



能量、天氣及空氣質素

香港天文台

許大偉

2008年10月21、22日

講座內容

10月21日

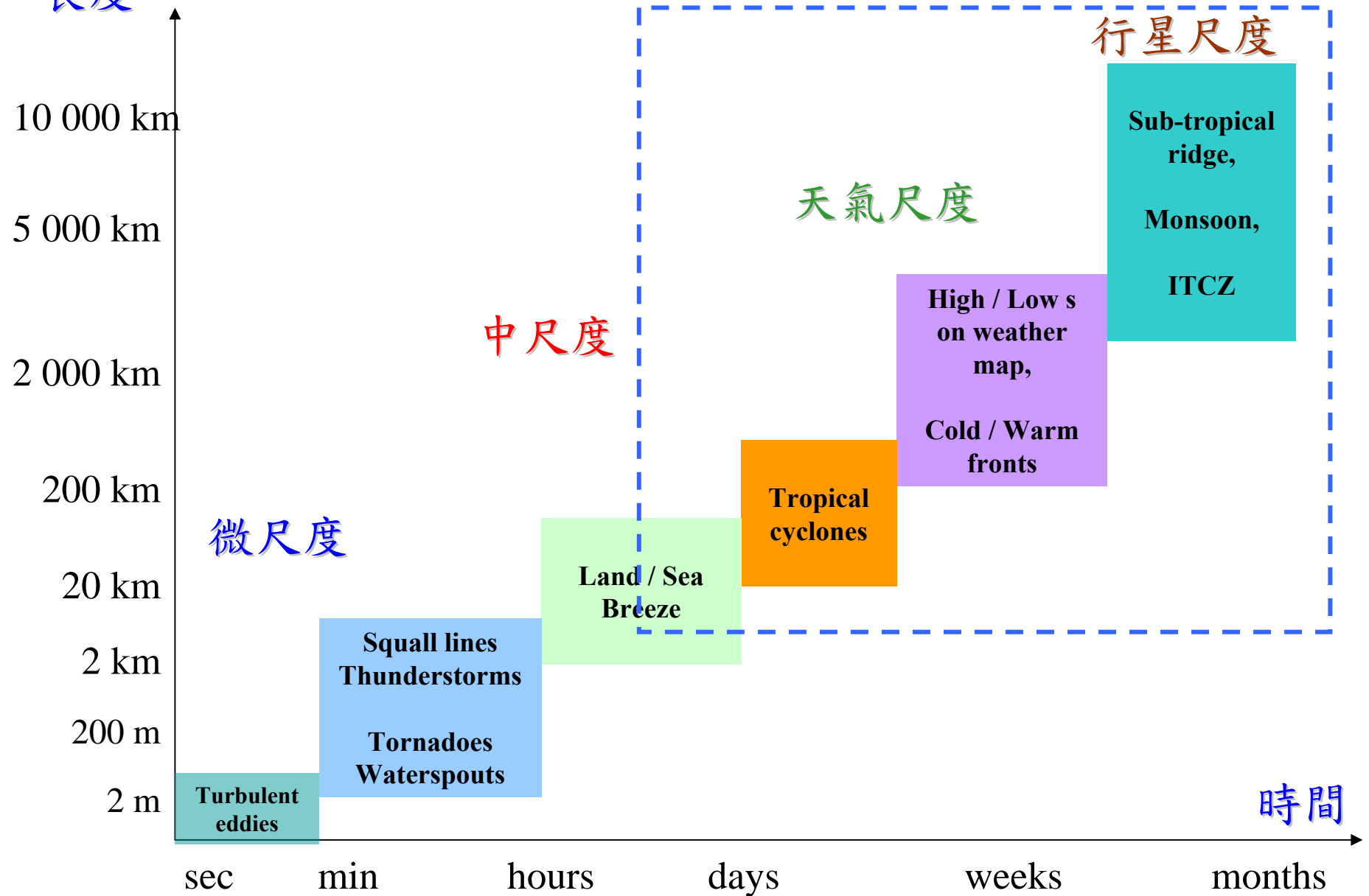
- 香港的煙霞和空氣污染 --- 概念、個案、相關氣象系統與科學背景
- 天氣學概念、氣象要素及預測

10月22日

- 大氣運動的時、空尺度的概念
- 氣象系統與懸浮粒子聚積的關係
- 氣候系統—季節、年際、長期變化
- 思考能量、空氣質素和大氣活動的關係
- 參考文獻、網站

大氣運動尺度

長度



行星尺度

Sub-tropical ridge,
Monsoon,
ITCZ

天氣尺度

High / Low s
on weather
map,
Cold / Warm
fronts

Tropical
cyclones

中尺度

Land / Sea
Breeze

Squall lines
Thunderstorms
Tornadoes
Waterspouts

微尺度

Turbulent
eddies

時間

sec min hours days weeks months

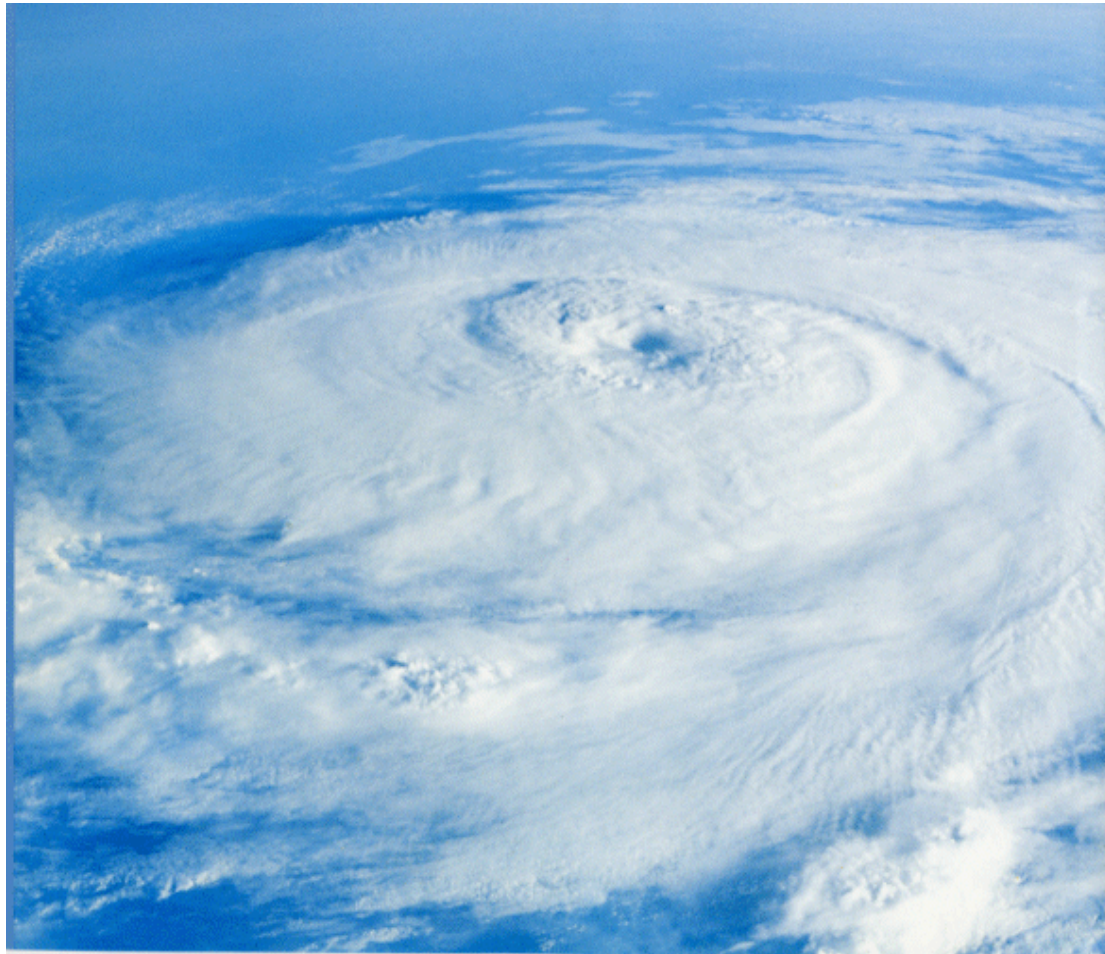
與懸浮粒子聚積的相關大氣狀況

- 大氣穩定 → 下沉空氣 (subsidence) 、逆溫層 (inversion)
- 晴天 → 反氣旋、熱帶氣旋外圍的下沉空氣、乾燥內陸氣流
- 北風 → 熱帶氣旋、東北季候風
- 擴散能力低 → 微風、海陸風效應

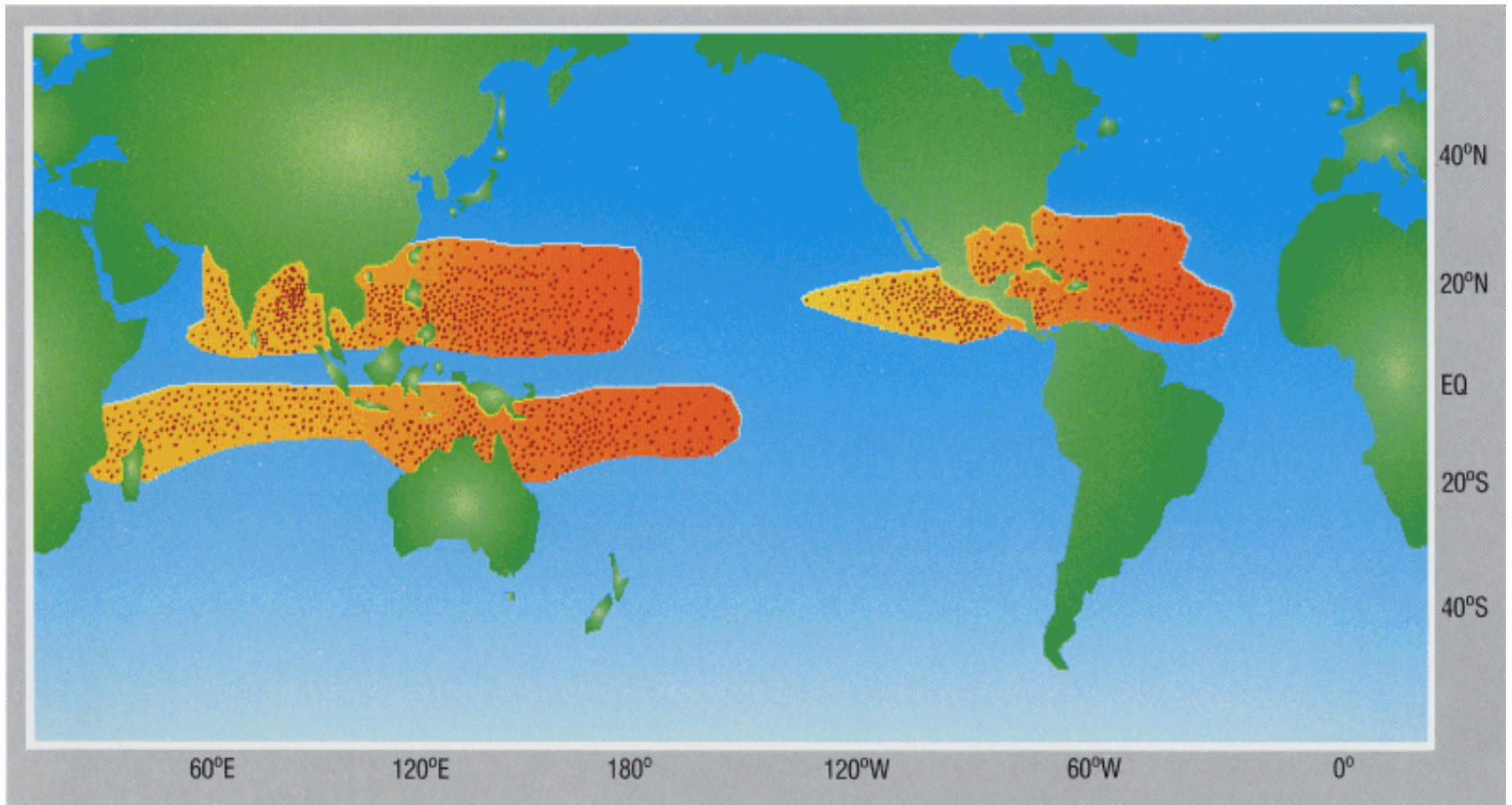
熱帶氣旋之分類

熱帶氣旋類別	接近風暴中心之10分鐘最高平均風力	
熱帶低氣壓 (TD)	每小時62公里或以下	風力6-7級
熱帶風暴 (TS)	每小時63至87公里	風力8-9級
強烈熱帶風暴 (STS)	每小時88至117公里	風力10-11級
颱風 (T)	每小時118公里或以上	風力12級

從太空穿梭機看到的颶風 ~像一個圓盤



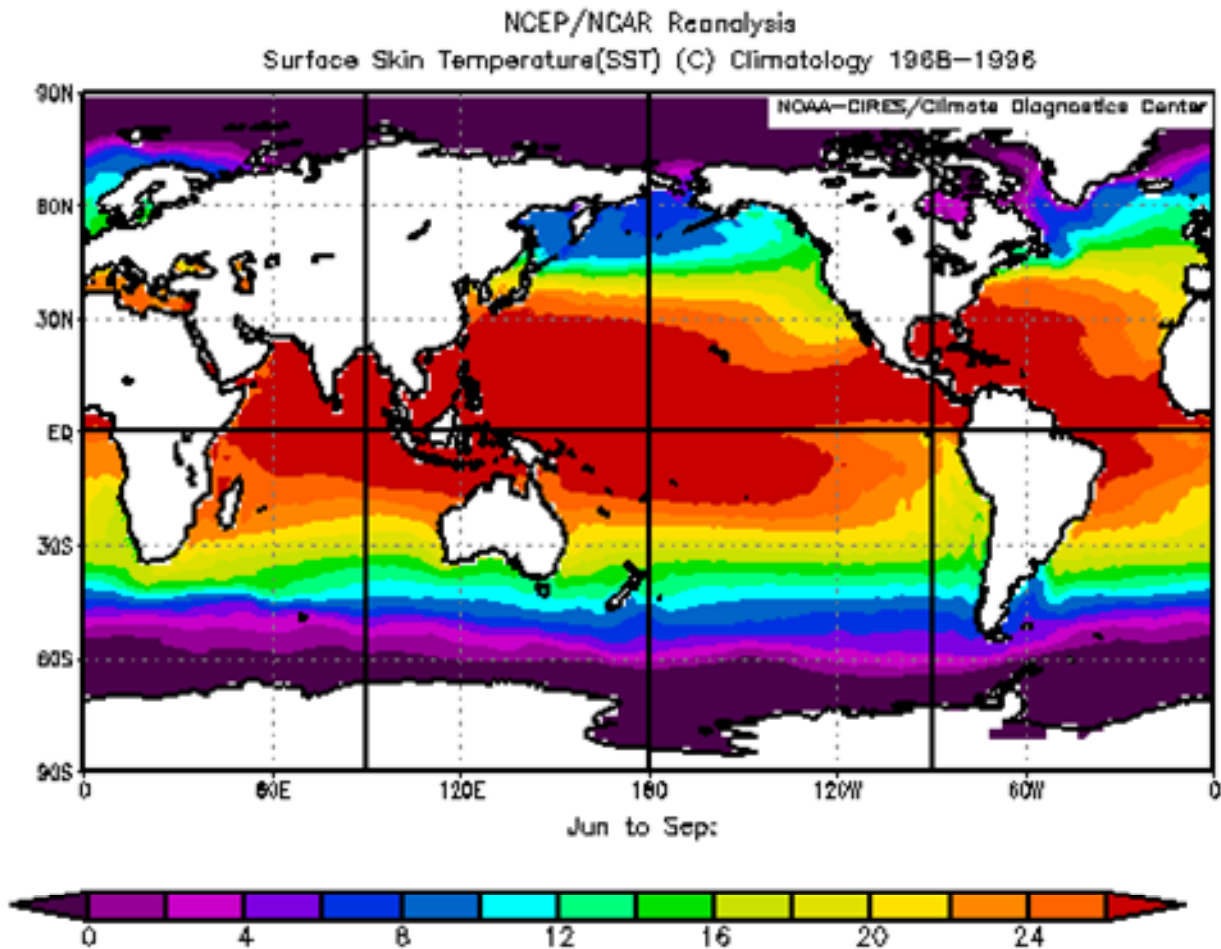
熱帶氣旋源於海洋，並依賴水汽提供能量



小知識：熱帶氣旋類似一台走動的熱能機器，能量來自濕空氣上升時水汽凝結而釋放的潛熱，產能約為**2000**萬兆瓦。

生成條件

水溫 ≥ 26 度；底層輻合；高層輻散



熱帶氣旋結構

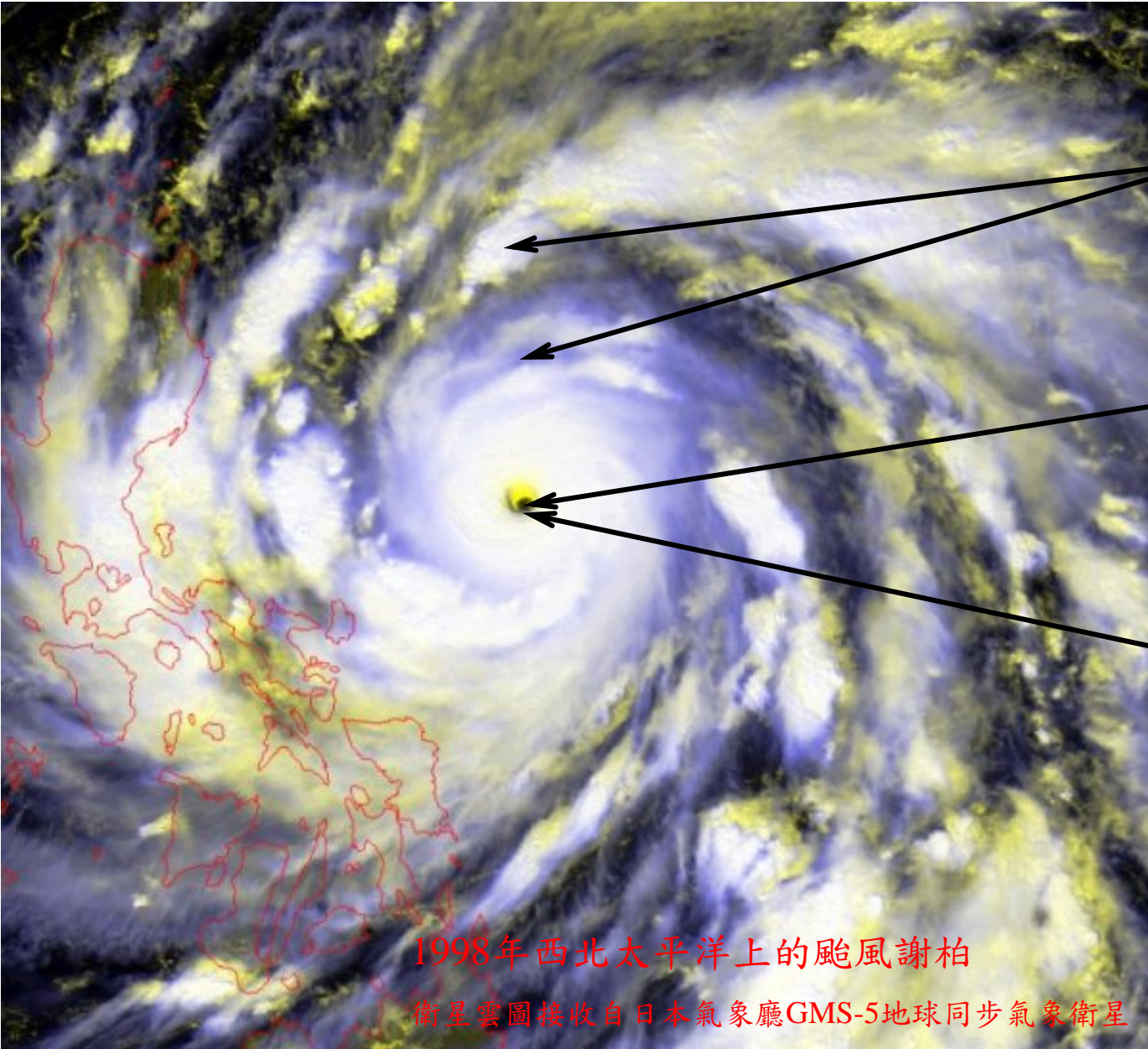
螺旋雲帶
(spiral cloud
band)

風眼(eye)

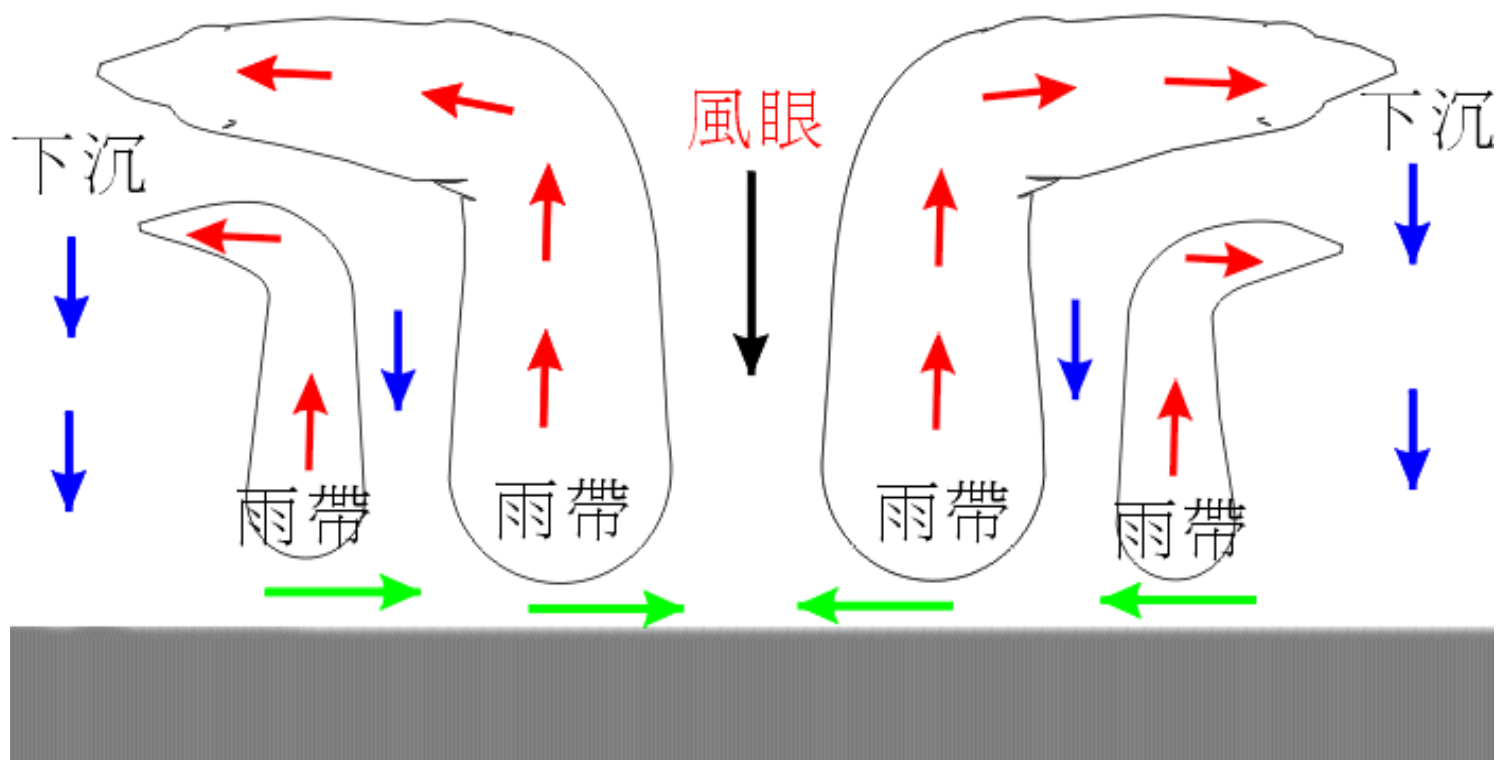
眼壁
(eye wall)

1998年西北太平洋上的颱風謝柏

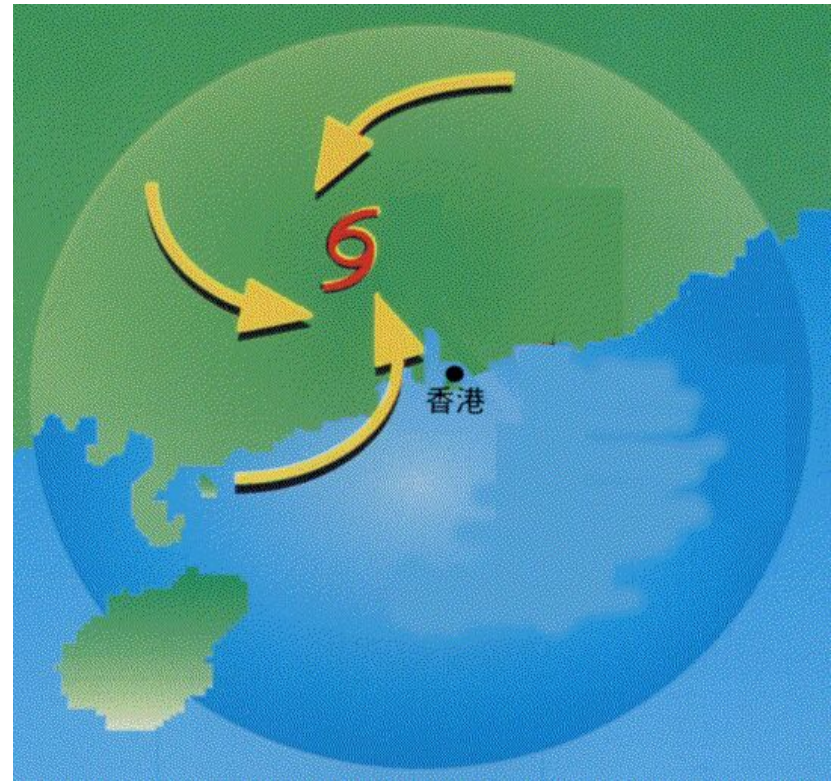
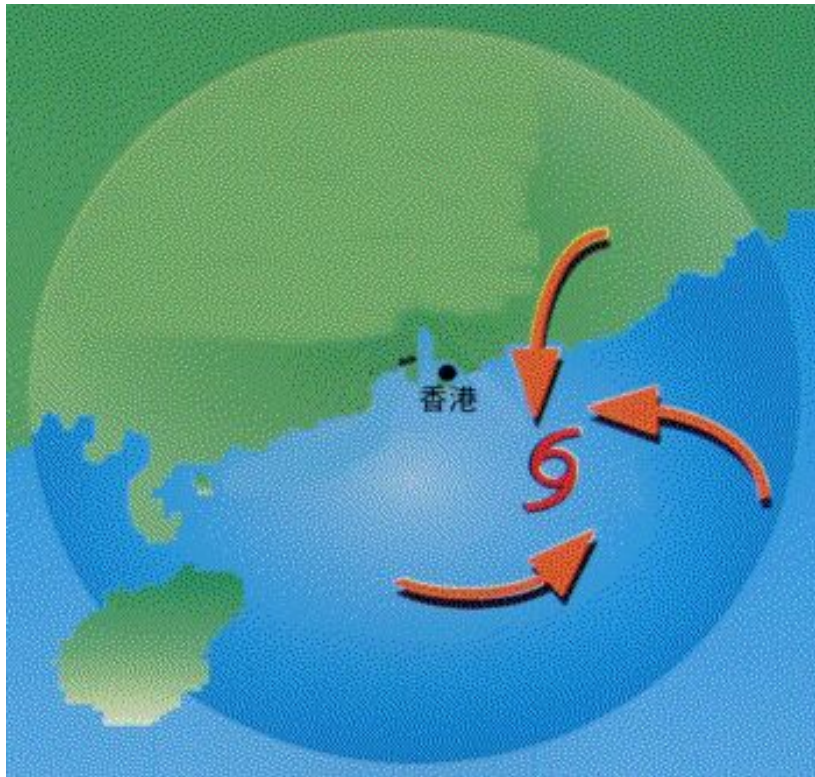
衛星雲圖接收自日本氣象廳GMS-5地球同步氣象衛星



颱風的橫切面 - 天氣截然不同



本港風向與熱帶氣旋位置的關係

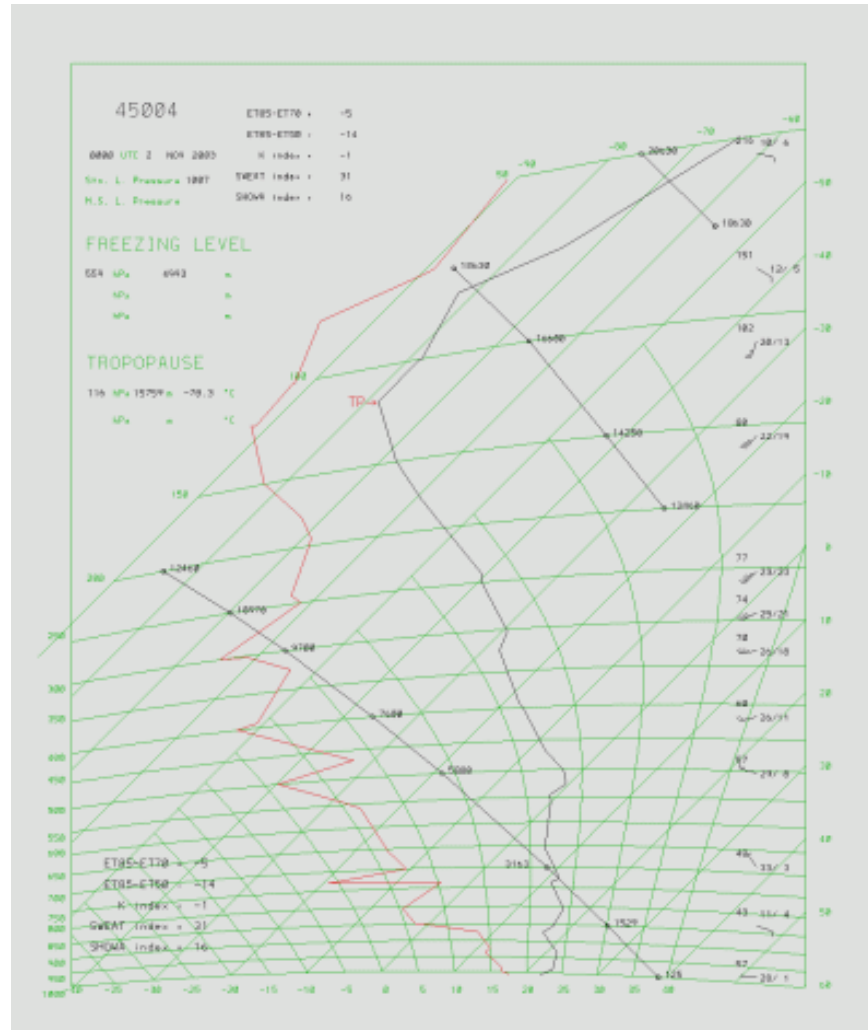


2003年11月2日的煙霞

Causeway Bay Sun Nov 2 17:22:26 2003



延伸學習材料：2003年11月2日上午8時的 的溫熵圖（Tephigram）

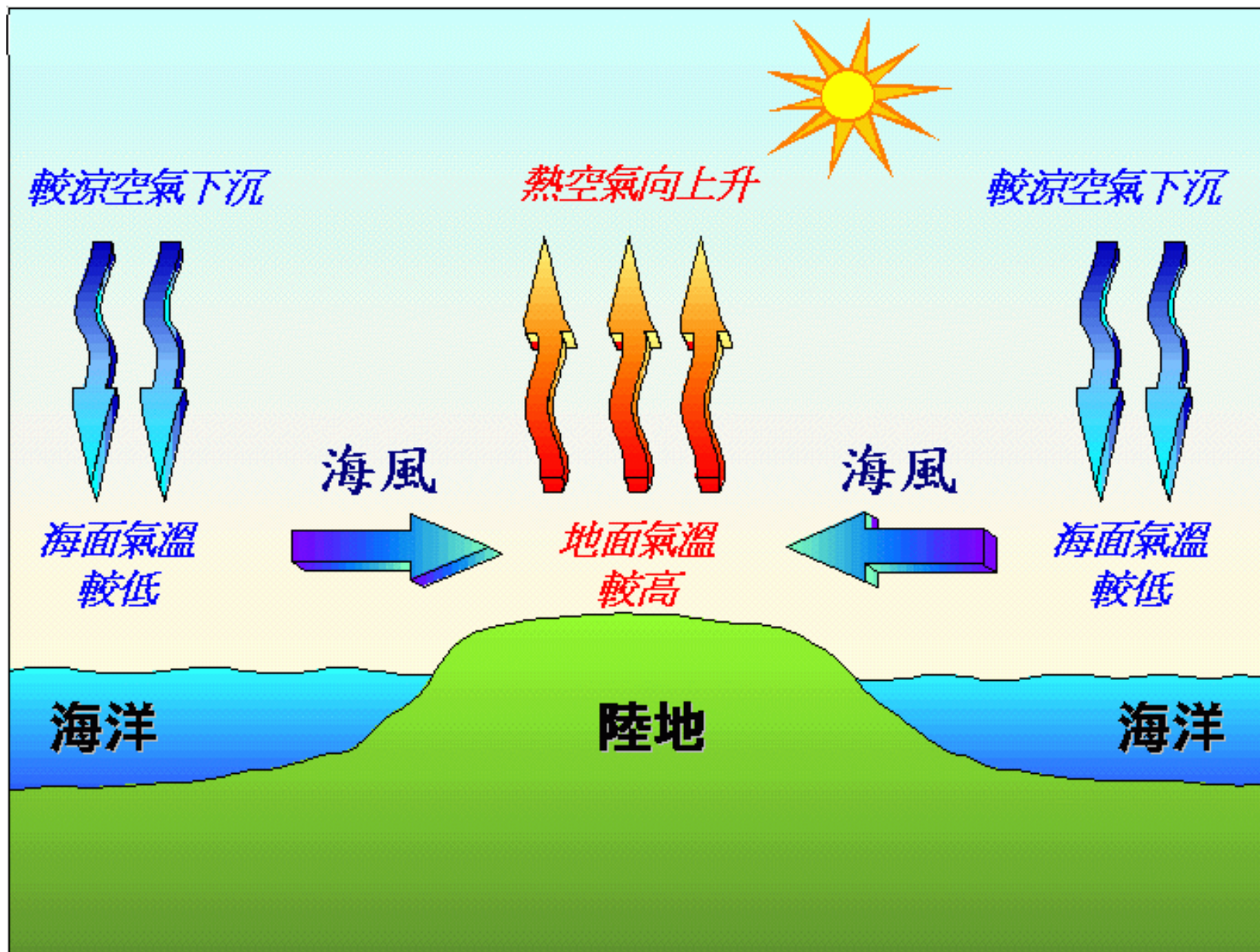


海陸風效應亦可以造成擴散能力低， 例子：2001年9月15日香港有煙霞

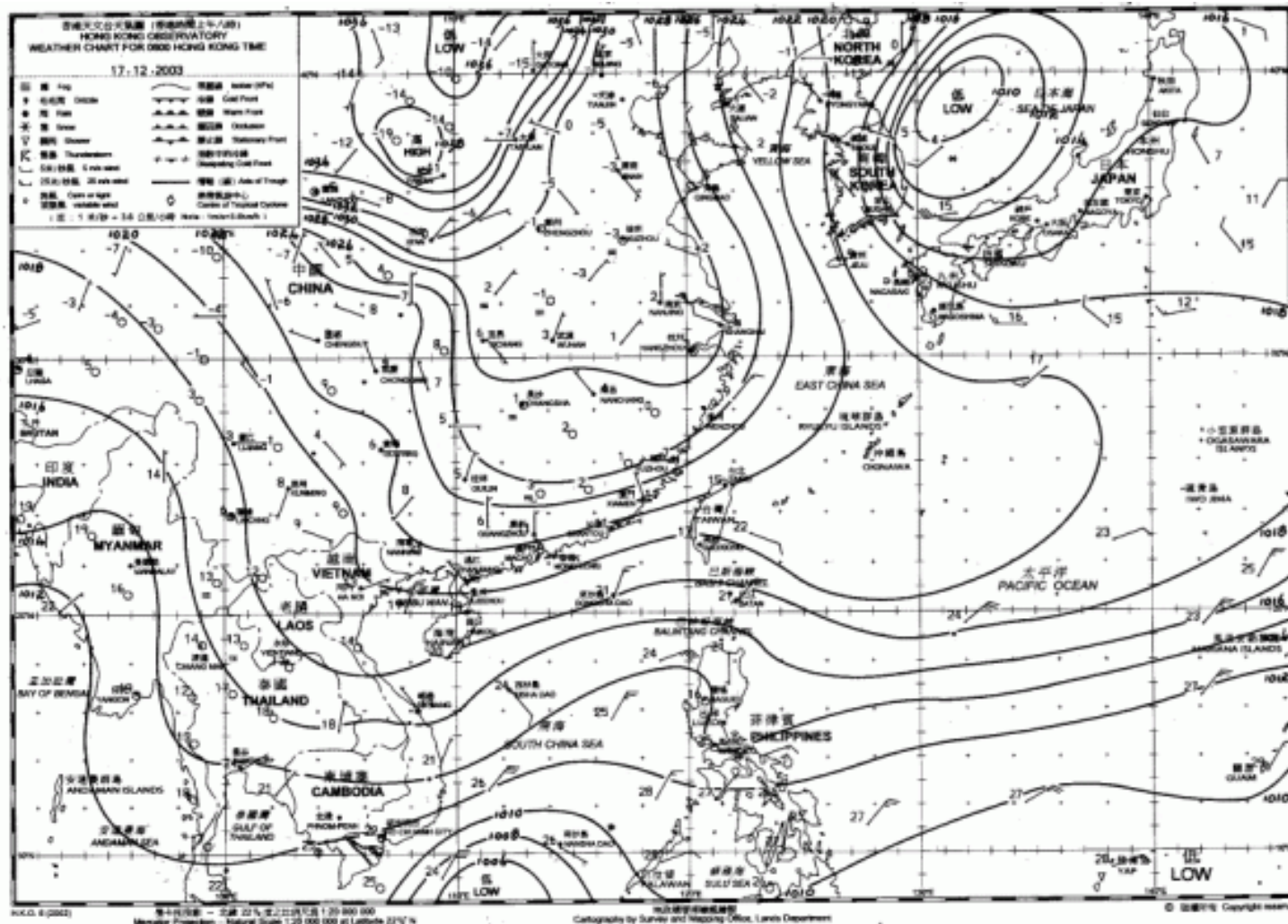
- 早上多處能見度低於5000米，赤鱘角在正午時更降至2000米以下。
- 在中國北部的反氣旋及東海的熱帶氣旋百合聯合影響下，本港普遍吹偏北微風，加上海風效應，令空氣在境內匯聚。



海風的形成



東北季候風也可以把內陸的懸浮粒子輸送到香港 (2003年12月17日)



21
178
4800
07

亦鱸角有煙霞，能見度為 4800 米

探討天氣系統與空氣質素的關係

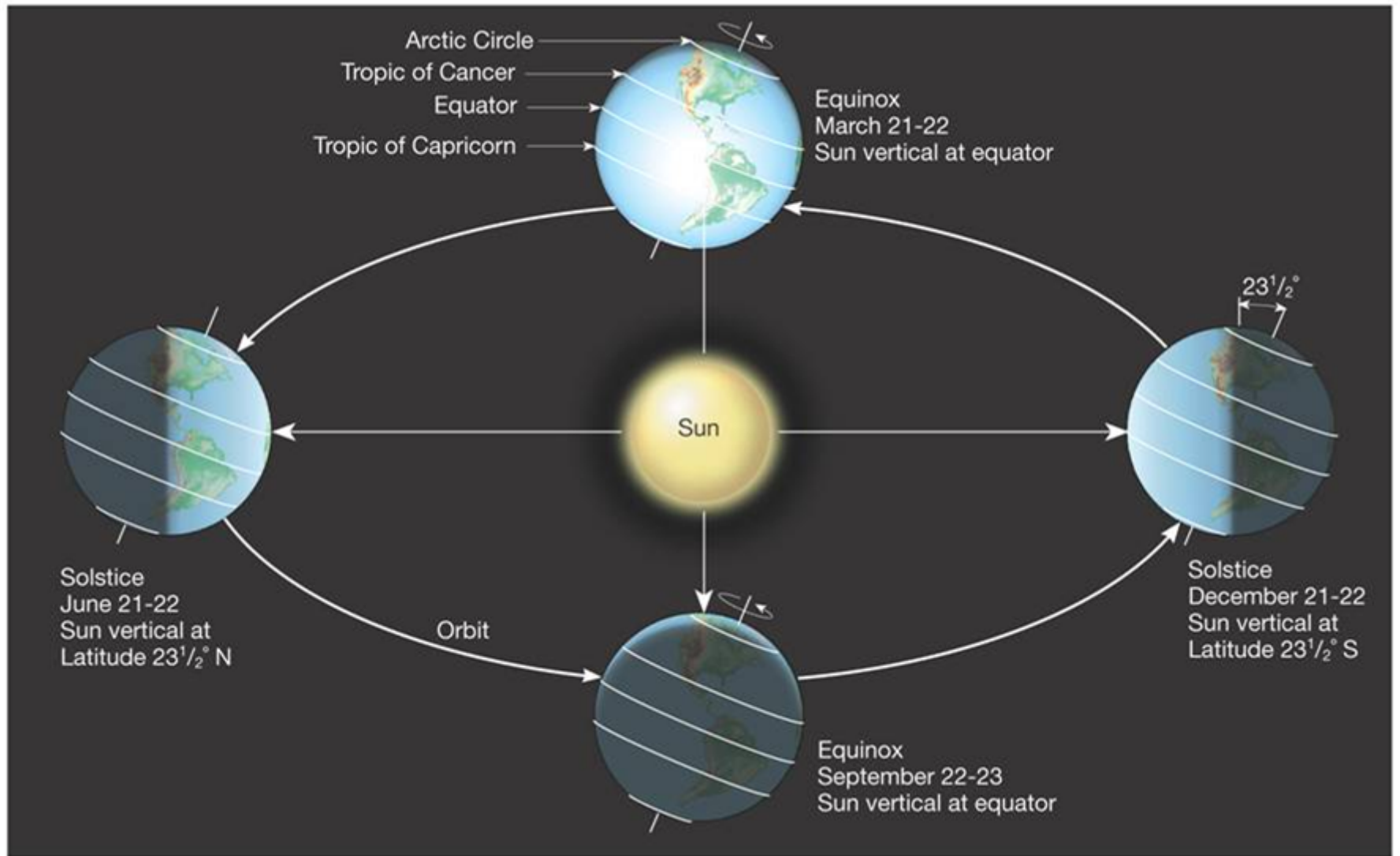
- 常見導致香港懸浮粒子濃度偏高的天氣系統
 - 熱帶氣旋相關的外圍下沉空氣和近地面乾燥北風
 - 海陸風效應造成的偏低擴散能力
 - 東北季候風的輸送作用

甚麼天氣系統或現象能減少境內懸浮粒子？

氣候系統：太陽提供能量，地球孕育氣象

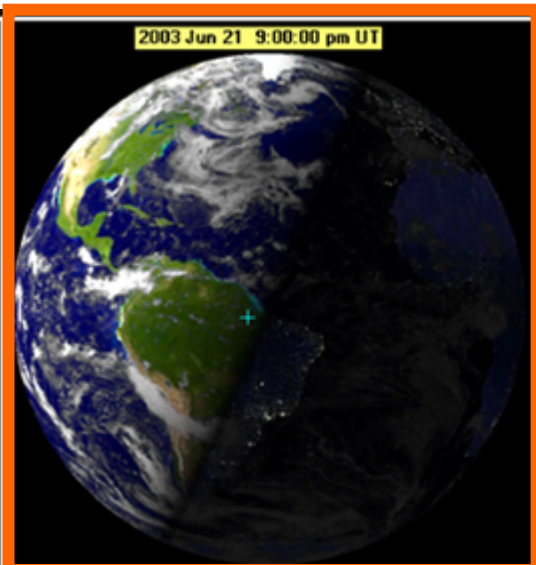
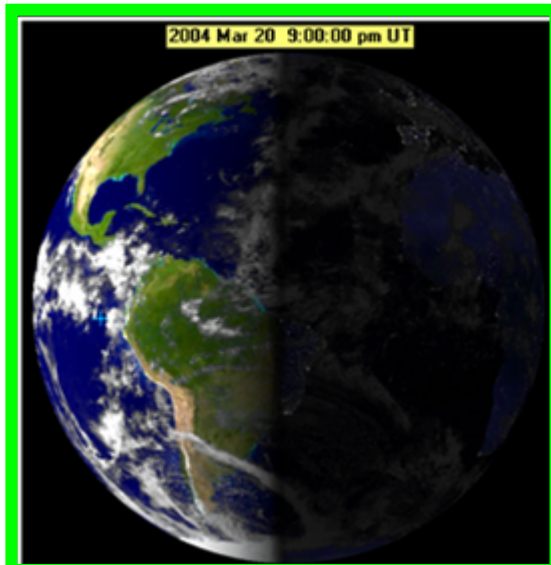


四季的由來



春分
(Vernal
Equinox)

日夜時間相
同

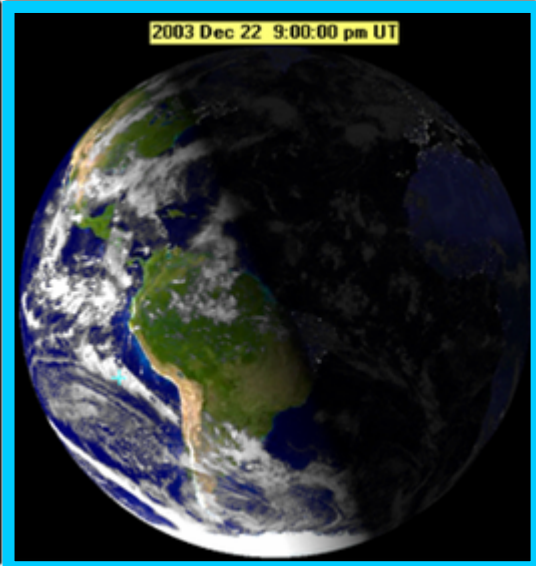
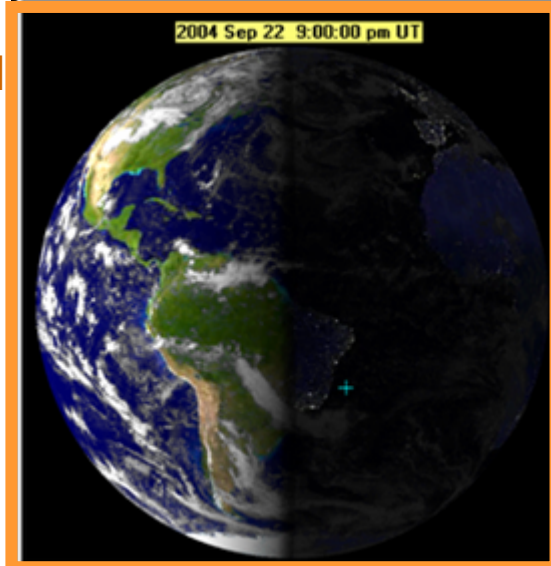


夏至 (Summer
Solstice)

日長夜短，歐亞
大陸長時間受陽
光照射，空氣升
溫

秋分
(Autumnal
Equinox)

日夜時間相同

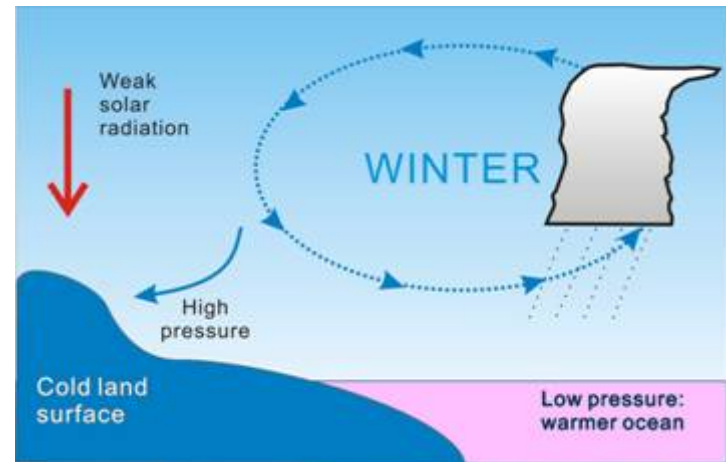
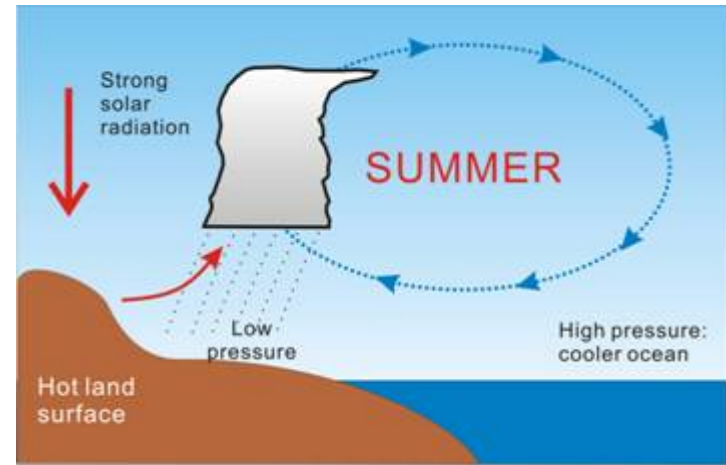


冬至 (Winter
Solstice)

日短夜長，歐亞
大陸受陽光照射
的時間短，冷空
氣屯積

陸地與海洋的熱容量 (heat capacity)不同

- 歐亞大陸在夏季升溫快，在冬季則降溫快
- 海洋的反應較慢
- 在夏季大範圍的氣流從海洋吹向歐亞大陸形成夏季季風；冬季則相反
- 在北半球，氣候學家常以12月至2月定義為冬季，6月至8月為夏季



冬季平均氣壓分布和風場

(圖片取自 Bob Crowder, 1995)

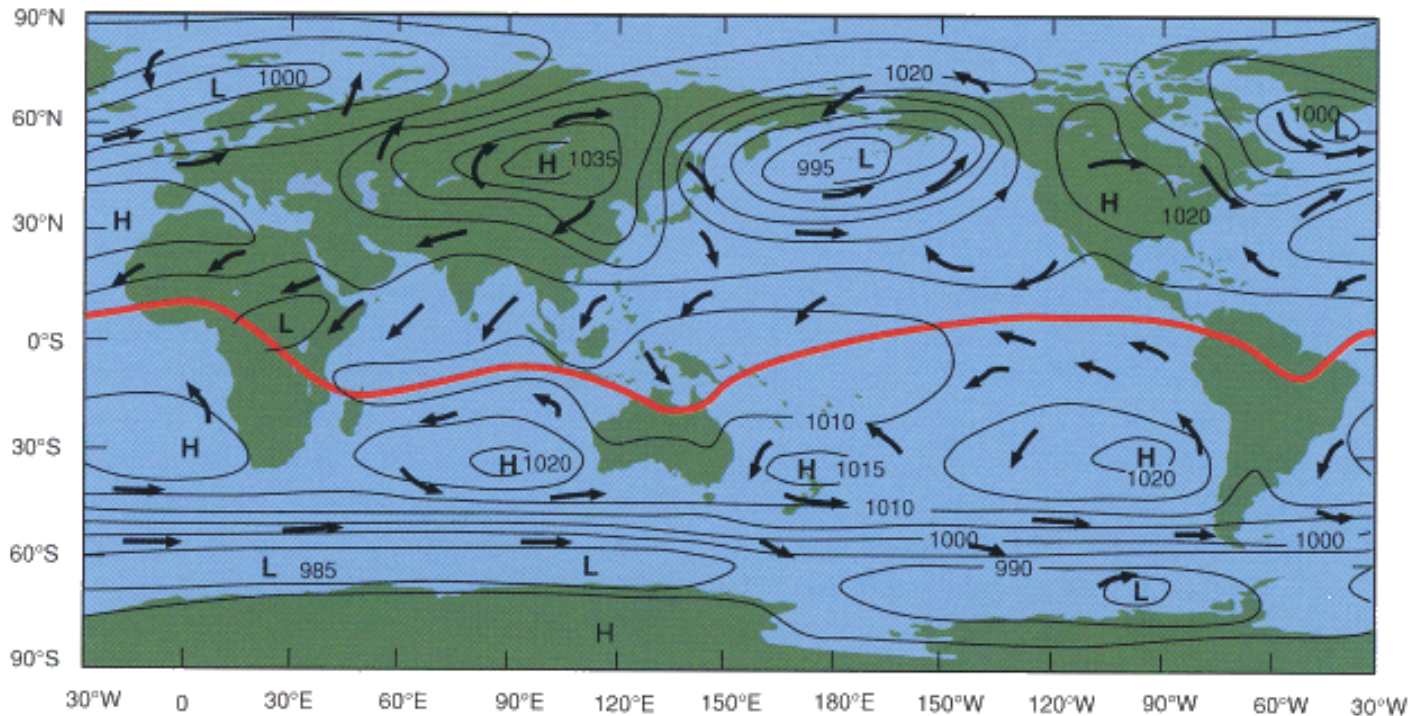


Figure 4.5

Average January sea level pressure distribution and surface wind flow patterns. (Red line represents the position of the ITCZ.)

註：講述氣候學的概念時，常以一月的平均值粗略地代表冬季情況。

夏季平均氣壓分布和風場

(圖片取自 Bob Crowder, 1995)

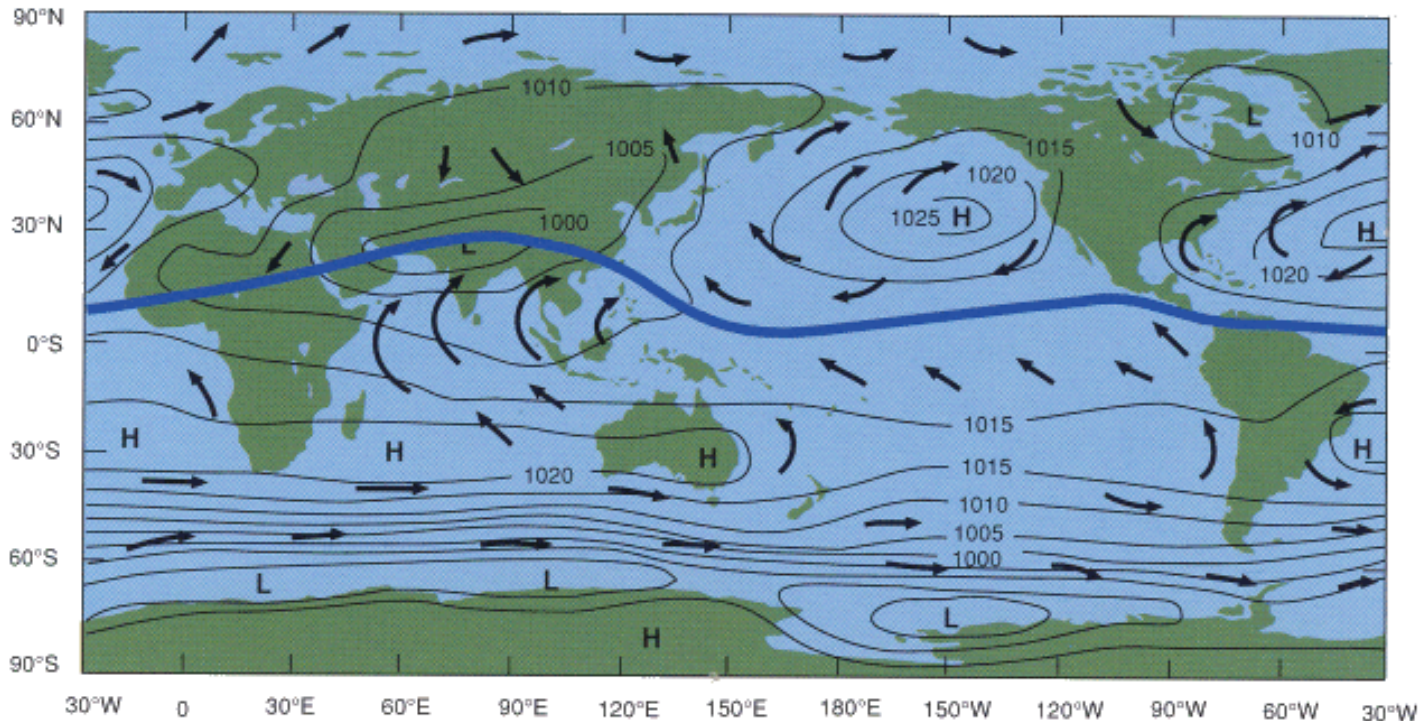


Figure 4.6
Average July sea level pressure distribution and surface wind flow patterns. (Blue line represents the position of the ITCZ.)

註：講述氣候學的概念時，常以七月的平均值粗略地代表夏季情況。

香港的氣候

- 十一、十二月：風和日麗，氣溫適中。
- 一月、二月：冷鋒帶來寒冷而乾燥的北風；市區氣溫有時在 10°C 以下。
- 三、四月：間中極潮濕，霧和毛毛雨使能見度降低。偶有雷暴。
- 五至八月：炎熱濕翳，間中有驟雨和雷暴，下午氣溫常超過 31°C 。
- 七至九月：最可能受颱風影響。（五至十一月是颱風季節）

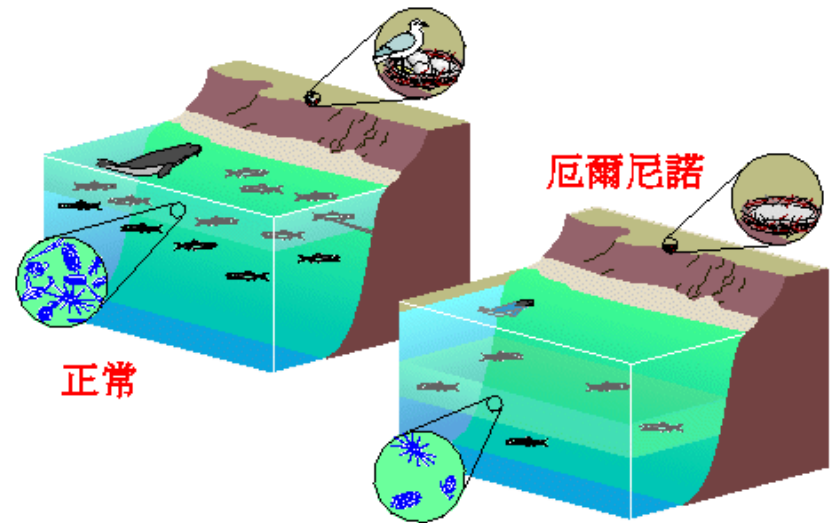
香港的氣候

- 各區每年平均雨量差別頗大，橫瀾島約為1300毫米，而大帽山附近則超過3000毫米
- 大約80%的雨量是在五月至九月錄得。
- 八月雨量最多，平均雨量為391.4毫米。一月最少雨，平均雨量僅有23.4毫米。

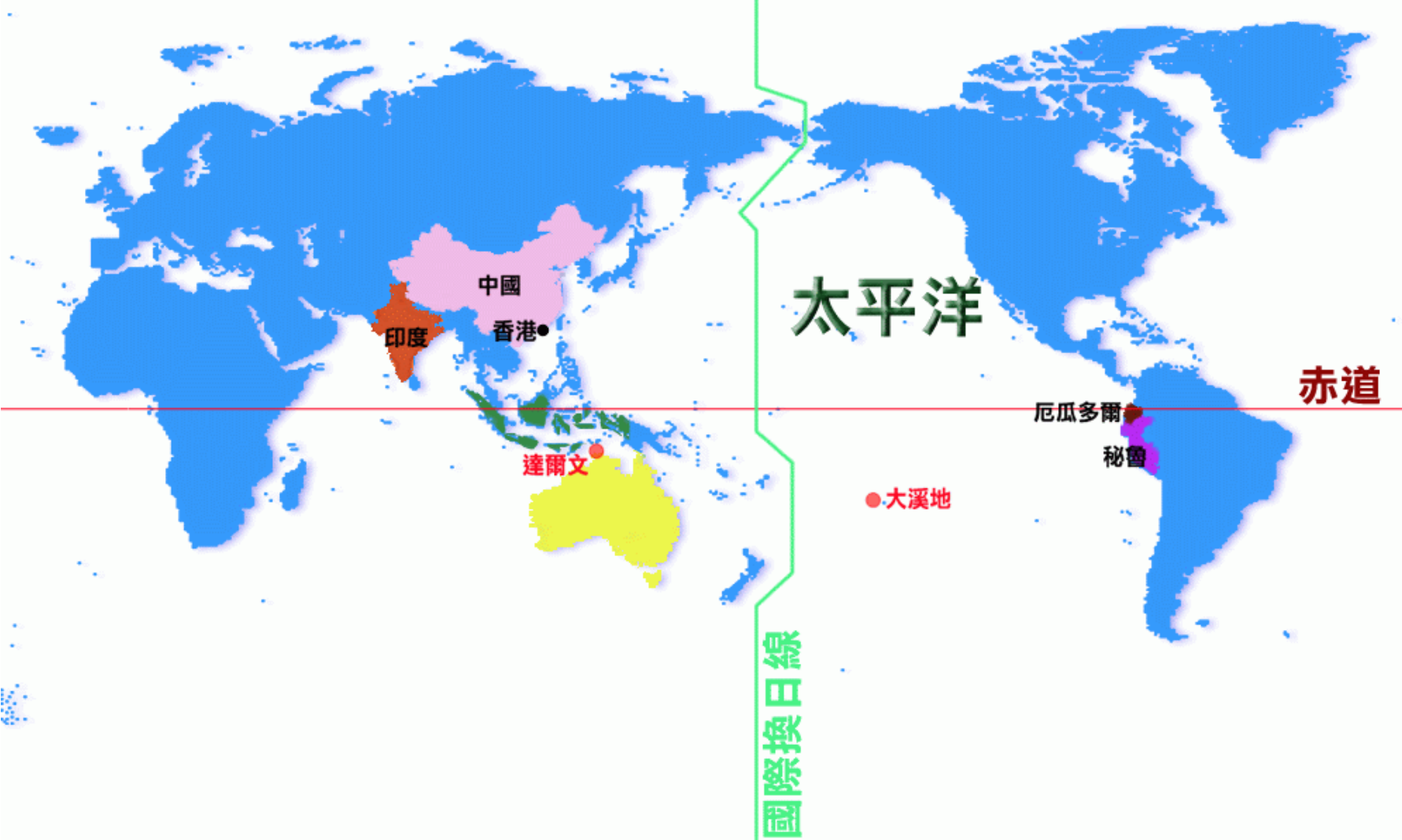
甚麼季節或月份的空氣中懸浮粒子濃度較高？

公認為最顯著的短期氣候變化訊號： 厄爾尼諾－從16世紀說起

- 西班牙語「El Niño」的譯音
- 意思是「聖嬰」或小男孩
- 秘魯沿岸一帶的海水在每年的聖誕節前後變暖，漁獲亦會減少

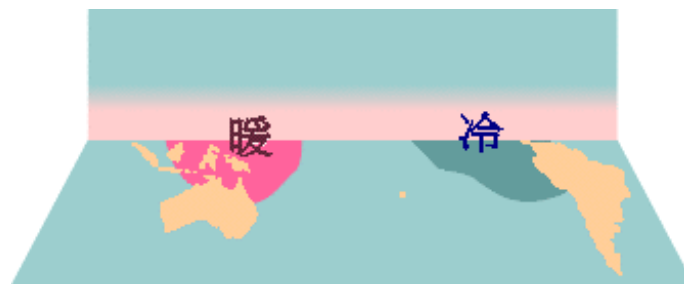


重要地標



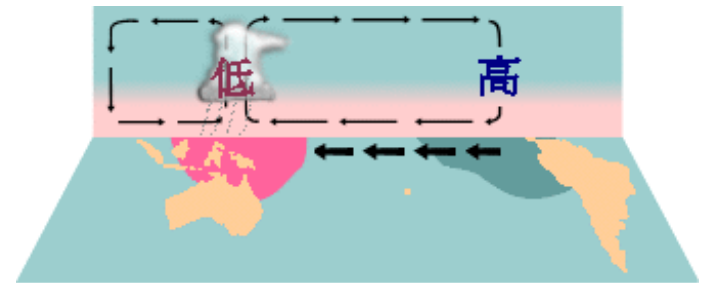
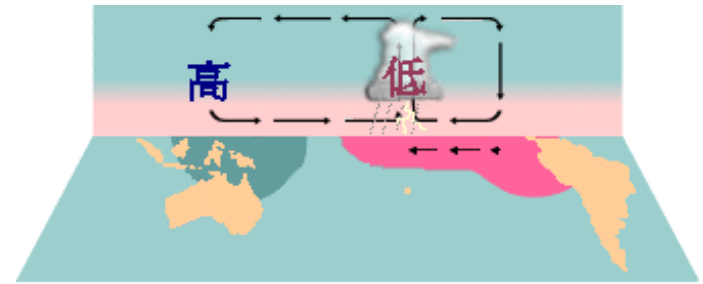
厄爾尼諾— 太平洋海表溫度的週期變化

- 每隔2至7年
- 厄爾尼諾(El Niño)：
出現於太平洋東部和
中部的持續及大幅度
海水變暖的現象
- 拉尼娜(La Niña)：
出現於太平洋東部和
中部的持續及大幅度
海水變冷的現象



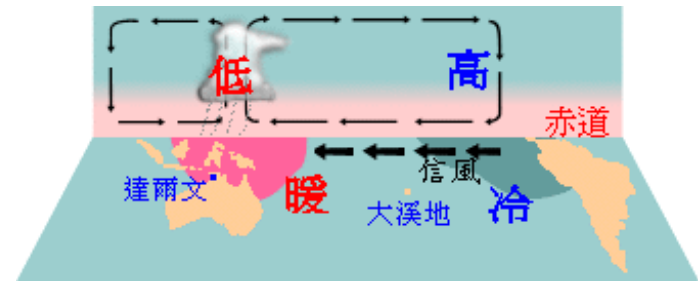
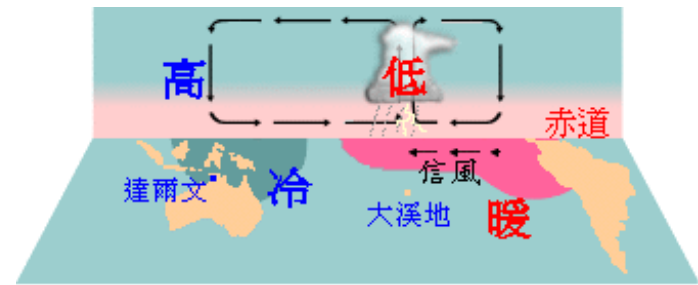
南方濤動－大氣的週期活動

- 南太平洋和印度洋的氣壓呈現搖搖板式的關係
 - － 上圖為**負相位**
 - － 下圖為**正相位**
- 每隔幾年出現負相位，印度及澳洲的雨量會偏少，甚至出現旱災



大氣與海洋的協奏曲

- 「厄爾尼諾」和「南方濤動」有密切關係
- 統稱「厄爾尼諾和南方濤動」 -- El Niño & the Southern Oscillation，簡稱 ENSO
- 是海洋與大氣的相互作用



推介文章

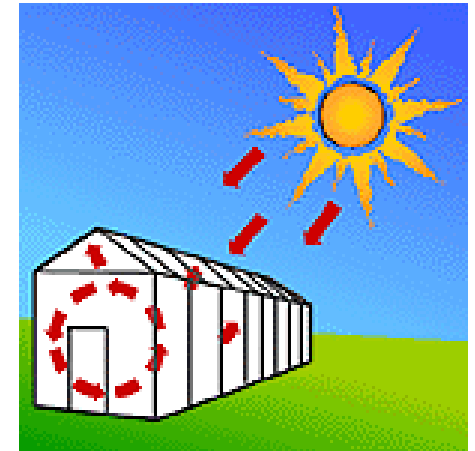
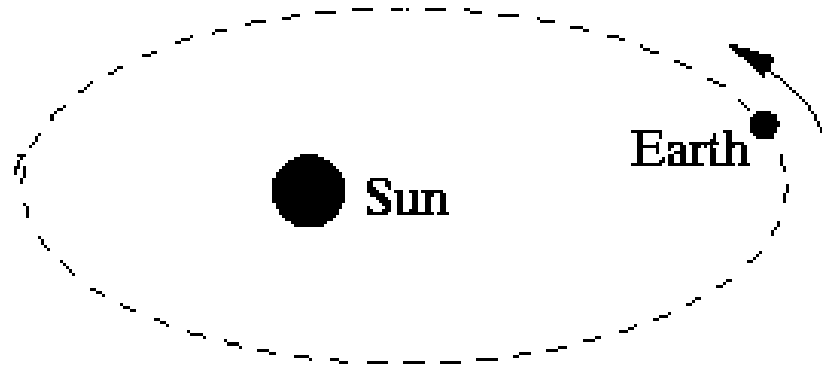
厄爾尼諾：太平洋之子，劉雅章教授，《二十一世紀雙月刊》，一九九八年四月
<http://www.weather.gov.hk/education/edu01met/wxphe/article/46-nclau.pdf>

1997至98年的厄爾尼諾

- 世界氣象組織估計相關的死傷數以千計，經濟損失可能達到960億美元
- 香港於97年內發生連場暴雨，並錄得歷來最高的年總雨量3343毫米
- 98年夏季，中國長江及松花江流域發生洪澇，官方估計3000人死亡，其他損失約為450億美元
- 97年冬季，印尼遭逢嚴重乾旱，造成森林大火，濃煙漫延到鄰近國家，經濟損失90億美元以上

短期氣候變化亦可以間接令個別地區，在一段時間內的空氣污染惡化

全球變暖 (1) --- 天然因子



全球變暖(2) --- 人類活動產生溫室氣體



生產能源、工業: 二氧化碳 (CO_2)



廢物堆填: 一氧化二氮 (N_2O)



畜牧: 甲烷 (CH_4)



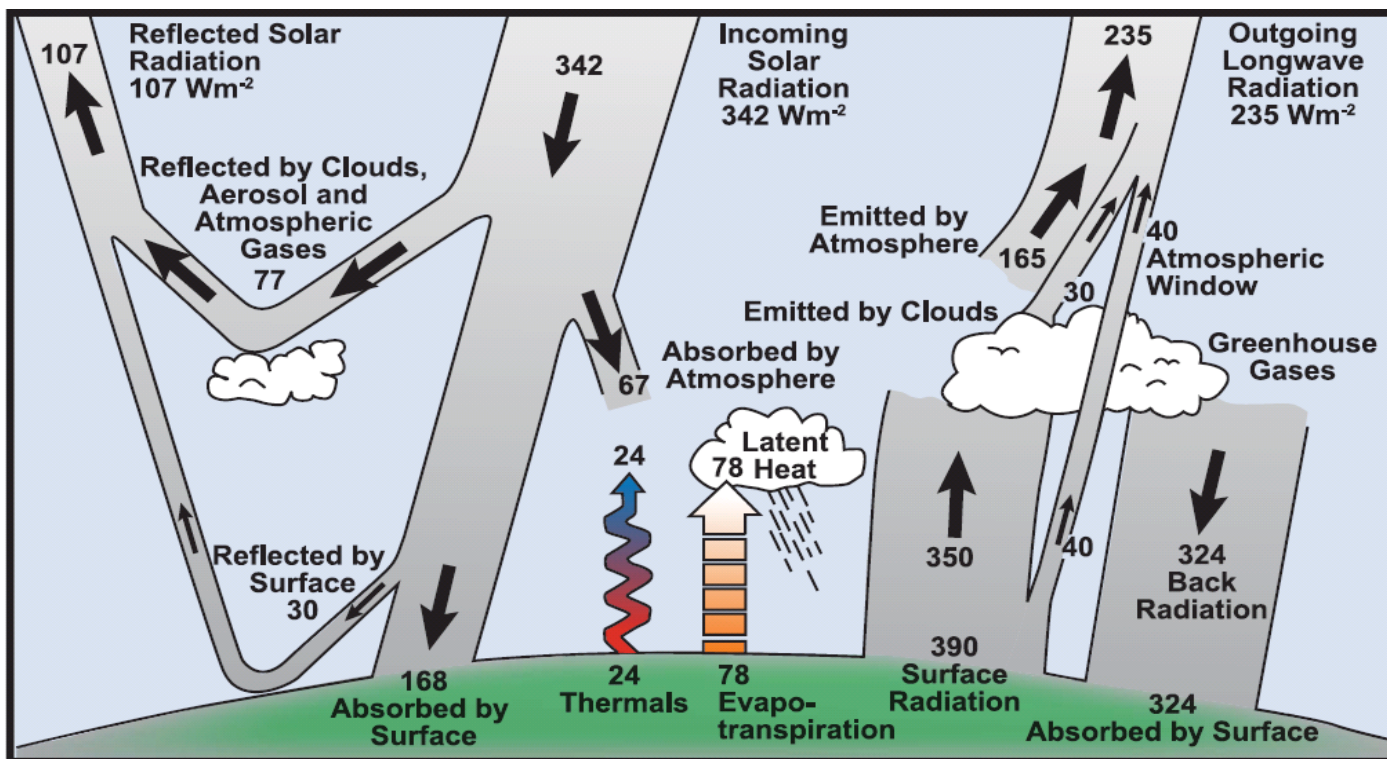
製冷、噴髮膠: 氯氟碳化合物 (CFCs)



汽車廢氣: 臭氧 (O_3)

天然的溫室效應 (Greenhouse effect)

使地球表面的平均溫度維持在 15°C 左右



二氧化碳 (CO_2)
甲烷 (CH_4)
一氧化二氮 (N_2O)
氯氟碳化合物
(CFCs)
臭氧 (O_3)
水汽 (H_2O)等

假若沒有溫室
氣體，地球表
面平均溫度只
有 -18°C

政府間氣候變化專業委員會 (簡稱IPCC) 第四次評估

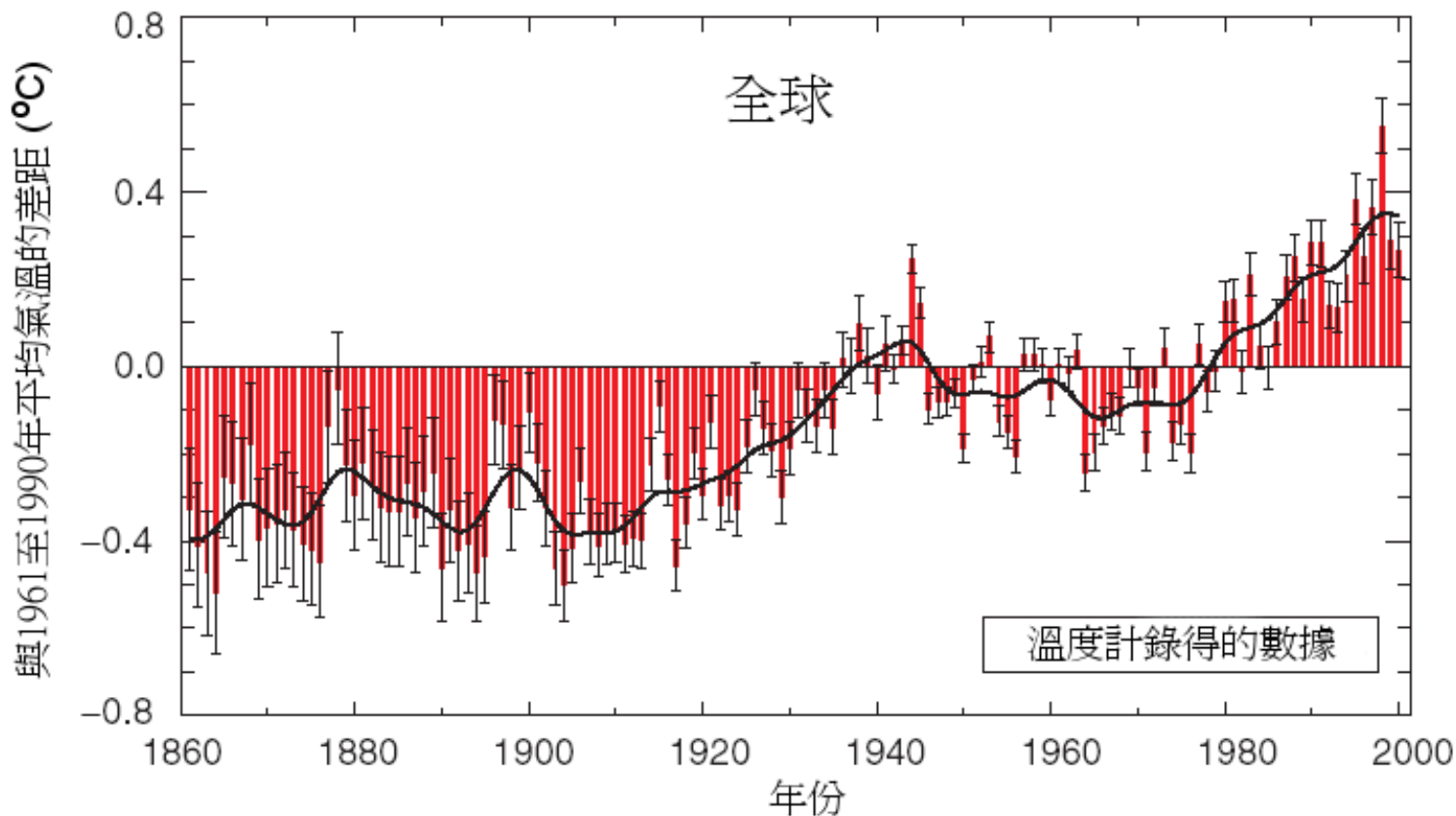
- <http://www.ipcc.ch/SPM13apr07.pdf>
- IPCC第一工作組於2007年2月2日在巴黎發表了第四次評估報告「2007氣候變化的物理基礎」的決策者摘要
- 這次評估大致上與上一個評估報告(2001年)相符，而不確定度有所減低
- 是次講座仍然採用2001年評估報告為基礎

香港人最關心的兩個氣候元素氣溫及海平面高度的評估

	2001年第三次評估報告	2007年第四次評估報告的決策者摘要
全球氣溫的變化	20世紀上升0.6度	1906-2005年上升0.74度
21世紀全球氣溫上升的評估	上升的可能範圍為1.4-5.8度	上升的可能範圍為1.1-6.4度，最可能範圍為1.8-4.0度
全球海平面高度過去的變化	20世紀平均上升速度為每年1-2毫米	1961-2003年間上升速度為每年1.8毫米，1993-2003年間上升速度為每年3.1毫米，近期較快的上升未確定是長期趨勢還是自然變化
21世紀全球海平面上升的評估	上升的範圍為0.09-0.88米	上升的範圍為0.18-0.59米

政府間氣候變化專業委員會（簡稱IPCC）第四次評估，詳見 <http://www.ipcc.ch/>。

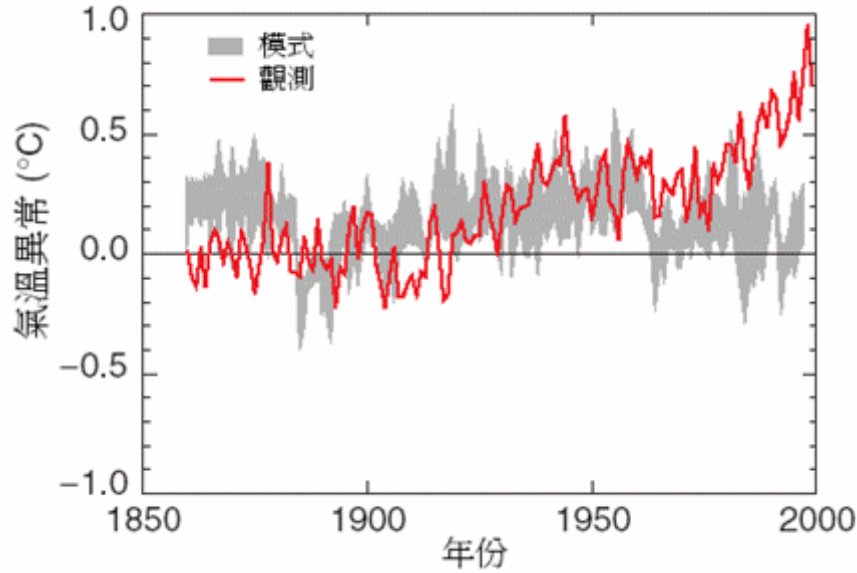
全球變暖 (Global Warming)



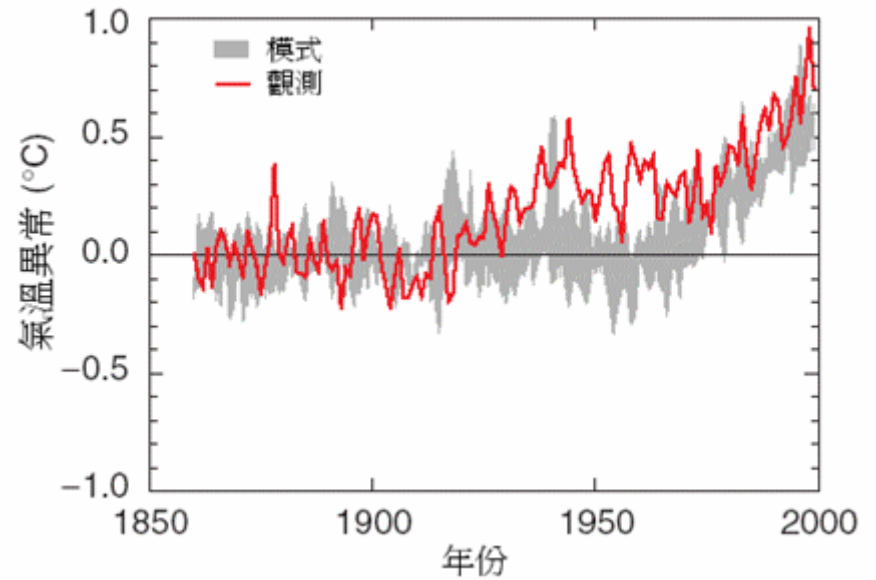
- 1860至2000年間，全球平均氣溫上升幅度為 0.6°C
- IPCC最新公布：1906至2005年間，全球平均氣溫上升幅度為 0.74°C ，過去157年記錄顯示，最暖的12年中，有11年出現在1995至2006年間

全球變暖主要成因

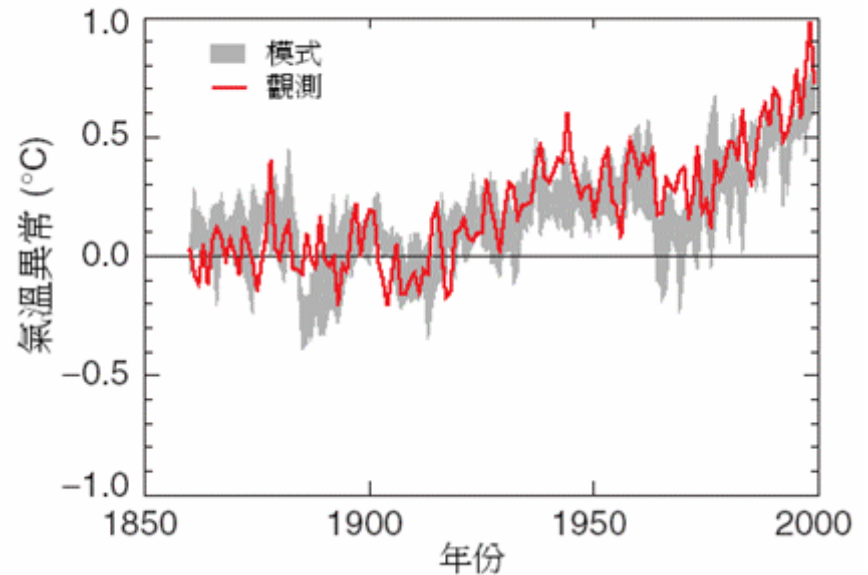
天然



人爲

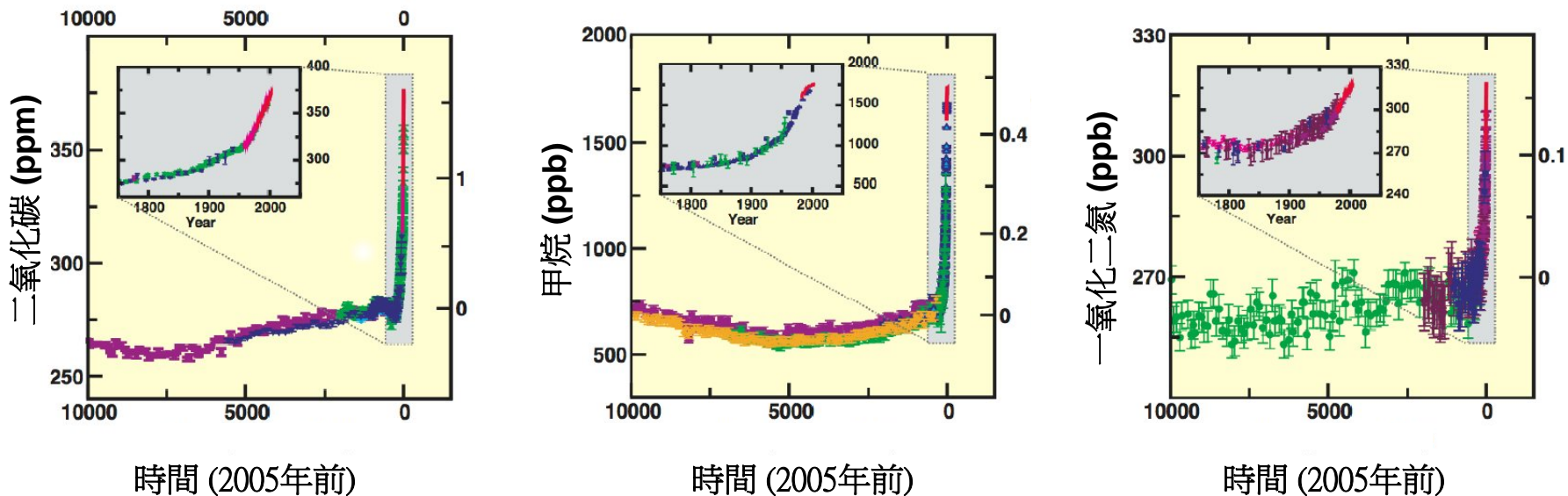


天然+人爲



(源自: 政府間氣候變化專門委員會 IPCC)

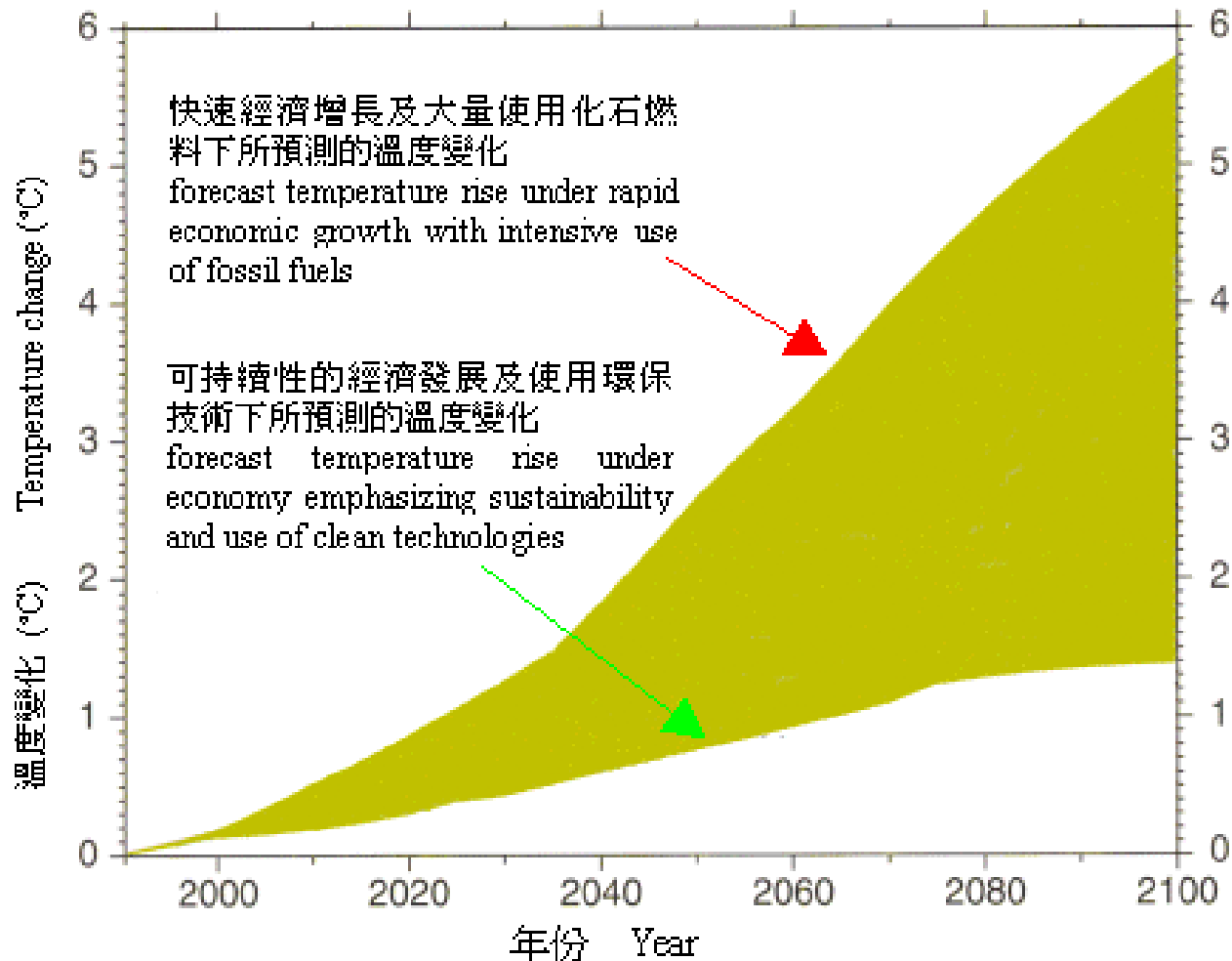
溫室氣體上升趨勢



(源自: 政府間氣候變化專門委員會 IPCC)

- 明顯增長，出現在工業時代
- 石化燃料燃燒，其餘的是土地用途改變，例如伐木
- CO₂增長，主因為石化燃料燃燒、伐木等活動
- CH₄增長，主因包括農業生產、堆填等，過去20年增長已減慢
- N₂O增長，主因包括石化燃料和肥料的消耗

全球暖化的預測



- 至2100年，全球平均氣溫上升幅度會介乎1.4至5.8度間

全球氣候變化 (Global climate change)

極端天氣 (Extreme weather events)

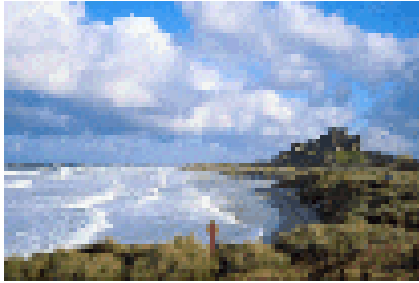
- 最高溫度升高，多些較熱日子
- 最低溫度升高，少些較冷及結霜日子
- 日際溫差減少
- 較多大雨天氣事件
- 熱帶氣旋最高風力增加，相關連的平均及最高降雨亦增加



冰雪 (Snow and ice)

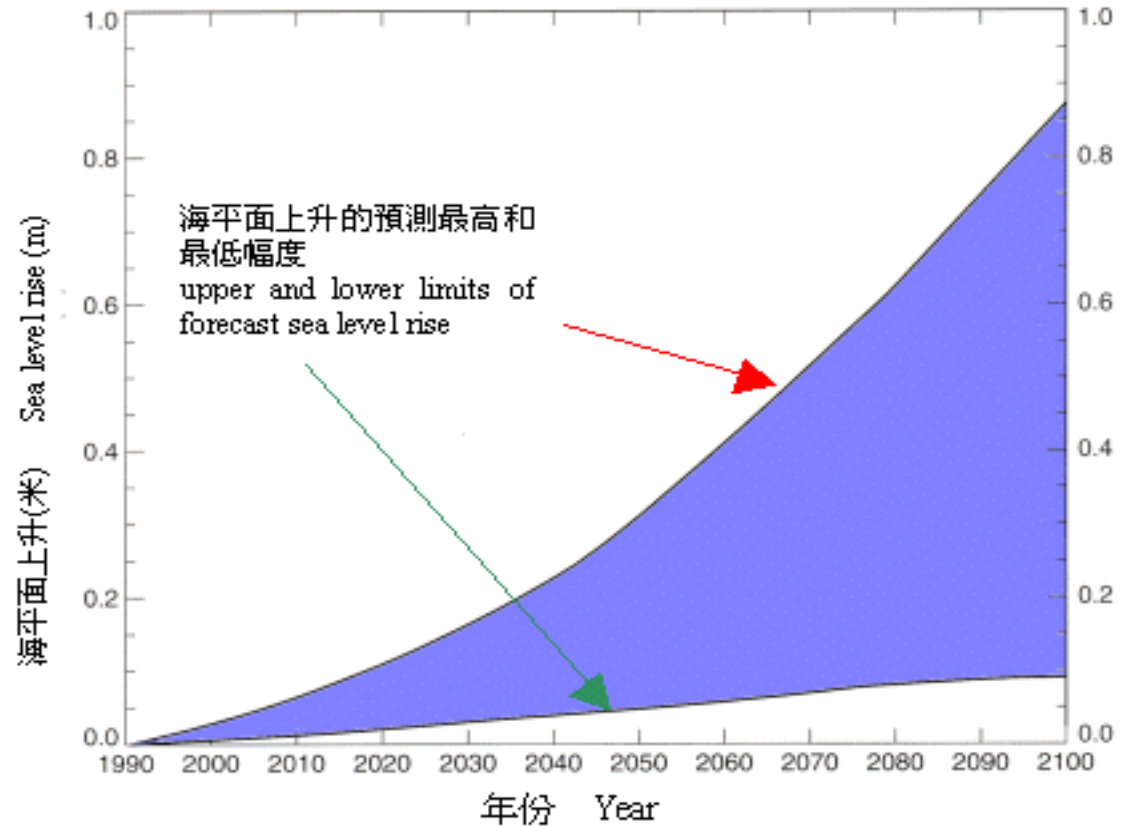
- 北半球雪蓋及海冰範圍縮減





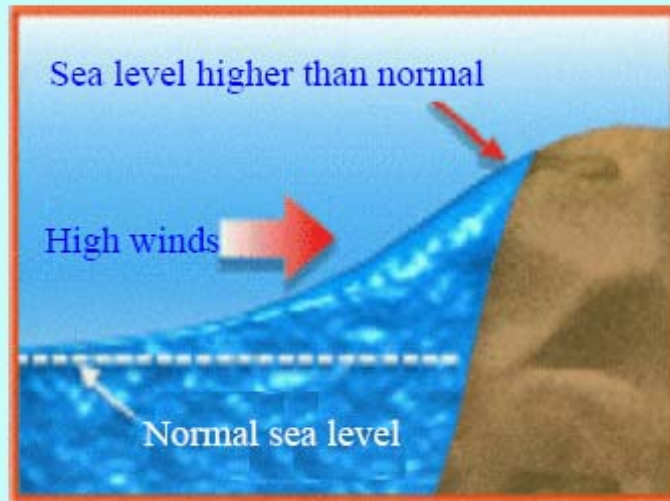
海平面 (Sea-level)

- 海水多熱膨脹令水平面上升
- 冰川和格陵蘭及南極洲上的冰塊溶解使海洋水份增加
- 至2100年，海平面上升幅度預測為0.09至0.88米之間

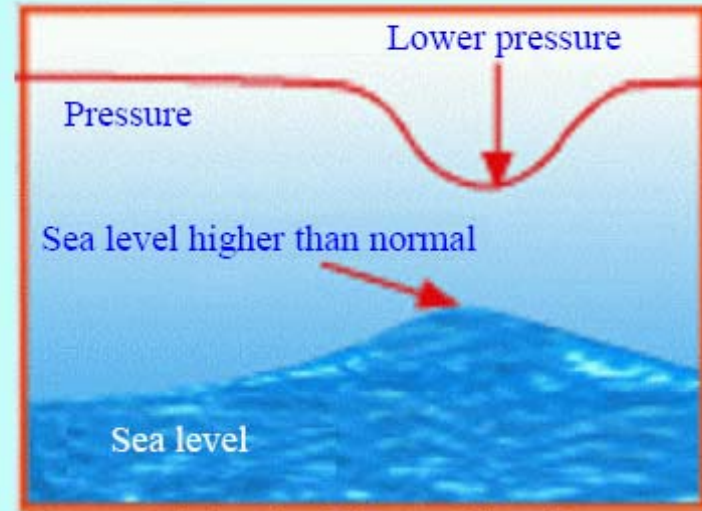


海平面上升幅度的預測

風暴潮的潛在威脅增加



Sea level affected by high winds



Sea level affected by low pressure near a tropical cyclone

- 風暴潮是由強風和氣壓驟變（例如颱風），造成水位異常上升。

對人類生活的潛在影響

經濟



海洋生態



健康



農業



水循環



經濟的影響 --- 全球超過一半人口居住在沿海100公里的範圍以內，其中大部份住在海港附近的城市。海平面顯著上升對沿岸低窪地區及海島會造成嚴重的經濟損害，例如加速沿岸沙灘被海水的沖蝕、地下水被上升的海水推向更遠的內陸地方。

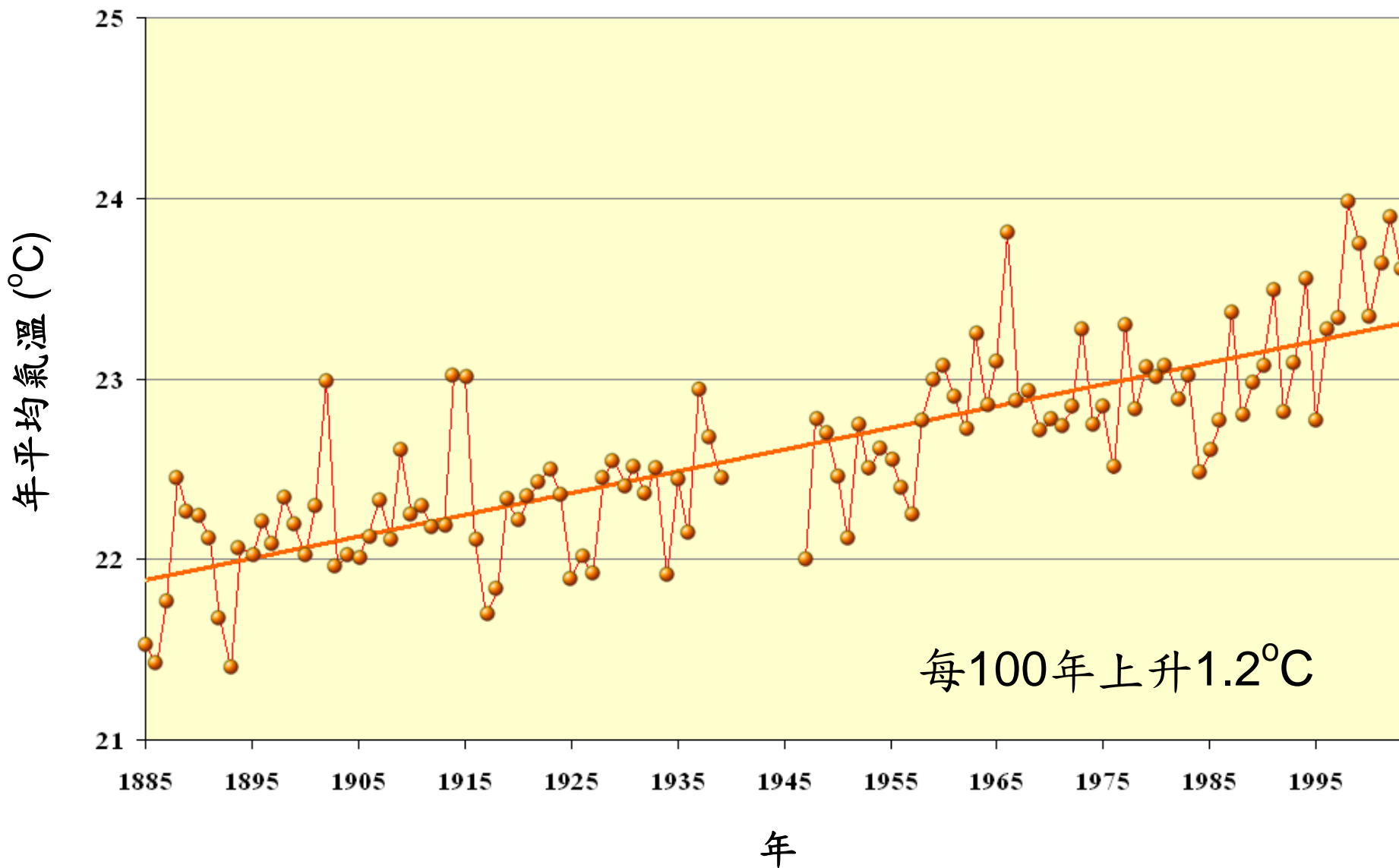
農業的影響 --- 實驗證明在CO₂高濃度的環境下，植物會生長得更快速和高大。但是，「全球變暖」的結果可會影響大氣環流，繼而改變全球的雨量分佈與及各大洲表面土壤的含水量。由於未能清楚了解「全球變暖」對各地區性氣候的影響，以致對植物生態所產生的轉變亦未能確定。

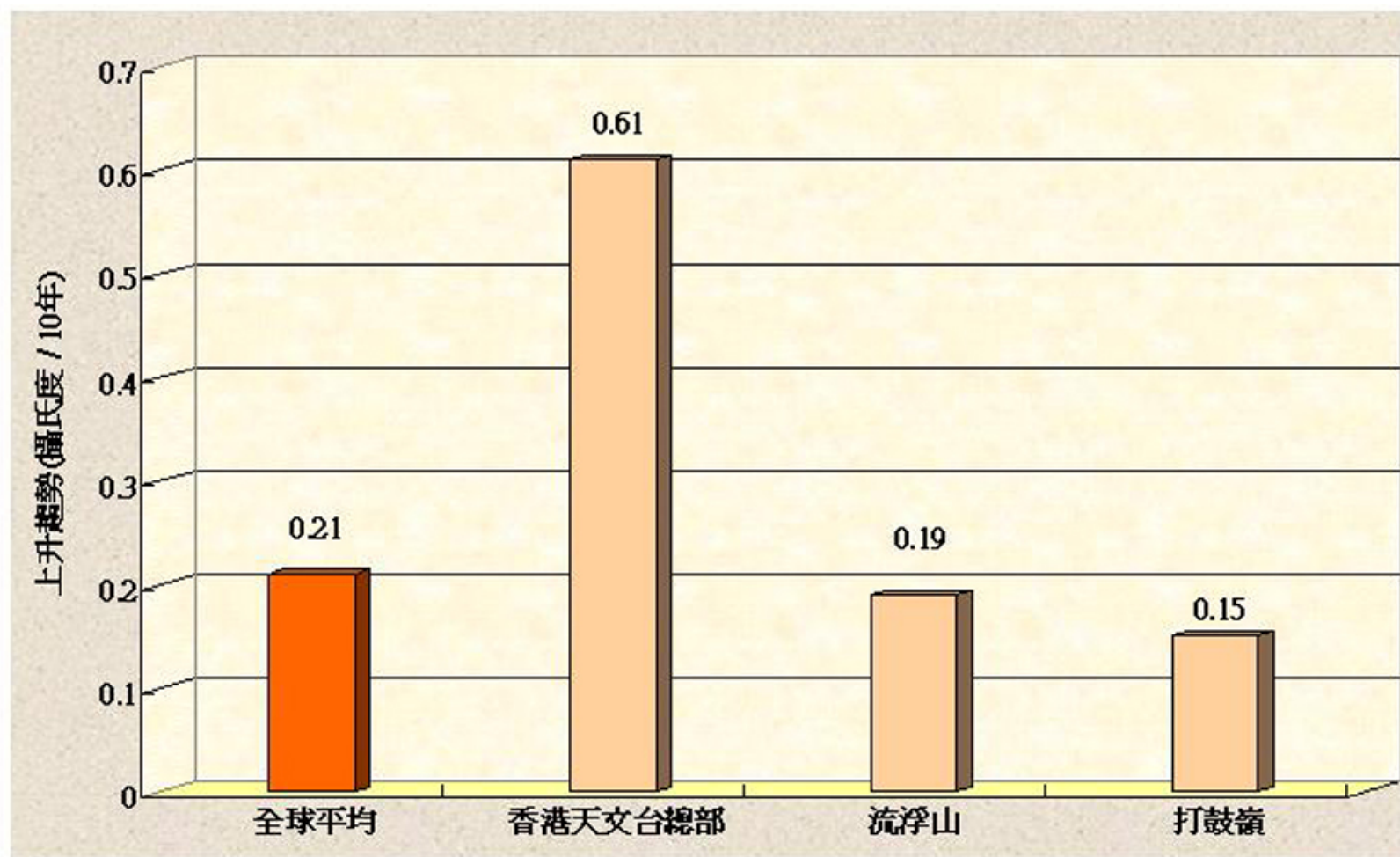
海洋生態的影響 --- 沿岸沼澤地區消失肯定會令魚類，尤其是貝殼類的數量減少。河口水質變鹹可會減少淡水魚的品種數目，相反該地區海洋魚類的品種也可能相對增多。至於整體海洋生態所受的影響仍未能清楚知道。

水循環的影響 --- 全球降雨量可能會增加。但是，地區性降雨量的改變則仍未知道。某些地區可有更多雨量，但有些地區的雨量可能會減少。此外，溫度的提高會增加水份的蒸發，這對地面上水源的運用帶來壓力。

健康的影響 --- 較多的熱力死之個案、更多人活在有可能傳播瘧疾的地帶、嚴重天氣變化如熱浪、洪水、風暴和乾旱等可引致死亡、受傷和饑荒

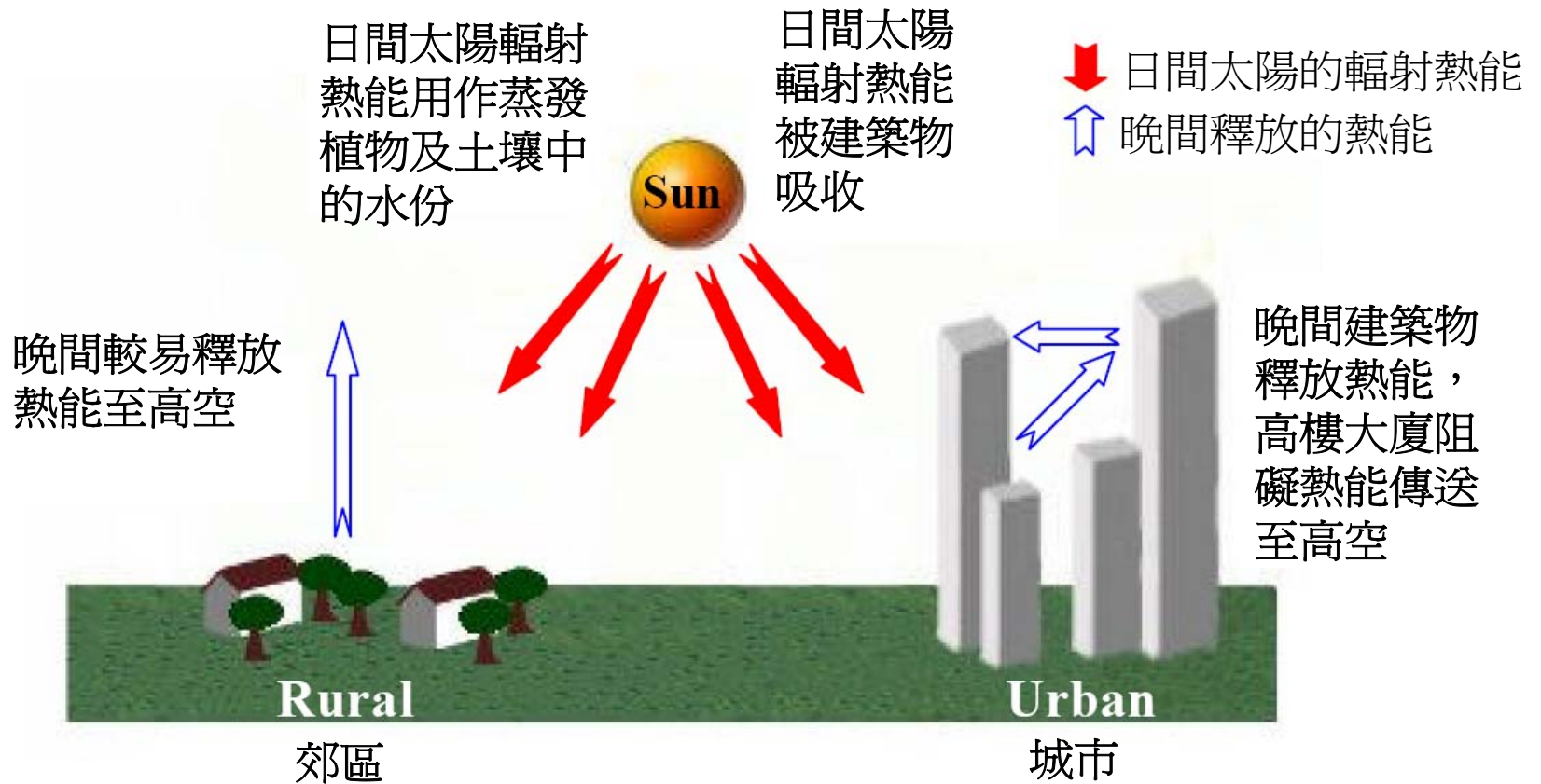
香港天文台總部年平均氣溫過去百年的變化



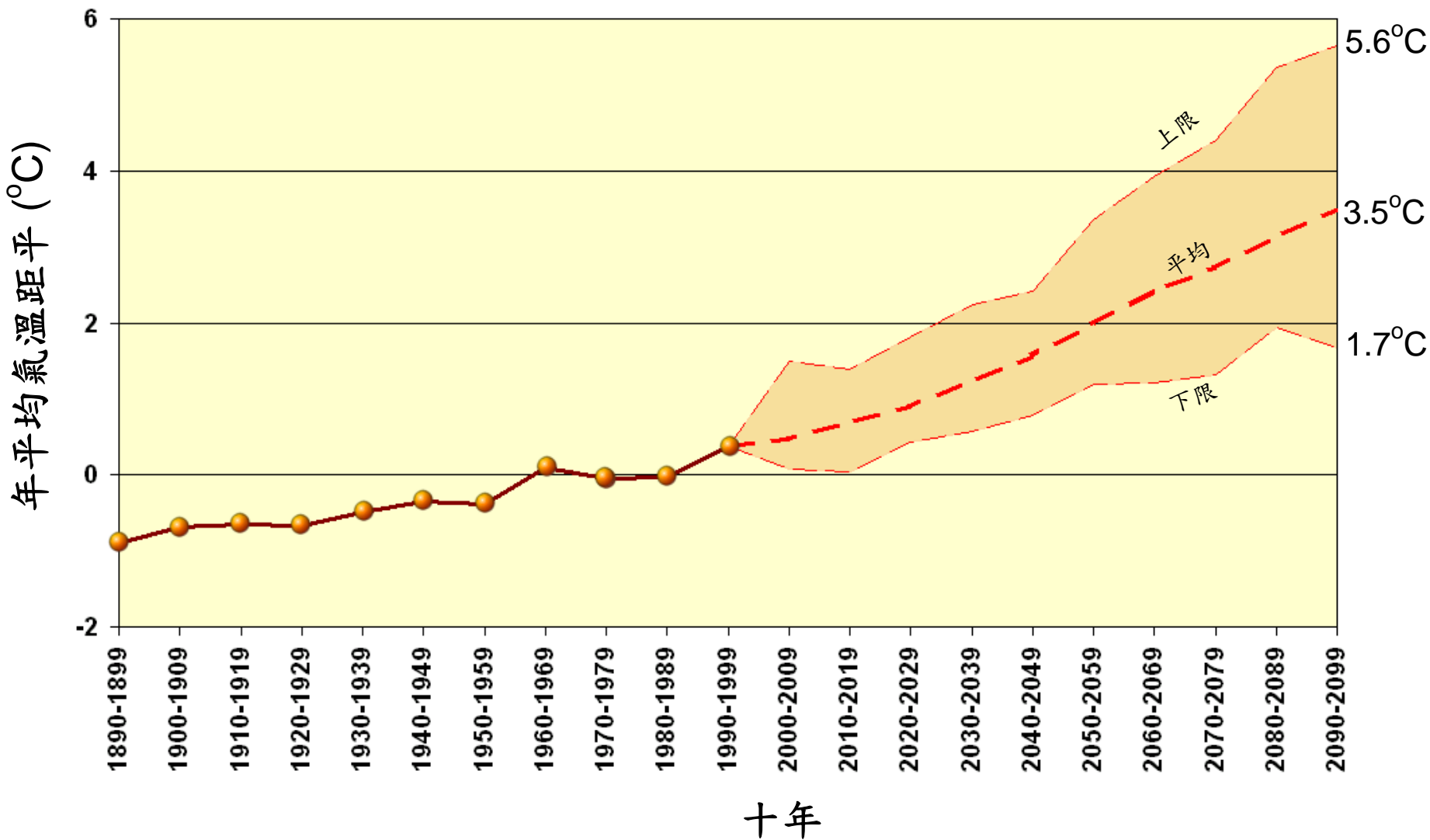


過去十多年全球與香港的變暖趨勢

城市化對氣溫的影響



香港年平均氣溫的過去變化及未來評估



氣候轉變對香港的潛在影響

探討的項目

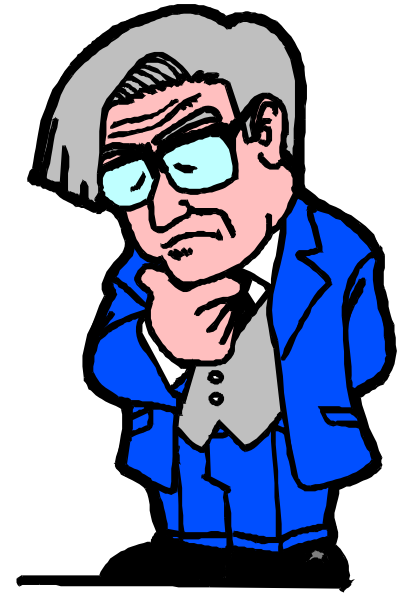
➤ 自然環境

- 本地海洋資源及生態的影響，例如中華白海豚、珊瑚礁等
- 本地陸地生態的影響，例如樹林、濕地等

➤ 社會經濟

- 與熱力和氣候轉變有密切關係的疾病，例如瘧疾
- 昆蟲的滋生和增加襲擊人類的可能性
- 山火的出現頻數
- 漁業與農業回報如漁穫、穀物產量及生畜問題等
- 排水系統及近岸工程的影響
- 本地旅遊業潛在的影響

- ① 思考能量、天氣及空氣質素的關係
- ② 尋找解決方法



減緩大氣溫室效應的方法 (1)

- 減少燃燒石化燃料

節省能源



(源自: 機電工程署)

多使用
再生能源



- 盡可能使用集體運輸工具



減緩大氣溫室效應的方法 (2)

- 減少廢物
- 節約用紙
- 種植樹木
- 防止山火



(源自: 漁農自然護理署)

減緩大氣溫室效應的方法 (3)

- 減少耗費



所有的商品生產都使用大量能源，製造二氧化碳

教育及宣傳

- 提高市民的意識，使他們明白溫室效應和地球氣溫上升的重要性
- 鼓勵市民多節省能源，例如在沒有需要時關掉電燈、電視、冷氣等
- 鼓勵市民愛護林木，不要浪費紙張

國際間對氣候轉變的對策

- 1992年氣候變化框架公約
(Framework Convention on Climate Change FCCC)

認同此公約的組織必須：

- 發展、更新和公開有關溫室氣體排放的來源和減少除去吸收溫室氣體的資料
- 訂立和執行有關的條例以緩和氣候轉變及其可能的影響

對已發展國家組織的附加要求：

- 限制溫室氣體排放，目標在2000年排放率能回復至1990年的水平
- 提供財政資源，讓發展中國家的組織有財力履行公約

- 1997年京都協議 (Kyoto Protocol)
 - 制訂在2000年後的措施
 - 在2008-2012年，工業化國家要減少六種指定的溫室氣體（二氧化碳 (CO₂)、甲烷 (CH₄)、一氧化二氮 (N₂O)、氫氟化碳 (HFCs)、全氟化碳 (PFCs) 的硫大氟化物 (SF₆)) 的排放量達至較1990年水平低 5%
 - 減低排放量的目標，就個別國家有所不同，例如日本 6% ，美國 7% ，西歐國家如英國 8%
- 2001年 IPCC 的第三份評計報告
- 2007年IPCC 的第四份評計報告
 - 詳細評估氣候的轉變，影響及對策等

香港政府抑制溫室氣體排放的政策和措施

- 1991年政府為地球氣候轉變成立「協調委員會」，向政府提供有關氣候轉變問題的建議和協調行動
- 1991年政府設立能源效率諮詢委員會，提出改善能源使用效率的建議，同時建立一個長期的全面能源效率政策

政府推出一些改善能源效率的措施，並鼓勵保育能源政策，包括

- 立法控制新式商業樓宇和酒店的熱傳導總值
- 編訂能源效率使用指引，包括電燈、空氣調節、電力裝置、升降機和扶手電梯，集中控制和監察商業樓宇的系統
- 部份家庭電器用品的能源效率標籤計劃。例如雪櫃和室內冷凍器
- 設置太陽能收集站，面積約1700平方米，這些太陽能熱力系統會用作九座政府大樓的熱水供應
- 利用光致電壓計劃作公園照明
- 實施光致電壓計劃，為一個雷達站的設備供應電力
- 資助香港大學一項研究計劃，將光致電壓和建築物料系統結合應用

參考文獻、網站

- **IPCC Assessment Report** (<http://www.ipcc.ch/>)
- 香港天文台「教育資源」
(<http://www.weather.gov.hk/education/educ.htm>)
- 香港天文台氣候資料服務 (http://www.weather.gov.hk/cis/climat_c.htm)
- 香港環境保護署「空氣污染指數」
(http://www.epd.gov.hk/epd/tc_chi/environmentinhk/air/air_quality/air_quality.html)
- 中國國家氣象局「氣象科普」 (http://www.cma.gov.cn/cma_new/qxkp/)

參考文獻、網站

- Some Perspectives on Regional Climate Studies and Modelling
(<http://www.weather.gov.hk/publica/reprint/r649.pdf>)
- Issues Related to Global Warming - Myths, Realities and Warnings
(<http://www.weather.gov.hk/publica/reprint/r647.pdf>)
- Climate Forecasting - What the Temperature and Rainfall in Hong Kong are Going to be Like in 100 Years?
(<http://www.weather.gov.hk/publica/reprint/r638.pdf>)
- Scientific Background of Haze and Air Pollution in Hong Kong (<http://www.weather.gov.hk/publica/reprint/r626.pdf>)