

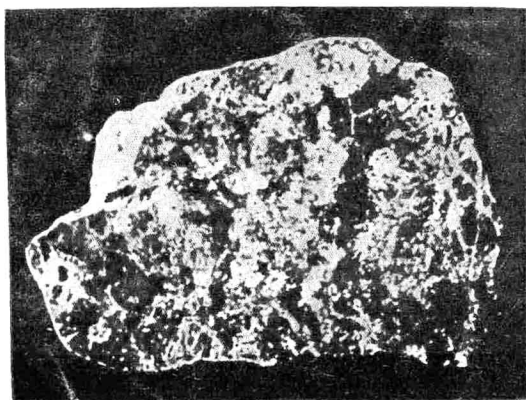
自然科學小叢書

地 球 化 學

下 冊

W. J. VERNADSKY 著

譚勤餘 任夢雲譯



商 務 印 書 館 發 行

自然科學小叢書

地 球 化 學

下 冊

W. J. Vernadsky 著
譚勤餘 任夢雲 譯

王雲五 周昌壽 主編

商務印書館發行

第六章 地殼中之碳素及生物質

三十六 碳素之重要及其分布狀況

碳素爲地殼中最重要元素之一；其所有地殼構造之機能，比其所有分量更爲重要。觀前數章所述碘、氧、鋁、錳、矽等元素之化學史，隨處均可見生物質之重要。而生物質與碳素原子之特性有關係，固彰彰明也。同樣，其對於生物之影響，就其他元素而言，亦可以知之。蓋自拉瓦節研究以來，碳素對於生物界甚爲重要，已得正當之認識。

然宜注意者，一般人以爲生物質係以碳素爲主成分，其實決不然。蓋生物之主成分爲氧素及氫素，氧素佔半量以上，氫素與其 10% 以上相當。其他之元素碳、氮、鈣，則平均各有 1% 以上而已耳。陸上植物及一般脊椎動物等，約含有 $10\sim 20\%$ 之碳素，即特別富於碳素之生物，雖亦確實存在，然

同時富於水分之多數生物及一切水棲生物等，其所含碳素之量，不過爲生物體千分之一，或竟在千分之一以下，不可不知之。自地球化學而言，生物乃爲富於碳素之氧素化合物，不過有時含10%以上之碳素而已。蓋碳素在生物界之居重要地位，非因其量多，乃因其具有化學特性，即其原子有特殊結構，而最主要之原因，似在原子表層之電子。

同樣之事實，不僅限於生物界，即就其原料而言，亦正相同。在地球化學反應中，碳素之重要作用，不問其爲生物界或無生物界，其價值常比其存量甚大。

包含初成、變成、表成各圈之地殼，其所有碳素之平均量，約與其千分之一相當。據岩石學者及化學者之計算，例如克拉克及瓦辛通之新計算（一九二四年），不過0.2~0.139%而已。然就著者觀之，此數與事實不一致；蓋其估計僅根據碳酸岩（石灰岩等）、碳酸氣及火成岩中之碳素，且不過就普通分析表上之CO₂，加以考慮而已。且同時其所根據之火成岩，乃推定其佔有地殼之35%；而火成岩中富於碳素之氣體物質，或挾雜之少量有機性碳質物等，則置諸度外。又變成岩內，亦集中有鉅量之碳質物，尤其如富於碳素之石墨片麻岩（*Graphitic gneiss*），其分布比普通人所想像者

甚爲廣大。石墨不僅存在於準片麻岩(paragneiss)中，正片麻岩(orthogneiss)中亦有其存在；又含石墨之花崗岩形成大塊而產出，亦屬事實。一般人所行之普通化學分析，此等碳素均未列入計算中，而吾人所有之知識，原以舊觀念爲根據，今則有依新化學方法加以改良之必要。上述火成岩之估計，及其平均成分之決定，不惟常將鉅量之準片麻岩棄而不顧，且對於鉅量之花崗片麻岩亦度外視之。觀第八表載地殼第三分圈所有火成岩中之碳素量，明明比迸發花崗岩中之碳素量大。就此等事實而言，可知歷來之觀察皆不充分，故由古代火成岩及片麻岩可放出之含碳昇華物及射氣質(emanation)，須徹底研究，乃爲大有興趣之問題。

又克拉克之平均碳素量，固未計及水成岩與變成圈上帶，而石炭層下磐之碳質泥板岩及片岩等，其所含碳素之總量，比石炭(煤)自身更多。例如阿岡紀(argonia)紀之片岩中，往往含20%以上之碳素。此外地殼深層之石墨固不待論，即氣態乃至固態之初成碳素礦物，例如碳化物(carbide, carbures)、碳醯基(carbonyl)、氧化碳(CO_2 , CO)，以至於氰化物(cyanide)等，似皆未列入克拉克之計算中。

蓋地殼中所有碳素量之估計，應有增加，克拉克及瓦辛通之計算，實認為過小。依著者之計算，地殼所含之碳素量，可達千分之四乃至千分之五。即碳素總量小於鈦素（ 0.6% 以上）乃屬明顯之事實。

然碳素在地殼中之分布狀況，極不均勻。欲求得正確之數字固甚難，但岩石圈之化學分圈上層（第六至第七分圈，可觀第八表），集中有碳素，實甚明顯。

水成岩中之碳質物及 CO_2 狀態之碳素，據克拉克計算，謂其平均量達 2% 云。

事實上此平均量有顯著之變化。在多石灰岩之地方，或地殼中富於碳素之部分，其含量可達 $10\sim12\%$ ；生物圈中除去海洋之外，恐其量或比此更大。反之，地殼由砂、黏土、火成岩、結晶片岩等所成之部分及海洋水中，縱令為接近地面之分圈，其含碳素之量，有時比地球全體之平均量或更低下。無論由何方面研究，在岩石圈表層，集中有多量之碳素，可達地殼平均之 $5\sim10$ 倍。

碳素對於地球化學作用之影響，以其化學性質為主，故集中愈多，愈見其重要。

就碳素之地球化學史而言，須注意次述二種基礎化學特性：（1）在地面上形成生物質，而

爲最有特徵之組成元素。(2) 碳素之初成礦物，多成爲氣態。此二事實，在全地球化學史上所留之印象甚深。

三十七 碳素礦物之穩定度

他一方面，碳素之化學特性，有加以注意之必要。其最主要之特徵，乃其天然有機物，對於地球之熱力學作用，甚爲穩定一點。此種變化，不獨進行極緩，且往往至全不見其變化之狀況。普通認爲極不穩定之含氮碳化合物，在地殼中竟成穩定之狀態，天然石油中即常含此種成分，如喹啉核 (quinoline, quinoline) 化合物即是。又某種腕足動物 (brachiopoda) 之角質 (chitin) 部分，自寒武紀以來，雖經過數百萬年，猶能保存於水成岩中。又如葉綠素等類蛋白質，若在適當之條件下，亦可保存至數百年或千年以上而不變。

在地殼之熱力學條件及化學條件下，除生命現象之外，凡天然產之碳素化合物，皆極穩定。構成生物質之各成分，如蛋白質、脂肪、醣類等，幾能保持穩定狀態，雖有變化，但極其徐緩，而其與生命

現象相分離時，仍不失其原有之結構。凡腐敗及發酵等作用，在生物死後，所有生物質之變化，實屬於生物化學現象。蓋巴斯德（L. Pasteur）曾由實驗證明有機物中若無菌類存在，則絕對穩定故也。凡有機物質，若在生命現象之範圍以外，又處於無菌之環境，則縱令受生物圈之常溫常壓作用，亦不過發生極緩慢之變化，或竟不起變化而保存原形，其例實不鮮。例如在泥煤中或乾燥地方，有機物或保持其穩定狀態，或僅其中分子結構微起變化等是也。

碳素礦物，比生物直接分解之產物更為穩定。

就天然生物質及有機化學之實驗而言，碳素化合物有多數分子起明顯之變化。天然生物質中含有數百萬之碳素化合物，實驗室中所合成者，亦達數十萬。此等碳素化合物，在實驗室內，容易使變成無數之化學分子，而此等化學分子之特性，則各有顯然之區別。

然生物質範圍外之碳素化合物，則與上述者大異。其種類之數雖亦極多，而各個組成物則難區別，其性狀皆極相類似。此等物質極穩定而不活潑，僅有極緩慢之化學變化；故以普通方法，不能達研究之目的。彼如煤、石油以及所謂腐植物等之化學，雖經極大努力與辛苦，亦不過漸明瞭其一

部分之性狀而已。

此等地殼中之碳素化合物，由實驗室之合成法或生物作用，而不能造成之，殊不可解。縱令依普通有機化學反應，亦可造成腐植物或樹脂狀化合物，與天然產者相同。然其研究，僅止於造成同樣物質，而其反應之經過，則全未加以考察。

但就生物化學以及地質學而言，此種考察，決不可忽視。故吾人對於一切生成物，縱令非主要之反應，亦不可不加研究。

生物質方面亦可生成不活潑之穩定碳素化合物。此等物質構成生物體之最穩定堅固部分，且生物之排泄物等中，亦有多量存在。而此等物質，在生物死後，則集中於其殘渣內，遂構成碳素礦物之主成分。觀碳素礦物之根源，常為生物化學之生成物，或為生物之殘渣與排泄物等，亦足以表現上述之關係。生物繼續產生不活潑物質，永無止境，同時其分解甚緩，故其堆積物與時俱增。

此種化合物之科學的研究，雖甚緩慢，然確有進步。其研究為有機化學新闢之領域，今日正方興未艾，其目的在欲明瞭穩定而不活潑之碳素化合物，其分子結構如何？而其範圍不亞於原來之

有機化學。

此等化合物之研究，不特對於碳素原子之地球化學至關重要，且不問其穩定與否，亦不論其爲活性或非活性，若不考察所有一切碳素化合物，則碳素之異常特性，不能明瞭。

碳素之出產狀態，可分爲三種完全不同之礦床。此等礦床對於碳素之歷史，影響甚大。

(1) 僅在生物圈，尤其在生存期間之生物體內，有數百萬種穩定之生物質碳素化合物。

(2) 由生物體以外之地面化學作用生成數百萬種碳素化合物。

(3) 生物之產出物、排泄物及排泄氣等。此等物質漸變成碳酸礦物，而脫離生命之化學平衡。

碳素之表成礦物，由生物之排泄物及死生物質等徐徐變成，其作用不僅支配碳素之地球化學而已，且氧素、氫素、氮素及硫素等元素之地球化學，亦受其支配焉。

由上述諸作用所得之結果，碳素化合物起大規模之擴散現象，遂致生物圈內所有一切物質，皆有碳素侵入其中。生物之殘渣，任何處所，至少亦有其微痕存在，凡水、土壤以及生物圈內之其他一切礦物中，必由某種作用而含有碳素。

生物圈之一切物質，由地質變化，埋入地殼深層，遂致來源於生物之碳素，廣布於各地層中。蓋地殼之物質，幾莫不含有碳素。然此種微量之碳素化合物，常難知其正確之化學性，僅視其能漸漸變成游離狀態之碳素而已。就一般言之，可認其為最穩定而分布最廣之二羣碳質物。其一羣為含有氧素之腐植物，他一羣與醣類（即碳水化合物）相近似。兩者之終局，雖皆變成碳素，然醣類在表成及變成帶，甚為堅牢，經過各地質時代，而仍保存其原狀。考碳質殘渣之化學特徵，常與其由來之生物質之分子結構有關係。

碳素之分散狀態，與溴素、碘素相比較，不過僅有一部分相類似。碳素分散後所成之最後產物為天然碳素，即石墨是也，此純碳素為固體，地球上無其氣體或液體存在。又碳素原子，是否能成游離狀態？現在雖尚無何種證據，然因研究不充分，亦不能否認其可能性。

碳素有此種擴散狀態，對於地球化學史有重大之影響。試觀生物之特性，及地球上有多數不堅固之氣態碳素化合物存在，即爲說明碳素機構之二種事實。

任何處所發見之碳質痕跡，明明由各種根源而來。一方面爲顯微鏡的生物，或竟爲超顯微鏡的生物之最後殘滓，他一方面與極端擴散之氣態碳素化合物，分解而生成固體或液體之最後生成物相當。

生物死後，變質成氣態、液態及固態碳素化合物。此種變化，不問生物之大小，亦不問其爲人眼能見與否，皆爲共通之現象。然陸上之綠色植物及高等藻類之殘渣中，以腐植物爲主成分，而碳化氫類，則多爲不含動物質及葉綠素之植物、單細胞藻類、孢子、花粉等之殘滓。

最細微之生物，對於此種碳素之分散現象，其影響最大。

極細微之生物、微生物及超微生物等，其組成不如一般人所想像之簡單，往往有由三十種以上之化學元素以構成者，且與其周圍之物質有顯然不同之區別。此等生物爲化學活動之中心，同時爲極端微粒化狀態之液體或固體。此種物質之微粒化作用 (*pulverisation, zerstäubung*)，其

主要原因，以生物最爲有力，地殼上鮮有他物能與之比擬。而此種微粒化物之化學活動力最強，在普通實驗室內，亦爲常遇之事實。

欲使物質起微粒化現象，須先打破其凝結力。然液態或固態之微粒子，則與其表面張力即毛細現象有關係，該物質若不破壞，則其關係永遠存在。查微粉狀物質及被微粉化之物質，僅存在於地球表面，而微粒子經過之時間若久，則漸漸固結成團，在變成圈上帶，已達到固結之狀態，即由壓力之影響，化學作用及膠質作用等，一切微粒子漸被膠着而成堅牢之固態物質。

地面上成爲物質微粒化之原因者，如形成液態或固態薄膜皮之氣體物之分解作用，火山及氣孔之爆發，溶液噴出時生成膠狀物之影響，水或石油之噴泉，水或空氣活動時所有運搬物及生物之作用等是也。

微粒化作用之中，生物作用最爲有力，因其作用繼續不息，遂使多量之地殼物質變成微粒。生物亦變成特別之微粒，即微生物是也。微生物不特極其細微，且有極複雜之構造，其化學活動既甚偉大，又可使地球上其他生物變成同樣之「單位微粒」(staubeinheit)。

考生物之繁殖能力，在生物圈起變化之一切現象中，最爲重要。原子移動時所受生物之影響，即生物之地球化學能，實存於此繁殖力中。此種微生物之地球化學活動，即成爲微生物粒子與時俱增之繁殖現象，遂致地球上微粒化之作用。

微生物死後，更能生成微粒子。然此等生物羣，其死亡現象比較少。生活中之生物體，最小限度亦與膠粒 (micell) 同大。膠粒之直徑達 10^{-6} 釐米，固無疑義，或竟達 10^{-5} 釐米，亦未可知，然決不至如分子，或原子之大 ($10^{-7} \sim 10^{-8}$ cm.)。

要之，由微生物繁殖所起之「微粒化作用」，遂生成「微粒子」，其最小限度，與物理學所容許限度內之微分子同大。

微生物死亡及分解所生之極微粒子，惟特別地變時有之。然同樣之「有機性微粒」，在普通生命現象中亦可生成；尤其是形體大之生物，若死後不被其他生物食作營養料，即可生成此種微粒。

此種生物殘滓皆富於碳素，其一部分成爲二氧化碳等氣體物質，他一部分則成爲細微之液

態或固態多碳「細塵」。此種細塵之質量極小，常被表面積大，而具有強表面張力之物質所吸着，即地面上所有物質，如表成礦物、地面水、各種氣體及生物體等皆吸收此等細塵。此等細塵在氣體成懸游狀態，在水中成溶膠質 (sol) 或乳濁質 (emulsoid)，在固體中則侵入內部而存在，遂分散於生物圈之一切物質中，其總量甚大。

分散最細之碳素及碳素微粒，除上述者外，天然發生之含碳氣體分解時亦生成之。

此種天然氣體之一部分，其根源明明爲生物。按生物質多放散氣體揮發物——即臭氣——，而其一部分起化學變化，成爲堅牢不活潑之固體或液體，如松節油 (terpen) 之氧化物，即其例也。

氣體物質，如甲烴 (CH_4) 等之發生，常可在富於有機物而缺氧素之環境，例如停水底生物死後腐敗分解時見之。他一方面，此等氣體，由初成乃至變成之種種根源，常由深地層揮發以達於地面，其量雖不甚大，而其發生則繼續不絕。

蓋包圍吾人之大氣中，到處分散有含碳氣體，又由種種原因而分解，遂至殘留細微粒子。

例如甲烷及其他碳化氫，遇暴風雨時自然界之放電作用，遂致分解是也。

由此種高度分散之氣體物質變成固態殘滓，即成爲細微之碳素微塵，以沈澱於吾人周圍之物質中，經過時間愈久，愈可成爲純碳素，若有活性炭存在，更可變成二氧化碳。

含有碳素之氣體，在變成圈內亦起同樣之分散，而生成微粉狀之碳素，應無疑問。如氣體物質分解成爲石墨，已在錫南及德國之帕索(Passau)等地方見之。然其氣體稱之爲一氧化碳或撥基金屬，而其碳素粒，則依該地圈之狀況，普通起再結晶現象，立即集中而形成大塊物質。

此種碳素之分散狀態，決不可等閑視之。其對於不可稽考之長遠地質時代，雖爲微渺之現象，然已成此偉大之結果，人皆知之矣。

如此分散極細之微粒，一方面生成多種複雜之物質，與同量之固體或液體相比較，可營自由迅速之化學反應。他一方面，如此形成之液狀或半液狀微粒子，在適當之條件下，可集中而成更大之液體。此種作用甚爲重要，如石油即天然碳化氫之地質史，即爲其適當之例。然而分散狀態若繼續存在，則此種碳素微粒子隨地質時代之經過，而各成爲二氧化碳或石墨，蓋起一定之循環變化。

而未已也。

如此分散之碳素，由深地層之初成碳素化合物而來，固不待論；凡生物質及表成礦物內之碳素，莫不有相同之來源。蓋由深地層放出之含碳氣體，地面上常可發見之。

三十九 碳素之初成化合物

吾人所有初成碳素化合物之知識，極不充分。又其觀察材料亦極不正確，非用適當之假說，則不能綜述初成碳素之歷史。

一部分初成碳素，與花崗岩圈下部最深地殼之作用有關係，而此種作用之研究材料則甚少。如石油之無機成因假說，常出沒於科學界，今猶未見絕跡，蓋有若干事實，足以刺激科學家之想像心理，如柏德樓（M. Berthelot）、阿比喜（H. Abich）、門得雷葉失、莫阿桑（H. Moissan）等諸權威，均不免受其刺激，同時碳素之歷史，未解決之問題甚多，足供吾人研究之事實亦不少。

在未綜合論述之先，現列舉已知之事實如次。碳素之初成礦物，尙少有大量集中之例。其分布