

地球内部の成分に就

いて (タンマン)

地震學者研究の結果によると、地球は密度二・九を有する千五百料の外殻よりなり、その次に厚さ千四百料密度五・六の中層が續き、其の下に九・六の密度を有する核が存在してゐることの事であり、此等各層の密度は外殻は硅酸鹽類より中層は重金屬の硫化物より、而して核は金屬より成ることを示してゐる。

夫れ故、地球は其構造の上から言へば、熔融状態にある坩堝内の内容物と等しいものであつて、その坩堝の中には、液狀の鑛澤（硅酸鹽類）の層の下に硫化物の層が在り、この硫化物の層の下に金屬の層が存在してゐる。或一定の溫度では、此等三層の間に、一定の平衡が成立ち、其平衡は三層を充分攪拌すると、速やかに現はれ來るものである。さて坩堝の内容物が冷えきつてしまふと、層の組成は、唯接觸面に於ての

み變化する。故に層の厚さが大であるか、冷えてゐる間に各層が充分混ぜられないならば、各層の一般組成は、根本的には變化しない。個々の層が結晶する場合にも、此等三層の平均組成が根本的變化を受くるに及ばない、何となれば結晶の間には、其組成と變つた液體が残つて居り、その液體は充分冷却されると、同様に結晶するからである。三層が完全に液狀で存する如き溫度に於て、平衡状態に成れる三層が有する組成と、三層の平均の組成は、それ等の冷却の後でも、根本的には、區別されない。

地球の最上層から、殘の大部は、其組成を定め得るものである。かゝる分析からの平均成分は、單に、最上地層の平均の組成分であるのみならず、厚さ一五〇〇料の硅酸鹽の外殻の組成として考へることが出来る、何となれば、外殻は曾ては液狀の均質塊を作つて居つたからである三層の中一層の組成がかくして知られる。他の二層の組成は、その組成から導かれ得る。何と

なれば、一つの層の組成によつて、他の二層の組成が決定されるからである。勿論、此處に問題となれる平衡に關する吾人の智識は、甚だ不完全なものである。然し、此の問題は、二つの應用範圍即ち冶金學と地球化學とに關係してゐるから、その研究を促がすであらう。其問題全部の内、現今は、唯一部分即ち、三層の間の金屬元素の分布のみを論じ得らるゝのみで、然もそれも單に質的方法で取扱はれてゐるに過ぎない。

若し、第一層と第二層との間、及び、第二層と第三層との間に、平衡が成り立てば、第一層と第三層との間にも、平衡が成立する。依つて第一の硅酸鹽層の組成から、金屬核の組成を推理することが出来る。

是迄は、次の法則が、吾人に役立つたのである。

液狀の硅酸鹽と金屬との間に於ける金屬の分配は次の如き方法で行はれる。即ち、貴金屬ならざる電氣的正の金屬は、大部分硅酸鹽

地球内部の成分に就いて

になり、貴金屬は硅酸鹽より金屬に變る。かくの如き、高溫度に於ける最下級より最高級に至る金屬の順位は、溫度二〇度で一立中に一グラムモルのカチオンを有する溶液中に於ける金屬の順位と全く同じである。この順位は又鹽化物の生成熱の順位である、夫れ故、一つの賤金屬と貴金屬の鹽化物との反應は發熱反應である。

この法則は、現今、この反應が研究される範圍内では、經驗により確證することが出来るのであつて、鹽化物の熔融物中より賤金屬は自からが鹽化物と成つて貴金屬を沈降せしめる。金屬に對する硅酸鹽の場合についても現今まで試みられた限りでは、同様の法則が適用出来る。

次の表は地殻中の金屬を其電溶壓の順に従つてならべられたものであつて、元素記號の傍には各元素が地殻中に存在してゐる、百分率を記したものである。但し後者はH・S・ワシントン氏の多くの噴出岩を分析して得られた結果の報

告による。

Cd.....0.0001	K.....2.6
Co.....0.001	Na.....2.8
Ni.....0.02	Li.....0.003
Pb.....0.0001	Cu.....3.6
Sn.....0.00001	Sr.....0.018
Bi.....0.000001	Ba.....0.048
Sb.....0.00001	(Ce, La)...0.001
H.....0.127	Fe.....0.001
V.....0.02	Al.....8.1
Cu.....0.002	Mg.....2.1
Ag.....0.000001	Mn.....0.1
Hg.....0.00001	Cr.....0.04
Au.....0.0000001	Zn.....0.0001
Pt.....0.00000001	Fe.....5.1

硫酸鹽層は鐵を多く含んで居るから、金屬核は、電溶壓の順で鐵に至る迄の、すべての元素を極く僅かに含んで居るに過ぎない。

硫化物の層については、不確かでもあり、猶且研究の必要はあるが、若しこの場合にも、鐵より下級な金屬の關係してゐる地球の餘成分も明らかにし得るであらう、何故ならば、それ等は唯硫酸鹽層のみに存在するからである、故にセリウム、ランサナム等の稀有土類金屬やベ

リウム及び亜鉛は、唯硫酸鹽層にのみ存在し而も微量に過ぎないから、實際地球には、それ等は少ししか存在せぬものである。之に反し鐵よりも高級なる金屬は、硫酸鹽層に於けるよりも遙かに多量が、金屬核中に存在することが出来る、故に水素、ニッケル、及びバナヂウムは特に硫酸鹽層に多量に存在し、銅はずつと少量ではあるが、是等の次に位する。

熔岩が最上層の含水地層を貫き出る間に、噴出岩中の水素は、大部分水として其中に含まれるし、又深部の液狀熔岩には著しい含水量があるとは思へない。夫れ故、水素を最上層の地殼の元素とするのが最も真に近いと思はれる。

ニッケルは比較的高溫では二價の金屬として安定である。一モルの金屬酸化物に對し一・五モルの無水硅酸を含み、その上酸化鐵(Fe_2O_3)をも含んで居る。硫酸鹽の熔融物に於て、比較的原子價の低い。バナヂウムは不安定である云ふことはあり得ることで、又酸化鐵(Fe_2O_3)をも含んで居る硫酸鹽の熔融物に於て比較的原

子價の低いワナヂウムは不安定であると言ふ事はあり得る事で又酸化鐵(Fe_2O_3)を含む硫酸鹽の熔融物中にワナヂウムは(VO_2)としてのみ存在すると云ふことも、あり得べきことである、依つてワナヂウムは金屬核中に存しない。

ワナヂウムが全く確實に金屬核に存しないと同様に、錫、アンチモンは金屬核中に、極く少量しか存在することが出来ない、何んとなれば是等も亦酸化鐵(Fe_2O_3)の存在に於ては、陰イオンとして鑛滓に移るからである。

金屬核中には、大量の鐵と共に、ニッケルが含まれて居ると、考へる理由がある。それは鑛滓に於ける、ニッケルの量は、鐵の千分の四に過ぎないが、ニッケルは鐵より高級であるから金屬核に於ける、この割合は、非常に増大せねばならぬ、若し充分可能性のある範圍の、二倍半迄、増すとすれば、主として鐵から出來て居る金屬核の、ニッケルの含有量は、約一〇%に達する筈である、これは隕石のニッケル鐵中に通常含有せられ居るニッケルの量と一致する。

地球内部の成分に就いて

然らば其他の鉛、蒼鉛、銀、水銀、金及白金等は如何と云ふに、假令、是等の物の金屬核中に於ける容量が、硫酸鹽層に於ける容量より、一萬倍大であるとしても、その量は非常に少ないと思はれるから、地球の金屬核については次の如く言ひ得る即ち。

地球内部の金屬核はニッケル鐵にして、そのニッケル含有量は隕鐵の平均ニッケル含有量と一致する。

硫酸鹽層と金屬核との間にある中層の五・六と云ふ密度は、鐵二〇%、硫化鐵七〇%、酸化鐵及硫酸鹽一〇%の混合物の密度に一致し、この密度は、溫度二〇度、壓力一氣壓に於ては五・二となる、鐵及硫化鐵は、液狀に於ては、如何なる割合にでも混合する、然し FeO と硫酸鹽との混合物は密接なる混合體を作る、而して之は溫度千四百度に於て次の組成を有する二層を生ずる、その一つは硫化物に富む前述のものと、他は鐵に富み六%の硫化鐵を含む金屬とである。

最上層の噴出岩中の僅か〇・〇五%の硫黃含

有量は、中層は硫化物より成ると言ふ假定を裏切るやうに思はれる、何となれば硫化物(FeS)の混合物より成る液狀の鑛滓や、熔銅所の鑛石には、約十倍の硫黄が存在して居るからである、然し、若し硫化層の硫黄の一部が、燐、硅素或は其他の元素によつて補はるれば鑛滓中の硫黄の量は減するであらう、是に於て此問題は唯組織的研究によつてのみ説明を與へられるところなる。

隕鐵は燐化ニッケル鐵の含有物と共に硫化鐵の含有物を含んでゐる、ニッケル鐵流動物体を液狀の硫化ニッケル鐵及び燐化ニッケル鐵の層で飽和せしめると、硫黄並に燐は分離しニッケル鐵流動體の結晶に際して、燐化ニッケル鐵は、結晶となり、硫化鐵は小滴となりて沈澱する、その小滴は更に一層冷せば、初めて結晶するものである。隕鐵が多量に含むでゐる硫化鐵の包裹物は硫化物の層の存在と共に地球の已に冷却したニッケル鐵の核にも亦、存在してゐるであらう。

若し吾々が、硅酸鹽と、硫化物と及び金屬との

三つの液狀層の間に於ける平衡に基づいて、地球内部の地震學的研究結果を説明したならば地球内部の組成に關する智識を明にすることが出来ると思はれる。兎も角是等平衡に關する吾人の智識は、實驗的研究によつて、更に根本的に擴大すべきで、特に量的方面に對して然りである。

地球三層組成に關する推論の結果は次表の如きものとなる。

厚さ(料)		比重
硅酸鹽層		二・九
組成	$1(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{H}_2\text{O}, \text{CaO}, \text{MgO}, \text{K}_2\text{O}, \text{Na}_2\text{O}), 1.5\text{SiO}_2$	
硫化物層	一五〇—二五〇	五・六
組成	$\text{FeS}, \text{Fe}_3\text{P}, \text{FeO}, \text{Fe}, \text{SiO}_2$	
金屬核	二五〇—三三〇	九・六
組成	$\text{Fe } 88\%, \text{Ni } 80\% (\text{Fe}:\text{SP } 3\%)$	
貴金屬	一%	

(S. Tammann: Zur Analyse des Erdinnern. Z. anorg. all. Chemie. Bd. 131. S. 95—100, 1923. 藤井發太郎譯)