

大氣和水的循環

方金祥

國立高雄師範學院化學系

在人類生活的環境中，不可或缺的物質為空氣、水、和食物，其中空氣和水在地殼表面上是含量最為豐富的物質，也是人人皆知但卻為一般人所忽視的物質。由於空氣和水所呈現出來的特性與生物體的生命有著很密切的關係，因此大氣和水的存在以及其在自然界中之循環更能影響到生物的生命。

一、大氣的循環

1. 大氣：

除了極少數的厭氧細菌之外，幾乎大部分的生物都需要仰賴空氣中的氧氣才能生存，而人類更是不例外。我們人類以及其他的動物可一個月不照太陽、幾天不喝水，但卻不可幾分鐘不呼吸到新鮮空氣。植物也要靠空氣中的二氧化碳來進行光合作用，以製造養分、食物和能量以供應其他消費者所需，放出來的氧氣供給人類和其他生物需要。由此可知空氣乃是人類及其他動植物不可一刻或缺的東西。

空氣係指瀰漫在地球周圍的氣體，在物理學、天文學及氣象學上均把空氣稱之為大氣（atmosphere）。大氣密集在地球表面，且愈接近地面其密度愈大，其特性也隨著高度而不同。吾人若取中緯度地區作大氣層平均垂直結構分析，其狀況稱為「標準大氣」（standard atmosphere），由標準大氣可分出大氣中不同的層次，依照氣溫隨高度變化的情形，可畫分為四個主要分層——對流層（troposphere）、平流層（stratosphere）

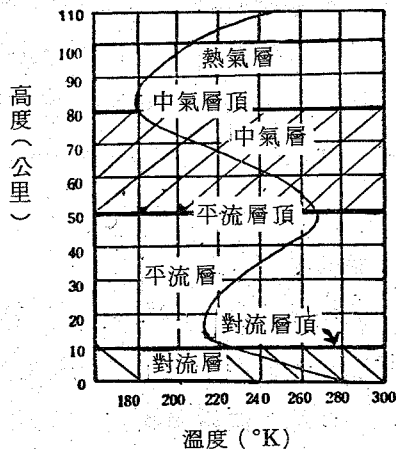
、中氣層 (mesosphere) 和熱氣層 (thermosphere) 等 (圖一)。其中對流層和中氣層之溫度隨著高度增加而遞減，而平流層和熱氣層的溫度反而隨著高度的增加而遞增。

2. 空氣的組成：

空氣是由一些固定氣體、變動氣體和固態或液態的微粒所混合而成的，其中最主要的氣體是氮和氧，幾乎占全部含量的百分之九十九左右，其他還包括有少量的其他氣體，表一為空氣的組成成分的容積百分比和總質量。

3. 空氣的性質：

- (1) 空氣為各組成成分氣體體積之總和。
- (2) 在同溫同壓下，任何組成氣體體積相同時，所含之分子數目必相同。
- (3) 氣體分子具有高速度的直線運動。



圖一 大氣的結構

表一 乾燥空氣的組成

空氣	含量 (容積百分比)	總質量 (百萬噸)
主成分		
氮 N_2	78.08	4,220,000,000
氧 O_2	20.95	1,290,000,000
氬 Ar	0.93	72,000,000
二氧化碳 CO_2	0.03	2,700,000
微量成分		
氖 Ne	0.0018	70,000
氦 He	0.00052	4,000
甲烷 CH_4	0.00015	4,600
氪 Kr	0.0001	16,200
氫 H_2	0.00005	190
一氧化二氮 N_2O	0.00002	1,700
一氧化碳 CO	0.00001	540
氙 Xe	0.000008	2,000
臭氧 O_3	0.000002	190
氨 NH_3	0.0000006	21
二氧化氮 NO_2	0.0000001	9
一氧化氮 NO	0.00000006	3
二氧化硫 SO_2	0.00000002	2
硫化氫 H_2S	0.00000002	1

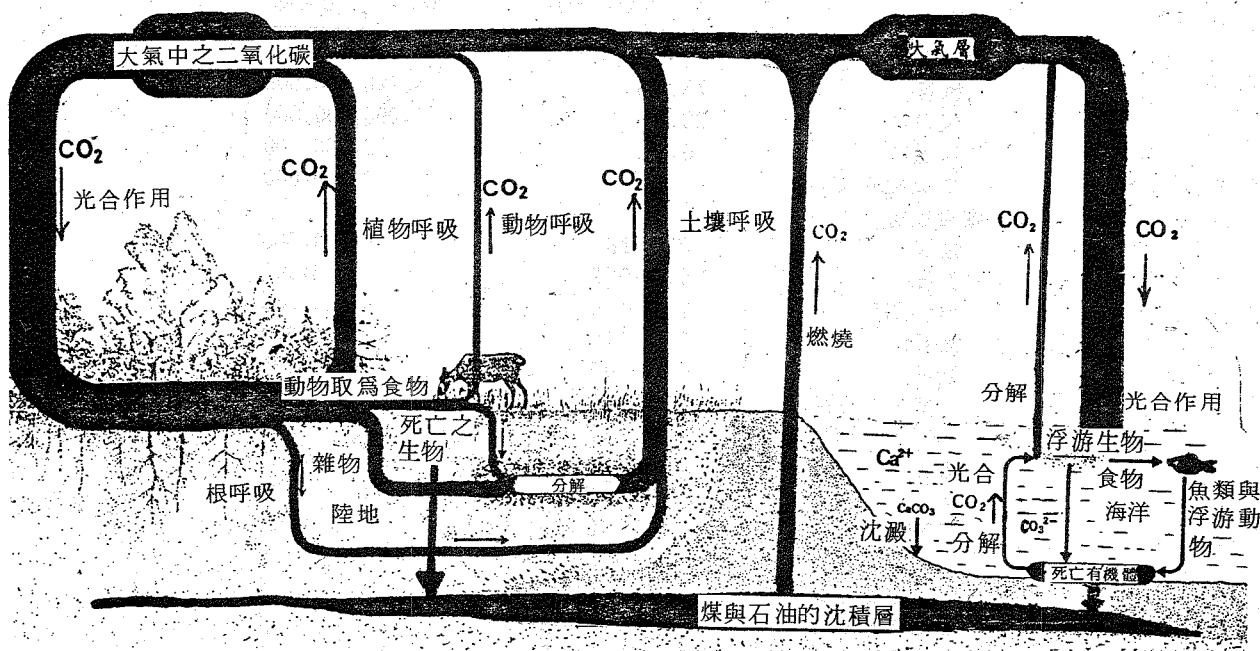
(4) 在理想狀態下，其體積和壓力成反比，和溫度成正比。

(5) 空氣有其浮力，且在一密閉容器中之任何一處受到壓力時，則此壓力必會傳到他處。因此在一密閉容器內之空氣壓力乃為各成分氣體分壓之總和。

(6) 空氣乃為無色、無臭、無味之混合物。其密度在標準狀況下為每公升重1.293公克。

4. 碳的循環

人類生活所需的碳水化合物，蛋白質等食物之每一分子都是含有碳。而碳在自然界中的循環範圍最廣（圖二），其主要途徑有二，其一在陸地上之循環，另一在海洋中的循環。在陸地之循環係始於大氣中的二氧化碳，首先被綠色植物的光合作用所利用，在此一過程中，二氧化碳係經由葉部的氣孔進入，並與根部所吸收的水分經導管輸送到葉部，在葉綠體內接受陽光照射吸收光能後化合而成為醣類，同時放出的氧氣釋回大氣中。所產生的醣一部分被植物本身直接消耗，一部分則貯存在組織中供作其他動物之食物。另當醣類在植物體內被代謝時也會產生二氧化碳，並經由葉或根部將二氧化碳釋放出去。此外醣類被動物利用時，在體內經呼吸及排泄作用也會將二氧化碳放出，而且當動物死亡後，會被土壤中的微生物所分解，遺體中的碳會被氧化成二氧化碳釋放大氣中。



圖二 碳在自然界中之循環

而回歸到大自然。

而在海洋中碳的循環過程，是經由溶解在水裏的二氧化碳，經光合作用轉變為植物或浮游生物體內還原態含碳化合物，並釋放出氧氣。陸地或海洋中的動物攝取這些含碳化合物作為食物；而在生物呼吸作用或生物遺體經微生物分解，又消耗氧氣而產生二氧化碳，並釋放出能量。至於在深海之中，由於大氣中之二氧化碳溶解在海水中產生了碳酸根離子（ CO_3^{2-} ）與水中之鈣離子（ Ca^{2+} ）結合，以碳酸鈣（ CaCO_3 ）沈澱的方式沈積於海底。此外，一些生物遺體也可在缺氧的狀態下逐漸沈積下來，最後轉變成煤或石油的沈積層。而經人類開採後在空氣中燃燒後又再產生二氧化碳釋放到大氣中而回歸到大自然。

5. 氮的循環

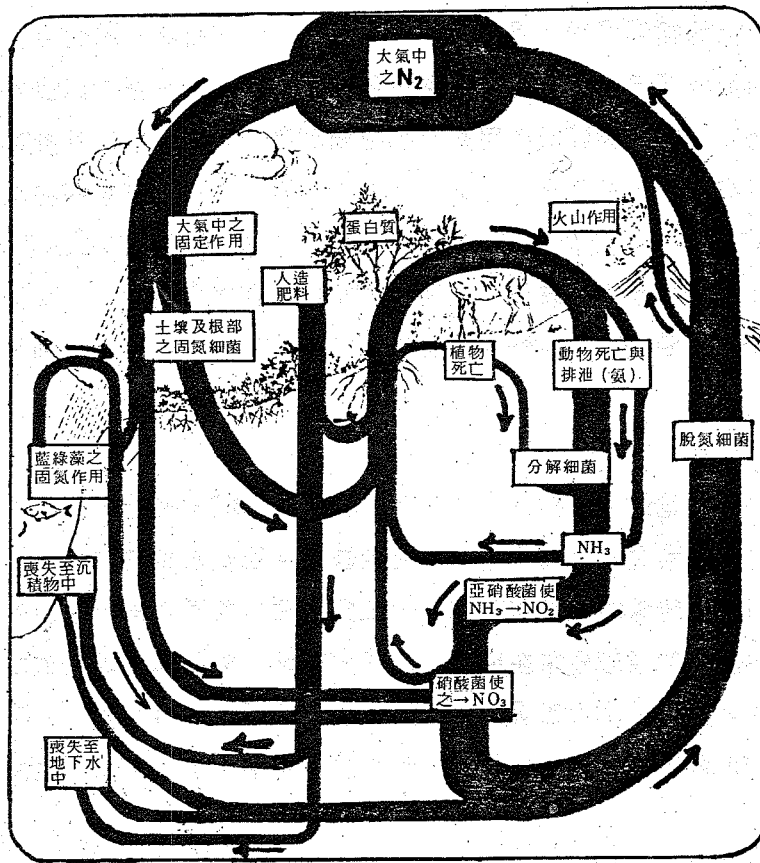
氮在大氣中的含量最多，約佔五分之四（78.08%），氮是生命要素，為構成胺基酸及蛋白質的主要元素之一，為人體之不可或缺者。但是氮本身並不能被多數的生物體直接利用，必須經由特殊的固氮細菌或利用工業方法將其固定後，始能充分的被動植物所利用。氮在自然界的循環分布在環境中的任何區域，氮的循環是雙重的，大循環中有小循環（圖三），其一是由大氣層中的氮經生態系統循環下再回到大氣層；其二是氮化合物由水和土壤進入食物網中，分解後再回到水或土壤中，水及土壤中之微生物把這兩個環節連接起來。

在氮的循環過程中，大氣中所含的氮（ N_2 ），可藉著空中的閃電和氧化合而形成氮的氧化物，再逐漸被還原成氨（ NH_3 ），或是氮直接經由固氮生物的固氮作用而產生氨，進而加入土壤中。氨可再藉著生物體中酵素的催化作用，進入細胞蛋白質中，成為有機的含氮化合物。此外很多細菌可將土壤中之氨或硝酸根還原成氮氣而釋回大氣層中（脫氮作用），因而完成整個氮的循環。

氮的循環和氮的氧化、還原之關係很密切，由於氮具有多種氧化數能和氫、氧及其他原子形成多種化合物如表二所列。當氮在環境中高度的氧化後，便可形成硝酸根離子

表二 氮的氧化數與其化合物

氧化數	+5	+3	0	-1	-3
化合物	硝酸根	亞硝酸根	氮氣	脛胺	氨
化學式	NO_3^-	NO_2^-	N_2	HONH_2	NH_3



圖三 氮在自然界之循環

(NO_3^-)，此乃為土壤中氮的主要型態之一。然而多數的氮在土壤中由於氧氣的不足而被還原成為氨或銨根離子(NH_4^+)，在土壤中一旦出現氨或銨根離子，即可被植物根部所吸收。氮在植物體內先被合成胺基酸(amino acid)，然後再組合成蛋白質。如果動物攝取了這些植物，則其中之氮又會被組成新的蛋白質，而無論植物性蛋白質或動物性蛋白質，最後都會由於動植物死亡後在土壤中受到微生物的分解而放出氨或氮而返回大氣回歸於自然。

6. 氧的循環

氧在自然界中可以許多種不同的形式之化合物存在，如最基本的分子態氧(O_2)，臭氧(O_3)以及水(H_2O)、有機物、無機物之氧等。氧的循環和二氧化碳、氮以及水等有很密切的關係。目前大氣中之氧大部分是源自生物，少部分轉變為臭氧，臭氧在大氣層中能將到達地球表面的輻射能中能量較高，波長較短的紫外線($< 300 \text{ nm}$)加以吸

收，氧也能和地殼內的很多其他元素化合，再加上若干的變化，因此在整個自然界中才會很密切的進行交互作用（圖四）。此外氧和臭氧也可參與空氣中之二氧化氮的光化循環（圖五），而使氧與臭氧在大氣中能維持平衡。

二、水的循環

生命不能沒有水，因此人類要生存就不能沒有水。生物的化學反應要在水中進行，生物體內的所有細胞差不多百分之八十都是水分，生物的管脈中也有液體在流通才能輸送養分和帶走廢物。那些液體在動物體內是血液，而在植物體內則為樹液，以人類體內的血液來看，其構成之成分中約有百分之七十三為水，可見水分對人類及其他生物之生存是何等重要。

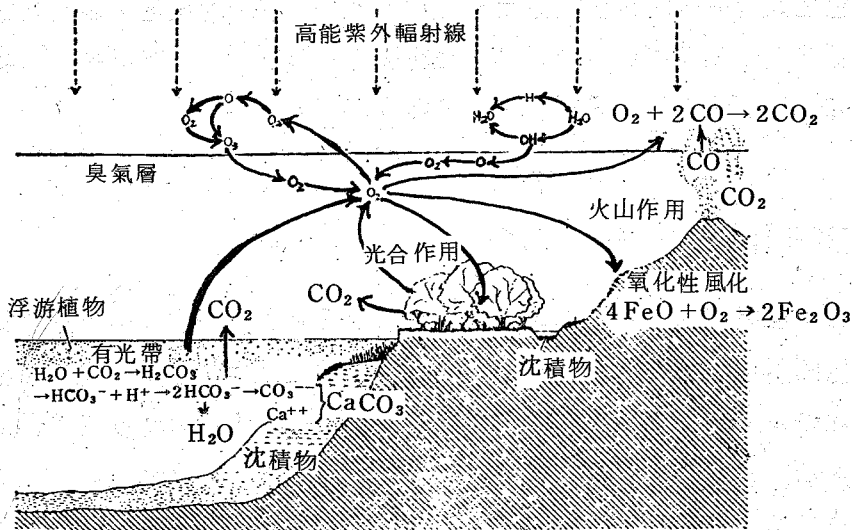
1. 水的組成與特性

水是由氫和氧化合而成的，分子式為 H_2O 。水乃存在於自然界中，其中以海洋水最多，約佔地球表面面積的四分之三，其他如江、河、湖泊、泉井中之水；地下河道或水道及滲濾至地層底下之地下水；以及天然窪地、沼澤、雨水、溶雪等交錯散佈泛流之水。而這些水在自然界中具有下列四個特性：

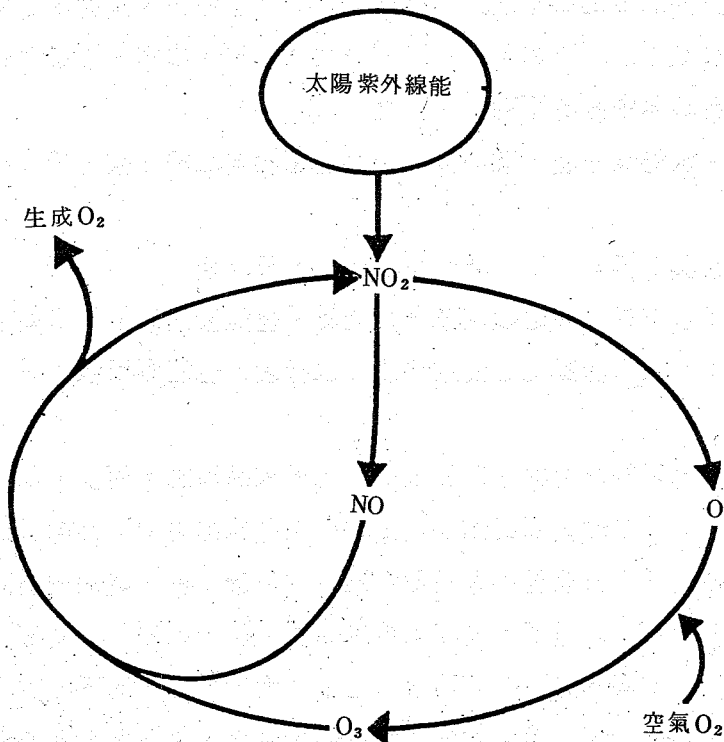
- (1) 溶解力：水能將土壤、礦物或岩石中之礦物質如鈣、鎂、鐵、鋁等溶解而成均勻的液體。
- (2) 浮力：水具有浮力，所以能便於行船及架設浮橋。
- (3) 滲透力：水不僅能在地表面做水平流動，也能滲透到地下成地下水。
- (4) 流動力：水具有流動力，使船舶能順水行駛，也能利用水力來發電。

2. 水的循環：

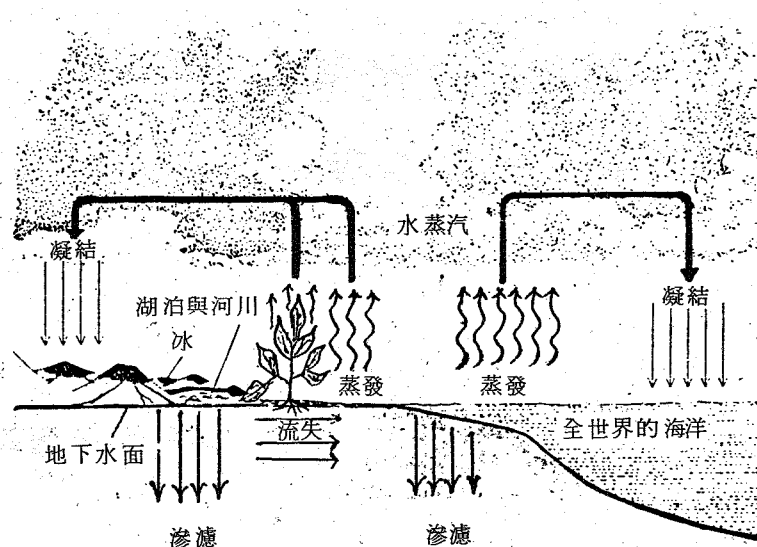
水是生物生命過程的媒介物，世界上的水主要來源海水，而淡水則只佔總量的百分之三而已。其中四分之三的水卻封鎖在兩極的冰山和冰河之中，其餘大部分是地下水或形成湖泊、河川等。水在自然界中之循環（圖六）和碳、氮、氧的循環同樣複雜，但其循環對生物體的生命卻非常重要。要使水得以循環不已，端賴太陽造成的水陸溫差、水分蒸發、氣候變化、霪澤降霖；當水掉落到地上，大部分滲入地下，匯入衆泉，一部分流到沼澤、河川、湖泊、海洋中。水分蒸發可經由海洋、江河之水受陽光照射而蒸發外，在陸地上亦可經由植物根吸收，再由葉部經蒸散作用而又把水分蒸發到天空中，在天空中之水蒸汽受到大氣壓力以及大氣溫度的變化，可凝結成雨水、霜、雪等又降回到陸



圖四 氧在自然界的循環



圖五 二氧化氮的光化循環



圖六 水在自然界的循環

地或海洋中，水必須經由此一複雜的循環來補充或供應地球表面一切生物之所需，由此可知水的循環對生物界的重要性。

三、結 論

水、氧、氮及二氧化碳等的自然界循環，在我們生態領域（Ecosphere）中扮演著相當重要的角色，可以說是推動整個生物圈的原動力，任何生命的持續過程都少不了它。因為生物圈中之所有生命的個體中包含著各種不同的化合物，此化合物主要是由碳、氧、氮和氫等四種元素所組成。而這些化合物在自然界中必須有賴於碳、氮、氧和水的循環，才能不斷的生成、消耗及相互轉變，且能永遠保持着一種連綿不絕的循環狀態，使得生物圈本身就好比是一個巨大的循環系統，再加上能量的循環，構成了整個生命現象。

四、參考資料

1. 國中理化第一冊，第三、四章：大氣與水。
2. 國中地球科學（上册），第二章：地球的構造。
3. 高中化學，第一冊，第三章：大氣，第四章：水。
4. 高中基礎地球科學，第十章：大氣的結構。
5. 于名振等：生界——我們的生存環境。