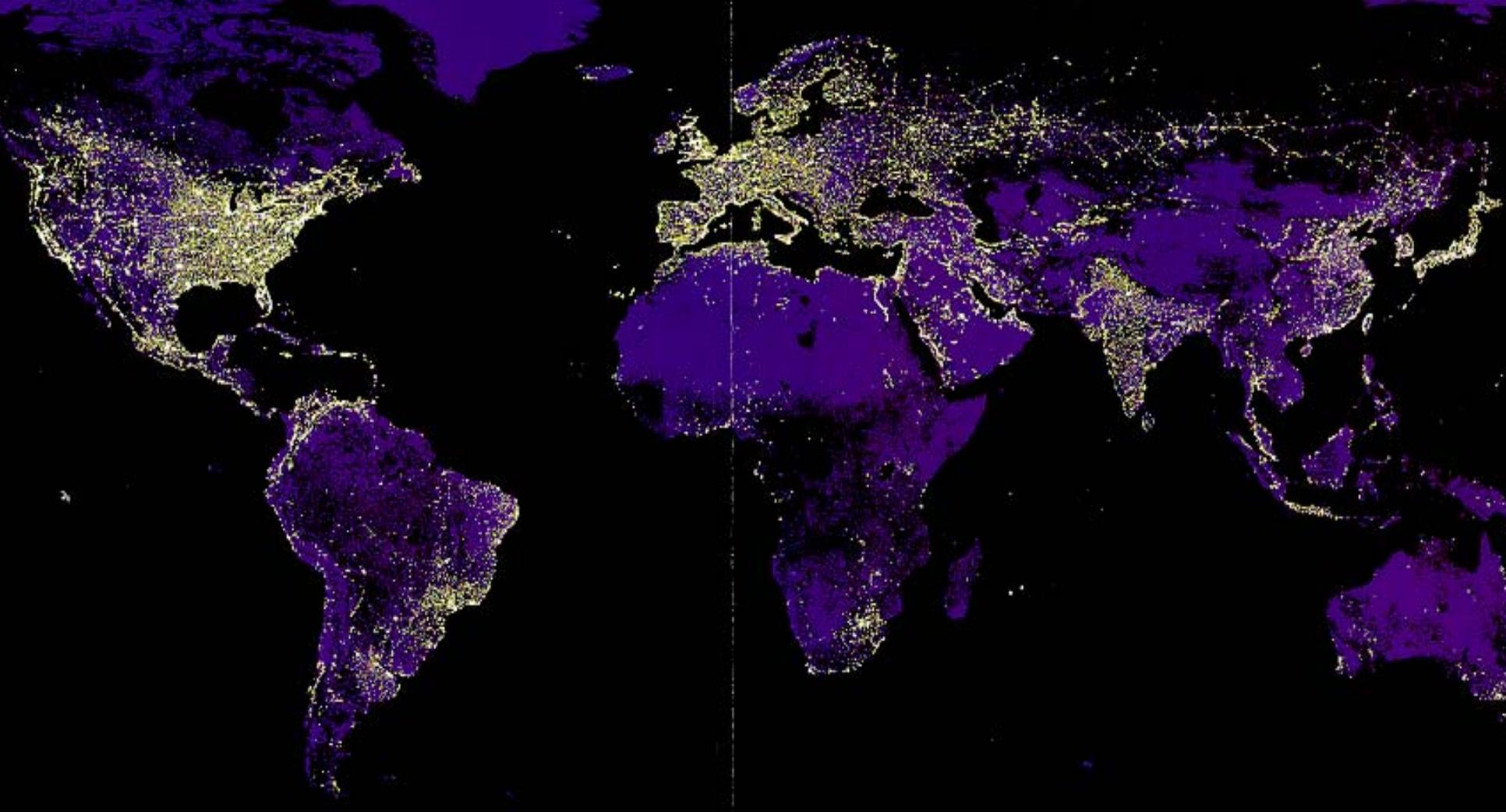


關心地球表面暖化，想想我們能源對策

鄭天佐，中央研究院物理研究所

<http://www.phys.sinica.edu.tw/~tsongtt/>

關心地球表面暖化，想想能源使用策略

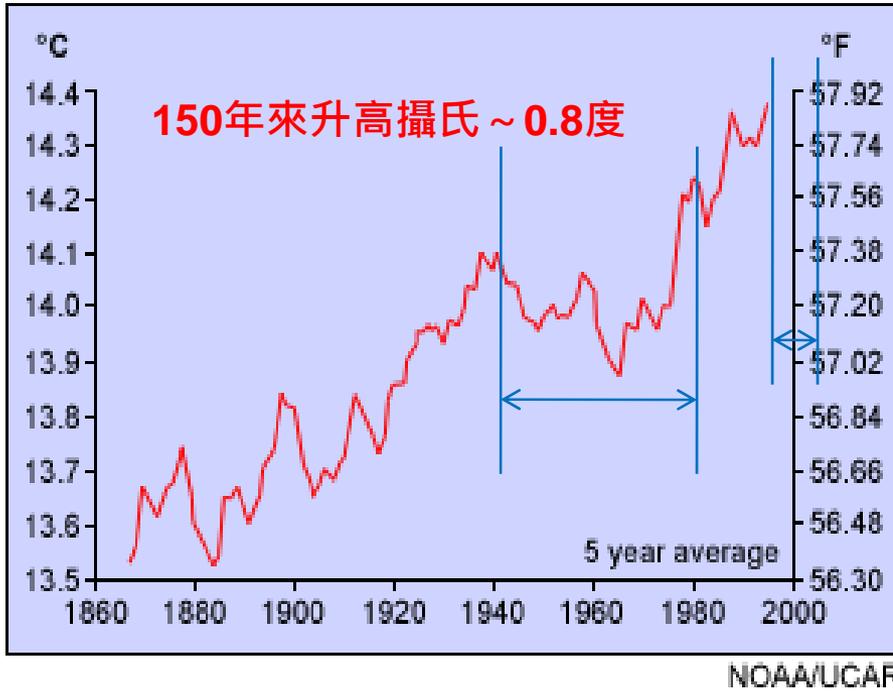


1. 地球表面暖化證據
2. 何謂溫室氣體，與大氣溫度有何關係
2. 兩三百年來溫室氣體含量的急速增加來自產業革命後石化能源（或化石能源，亦即fossil fuels:煤炭、石油、天然氣）的大量使用
3. 地球暖化對人類和地球生態環境將造成的影響與衝擊
4. 石化能源與各種再生能源的比較
5. 因應地球暖化，我們應該採取的能源使用策略

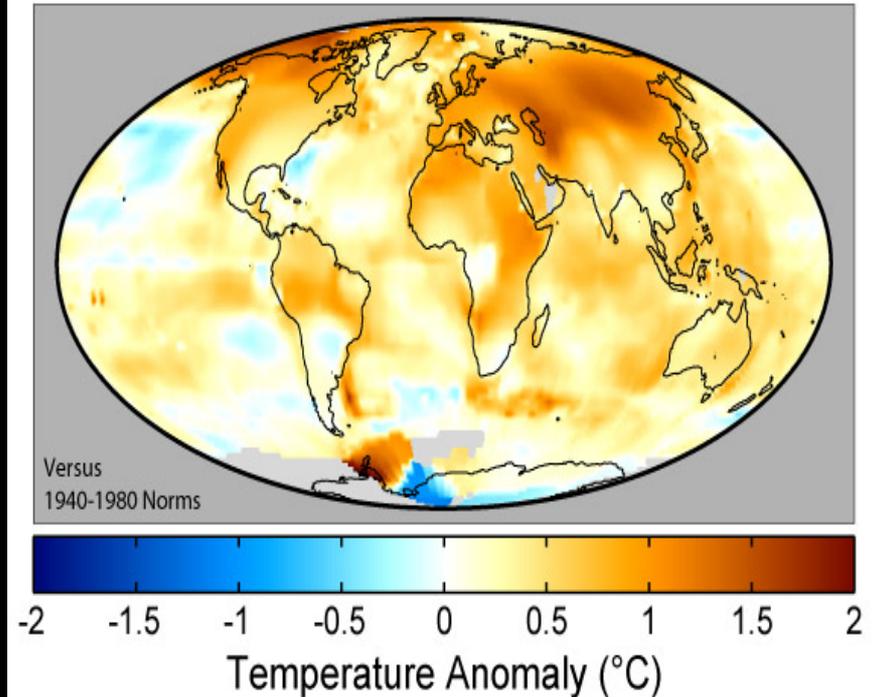


最近地球表面平均溫度變化圖

Global Average Temperature



1995-2004 Mean Temperatures



直接量測：溫度計1612 · S. Santorio; 1717 · G. Farenheit (F);
1742 · A. Celcius (C); 1848 · W. Thomson(絕對溫度 · K).

近代光譜溫度儀（紅外線吸收與反射光譜），衛星量測

間接量測：利用冰山和冰河開採的冰柱鑒定大氣溫度



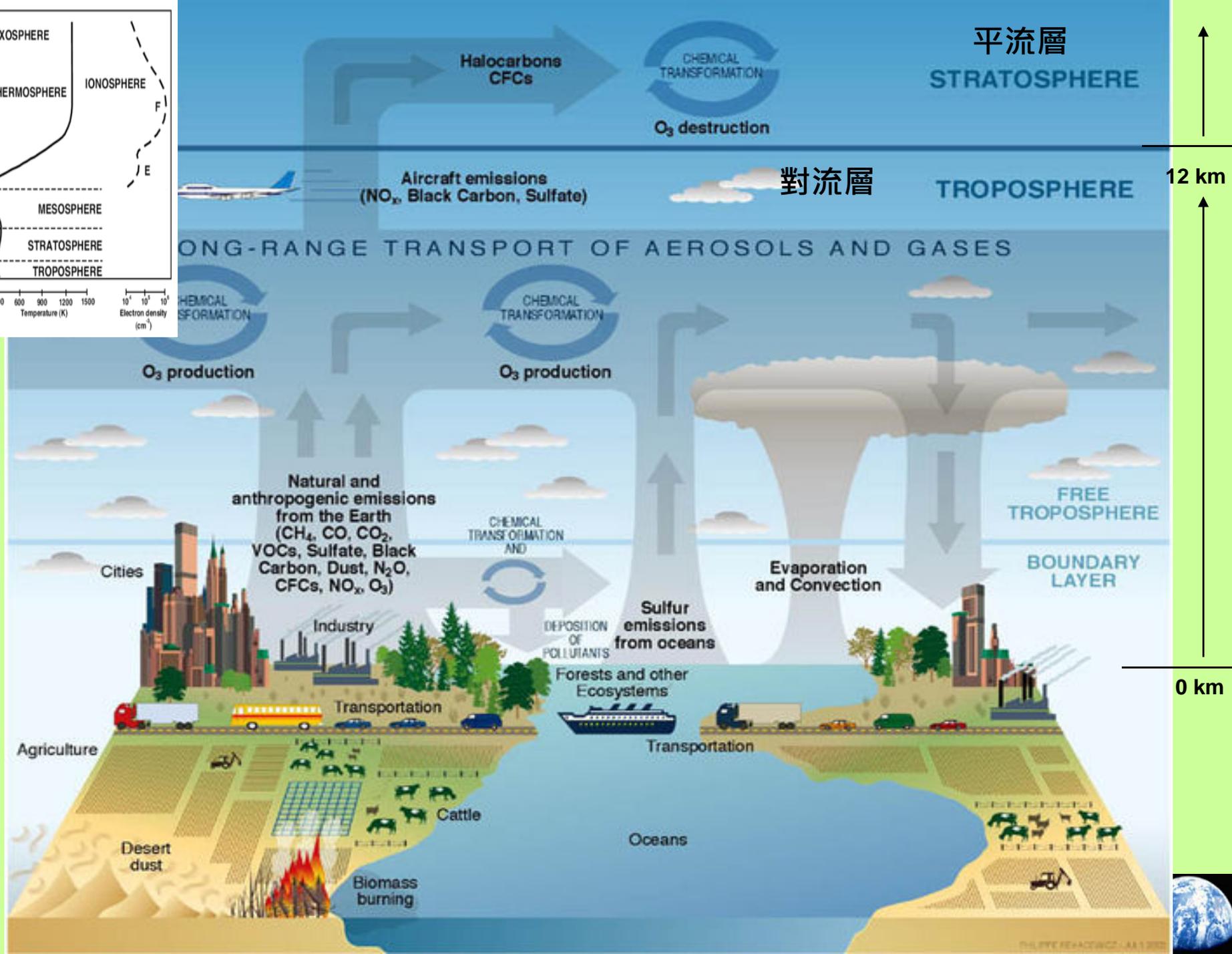
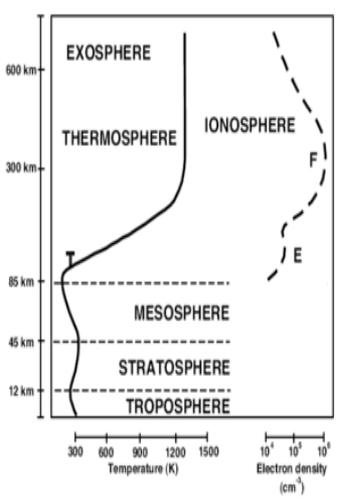
Gas	Current (1998) Amount by volume	Increase over pre- industrial (1750)	Percentage increase	Radiative forcing (W/m^2)
Carbon dioxide	383 ppm(2007)	105 ppm(2007)	37.77%(2007)	~1.532 (2007)
Methane	1,745 ppb	1,045 ppb	150%	0.48
Nitrous oxide	314 ppb	44 ppb	16%	0.15

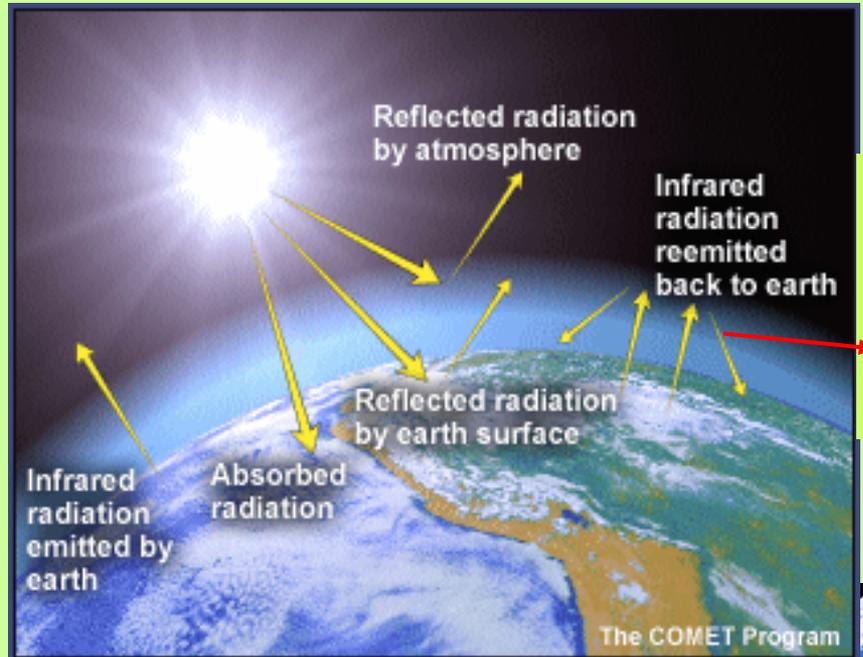
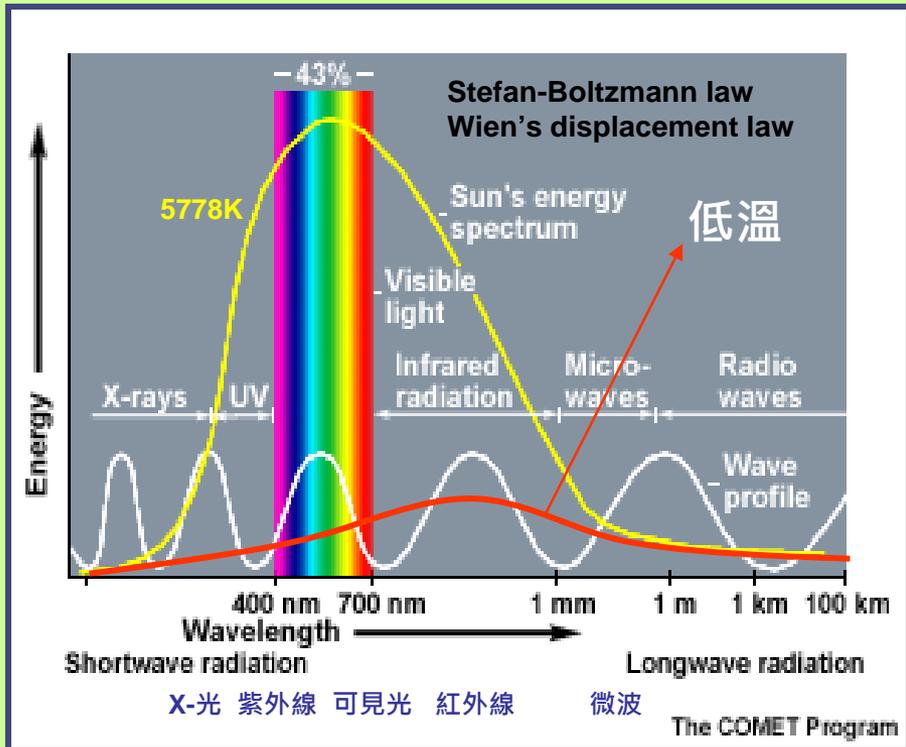
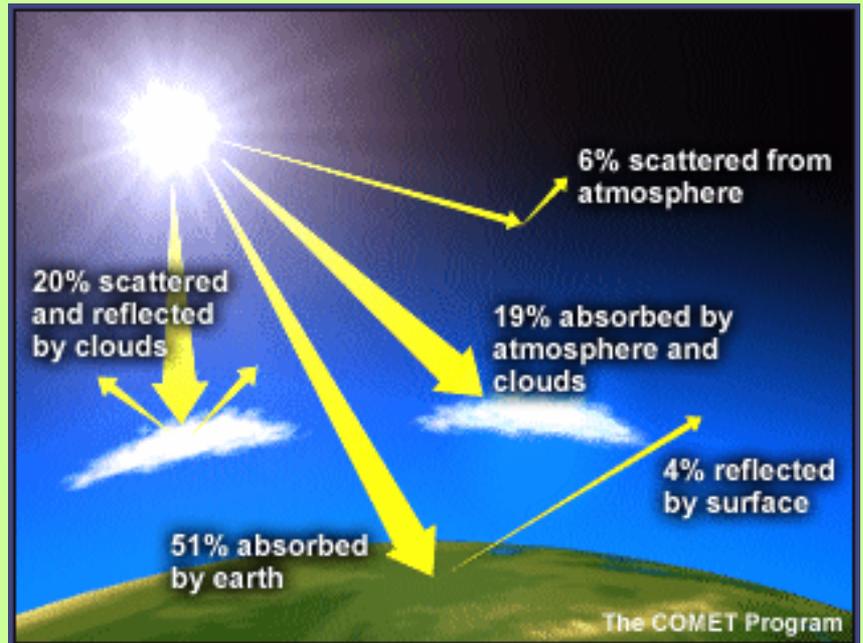
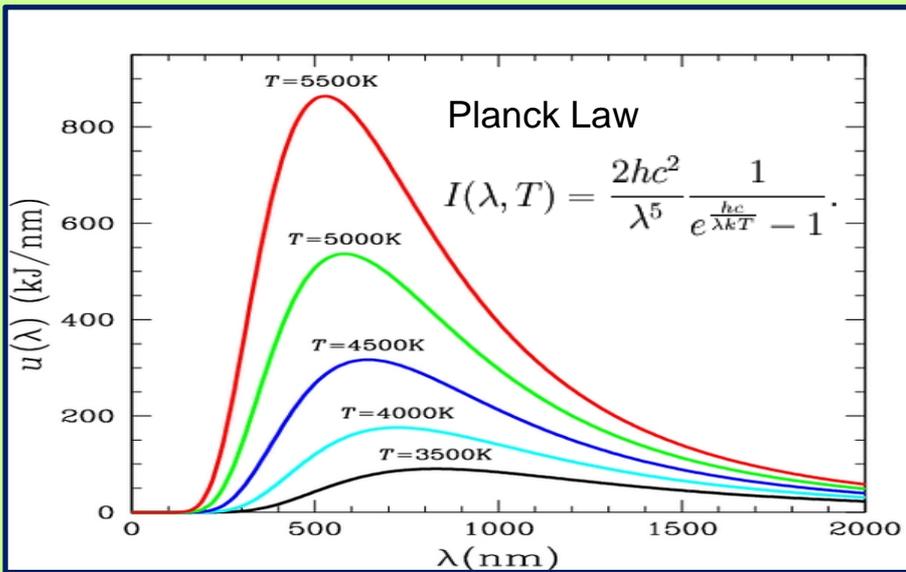
1 ppm為百萬分之1，1 ppb為十億分之1

溫室氣體與效應：

水蒸氣(H_2O)，二氧化碳(CO_2)，甲烷(CH_4 ，沼氣)，一氧化二氮(N_2O ，笑氣)，和氟碳化合物。這些氣體很像地面熱能的絕緣體，會阻礙地面熱能的消散，使地面溫度難於下降。水蒸氣含量變化不大，不與考慮。

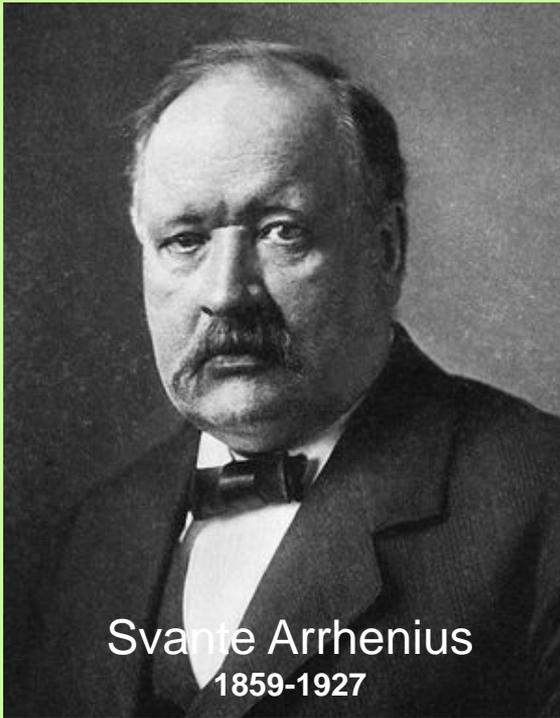






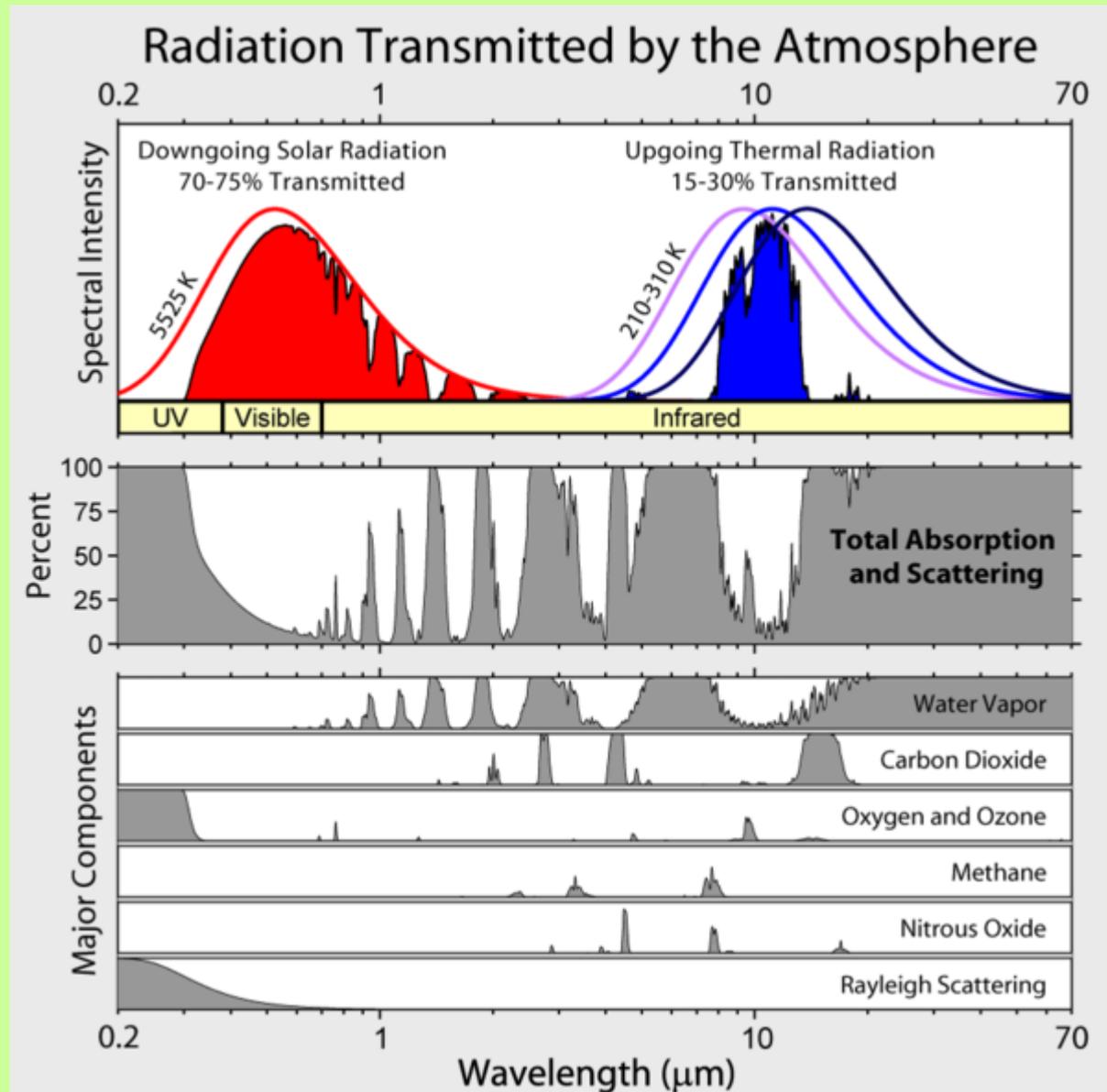
溫室效應



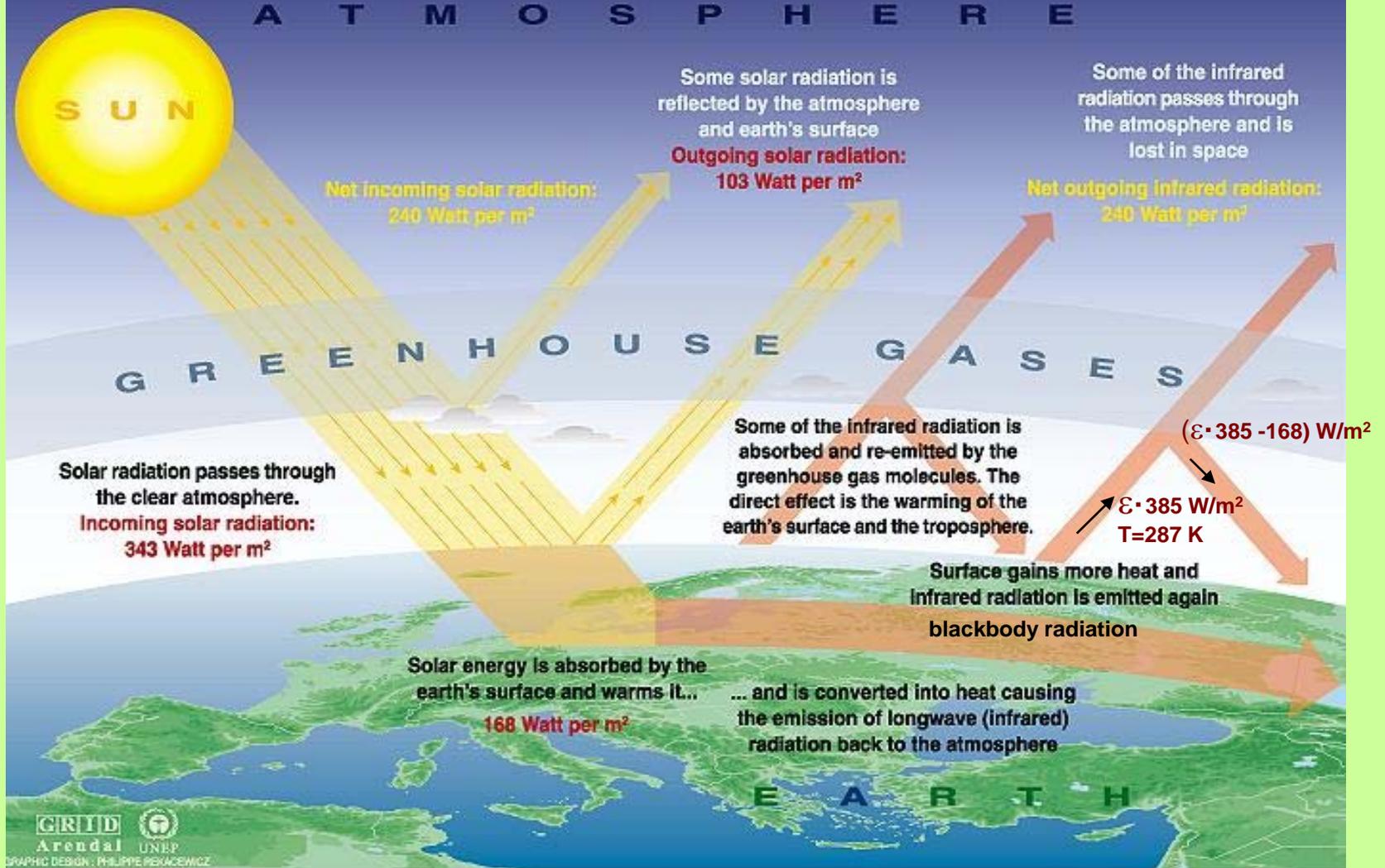


Joseph Fourier 1829
noticed effect of
green house gases

Svante Arrhenius 1896
quantified the effect



The Greenhouse effect



Sources: Okanagan university college in Canada, Department of geography, University of Oxford, school of geography; United States Environmental Protection Agency (EPA), Washington; Climate change 1995, The science of climate change, contribution of working group 1 to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change, UNEP and WMO, Cambridge university press, 1996.

United Nation Environmental Program



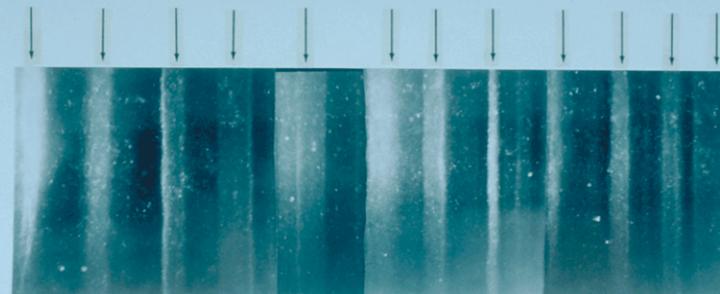
地面氣候變化測定方法

用衛星等直接量測，或考古式檢測法



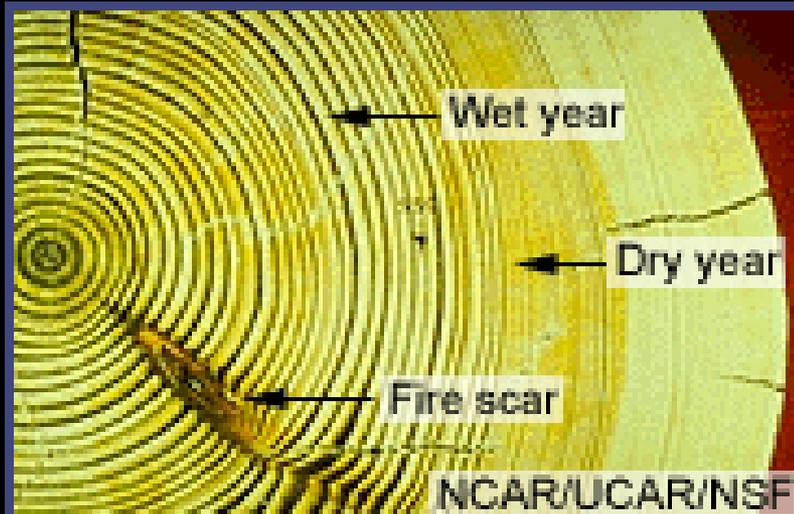
在南北極和各地冰山、冰河鑽洞開採冰柱

1) oxygen isotope ratio determines the atmospheric temperature. 2) trapped gas bubbles determine the concentration of various gasses



19 cm long section of GISP 2 ice core from 1855 m showing annual layer structure illuminated from below by a fiber optic source. Section contains 11 annual layers with summer layers (arrowed) sandwiched between darker winter layers.

Vostok station in Antarctica, ice core samples down to depths exceeding 3700 m



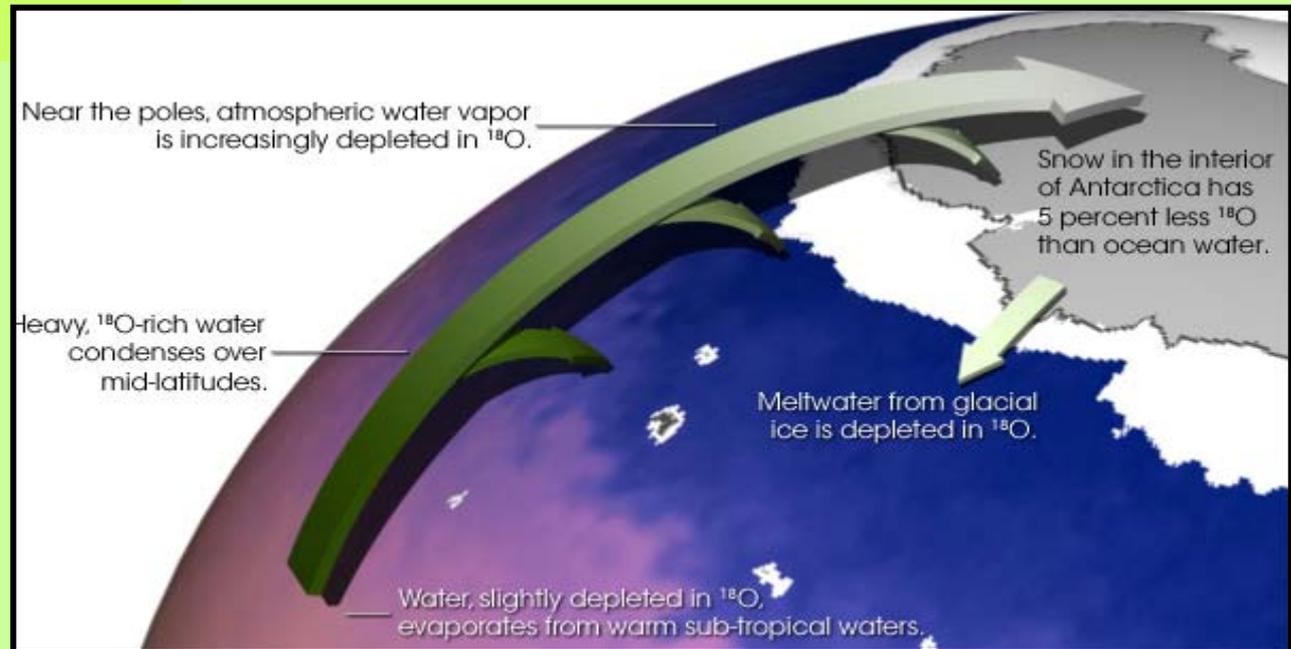
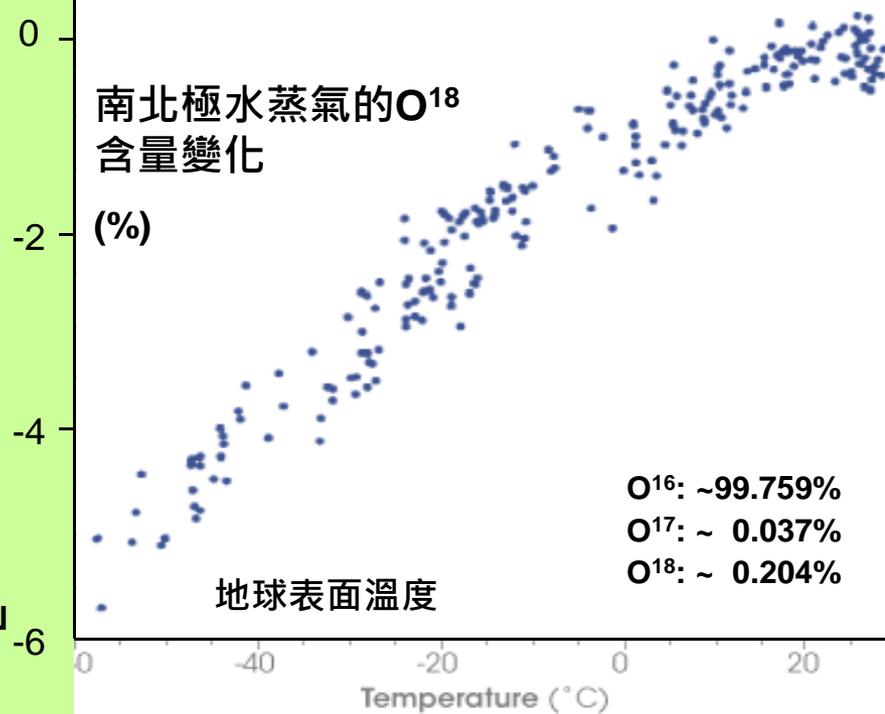
樹木年輪，化石與花粉沈積物

Petrified forest



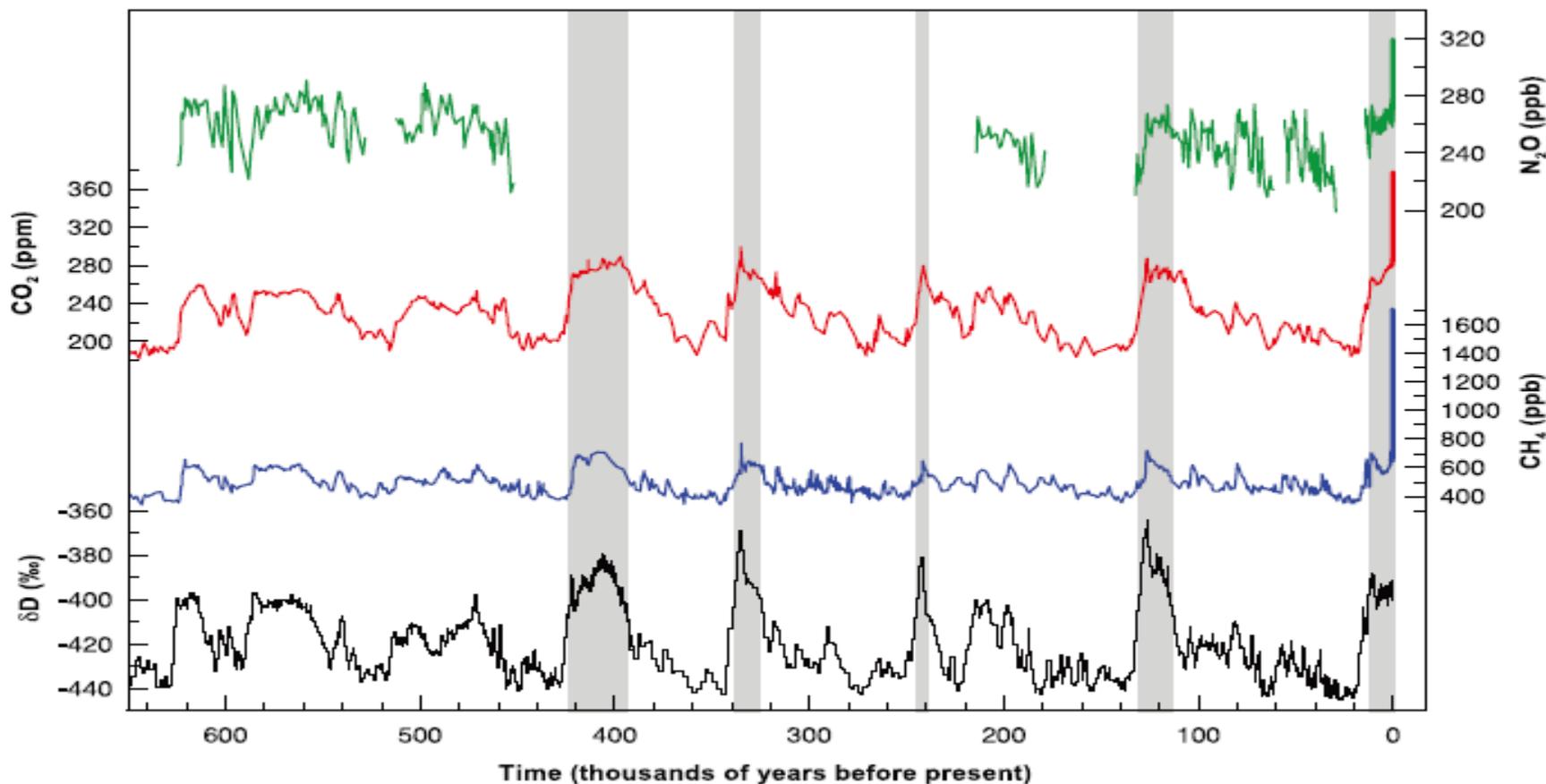
大氣水蒸氣 O^{18} 含量 與大氣溫度關係:

正常情況下，溫、熱帶大氣中含 O^{18} 的水分子較容易凝聚成水蒸氣，未成雨而擴散到南北極的水氣中的 O^{18} 含量遞減約5%。所以由冰柱中水的「 O^{18}/O^{16} 比」的測定可獲得大氣溫度變化資料



地球表面溫度與大氣中CO₂濃度關連性

GLACIAL-INTERGLACIAL ICE CORE DATA

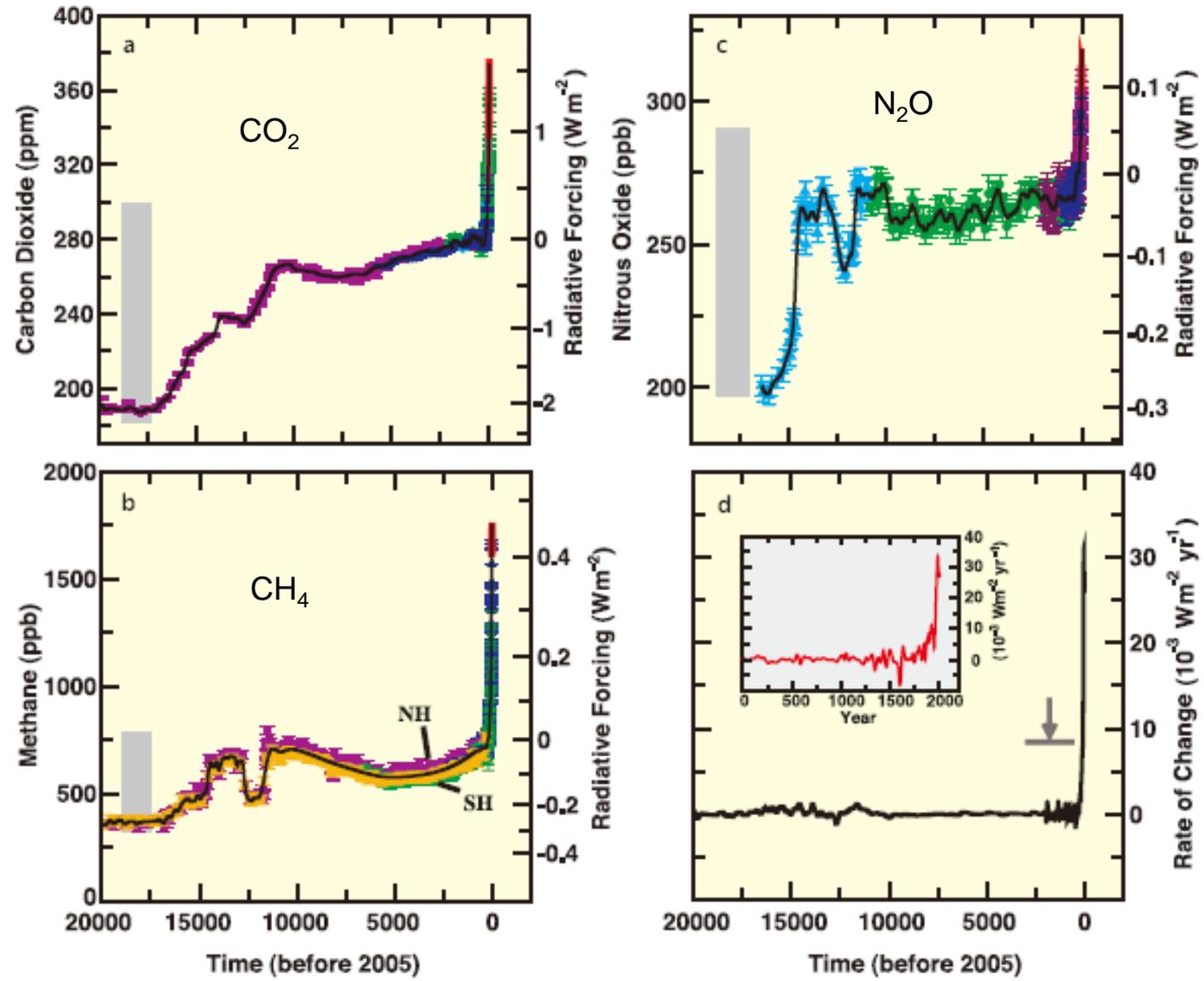


南極冰柱數據 (from Antarctic ice-core records)

已收集到~80萬年資料，並已分析65萬年的數據



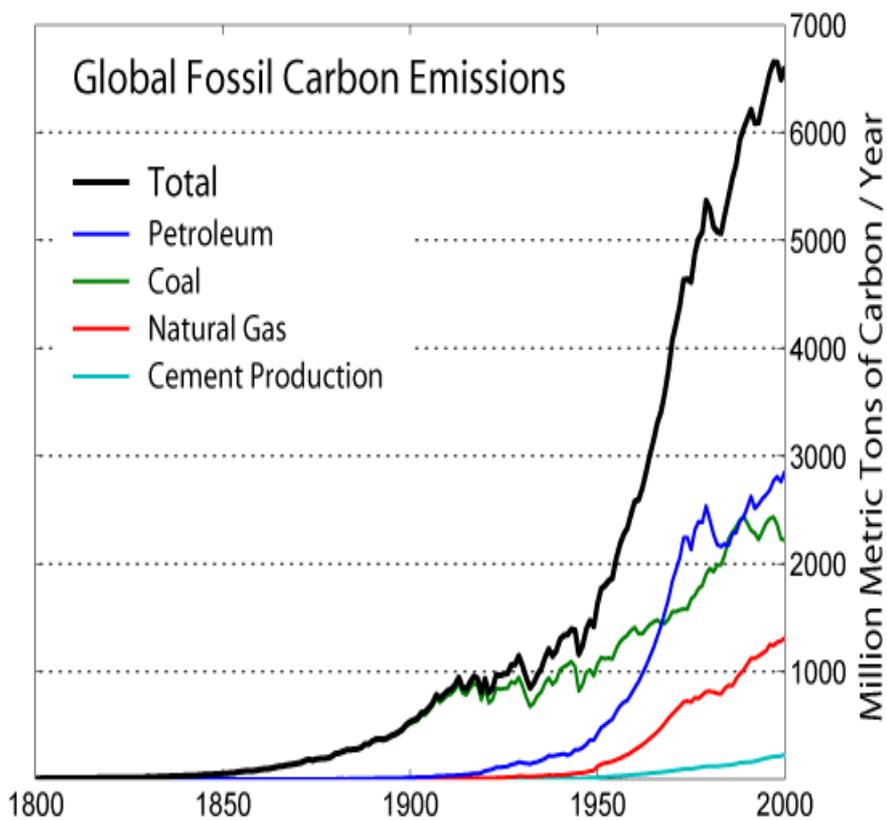
CHANGES IN GREENHOUSE GASES FROM ICE CORE AND MODERN DATA



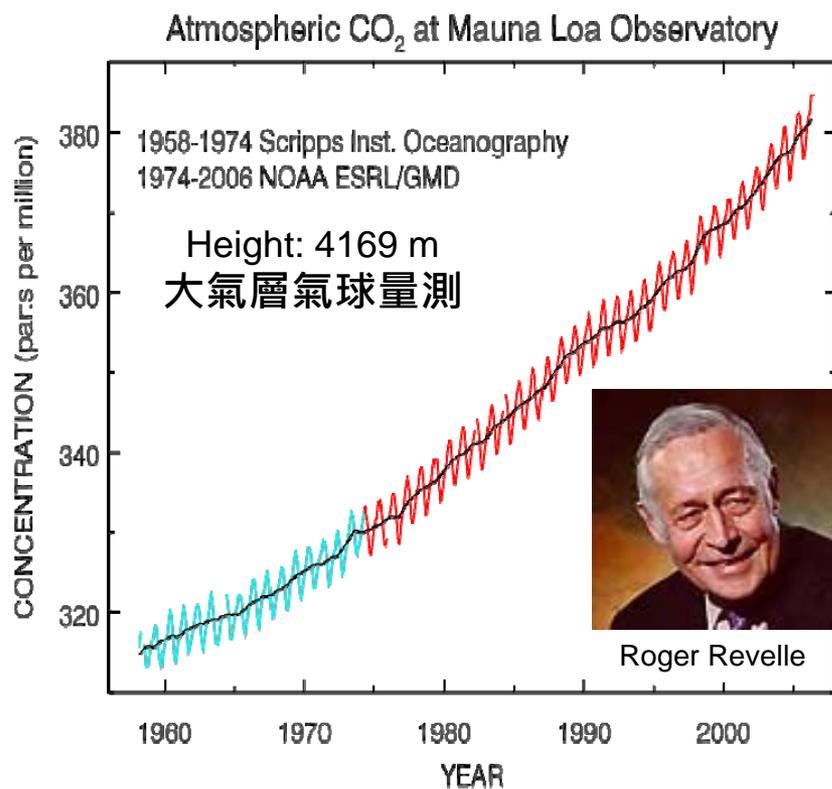
IPCC 2007 technical report 溫室氣體滯留約一百年，效應累積



全球石化 (或化石· fossil) 燃料碳排放量



直接量測大氣中二氧化 碳含量:夏威夷島山上量測站



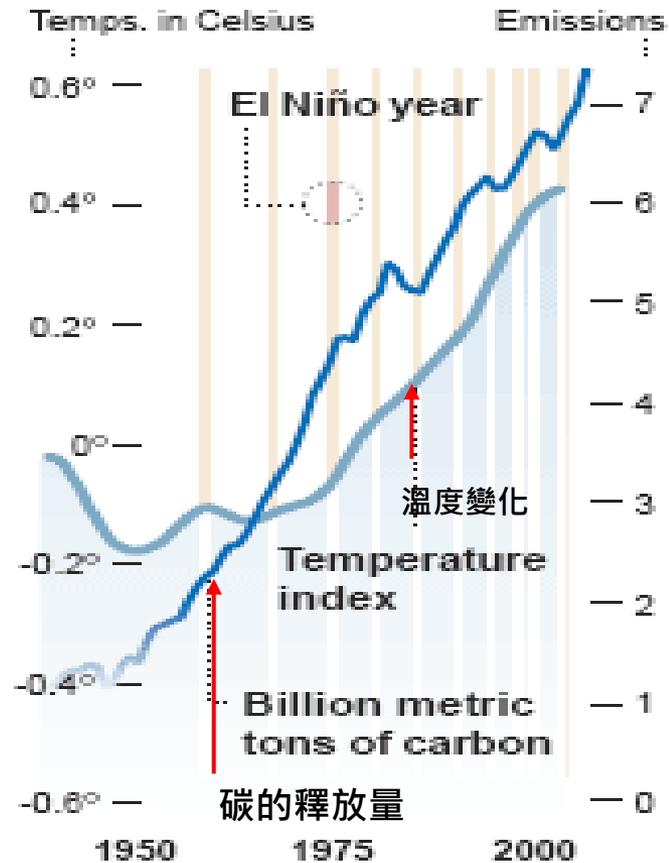
溫室氣體CO₂含量增加與石化燃料碳釋放量增加類似

季節變化來自北半球夏天植物成長大量吸收CO₂



A record forecast

A resurgent El Niño climate and persistently high levels of greenhouse gases could make 2007 the hottest year on record, scientists predict.



地面溫度與碳
釋放
量以類似趨勢增加

SOURCES: University of East Anglia; Hadley Centre; NOAA; Oak Ridge National Laboratory

AP



Gas	Current Amount by volume	Increase over pre-industrial (1750)	Percentage increase	Radiative forcing (W/m^2)
Carbon dioxide	383 ppm(2007)	105 ppm(2007)	37.77%(2007)	~1.532 (2007)
Methane	1,745 ppb(1998)	1,045 ppb	150%	0.48
Nitrous oxide	314 ppb(1998)	44 ppb	16%	0.15

1 ppm為百萬分之1，1 ppb為十億分之1

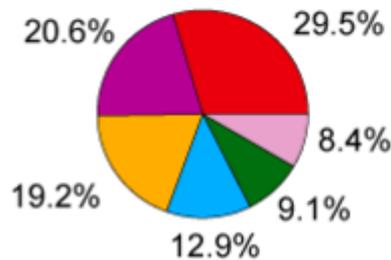
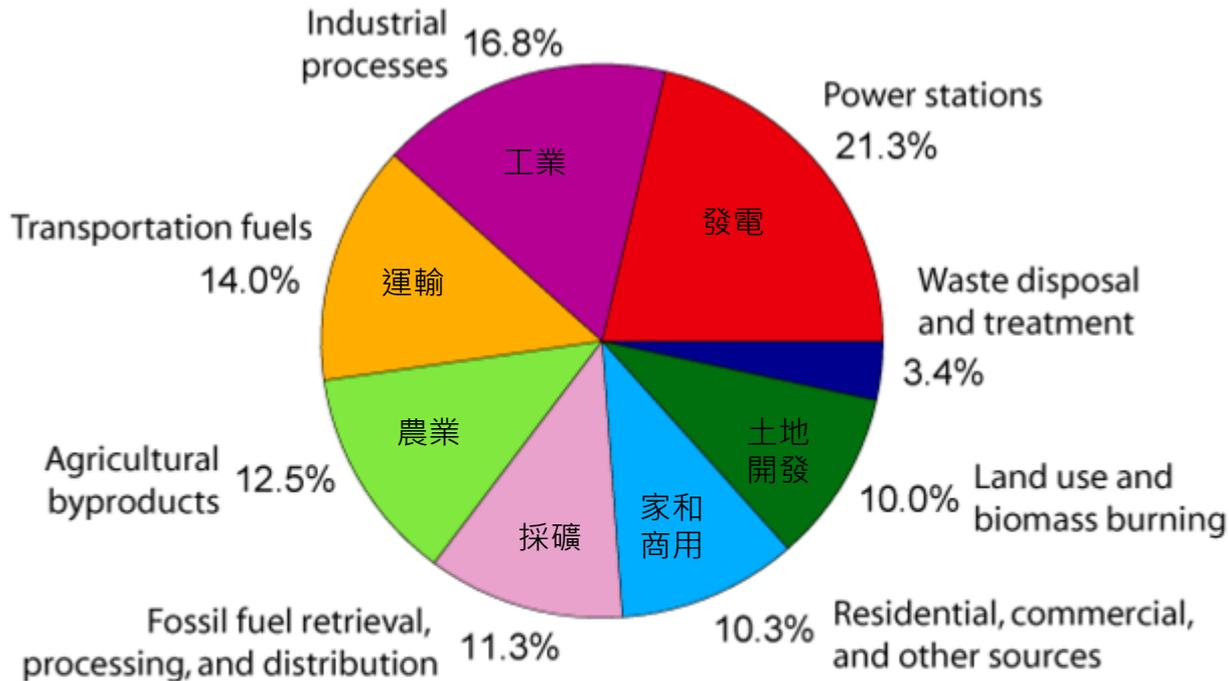
溫室氣體與效應：

水蒸氣(H_2O)，二氧化碳(CO_2)，甲烷(CH_4 ，沼氣)，一氧化二氮(N_2O ，笑氣)，和氟碳化合物。這些氣體很像地面熱能的絕緣體，會阻礙地面熱能的消散，使地面溫度難於下降。水蒸氣含量變化不大，不與考慮。

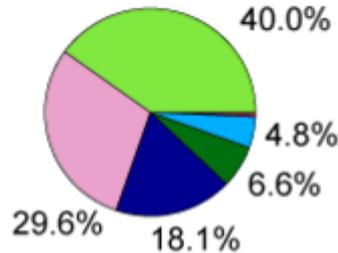


人類活動產生溫室氣體主要來源

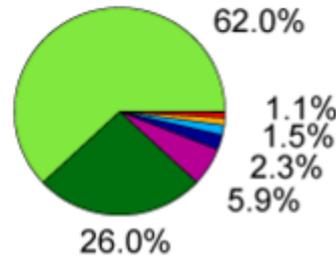
Annual Greenhouse Gas Emissions by Sector



Carbon Dioxide
(72% of total)



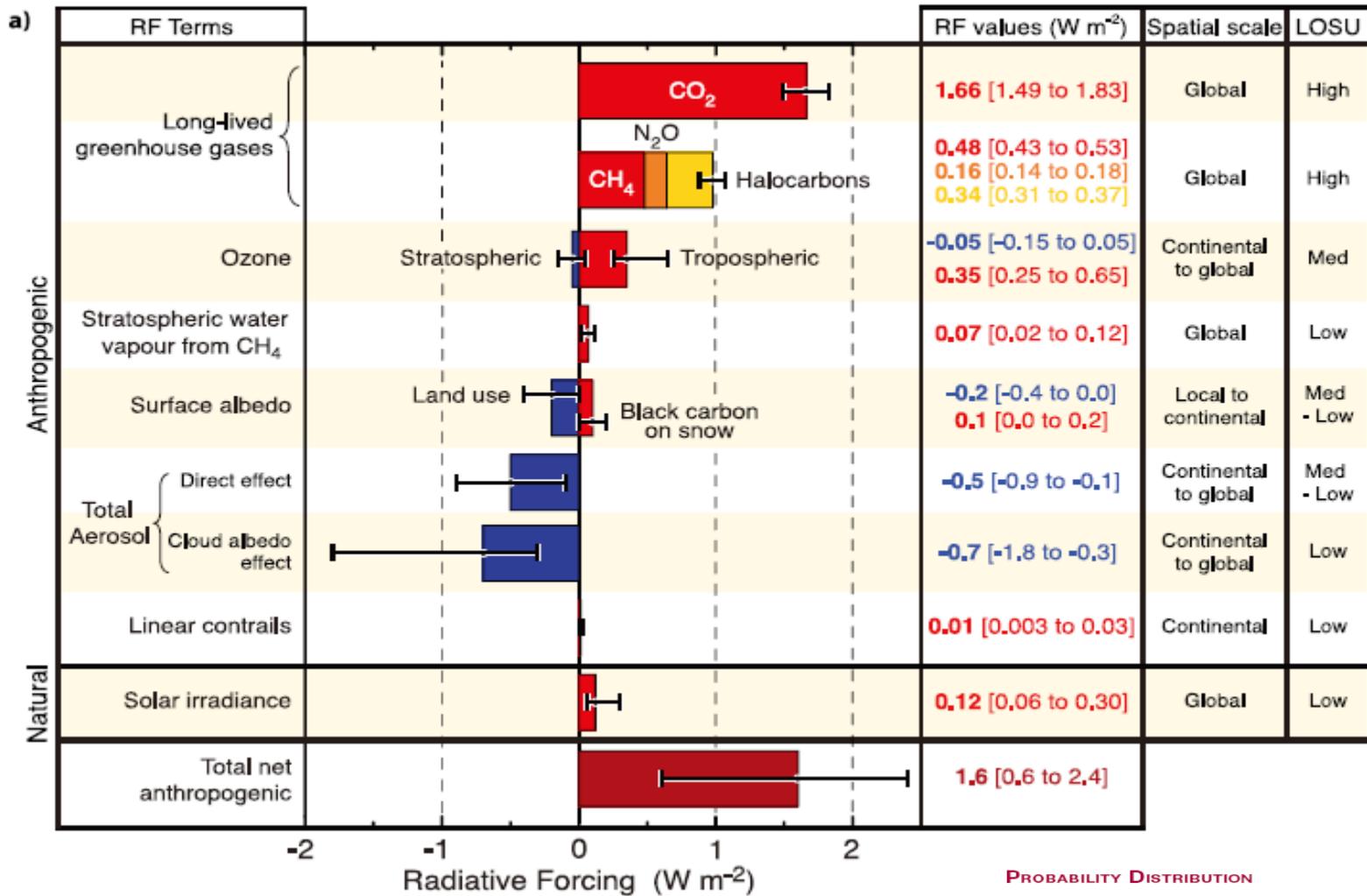
Methane
(18% of total)



Nitrous Oxide
(9% of total)

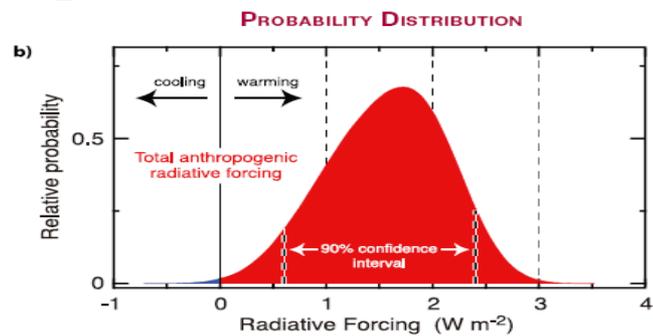


GLOBAL MEAN RADIATIVE FORCINGS



©IPCC 2007: WG1-AR4

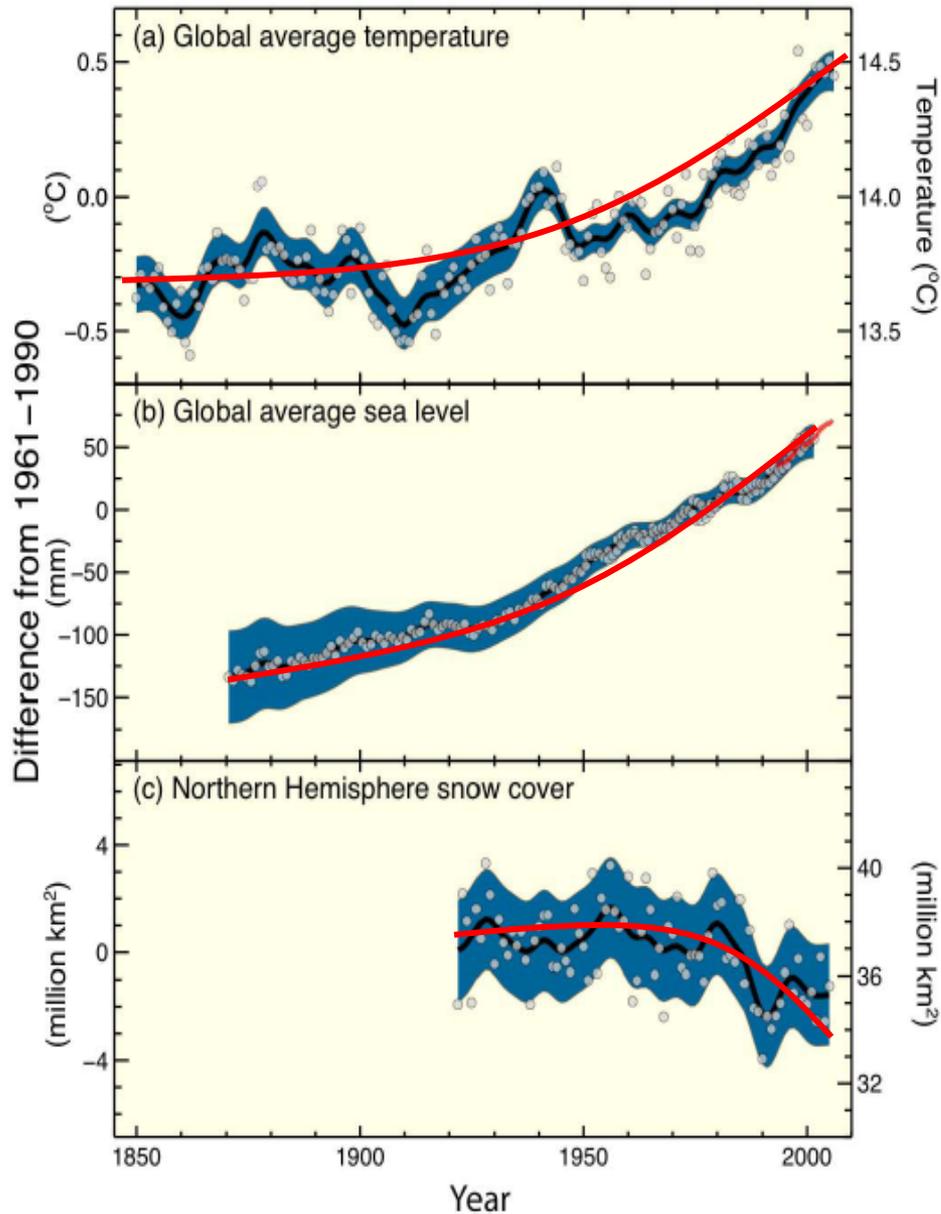
溫室氣體所造成之地球表面額外能量與暖化關係



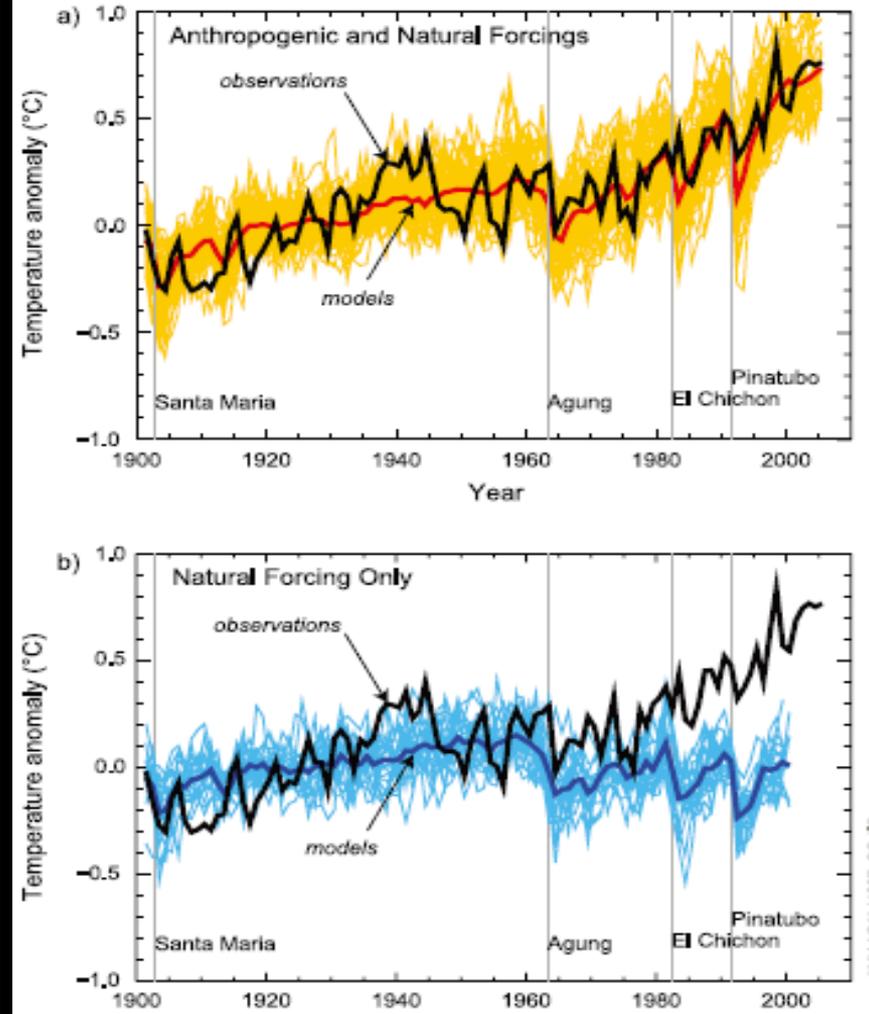
©IPCC 2007: WG1-AR4



Changes in Temperature, Sea Level and Northern Hemisphere Snow Cover

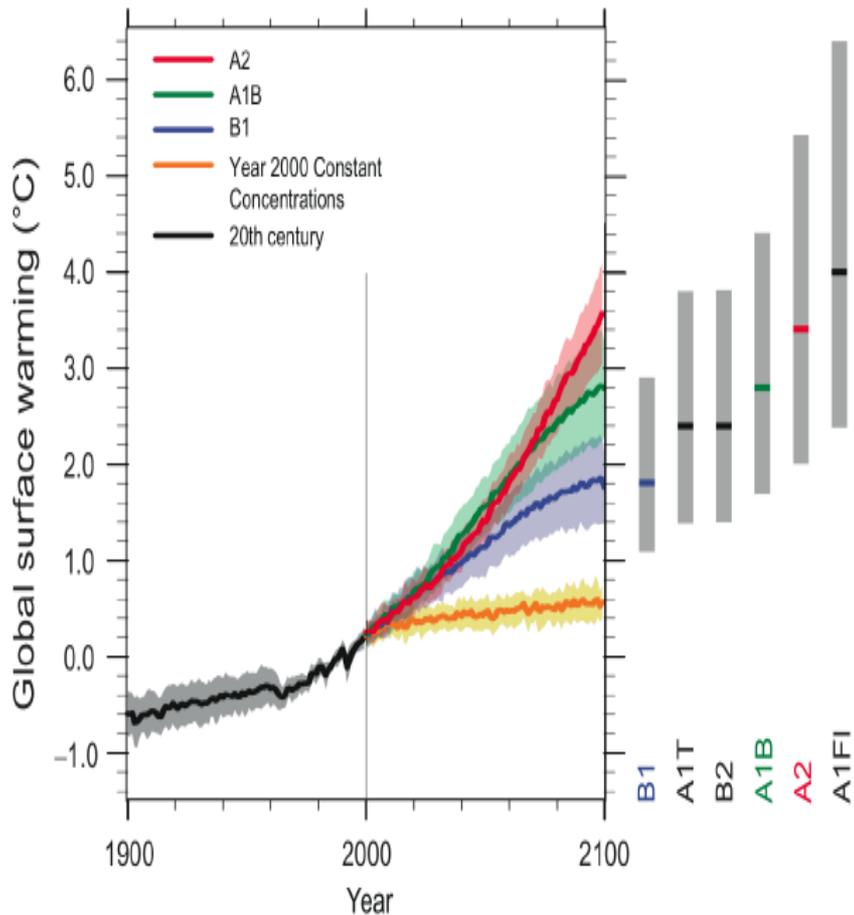


GLOBAL MEAN SURFACE TEMPERATURE ANOMALIES

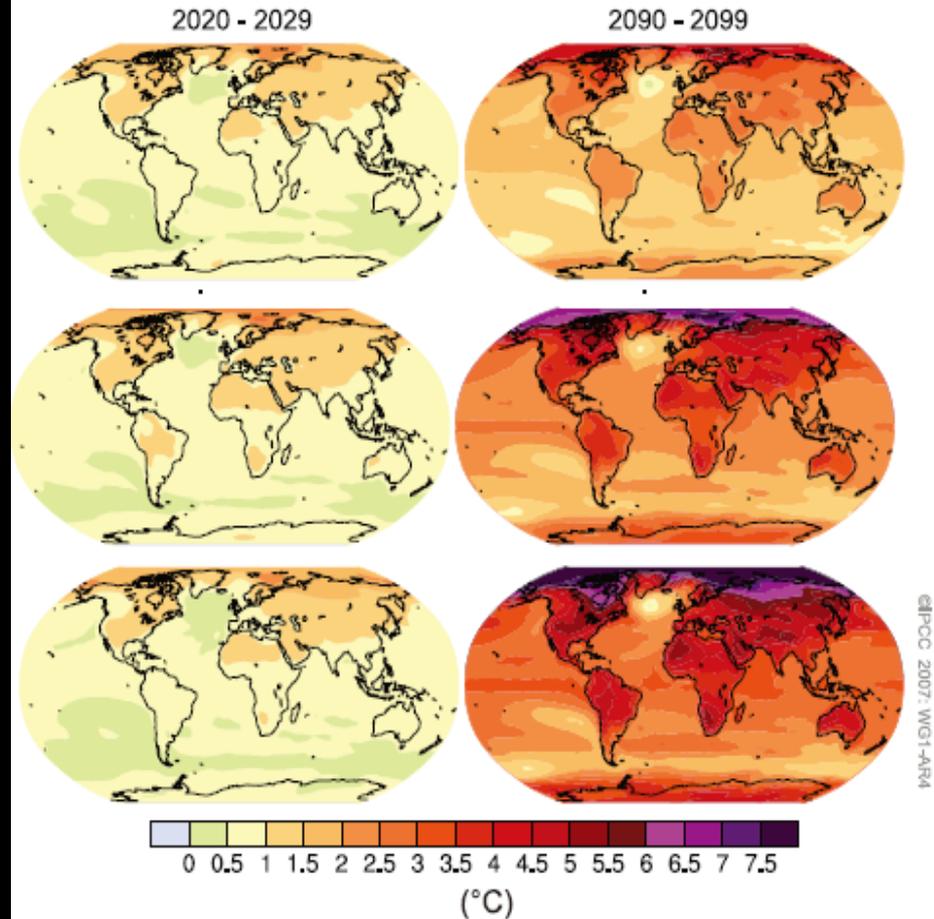


Climate models (yellow) can only reproduce the observed change in global temperature over the last century (green) by including both natural and anthropogenic forcing effects (bottom).

Multi-model Averages and Assessed Ranges for Surface Warming



地面溫度上升預測圖



2007 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 報告：
 根據不同經濟發展狀況，預測世紀末溫度將上升攝氏2-4度
IPCC認為CO₂必須維持在450ppm下，否則大災難將無可避免
 Climate Change 2007: The Physical Science Basis: Summary for Policymakers

地球表面暖化資料與推理：

- 1 確立大氣中溫室氣體含量有大幅增加事實
- 2 確立地球表面溫度與溫室氣體含量有高度正相關和地面溫度有異常上升事實
- 3 確立大氣溫室氣體含量與地面溫度都和產業革命後人類使用石化能源息息相關事實
- 4 提出地球表面溫度平衡機制理論
- 5 提出地球表面暖化理論並根據經濟發展模式預測將來地面溫度和海平面上升數值



地球暖化之原因：

1. 大多數科學家認為是人為因素（90%可靠性），石化能源的大量使用造成大氣溫室氣體含量大幅增加所致（效應累積）

非主流科學家指責主流科學家是為了爭取研究經費誇張溫室氣體效應的嚴重性，主流科學家則懷疑政府和石化公司專家提出有利服務機關政策理論

2. 非主流理論： a) 溫度變化在自然變動範圍之內，非人為因素

b) 太陽輻射量的變化所導致

c) 城市溫度或熱島效應的擴大

d) CO₂來自海水溫度上升

e) 海平面上升來自海水的膨脹

f) 其他如宇宙線等效應

g) 包括地球裡外熱導效應，則更符合觀察

3. 大氣溫度平衡極為複雜：雖然溫室氣體含量急速增加，地面溫度也在升高這些都是無法辯駁的事實，但是否因溫室效應或其他效應，現在還有不少爭議

Newton's second law

$$\frac{D_r u}{Dt} - \frac{uv \tan \phi}{r} - 2\Omega \sin \phi v + \frac{c_{pd} \theta}{r \cos \phi} \frac{\partial \Pi}{\partial \lambda} = - \left(\frac{uw}{r} + 2\Omega \cos \phi w \right) + S^u$$

$$\frac{D_r v}{Dt} + \frac{u^2 \tan \phi}{r} + 2\Omega \sin \phi u + \frac{c_{pd} \theta}{r} \frac{\partial \Pi}{\partial \phi} = - \left(\frac{vw}{r} \right) + S^v$$

$$\frac{D_r w}{Dt} + c_{pd} \theta \frac{\partial \Pi}{\partial r} + \frac{\partial \Pi}{\partial r} = \left(\frac{u^2 + v^2}{r} \right) + 2\Omega \cos \phi u + S^w$$

mass continuity

$$\frac{D_r}{Dt} \left(\rho_d r^2 \cos \phi \right) + \rho_d r^2 \cos \phi \left[\frac{\partial}{\partial \lambda} \left(\frac{u}{r \cos \phi} \right) + \frac{\partial}{\partial \phi} \left(\frac{v}{r} \right) + \frac{\partial w}{\partial r} \right] = 0$$

thermodynamics

$$\frac{D_r \theta}{Dt} = S^\theta$$





高爾 Al Gore:

**An Inconvenient Truth
必須面對的真實
(不願面對的“真相”)**

**地面暖化對人類、生態、
環境和政經所將造成的
負面影響有詳盡的描述**



Cracking the Mystery: From now until March 2009, as part of the International Polar Year (國際極地年), 63 nations will funnel \$1.7billions (六百億元) into polar research to find out why the polar caps are changing

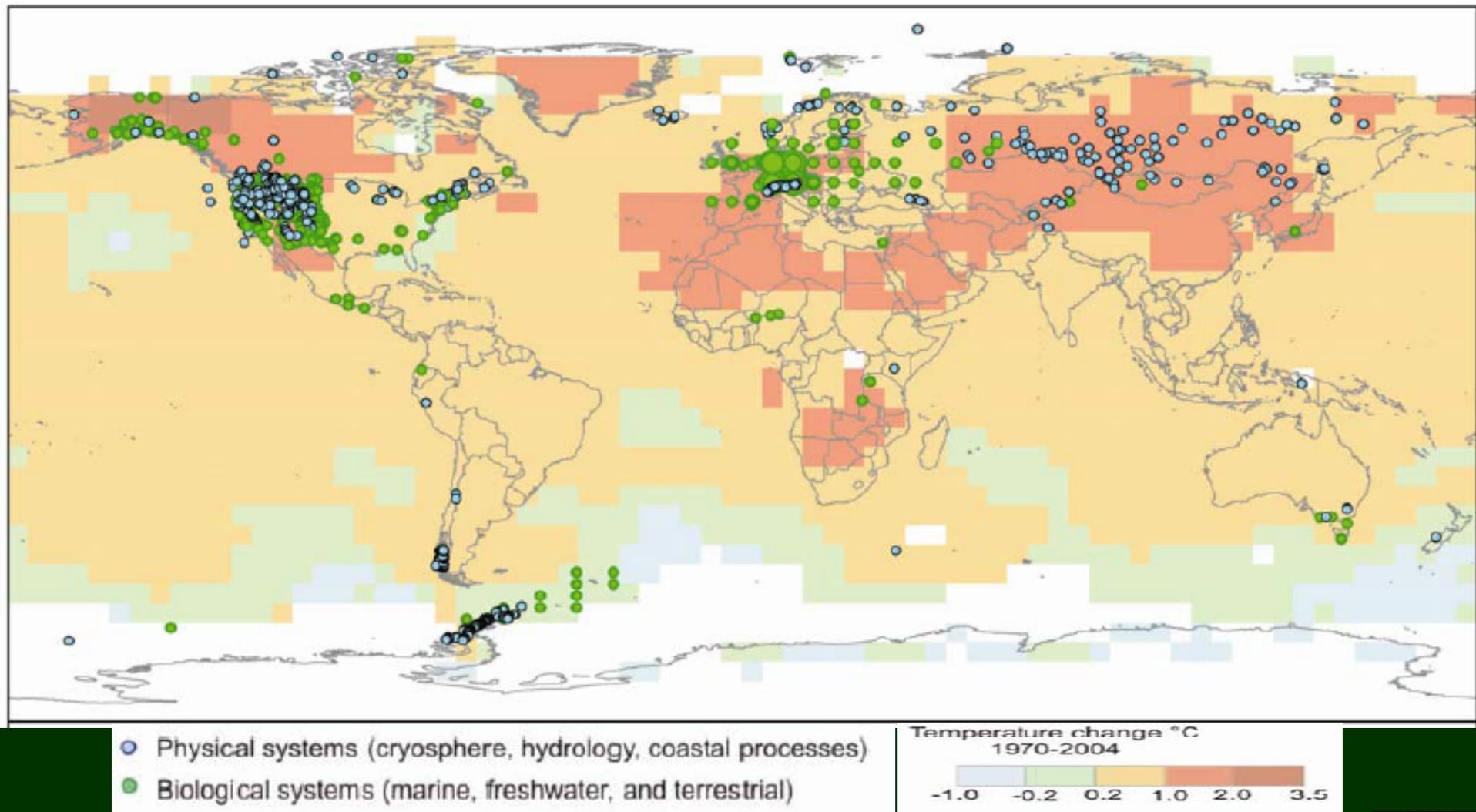


地面暖化對生態和人類造成的影響：

1. 南極和高山與冰河覆蓋冰層的薄化和退縮，北極浮冰的碎化，海平面逐漸升高（本世紀末前將升高18至58公分；如果南極和格林蘭地上冰蓋全部融化，海平面將上升10多公尺！）
2. 全球人口一半住在沿海100公里之內，兩三世紀後海平面上升數公尺，低窪地帶淹水，嚴重影響人口分佈。
3. 世紀末前溫度上升2至4度會造成天氣變化激烈，地面沙漠化，很多物種會面臨絕滅（北極熊！），人類與物種可能會大遷徙。
4. 農漁業、植物和動物生態、地面沙漠化對經濟活動及人類生活會造成巨大影響。（葡萄酒商開始擔心糖份會減低）
5. 新細菌的形成，疾病傳染，人類疲於奔命。地球生態環境改變會影響人類健康、生活與政治經濟活動。



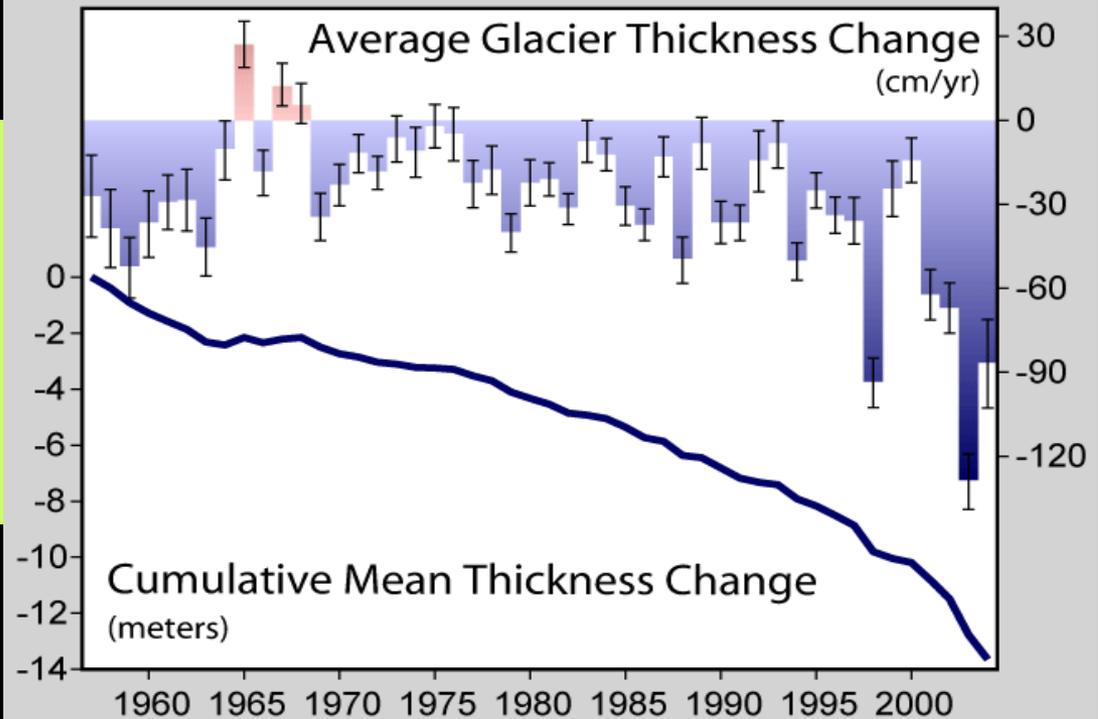
Changes in physical and biological systems and surface temperature 1970-2004



臺灣人口稠密，製造業發達，百年來溫度上升快全球平均值約二倍



冰河覆蓋
冰層逐年
變薄，預
計歐洲冰
河會消失



喜馬拉雅等
高山以及冰
河覆蓋冰層
的退縮，預
計五十年後
消失





浮冰破碎威脅北極熊生存

空氣污染威脅人類健康，溫室氣體造成地球暖化。中、印、墨西哥等國問題嚴重

中國吹來的污染和沙塵暴造成的臺北空氣



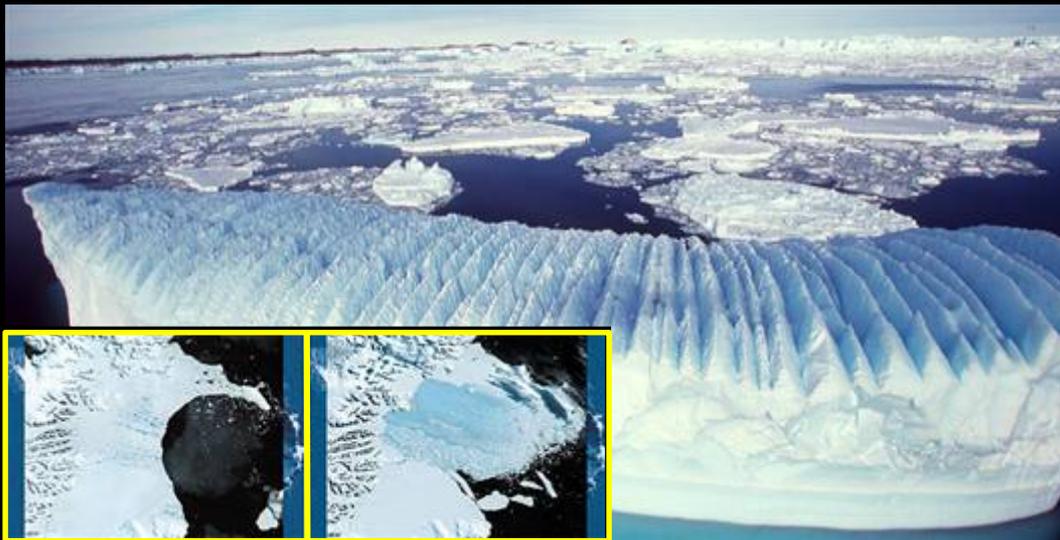
中國





Global Warming leaves very little for the poor Polar Bears
請為可憐的北極母熊和小熊請命吧！





2007年國際氣候組織報告提出嚴重警告：

**兩極冰蓋冰河融化及浮冰破碎
冰山、冰河和地上冰蓋的融化會
使海平面上升（如格林蘭和南
極），但海上浮冰的融化不會！**

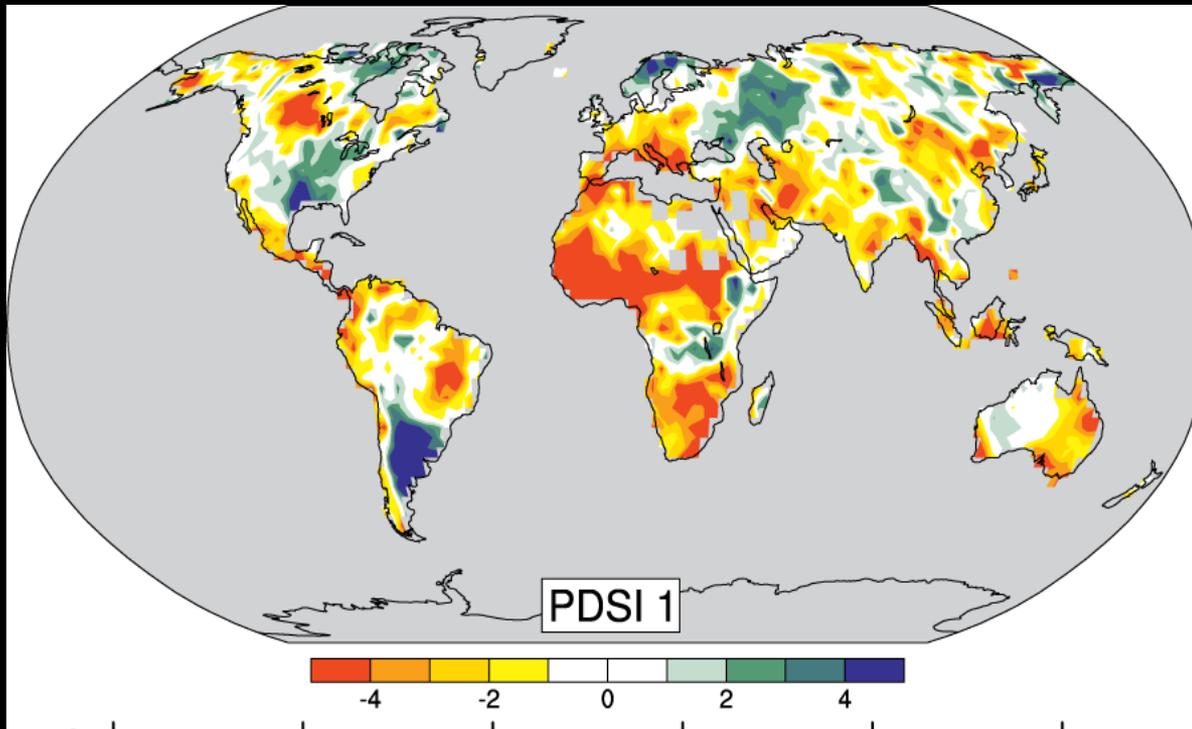
**不同電腦數值模擬所預測之溫度
和海平面上升之不確定性逐漸縮
小，結果逐漸趨於一致**



歐洲阿爾卑斯山冰河將在2050年消失



地球溫度升高會造成地面沙漠化



Noah Seelam / AFP-Getty Images

Palmer Drought Severity Index (帕爾瑪乾旱指數)

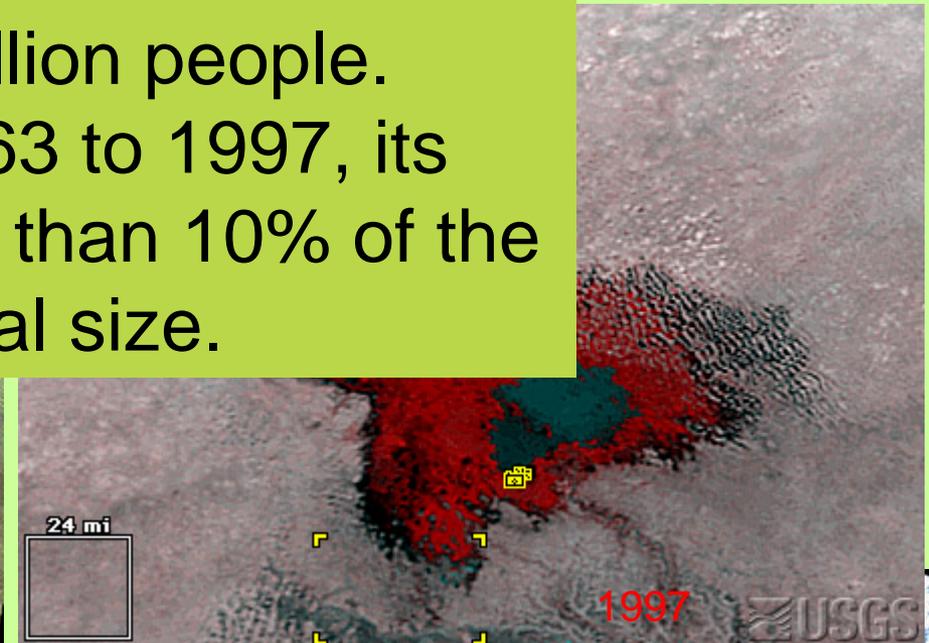
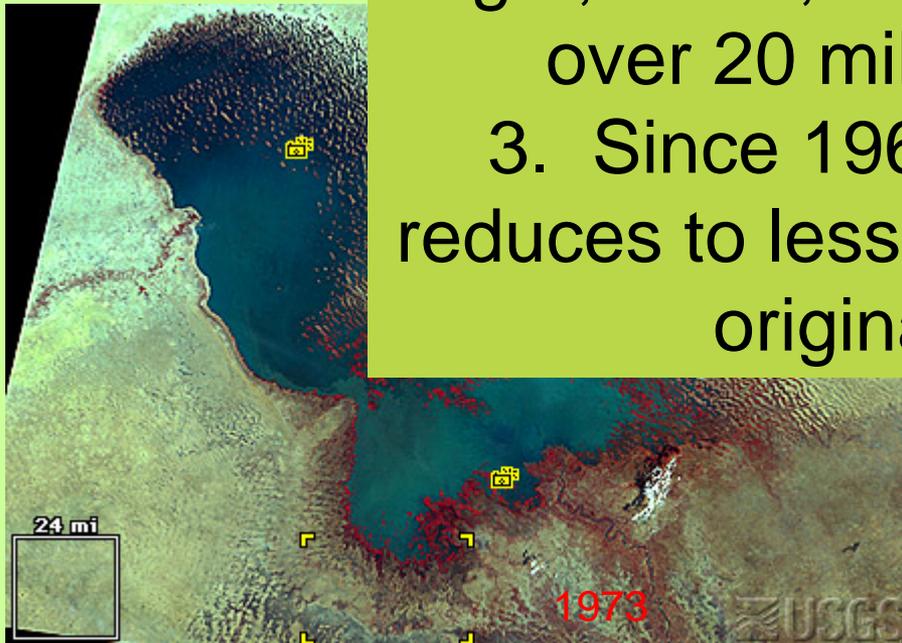
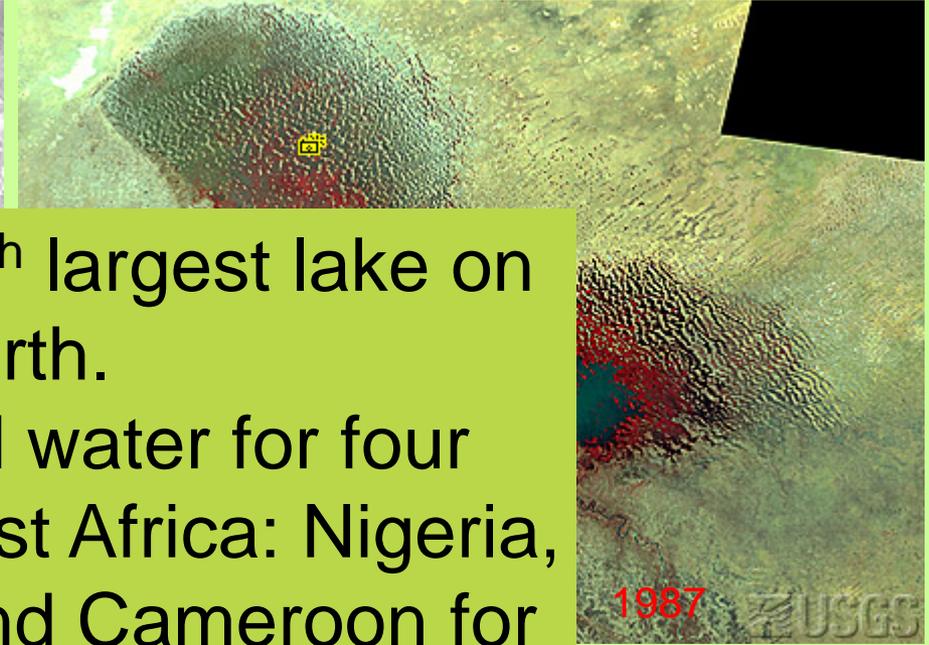
-4.0 or less (Extreme Drought)	+2.0 or +2.9 (Unusual Moist Spell)
-3.0 or -3.9 (Severe Drought)	+3.0 or +3.9 (Very Moist Spell)
-2.0 or -2.9 (Moderate Drought)	+4.0 or above (Extremely Moist)
-1.9 to +1.9 (Near Normal)	



Scientists predict US Southwest mega-drought
Lake Powell, AZ, USA



Satellite Images of Lake Chad in Africa

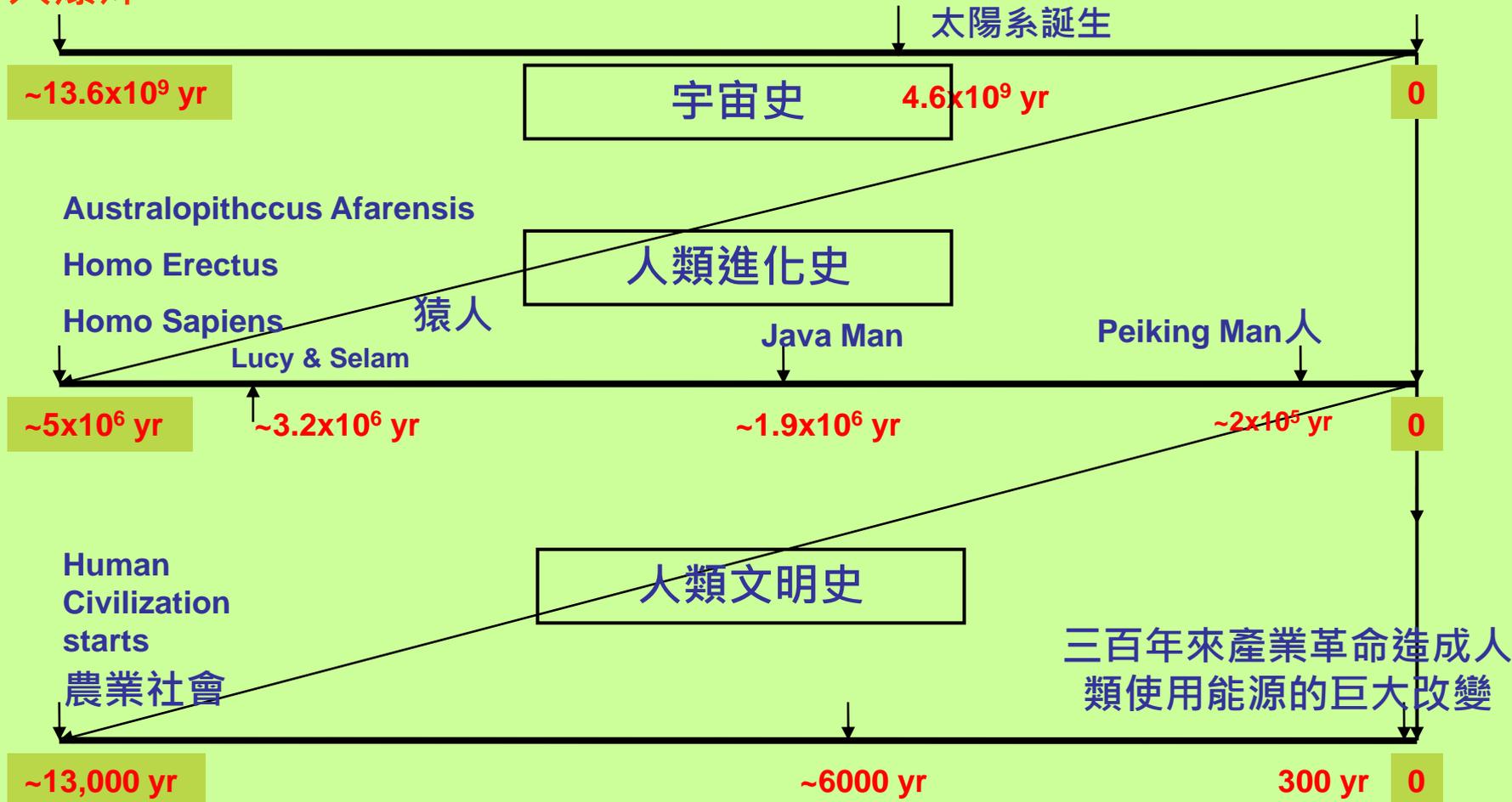


1. It was the 6th largest lake on earth.
2. It supplied water for four countries in West Africa: Nigeria, Niger, Chad, and Cameroon for over 20 million people.
3. Since 1963 to 1997, its reduces to less than 10% of the original size.



人類使用能源的巨變

大爆炸

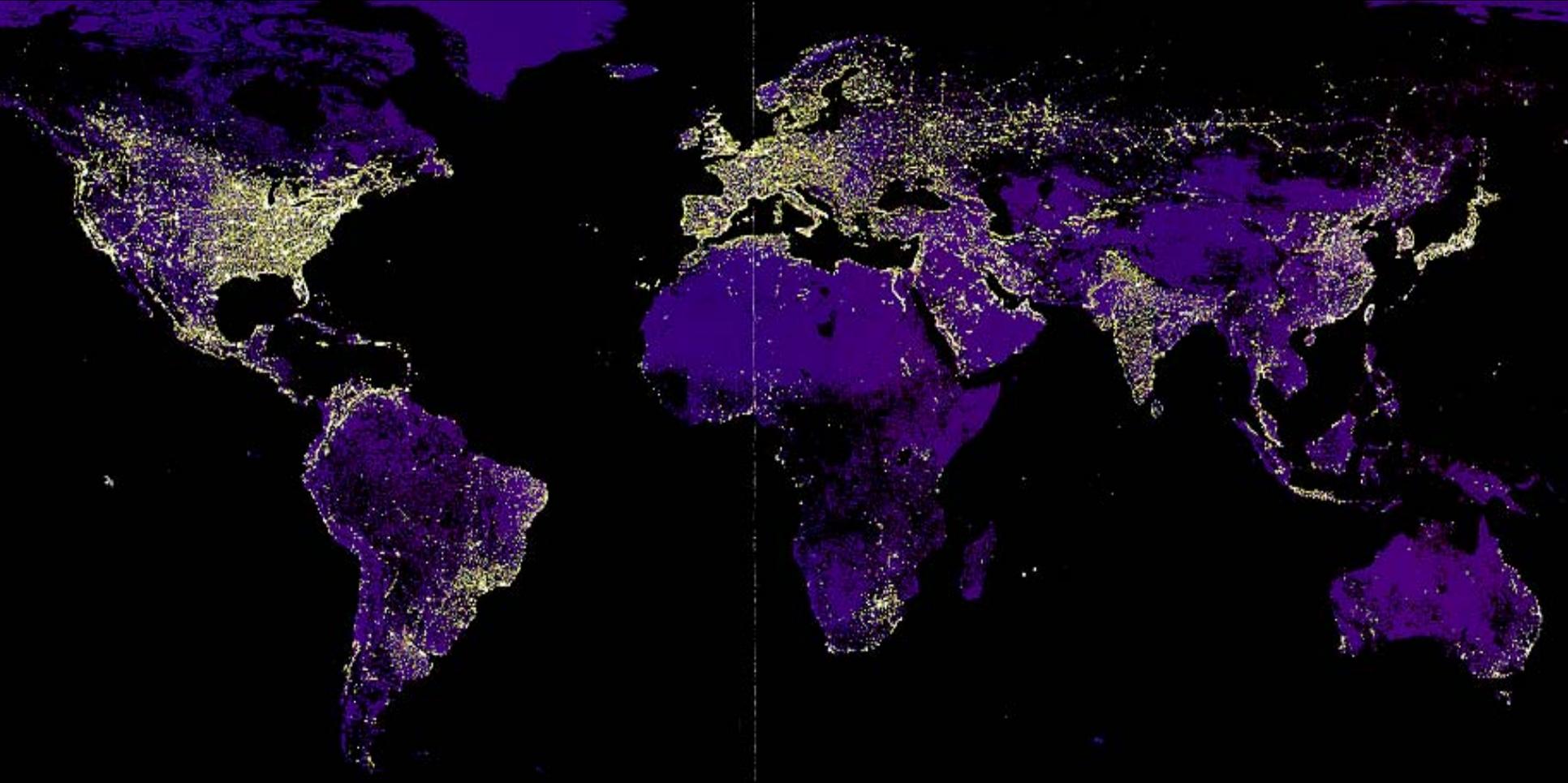


- ✓古代使用的能源：產業革命前動力主要來自水力、風力、人力與獸力，熱量則來自燃燒動植物和木炭與油脂，都是再生能源，只用很少量石化能源
- ✓現代使用能源：主要為石化能源，亦即煤炭，石油和天然氣。用來發電，運轉引擎、馬達和用在家電與照明。這些都非再生能源，也是二氧化碳和其他溫室氣體的主要來源！



衛星地球夜景照片的組合

燈光密度與近代物質文明成正比



Physics Today 4/02

人類如何浪費自然資源和能源！古代看得到燈光嗎？
資能源爭奪是國際紛爭主因



人類使用能源的巨變

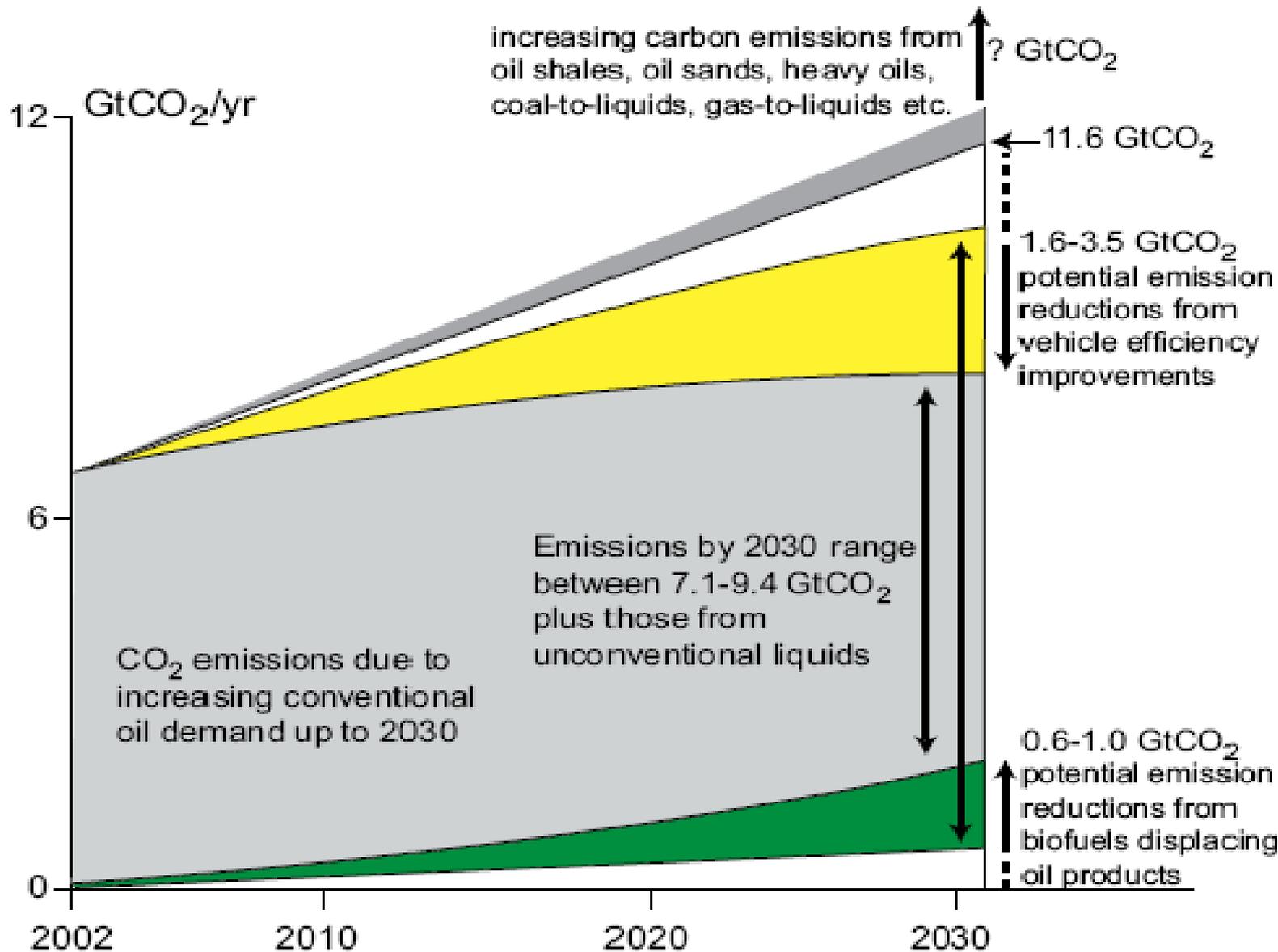
- **古代使用的能源**：產業革命前動力主要來自水力、風力、人力與獸力，熱量則來自燃燒動、植物和木炭與油脂，幾乎全部都是再生能源。石化能源雖已使用幾千年，但只有產地附近使用，使用量也很少
- **石化（化石）能源**：產業革命之後大量煤炭，石油和天然氣用以運轉引擎、馬達和用在家電與照明，都非再生能源
二氧化碳等溫室氣體的主要來源，且釋放額外熱能！
- **再生能源**：物質與能量的自然循環，不會排放額外的碳與熱能
太陽能：太陽電池，太陽光與熱
生質能：生質酒精，生質柴油。另外燃料媒介如氫氣等
地理環境能源：水力，風能，地熱能，海浪能
- **核能**：星球能量來源，核分裂與融合反應，不產生溫室氣體，但製造輻射廢料與額外熱能

「聯合國氣候變化綱要公約」京都議定書(1997)

管制人造 溫室氣體	基準年	目標年	削減 比率	國家
CO ₂ CH ₄ N ₂ O HFCs PFCs SF ₆	1990	2008~2012	- 8%	歐盟包括其 15 國 瑞士、愛沙尼亞、斯洛伐克、立陶宛、 捷克、拉脫維亞、羅馬尼亞、保加利亞 與Non Annex1國家摩納哥、斯洛維尼 亞、列茲敦斯登
			- 7%	美國
			- 6%	日本，加拿大，匈牙利，波蘭
			- 5%	克羅埃西亞(Non Annex 1)
			0%	紐西蘭，俄羅斯，烏克蘭
			+ 1%	挪威
			+ 8%	澳洲
			+ 10%	冰島

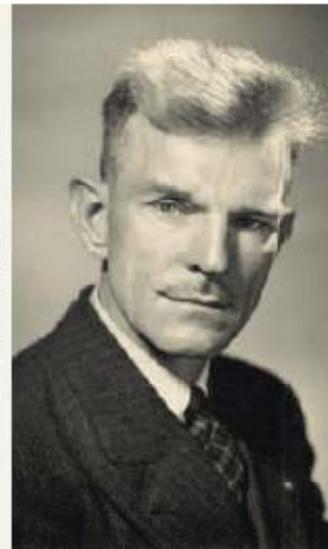
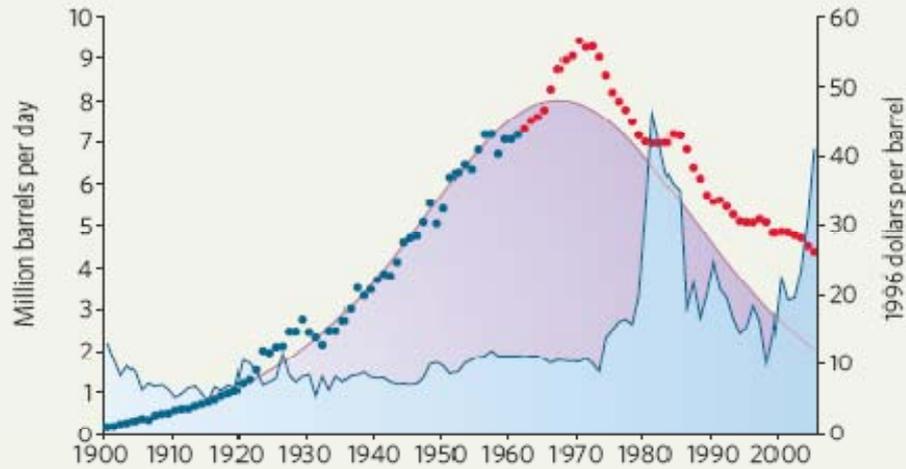
1997年10月制訂，2005年2月生效，141國簽約，釋碳量最多的美、中、印未簽







SOURCE: R. KAUFMANN



Fan club: M. King Hubbert (right) gained instant notoriety for his 1956 prediction that oil production in the 48 contiguous US states (purple shaded area) would peak around 1970. It did, but production was much higher that year and in later years (red dots) than Hubbert foresaw.

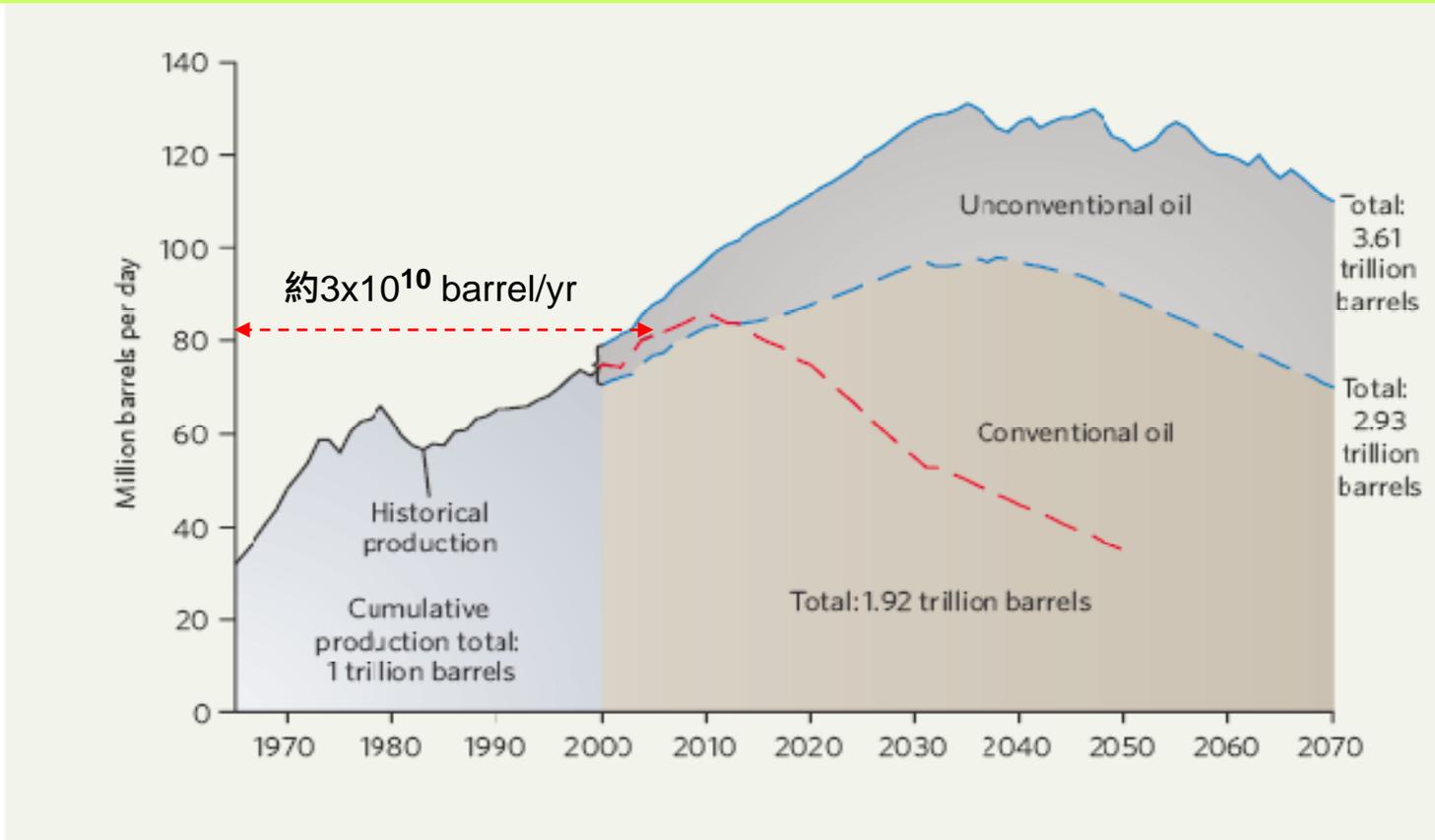
石油蘊藏量
再多都會有
用完的一天，
美國產量
1970年後會
下降！

他如此預測，招致
惡名昭彰的後果



預測石油生產與消費量

SOURCE: CERA



Twin peaks: peak-oil supporters think we have already reached or will soon reach a historical maximum of oil production (red line); others argue that oil production will not peak until at least 2030 (blue lines). 深海中氫化碳水化合物燃料冰儲藏豐富一說，有待證實！



非石化能源

再生能源：自然能量的循環，不會產生額外CO₂與熱能。生質酒精與柴油、風能、太陽熱與光電、地熱與海洋能、氫能及燃料電池（能煤）等。再生能源是最可靠能源，但有些會影響食物生產。**重要考慮因素**：可用能量與生產時所用能量的比值。

核能：星球能源。一旦成功發展出封閉滋生式反應爐或融核反應爐，核能將取之不盡，用之不竭。特點是1) 不排放溫室氣體，不受京都議定書規範，但受國際核能署管制。2) 核燃料一旦購置可長時間使用。安全考慮在於運轉和維安。3) 民眾恐懼核能安全與輻射廢棄物處理問題。

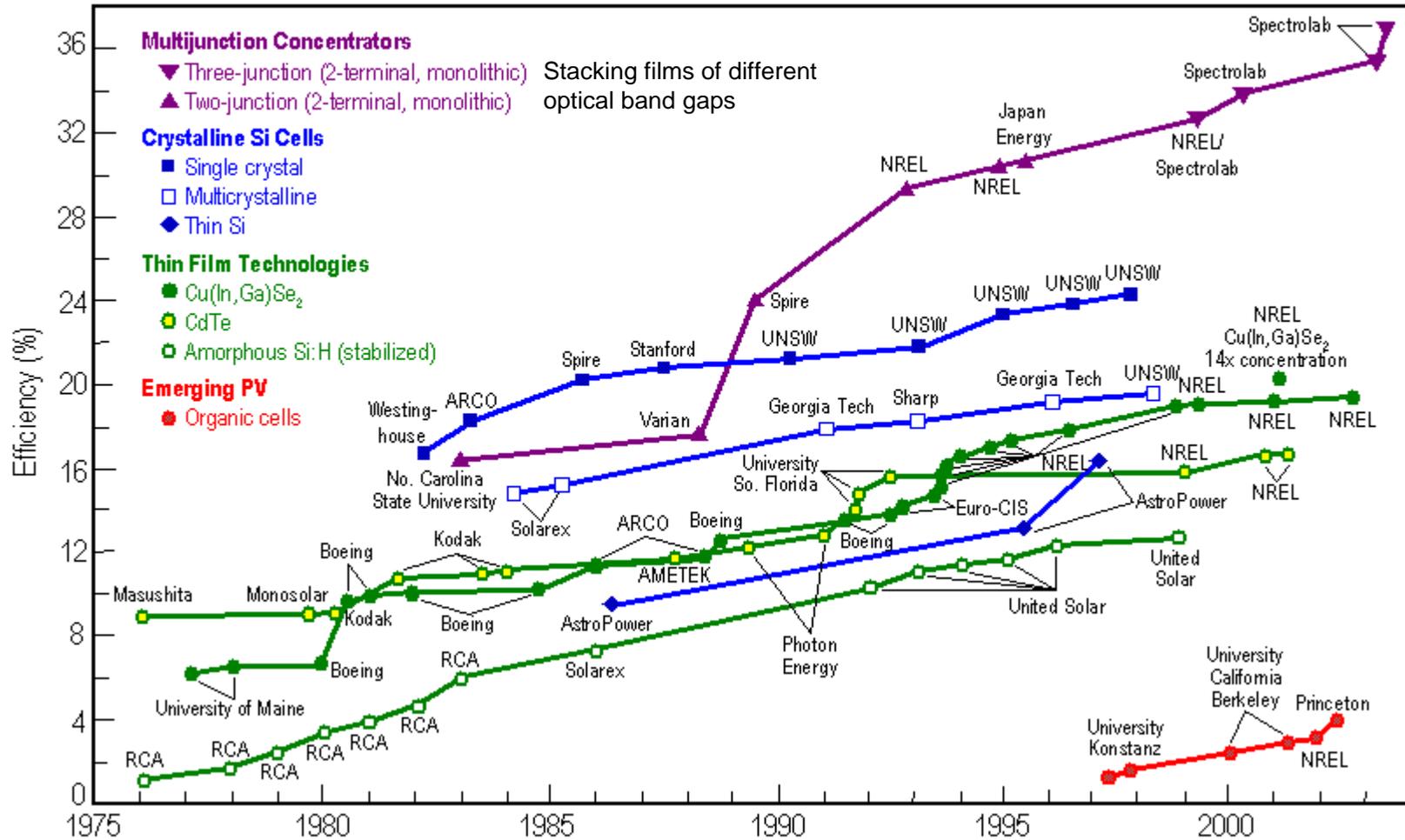


薄膜太陽電池效率 (降低價格與提高效率！ 並加強宣傳，使太陽電池的使用普及化)



Best Research-Cell Efficiencies

www.nrel.gov/ncpv/thin_film/docs/kaz_best_research_cells.ppt



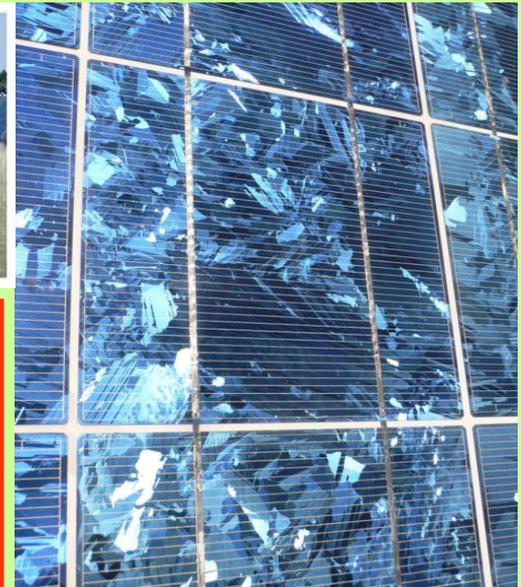
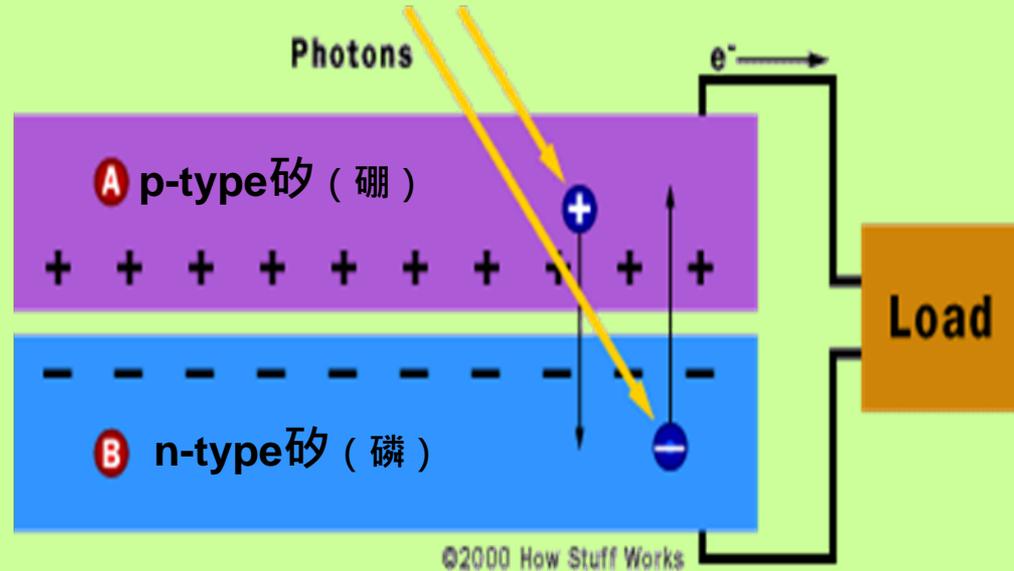
026587136



再生能源： 太陽能：光、熱、電

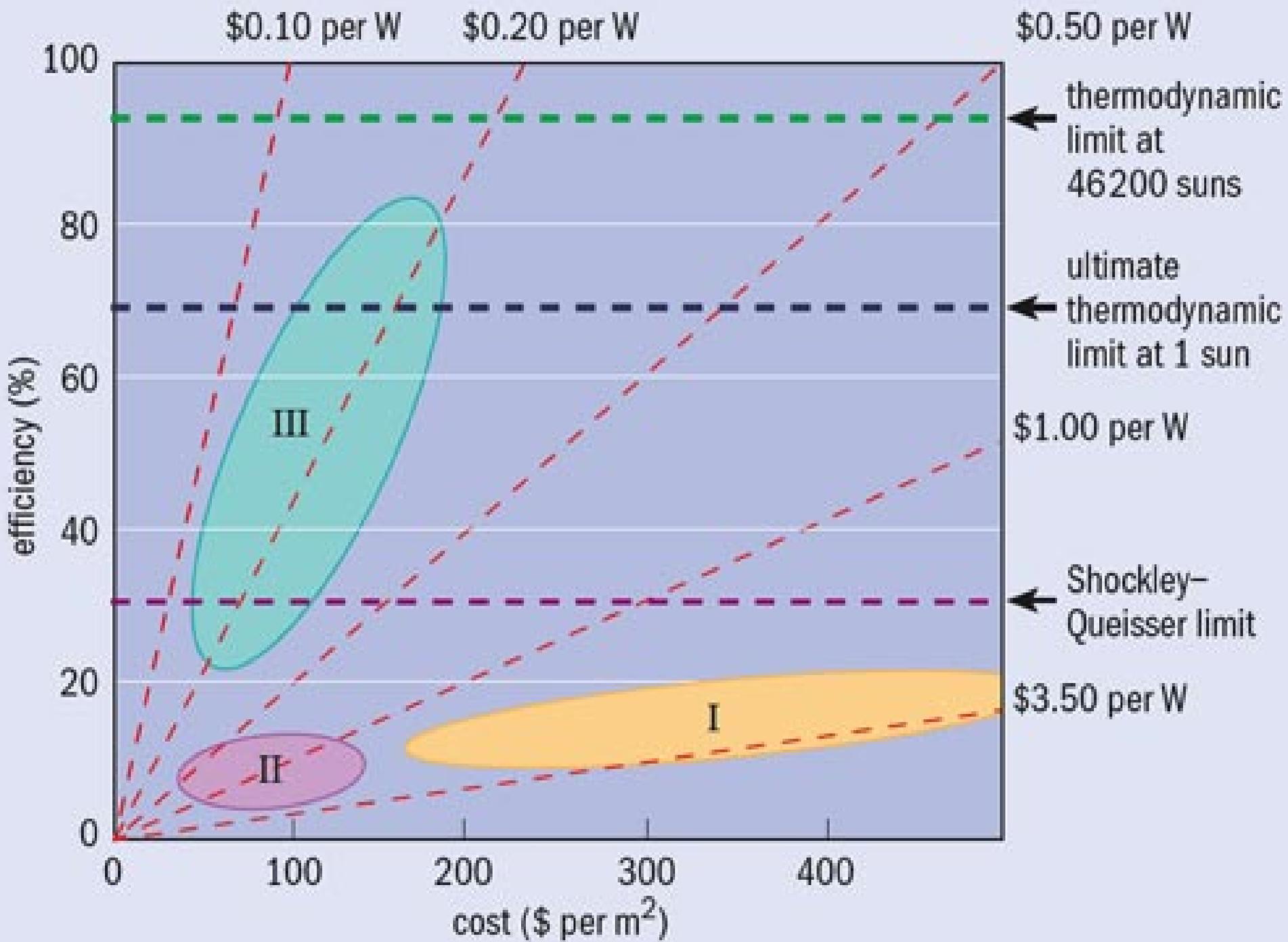


葡萄牙已建造一60英畝薄膜太陽電池田供8000人村莊使用，幾年內可收回成本。臺灣地貴，恐不適用



有機薄膜太陽電池，效率5-8%，可印上或海上





風力發電。臺灣夏天風在北部海岸比較強
風力發電機設在新竹沿海不一定對



A wind farm at offshore Copenhagen and at Galicia, Spain





百分百綠色能源島：山牡瑟島 Samsø Island, Denmark

島使用綠色能源達百分百碳與熱量中性（亦即使用能源所排放碳與熱量與燃料成長時向大氣攝取碳與熱量相等），且四千多居民生活絲毫不受影響！這個面積約100平方公里的小島因此聞名全世界。環境優美，居民從事農作、捕魚、畜牧和觀光業。1997年島民參加政府舉辦的「百分百綠色能源競賽」獲勝，來年島民開始協力開發多元再生能源。在島上建造風力發電機，也廣用薄膜太陽電池，所生產電力和陸地系統互通，發電過剩時賣給陸地電廠，不足時由電廠補足。丹麥天氣冷，熱水是必需品，島上建造幾座地區性熱水廠，利用太陽能和燃燒牧草等植物熱水，通過管線供應住家。農耕機用榨取自油菜籽等農作物的生質柴油。

風能給居民帶來額外收入，又投資在沿岸海面興建風力發電機。薄膜太陽電池電力仍比一般電價高，問他們為什麼還要用它，回答是用太陽能不排放溫室氣體，不破壞子孫的地球生態環境，用起來格外心安。多層膜太陽電池發電效率已超過30%，只要普及化電價就可能和石化能源相比。



汽車動力多元化

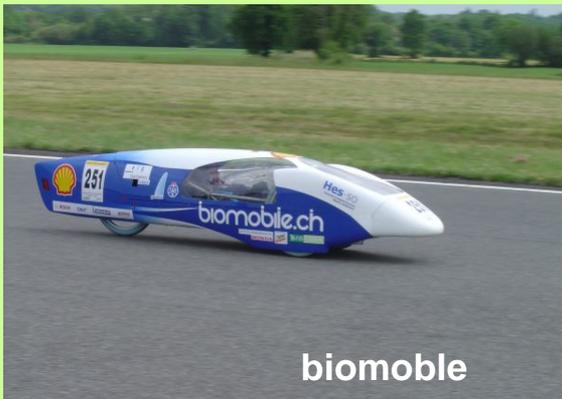
混合型汽車，汽油酒精雙用汽車（酒精釀自農作物如甘蔗或甘薯，巴西最成功）

蓄電池電動馬達汽車，氫氣電池汽車



日本Honda所製造的1000c.c.引擎，全車重量僅400公斤，時速由零到一百僅要1.5秒(?)，最高時速達兩百公哩(中時3/7/07)

謝長廷與學生在臺北市街道

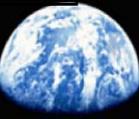


biomobile

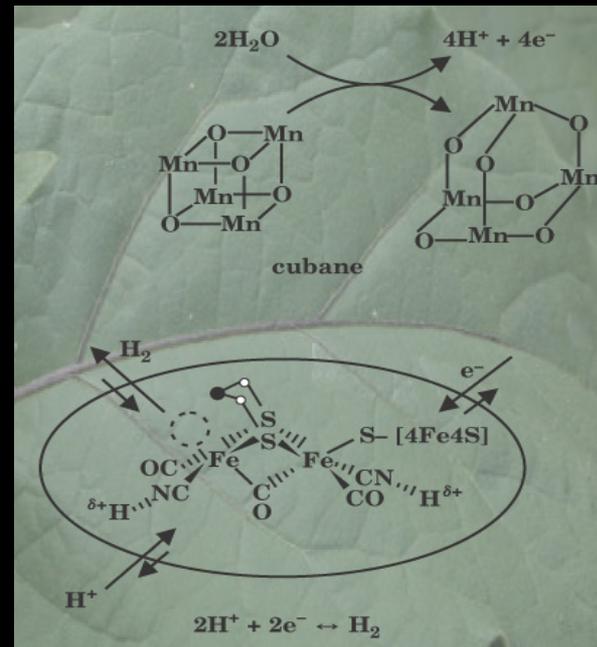
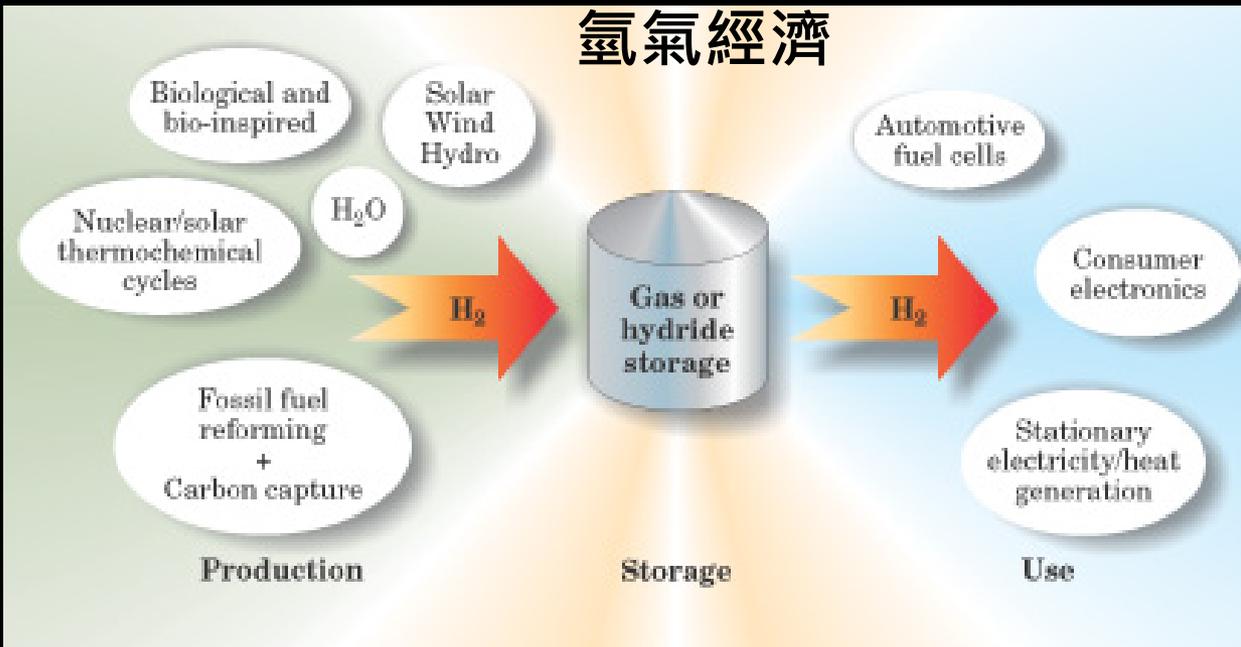


Subaru

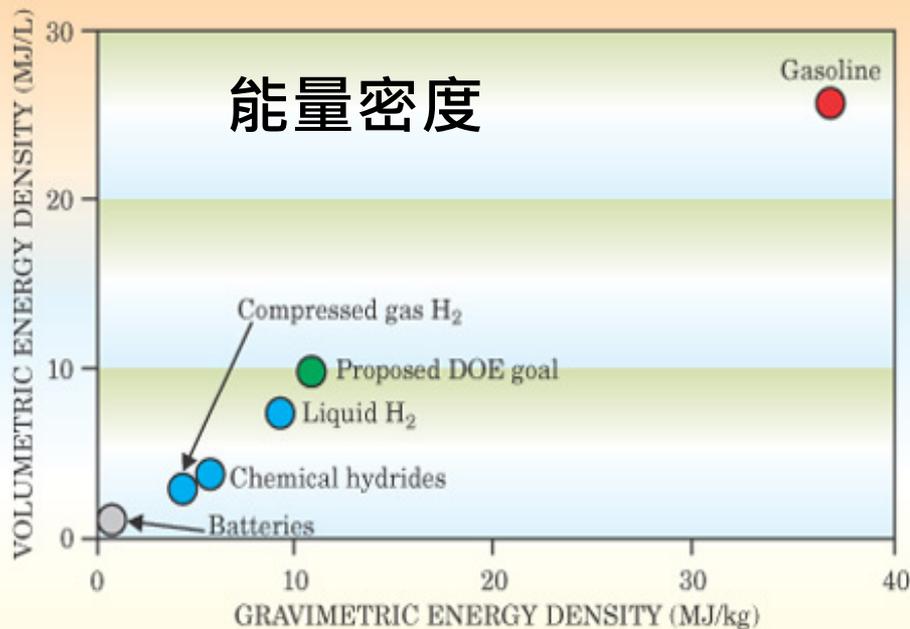
臺灣明道管理學院研發的能源車，利用裝在鋼瓶內的氫氣，透過燃料電池發電，驅動馬達帶動車子



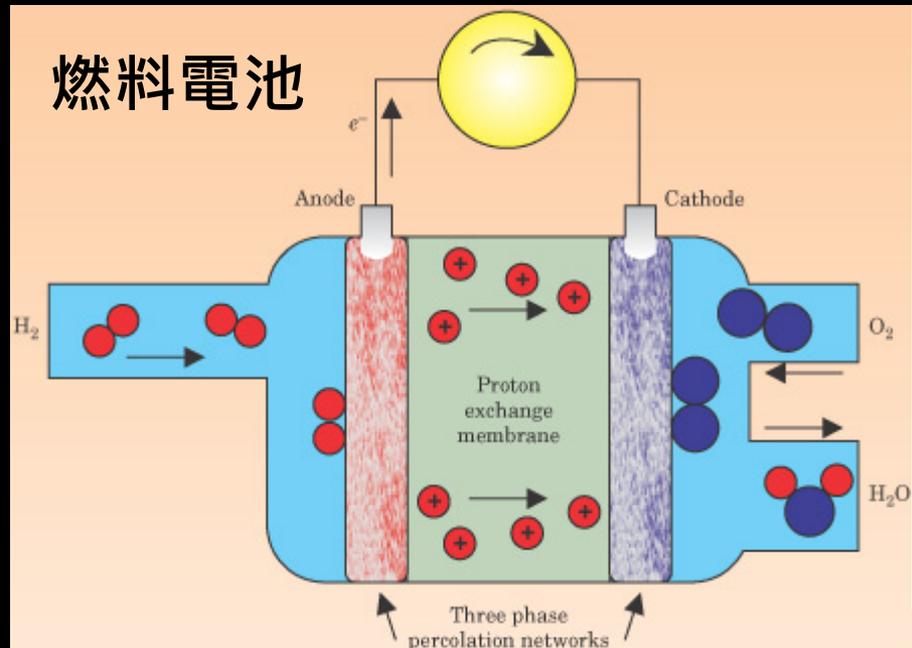
氫氣經濟



能量密度



燃料電池



核能：

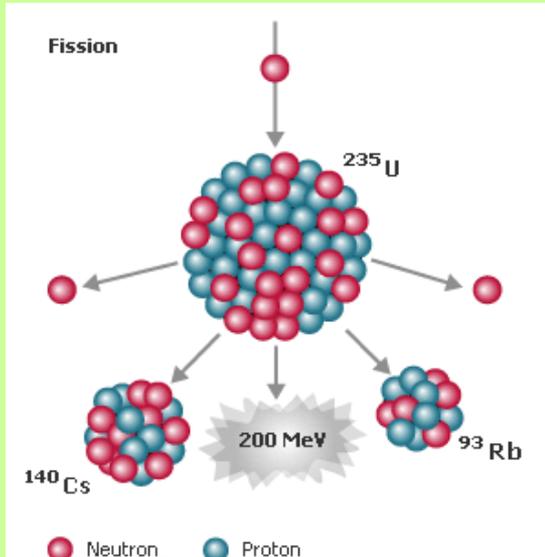
核分裂式

傳統式 (^{235}U , 鈾)

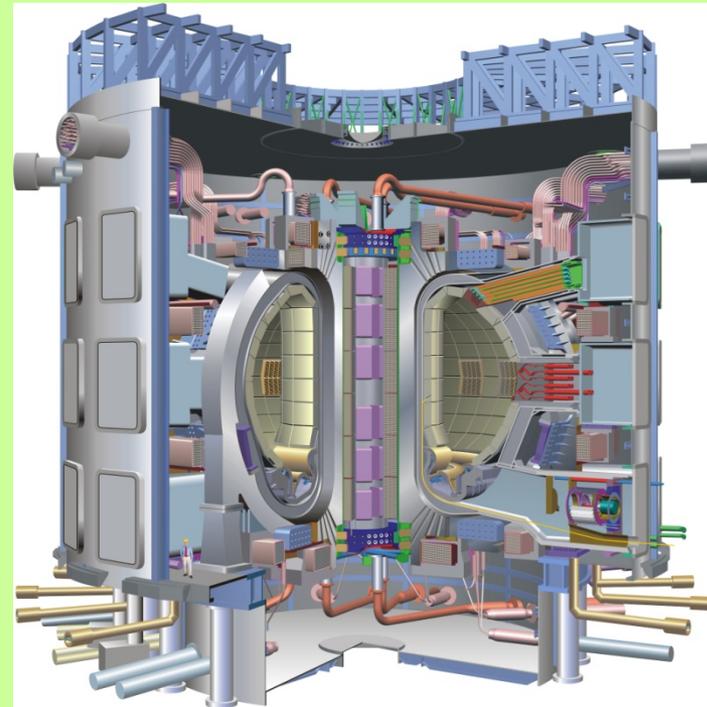
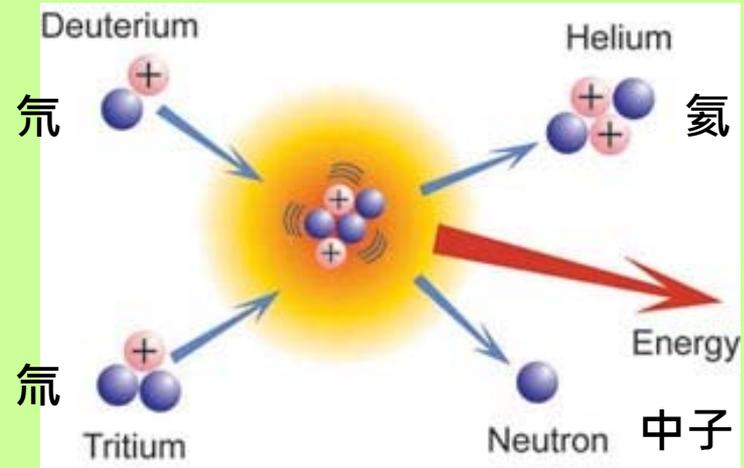
滋生式 (^{239}Pu , 鈾)

法國在芬蘭建造新核能廠

融核式：國際ITER計畫



核子分裂與融核反應，後者
為太陽與星球能源



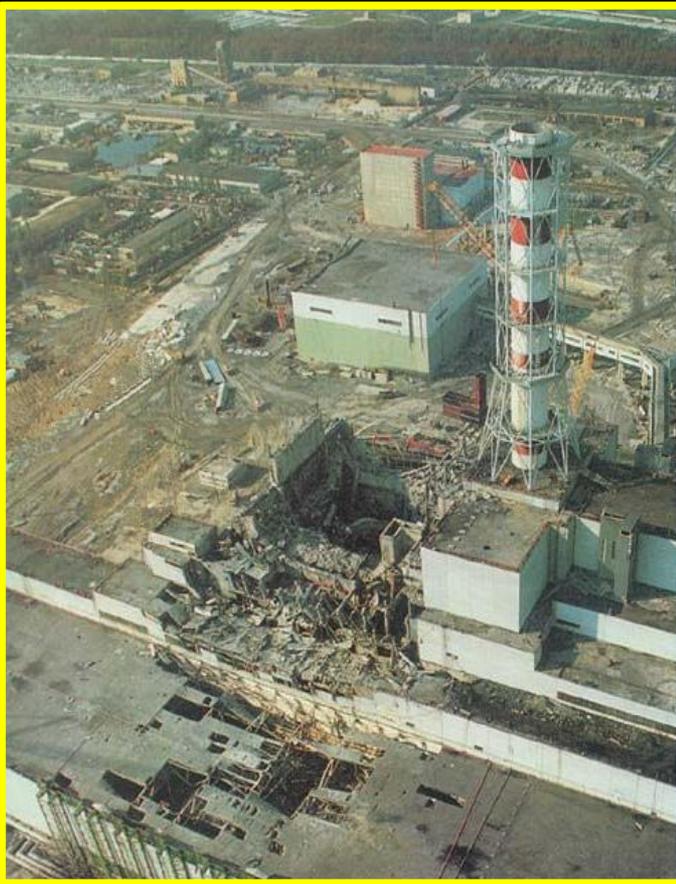
國際ITER融核實驗站計畫

美、歐、中、日、蘇、韓、印七國，10 B \$

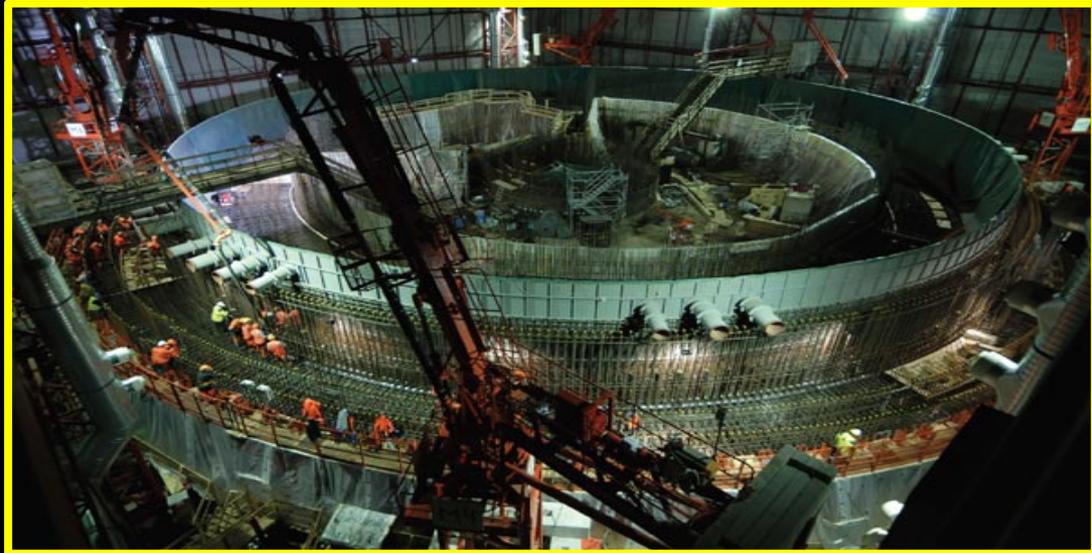


核能的缺點與憂慮：

1. 民眾聯想核武而產生恐懼。另外我們需要考慮核意外與輻射廢料和額外熱量的問題
2. Chernobyl Disaster: Evacuation and resettlement of ~ 336,000 people. Chernobyl Forum, led by the International Atomic Energy Agency (IAEA) and World Health Organization (WHO), attributed 56 direct deaths (47 accident workers, and nine children with thyroid cancer), and estimated that 9,000 were highly exposed.
3. Global warming is estimated to have caused 160,000 deaths a year from heat waves, storms and crop damages. Wars for energy resources, air pollution and mine accidents claim countless lives every year.



Third generation EPR (European Pressurized Water Reactor) is built at the Olkiluoto site in Finland, expected to be completed in 2009. New reactors produce less radioactive wastes, and are safer due to designs using natural restoring mechanisms such as gravitational force and self-cooling



地球暖化因應策略：從小處和自己開始，推廣到社會國家

1. 養成節省自然資源和能源的習性，用腳踏車、開小車、坐公車，少用並提高冷氣機溫度，綠色建築等可節省20至30%能源與每年千多億元。
2. 以價制量和以量課稅及徵收碳稅可鼓勵少用石化燃料和浪費資源；鼓勵開發並使用碳與熱量中性的再生能源，以減低溫室氣體的排放。
3. 開發省能源科技，例如使用緊縮型日光燈，少耗能家電，公共場所也可改用新節能發光體如LED (light emitting diode)等；工業制程也要考慮如何省能源，且所產業釋放熱量可利用于居家和辦公室的暖氣。
4. 汽車和機車與電動腳踏車用重量非常輕但強度高的碳纖塑膠複合材料。
5. 房子不必大，要精美舒適；大樓用電腦控制，利用太陽光、熱與電。
6. 發展新科技減少並處理溫室氣體：如把CO₂溶解在三千多公尺深海或地下層鹽水中，或封存在地下礦坑中（預計此技術仍須等約20年）。
7. 改變地球表面陽光吸收量，種植有反射陽光的植物如草等。
8. 改變社會結構，儘量把居家、辦公室與學校放在同一地方。
9. 徹底改掉「經濟發展依賴無限制能源和高度消費」的錯誤觀念。只要用心，生活品質不會因省能源和資源而降低。
10. 全球化趨勢無法抵擋，但用何種方式，是不是一天到晚坐耗油噴射機，有待思考。



丹麥經驗：打破只有無限制能源供應經濟才能發展的迷思

1. 1973年石油危機開始，丹麥推動自主與替代能源政策，30年來國內生產總額（GDP）成長2倍，能量消耗量維持在1970年代標準。
2. 政策面以價制量：高稅負（新車負擔105%登記費，燃料另外課稅），高電價（比美國、法國、英國高43%、24%、19%）。另積極開源，推動公營區塊暖氣供應，嚴格建築法規，補貼節能家電，強制企業節能。
3. 從公用事業下手，要求達成某比例節能目標，電廠說服廠商節電，也透過「節能交易」，廠商交易節能額度。
4. 因節能強化企業競爭力：耗能工廠歇業，製造業比重降低，但存活下來的企業更具國際競爭力。
5. 建築法規的訂定與執行，大幅節省暖氣需用能源。用補貼鼓勵民眾選購節能家電，也產生節能效果。
6. 區塊暖氣設施，地區性小電廠等制度也大幅節省能源。
7. 積極開源，尋找自主性和替代能源。開發北海石油與天然氣以及風能，達到能源自足並有多餘出口。



臺灣能源策略

(For Policy Makers)

參照：前總統府科技顧問「能源安全報告」摘要

I 導言

能源是人類民生和經濟活動的原動力，人類物質文明可看作為人類持續新能源的發掘與其衍生生產技術的開發。能源左右著人類的生活方式和科技與政經發展，也影響文化表現，其供應攸關臺灣將來與安全。

臺灣能源98%依賴進口，不只每年花費一兆多在購買能源上，其供應之可靠性影響臺灣能源與國家安全。我們政府欠缺高瞻遠矚的能源政策的制訂與執行。

II 臺灣能源策略

1. 不同能源比較

a). 石化能源：石油、煤炭和天然氣供應自外國，易受國際需求和產量變動、價格波動、和政治角力的影響，也需考慮運輸來台的可靠性。

溫室效應氣體的來源和地球表面暖化主因。每年空氣污染病亡人數無法估計，但單是中國碳礦意外每年已知死亡人數達~4.5至6千人，佔全球80%。

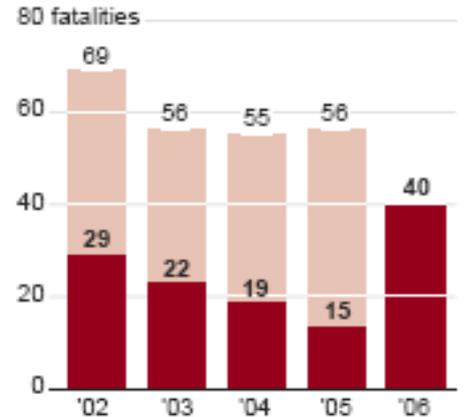
京都議定書限制各國碳排放量，臺灣雖非簽署國，但為了避免因減碳不力受國際制裁而陷入能源危機，我們必須主動遵守京都議定書的規範。

More mine deaths

The five miners killed in an explosion in Holmes Mill, Ky., brings the total number of mine fatalities to 40 for 2006.

Total deaths in U.S. mines

Annual
Through May 22 of each year



NOTE: Combines all U.S. fatalities in metal/nonmetal mines and coal mines

SOURCE: Mine Safety and Health Administration

AP

b).再生能源:生質酒精與柴油、風能、太陽熱與光電、地熱與海洋能、氫能及燃料電池等。自產再生能源是最可靠能源，且沒維安顧慮，有些會影響食物產量。建議政府在再生能源科技的研發和產業的扶植上更加積極，在五年內達到至少10%的目標。

c).核能：一旦成功發展出封閉滋生式反應爐，核能將取之不盡，用之不竭。臺灣現在核能使用僅次於傳統石化電源。優點是1) 不產生溫室效應氣體，但會產生額外熱能。不受京都議定書規範，但受國際核能署管制。2) 核燃料一旦購置可長時間使用。安全考慮在於運轉和維安。戰時核能是唯一可靠電源，也是最有安全顧慮的能源。3) 審慎處理核能安全和民眾恐懼與輻射廢棄物。

d).很多著名物理學家大膽預測2050年，我們所用能源太陽能、核能、石化與其他能，各佔三分之一。



2. 產業結構的調整以減少對能源依賴

- a) 臺灣產業應該往少耗能量或高能量效益的智慧型，文化型和服務型產業轉型。
- b) 積極開發再生能源並推動再生能源產業，迅速提高自產能源比率，可改善能源供應安全。
- c) 半導體太陽電池產業在臺灣有相當基礎，可給予扶植，以建立國際領先產業。

3. 節省能源

- a) 民眾培養節能和減碳習慣。
- b) 開發節約能源科技，提高能源使用效率。
- c) 開發節省能量的工業制程。



4.能源價格的合理化，實施以價制量政策

能源價格要反映市價與環保費用。附加價值低、高勞力且高污染產業必須升級，與其用低價能源促進產業不如輔導產業轉型。養成節省能量習慣！

5.國家能源外交

- a) 與生產國建立穩定、互利的雙邊經濟關係。
- b) 參與「國際能源夥伴」，避免與外交承認掛勾。
- c) 考慮參與美國能源署「第四代核電廠研發計畫」。
- d) 務實處理兩岸關係，追求兩岸長期穩定和平。

5.核電廠安全的考慮

- a) 公園化核電廠周圍環境，定期開放民眾參觀，以贏得民眾對核能的信任。
- b) 積極探討並解決輻射核廢料處理問題。
- c) 建立核電廠遭遇外來因素所造成安全顧慮時的緊急應變程式，並進行演練。
- d) 核四因包商複雜，施工的協調與配合度有難達理想憂慮，或會造成安全性漏洞。政府除了組織安全委員會嚴格監督外，也可考慮聘請外國如日本或美國核能公司作徹底安檢，以建立人民信任感。

結論與具體建議：

- 1) 訂定積極減碳時程，推動全民減碳運動：以宣導和教育，培養民眾及企業界節省能源的習性。以減稅和補助扶植綠色能源科技產業，提高家電和生產能量效率。**制訂新能源稅制，徵收「碳稅」，以價制量，以量課稅**，促成全民使用再生能源意願。務必在五年內達到節省10%以上石化能源的目標。
- 2) 產業結構的調整：從現有製造業往服務、文化和智慧型產業轉型是今後政府應該推動和企業界應該思考的方向。
- 3) 盡速完成核四的建造：從臺灣能源安全考慮，核能是最可靠的主要和備用能源。我們必須在施工品質和運轉安全保證下，盡速完成核四的建造。



很多著名物理學家大膽預測，五十年後人類用：
太陽能、核能、石化與其他能源，各佔1/3。

宇宙只有地球適合生物生存，它是人類和生物唯一的家。正因為在宇宙中，生物在地球表面存在的偶然性，生命更加珍貴。我們應該把自然看作「生命」，惜福和惜緣，與自然和平相處並愛護其生態與環境。

節約自然資源和能源永遠是我們最佳策略。從自己做起，從現在開始，不要浪費自然資源，以年輕人的熱情，督促政府和鼓勵民眾，開始推動減碳運動！



附件：使用石化能源釋放熱量造成地面溫度上升之粗略估計

中研院物理所 鄭天佐

一些資料和轉換常數：

1年 = 3.15×10^7 秒 1卡 = 4.184J

地球面積 = 5.1×10^{14} m²

熱容量 kcal/g	全年使用量	平均釋放能量率 W/m ²
煤炭 ~6	~ 5×10^9 ton/yr	7.88×10^{-3}
石油 ~11.4	~ 4.2×10^{12} kg/yr	12.64×10^{-3}
天然氣	佔總熱容量約四分之一	~ 6.84×10^{-3}
核能	佔總熱容量約四分之一	~ 6.84×10^{-3}
總效應*		~ 3.36×10^{-2} W/m ² (radiative-forcing)

* 如果熱能滯留累積在大氣中超過四、五十天，則其效應與溫室氣體CO₂相差不多

* 全球每人平均每天所用能量為食物攝取能量的~30倍！台灣則近100倍





謝謝聆聽！

<http://www.phys.sinica.edu.tw/~tsongtt/>

