

◆ 疑難問題解答 ◆

高中地球科學第三冊

氣象教學疑難問題解答

林政宏

國立臺灣師範大學地球科學系

我們都知道，地球是目前唯一有大氣維持生命的行星。無論何時何地，天氣——大氣的狀態對我們日常生活都有很大的影響力；譬如，我們每天都關心早晚的溫差，下雨或好天，也關心颱風或暴風雪之來與否，擔心它可能會帶來災害。漁民們則關心每天出海的風力有多大等等。但是，天氣的活動乃隨時空而改變，甚難捉摸，紛擾的大氣幾乎就是為着不斷的在尋求整個大氣的平衡而運動。

科學的目的是要觀察並解釋自然界種種的現象，進而探討如何運用它或順應它。在大氣科學這方面，從如何順應每日或季節性的天氣變化——譬如，我今天該穿什麼樣的衣服？該不該帶傘？什麼時候去衝浪或滑雪？更進而研究該不該發展超音速噴射機？要不要支持人造雨的實驗計畫？對於大都市或工廠地區的排煙等大氣污染問題如何處理？

其他相當有趣的大氣現象，雖然不是直接影響到我們或者也不能讓我們直接覺察得到的；像氣壓的變化、高低氣壓系統的移動、臭氧含量的變化以及電離層反射無線電波種種現象，也都是氣象科學家努力探討的對象或問題。這些問題在氣壓計、火箭或人造衛星發明以前，我們是無法知道的；換句話說，科技的進步帶動了氣象科學的發展與擴大其研究的領域。

正值國內自然科學教育全面推廣的今天，地球科學的領域涵蓋相當廣濶；就以高中氣象課程來講，只以一個學期——短短幾個月的時間，實在難窺其大概，這是事實。因此筆者乃根據民國七十五年九月卅日及十一月十四日分別在臺北市公務人員訓練中心及高雄市高雄中學所舉辦的高中自然科教師研習會及研討會中，對擔任地球科學教學的老

師們所提出的個別或共同的氣象教學方面疑難問題，加以整理編寫後公開發表。目的在拋磚引玉，並且期望讀者多加批評指教。以下就以章節的方式按順序提出問題與討論。（根據高級中學地球科學教材第三冊）。

一、大氣的組成和結構

1. 問：課本中第九頁，圖 1-1，大氣的垂直溫度結構與海洋水溫的垂直結構（國中地球科學上冊第十二頁，圖 2-2）為甚麼會有顯著的差異？

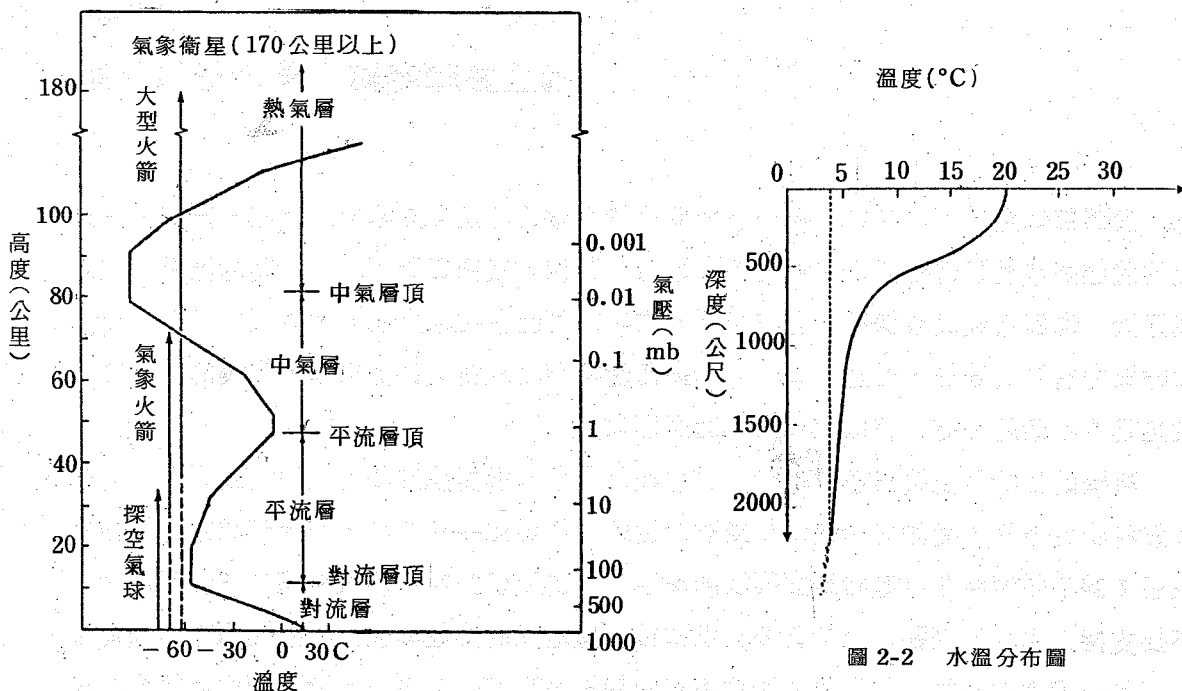


圖 1-1 大氣的垂直分層，圖左為觀測方法。170 公里以上溫度劇增，到 200 公里以上接近等溫。

圖 2-2 水溫分布圖

討論：① 太陽的輻射能極大部分為短波（小於 $4\mu\text{m}$ ），乃以電磁波的方式向外發射，地球的大氣只接收到很少的一部分而已；在大氣的熱氣層中，大氣的粒子與粒子間有很大的自由度，太陽的紫外線短波輻射能在這一層被吸收很多，因此粒子的運動速度很大，溫度可高達 1500°C 。但是向下到了 80 公里附近（稱為熱氣層底或中氣層頂），因缺乏可吸收的波段及足夠的大氣粒子，而使氣溫降至最低點（ -93°C 左右）。

- ②從 80 公里向下至 50 公里附近稱為中氣層，因臭氧分布（從 60 公里向下至 20 公里的平流層內）的關係，吸收波長在 $0.18 \sim 0.34 \mu\text{m}$ 的紫外線而增溫，在 50 公里達到最高點（ -3°C 左右）。
- ③從 50 公里的平流層頂向下至 11 公里附近的對流層頂，因大於 $0.34 \mu\text{m}$ 的紫外線及可見光（ $0.4 \mu\text{m} \sim 0.7 \mu\text{m}$ ）幾乎不被吸收，所以溫度從 50 公里附近的 -3°C 向下減低至 11 公里附近的 -53°C 。
- ④國中之圖 2-2 中，自海面向下至 1000 公尺左右的斜溫層，很像大氣層中的對流層，溫度隨深度（或高度）遞減，這是因為海面與地面接收太陽輻射能令熱量集中的緣故，其實圖 2-2 下次修正時也打算修訂為將直虛線取消，水溫曲線往 2000 公尺以下深度略為延伸。

2. 問：課本第 4～5 頁狀態方程的應用說明不夠，另外要用什麼式子來解釋大氣壓力的變化因子較妥當？

討論：①狀態方程，亦稱理想氣體方程，用它來表示大氣中氣壓（ P ）、氣溫（ T ）

與密度（ ρ ）的關係；如令 T 為定值，則 $P \propto \rho$ （ α 是比容， $\alpha = \frac{1}{\rho}$ ）

為 Boyle's law；如令 $P =$ 定值，則 $PT =$ 定值（Charles's first law）；

如令 $\alpha =$ 定值，則 $\frac{P}{T} =$ 定值（Charles's second law）。

- ②如要解釋大氣壓力與其他氣象因子（如氣溫、密度）的關係，則可用流體靜力方程式解釋，因為整個大氣可視為平衡狀態，除非有強烈雷雨、龍捲風、颱風等特殊天氣發生的期間。流體靜力方程如下式：

$$\Delta P = -\rho g \Delta Z \dots\dots\dots (1)$$

說明在單位水平截面上，厚度為 ΔZ 的立方體空氣柱，其平均空氣密度為 ρ ，氣壓（ P ）隨高度（ Z ）的變化關係，負號表示氣壓隨高度增加而減少的意思。如將(1)式中的 ΔP 擴張為整個大氣柱（大氣頂 $P = 0$ ，地面氣壓為 P_0 ），大氣柱的厚度為 Z （海平面的高度 $Z_0 = 0$ ），則(1)可寫成

$$P_0 = \rho g Z \dots\dots\dots (2)$$

二、大氣的熱量和溫度

1. 問：課本第 15 頁，學生對黑體、白體的概念不易辨別，依浦郎克定律所劃出的曲線（第 16 頁，圖 2-1 與圖 2-2）單位有誤，請說明。

討論：①就我們所知的幾個電磁波的定律當中，都適用於黑體；因大氣及地球行星本身的地表面的性質幾近黑體，故也適用於電磁波的定律。而電磁波定律中有一條：物質只吸收它本身所能輻射的同波長的輻射能。因此新雪能夠吸收 98 % 的紅外線，同時它也能輻射紅外線。

②浦郎克曲線的縱座標，經查不同的教本，因用不同的單位（有用 $\text{Cal} / \text{cm}^2 \cdot \text{min} \cdot \mu\text{m}$ ，也有用 $\text{Megawatt} / \text{m}^2 \mu\text{m}$ ）；但顯然的課本中，圖 2-1 與 2-2 縱座標單位有錯，上圖數值應為 10^4 （非 10^3 ），下圖應為 10^{-2} （非 10^3 ），且分後應加百萬分之一米，即上下圖縱軸數值單位分別改為 $E_\lambda \times 10^4$ 卡/公分²/分/微米； $E_\lambda \times 10^{-2}$ 卡/公分²/分/微米。

2. 問：課本中第 32 頁出現「乾絕熱冷卻率」及「乾絕熱直減率」，兩者容易混雜不清，是否代表同一意義？

討論：①首先我們要先分別直減率（lapse rate）與冷卻率（rate of cooling）兩個術語；前者指周圍大氣的垂直氣溫分布狀況，隨不同的時空而有不同的垂直溫度結構，可由實際觀測得之。其值可大可小，可大於 $10^\circ\text{C}/\text{Km}$ （稱超乾絕熱直減率），也可為負值（稱為逆溫，溫度隨高度增加），但平均值約為 $6.5^\circ\text{C}/\text{Km}$ 。後者指氣塊上升時，氣塊本身溫度因體積膨脹對外作功，而使本身溫度降低；因為這個過程是在絕熱狀況下進行（即在短時間內，譬如幾小時，氣塊本身不與周圍空氣有熱量交換的情形發生），所以在氣塊本身未飽和前（不管是乾空氣或濕空氣），由於沒有水汽凝結釋放潛熱的情況發生，這個冷卻率的值都是一樣的，約為 $10^\circ\text{C}/\text{Km}$ （稱為乾絕熱冷卻率）。所以在下列情況下，該氣溫直減率等於乾絕熱冷卻率時，呈中性平衡，則稱此時周圍大氣的氣溫直減率為乾絕熱直減率。

三、氣團和鋒面

1. 問：課本中第 92 頁，圖 5-5(b)和(c)很相似，而第 96 頁也說滯留鋒的情形和暖鋒相似，到底相似的程度如何，有沒有不同之處？

討論：①這是一個有趣的問題，不過嚴格說起來，以其生成與消長的過程，或從冷暖空氣動力的態勢來看，的確不能說是相似的，只能說他們所產生的雲雨區或雲種有些類似的地方而已。他們不同的地方是：因為滯留鋒是由於勢力相當的冷暖空氣相遭遇而形成的，這種情形最容易發生於冷氣團已減弱而成強弩之末之時，也正值南來潮濕暖氣團逐漸增強之際；梅雨季節就是它的典型代表天氣，鋒系是幾乎靜止或互相緩慢推讓的，而暖鋒則是移動性的。要注意的是，這兩種鋒所生成的雲系大部分都是廣佈的層狀雲，但當爬升的暖空氣本來就不穩定，則也可能在廣佈的層狀雲當中，夾雜着積雨雲及雷暴。

四、參考書籍

1. 高級中學地球科學，第三冊。
2. 國民中學地球科學，上册。
3. Hess, S. L., 1972 : Introduction to Theoretical Meteorology, P. 121 ~ 138.
4. Neiburger, M., et al., 1973 : Understanding our Atmospheric Environment, P. 27 ~ 59.
5. Wallace J. M., and Peter V. Hobbs, 1977 : Atmospheric Science, P. 52 ~ 65.