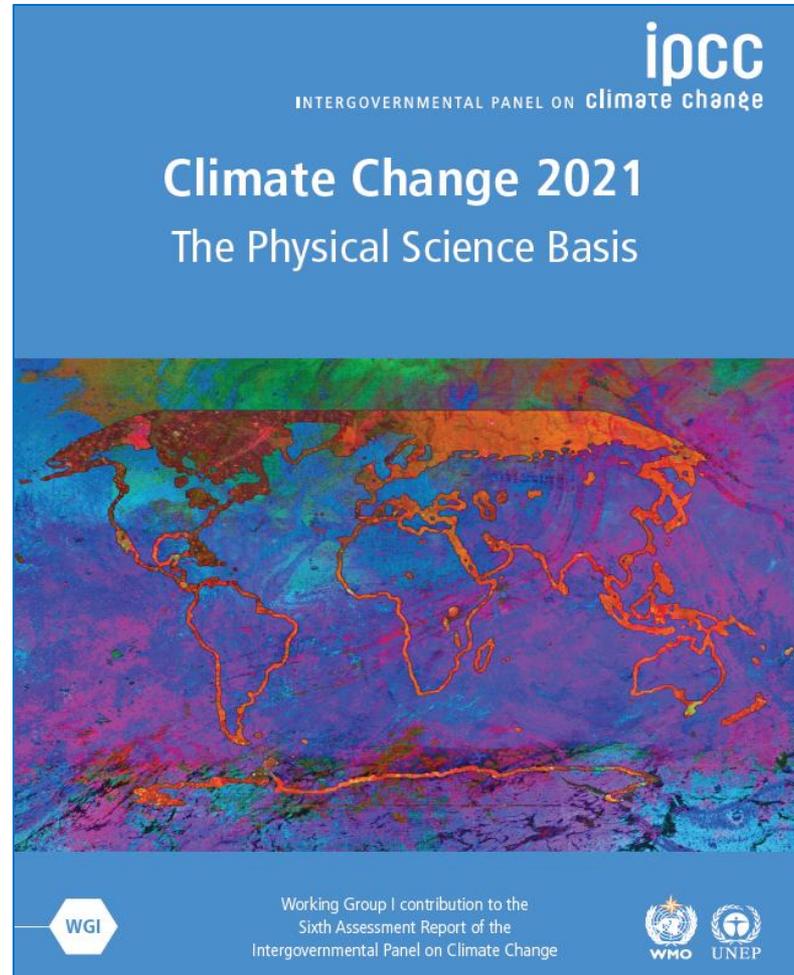


# 氣候變遷的情勢與在地因應



中研院 地球所 汪中和



地球只有1個，也是我們生存的基礎，要小心呵護，好好愛惜。



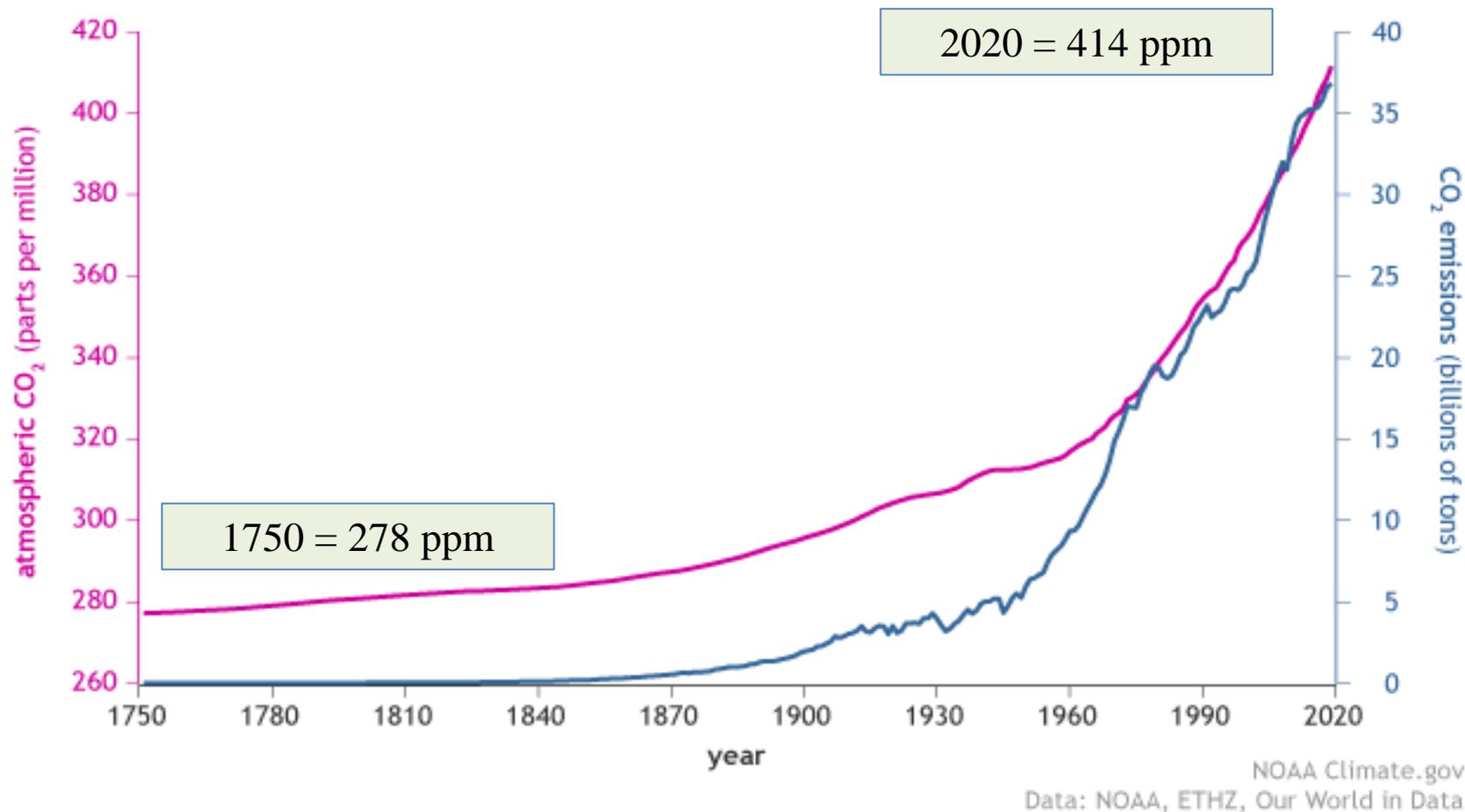


人類每秒鐘消耗

- ◆ 17萬公斤的燃煤
- ◆ 19萬公升的石油
- ◆ 1200萬公升的天然氣

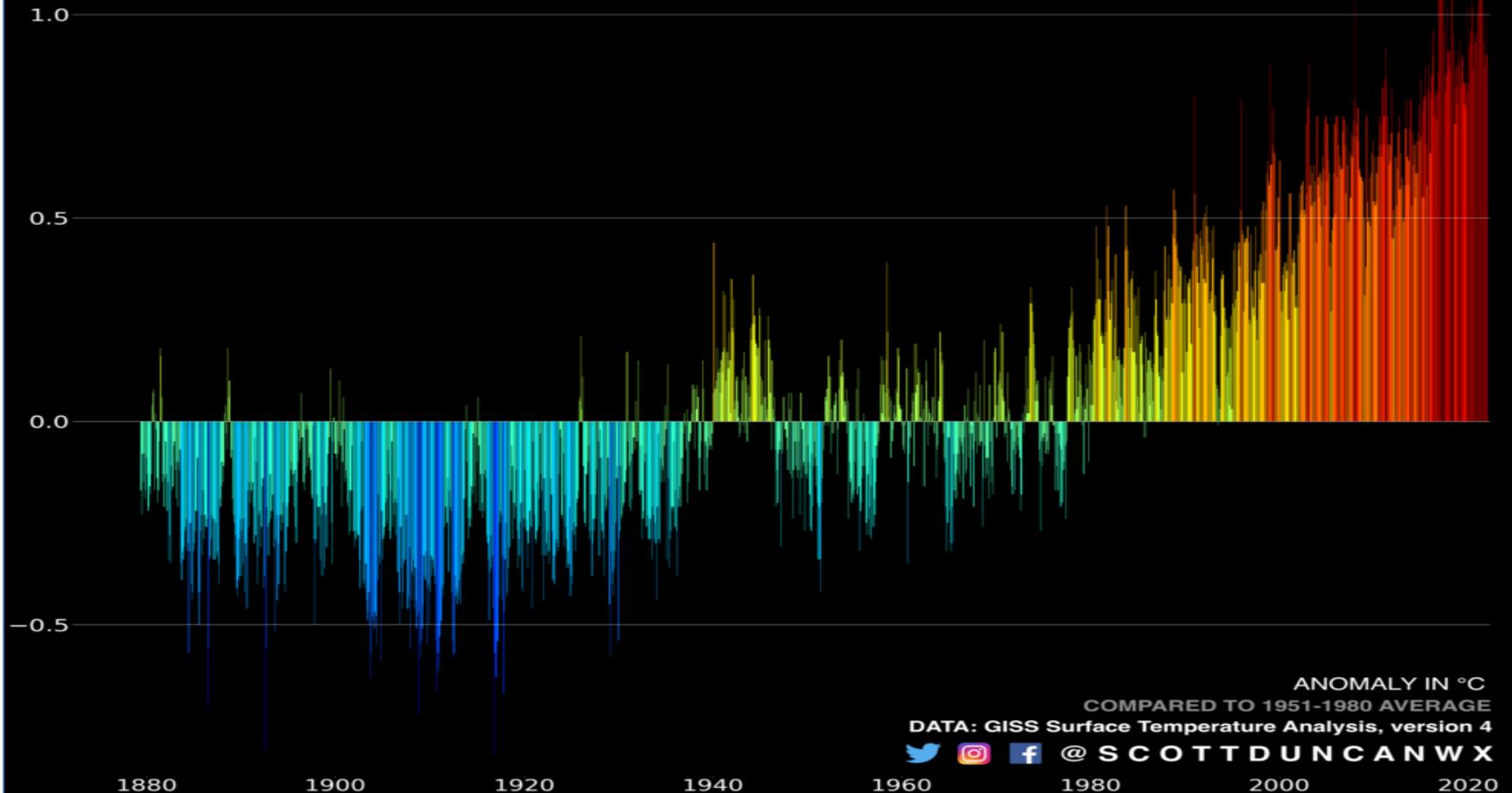
人類世 ( Anthropocene )

## CO<sub>2</sub> in the atmosphere and annual emissions (1750-2019)



人類排放的溫室氣體越多，大氣層的CO<sub>2</sub>濃度就越高。2020年全球大氣溫室氣體的平均濃度仍高達414ppm，較2019年上升了2.6 ppm，這是地球4百萬年以來的新高，顯示短期的降幅對長期的上升趨勢影響微乎其微。

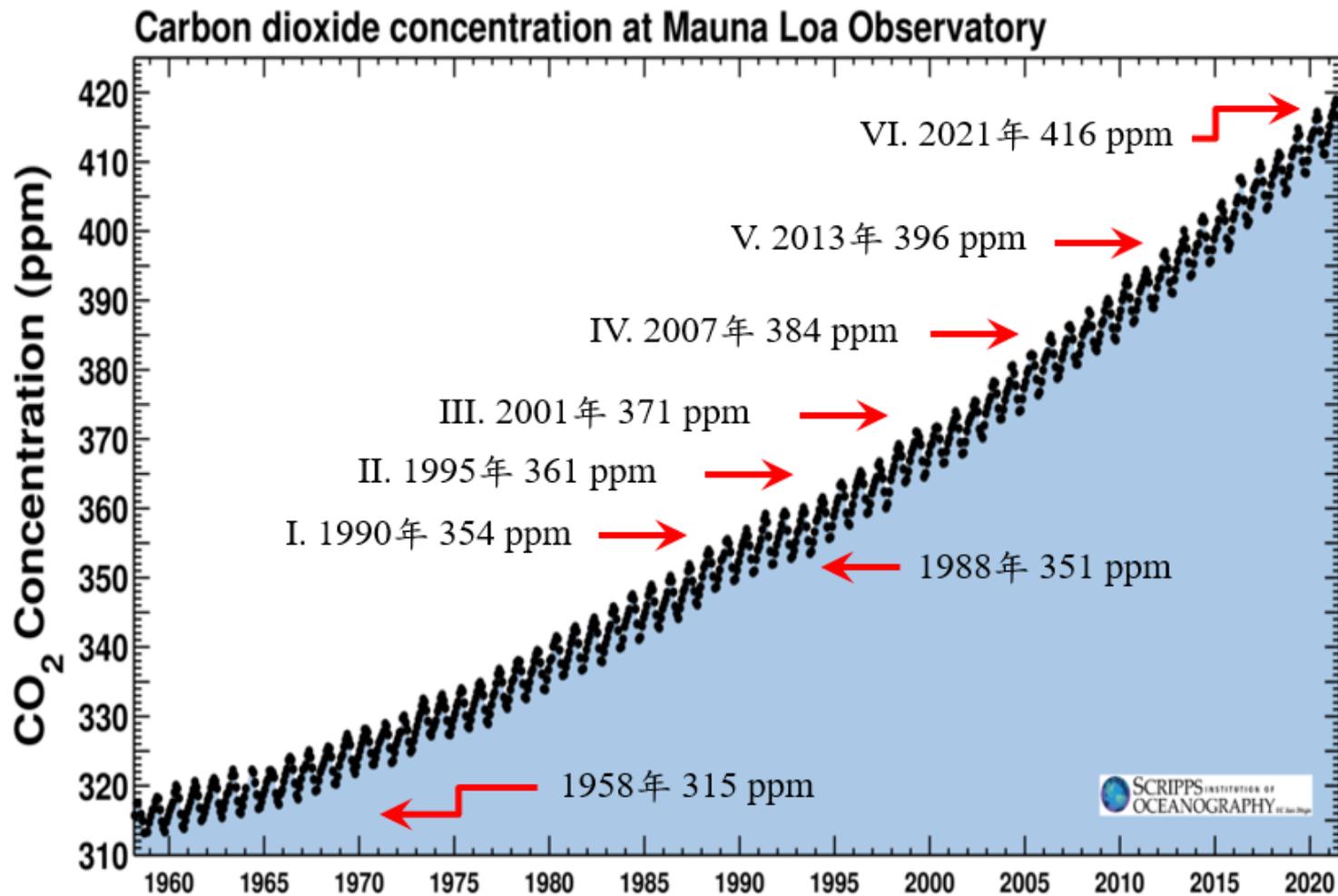
# GLOBAL TEMPERATURE CHANGE 1880 - 2020



由於人類干擾了大氣溫室氣體的平衡，地表的熱能增高，清楚地反映在溫度的上升趨勢裡。

## 聯合國政府間氣候變化專門委員會 (IPCC)

- 由世界氣象組織和聯合國環境規劃署於1988年聯合創立，結合全球傑出的數千名科學家，迄今已完成了六次氣候變化科學評估報告的編撰工作。
- 彙整科學期刊所發表的文獻，提供客觀、周詳的評估報告，主要內容有三部分：氣候變化的科學解讀、氣候變化的衝擊和可能的對策、政策建議。
- 定期彙集全球最新的氣候變化科研成果，成為國際社會開展全球氣候治理、採取因應氣候變化行動與政策的主要科學依據。



IPCC的評估報告自1990年以來已經發布了6次，然而全球大氣層的二氧化碳濃度仍在持續攀升，顯示人類還未從IPCC歷年的警告裡學到教訓，認真改過。

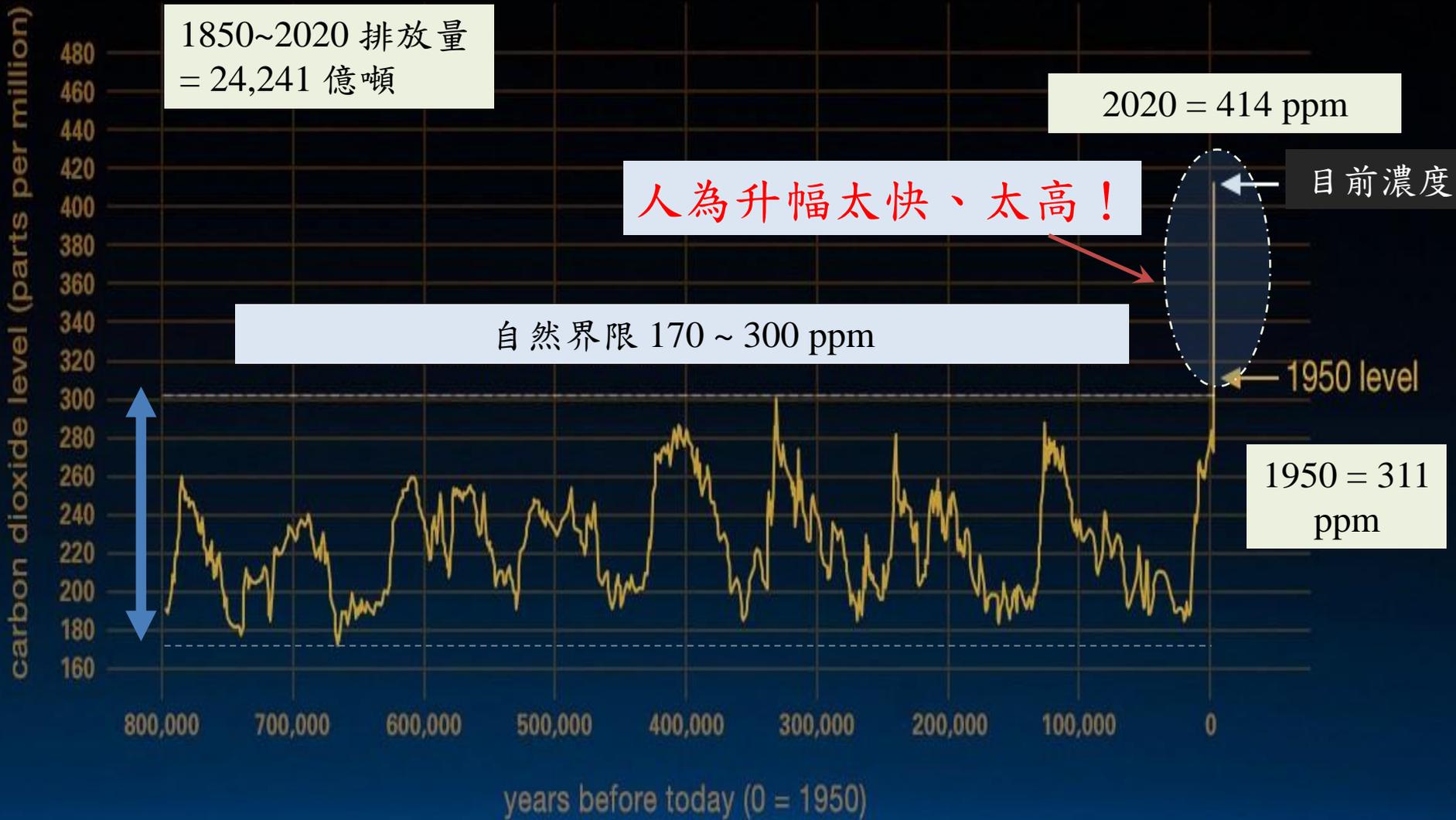
- 第一次(1990年)的評估報告，促使聯合國大會通過制定《聯合國氣候變化框架公約》(UNFCCC)的決議；
- 第二次(1995年)報告，為奠定UNFCCC的最終目標提供了堅實的科學依據，並推動了1997年《京都議定書》的誕生；
- 第三次(2001年)報告，為UNFCCC的國際談判確立了「減緩」和「調應」兩個基本議題，也為《京都議定書》的生效提供科學的基礎。

- 第四次(2007年)報告，明確指出過去50年的氣候變化很可能歸因於人類活動的影響，催生了「巴黎路線圖」，IPCC也獲得當年諾貝爾和平獎的肯定；
- 第五次(2013年)報告，進一步凝聚了國際社會應對氣候變化的共識，為推動2015年巴黎氣候變化大會達成最終協議產生了積極的影響；
- 第六次(2021年)報告，為進一步落實《巴黎氣候協定》提供更為完整的科學證據。

## 第六次評估報告 要點 (1)

- 1750年左右以來，溫室氣體濃度的增加主要是由人類活動造成的。
- 2019年全球CO<sub>2</sub>濃度達410 ppm（ppm為濃度單位，即每百萬個乾空氣氣體分子中所含CO<sub>2</sub>分子數），高於200萬年以來的任何時候。
- 現今地表平均溫度是2000年以來的最高；地表累積的過量熱能十分龐大。

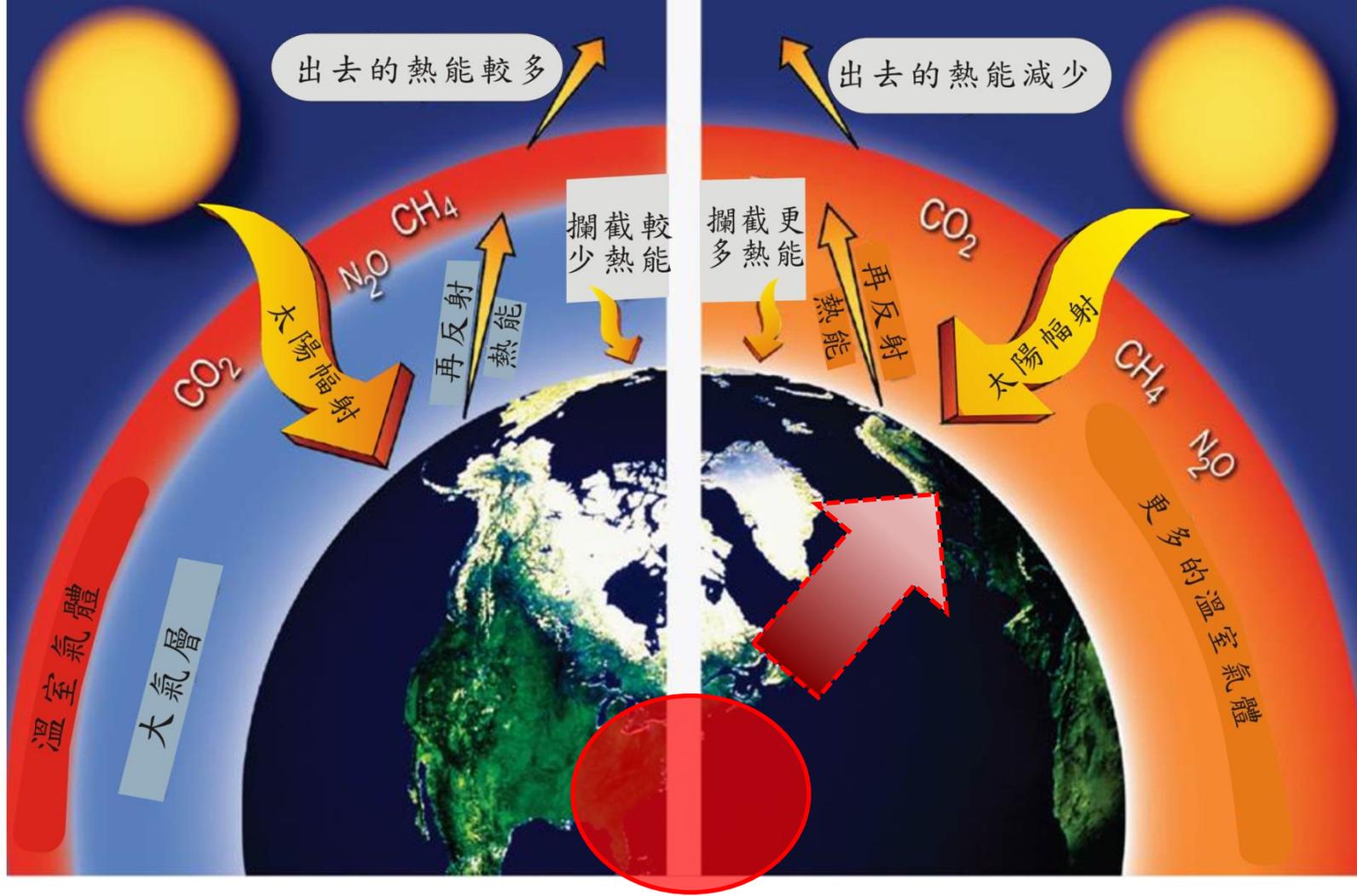
**氣候變化範圍廣、速度快、強度大**



工業革命以來，人類過量排放CO<sub>2</sub>，大大干擾了地球熱能的平衡。

# 自然狀態

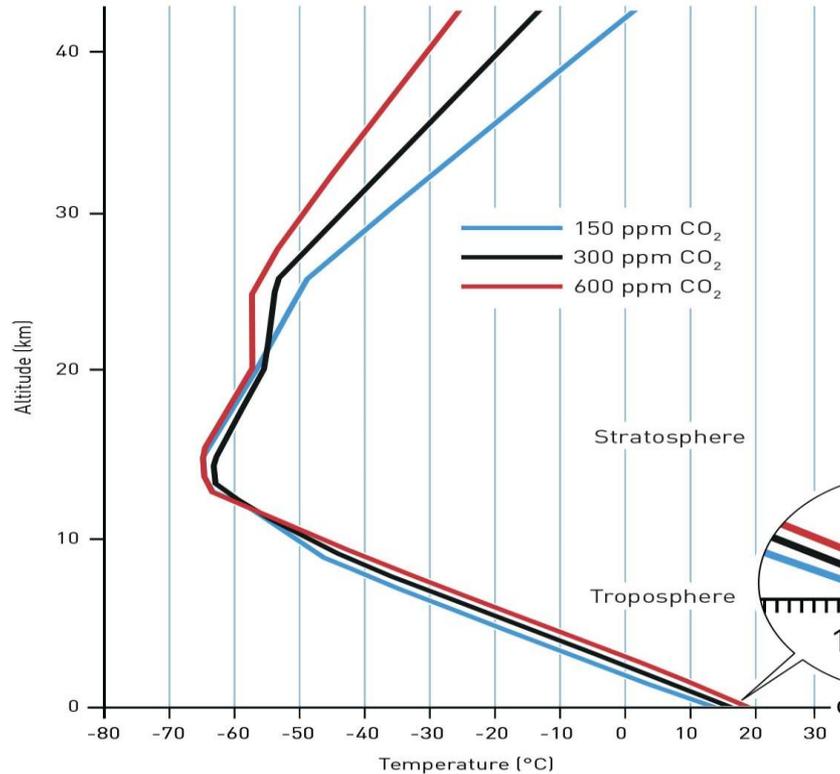
# 人為影響



濃厚溫室氣體累積的熱能，極為驚人。

## Carbon dioxide heats the atmosphere

Increased levels of carbon dioxide lead to higher temperatures in the lower atmosphere, while the upper atmosphere gets colder. Manabe thus confirmed that the variation in temperature is due to increased levels of carbon dioxide; if it was caused by increased solar radiation, the entire atmosphere should have warmed up.

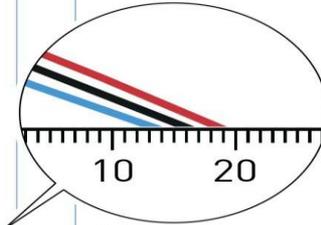


Source: Manabe and Wetherald (1967) Thermal equilibrium of the atmosphere with a given distribution of relative humidity, *Journal of the atmospheric sciences*, Vol. 24, Nr 3, May.

©Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences

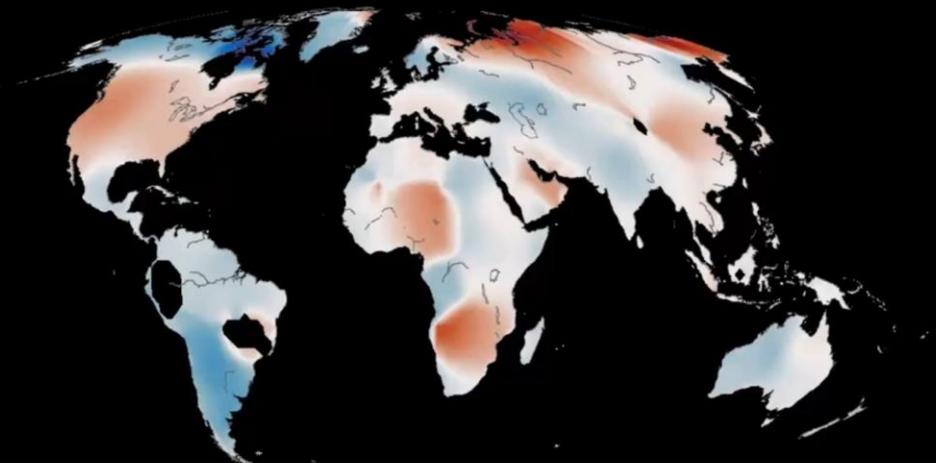
CO<sub>2</sub>濃度增高1倍，地表將會增溫2.4°C。

Temperature at the surface fell by 2.28°C when the level of carbon dioxide halved. It increased by 2.36°C when the level of carbon dioxide doubled.

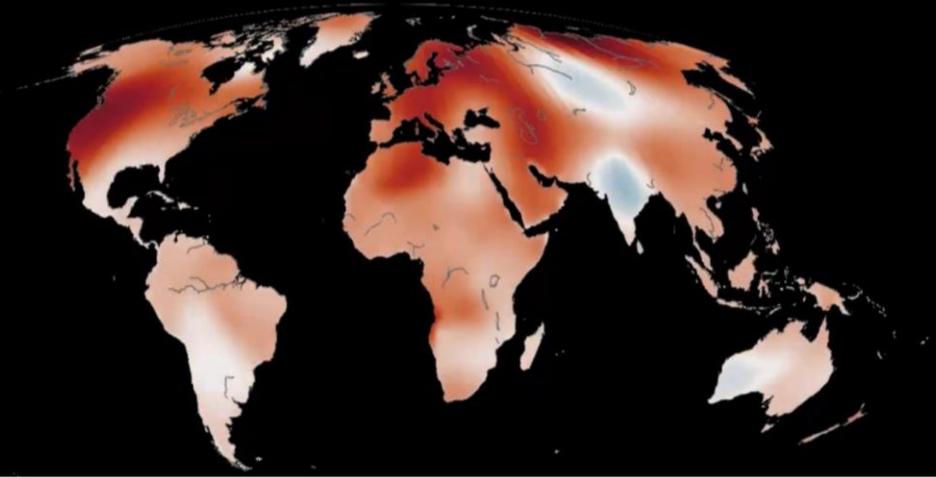


獲得諾2021年貝爾物理學獎的真鍋淑郎 (Syukuro Manabe)是研究地球暖化的先驅，在1960年代發表二氧化碳濃度上升對地表暖化影響的預測模型。

1922

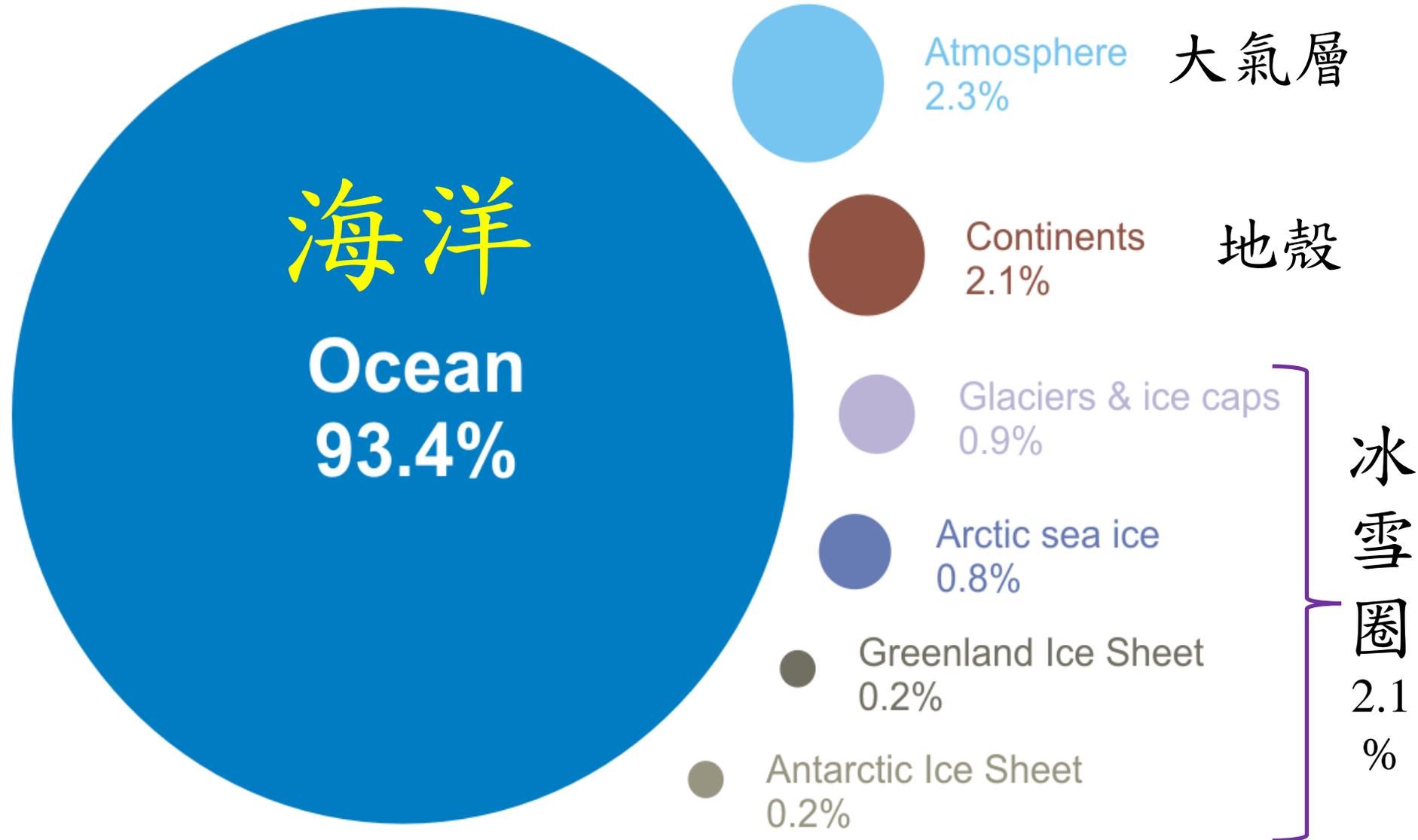


2021



自1750年迄今，已有超過  $4.2 \times 10^{23}$  焦耳 (~ 69億顆廣島型核彈) 的能量被累積在地球的表面，地表正不住的快速升溫。

# 過量熱能在地球表面無處不在！

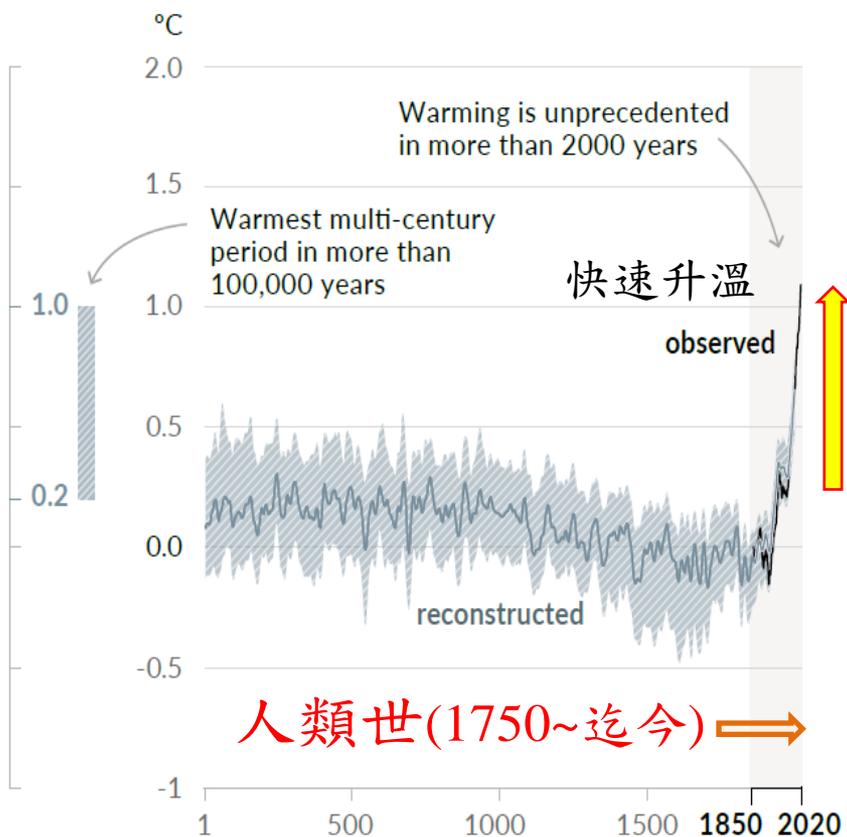


## 第六次評估報告 要點 (2)

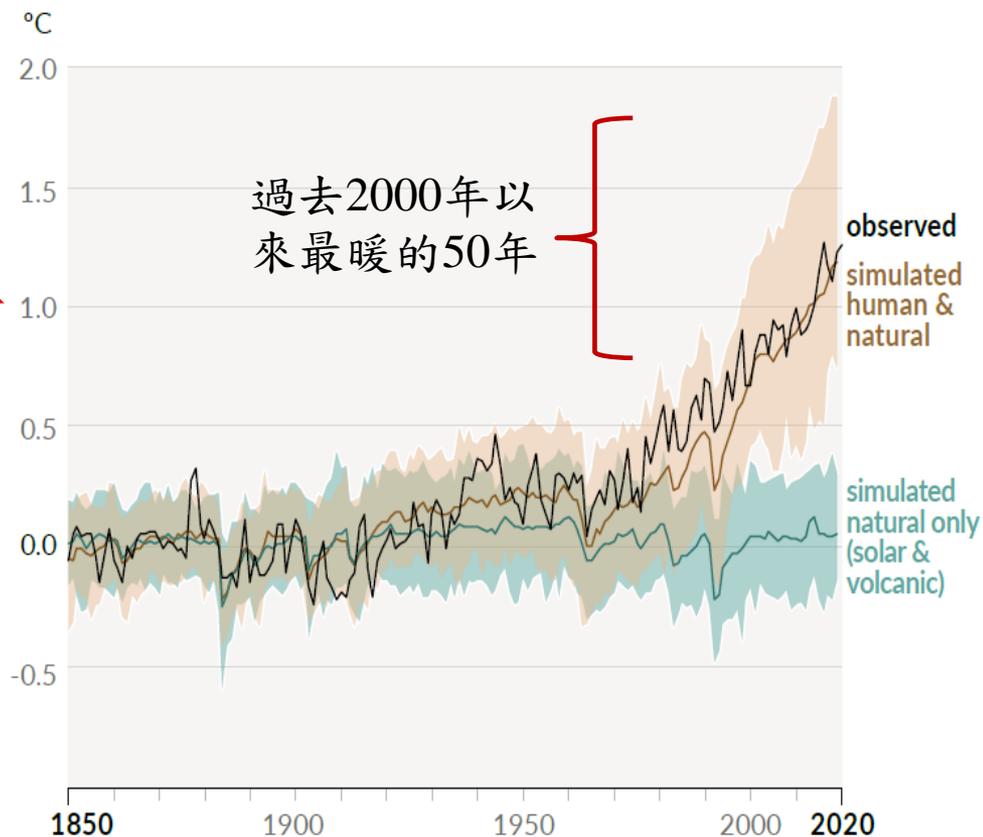
- 1970年以來的50年是過去2000年以來最暖的時期；
- 2011~2020年全球地表溫度比工業革命時期上升了 $1.09^{\circ}\text{C}$ ，其中約 $1.07^{\circ}\text{C}$ 的增溫(98%)是人類活動造成的。
- 未來20年，全球溫升將達到或超過 $1.5^{\circ}\text{C}$ 。
- 不論採取何種減碳路徑，氣候系統的暖化仍將持續到本世紀中期。
- 到本世紀末，全球地表溫度將比工業革命基準值上升最高可達 $5.7^{\circ}\text{C}$ 。

# Changes in global surface temperature relative to 1850-1900 (IPCC AR6 Fig SPM.1)

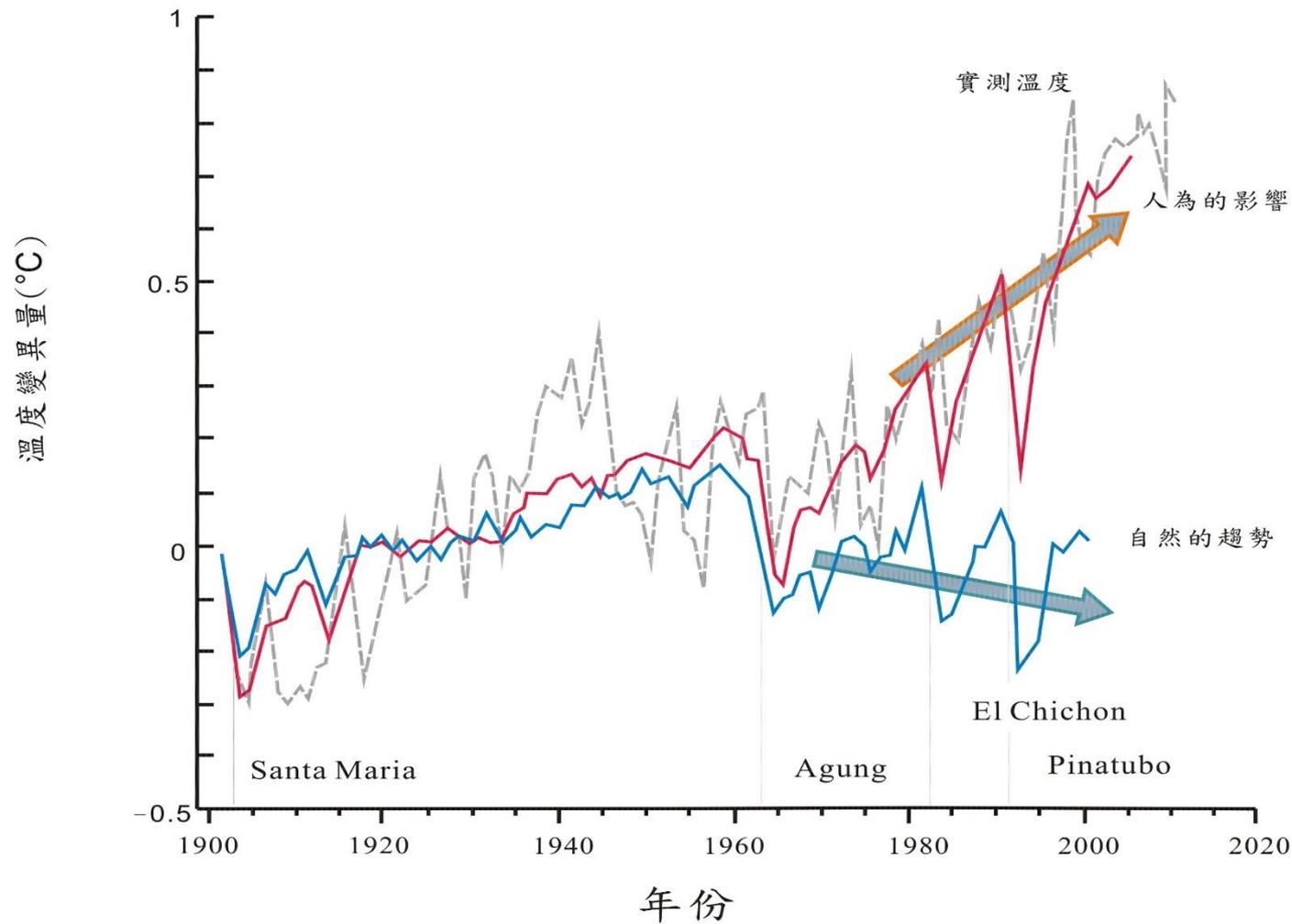
a) Change in global surface temperature (decadal average) as reconstructed (1-2000) and **observed** (1850-2020)



b) Change in global surface temperature (annual average) as **observed** and simulated using **human & natural** and **only natural** factors (both 1850-2020)



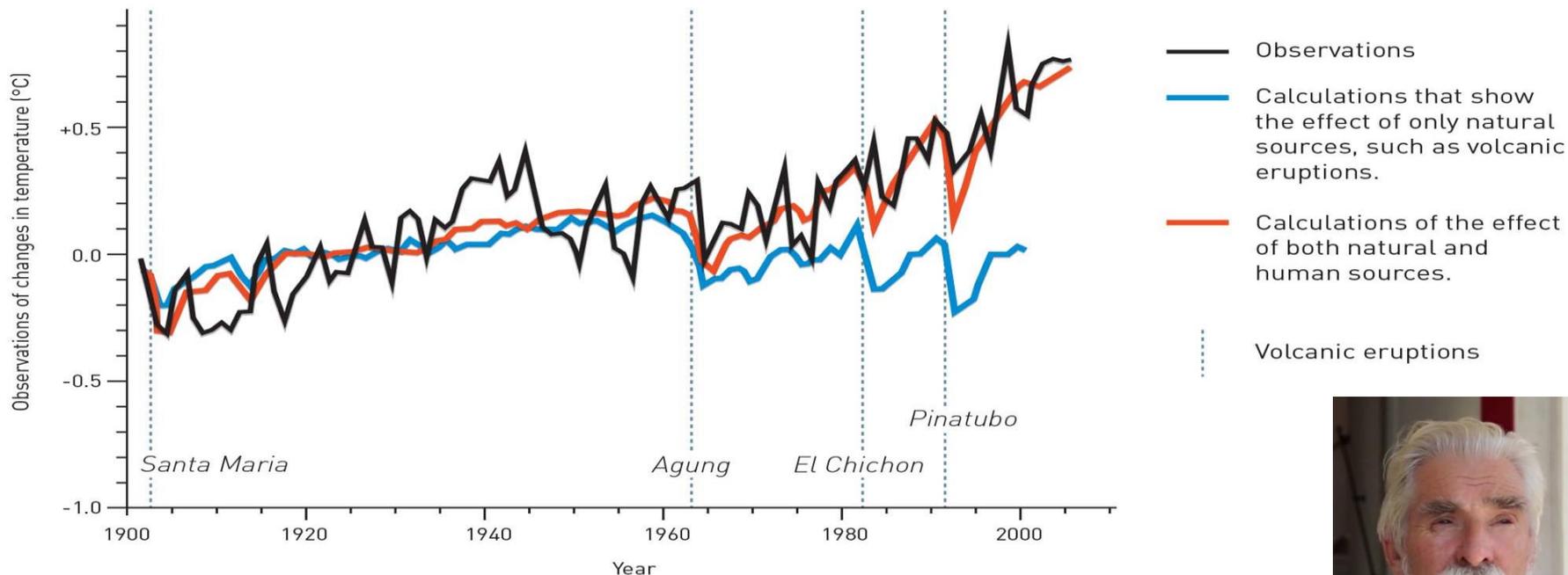
二千多年以來，地球環境已經有了過去沒有的變化，近期地表溫度的急升是一個重要的表徵。



人類的愚蠢，改變了氣候的演變方向，也改變了人類的命運。重繪自：聯合國政府間氣候變化委員會 (IPCC) 2007年評估報告。

# Identifying fingerprints in the climate

Klaus Hasselmann developed methods for distinguishing between natural and human causes (fingerprints) of atmospheric heating. Comparison between changes in the mean temperature in relation to the average for 1901–1950 (°C).



Source: Hegerl and Zweirs (2011) Use of models in detection & attribution of climate change, *WIREs Climate Change*.

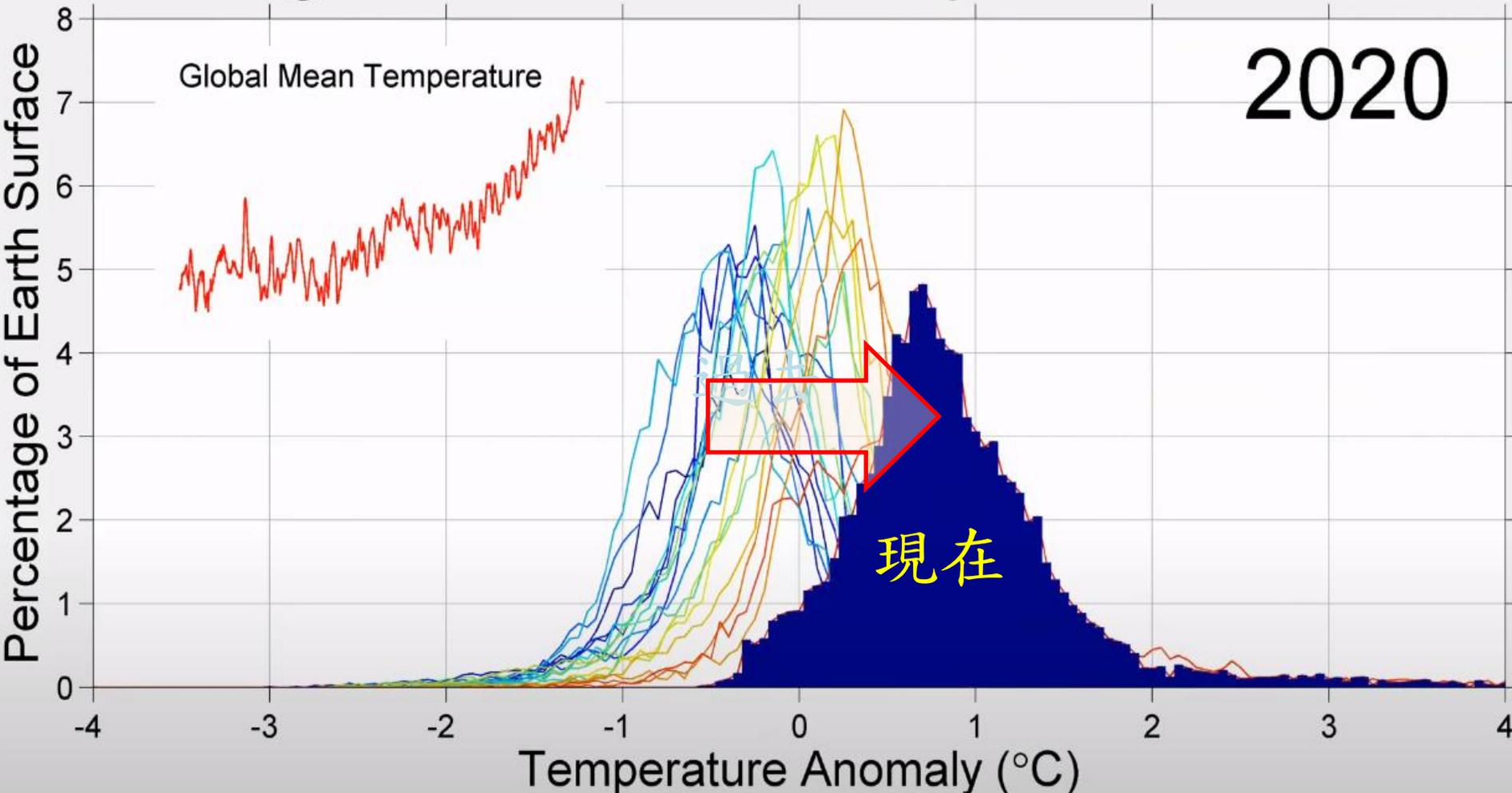
©Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences



獲得諾2021年貝爾物理學獎的哈塞爾曼 (Klaus Hasselmann) 在1970年代建立連結天氣與氣候的模型，並且設計出方法來發現自然現象與人類活動對氣候的影響。

# Changes in Earth's Surface Temperature Distribution

2020



Data Source: 12-month surface temperature anomaly distributions from Berkeley Earth, relative to 1951-1980 average.

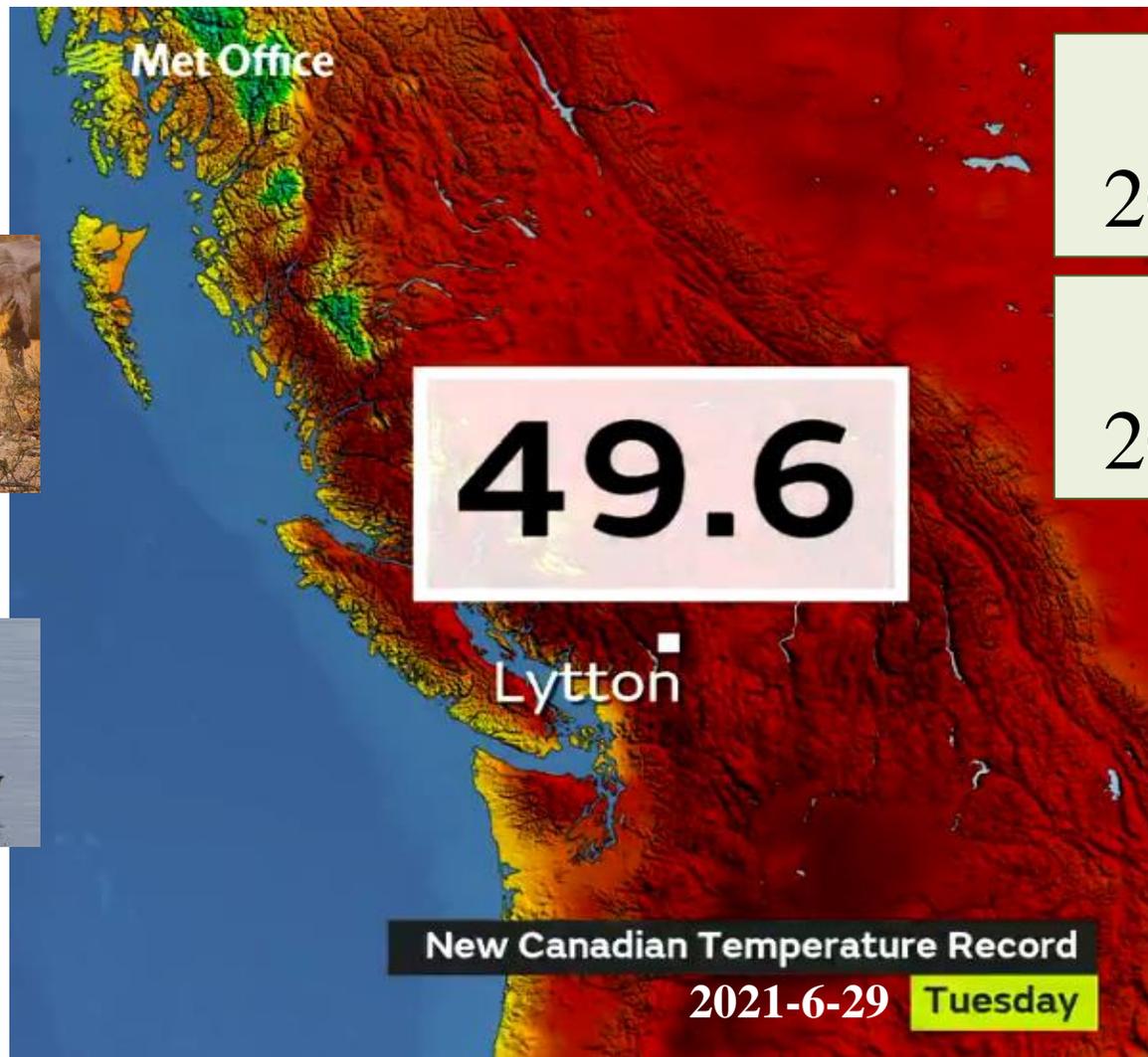
地表平均溫度將持續升高，極端高溫天氣增加而極端低溫天氣減少。

# 2021年熱浪

- 6月底**加拿大**Lytton連續三天打破氣溫記錄，最熱的氣溫為49.6°C。加拿大有超過465人死亡，在**美國**華盛頓和俄勒岡州造成600多人死亡。如果沒有氣候暖化，這一事件不可能發生。
- **西伯利亞**持續的熱浪助長了整個夏季的森林火災，溫度達到48°C。
- **巴基斯坦**、**印度**北部和**中東**部分地區經歷氣溫超過52°C熱浪。
- 7月底，**北愛爾蘭**帶來了創紀錄的31.4°C的氣溫，並在**英國**發佈了第一個"極端高溫警告"，高溫導致400~800多人死亡。
- 8月中旬，席捲地中海地區的熱浪在**西班牙**、**義大利**和**希臘**造成大量死亡。西班牙（47.2°C）和整個歐洲（西西里島的氣溫為48.4°C）都創下了破紀錄的氣溫紀錄。
- 8月**突尼西亞**首都的氣溫達到創紀錄的49°C，並造成該市停電。



+



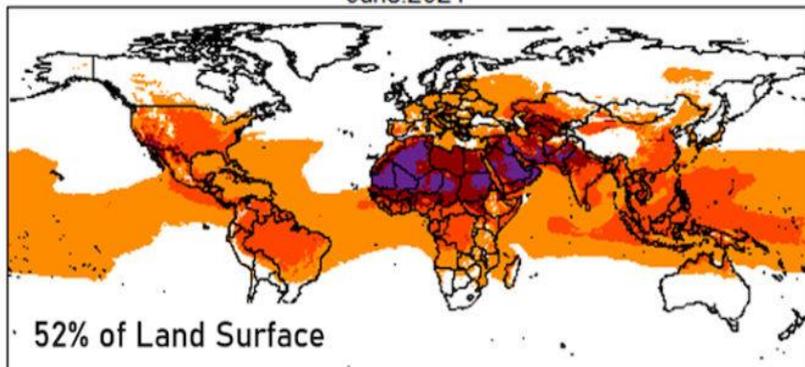
46.6°C  
2021-6-27

47.9°C  
2021-6-28

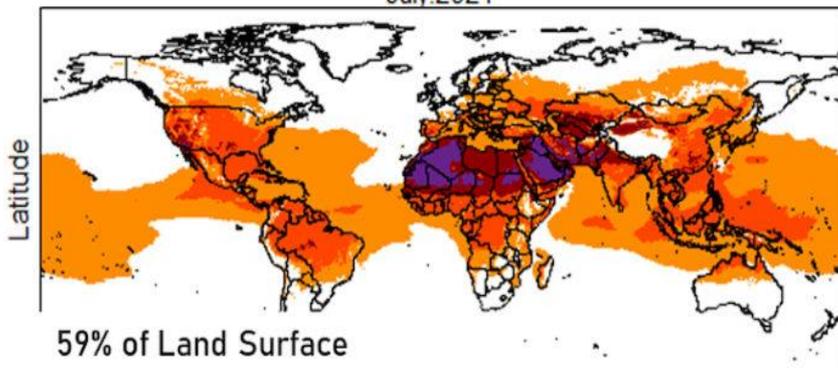
根據觀測數據，加拿大英屬哥倫比亞省利頓在2021年6月29日下午的氣溫高達49.6°C，締造加拿大歷史最高溫度紀錄；這是灰犀牛也是黑天鵝的極端事件。

# Heat Stress Exposure

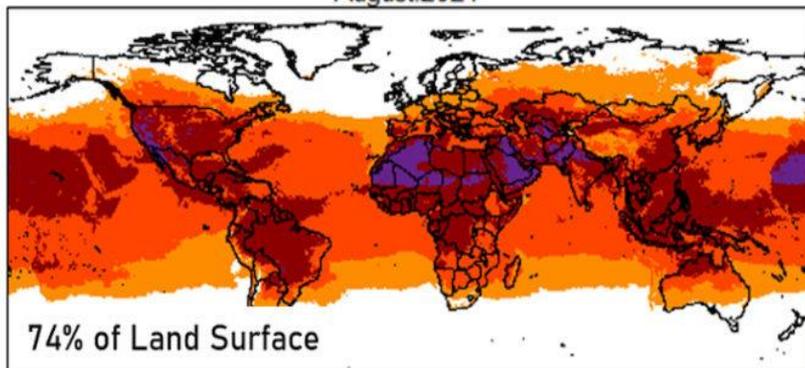
June 2021



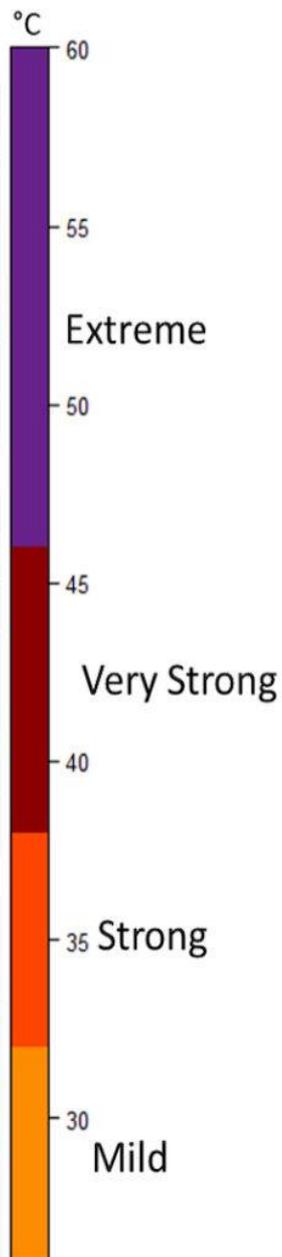
July 2021



August 2021



Longitude



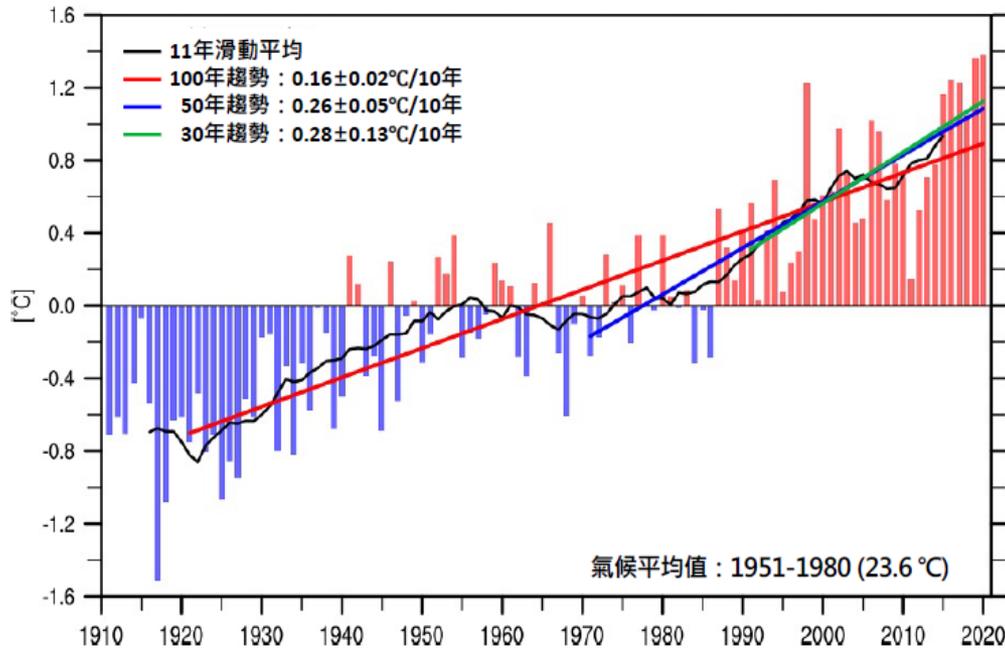
2021年6月（上）、7月（中）和8月（下）世界各地的熱壓力分佈，紫色顯示“極端”情況。8月份有74%的陸地地區出現了熱壓力。

今年6~8月地表的夏季均溫比20世紀的均值高出了 $1.45^{\circ}\text{C}$ ，只略小於2020年，與2019年並列第二

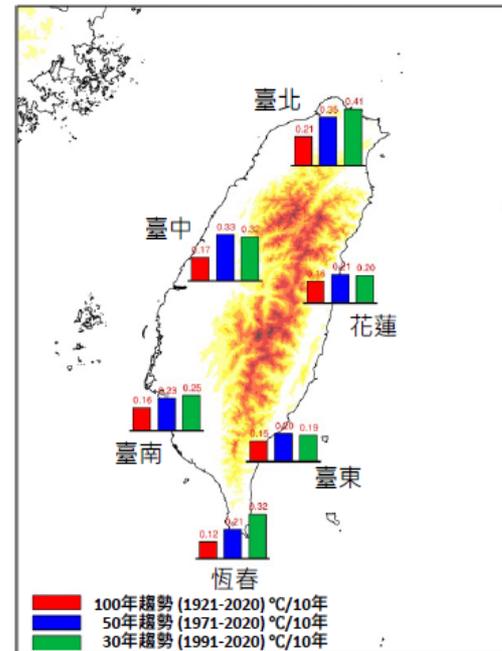
# 年平均氣溫

- 根據中央氣象局測站觀測資料，臺灣年平均氣溫在過去110年(1911-2020年)上升約 $1.6^{\circ}\text{C}$ ，且近50年、近30年增溫有加速的趨勢。

### 1911-2020年臺灣年平均氣溫距平

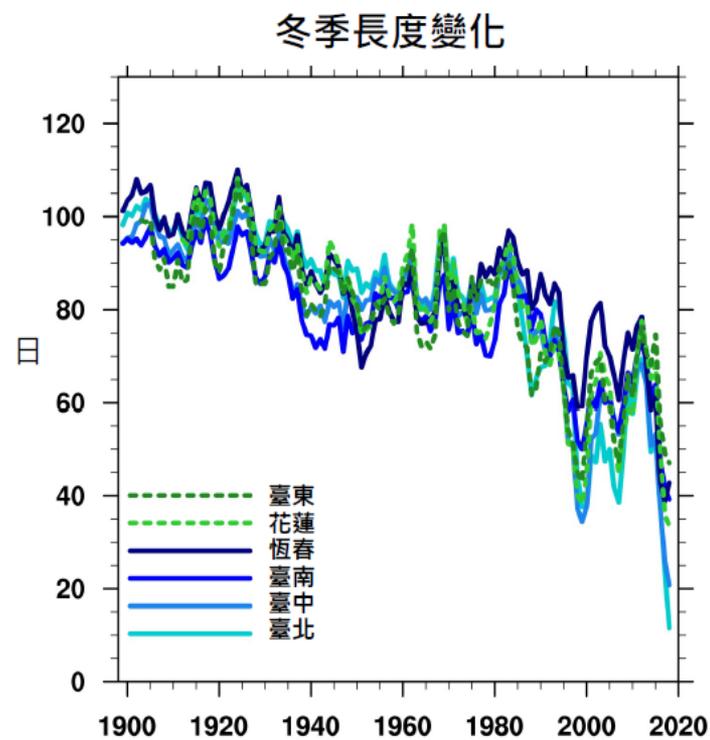
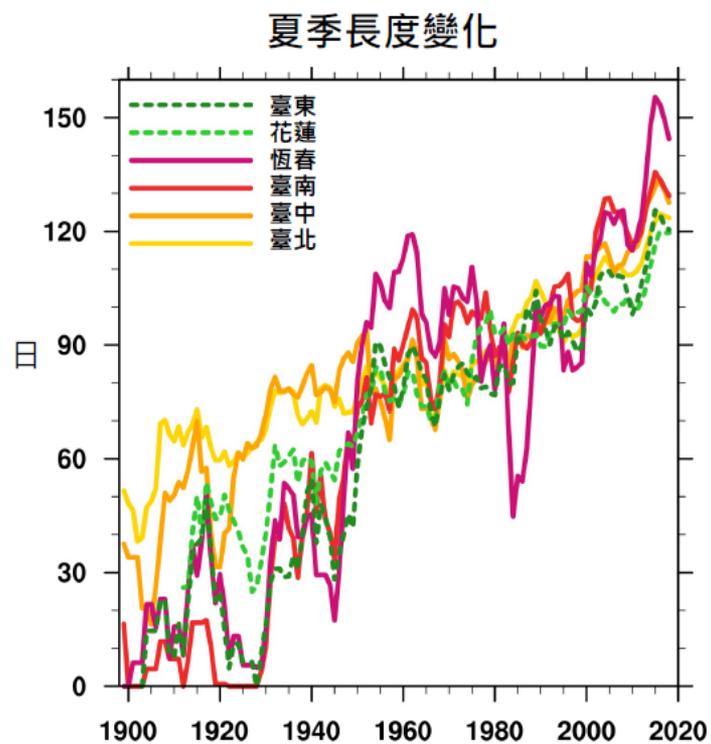


### 臺灣年平均氣溫的長期變化



# 夏冬季日數變遷

- 21世紀初夏季長度增加到約120-150天，冬季縮短為約70天，近年來，冬季更縮短至約20-40天。



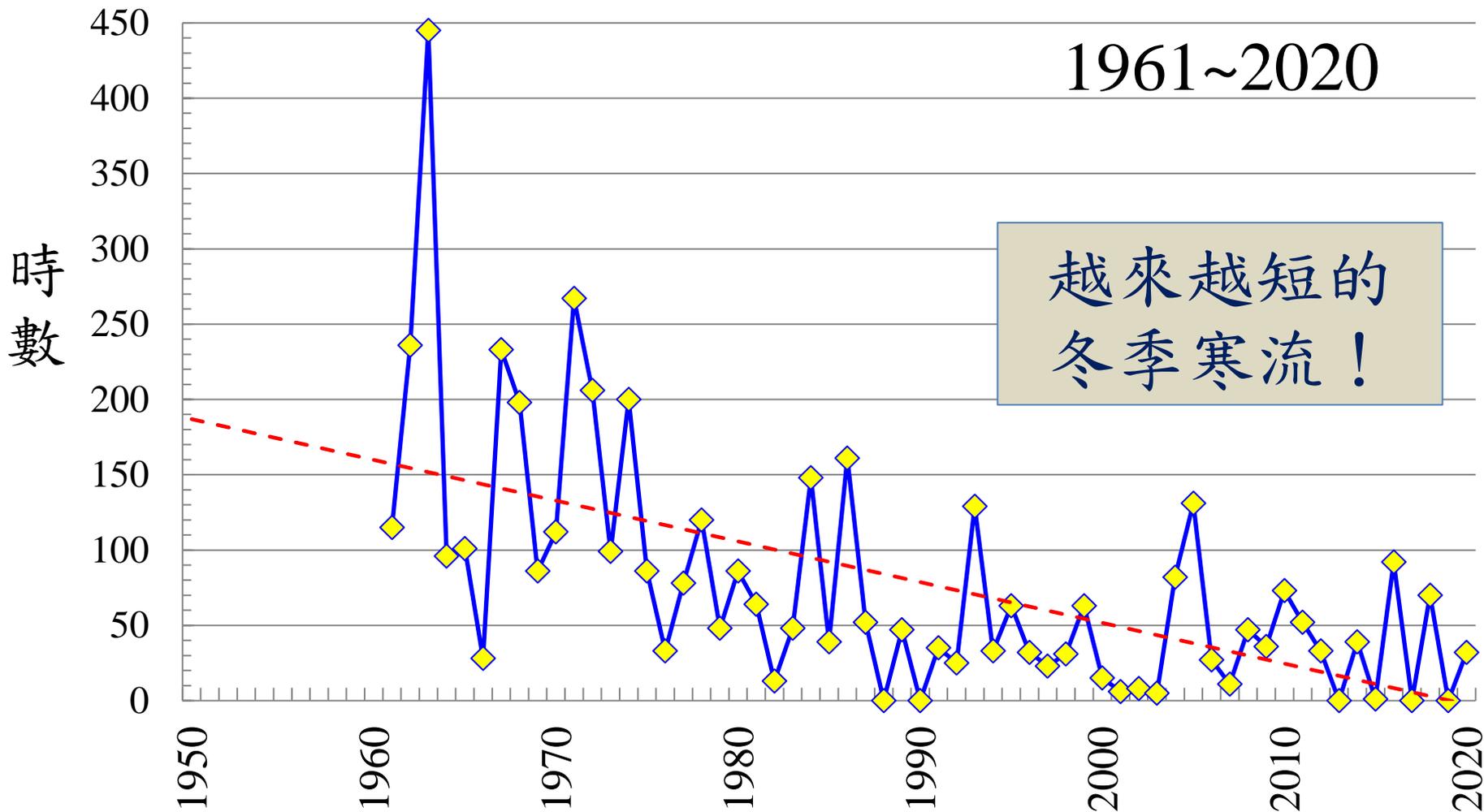
註：季節是以1961-1990年平均的90天長度來定義

# 臺灣的寒潮

## -- 暖化環境的小迴波

中央氣象局依台北可能出現的低溫，把冷空氣強度分為**東北季風**、**大陸冷氣團**、**強烈大陸冷氣團**、**寒流**這四種等級。

寒流、冷氣團的定義是以中央氣象局台北測站為標準，當台北站出現10度以下低溫，即定義為寒流，除了冷空氣的強度，輻射冷卻、附近地形、都市化程度也是低溫影響要素。

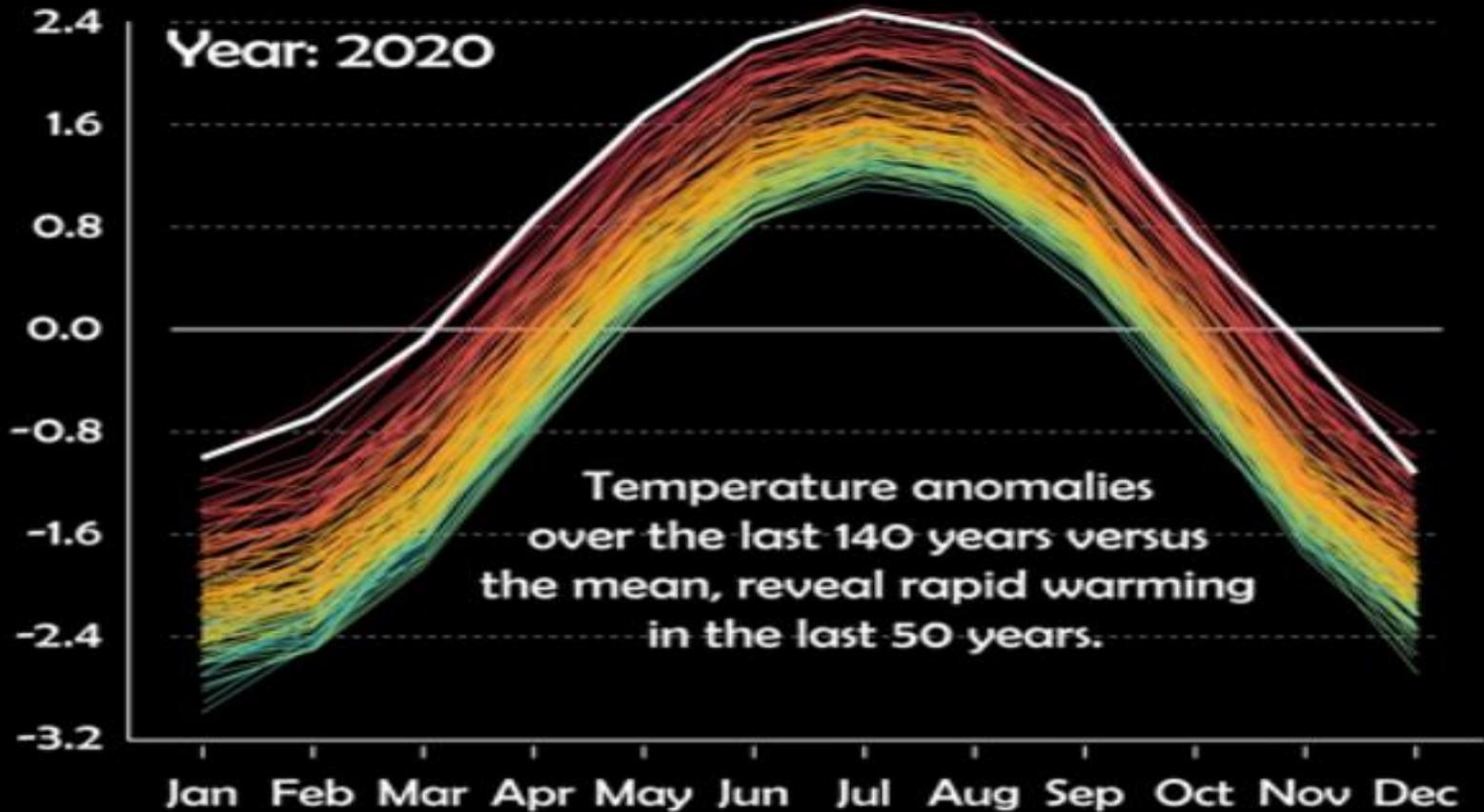


台北測站每年低於 $10^{\circ}\text{C}$ 的時數正快速降低，預計本世紀末台灣的冬季將會消失，現在要珍惜難得的冷颼颼天氣。

- 寒潮影響期間，要多留意家中長者、心血管與慢性病患、懷孕婦女、小孩的身體狀況；加上又是新冠病毒防疫期間，我們應配合做好個人防疫與衛生管理。
- 我們要留意用火安全與戶內通風，防範火災與一氧化碳中毒的事件。
- 衛福單位、地方政府、社福機構要啟動低溫關懷的工作，協助弱勢族群、街友有適當的禦寒保暖措施。

# Global warming is real

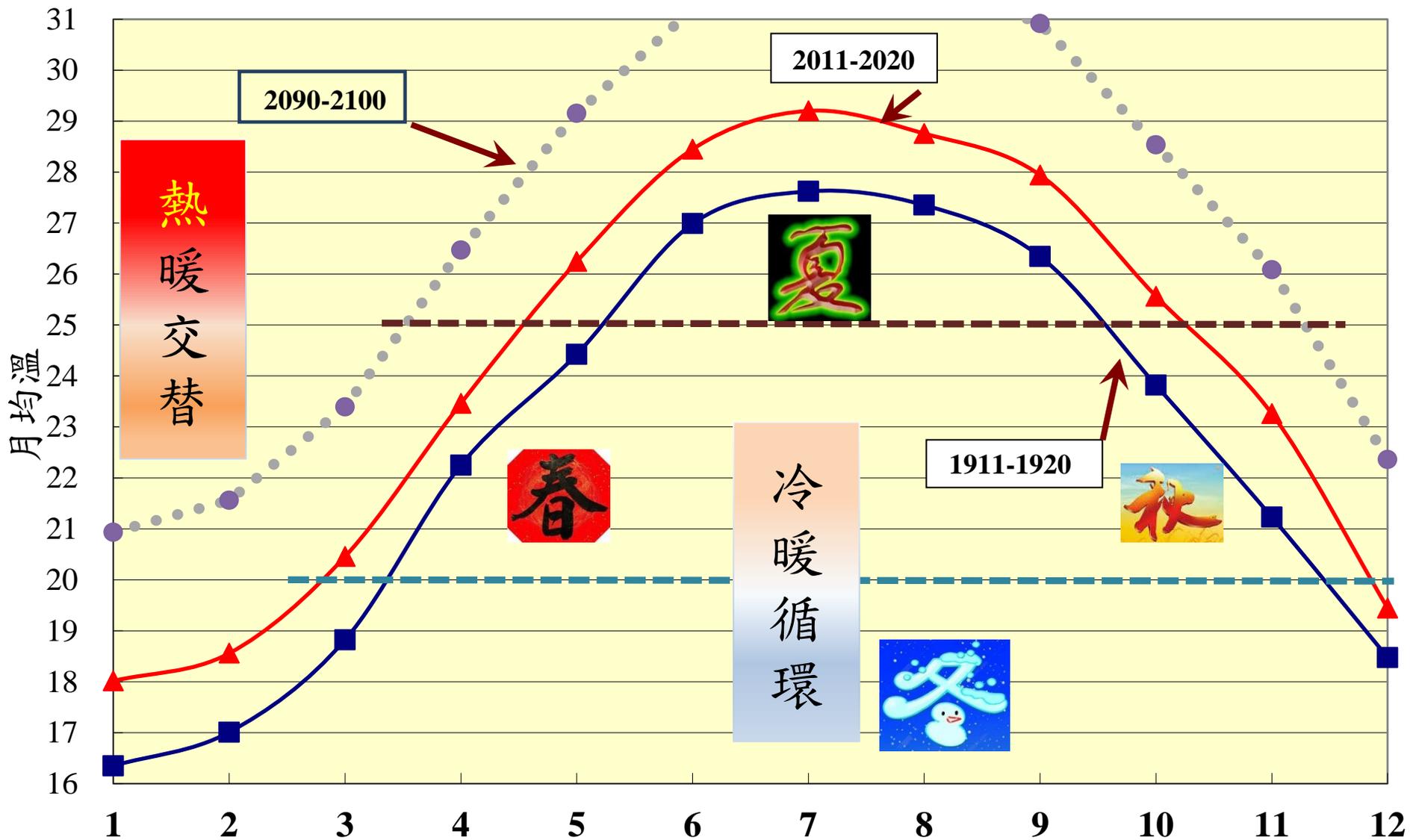
Temperature anomalies since 1880 vs. the mean (°C)\*



Source: NASA GISS/Gavin Schmidt, Jan-2021  
<https://data.giss.nasa.gov/gistemp/> \*Mean taken from 1880-2015



140年以來，隨著地表溫度的增高，四季的分野也在快速的改變。



臺灣夏天的日子越來越長，也越來越熱；冬天  
越來越短，直至消失！

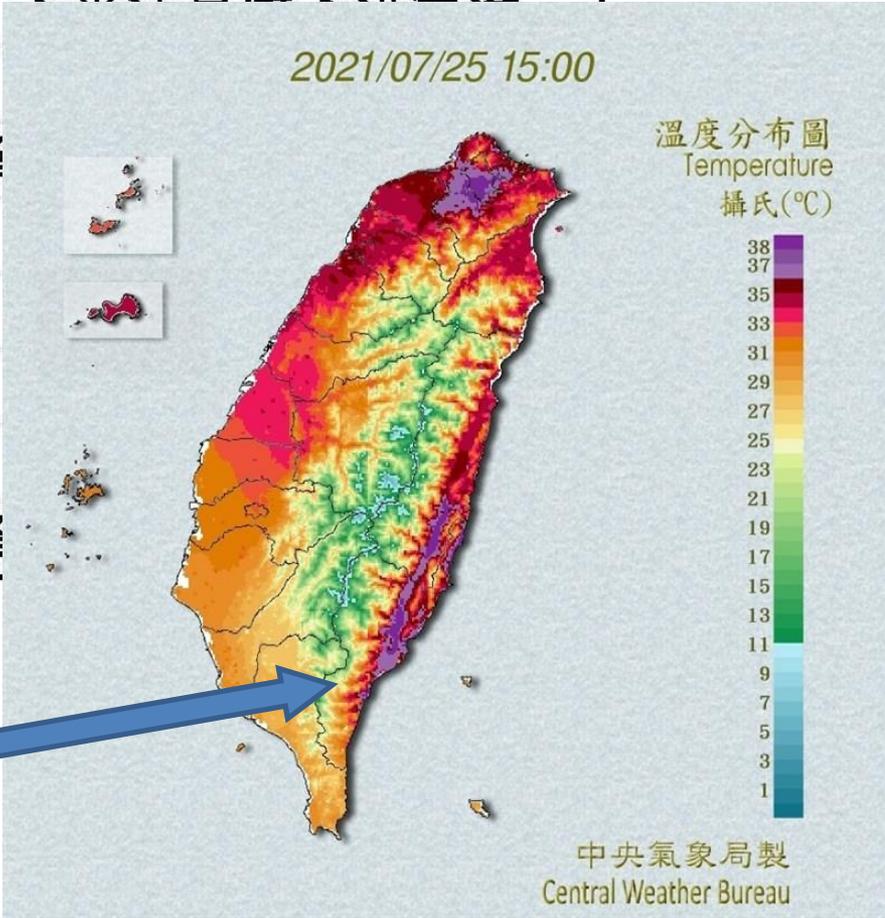
絕對高溫

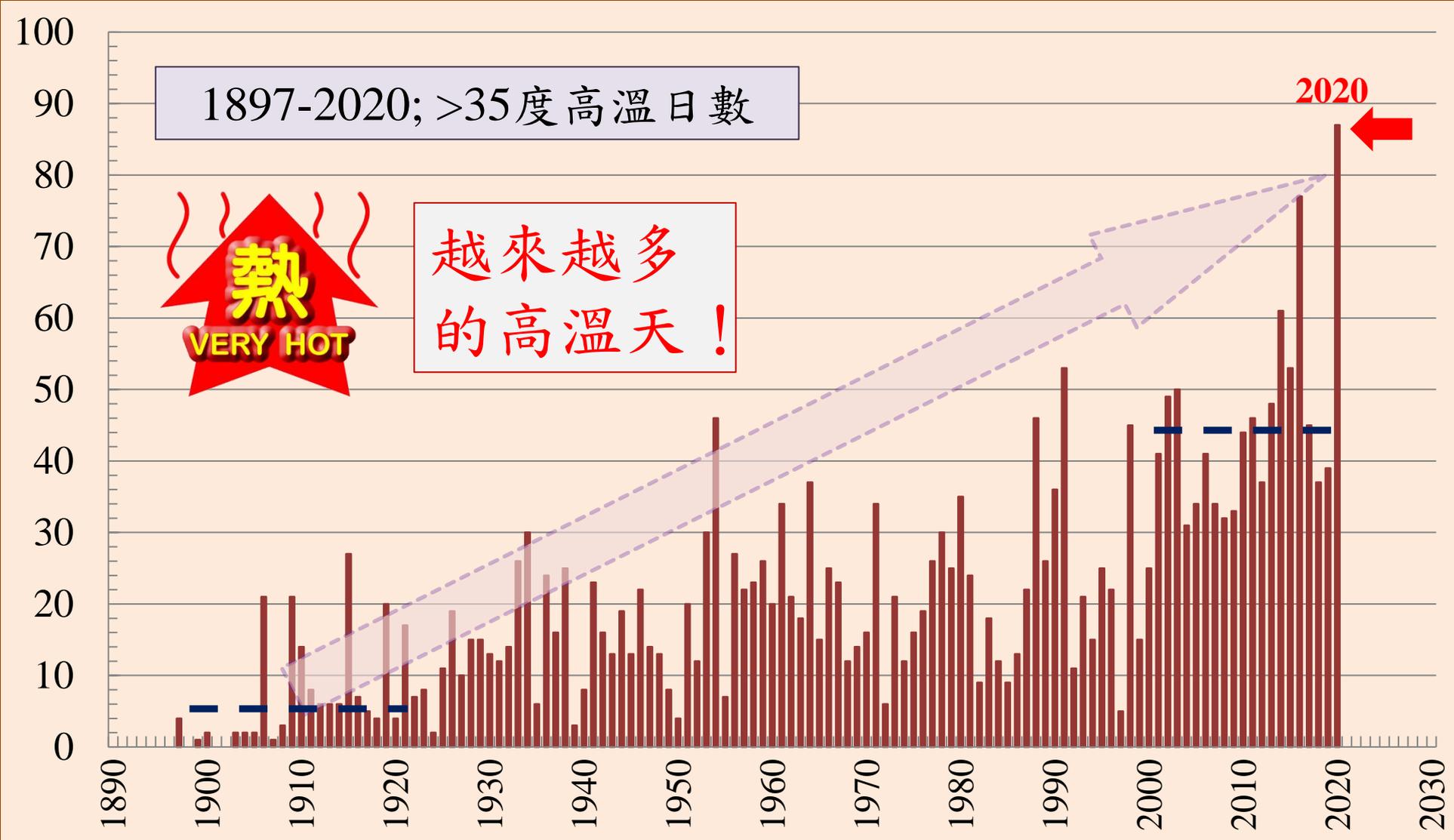


絕對高溫就好比營火的火苗，營火越旺，火苗就越高。地表的暖化越深，觀測的絕對高溫就會不斷的刷新紀錄。

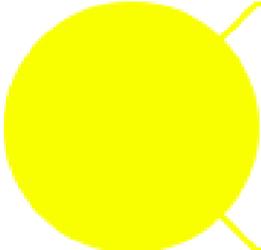
排序	站名	氣溫(°C)	發生日期	影響天氣系統
1	太麻里2	40.6	2021/7/25	西南氣流造成焚風
2	太麻里2	40.5	2020/7/16	西南氣流造成焚風
3	臺南玉井	40.4	2021/5/19	太平洋高壓下沉氣流
4	高雄內門	40.3	2021/5/14	太平洋高壓下沉氣流
5	天祥	40.3	2018/7/10	瑪莉亞颱風外圍下沉氣流
6	臺南玉井	40.2	2021/5/15	太平洋高壓下沉氣流
7	大武	40.2	2020/7/25	
8	臺東	40.2	2004/5/9	鋒
9	臺南北寮	40.1	2021/5/20	
10	大武	40.0	2020/7/26	
11	臺東金崙	40.0	2020/7/16	
12	南投服務區	40.0	2020/5/10	
13	臺東金崙	40.0	2019/4/10	鋒

台東太麻里  
40.6°C

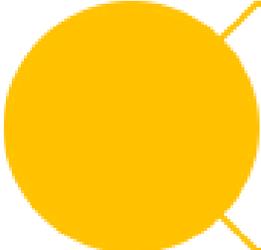




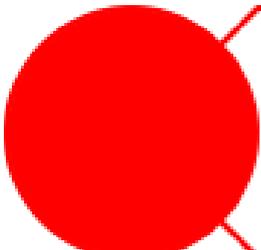
百年以來，台北測站紀錄每年高於35度的高溫日數快速成長。1897~1920年平均7天；2001~2020年平均46天；2016年有77天，2020則高達87天。



地面氣溫達攝氏36度以上

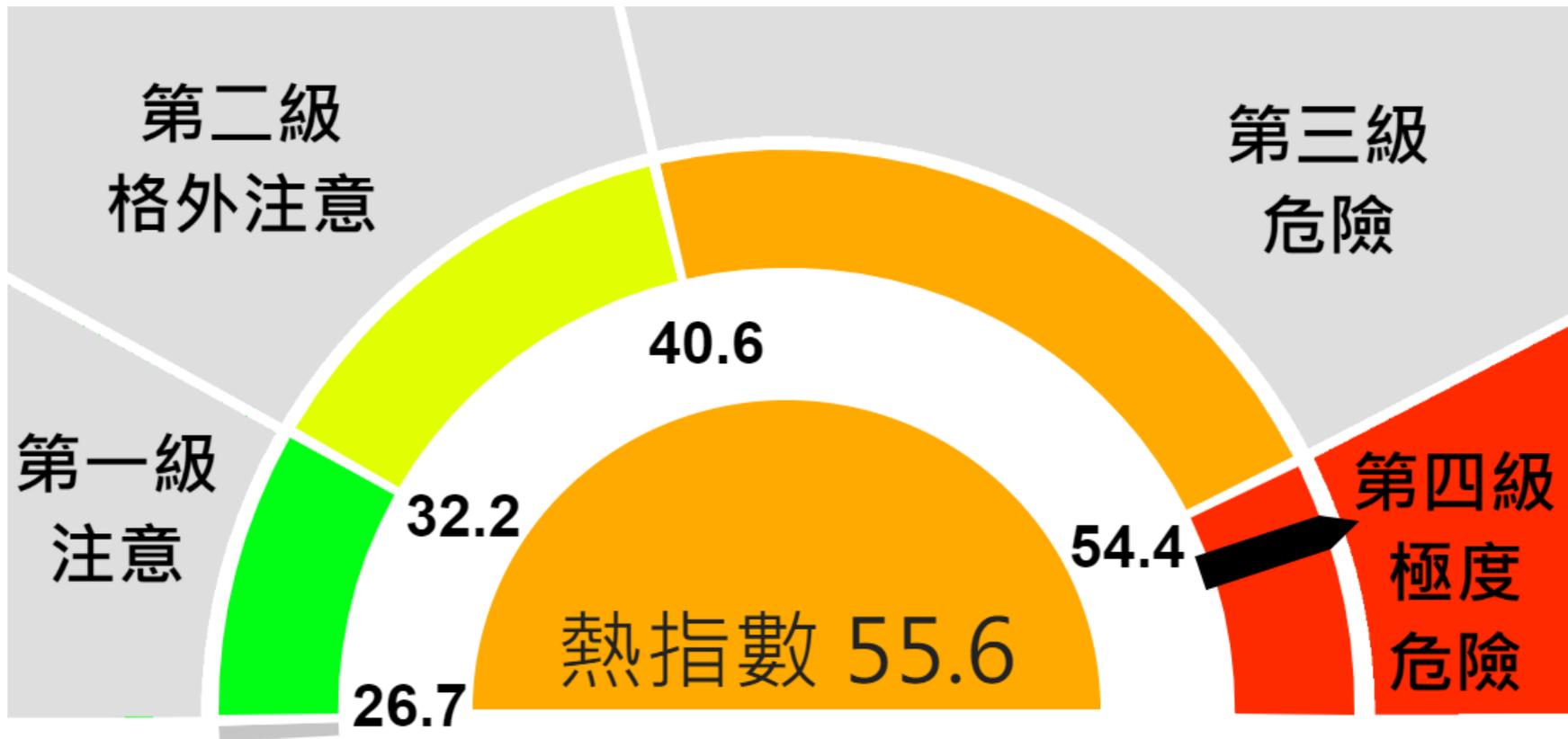


氣溫達攝氏36度以上，且持續3天以上；或氣溫達攝氏38度以上



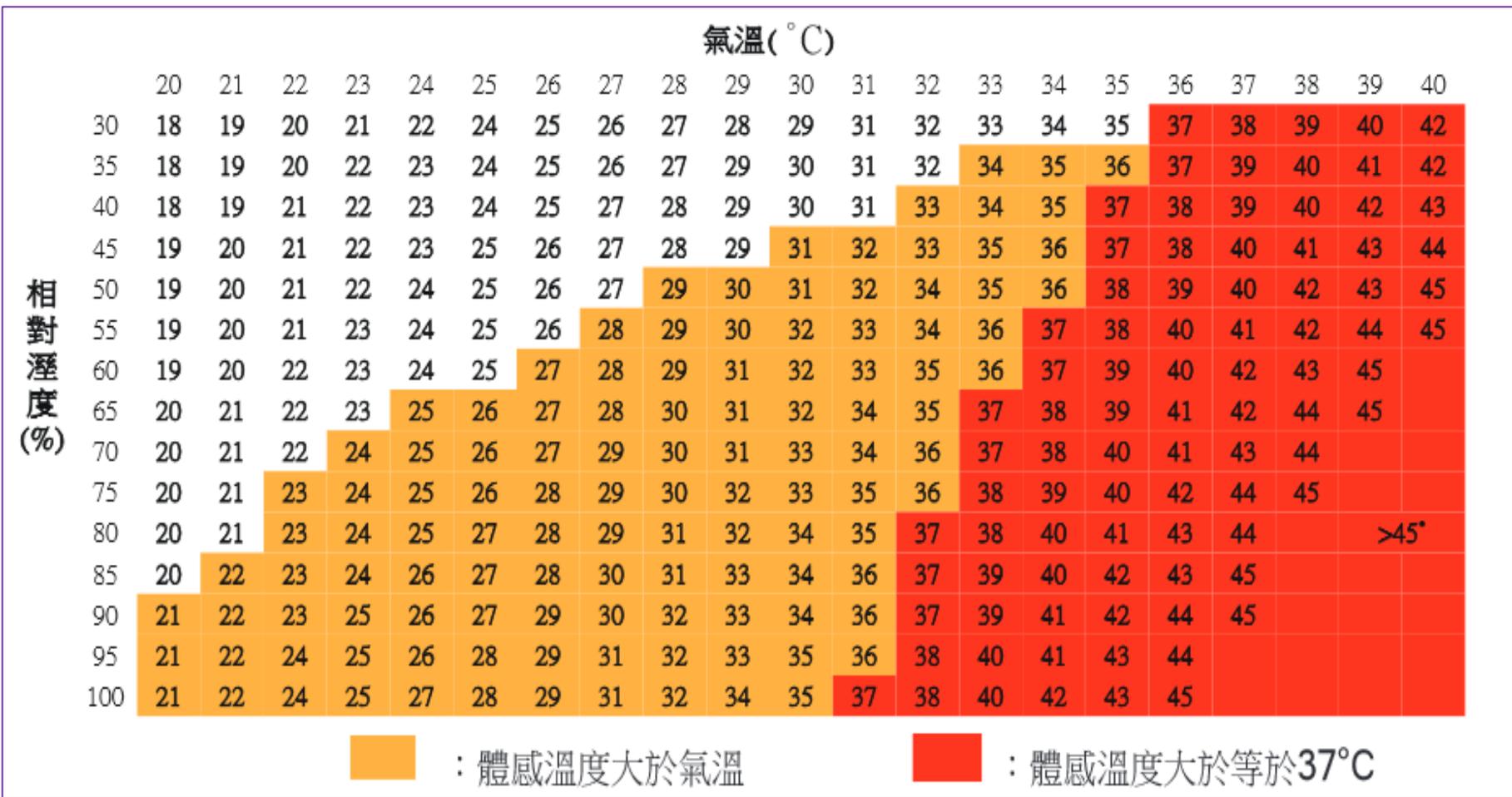
氣溫達攝氏38度以上，且持續3天以上

氣象局2018年首度設置高溫預警，透過黃色、橙色，以及紅色燈號，來預示不同的高溫環境，提醒民眾預防熱傷害。



溫度 = 35 °C ; 濕度 = 75%

勞動部高氣溫戶外作業熱危害預防行動資訊網  
熱危害風險等級



美國NOAA炎熱指數顯示，在相同的溫度下，相對濕度越大，體感溫度的增幅就越明顯。當氣溫達到攝氏32度，相對濕度大於80%時，體感溫度會超過37度。有人稱為高溫高濕的天氣為桑拿天，比乾熱的炙烤更令人難受。

一般人群在靜止狀態體溫調節極限溫度為31°C（相對濕度85%）、38°C（相對濕度50%）和40°C（相對濕度30%），如超出極限溫度，人體機能容易受損，將出現病徵--中暑或一些熱傷害併發症。

不同人群耐高溫的極限會有不同。對於幼童、年老體弱者、慢性病患者，由於他們的體溫調節功能或不健全，或功能減退，耐熱極限也相應下降。所以，在高溫天氣裡，這些人群應特別注意防暑降溫。

# 熱傷害症狀與處置

症狀	臨場處置 (盡速就醫)
<b>熱痙攣</b> ：大量流汗脫水導致電解質失衡、肌肉痙攣抽搐	陰涼處休息、補充水分與電解質、伸展按摩肌肉
<b>熱暈眩</b> ：血液因散熱流往四肢造成	陰涼處躺臥休息、抬高腿部
<b>熱中暑</b> ：人體無法正常散熱，體溫異常升高	陰涼處休息、身體放置冰袋加強降溫
<b>熱衰竭</b> ：大量流汗脫水、血壓驟降、暈眩噁心	陰涼處躺臥休息、補充水分與電解質、散熱降溫

- 高溫時，空調、電器、冰箱使用率高，一旦短路或負載過大，容易故障或發生火災
- 電氣及電梯機房在高溫時容易發生故障或火災，要經常檢查或裝設降溫設備
- 水上活動增多，容易有溺水事故
- 高溫發生時，白天多補充水分、注意防曬措施，熱天別急別火，清靜養心養肺

# Frequency and intensity of once-a-decade heatwave events

溫度越高，熱浪越頻繁

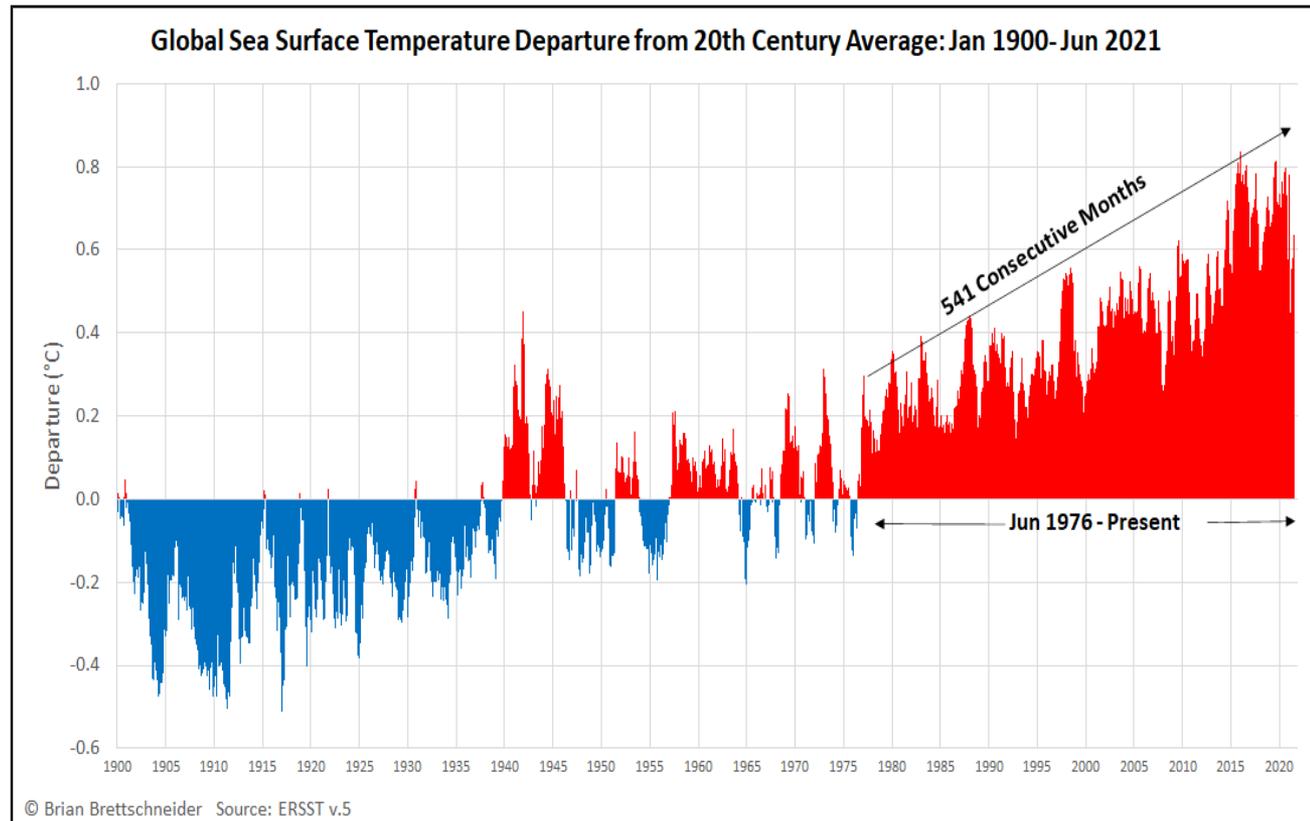


Guardian graphic. Source: IPCC, 2021: Summary for Policymakers. Note: The projected year ranges for +1.5C scenario is using the mean projections for SSPI2.6 and SSP5-8.5. The +2C and +4C scenarios use the mean projection for SSP2-4.5.

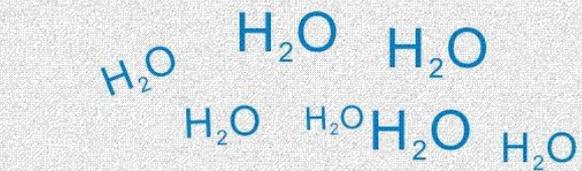
## 第六次評估報告 要點 (3)

- 持續的暖化將**增強全球水文循環**，包括水文循環變異度、全球季風降雨增強、乾濕事件的極端化。
- 以風暴潮、海洋巨浪和潮汐的極端事件，疊加強降水造成的**複合型洪澇事件**加劇(內陸+沿海)。
- 在二氧化碳排放持續增加的情境下，海洋及陸地的**碳匯作用**將**遞減**。

- 海洋吸收大量熱能，改變了物理(海洋熱浪)、化學(海洋酸化)、生物性質(魚群移棲)
- 大氣海洋的交互作用更強
- 豪雨更驚人
- 颱風更狂野



暖化前



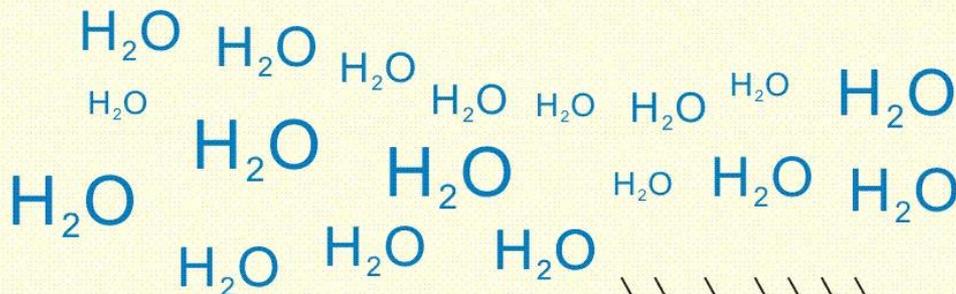
溫和降雨

適量蒸發



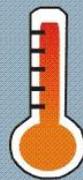
°C

暖化後



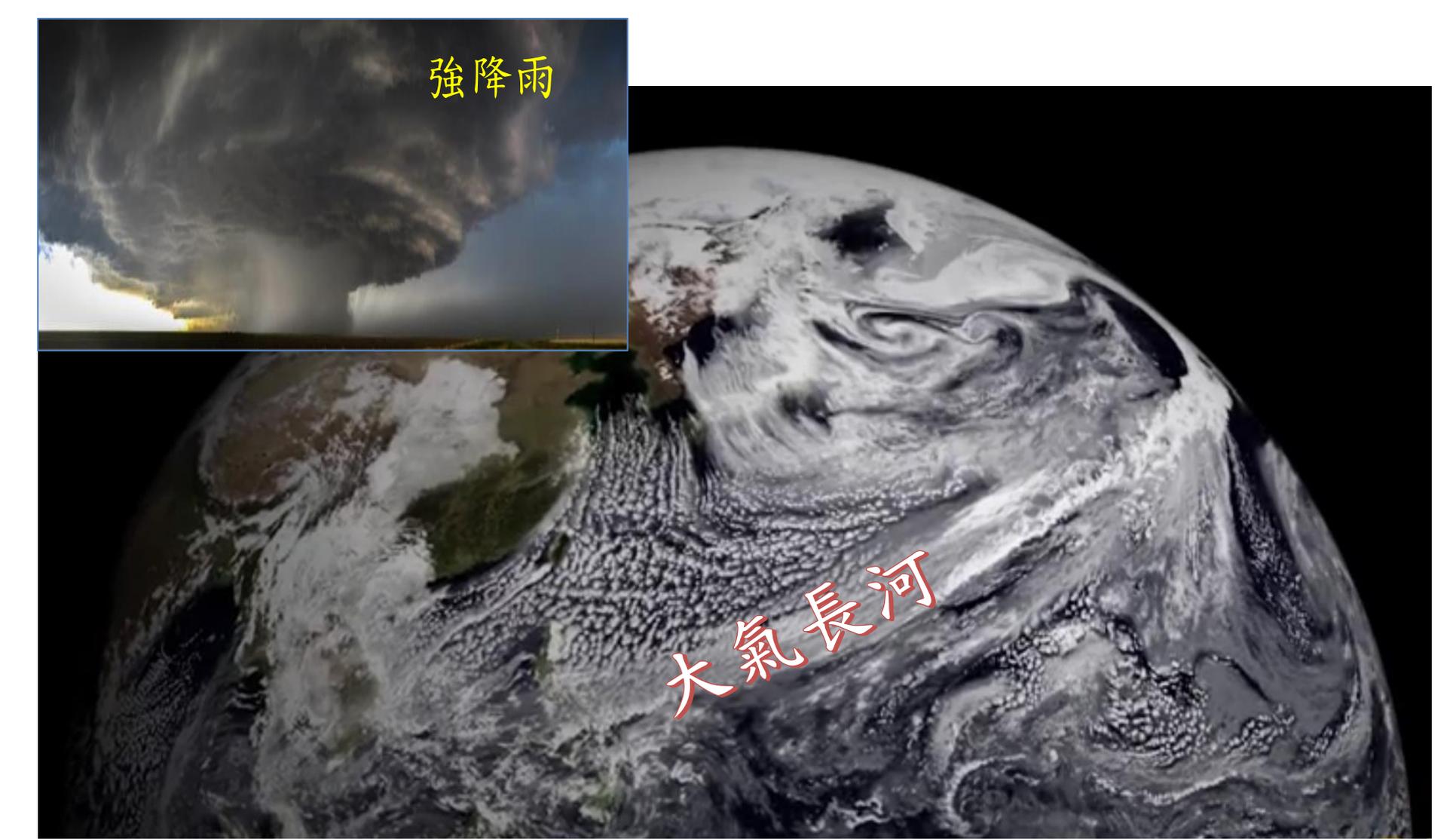
超大豪雨

強烈蒸發



°C

高溫的海洋帶來更多的豪大雨。



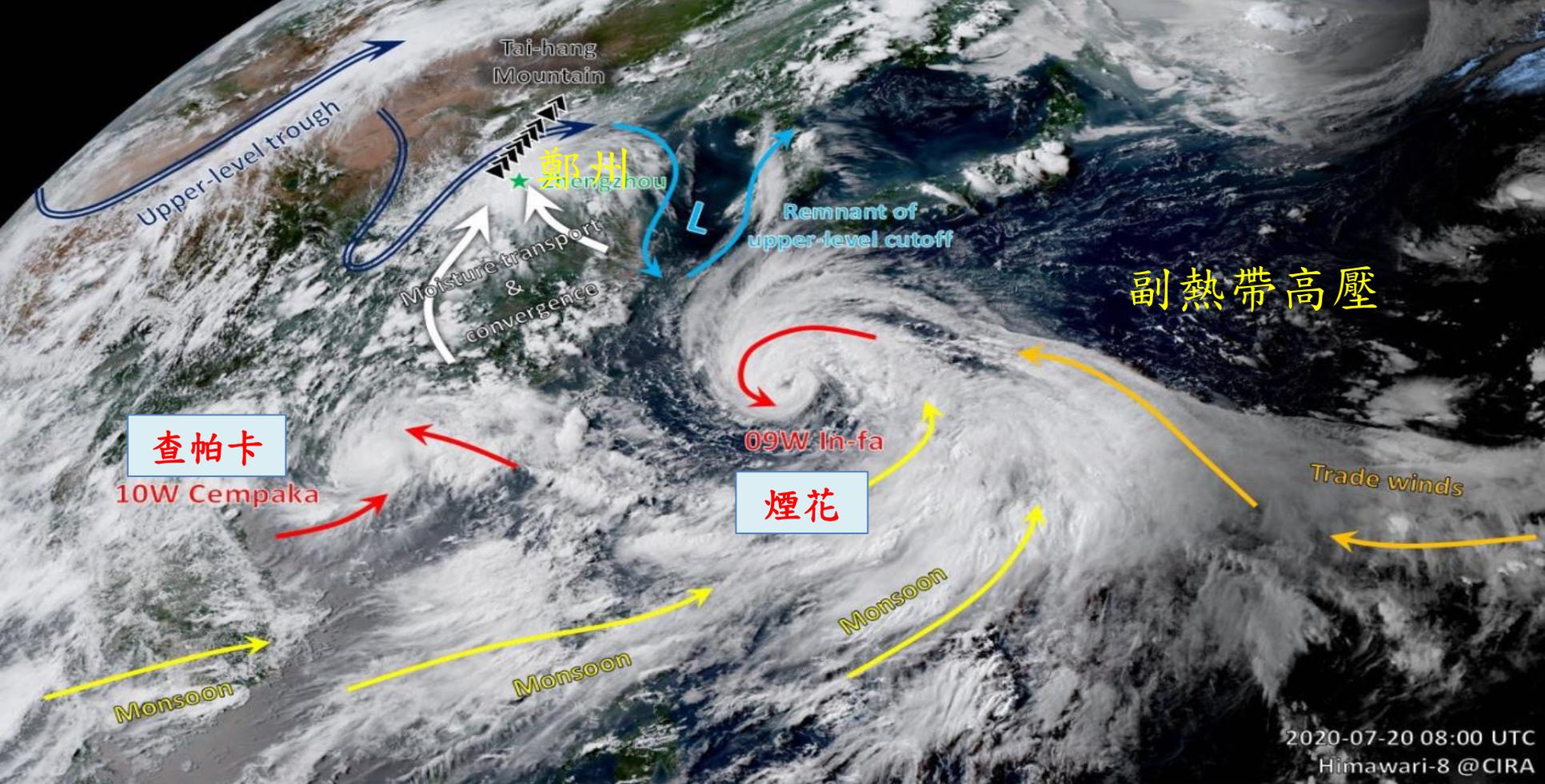
強降雨

大氣長河

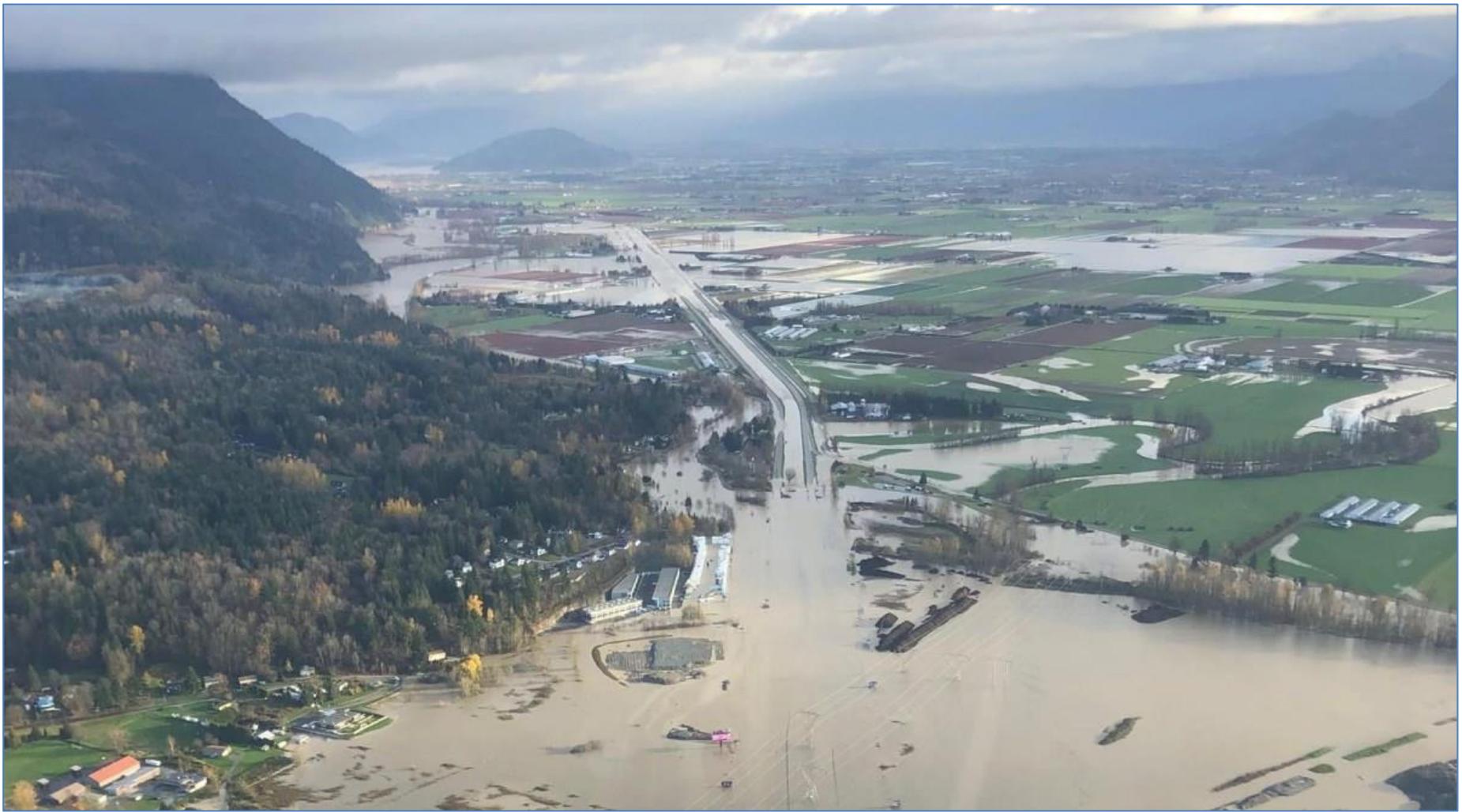
地球一世紀來的暖化使得大氣層多了2萬多個滿載的三峽大壩蓄水量的水汽，以致大氣層佈滿了水量豐沛的天河，在世界各處流動，並製造可怕的洪澇。



2021年7月中旬，德國Ahr河水暴漲，淹沒Altenahr鎮的空照圖；左圖是洪澇前的實景。



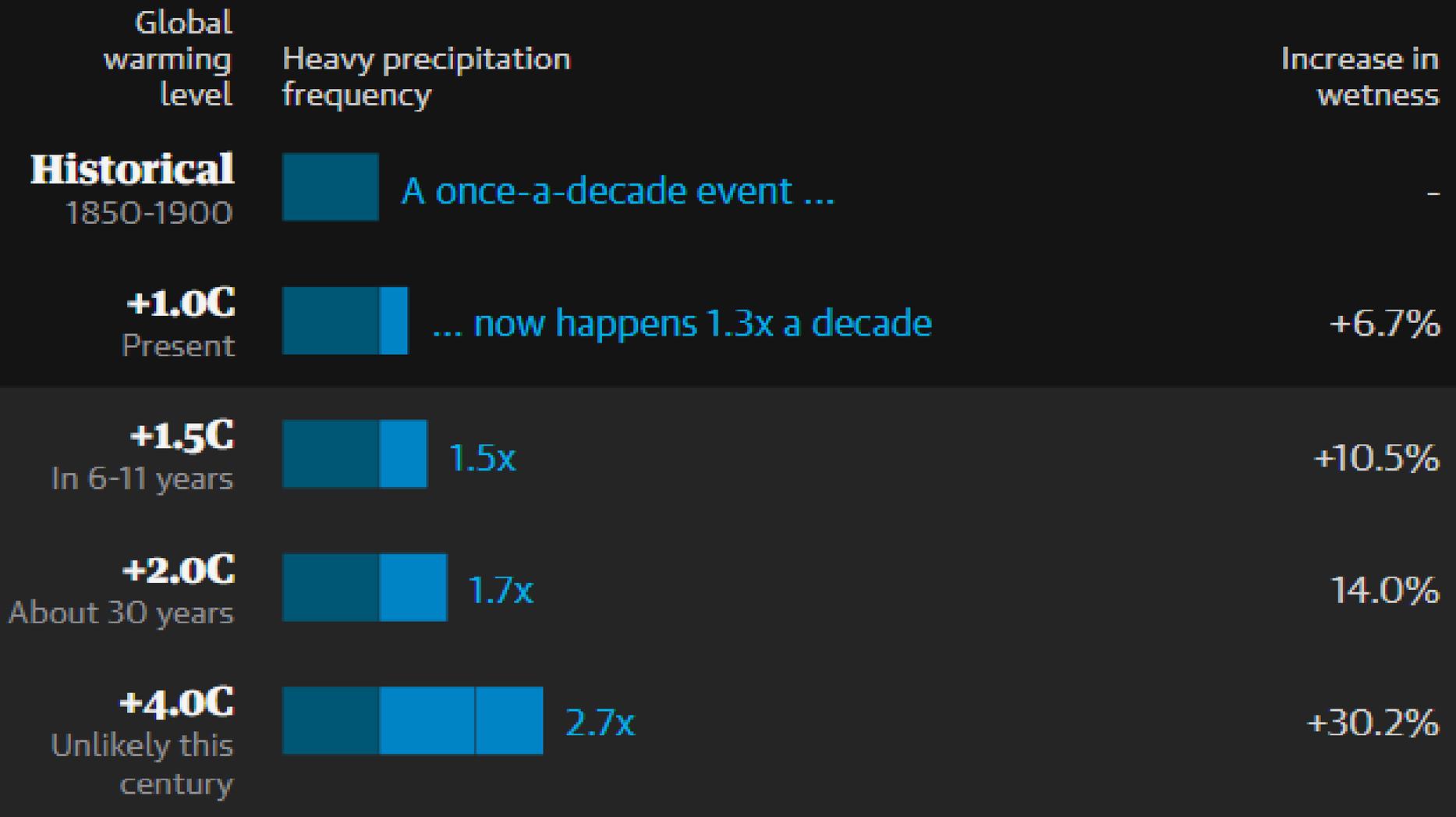
受到距離河南省1000公里以外的颱風煙花、查帕卡，及副熱帶高壓源源不絕地引導大量水氣到陸地，並受到太行山等地形抬升的影響，在河南集結成雨瀑，導致2021年7月中旬河南大量降雨，形成洪災。



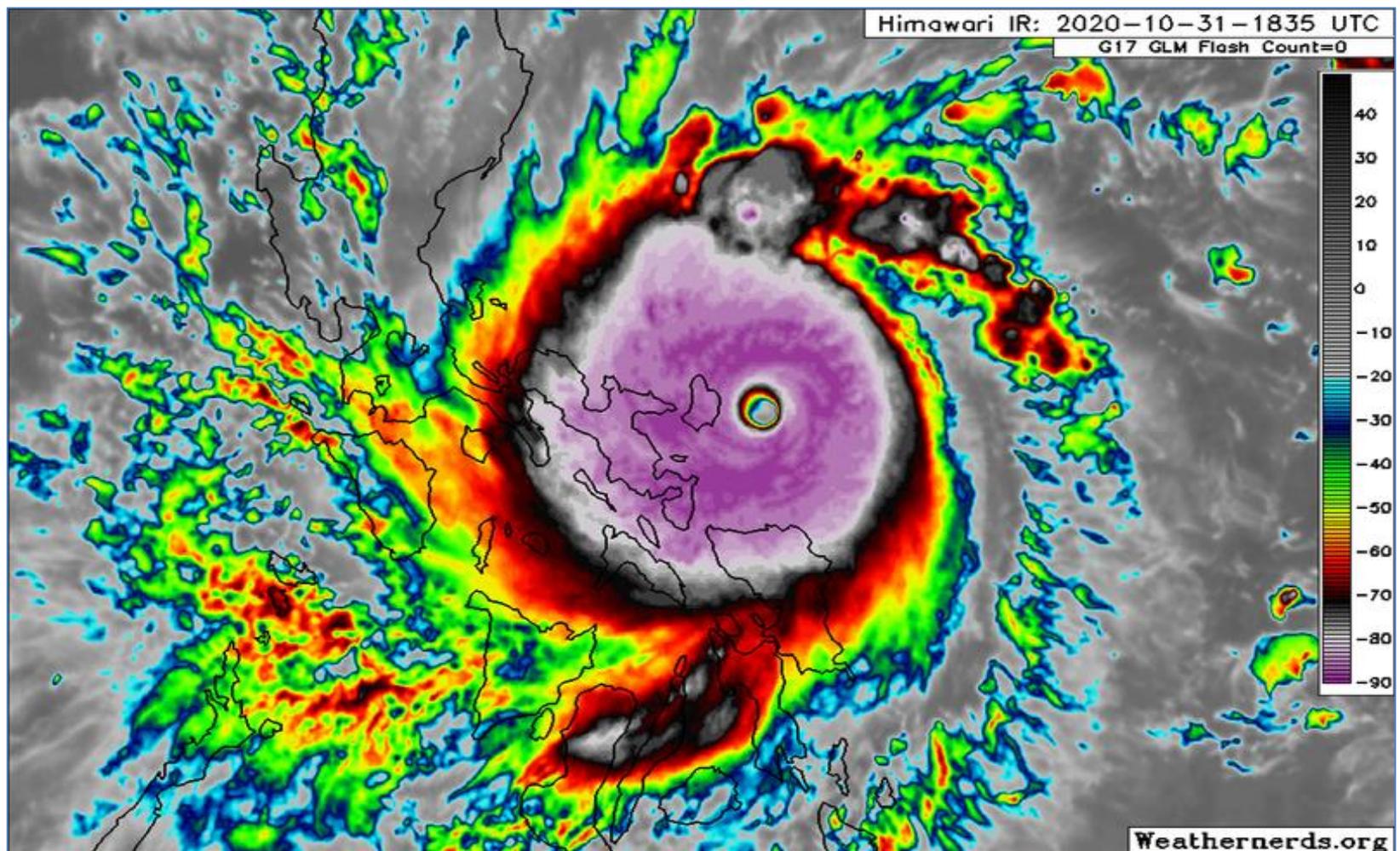
加拿大西部的卑詩省海岸，由於水氣強烈且異常滯留的「大氣河流」來襲，自2021年11月14日起連續4日強降雨，許多地區在72小時之內落下了整個11月的總雨量。

# Frequency and intensity of once-a-decade heavy precipitation events

溫度越高，降雨強度越大



Guardian graphic. Source: IPCC, 2021: Summary for Policymakers. Note: The projected year ranges for +1.5C scenario is using the mean projections for SSP12.6 and SSP5-8.5. The +2C and +4C scenarios use the mean projection for SSP2-4.5.



[海面夠暖＋熱含量高＋風切變弱＋氣流配合] → **完美超颱**

2020年11月初超級颱風**天鵝**以最高每小時315公里的風速侵襲菲律賓中部，25萬棟房屋被毀，損失超過10億美元；天鵝與2013年的海燕、2016年的莫蘭蒂並列為登陸菲律賓的3大超級颱風。

# 颶風的威力越來越驚人！

## STRONGEST STORMS BY REGION

Tropical Cyclones Since 1979

全球海洋都出現超級颶風！



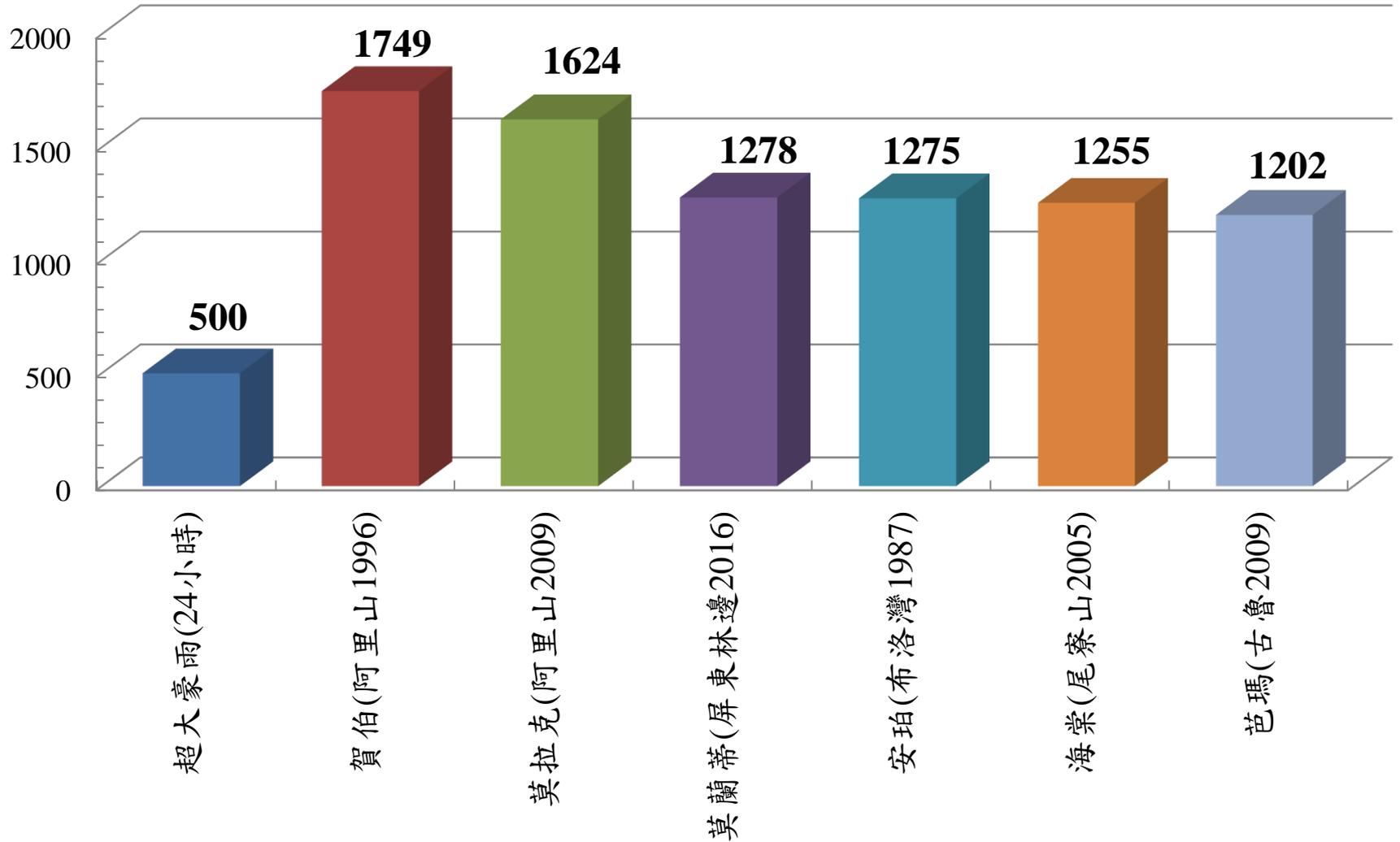
Atlantic basin divided into Caribbean/Gulf and Open Atlantic areas  
Source: Velden et al. 2017  
Based on Advanced Dvorak Technique

名稱	雨量	警戒事項
大雨	80mm/24h以上 或 40mm/h以上	山區：可能發生山洪暴發、落石、坍方。 平地：排水差或低窪地區易發生積淹水。 雨區：強陣風、雷擊。
豪雨	200mm/24h以上 或 100mm/3h以上	山區：山洪暴發、落石、坍方、土石流。 平地：易發生積淹水。 雨區：強陣風、雷擊、甚至冰雹。
	大豪雨 350mm/24h以上 或 200mm/3h以上	山區：山洪暴發、落石、坍方、土石流、崩塌。 平地：積淹水面積擴大、河川中下游防河水溢淹。 雨區：強陣風、雷擊、甚至冰雹。
	超大豪雨 500mm/24h以上	山區：大規模山洪暴發、落石、坍方、土石流、崩塌。 平地：易有大範圍積淹水。 雨區：強陣風、雷擊、甚至冰雹。

↑  
極端事件！

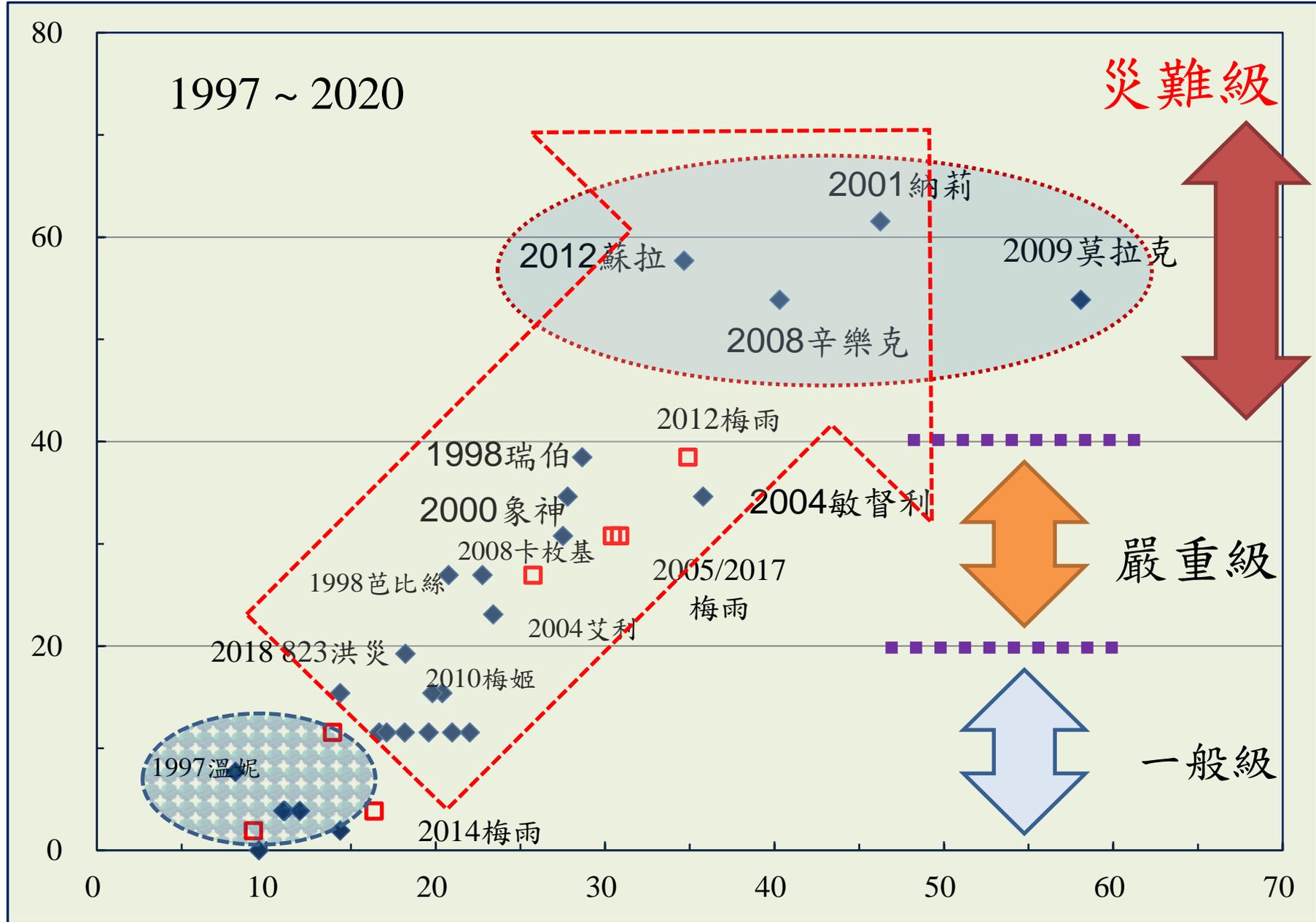
2020-3-1 實施

# 日雨量



超大豪雨的極端事件越來越頻繁！

影響面積(%)



降雨強度

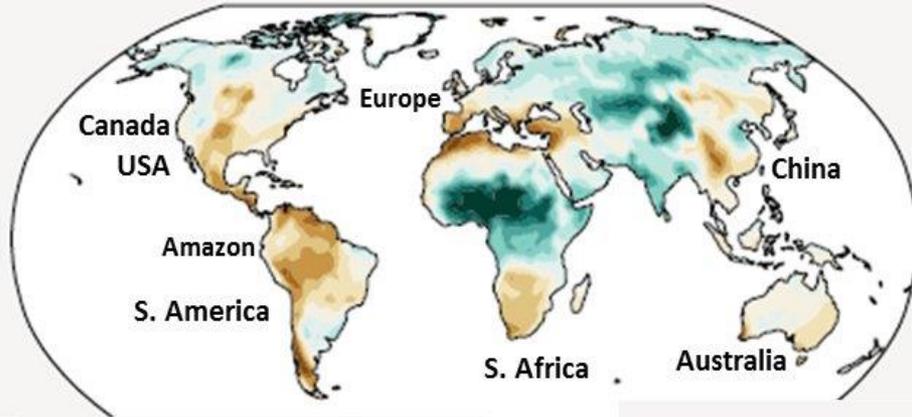


# World Drought

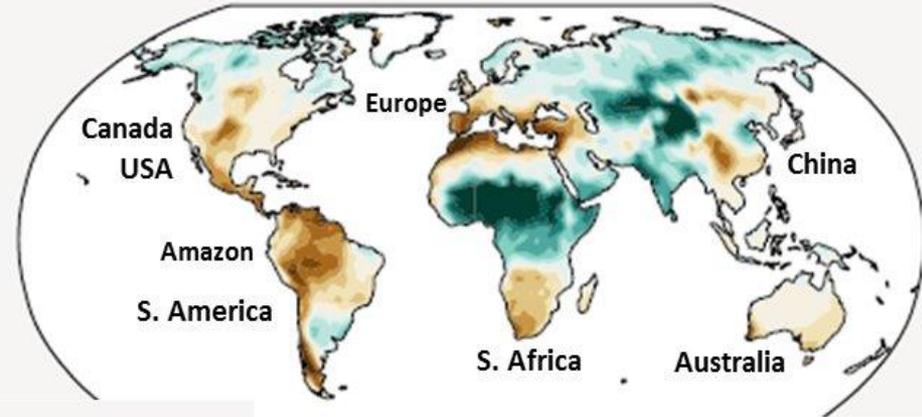
## World food insecurity severe at 1.5°C more at 2°C

Affected food producing counties labelled  
Amazon collapse at 1.5°C

Simulated change at 1.5 °C global warming



Simulated change at 2 °C global warming

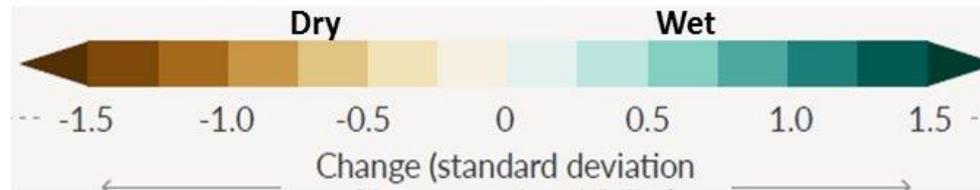


World Food Crop Intensity



USGS 2017, croplands from satellite data

d) Annual mean total column soil moisture change (standard deviation)



Peter Carter, Climate Emergency Institute

暖化使土壤濕度降低、乾旱日趨嚴重。

# 乾旱化

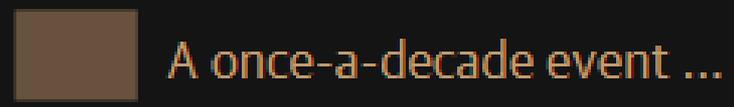
- 糧食生產的主要威脅
- 加快土壤退化、擴張沙漠化及喪失植物和樹木的覆蓋率
- 使森林野火的災情更加頻繁，加劇氣候暖化及空氣污染的衝擊
- 增加農作物有毒物質的分泌，對家畜和人類都會產生致命的後果。
- 水資源面臨衝擊

# Frequency of once-a-decade crop drought events

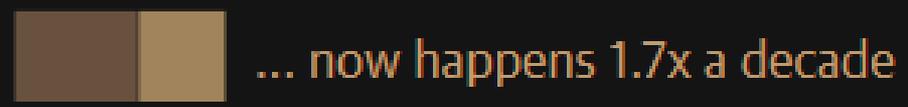
溫度越高，乾旱越嚴峻

Global warming level  
Crop drought frequency

**Historical**  
1850-1900



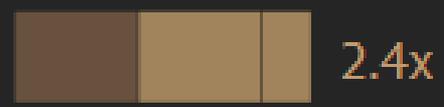
**+1.0C**  
Present



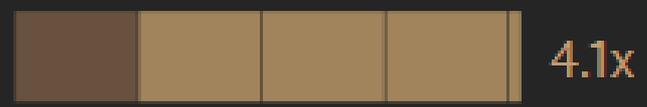
**+1.5C**  
In 6-8 years



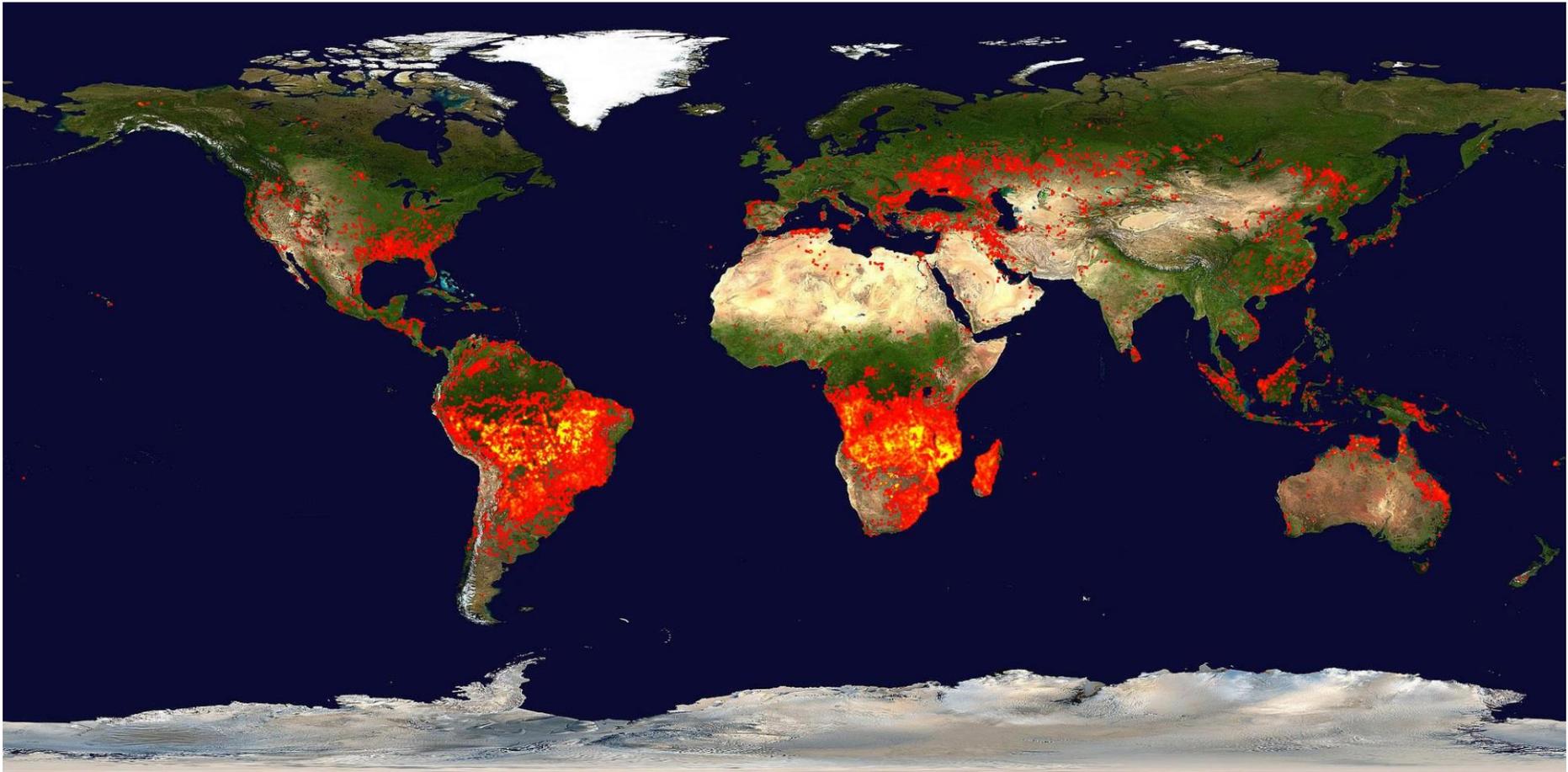
**+2.0C**  
About 30 years



**+4.0C**  
Unlikely this century



Guardian graphic. Source: IPCC, 2021: Summary for Policymakers. Note: The projected year ranges for +1.5C scenario is using the mean projections for SSP12.6 and SSP5-8.5. The +2C and +4C scenarios use the mean projection for SSP2-4.5.p>



美國NASA衛星影像忠實的反映高溫及乾旱的後果之一：四處蔓延的森林野火。

[https://www.nasa.gov/images/content/484444main\\_firemap-2048x1024.jpg](https://www.nasa.gov/images/content/484444main_firemap-2048x1024.jpg)

# 2021年 森林火災

- 森林大火席捲了俄羅斯約17萬平方公里的土地，比全世界其他森林大火面積的總和還廣，是歷史上最大的一次。
- 另一個超級火場在北美與加拿大地區，已發生超過5萬1千起的火災，焚毀的面積約有6萬6千平方公里，單單在美國就有12個州受到波及，加州的大火還威脅到國家公園的千年紅杉。
- 地中海周邊地區，希臘、西班牙森林大火四處延燒，數千人被迫離開家園，經歷了夢魘般的夏天；歐洲有1800平方公里的土地被燒毀。
- 土耳其被吞噬了1570平方公里的林地，是過去13年平均值的9倍之多。以色列也有17平方公里的面積被毀，這是多年來該國最嚴重的森林火災。

- 2021年的森林火災極不尋常，不論是火災的數量、燃燒的面積、強度以及持續性，都打破了歷年的紀錄。更令人震驚的是，世界各地的森林火災所排放的二氧化碳，又創造出可怕的新高紀錄。
- 歐盟哥白尼地球計畫的大氣監測網顯示，全球**7月份**森林火災排放了近**13億噸**的二氧化碳，**8月份**更創下了**14億噸**的紀錄。
- 僅僅7~8的兩個月之間，森林火災所排放的二氧化碳數量高達**27億噸**，超過印度2016年的25.3億！

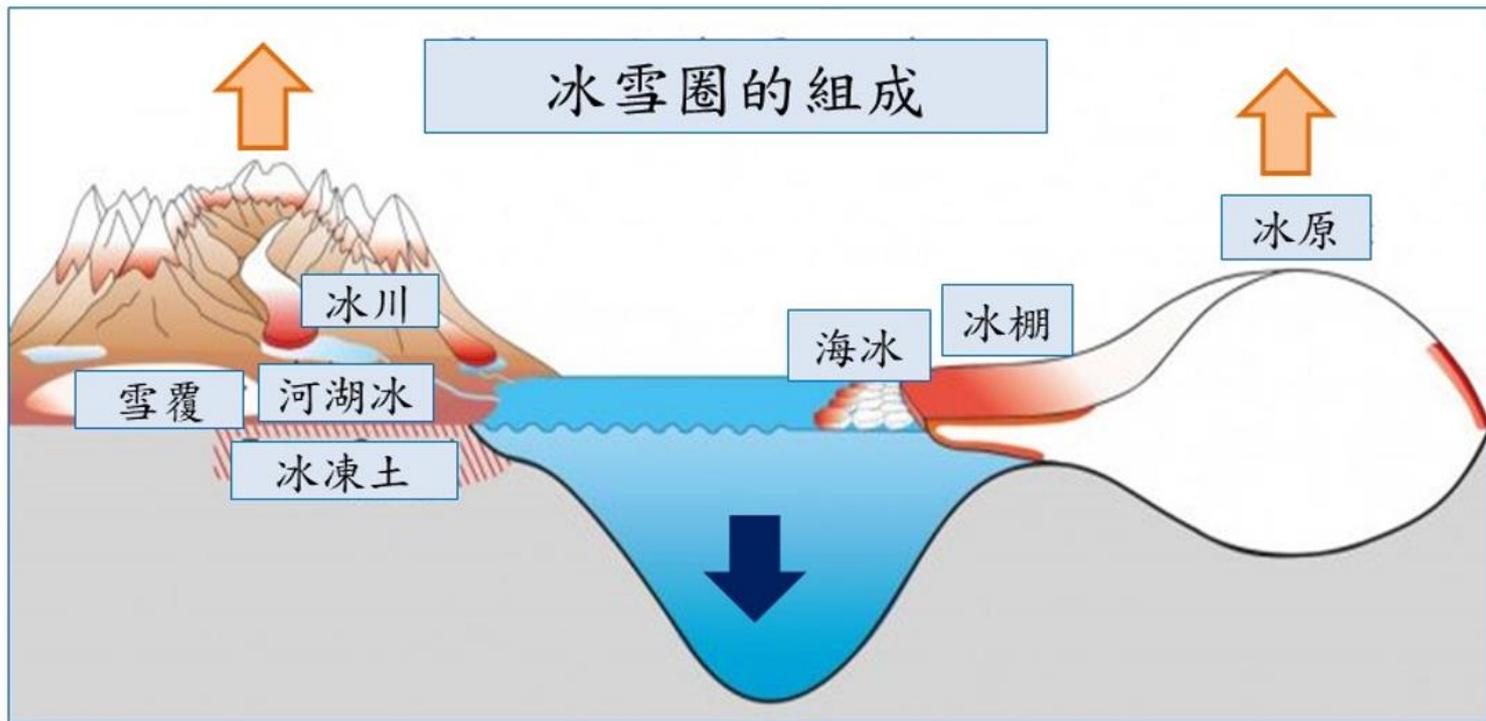


## 第六次評估報告 要點 (4)

- 暖化使得**冰雪圈**與生物圈已經發生廣泛且快速的變遷。
- 調節氣候系統的**北極海冰**、**雪覆**與**永凍土面積**急劇的減少。
- 氣候暖化的慣性，使得海洋增溫、**冰層融消**以及全球**海平面上升**等，在未來數世紀至數千年都是無法停止的。

# 兩極地區的暖化趨勢與影響

- 升溫最快地區
- 衝擊擴及全球
- 直接影響氣候、海平面上升、地殼穩定



ANTARCTIC



ARCTIC



地球的南極與北極是氣候調節的天然冷凍庫，暖化所造成的兩極冰雪圈消融，影響地球的氣候既深且鉅。

## 冰川、冰原的體積及對海平面上升的貢獻量

位置	海平面上升量(M)
南極大陸	58.3
格陵蘭	7.4
高山冰川及其他	0.4
<b>總計</b>	<b>66.1</b>

IPCC WG1AR5\_Chapter04, p.321

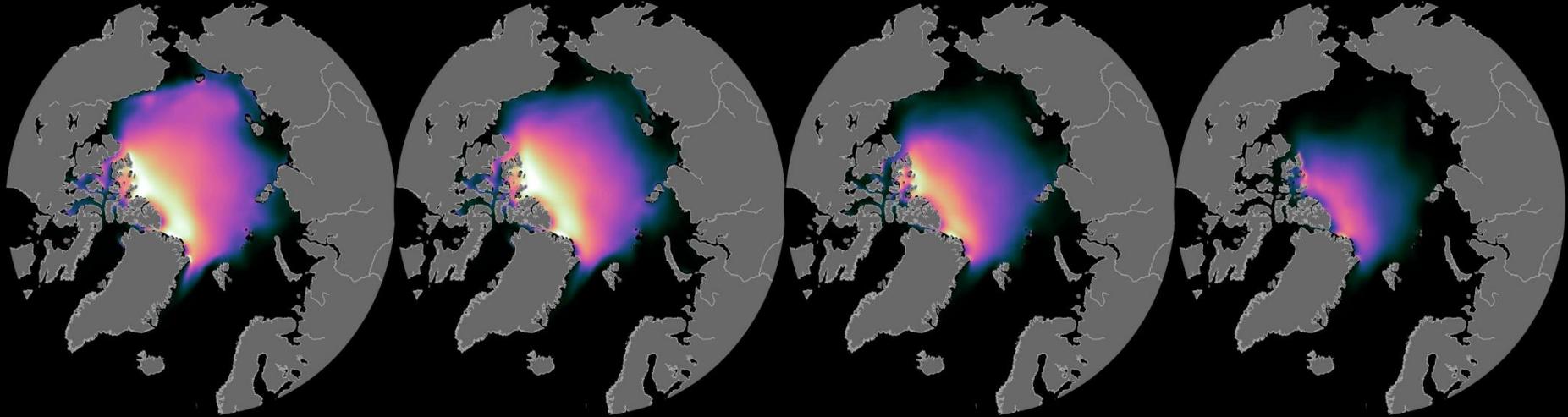
# ARCTIC SEA ICE IS THINNING...

1980-1989

1990-1999

2000-2009

2010-2019



700 M km<sup>2</sup>

Sea-ice thickness (meters) in September



450 M km<sup>2</sup>

DATA: PIOMAS V2.1 (Zhang and Rothrock, 2003)  
SOURCE: <http://psc.apl.uw.edu/research/projects/>  
GRAPHIC: Zachary Labe (@ZLabe)

2020年九月15日北冰洋海冰的面積降到374萬平方公里，也是42年的衛星記錄中第二度海冰最小面積降到400萬平方公里以下。

2012-9-17 339 M km<sup>2</sup>

2020-9-15 374 M km<sup>2</sup>

# Arctic Sea Ice Minimum Volume

PIOMAS Vol/1000km<sup>3</sup>

20  
15  
10  
5  
0



1979



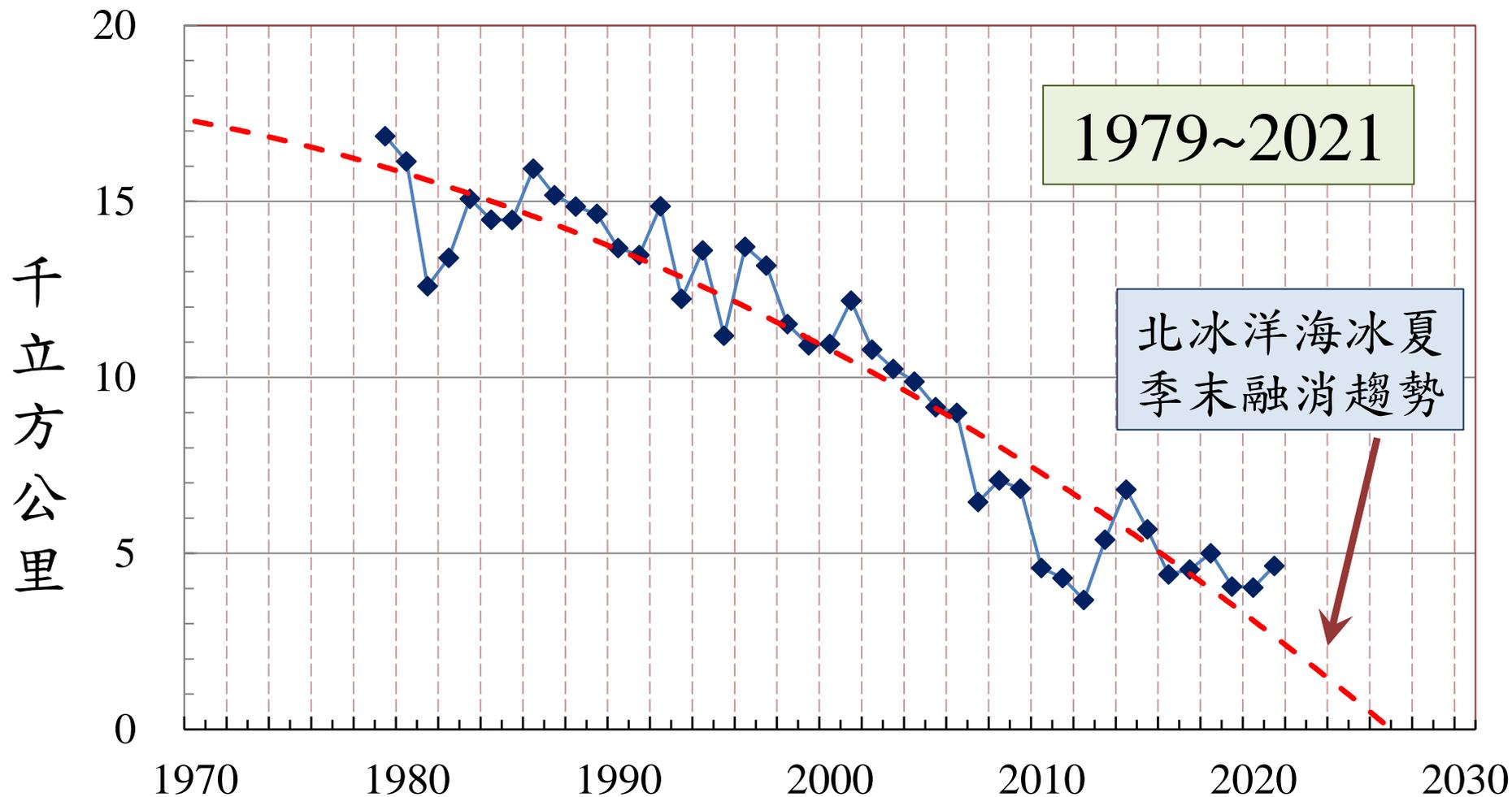
2021

<http://psc.apl.washington.edu/wordpress/research/projects/arctic-sea-ice/>  
d by: Andy Lee Robinson Oct 2021 VT

北冰洋的海冰體積已經在夏季縮減了73%

<https://www.youtube.com/watch?v=r1d472MwGiQ>

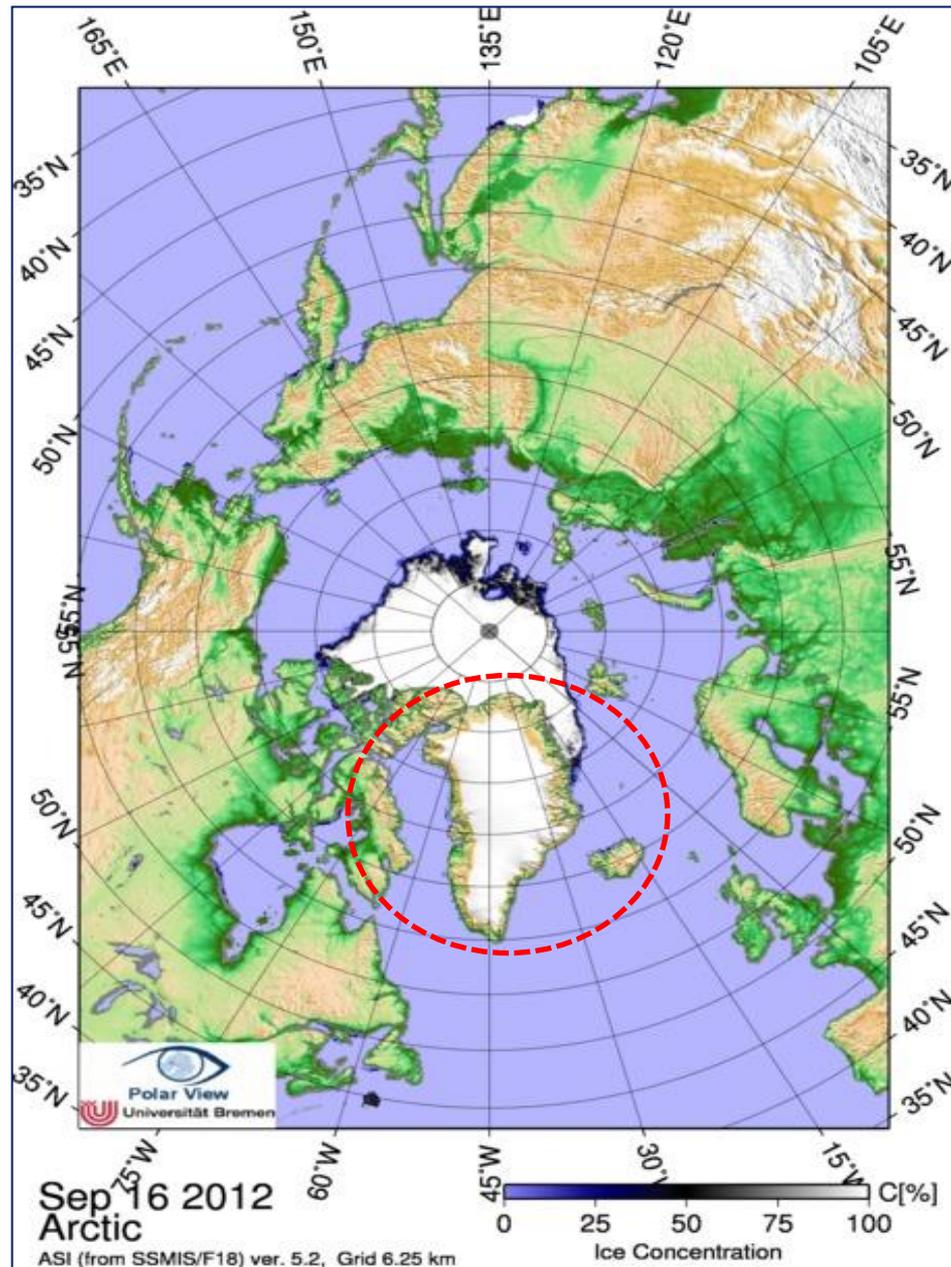
## Arctic Sea Ice Minimum Volume



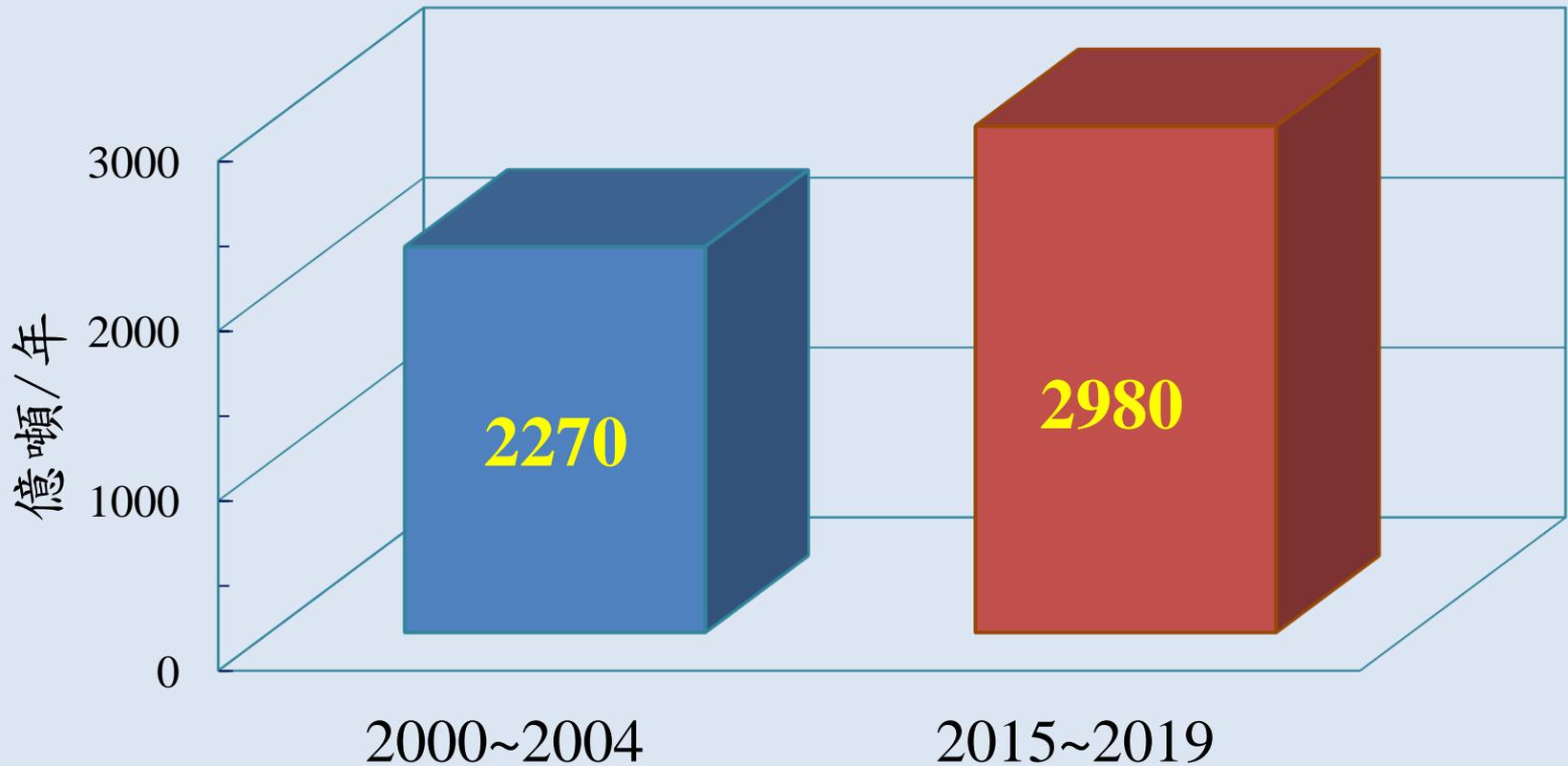
根據最新趨勢，最快在2030年前後，我們可能就會看到北冰洋的夏季沒有海冰了。

## 當北冰洋夏季無冰：

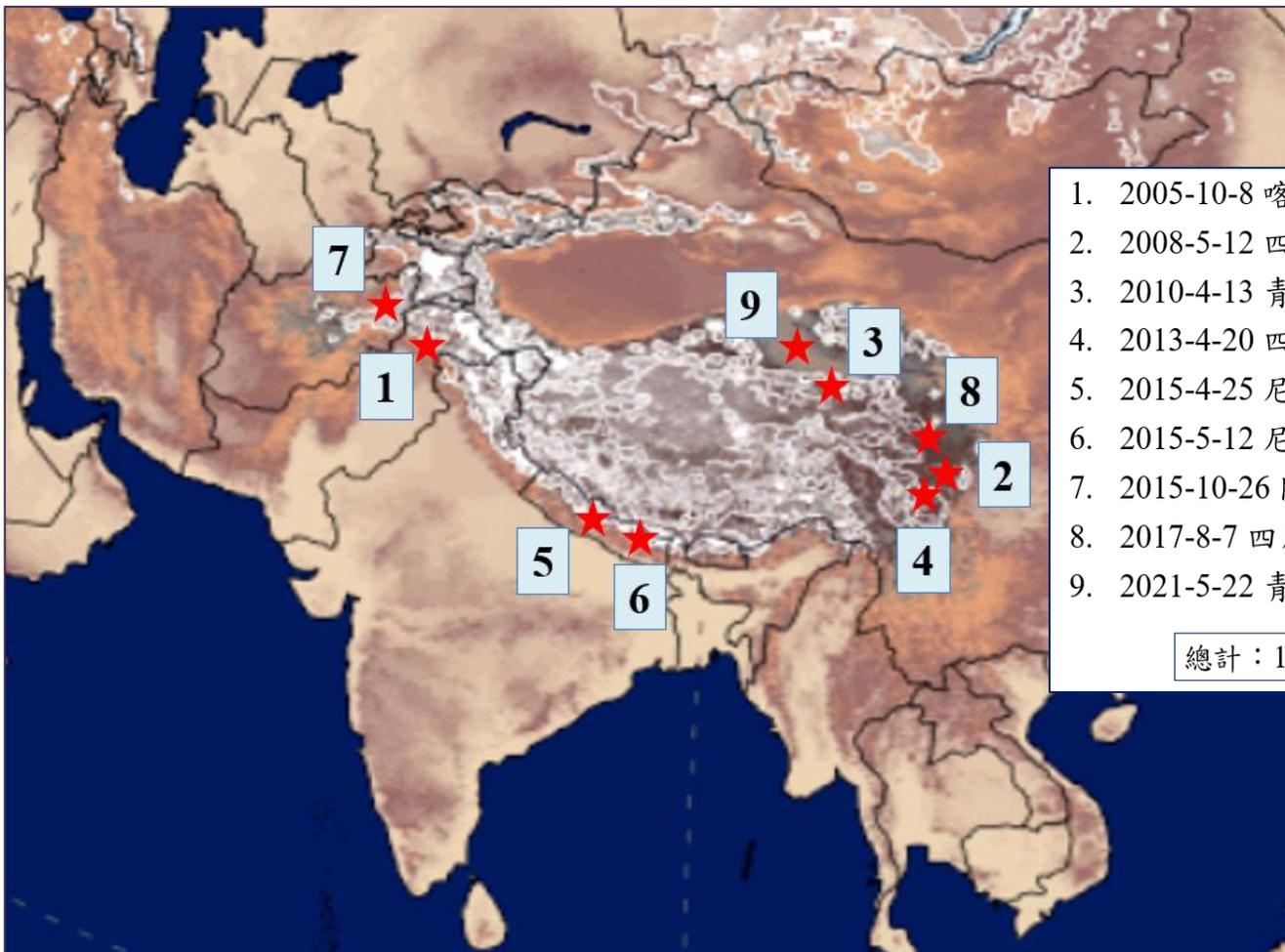
- 北極區大氣及海水溫度巨幅升高
- 埋藏在永凍層內的甲烷大量快速的釋  
出到大氣層，加速暖化
- 格陵蘭加速崩解消融
- 全球海平面呈跳躍式  
的大幅上揚
- 改變洋流運行與  
地殼均衡，地震更頻  
繁



## 全球高山冰川消融



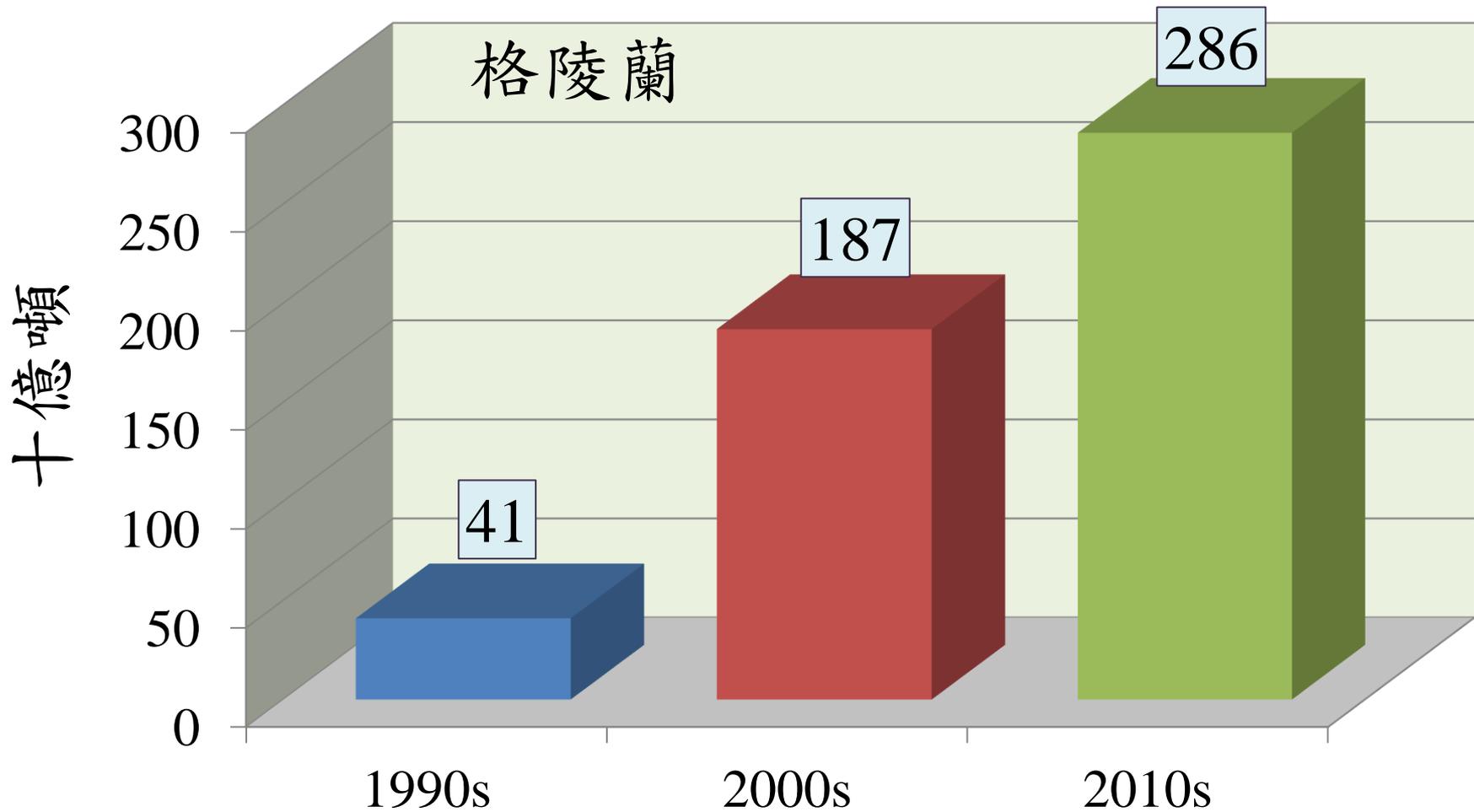
高山冰川每年平均損失約2670億噸的冰雪，20年累積下來，已經注入了5兆3千多億噸的水到海洋裡，相當於提升了全球海平面1.5公分，大約是同期全球海平面上升量的21%。



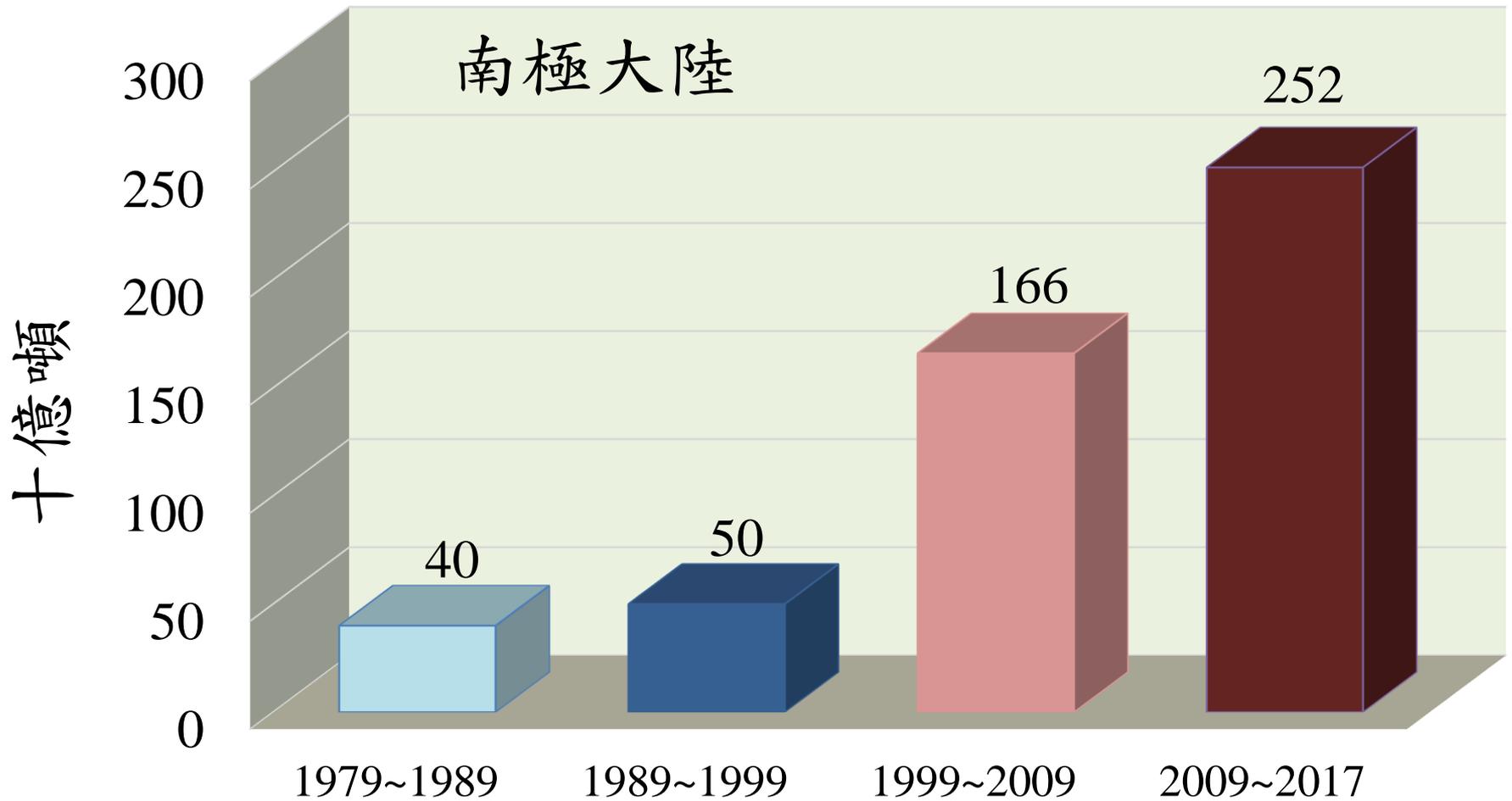
1. 2005-10-8 喀什米爾7.6強震 (87,350人喪生)
2. 2008-5-12 四川汶川8.0強震 (69,227人死亡+17,923人失蹤)
3. 2010-4-13 青海玉樹6.9強震 (2,698人死亡+270人失蹤)
4. 2013-4-20 四川雅安7.0強震 (196人死亡+21人失蹤)
5. 2015-4-25 尼泊爾7.9強震 (9,018人死亡)
6. 2015-5-12 尼泊爾7.4強震 (125人死亡)
7. 2015-10-26 阿富汗興都庫什山脈7.5強震 (391人死亡)
8. 2017-8-7 四川阿壩州7.0強震 (25人死亡)
9. 2021-5-22 青海瑪多7.4強震 (125人死亡)

總計：169,030人死亡、18,214人失蹤 (= 187,244人)

在高山冰川方面，從2005年以來，喜馬拉雅山周邊已經發生了9次規模7以上的強烈地震，其中有5個在靠近中國大陸四川和西藏邊界，另外4個則分布在尼泊爾、巴基斯坦與阿富汗，震央都圍著在冰川劇烈融化的區域。



從1990年以來，格陵蘭的融冰量增高了7倍，30年來累積約有5兆1,400億噸，造成約1.4公分的海平面上升量。

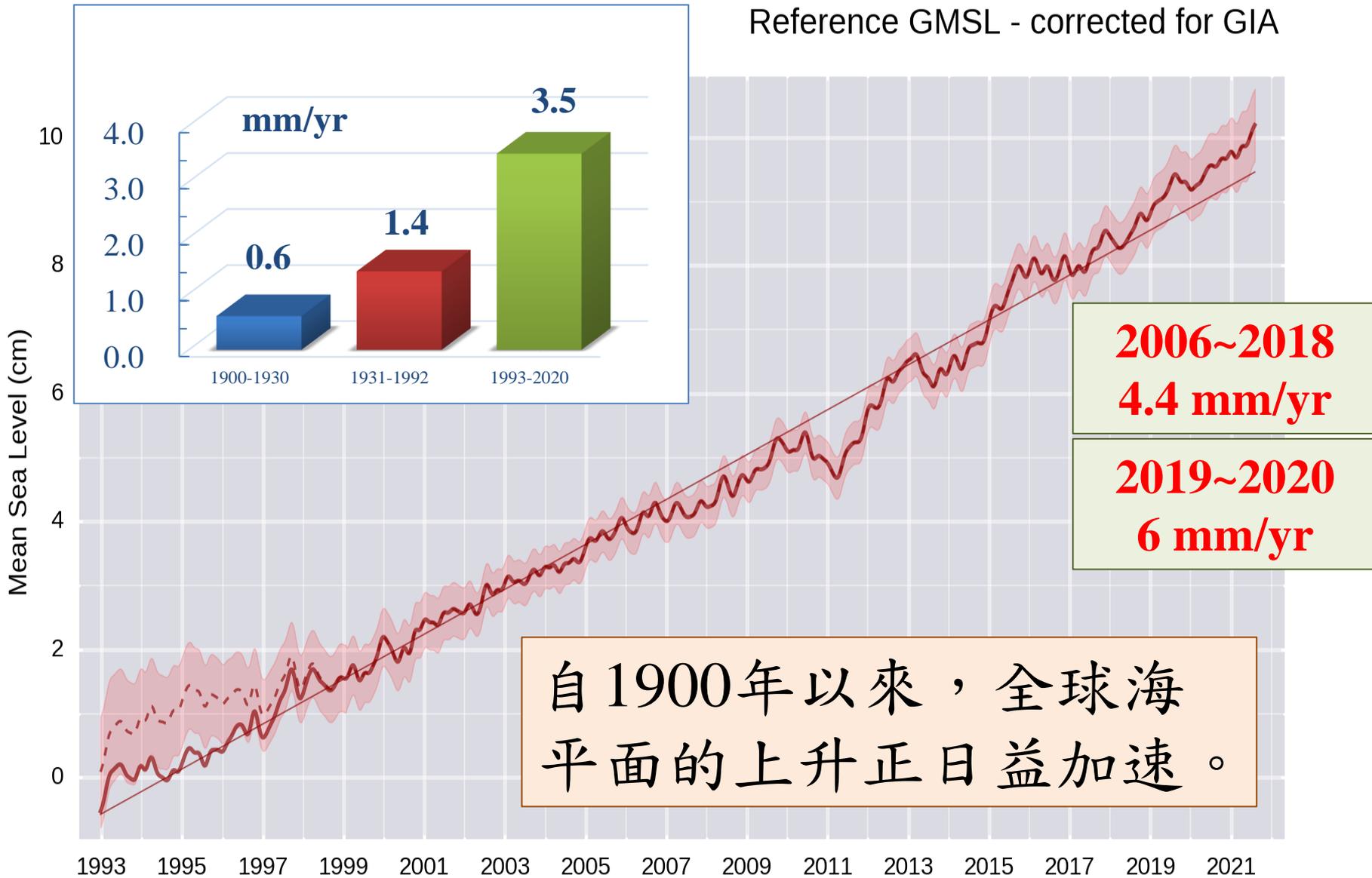


從1980年以來，南極大陸的融冰量增高了6倍，40年來累積約有5兆800億噸，造成約1.4公分的海平面上升量。

Latest MSL Measurement  
17 August, 2021

**+3.51 mm/yr**

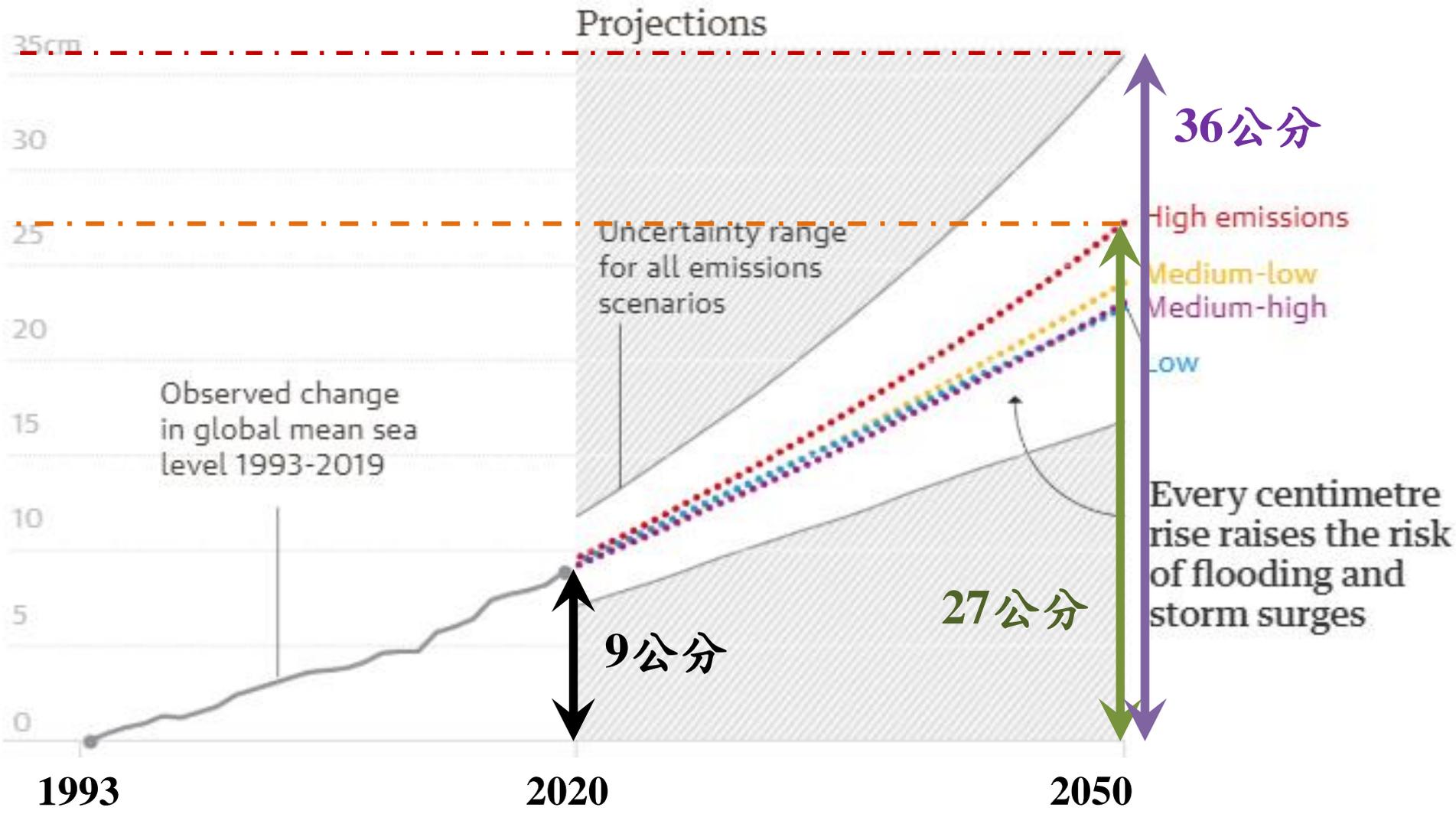
Reference GMSL - corrected for GIA



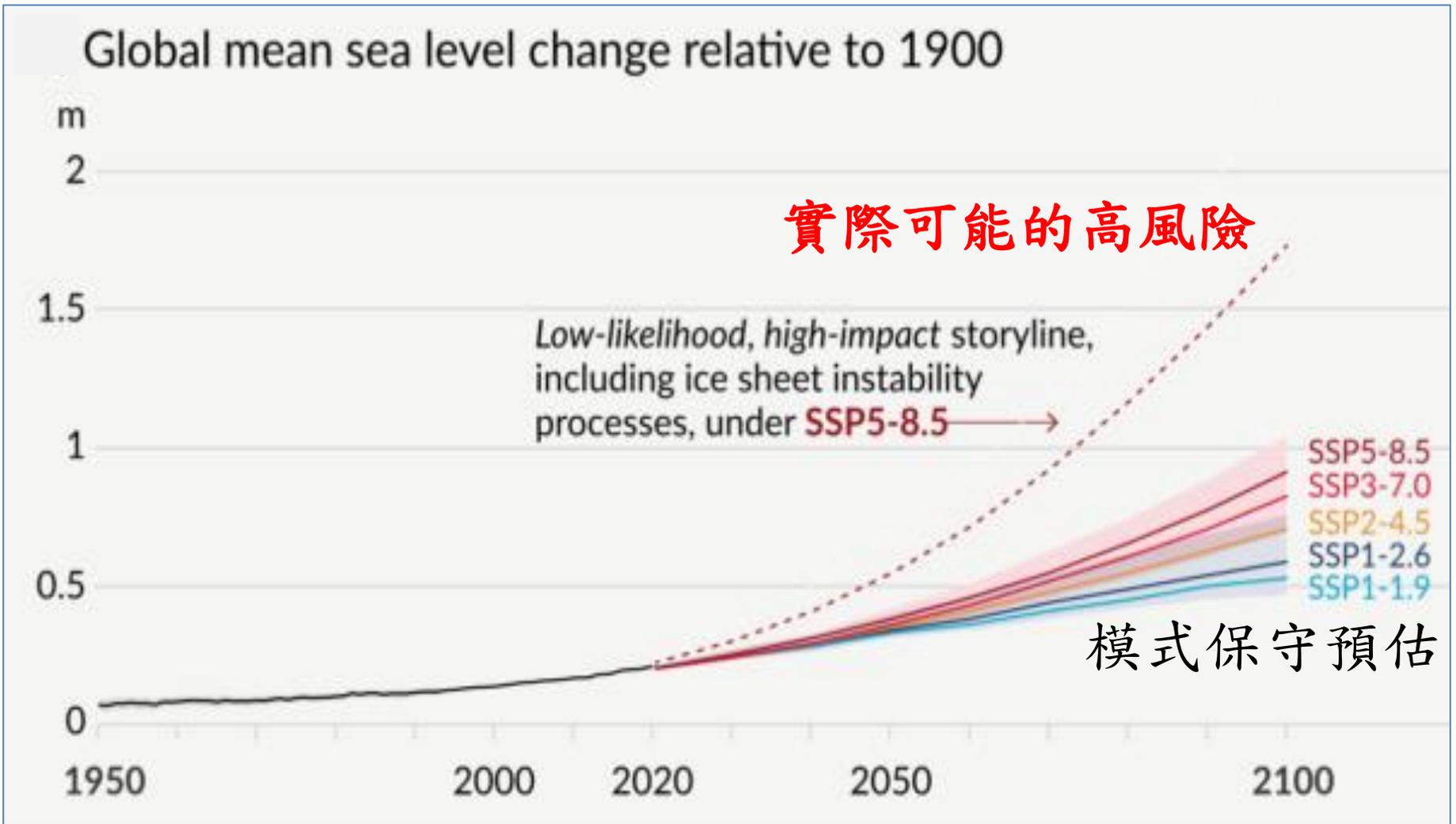
# Change in global annual mean sea level

2050年的預估

Centimetres difference, compared with 1981-2000 average



Guardian graphic. Source: Met Office 2020. Full source notes are included at the end of the article.



如果世紀末升溫超過 $2^{\circ}\text{C}$ ，海平面上升幅度約在1公尺或更高。 *Source: IPCC AR6, Figure SPM.8*

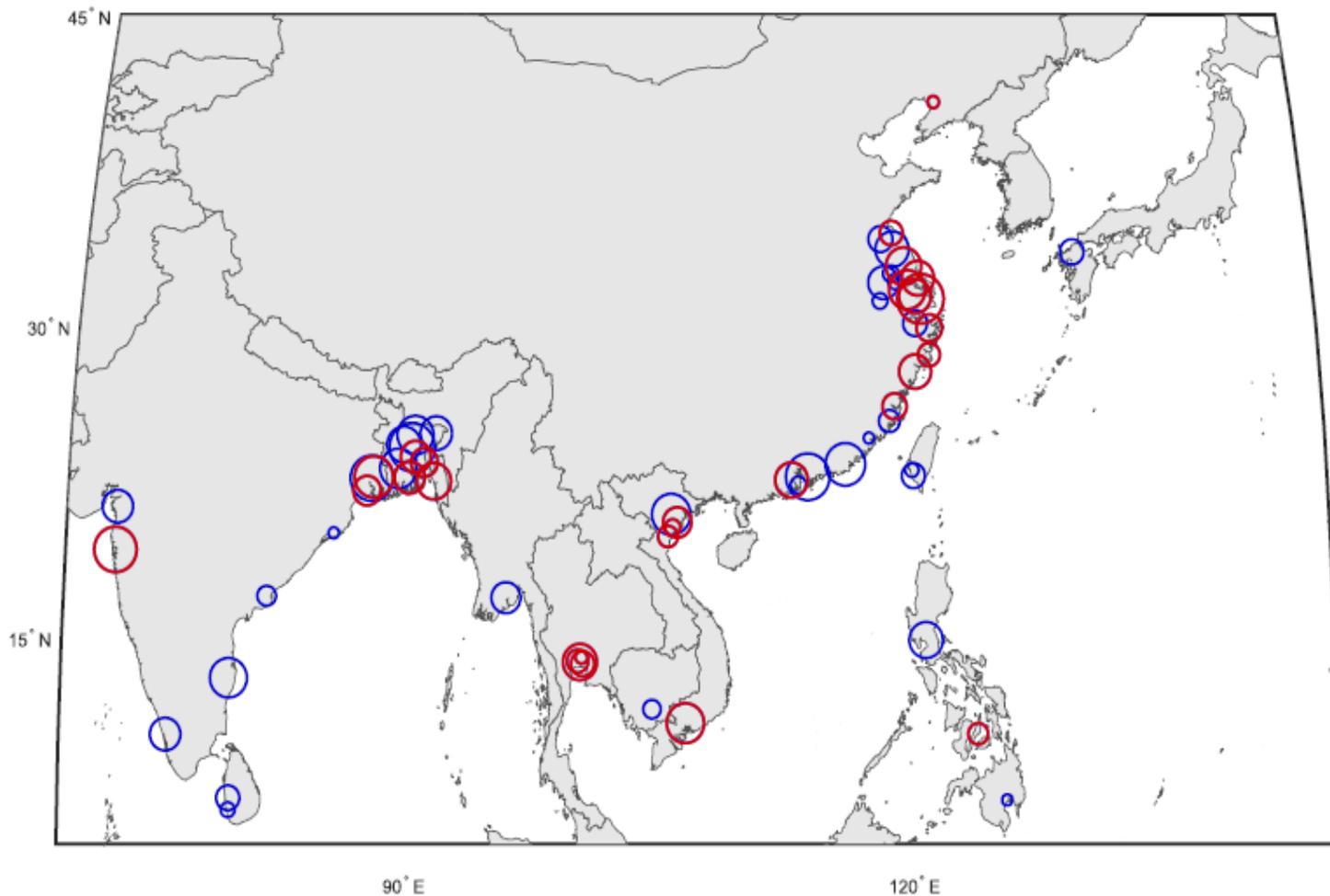


Figure 3. Large urban agglomerations (population >1 M) with at least half of current population on land at least 2 m below high tide line under median multi-century SLR projections for 2 °C (red) and 4 °C (blue) warming scenarios.

2021年10月的期刊文章指出，亞洲是海平面上升衝擊的重災區，臺灣也會受到嚴重影響。

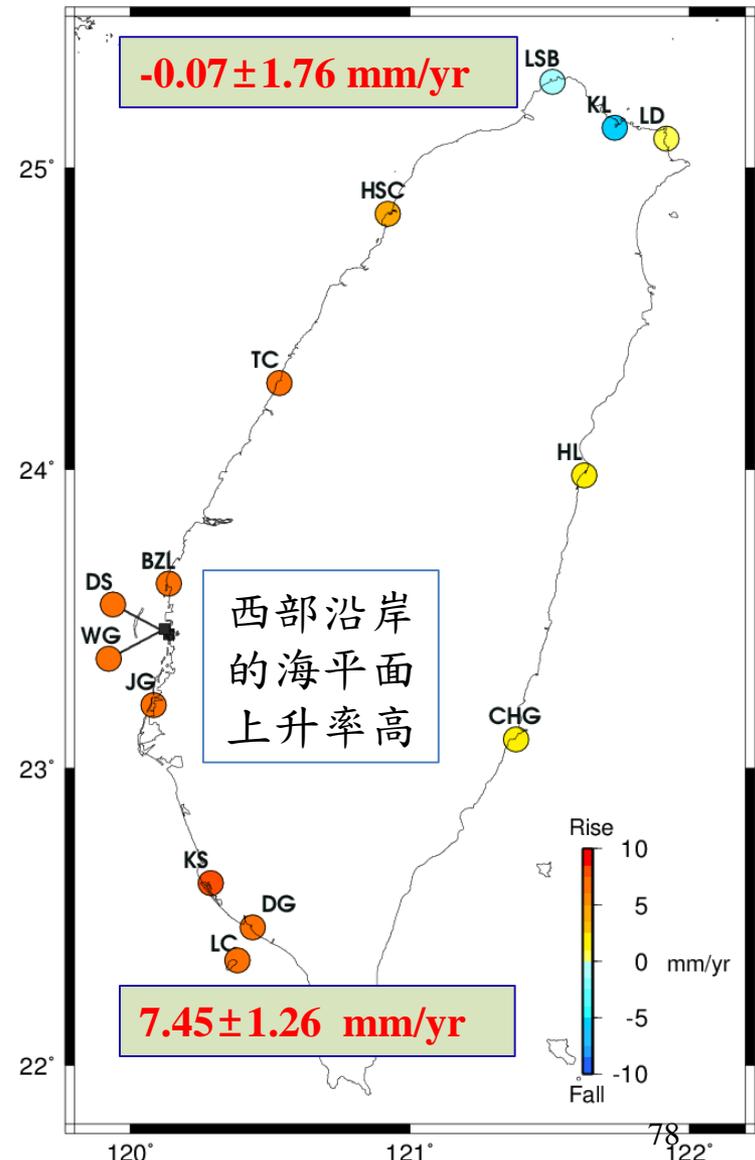
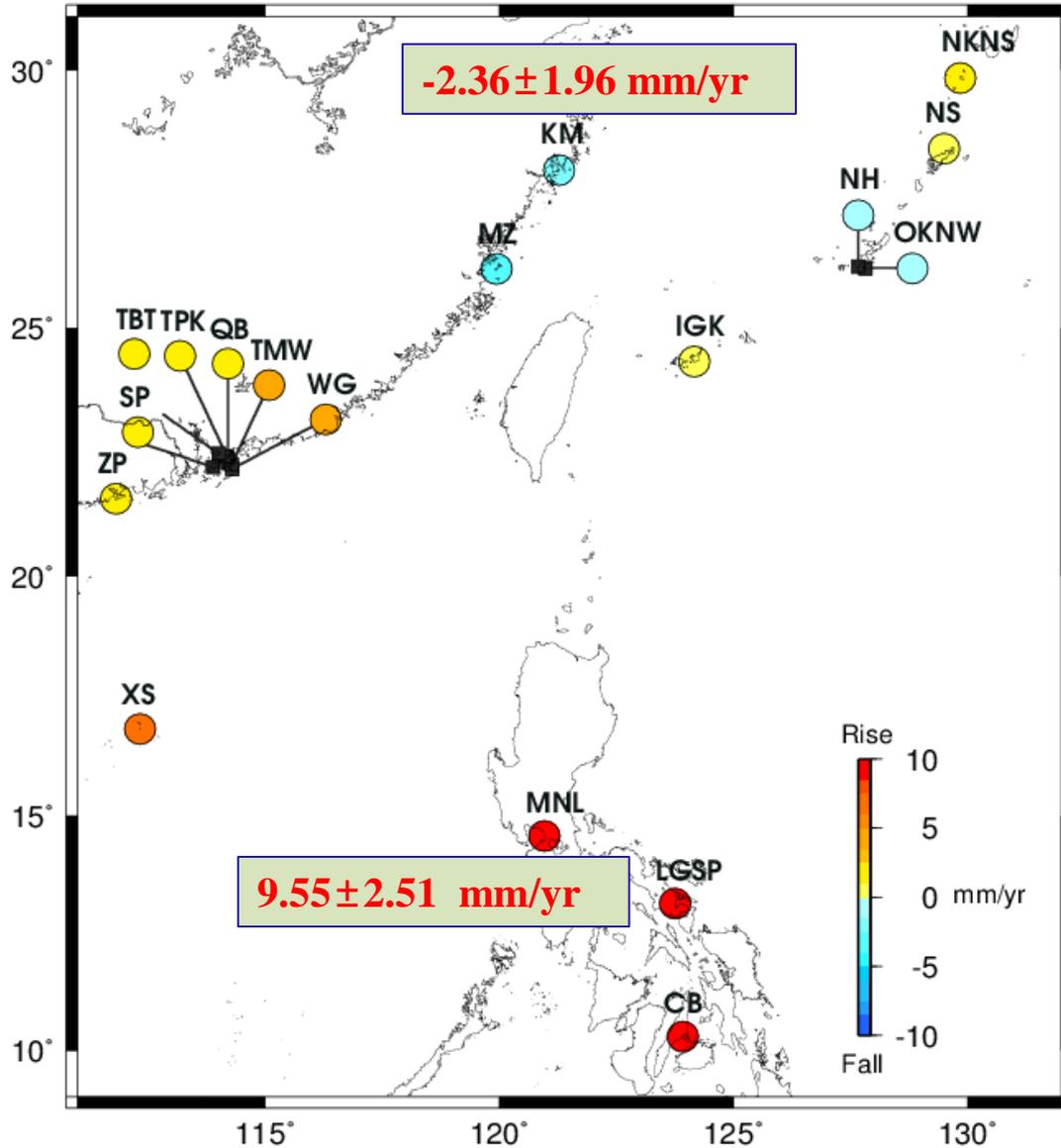
臺灣海平面上升、海岸線後退的原因：

- 海洋暖化的熱膨脹作用
- 高山冰川、兩極冰原的消融增加海水的體積
- 地球的自轉、洋流的匯集加劇臺灣西側海平面上升的速率

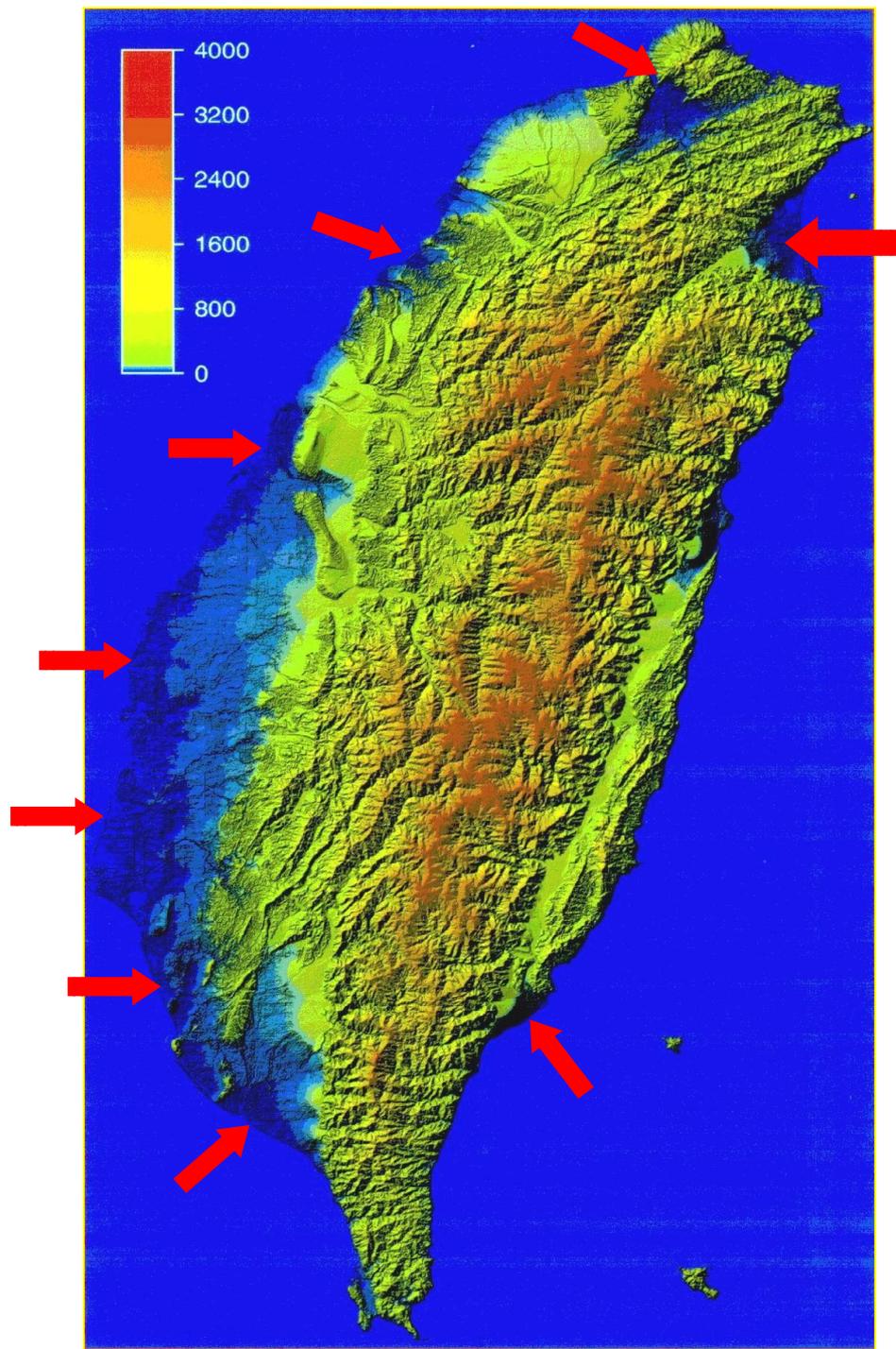
# 海面水位昇降變動速率

## ■ 驗潮站資料

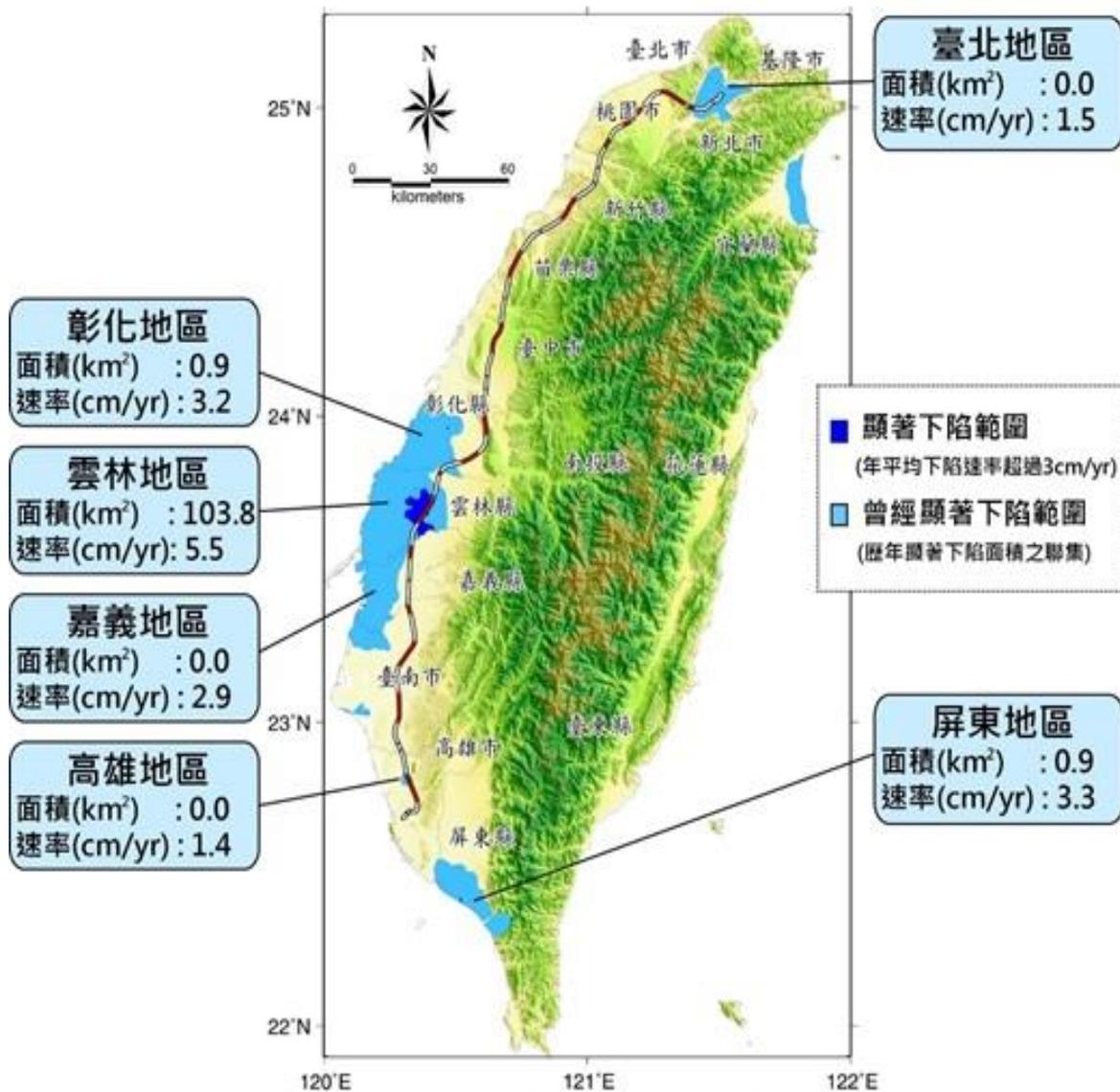
交通部運輸研究所，2014



圖中深藍色至淺藍的地區都將會受到影響，逐漸被淹沒，台灣未來只有黃色部分存留。從宜蘭平原、台北盆地、桃園新竹沿海，以及自彰化以南的海岸平原地區，海拔標高1公尺以下的海岸，將首先受到嚴重衝擊。



## 109年顯著下陷面積與最大下陷速率



台灣地層下陷的區域，都是海平面上升承受衝擊最大的地區，其中以彰化、雲林、嘉義最為嚴重，臺北盆地影響最深遠。  
圖片來源：地層下陷防治資訊網



目前高雄市沿海地區受海浪侵蝕嚴重，海水進逼民宅；未來海平面加速上升，情況更嚴峻，向內陸撤離已無法避免。臺灣西部沿海類似情形比比皆是。

COASTAL RISK SCREENING TOOL

## LAND PROJECTED TO BE BELOW ANNUAL FLOOD LEVEL IN 2050

Improved elevation data indicate far greater global threats from sea level rise and coastal flooding than previously thought, and greater benefits from reducing their causes. A report and scientific paper (below) detail research methods and results for 135 nations and globally.

Compare elevation datasets here or select "Change projections" to see or change projection details such as year or pollution scenario.

Details and Limitations

IMPORTANT NOTE FOR U.S. ⓘ

Related Report ↗

Scientific Paper ↗

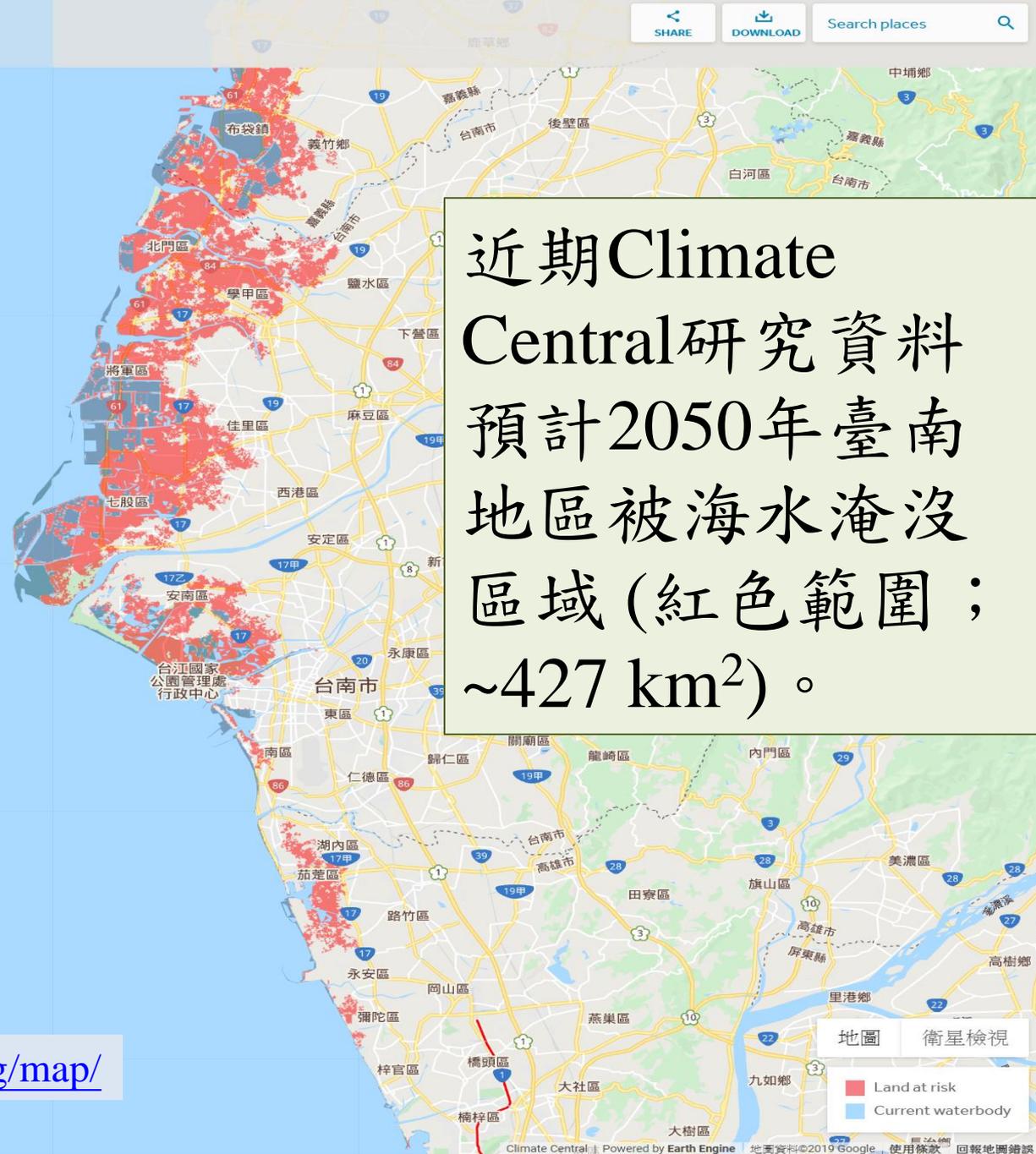
MAIN SETTING

Elevation Data Used ⓘ

CoastalDEM® v1.1 ⓘ

Legacy data ⓘ

CHANGE PROJECTIONS



近期Climate Central研究資料  
預計2050年臺南  
地區被海水淹沒  
區域(紅色範圍;  
~427 km<sup>2</sup>)。

<https://coastal.climatecentral.org/map/>

# 推估2050年衝擊六都

都市	衝擊人口 (萬人)	衝擊面積 (平方公里)	易受影響 知名地標
台北市	44.47	50.21	松山機場、台北車站
新北市	75.56	80.42	先嗇宮、漁人碼頭
桃園市	2.23	33.3	竹圍漁港、觀音草漯沙丘
台中市	18.14	136.93	台中港、高美濕地
台南市	33.72	426.65	安平古堡、四草砲台
高雄市	32.43	114.47	八五大樓、駁二特區

以六都來說，像台中港、高美濕地、竹圍漁港、安平古堡、八五大樓等知名地標，都可能因位於沿海或盆地相對風險較高。其中台南市恐淹沒426公里，六都最多；新北市則是受影響人口達75萬，六都最高。

2020-8-25

	海平面上升	海平面上升 加暴潮	因暴潮衝擊 增加比例
人口 (萬人)	120.56	293.15	2.4倍
面積 (平方公里)	1398.11	2120.60	1.5倍
淹沒建築面積 (坪)	7,139,000	2,843,5000	3.9倍

2050年不積極減碳情境下 臺灣海平面上升與  
暴潮之衝擊分析 (綠色和平 2020-8-24)

COASTAL RISK SCREENING TOOL

## LAND PROJECTED TO BE BELOW ANNUAL FLOOD LEVEL IN 2050

Improved elevation data indicate far greater global threats from sea level rise and coastal flooding than previously thought, and greater benefits from reducing their causes. A report and scientific paper (below) detail research methods and results for 135 nations and globally.

Compare elevation datasets here or select "Change projections" to see or change projection details such as year or pollution scenario.

Details and Limitations

IMPORTANT NOTE FOR U.S. ⓘ

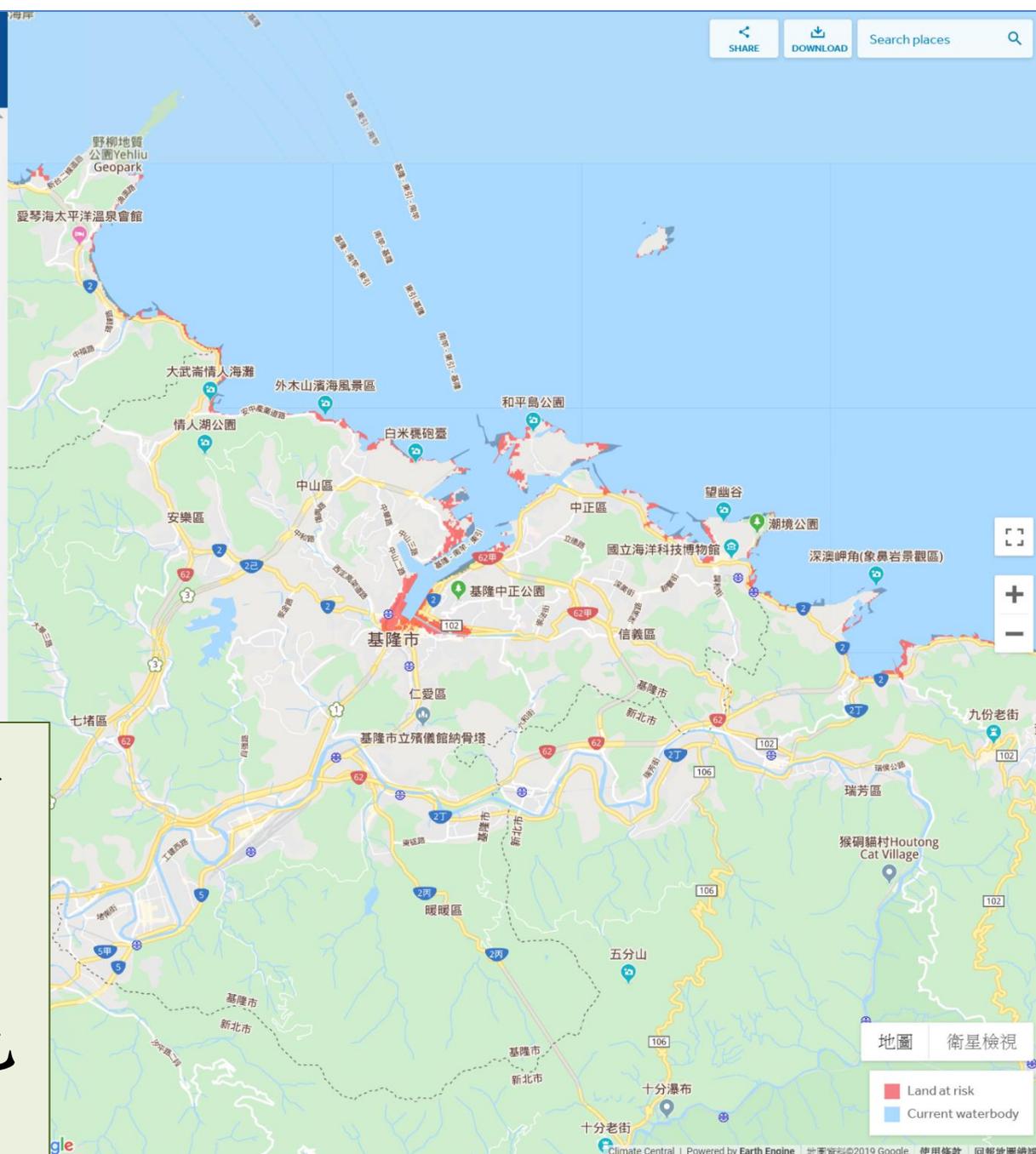
[Related Report](#)

[Scientific Paper](#)

MAIN SETTING

Elevation Data Used ⓘ

CoastalDEM® v1.1 ⓘ



Climate Central 研究資料預計2050年基隆地區被海水淹沒區域(紅色範圍)。

地圖 衛星檢視

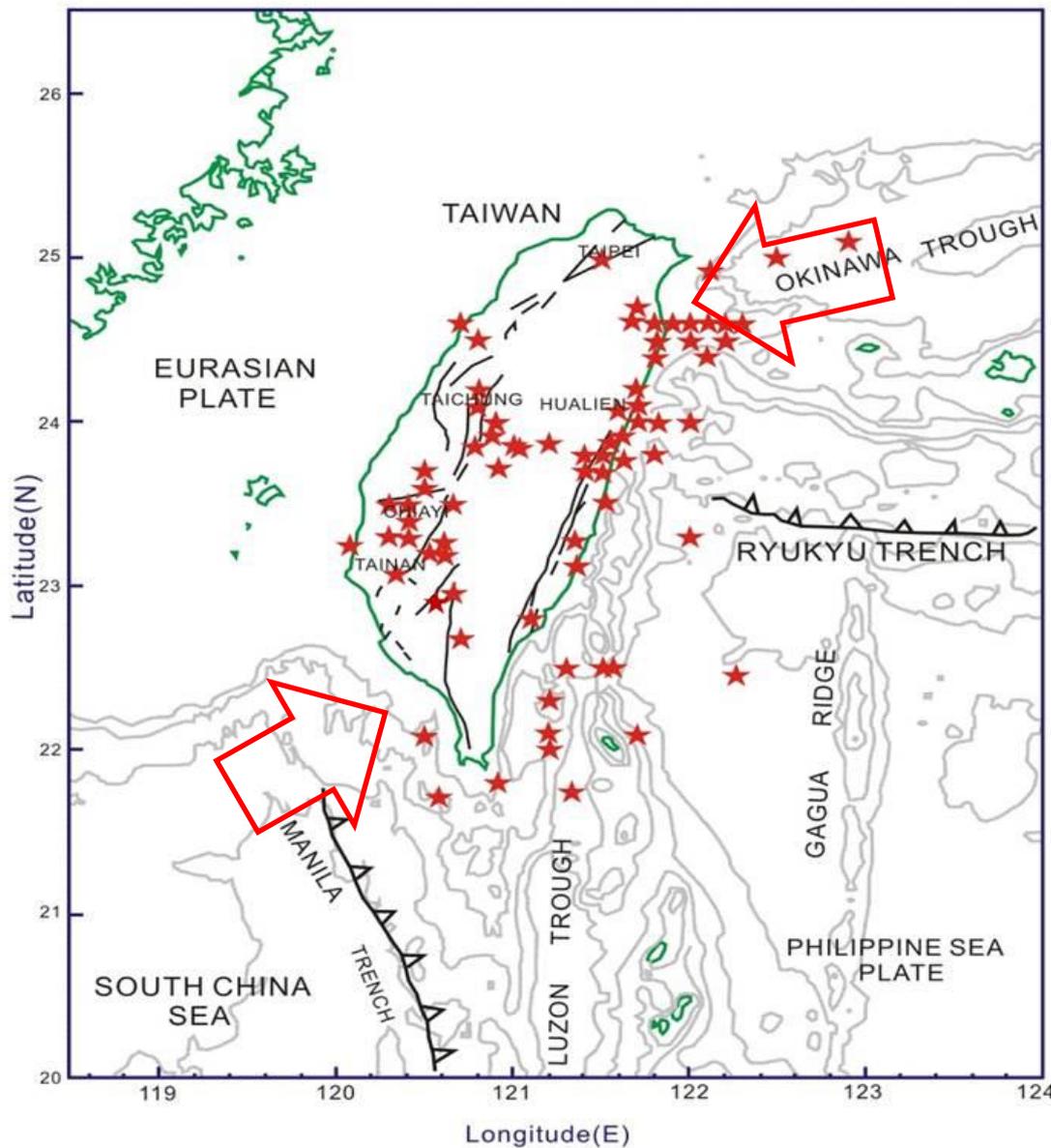
- Land at risk
- Current waterbody

## 海平面上升的影響

- 沿海低窪地區及文化遺產被逐一淹沒、地層下陷區最先受到影響
- 破壞沿海的基礎設施，包括公路、橋樑、鐵路
- 影響港口、沿岸發電廠的安全及營運
- 暴潮巨浪威脅增高，擴張到更遠的內陸地區
- 入侵的海水會沿著既有水井管路汙染地下水；與海聯通的地下含水層遭受海水入侵

# 海平面上升應對策略

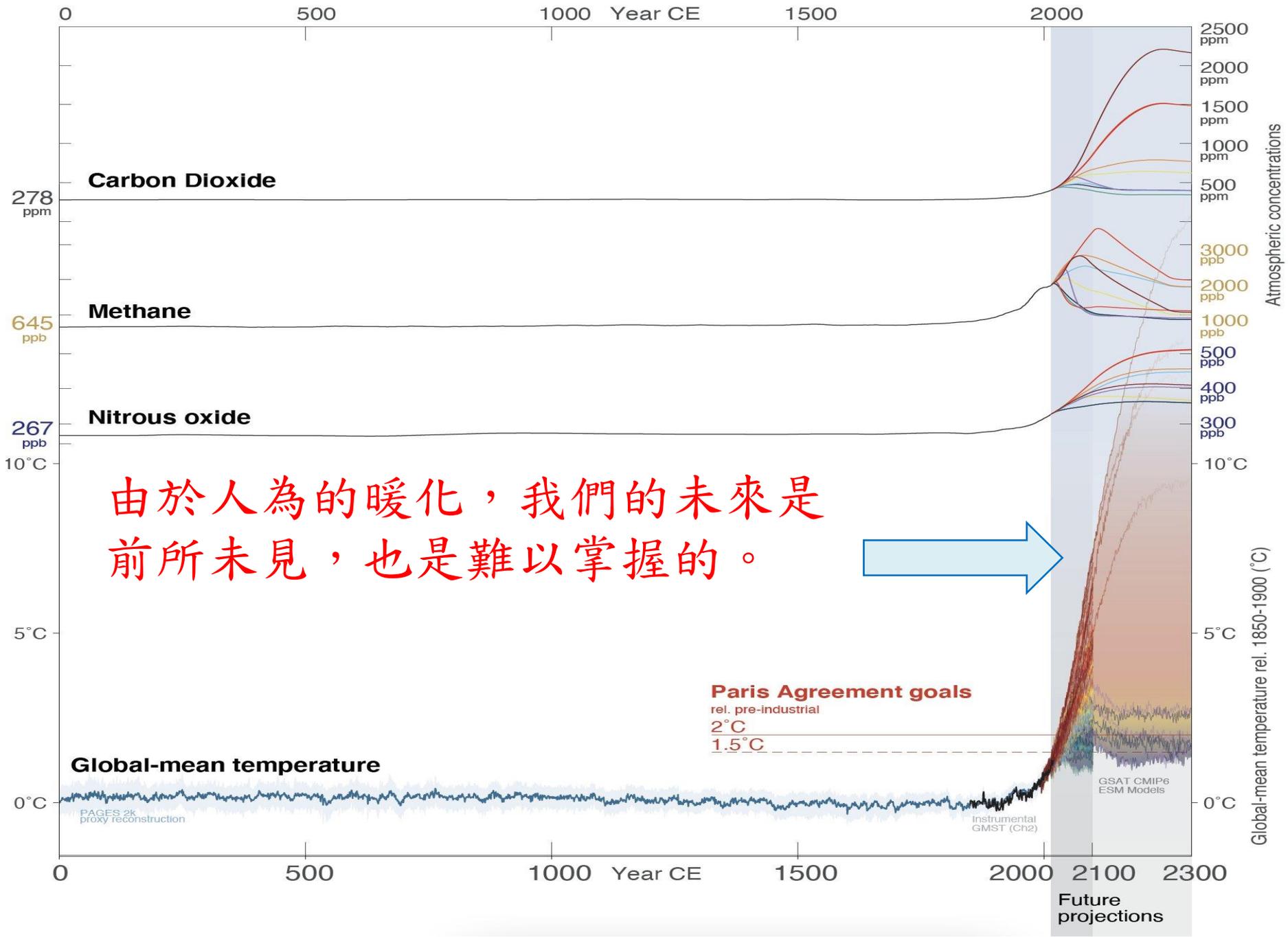
- 臺灣西海岸總長約865公里，天然海岸只剩277公里，68%海岸被人工化(海港、漁港、工業區、發電廠、接收站、消波塊等)
- 加強科學調查監測和評估
- 加強生態保護與修復(如藻礁)
- 優化海岸帶空間佈局，主動避讓海平面上升高風險區(荷蘭：讓地與海)
- 嚴格用途管制，啟動社區後撤遷移工作



1901-2020台灣大地震(M>6)分布圖。台灣地震以西部地震帶風險最高，其次是台北盆地。若東北及西南外海發生強烈地震，還有海嘯侵襲的風險。

1867年12月18日  
(清同治6年)基隆  
遭逢海嘯，基隆港  
全被破壞，數百人死  
亡。

二十一世紀是氣候極端  
變化、災難頻生的世代



由於人為的暖化，我們的未來是前所未見，也是難以掌握的。

## 第六次評估報告 要點 (5)

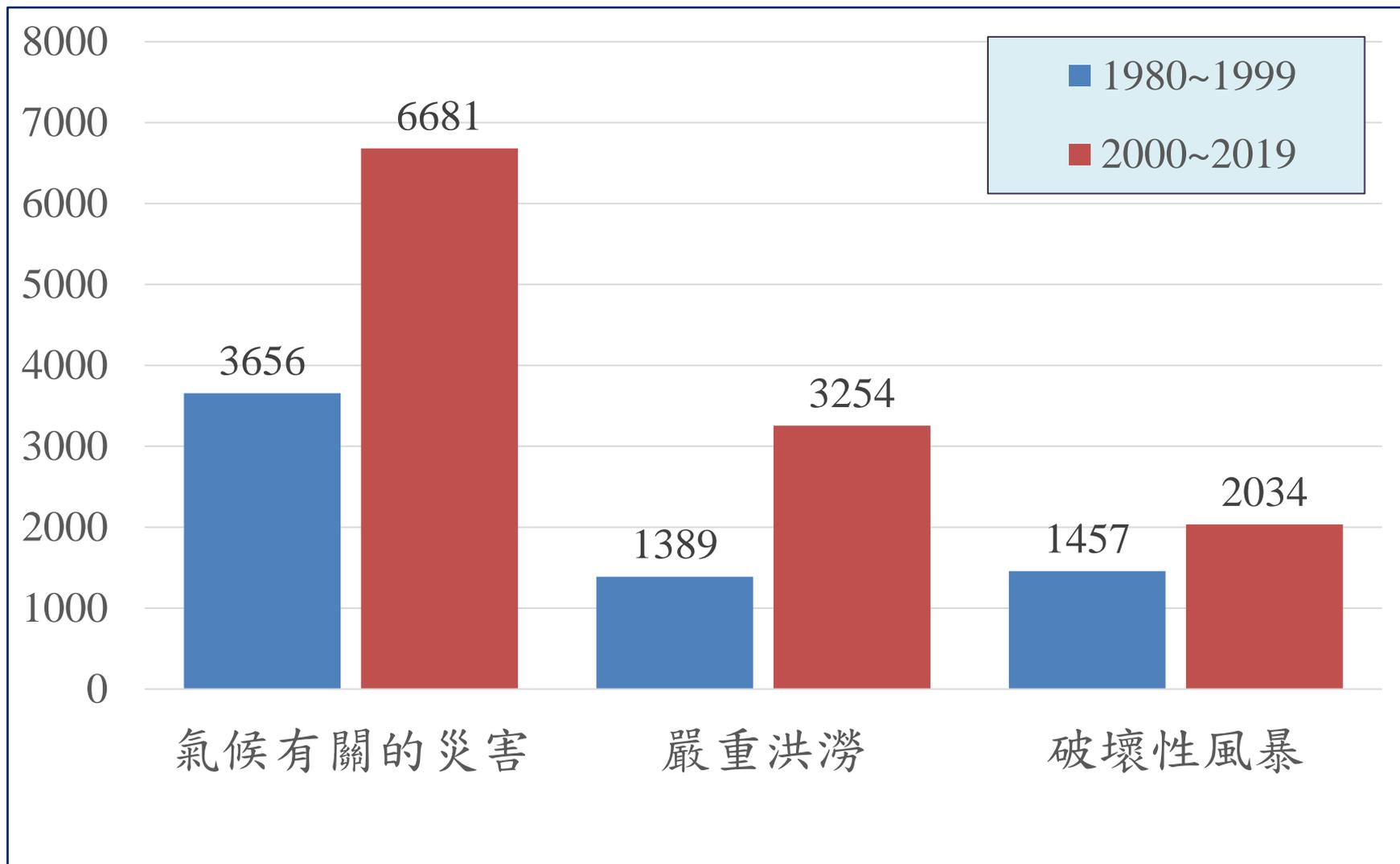
- 同時發生**複合式極端事件**的情況會更加頻繁，例如內陸地區高溫熱浪及乾旱併發，沿海地帶海平面上升、暴潮增高、和強降水疊加，造成複合型洪澇事件加劇。
- 冰層崩解，海洋環流劇變，部分複合性極端事件，及遠高於目前推估的暖化情境等低可能性事件(如格陵蘭與南極西大陸冰原崩解)的影響，不能被排除，應納入風險評估。



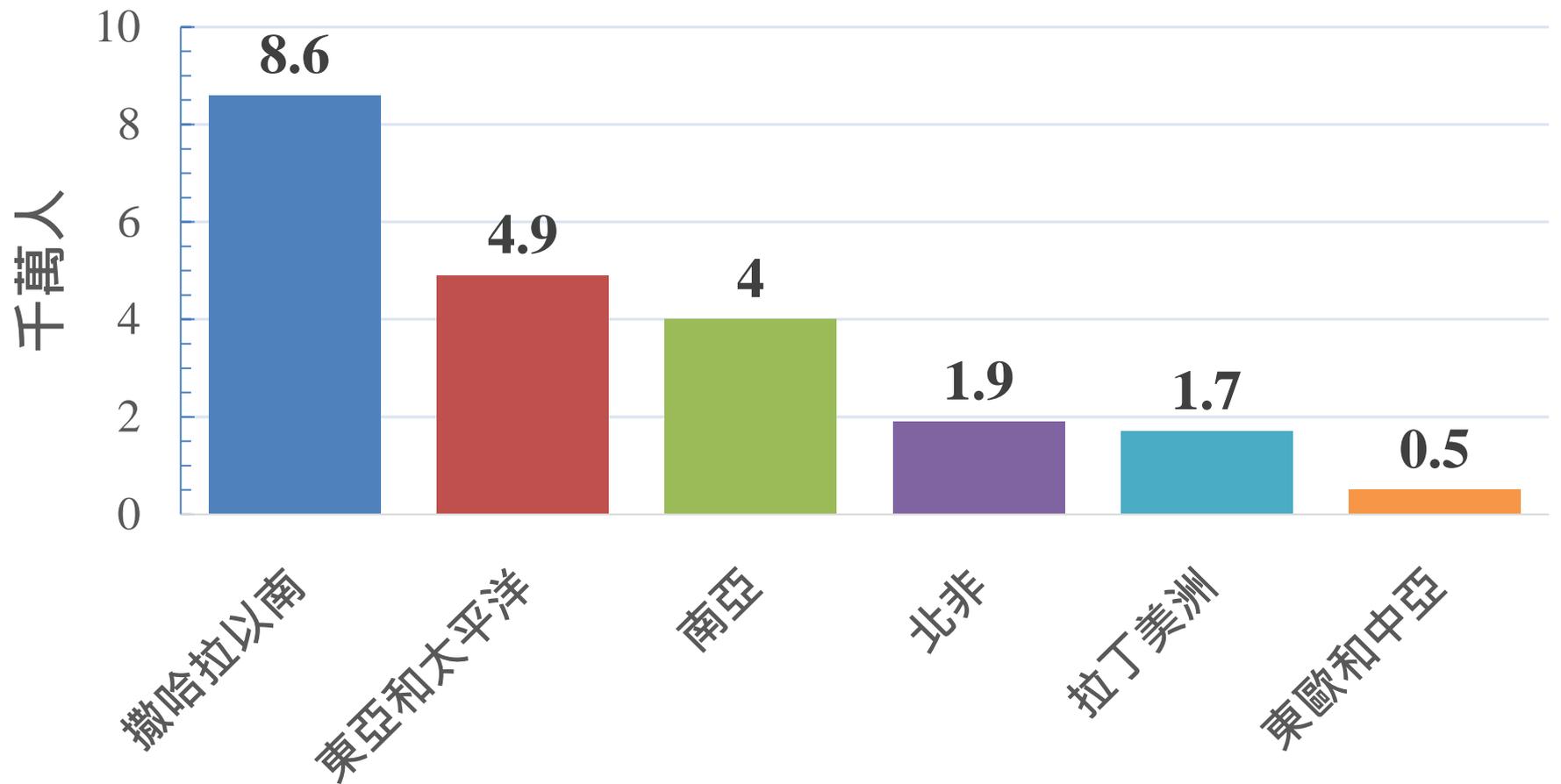
英國環境署 Alison Baptiste :

「我們無法徹底阻止地球暖化狀況，但我們可以降低風險。」

數量



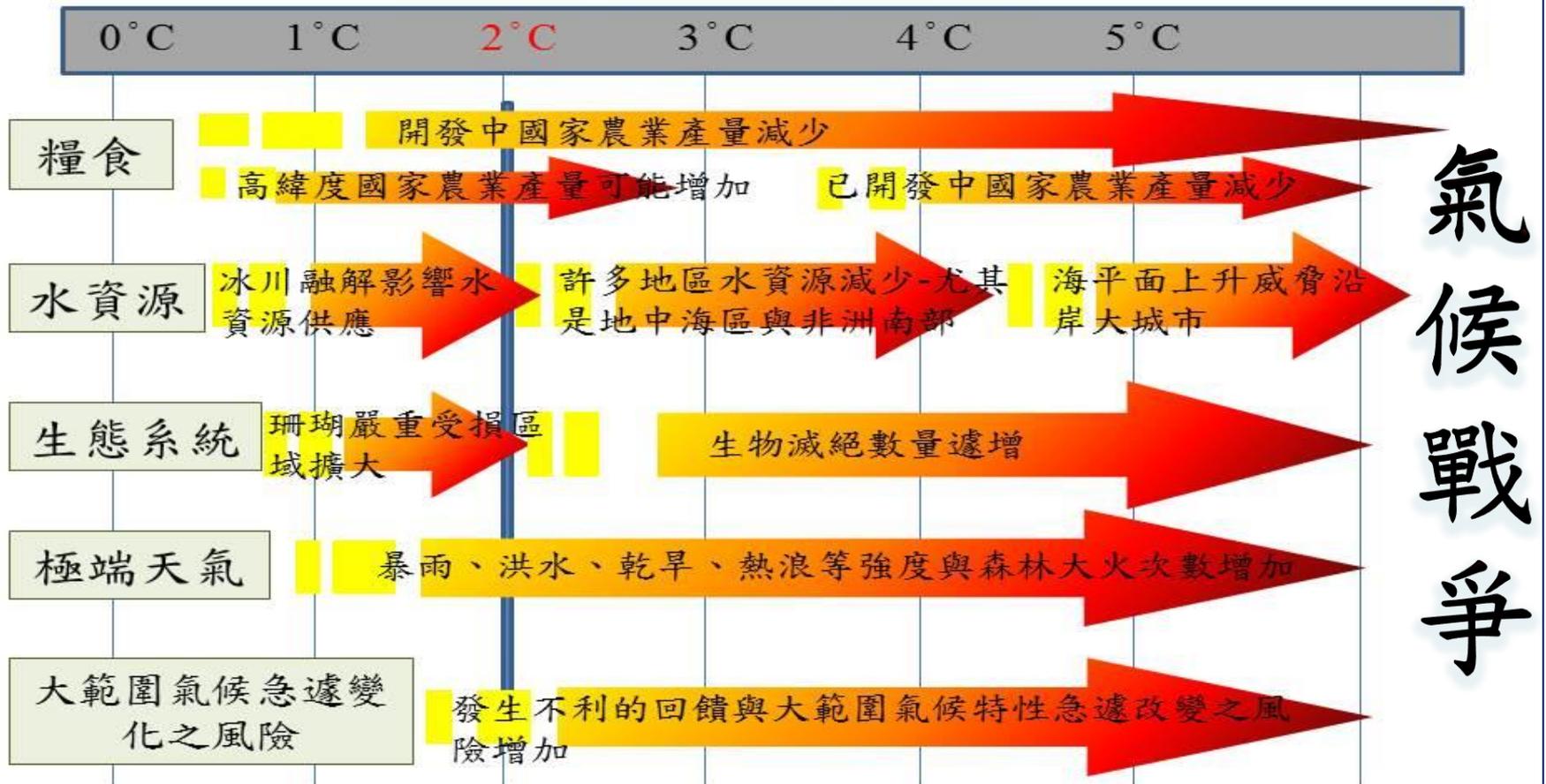
聯合國減少災害風險辦公室 2020-10



到2050年，將有2.16億人不得不由於氣候變化而在本國境內遷移。(世界銀行Groundswell報告 2021-9)

# 「無國界戰爭」：全球暖化

## 氣候變遷衝擊預測 (Stern's Report, 2006)



全球暖化正在加速衝擊我們，  
一定要做好二件重要的工作：

- 要與世界接軌做好節能減碳的工作；
- 要建立完善的基礎建設與預警體系，把可見的損失與傷害降到最低。

## 《2015巴黎氣候協定》

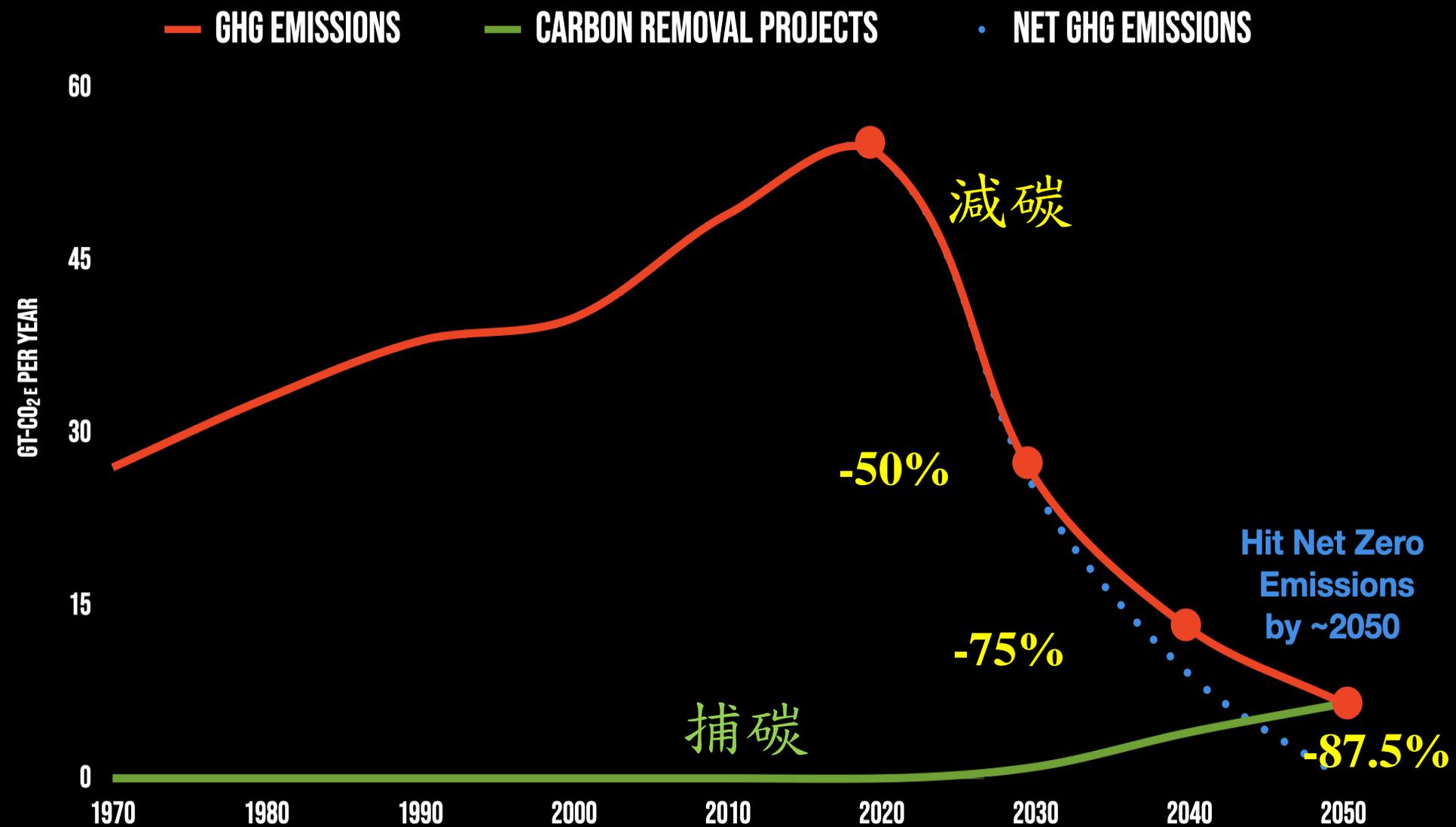
- 讓全球平均氣溫升高不超過 $2^{\circ}\text{C}$ ，並且朝著不超過 $1.5^{\circ}\text{C}$ 的目標努力。
- 限制人類行動排放的溫室氣體量至與樹、土壤、海洋等自然界可以吸收的量，預計在2050年至2100年間完成此目標。
- 每五年檢視各國碳減排成果以強化行動。
- 富國向窮國提供「氣候金援」來適應氣候變化，並協助發展再生能源。

## 《2021格拉斯哥氣候協定》

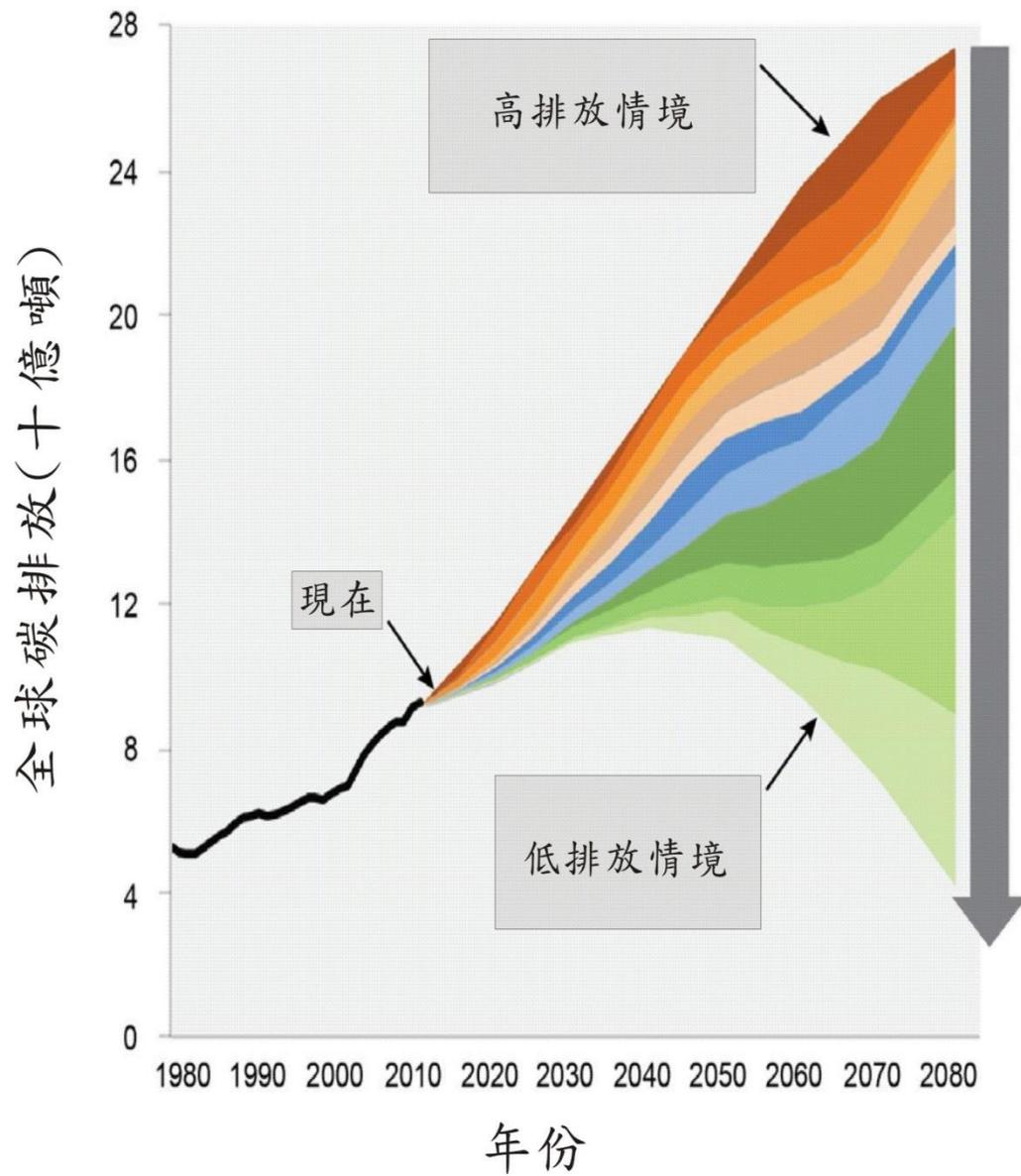
- 《巴黎氣候協定》的更新版。
- 要求各國在2022年底前提出強化的碳減排額度，以符合2030年全球碳排減少45%的階段性目標；
- 逐步減少未經碳捕捉技術處理的燃煤使用，及化石燃料補貼；
- 已開發國家要在2025年前將共同資金增加一倍，幫助發展中國家能源轉型及適應氣候變化的衝擊。

## 何謂「碳中和」？

- 「**碳中和**」指的是碳排放量與減少的碳排放量之間互相抵消，達到淨零碳排放量的效果。
- 在生活中，交通、能源生產、農業和工業等過程所釋放的碳排放，可以「**碳抵消**」，或稱碳補償，就是以再生能源及能源節約作為補償方式，達到抵消碳排放量的作用。
- 國家公布碳中和目標，必須在政策制定、商業模式、能源轉型、環境法規，都做出調整，並不斷滾動改進。



2050年淨零溫室氣體排放是未來要全力努力以赴的目標。



增加能源效率

減少碳排放

轉換再生及低碳能源

改變奢華浪費的生活方式

節能減碳是  
需要一生努力  
去推動的  
工作！

# 全球經濟面臨空前巨大的轉型

2021



火力發電廠



工廠



燃油汽車、  
柴油輪船、  
飛機、捷運、  
高速鐵路



傳統建築



2050



風力、太陽能  
電廠等再生能  
源及核能



以使用綠電為  
主的工廠

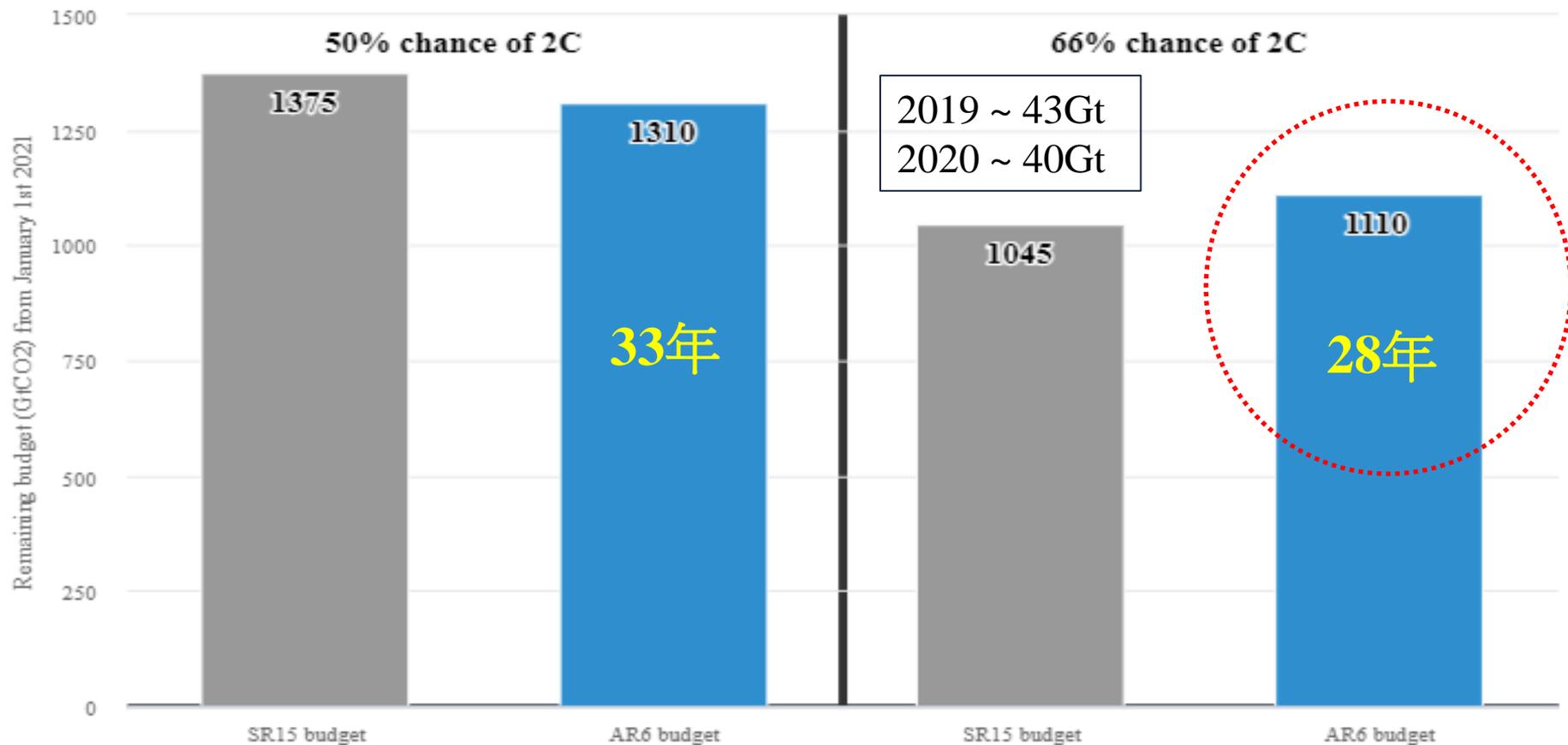


電動車、氫燃料船、  
生質燃料飛機及  
100% 使用綠電之  
軌道運輸系統



智慧綠建築

## Comparing SR15 and AR6 carbon budgets for a 50% and 66% chance of 2C



根據IPCC這次的報告，要守住「巴黎氣候協定」2°C的大限，我們能排放到大氣層的「碳預算」只剩下約1兆1千萬億噸。2020年因新冠疫情的影響，全球的碳排總量約400億噸，比前一年下降了6%，就算以此為準，也只能撐住28年。

# 國家的行動

- 第一個是乾淨能源；
- 第二個是更聰明的都市發展；
- 第三個是永續的土地管理跟利用；
- 第四個是智慧水資源管理；
- 第五個是整個工業的循環經濟。

聯合國開發計畫署（UNDP）的全球報告（2020）

# 面對氣候暖化的國家因應

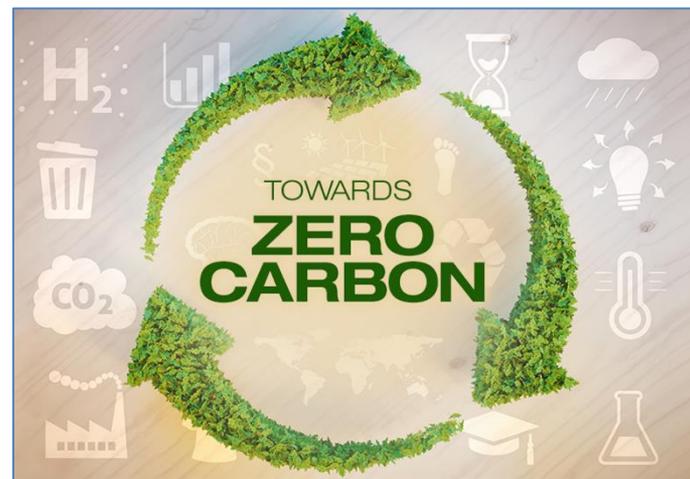


穩定充足的能源



無虞的水資源

接軌國際  
淨零減碳



安全的  
糧食系統

韌性防災的  
國土規劃



# 個人的行動

- 5分鐘淋浴
- 少吃肉
- 少開車
- 拔掉不用的電器插頭
- 隨手關燈
- 零浪費
- 在地生產
- 自備購物袋
- 推動循環經濟
- 重複使用物品



**CLIMATE ACTION** SUMMIT  
2019

2019 氣候行動峰會



面對如同失火的地球，我們要像消防員，勇敢的衝向火場去滅火，因為這是我們唯一的家園。



唯有了解，才有關心；唯有關心，才會  
採取行動；唯有行動，生命才有希望。  
(珍古德博士)



United Nations  
Climate Change

The different



+1.5 °C

futures that



+2 °C

lie ahead.



+3 °C

我們正面臨一場緊急、迫切的危機，必須在我們這一代得到解決。(牙買加行動呼籲，2012)。

我們的未來，取決於我們當前的行動，我們一起加油！