

地殻のなりたち

舟橋三男 = 北海道大学理学部教授

地球の歴史

地球は、そのはじめ宇宙塵や隕石の凝縮によってでき、これが45億年の歴史をへて現在にいたっている。この考えは、今日では広く受け入れられており、それは、現在全宇宙で観測される事実ともよく合致している。地球の発生に関する考え方には、これまでにもさまざまな説が述べられてきたが、それらが、いずれも空想的・冥想的色彩の濃いものであったのにくらべ、上述の考えは、格段に科学的な確からしさをそなえている。地球の始原物質とみられる宇宙塵や隕石は、現在でも、地球上で直接採取でき、その化学成分や鉱物成分はくわしく調べられている。

ところで、われわれの生活の土台となっている大地を構成する岩石 少なくとも、地表から深部にわたり正確に知りうる範囲にある岩石の性質は、そうした宇宙塵や隕石の性質とは著しくかけはなれたものである。さらに、地球の内部探査の結果によれば、地球は、その内部まで一様な物質で構成されているわけではなく、異質の構成物質が累層的に配置されていることを示している。つまり、中心部には地核があってそれを包んで上下に区別される厚いマントルがある。さらにその表層部は、大陸域にのみ30~60 kmの厚さをもつ地殻で覆われている。その外側の表面の低地域には水圏をみせ、また全体が厚い気圧にとりまかれている。

この累層状態は、一見したところ、その成因説にふさわしいものではない。しかし、45億年もの長い年月にわたってこの膨大な物質全体が、不变のままに存続したはずだとすることも、広い宇宙での例に照らしてありうべきことではない。これは、歴史的な問題なのであって、その始まりは、単一な宇宙塵・隕石の凝縮体であったこの地球に、現在みられる累層構造をつくりだす分化過程が、進行してきたのである。それは、容積 $1,083 \times 10^{27}$ 立方センチ・質量 $5,976 \times 10^{27}$ グラムに達する地球物質全体のうちから生じた、自律的な展開にはかならぬとみるべきであろう。これが、 地球の歴史 なのであって、その大すじは、宇宙物質の凝縮の時代=宇宙時代にはじまり、現在の月の状態に似た原始地殻を生みだした月の時代となり、この間10億年をへて、いよいよ地質時代に入

り、新しい地殻を構成しつつ現在まで35億年の経路をたどっているのである。

風化作用と外成作用

この歴史にそって進行する分化過程を具体的に明らかにすることは、われわれの大きな課題である。実際のところ、地球の内部=地核やマントルについては、現在のところ、充分に論議ができるほどの知識は得られていない。しかし、表層にあらわれ、直接われわれが触れることのできる地殻については、人間の生活に直結し、さまざまに利用してきたものであるために、地質学の主要な考察の対象となって、今日では体系的な理解が得られるまでになっている。

この地殻が、地球の表層に限って構成されるためには、 風化作用 が一つの大きな作用要素になっているといえる。風化とは、その外見を単純にみれば、岩石が崩れて泥や砂になり変ることであるが、それはまた、水や大気が存在し、太陽光の照射を受けてはじめて達せられる事柄なのである。現在月の表面には、45億年の年令をもつ岩石が、あたかも昨日噴出して固まったかのように新鮮な姿で、風化のしるしなど全く認められない状態で示されている。これは、月の質量が小さいために、その周囲に気体や水を引きつけておくことができず、月の表面が宇宙の真空中にさらされてきたためである。それに反して地球では、その質量にふさわしく、現在みられるような気圧や水圏を引きつけており、太陽光は気圧をかく乱し、蒸発や降雨をもたらしている。この水の循環過程で、化学的にみれば、岩石の構成成分から水中に、カルシウム、マグネシウム、鉄、カリ、ナトリウムなどを溶脱させ、それらは最終的に、溶液の形で水域に運びこまれている。これに対し、珪素やアルミニウムは、より溶解し難く残留性の強い元素ということができ、それらが水と結合して泥の主成分となり、地表の常温常圧のところでは安定な性質をもつ粘土鉱物をつくり、現地に残留するのである。

これが風化作用の基本であって、ここでは、地表にあらわれた岩石は完全に解体され、もとの性質を失ってしまい、解体された諸成分は別れ別れになって、それぞれが水圏・気圧に順応した新しい状態に配分される。一口に 泥 とよばれる

が，そこには，このような深い意味を秘めているのである。この風化産物も，最終的には海に運ばれ，余分なものをすべて排除し，適した組成粒子を充分に揃えるという強い淘汰作用をうけて，定まった成分をもつ泥岩や砂岩となり，ここに落ちつくことになる。こうしてでき上った岩石は，花こう岩に類した化学成分をもっており，後に述べるように，このことが，地球上に著しく大量の花こう岩がみられることの基となっている。

こうして地球の表層は，風化産物を主体にした岩層に厚く覆われることになる。この過程は，水の営力にもとづくものではあるが，その水にこのような運動を起させる原動力は，太陽光の照射である。その意味で，風化にはじまり堆積岩の成立にわたる一連の過程を，「太陽エネルギーの地球表層部への固定」とみることができる。このことは，古くから「外成作用」と名づけられてきたところでもある。

造山運動と内成作用

ところで，このような堆積岩は，地殻の素材の一つではあるが，これを直ちに地殻と規定することはできない。それが地殻とよばれるためには，そうした堆積岩が造山運動にまきこまれ，一括して「内成作用」とよばれる地球の内部からの岩漿性のものと入りまじり，同時にそれに伴われる高温の作用をうけて，そのもとで安定な状態につくり変えられる必要がある。こうした経過をうけて，そこにはじめて，地球の表層部を覆う安定な岩体ができ上がる。これが，地殻とよばれるものなのである。したがって，地殻とは，外成的な太陽エネルギーの産物に，地球自身の内成的エネルギーが重複したことの産物とみられるのである。

ところで，地殻の下底からマントル・地核とつづいて中心にいたる膨大な量の地球物質があつて，長年にわたるそれらの運動は，甚しく大きな規模で進行したことであろうが，現在の知識では，それらの運動を具体的に述べることは不可能である。しかし，われわれに身近な造山運動にあたって，そこに威力をあらわす内成的エネルギーの発現は，どのように考えられるものであろうか。

地震の波の伝わり方からみると，深さ100～400kmの範囲に，

明らかに波の速度が低下する部分がある。その原因として，この範囲の部分が，半ば融解状態にあるものと考えられている。それは，深さに従って増す荷重のエネルギーが熱に変わり，また，放射性物質の変脱熱の蓄積などが局所的に集積することとなり，そのために岩石は，高圧の場にありながら粥状に部分融解をはじめ，より低い温度で溶ける部分と，溶けずに固体で残る部分とに分かれるものと説明されている。これは，岩漿（マグマ）の発生の源として考えるに適している。一方，こうした高温状態は，宇宙物質に吸着されていた水を主体とする揮発性物質を解放させ，ここに，過熱水蒸気集団を発生させる。このような液相集団・気相集団は，固体部分をかき分けて上昇し，火成岩漿の^{↑↑}進入として，また，深部の高い熱エネルギーを上部に運搬することになる。造山運動にみられる内成作用は，このような性格をもつものである。

地殻の成立とその展開

地球の始原物質が，上述した部分融解をうけると，そこに玄武岩質岩漿が発生する。このことは，広く認められている点で，地球上に玄武岩の量が著しいことの理由でもある。地球が月の時代にあったとき，こうした玄武岩の噴出が大規模に行なわれ，現在の月にみられるように，厚く地球を覆って始原地殻を構成したのであった。地質時代に入って，この始原地殻の風化産物を材料とした新しい地殻の展開が始まったのである。

内成作用が地表近くにまで上昇し，堆積岩を犯すようになると，そこにも部分融解が進行する。さきにも述べたように，すでに花こう岩に類する化学組成をもっていた堆積岩から花こう岩質の岩漿を生ずるのは，容易なことであろう。堆積岩の厚くみられる地帯には，いたるところでこうした花こう岩がみられている。最も古い年令の花こう岩は，世界のどの地域のものであれ，すべて35億年と測定されている。このことから，この時代にはじめて，地球上に地殻が成立したであろうといわれている。これ以降，地球は周期的に造山運動をくり返しており，その都度，地殻はその領域を拡大し，容積を増加して現在にいたっているのである。