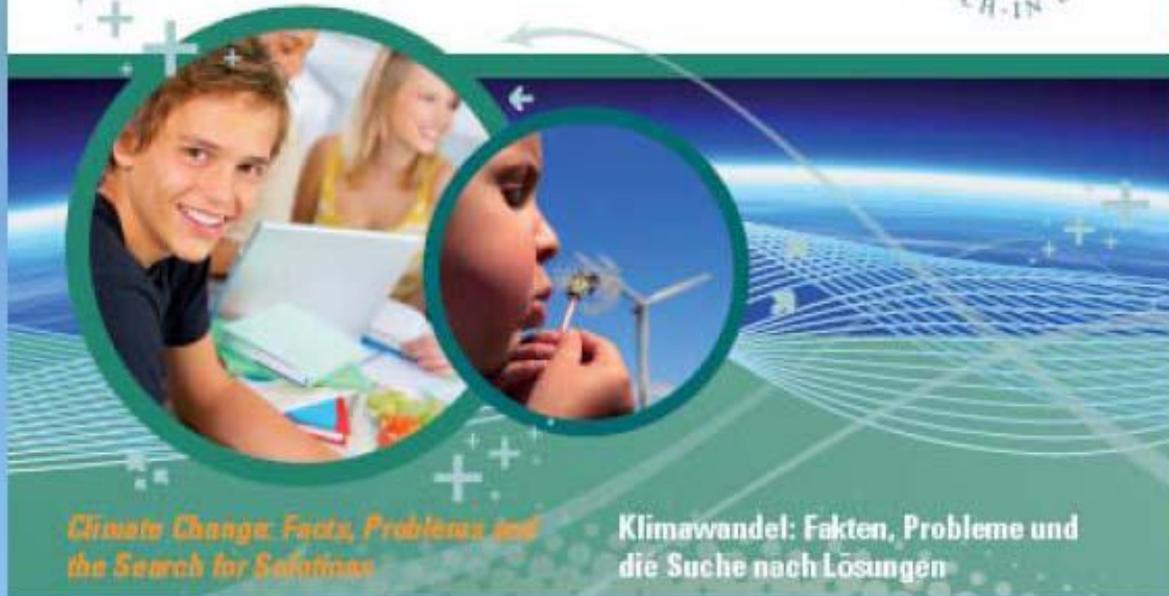


# WORLD CLIMATE *TEACH-IN DAY*



*Climate Change: Facts, Problems and  
the Search for Solutions*

**Klimawandel: Fakten, Probleme und  
die Suche nach Lösungen**



# 氣候變遷的介紹

## An Introduction to Climate Change

Gherardo Girardi, John Sedgwick  
Centre for International Business and Sustainability

<http://www.londonmet.ac.uk/lmbs/research/cibus>

London Metropolitan University

世界氣候教育論壇日之教學資源

翻譯者：環境品質文教基金會

Translation by Environmental Quality Protection Foundation





# 大綱

- 氣候變遷如同市場機制失靈
- 氣候變遷的過程
- 氣候變遷可能帶來的後果
- 氣候變遷的重要特徵
- 穩定標的（stabilization targets）之選擇
- 手段的選擇：污染稅及污染許可
- 倫理考量和折現未來（discounting the future）

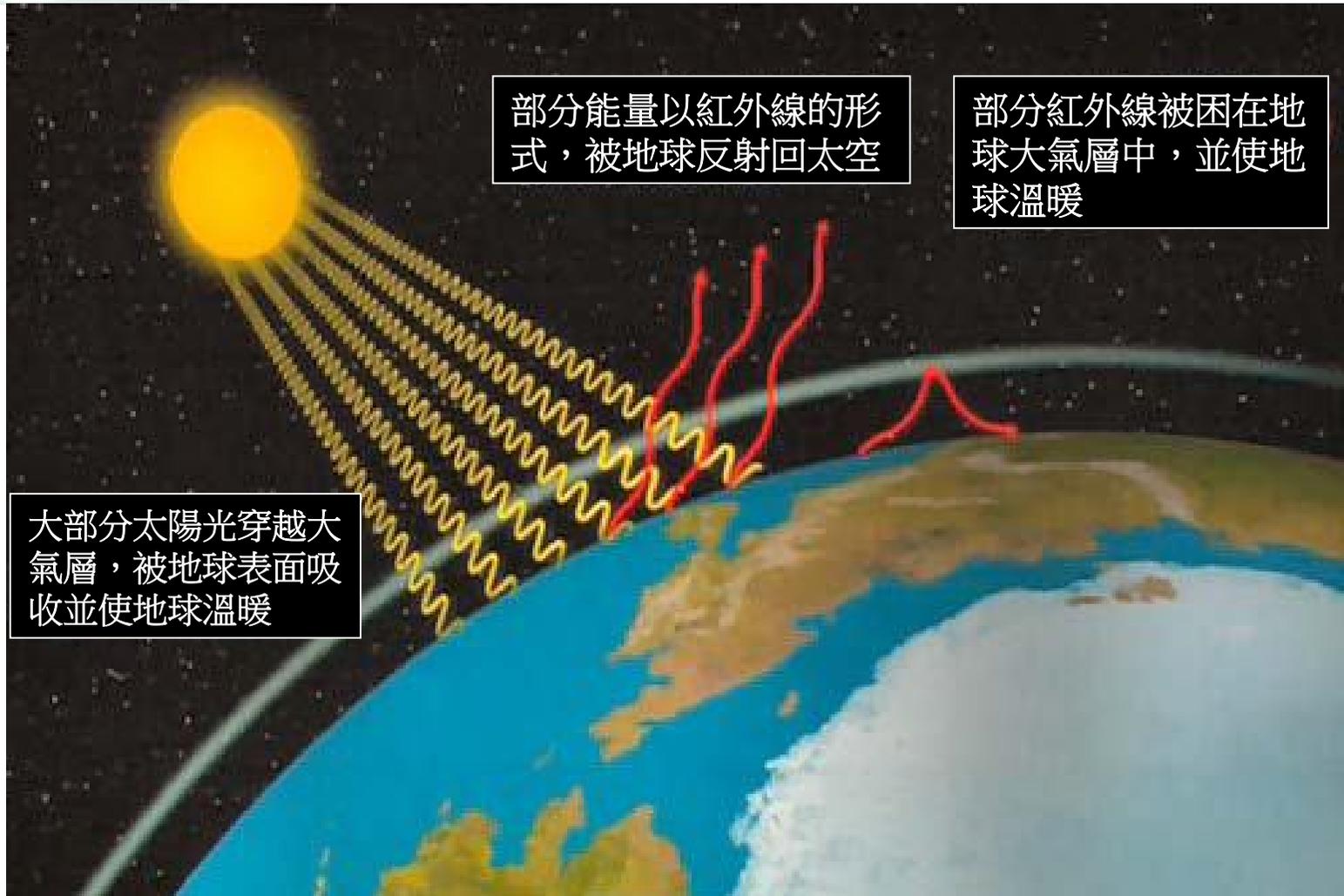


## 氣候變遷如同市場機制失靈

- 「溫室氣體的排放是外部效應（externalities），代表著世人所見最嚴重的市場機制失靈，...全球尺度的風險是議題的核心。」（Stern，2008，第1頁）



## 氣候變遷的過程



部分能量以紅外線的形式，被地球反射回太空

部分紅外線被困在地球大氣層中，並使地球溫暖

大部分太陽光穿越大氣層，被地球表面吸收並使地球溫暖



# 氣候變遷的過程

- 五個基本環節

1. 家庭和企業各自透過活動排放**溫室氣體**（GHGs）；二氧化碳佔了人為全球暖化的**75%**（Stern, 2008）；但人為活動對全球暖化的重要性並非所有人都同意（Lomborg）。如果地球上沒有溫室氣體，平均溫度將只有**-6 °C**。今天（2009年）大氣中的二氧化碳濃度為**386 ppm**，平均溫度達 **15 °C**。在工業革命以前，大氣中的二氧化碳濃度只有**280 ppm**，而平均溫度為 **14 °C**。（Sinn 2007，第3頁）



## 氣候變遷的過程

2. 這些流動的氣體累積並儲存於大氣中，最多的是二氧化碳，其他溫室氣體有甲烷（**1.8ppm**）或氧化亞氮（**0.3ppm**），數量上較二氧化碳少很多，但每單位體積有更大的暖化潛能（**warming potential**）。
3. 大氣中的溫室氣體限制了太陽輻射熱的對流損失並導致全球暖化。地球吸收了**50%**的二氧化碳排放，例如透過森林和海洋。



## 氣候變遷的過程

4. 全球暖化導致氣候變遷，主要是水的問題。自工業革命以來海平面上升了 **20 公分**—相對於從上一次溫暖時期（約**12萬年前**）之後下降的**5公尺**，是很少的；從上一次冰河時期（約**1萬8千年前**）之後上升的**100公尺**相比，就更少了。（**Sinn 2007**，第3頁）
5. 但目前正處於快速變遷時期的開始階段，將威脅到不久之後的人們、動物和植物。（**Sinn 2007**，第3頁）



## 氣候變遷可能帶來的後果

- 21世紀末，大多數的推測為全球暖化溫度上升介於 $2^{\circ}\text{C}$ 至 $5^{\circ}\text{C}$ ，而Stern（2008）則推測有一半的機會溫度將至少增加 $5^{\circ}\text{C}$ 。
- 溫度增加 $5^{\circ}\text{C}$ ，海平面約上升1公尺。如果這聽起來並不多，請注意 $5^{\circ}\text{C}$ 約等於自上一次冰河時期以來，全球溫度增加的幅度，而且海平面上升1米將會淹沒孟加拉超過五分之一的土地。
- 其後果可能是全球災難性的轉變。



## 氣候變遷可能帶來的後果

- 在目前人口密集的地區，人類的生存很可能會變得困難或極端艱巨（由於疾病和日益惡化的農業前景），因此人口必須大量遷徙，且很可能是極大規模的。歷史上人口大規模遷徙，往往帶來重大衝突。
- 世界可能會喪失一半以上的物種。
- 但是，「沒有人」完全知道後果——不確定性普遍存在。



## 氣候變遷的重要特徵

- 氣候變遷的過程涉及
  - 很多不確定性
  - 相當大的時間延遲
- 不可逆（災難）是一種可能的結果
- 帶出議題如：誰需要為此負責，減緩的重責如何由已開發和開發中的經濟體、以及貧窮和富有的家庭共同分擔
- 國際政策的協調是困難的，但並非不可能（Bali 2007）
- 「這可能將是最後一個擁有真正機會，保護地球氣候的世代」（Ackerman 2009, p.128）



## 穩定標的之選擇

- 三個可能的標的：
  1. 排放流量
  2. （大氣中溫室氣體）存量的穩定水平 — 延遲的效應
  3. 溫度上升

溫度是最容易被民眾理解的，但它缺少了風暴、乾旱、海平面上升與水資源分配等關鍵問題。此外，控制溫度無法像控制排放流量一樣容易。這是決策者選擇排放流量作為標的之一部分原因。



## 穩定標的之選擇

- 二氧化碳的濃度正以每年約1.9ppm的速度增加。如中國（和其他）使用廉價的煤炭儲量，二氧化碳濃度增加的速度可能達到每年3或4ppm。因此，在現有條件不變（Business-As-Usual）的假設下，21世紀末二氧化碳濃度會達到 750ppm，但也可能是 900ppm。
- 然而預測是不完美的科學！看看下面投影片的精選範例。



## 論文選讀：不確定性、氣候變遷和全球經濟

### Torsten Persson

Stockholm University -Institute for International  
Economic Studies ( IES ) ; London School of Economics  
& Political Science ( LSE ) ; National Bureau of  
Economic Research ( NBER ) ; Centre for Economic  
Policy Research ( CEPR )

### David Von Below

Stockholm University -Institute for International  
Economic Studies ( IES ) October 2008

[CEPR Discussion Paper No. DP7024](#)



## 不確定性、氣候變遷和全球經濟論文摘要：

本文說明了一個如何全面評估，從人類活動到氣候變化等各種關係的不確定性。本研究使用修改後的全球經濟和氣候RICE模式，進行蒙地卡羅模擬（**Monte Carlo simulations**），其中整個參數模型中最重要方程式，是從預先指定的分佈中隨機選取，並以扇形圖和直方圖的方式呈現結果。

我們的研究結果表明，相對於**1900年**，在現有條件不變（**Business-As-Usual**）的情境，**2105年**全球平均氣溫增加的中位數約為 **4.5 °C**。99%的信賴區間為 **3.0 °C**至**6.9 °C**。社會-經濟對氣候變遷驅動力的不確定性，就是全球暖化中那些難以察覺的部分。



## 保險措施

- 思考範圍內最高的百分位數（最高風險的狀態）。
- 就個人來說，如果面對這種可能的風險，大多數人都會採取保險措施！



## 穩定標的之選擇

- Stern（2008）建議決策者聚焦於550ppm的二氧化碳當量（CO<sub>2</sub>e）濃度上限。（e=當量，包括其他溫室氣體）
- 考量到各種減少污染的形式（見 Stern 2008，表4），如果我們現在採取行動，估計成本僅佔全球國內生產毛額的1%。
- Stern警告：越晚行動，成本將會大大提高。



## 手段的選擇：汙染稅及汙染許可

- 汙染稅（調整價格）或汙染許可（調整量）？
- 如果在缺少不確定性的世界，他們的結果是相同的。
- 有了不確定性，決策者選擇的手段關係到社會福利——然而，我們的知識（關於環境破壞與減緩成本之間）仍不足以往前。



# 經濟學

- 經濟學研究特定行動的成本和效益，確認行動的最佳路徑，並假設理性的人們（**agents**）應會遵循這些行動。
- 氣候變遷行動的成本與減緩氣候變遷及誰來承擔的成本有關。
- 好處是維持現狀（**Business-As-Usual**）所造成的後果是不會發生的。但我們如何根據自身的經驗評估遙遠未來的成本和利益呢？



# 經濟學

- 試想，決策者估計在**60**年內，減緩氣候變遷的成本會達到**1000**億英鎊。如果今天需要一次性的投資才能滿足這些減緩費用，那會是怎麼樣的投資呢？
- 答案取決於**1000**億英鎊的折現利率。
- 大家都知道，利率是貨幣的時間價值（時間偏好）——持有貨幣的機會成本。



## 現值計算

$$PV = \frac{1000\text{億英鎊}}{(1+i)^{60}}$$

PV = 現值

i = 利率 ( 1%=0.01, 2%=0.02, ... 10%=0.1 )



## 經濟學

- 今天一筆 50 億英鎊的投資在 5% 的利率下，60 年內將創造 1000 億英鎊的收入。
- 但是如果利率較低，例如 3%，總投資必須增至 170 億英鎊，而若利率下降到 1%，總投資還會更進一步增至 550 億英鎊。
- 1000 億英鎊選擇的折現利率，顯然將產生相當不同層次的現值投資—550 億英鎊是 50 億英鎊的 11 倍，因此利率的選擇決定了現在的投資規模。

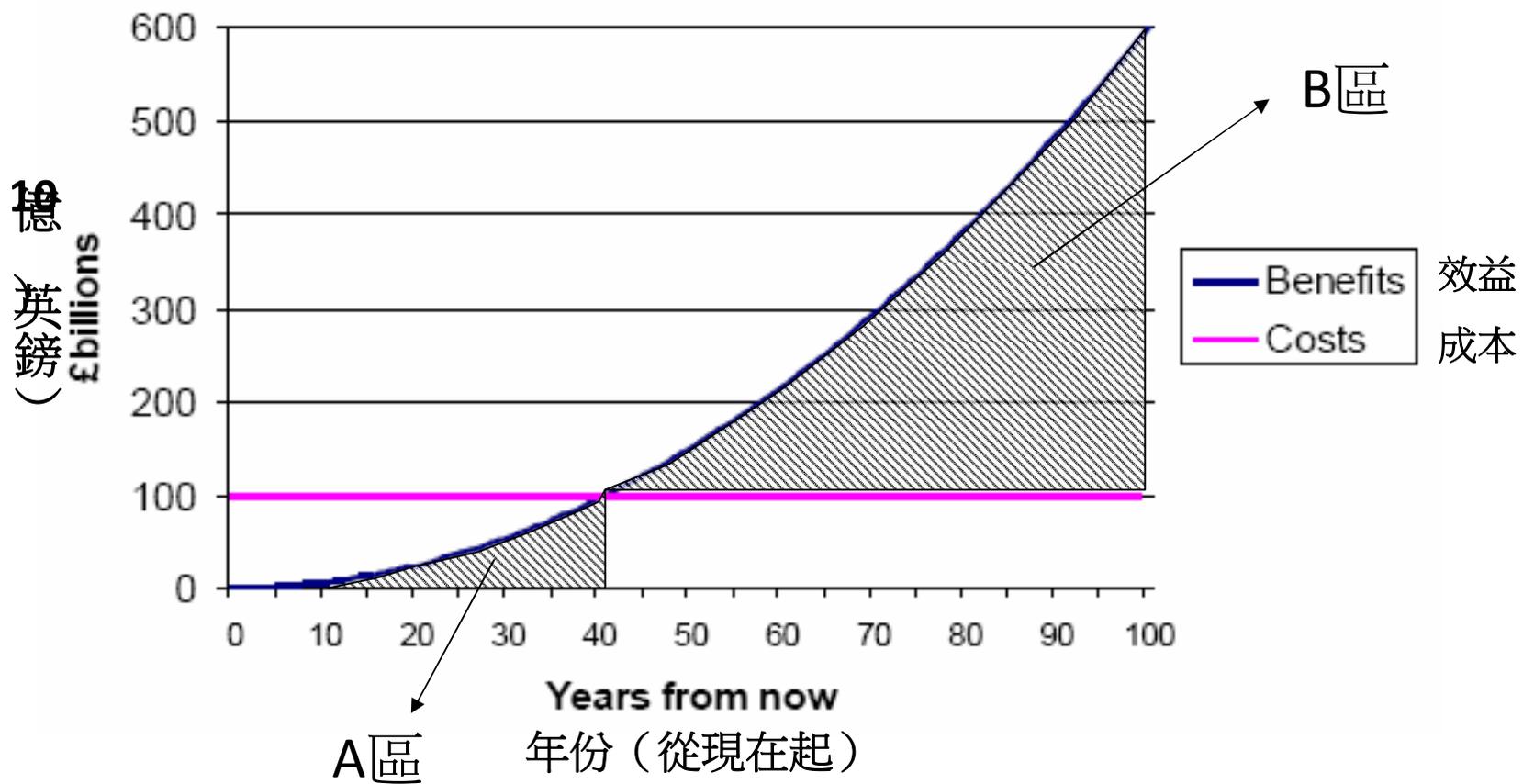


## 經濟學

- 現在來思考一個由Ackerman（2009）發展出的問題：成本和效益的流動隨著時間改變。假設在未來100年，每年的減緩成本都是1000億英鎊，但收益從較低的基數以指數的方式成長，在40年後達到1000億英鎊，之後每年逐步攀升，在100年後達到6000億英鎊—因此，第 $t$ 年的收益為 $0.6 t^2$ （單位:10億英鎊）。



# 經濟學





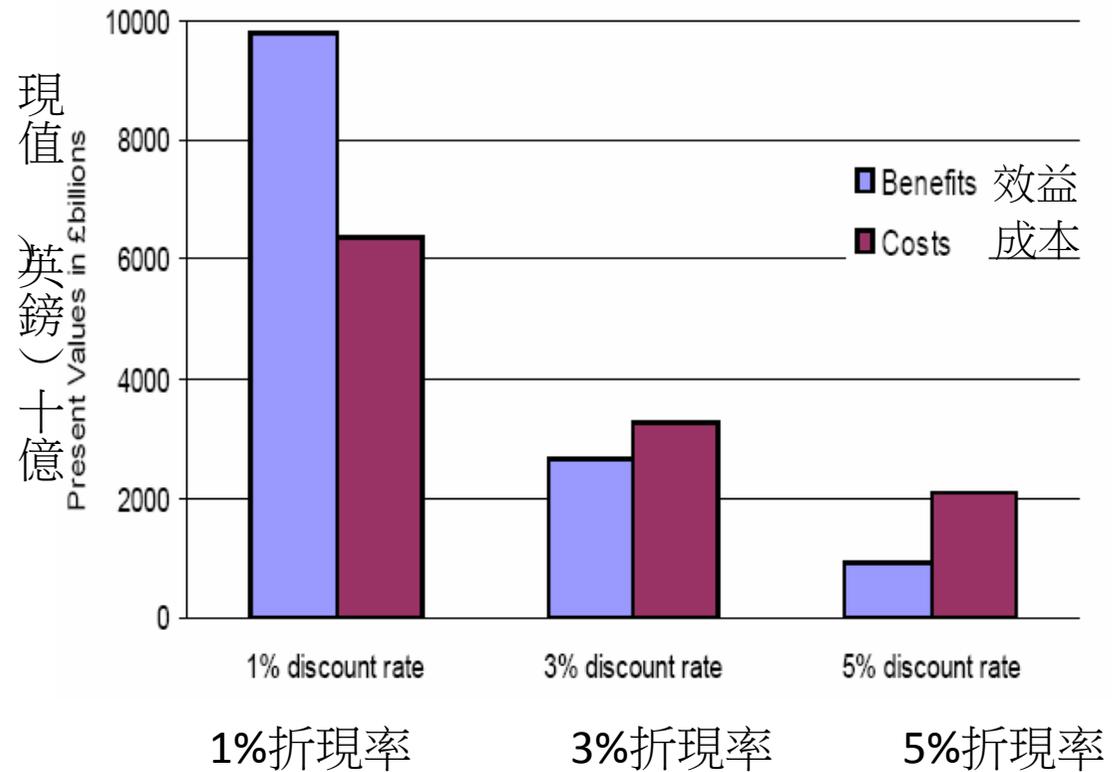
## 經濟學

- 顯然地，如果折現率為 0，那麼未來和現在的價值會是相同的，且收益將超過成本。對於經濟學家來說，每年投資1,000億英鎊是合理的，因為  $A區 < B區$ 。
- $A = 區域內$ ，每年的淨效益為負的。
- $B = 區域內$ ，每年的淨效益是正的。
- 現在讓我們看看，如果運用1%、3%和5%的折現率於未來的價值上，會發生什麼情況。



# 經濟學

- 本圖顯示未來效益的現值總合。
- 折現率1%時，年度總收益超過成本。
- 但在3%和5%時正好相反！





# 經濟學

- 相對於目前，折現率越高，未來淨收益產生的影響就越小。
- 折現率是衡量經濟行為者(economic agents)認為目前消費價值的價值。



## 倫理的考量和未來的折現率

- 經濟學大老們的爭辯：Stern v.s. Weitzman 和 Nordhaus
- Weitzman 跟 Nordhaus認為，我們可以看利率的市場數據，去推論出人們何時失去耐心；技術上來說，就是時間折現率。他們發現，人們大大地將未來折現。他們表彰一個「現在別想太多」的態度，或稱「氣候政策斜坡理論 (climate policy ramp)」。
- 因此，未來的一代並不如現在重要。



## 倫理的考量和折現未來

- **Stern** 持反面意見—認為人為氣候變遷和利率是非常不同的事情：氣候變遷包含了外部效應和不在場的行為者（未來的世代），而利率的決定卻不包含。基本上，與其說氣候變遷是利率的決擇，不如說它是個社會議題。
- 由於這種歧視(現世代>未來世代)是很難被合理化的，**Stern**（幾乎）將未來世代視為與現在等同價值（因為技術原因所以說是「幾乎」）。



## 倫理的考量和折現未來

- 關於利率／折現率是否可實際應用，IPCC評估報告撰寫人爭論了將近 20 年，並且幾乎從未達成協議。



## 倫理的考量和折現未來

- 對於折現利用（福利）框架的警告：並未受到實驗研究所證實，所以我們必須記住這是一個簡化現實的理論－一個未經證實，且在最初提出時就不被視為一個公理的公理。見Frederick等人（2002年）。



## 結論

- 想想以下兩個由 Hans-Werner Sinn提出的說法：
  - 「最終，所有減少需求的措施，在減緩全球暖化問題上，只能誘導石油酋長國（指產油國）和其他化石燃料資源的擁有者，將碳保留在地底。」（Sinn 2007, p.5）
  - 「如果酋長國不加入賽局，發電、碳稅或試圖降低經濟活動能源密集度等替代方法都是無益的。一個國家的環保政策只能幫助其他國家以較低的價格購買能源，全球暖化的速度將是不變的。」（Sinn 2007, p.18）
- 思考前因後果



## 問題與討論

1. 為什麼氣候變遷被解釋為市場機制失靈？
2. 討論氣候變遷可能帶來的後果—其真實程度為何？
3. 碳排放的穩定是否能達到？哪些目標和手段可以被證實是有益的？
4. 討論氣候變遷經濟學一些可能的關鍵作用，我們可以將未來折現嗎？



## 參考文獻

- Ackerman, F. (2009) . *Can we Afford the Future: The Economics of a Warming World* (London: Zed Books)
- Beckerman, W. (2002) . *A Poverty of Reason: Sustainable Development and Economic Growth*, (London, The Independent Institute) .
- Frederick, S., Loewenstein, G. & O'Donoghue, T. (2002) . 'Time discounting and time preference: a critical review', *Journal of Economic Literature*, 40: 351-401.
- Lomborg, B. (2007) . *Cool It: The Skeptical Environmentalist's Guide to Global Warming* (London: Marshall Cavendish Editions) .
- Nordhaus, D. (2007) . 'A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change', *Journal of Economic Literature*, 45: 686-702
- Sinn, H. (2007) . 'Public Policies Against Global Warming', *Cesifo Working Paper No. 2087* (2007) (See CESifo website: [www.CESifo-group.org/wp](http://www.CESifo-group.org/wp))
- Stern, N., (2008) , 'The Economics of Climate Change', *American Economic Review*, 98: 1-37
- Weitzman, M. (2007) . 'A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change', *Journal of Economic Literature*, 45: 703-24.