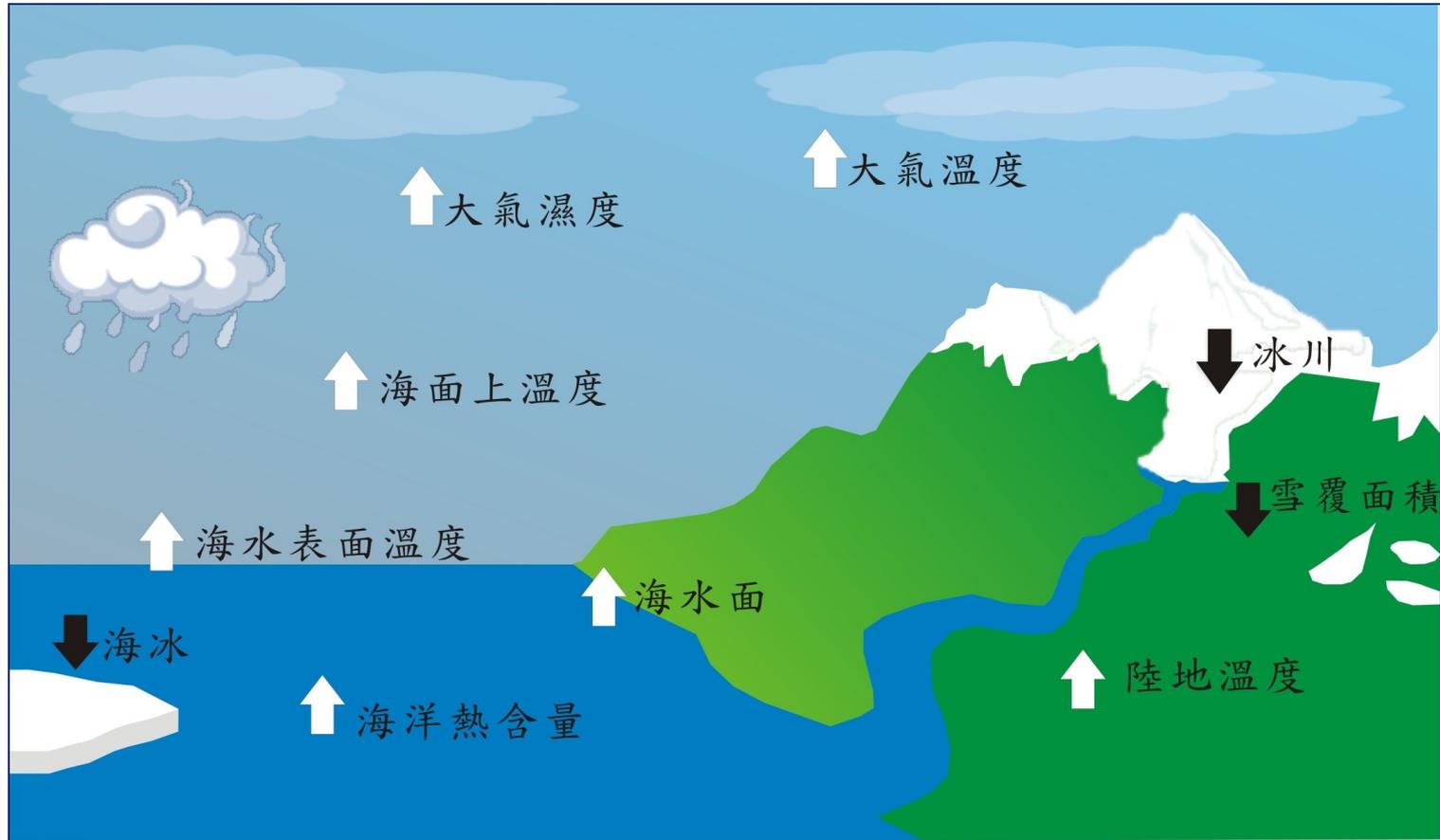


# 氣候變遷的衝擊與挑戰



中研院 地球所 汪中和

NEW YORK TIMES BESTSELLER

THE  
BLACK SWAN



The Impact of the  
HIGHLY IMPROBABLE

“Idiosyncratically brilliant.”  
—NIALL FERGUSON, *Los Angeles Times*

Nassim Nicholas Taleb

A RANDOM HOUSE INTERNATIONAL EDITION / 978-0-8129-7918-3

不要亂碰複雜的系統，因為我們不懂。  
(Nassim N. Taleb)

黑天鵝的存在，寓示不可預測的重大稀有事件，它們常常帶來意料之外的重大衝擊，但人們總是視而不見，並習慣於以自己有限的生活經驗和不堪一擊的信念來解釋它們，最終被現實擊潰。

《黑天鵝：如何應對不可預知的未來 2007》

天下文化 遠見

THE  
GRAY  
RHINO  
灰犀牛

危機就在眼前，為何我們選擇視而不見？



HOW TO RECOGNIZE  
AND ACT ON THE OBVIOUS  
DANGERS WE IGNORE

米歇爾·渥克 Michele Wucker

廖月娟 譯

遇到灰犀牛時會陷入的五種狀態：

階段一：否認

階段二：不作為

階段三：診斷

階段四：恐慌

階段五：行動

相較於極不可能發生、實際上卻會發生，而且發生後會帶來重大衝擊的黑天鵝事件，灰犀牛是既存的威脅，但我們卻因為種種因素而選擇毫無作為。擁有知識我們才能建構思維，而獨立式思維就是對抗灰犀牛最強的力量，若能建構出思維系統，才能在這個隨處可見的巨大危險下，保持自身安全。

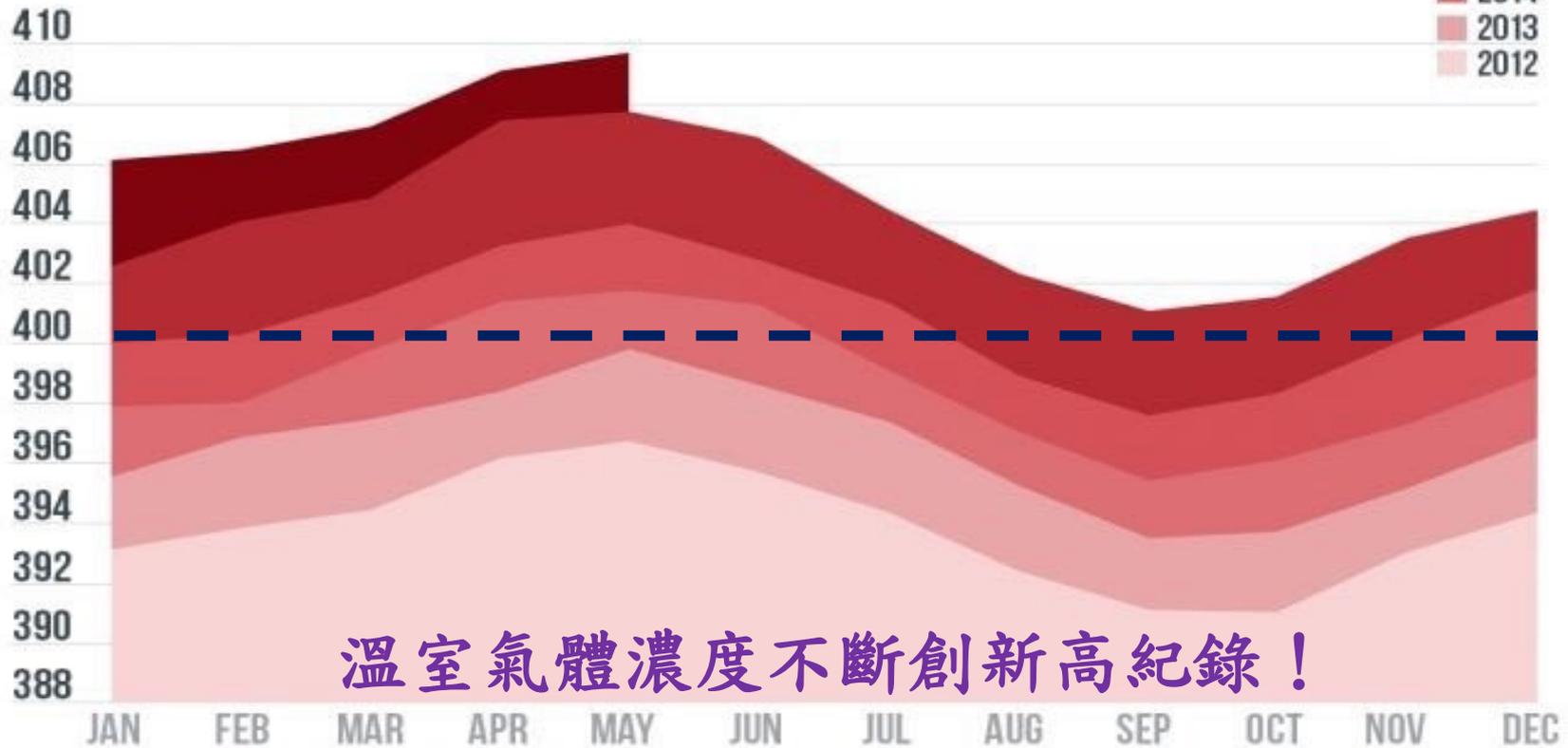
2017-4-10

# Monthly Carbon Dioxide Sets A New High

Atmospheric carbon dioxide concentration (PPM)



CO<sub>2</sub>濃度(ppm)



溫室氣體濃度不斷創新高紀錄！

Source: Scripps Institute of Oceanography, Mauna Loa Observatory

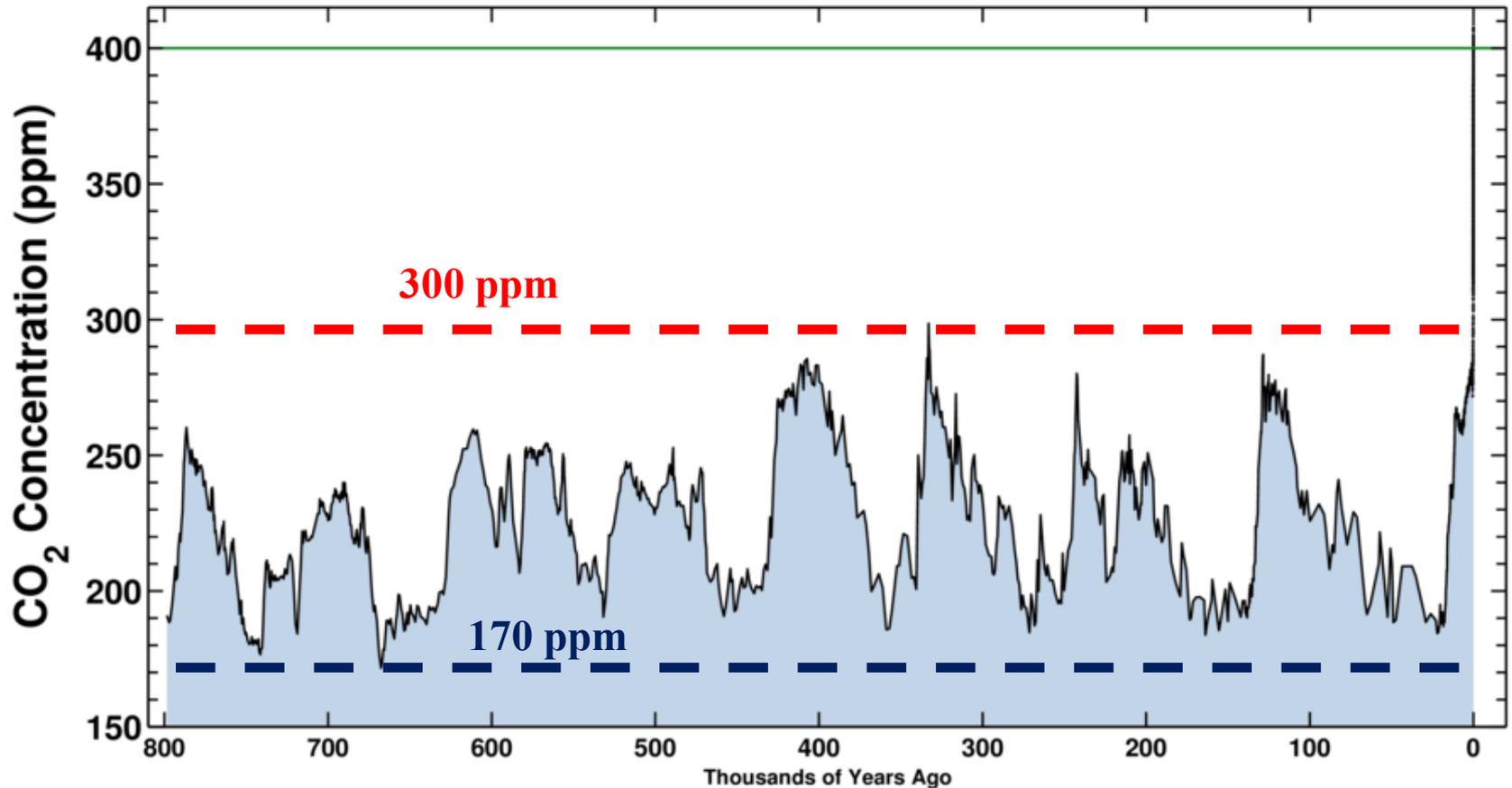
CLIMATE CD CENTRAL

2015年是地球近3百萬年以來第一次全年的二氧化碳平均濃度突破400 ppm，該年有8個月的月均濃度超過400 ppm；然而在2016年期間，月月都已高過400 ppm。2017年將會更高。

Latest CO<sub>2</sub> reading  
May 14, 2017

410.58 ppm

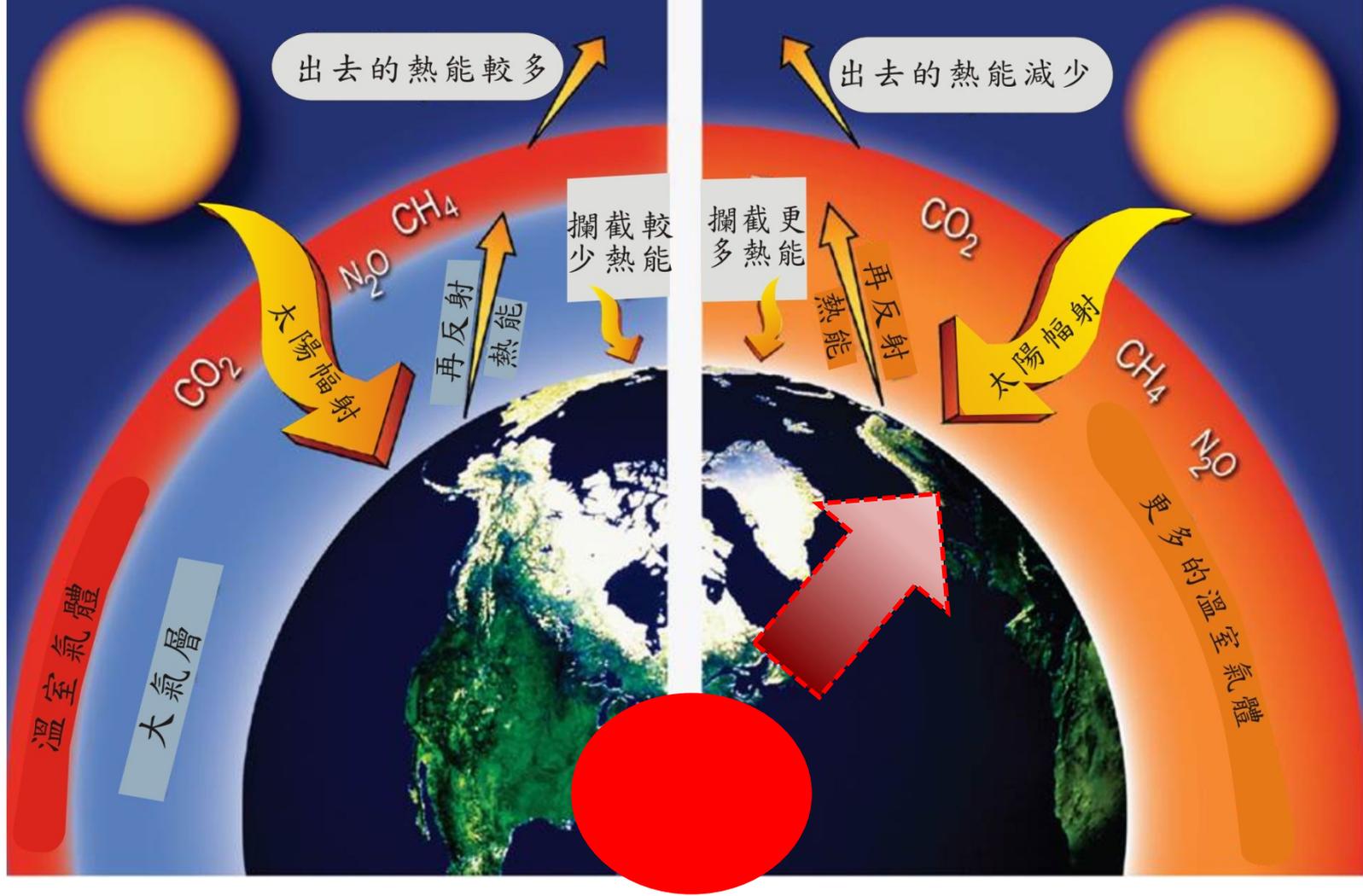
Ice-core data before 1958. Mauna Loa data after 1958.



自1950年代以後，地球大氣層中的二氧化碳含量就超越80萬年以來的上限。

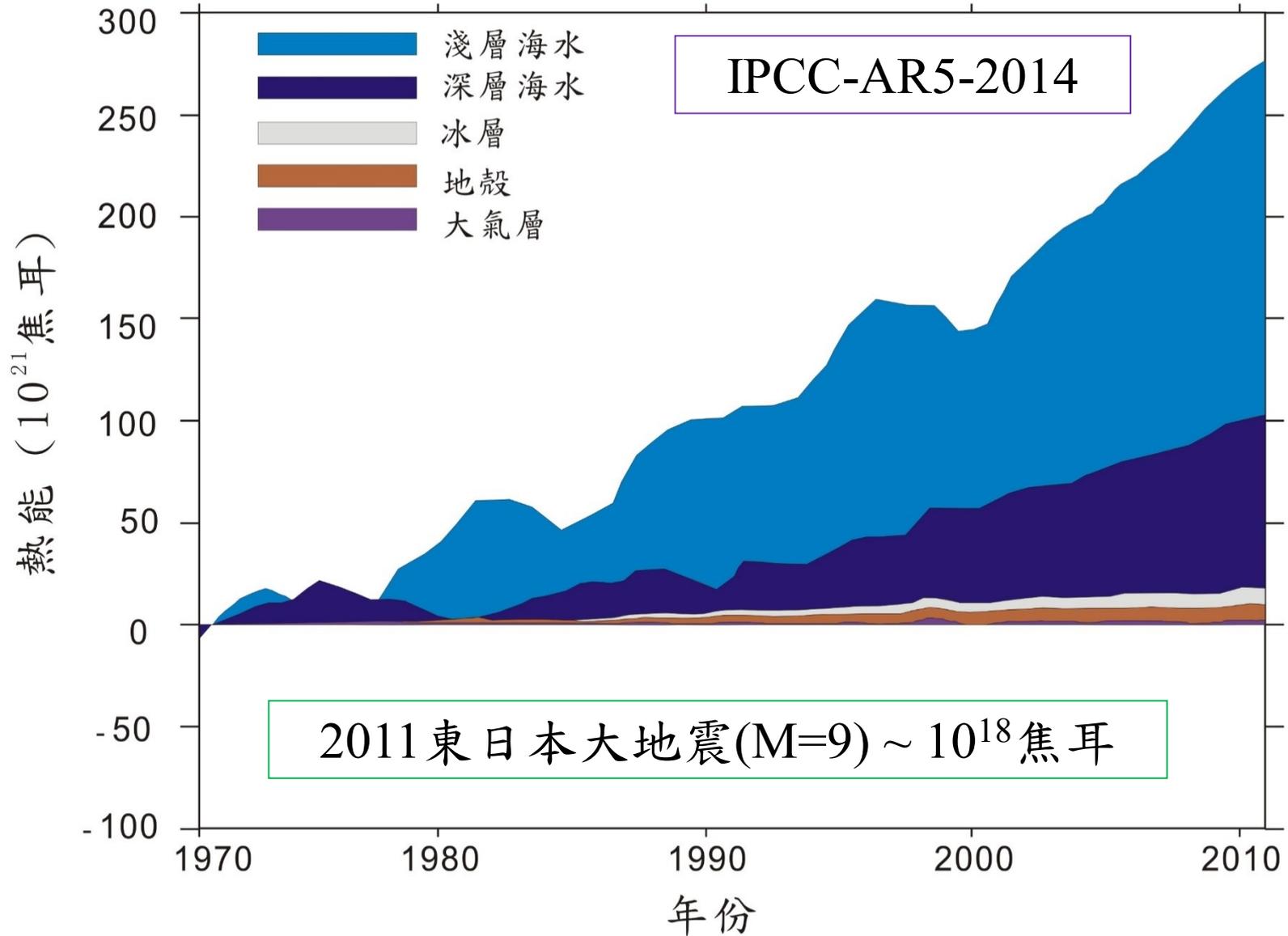
# 自然狀態

# 人為影響

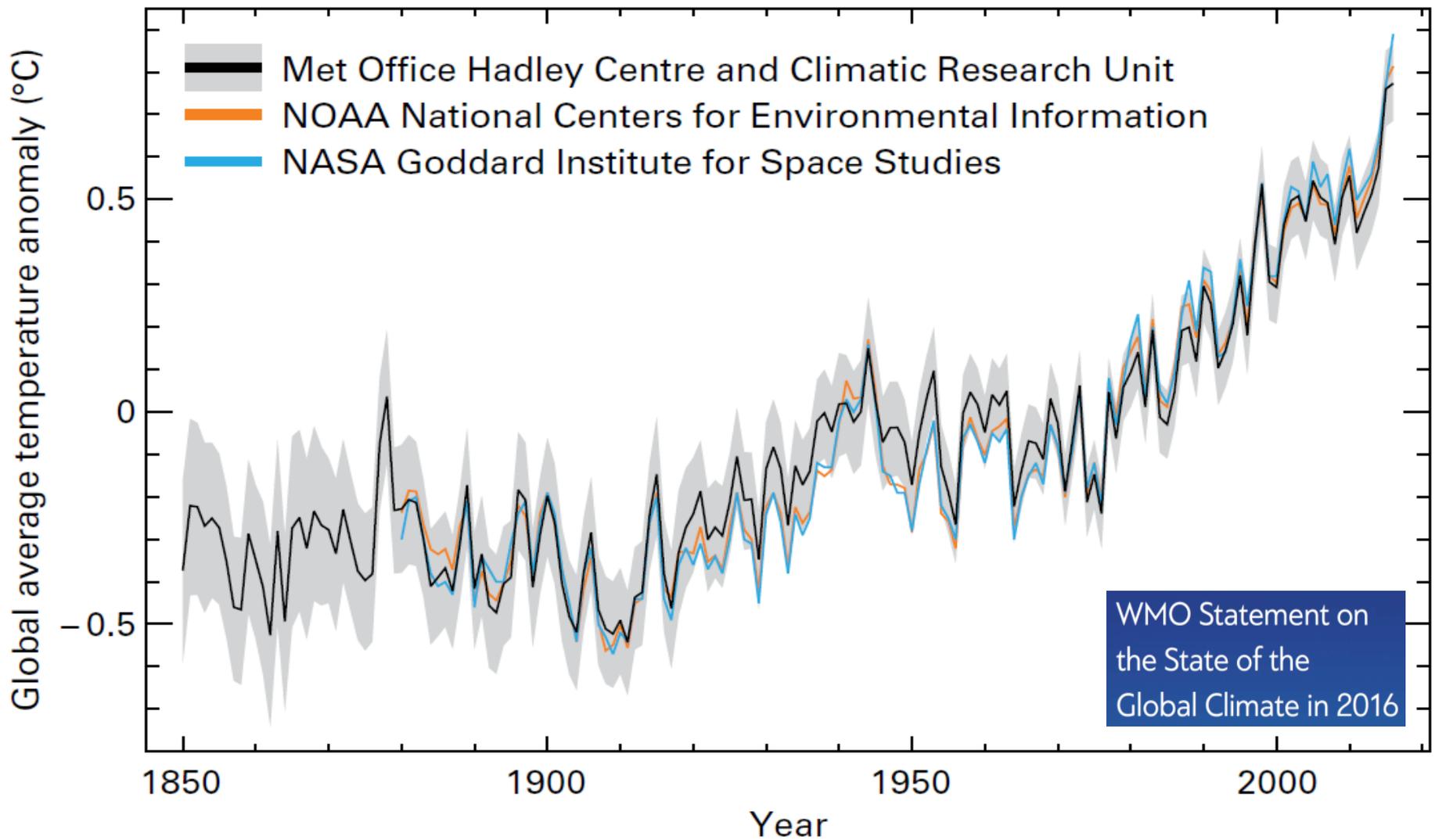


濃厚溫室氣體累積的熱能，極為驚人。

# 地球熱能的累積涵蓋海洋、冰層、地殼、大氣！



4 廣島型原子彈/秒

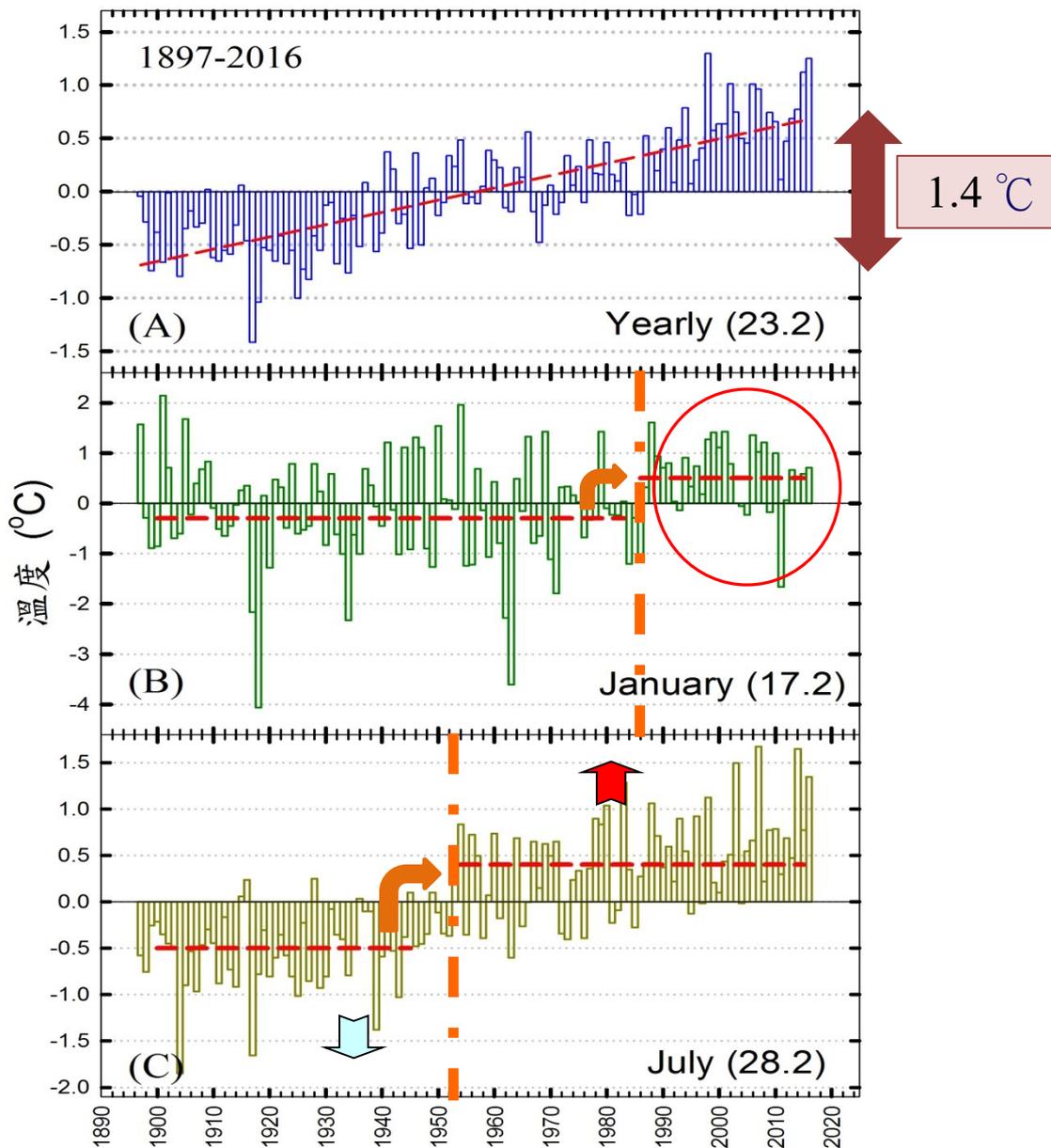


2015年世界平均溫度已經比工業革命時代的均值高出了 $1^{\circ}\text{C}$ ，2016年為 $1.1^{\circ}\text{C}$ 。2015年的巴黎氣候協定目標是希望在2100年前，全球年均溫與工業革命前相比，增溫幅度不超過 $2^{\circ}\text{C}$ 。

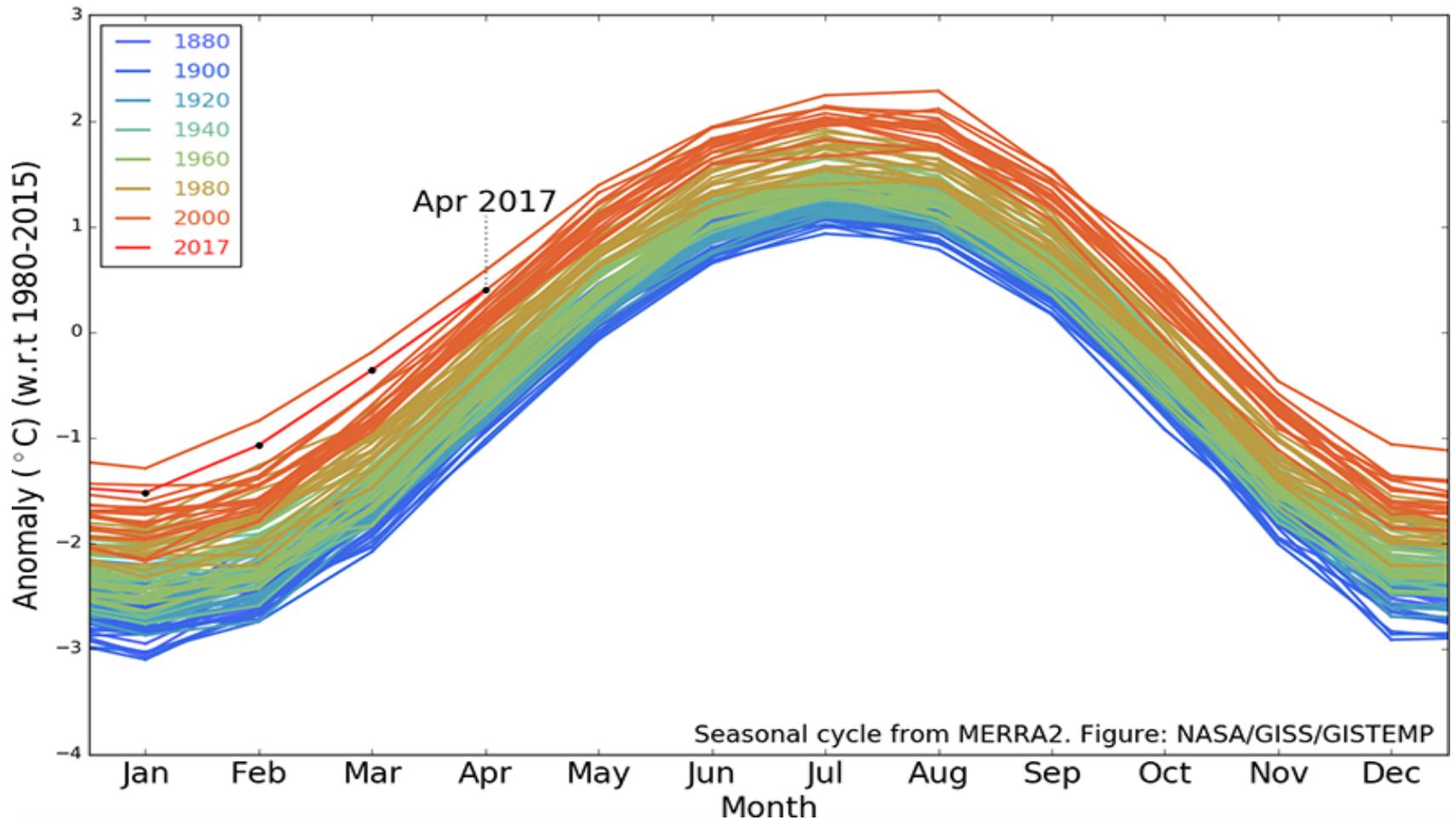
# 台灣年均溫 變化

- 台灣百年來年均溫已上升1.4度，尤以近二十年來上升速率最快。
- 冬季變化幅度較大，近二十年來暖冬現象明顯。
- 夏季溫度變化較小，但二十世紀前半期與後半期有明顯的差異。

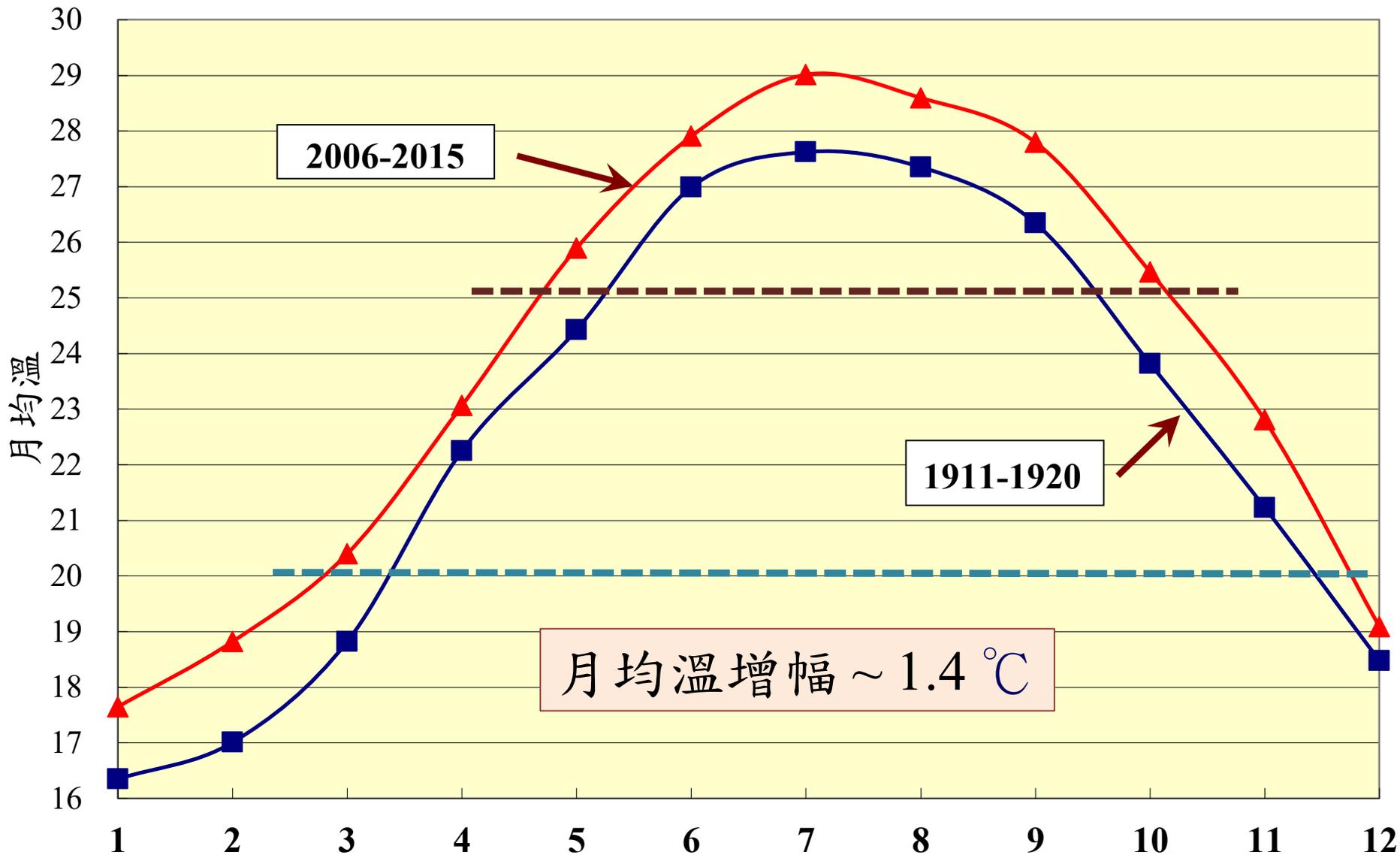
- 從一萬年前到五千年前的自然增溫率為每千年 $1^{\circ}\text{C}$
- 全球平均約有 $1.0^{\circ}\text{C}$
- 1998是百年來最暖的一年，2007與2014的夏天史上最熱。



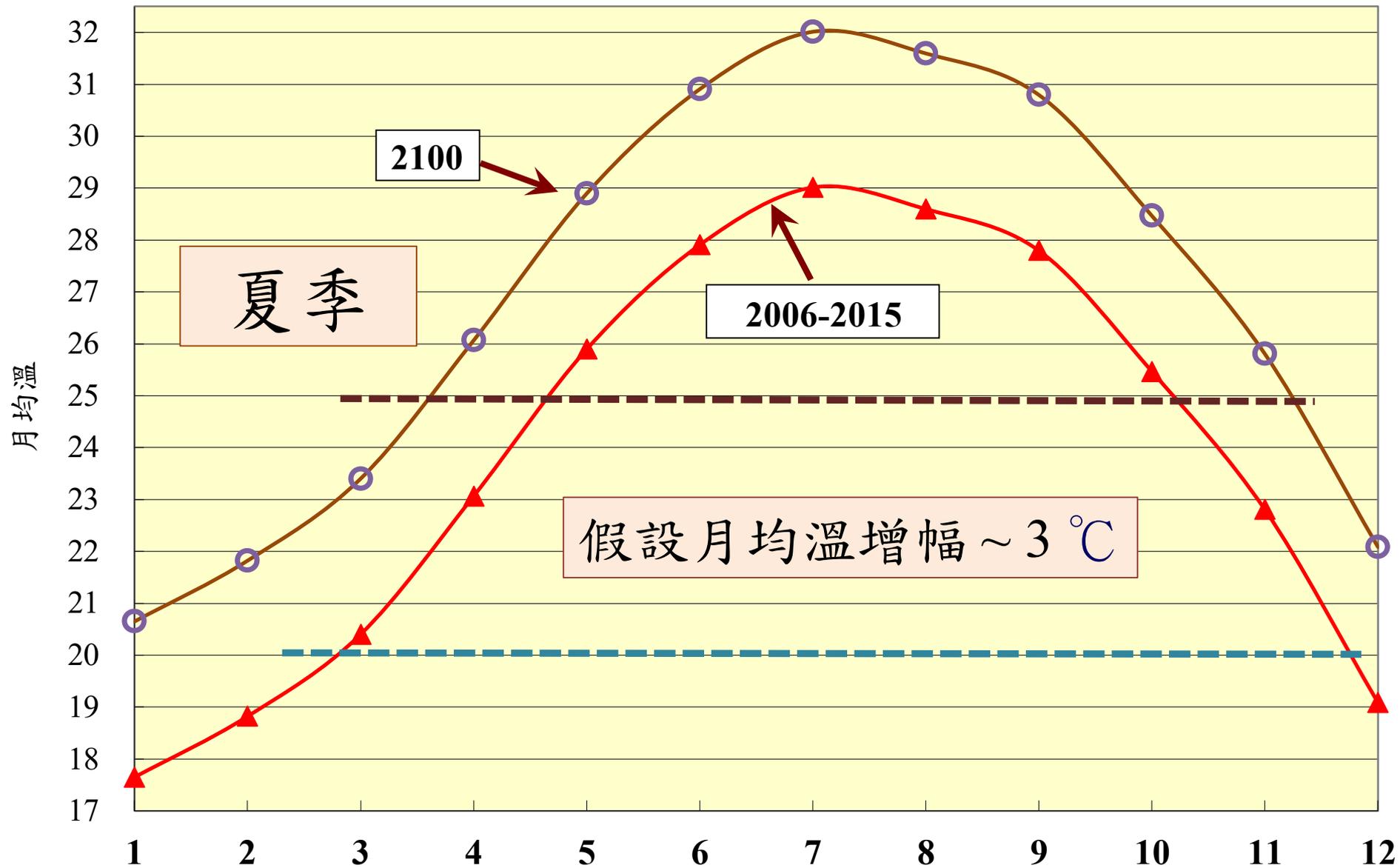
GISTEMP Seasonal Cycle since 1880



137年以來，隨著地表熱能的累積，不但年均溫節節升高，季節也在往高溫熱浪的方向快速轉變。

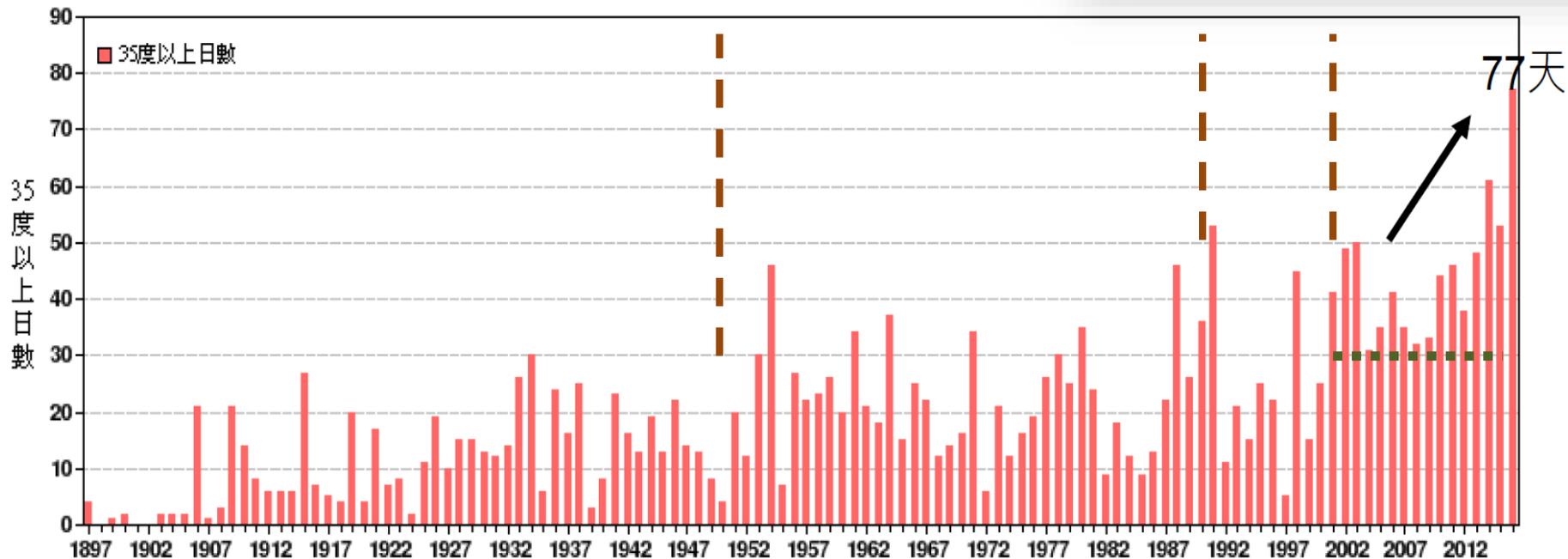


夏天的日子越來越長，也越來越熱！

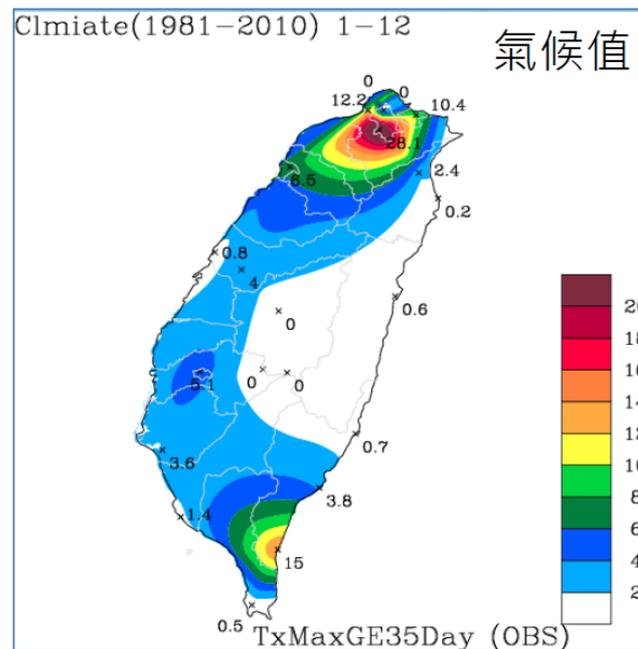


未來將有難以想像的夏季，冬季也消失了！

臺北站 年 35度以上日數 1897年 ~ 2016年



- 1950年以前，< 30日；
- 1990年以前，< 50日；
- 21世紀起，臺北每年至少1個月以上的時間日高溫達35度以上；
- 2016年，77日。





增溫的大氣與海洋，增強了二者之間的交互作用，造成屢破紀錄的豪雨及強風。

暖化前

7%/ 1 °C

暖化後

H<sub>2</sub>O H<sub>2</sub>O H<sub>2</sub>O  
H<sub>2</sub>O H<sub>2</sub>O H<sub>2</sub>O H<sub>2</sub>O

溫和降雨

適量蒸發

H<sub>2</sub>O  
H<sub>2</sub>O  
H<sub>2</sub>O

強烈蒸發

H<sub>2</sub>O  
H<sub>2</sub>O

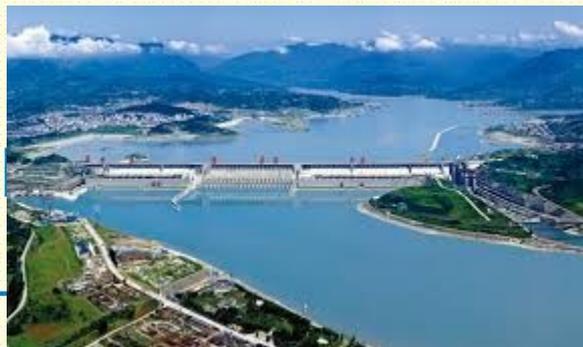
超大豪雨



°C

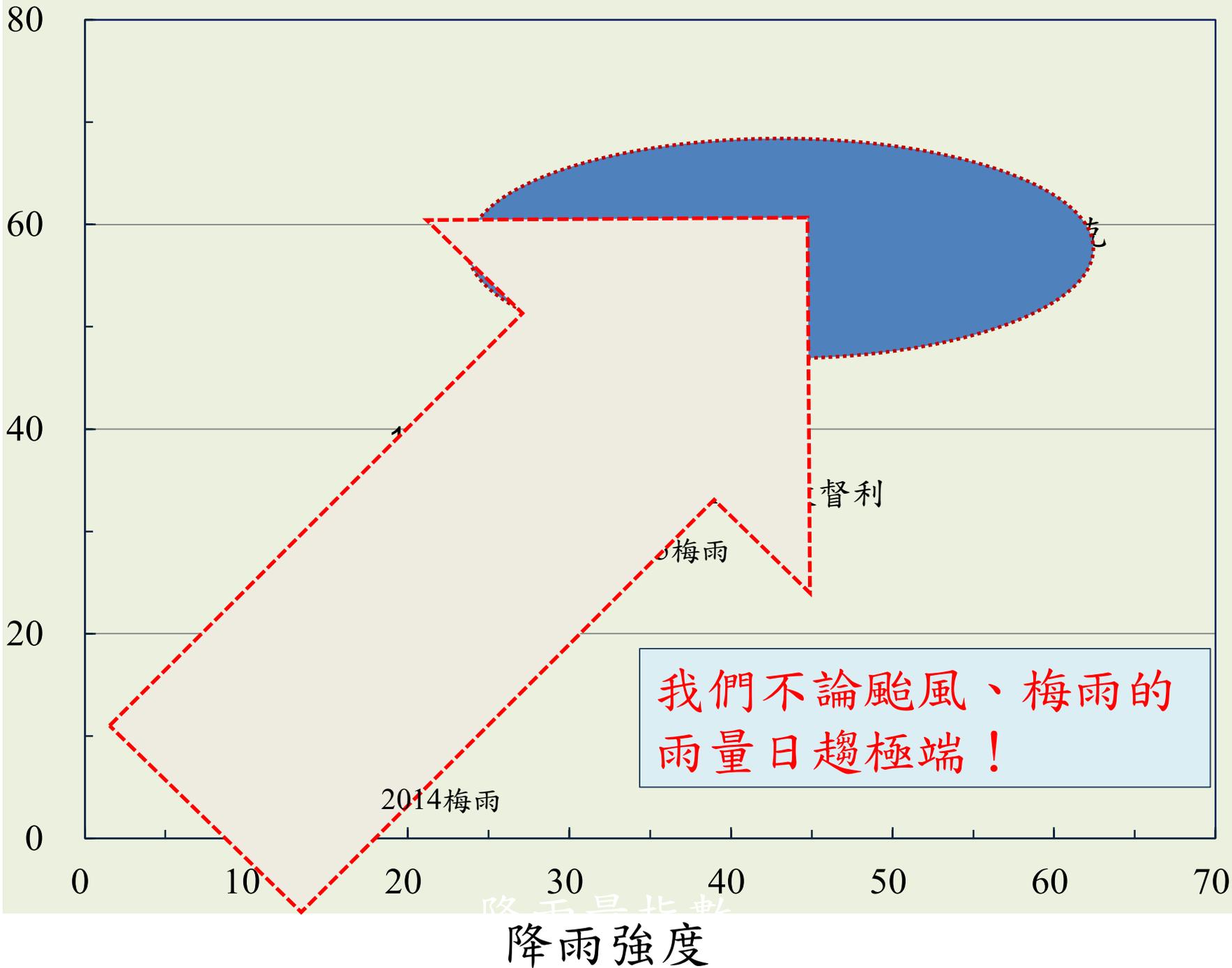


°C



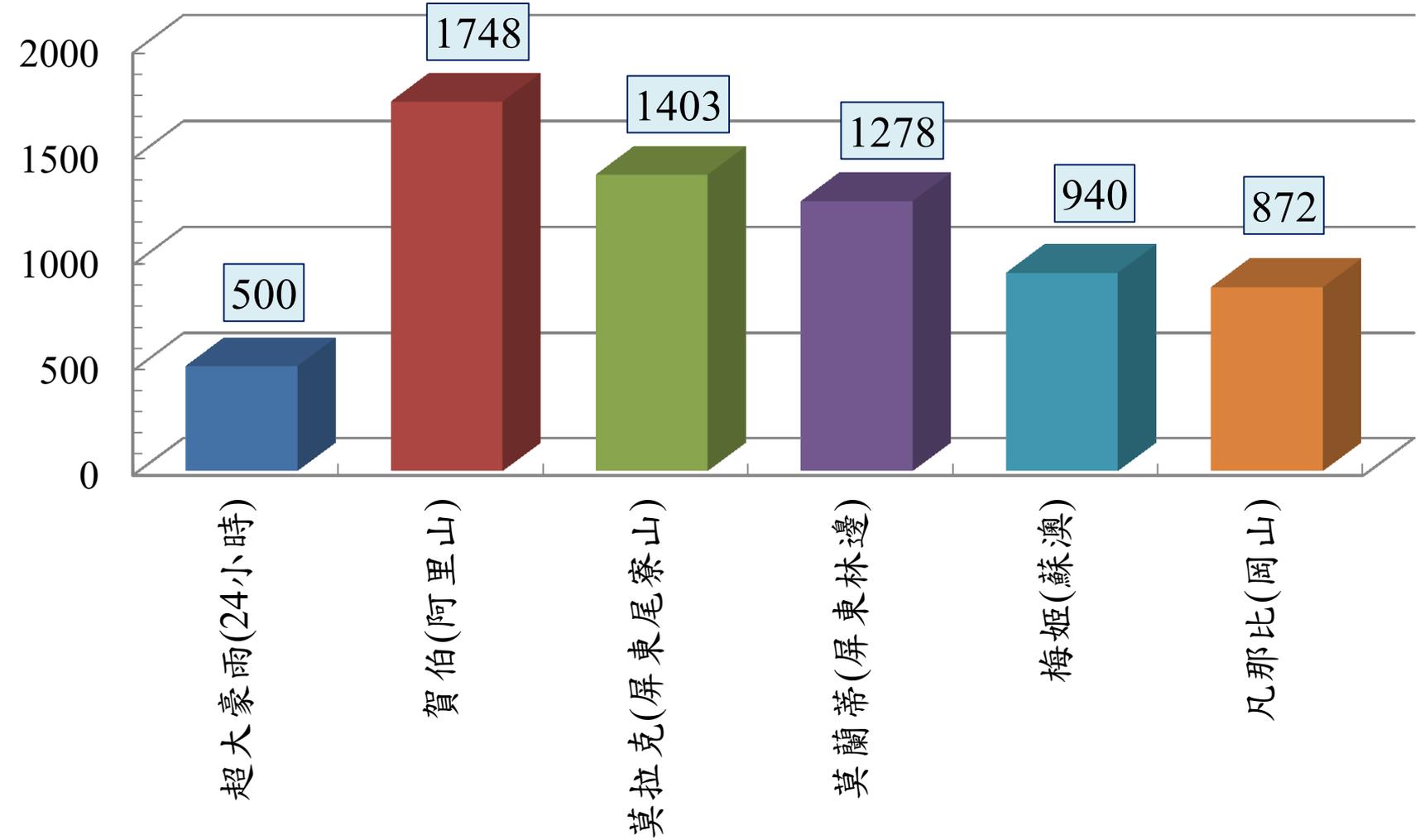
高溫的大氣及海洋帶來更多的豪大雨！

影響面積



# 日雨量

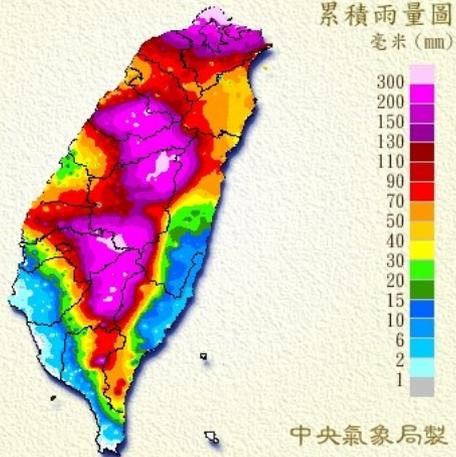
毫米



臺灣地區的日雨量節節攀升！

6/02 00:00 ~ 6/03 00:00

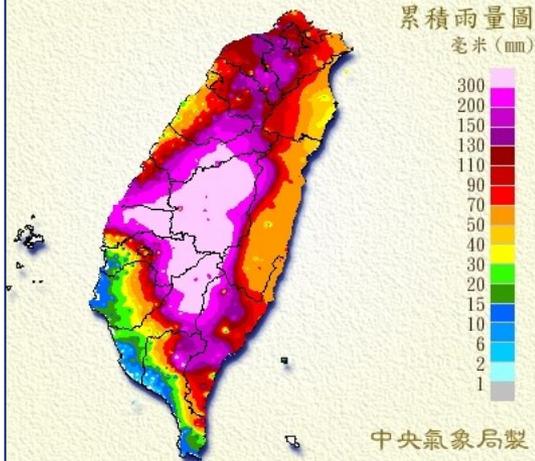
累積雨量圖  
毫米 (mm)



中央氣象局製

6/03 00:00 ~ 6/04 00:00

累積雨量圖  
毫米 (mm)

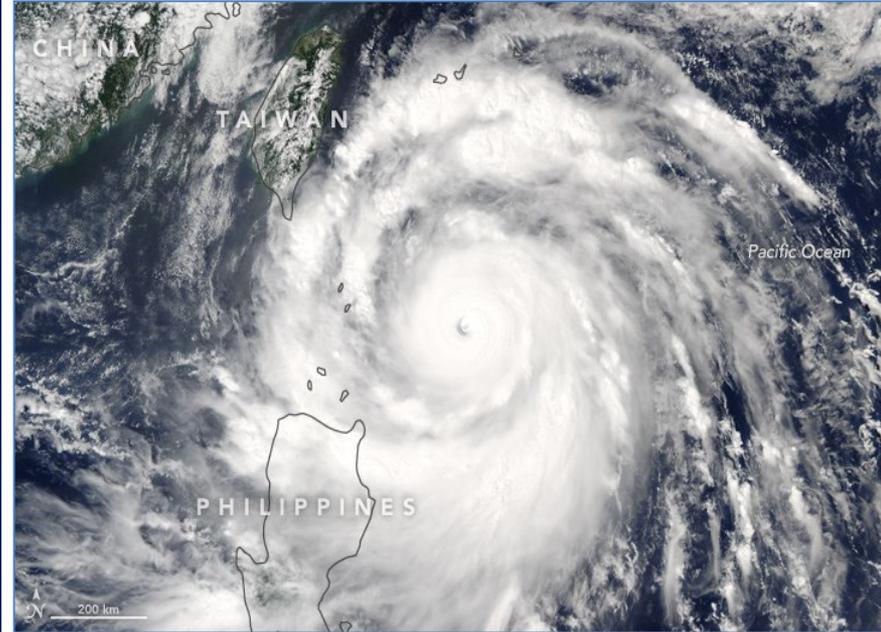


中央氣象局製

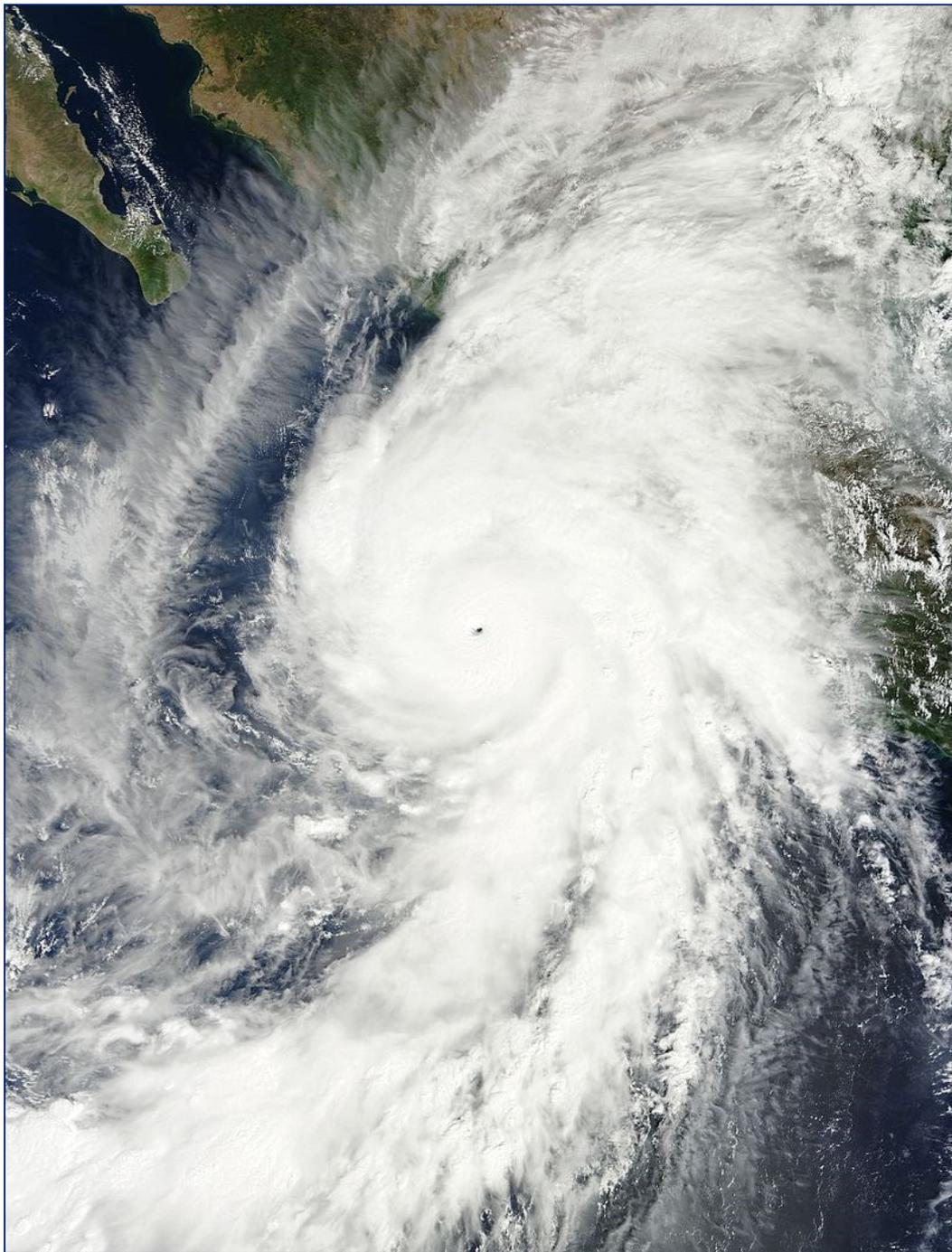


(網上圖片)

2017年6月2~3日梅雨鋒面滯留、西南氣流不斷輸入水氣、中尺度對流性降雨系統強盛，超大豪雨重創臺灣。



9月強烈颱風**莫蘭蒂**，中心雖然南移掠過巴士海峽，強勁的風力(~220km/hr)僅次於2013年的超級強颱風海燕，給高屏及金門地區帶來嚴重災情，不但數十萬戶停電，更導致高雄市40多年來首見的「全市大停水」。



史上最強的颶風派翠西亞(**Hurricane Patricia**)在2015/10/23接近墨西哥西部海岸的衛星影像，這個颶風的中心氣壓最低只有879豪巴，風速最高曾達每小時325公里，超過2013年11月侵襲菲律賓海燕颱風的每小時315公里。



## Enhanced Fujita Tornado Scale

EF	Descriptive term	Mean wind speed (3-second average)			
		m/s	km/h	mph	Knots
0	Weak	29-38	105-137	65-85	57-74
1	Moderate	39-49	138-178	86-110	75-96
2	Strong	50-60	179-218	111-135	97-117
3	Devastating	61-74	219-266	136-165	118-143
4	Annihilating	75-89	267-322	166-200	144-174
5	Disaster	>89	>322	>200	>174

EF5級的龍捲風可把建築物吹得只剩下地基，甚至讓高大的摩天大樓扭曲起來。

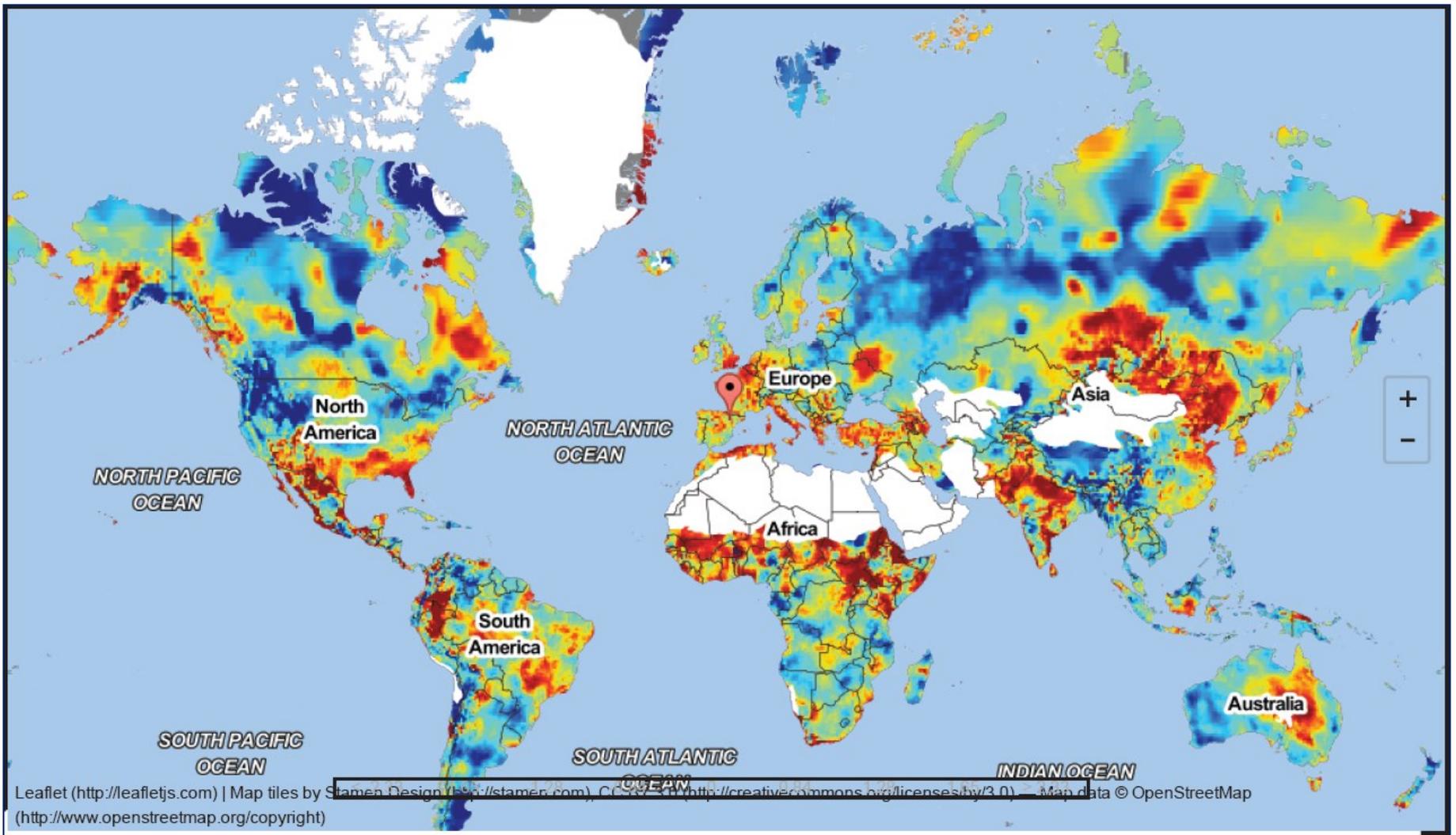
派翠西亞 Patricia 2015/10 → 325 km/h

海燕 Haiyen 2013/11 → 315 km/h

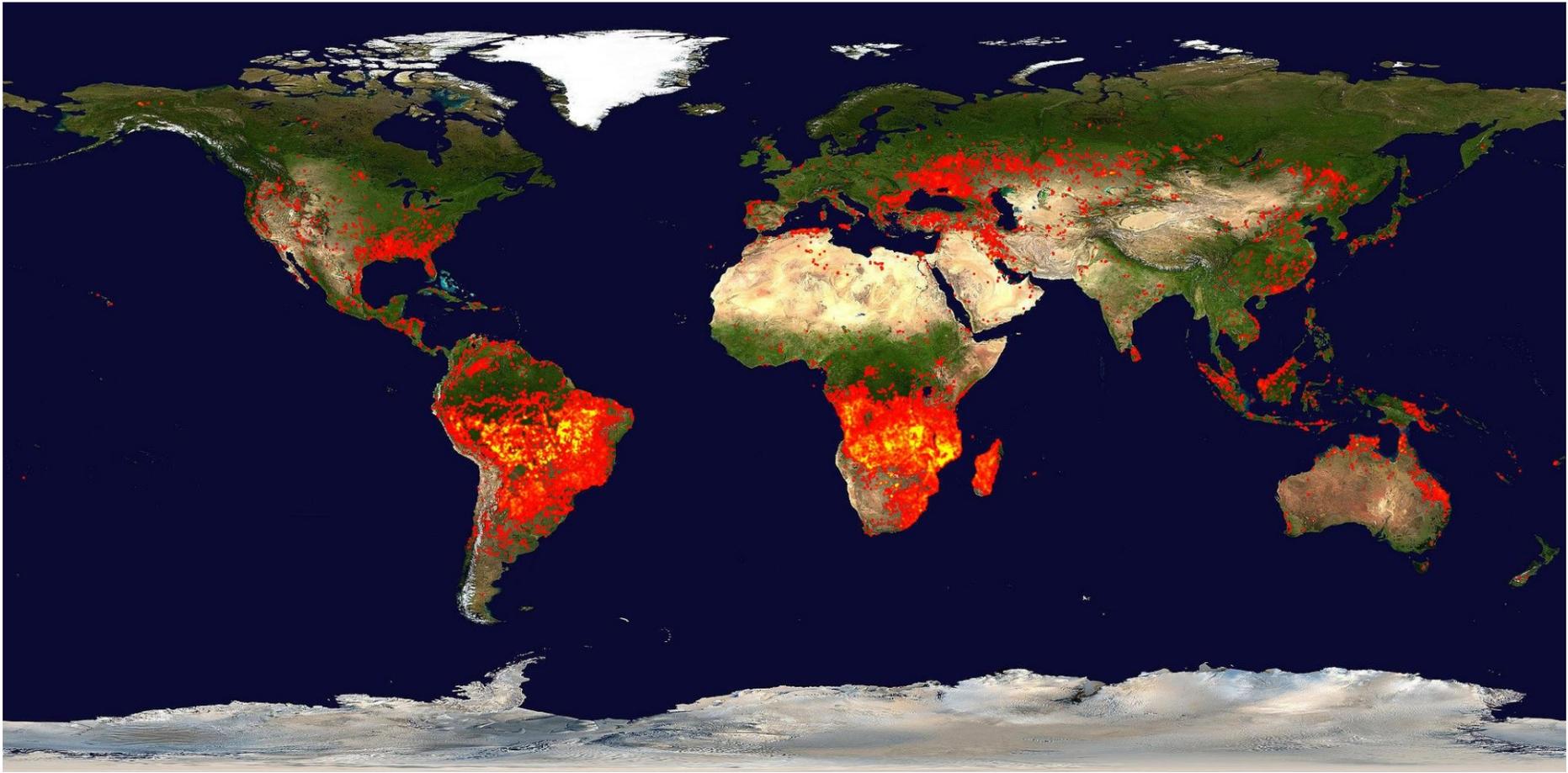
莫蘭蒂 Meranti 2016/9 → 220 km/h

馬修 Matthew 2016/9 → 220 km/h

尼伯特 Nepartak 2016/7 → 205 km/h

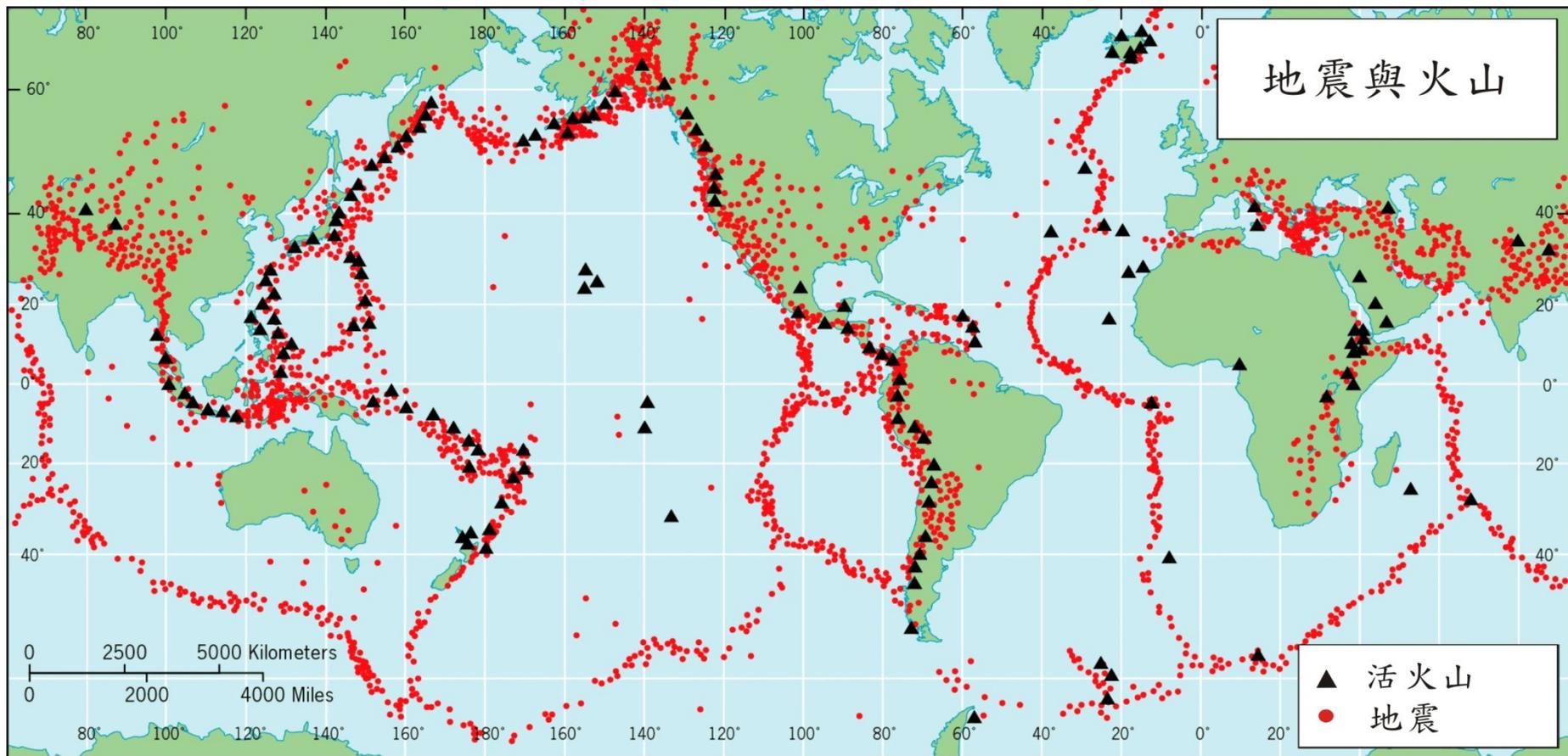


2017年4月世界乾旱分布圖，涵蓋一半以上的陸地面積，顯示未來農業生產前景堪慮。  
(<http://spei.csic.es/map>)

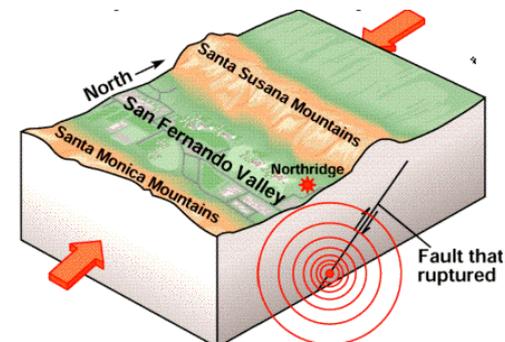


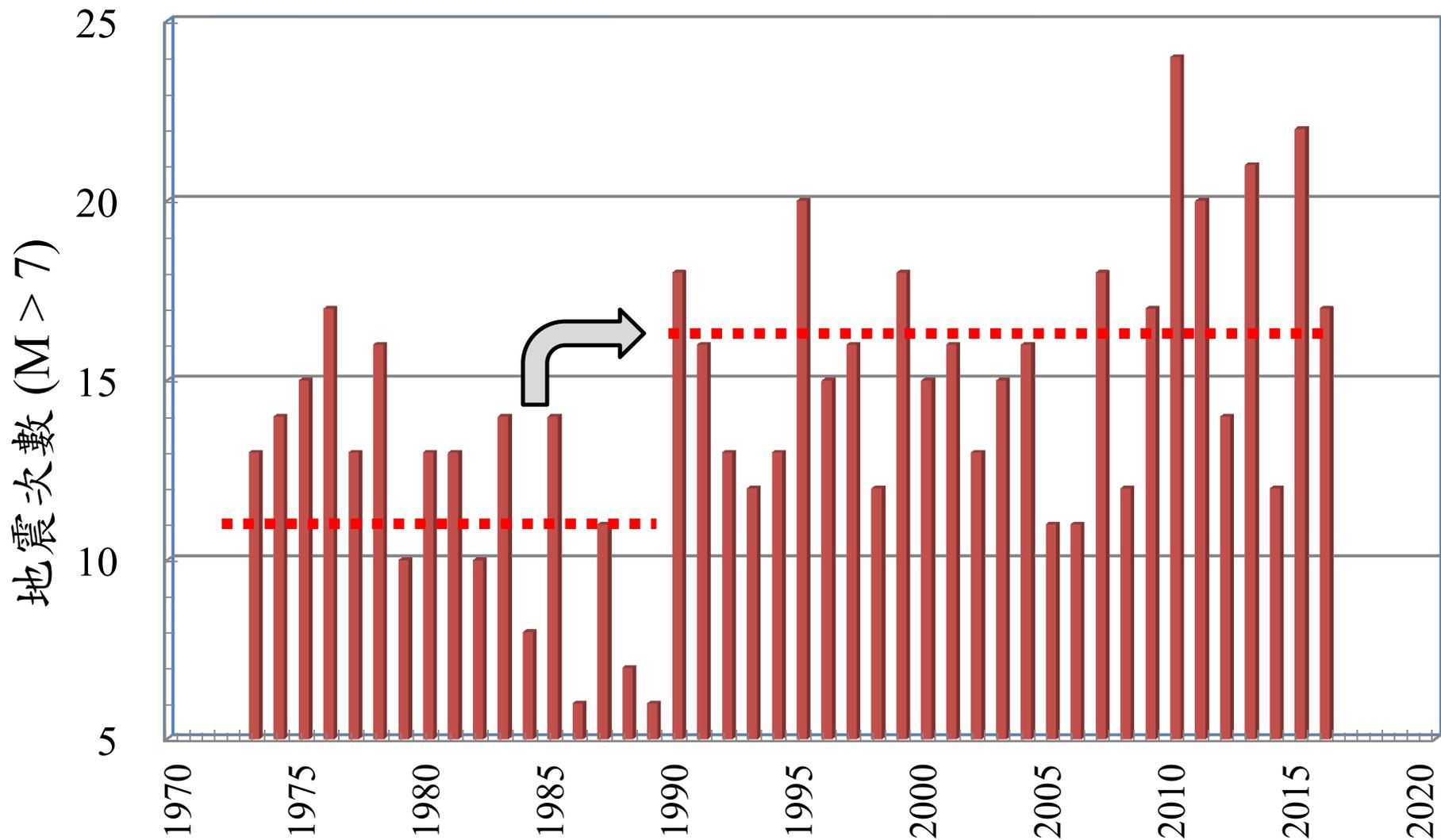
美國NASA衛星影像忠實的反映高溫及乾旱的後果之一：四處蔓延的森林野火。

<http://www.global-warming-forecasts.com/wildfires-climate-change-fire-forest-fires.php>



暖化可能會促發地球的物理型災害(如地震、火山、海嘯)頻率及規模升高，成為人類未來要面臨的重大衝擊。

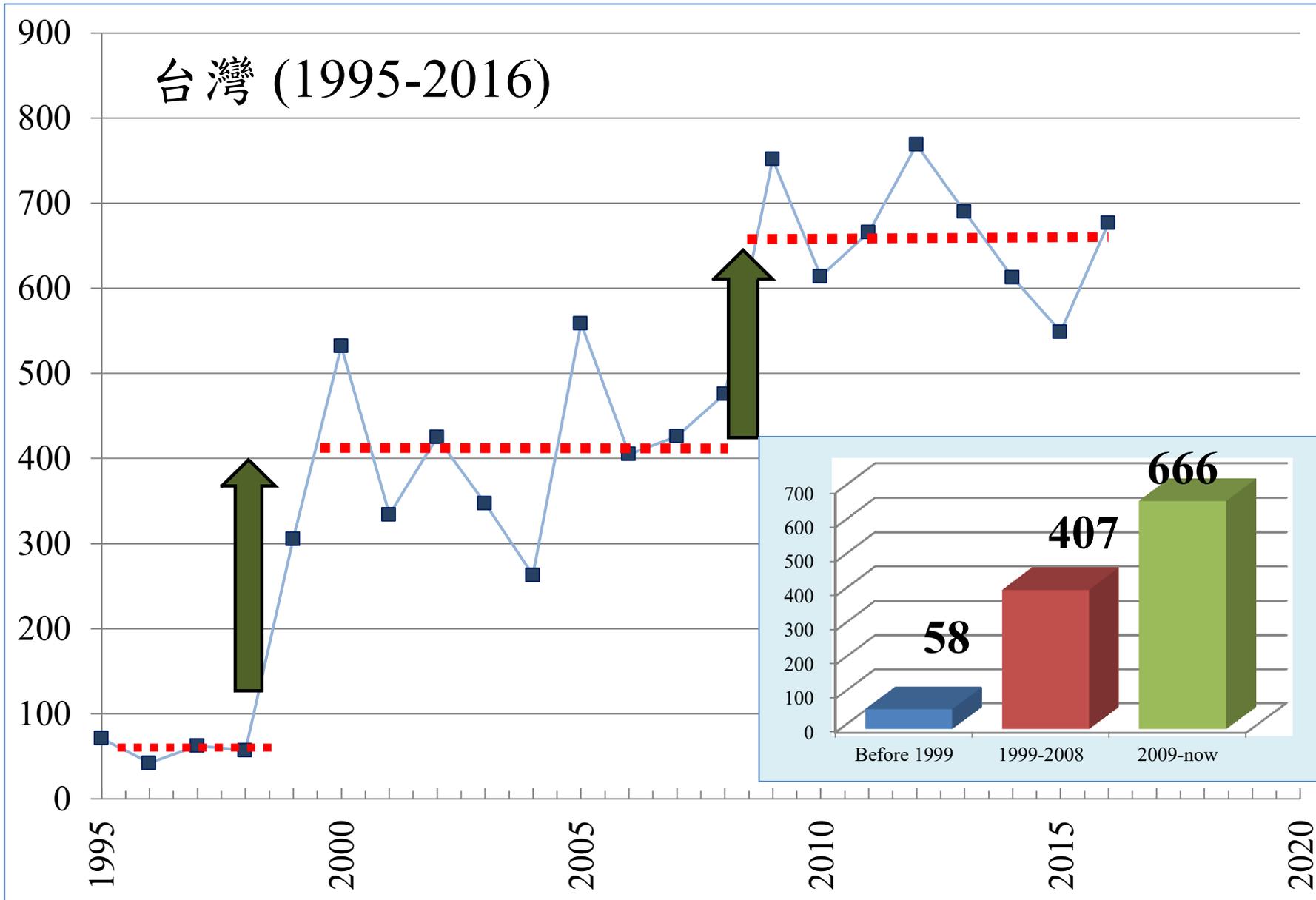




1973年以來，世界發生規模7.0以上地震的個數正明顯增加。(USGS data)

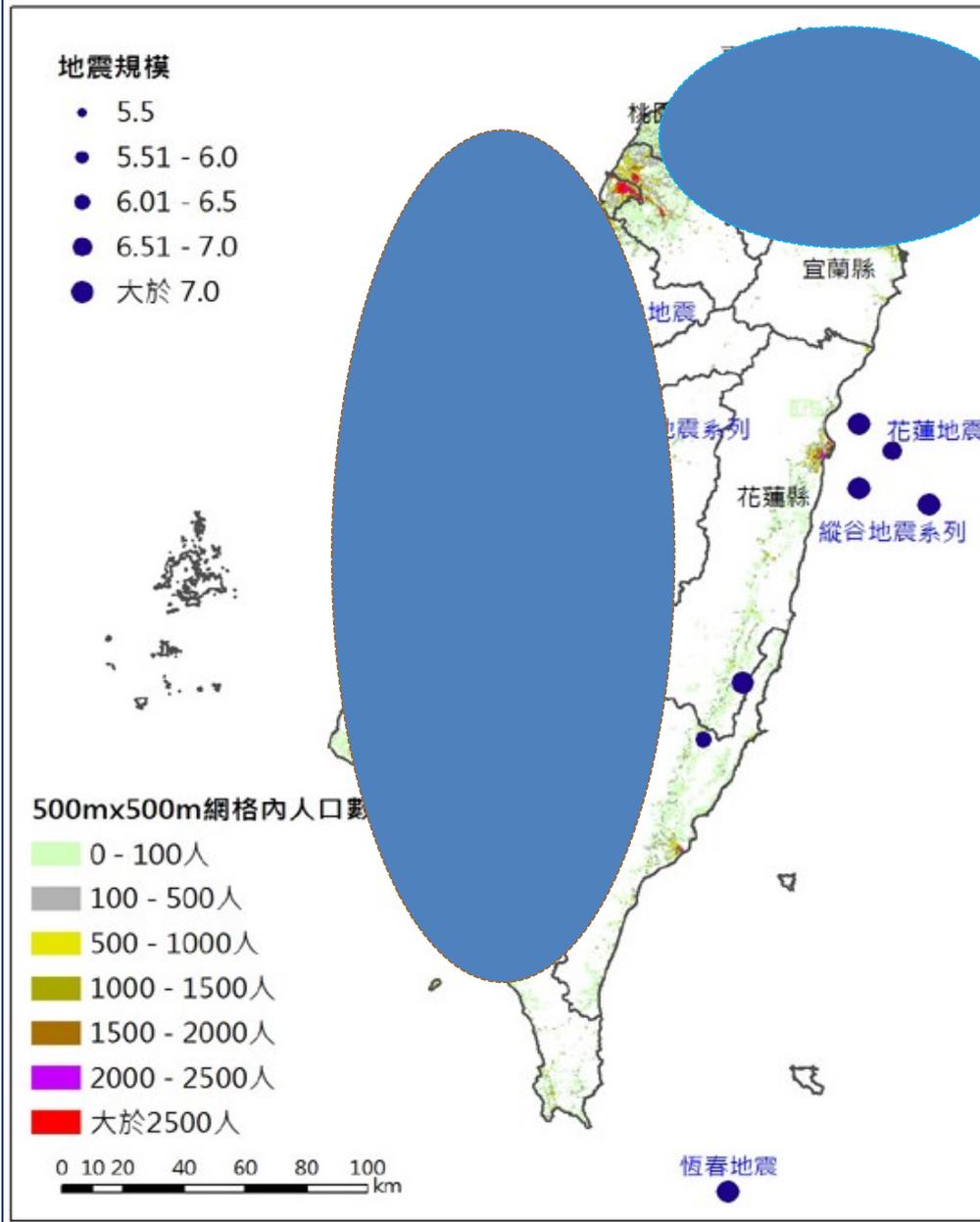
# 台灣 (1995-2016)

每年有感地震次數



1999年以來，台灣有感地震的次數明顯增加。

# 台灣重大地震位置與人口分布



台灣近百年重大地震災害位置與2012年人口分布圖，都會區是地震災害的高風險區。

(資料來源：國家災害防救科技中心、交通部中央氣象局、內政部消防署)

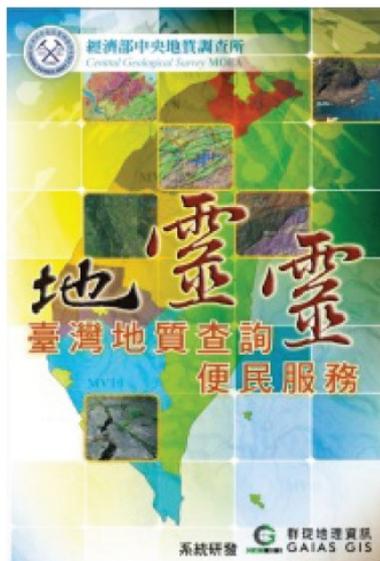
# 地質倉儲服務平台

快速查詢

圖層控制

地圖定位

## 地靈靈行動服務 V 2.0



### 建商不會告訴你的大秘密!!!

「你買的房子在順向坡上?!」、「你家附近有活動斷層?!」

「買房子如何才能買的安心,住的安全??」

**地靈靈在此為您居住地質環境把脈義診!**

### v2.0

提供地圖畫面截圖、地圖網址分享

提供我的位置分享

提供WMS地圖套疊

Android



<http://goo.gl/RQJ6O>

下載量  
014079

iOS



<http://goo.gl/YvNL4>

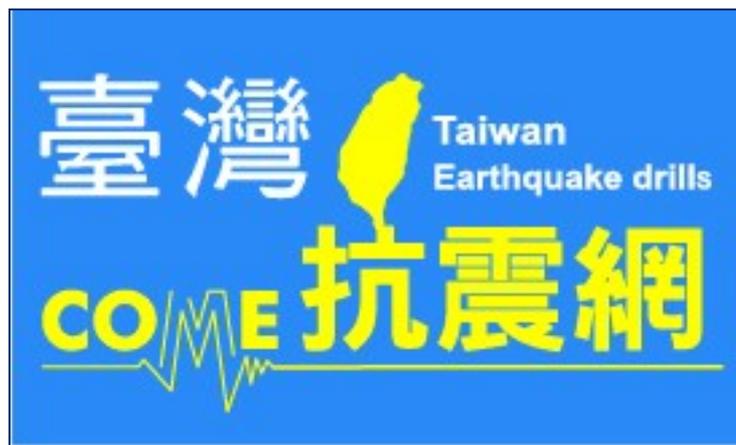
下載量  
007376

<http://gis.moeacgs.gov.tw/gwh/gsb97-1/sys8/index.cfm>



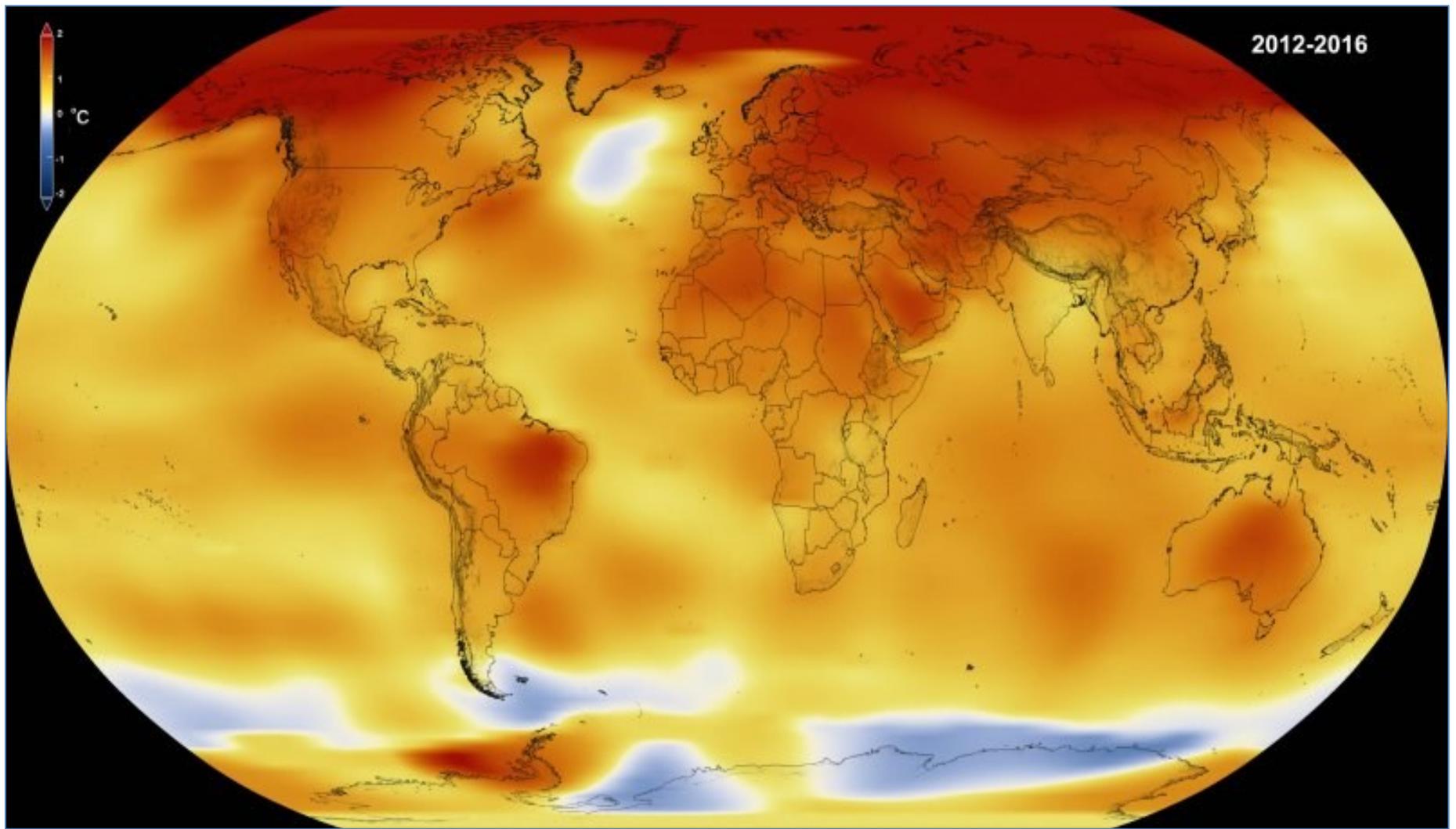
由天下數位科技與中央氣象局簽署合作協議，研發的「地震防災求援APP」已完成供人免費下載，天下科技表示，災害求援APP能在關鍵時刻發揮效果，有效降低災害與人員傷亡。2014-10-24

[https://play.google.com/store/apps/details?id=bt.tech2.eew&hl=zh\\_TW](https://play.google.com/store/apps/details?id=bt.tech2.eew&hl=zh_TW)

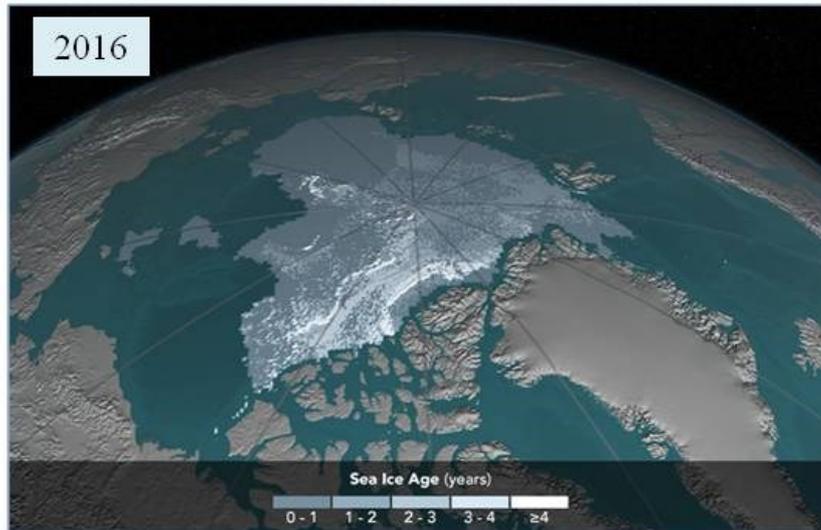
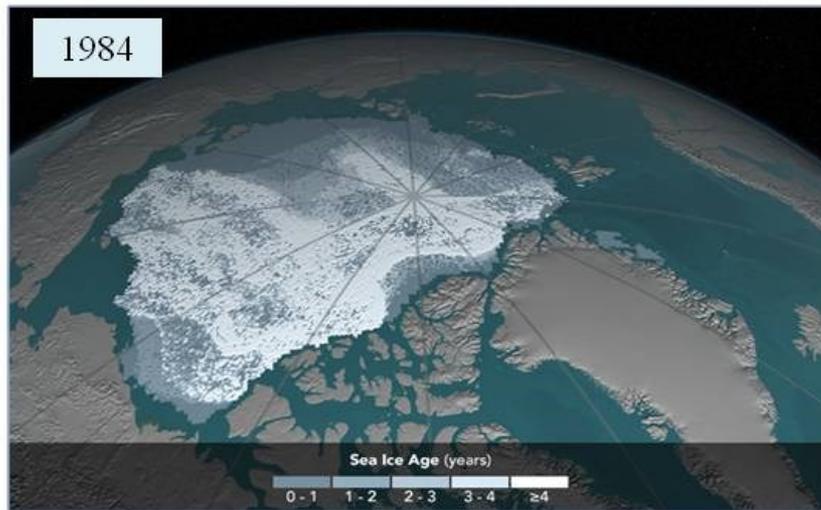


[www.comedrill.com.tw](http://www.comedrill.com.tw)

內政部消防署特別建立了「台灣抗震網」的網頁，提供了有關震前準備、震時避難、震後救援必須注意的完整資訊。

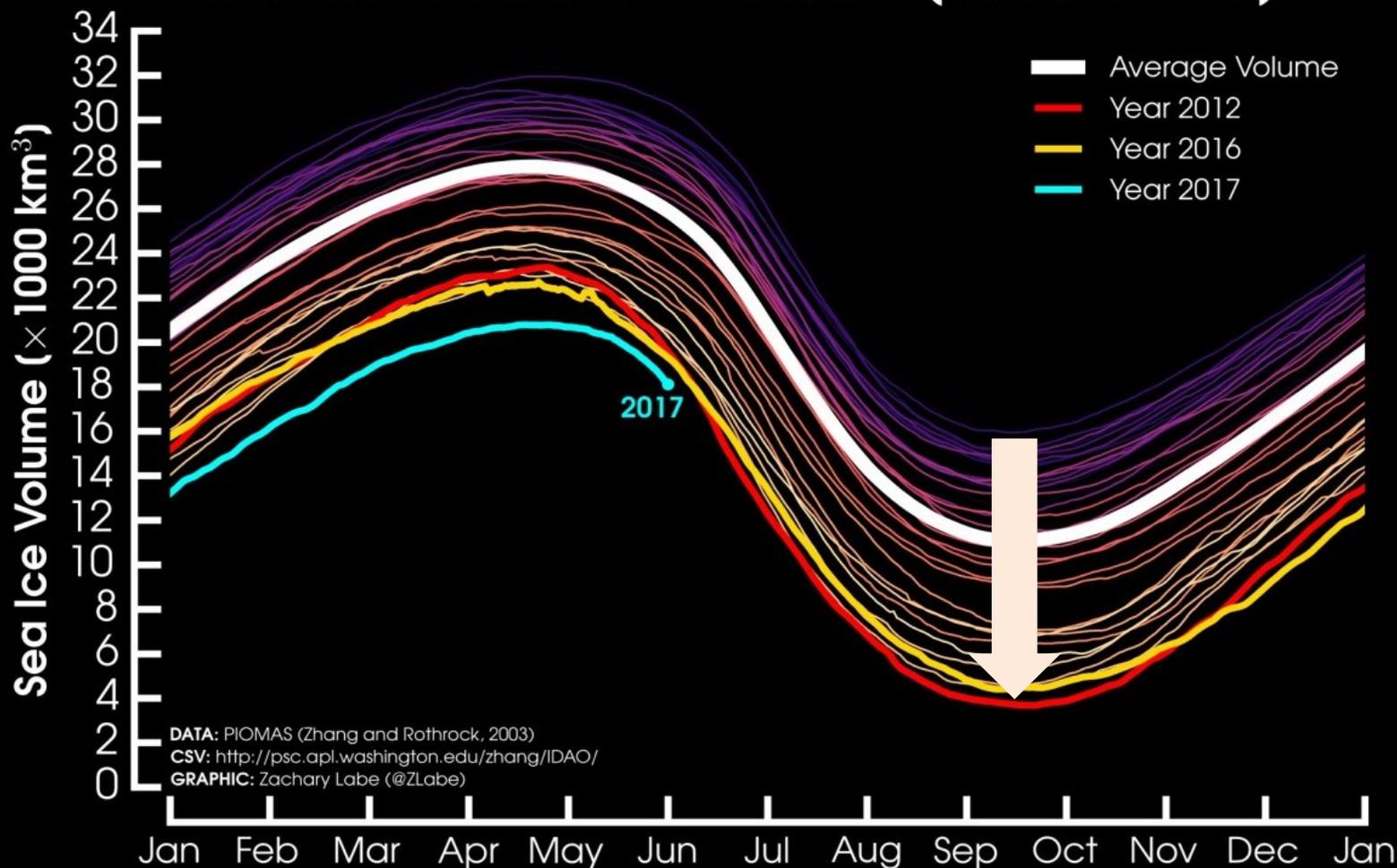


觀測數據證實，北極為地球表面升溫最快速地區，衝擊人類未來。



上圖是1984年夏季海冰覆蓋的面積及冰層厚度分布圖，下圖則是創歷年新低的2016年。美國國家冰雪資料中心(NSIDC)觀測資料。由於北極海冰未來將會加速消融，地球會失去一個極為重要的氣候調節冷卻劑，導致北極和溫帶地區之間的溫度梯度大幅降低，進而減弱噴射氣流的強度，使得暴風雨、洪水、溫帶地區急凍等極端氣候事件更頻繁的發生，格陵蘭冰帽將更快速地融化，海平面的上升也將更快與更高。

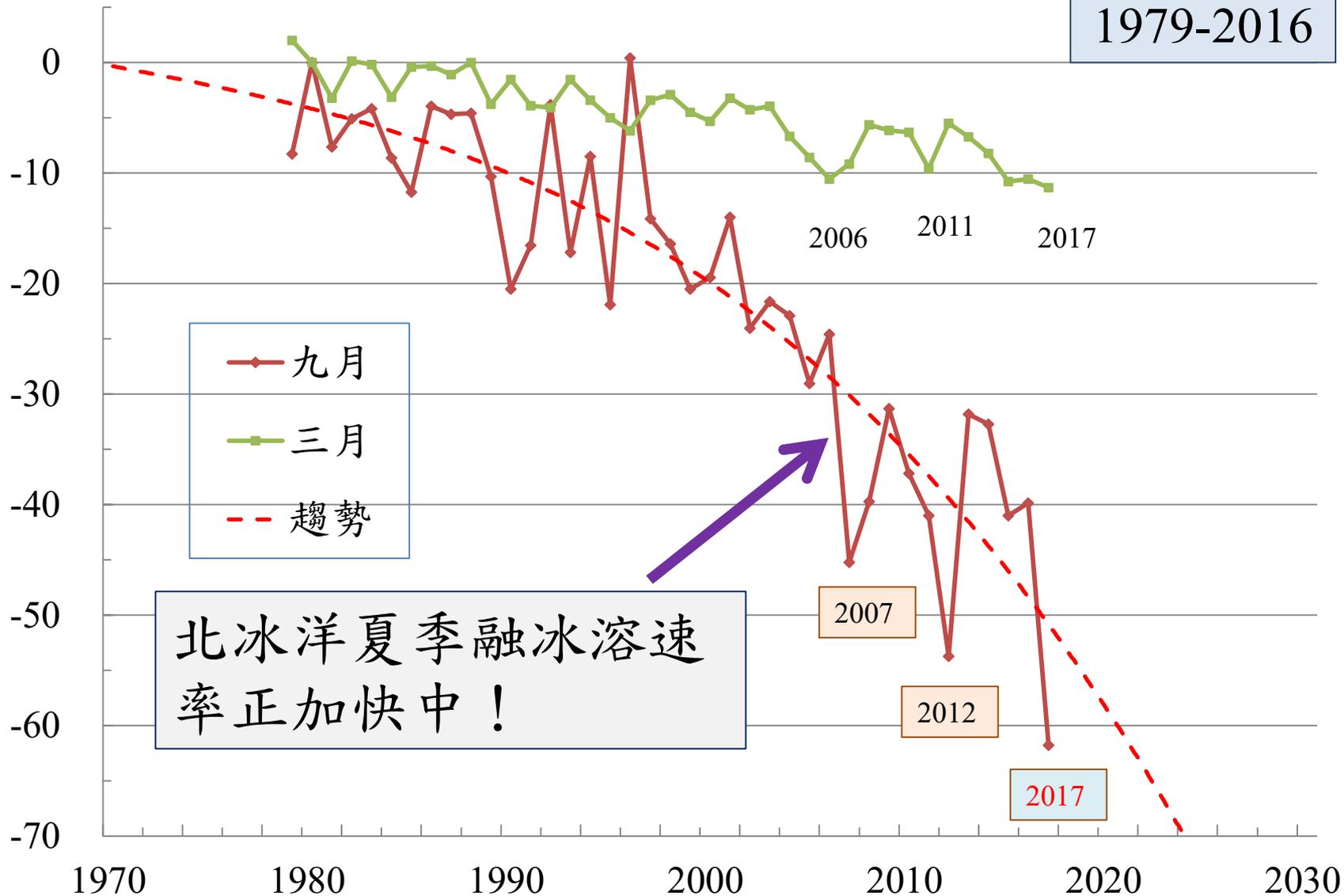
# Arctic Sea Ice Volume (1979-2017)



2012年北冰洋夏季體積最小值已低於4千立方公里，只剩下30年前的四分之一，2017年更不樂觀。

1979-2016

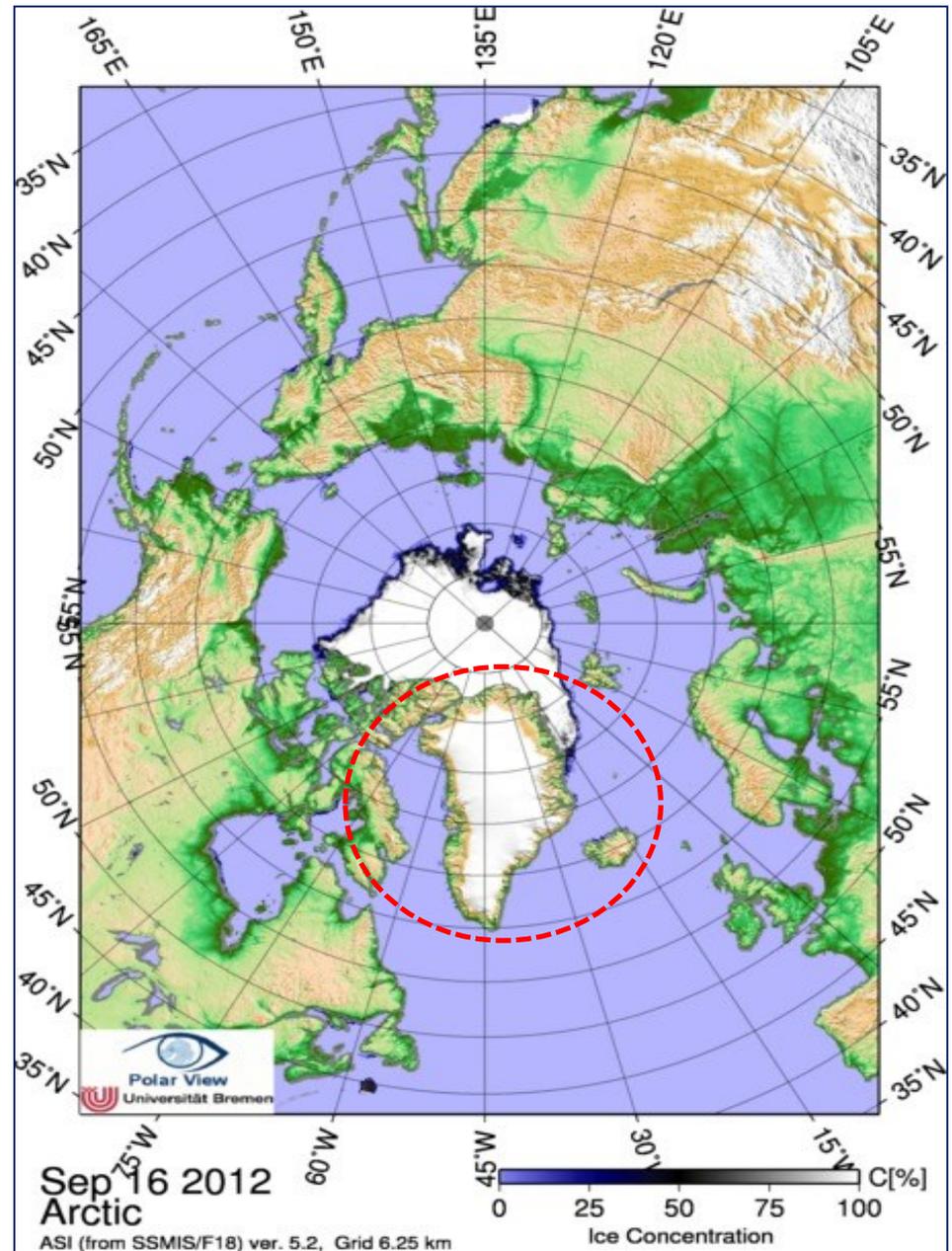
差異百分比

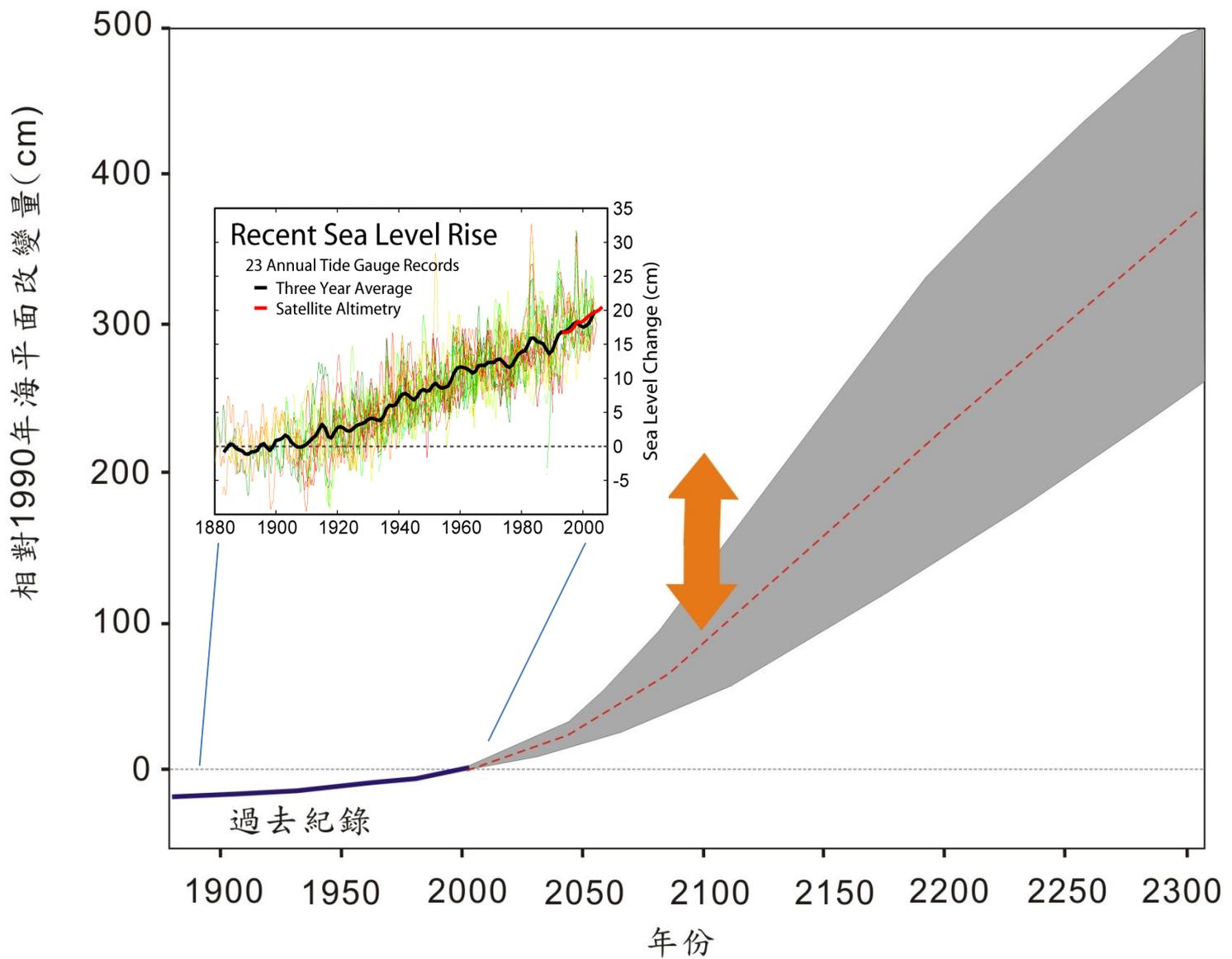


1980年北冰洋冰蓋面積 三月=16.13百萬平方公里 九月=7.85百萬平方公里

## 當北冰洋夏季無冰：

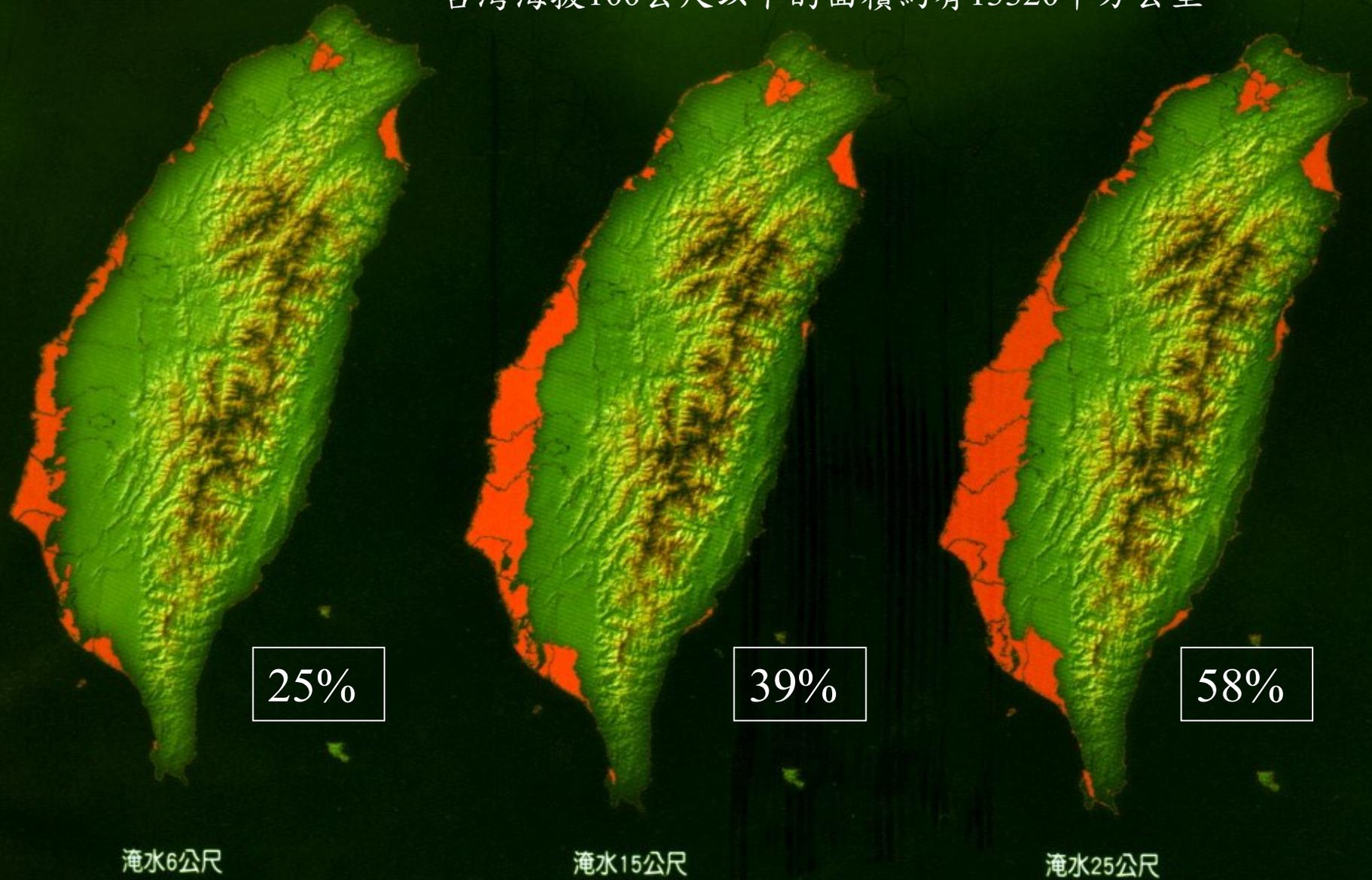
- 北極區大氣及海水溫度巨幅升高
- 埋藏在永凍層內的甲烷大量快速的釋出到大氣層，加速暖化
- 格陵蘭加速崩解消融
- 全球海平面呈跳躍式的大幅上揚
- 改變洋流運行與地殼均衡，地震更頻繁





2100年之前海平面上升至少1公尺！

台灣海拔100公尺以下的面積約有13320平方公里

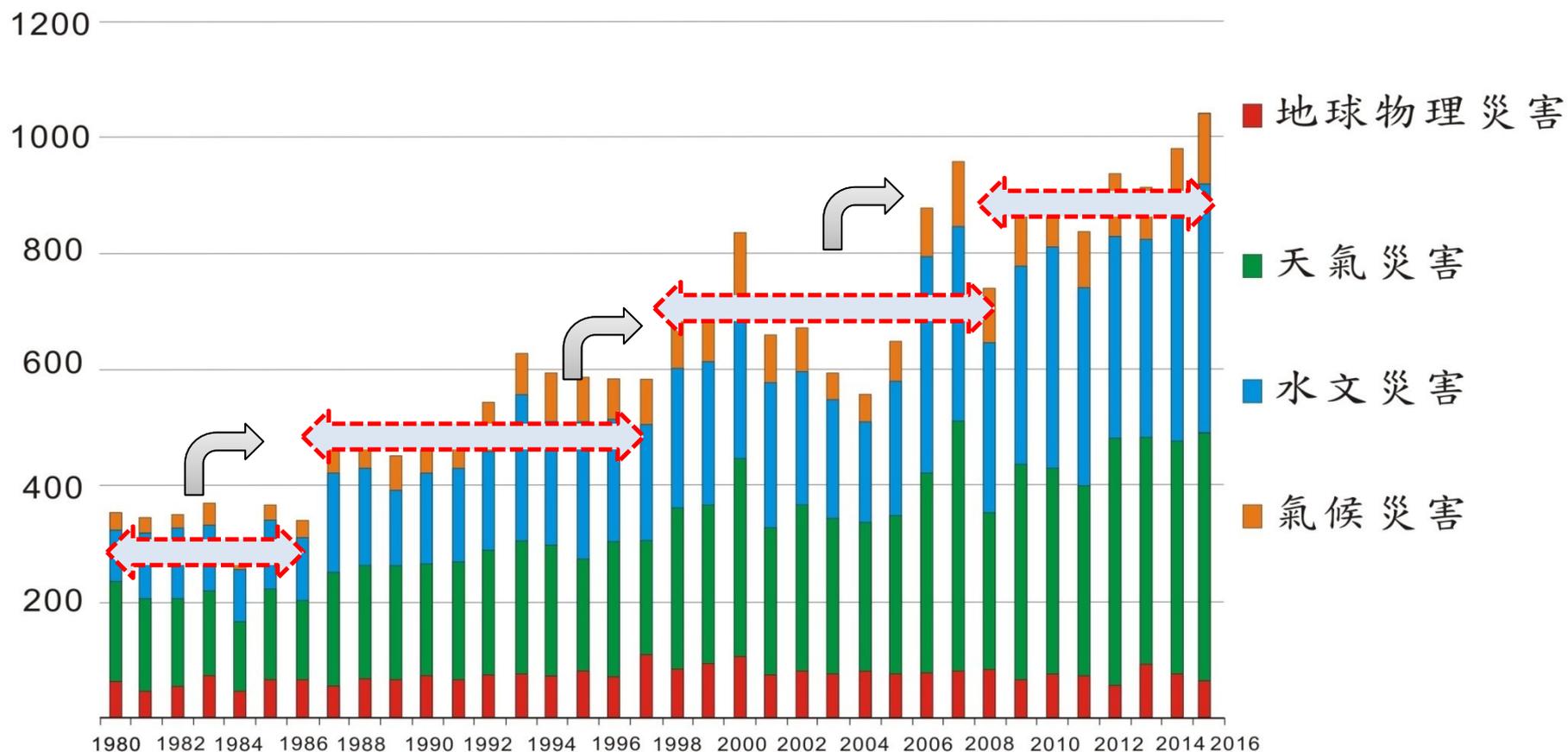


全球暖化效應持續，海平面上升衝擊台灣沿海地區，海拔100公尺以下將被淹沒面積。(天下雜誌，2007/4/11)

二十一世紀是氣候極端  
變化、災難頻生的世代

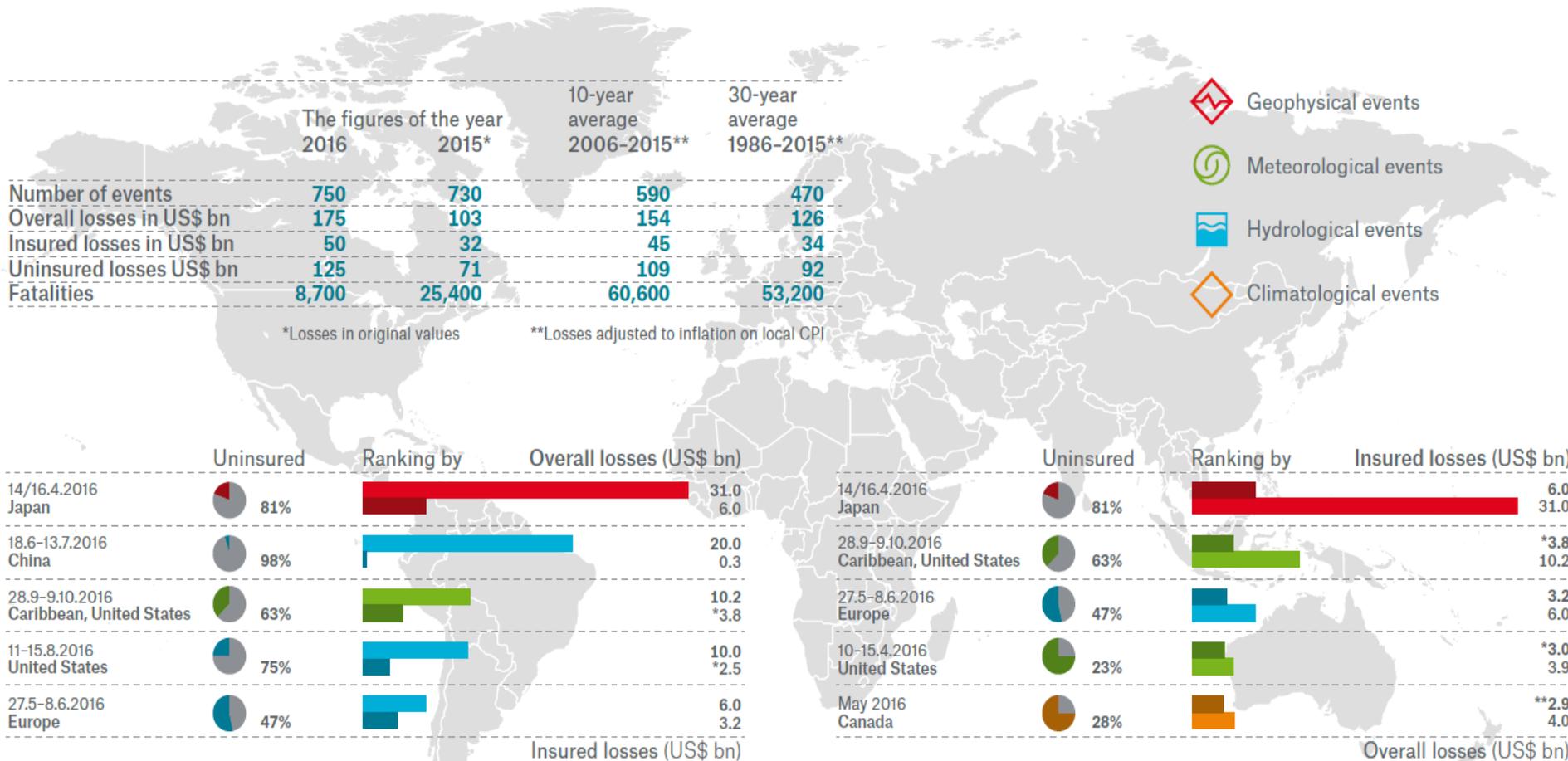
# 災害數目

1980 - 2015



自然災害的數目正步步高升！  
(資料來源：Munich Re 2016 report)

# Natural catastrophes in 2016



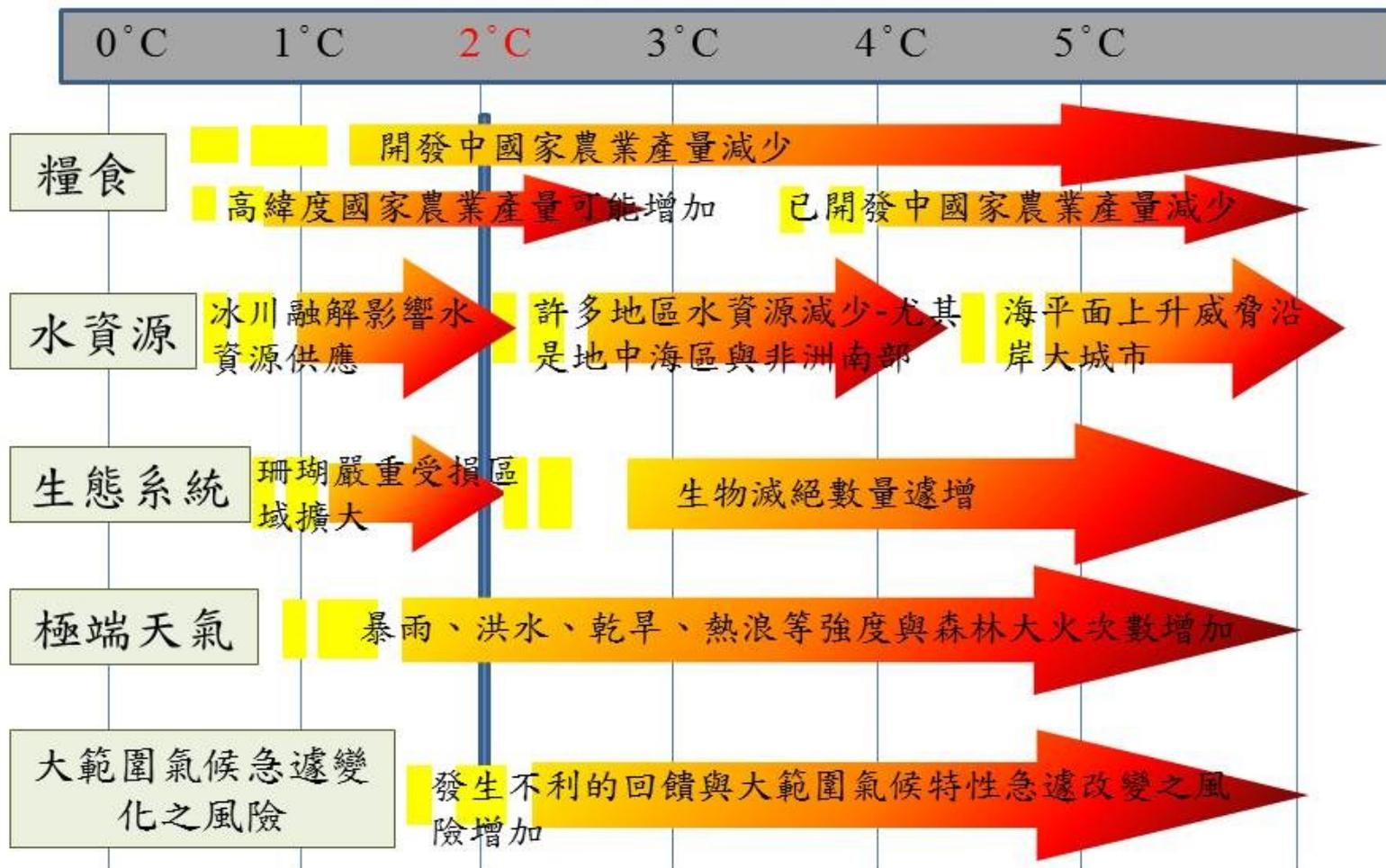
\*Source: Property Claim Services (PCS)

\*\*Source: Catastrophe Indices and Quantification Inc. (CatiQ Inc) www.catiq.com

Source: Munich Re

2016年的天災損失總金額高達1750億美元，日本大地震和中國洪災是2016年最昂貴的天災災害，而洪災損失比例佔總損失的34%。

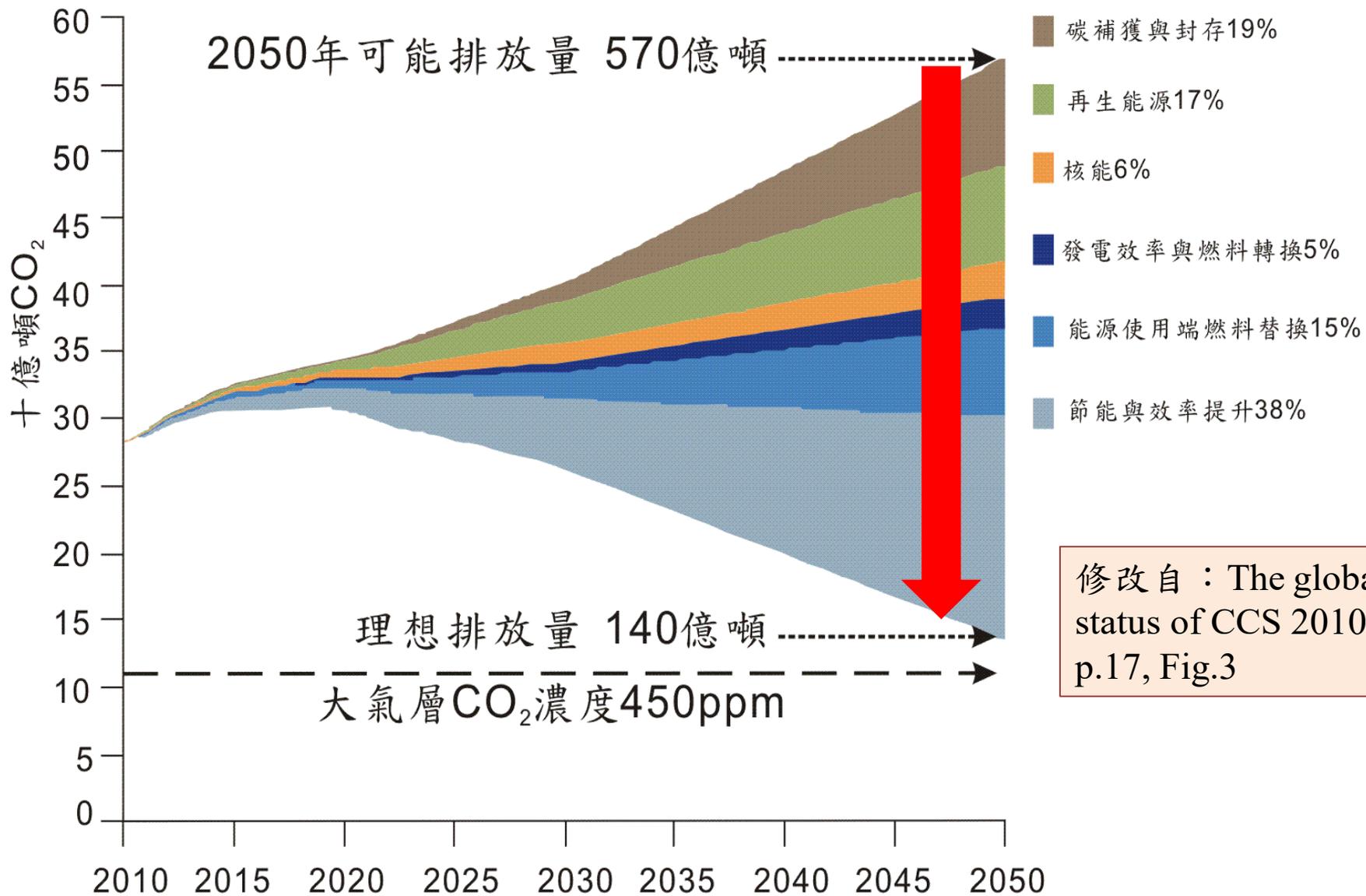
# 氣候變遷衝擊預測 (Stern's Report, 2006)



我們需要改變

節能減碳

防災調適



修改自：The global status of CCS 2010, p.17, Fig.3

# 台灣自然災害的挑戰

短期(~每年)：颱風、豪雨、淹水、山崩、  
土石流、高溫熱浪

近期(1~2年)：地震、海嘯

長期(10~20年)：海平面加速上升、海岸低窪  
區淹水、暴潮威脅增高、大規模搬遷

災害風險的增高給我們的未來產生無比衝擊

# 因應策略

- 知災：建立基礎知識、提升危機意識、定期教育宣導及演練
- 防災：個人及家庭急救包、社區防災圖、社區巡守編組
- 避災：社區避難中心、區域物流中心(飲水、食物、衣物)、有計畫建立永久性安全區
- 救災：成立正式救難組織、志工訓練及編組、研發救難器材及裝備(飲水、照明、通訊)、加強合作與交流

保本又無悔的投資！

# 防災社區的連結

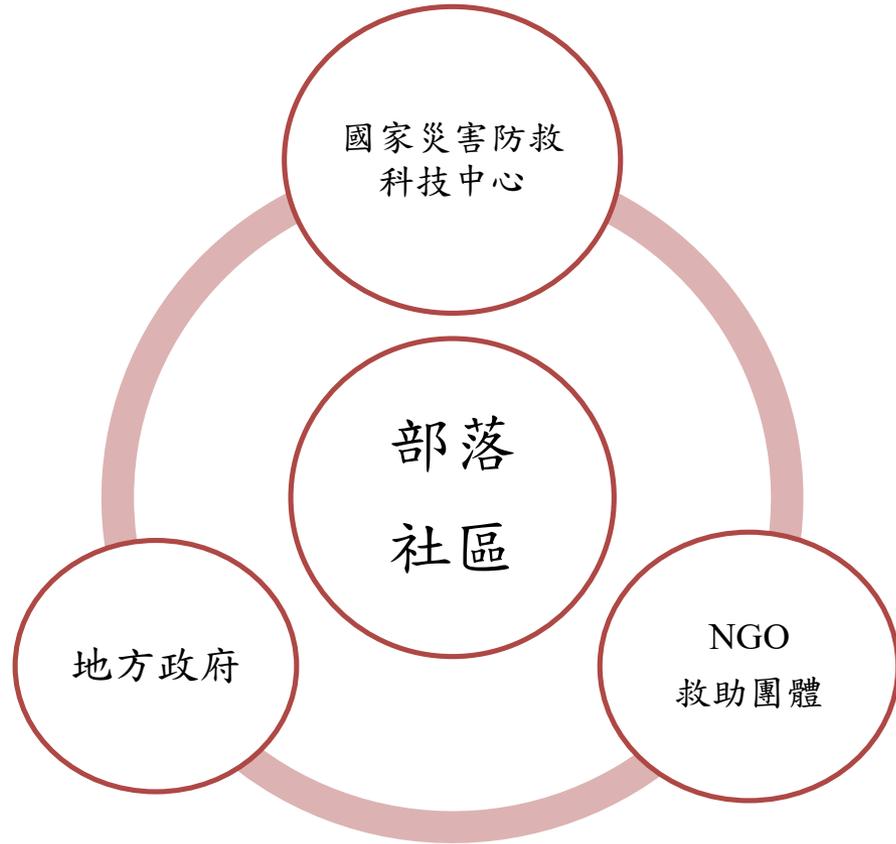
## ◆ 結合多樣資源

- 防災科技
- 災害管理
- 社區營造

## ◆ 建立合作平台

- 社區網絡
- 災害救助

## ◆ 創新推動模式



建立合作平台

基礎資料  
收集

災害風險  
評估

組織.計  
畫.技術

防救災資  
源連結

- 我們是非常獨特的世代，正在見證了地球環境的劇烈變遷；也有無可迴避的責任去進行改變，扭轉局勢、化解危機。
- 我們已有可行的策略與工具，所欠缺的是眾志成城的意志與正確的決策。
- 為了人類的未來，下一代的福祉，我們必須做出決定、付出犧牲，開始從自身做起。我們的未來，就在我們自己的手中。
- 無論在什麼崗位，都應該幫助受難的人、醫治受傷的土地，因為這是我們賴以維生的家園。



面對氣候暖化的衝擊，將台灣建設成「方舟島」，在**能源、糧食、公共衛生、水資源**等方面滿足自己所需，進而幫助周圍有需要的國家。更重要的是長期且完善的**國土規劃**。