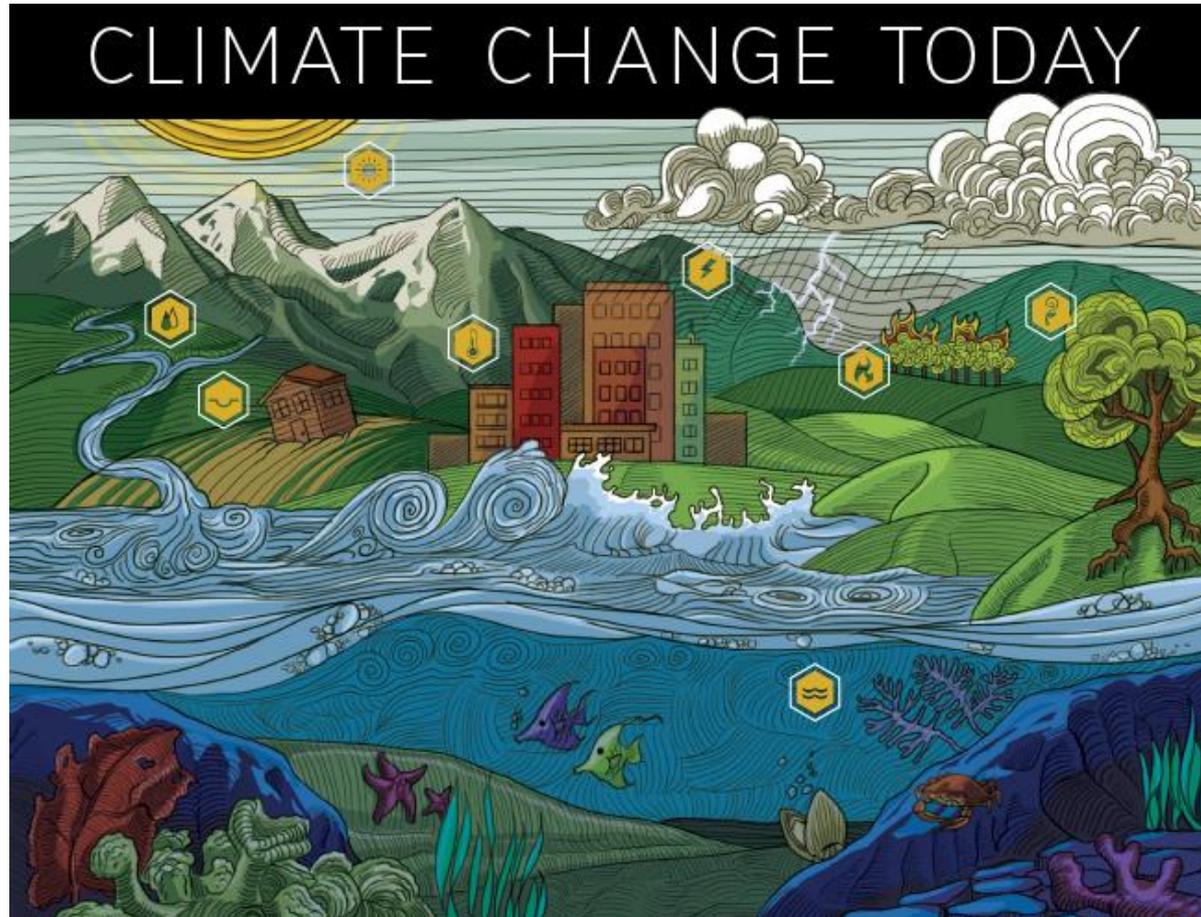


# 氣候變遷的衝擊與挑戰



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。

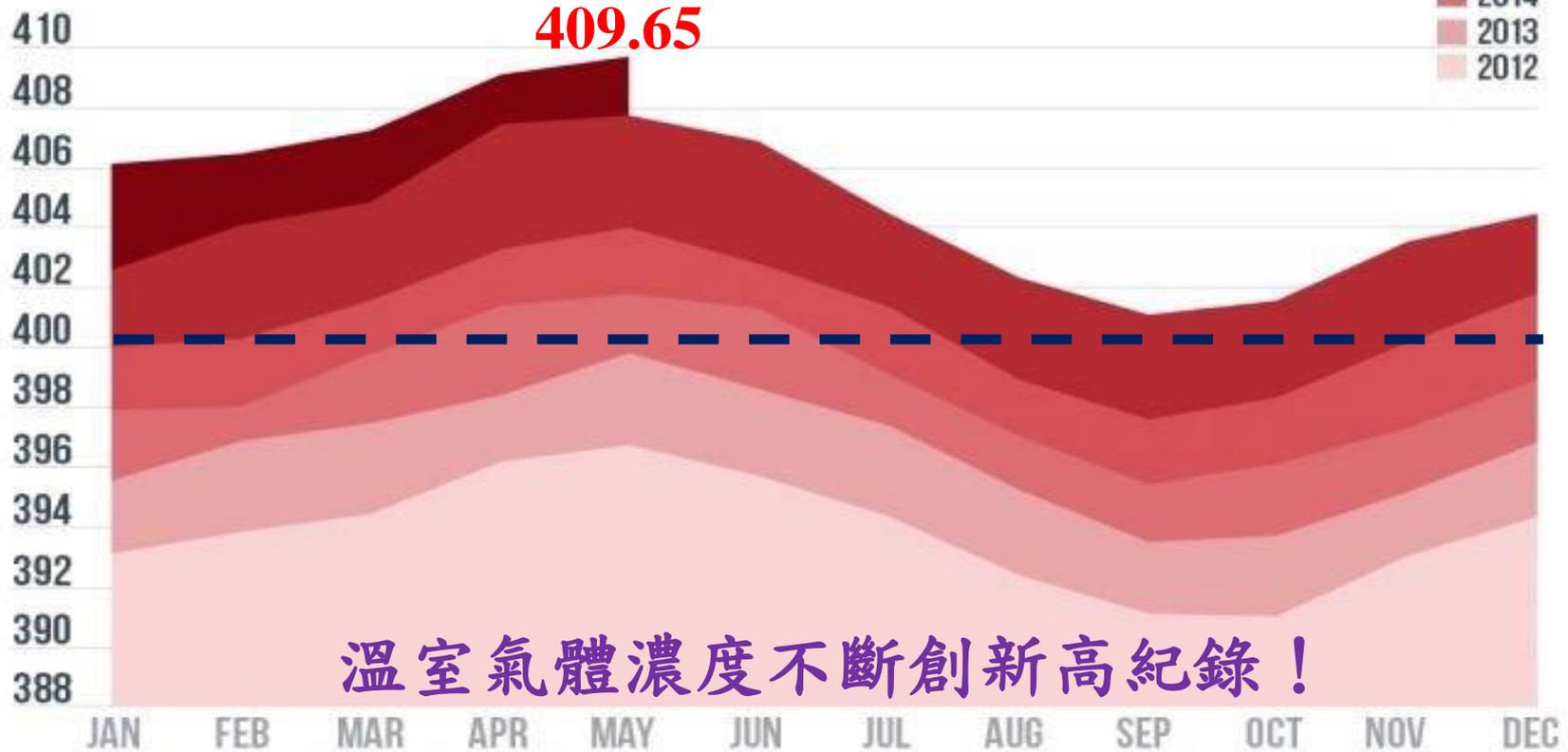
2017-4-10

# 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

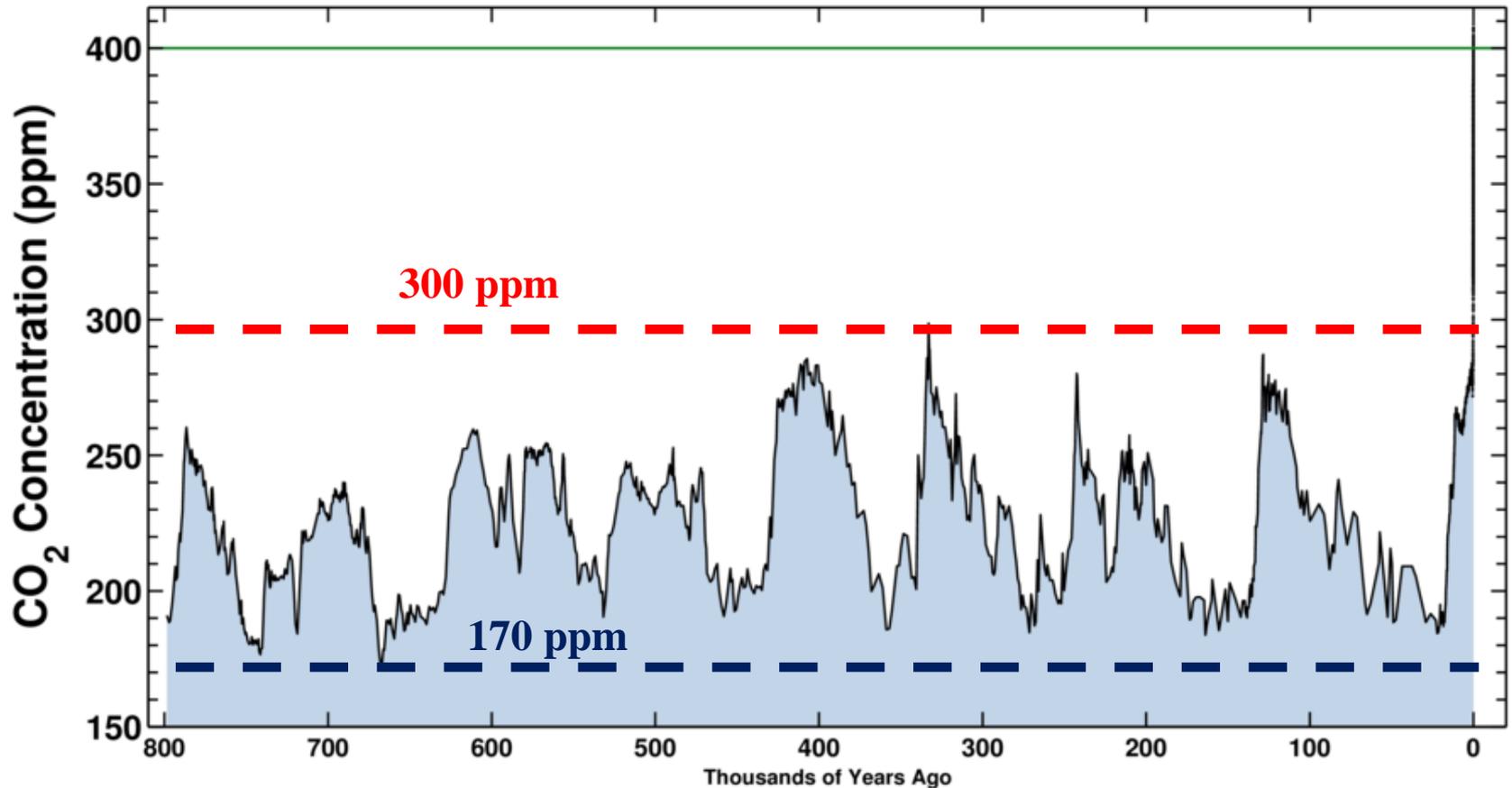
CLIMATE CO<sub>2</sub> CENTRAL

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

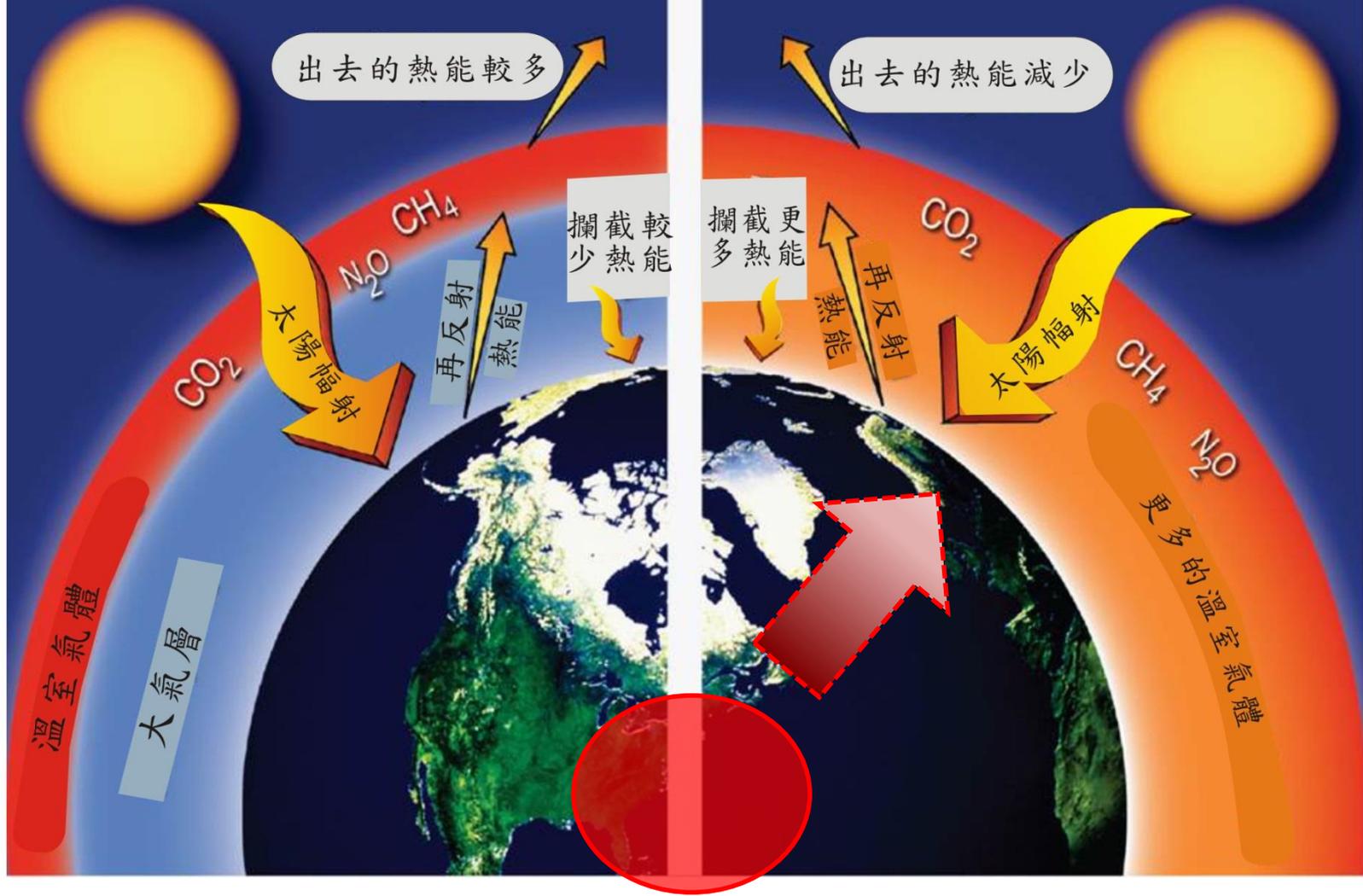
Ice-core data before 1958. Mauna Loa data after 1958.



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。

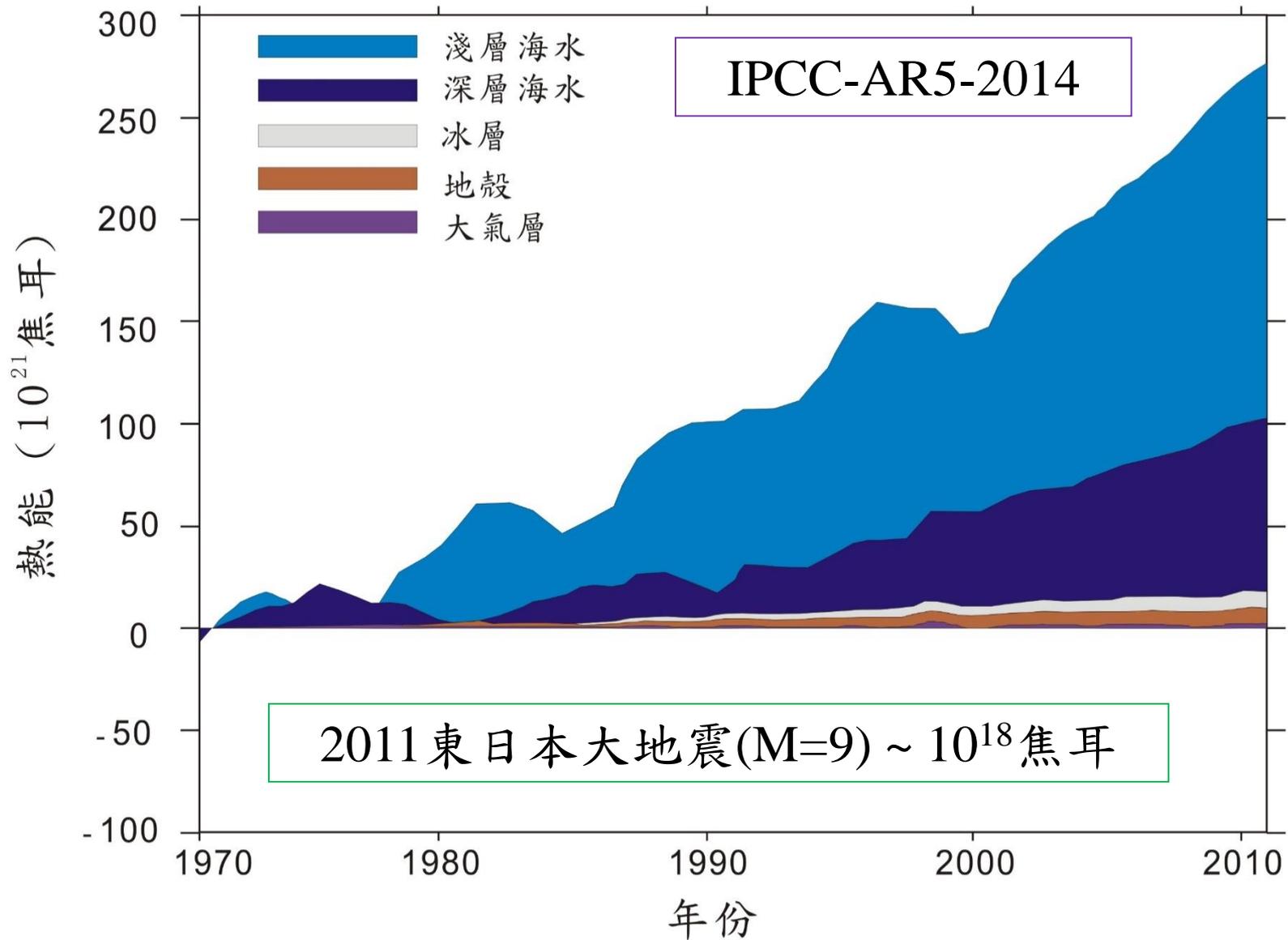
# 自然狀態

# 人為影響



濃厚溫室氣體累積的熱能，極為驚人。

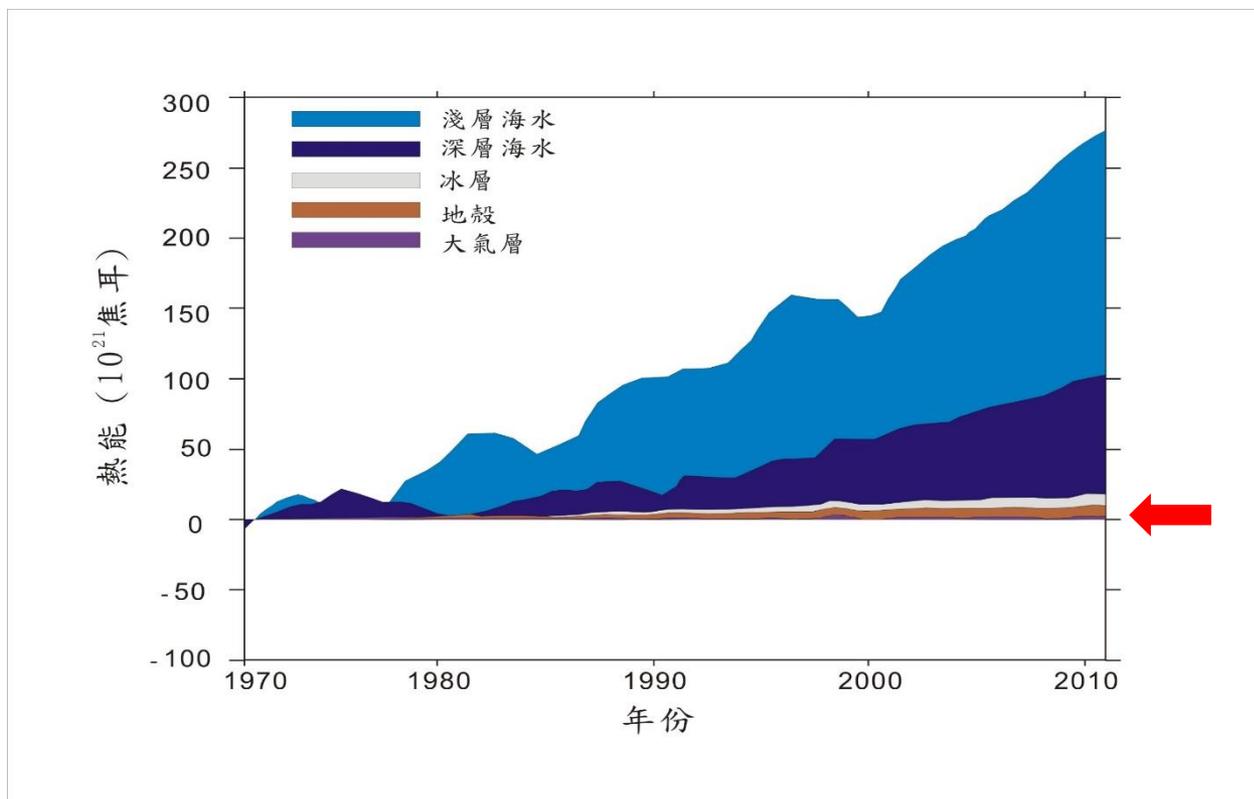
# 地球熱能的累積涵蓋海洋、冰層、地殼、大氣！



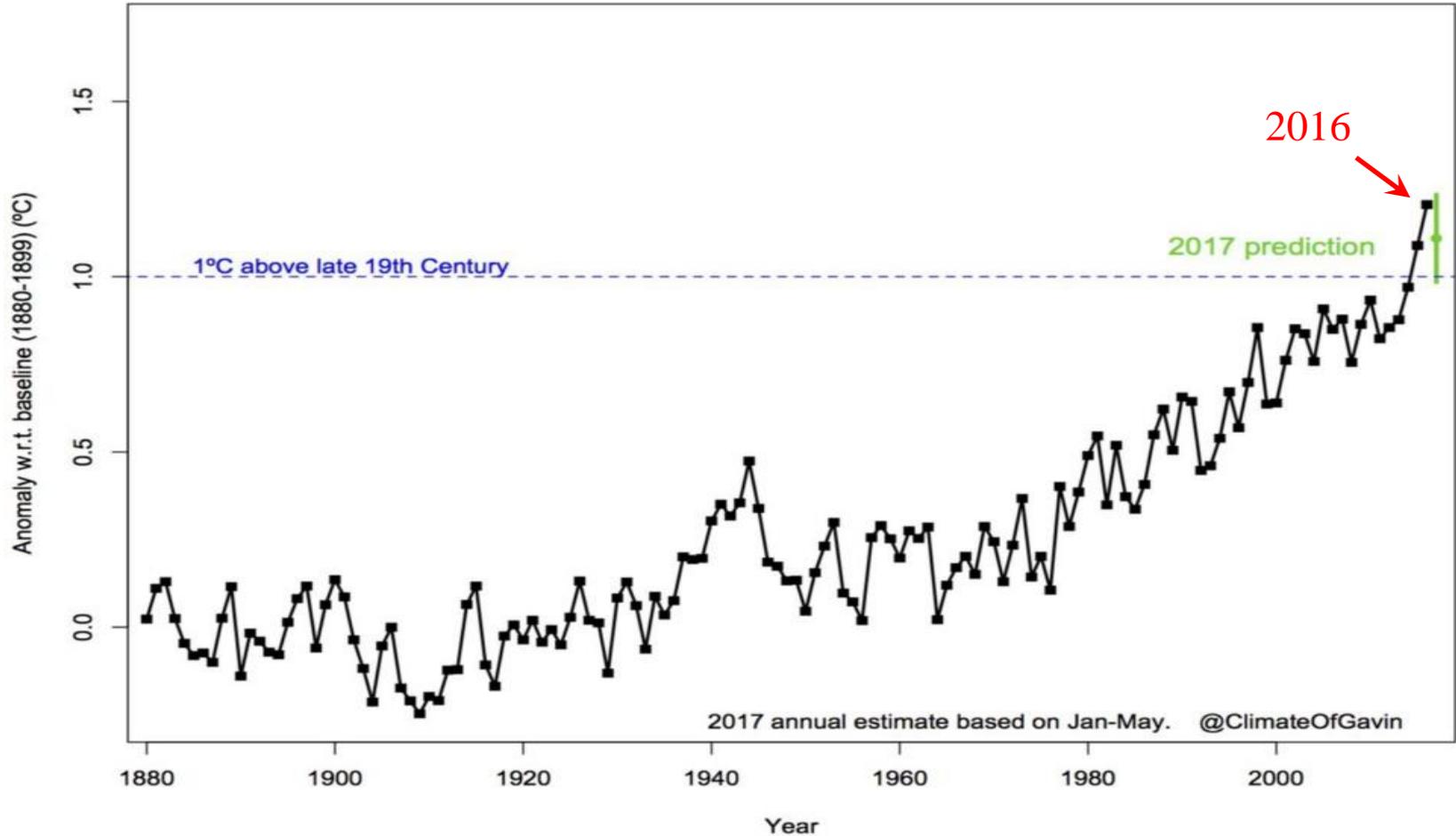
4 廣島型原子彈/秒

# 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

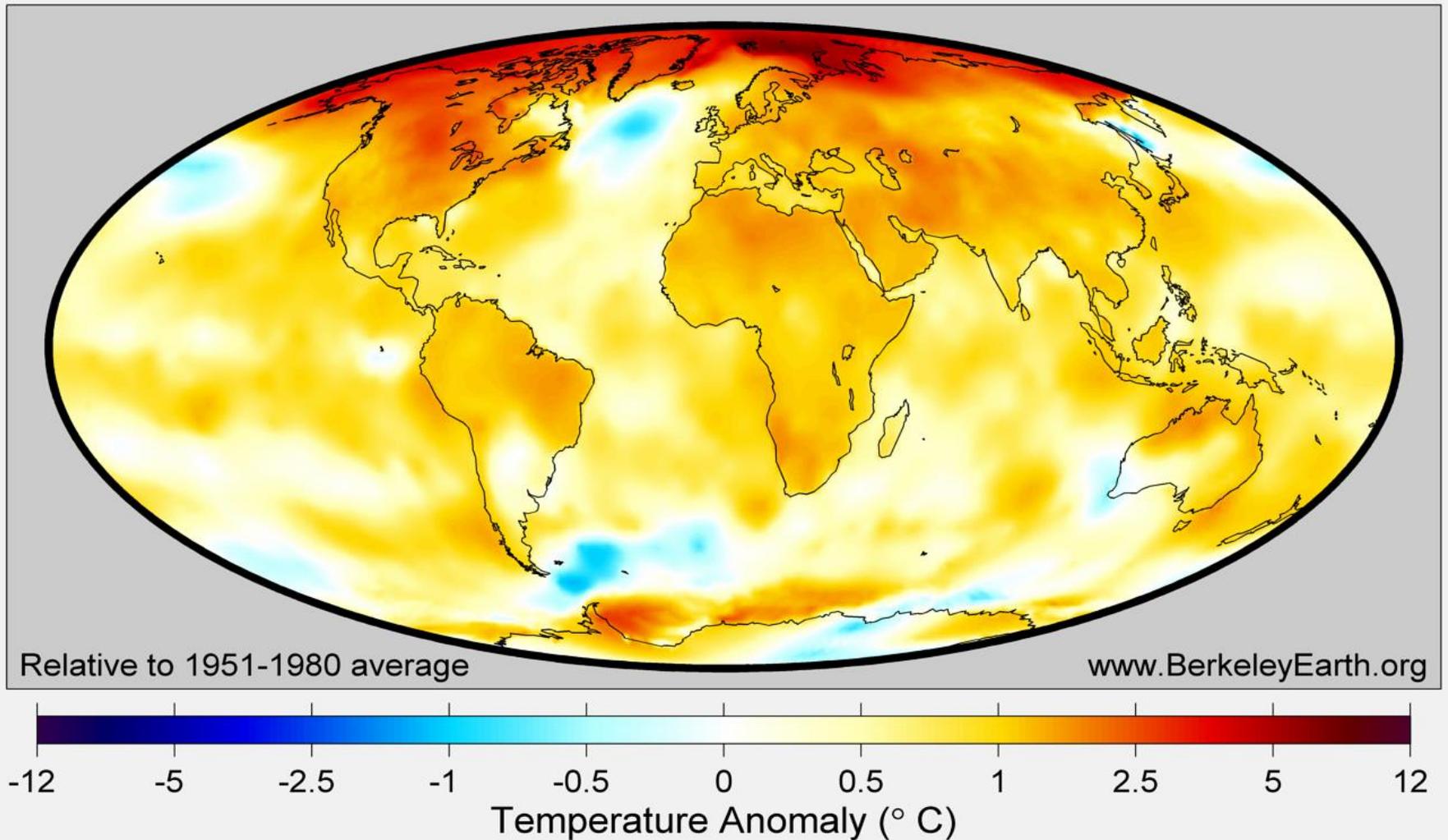


GISTEMP LOTI (incl. 2017 prediction)

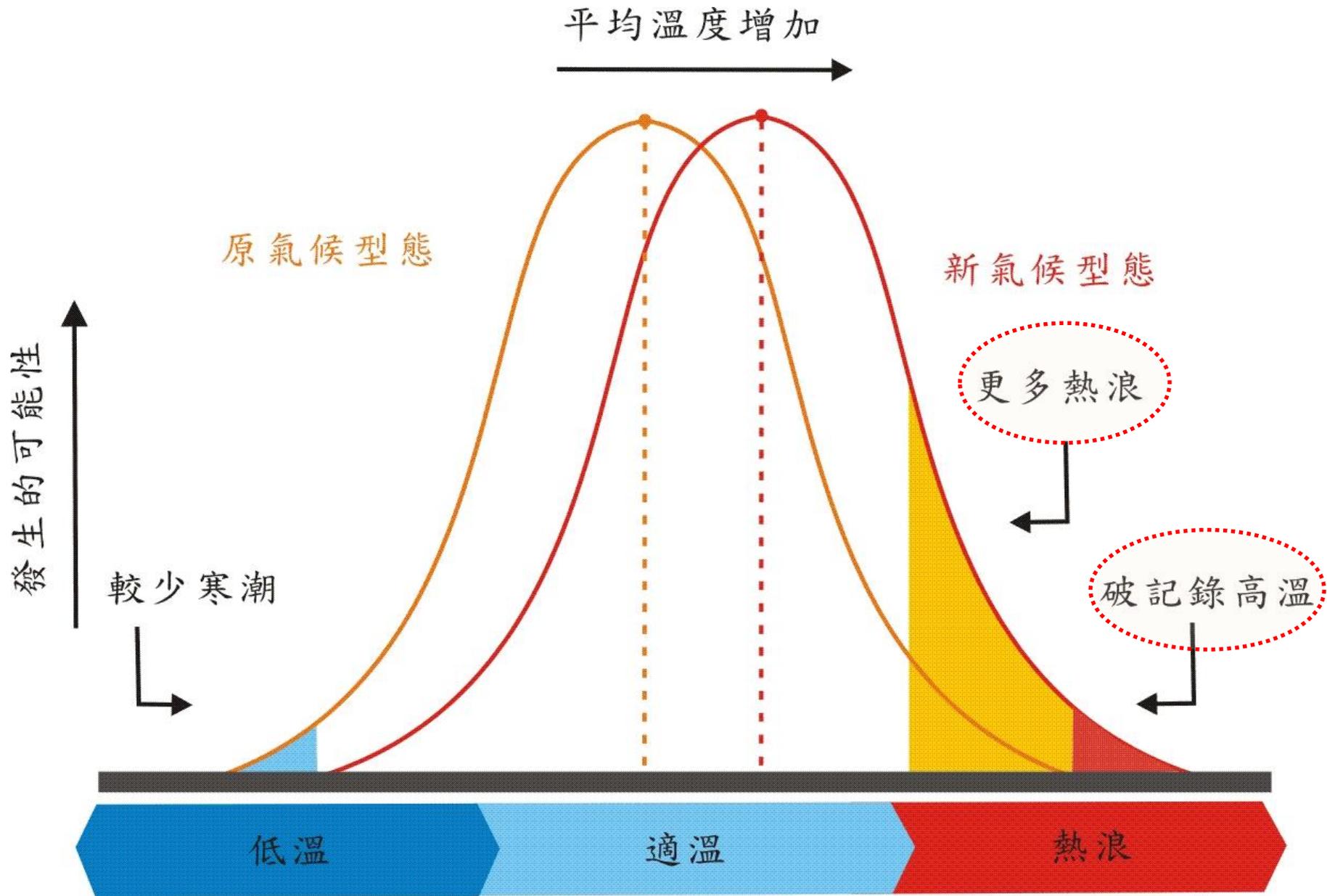


2016年世界平均溫度已經比工業革命時代的均值高出了 $1^{\circ}\text{C}$ ，是歷史新高。2015年的巴黎氣候協定目標是希望在2100年前，全球年均溫與工業革命前相比，增溫幅度不超過 $2^{\circ}\text{C}$ 。

# Berkeley Earth: January to December 2016



2016年是1880年以來地表年均溫最高的一年 (NASA)。

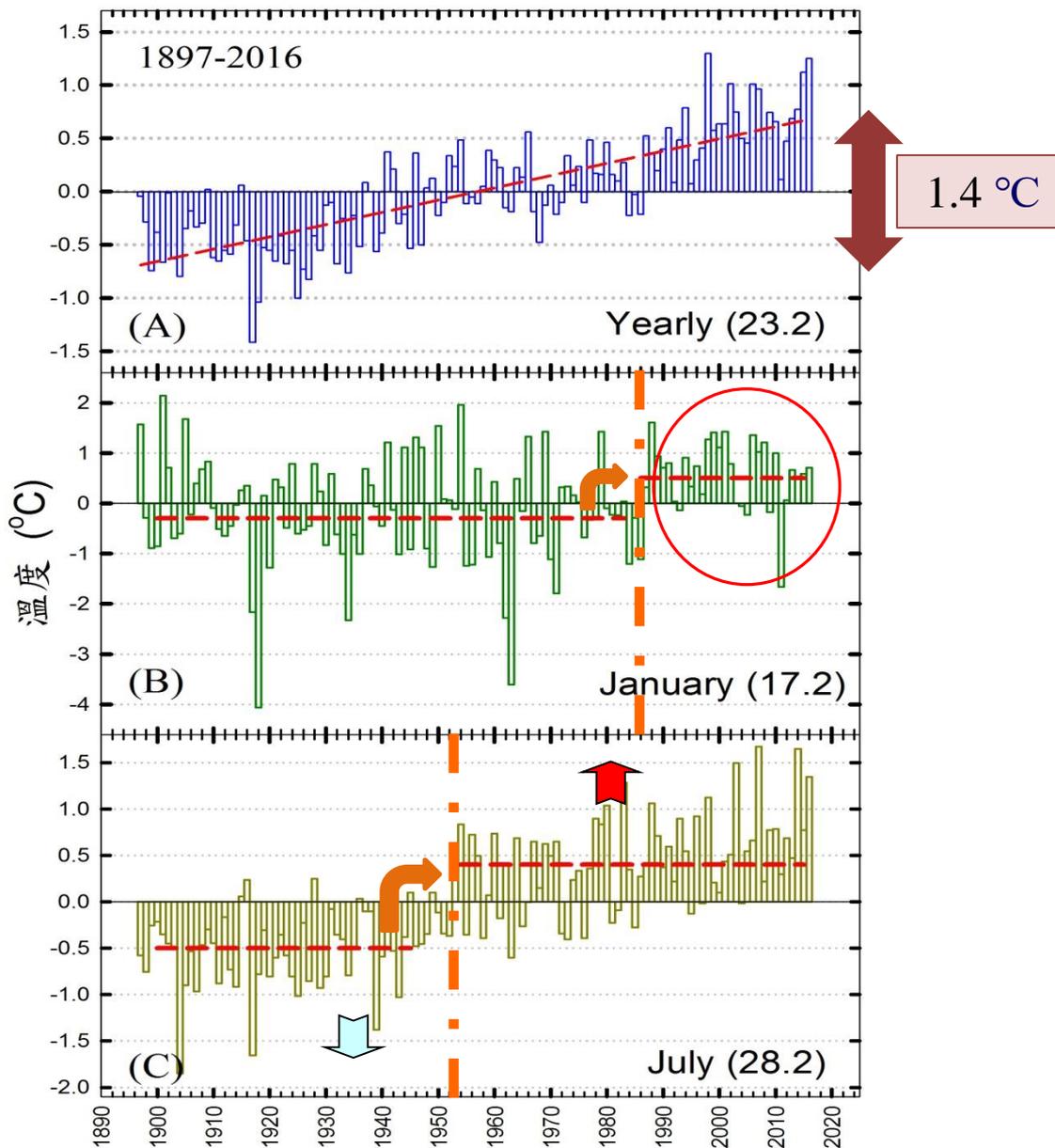


一年四季正快速變化中！

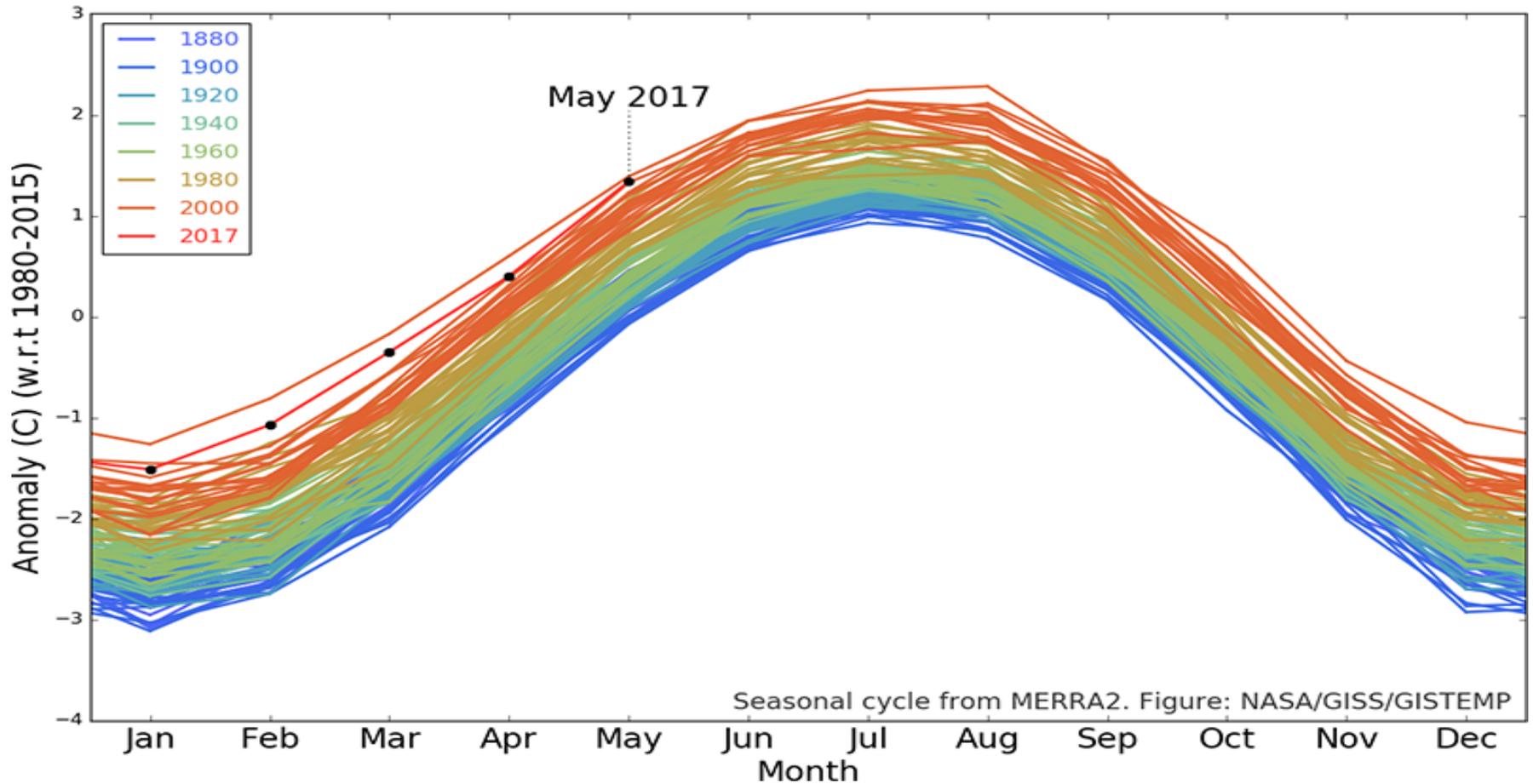
# 台灣年均溫 變化

- 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。

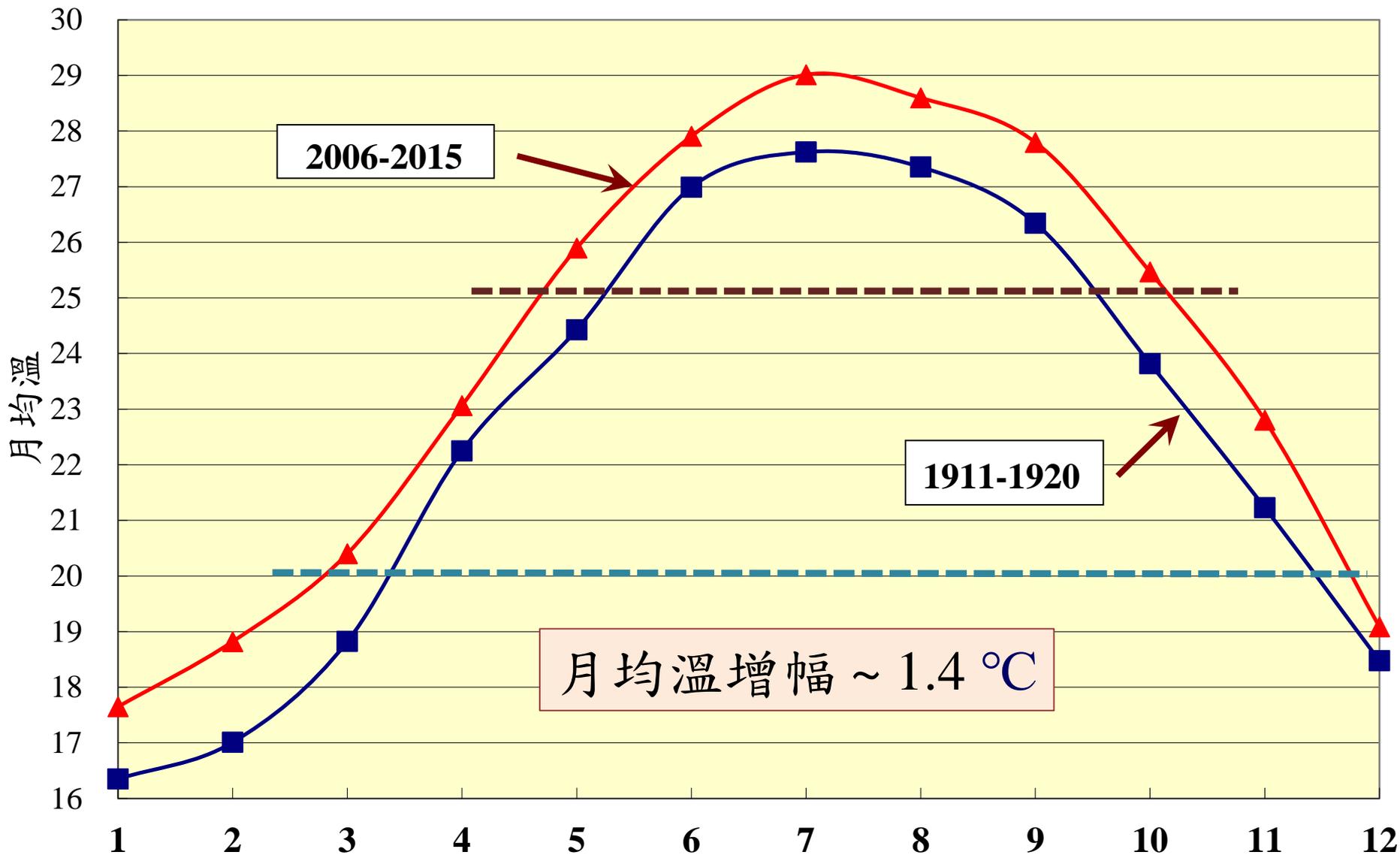
- 從一萬年前到五千年前的自然增溫率為每千年1°C
- 全球平均約有1.0°C
- 1998是百年來最暖的一年，2007與2014的夏天史上最熱。



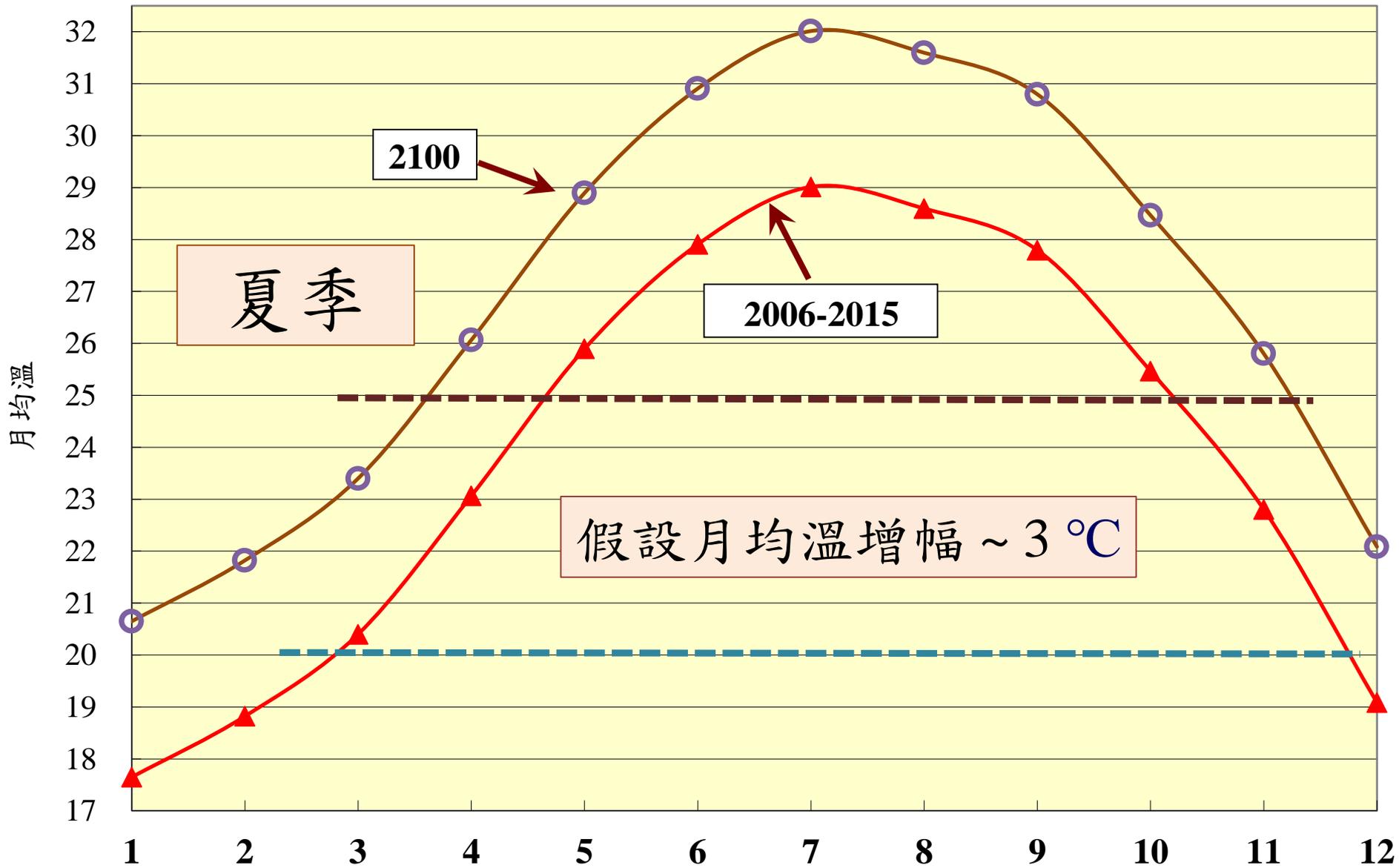
GISTEMP Seasonal Cycle since 1880



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。

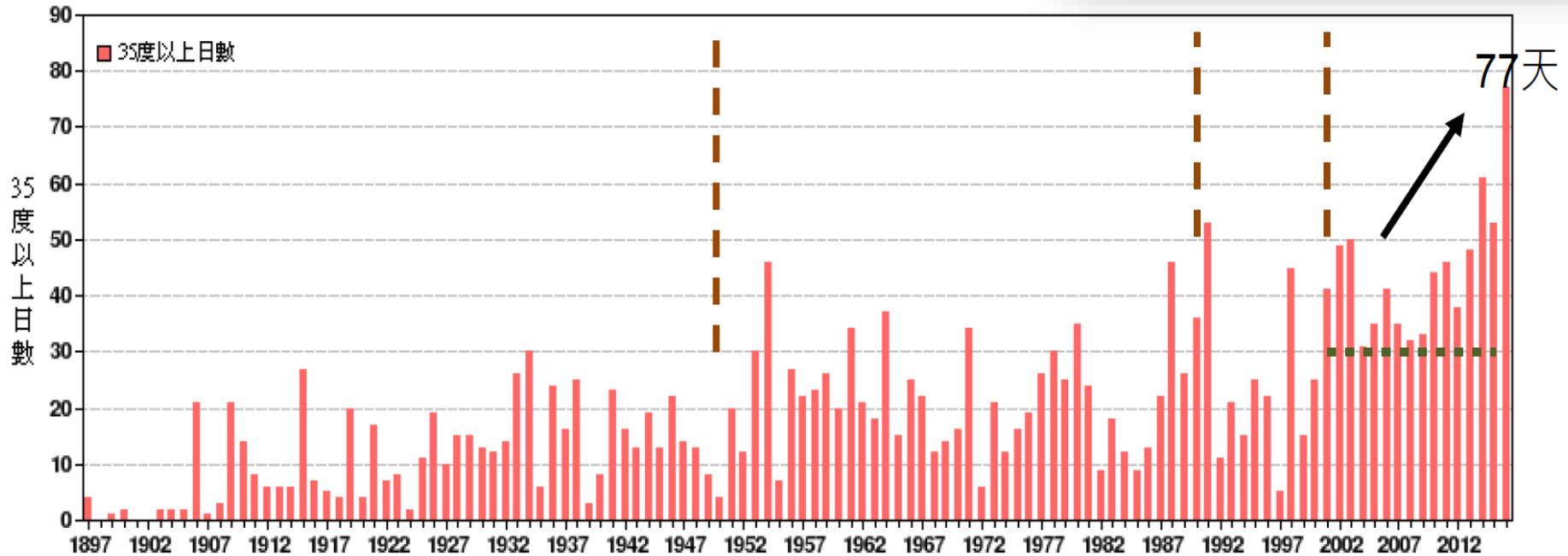


夏天的日子越來越長，也越來越熱！

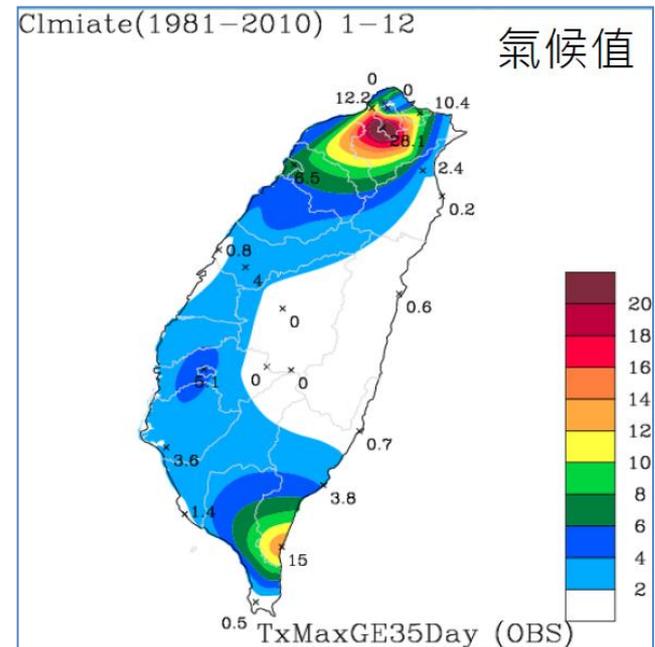


未來將有難以想像的夏季，冬季也消失了！

# 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。

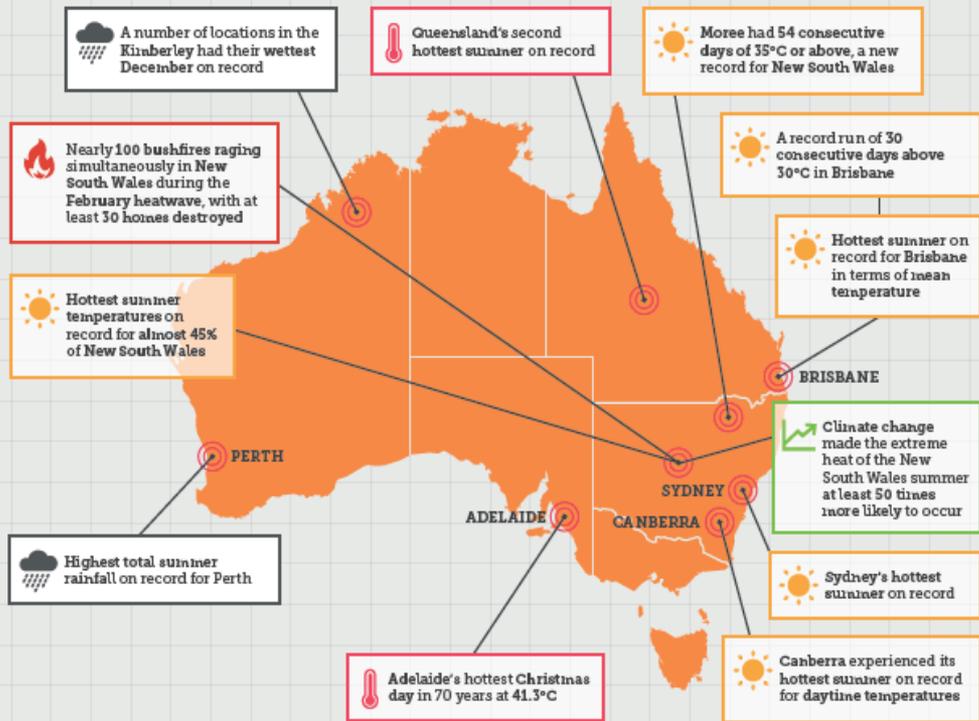


# 2016/17 ANGRY SUMMER

IN JUST 90 DAYS OVER 205 RECORDS BROKEN

Snapshot of the 205+ records from the summer of 2016/17:

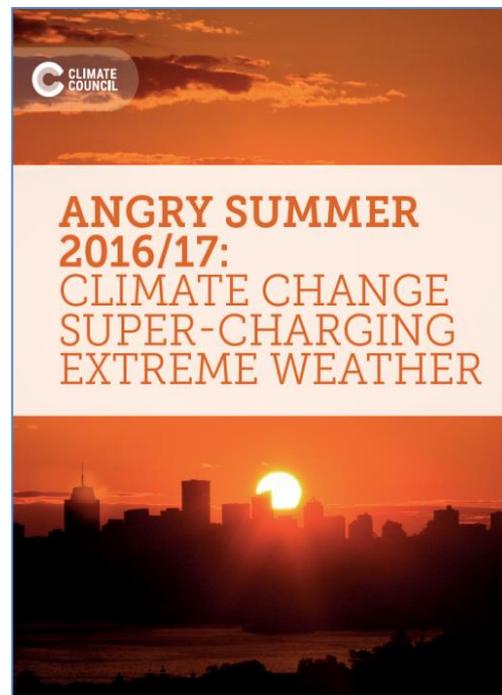
|  |  |   |
|--|--|---|
| Record highest summer rainfall: 89 locations | Record highest summer temperatures: 66 locations | Record number of summer days 35°C or warmer: 50 locations |
|--|--|---|



LEGEND

- Temperature Record
- Heavy Rainfall Record
- Temperature Fact
- Bushfire Fact
- Climate Fact

今年澳洲的整個夏日被比喻為“憤怒的夏天”，飽受極端天氣的折磨。澳洲氣候委員會3月8日發佈的報告顯示，今年夏季僅90天裡出現的極端天氣，就打破了205項氣象記錄，十分罕見。澳洲“氣候委員會”（Climate Council）在報告中指出，12月到2月澳洲這個夏季充斥著強烈的熱浪、酷熱的天氣、澳洲中部東部的森林火災以及西部的大暴雨和洪水。



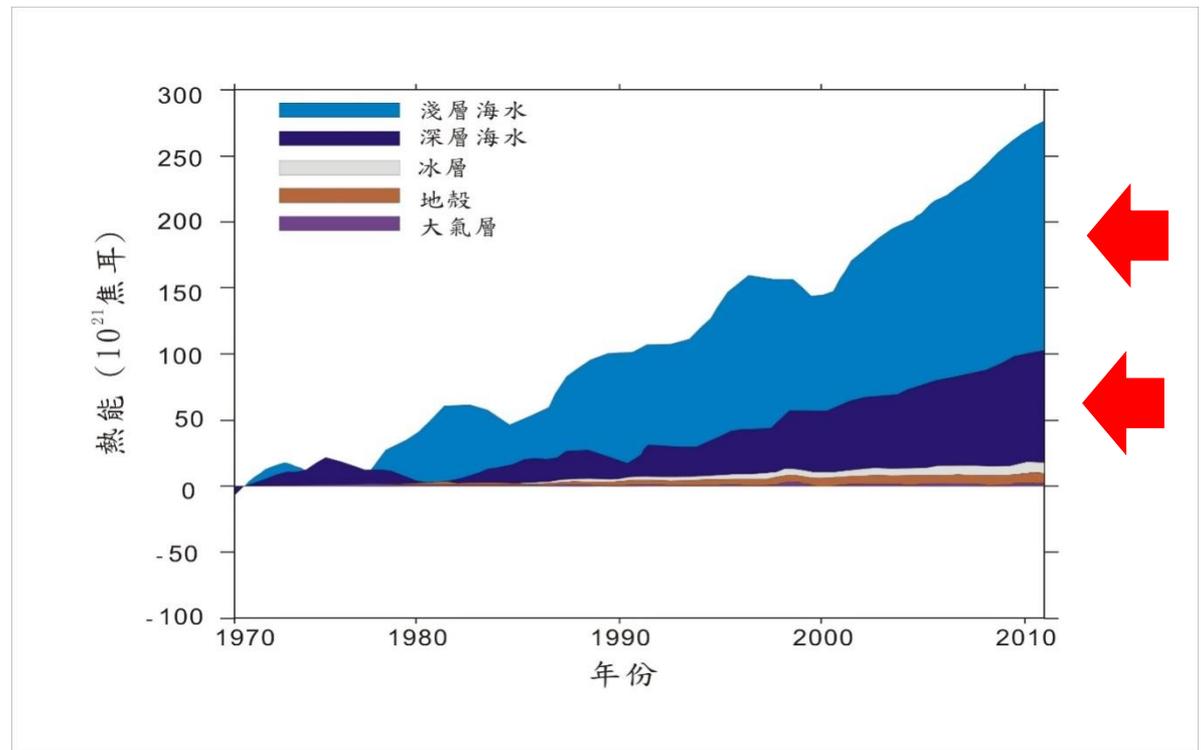


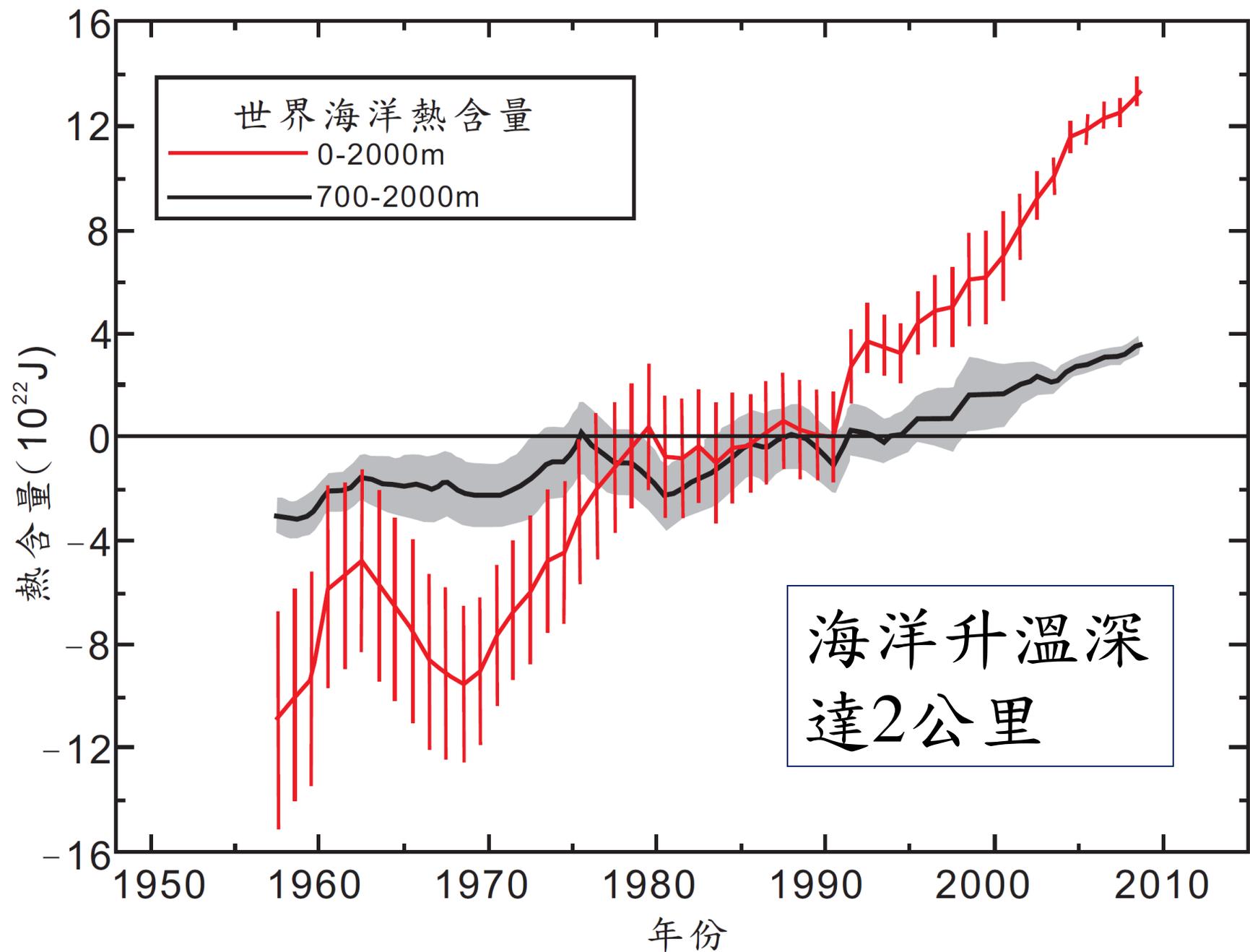
由義大利博埃里工作室（Boeri Studio）所打造的「垂直森林」（Bosco Verticale）正在改變米蘭的天際線。藉由將大量的植栽與大樓牆面整合，重新創造了因建築工程而損失的綠地。也因此榮獲2014年國際摩天大樓建築獎，被評選為世上最美最有創意的高樓。種植在牆面上的植物可以過濾塵埃、吸收二氧化碳排出氧氣，在炎熱的夏季調節微氣候、為大樓降溫。

2014-12-5

# 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

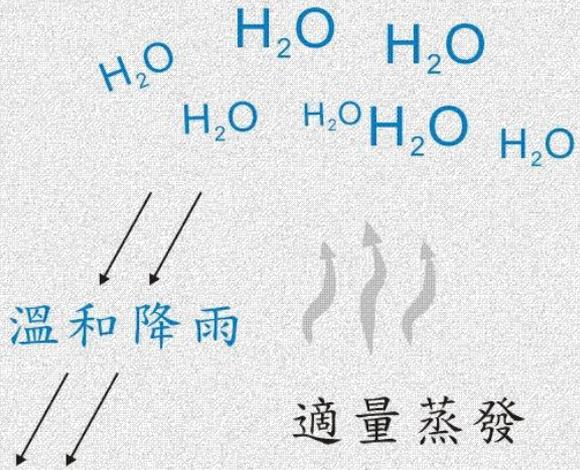






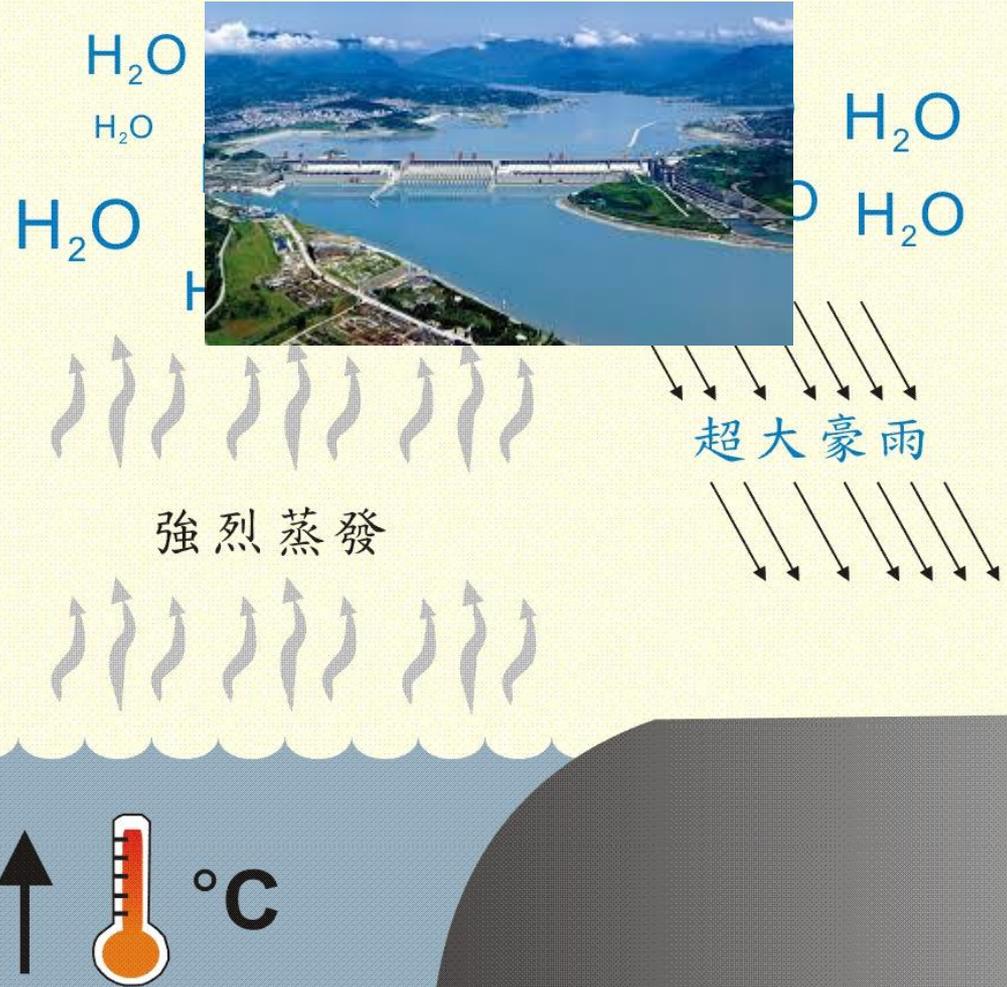
增溫的大氣與海洋，增強了二者之間的交互作用，造成屢破紀錄的豪雨及強風。

暖化前



7%/1°C

暖化後



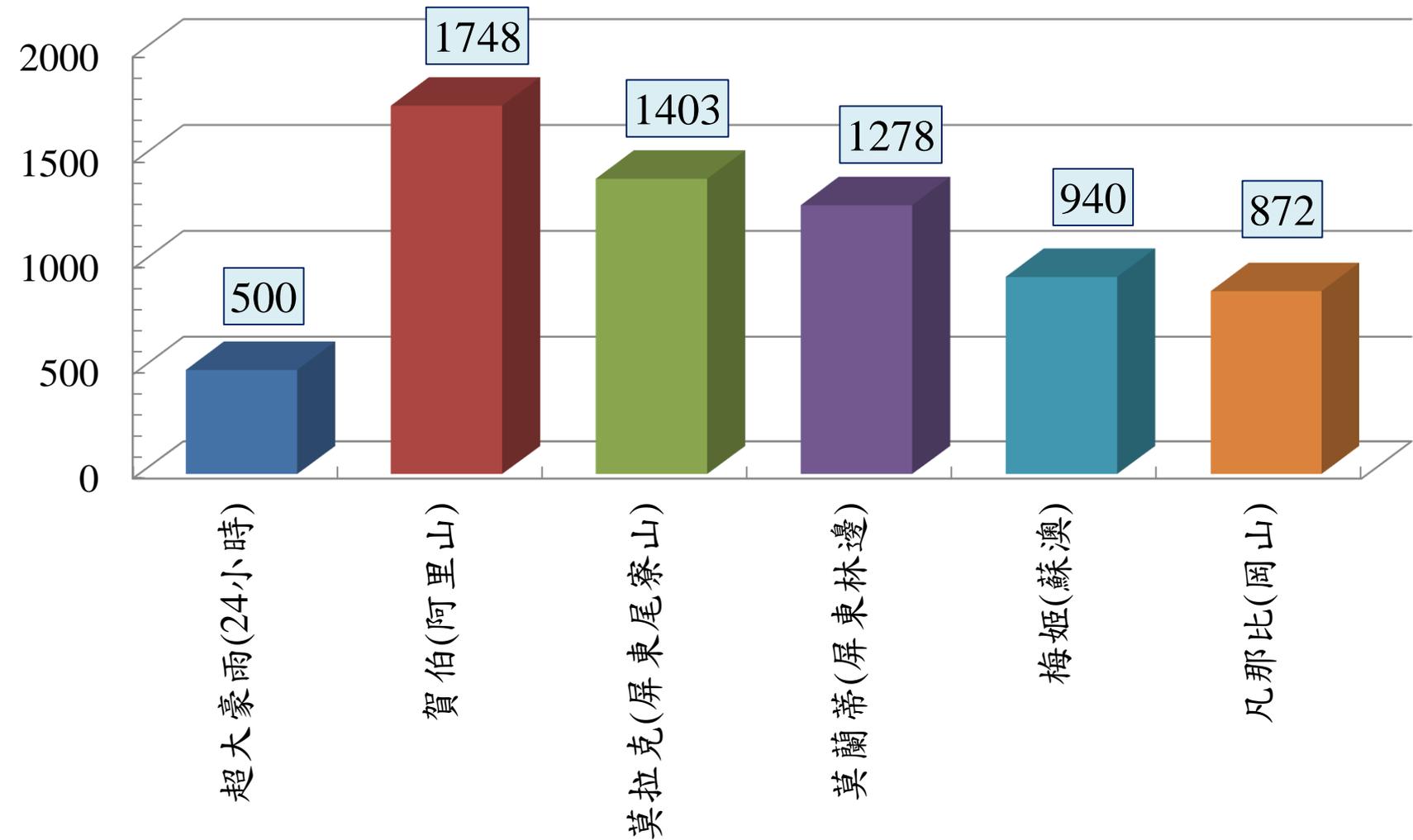
高溫的大氣及海洋帶來更多的豪大雨！

影響面積



# 日雨量

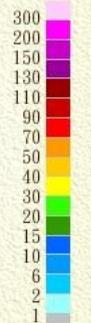
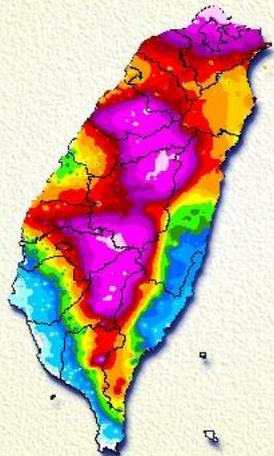
毫米



臺灣地區的日雨量節節攀升！

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

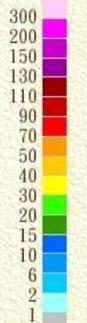
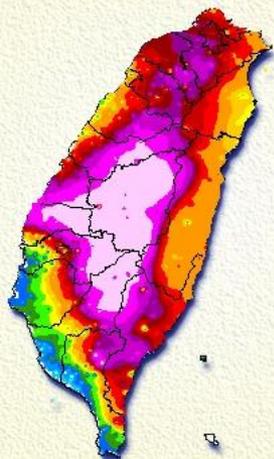
累積雨量圖  
毫米 (mm)



中央氣象局製

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

累積雨量圖  
毫米 (mm)

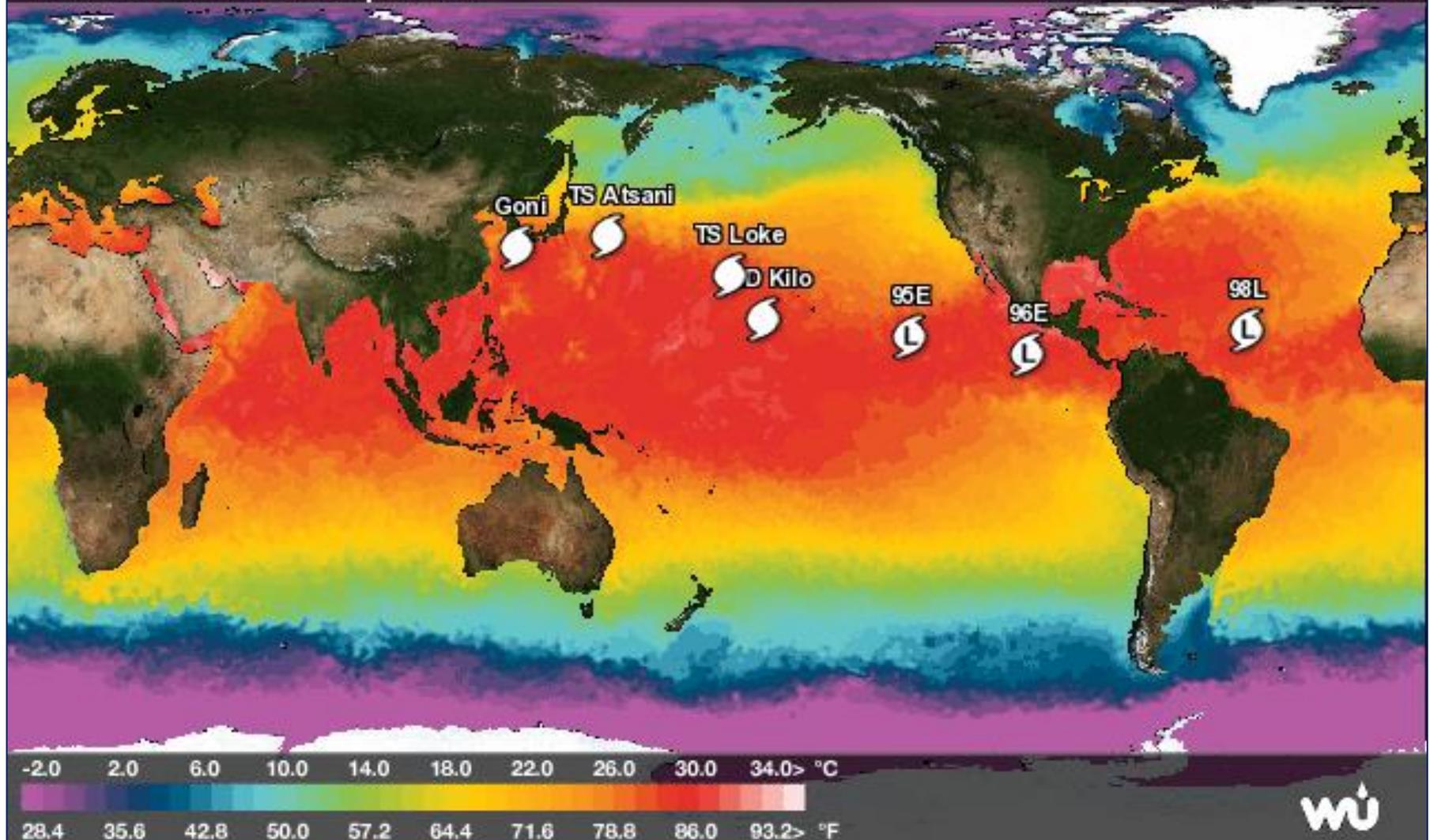


中央氣象局製



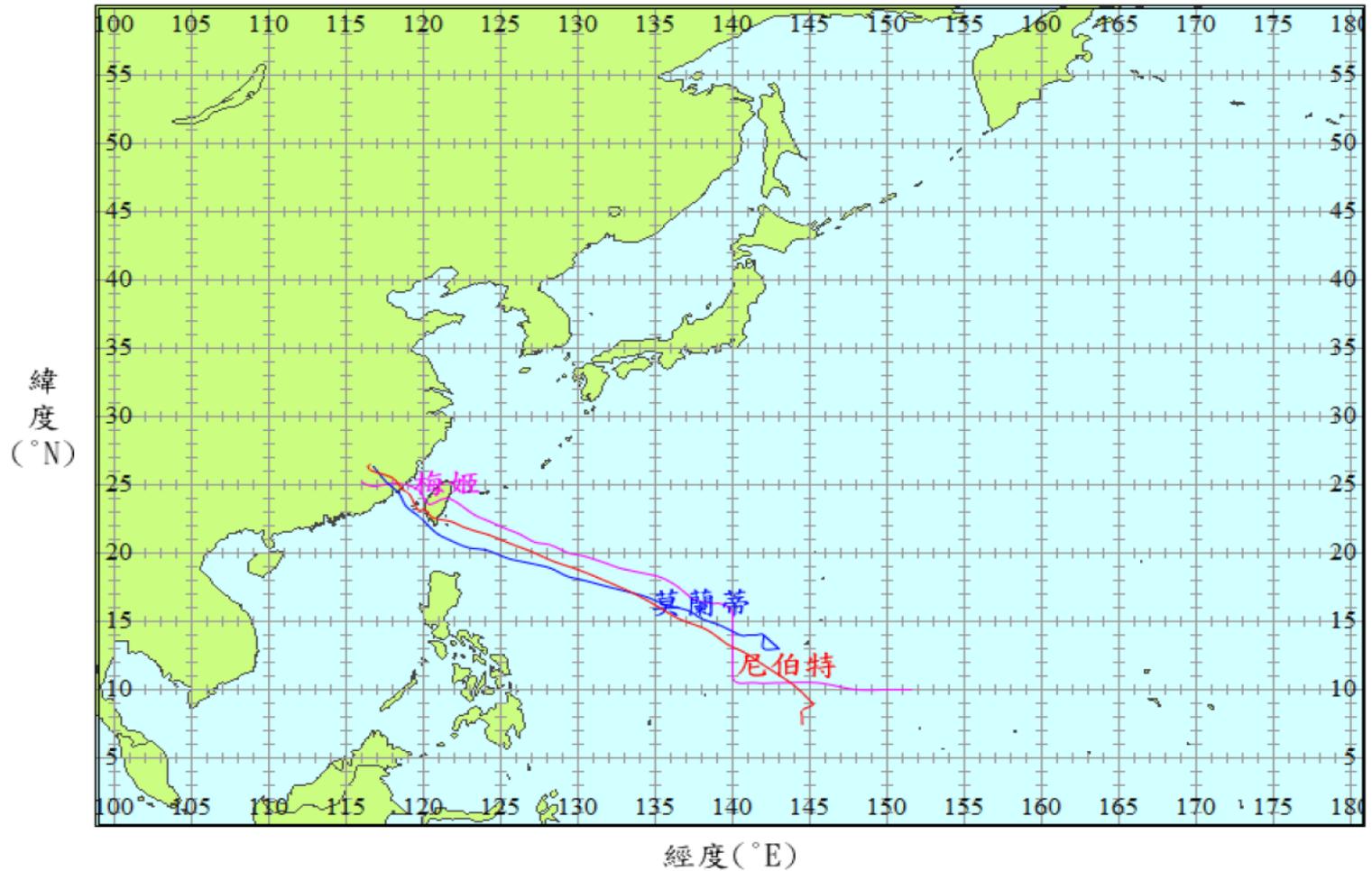
(網上圖片)

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。

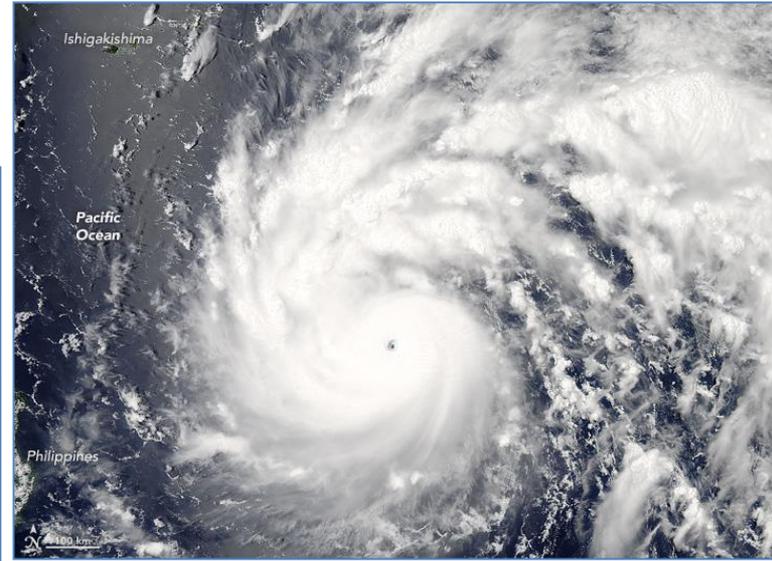


2015年八月24日，太平洋與大西洋同時有7個颱風及熱帶低氣壓形成，是海洋暖化升溫的警訊。

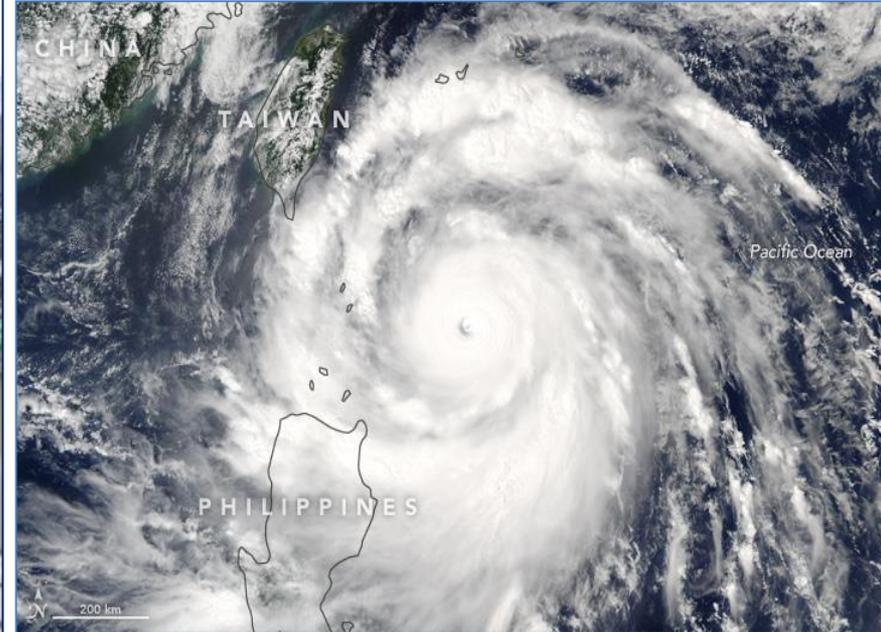
2016年7月-2016年10月 北太平洋西部海域侵臺颱風路徑圖



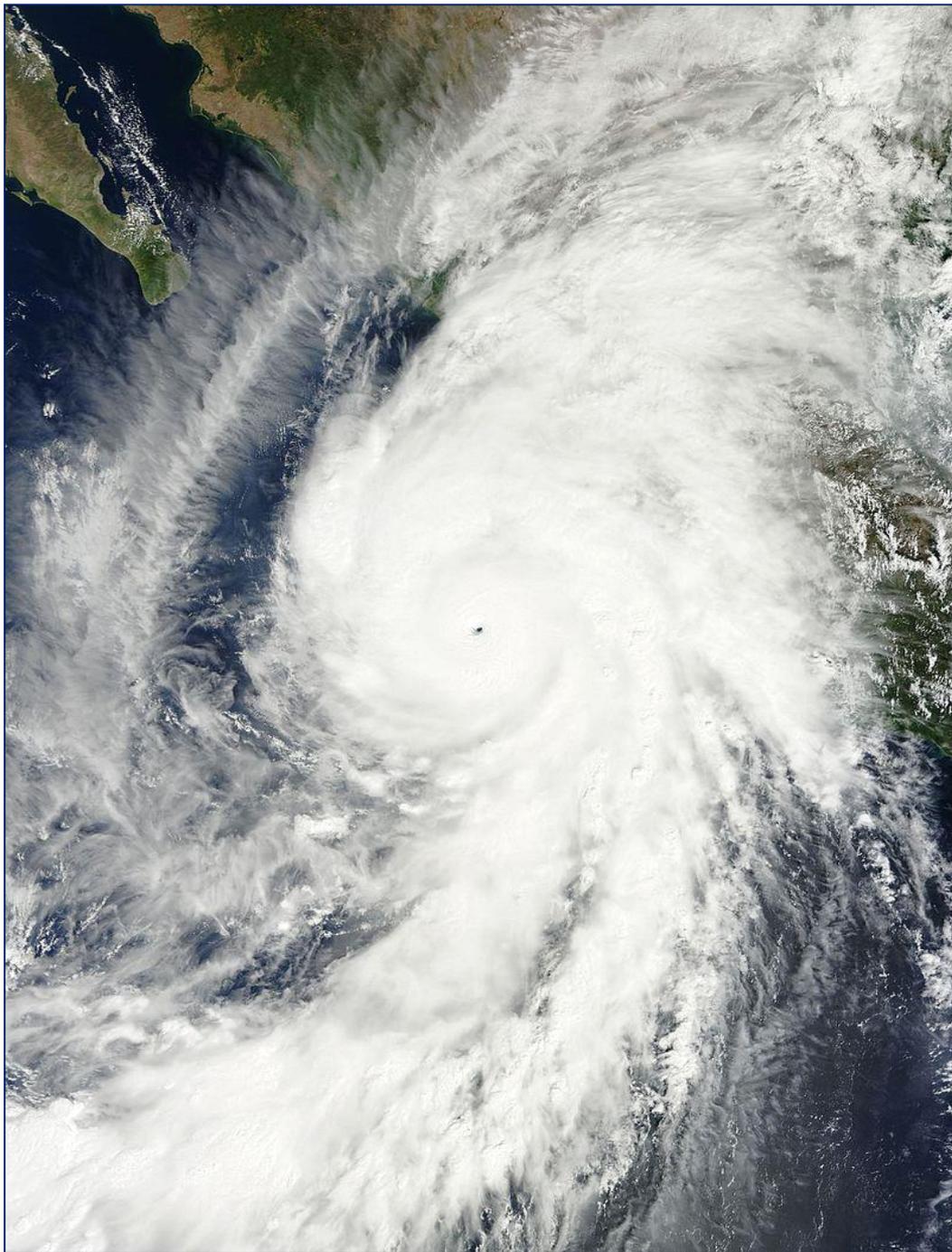
2016年侵臺的3個颱風，每個都帶來極大的威脅與衝擊，也造成40多億的經濟損失。



七月初的第一個強烈颱風**尼伯特**以接近巔峰的強度登陸臺東，最大陣風到達破紀錄的17級(~205km/hr)，建築物遭受大量損壞，飛脫的招牌、巨型廣告牌散落路面，不少車輛被吹翻，甚至連火車車廂也遭吹倒，街上滿目瘡痍，損失慘重。



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

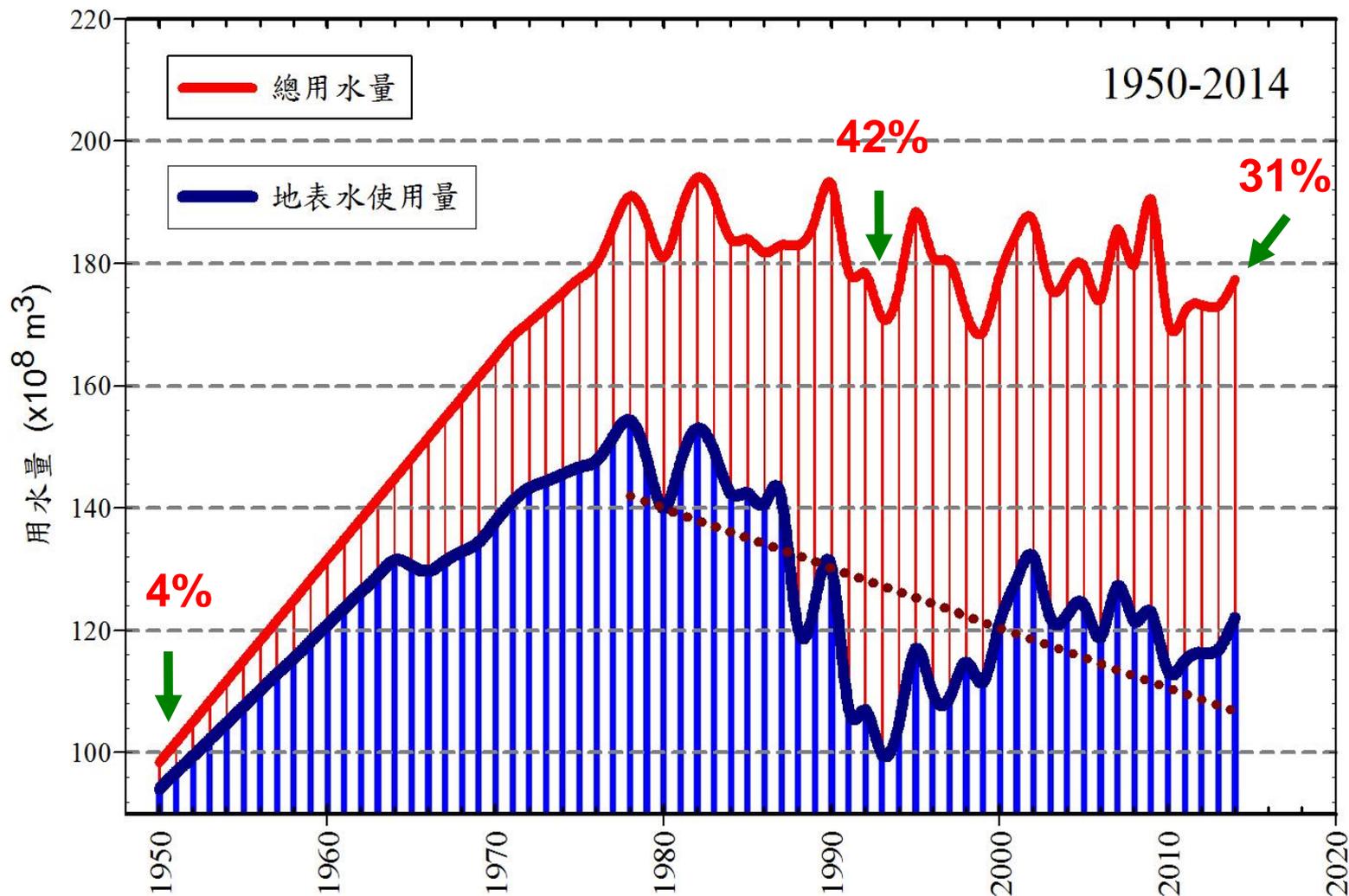
馬修 Matthew 2016/9 → 220 km/h

尼伯特 Nepartak 2016/7 → 205 km/h



# 台灣用水量 的增長

- 台灣的河水引用量在1978年時達到最高峰，之後就逐漸下降。
- 影響河水引用的因素是自然降雨量減少及河川汙染增加。





## China

### Floods 2016

Overall losses: **US\$ 28bn**

Uninsured portion: **98%**

Costliest flood year since 1998

(US\$ 33bn in 2016 values)



2016年夏季中國長江中下游地區洪澇災情加劇，持續的暴雨導致安徽、江西、貴州等11個省份約2700萬人受災，200多人死亡或失蹤。

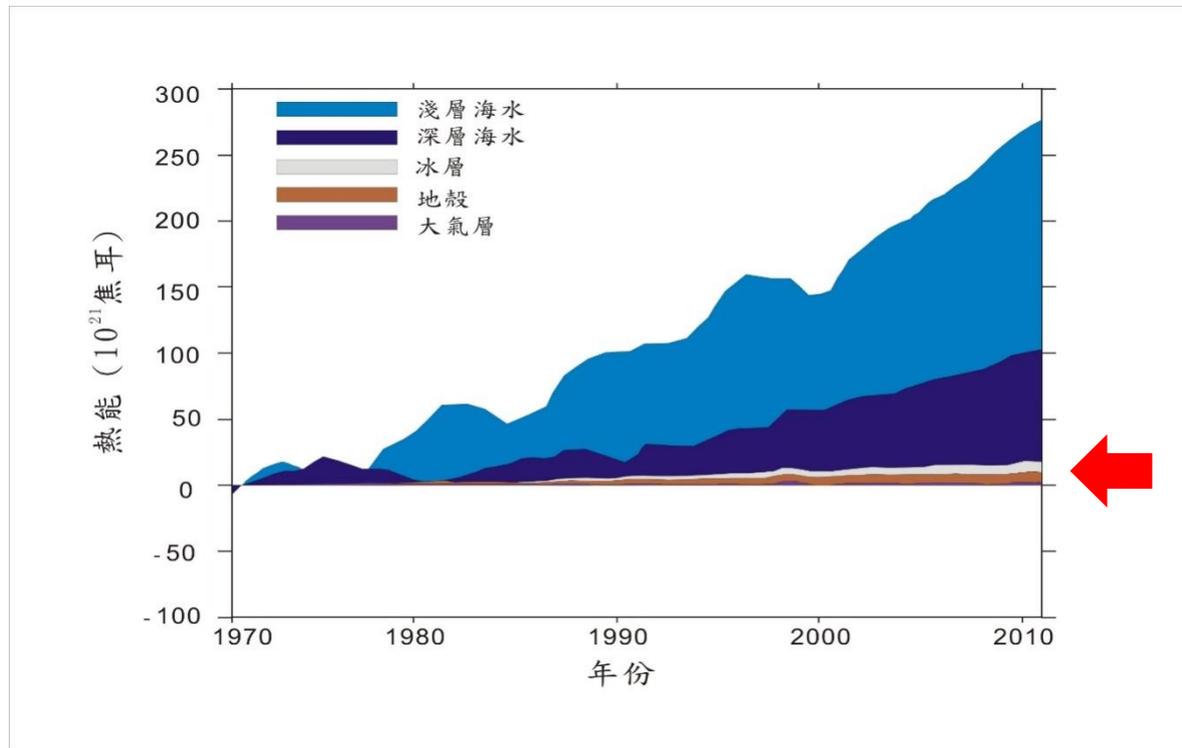


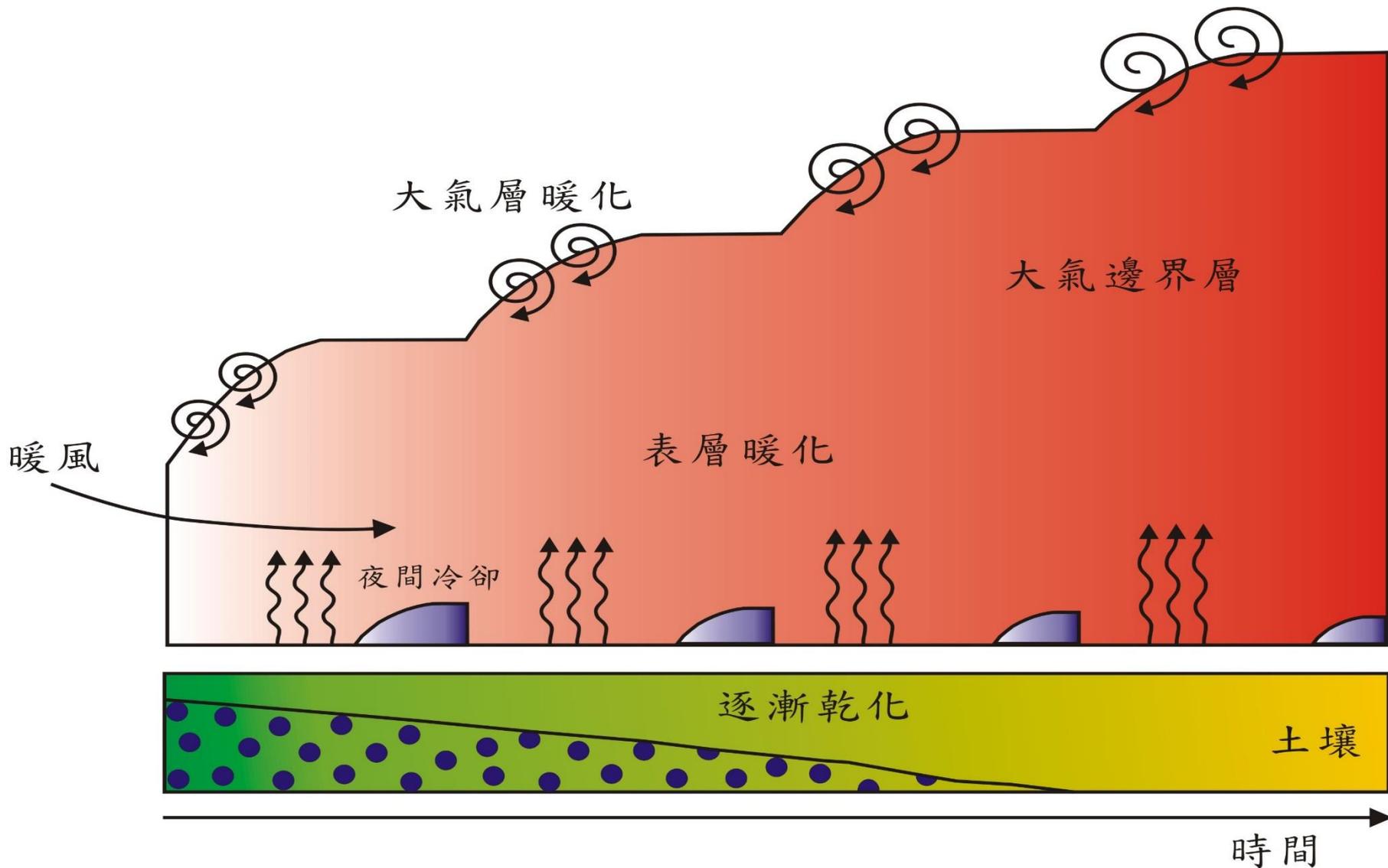
England 2014-Jan

自然災害不論是規模還是尺度，都超越過去的紀錄與經驗，我們要以全新的思維與作法去因應。例如，在洪氾區，低樓層盡量要淨空，機電設施要置放在高樓層；各種形式的防災設施都要準備好。

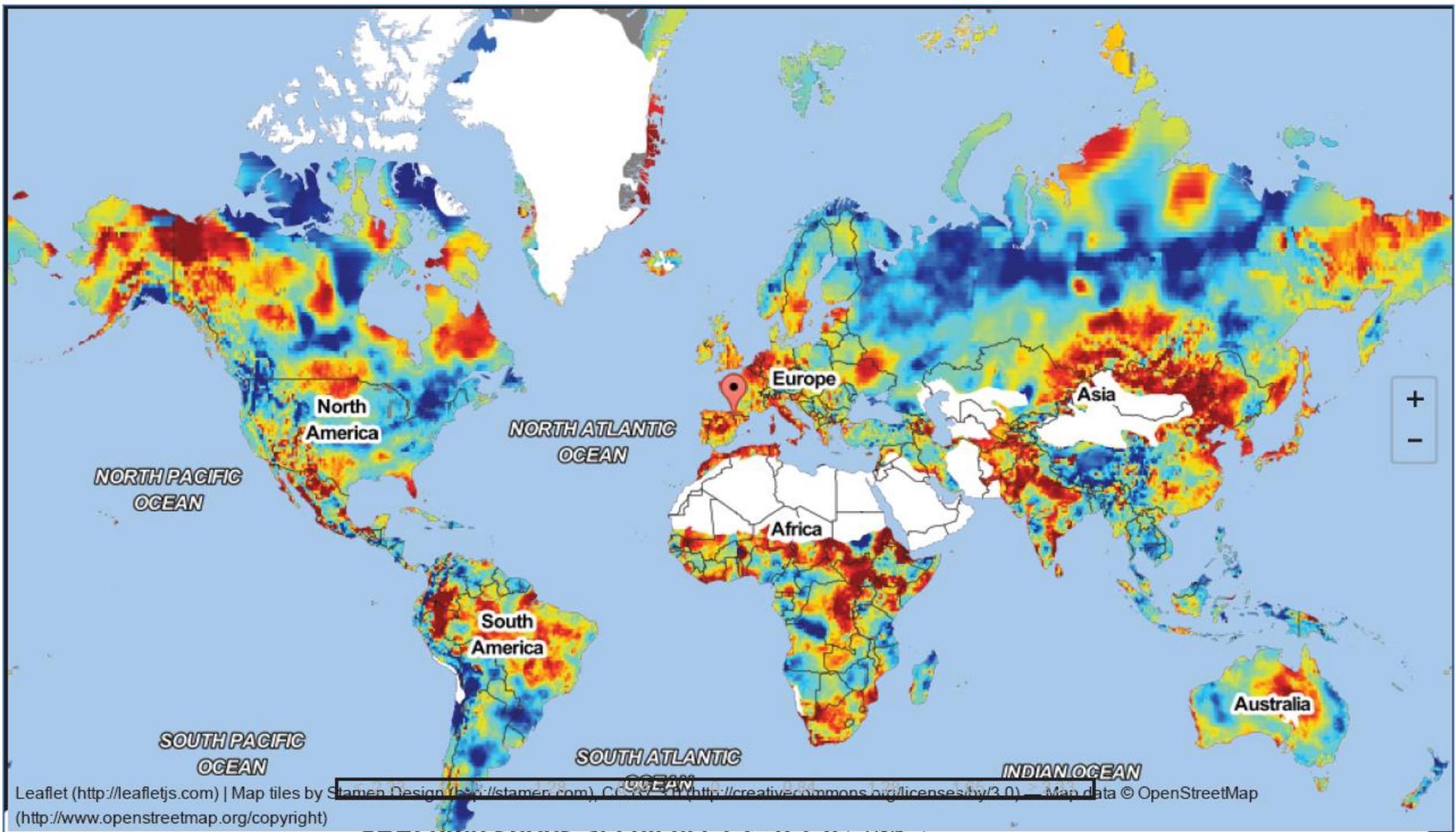
# 地殼的暖化趨勢與影響

- 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

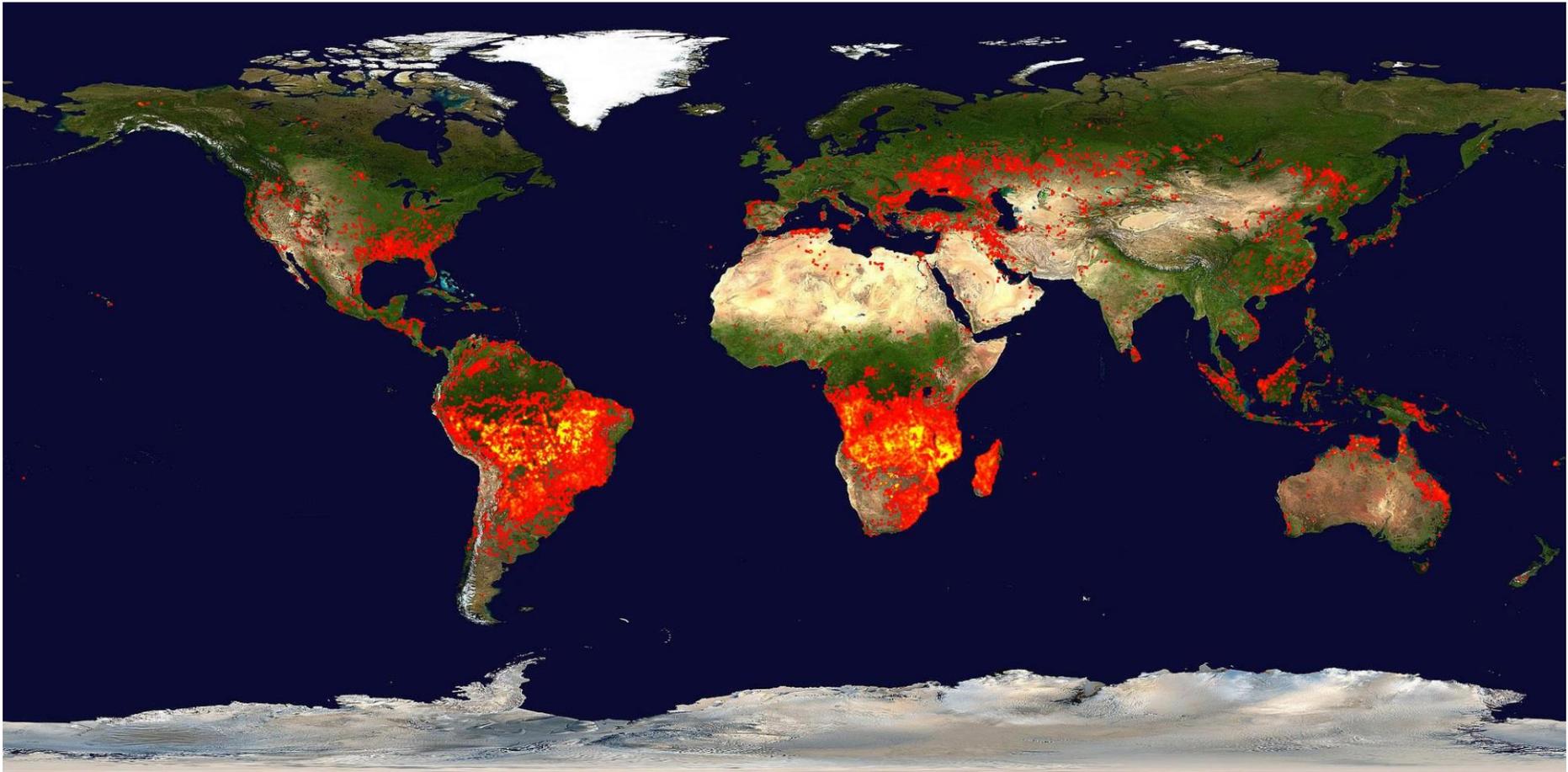




土壤升溫將造成夜間冷卻效果降低，大氣溫度加速上升，地表乾化程度加深。

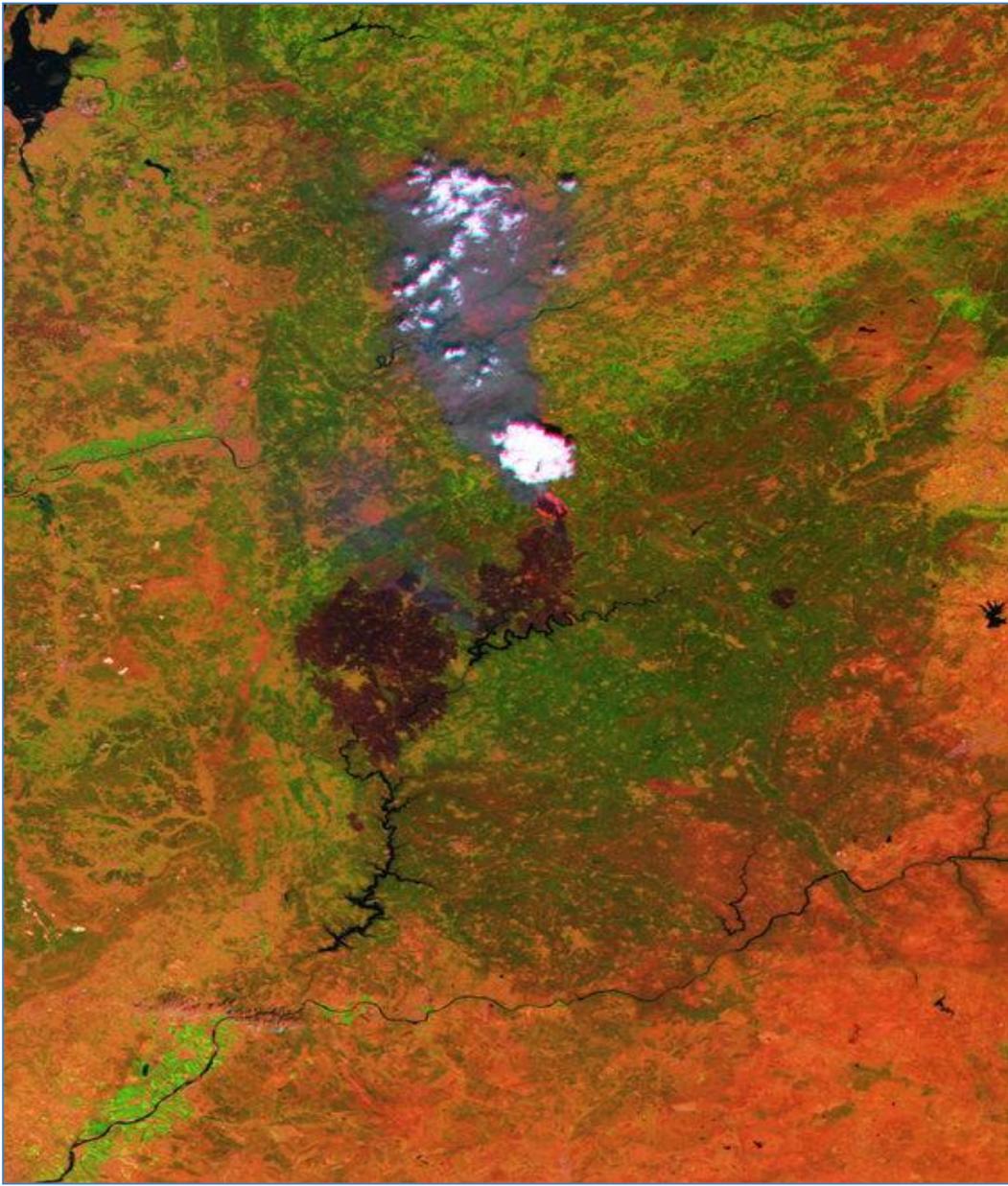


2017年5月世界乾旱分布圖，涵蓋一半以上的陸地面積，顯示未來農業生產前景堪慮。  
(<http://spei.csic.es/map>)

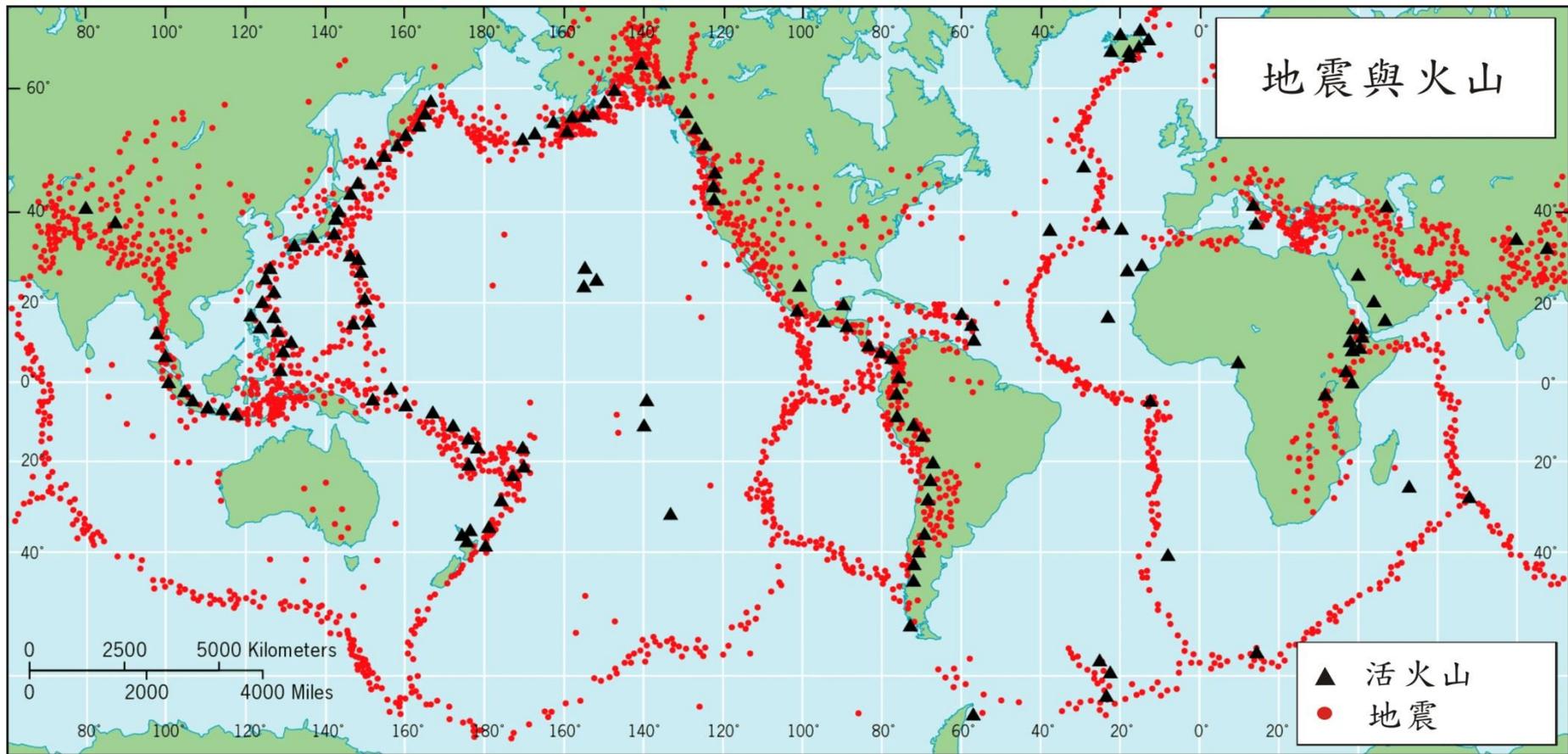


美國NASA衛星影像忠實的反映高溫及乾旱的後果之一：四處蔓延的森林野火。

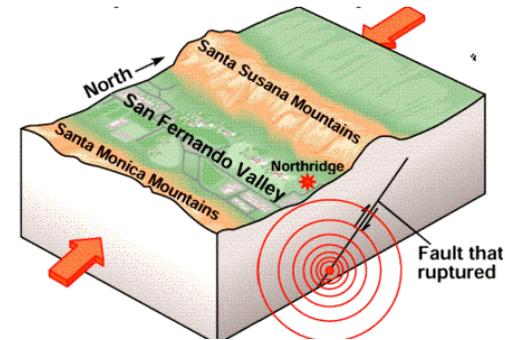
<http://www.global-warming-forecasts.com/wildfires-climate-change-fire-forest-fires.php>

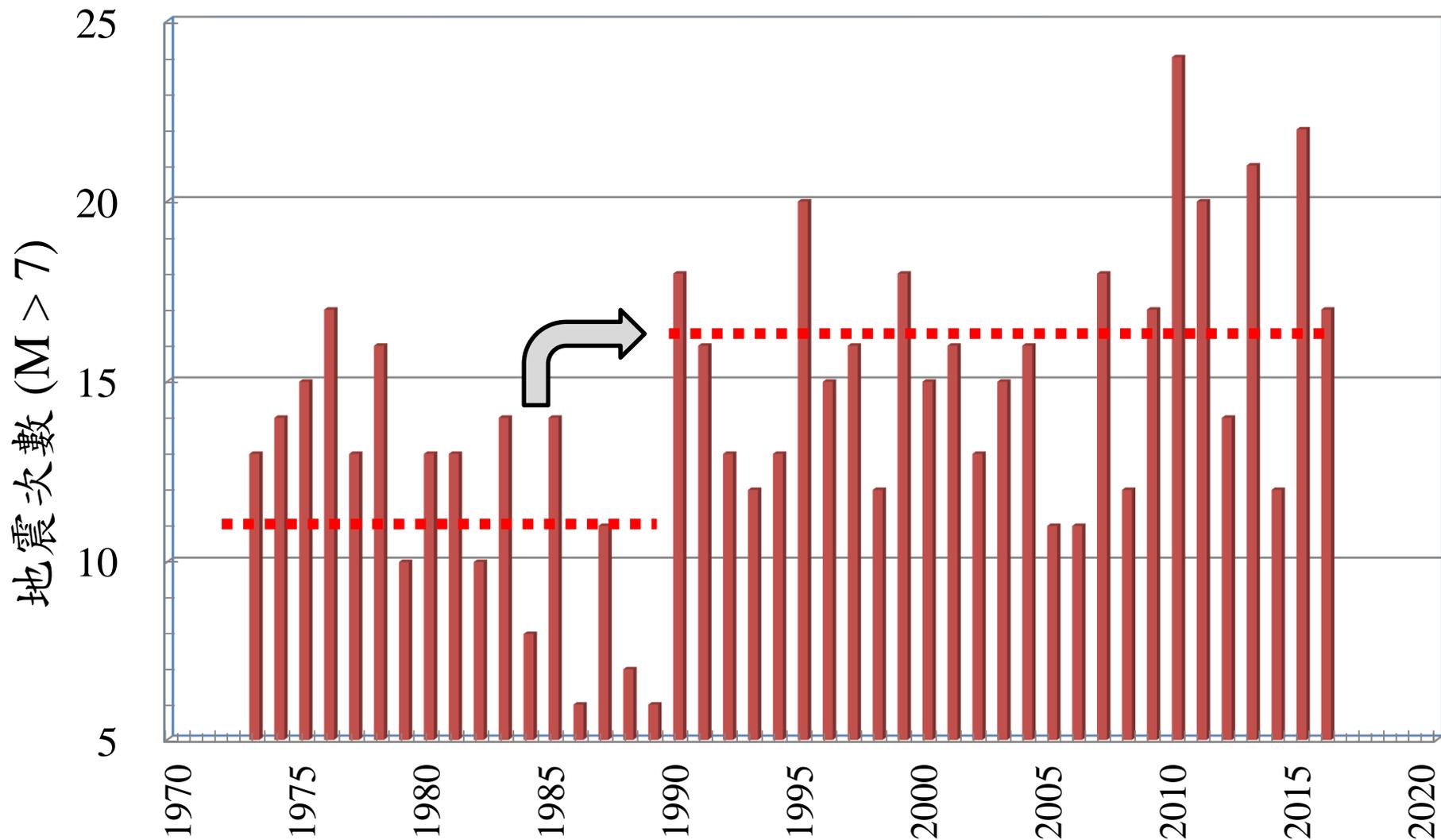


2017年6月17至18日間的葡萄牙中部發生一系列森林大火，導致至少64死135傷，大多數死傷發生於大佩德羅岡進行撤離時，大火跨過該段道路。葡萄牙官方動員1,700名以上消防人員救災，總理宣布為期三天的全國哀悼。



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。

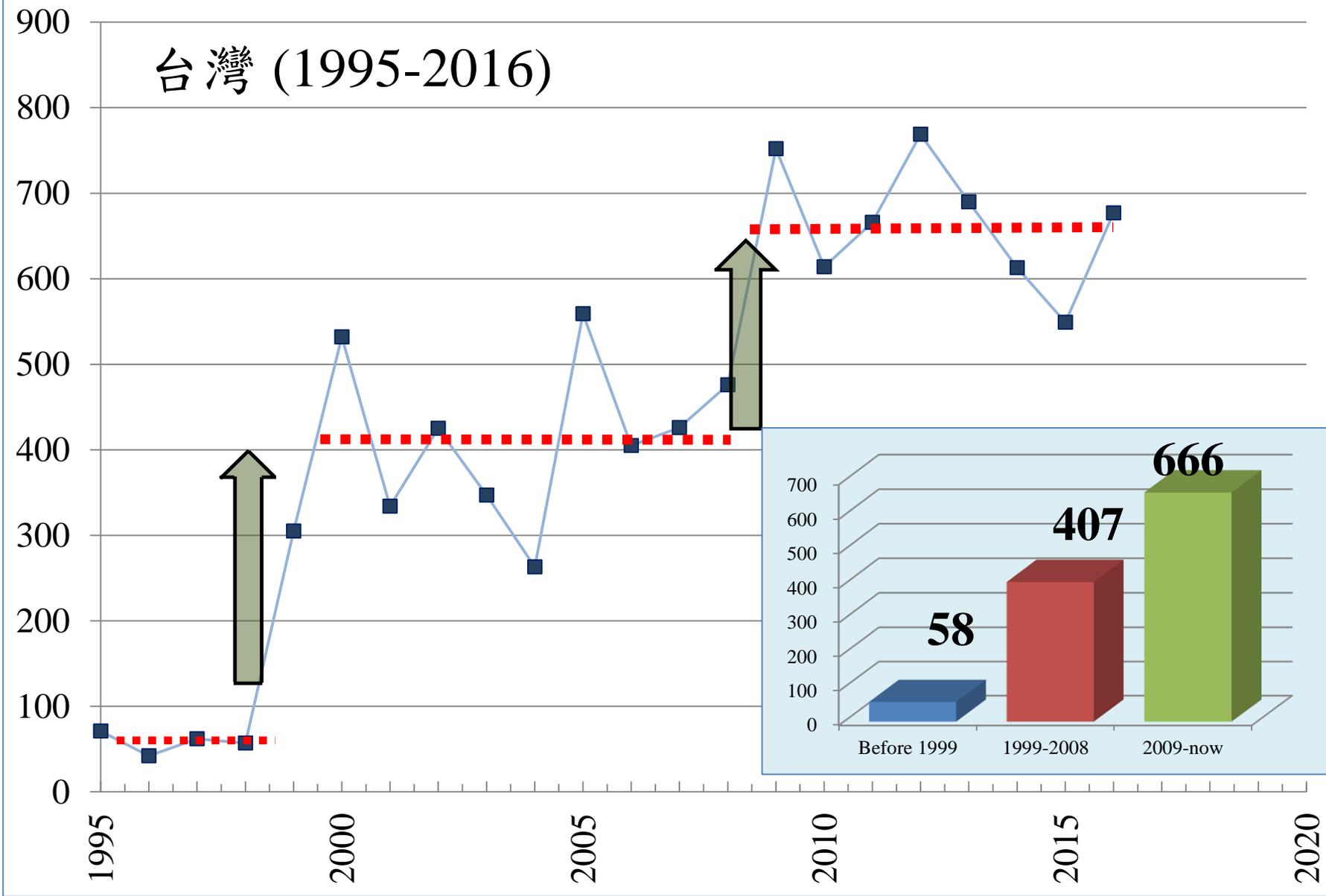




1973年以來，世界發生規模7.0以上地震的個數正明顯增加。(USGS data)

每年有感地震次數

# 台灣 (1995-2016)



1999年以來，台灣有感地震的次數明顯增加。



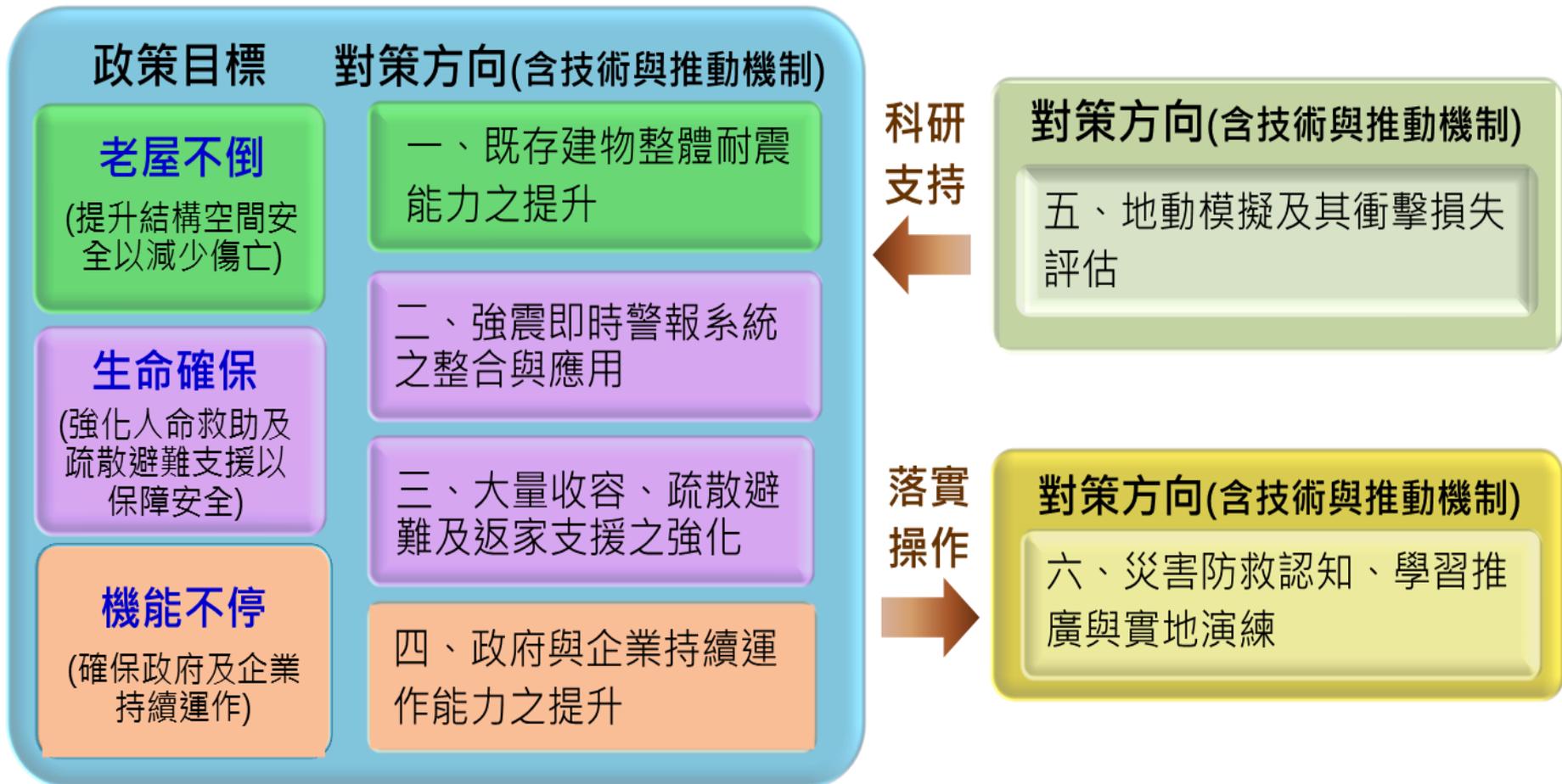
中央研究院

# 大規模地震災害防治 策略建議書

中央研究院報告 No.13

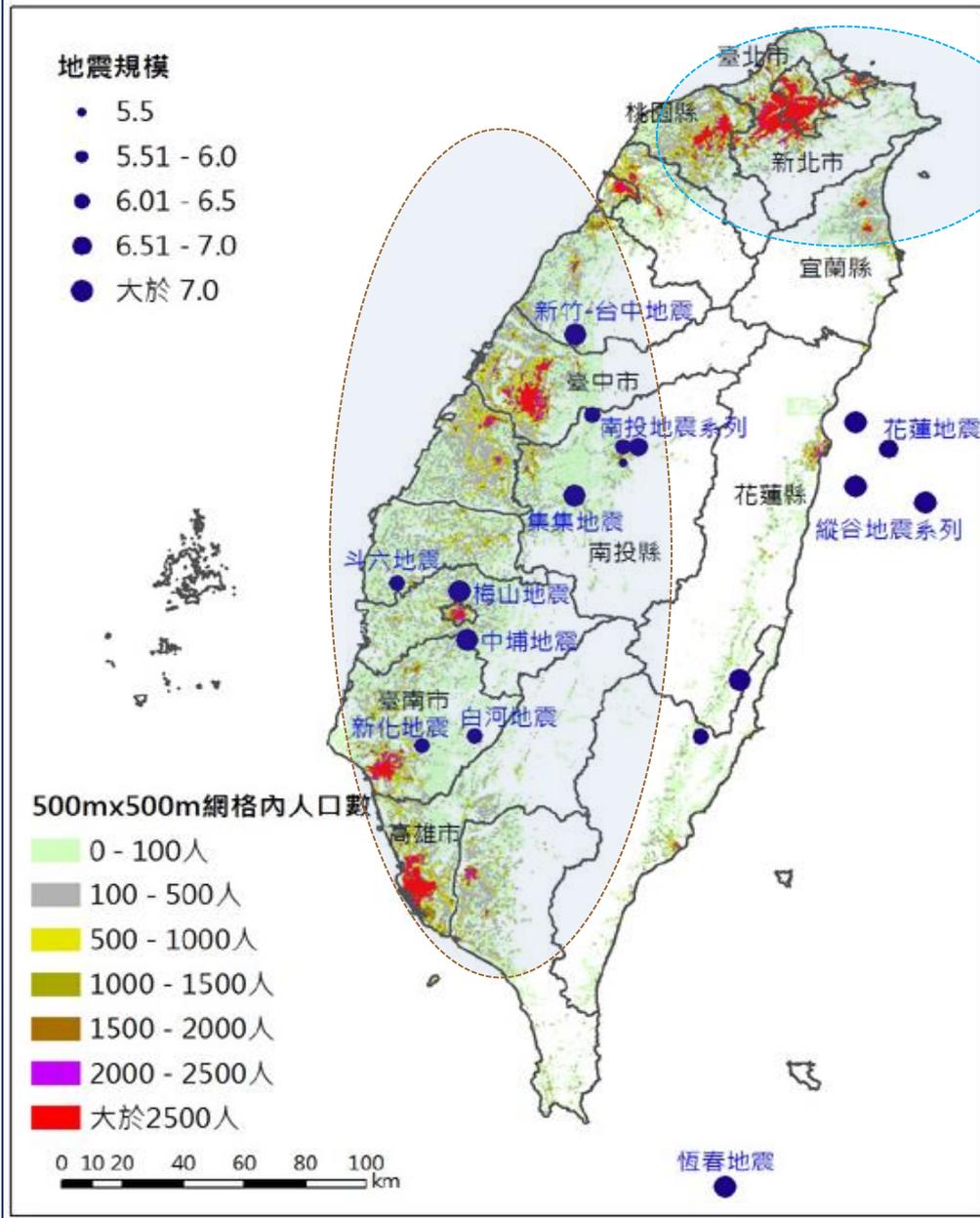
104 年 4 月

[http://www.sinica.edu.tw/advice/advice\\_earthquake.pdf](http://www.sinica.edu.tw/advice/advice_earthquake.pdf)



## 大規模地震策略建議主軸

# 台灣重大地震位置與人口分布

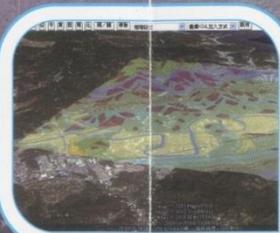


台灣近百年重大地震災害位置與2012年人口分布圖，都會區是地震災害的高風險區。

(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)

# 簡單、便利、豐富的生活地質資訊

● 本系統運用服務導向架構，實作「系統—倉儲—物流—通路」自動供應鏈之企業經營管理模式



● 提供豐富地質資料：地質圖、活動斷層、順向坡、山崩、土石流、溫泉等，及線上免費下載、套疊Google地球觀看3D地圖等功能

● 結合網路地圖服務套疊土地使用分區、地籍圖等外單位資料，實現「地質資料隨手可得」之理想！



Central Geological Survey, MOEA  
經濟部中央地質調查所  
<http://www.moeacgs.gov.tw>

## 國土地質倉儲暨地質資料 整合查詢系統

群策地理資訊  
GAIAS GIS  
地址：台北市和平東路二段53巷2號5樓  
電話：02-27018720

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

# 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 V2.0



### 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>

# 住宅安全 E 起來

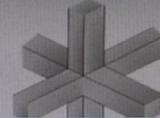
何謂街屋建築



居安思危



建築的構成



耐震能力補強



## 我家耐震嗎?

想知道您住的街屋是否耐震  
算一算就知道!

耐震E博士  
帶您一起算

# GO

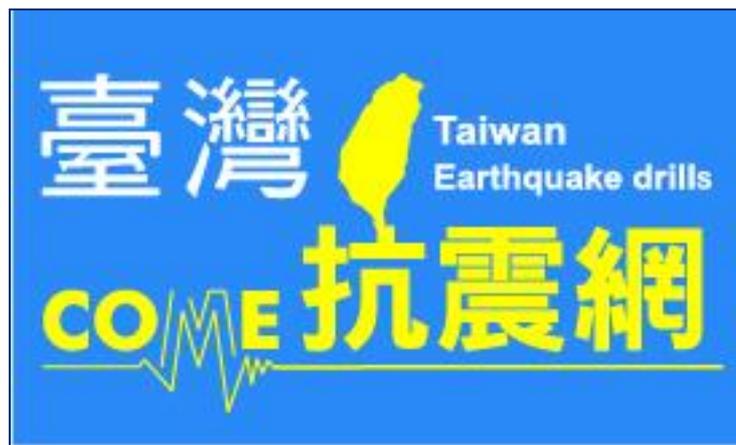


國家地震工程中心研發的「街屋耐震資訊網」(<http://streethouse.ncree.narl.org.tw/>)，可檢測包括連棟、獨棟透天厝、5樓以下公寓等建築物，讓一般民眾能夠上網檢查自家住宅的耐震安全性，大家可善加利用。



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)

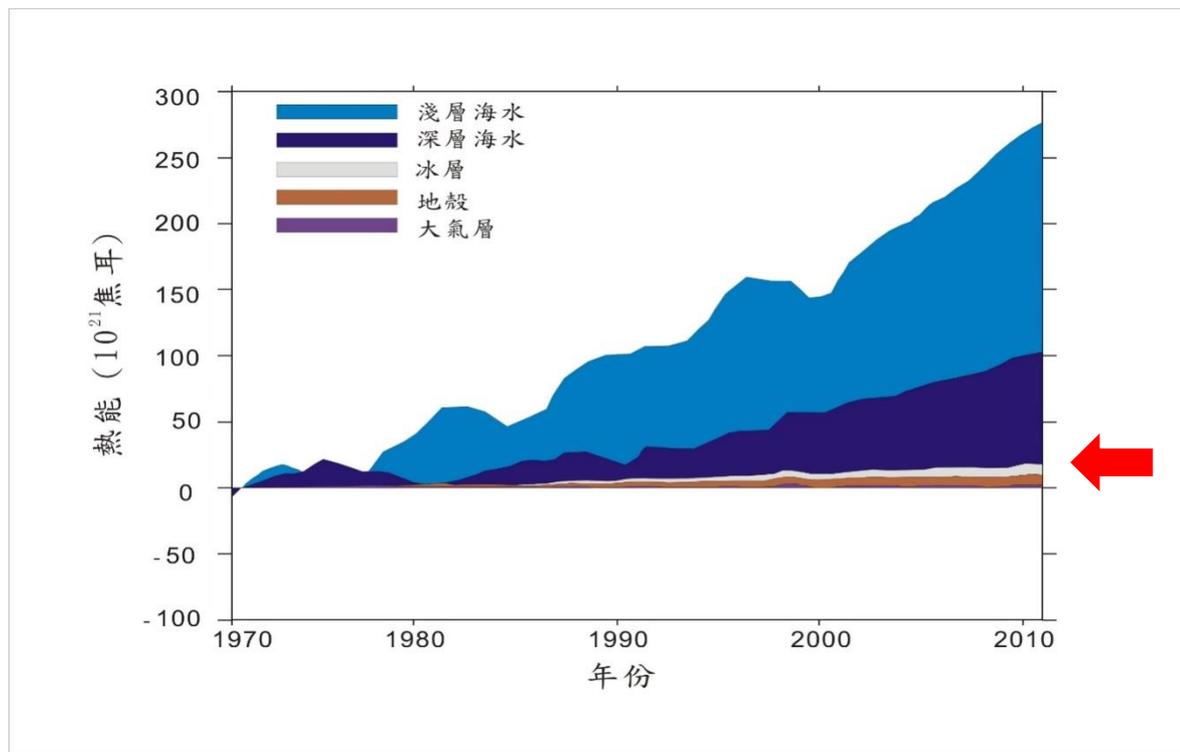
內政部消防署特別建立了「台灣抗震網」的網頁，提供了有關震前準備、震時避難、震後救援必須注意的完整資訊。

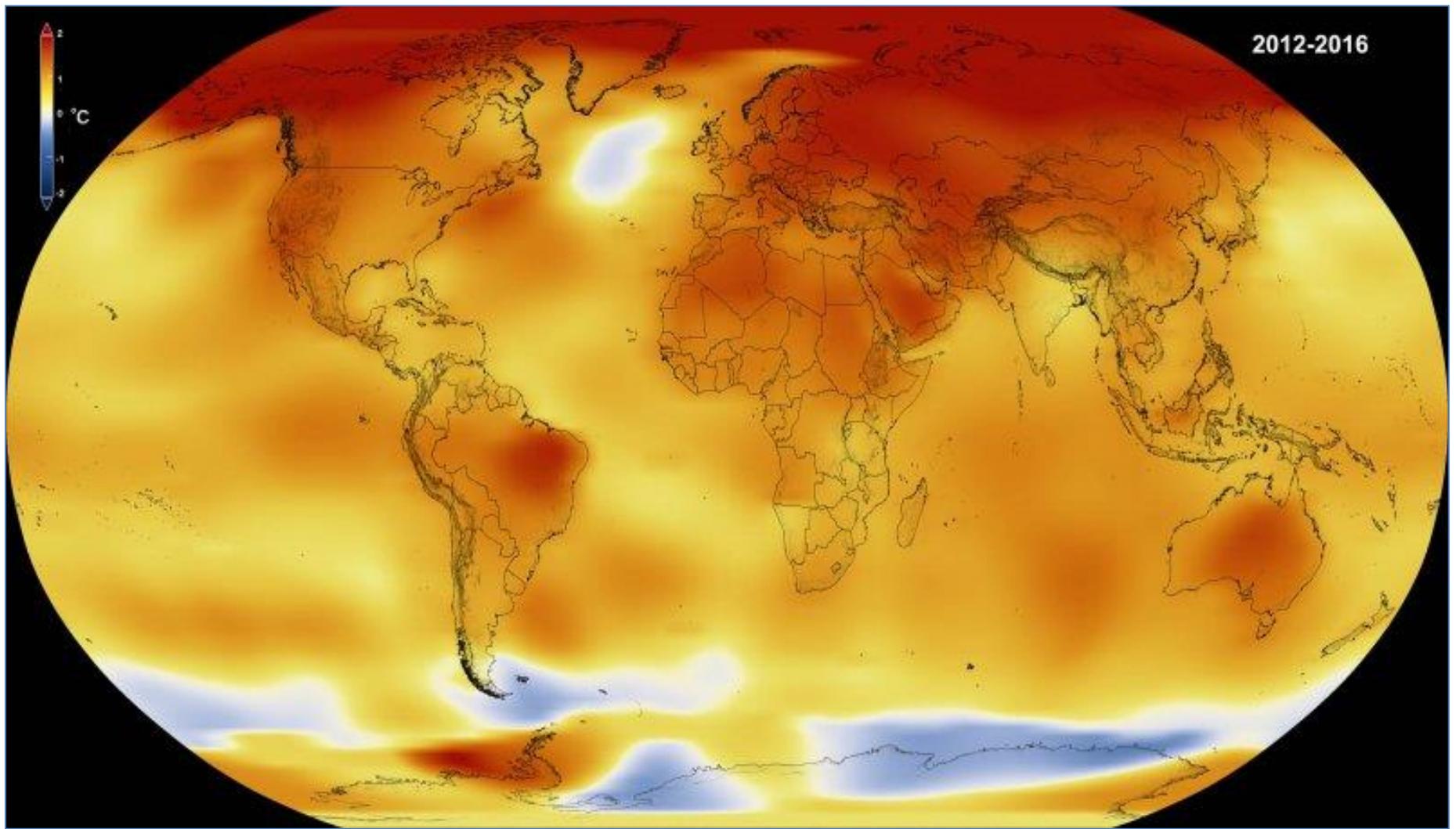


日本「防災袋」本身與裡面裝的東西分為三大類：脫身用的物品、短時間維持生命與生活的物品、貴重物品與文件，這些東西加起來，必須是一個人背得起來的重量。當深夜災難發生時，它就放在床鋪旁隨手可得，一背起來就能奪門而出。袋子本身的材質是銀色防火材質。此外，這個袋子必須反光、顯眼，容易被救難人員發現（探照燈一照會反光）。

# 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

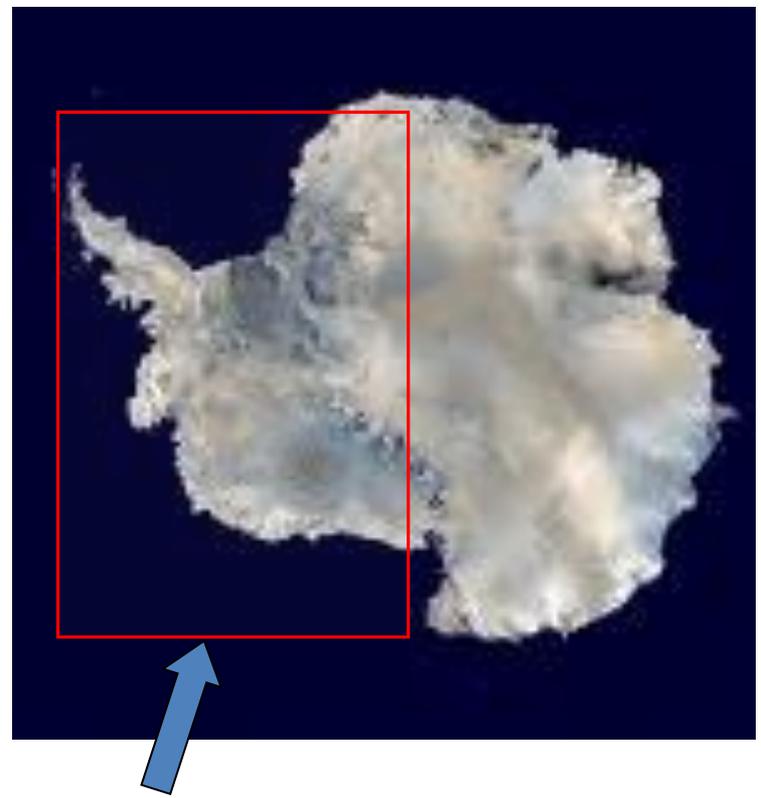




觀測數據證實，北極為地球表面升溫最快速地區，衝擊人類未來。

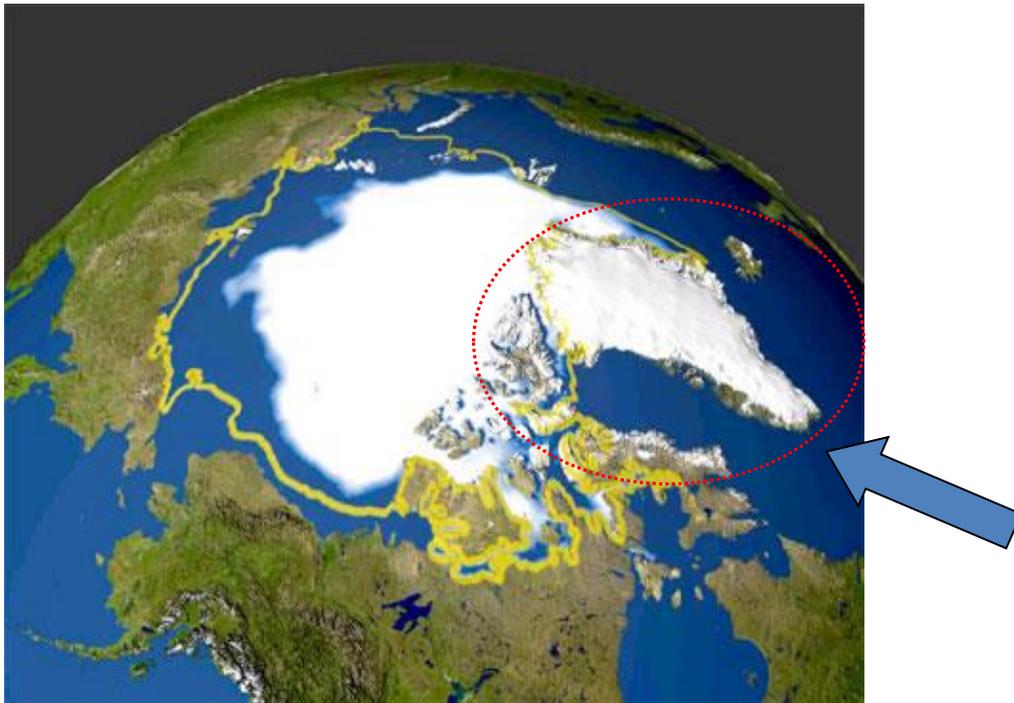
# 兩極快速消融

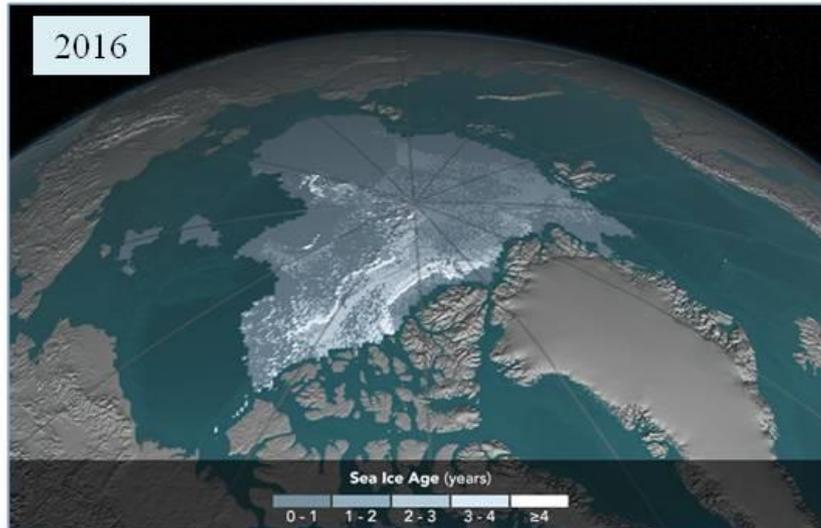
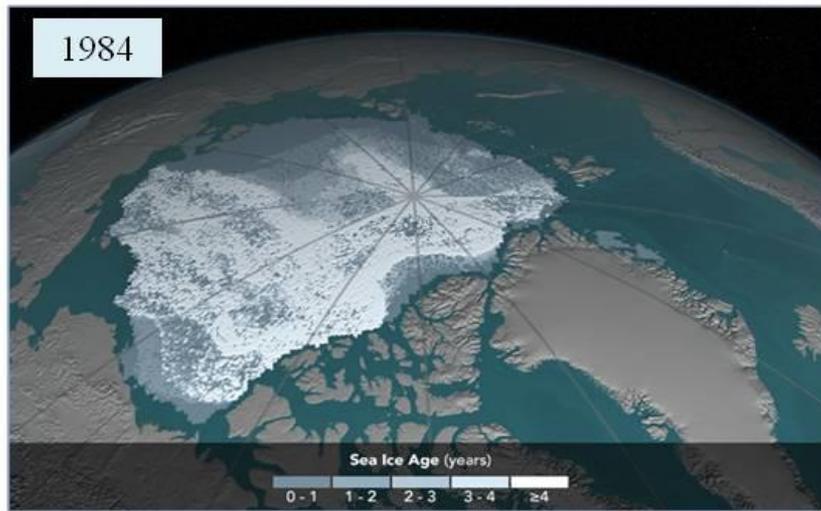
北極海冰若完全不見踪影，緊鄰的格陵蘭就首當其衝，快速消融。



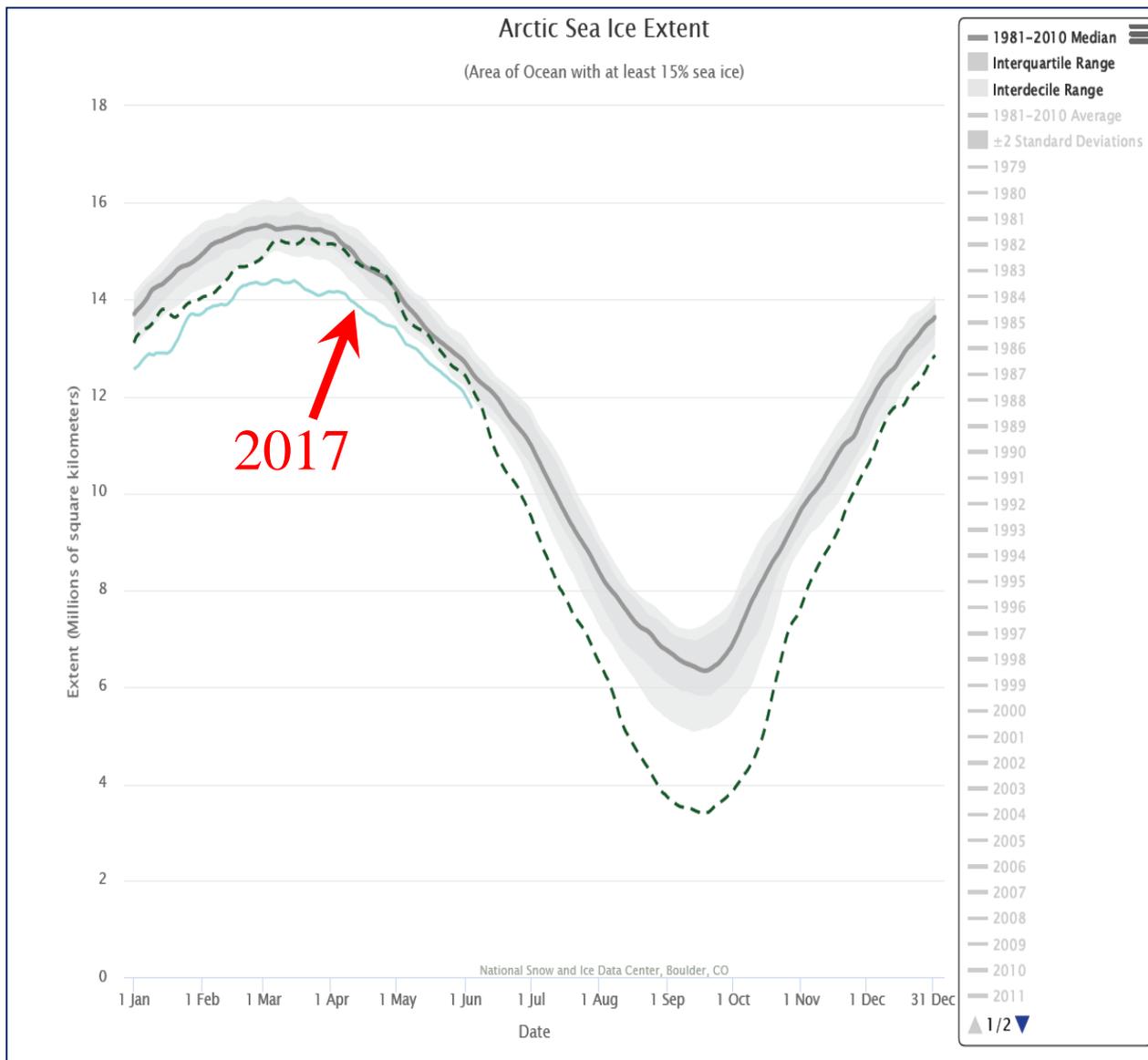
如果南極洲西部的冰蓋快速崩解，將導致海平面上升8米。

格陵蘭如果全消融，將導致海平面上升6米。



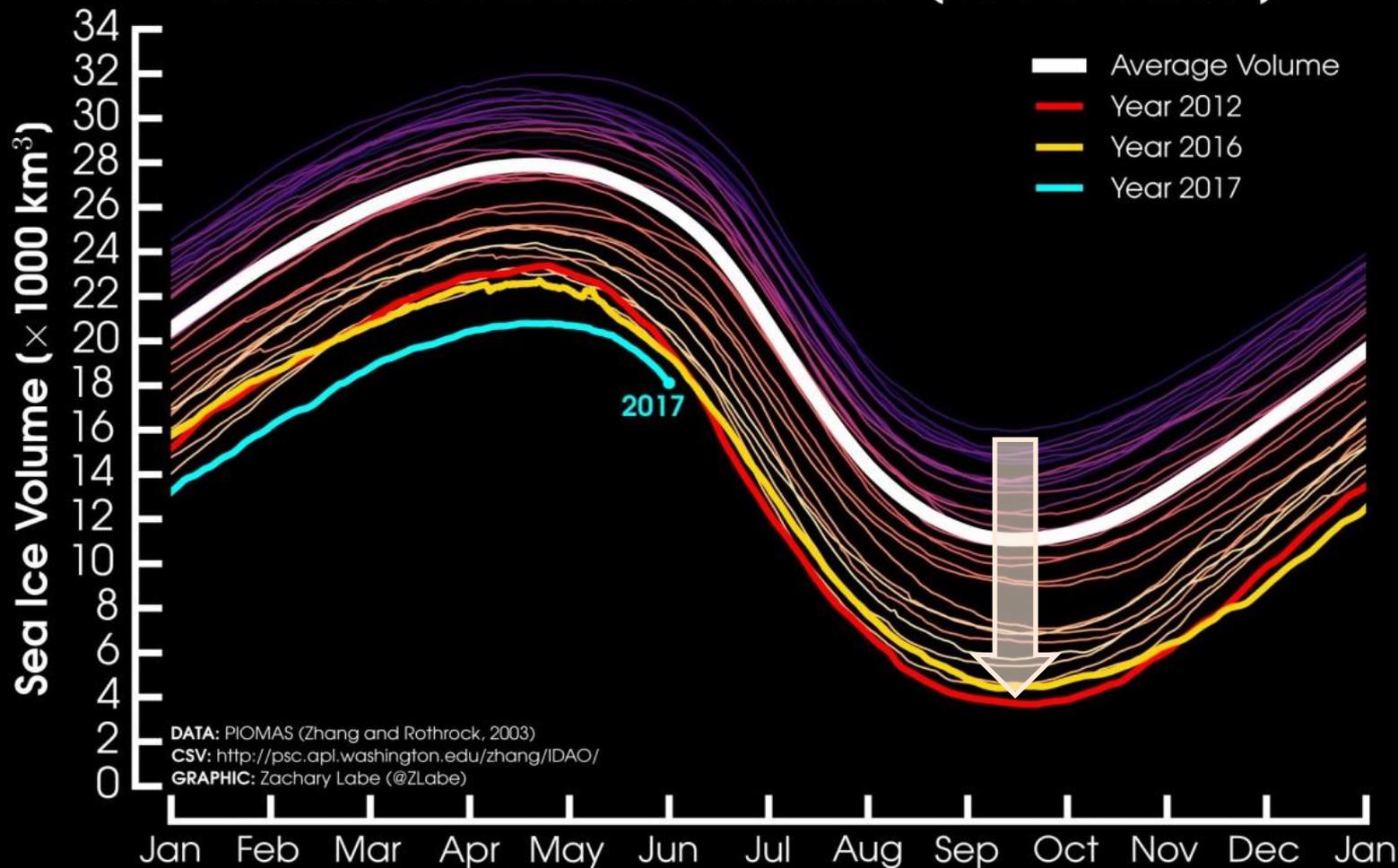


上圖是1984年夏季海冰覆蓋的面積及冰層厚度分布圖，下圖則是創歷年新低的2016年。美國國家冰雪資料中心(NSIDC)觀測資料。由於北極海冰未來將會加速消融，地球會失去一個極為重要的氣候調節冷卻劑，導致北極和溫帶地區之間的溫度梯度大幅降低，進而減弱噴射氣流的強度，使得暴風雨、洪水、溫帶地區急凍等極端氣候事件更頻繁的發生，格陵蘭冰帽將更快速地融化，海平面的上升也將更快與更高。



北極地區2016年10月中旬以來海冰量發生創新低的現象。美國國家冰雪資料中心(NSIDC)觀測資料。

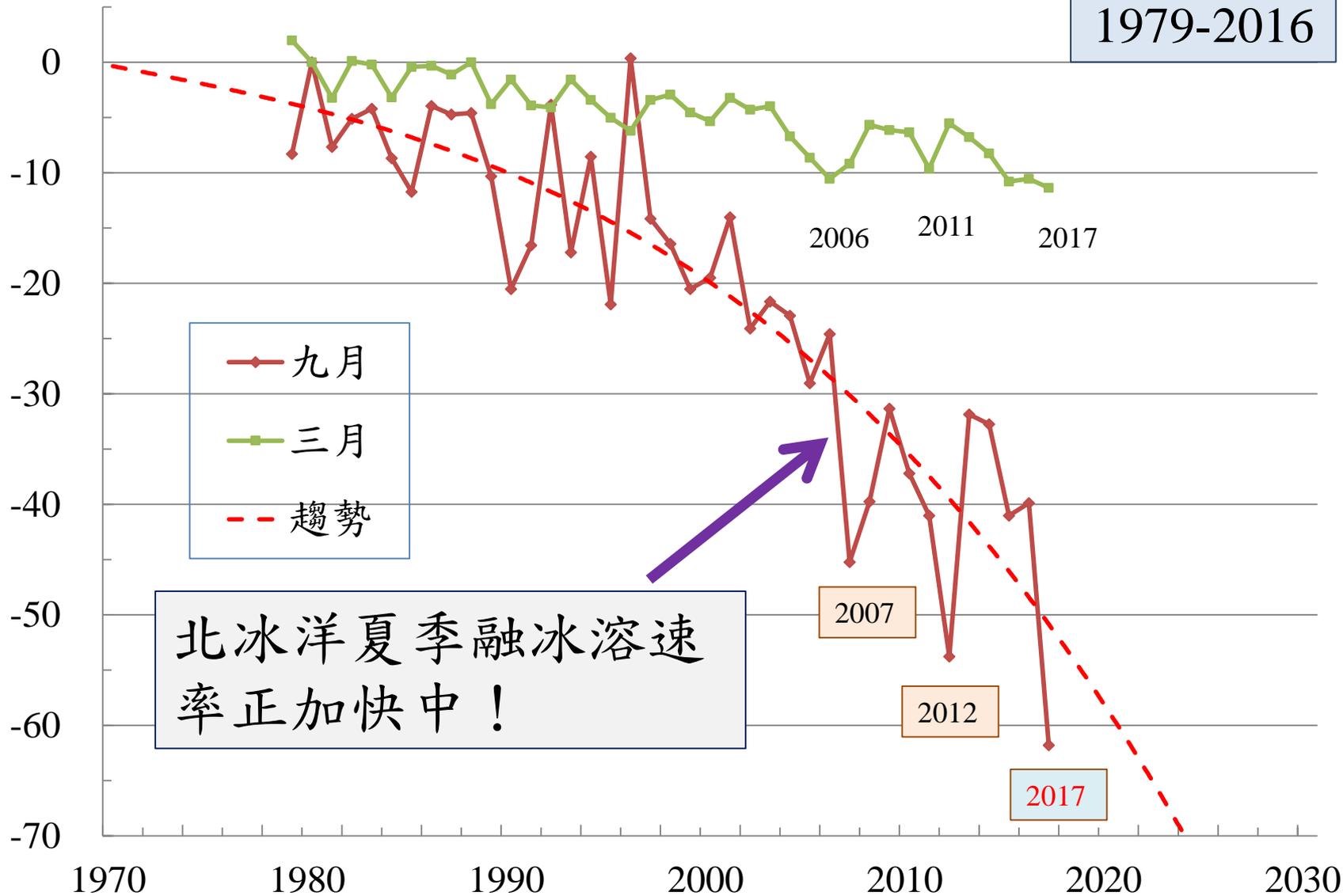
# Arctic Sea Ice Volume (1979-2017)



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

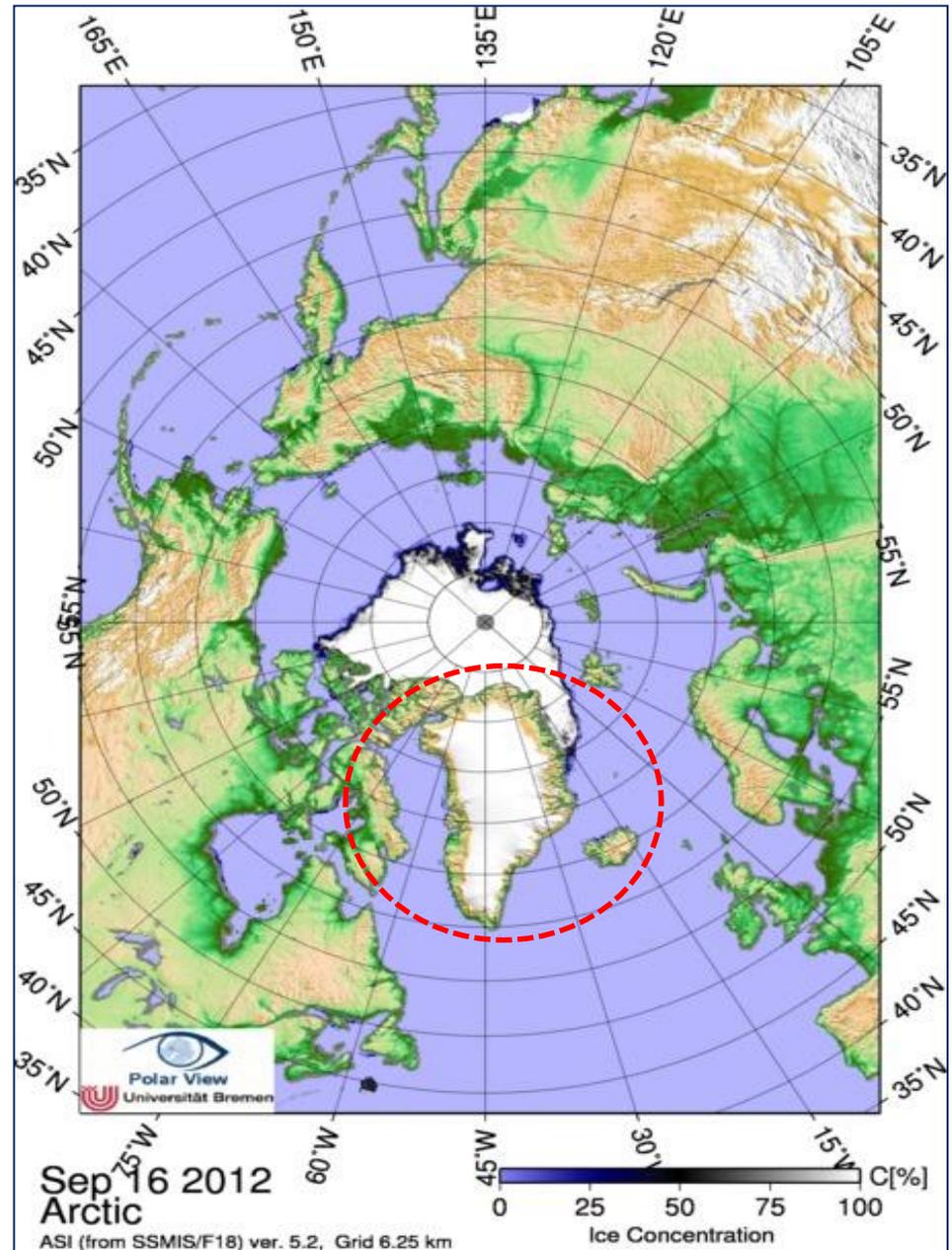
差異百分比

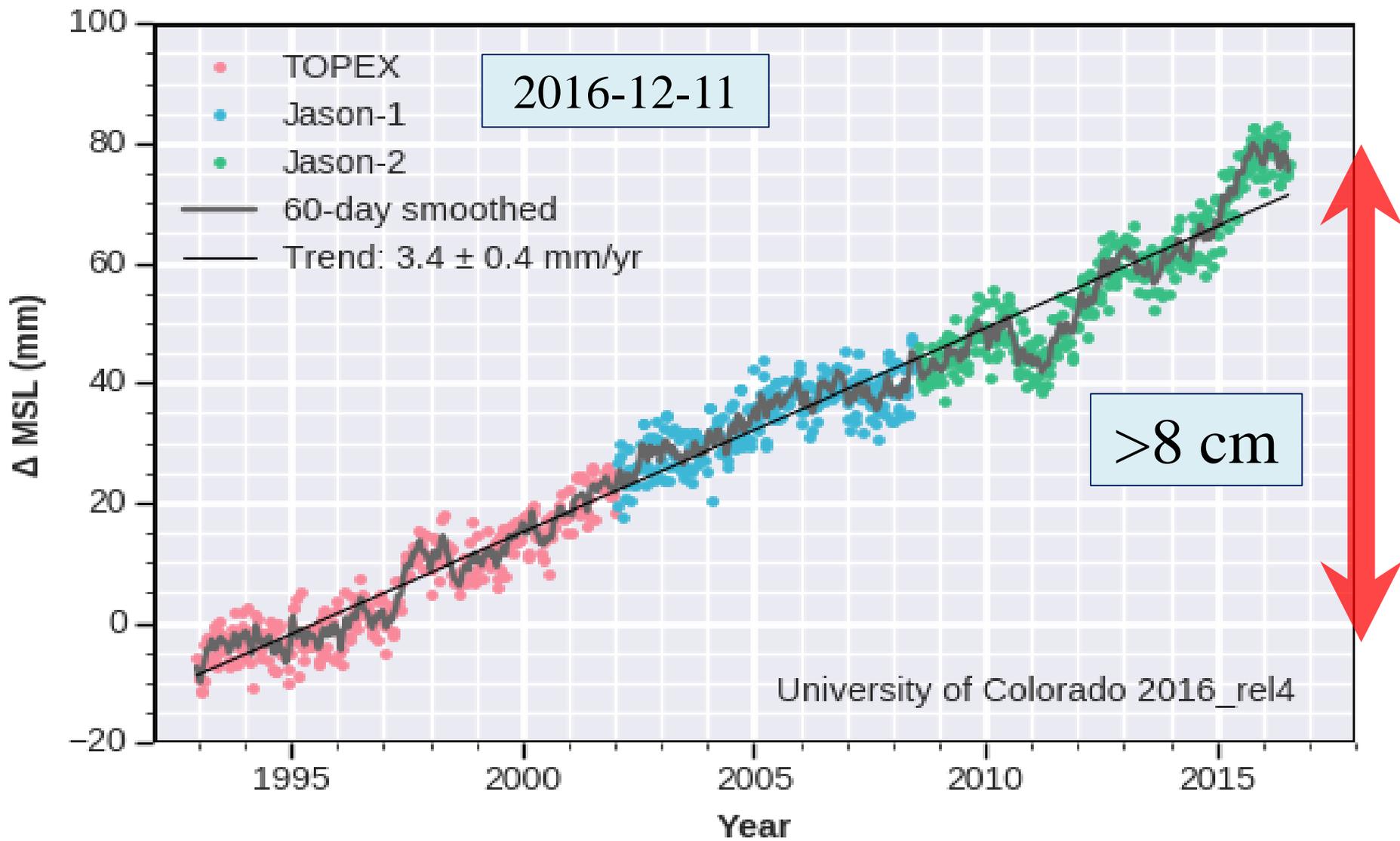


1980年北冰洋冰蓋面積 三月= 16.13百萬平方公里 九月= 7.85百萬平方公里

# 當北冰洋夏季無冰：

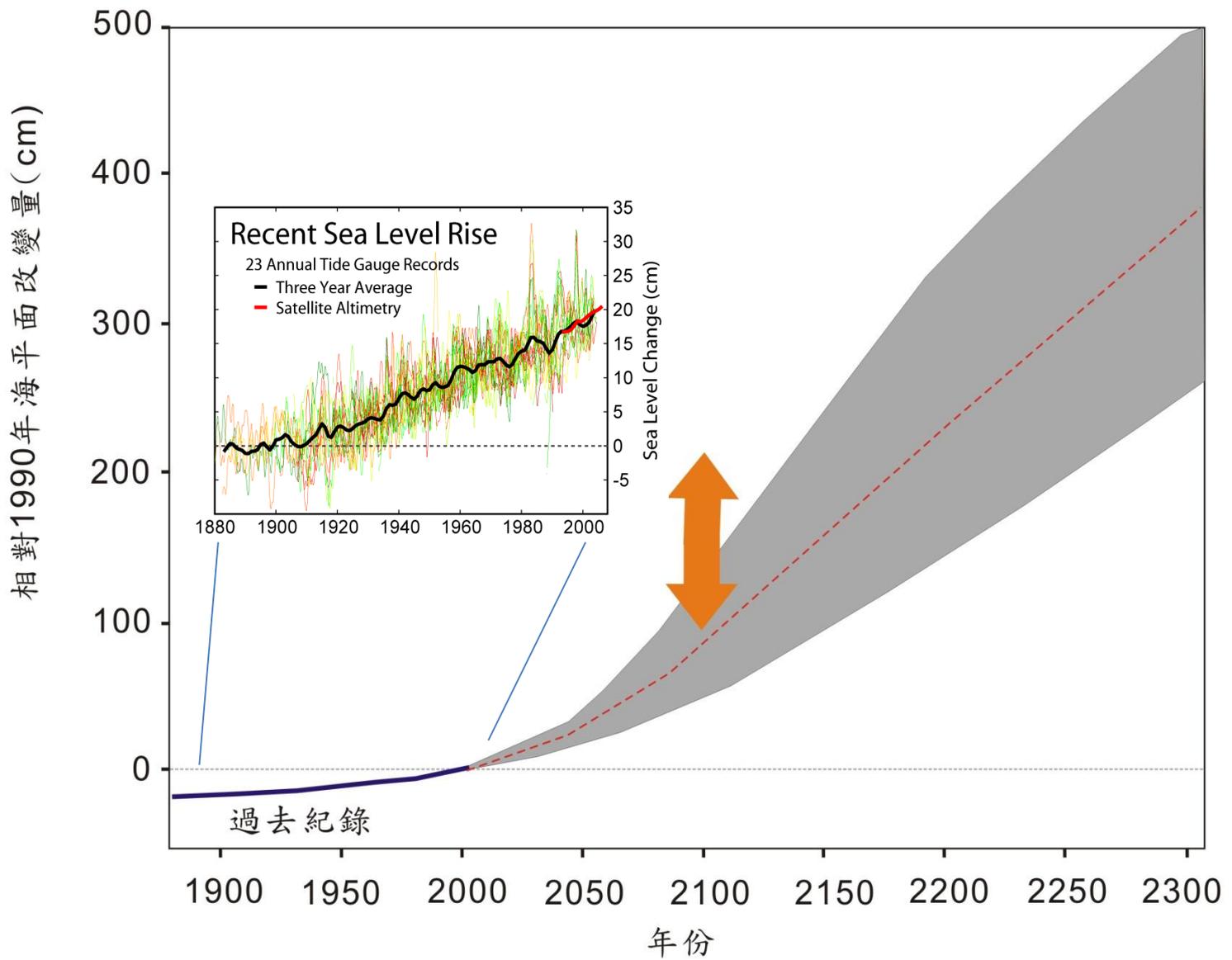
- 北極區大氣及海水溫度巨幅升高
- 埋藏在永凍層內的甲烷大量快速的釋  
出到大氣層，加速暖化
- 格陵蘭加速崩解消融
- 全球海平面呈跳躍式  
的大幅上揚
- 改變洋流運行與地殼均衡，地震更頻繁





<http://sealevel.colorado.edu/>

全球海平面年年突破歷史的高峰

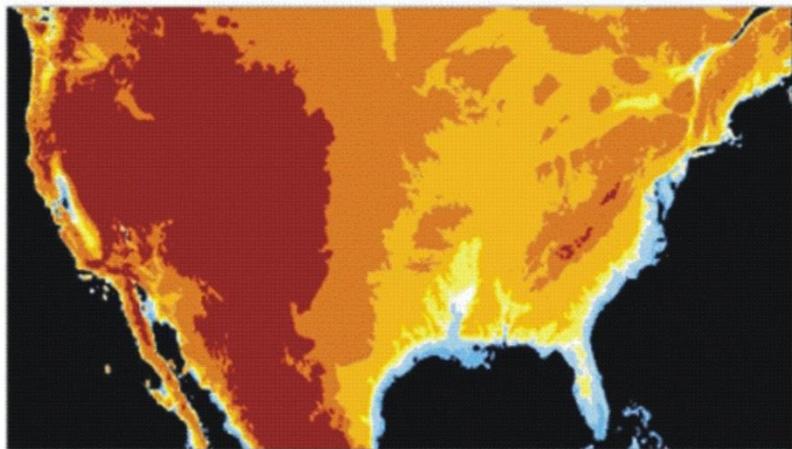


2100年之前海平面上升至少1公尺！

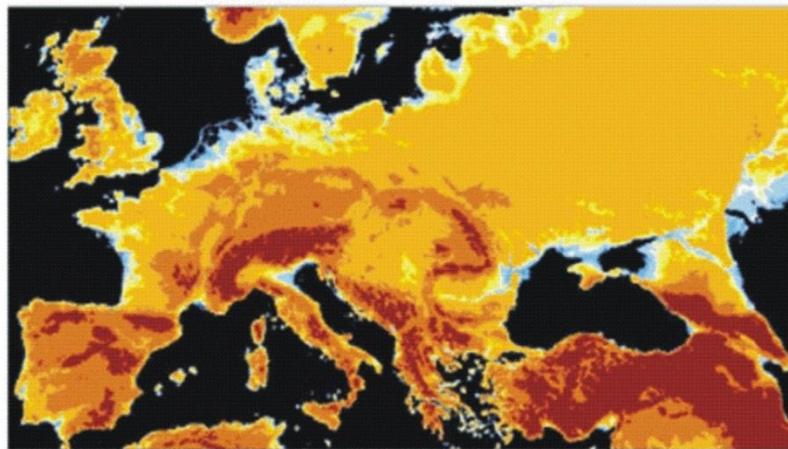
# 二一世紀是大遷徙的世紀

北美洲

歐洲及地中海



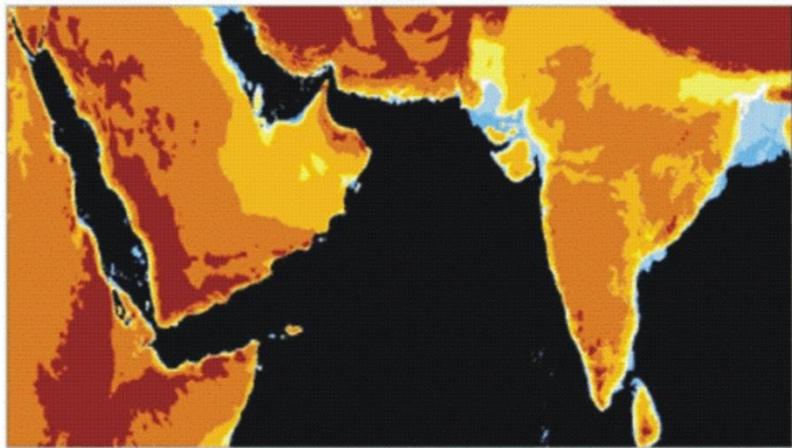
0 6 25 35 75 300 1000 3815



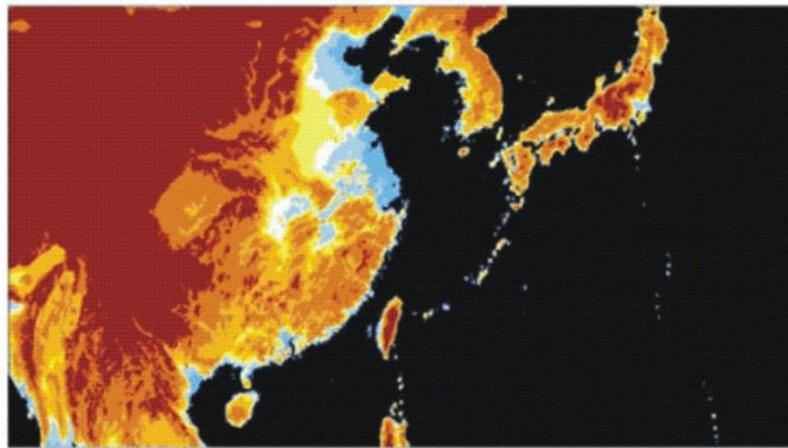
0 6 25 35 75 300 1000 4105

中東與西亞

東亞

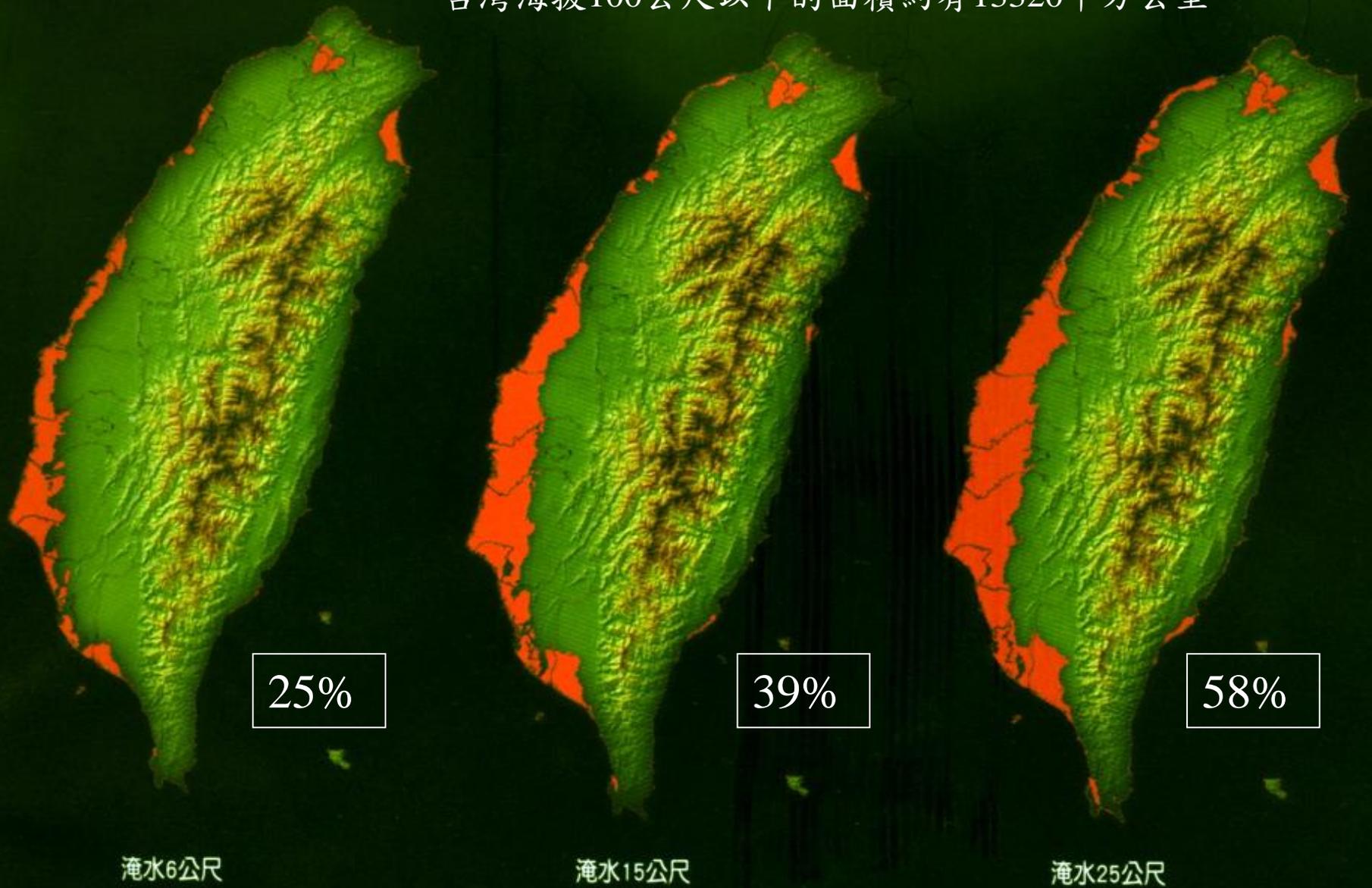


0 6 25 35 75 300 1000 6500

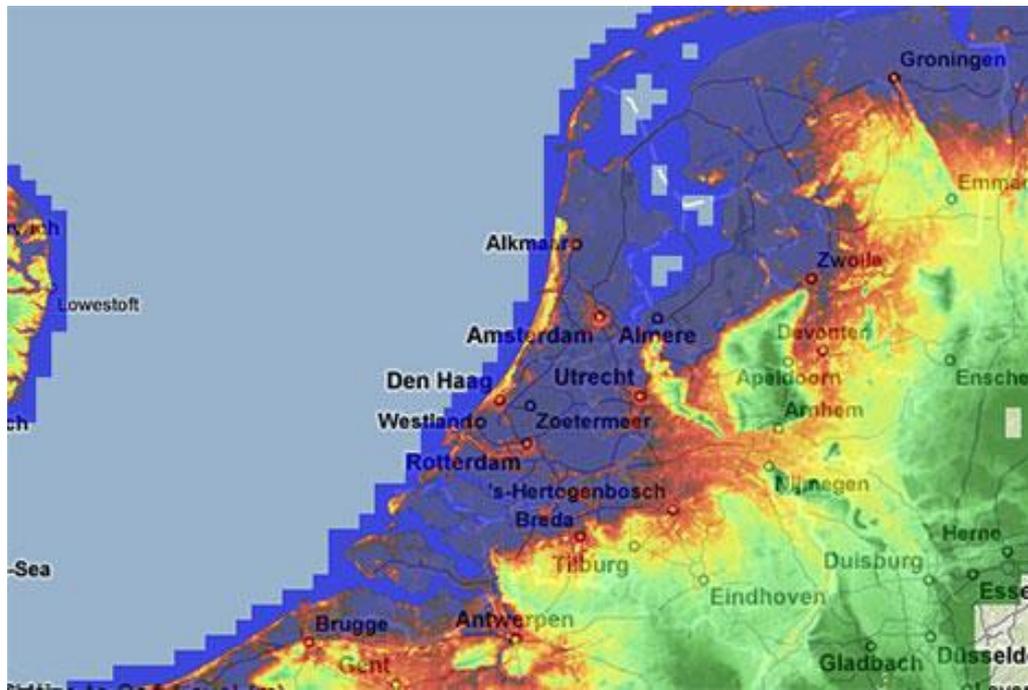


0 6 25 35 75 300 1000 5831

台灣海拔100公尺以下的面積約有13320平方公里



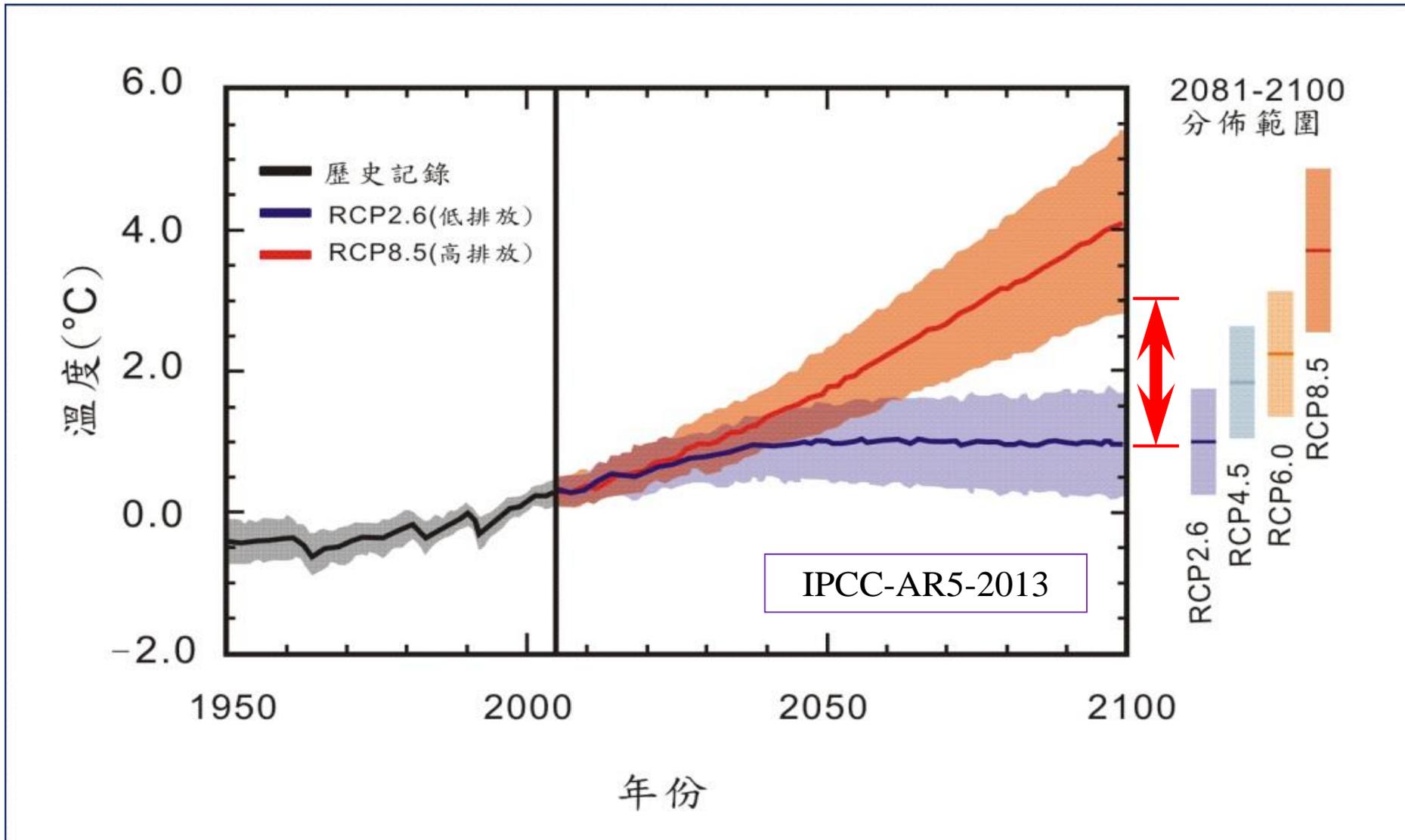
全球暖化效應持續，海平面上升衝擊台灣沿海地區，海拔100公尺以下將被淹沒面積。（天下雜誌，2007/4/11）



全國有超過四分之一土地低於海平面的荷蘭，為了國家生存不得不絞盡腦汁的想辦法來應付上升的速度越來越快的海平面。向來充滿創意和前衛的荷蘭建築師，於是創造出會「游泳」的「兩棲屋」。在未來，即使海水或河川洪水溢流過堤防，這些兩棲屋本身不會被沖毀，而會漂浮在水面上。

二十一世紀是氣候極端  
變化、災難頻生的世代

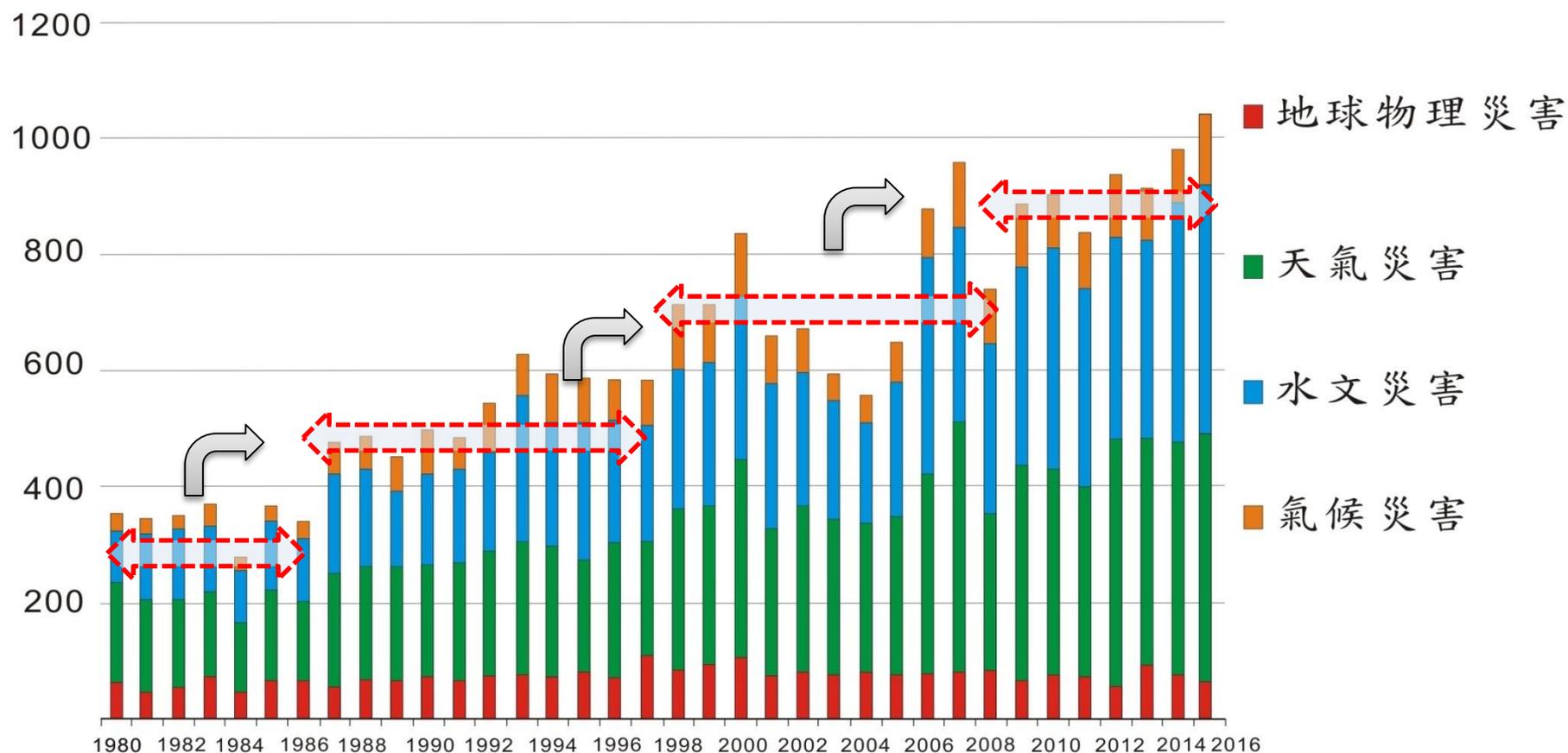
# 二十一世紀全球均溫的趨勢預估



未來的溫度只有往上升，只是依減碳的結果而有高低不同！

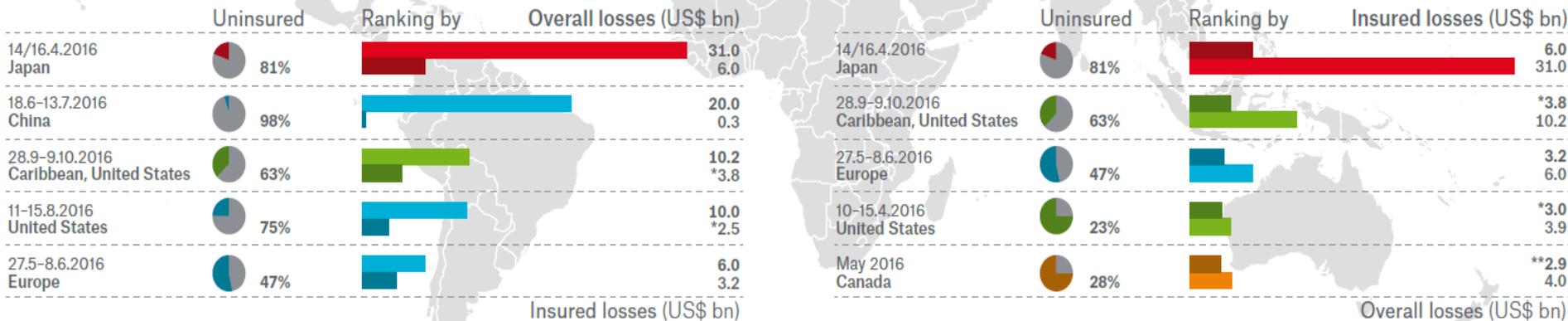
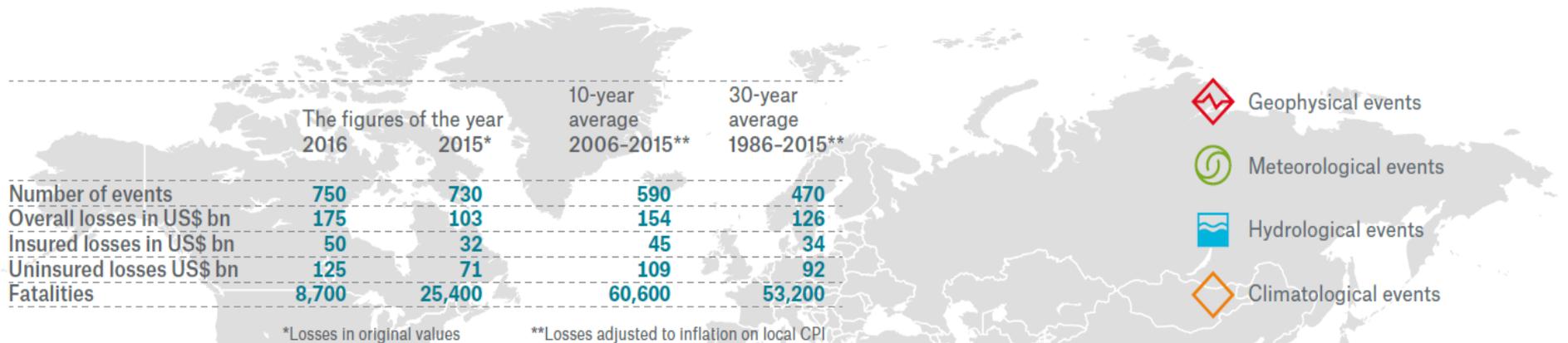
# 災害數目

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



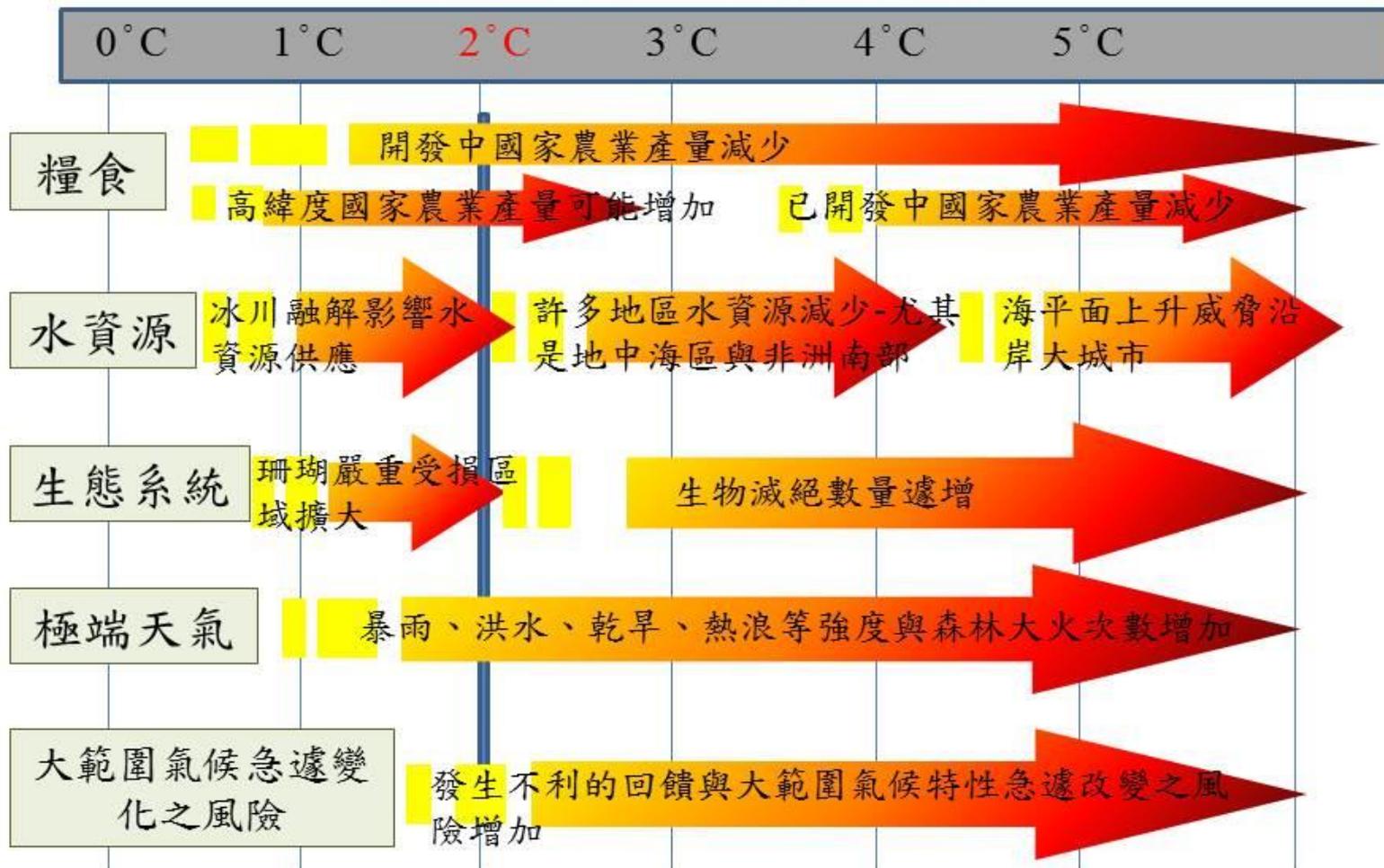
\*Source: Property Claim Services (PCS)

\*\*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年最昂貴的天然災害，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

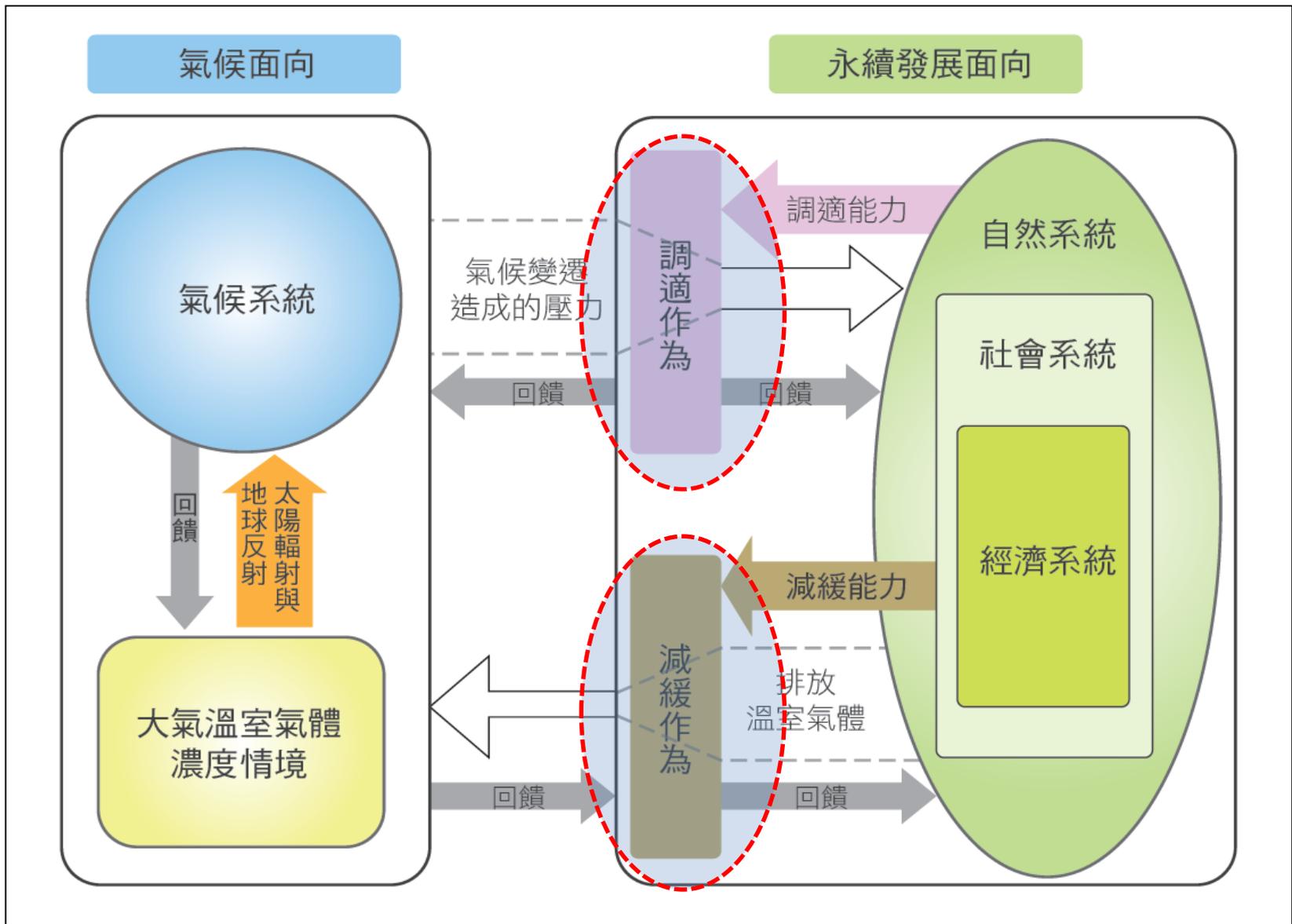
節能減碳

防災調適

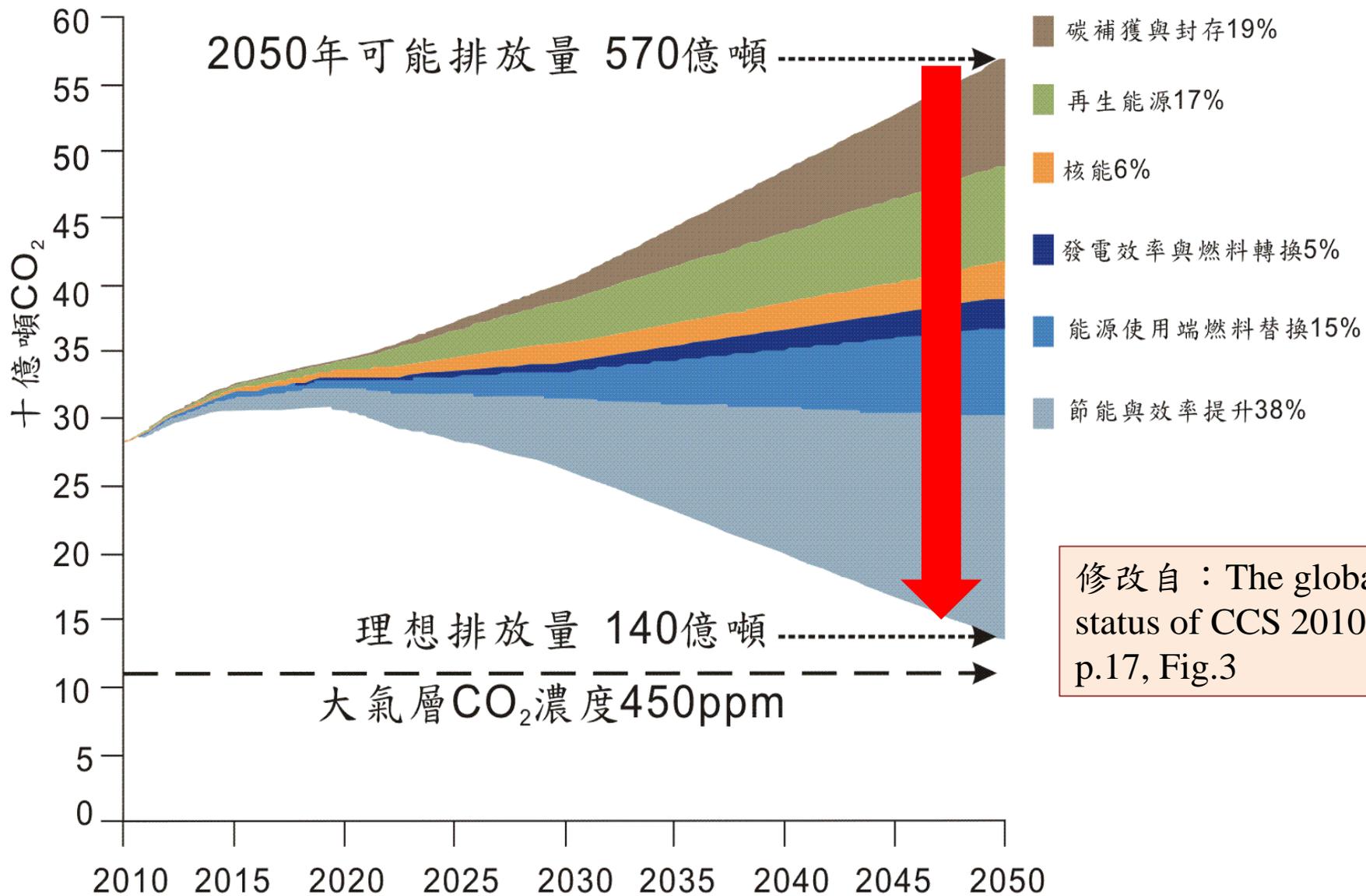


# 國家氣候變遷調適政策綱領

Adaptation Strategy to Climate Change in Taiwan



**減緩與調適都要做，但是調適更急迫！**



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

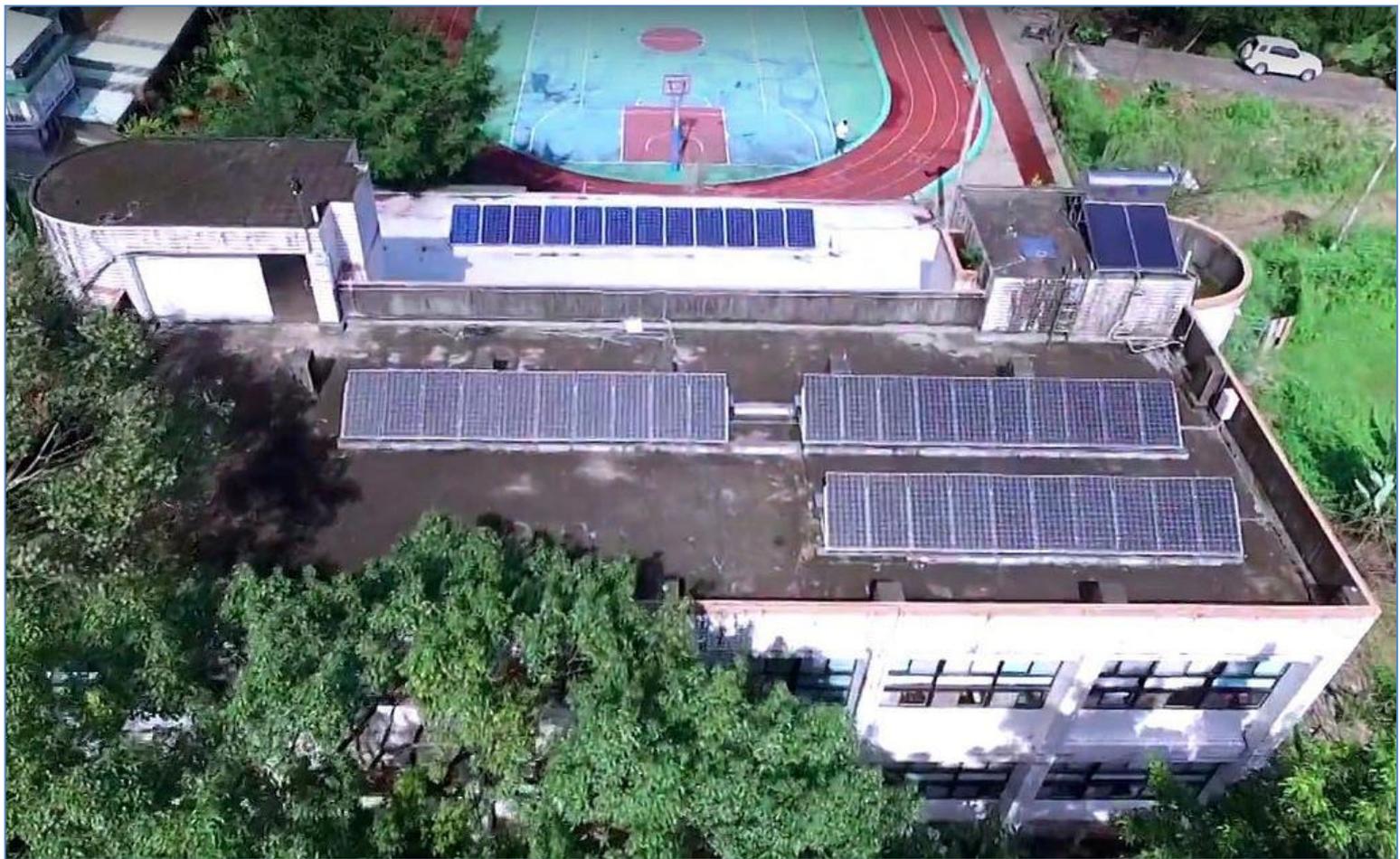
長期(10~20年)：海平面加速上升、海岸低窪  
區淹水、暴潮威脅增高、大規模搬遷

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

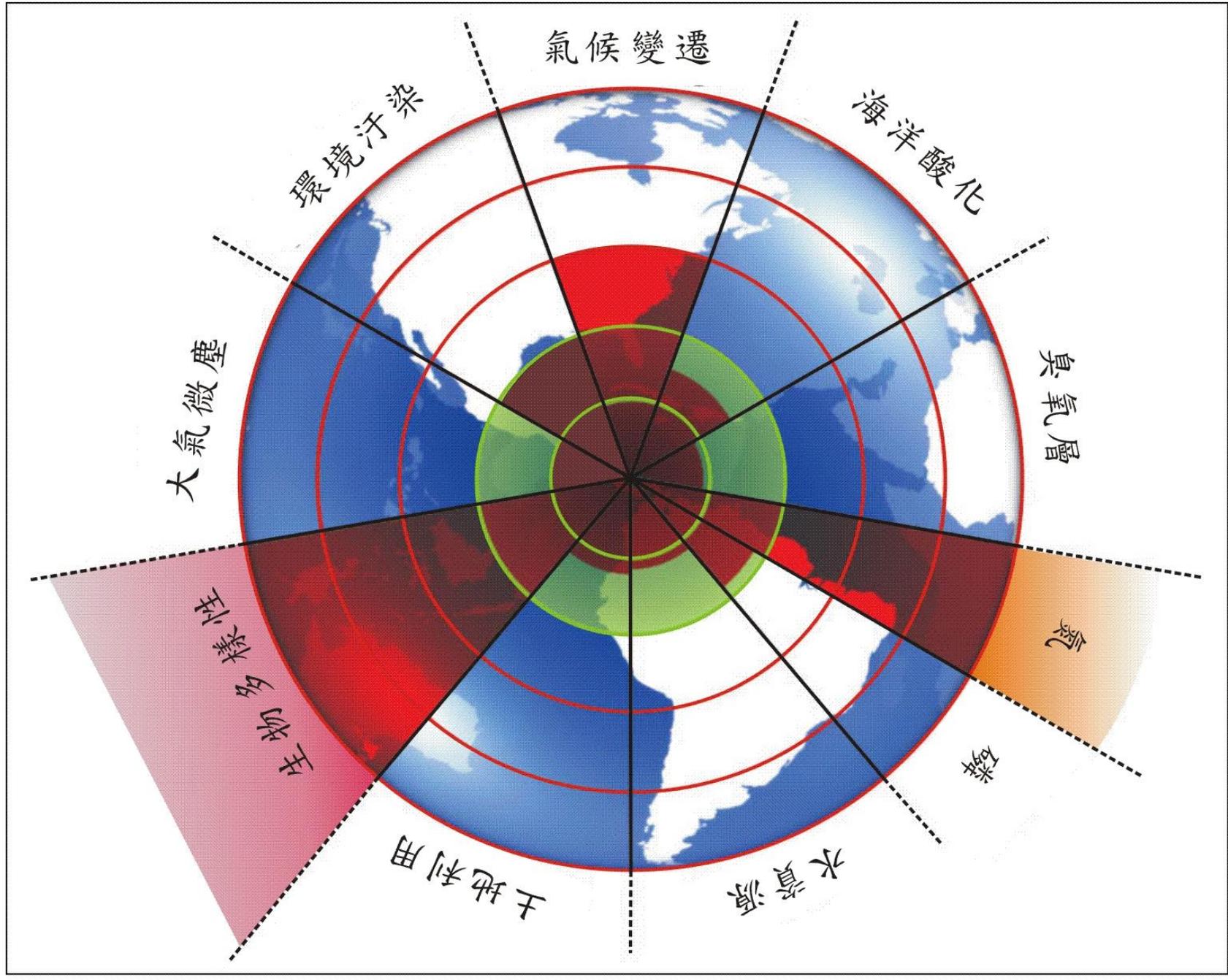
保本又無悔的投資！



台電在烏來**福山國小**打造全台首座**防災型微電網**。圖片來源：台電。  
微電網以當地避難中心的福山國小與福山活動中心為基地，結合裝置容量29瓩的太陽光電發電系統、60瓩柴油發電機，及可儲存50度電的鋰電池儲能系統。如遇電力中斷，微電網將自動轉換到「孤島自主模式」提供居民基本民生、消防等緊急用電。經評估，電力可供應長達14天，14天之後仍能提供電力，但要視日照與柴油儲存等狀況而定。2017-1-18



丹麥首都過去經常被大暴雨所淹，街道重新設計後獲得2016年美國景觀設計協會的分析與規劃類別（Analysis and Planning Category）卓越獎，行人的鞋再也不會泡水了。



# 防災社區的連結

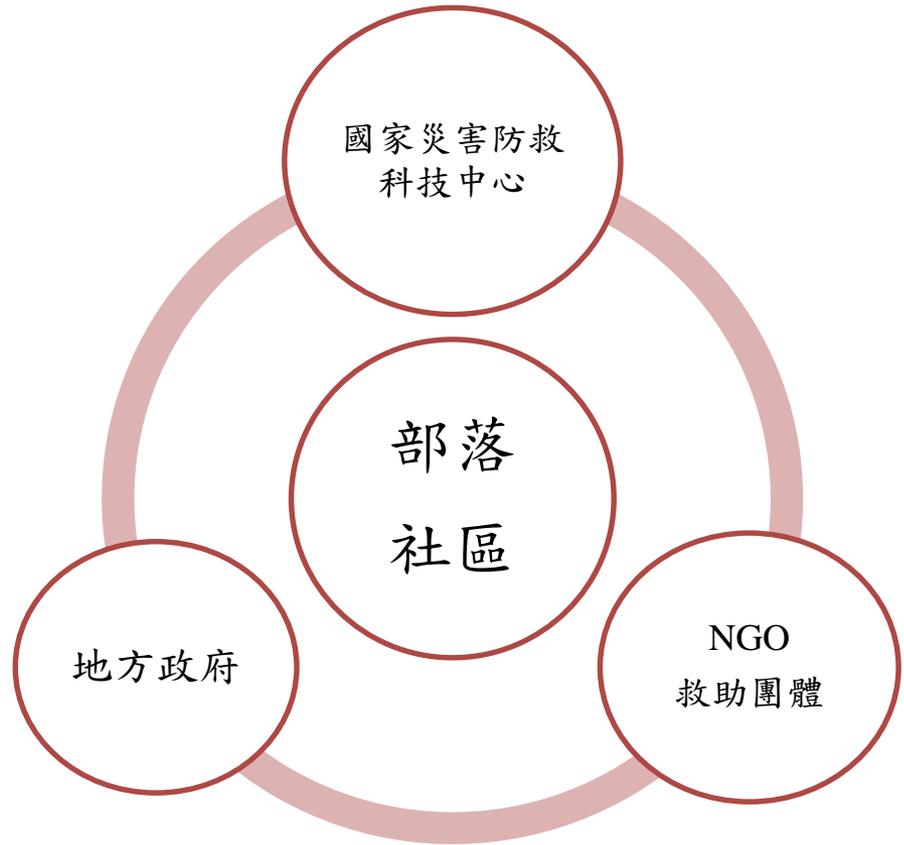
## ◆ 結合多樣資源

- 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。

用智慧去分辨甚麼可以改變，  
什麼不能改變；  
用勇氣去改變可改變的事，  
用平常心去面對不能改變的事。

-- R. Niebuhr 尼布爾 美國神學家



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**。