

從能量的觀點談： 地球上大氣能量如何平衡？

陳秀萍

國立臺灣師範大學地球科學系學生

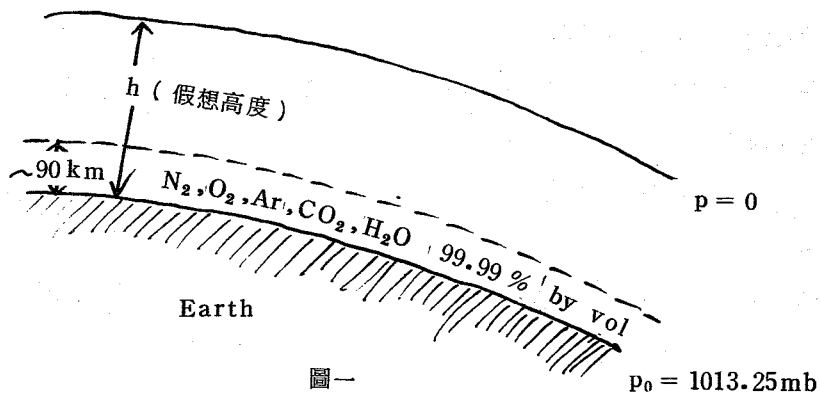
一、前言

自古以來，人類依著老天爺過日子。因而農業、工業發展、人口遷移幾乎與各地不同的氣候形態有關。大氣的一切行為和天氣現象為造成氣候差異的要素，如輻射、溫度、濕度、雨量等等。在探討各種氣候要素的應用時，如果能從能量收支的觀點來看，就很容易了解了。我們可藉能量守恆定律，先設想地球接收了所有能量，而後觀察各種能量的形式和轉換情形，我們就可以得到大氣現象的指南針了。

二、大氣的能量——大氣的基本性質

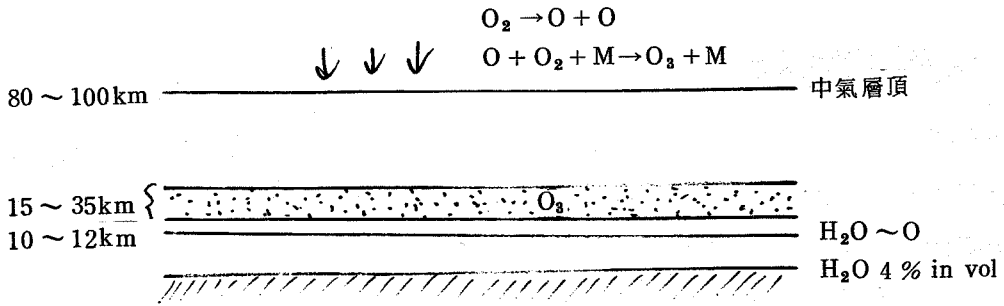
到達地球的能量都是從太陽得來的。一部分為大氣直接接收，一部分被大氣、雲、地面反射回太空，另一部分太陽輻射能則被地面所吸收。由於地面與大氣之間能量的轉移，因而產生了非常複雜的天氣現象，為了更了解大氣能量的轉移狀況，大氣各種性質、組成的分析是一個必要的工作。

(A) 大氣的組成



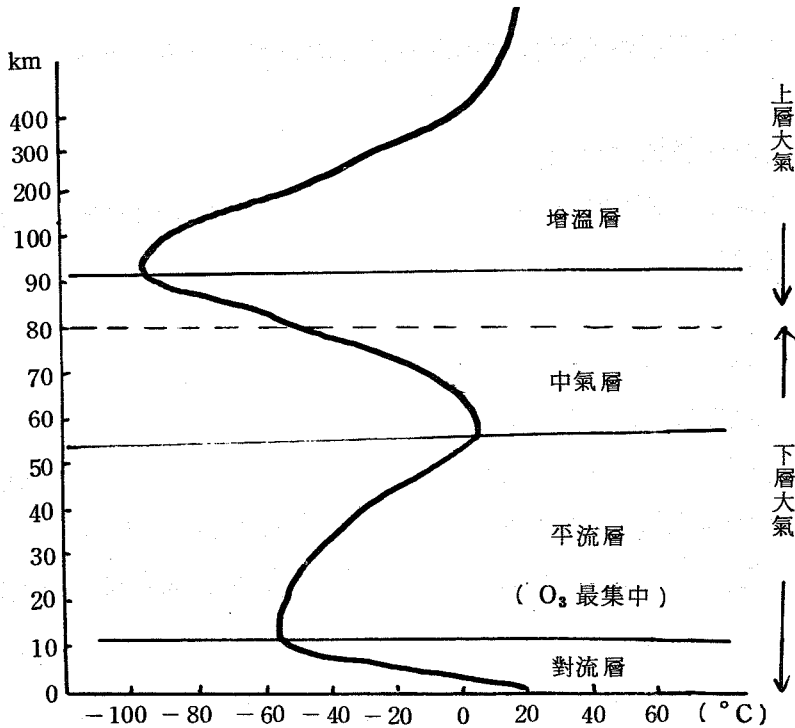
圖一

(B) 大氣的垂直變動



圖二

(C) 大氣的分層



圖三

各層特性：

1. 對流層：溫度向上遞減，對流旺盛，大氣現象幾乎集中在這一層內。
2. 平流層：臭氧吸收紫外線使溫度向上增加，有持久性的強風環流。
3. 中氣層：中氣層頂是大氣中溫度的最低點，溫度向上遞減緩和，水平風很大。

4. 增溫層：沒有明顯的頂，熱力溫度可達 1500°K ，部分大氣質點成游離化狀態。

三、太陽的輻射

輻射是能量傳播的一種方式。輻射體與接收體之間不需要任何介質，而是靠電磁波傳播能量。這種電磁波的波長範圍很廣，從極高頻率的宇宙波（ $10^{-3}\mu\text{m}$ （微米））至極低頻率的交流電（ $3 \times 10^6\mu\text{m}$ （微米））。

對於應用氣候學來說，只有太陽、地球和大氣的輻射波長才值得重視。太陽輻射是在所謂的短波內（99%在 $0.1\mu\text{m}$ 到 $4.0\mu\text{m}$ 之間），而地球或大氣輻射則為長波輻射（99%在 $4.0\mu\text{m}$ ）。

(A) 黑體輻射

物體在一定溫度下以最大可能效率吸收或發射能量，這種物體稱為黑體，太陽是一種近似的黑體。

表示黑體輻射性質的三大定律：

1. 普朗克定律（Plank's radiation law）：根據普朗克定律可求得每一黑體輻射溫度的曲線形狀。

黑體輻射為：

- (a) 類似太陽的一個熱體。
- (b) 類似地球的一個冷體。

根據普朗克定律算得溫度在 6000°K 、 300°K 、 250°K 的能量譜如圖四所示，太陽能譜很像圖中 6000°K 的曲線，即太陽表面的有效溫度為 6000°K 。

2. 史提芬定律（Stefan's law）：表明能量的發射率和絕對溫度的四次方成正比。

$$E = k' T^4$$

（ E = 發射率， k' = 史提芬常數 = $82 \times 10^{-12} \text{ g.cal} / \text{cm}^2 \cdot \text{min.}^{\circ}\text{K}^4$ ）

太陽表面溫度約為 6000°K ，則其輻射強度

$$E = 82 \times 10^{-12} \times (6000)^4 = 106,400 \text{ g.cal} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$$

3. 溫氏定律（Wien's law）：表明輻射物體的溫度和輻射強度最大的波長之間的關係

$$T = K / \lambda_{\text{max}}, T \text{ 與 } \lambda_{\text{max}} \text{ 成反比}$$

($\lambda_{\max}$ = 輻射強度最大的波長，

K = 溫氏常數)

(B) 太陽輻射能的分配

1. 大氣的吸收、散射、反射

① 氣體吸收體：大氣中的臭氧、氧、水汽和塵埃對於太陽的短波輻射或地面的長波輻射能作選擇性的吸收。

② 散射：大氣中含有許多塵埃物質或細小水滴，以一定方向進行的輻射能，在遇到這些質點時，會向所有方向散開，造成能量分散。

③ 反射：太陽輻射能若遇到像雲這種障礙物，即產生反射。

2. 地面的吸收：地面吸收太陽輻射能包括

① 直接得自太陽

(約 19%)

② 從雲的反射得來的

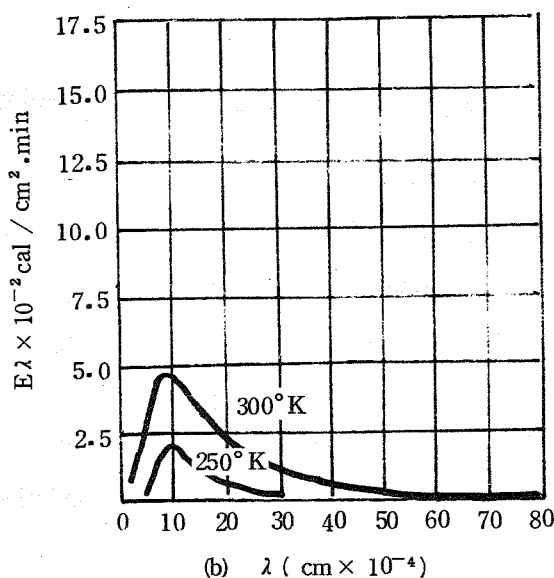
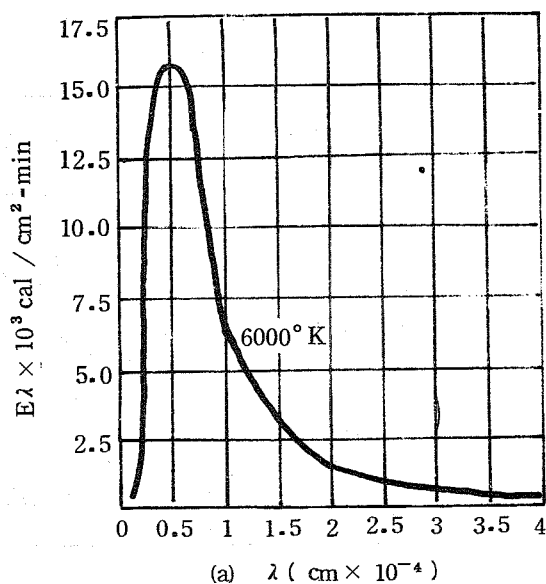
(22%)

③ 被空氣散射後得到的

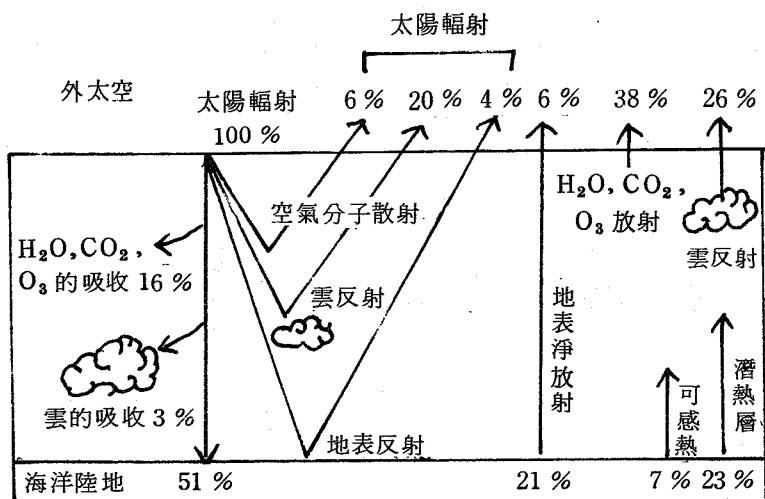
(約 5%)

其餘 32% 喪失至太空，包括雲和地面的反射，或空氣質點散射。

3. 地球的平均輻射收支：綜合以上兩點及各種研究報告，顯示出地球與太空之間有一種長期性的熱平衡存在。進一步推論，地球和大氣所吸收的太陽輻射總量，勢必有相等的量再輻射回太空。此種熱量收支的平衡，可以圖五表示之。



圖四



圖五 全球平均輻射收支

四、影響地球上熱能分配之因素

(A) 雲量的影響

來自太陽的輻射能在到達地面之前，可能遇到“雲”這種障礙物。大多數雲都是輻射能的良好反射體及不良吸收體。雲的反射，主要依它的厚度而定。

在一個有雲的日子裏，地面接收太陽輻射能，可以下式表之：

$$Q + q = (Q + q)_0 [\beta + (1 - \beta)(1 - c)]$$

(直接接收) (間接接收)

$(Q + q)_0$ = 晴朗天氣的輻射總量

c = 雲量

β = 厚度，型態不同的雲，其具有的特定常數

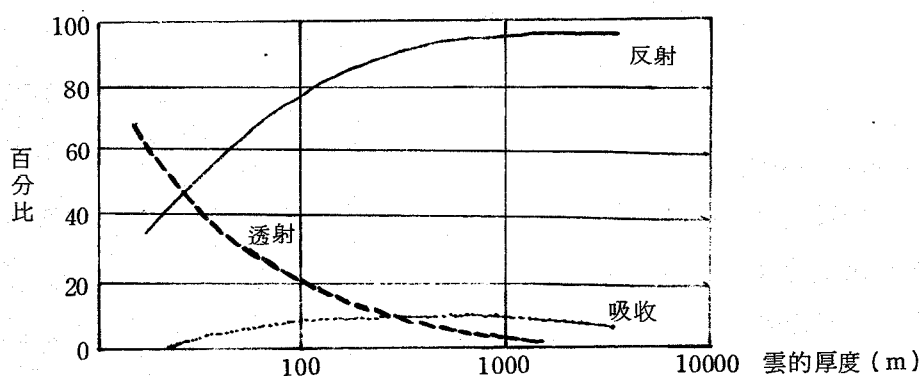
如美洲 $\beta \approx 0.35$

$$\text{則 } Q + q = (Q + q)_0 (1 - 0.65c)$$

(B) 緯度的影響

地球面各地所受太陽熱量各有不同，依緯度及季節而變化。所謂季節，即因黃赤交角二十三點五度而來的，故與太陽出地高度、日地距離及晝夜長短有關。

1. 太陽出地高度



圖六 太陽輻射能被雲反射、吸收和透射的百分比

太陽常數為固定之值。若物體受熱面積大，則分配之熱量少；反之，面積小者分配之熱量多。

太陽光線直射時與 AA' 成 90° ，斜射時與 AB 成 h° ($h < 90^\circ$)

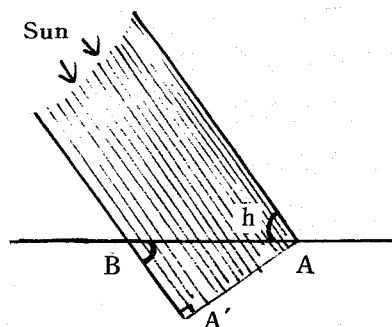
設 AA' 所分配之熱量為 I

AB 所分配之熱量為 I'

則 $AA' \times I = AB \times I'$

$$I' = I \frac{AA'}{AB} = I \sin h < I$$

$\Rightarrow$ Lambert 定律 $\begin{cases} h \text{ 大, 受熱多} \\ h \text{ 小, 受熱少} \end{cases}$



太陽光線直射地球範圍，是在南北緯之間移動的。夏至日太陽直射北緯 23.5° 。春分與秋分日，太陽光線正射赤道，出地高度最大，故此兩日，赤道受熱最多。

2. 太陽與地球距離之遠近

由圖七可以看出：南半球夏季所得到的能量要比北半球夏季所得到的多一些；冬季的情形則正好相反。此種差異是因為地球繞日公轉的路徑，是一個長短軸相差很小的橢圓形。一月初，日地最接近，即所謂近日點；七月初相距最遠，即所謂遠日點，遠日點與近日點地球收到總能量，相差約 7%。

3. 晝夜長短

由於地軸傾斜，所以太陽光線，射到地球不平均，因而有晝夜長短現象。地面上一定點，受熱之多寡，與晝夜長短有關。晝長則受熱多，晝短則受熱少。北半球夏至日受

熱最多，冬至日最少，南半球則相反。兩極因半年為晝，半年為夜，故半年受熱，半年不受熱。

由圖八可歸納出幾點結論：（北半球）

- ① 赤道上二分受熱最多；二至最少。且春分比秋分多，因春分較接近太陽。
- ② 中緯度區，夏至日受熱最多，冬至日最少，南半球則相反。
- ③ 北極區，夏至日受熱最多，冬至日及二分幾乎等於零。

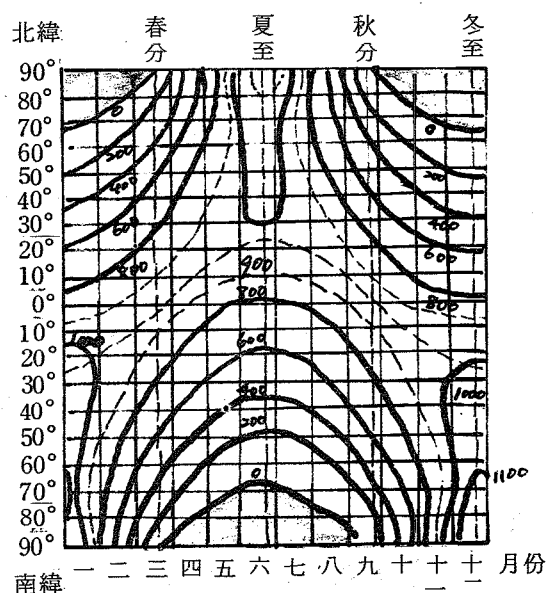
（C）海陸的影響

南半球比北半球多7%的淨輻射量，因為南半球海多，而北半球則陸地多。

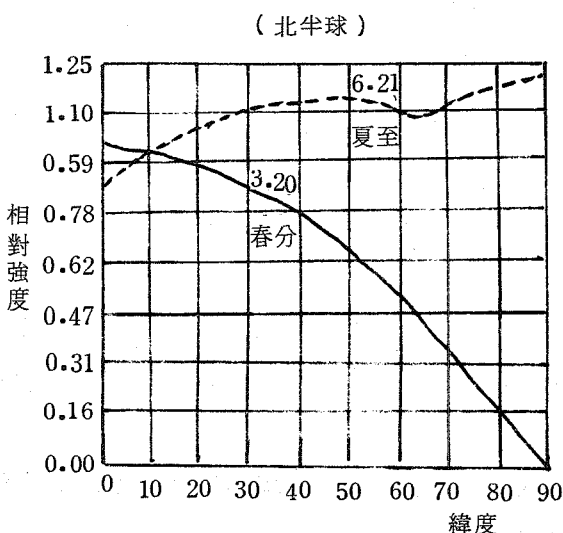
海水利於貯存熱量的幾種性質：

1. 海水對流可將熱量傳至下層。
2. 海水的比熱大。
3. 海水的透光性。

圖九在同樣的日射條件下，水面上的溫度變化較陸地上的溫度變化小。基本上，因水是流體，所以無論水平或垂直方向都能混合。結果，分配到的熱量要比陸地大得多。



圖七 日射量與緯度之函數圖 (cal/cm²·day)



圖八 春分夏至

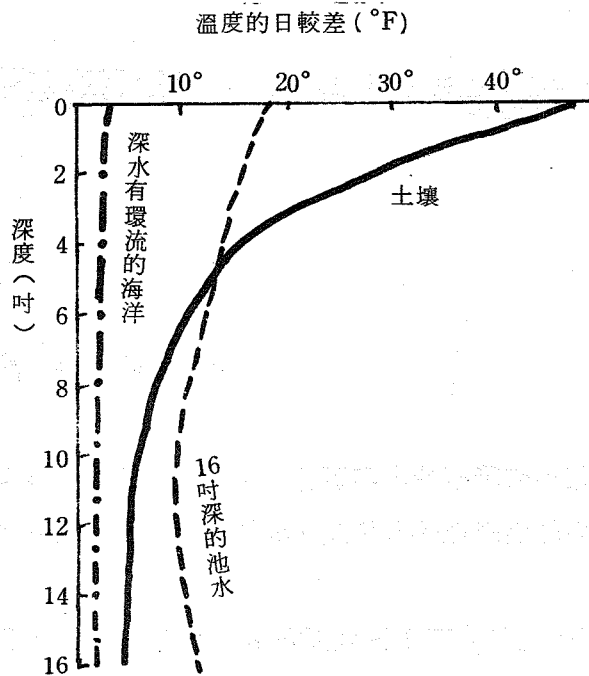
五、結 論

大氣間種種微妙的變化，是一種科學

，予人類以無窮盡的研究寶庫；是一種藝術，在發揮想像力之間，創造解決了問題。

關係著人類生存的大氣能量，善盡了它的職責，在轉換之間，取得了一個完美的平衡。人類享受這大自然的恩賜時，可曾想過：

（A）地球上日益嚴重的汙染，會不會破壞大氣能量的平衡？



圖九 在一晴朗夏日，土壤、淺水和海洋各種深度溫度日較差。

- (B) 南極上空臭氧層破洞，誰是罪魁禍首？
- (C) 地球上溫度的逐漸增高，到底是怎麼回事。
- (D) 氣候異常的產生莫非是大氣能量失調所致。

六、參考資料

1. R.G. BARRY and R.J. CHORLEY, Atmosphere, Weather and climate (P.1 ~ P.54)
2. 蔣丙然：氣候學，正中書局。
3. 曾忠一：大氣輻射 (P.73 ~ P.78)。
4. 戚啓勳：大氣科學，大同圖書公司，民國五十八年。
5. 戚啓勳：新氣候學 (P.21 ~ P.24)，開明書店。