

對氣候變遷應有的認知與行動



人類有可能
因有所準備
而度過難關



人類社會轉型
為低碳經濟體，
環境品質改善



末日情境

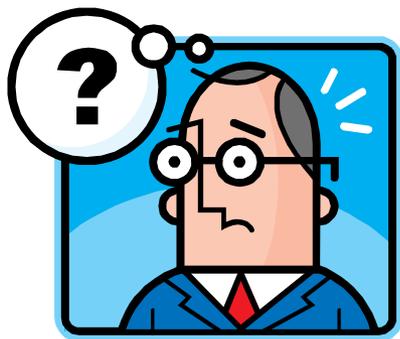


人類社會繼續循
原方式運作，
但仍然面臨其他
環境問題的威脅



葉欣誠

國立台灣師範大學環境教育研究所教授兼所長



氣候變遷



全球暖化



節能減碳



氣候變遷



- **基本定義**

- 什麼是氣候變遷？

- **議題範疇**

- 氣候變遷的相關議題有哪些？

- **現況挑戰**

- 氣候變遷到底有多嚴重？還來得及嗎？

- **因應策略**

- 氣候變遷的因應策略為何？

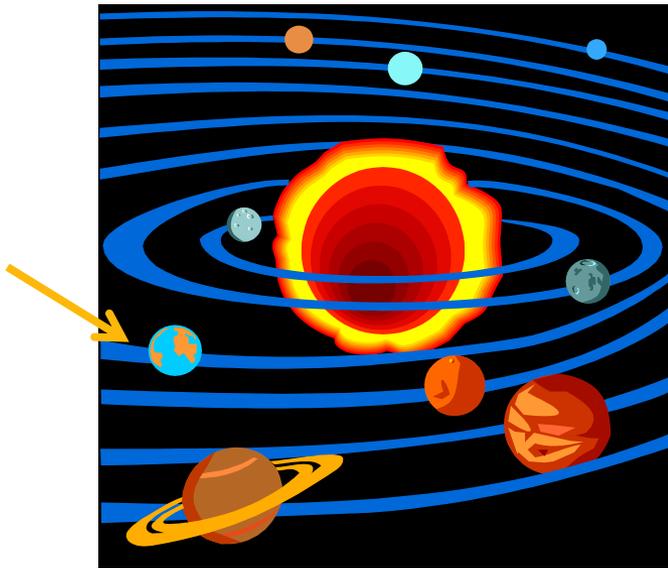


地球的地表平均溫度約攝氏15度
充滿水氣與氧氣，孕育了萬物

絕對獨特的 地球氣候

一切，從認識地球與氣候開始

天文物理觀點：地球生態系的偶然



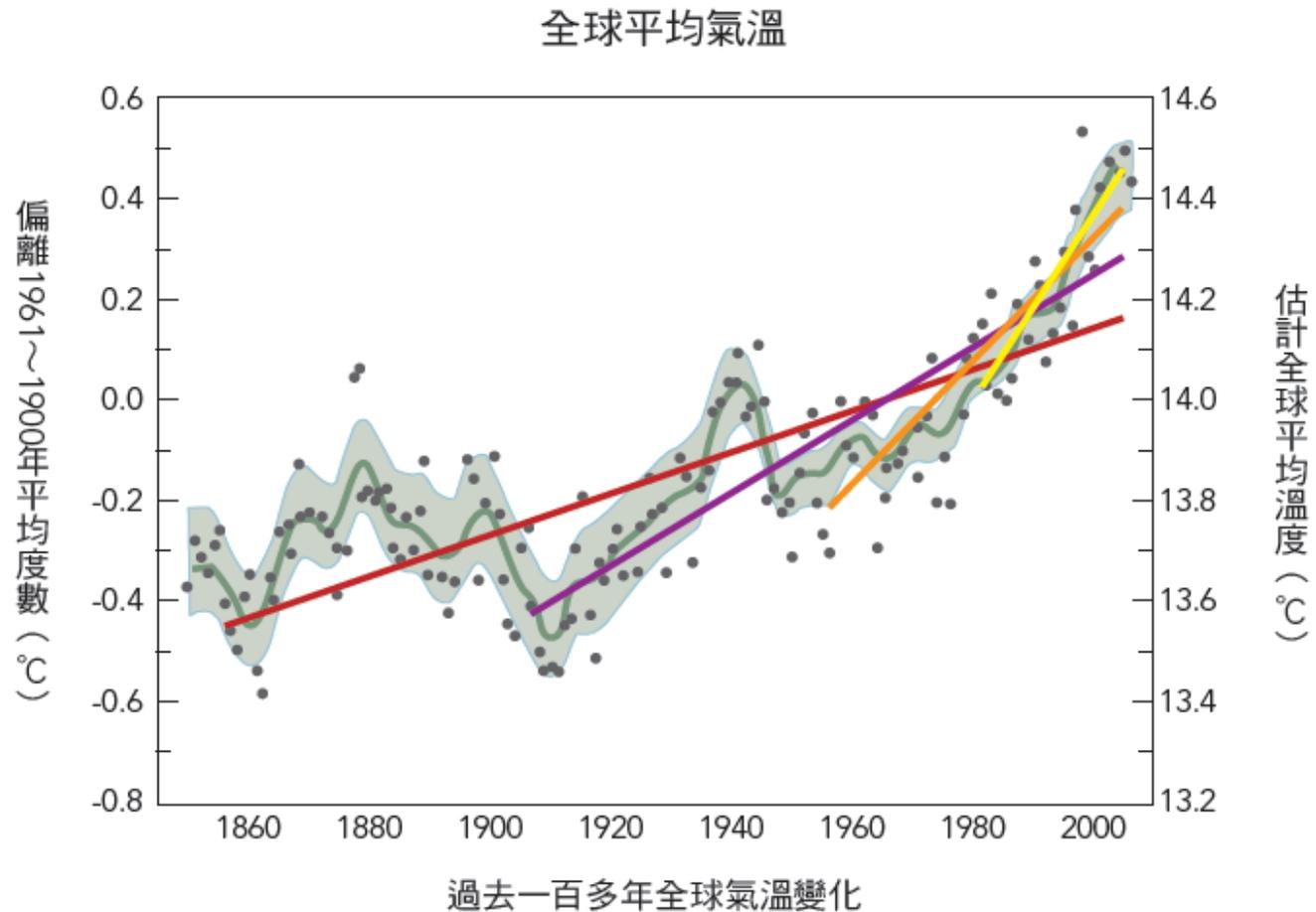
- 根據太陽表面溫度與地球距離太陽的距離換算，地球表面溫度應為攝氏-19度。（白色星球）
- 因為地球大氣層的組成，帶來約攝氏34度的溫室效應，使得地表均溫約為攝氏15度，於是，有了生命與我們今天可見的一切。（藍色星球）

地球生態系的演變與穩定化

- 地球物理：大氣組成 + 水 + 大氣壓力.....
 - 地球地球表面的溫度分佈與大氣壓力恰好讓水的三態：冰、水、水蒸氣可同時存在
 - 水的蒸發熱、溶化熱與比熱均極大，使得水成為能量的保存處所
- 地球生態演化：
 - 46億年前：地球誕生
 - 41億年前，大海與陸地形成
 - 40億年前，最早的RNA生命型式出現
 - 33億年前，藍綠藻出現，光合作用開始
 - 10億年前，多細胞生物出現
 -五次生物大滅絕.....
 - 200~300萬年前，人類出現



工業革命後至今的溫度變化



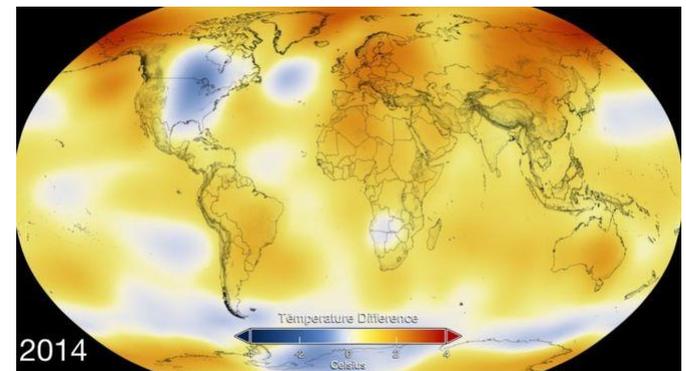
資料來源：IPCC AR4 FAQ 3.1, Figure 1 [1]

全球暖化

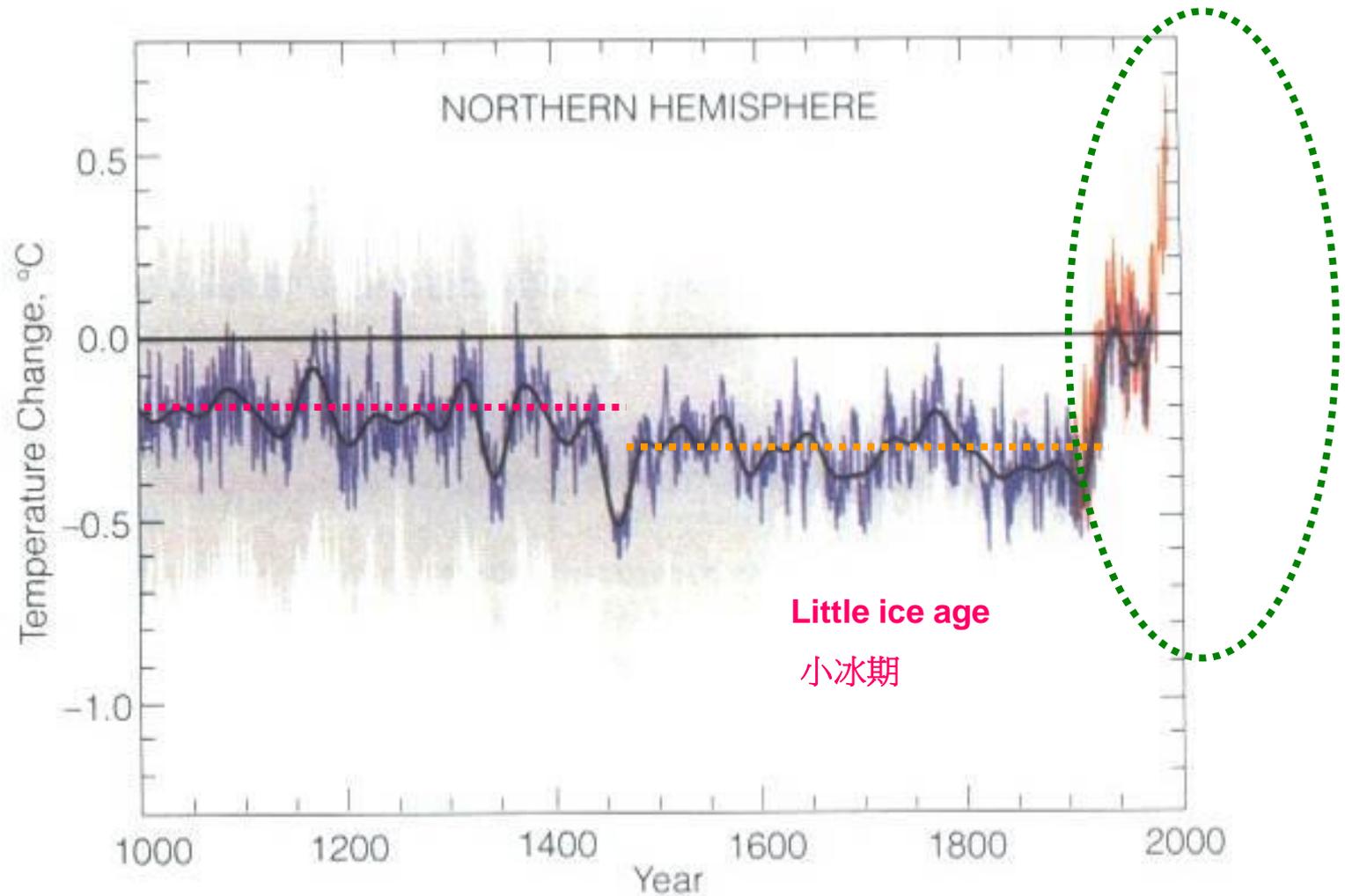
2015年首度比工業化前高1度C

中央通訊社，2015/11/10

- 英國氣象局（Met Office）表示，全球地表平均溫度，今年很有可能首度較工業化前高出攝氏1度。
 - 今年1至9月的平均溫度，已較1850至1900年的平均溫度高出攝氏1.02度
 - 世界在邁向高出攝氏兩度上將走到中點，而高出攝氏兩度是具危險性暖化的入口



一千年以來的地表溫度變化



18000年以來地球的溫度變化



18000年前

Heinrich event
13-15kya

地球已存在46億年

25萬分之一的地球生命

氣候變遷的衝擊...到底有多嚴重?



冰山融化



冰河退縮



極端降雨



嚴重乾旱



珊瑚白化

暖化與洪水風險之科學連結

2011年，Nature二篇學術論文證實

NEWS IN FOCUS

CLIMATE CHANGE

Increased flood risk linked to global warming

Likelihood of extreme rainfall may have been doubled by rising greenhouse-gas levels.

BY QUIRIN SCHIERMEIER

Climate change may be hitting home. Rises in global average temperature are remote from most people's experience, but two studies in this week's *Nature*^{1,2} conclude that climate warming is already causing extreme weather events that affect the lives of millions. The research directly links rising greenhouse-gas levels with the growing intensity of rain and snow in the Northern Hemisphere, and the increased risk of flooding in the United Kingdom.

Insurers will take note, as will those developing policies for adapting to climate

"Climate models have improved a lot since ten years ago, when we basically couldn't say anything about rainfall," says Gabriele Hegerl, a climate researcher at the University of Edinburgh, UK. In the first of the latest studies¹, Hegerl and her colleagues compared data from

the floods (see page 382). The rise in extreme precipitation in some Northern Hemisphere areas has been recognized for more than a decade, but this is the first time that the anthropogenic contribution has been nailed down, says Oppenheimer. The findings mean that

Northern Hemisphere countries need to prepare for more of these events in the future. "What has been considered a 1-in-100-years event in a stationary climate may actually occur twice as often in the future," says Allen.

But he cautions that climate change may not always raise the risk of weather-related damage. In Britain, for example, snow-

FATAL FLOODS

The most severe floods of the past 30 years cost thousands of lives and caused billions of dollars of damage.

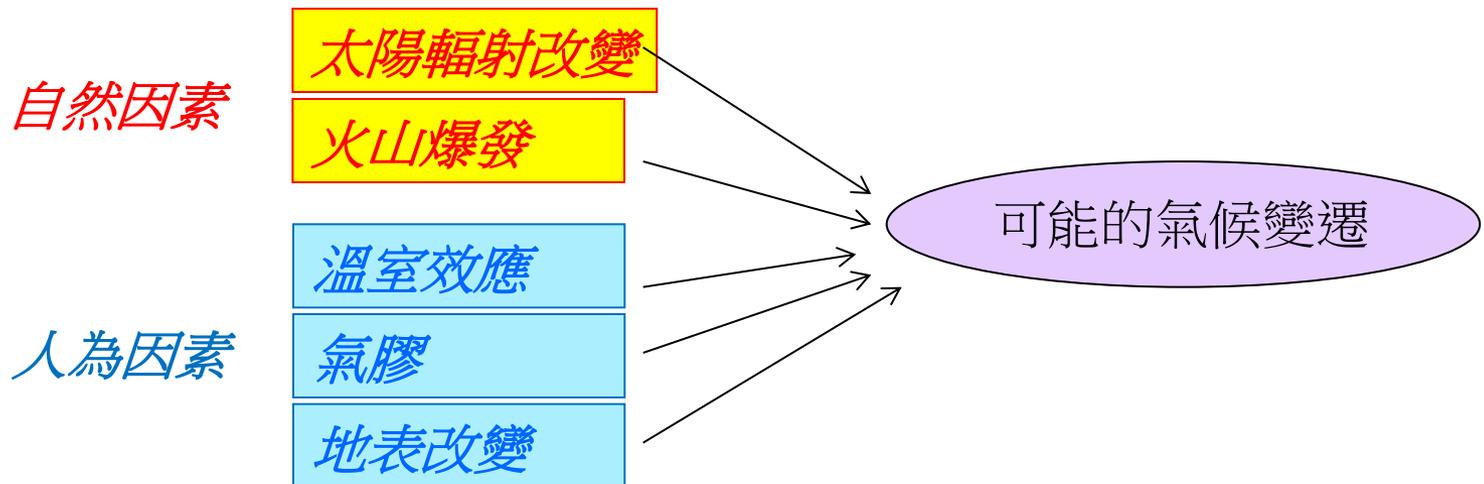
Period	Region	Overall losses (US\$ billion)	Deaths
May–Sept. 1998	China	30.7	4,150
June–Aug. 1996	China	24	3,050

氣候變遷的趨勢：AR4



2007

- 2007年2月跨政府氣候變遷專家委員會(IPCC)發表報告，強調全球均溫增加“非常可能(Very likely>90%)”是由人為溫室氣體造成。
- 預估21世紀末，地球平均氣溫將比20世紀末上升 $1.8\sim 4^{\circ}\text{C}$ ；海面將上升 $18\sim 59$ 公分。
- 如果溫度上升 $1.5\sim 2.5^{\circ}\text{C}$ ，全球有 $20\sim 30\%$ 動植物可能面臨滅絕風險。
- 如果溫度上升超過 3.5°C ，就會有 $40\sim 70\%$ 的物種面臨滅絕風險。



Source: Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 2007:
The Physical Science Basis-Summary for Policymakers, 2 February 2007.

全球均溫上昇的魔術數字

世界銀行：我們即將邁向 +4°C



- 即使當前減碳的承諾和保證全數執行，到2100年，仍有約20%可能性使地球變暖超過4°C。而且最快可能在2060年就來臨。
- 屆時，熱浪、糧食短缺、海平面上升、乾旱及風雨災害等更加惡化，受害最嚴重的將是貧窮國家。



受海平面上升影響的吐瓦魯
(圖片來源:中央社檔案照片)

技術突破是商機也是危機



2012

美國頁岩氣與頁岩油開發技術突破，石油與天然氣將降價！？

- 「頁岩氣」存在有機質泥頁岩及夾層中，是清潔、高效的非傳統天然氣，成分以甲烷為主。
- 「頁岩油」亦稱緻密油(Tight Oil)，存在富含有機質的頁岩層中。
- 主要的蘊藏量及開採技術，都掌握在美國：
 - 2005年美國自產的天然氣僅有4%從頁岩層中抽取出來，至2011~2012年，大幅提升至23%~30%。
 - 2005年頁岩油10萬桶/日，增至2011年90萬桶/日，占美國原油總產出的比重約從2%提高至15%。



圖:美國搶先開發豐富的頁岩油氣，將成為全球最大產油國

全球氣溫恐升目標2倍



法新社，2013/6/10

- IEA（國際能源總署）發布的「重劃能源與氣候地圖」（Redrawing the Energy-Climate Map）報告顯示：「我們目前的道路可能導致全球氣溫上升攝氏**3.6**度到**5.3**度之間」。
- 我們必須做的四件事情：
 - 提高建築物、工業與運輸的能源使用效率；
 - 限制興建及使用效率低落的發電廠；
 - 甲烷排放減半；
 - 局部取消化石燃料的補貼



大氣二氧化碳濃度 突破400 ppm!



2013

2013年5月9日

May 09 - 400.03

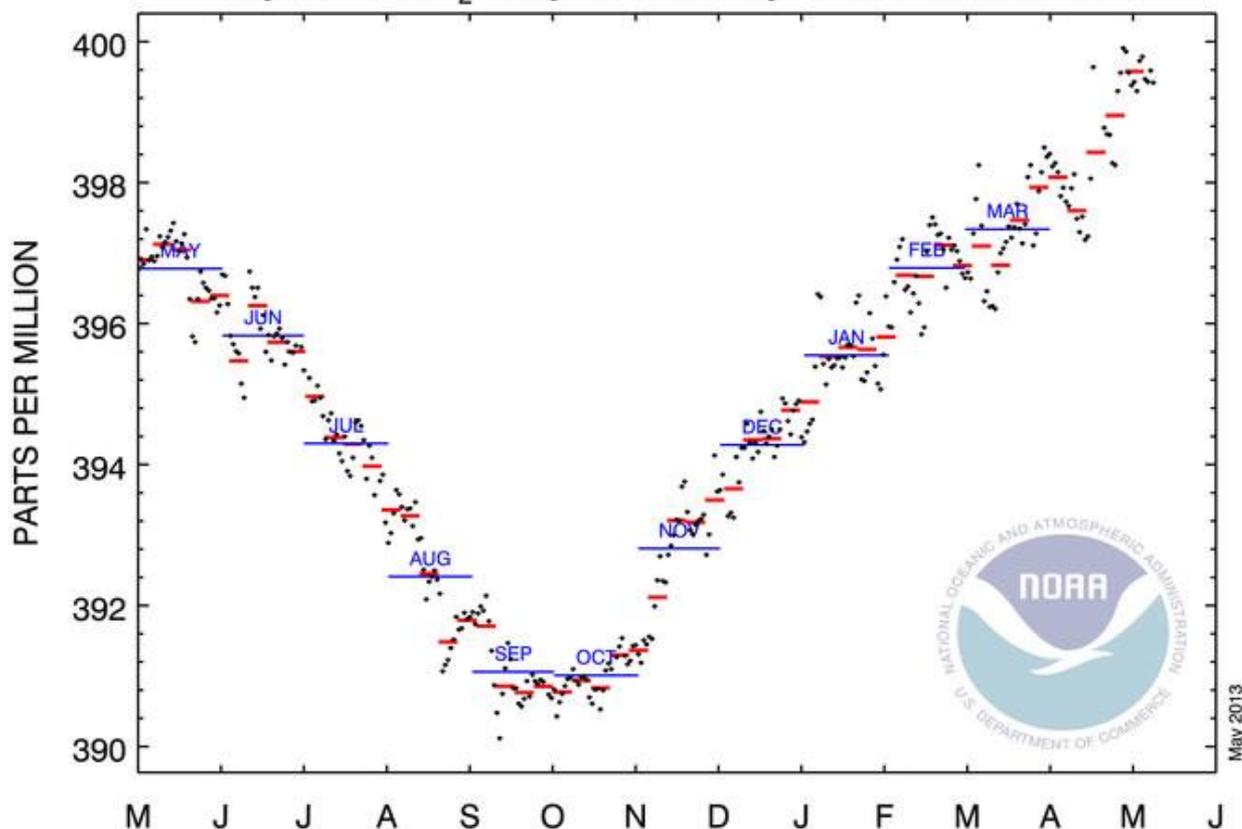
May 08 - 399.42

May 07 - 399.59

May 06 - 399.43

May 05 - 399.47

One year of CO₂ daily and weekly means at Mauna Loa

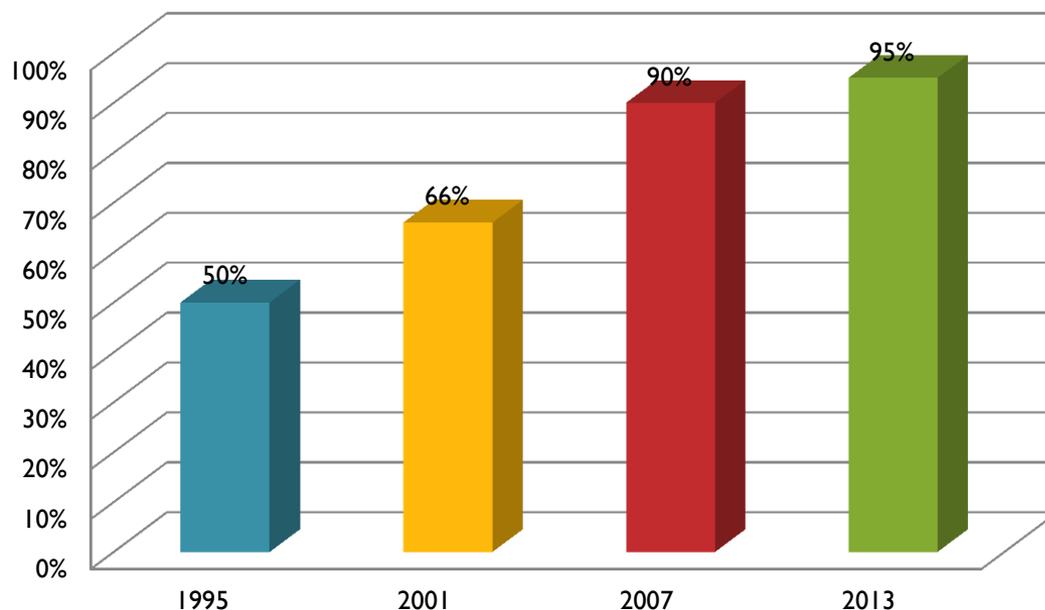


氣候變遷的最新趨勢：AR5



2013

- IPCC於2013年9月27日於瑞典首都斯德哥爾摩公布第五次氣候報告，說明人類影響「極其可能」(extremely likely)是20世紀中期以來全球氣候變暖的主要原因，可能性在95%以上。



AR5描述未來變化與減碳前景

- 以輻射驅力2.6, 4.5, 6.0, 8.5Wm⁻²四種情境預測未來



- 最佳情境：本世紀末地表升溫至少攝氏1.5度，海平面上昇至少0.26公尺
- 最糟糕的情境：本世紀地表平均溫度，最多可能上升多達攝氏4.8度，海平面平均上升0.82公尺
- 相較於1861~1880，升溫幅度若要在2°C以內，則至少要將二氧化碳排放量減至8,000億噸二氧化碳當量。但人類到2011年已排放5,310億噸，要達到控溫目標愈來愈渺茫



暖化威脅迫在眉睫！

6°C 世界末日來臨！

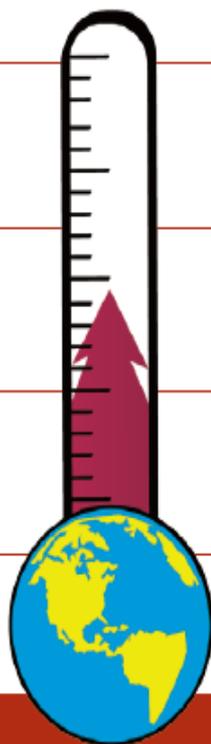
5°C 南北極冰層融光，海水淹沒陸地，
生物和人類大量滅絕。

4°C 數百萬人成為氣候難民，
電影「明天過後」情景將出現。

3°C 全世界80%冰山、冰層融解，
地球急速升溫、季節大錯亂、人類生存環境更加惡劣。

2°C 氣候變遷引發大規模的病毒變異與傳播的危機，
人類健康遭受巨大威脅。

1°C 極端氣候發生的頻率與幅度擴大；
熱浪成為常態，多數人因為熱衰竭而死亡。



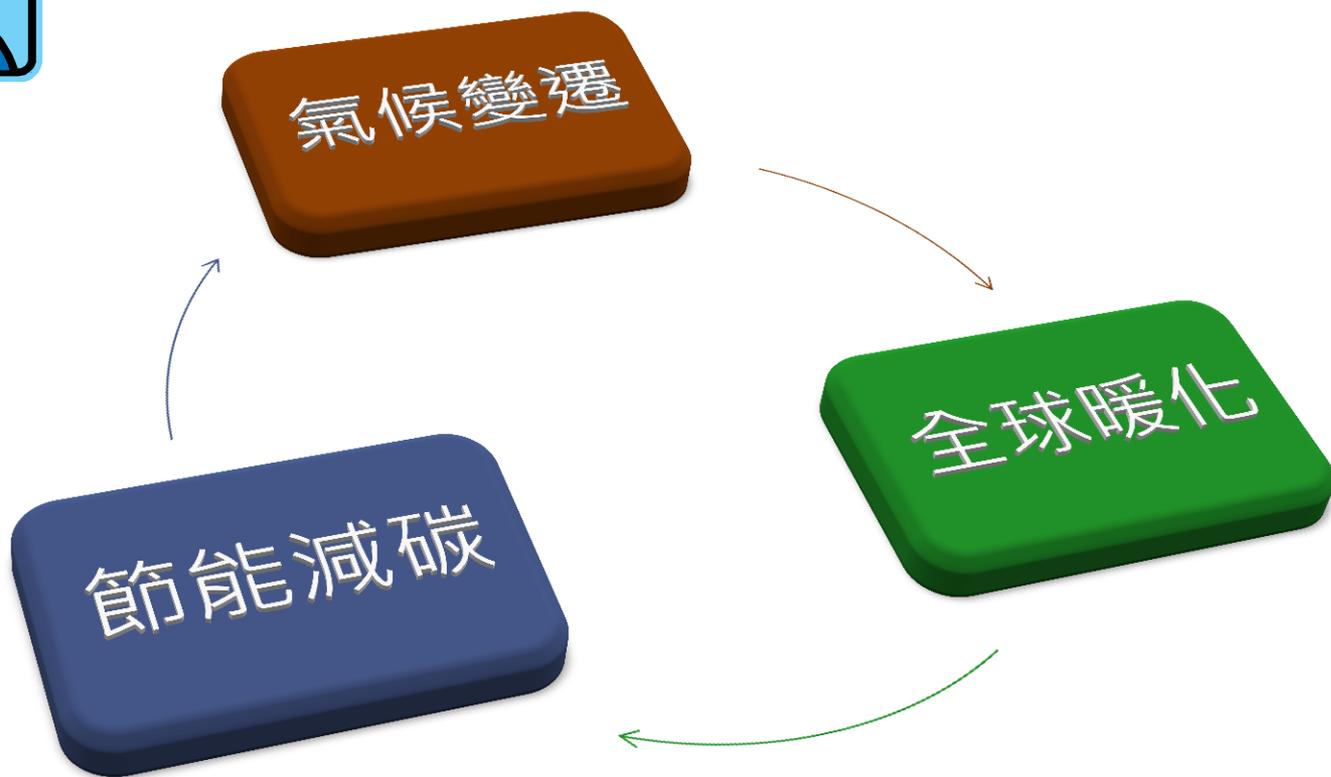
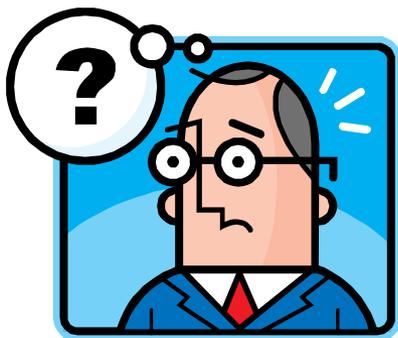


所以要節能減碳？

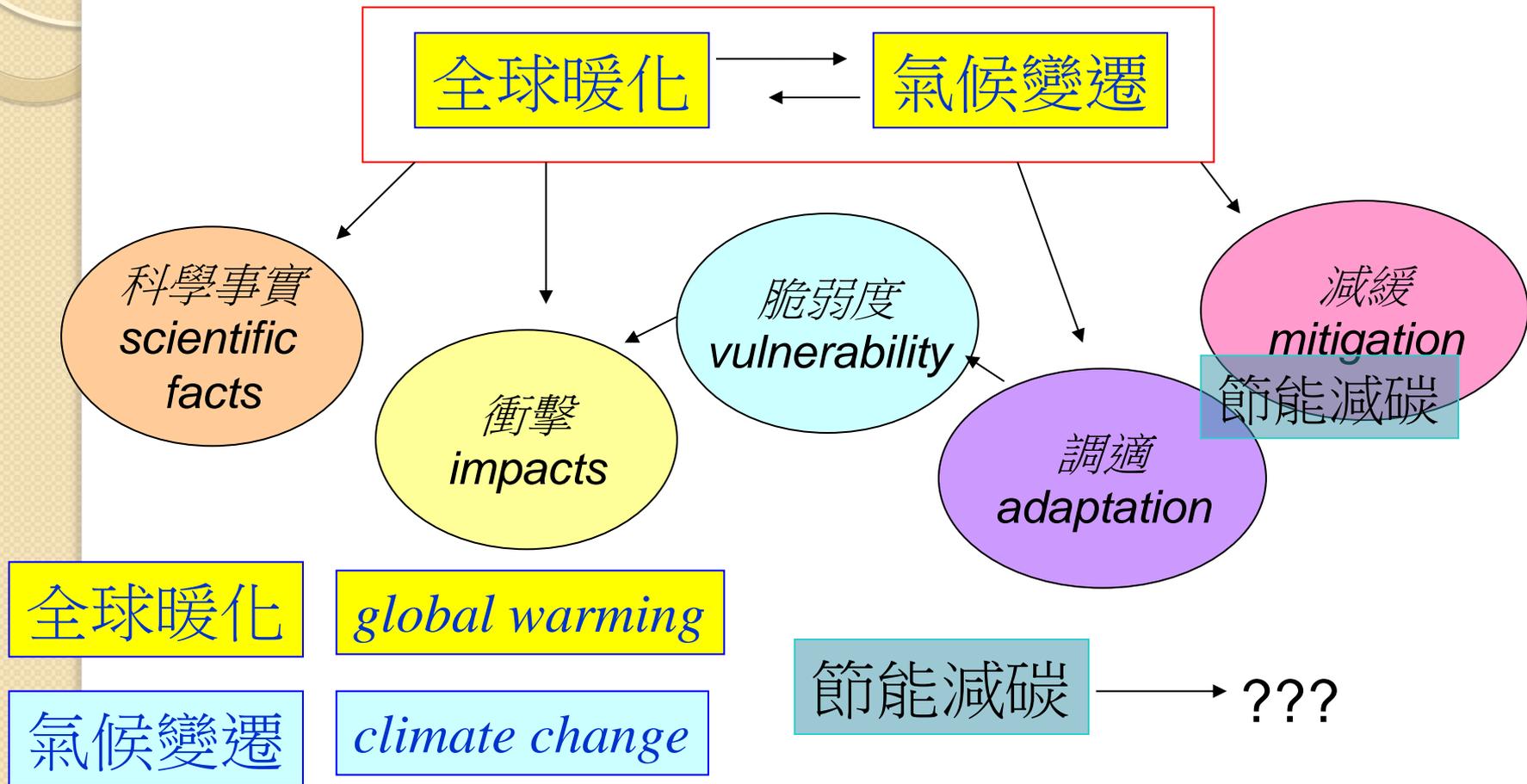
- 隨手關燈
- 大賣場辦公室控制冷氣溫度
- 降低飲食碳足跡.....



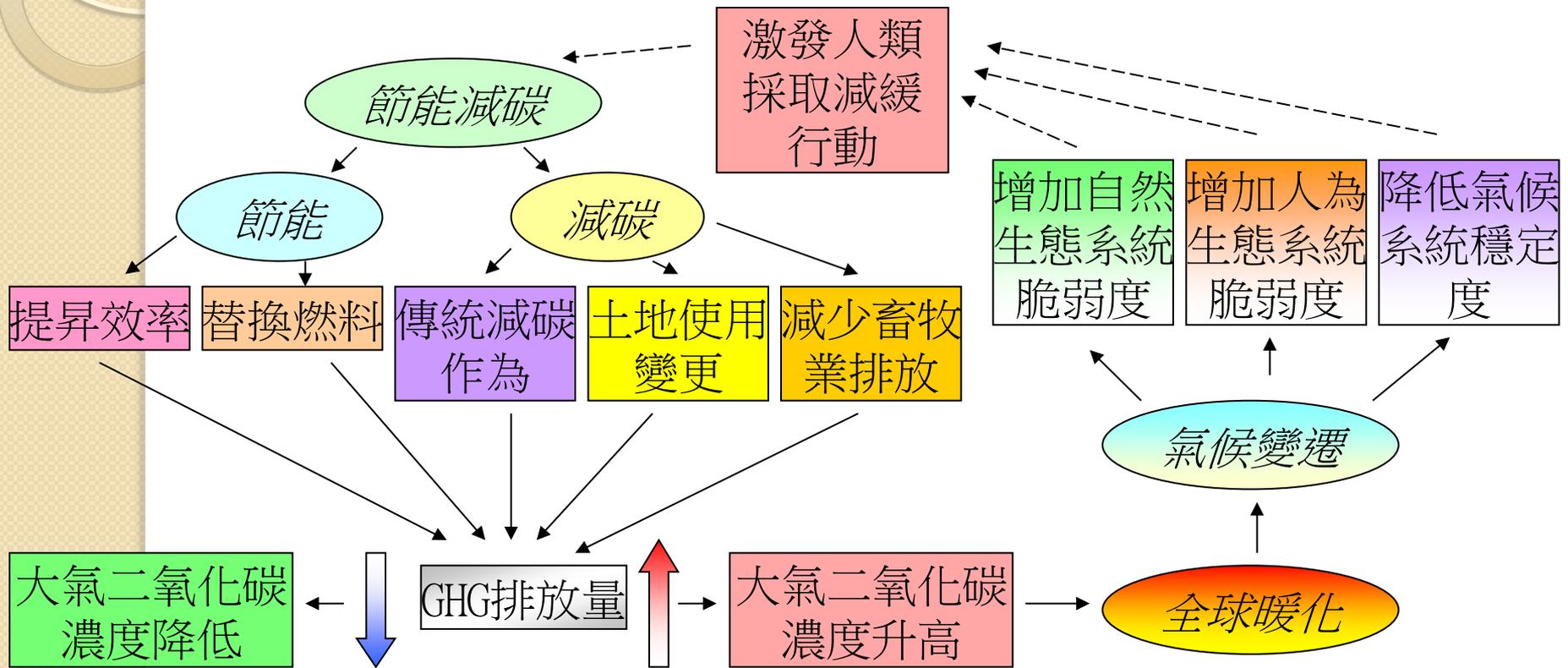
跳太快了吧！



全球暖化vs.氣候變遷vs.節能減碳



以節能減碳為主旨的基本思考架構



你摸到整頭象的哪一個地方？





以 IPCC 報告書分類方式 為思維架構的全球暖化概念圖



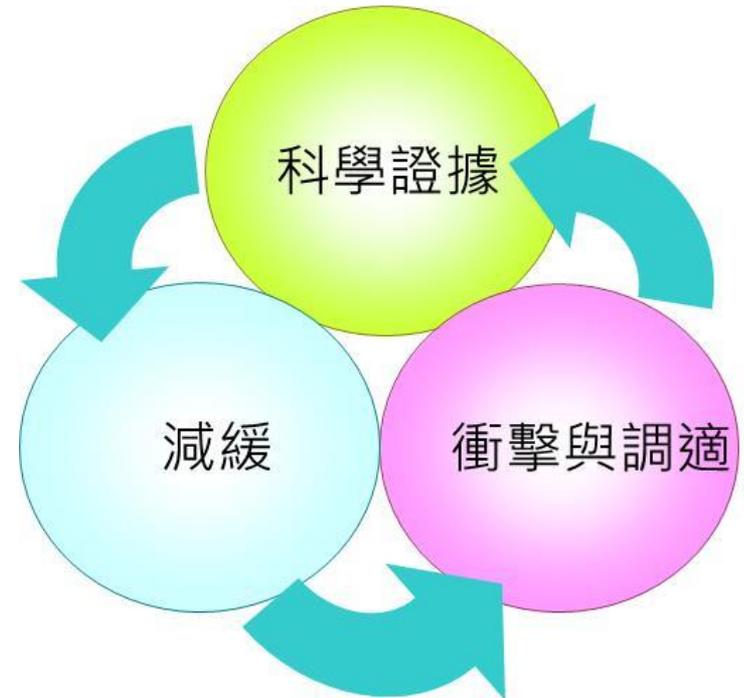
我們應該培養的素養是....

- 對於事理全貌的理解
- 使用不同的角度與學科領域理解
- 因應不同的學習階段與功能，調整深度，但必須回應到全貌
- 界定議題、分析議題與解讀問題、訂定策略，進而解決問題的能力



氣候變遷的核心議題

- 科學證據
 - 瞭解與預測氣候變遷
- 減緩
 - 降低溫室氣體排放量
- 衝擊與調適
 - 為無法避免的氣候變遷衝擊做好準備



資料來源：1.台灣氣候變遷科學報告2011
2.IPCC，2007第四次評估報告

理解全球暖化與氣候變遷的關鍵概念

- 光合作用 ... 基礎知識 必要知識
- 能源供需 ... 系統思維 必要知識 態度與價值觀
- 綠色經濟 ... 發展趨勢 必要知識 趨勢與行動
- 調適作為 ... 迫在眉睫 必要知識 趨勢與行動 態度與價值觀
- 超越減碳 ... 全面視野 必要知識 態度與價值觀
- 馬上行動 ... 時間競賽 必要知識 趨勢與行動 控制觀

減緩vs.調適

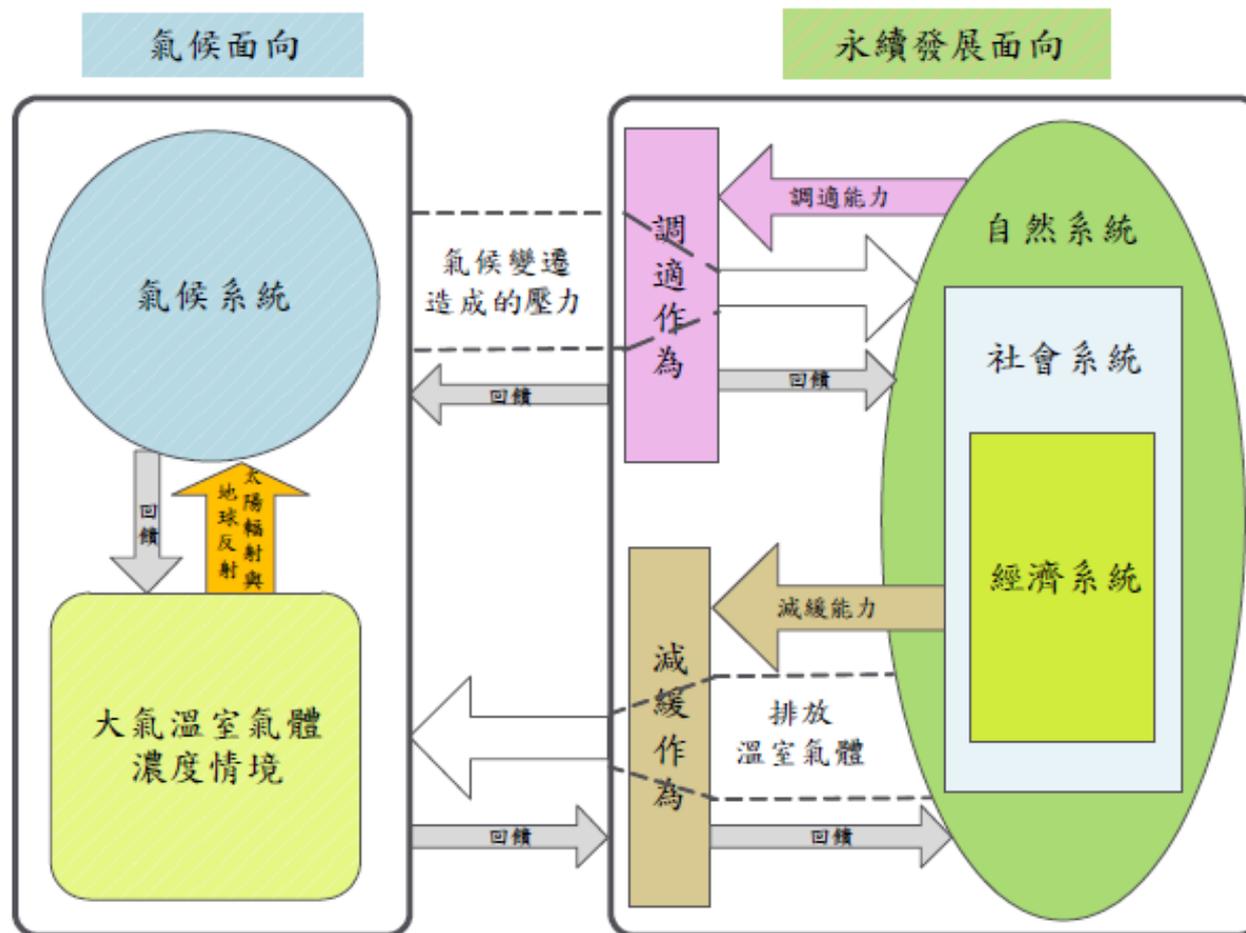
不同，但相關(different but relevant)

- 減緩：尋找降低溫室氣體排放速度的方法，或吸收、儲存碳排放，以減緩氣候變遷帶來的可能衝擊
- 調適：面對已發生的與進行中的氣候變遷，試著運用適當的調整策略，降低其負面衝擊，或增加正面效應

我們儘可能減緩愈多、愈快
不能減緩的，我們就要調適

*We mitigate as much (and quickly) as we can.
We adapt what we cannot mitigate.*

減緩與調適的互動關係



國家氣候變遷政策綱領，行政院經濟建設委員會，2012

減緩vs.調適

以經濟學角度看待

- 減緩：公共財

- 註定發生「市場失敗」
- 目標不可能自動達到



- 調適：私有財

- 市場誘因扮演關鍵角色
- 理論上可以自動達到效率解



減緩是必要的，調適是不可避免的！

Mitigation is essential while adaptation is inevitable.

公共財vs.私有財

- **公共財**
- 防洪用的水庫



大家共同努力減碳，
讓氣候惡化速度減緩

- **私有財**
- 自己建造堤防，以避免淹水



不管世界減碳進度為何，
自己想辦法避免氣候災害衝擊

暖化到底是不是真的？ 我們是否要積極作為？

風險管理的觀點

IPCC預估正確與否對應我們是否有所作為之後的四種結果

	A (IPCC預估正確)	B (IPCC預估不正確)
I (調適與緩解)	人類有可能因有所準備而度過難關 	人類社會轉型為低碳經濟體，環境品質改善 
II (BAU)	末日情境 	人類社會繼續循原方式運作，但仍然面臨其他環境問題的威脅 

氣候變遷教育應有的設定

It's about climate change, not just carbon!

- **回應全貌**

- 子曰：必也正名乎！「氣候變遷」是也！
- 「主題vs.子題」之架構必須清晰



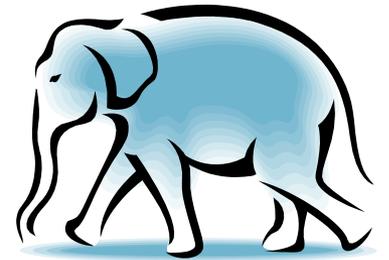
- **目標明確**

- 氣候變遷教育之教育目標明確設定
- 「目的vs.手段」界定清楚



- **因材施教**

- 「小象→中象→大象」 vs. 「頭、身、鼻、尾」



- **跨域平衡**

- 自然科學、社會科學、歷史人文、工程應用



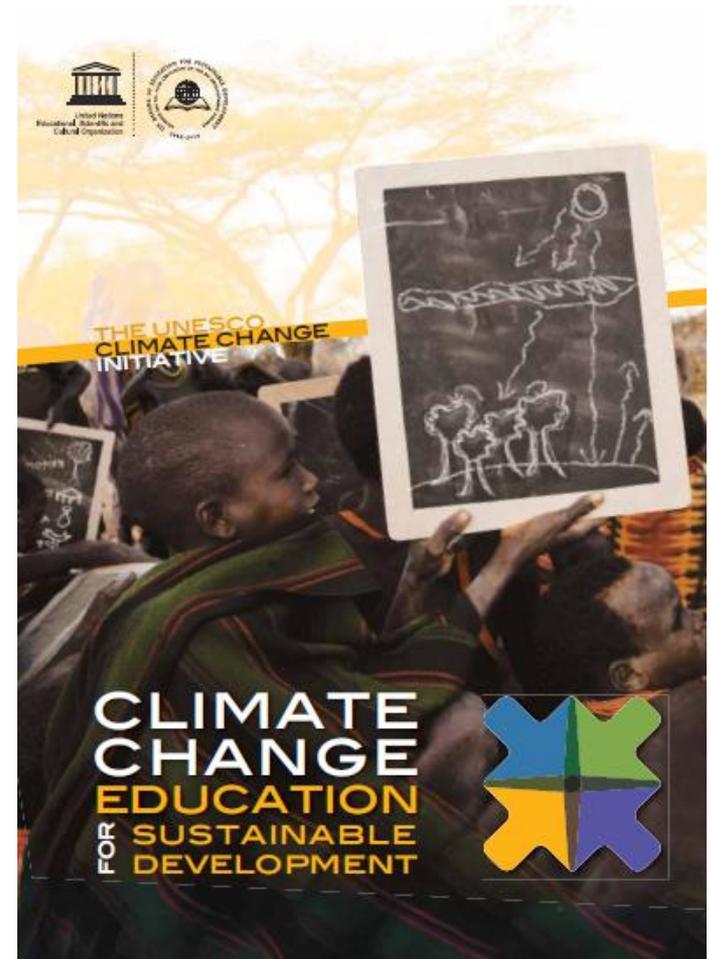
國際社會 現況與趨勢

氣候變遷教育的國際語言與趨勢是什麼？
與永續發展教育之間的關係為何？

氣候變遷教育+永續發展教育

Climate Change Education + Education for SD

- 1994年聯合國氣候變化綱要公約(UNFCCC)第六章(Article 6)規範氣候變遷教育、訓練與公眾意識(education, training, and public awareness)
- 2009年哥本哈根氣候會議失敗後，聯合國教科文組織(UNESCO)於2010提出氣候變遷教育(CCE)作為永續發展教育(ESD)的架構、策略與行動方案。



UNESCO氣候變遷教育

三大目標



- 能力建構(capacity building)
- 創新教學與氣候變遷主流化(innovative teaching and mainstreaming climate change)
- 非制式教育與網絡連結(non-formal education and networking)

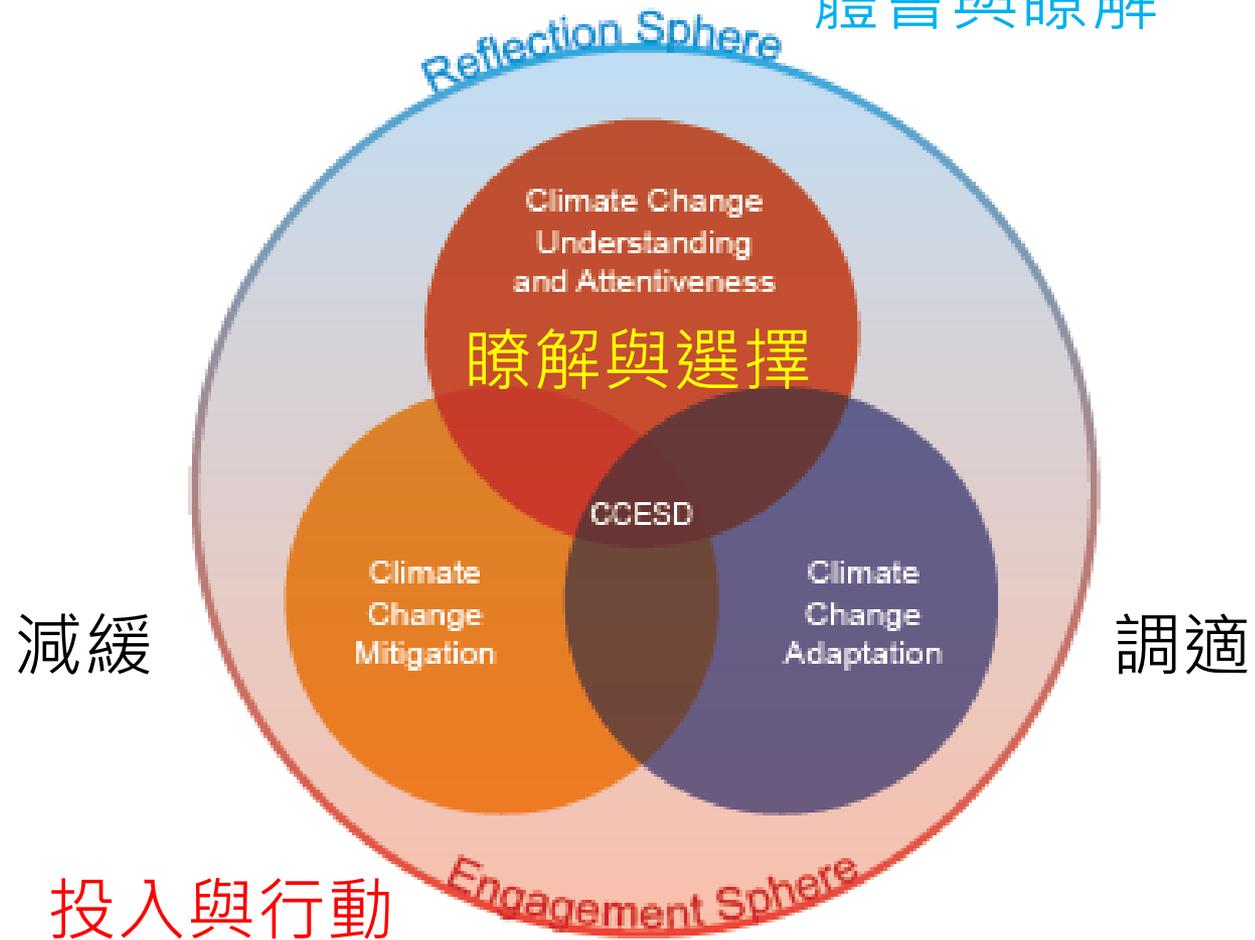


CCESD能力指標(compentencies)



CCESD的瞭解與行動示意圖

體會與瞭解

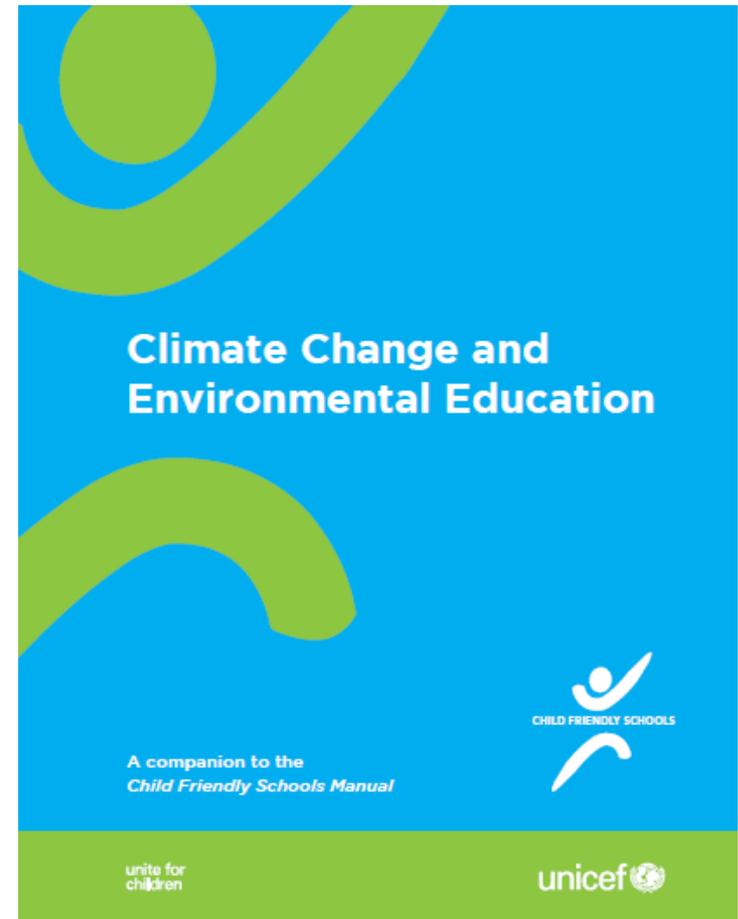


climate change in the classroom, UNESCO 2013

<http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002197/219752e.pdf>

聯合國兒童基金會(unicef) 氣候變遷+環境教育

- unicef於2013年提出，整合MDG(千禧年發展目標)與現有的環境教育架構，應用於氣候變遷教育。
- 以兒童友善的校園手冊(Child Friendly Schools Manual)為主題，提出不同語言的氣候變遷教育模組
- 強調以兒童為核心、全校式經營與對於教師的訓練，亦強調兒童本身的參與



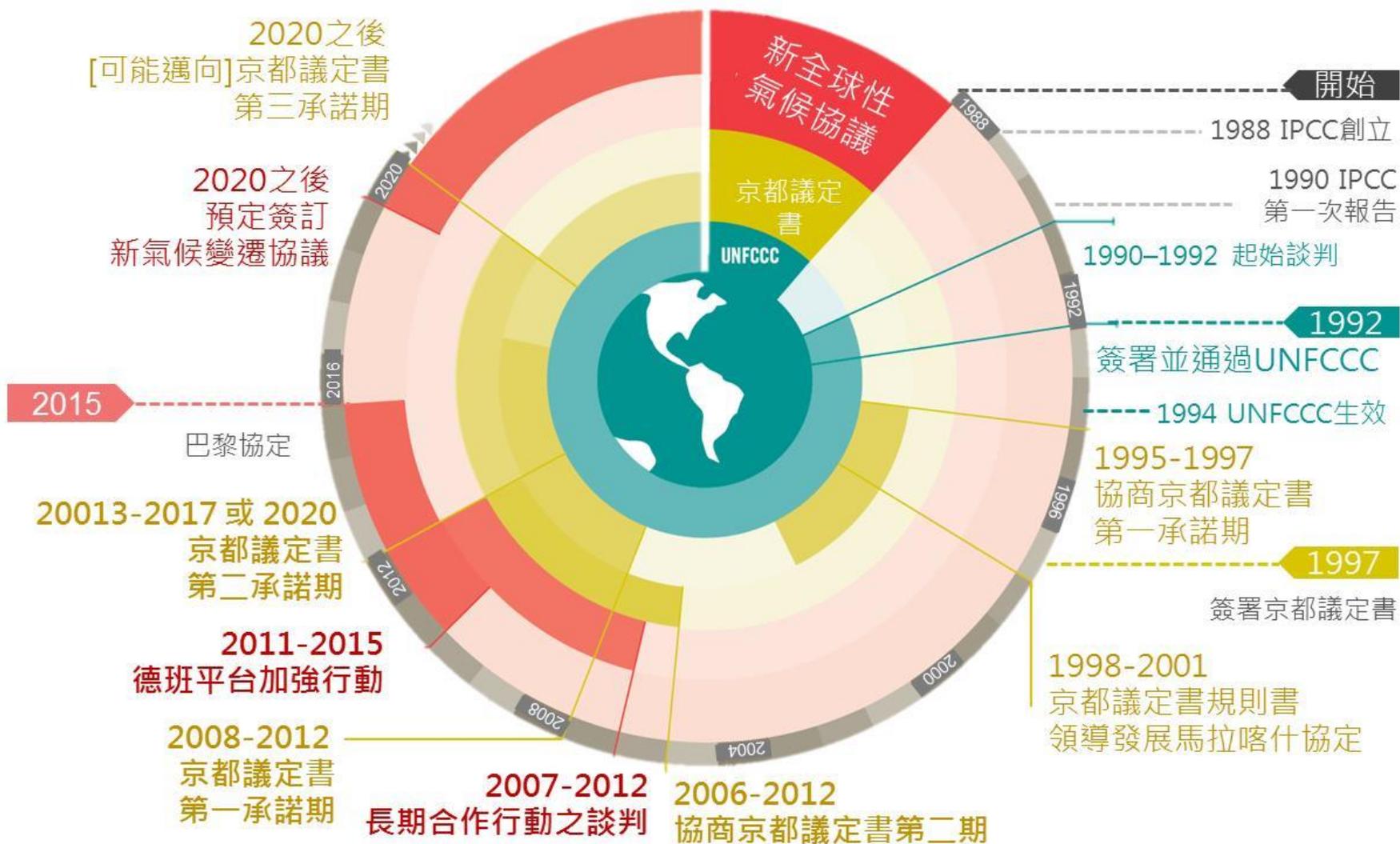
Climate Change and Environmental Education MODULE, unicef, 2013
http://www.unicef.org/publications/files/CFS_Climate_E_web.pdf



巴黎協定於2015年12月，在UNFCCC的COP21通過，訂出2020後全球減碳路徑

新時代： COP 21 通過 巴黎協定

氣候變遷國際公約發展時間輪



巴黎協定(Paris Agreement)的重點

減緩

- 提升各國自定貢獻的減量企圖心，以達成控制本世紀末全球升溫不超過攝氏2度的目標，並以攝氏1.5度為努力方向。
- 要求各國儘快達到排放峰值，並繳交國家氣候變遷計畫。

調適

- 要求各國遞交調適通訊，包含其國家調適優先順序和需求，借此協助開發中國家強化因應氣候變遷的調適能力。

損失與損害補償

- 加強各國氣候變遷衝擊災變之恢復能力。

能力建構

- 確立能力建構之合作機制，協助開發中國家建立對抗氣候變遷的能力及技術。

資金

- 在2020年前募齊1,000億美元，並於2025年後在此基礎提升。

技術發展轉移

- 建立已開發國家與開發中國家的合作機制，加強投資清潔能源，以因應氣候變遷的韌性。

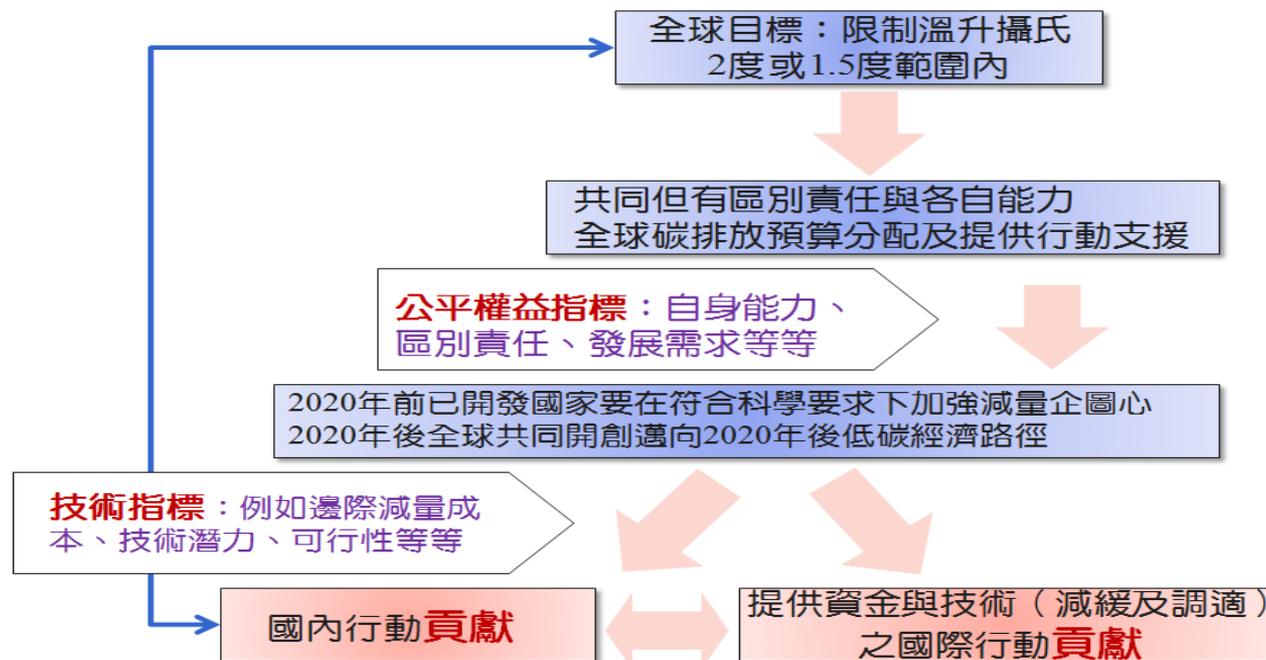
每5年將對全球氣候行動總體進展進行盤點，以提高各國企圖心、加強國際合作，實現全球因應氣候變遷長期目標。

全世界要減碳到什麼程度才夠？

■ 溫度上升於2°C內

Mission impossible?!

- 全球排放量必須在**2050年**比較**2010年**排放水準下降**40%-70%**
- 2100年時排放量將是趨零或更低（near zero or below），完全淘汰溫室氣體排放。



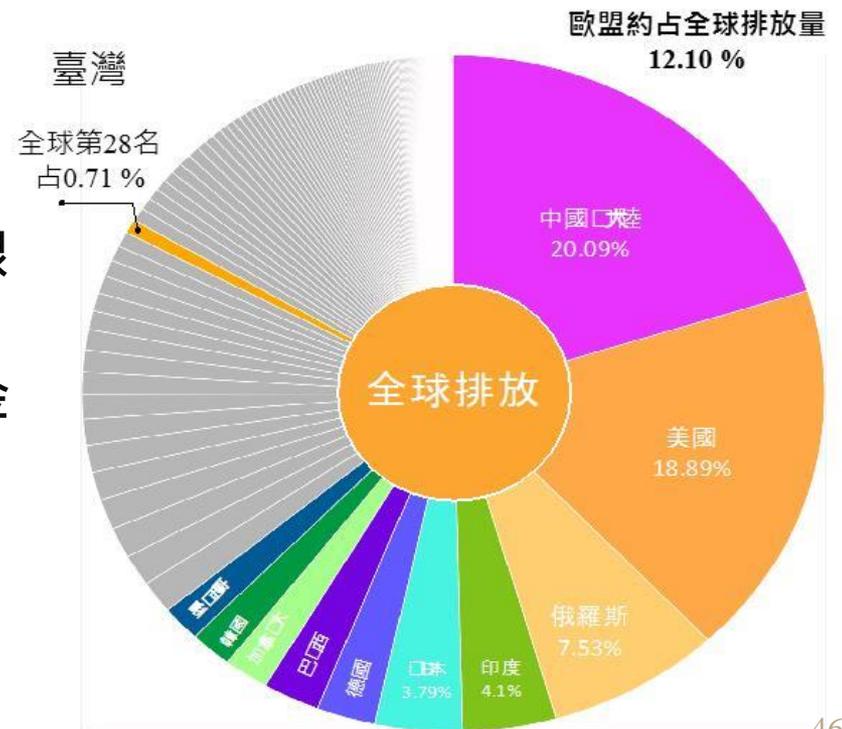
巴黎協定生效門檻

- 開放簽署日期：2016/04/22- 2017/04/21

生效門檻：55 個締約國 +
全球 55% GHG排放量

■ 重點：

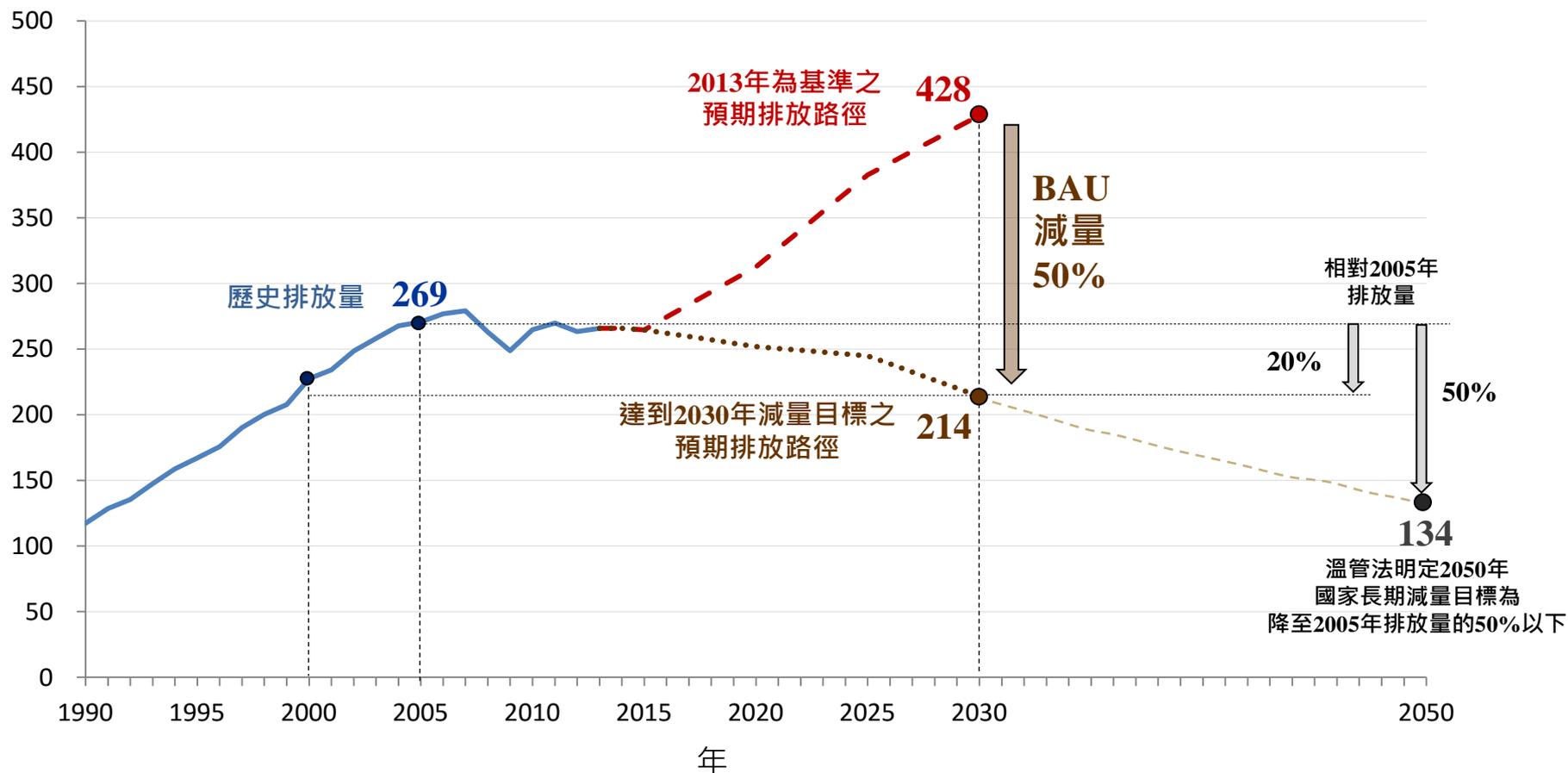
- 升溫限制在2度C以下，追求限制在1.5度C
- 每年1,000億美金綠色氣候基金
- 每5年提交報告及檢討



我國INDC規範之未來減碳路徑

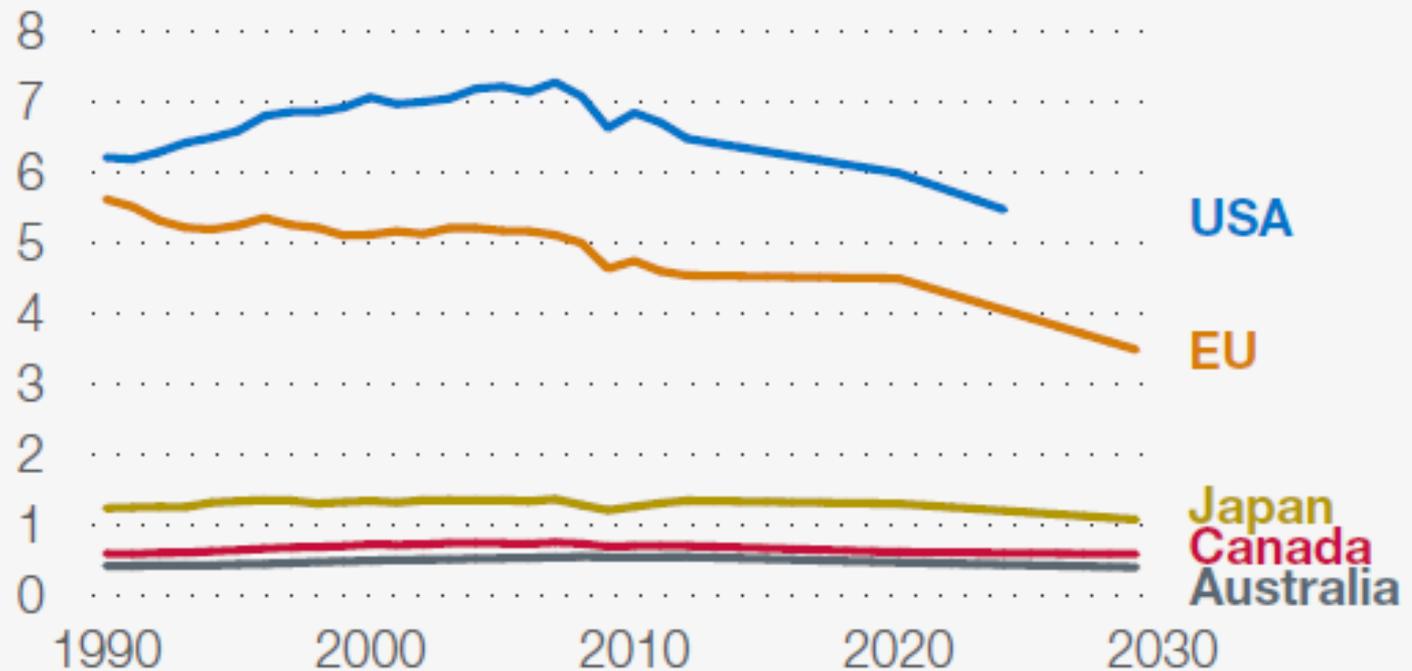
- 2030年溫室氣體排放量為BAU減量50%，亦即略低於2000年排放量，相當於**2005年排放量再減20%**。

溫室氣體排放量 (單位：百萬公噸二氧化碳當量)



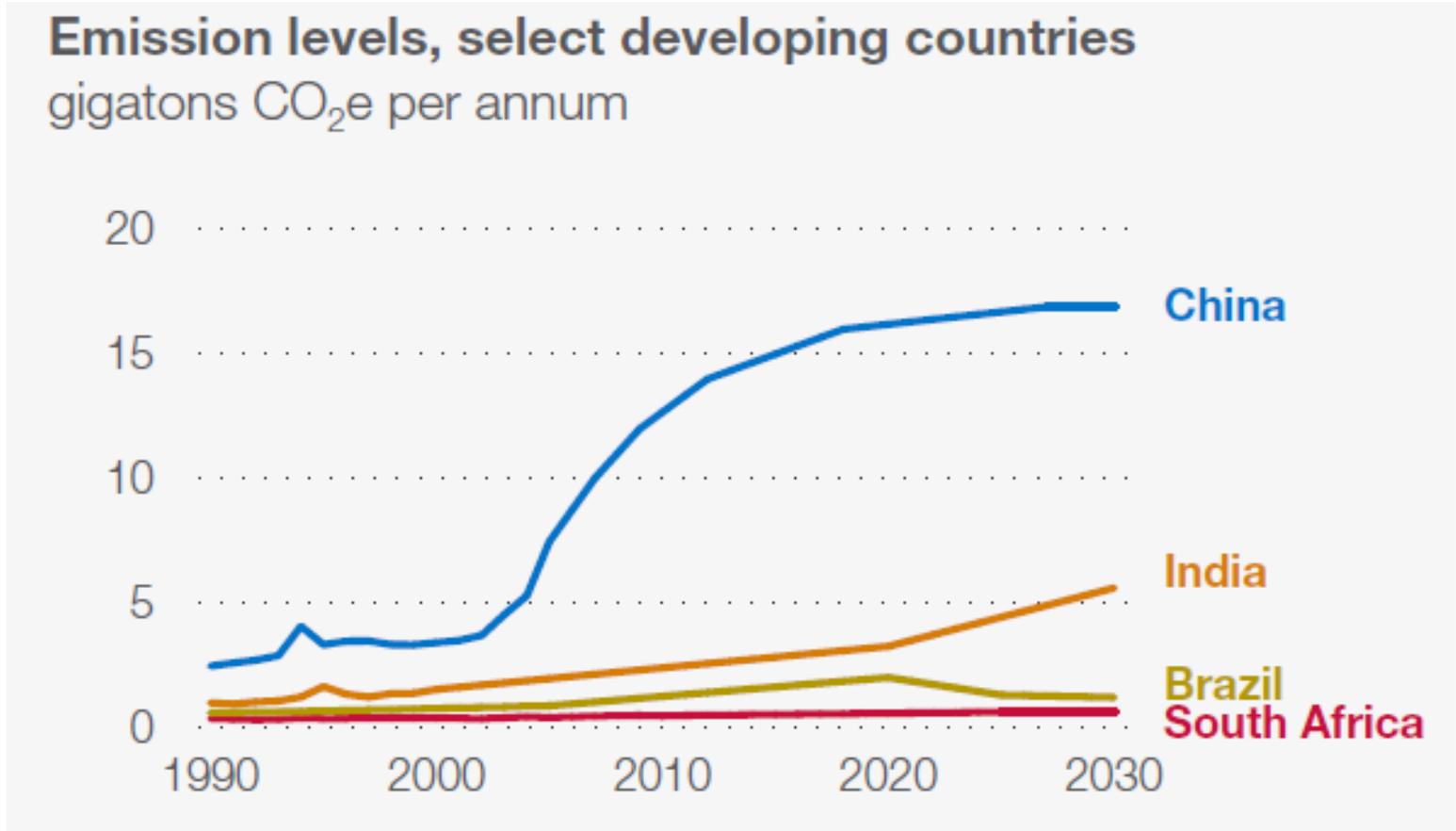
INDC : 已開發國家的排放曲線

Emission levels, select developed countries
gigatons CO₂e per annum



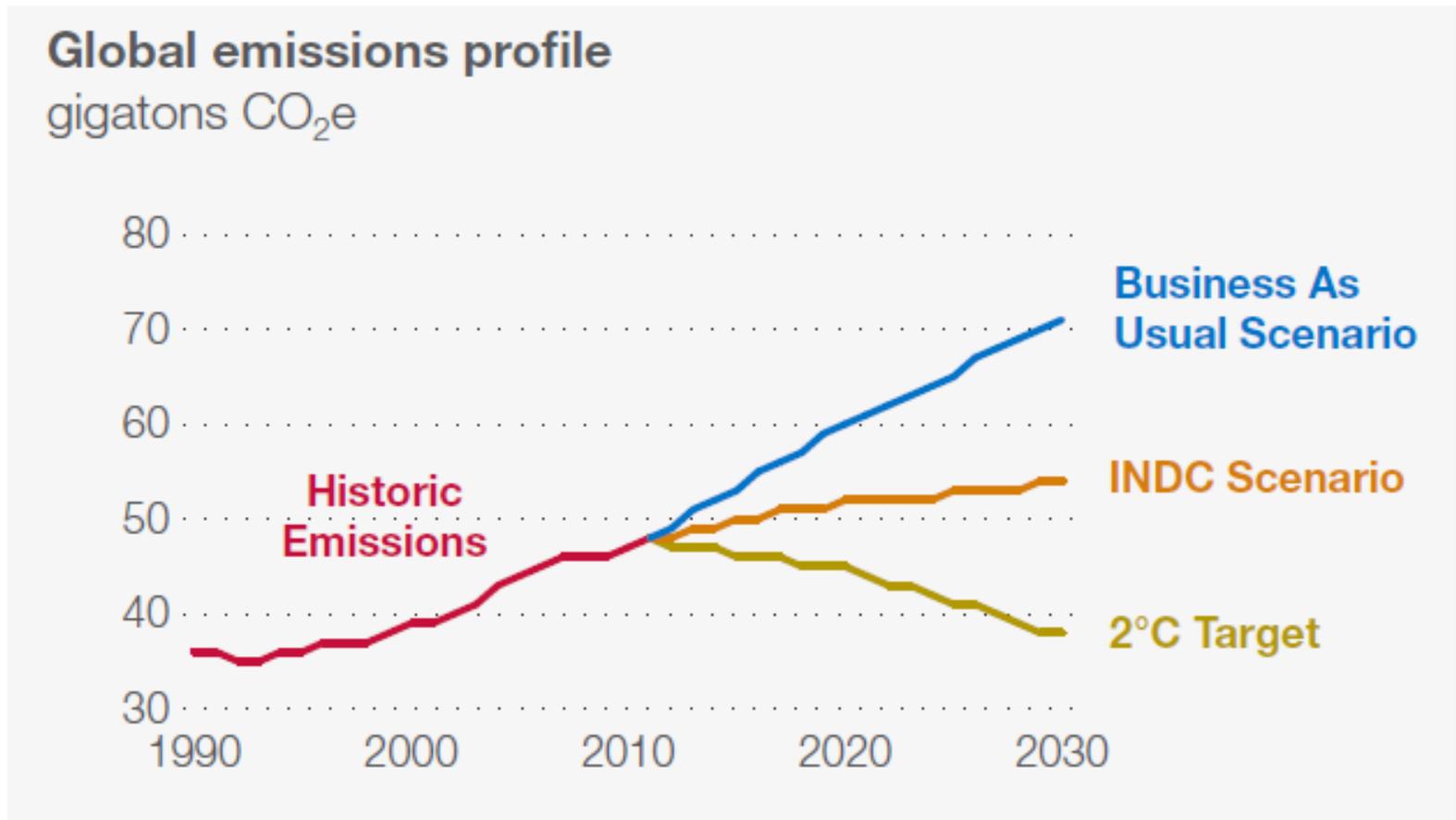
Source: ERM analysis of data from UNFCCC INDC Portal and other sources

INDC：開發中國家的排放曲線



Source: ERM analysis of data from UNFCCC INDC Portal and other sources

困境：INDC完全兌現升溫仍>2度



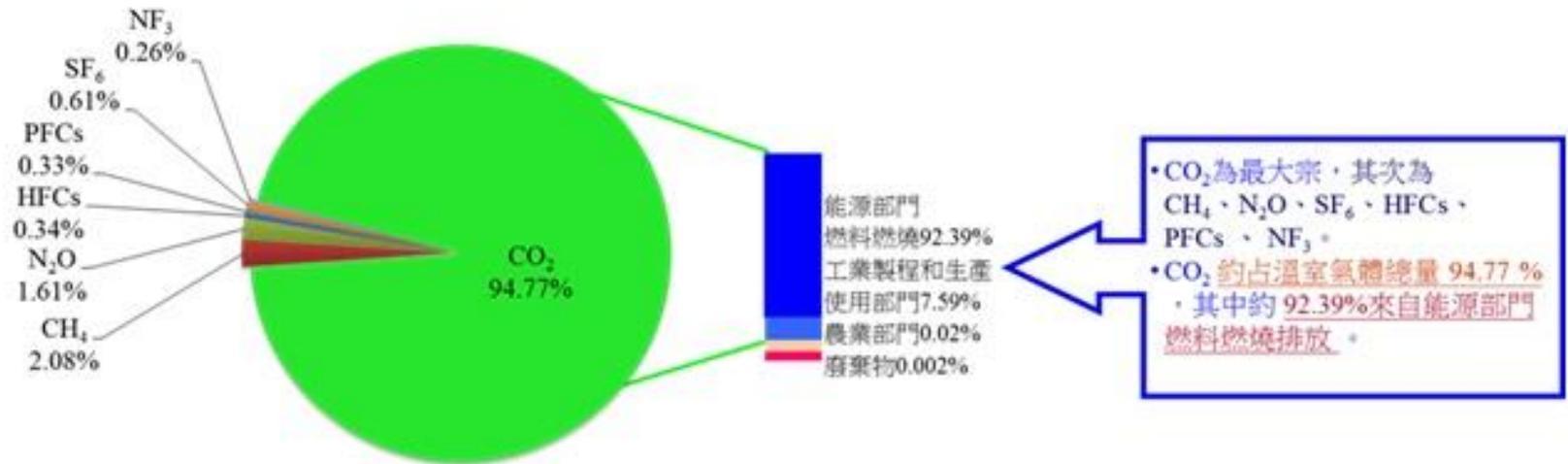
Source: ERM analysis of data from UNFCCC INDC Portal and other sources

中美聯合批准巴黎氣候變化協定

BBC, 2016/9/3

- 2016/9/3下午，在G20於杭州舉行前夕，中國國家主席習近平和美國總統歐巴馬在一個專門舉行的儀式上，先後向聯合國秘書長潘基文交存中國和美國氣候變化《巴黎協定》批准文書。
- 中國是世界上最大的碳排放國家。有害的碳排放造成了全球溫室氣候變化。中國的碳排放量佔全球碳排放總量的**25%**，美國為**15%**，這使中美兩國的減排努力成為減緩全球暖化的關鍵。
- 儘管目前已有**175**個國家簽署了巴黎協定，但截至**9月3日**之前，僅有**23**個國家批准該協定。而這些國家僅佔全球碳排放總量的**1%**略多一點。

我們要如何達到自己的承諾？



- 診斷分析與採取行動
- 個人層級
 - 積極行動、影響他人、改變系統需求