

講話

地球を構成する地質と其の分布 (二)

理學博士 松 原 厚

今一つ重要な事は地殻を深く下れば下る程次第に還元状態が濃厚になつて行く事である、この事實を證明する卑近の例を上げて見るならば、多くの金屬鑛山などに出る金屬硫化物、硫砒化物、硫黃鹽の類はもごとく地下の深所から上昇する温泉の沈積物たる場合が多い、それが結晶になつて鑛脈の壁に附着する時期に於てはそれらの鑛物はその温泉中に於て極めて安定なものであつたに相違ない、然るに一旦之を掘り出して大氣中に曝露して置けば須臾にして酸化して了ふ、即ち硫黃は二價の陰原子からして中性原子になつて遊離硫黃となり、或は更に進んで六價の陽電荷を有するものに酸化して硫酸又は硫酸鹽を形成する。元來吾々の棲息する地球表面では酸素は大約五分の一氣壓といふ様な莫大な分壓を有して居るから、個様な所では硫化物などは到底安定であり得ない、彼等は硫化水素、水素、一酸化炭素或は硫化アルカリなどを含んで居る様な高度の還元状態にあるメデ

ウムの中に於て始めて安定であり得る。して見れば硫化物鑛床を形成した鑛床母液は地表或は地表に近く流れて居る水などに比すれば、比べもつかぬ高度の還元状態の下にあつたものである。

デー及びセファードの二人は、布哇のキラウエア火山の噴火口から出る瓦斯を採つて分析した、ある試料では其中に水素七、二パーセント、一酸化炭素五、六パーセント、炭酸瓦斯二三、八パーセント、窒素六三、三パーセントを検出した。試料を採つた時瓦斯は出口の處で焰を上げて燃えて居ることを報告して居る。この瓦斯中では遊離酸素は検出せられて居ない、無論それは其筈で、水素や一酸化炭素のある様な高度の還元状態にある瓦斯が高熱の熔岩溜から吹き出して居るのであるから、酸素は燃焼に使用し盡されて居らなければならぬ、そして其所に残存する酸素の量は眞に理論的の微量である。試みに今この瓦斯中に何事の酸素が残留して居たかを計算して見やう。

炭酸瓦斯の解離、即ち



なる化學平衡に於ける温度と壓との關係に對して

$$\frac{1}{2} \log [\text{O}_2] = \log [\text{CO}_2] - \frac{14753.8}{T} + 1.221 \log T$$

$$-0.00037 T + 1.3016$$

なる近似式が發見せられて居る、この式に於て〔O〕及び〔CO〕は夫々酸素及び無水炭酸の分壓を表

はす。Tは絶對溫度である、今計算を簡單にする爲めにキラウエア火山の噴出瓦斯の總壓を一氣壓としてTの値を高く見積つて一千度ととる、換言せば、溶岩の上に出來た短い噴氣パイプの中に溫度を攝氏七百二十七度と見ると、前式からして

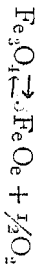
$$[O_2] = 0.000000065$$

然るに地表では

$$[O_2] = 0.2$$

であるから之は實に天地霄壤の差である、之を以ても岩漿溜の邊が如何に高度の還元狀態に置かれて在るかを窺ひ知ることが出来る。

鐵の酸化物の内で、地表に於て最も安定なのは勿論第二酸化鐵(赤鐵礦 Fe_2O_3)である、之は鐵が攝らるゝだけ多量の酸素を攝取した形で、それ自身に巨大なる酸素解離壓を顯はすものである。之に比すれば磁鐵礦(Fe_3O_4)は餘程酸素分の少い化合物であるが、之でさへ高溫度に熱すれば莫大なる解離壓を顯はす、余の實驗によれば磁鐵礦の解離即ち



なる可逆反應に於ける平衡壓は

$$\log [O_2] = - \frac{32254}{T} + 1.75 \log T + 7.23485$$

なる式で表はされ得る、こゝに〔O〕及びTは例によつて夫々酸素の壓及び絶對溫度を表はす、この式によつて種々の溫度に相當する解離壓を計算して見れば左表の如くなる。

溫度(攝氏) [O₂] 氣壓單位(概數)

二七二	三七〇
三一〇〇	七〇〇〇
三二五〇	一九〇〇〇
三三五〇	三六〇〇〇
三五〇〇	八八〇〇〇
三八五〇	五四七〇〇〇
三九〇〇	六九四〇〇〇
三九五〇	八七五〇〇〇
四八〇〇	二九六二〇〇〇

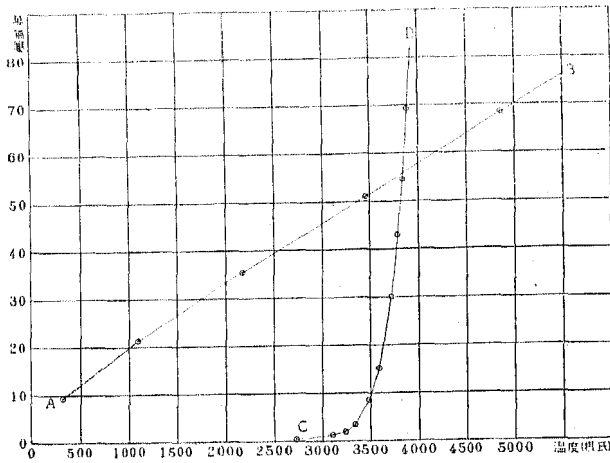
實驗には無論攝氏一千三百度以上にも上ることは困難であるが、實驗によつて求めた溫度と壓との關係を最も正確に表はす所の前記の方程式を求めその方程式によつて實驗によつて達し得られない高溫度の事情を推測するのである。頂度之は照準を正確に定めた所の長距離砲を放つて遠方の敵狀を索るのと同様で一面から見れば心許ない偵察法であるが飛行機偵察に相當すべき突飛な實驗法が

發明せられて居ない學界の現状では先之を以て中らずとも遠からざる數字が得らるゝといふ處に満足するより外はない。

ルンは地表からの深さと、溫度竝に壓との關係を計算した、其結果は左表の通りである。この表では壓は一平方糎の上にかゝる力をメガダイン單位で表はしてある。概數をとるならば直ちに之を氣壓單位と見るも大差ない。

中心よりの 距離 (半徑を1.0とす)	表面よりの 距離 (キロメートル)	壓 メガダイン /□糎	物質の 比重	溫度 (攝氏)
1.00	0	0	2.80	0
0.95	319	97000	3.37	320
0.90	638	215000	3.95	1110
0.85	957	353000	4.54	2190
0.80	1276	510000	5.13	3470
0.75	1595	684000	5.71	4880
0.70	1913	874000	6.28	6350
0.65	2232	1077000	6.84	7860
0.60	2551	1289000	7.38	9360
0.55	2870	1507000	7.90	10830
0.50	3189	1727000	8.39	12250
0.45	3508	1944000	8.84	13590
0.40	3827	2154000	9.26	14840
0.35	4146	2353000	9.64	15980
0.30	4465	2535000	9.98	17000
0.25	4784	2698000	10.27	17880
0.20	5102	2836000	10.51	18610
0.15	5421	2947000	10.70	19190
0.10	5740	3029000	10.84	19610
0.05	6059	3078000	10.92	19870
0.00	6378	3095000	10.95	19950

圖 六 第



地球を構成する物質と其の分布

この計算も矢張り長距離射撃の一種たる事を免れないが、比較的表層部に於ける温度と壓との關係は深部に於けるそれに比較すれば精確度が大である、第六圖△B曲線はこの關係と約四千八百度の邊まで表はして居る。同圖のCD曲線は磁鐵鑛の解離壓と温度との關係を表はす、A, B, C, Dと

の二曲線は大約四千度の邊で相交はる。この四千度といふ數字が何處まで正確であるかは別問題であるが一般に温度の上昇に伴ふて磁鐵鑛の解離壓は急激な増大を示すに拘らず地殻の壓の増加は左程急激でないといふ關係が圖上で見られ、兩曲線の交る所が略々何の邊であるかを見當がつく、四千度といへば大凡地表から千三百呎の深さに當る即ち地球の半径の二割三分丈け下つた處であるこの深さまでは上部の岩石の壓によつて解離に基く磁鐵鑛の分解を防ぎ止めることが出来るが、之より下方になれば何うなるか、例へば地球の半径の二割五分即ち千六百呎許りの處に下つたとせば温度は四千八百八十度になるから磁鐵鑛の解離壓は既に二千九百萬氣壓に達する。

然るに其場所に於ける地殻の壓は僅々六十八萬氣壓であるから到底之によつて磁鐵鑛の解離を防遏することは出来ない。それ故斯様な場所にもしも磁鐵鑛が紛れ込んだとせば、其解離によつて成生した高壓の酸素は爆發して出るか又は酸素壓の低い方へ滲透して遁げるであらう。蓋 高級酸化物と低級酸化物とが相竝んで高溫の場所に存在するならば兩者の酸化度は何時しか平均せられて了ふことは理論上竝に實驗上明瞭なる事實である。而して瓦斯體は特に高溫度に於ては緻密な固體の中をも容易に潜るものであるから地球創生以來の測り知れない長年月の間には深部に於ける酸素壓の異常なる不平均は除却せられて居るであらう、特に又地球が一度熔融體であつたものとせば猶更のことで、解離によつて生じた酸素の如きは眞先に驅逐せられて居なければならぬ。磁鐵鑛のみならず之に類する關係は多數の金屬酸化物に就て成立するから結局地球の深部に下れば頗る低級な酸化物のみになつて了はなければならぬ。

之を要するに地殻の深部に於ては恐ろしい還元狀態が行渡つて居る事は爭ふ可らざる事實である。

さてこれまで地殻の深所に於ける事情に於て説き來つた所を概括して見れば

一、深部に降るに従つて鐵及マグネシア分が増す。

二、深部に降るに従つて硅酸分が減する。

三、深部に下るに従ひて還元狀態が濃厚になる。

これらの推論から来る當然の歸結として深部の物質中では橄欖岩の如き鐵苦土のオルト硅酸鹽が優越して存することが分る。又ドーブレーの實驗の示すが如く橄欖石も激しく還元せられると自然鐵を分別するのであるから最深部には自然鐵が存在して居ても少しも差支はない。

そこで前掲の問題に立戻つてオゾイファク玄武岩の事を考へ直して見るに其中に自然鐵が存することは本來我が地球の深部に於ける物質が然るべき機會に乘して地表に現はれて居るものと考へば直ちに了解の出来る事柄である。グリーンランドの如く大規模に玄武岩ドレライト等の噴出して居る處では餘程深い所にある物質が出て来る機會が有つたであらう。頂度餅の焼けた部分が盛に脹れ出せば、勢に乗じて中の餡まで附いて出る様な譯であらう。

尤もオゾイファク鐵の起原については多少の異論がある。同地方では褐炭の層が見られるから、自然鐵は玄武岩が褐炭によつて還元せられて生じたものであらうといふのである。然らば他の自然鐵の產地についても常に同様な事情があるかといふと必しも然うでないのみならず玄武岩が炭層を貫いた所に於て必しも自然鐵は發見せられない、それ故この説は採るに足らぬものである事が分る。

地球の開闢に就ては種々の學説が有る。一説によれば、地球は小天體の集塊で現今と雖尙天體が落ちて物質が附加はりつゝある。即ち全體としては石隕の様な不均一な堆積物である。然るに深所

になれば上部からの壓によつて熱を起し所々では幾分熔融して物質の分化も起れどもその現象は餘りに重きを措くに足る程重要なものではないとする。之の説はチャンバリンが唱へ出したもので集積説とでも命名すべきものである。之は從來行はれたカント、ラプラスの星雲説―即ち地球は熾熱の液體狀態からして冷却固結して今日に至つたものとする學説とは餘程毛色の違つたものである。何れの説に従ふとするも、我地球では、一度熔融現象が大規模に起つて全體が一つの湯の滴になつたものである事を否定することは出来ない、集積説が之を否定しなければならぬとせば、其點は集積説にとつて一大難點である、何故吾々は熔融現象をしかく重く視るかといふに、之には種々の理由と證據とが有る。

第一、メテオライトは一般に鐵分に富み、比較的硅酸分の少いもので、遊離硅酸などが稀に定性的に發見せらるゝことが有つても極めて微量である。其存在は落下の際に於ける急激な冷却に基く不完全なる化學平衡の結果で恰も基性岩中の晶洞に鱗石英が出来るのと同様の現象である。然るに我地球の表層に汎布する花崗岩片麻岩などは、普通のメテオライトとは似ても附かぬ程硅酸分に富んだ、白い、比重の小さい物質である、若しもメテオライトが集積して花崗岩になるとせば、何うしても一度融解して後に物質分化が起つたものとしなければ組成分の上からの矛盾を免れぬ。最も硅酸に富んだ隕石でも、硅酸分は四十五パーセントであるが、花崗岩では七十五パーセント以上もある。

第二、吾々は現代の活火山に於て融液よりして固結しつゝある火成岩を實見することが出来る。

加之一般に火成岩の組織は、それらが一度融液であつたものたるべき確實な證據を與へる。これは近世の合成的實驗によつて一層明確に證明せられた。即ち火成岩の組織は融液よりして晶結する場合に於て、理論上又實驗上起るべき複雑なる晶結現象を些末な點に至るまで實現して居ることである。

第三、集積說によれば地球の氣圈は、小天體が瀕した瓦スの集りであるといふ。然るに隕石中に包藏せられる瓦スの組成は前にも述べた如く無水炭酸、一酸化炭素、水素、メタンなどを含んだ恐ろしい還元性のもので無論遊離酸素などは無い之は今日の實際の氣圈の組成とは似ても附かぬものである等の瓦斯が相互に如何なる反應を起したからとて現今の大氣を作り出し得ない。これは實に集積說の死命を制する一大難點である。是非共隕石の瓦斯からして現今の空氣を製作しやうとならば一酸化炭素、水素、メタン等を悉く燃燒せしめて尙莫大なる過剰ある分量の酸素を供給しなければならぬ。これは何うしても固圀の發熱による酸素の解離に俟つより外はあり得ない。然る處隕石中には解離壓の大きな高級酸化物などは實在しない鐵分にしても精々で磁性酸化鐵の程度である。假りに地球を構成した隕石が全然磁性酸化鐵より成り純鐵を含まぬものと考へて見ても一氣壓の酸素解離壓を現はさんが爲めには表層部が二千度以上にも熱せられる必要がある二千度以上にも固圀の表

層が熱せられるとせば何うしても熔融狀態を考へぬ譯には行かない。

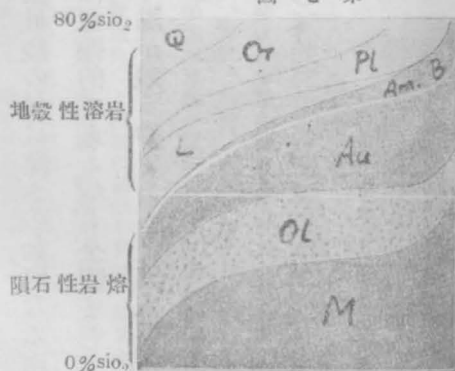
第四、熔融現象が一般的に起つたものとせば物質の分化が現今事實として見らるゝ如く起るべきことは合成の理論から證明が出来る。

之を要するに、地球が一度は湯であつた事に對しては争ふ餘地はない。然らば恰も製鐵所のベセマー爐に於けるが如く比重の大なる金屬の湯は下底に沈み硅酸に富んだ熔滓は上部に浮んだものであらう。而して地表に於ても、又太陽に於ても又メテオライトに於ても金屬としては鐵が最も優越して居るといふ點から見ればこゝに沈降する金屬としては先第一に鐵を推さなければならぬ。其上來る物質としては比重の大きな、融點の高い、鐵苦土のオルト硅酸鹽類で、兩者の移變りの部には多少の沈み残りの金屬を夾んだ所もあつて差支はない。斯様な部分が偶々何等かの機會に於て地表に流れ出したとせば即ちオヴィファクに見る如き石になる譯である。

地球の深部には鐵の外如何なる元素が存在すべきかに關しては種々の想像說がある。グーチエーは核心部の鐵は水素及一酸化炭素が溶かされて存する外炭化鐵もあり又鹽化ナトリウムも存在すると想像した。モアサンも亦地球の深部に金屬炭化物の存することを主張し火山活動には炭化物に對する水の化學作用が主動力となることを論じた。この時起る化學反應により水素及炭化水素が生ずる。後者は一部重合をなし一部は燃焼して炭素の酸化物及水を生ずる之は火山活動の際に見られる

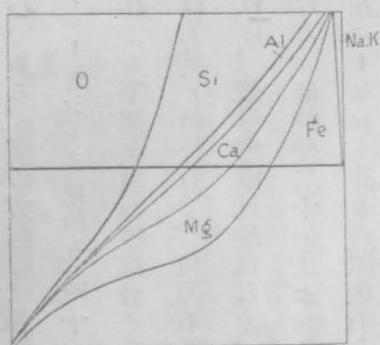
質の分布が如何に異つて居るかを表はす爲めに、頗る精巧な圖式を與へた。第七圖及第八圖は之を再録したものである。第七圖では縦の方向には硅酸の分量を表はし従つて間

圖 七 第



- Q
 Or 正 長 石
 Pl 斜 長 石
 Am 角 閃 石
 B 黑 雲 母
 Au 輝 石
 Ol 橄 欖 石
 M {鐵、ニッケル、コバルト、炭素、磷等}

圖 八 第



- O 酸 素
 Si 硅 素
 Al アルミニウム
 Ca カルシウム
 Mg マグネシウム
 Fe 鐵
 Na ソヂウム
 K ポタツシウム

接に地表からの深さを表はす實際の經過と符合する。エトナ火山の溶岩中で固形バラフィン並に液態炭化水素の發見せられた事などは之の説に裏書するものと考へられて居る。ブルンは鐵及び硅素の窒化物、炭水化物、並に或種のクロ硅酸鹽が深部に存在すべきことを主張した。

パウルは、地表からの深さの如何によつて物

即ち最上端は地球の表面で、最下端は地球の中心である、横の方向には各鑛物分の分量を表して居る、地殻の最上部に於ける岩石中の硅酸分を八十パーセントと見積り、四十パーセントの深さに白い横線を劃し、その線より上部を地殻性溶岩、それより下部を隕石性溶岩と命名して概略的の區別を立てた。地表では正長石の量が最も多く、其次は石英と斜長石で、角閃石及雲母は少量である。石英分六十パーセント位の處から横線を引いて見れば、最早遊離硅酸はなく、主成分は斜長石で、之に幾分の正長石雲母並に角閃石を交へたものになる。硅酸分二十パーセント位の深さに降れば、鐵其他の金屬が七十五パーセント許りで之に二十五パーセント許りの橄欖石を交へた物質になる。勿論硅酸の量は深さの如何なる函數であるかは不明であるし、圖形内に於ける曲線の走り方なども半ば想像的であるから全體としては一の模式圖に過ぎないけれども之によつて物質分布の概況を見得る點が頗る妙である。第八圖の方は主要元素の分布狀態を同様の圖式によつて表はしたものである。

前 號 正 誤

頁 行 誤

正

五〇

七

開する

關する

六〇

三

ウイデマン

ウイデマン