、其他、海岸與海洋)、35 個細項，針對全球不同區域進行評估分析。CIDs 包含了影響社會或生態系統要素的物理氣候系統條件，是提供氣候訊息的優先事項。報告指出與溫度相關的 CIDs，如：平均溫度、極端高溫、霜雪已經發生變遷，且歸因為人類活動影響(中等信心)。報告亦強調，世紀中全球各區域將同時經歷多個 CIDs 的變化，尤其是和溫

度、降水和冰雪相關的指標(高信心)。本章將參考報告中提及的 CIDs 以分析臺灣氣候現況與未來趨勢，探討其空間分布與時間序列在 AR6 情境下所呈現之結果。

5.1.1 溫度

a. 年均溫

臺灣的氣候溫度適宜，孕育了多樣的生態資源與豐富的農業物產。全球暖化下，臺灣的年均溫度也逐年上升，這樣的變化可能影響農業的適栽區，也衝擊臺灣生態物種和擴大病媒蚊分布區域等公衛挑戰。根據中央氣象局測站資料，臺灣全島溫度在 1951-1980 氣候平均值為 23.6°C 。在過去 110 年 (1911-2020) 上升約 1.6°C ，近 50、30 年增溫有加速的趨勢，且皆為顯著的趨勢。以個別測站討論，台北測站近 30 年升溫幅度最高，平均每十年升溫 0.41°C 。恆春測站升溫的速率在過去百年、50 年、30 年區間以來有明顯的增溫趨勢 (圖 12)。

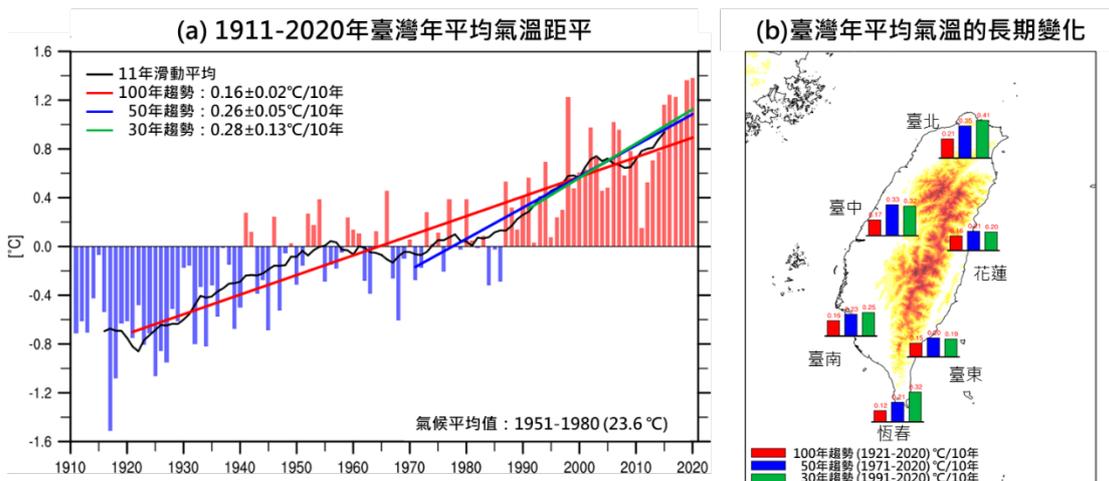


圖 12 臺灣年平均氣溫的時間序列與變化趨勢。(a)1911-2020 年臺灣年平均氣溫距平，是臺北、臺中、臺南、恆春、花蓮和臺東 6 個測站氣溫的平均，

黑線為 11 年滑動平均的結果，紅為 100 年迴歸線，藍線為 50 年，綠線為 30 年；實線表示線性變化趨勢通過了 95% 的信心度檢定，虛線表示未通過檢定。根據各迴歸線斜率計算的變化趨勢標示於左上角，1951-1980 年氣候基期的平均氣溫標示在右下角。(b)長條圖從左到右是各測站 100 年、50 年、30 年的變化幅度。實心表示變化趨勢通過了 95% 的信心度檢定，空心表示未通過檢定。

臺灣各地氣溫未來推估將持續上升。全球暖化最劣情境(SSP5-8.5)下，21 世紀中、末之年平均氣溫可能上升超過 2.0°C、3.6°C；理想減緩情境 (SSP1-2.6) 下，可能增加 1.5°C、1.6°C。空間分布上，世紀中各推估情境下，升溫主要分布在臺灣北部和中央山脈區域。至世紀末除增溫幅度變大，在最劣情境下可發現，台中以北的地區升溫幅度最高，約為 4°C。系集平均推估時間序列顯示，世紀中各情境下的系集平均升溫幅度差異較小，不確定性也較世紀末低 (圖 13)。

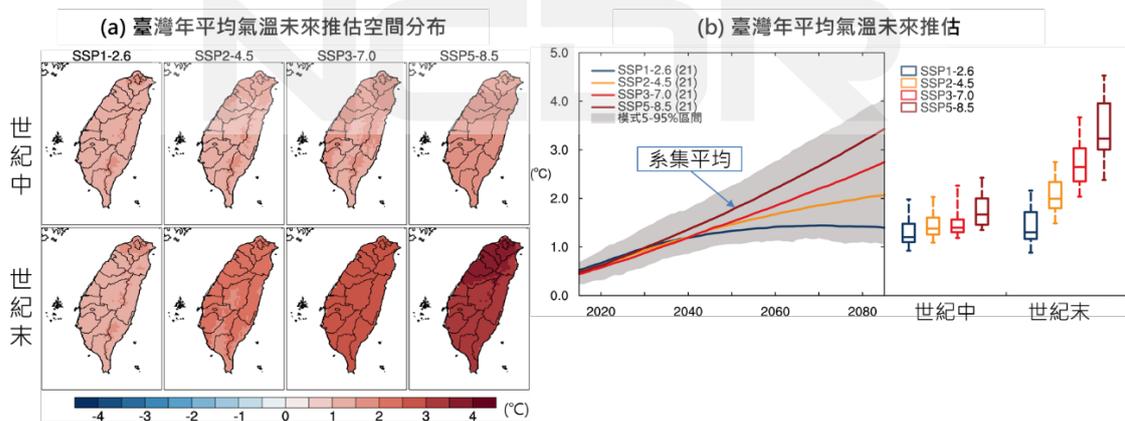


圖 13 (a)臺灣地區未來氣溫模式推估趨勢分布圖，(b)為臺灣地區未來氣溫模式推估趨勢。(藍色為 SSP1-2.6 情境、橙色為 SSP2-4.5 情境、紅色為 SSP3-7.0 情境和暗紅色為 SSP5-8.5 情境，趨勢線為模式系集平均，灰色區塊為模式 5~95%區間；盒鬚圖分別表示 5%、25%、50%、75%與 95%)，單位:°C。

b. 極端高溫

臺灣夏季為潮濕炎熱的季節特徵，在極端高溫事件中，農業作物與社會脆弱族群常因無法適時調節高溫而發生熱傷害事件。此外，高溫衍生的高用電量亦為夏季能源的重要議題。本報告以高溫 36 °C 和 40 °C 為極端高溫門檻，分析臺灣海拔 500 公尺以下極端高溫事件。

圖 14 顯示在未來推估下，全臺各地高溫日數增加：理想減緩情境下，增加幅度皆約 7 日；最劣情境下，21 世紀中、末，增加幅度分別約 9 日、48 日。空間分布上，全臺平地皆會出現高溫，高溫日最頻繁出現處為臺北盆地、西部近山區、蘭陽平原與花東縱谷。

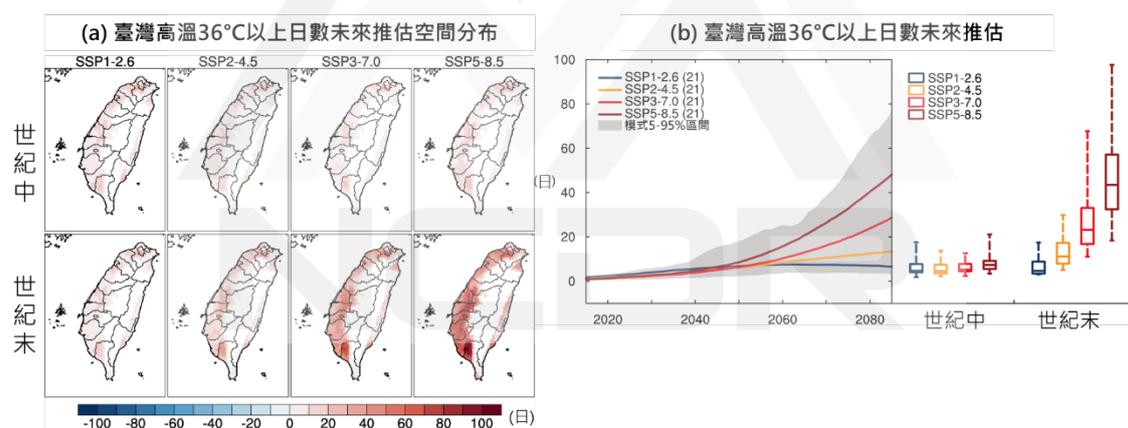


圖 14，同圖 13，但為高溫超過 36°C 日數。單位:日。

圖 15 為高溫超過 40°C 日數，全台平均增加日數不到一日，主要發生在世紀末最劣情境末下的台北盆地，平均每年增加約六日。進一步針對雙北都會區分析高溫 40°C 日數推估時序圖，其顯示在世紀中增加的日數和不確定性小，推估於 2060 年開始不確定性大幅增加，極端值可達每年增加 17 日。

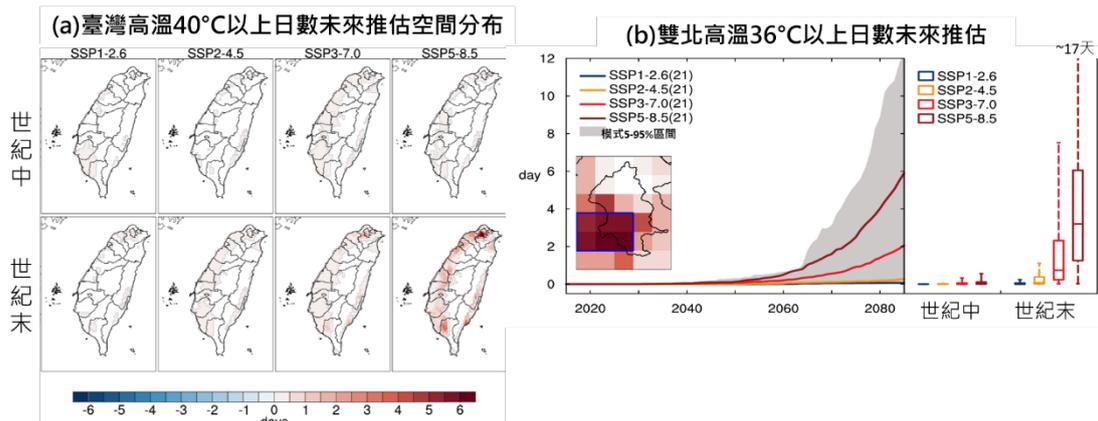


圖 15 (a)臺灣地區未來氣溫模式推估趨勢分布圖，(b)雙北地區未來氣溫模式推估趨勢。單位：日。

c. 季節長度

季節長度是根據日均溫來定義，設定 1961-1990 年平均的 90 天長度來定義各季節的溫度閾值，平均每季日數約為 90 天。近年來，臺灣的氣溫變遷也影響四季長度，圖 16 分析自 1900 年以來氣象局局屬測站資料發現 21 世紀初夏季長度增加至約 120-150 天，相較於 1961-1990 基期時段多了 1-2 月。而冬季日數縮短為約 70 天，在 2015 年以後，測站資料顯示冬季日數大幅下降，臺北和臺中站更縮短至約 20-40 天。

圖 17 推估未來季節長度變遷，在最劣情境下，全臺的夏季長度至世紀末可達 210 天，冬季長度在 2060 年減少至 0 天，即無冬季的氣候特徵；理想減緩情境下之變遷相對緩和，世紀末夏季長度約為 150 日、冬季約減少至 50 日。其中，在四個情境中僅有在 SSP1-2.6 下世紀末仍有一個月以上冬季，其他三種情境至世紀末冬季日數在 5 日以

下。顯示在全球暖化下，臺灣季節變異量減少，轉為全年溫暖的氣候型態。

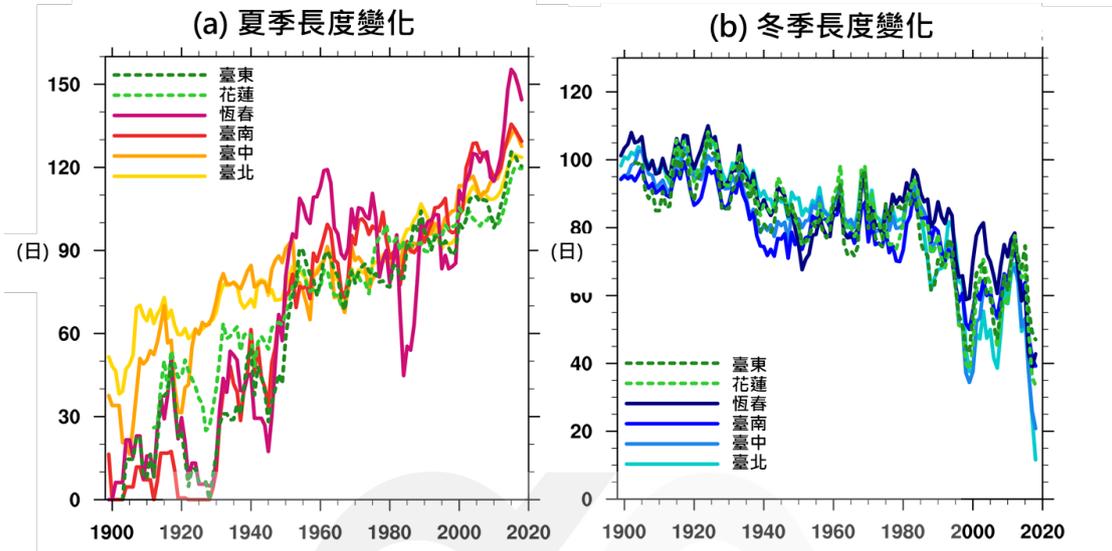


圖 16 1897-2020 年臺灣六個百年測站冬、夏兩季長期變遷趨勢；單位:日。

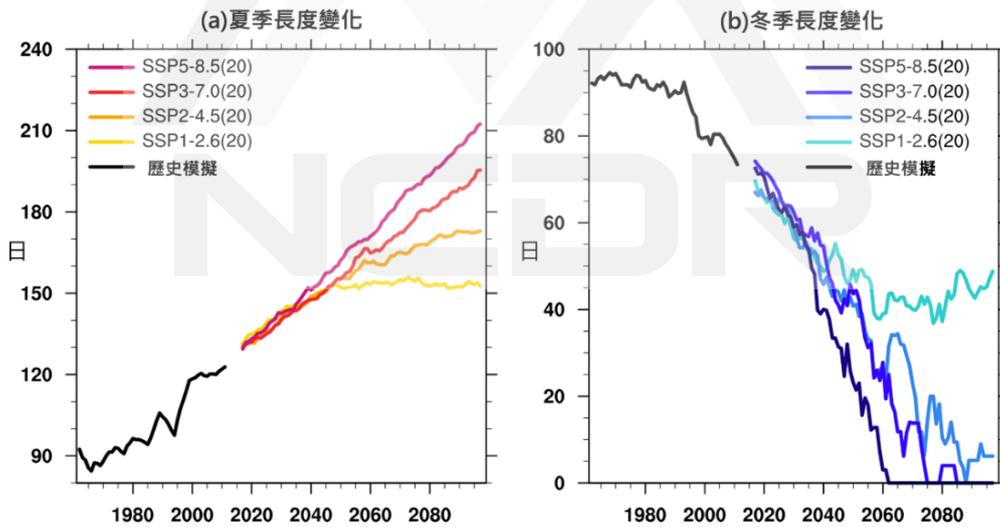


圖 17 未來季節長度，圖為系集平均結果；單位:日。

5.1.2 降水

a. 年總降雨量

臺灣民生、工業製程所需之水資源主要來自降雨，年總降水量的變化對人民生活品質與整體社會經濟層面息息相關。過去 110 年的年

總降雨量趨勢變化不明顯，但是在 1961-2020 年間，少雨年發生次數明顯比 1960 年以前多。六個百年測站僅有台北測站百年趨勢有通過統計檢定，在 1921-2020 間，每十年增加 35.17 毫米（圖 18）。

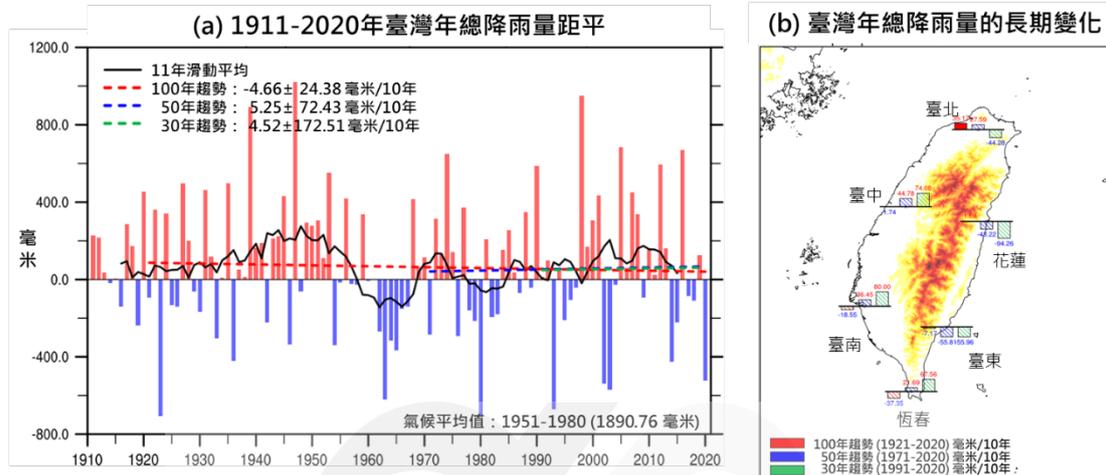


圖 18，同圖 12，但為年總降雨量。單位：毫米。

未來推估臺灣年總降雨量有增加的趨勢，在最劣情境下，21 世紀中、末臺灣平均年總降雨量增加幅度約為 13%、29%，其中以世紀末的模式不確定性最大、空間上以西半部地區降雨改變率較高。而理想減緩情境下，全臺平均降雨改變率增加幅度在世紀中約為 11%、世紀末 15%，兩時期的差異不大（圖 19）。

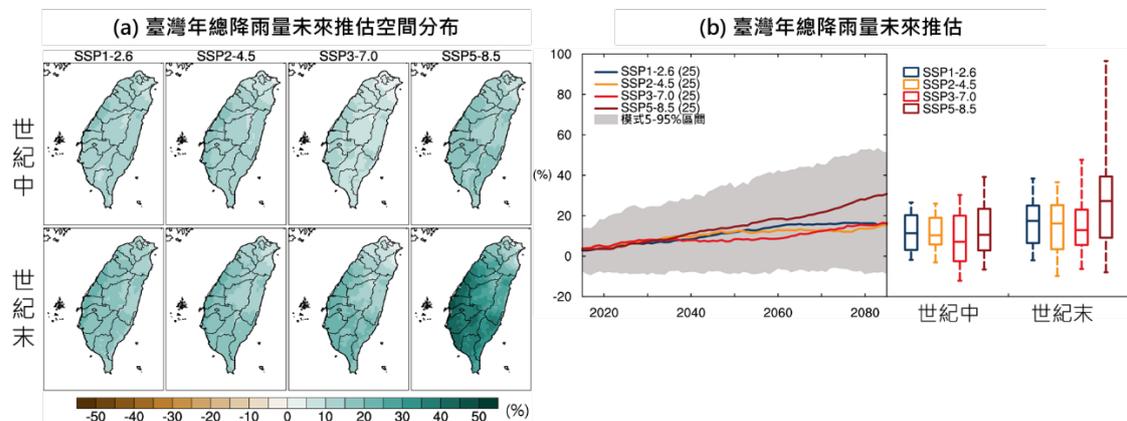


圖 19，同圖 13，但為年總降雨量。單位：%。

b. 年最大一日暴雨強度

降水雖是臺灣水資源的主要來源，但極端強降雨事件易帶來嚴重的淹水、坡地災害。目前臺灣防洪設施以最大一日暴雨強度為設計標準，氣候變遷下年最大一日暴雨強度的變化是所需關注的變數。

臺灣過去 110 年的年最大 1 日暴雨強度趨勢變化不明顯，在 1990-2015 年間，年最大 1 日暴雨強度明顯增加，但是在近三年(2018-2020)則明顯減少，以至於近三十年的最大一日暴雨為減少的趨勢(圖 20)。

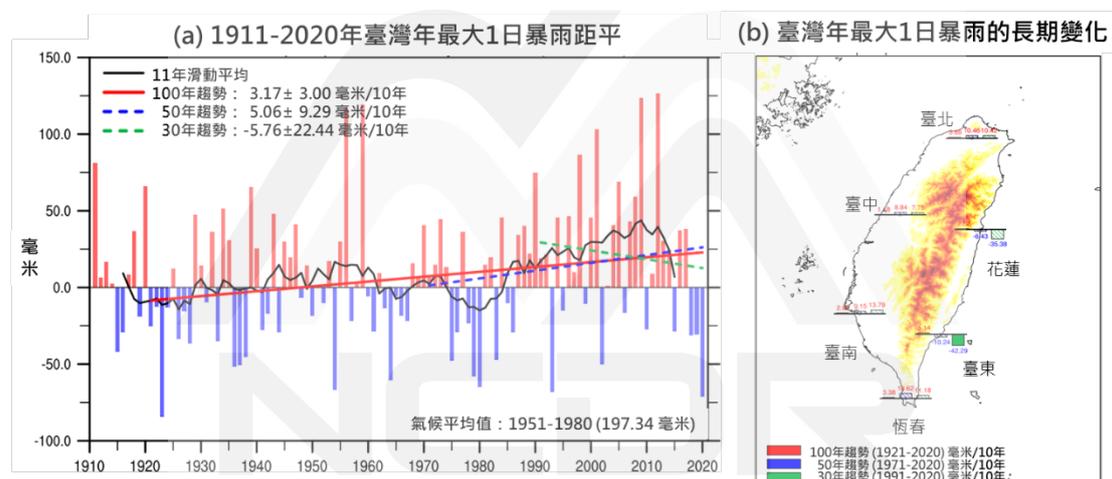


圖 20，同圖 12，但為年最大 1 日暴雨。單位:毫米。

臺灣年最大 1 日暴雨強度有增加趨勢。最劣情境下，21 世紀中、末平均年最大 1 日暴雨強度增加幅度約為 22%、43%；空間分布上，以世紀末中部以北為增加幅度較大的區域。理想減緩情境下，21 世紀中、末平均年最大 1 日暴雨強度增加幅度皆約為 17%，其顯示在此情境下，最大 1 日暴雨改變率隨著推估時間增加，仍控制在相似的變化

範圍內 (圖 21)。

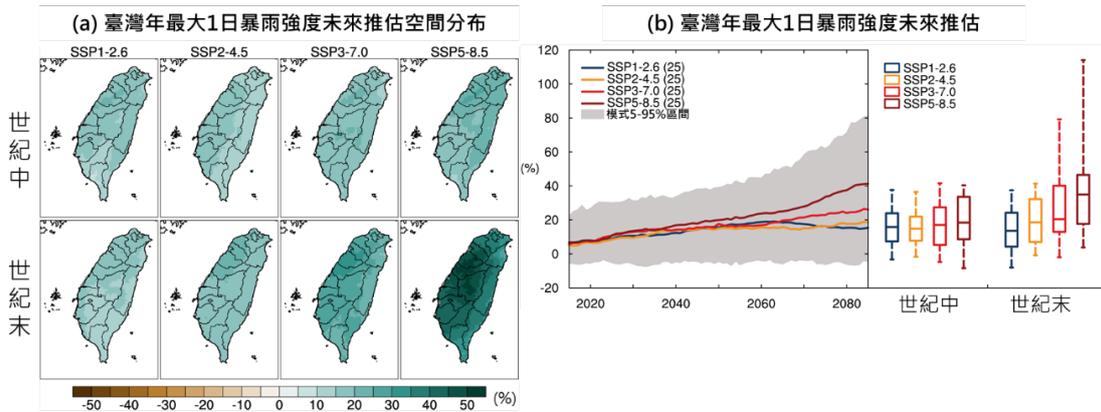


圖 21，同圖 13，但為年最大 1 日暴雨強度。單位:%。

c. 年最大連續不降雨日數

年最大連續不降雨日數為常見的乾旱指標之一，臺灣常見在冬季、春季降水減少造成氣象乾旱，乾旱嚴重時，則可能導致農業乾旱與民生供水不足之社會經濟衝擊。圖 22 分析臺灣過去 110 年的年最大連續不降雨日數(降雨量 1mm 以下)，其趨勢變化明顯，百年增加約 5.3 日。近 30 年最大連續不降雨日數則是下降的趨勢，以臺中測站近 30 年趨勢下降最明顯。

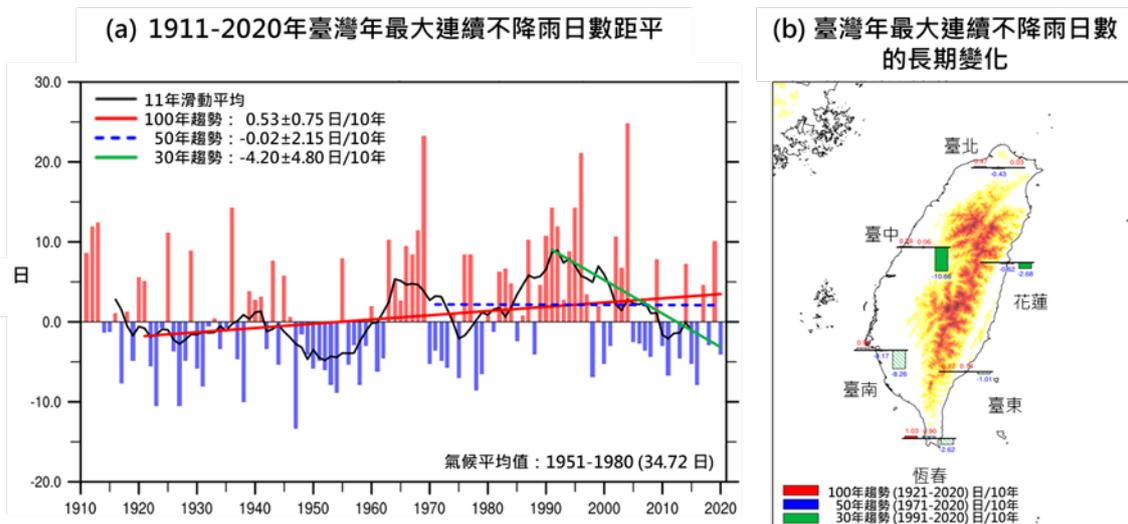


圖 22，同圖 12，但為年最大連續不降雨日數。單位:日。

推估年最大連續不降雨日數有增加的趨勢，最劣情境下，21 世紀中、末平均增加幅度約為 5%、12%。空間分布上，以世紀末臺東地區增加約 20 日最明顯。在理想減緩情境下，連續最大不降雨日數則有減少的趨勢，21 世紀中、末減少幅度約為 2%、0.4%，以中部以北地區為主要減少區域。

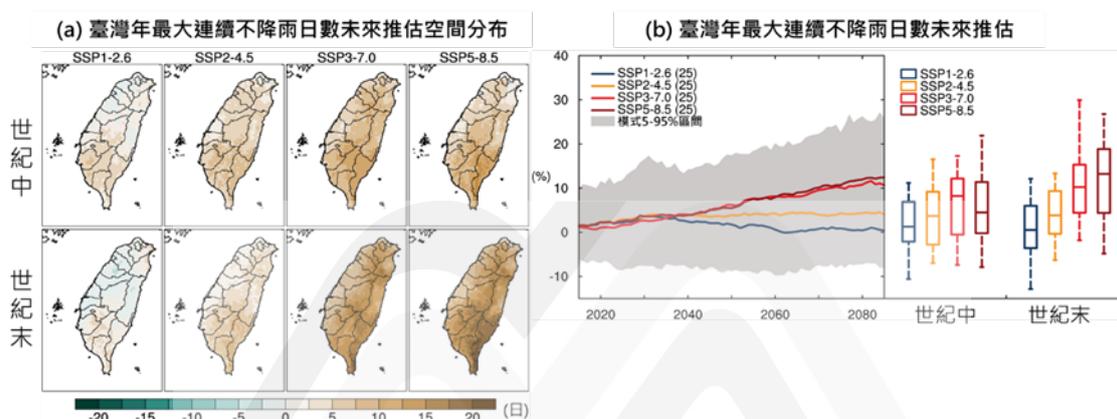


圖 23，同圖 13，但為年最大連續不降雨日數，單位:%。

5.1.3 颱風

颱風帶來的豐沛水氣為臺灣水資源主要來源之一，同時，其強烈的風速也為臺灣帶來嚴重的災害。除了較直觀的水災、坡地災害，海岸災害與地形作用下產生的焚風亦為颱風侵襲時常見的災害，皆可能造成嚴重的民生經濟損失。

為評估颱風影響臺灣之颱風於世紀中、世紀末影響，本篇使用 MRI 與 HiRAM 高解析氣候模式資料，經動力降尺度處理後分析在未來情境下，影響臺灣颱風變遷。

結果如圖 24，在最劣情境下，21 世紀中、末影響臺灣颱風個數將減少約 15、55%；強颱風比例將增加約 100%、50%；最大風速增加約 4%、8%；颱風降雨改變率將增加約 20%、35%。其中，以強颱風頻率分析不確定性最大。此結果顯示推估情境下雖然影響臺灣之颱風減少，但是颱風強度、降雨量都有所增加，後續分析需評估其為臺灣帶來的衝擊。

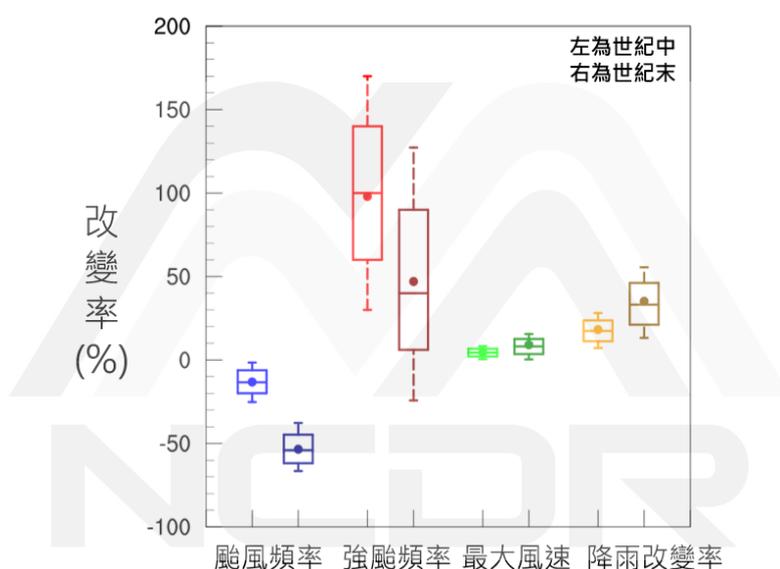


圖 24 RCP8.5 情境下，四項颱風指標的未來變遷。

(圓點表示系集平均，盒鬚圖表示 95、83、50、16、5 百分位)

5.2 AR6 與 AR5 暖化情境推估之差異

自 2019 年發布新版 AR5 統計降尺度日資料以來，各相關領域的資料使用者已有豐碩的研究應用成果。由於 AR5 與 AR6 使用的氣候情境不盡相同，可能導致下游使用者進行氣候變遷衝擊評估時會有不

同的結果，因此，為了鞏固、強化過去的研究成果，或及早發現新、舊版資料有無明顯的差異（如：變化趨勢相反），本報告利用 AR5 與 AR6 降尺度資料的比較與分析，提供給不同領域的使用者參考。為評估 AR6 新暖化情境與 AR5 暖化情境推估之差異，使用 AR5 基期時段（1976-2005）比較 AR5 與 AR6 資料，在相同的基礎下分析兩情境對未來不同變數推估的結果。

圖 25 分析兩資料於臺灣平均氣溫推估變化：世紀末、相同輻射驅動力的條件下，SSPs 情境的增溫都略大於 RCPs 情境；空間分布上，AR6 增溫幅度略大於 AR5，皆為山區增溫大於平地、北部增溫大於南部的特徵；極端高溫方面，高於 36°C 日數與空間分布上在 AR5 與 AR6 中差異不大，但 AR6 模式日數的極端值較 AR5 更多（未顯示）。

臺灣平均氣溫未來推估變化比較

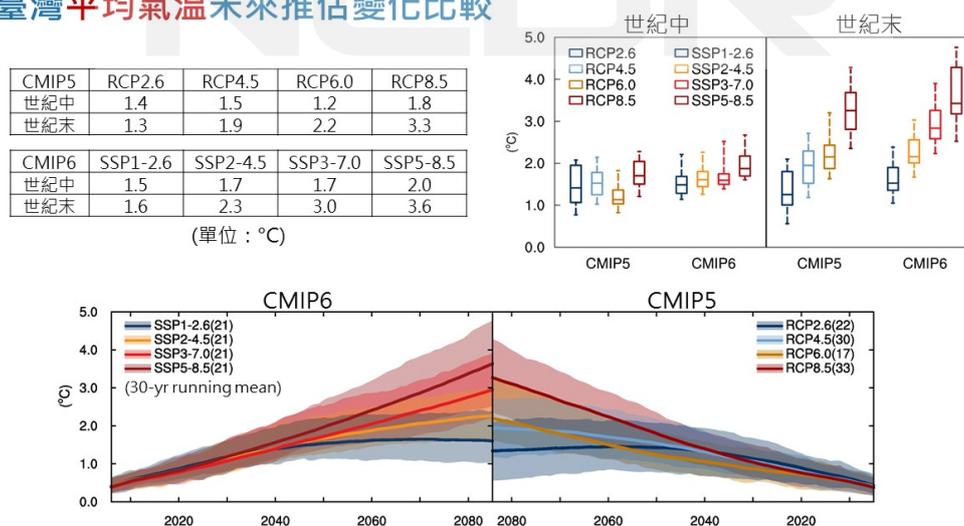


圖 25 臺灣平均氣溫未來推估變化比較。左上為 CMIP5 與 CMIP6 於不同情境下平均溫度變化幅度，右上為其盒鬚圖；下圖為各系集 30 年滑動平均。

降雨方面，AR6 推估世紀末年總降雨改變率比 AR5 稍多，其他趨勢兩資料皆為類似的幅度(圖 26)。但在最大一日暴雨分析中，AR6 世紀末降雨強度明顯增加並多數區域為顯著的變化訊號，並在最劣情境下的不確定性也明顯高於 AR5 (圖 27)。

臺灣年總降雨量未來推估變化比較

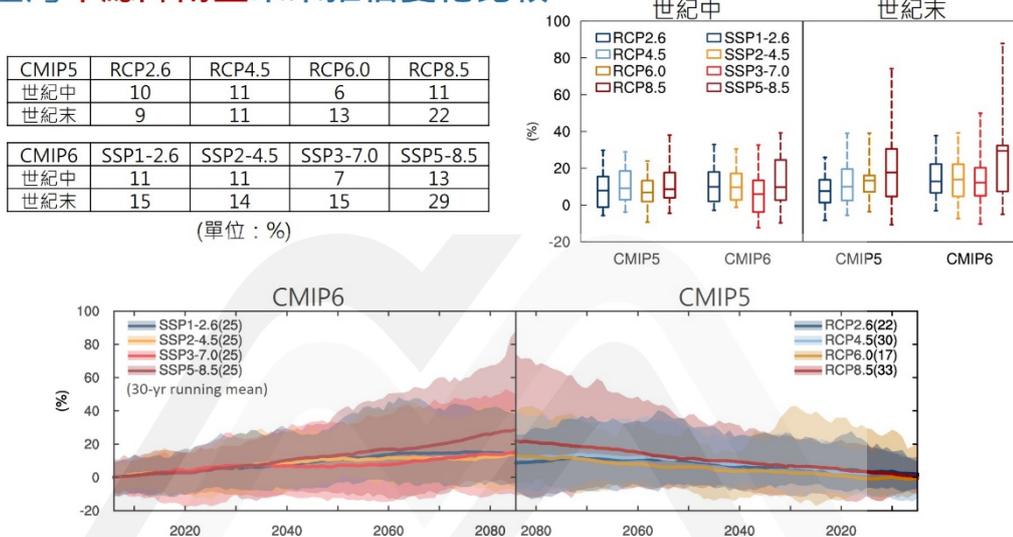


圖 26，同圖 25，但為臺灣年總降雨量。

臺灣最大1日暴雨強度未來推估變化比較

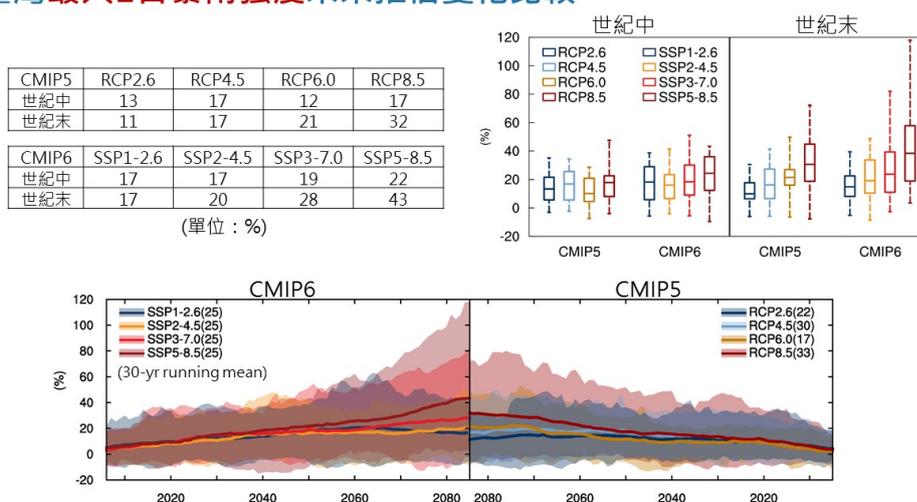


圖 27，同圖 25，但為臺灣年最大 1 日暴雨強度。

最大連續不降雨日數（圖 28）在 AR5 與 AR6 資料推估下，世紀中趨勢變化與離散程度相，世紀末隨著暖化情況越嚴重，臺灣最大連續不降雨日數增加越多。

臺灣最大連續不降雨日數未來推估變化比較

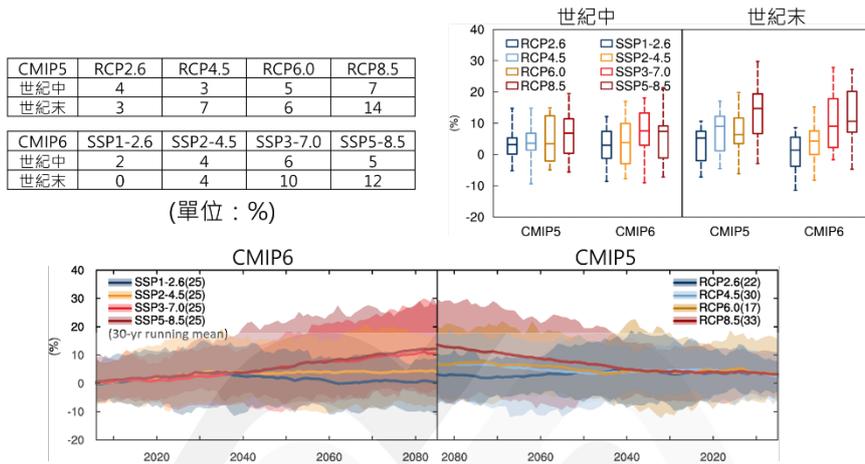


圖 28，同圖 25，但為臺灣最大連續不降雨日數。

第六章 總結

IPCC 第六次氣候報告根據目前多樣的觀測資料，分析目前氣候狀況，也發表最新暖化情境—結合了社會經濟發展（SSP）與輻射強迫驅動力—評估未來可能的氣候變化趨勢。相較於工業革命前，全球已升溫 1.1°C，全球年最低溫自 1960 年以來升高了 3°C，高信心評估區域的極端氣候也隨著全球暖化而變化，凸顯人為氣候變遷對全球以及各區域已造成顯著的天氣與氣候系統的改變。

報告同時也指出，在未來推估下，全球的極端溫度、降雨、乾旱等極端事件除了頻率增加外，還可能出現在不同的時間、尚未發生過的區域，強度亦可能有所提升，以及以上要素隨機組合的複合式極端事件。對於未來極端事件可能帶來的災害，需要更全面、更完善的規劃防災作為。國際間主責 DRR 的聯合國減災辦公室（UNDRR）採取將氣候變遷視為防災要點的態度，更於 2019 年的全球減災報告（GAP Report）中，特別將氣候變遷稱為「風險的最佳放大器」（Climate Change-the great risk amplifier）。目前臺灣政策採取在調適中納入降低災害風險的方式推動，但多未考量氣候變遷情境、氣候因子變異之影響、氣候衝擊面向，反應臺灣仍以 DRR 為本的核心工作重點。

本篇在 AR6 氣候情境下，參考報告中所使用的氣候衝擊指標，

分析未來推估臺灣地區極端指標。結果顯示，未來臺灣氣溫將持續上升、夏季長度推估至世紀末最劣情境將增加至 210 天，約為七個月的長度；極端高溫方面，全台皆有上升的趨勢，雙北極端高溫 40°C 日數在世紀末最極端情況下增加日數可高達 17 日。降雨方面，最大 1 日暴雨事件頻率增加、侵臺颱風強度與降雨量也為增加的趨勢。這樣的推估結果反應，氣候變遷下造成的極端災害的可能為臺灣帶來嚴峻的防災挑戰。

最後，我國中央部會及地方層級在推動因應氣候變遷及 CCA 推動上仍有許多可加強能力建構及科學知識累積之處。在國際間持續更新氣候變遷資料、科技及調適手段的同時，不斷地透過資訊轉譯、科學數據佐證、加強各界對氣候變遷科學及調適概念的理解，便成為我國在 CCA 與 DRR 體系發展上至關重要的工作。在未來兩大體系需共同推動的趨勢下，唯有保持對氣候變遷最新資訊的掌握及分析技術，才能協助提升我國在 DRR 與 CCA 綜效思維的學習與成長速率，縮短與國際體系發展接軌所需時間。在人為全球暖化已為科學事實的今日，與氣候科學建立完善的氣候防災系統。

參考文獻

- Balaguru, K., Foltz, G. R., & Leung, L. R. (2018). Increasing Magnitude of Hurricane Rapid Intensification in the Central and Eastern Tropical Atlantic. *Geophys. Res. Lett.* **45**, 4238–4247. doi:10.1029/2018GL077597
- Bhatia, K., Vecchi, G., Murakami, H., Underwood, S., & Kossin, J. (2018). Projected response of tropical cyclone intensity and intensification in a global climate model. *J. Clim.* **31**, 8281–8303. doi:10.1175/JCLI-D-17-0898.1.
- Brunner, M. I., & Tallaksen, L. M. (2019). Proneness of European Catchments to Multiyear Streamflow Droughts. *Water Resour. Res.* doi:10.1029/2019WR025903.
- Capron, E., A. Govin, R. Feng, B.L. Otto-Bliesner, & E.W. Wolff. (2017). Critical evaluation of climate syntheses to benchmark CMIP6/PMIP4 127 ka Last Interglacial simulations in the high-latitude regions. *Quaternary Science Reviews*, **168**, 137–150, doi:10.1016/j.quascirev.2017.04.019
- Du, H., Alexander, L. V., Donat, M. G., Lippmann, T., Srivastava, A., Salinger, J., et al., 2019. Precipitation From Persistent Extremes is Increasing in Most Regions and Globally. *Geophys. Res. Lett.* **46**, 6041–6049. doi:10.1029/2019GL081898
- Dunn, R. J. H., Alexander, L. V., Donat, M. G., Zhang, X., Bador, M., Herold, N., ... Wu, Z. F. (2020). Development of an Updated Global Land In Situ-Based Data Set of Temperature and Precipitation Extremes: HadEX3. *J. Geophys. Res. Atmos.* **125**. doi:10.1029/2019JD032263
- Irvalı, N. Nil Irvalı, Eirik V. Galaasen, Ulysses S. Ninnemann, Yair Rosenthal, Andreas Born, & Helga (Kikki) F. Kleiven. (2020). A low climate threshold for south Greenland Ice Sheet demise during the Late Pleistocene. *Proceedings of the*

- National Academy of Sciences of the United States of America, 117(1), 190–195, doi:10.1073/pnas.1911902116.
- Kishtawal, C. M., Jaiswal, N., Singh, R., & Niyogi, D. (2012). Tropical cyclone intensification trends during satellite era (1986-2010). *Geophys. Res. Lett.* 39, 1–6. doi:10.1029/2012GL051700.
- Placard (2018). Draft guidelines to strengthen CCA and DRR institutional coordination and capacities. European Union.
- Proact (2008). Climate Change Adaptation and Disaster Risk Reduction Policy Paper.
- UNDRR (2019). Global Assessment Report on Disaster Reduction, Geneva, Switzerland, United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR)
- UNDRR (2021). Promoting Synergy and Alignment-Between Climate Change Adaptation and Disaster Risk Reduction in the Context of National Adaptation Plans.
- Van Vuuren, D., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., ... Rose, S. 2011. The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change* 109:5-31.
- World Bank (2005). Natural disaster hotspots a global risk analysis. The World Bank. Washington, D.C., 148pp.

IPCC AR6 最新氣候情境分析與災害應用評析報告

發行人：陳宏宇

出版機關：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

報告完成日期：中華民國 110 年 12 月

出版年月：中華民國 111 年 01 月

版 次：第一版

非賣品



地址：23143新北市新店區北新路三段200號9樓

電話：++886-2-8195-8600

傳真：++886-2-8912-7766

網址：<http://www.ncdr.nat.gov.tw>