

國家氣候變遷科學報告2024

第一至三章工作坊

許晃雄、王嘉琪、陳正達

計畫辦公室



行政法人國家災害防救科技中心
National Science and Technology Center
for Disaster Reduction



臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台
Taiwan Climate Change Projection Information and Adaptation Knowledge Platform

指導單位



國家科學及技術委員會
National Science and Technology Council

第一章 全球與東亞氣候變遷

文字框1 SSP排放情境

文字框2 GWL設定

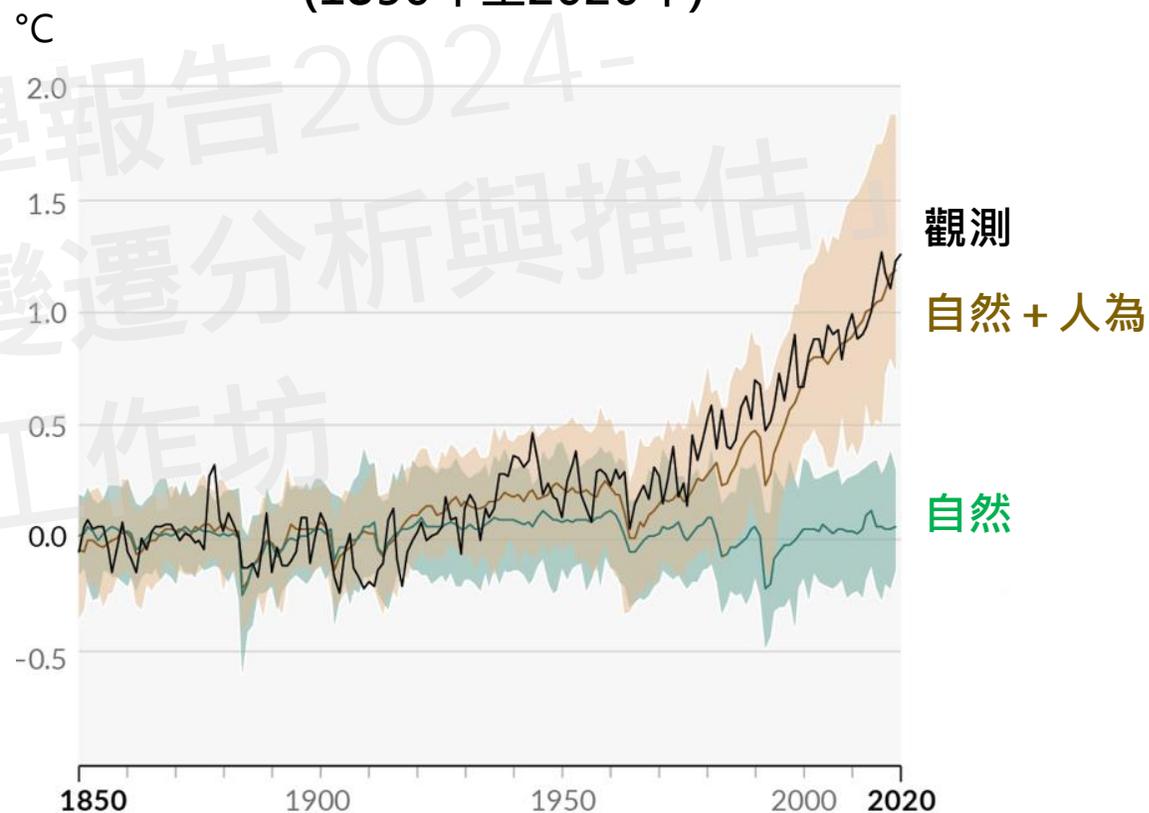
文字框3 信心度與不確定性



暖化的主要原因

- ▶ 人為排放的溫室氣體對氣候暖化的貢獻證據越來越充分，是極端溫度事件變化的主要驅動因素

全球地表溫度變化
(1850年至2020年)

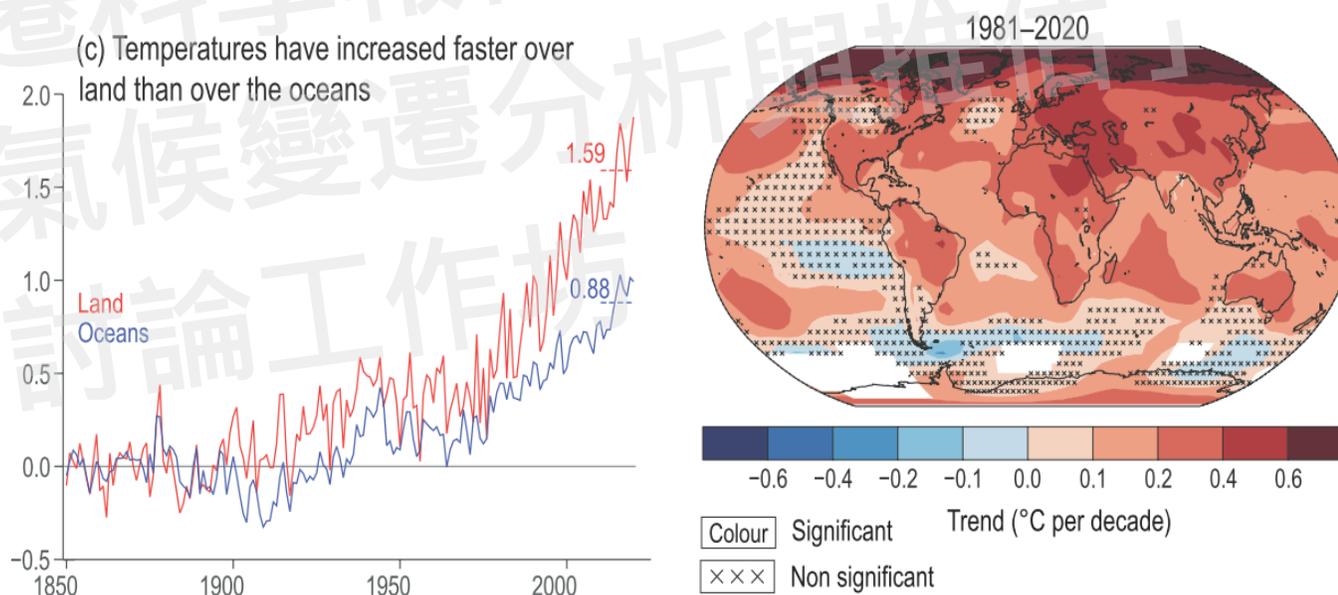


資料來源：IPCC AR6, WGI, SPM Figure 1

暖化的區域特性

- 1980年代後，全球地表溫度持續上升，但在各地仍有不同的暖化區域特性：

- 陸地的增溫高於海洋
- 極區增溫又比中低緯度更為顯著



資料來源：IPCC AR6, Cross-Section Box TS.1, Figure 1

科學報告 圖1.2.2

IPCC各世代所使用的氣候資料

摘自文字框 1

▶ 在不同的發展情境下，利用未來每年溫室氣體排放量的推估值進行長期氣候模擬，得到相對應的全球地表平均溫度變化

▶ 暖化情境設定越來越複雜卻更加真實且合理，多樣化的暖化情境設定對於下游氣候變遷資料應用也有更多選擇

世代	AR4	AR5	AR6
氣候資料組	CMIP3	CMIP5	CMIP6
推估起始年	2001	2006	2015
常用情境	B1, A1B, A2	RCP1.9, RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5 (RCP：代表濃度路徑)	SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5 (SSP：共享社會經濟路徑)
參考文獻	Meehl et al., 2007	Taylor et al., 2012	Eyring et al., 2016; O'Neill et al., 2016

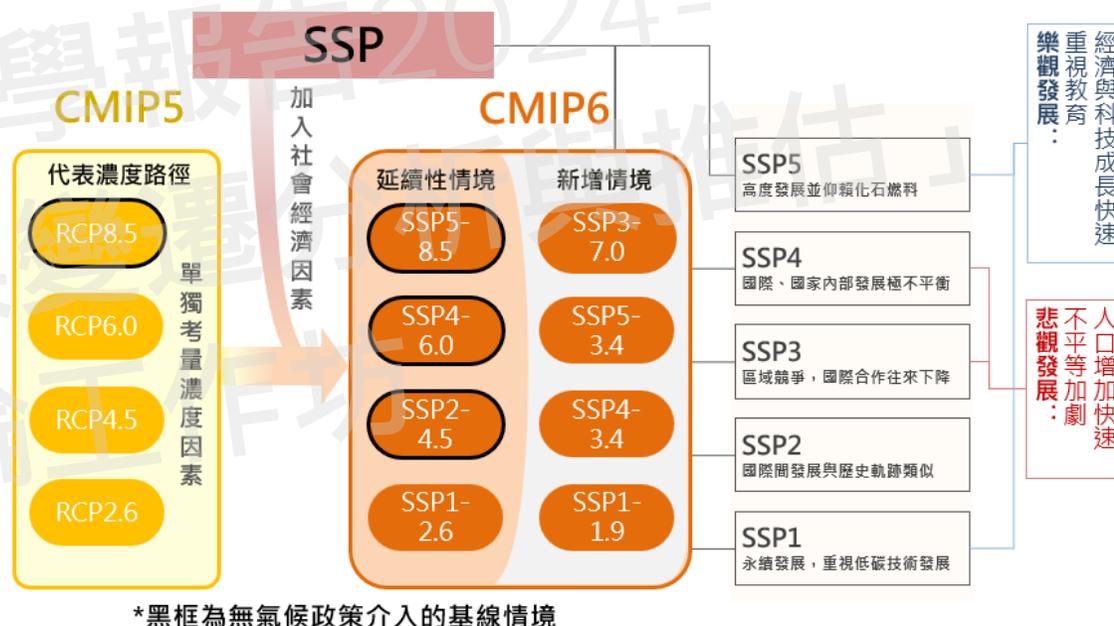
科學報告 表BOX 1.2.1

共享社會經濟路徑(SSP)

摘自文字框 1

- ▶ CMIP6暖化情境(SSP)最主要特徵，即加入氣候政策之後以落實不同減緩目標，所導致的溫室氣體排放濃度，以及相對應的輻射強迫力

SSP情境說明與其對應的RCP情境



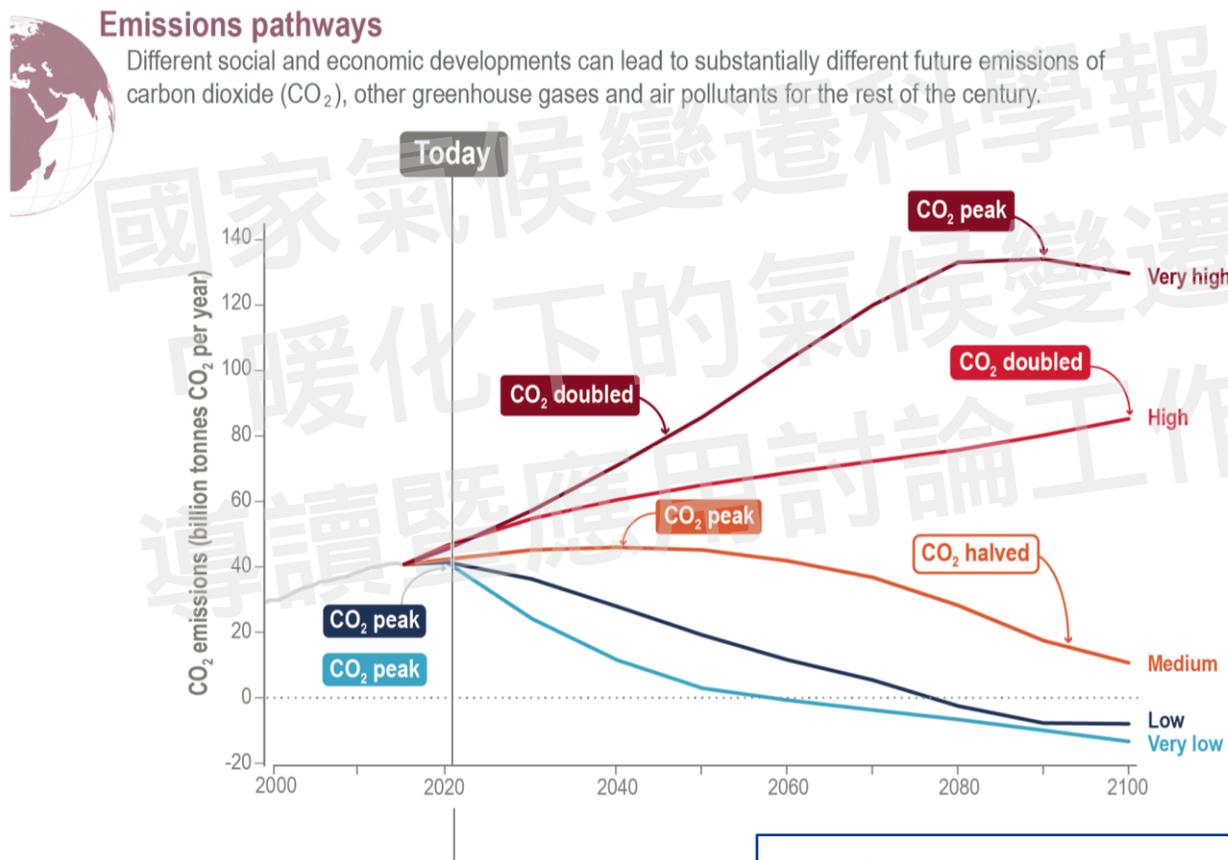
資料來源：Riahi et al., 2017 ;
本報告產製

科學報告 圖BOX 1.2.1

IPCC AR6 排放路徑設定

摘自文字框 1

- ▶ 不同的共享社會經濟路徑 (SSP) 可能導致未來不同溫室氣體 (以二氧化碳為大宗) 排放量



SSP5-8.5：非常高度溫室氣體排放情境，視為最極端情況

SSP2-4.5：被視為接近現況，基於既有氣候政策的未來趨勢

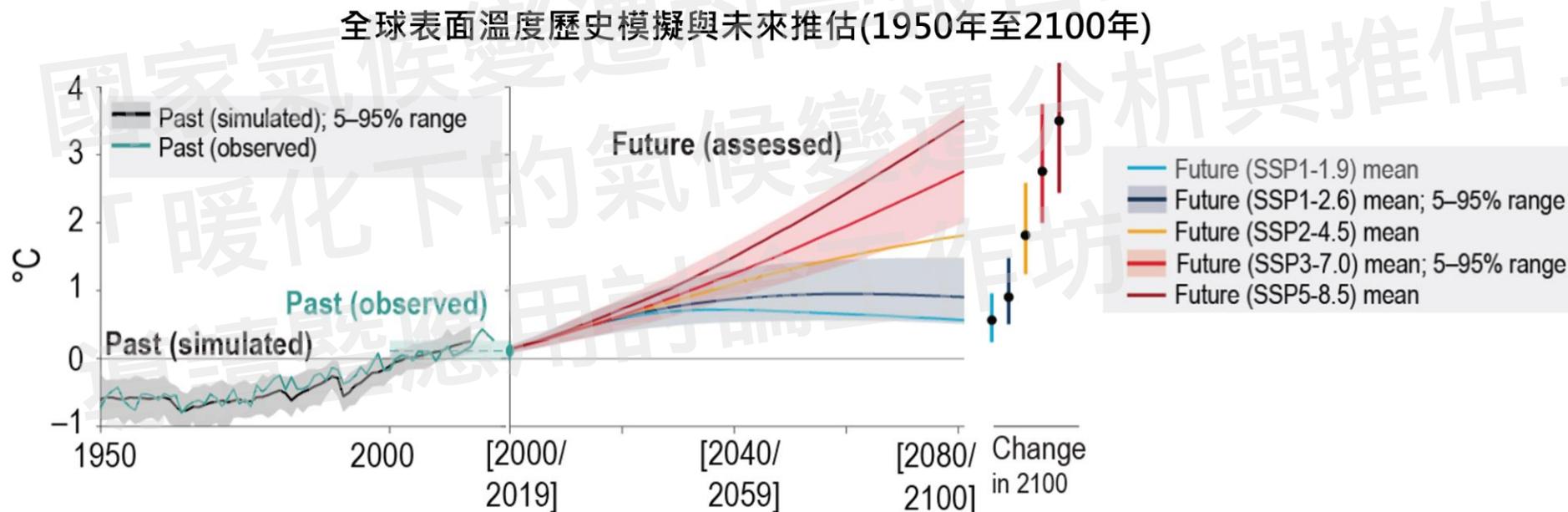
SSP1-2.6：實現巴黎協定的限制目標

SSP1-1.9：強調快速、深度減排，預計在世紀中達成淨零排放，於世紀末控制在1.5°C以下

科學報告 圖BOX 1.2.2

全球表面溫度 – 未來推估

- ▶ 不同SSP情境下，全球表面溫度至少持續增溫到本世紀中葉

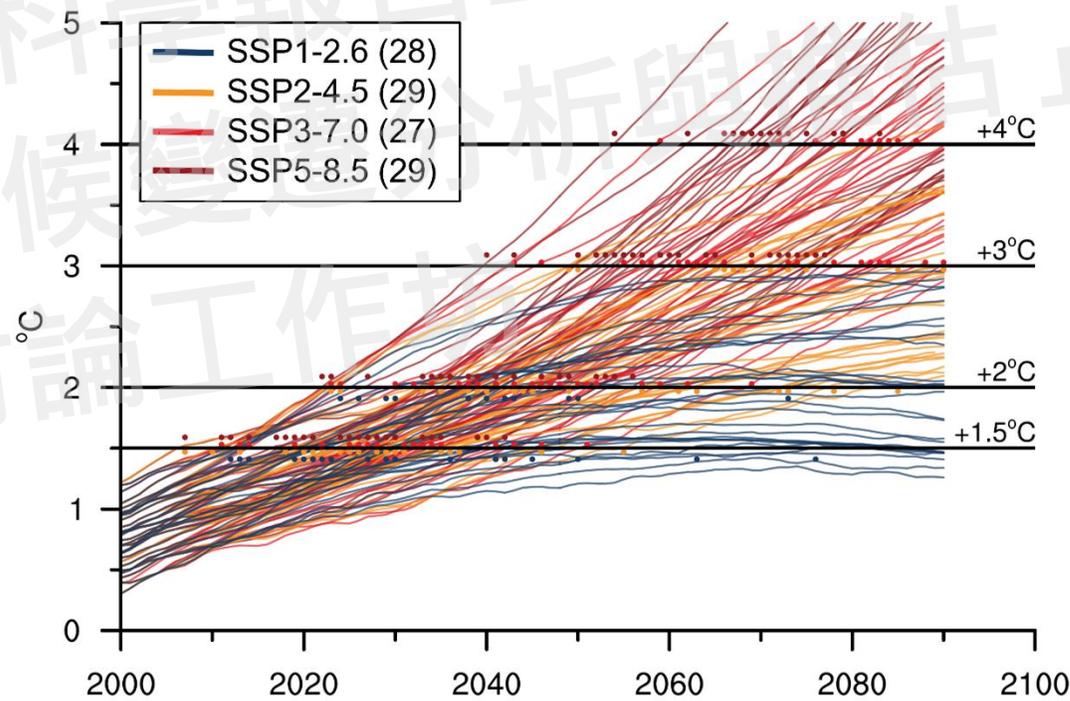


全球暖化程度(Global Warming Level, GWL)

摘自文字框 2

- 使用CMIP6全球模式未來推估資料
- 以工業革命前(1850-1900)為基準
- 計算模式升溫達1.5°C、2°C、3°C、4°C的20年氣候資料

全球平均溫度變化(相對於1850年至1900年)



資料來源：臺灣氣候變遷關鍵指標圖集：AR6統計降尺度版(2023)

科學報告 圖BOX 1.2.5

全球暖化程度(Global Warming Level, GWL)

摘自文字框 2

- CMIP6模式推估全球暖化程度 (GWLs) 的年份統計表顯示：

- 最早發生時間

GWL 1.5°C：2007年
(中位數為2028年)

GWL 2°C：2022年
(中位數為2042年)

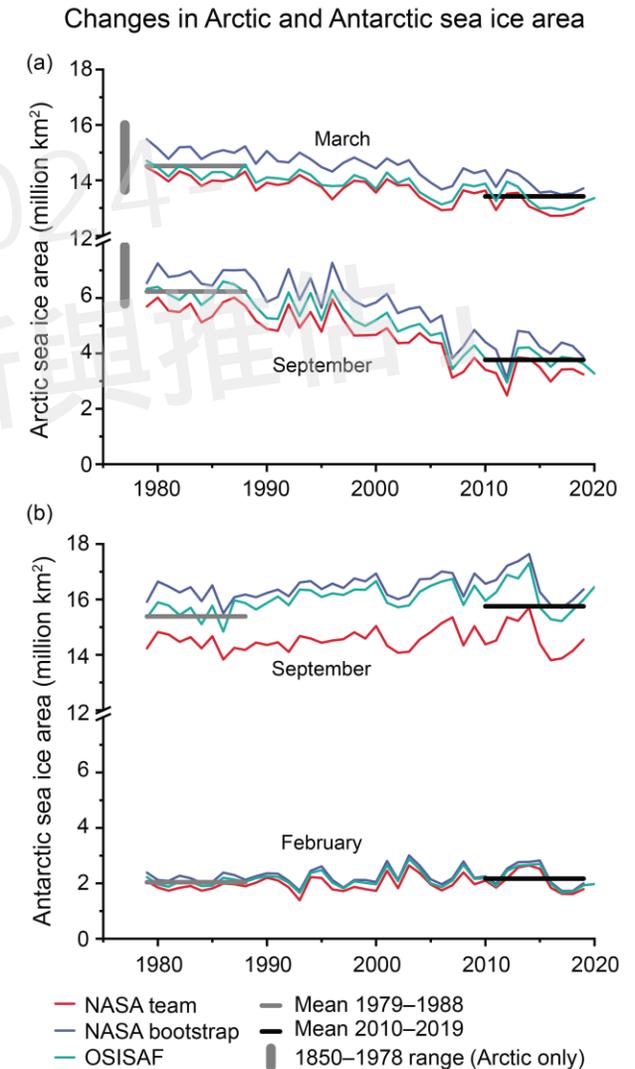
GWL	1.5°C	2°C	3°C	4°C
系集數量	110	99	66	31
各別情境： 模式個數	SSP1-2.6：25 SSP2-4.5：29 SSP3-7.0：27 SSP5-8.5：29	SSP1-2.6：14 SSP2-4.5：29 SSP3-7.0：27 SSP5-8.5：29	SSP1-2.6：0 SSP2-4.5：12 SSP3-7.0：25 SSP5-8.5：29	SSP1-2.6：0 SSP2-4.5：1 SSP3-7.0：13 SSP5-8.5：17
時間中位數 (最早-最晚)	2028 ¹ (2007-2076)	2042 (2022-2085)	2065 (2040-2090)	2076 (2054-2087)

科學報告 表BOX 1.2.3

資料來源：AR6 統計降尺度日資料說明文件

全球海洋變遷 – 南北極海冰

- 海冰的消失以北極海最為，尤其是在9月海冰開始形成的時節最明顯
- 相對的，南極的海冰消失較不顯著，2015年之前甚至有增加的趨勢，然而這幾年的觀測顯示南極海冰正快速減少



(a) 北極與 (b) 南極海冰之季節觀測值
(單位：百萬平方公里)

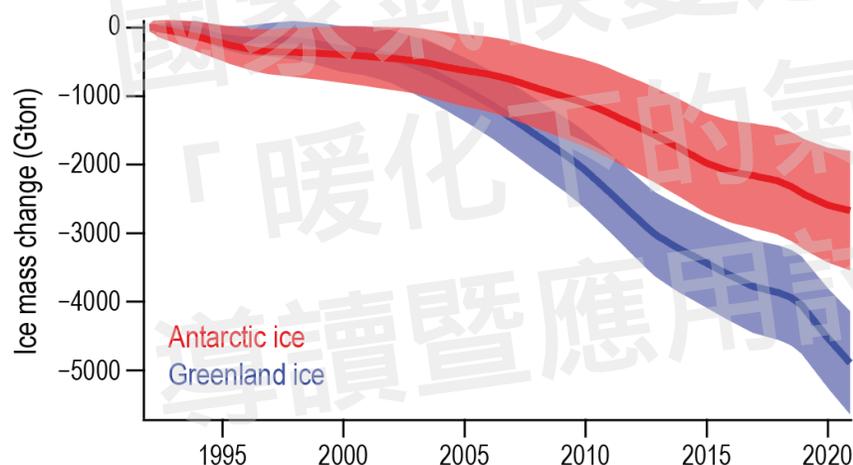
資料來源：IPCC AR6, WGI Figure 2.20

科學報告 圖1.3.8

全球海洋變遷 – 海平面

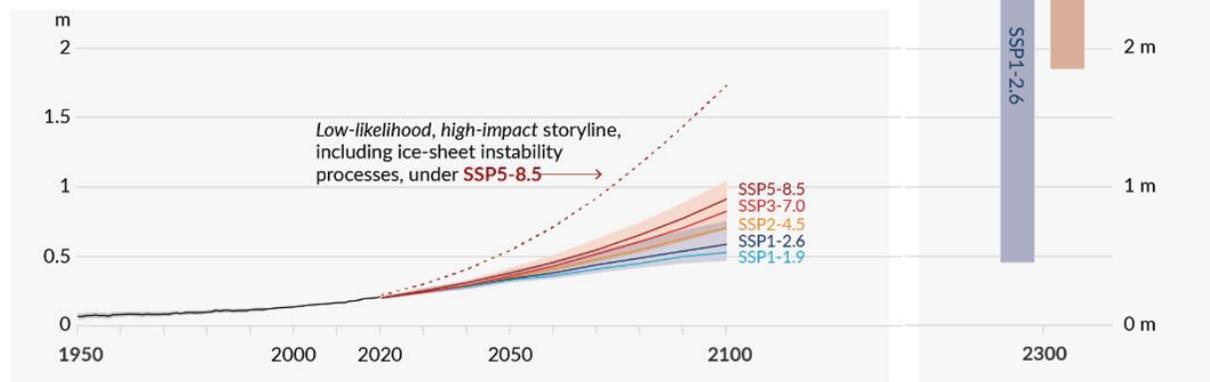
- 海洋溫度與熱含量的增加，冰川、陸冰的融化，未來推估至2300年，海平面將會持續升高

南極與格陵蘭島的陸冰冰層
總質量之歷史觀測值



科學報告 圖1.3.8; 圖1.3.1

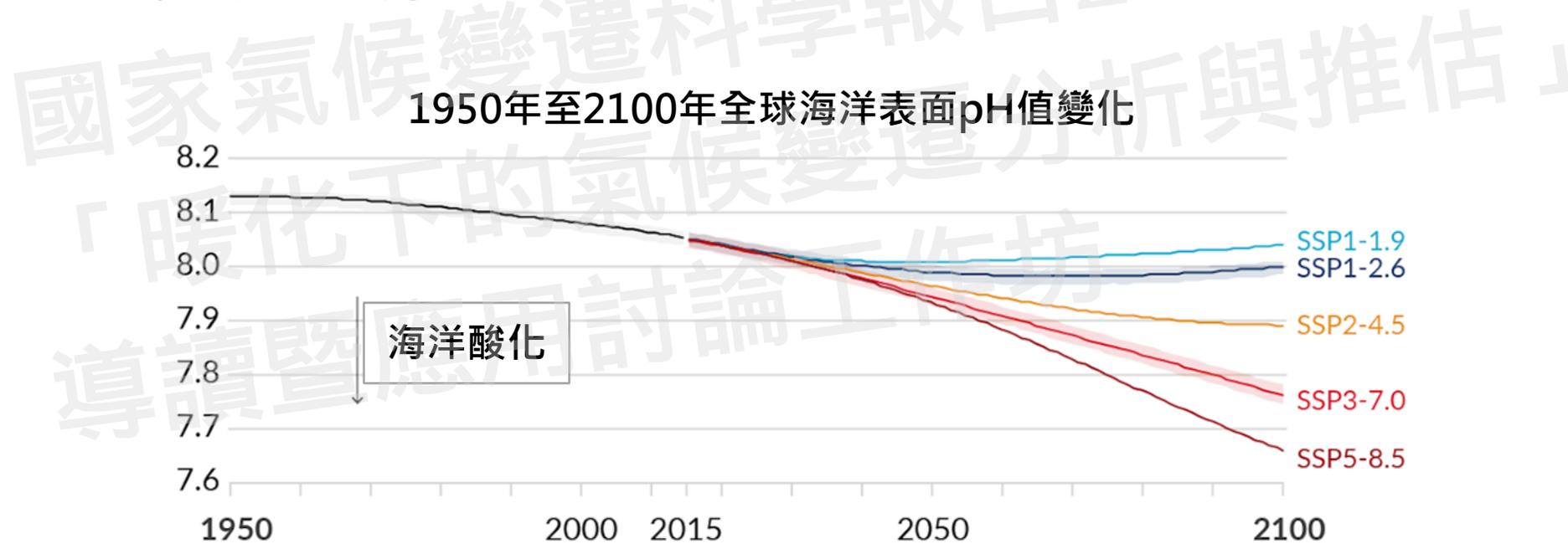
1950-2300全球平均海面高
相對於1900年變化(單位：米)



資料來源：IPCC AR6, WGI Figure 2-24 ;
IPCC AR6, WGI, SPM Figure 8

海洋酸化 – 未來推估

- 觀測發現全球海洋pH值從1950年起便逐漸降低，隨暖化情境加劇更是逐漸遞減。可能導致碳酸鈣礦物的溶解，威脅以碳酸鈣為外骨骼或外殼的生物

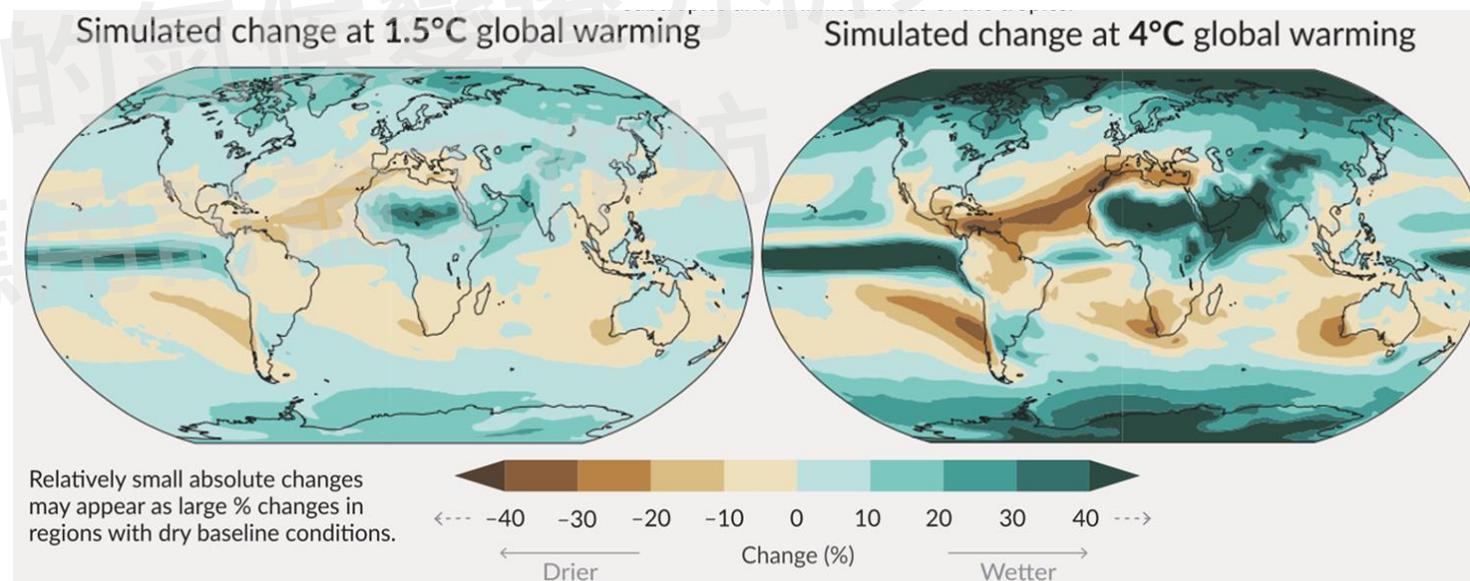


資料來源：IPCC AR6, WGI, SPM Figure 8

科學報告 圖1.3.1c

全球降雨 – 歷史觀測與未來推估

- 觀測降水：變化趨勢在不同地區有增有減，差異大。整體而言，陸地降水有些微增加的趨勢
- 未來推估：全球平均降水量逐漸增加，陸地降水增加最明顯。每增暖 1°C ，全球平均降雨量可增加 2%至 3%



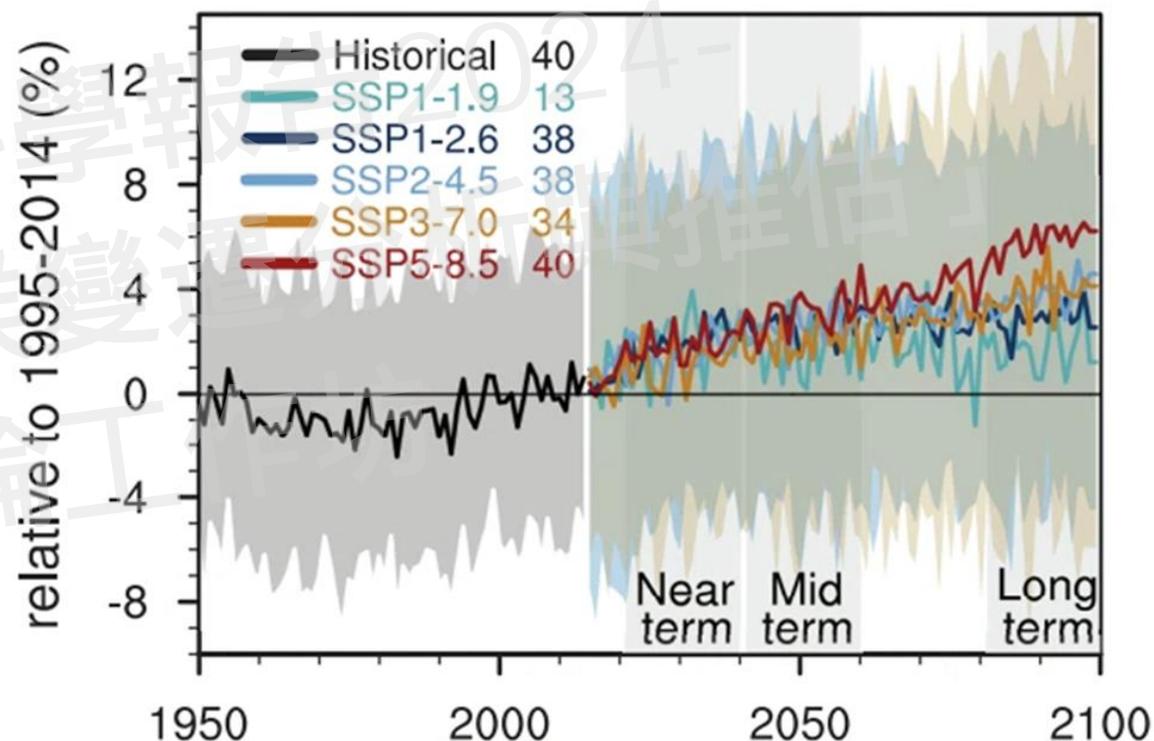
資料來源：IPCC AR6, WGI, Figure SPM.5

科學報告 圖1.2.6

全球季風區降雨

- 過去觀測呈現年際、年代際變化與區域間差異，整體無顯著趨勢
- 未來推估全球季風區降水在21世紀可能增強

Global land monsoon precipitation index



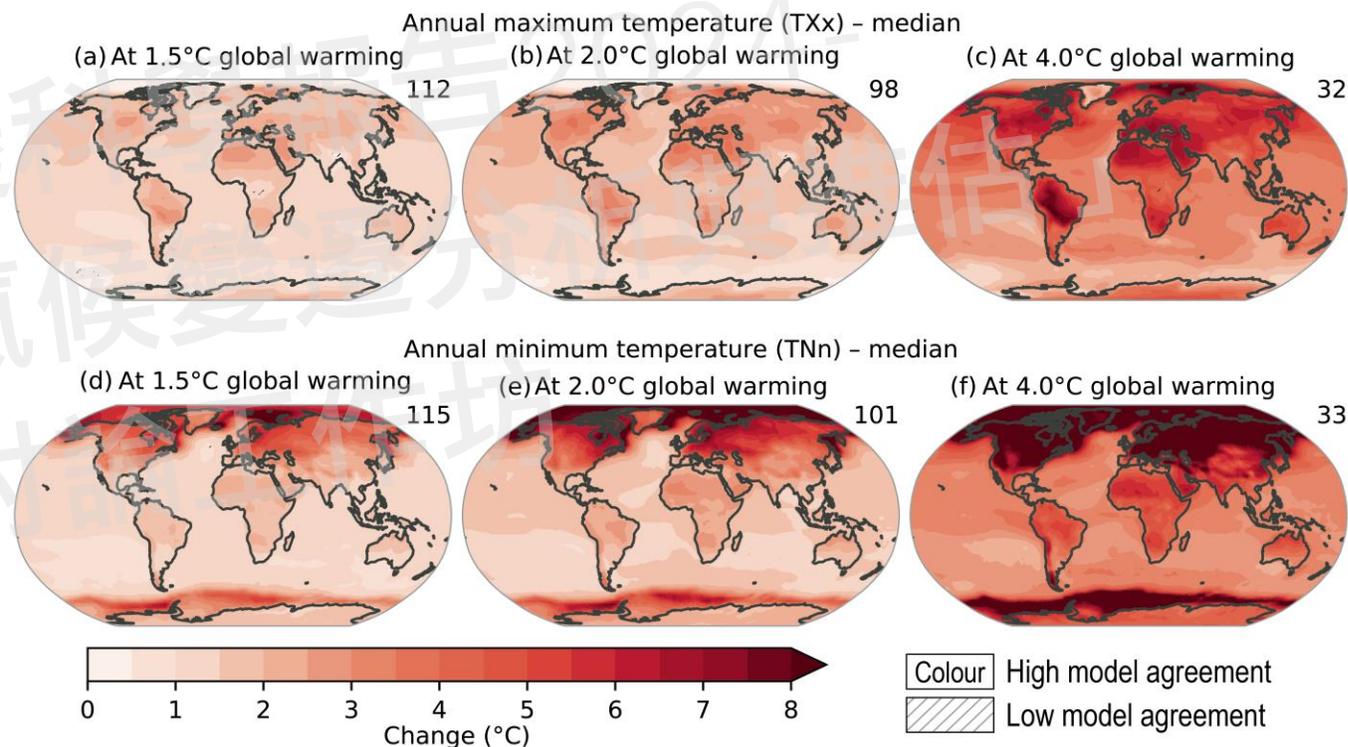
資料來源：IPCC AR6, WGI, Figure 4.14

科學報告 圖1.5.2

全球極端溫度事件 – 未來推估

TXx: 日最高溫極大值
TNn: 日最低溫極小值

- 陸地上極端溫度變化的幅度大於全球平均溫度的變化，尤其是在中緯度陸地區域
- GWL 1.5°C，TXx和TNn的強度上就有不小的增強趨勢；TNn增強趨勢大於TXx，在中高緯度TXx的增強趨勢更急遽



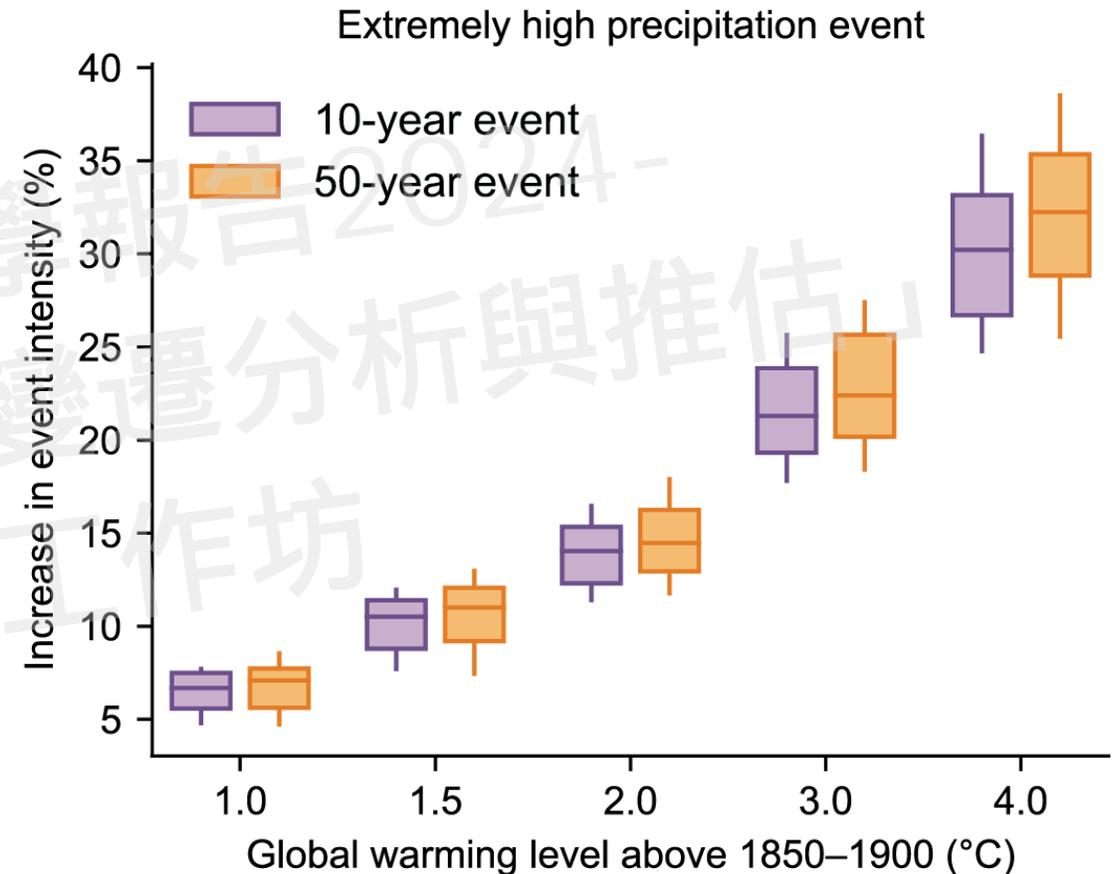
資料來源：IPCC AR6, WGI, Figure 11.11

科學報告 圖1.4.2

全球極端降水 – 未來推估

Rx1day: 年最大日降雨量
Rx5day: 最大連續5日累積降雨量

- 極端降雨機率增加的推估，會隨著事件罕見程度，其增加幅度更大
- 對於Rx1day和Rx5day的50年重現值，在GWL 1.5°C和GWL 2°C之間，多模式系集變化90%範圍沒有，這顯示即使增溫幅度不大也可能導致極端降雨的顯著增加



資料來源：IPCC AR6, Figure 11.15;
Li et al., 2021

科學報告 圖1.4.5

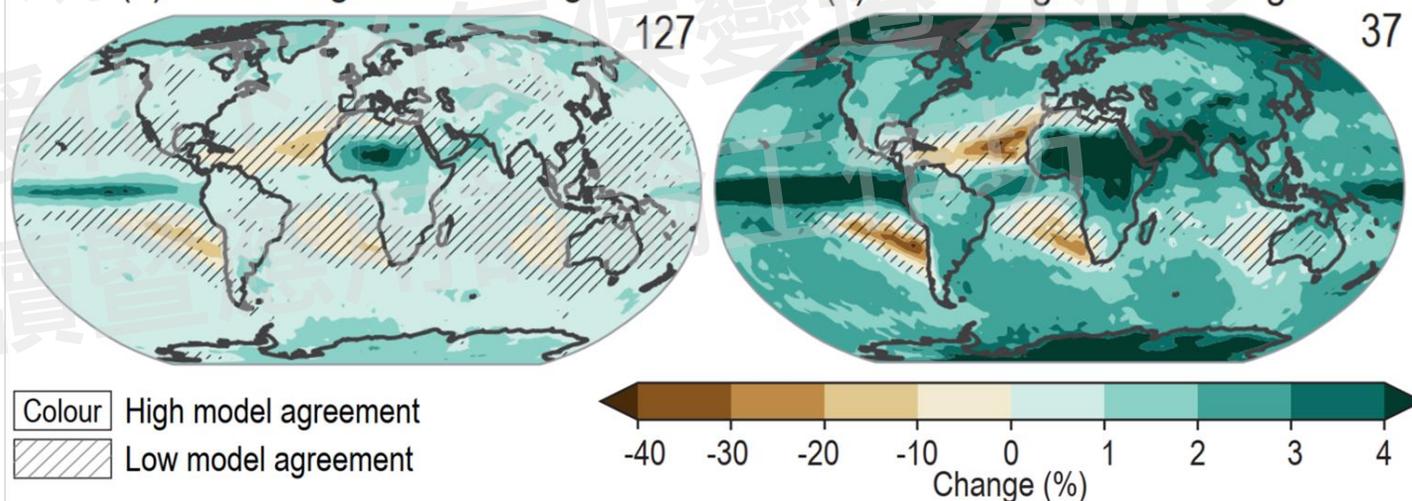
全球極端降水 – 未來推估

- 極端降雨事件更加頻繁發生也變得更強。每增加 1°C，全球極端降雨事件頻率和強度會增加約 7%

Annual maximum daily precipitation change (Rx1day) - median

(a) At 1.5°C global warming

(c) At 4.0°C global warming



資料來源：IPCC AR6, Figure 11.16

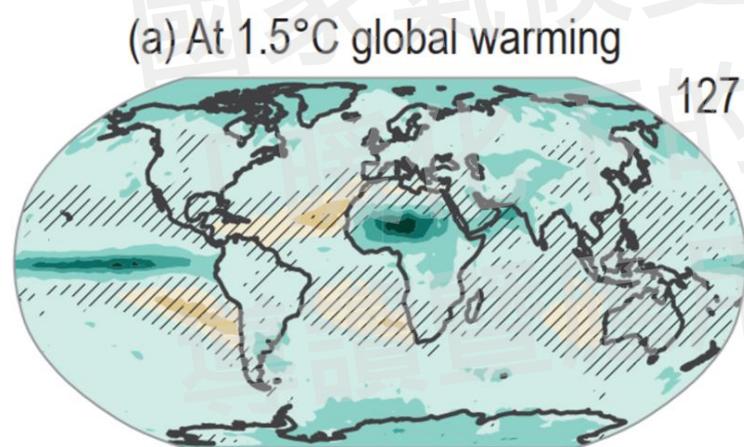
科學報告 圖1.4.6

信心度與不確定性

摘自文字框 3

▶ 信心度 (Confidence)：基於證據的類型、數量、品質以及一致性程度，對發現的有效性進行定性評估

▶ 可能性 (Likelihood)：對發現的不確定性進行定量測量，以機率方式表示



Colour High model agreement
 Low model agreement

[Rx1day: 年最大日降雨量]

B. 模式推估，簡單方法 (一致性)	B.1. 模式一致性高	≥80%模式變化符號一致 第6章 (<5模式系集數)：超過 (n-1)/n模式變化符號一致	顏色 (無覆蓋)
	B.2. 模式一致性低	<80%模式變化符號一致 第6章：少於 (n-1)/n模式變化符號一致	對角線

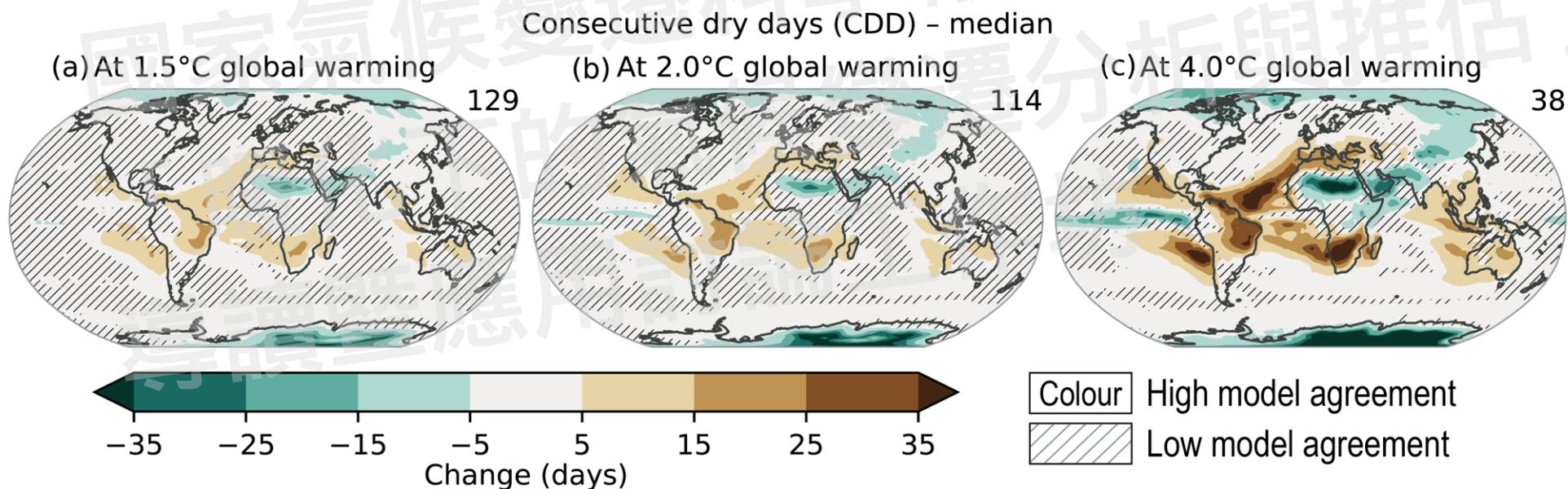
科學報告 表BOX 1.4.1

在CORDEX研究中“ 80%” 被廣泛使用

- ▶ 在某些情況下可用的系集數量較小
- ▶ 有助於減少模式相依性對最終結果的影響

全球極端降水 – 氣象乾旱

- CMIP6推估的連續不降雨日天數 (CDD) 呈現與降雨減少類似的空間分布，明顯可見隨著暖化由GWL 1.5°C增加到GWL 4°C，氣象乾旱將更嚴重與頻繁、範圍擴大，尤其是非洲、南美洲以及地中海附近區域

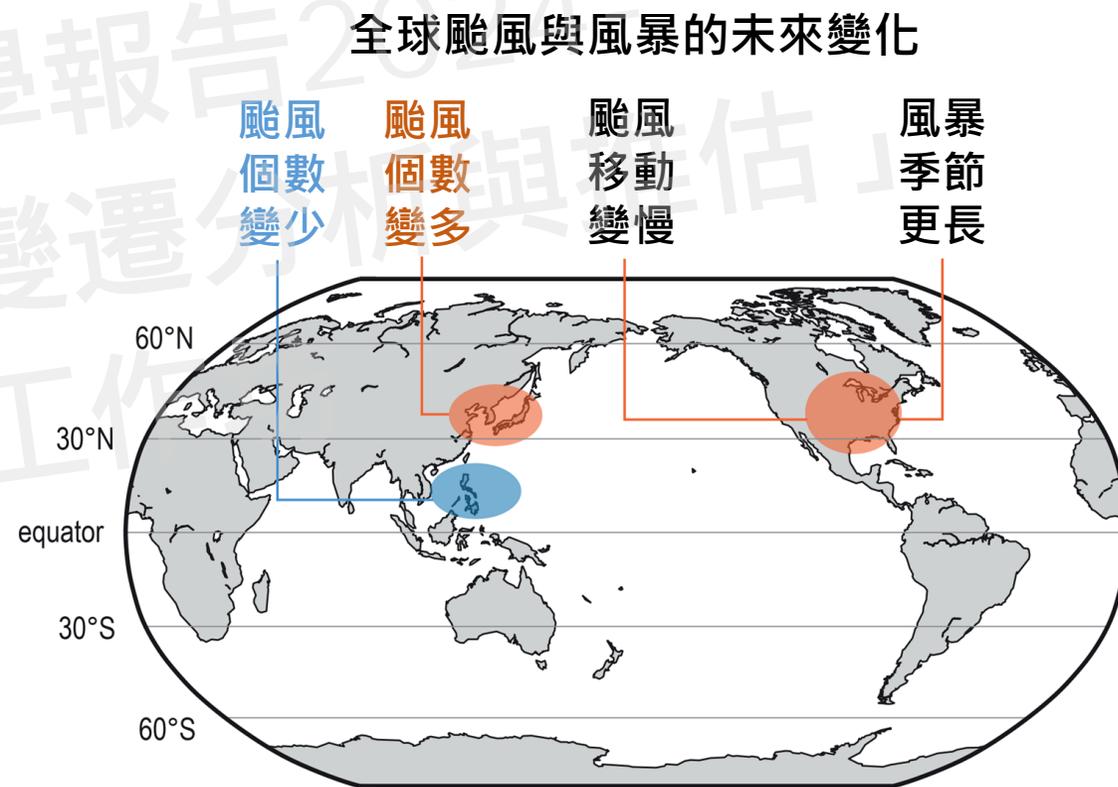


資料來源：IPCC AR6, Figure 11.19

科學報告 圖1.4.8

全球熱帶氣旋 – 未來推估

- 暖化導致熱帶氣旋降雨量、強度與強氣旋比例增加
- 世紀末西北太平洋颱風生成數量減少且生命期縮短，活動範圍往北延伸



資料來源：IPCC AR6, WGI, Figure 11.20

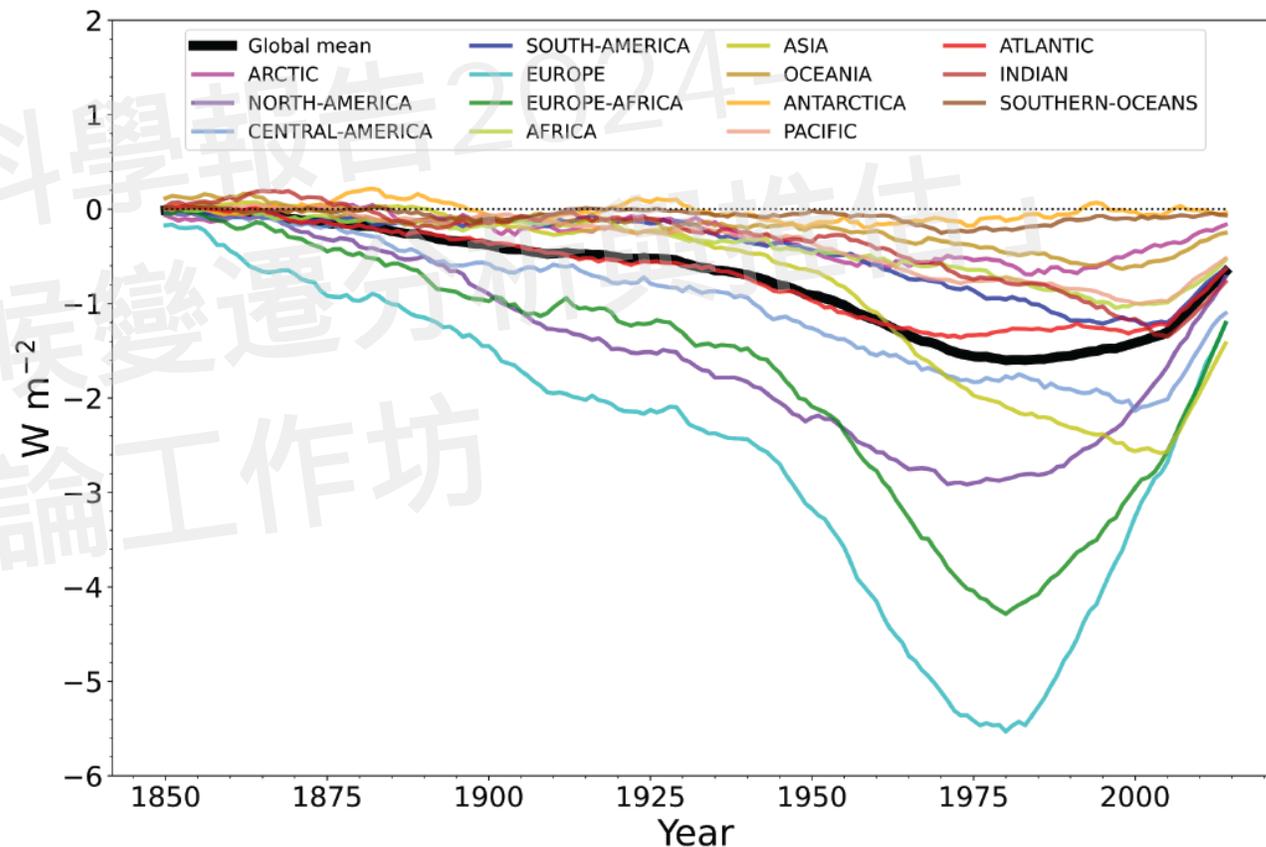
科學報告 圖1.4.9

全球空氣品質歷史變遷

- 從1850年到1970年代，PM以及其前驅物濃度呈現上升的趨勢，污染物排放、濃度及生命期等變化對氣候造成冷卻的效果，可部分抵銷溫室氣體造成的暖化
- 1970年代中期以後，各國開始關注及控制污染物排放，改善空氣品質，使得PM與其前驅物造成的淨輻射強迫，讓地球降溫的效果也隨之減弱

資料來源：IPCC AR6, WGI, Figure 6.11

PM造成的區域平均輻射強迫
(1850-2014模擬)



科學報告 圖1.6.1

謝謝聆聽 敬請指教

