

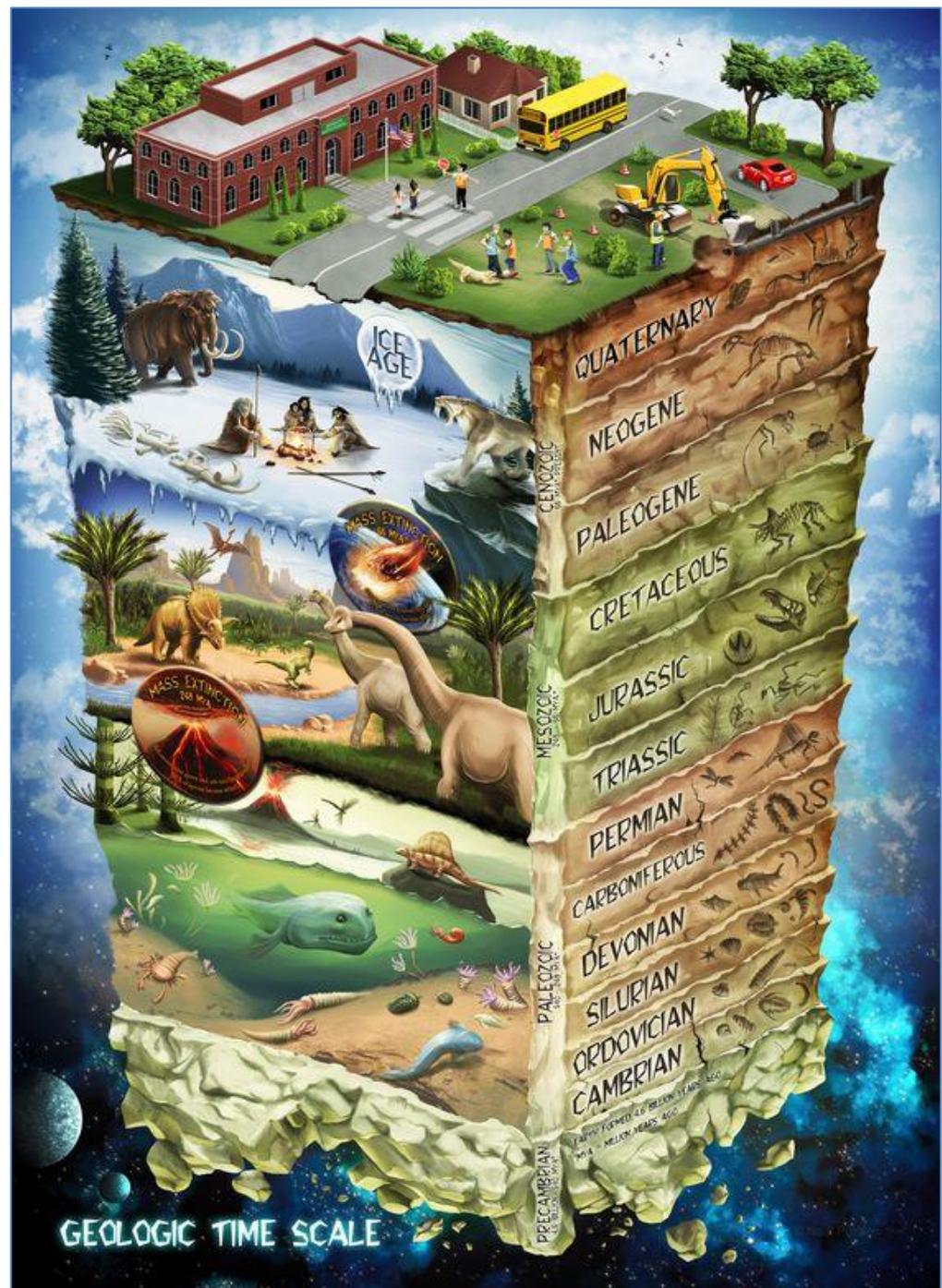
# 全球暖化對我們的衝擊



中研院 地球所 汪中和



歡迎來到人類世  
(Anthropocene) !



**人類世**的主張出現，是因我們對地球環境造成如此劇烈的改變，以致於我們應該要以人類自己的稱呼為一個新的地質年代命名。

**人類世**的概念在於表達人類迄今對地球的大氣、海洋與生態環境帶來的影響如此之重，以致人類的影響在地球未來的地層紀錄中都將顯而易見。



# 種甚麼，收甚麼

俗話說：「種瓜得瓜，種豆得豆」。

過去二百多年大量開發使用化石燃料，種下了可怕的惡因，也導致今日的苦果。

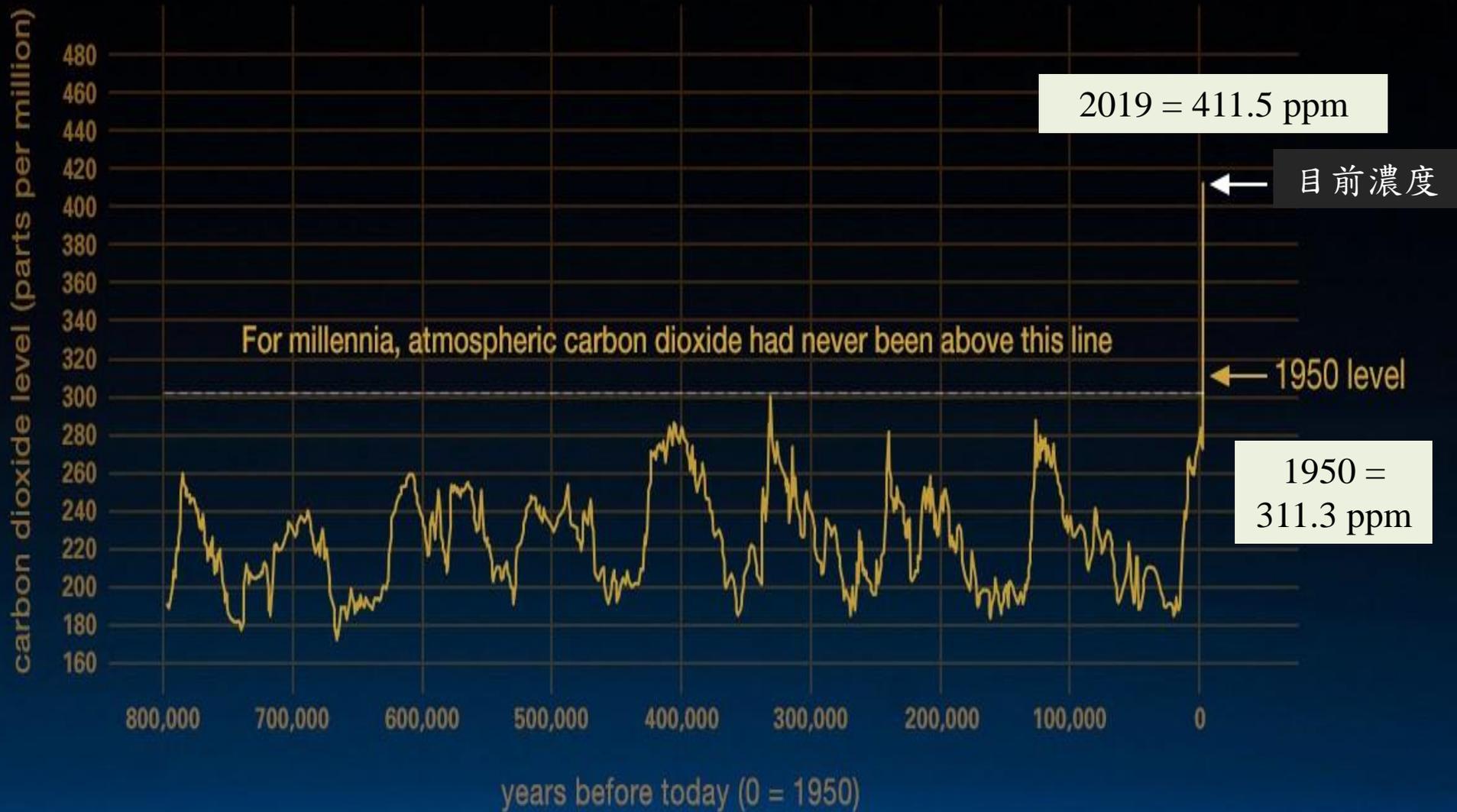


人類每秒鐘消耗

◆ 17萬公斤的燃煤

◆ 19萬公升的石油

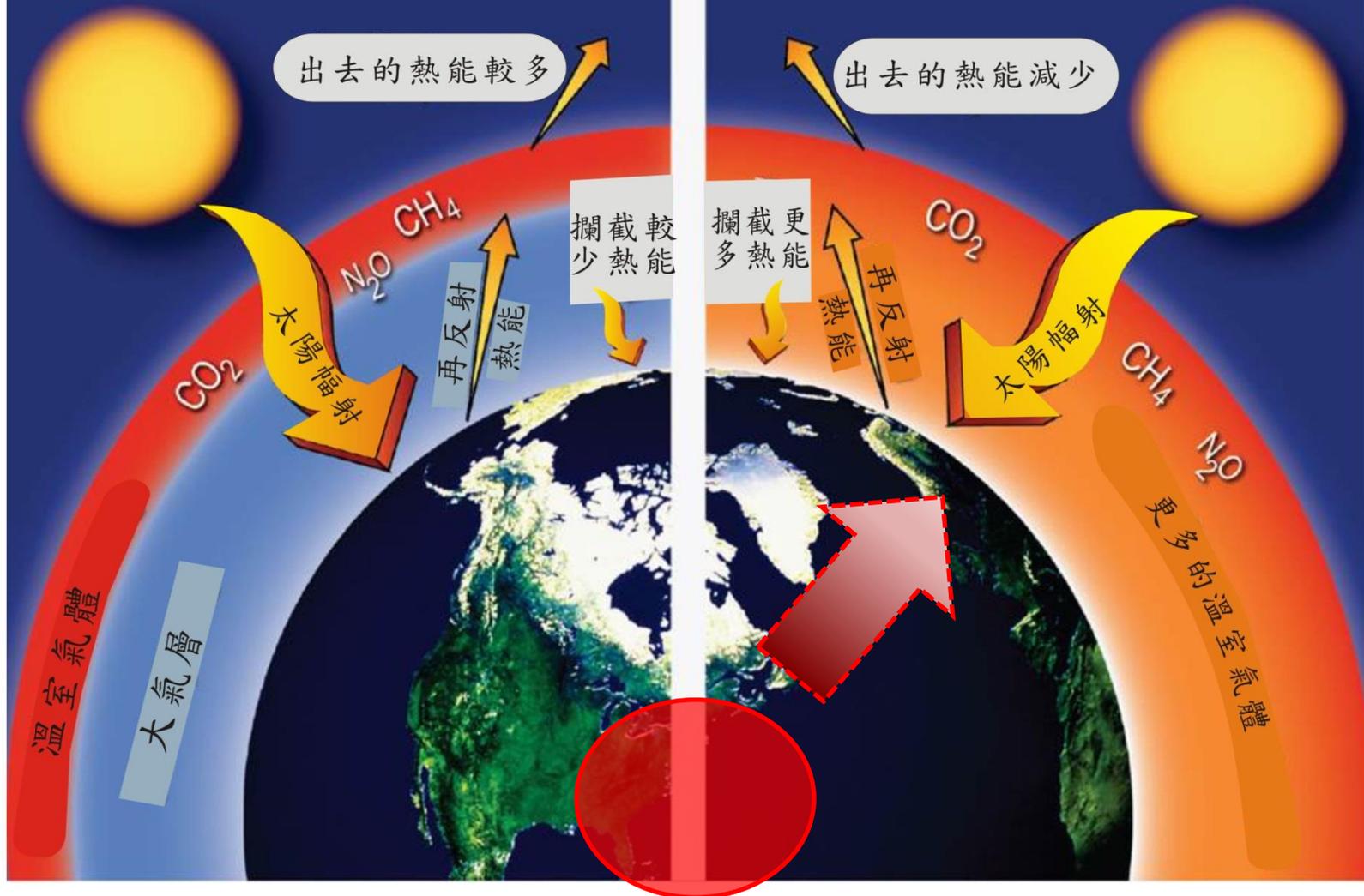
◆ 1200萬公升的天然氣



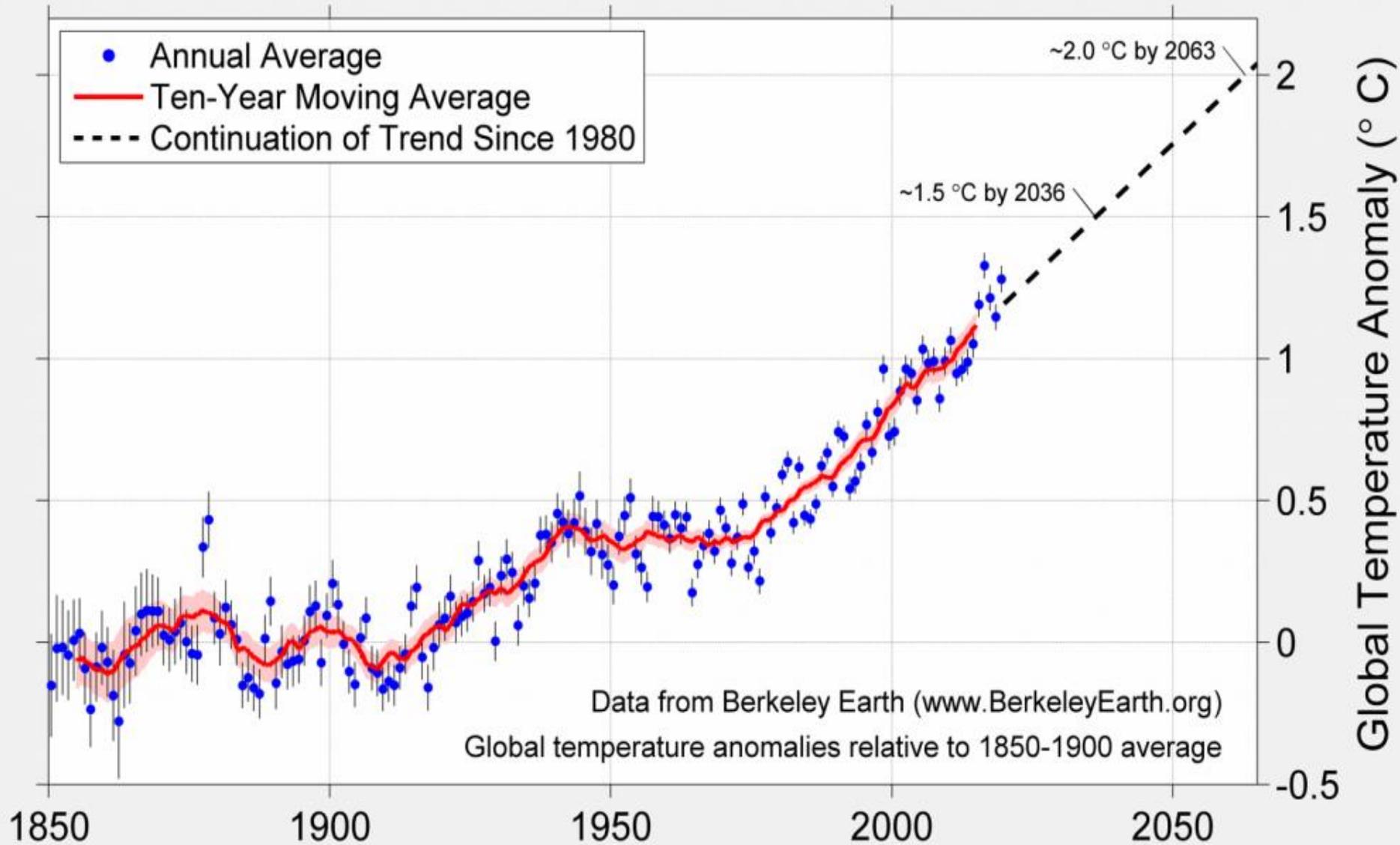
CO<sub>2</sub>的濃度在大氣層的組成只有0.041%，然而卻像1顆小藥丸對我們身體帶來顯著的影響，CO<sub>2</sub>在地球氣候變化上扮演舉足輕重的腳色。

# 自然狀態

# 人為影響

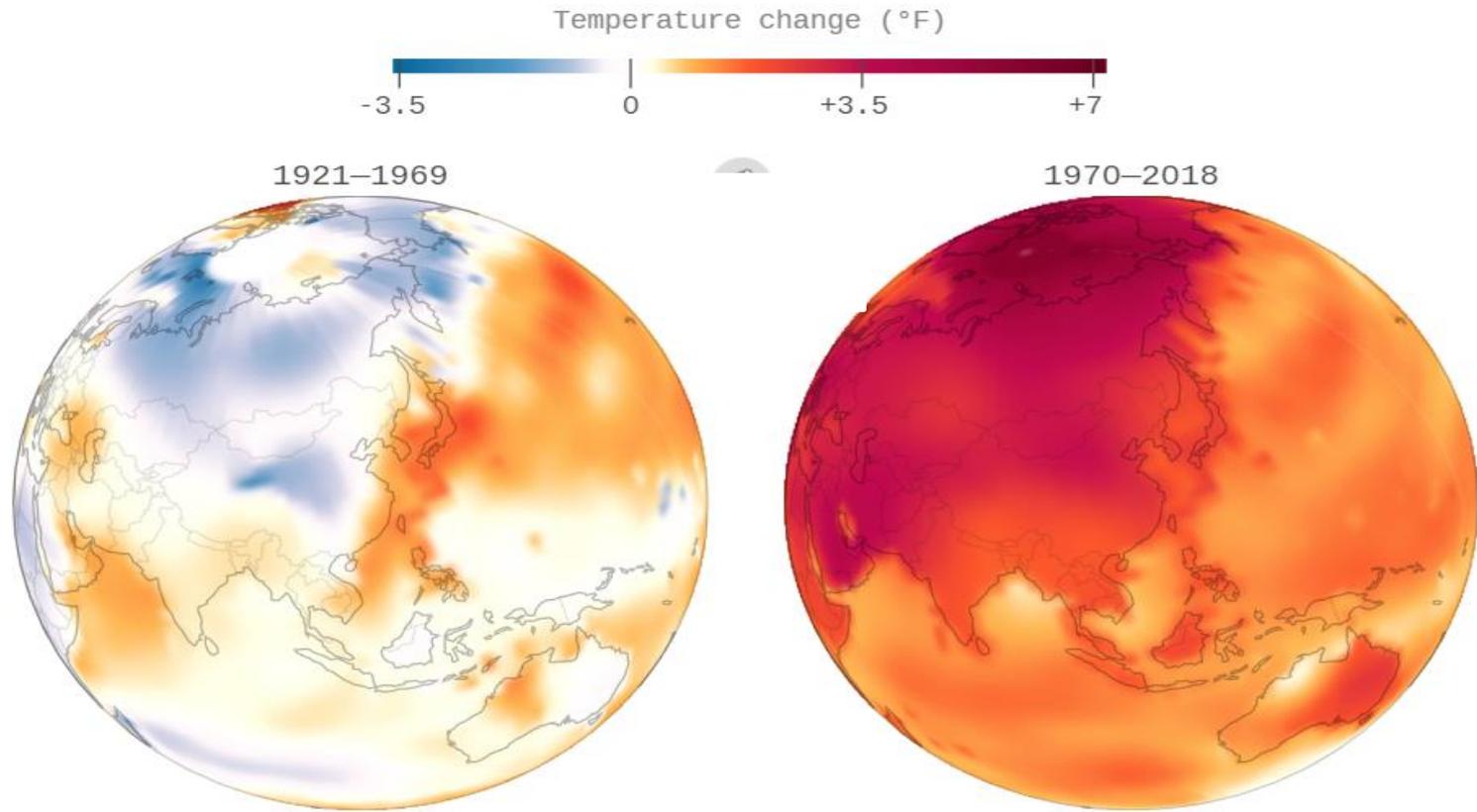


濃厚溫室氣體累積的熱能，極為驚人。



1880年以來，全球地表均溫的成長趨勢圖。

## Global temperature change before and after 1970



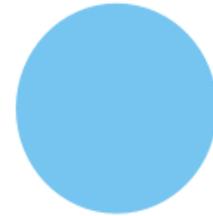
Data: [NASA GISS](#); Graphic: Harry Stevens/Axios

自工業革命以來，已有超過**69億**顆廣島型核彈的能量 ( $4.2 \times 10^{23}$  焦耳) 被累積在地球的表面。6600萬年前一顆小行星撞擊地球，衝擊威力相當於**70億**顆廣島型核彈，造成中生代末期75%生物滅絕。

# 過量熱能去哪裡了？

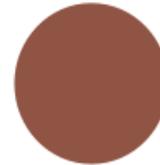
海洋

Ocean  
93.4%



Atmosphere  
2.3%

大氣層



Continents  
2.1%

地殼



Glaciers & ice caps  
0.9%



Arctic sea ice  
0.8%



Greenland Ice Sheet  
0.2%



Antarctic Ice Sheet  
0.2%

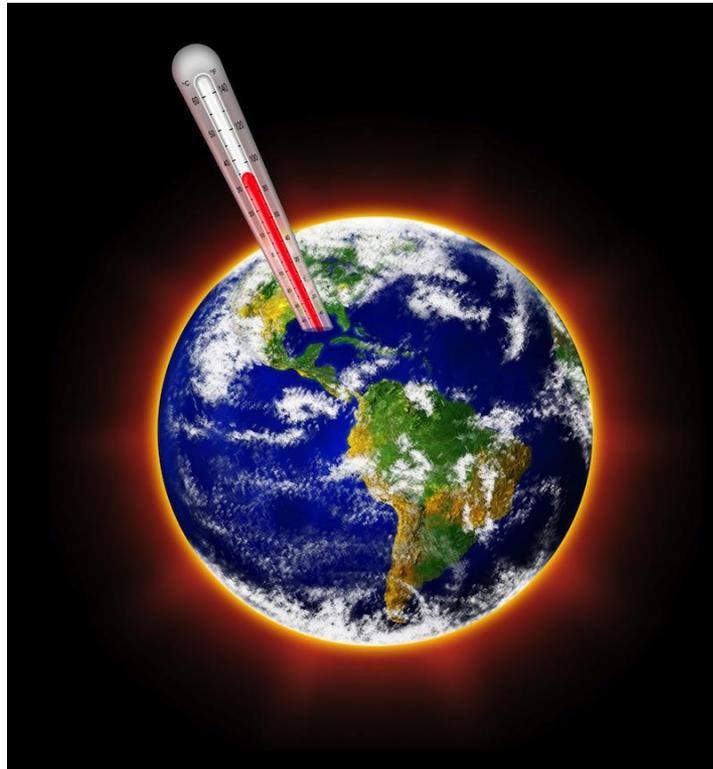
冰雪圈  
2.1%

# 全球暖化的衝擊

- 高溫熱浪
- 水文極端化 (豪雨、乾旱、水資源運用困難)
- 強颱風 + 洪澇 + 暴潮
- 地震、海嘯、火山
- 海平面上升

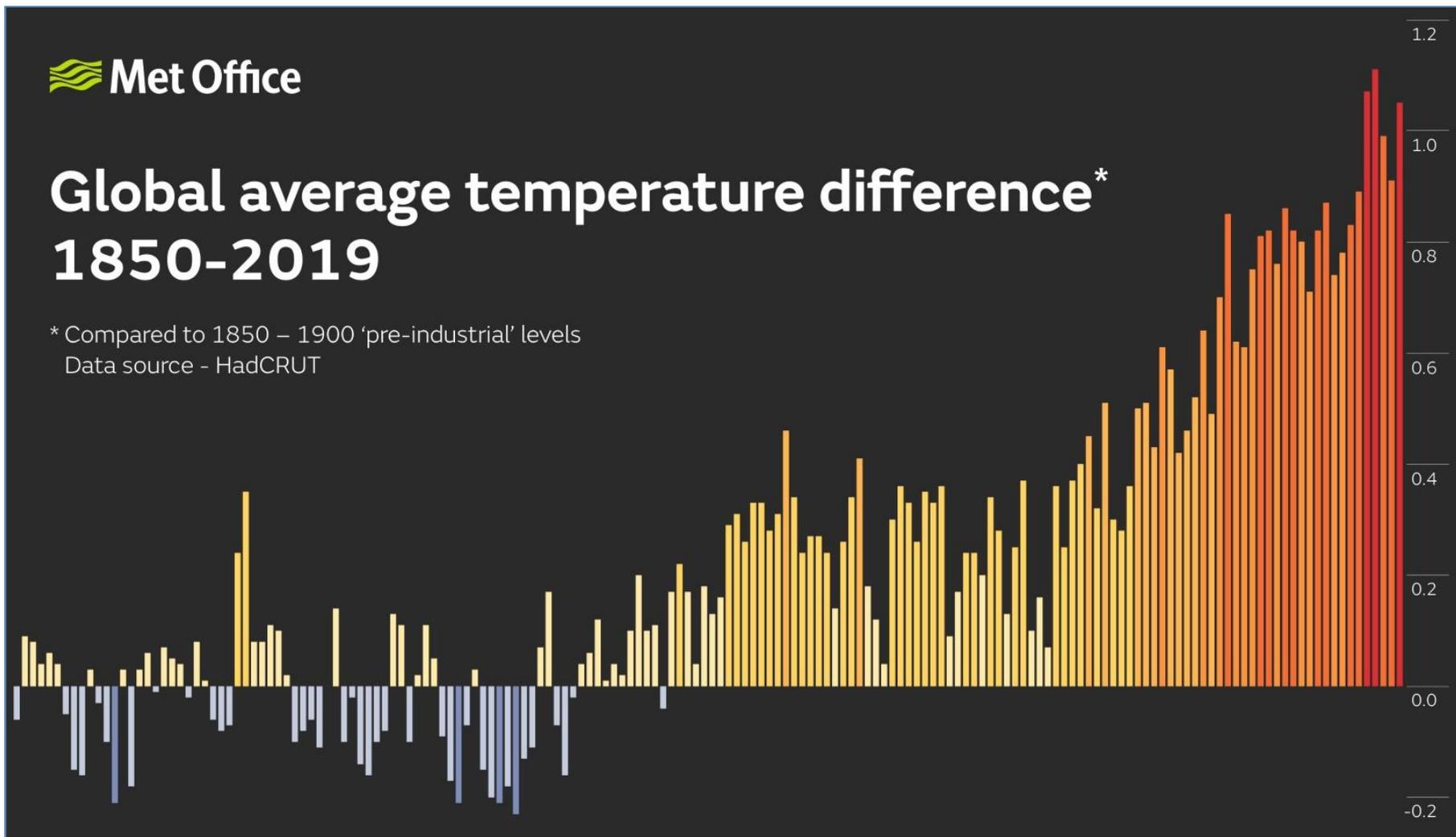
# 大氣層的暖化趨勢與影響

- 地表持續且呈跳躍式升溫
- 季節朝高溫演變



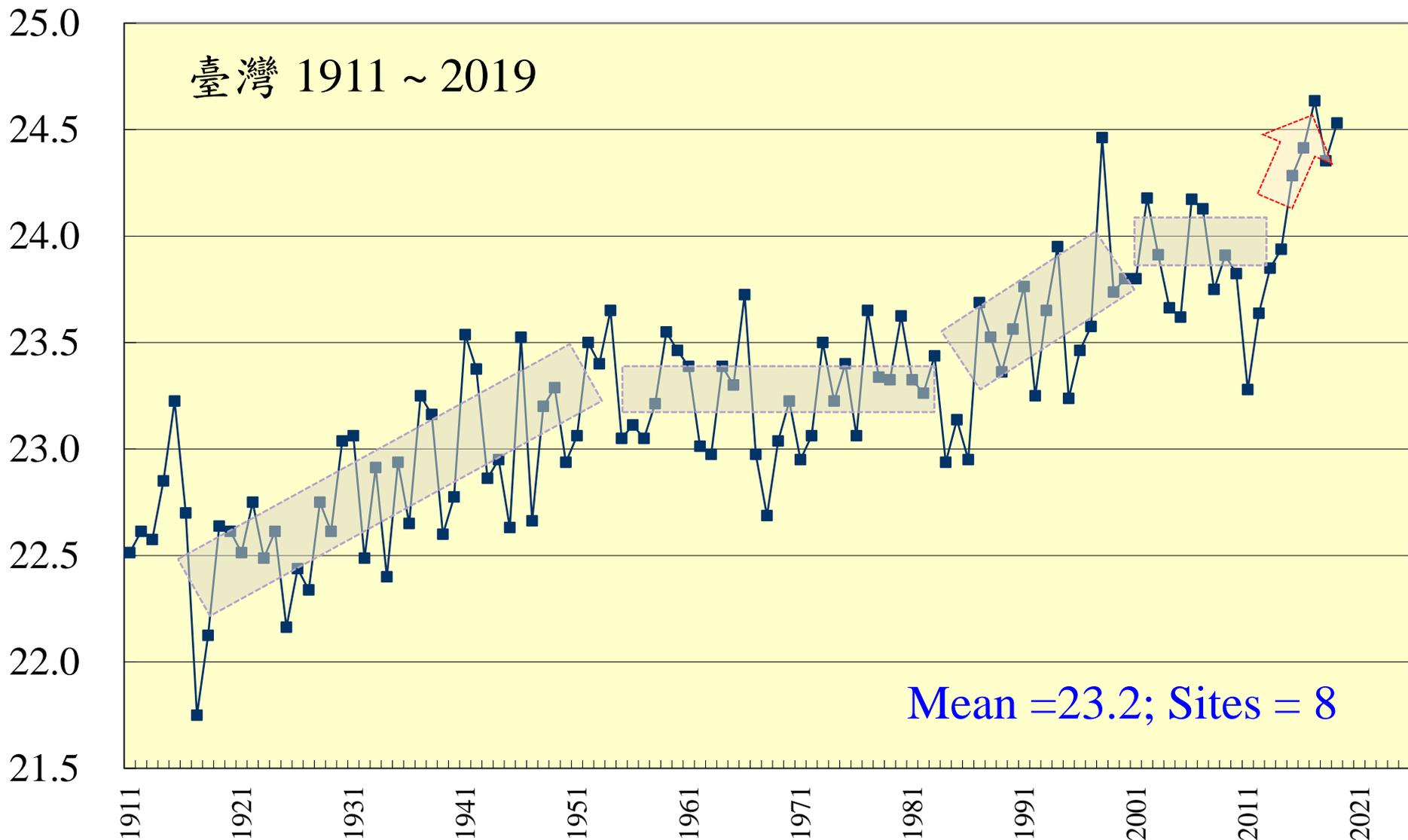
# Global average temperature difference\* 1850-2019

\* Compared to 1850 – 1900 'pre-industrial' levels  
Data source - HadCRUT

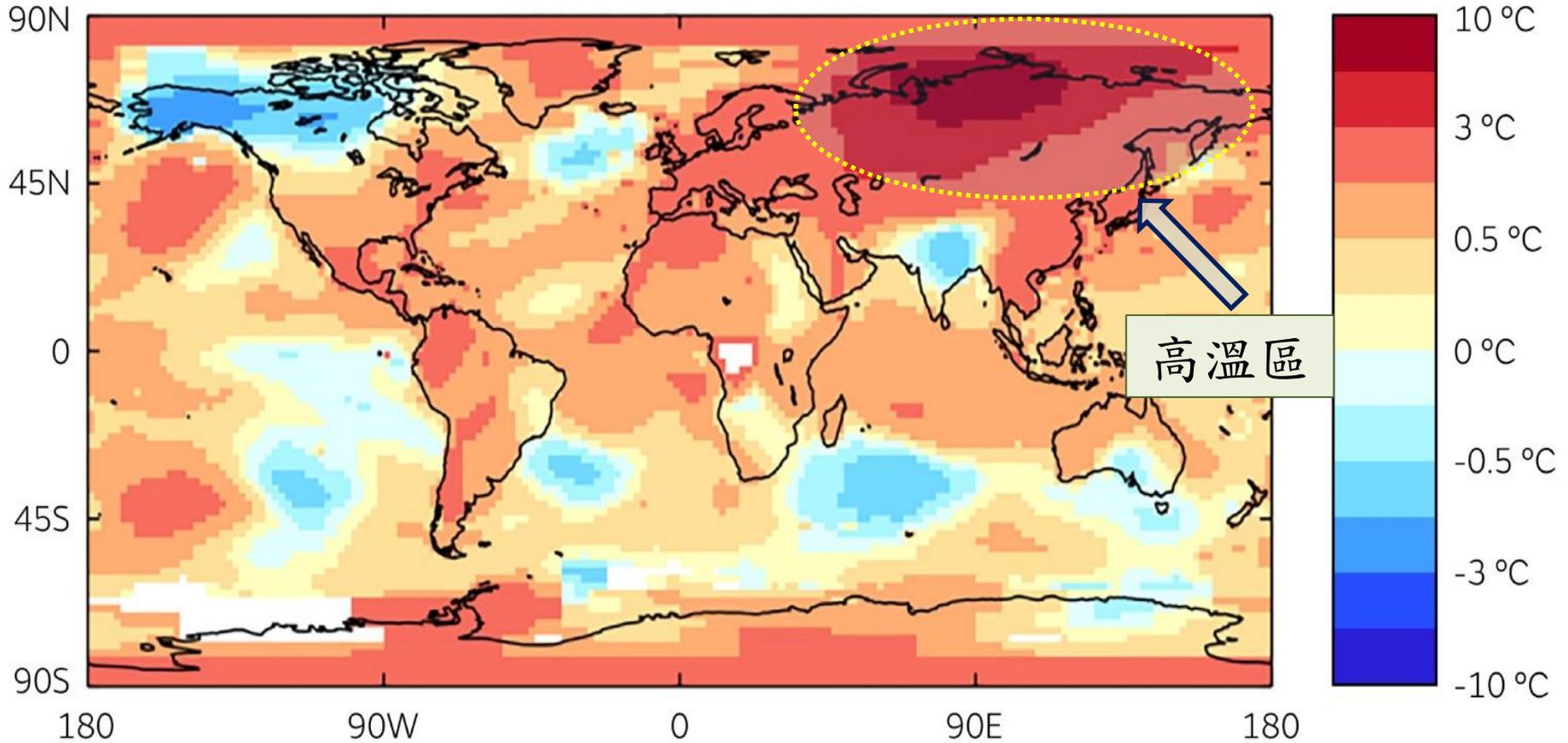


全球地表溫度不住上升，2015~2019的年平均溫度已經比工業革命時代的均值高出了1°C；在自然狀況下，同樣升幅需要5千年以上。

# 臺灣 1911 ~ 2019



百年來臺灣平均溫度上升 $1.4^{\circ}\text{C}$ ，還在加速中。



今年北半球的夏天進入格外炎熱的模式  
—炙烤又持久！

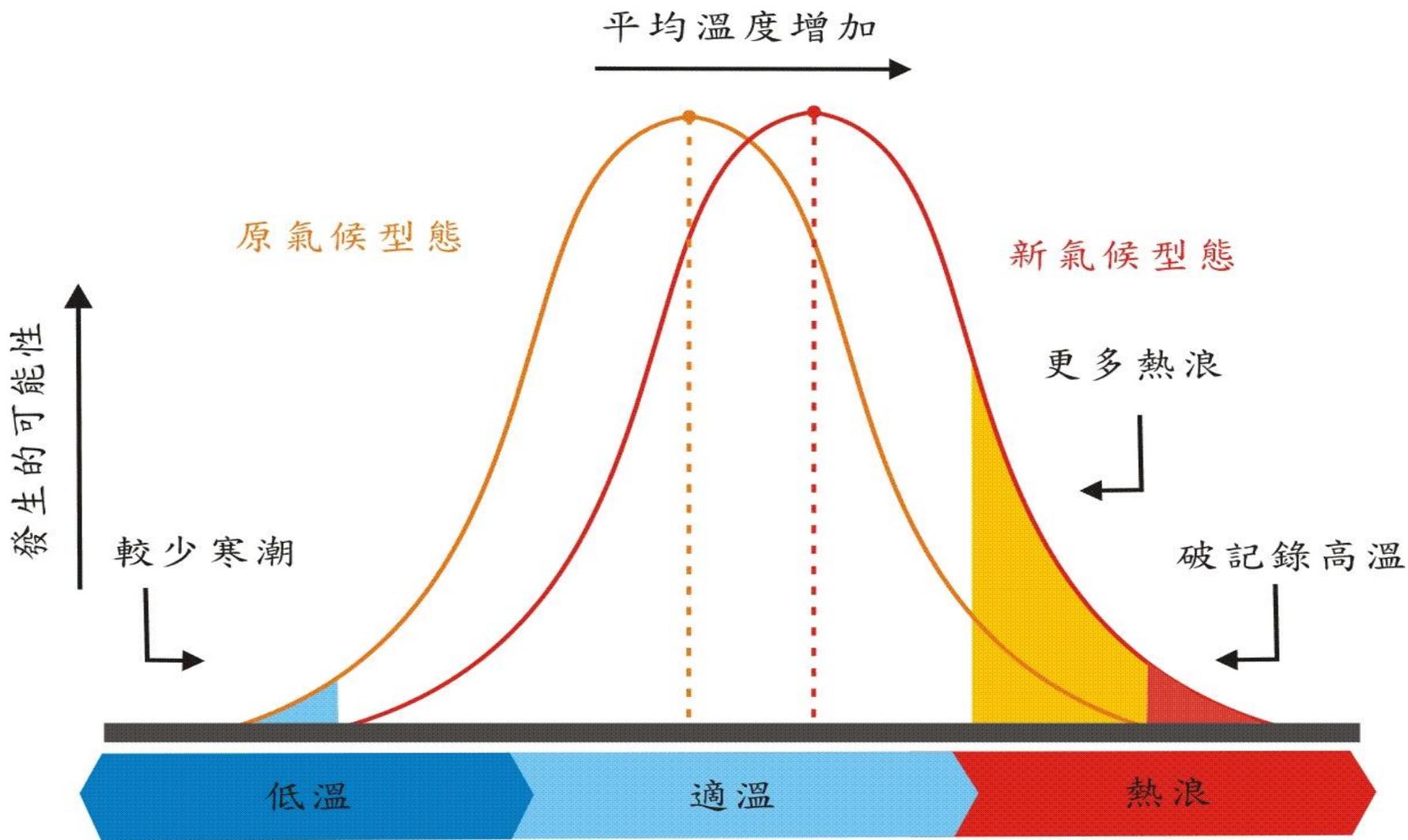
# Monthly Global Surface Temperature Rankings

NASA-GISS

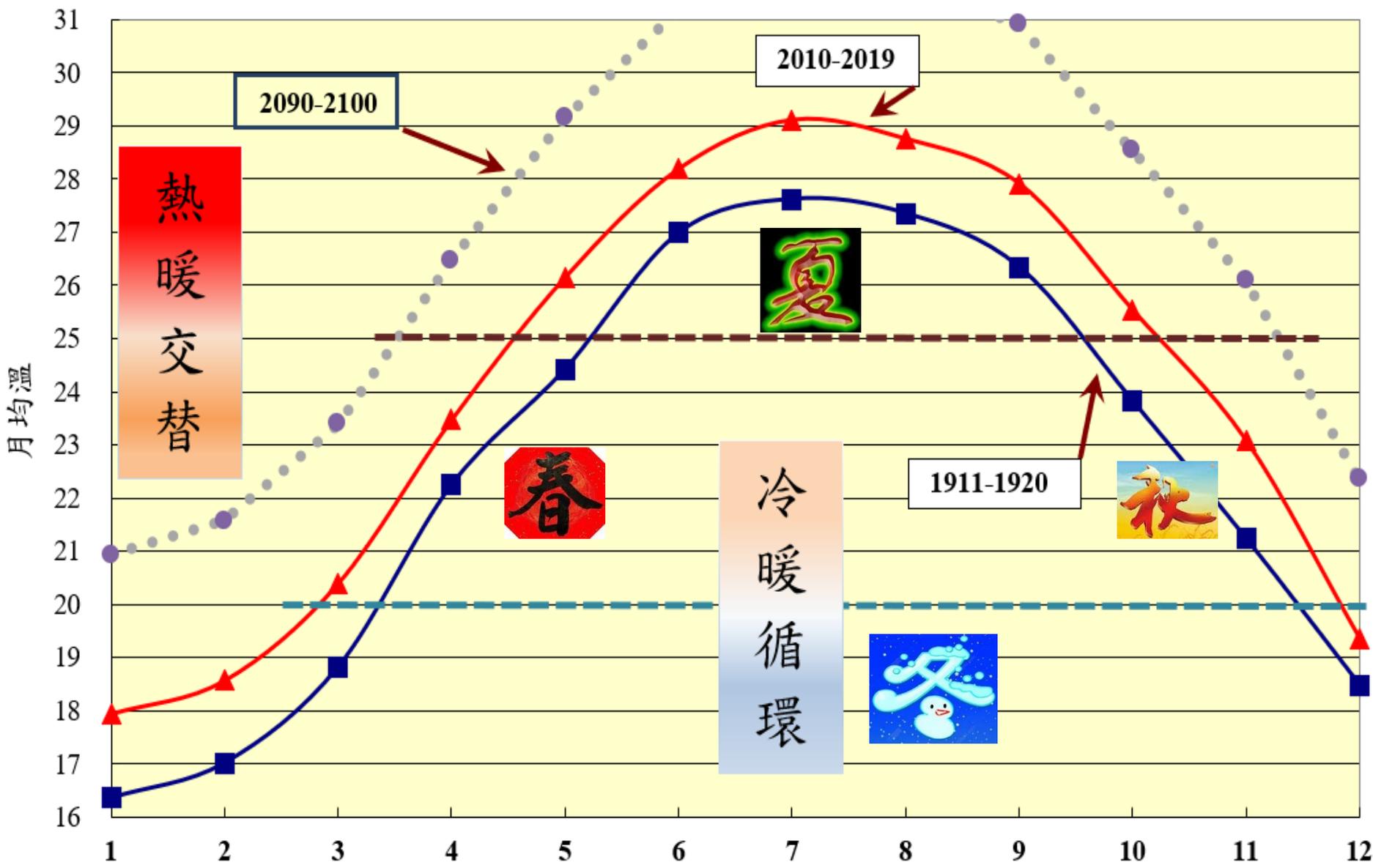
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
2015	6	5	5	7	7	3	5	5	4	①	①	①
2016	①	①	①	2	2	3	2	①	2	5	3	5
2017	3	3	4	4	3	7	4	3	6	4	4	3
2018	7	7	7	5	6	5	3	6	5	2	6	4
2019	5	4	3	3	4	①	①	2	①	2	2	2
2020	①	2	2	①	①	①						

(A number '4' in March 2017, for example, means it was the fourth warmest March on record for the globe.)

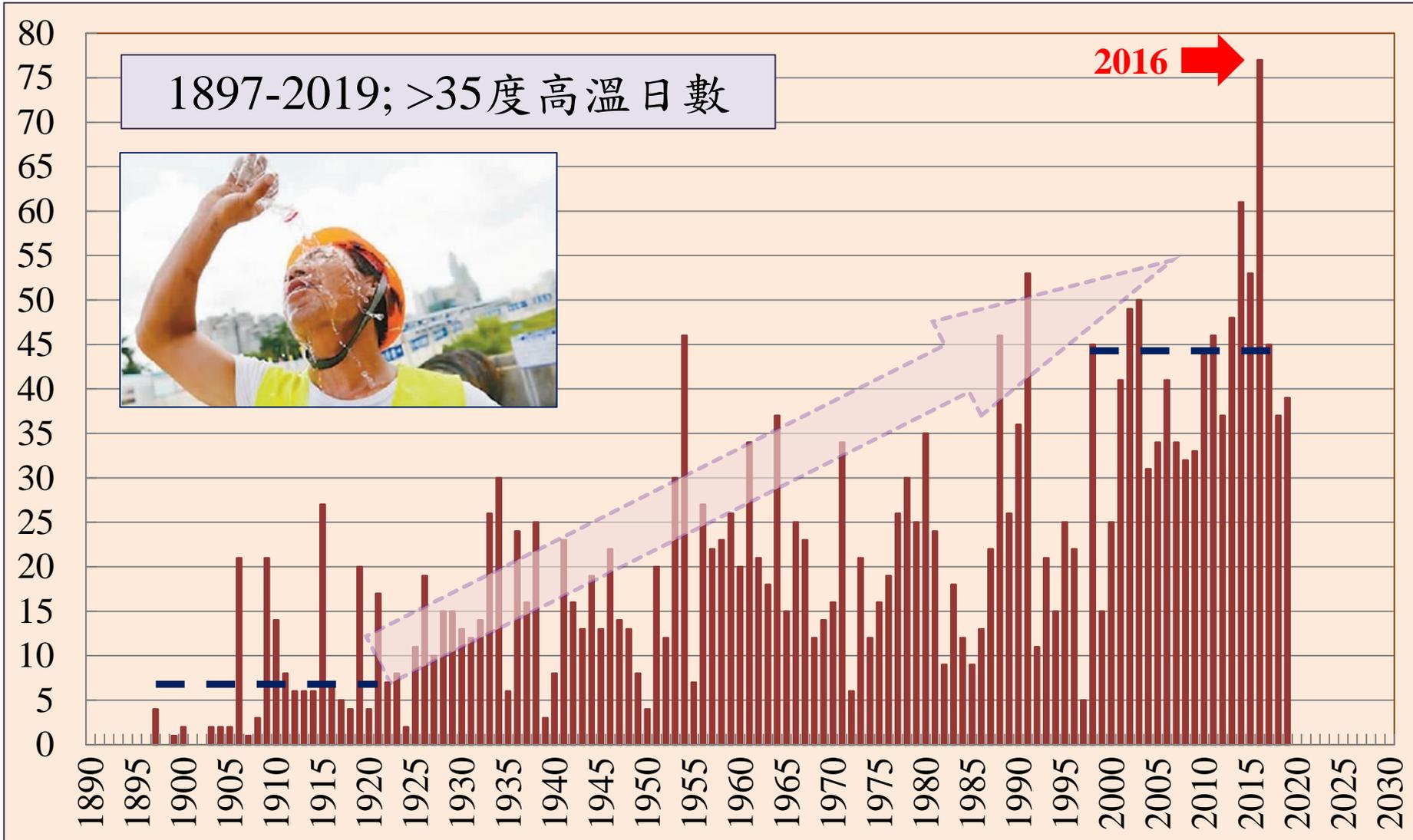
從2019年六月以來，逐月的均溫排名不是第一(7)，就是第二(6)。



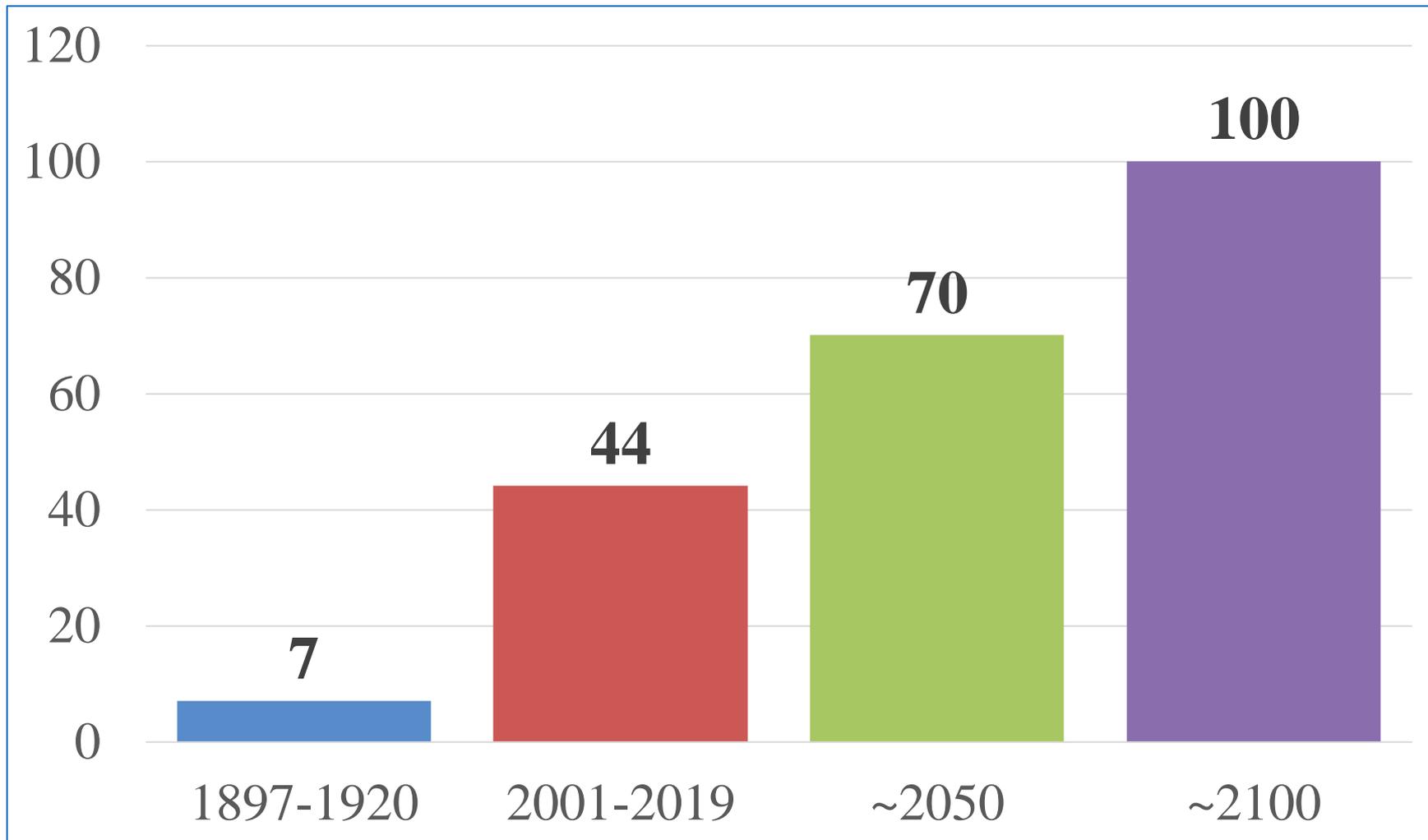
暖化使得季節朝高溫的方向移動，冬季越來越短，夏季越來越長。



臺灣夏天的日子越來越長，也越來越熱！



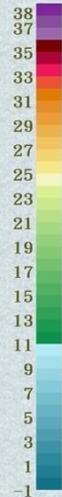
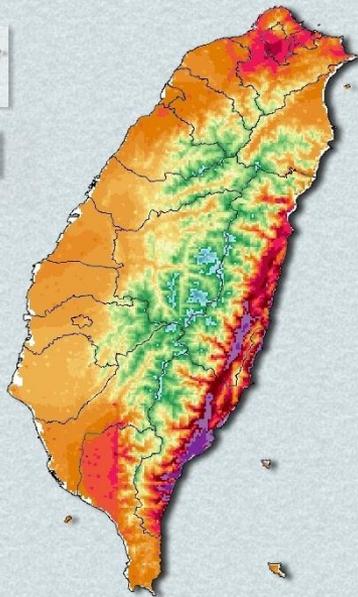
百年以來，台北測站紀錄每年高於35度的日數快速成長。1897~1920年平均7天；2001~2019年平均44天；2016年高達77天，2020至今超過50天。



臺北都會區每年平均的高溫日數

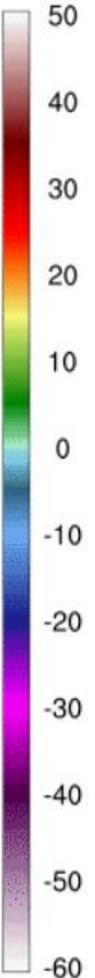
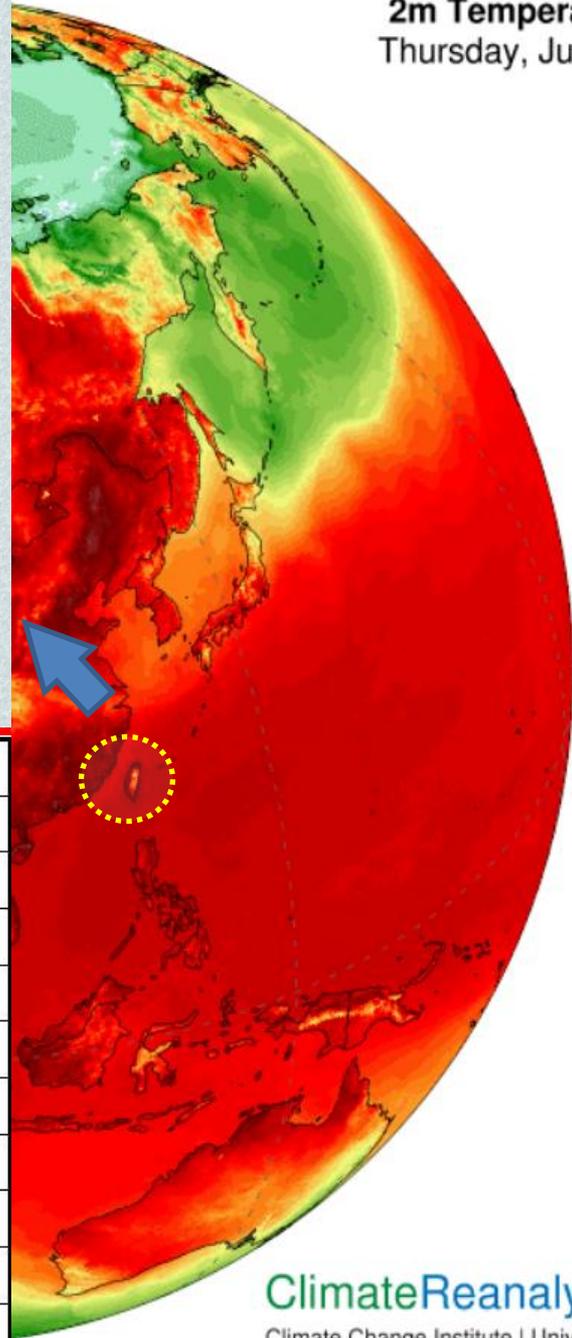
2020/07/16 13:00

溫度分布圖  
Surface Temperature  
攝氏(°C)



中央氣象局製  
Central Weather Bureau

2m Temperature (°C)  
Thursday, Jul 16, 2020

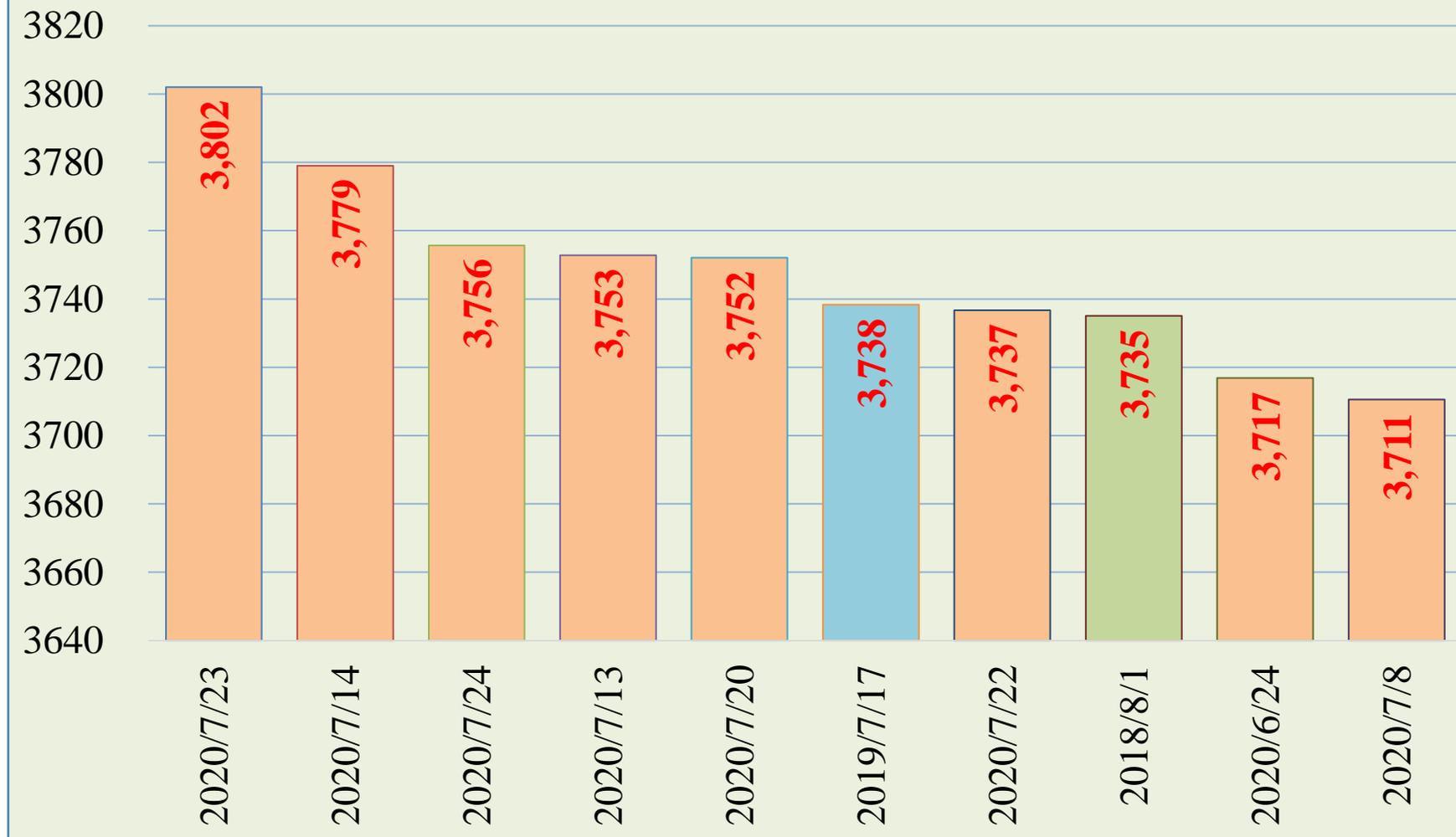


- 2m T
- Avg | Max
- 2m Temperature Anom
- Precipitation / Clouds
- 10m Wind Speed
- Sea Level Pressure
- Precipitable Water

排序	站名	氣溫(°C)	發生日期	影響天氣系統
1	太麻里2	40.5	2020/7/16	西南氣流造成焚風
2	天祥	40.3	2018/7/10	瑪莉亞颱風外圍下沉氣流
3	大武	40.2	2020/7/25	西南氣流造成焚風
4	臺東	40.2	2004/5/9	鋒面前西南氣流造成焚風
5	大武	40.0	2020/7/26	西南氣流造成焚風
6	臺東金崙	40.0	2020/7/16	西南氣流造成焚風
7	南投服務區	40.0	2020/5/10	鋒面前下沉氣流暖區
8	臺東金崙	40.0	2019/4/10	鋒面前西南氣流造成焚風
9	臺中	39.9	2004/7/1	敏督利颱風外圍下沉氣流
10	土場	39.9	2018/7/30	雲雀颱風外圍下沉氣流

# 臺灣高溫用電排行榜

用電量(萬瓩)



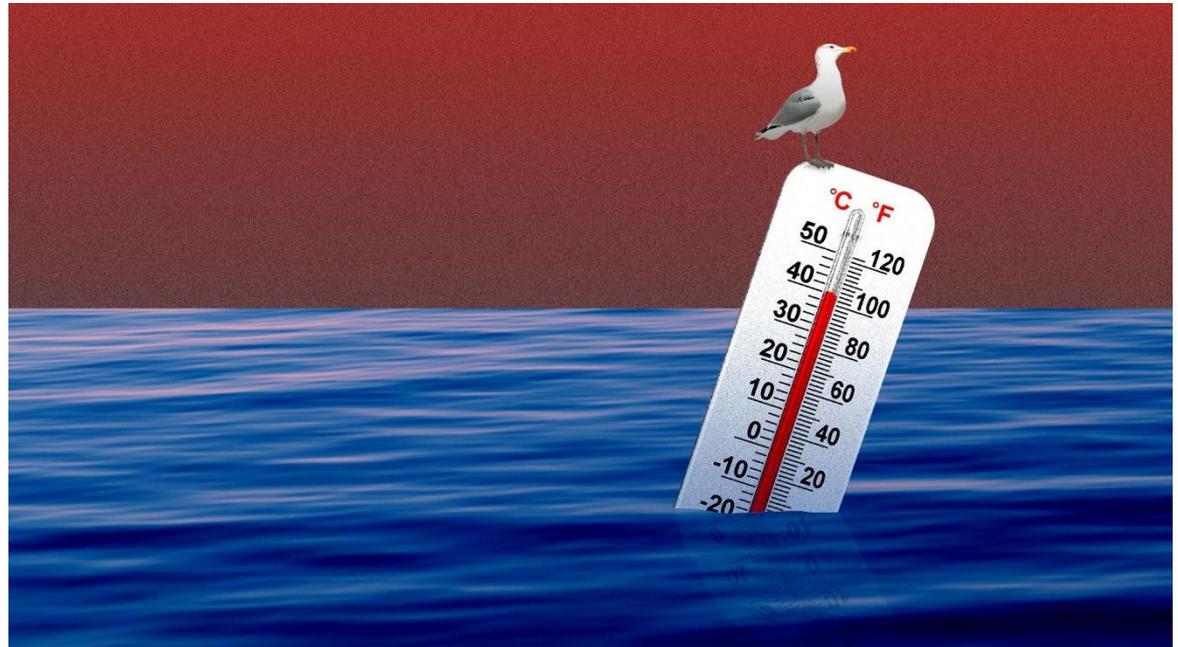
近年來臺灣熱浪滾滾，用電量迭創高峰，2020年佔了前10名的8個。

# 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

# 海洋的暖化趨勢與影響

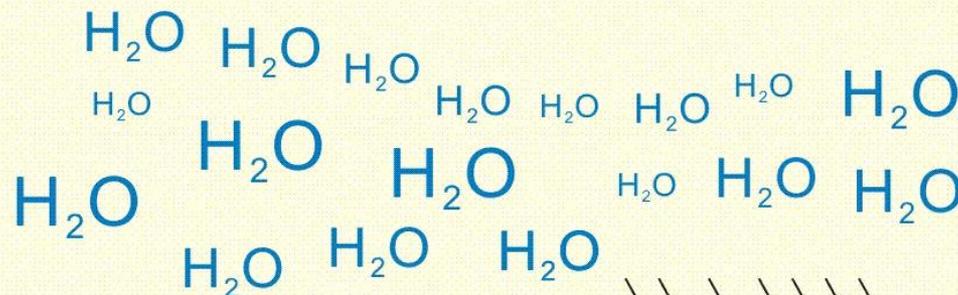
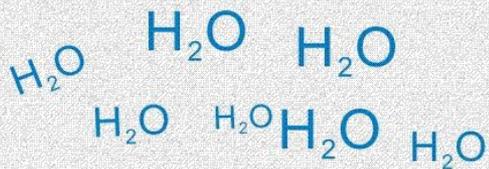
- 海洋吸收大量熱能，改變了物理、化學、生物性質
- 大氣海洋的交互作用更強
- 豪雨更驚人
- 颱風更狂野



暖化前

7%/1°C

暖化後



溫和降雨

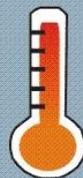
適量蒸發

強烈蒸發

超大豪雨

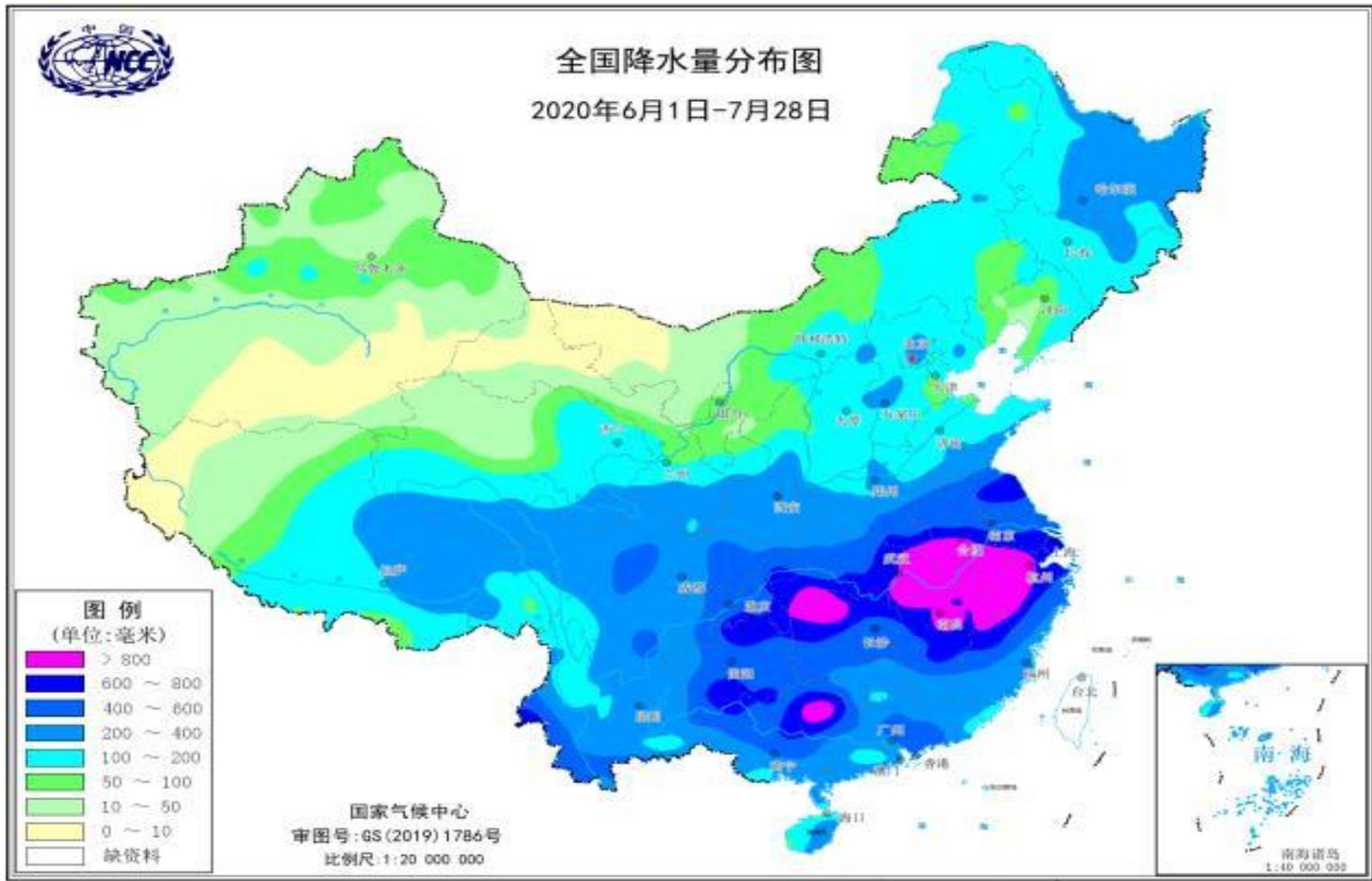


°C



°C

高溫的大氣及海洋帶來更多的豪大雨！



2020年中國大陸梅雨期長達62天（6/1日~8/2日），長江中下游平均降水量為754毫米，為1961年以來歷史同期最多。



大陸南方洪水形勢嚴峻，圖為被洪水圍困的江西省鄱陽縣昌洲鄉南湖村，洪災現場一片澤國。2020-7-14

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。
	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。
	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。

2020-3-1 實施

2020/05/22 00:00~2020/05/23 00:00

累積雨量  
Accumulated Precipitation

毫米(mm)



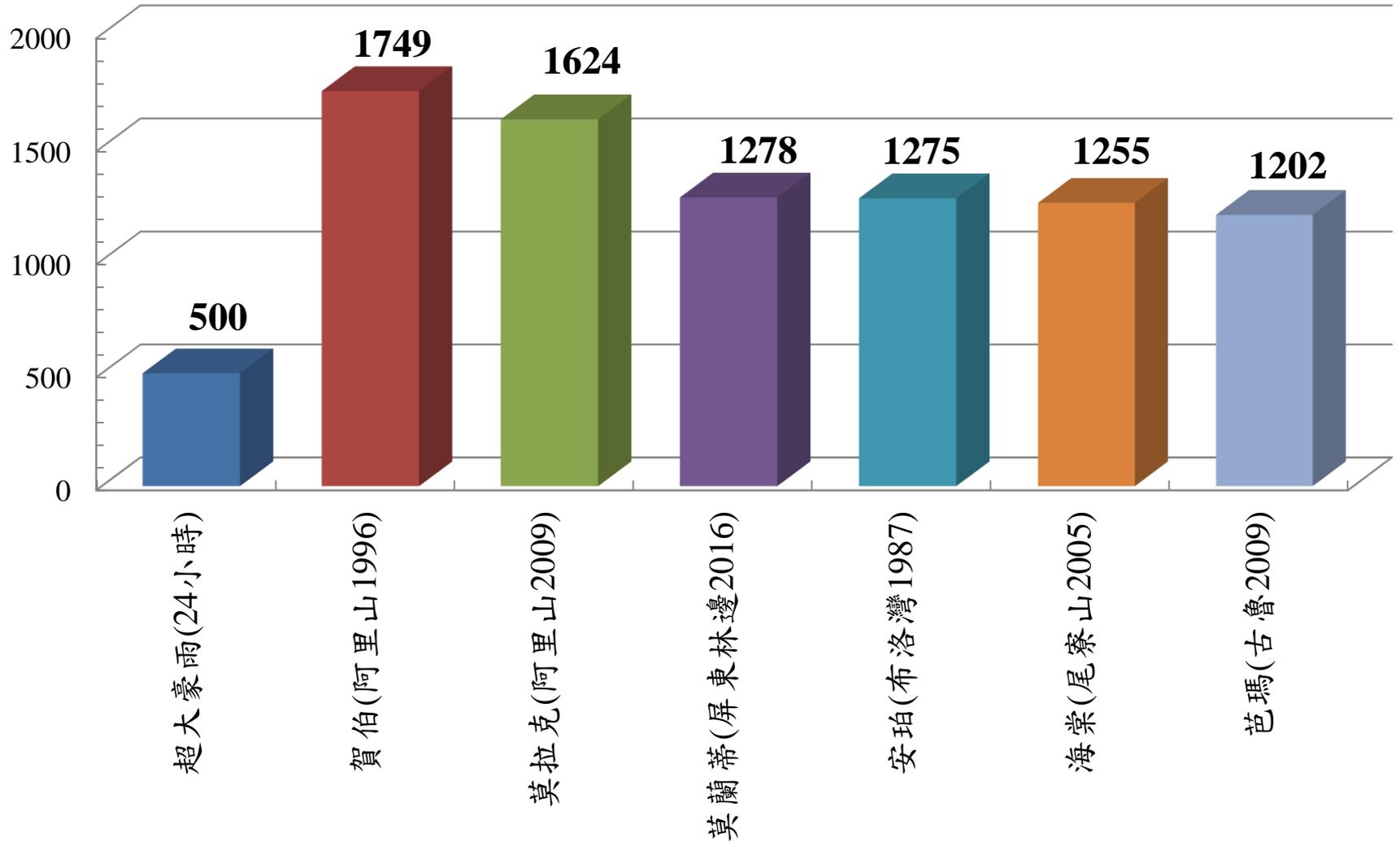
中央氣象局製  
Central Weather Bureau

梅雨鋒面、西南氣流夾擊，豪雨讓整個南台灣泡在雨中。五月22日全台降雨量統計，屏東縣及高雄市包辦前10名，屏東占了9處，其中屏東縣春日鄉大漢山單日雨量居全台之冠。

五月中旬，今年梅雨終於沛然降臨，解除了乾旱的危機。

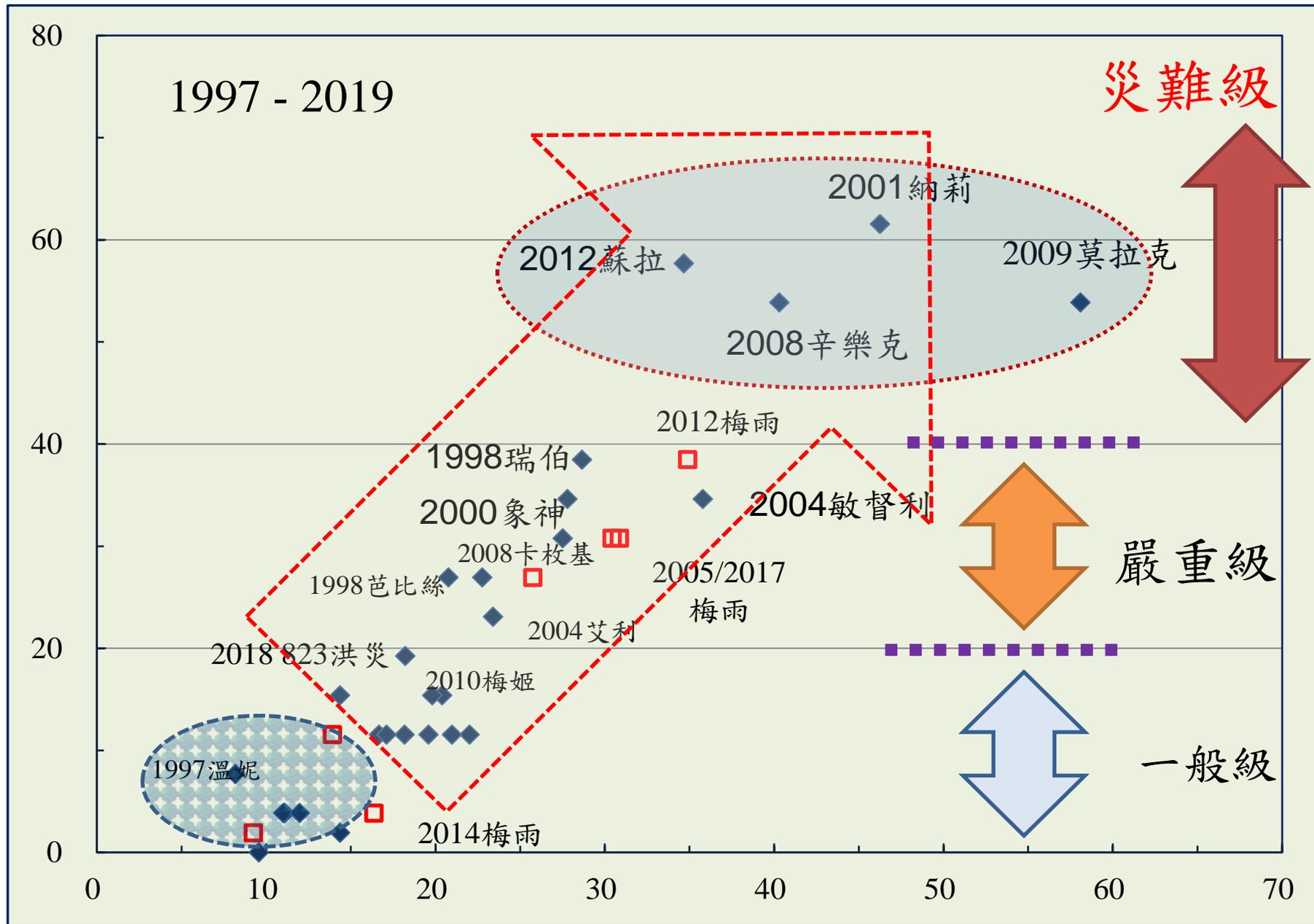
排行	雨量(mm)	測站名稱	測站代碼	所在鄉鎮
1	669	大漢山	C0R44	屏東縣春日鄉
2	617	上德文	C1R12	屏東縣三地門鄉
3	598	新瑪家	01Q92	屏東縣瑪家鄉
4	576	大漢山	01R03	屏東縣春日鄉
5	552	西大武山	C1R61	屏東縣泰武鄉
6	549	瑪家	C0R14	屏東縣瑪家鄉
7	540	尾寮山	C0R10	屏東縣三地門鄉
8	527	泰武(2)	01Q96	屏東縣泰武鄉
9	528	多納林道	C1V78	高雄市茂林區
10	524	新來義	01Q35	屏東縣來義鄉

# 日雨量



超大豪雨的極端事件越來越頻繁！

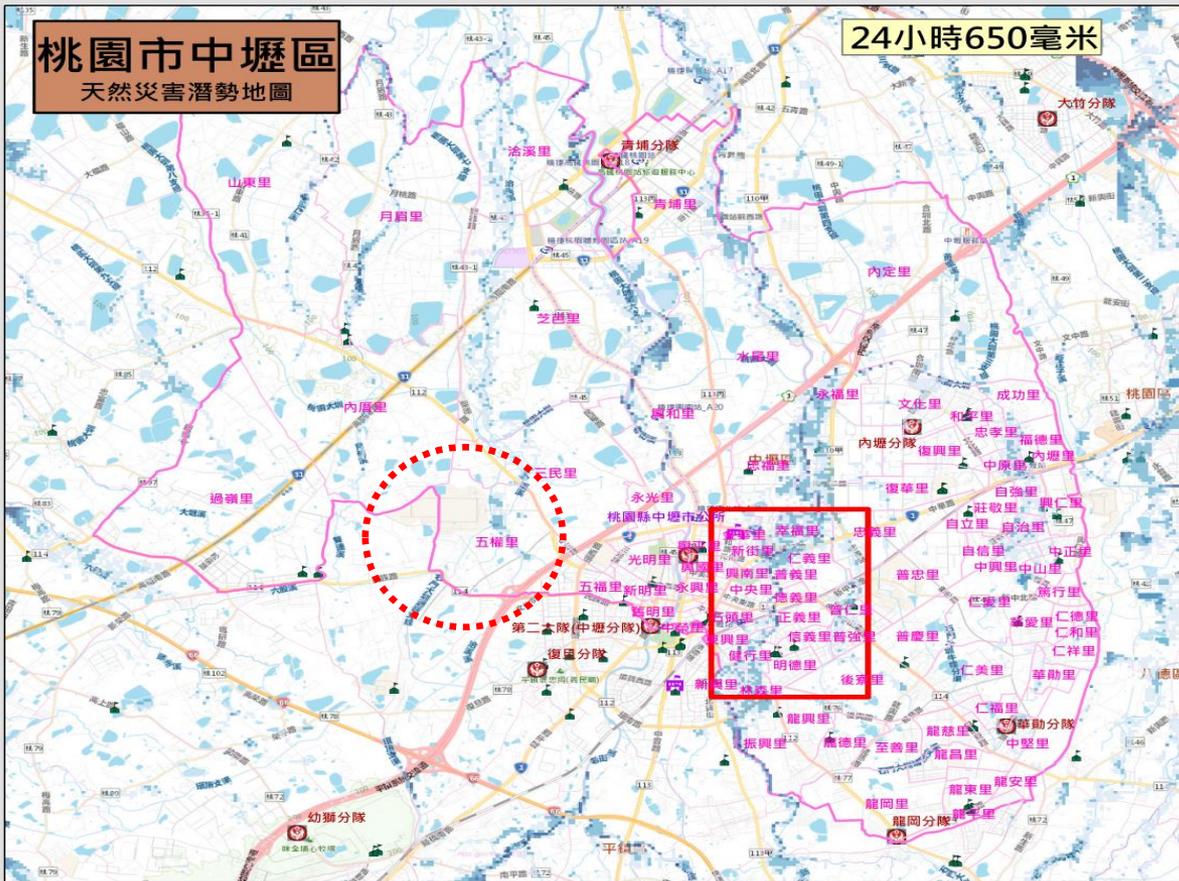
影響面積(%)



降雨強度

**桃園市中壢區**  
天然災害潛勢地圖

24小時650毫米



要了解自己居住的地方是否容易淹水。

<https://dmap.ncd.r.nat.gov.tw/Data>



0 0.5 1 Km

坡地災害警戒值	土石流警戒值
-	-
淹水降雨警戒值 (24小時)	河川水位警戒值
一級警戒 二級警戒	水位站 一級警戒 二級警戒
300 250	- - -

消防單位 水位站 活動斷層 岩層崩滑  
 地方政府 重點監控路段 斷層地質敏感區 岩體滑動  
 中小學 重點監控構架 土石流潛勢溪流 順向坡  
 土石流潛勢溪流影響範圍 落石 墜落

淹水潛勢 (單位: 公尺)  
 ≥ 3.0  
 ≥ 2.0 ~ < 3.0  
 ≥ 1.0 ~ < 2.0  
 ≥ 0.5 ~ < 1.0

# 颶風的威力越來越驚人！

## STRONGEST STORMS BY REGION

Tropical Cyclones Since 1979



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



2019年9月4日颶風**多利安**以295公里/時的強度登陸巴哈馬，成為1935年以來最強登陸的大西洋颶風，全國有13,000棟房屋受損，是該國歷史性的災難。

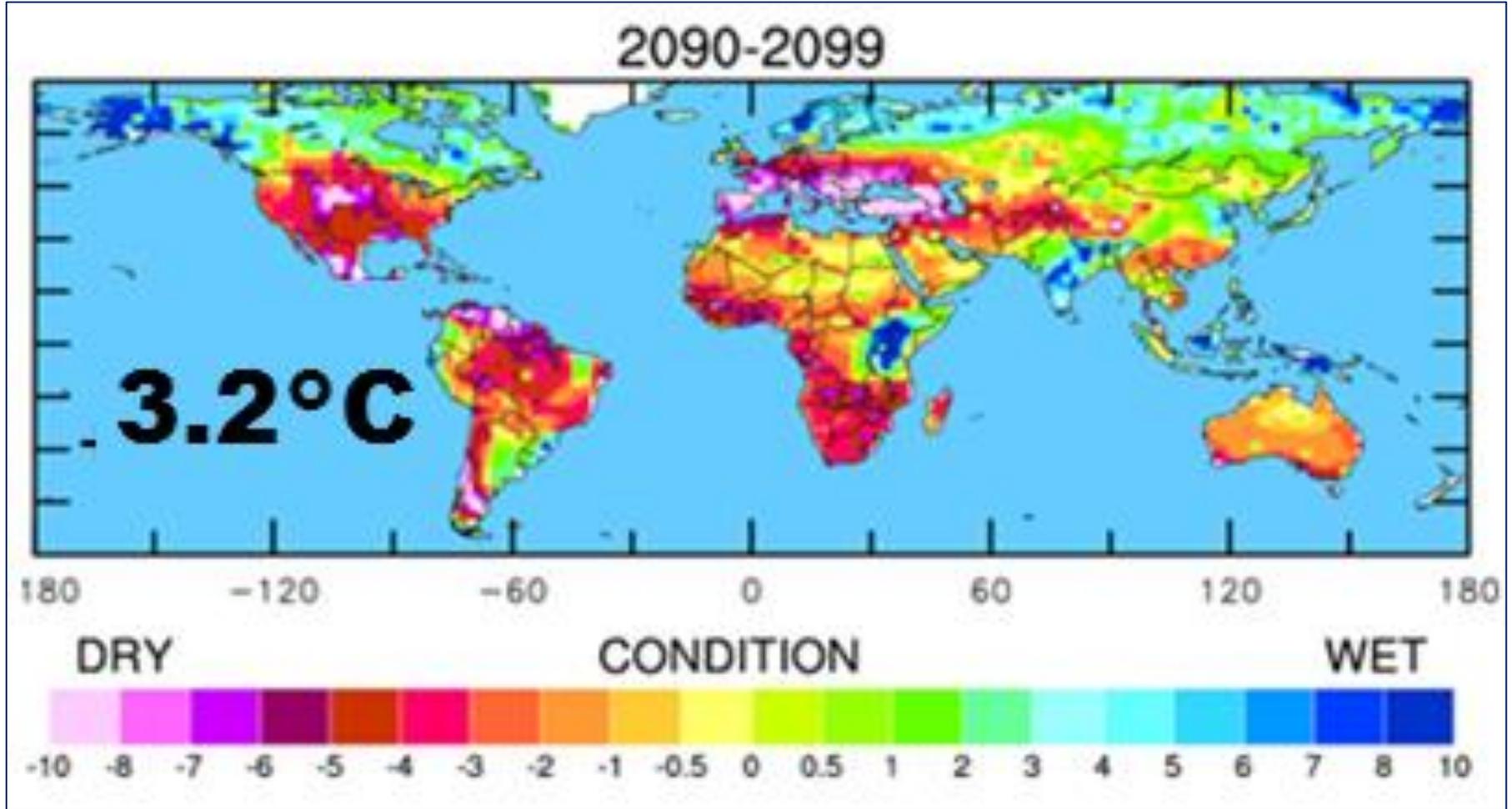


尼伯特颱風於2016/7/8登陸台東，讓台東在滿目瘡痍和家園重建中度過2016年。颱風登陸時的風速高達205公里/時。

# 地殼的暖化趨勢與影響

- 土壤濕度降低、乾旱日趨嚴重
- 地殼能量快速累積，影響物理性質

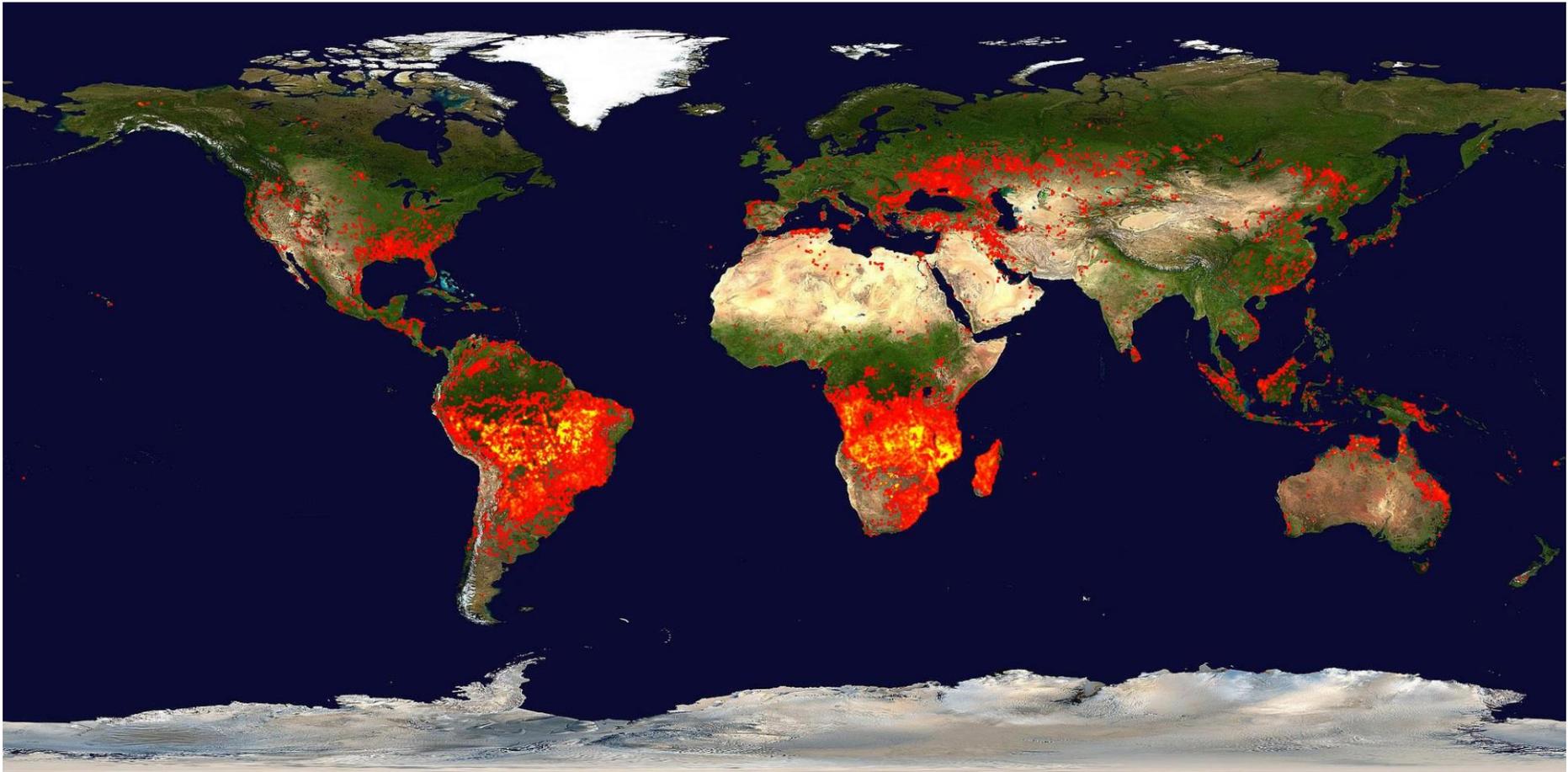




在暖化的環境下，涵蓋一半以上的陸地面積土壤濕度將嚴重不足，顯示未來水資源及農業生產前景堪慮。



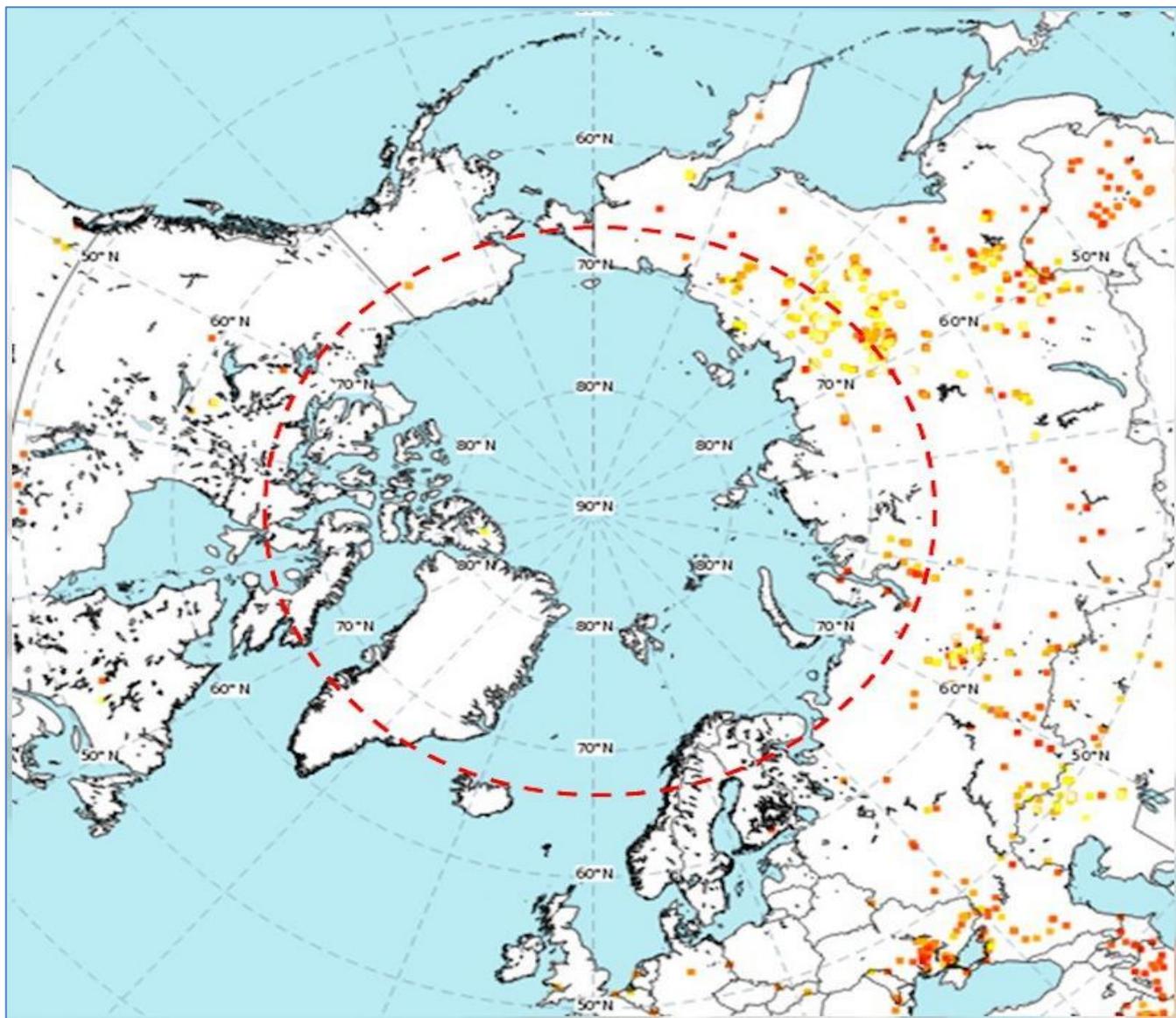
高溫、乾旱、洪澇、強颶的極端氣候加上病蟲害嚴重影響農作物的收成，未來農業生產前景堪慮。



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)

2020年6月西伯利亞的森林火災就已吞噬掉115萬公頃的面積，釋放了約5600萬噸二氧化碳到大氣層，比挪威一整年的排放量還多。



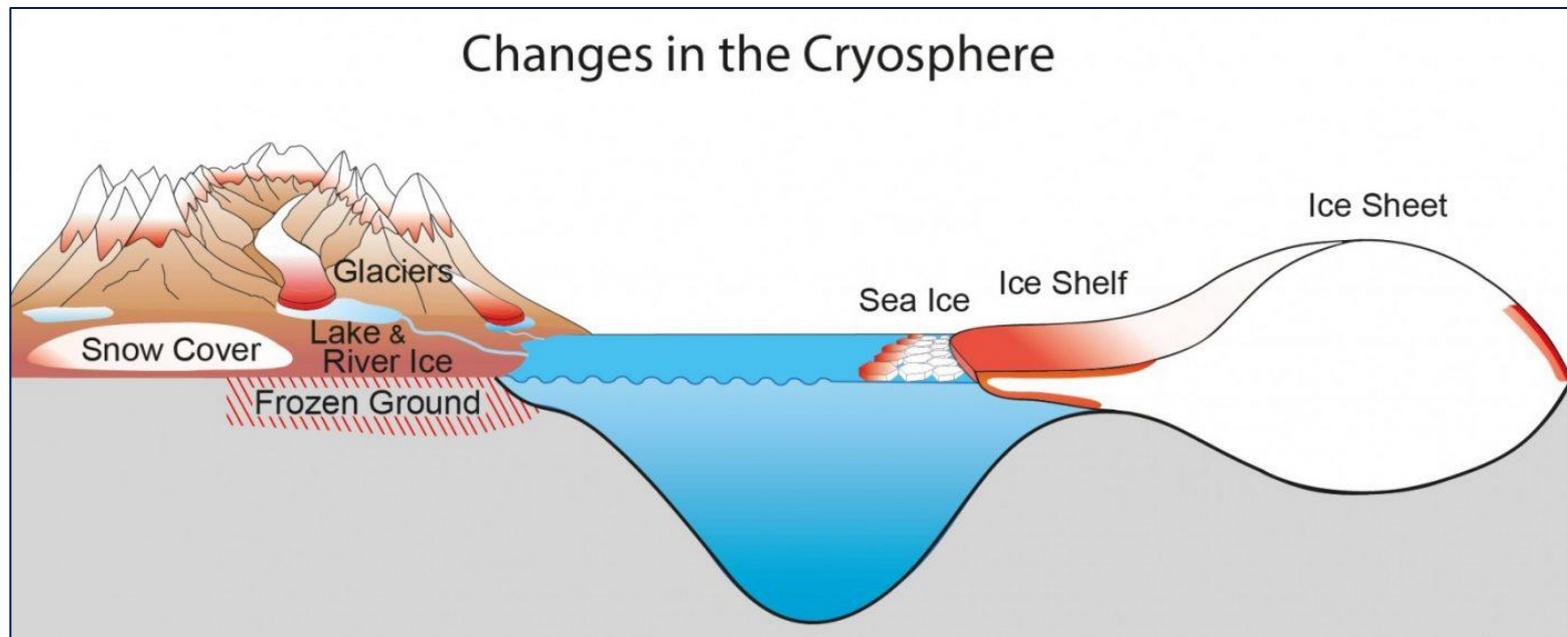
森林野火蔓延，牽涉到生物多樣性、空氣汙染、氣候暖化及生態環境的平衡，影響深遠。

# 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。例如玉米、豆類和木薯等植物會產生大量硝酸鹽（Nitrates）和氰化氫（hydrogen cyanide），對家畜和人類都會產生致命的後果。
- 水資源面臨衝擊

# 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



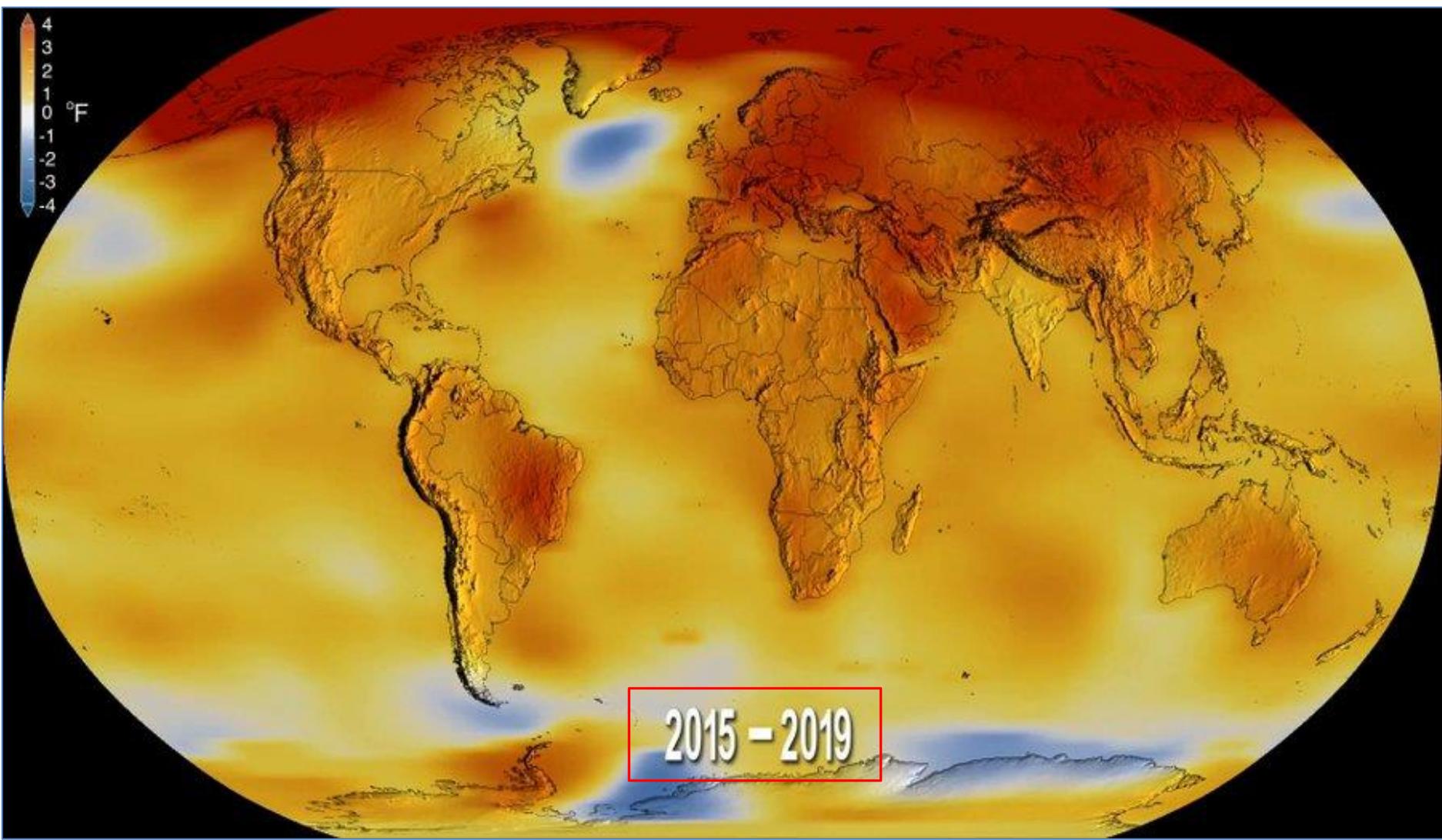
ANTARCTIC



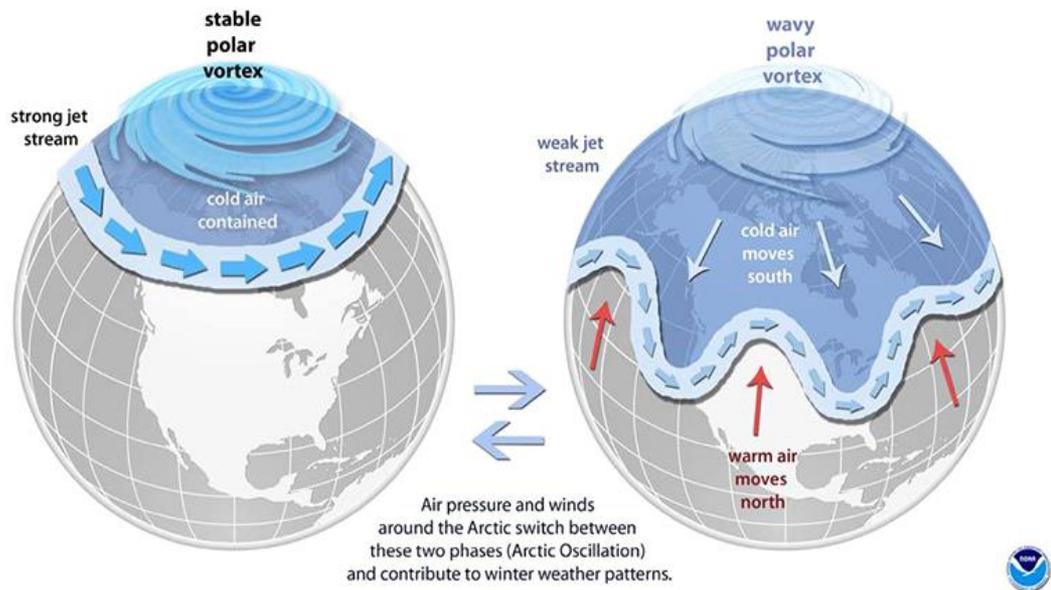
ARCTIC



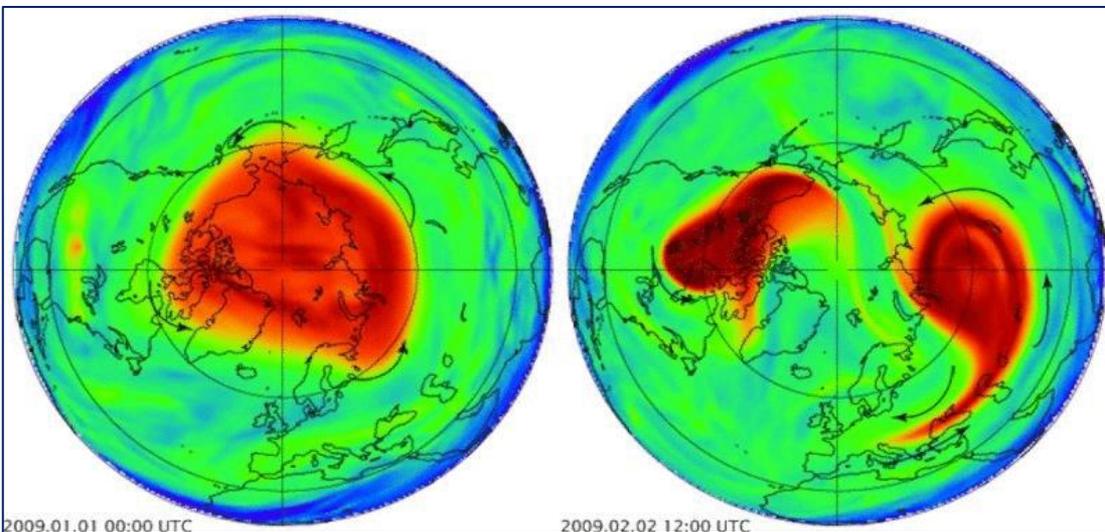
地球的南極與北極是氣候調節的天然冷凍庫，暖化所造成的兩極冰雪圈消融，影響地球的氣候既深且鉅。



NASA觀測數據證實，北極圈與南極半島為地球表面升溫最快速地區，衝擊人類未來。



極地渦旋正常運行下會把兩極空氣困於緯度60度以上地區；美國海洋及大氣管理局的研究則顯示北極溫度上升會削弱渦旋。減弱的北極渦旋中間會一分為二，一個中心在西伯利亞，另一個在加拿大巴芬島（Baffin Island）附近，加劇寒潮外侵。

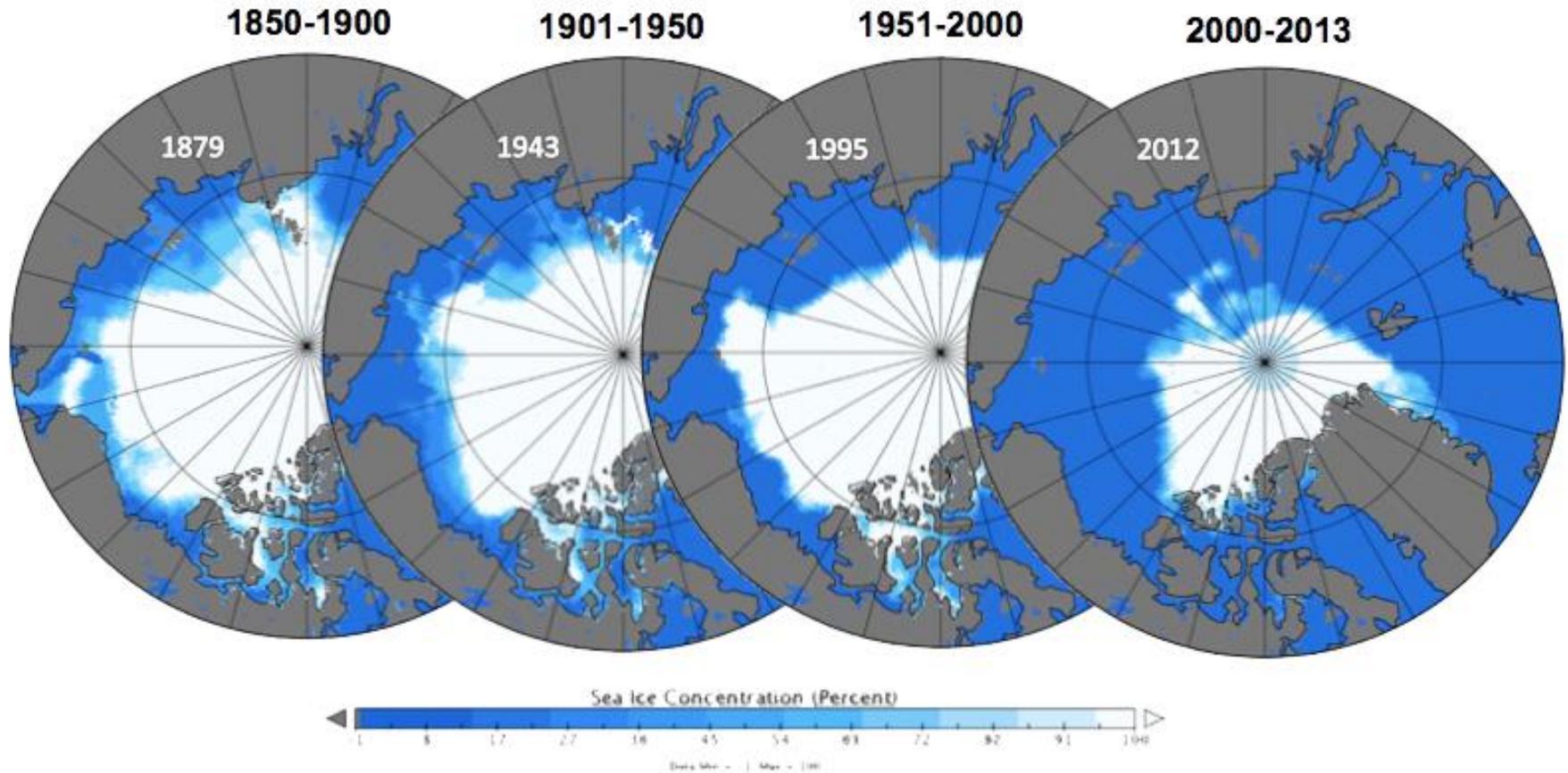


## 冰川、冰原的體積及對海平面上升的貢獻量

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

# Lowest September minimum Arctic sea ice extents



北極地區的暖化速率是全球最快的地區，已使得北冰洋的海冰範圍日益縮小。

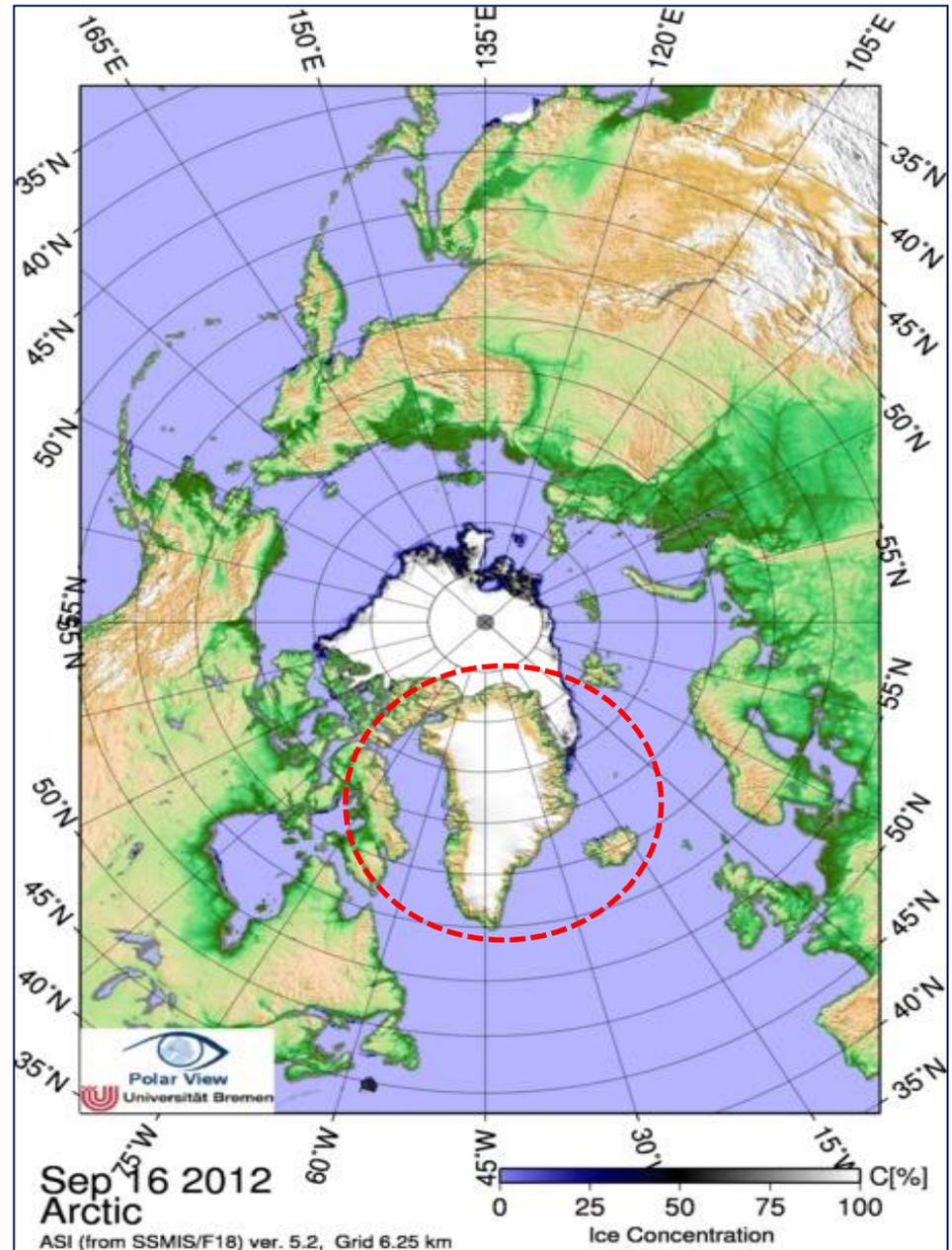


北冰洋的海冰體積已經在夏季縮減了70%

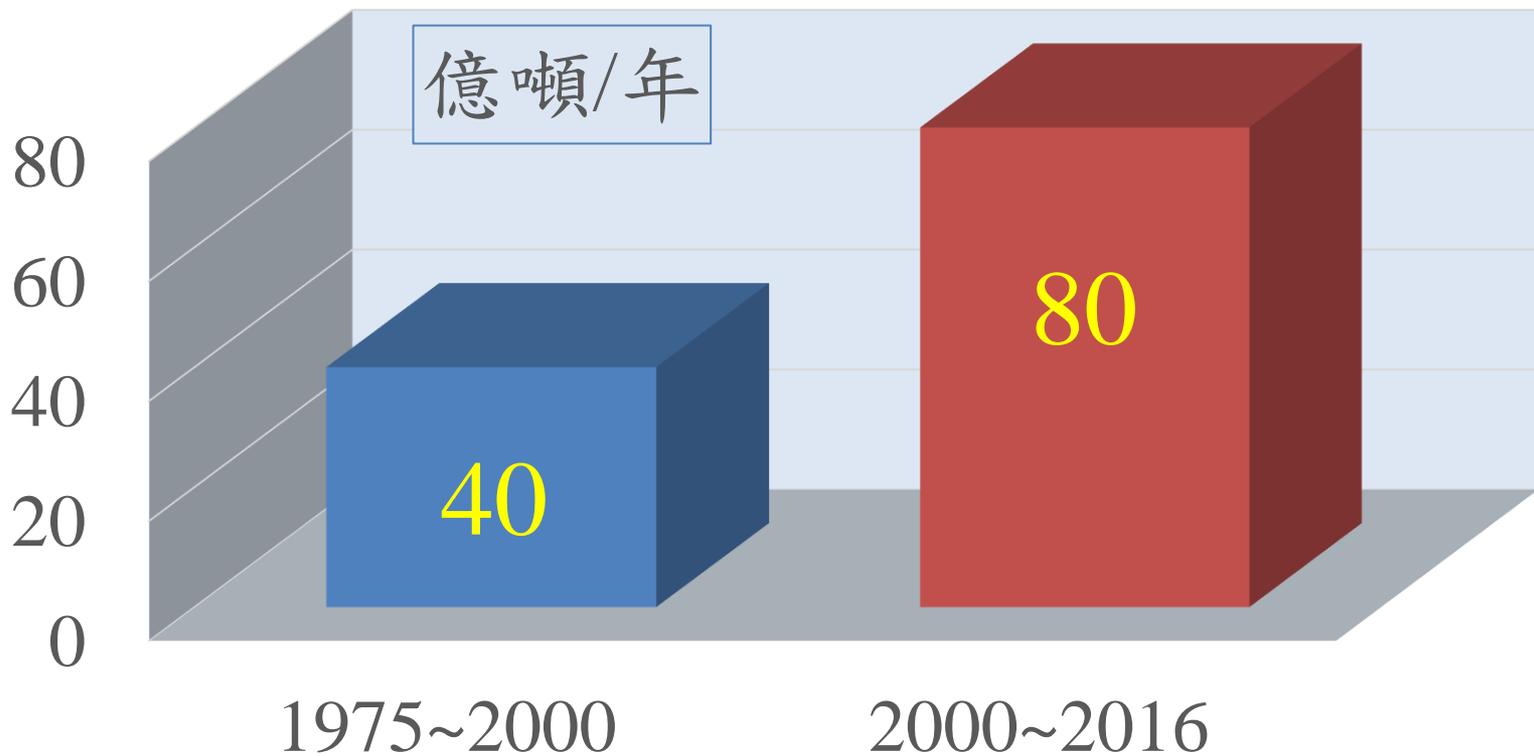
<https://www.youtube.com/watch?v=j9kltK1R9gc>

# 當北冰洋夏季無冰：

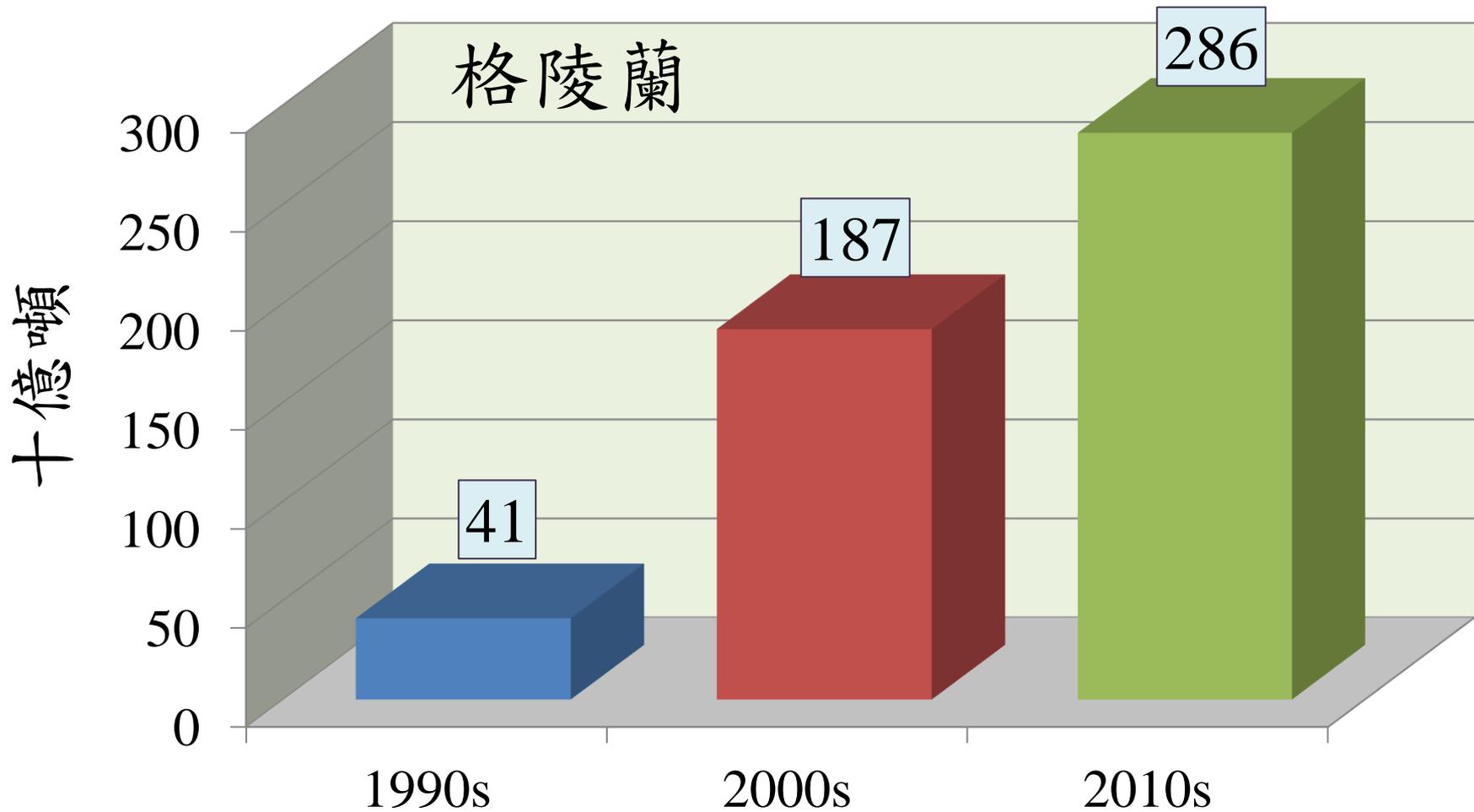
- 北極區大氣及海水溫度巨幅升高
- 埋藏在永凍層內的甲烷大量快速的釋  
出到大氣層，加速暖化
- 格陵蘭加速崩解消融
- 全球海平面呈跳躍式的大幅上揚
- 改變洋流運行與地殼均衡，地震更頻繁



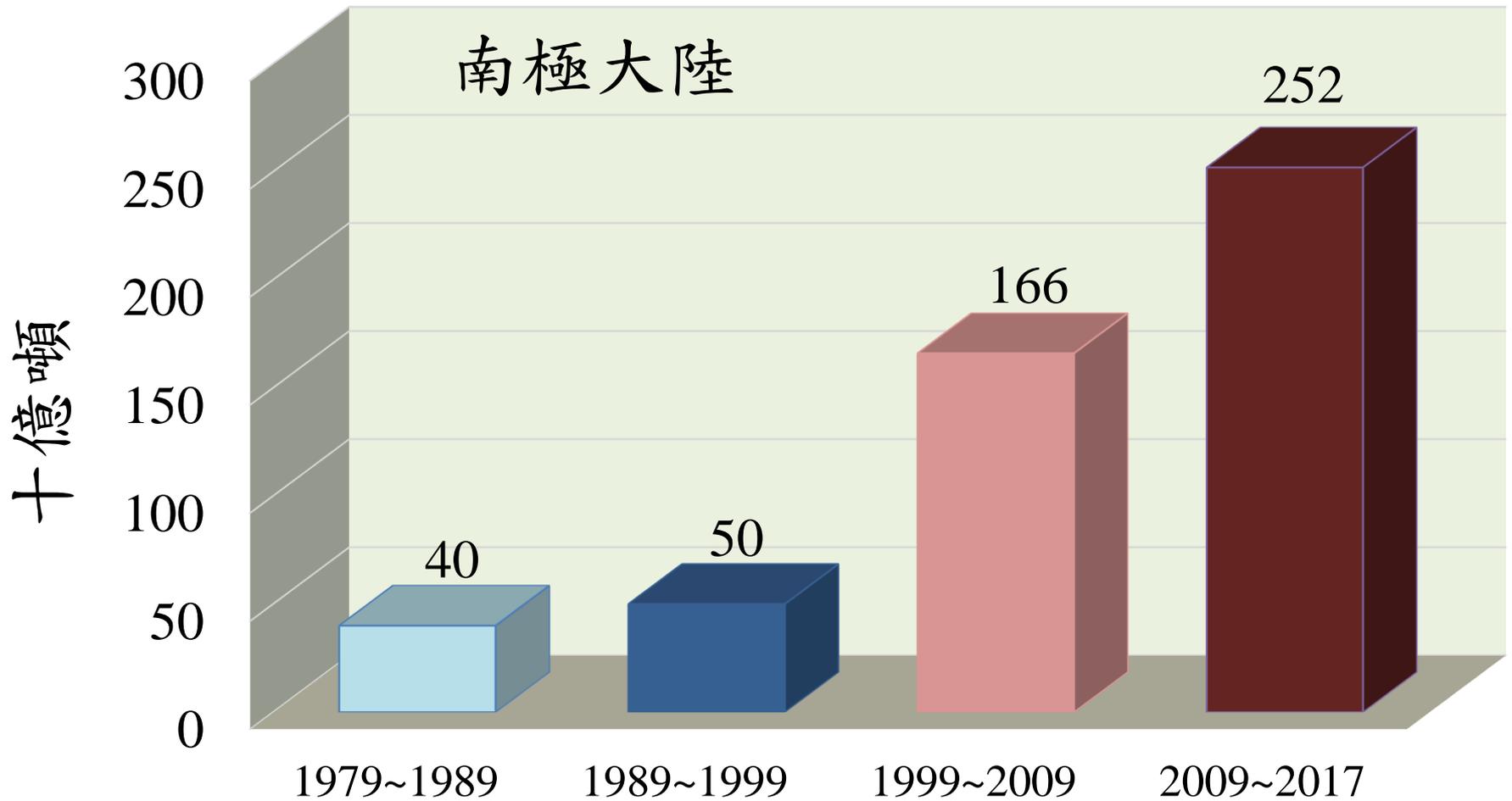
# 喜馬拉雅山脈冰川



利用衛星觀測資料，喜馬拉雅冰川的融冰量在最近20年的期間比上一個20年整整快了一倍，40多年來累積約有23,600億噸，造成約7公厘的海平面上升量。



從1990年以來，格陵蘭的融冰量增高了7倍，30年來累積約有51,400億噸，造成約14公厘的海平面上升量。

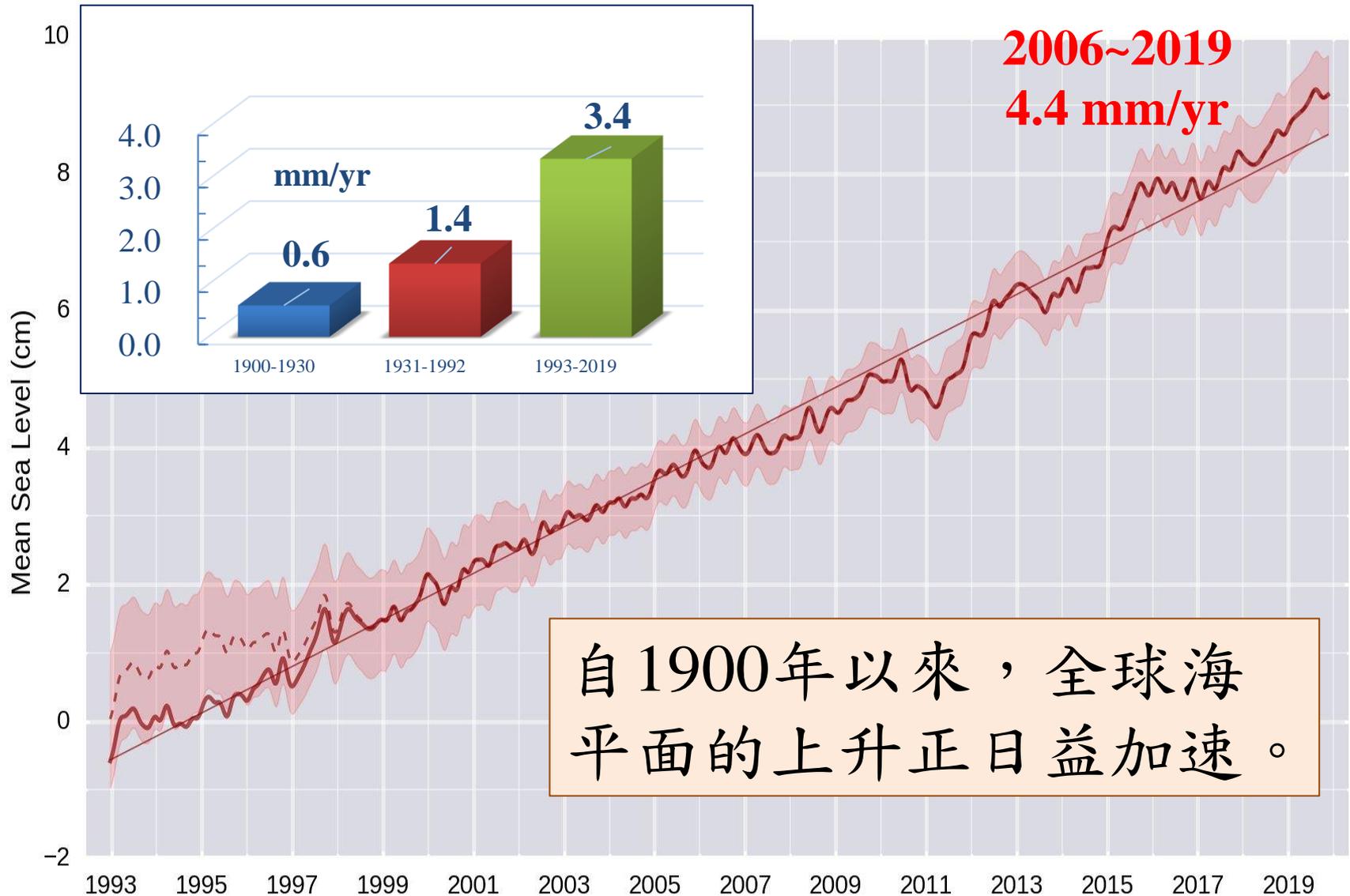


從1980年以來，南極大陸的融冰量增高了6倍，40年來累積約有50,800億噸，造成約14公厘的海平面上升量。

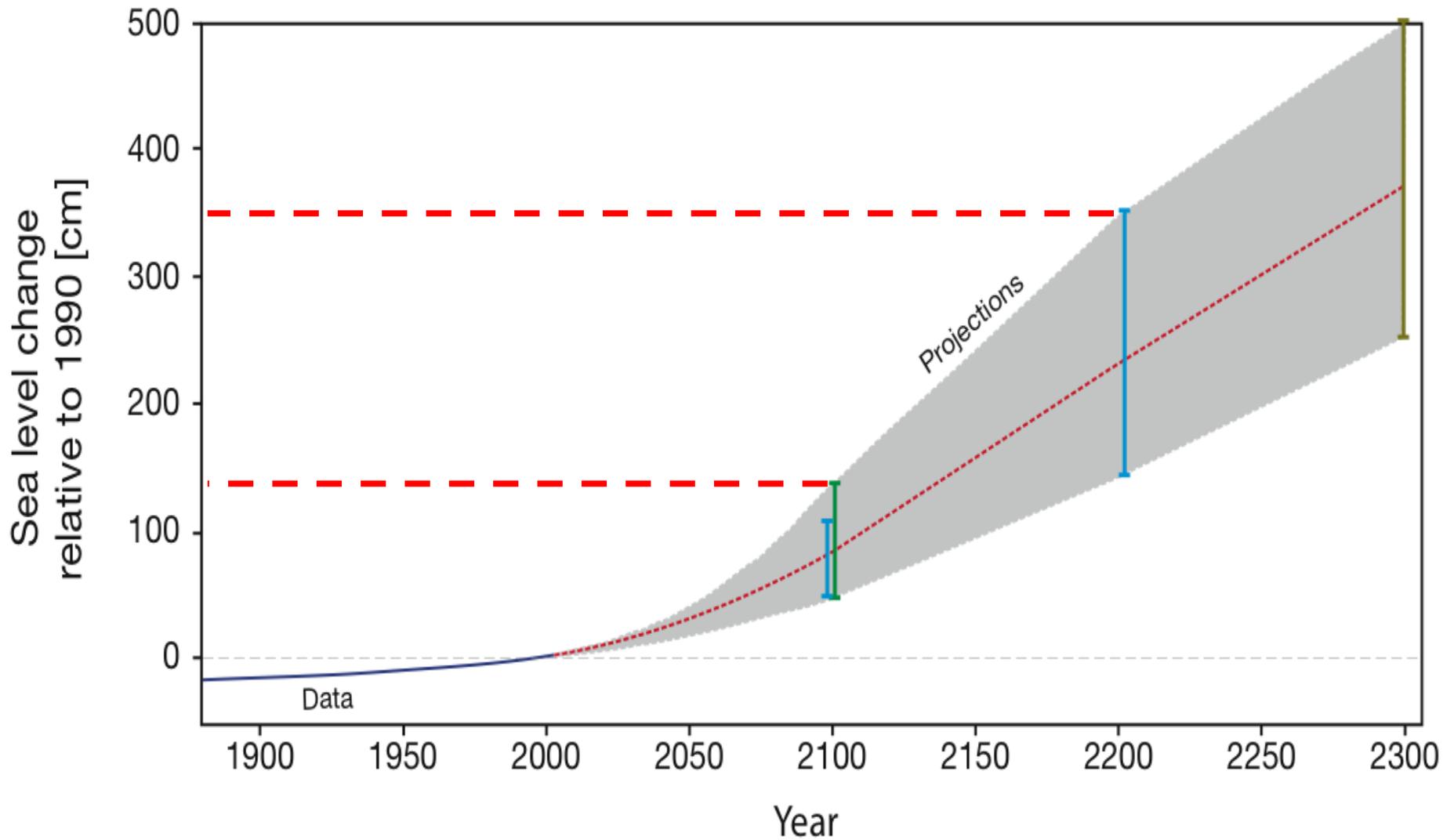
Latest MSL Measurement  
01 December, 2019

**+3.39 mm/yr**

Reference GMSL - corrected for GIA



自1900年以來，全球海平面的上升正日益加速。



2100年之前海平面平均值上升至至少1公尺，上升的趨勢會延續數百年。

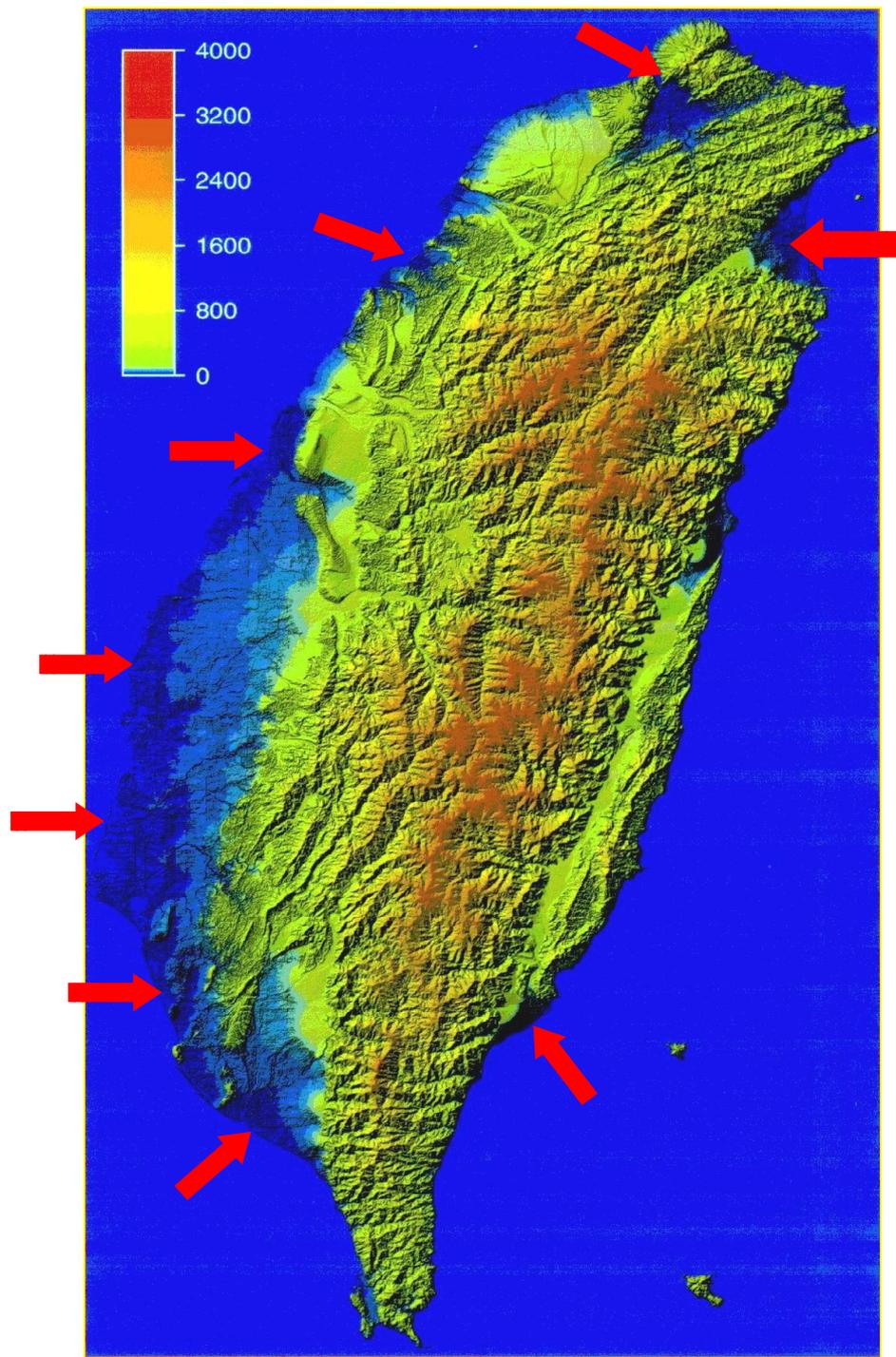


亞洲沿海地區將會被大範圍的淹沒。

海平面上升將對台灣低窪及海岸地區形成直接且嚴重的威脅與損害。

右圖中深藍色的地區將會首先受到衝擊。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都將受到嚴重衝擊。

依先前的估計，海平面上升1公尺，將淹沒台灣陸地面積約1.59% (~572 km<sup>2</sup>)，其中農業土地佔1.05% (~378 km<sup>2</sup>)。濕地被影響的範圍則佔11.7%。  
(Climate Change, 2009, 93:379-388)



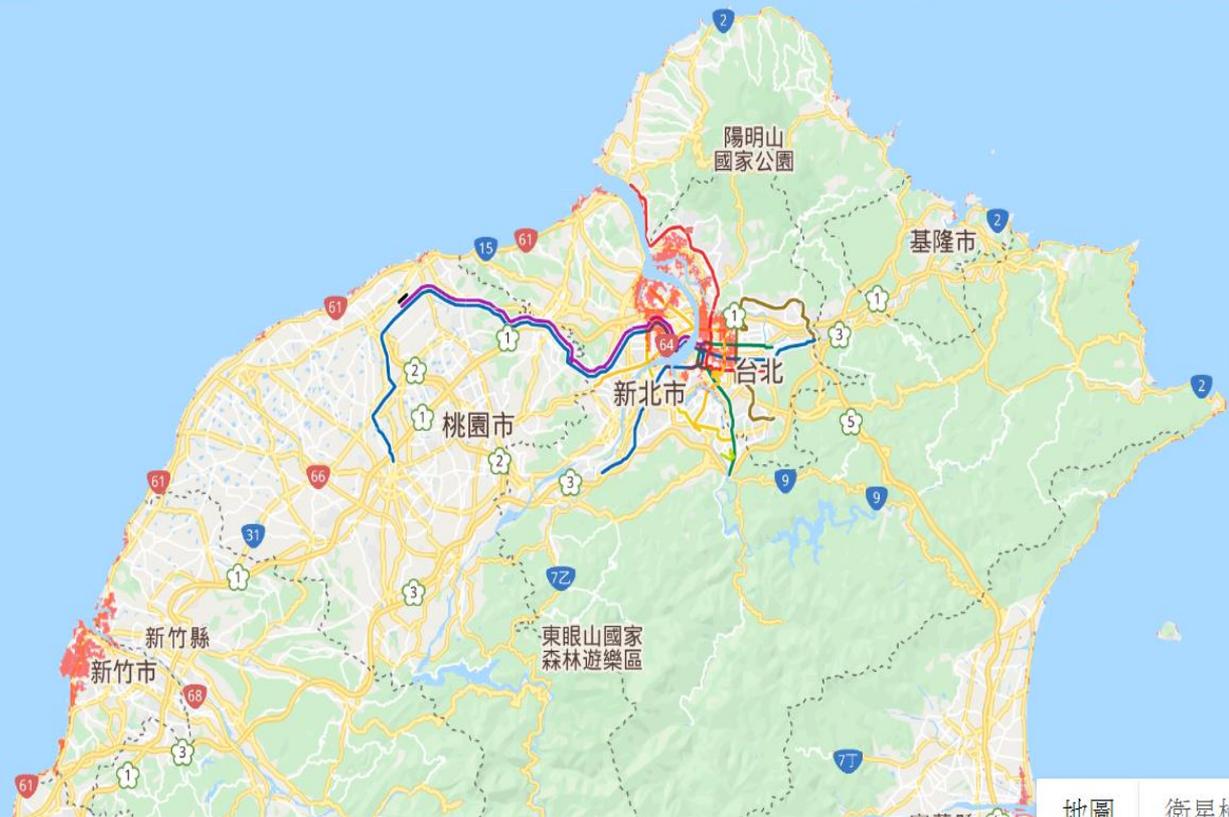
COASTAL RISK SCREENING TOOL

## 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 thus greater benefits from reducing their causes.

[DETAILS AND LIMITATIONS](#)[Report](#) [Scientific Paper](#) [In the News](#)

Elevation Data Used ⓘ

 Best available ⓘ

預計2050年桃園沿海被海水淹沒區域(紅色範圍)

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

海平面上升速度不斷地加快，是我們人類現在正要開始面臨的重大危機，更可怕的是，這個危機**不會停止**，它在未來的幾百年都不斷地衝擊我們。

海平面上升就像是一個人老去，你沒辦法阻止他不老，頂多讓人的老化過程**慢一點、優雅一點**，海平面上升將永遠都會給我們帶來壓力。

今天要想明天的事，今年要為明年做打算。

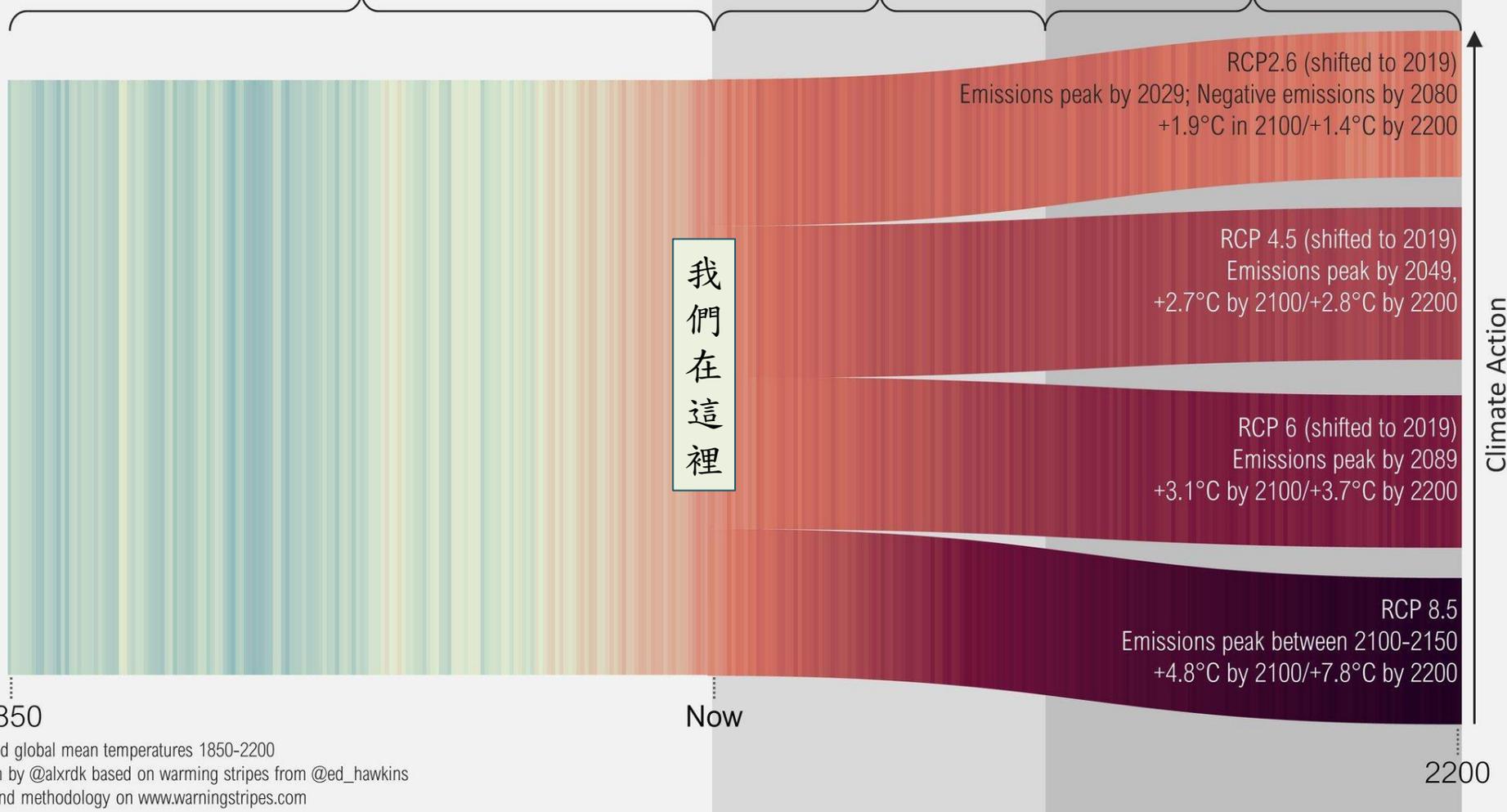
晴天修房子，雨天才好安身。

災難來襲時，受害的往往都是事前沒有準備的人。

Historical Data from HardCRUT 4.6.0.0 and  
NASA/GISS/GISTEMP v.3

Projections based on CMIP5 RCP scenarios  
(RCP2.6/RCP4.5/RCP6/RCP8.5)

Projections based on extensions of CMIP5  
RCP scenarios



本圖顯示自1850年以來地表溫度逐漸升高的趨勢，  
至本世紀末持續增溫的結果取決於我們今日願意努力  
的行動。

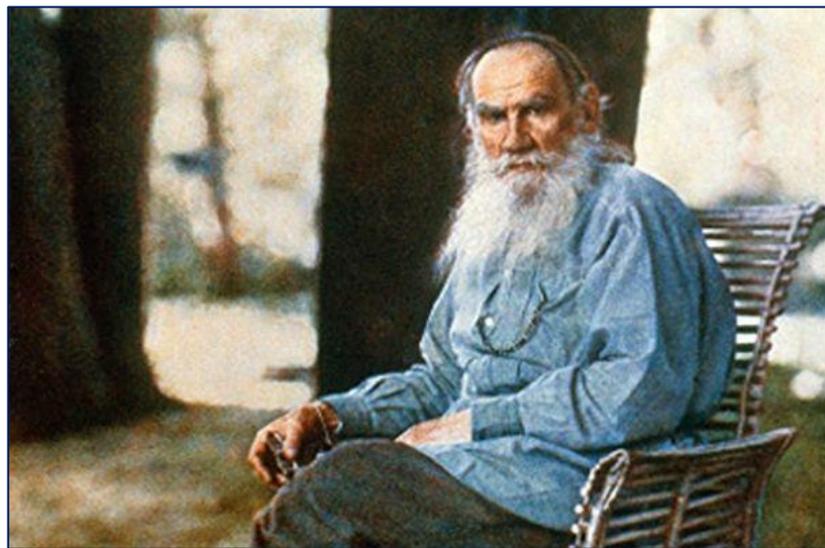
在一個暖化的地球上，一切生態變化都是相連的。

在一個不斷增溫的地球上，從大氣、海洋、地殼到冰雪圈都在劇烈改變中。

我們面對的是無從掌握的未來。

二十一世紀是氣候極端  
變化、災難頻生的世代

人因為看不到未來，所以  
不知道害怕。 -- 托爾斯泰



1908年5月的托爾斯泰

# 世界經濟論壇《2020年全球風險報告》

未來十年可能性最高的五個重大風險：

- 極端天氣事件，對財產、基礎設施和生命造成重大損害。
- 政府和企業未能緩解和調適氣候變遷。
- 重大自然災害，如地震、海嘯、火山爆發和地磁風暴。
- 重大生物多樣性流失和生態系統瓦解，對環境造成不可逆轉的傷害，導致人類和產業資源嚴重枯竭。
- 人為環境破壞和災難，包括漏油和土壤、水資源、放射性污染等環境犯罪。

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。

我們需要改變

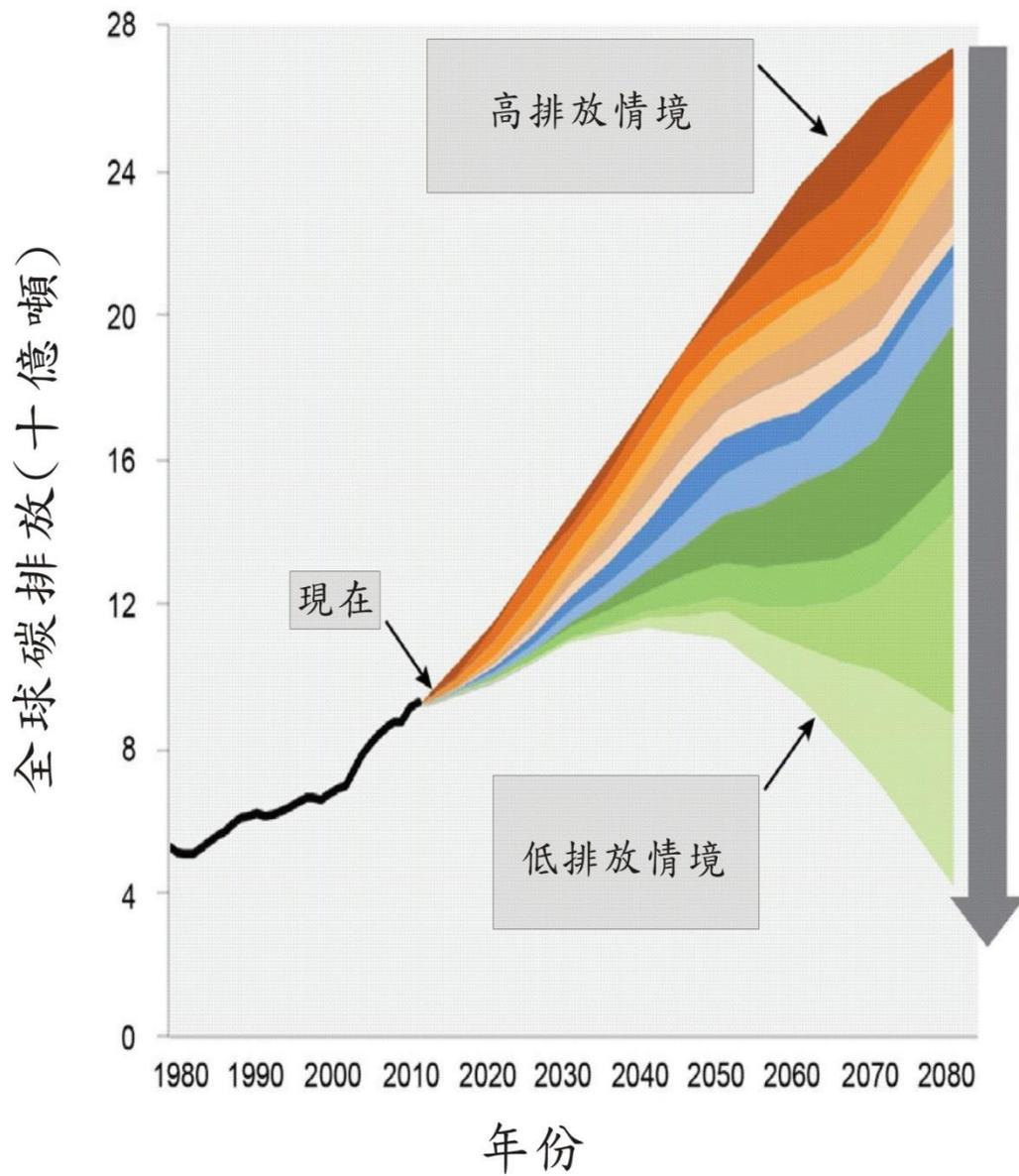
節能減碳

防災調適

整體性

全民性

終身性



增加能源效率

減少碳排放

轉換再生及低碳能源

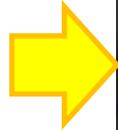
改變奢華浪費的生活方式

節能減碳是  
需要一生努力  
去推動的  
工作！

## 《巴黎氣候協議》

- 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。

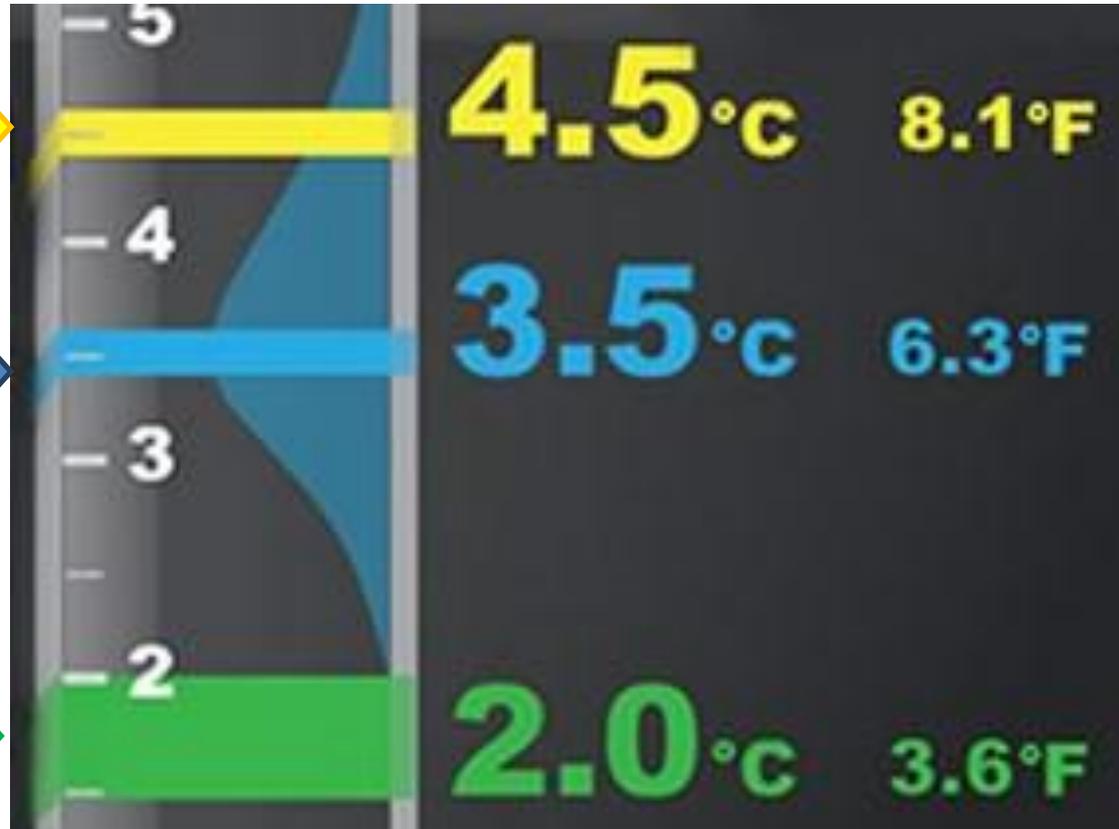
不改變的  
持續排放



各國自主  
減碳目標

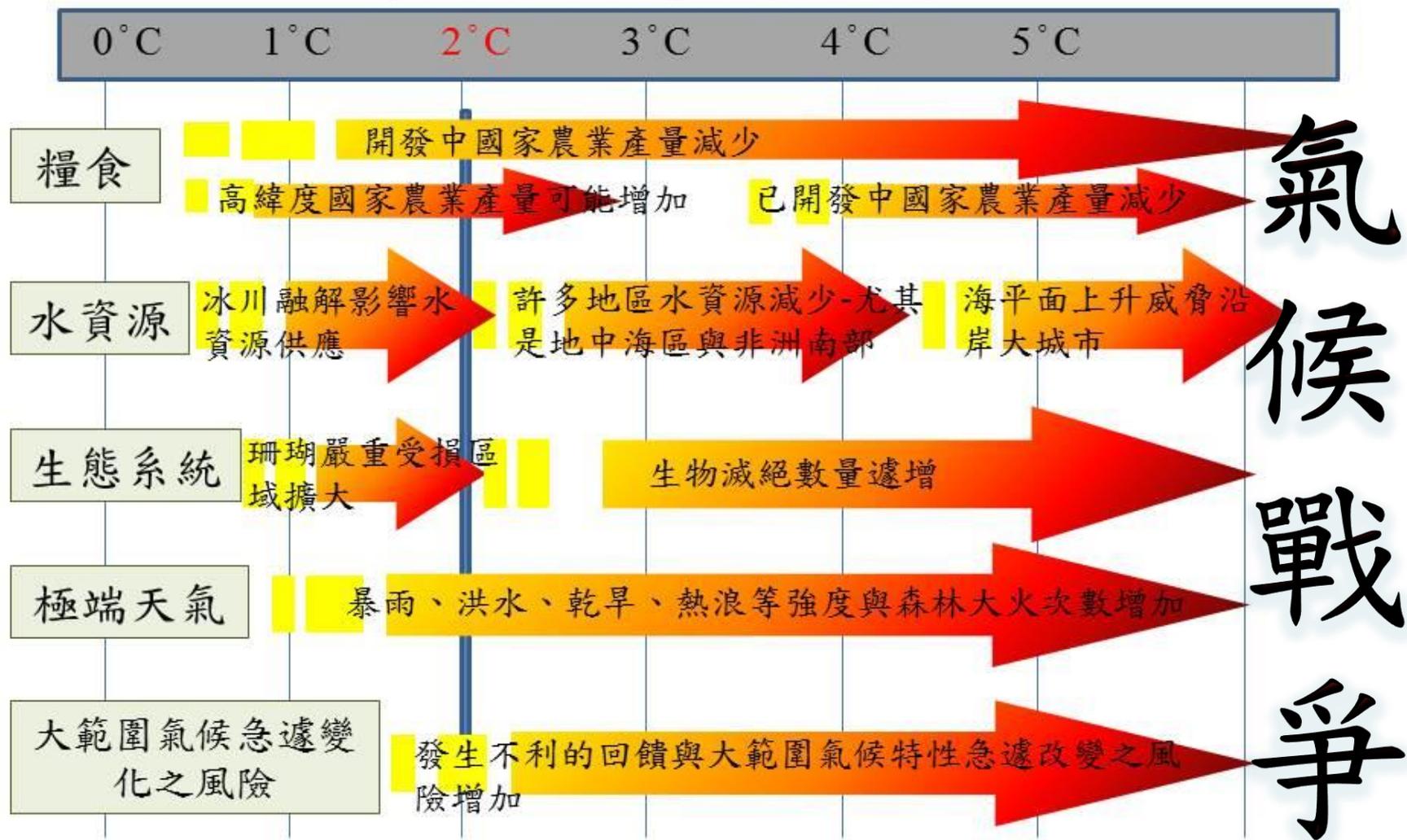


巴黎氣候  
協議目標



未來我們的地表均溫，取決於我們今日的行動策略。

# 氣候變遷衝擊預測 (Stern's Report, 2006)



# 自然災害及其警戒應變未來面臨之課題

## ➤ 極端氣候已經成為常態

- 過去的災害認知需被調整
- 平時更需具備危機意識

## ➤ 災害的發生往往超乎預期

- 對於未來可能的災害認知不足
- 過去已有的災害防救經驗難於因應新的災害趨勢

## ➤ 災害規模可能超過政府的應變能力

- 不能僅是被動的等待救援
- 社區應要主動地自救互救

五項可以適應氣候變化的具體策略：

1. 建置早期防災預警系統
2. 可承受氣候變化的基礎設施
3. 保護和復育珍貴的紅樹林
4. 提升農業的永續經營
5. 改善淡水資源的運用

《Adapt Now: A Global Call for Leadership on Climate Resilience》2019，「全球調適委員會」(Global Commission on Adaptation)

# 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

「有理財就不窮、有計畫就不亂、有準備就不忙。」



面對環境的危機，有準備就不亡。