

Handout for Chapter 8 Atmospheric Change

1/16/2003

國立高雄大學/土木與環境工程系
連興隆老師 (lien-course@nuk.edu.tw)

Advanced courses: 環境化學 (A1, B3) 環工程序學 (A1) 空氣污染與防制 (A1)

環境議題可區分為：全球性 (Global scale) 地區系 (Regional scale) 區域性 (local scale)
本章探討全球性議題：(1) 氣候變遷—全球溫暖化現象、(2) 臭氧層破洞。

氣候變遷—全球溫暖化現象

1. 如何得知數萬年前之地球溫度
2. Green house effect (溫室效應)

1. 如何得知數萬年前之地球溫度：利用 ^{18}O 同位素與 ^{16}O 之比值 ($\delta^{18}\text{O}$) 來判定氣候之變遷。

原理：大氣中氧氣成分含氧 16 (為主) 及少量之氧 18 同位素，於深海之貝類在製造殼時，會同時吸收氧 16 及氧 18；同時在自然中水文的循環裡，水 (H_2^{16}O) 會將氧 16 濃縮於冰中，故於寒冷時期，南北極冰帽增加，將加速氧 16 之濃縮，使深海中貝類可用之氧 16 減少，相對氧 18 提高。因此，只要分析深海貝類之氧 16 與氧 18 之比值，即可做成地球長期之溫度歷史變化圖。

$$\delta^{18}\text{O}(\text{‰}) = \left[\frac{(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{sample}} - (^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{standard}}}{(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{standard}}} \right]$$

當 $\delta^{18}\text{O}$ 為正值時表示溫度低於設定之標準值 (氣候較冷)

2. Green house effect (溫室效應)
 - i. 溫室效應的正確認知：
 - 溫室效應為地球特有之現象。由於大氣層的保護，再加上一些能吸收長波長之氣體如水蒸氣 (H_2O) 二氧化碳 (CO_2) 甲烷 (CH_4) 一氧化二氮 (N_2O) 氧氣 (O_2) 臭氧 (O_3) 等分子，吸收太陽之輻射熱，使地球能維持年均溫在 15°C ，成為適宜生物生長的星球。若無溫室效應，地球之溫度將低至 -19°C ，也就是說，溫室效應的結果幫助了地球溫度提高了 34°C (想像月球或火星的情況)。**注意！正常情況下水蒸氣 (water vapor) 才是地球上最重要之溫室效應氣體**，而非二氧化碳。

■ 在無溫室效應作用下地球表面之溫度為何？

(Input) 太陽所提供之輻射能： $S\pi R^2(1-\alpha)$

(Output) 地球本身之黑體輻射： $\sigma 4\pi R^2 T_e^4$

其中， S = Solar constant, (1370 W/m^2)

R = 地球半徑

α = 地球反射太陽輻射能之比率 (Albedo), 一般取 0.31

σ = Stefan-Boltzmann 常數 ($5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$)

T_e = 地球之有效黑體溫度 "effective" blackbody temperature (K)

在熱量平衡且達 Steady-state 的情況下，

$$S\pi R^2(1-\alpha) = \sigma 4\pi R^2 T_e^4$$

$$\text{故得 } T_e = \left[\frac{S(1-\alpha)}{4\sigma} \right]^{1/4} = 254 \text{ K} = -19^\circ \text{C}$$

也就是說在無溫室效應作用下，地球表面之溫度為低至-19°C！！

ii. 溫室效應與全球溫暖化之關係：全球溫暖化現象是人為造成的。由於大量排放二氧化碳，使地球的溫度因溫室效應的關係而升高，也就是人為破壞了自然的「平衡」(老師更喜歡用「和諧」這一詞)。故二氧化碳被稱為溫室效應氣體，主要是由石化燃料的大量使用所排放。

iii. 與溫室效應有關之氣體：

- 直接溫室效應氣體：二氧化碳 (CO_2)、甲烷 (CH_4)、鹵族碳化物 (Halocarbons, 如 CFCs)、一氧化二氮 (N_2O)。其對溫度增加之貢獻，依吸收輻射熱吸收力 (radiative forcing, ΔF , W/m^2) 排列如下：二氧化碳 (1.56) >> 甲烷 (0.47) > 鹵族碳化物 (0.28) > 一氧化二氮 (0.14)。
(注意！鹵族碳化物同時也是造成臭氧洞之元兇。)
- 間接溫室效應氣體：臭氧 (O_3)。其中，對流層內之臭氧為增加溫室效應之氣體 (0.4)，平流層內之臭氧為減低溫室效應之氣體 (-0.1 ())。
- 間接氣膠 (Direct Aerosols)：空氣中懸浮顆粒有效直徑小於 $10 \mu\text{m}$ 稱之氣膠 (Aerosol)。間接氣膠包括含硫酸根 (SO_4^{2-}) 氣膠、石化燃料燃燒生成之焦碳 (soot)、生物質量燃燒之殘餘 (biomass burning) (-0.2)。其中，含硫酸根 (SO_4^{2-}) 氣膠會直接反射太陽之輻射熱 (-0.4)；焦碳 (soot) 直接吸收反射太陽之輻射熱 (0.1)。此外，由於氣膠可做為雲生成之核種 (nuclei)，加速於的生成，具間接直接反射太陽輻射熱之效果。
(注意！水蒸氣 (water vaopr) 是地球上最重要之溫室效應氣體，但不列

名為溫室效應氣體，因為一般稱為溫室效應氣體，是指人為污染產生之氣體。）

- 將溫室效應氣體轉換成二氧化碳濃度當量 (Equivalent CO₂ concentration)。常常為要了解各種溫室效應氣體的總影響，可將其轉換成二氧化碳濃度當量：

$$(CO_2)_{equiv} = 278 \exp(\Delta F / 6.3)$$

- 估計溫室效應氣體對溫度的影響。

$$\Delta T_s = \frac{\Delta T_{2x}}{\ln 2} \ln \left[\frac{(CO_2)}{(CO_2)_0} \right]$$

其中， ΔT_s = 地球平衡平均溫度之改變量

ΔT_{2x} = 當大氣中二氧化碳濃度增加兩倍，地球平衡溫度之改變量(可取用 2.5°C)

$(CO_2)_0$ = 最初二氧化碳濃度

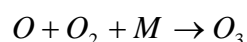
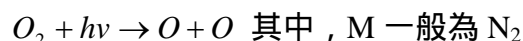
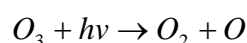
(CO_2) = 時間 T 時之二氧化碳濃度

(注意！所有的模式在模擬時，都有很”大膽的”假設與不確定性，故在使用時需非常小心！)

臭氧層破洞 (Ozone depletion)

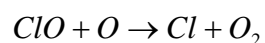
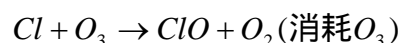
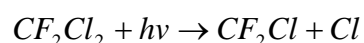
1. 臭氧層對地球環境之保護
2. 造成臭氧層破洞的原因

1. 臭氧層是位於距地面約 10 到 50 公里之同溫層，藉由光化學反應過濾太陽光中短波之有害紫外光線 (UV-C)。其反應如下：



此為自由基連鎖反應 (Chain reaction)，故理想狀況下，臭氧不會被消耗。

2. 當特定之化學物質進入同溫層後，將破壞上述機制之穩定性。這些化學物質有：氟氯碳化物 (Chlorofluorocarbons, CFCs)、二氧化氮 (NO₂，主要由噴射客機之廢氣產生)、溴氣 (主要來源 CH₃Br)。其反應如下：



此一類反應亦為自由基連鎖反應，故將持續消耗臭氧。

NOTE: CFCs 常用為汽車冷煤，已被全世界禁用。