

地球化学の話

⑦

同位体地質学〔3〕

とくにU・Th・PbおよびRb・Srについて

倉 沢 一

II. 2. 地質年令測定

2. 1. はじめに

地球の歴史で、いわゆる地質時代と呼ばれる最近の事件は、地質学者によって長い間研究されその年代がきめられている。これは定性的な年代であって、生物の進化や地層の層序関係からえられたものである。しかし絶対的な年令（年代ではなく）は、放射性元素を含む岩石や鉱物の晶出という一つの現象をとらえることによって求められることになった。地球の年令、元素の年令などもこれから述べる地球上の物質（おもに地殻物質）の年令測定法とは別の方法で測定できる。

ところで 私たちの目につきやすい岩石のカウ岩（花崗岩）は石英、長石、雲母あるいは角閃石などの鉱物で構成されている。それらの鉱物は、それぞれの鉱物種特有の、ある一定の標準的組成範囲をもっている。その組成を構成する元素を主要成分元素（major elements）という。しかし天然物である岩石中の鉱物は、それぞれの生成条件によってさまざまな量の微量成分元素（trace または minor elements）を含んでいる。これらの微量元素は、それぞれの化学的性質、たとえばある一つの元素のイオン半径が別の元素のそれと類似しているために、交換が行なわれることがある。別な表現をすれば、ふつうにいわれている微量成分は、それと似たイオン半径、あるいは化学的性質をもつ主要成分の挙動に左右されて、鉱物中にとりこまれている。ここで扱う Rb-Sr 法において、その Rb は K と正の相関を示すことなどがその例である。したがって Rb-Sr 法に必要な鉱物は、K に富む長石や雲母であって、その測定のためにはこのような鉱物について行なうことが、操作としては、はるかに容易であるということになる。測定技術の向上により、主要成分が放射性である必要もなくなった最近では、一応あらゆる鉱物の放射能によって年令が測定されるようになった。

岩石中の鉱物が、結晶成長するときに、主要成分元素の入るべき結晶格子や、結晶構造のある欠陥に入ったりしたウランやトリウムを抽出、測定も同様である。

質が大きな物理的、たとえば圧力や熱や、化学的な原因で作用した元素の移動などによって、現在見られるような鉱物に再結晶（recrystallization）した時期をあらわしている。これらの鉱物の結晶は、その晶出以後大きな作用がなければ長期間閉じた系（closed system）でいることが多い。この閉じた系とは、その結晶から元素が入ったり出たりしないこと、つまりある種の元素が拡散（diffusion）したり、周囲の元素と置換（permutation, replacement）したりしない状態をいう。

放射性同位元素で地質年令測定を行なうためには、その試料としての鉱物種をきめるときに上述のことを注意しなければならない。すなわち親の放射性元素が閉じた系の鉱物に含まれていることが必要である。親元素（同位体）に自然に崩壊し、娘元素（同位体）は蓄積する。最も簡単なものとして、ウラニナイト（閃ウラン鉱、uraninite） UO_2 は生成時には鉛（Pb）を含まないので、結晶中の鉛はすべて生成後のウラニウムの崩壊によってできたものである。この娘元素である鉛の量を正確に測定すれば、その鉛の量が蓄積されるために要した時間が求められる。しかし一般には、結晶の晶出時には、いくらかの鉛が含まれていることが多い。そのためにか、別の方法が必要となる。その方法が後に述べる現在の年令測定法である。

年令測定に用いられる鉱物は、親元素が主要成分である必要もないし、またふつうは微量成分として含まれている。たとえば雲母などのように、親元素のルビジウム（Rb）を少量含んでいるときには測定可能である。ルビジウムの同位体の一つの放射性 Rb^{87} は、崩壊してストロンチウムの同位体 Sr^{87} になる。しかしこの場合も、その結晶中には普通のストロンチウムがその生成時に含まれており、その量をきめなければならない。これらのことを考慮して年令測定が行なわれる。

以上のことから、地質年令の測定は、次のような条件満足させるような試料（鉱物）を用いなければならない。

私たちが求める地質年令（代）というものは、①マグマ（熔融物質）が冷却して晶出した鉱物の年令と②源物

① 結晶構造がこわれにくく、その構造が現在まで保たれていること

- ② 測定可能な放射性親元素とその崩壊によってできた娘元素の量が含まれていること
- ③ 何らかの方法で 結晶構造中に存在していた娘元素の量が決定できること
- ④ 結晶生成後 親・娘元素が出入りしていないこと

などである。

したがってどのような地質年令測定法を用いるときでも まず第一に地質学および岩石学的な観点から注意深い野外調査によって試料を採集することが必要であり このことをおこたると いかにも精密な実験を行なおうとも その測定値は無意味となるのである。

地質絶対年令の測定が近代的な意味において有効となったことは

- ① 同位体希釈法によって極微量な元素の精密な測定が可能になったこと
- ② 高純度の濃縮安定同位体が容易に入手できてトレーサー(スパイク)として使用可能となったこと
- ③ 分析精度の向上によって少量の試料で分析可能となったこと
- ④ 色々な元素(同位体)を用いて測定されるようになったこと

つまりそのためにそれらの元素を含む対象物(岩石鉱物)の種類が多くなってきたことなどによる。そこで年令測定信頼度 正確さを高める上に次のことが可能となったのである。④岩石中のある一種の鉱物を異なった方法で測定し その結果がよい一致をみた場合 あるいは ⑥一つの岩石中(地質学的でも岩石学的でもよい)の異なった種類の鉱物を同じ方法で測定し その結果がよく合った場合はその年令の信頼度(reliability)が高いということになる。⑧については たえばカコウ岩(花崗岩 granite)中の長石について Rb-Sr 法および K-Ar 法で測定した場合など ⑥については カコウ岩中の雲母と長石について Rb-Sr 法で測定した場合などである。これらの年令測定には普通 次のような方法が行なわれている。

カリウム・アルゴン法 (K⁴⁰-Ar⁴⁰)

黒雲母 白雲母 カリ長石 斜長石 角閃石 岩塩 海緑石 および全岩石

ルビジウム・ストロンチウム法 (Rb⁸⁷-Sr⁸⁷)

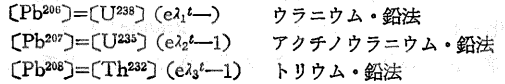
黒雲母 白雲母 リシヤ雲母 カリ長石および全岩石



第 1 図

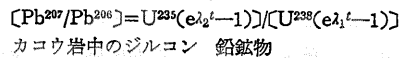
42. 9. 30 付朝日新聞から

ウランニウム・トリウム・鉛法 (U, Th—Pb)



センウラン 鈾その他の各種ウランニウム トリウム 鈾物 カコウ岩中のジルコン

鉛・鉛法 (Pb²⁰⁸-Pb²⁰⁷)



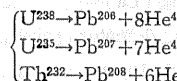
カリウム・カルシウム法 (K⁴⁰-Ca⁴⁰)

岩塩(岩石中には一般に放射性源でない Ca⁴⁰ が著しく年令測定は不可能)

レニウム・オスミウム法 (Re¹⁸⁷-Os¹⁸⁷)

輝水鉛鈾(半減期が非常に長いので 古いものについて使用可能)

ウランニウム・トリウム・ヘリウム法



ヘリウムは非常に軽い原子であるために 結晶中に保存され

にくく かえて地質年代の経過に従って試料中からの気体の散逸を調べる目的に用いられる

ウランウムの自然壊変を利用する方法

その生成物が非常に少ないために古い年令に用いられる。高品位のウランウム鉱物に用いられる。しかし天然ガラスなどに有効で 近年では火山岩などについて 核分裂によって生じた飛跡トラック (fossil fission track) 数を顕微鏡下で読取る方法が報告されている

ルテチウム・ハフニウム法 (Lu¹⁷⁶—Hf¹⁷⁶)

Lu を含む鉱物はまれにしか産しないので一般的ではない

その他海底土の年令測定のためのイオニウム法 (Th²³⁰/Io) プロトアクチニウム法 (Pa²³¹) ウランウム—234・238法 ベリリウム法 (Be¹⁰) などがあるが これからさらに発展するであろう。 さらに C¹⁴ 法などがあるが テーマからはずれるので省略する。 ここで扱う年令測定法では上述のうち K—Ar 法を除いた 上から3つの項目について後に述べる。

これから記す内容は さしずめ同位体地質学に入る前の地質年令測定の話であるが もう少し前おきを記そう。 年令測定あるいは同位体地質学といっても もとは各元素の量 濃縮度などが問題となるのである。 微量つまり ppm(10⁻⁶) 程度以下の 濃度 (concentration) をもつ元素の U Th Pb Rb Sr などはその例である。 これらの元素は岩石の種類によっていちじるしく濃度に変化する。 たとえば カコウ岩 (granite) とカンラン岩 (peridotite) では Si の含有量は 2:1 ほどであるのに U は 500:2 にも達する。 そのため 岩石の分類にあたって差を目立たせるのに都合がよい。 U や Th は O と結びつきやすいので O/Si の小さな岩石 たとえば塩基性岩である玄武岩 (basalt) や超塩基性岩のカンラン岩など 玄武岩マグマの源と考えられている マントル (mantle) に関連した岩石中の濃度測定には困難がともない 有効数字はせいぜい 1 桁 誤差は 1,000% といわれてきた。 しかし近年ではその有効数字は 2 桁になり 同位体地質学とは別に 地球の生成や岩石の成因論にそれらの元素が役立っている。 地質ニュース No. 158 (地球化学の話④) のランタニド元素の話などもこれにあたる。 すなわち これらの希土類元素 (rare earth element) は La (原子番号57) から Lu (71) にわたる15の元素であって 周期率表では特異な位置を占めているが Pm⁶¹ を除いて皆安定な元素である。 これは 4 f 電子軌道に属する電子が 0 個 (La)~14 個 (Lu) と違うだけで あとは全く同じために化学的には非常によく似ている。 Pb²⁰⁴ Pb²⁰⁶ Pb²⁰⁷ Pb²⁰⁸ の同位体と同じである。 希土類元素の イオン半径 (ionic radius) と原子番号 Z との関係は正の相関を示す。 これらの元

第1表 地殻への濃縮度 [Taylor, 1964より]

Th	55	Rb	7.1	Na	0.90	La	22
U	44	Sr	10	Mg	0.05	Sm	6.9
Pb	16	K	5.8	Al	1.9	Lu	4.1

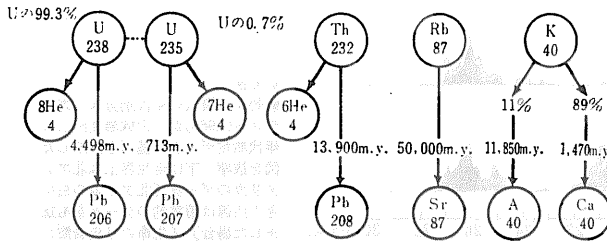
濃縮度：地殻の濃度/隕石の濃度

素はそれ自身では独立の鉱物を作らないから 結局主要元素と置換 (substitution) して結晶格子 (crystal lattice) に入る。 イオン半径の似た主要元素の Ca⁺² や Mg⁺² と置換するものと思われるが イオン半径の大きいものほど入りにくく 珪酸塩 (silicate) の固相と液相とが共存する場合 イオン半径の大きいもの (Z の小さいもの) ほど液相の方に残るであろう。

岩石学者の大きな興味の一つであるマグマ (magma) について それが生成したり固化したりする際には 希土類元素は Z によって行動が左右される。

さて U Pb Sr などの同位体間でも同じようなことがあるが 希土類元素間のイオン半径の差ははるかに大きいので便利である。 いわゆる同位体地質学の中にもこうした希土類元素の研究が大きな助けとなっているのであり 両者共に測定技術の進歩に伴って それぞれの役割りをはたしてゆくであろう。

ここで地球生成のみならずと考えられている隕石と地殻の岩石との組成差をみてみよう。 この地殻とは大陸性 (continental) と海洋性 (oceanic) 両者をあわせたものである (第1表)。 面白いのは Rb と K であり 化学的性質からみて U や Th に似た濃縮を示すと考えられるが 前者の濃縮度ははるかに小さく Sr にもおよばない。 地球がはじめにもっていた Rb K は隕石のそれより少ないのではないかと思われる。 このことはずっと後に記す Sr 同位体によっても考えられるのである。 こうした濃縮度というものが何かの意味をもっているはずである。 年令測定に用いられる同位体の親元素と娘元素との関係は第2図のように示される。 この関係は 人間の親と子の年令を知れば 結婚した年が知られることと同じことである (もっとも 近代文明社会には通用しないが)。 ついでに 60億年前に N 個あった各々の同位体が時代を経て減少して行く様子を第3図に示しておく。 U²³⁵ が地質時代にその半減期を 6 回すごしていることになり また U²³⁸ は 1 回 Th²³² は 1 回の半減期の途中にあることがわかる。 また Ca⁴⁰ Ar⁴⁰ Sr⁸⁷ Pb²⁰⁶ Pb²⁰⁷ Pb²⁰⁸ などはそれぞれの親元素からつくられ 時間と共に存在量が増加してゆく。 つまり 時間をさかのぼっていくと 次第に



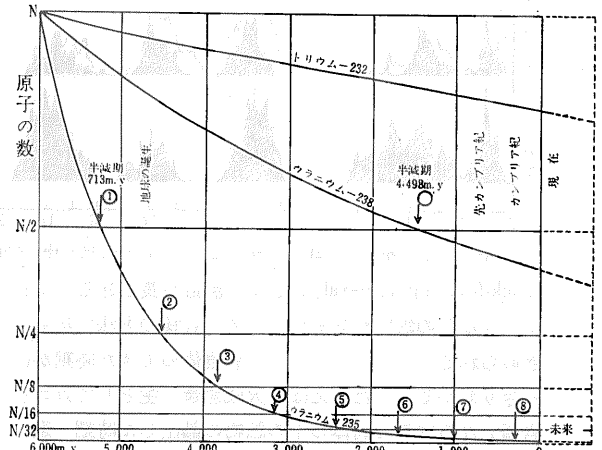
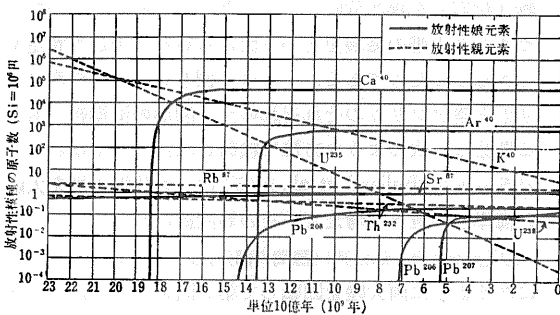
第2図 年令測定に使われる核種の親子関係図

減っていき 結局ほとんど0になるような時がある。親元素の崩壊は指数関係的なので第4図のうよに娘元素の存在量は突然0になる。この0になる年令は これら親-娘元素の生成時期の上限を与える。Pb²⁰⁷はその上限の年令が最も若い。これは宇宙の中で われわれに近い部分の生成年令の上限となるのである。年令測定にもっとも大切な各核種の半減期を第2表に示しておく。これらの核種は 地球を構成する物質の年令を知るために 現在用いられているものをあげた。一般的なものの上から5つの核種である。核種の半減期が元素の年令と同じ程度 またはそれより1桁ほど大きいものが地質年令測定に適当なものである。これより著しく短いものは その親核種が完全に壊変しつくしまたいちじるしく長い半減期のものは娘核種の量が少ないために地質年令測定がむづかしい。地球の進化にまつわる各過程(プロセス)は地質年令より広い 元素の年令などの問題がありむづかしいが それを島津(地球の進化; 1967 p. 295) はうまくまとめている(第5図)。この図で それぞれ区分された地球進化の歴史年表とその間の各プロセスは それぞれの単位で議論されるしまたそれらの各プロセスの相互関係をいつも念頭におくイメージとしてよい参考図である。

2. 2. 地質年令測定からえられた2・3の話題

④ 造山運動の時代

前にも述べたように 地質構造の地質学的研究から地殻の形成以後何回かの造山運動があったことはよく知られていたが その時間的關係については年令測定法の

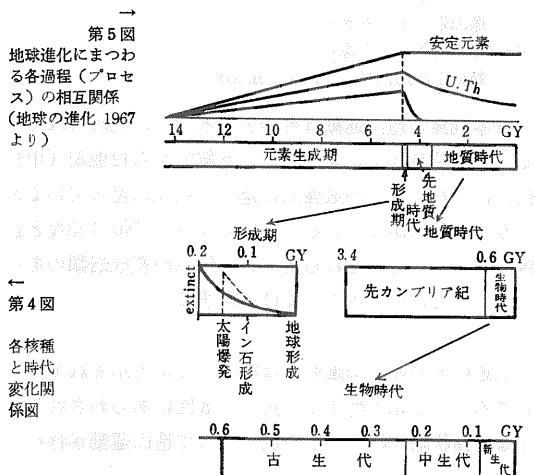


第3図 核種の半減期と年令との関係図

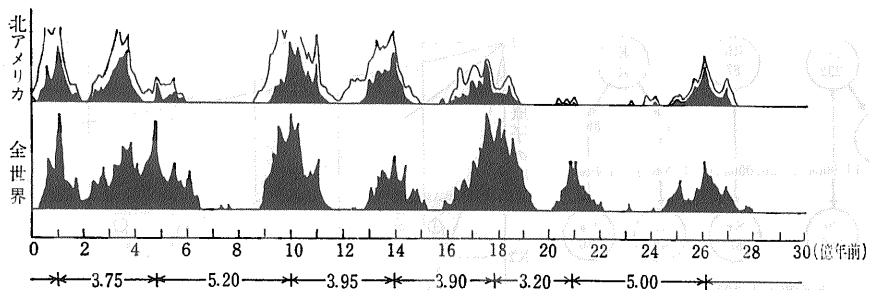
発達によってはじめて明らかにされた。造山帯の地層は長い地質時代を経て 複雑な様相ををいている。また著しい変成作用を受けたり 火成作用によってカウ岩類などの貫入などがあり 地層の対比や運動が行なわれた時期をきめることは非常に困難なことが多い。しかし、これら火成岩類や変成岩類には 造岩 鉱物

第2表 地質年令測定に用いられる核種(nuclide)の半減期

同位体	最終生成物	崩変型	半減期[yr]
U ²³⁸	Pb ²⁰⁶		4.5×10 ⁹
U ²³⁵	Pb ²⁰⁷		7.13×10 ⁸
Th ²³²	Pb ²⁰⁸		14×10 ⁹
Rb ⁸⁷	Sr ⁸⁷	β	5.0×10 ¹⁰
K ⁴⁰	Ca ⁴⁰ Ar ⁴⁰	β	1.46×10 ⁹
		K電子捕獲	1.19×10 ¹⁰
Lu ¹⁷⁶	Hf ¹⁷⁶	β	7.3×10 ¹⁰
Re ¹⁸⁷	Os ¹⁸⁷	β	約 10 ¹¹



第4図 各核種と時代変化関係図



第6図
 鉱物年令資料の年代別分布 ガス
 テイル(1960)が 火成岩變成岩の
 年代測定データに基づき作成した
 図を抜萃 下は全世界は北アメ
 リカのデータ(北アフリカの白抜
 きの曲線は暫定的のデータをも加
 味した場合)(生命の歴史岩波か
 ら)

(rock-forming mineral)として 雲母や長石あるいはジルコンなどの鉱物が含まれていて 各種の方法で年令がきめられる。それによると 各岩体のできた時期がはっきりわかる。たとえば 火成岩類(主としてカコウ岩類)ならばその岩体の中の鉱物の晶出した時期 變成岩類ならば變成作用によって鉱物の晶出した時期 つまりそれぞれの岩体のできた時期がはっきりする。ガステイル(G. Gastil 1960)は世界中の資料を統計的な方法でまとめて第6図を作成した。すなわち カコウ岩類や變成岩類の年令がある一定の間隔をおいて集中していることを見出した。それらの活動期 生成期がすなわち造山運動のあった時期である。過去から現在にわたって説明すると 次のようである。

- 1) 約26億年 (10⁸年) ± 2億年
世界の楯状地(大陸)の中心部
- 2) 約21億年 ± 1.5億年
ウクライナの基盤カコウ岩など
- 3) 約18億年 ± 2億年
スエコフエニーデ(北欧)が代表的
- 4) 約14億年 ± 2億年
ヒューロニアン系(カナダ)を貫くカコウ岩など
- 5) 約10億年 ± 2億年
ローレシアンカコウ岩(カナダ・合衆国にまたがる)など
- 6) 約5億年 ± 1億年
おもにアフリカ
- 7) 約3.5億年 ± 1億年
アパラチア造山帯(東部北米) カレドニアやパリスカン造山帯(ヨーロッパ)
- 8) 約1億年 ± 1億年
環太平洋造山帯 アルプス造山帯

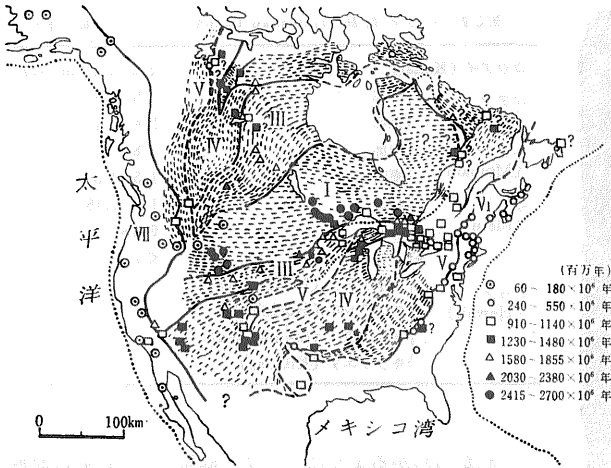
日本列島の造山運動は今のところ 8) に入れられている。地質時代でいえば ジュラ紀末から白亜紀(中生代)にわたってその最盛期に達し 現在に至っているということがわかっている(地質ニュース No. 123など参照)。しかし それらより古い年令の變成岩類のあることも予想されるがここでは省略する。

上述の8つの造山運動期は第6図によく示されている。ところで 北米大陸では 第7 8図にあらわされるような 楯状地の核心から外側に向かって造山運動が移行し

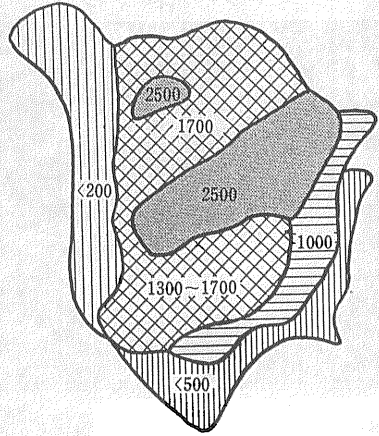
ていることが認められている。いかえれば大陸形成が 30×10⁸年から現在まで続けられてきている。しかし 大陸(地殻の一部と考えて)の生成といっても それらが造られた源(source)は何かということは 同位体地質学・岩石学にとっても最大関心事である。すなわちそれらの最古の岩石の年令は いわゆる造岩鉱物の晶出の年令をあらわすのであって 地殻物質がマントルから分離された時期を意味するのではないからである。地球の進化の中で 地球の誕生→地殻の生成(造山運動を含めて)←マグマの発生 の相互関係が 年令測定あるいは同位体地質学(岩石学・地球化学)の分野から追求されつつある。幸いなことに Rb-Sr 法やU-Th-Pb 法による年令測定の際にえられた同位体の測定値はそのまま同位体地質学に利用できるのもので その研究は増々発展するであろう。

⑤ 大陸移動説

地殻 マントルの発展の現象は古くから地質学者の興味の対象とされてきた。それらから派生した 大陸移動説(continental drift theory)はウエグナー(Wegener 1924)によって唱えられたもので カコウ岩の地殻は一つの塊となって大陸をつくっていたが 2億年前頃ばらばらに切れ 現在の大陸分布にみられるような形となって移動したと考えられた。彼の論拠は 1億6千万年～2億年前頃のハ虫類の化石が 南アメリカと南アフリカとの両大陸において似ているということにあった。また大陸は早くから今と同じ質量だけ存在し たがその位置を変えるだけであることを前提としている。また個々の造山帯の発展史については考慮しておらず 古生物(化石)を専門分野とする人たちの支持をえていた。つまり造山帯の発展史という面から見ると否定も肯定もできなかったのである。一つの例として この南アメリカと南アフリカのそれぞれの凸・凹形の海岸線に対する興味は 次のような方法で検討された。すなわち バラードら(Bullard et al., 1965)は 大陸棚の端を大陸と海岸との境界と考えて その等深線について $\Sigma[(\text{重なり合う部分})^2 + (\text{隙間の部分})^2] = \min$ になるように両大陸を回転して第9図をつくった。ス



第7図 アメリカ大陸の基盤ができた順序
 I-V 先カンブリア紀の変動帯 細破線は変成岩の構造方向
 VI タコニック-アラチア変動帯
 VII コルディレラ変動帯 外の破線は大陸棚輪かく
 (ガステル1960による)



第8図 第7図を単純化した図 (ハーレイほか1962より)

カンジナビア スコットランド アメリカ東部には約2億年前の造山帯があるが、両大陸をくっつけてみると図のようにほぼ一つの線になる。図中の数字は各地域の代表的な、それも北半球部の各地域の代表的な岩石の年齢をGy(10億年)を単位として表わしたものである。つまりもし大陸が離れたものなら約2億年以後であることがわかる。一方最近の資料によると南アフリカ東部から約25~20億年の先カンブリア紀の岩石が発見され、またその大西洋側の海岸近くでは数億年という年齢の岩石が報告されている。

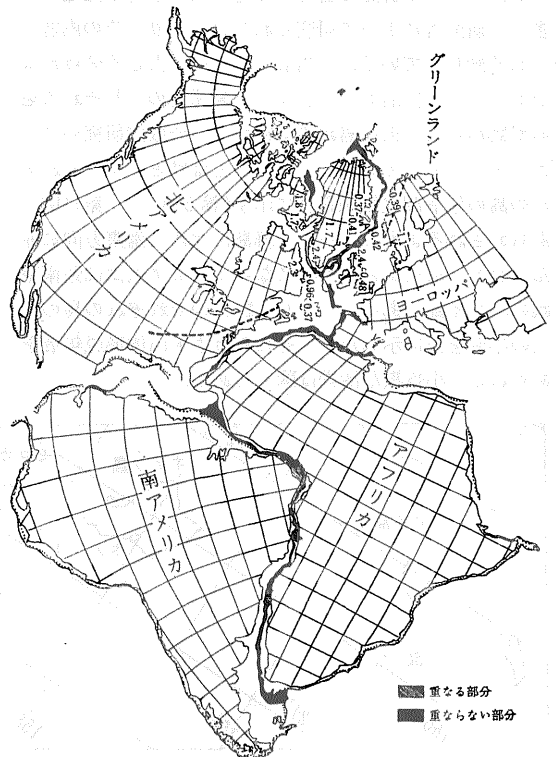
最近日本でも一般に知られてきているハーレイ (P. M. Hurley) 博士 [地球の年齢(How old is the earth?) (1967): P. M. ハーレイ (竹内 均訳) 河出書房の著者] は「両大陸はかつて陸地続きだった」といっている(第10図)。博士はとくにRb-Sr法による年齢測定ならびにそれらによる同位体岩石学の第一人者でありこの方法で両大陸の関係を論証したものである(第10図)。また両大陸の岩石の自然残留磁気(natural remanent magnetism)を調べその岩石の示す磁極の方向の偏りから両大陸の関係を結びつけようとする研究もある。こうした議論は非常に面白い。

◎ 火山活動と年齢測定

火山活動の年代については従来火山層序学的方法で大まかに推定されてきた。第四紀の火山の分布は日本はもとより世界各地のカタログによって比較的詳細にわかっている。もちろん活火山については世界中のものについてそのカタログが発行されており現在の活動はジャーナリスティックに一般に扱われることもあつ

てよく知られている。火山の形態つまり侵蝕の程度からその古さは容易に対比が行なわれるがさてその相対的な年齢というもの近年になって年齢測定法が確立されてはじめて面白さを増してきた。

その測定法はたとえばK-Ar法によってKの少ない系列の岩石にまで行なわれるようになった。本講座から少しはなれるが興味ある研究がいくつかあるのでご紹介しよう。



第9図 南北アメリカ大陸とアフリカ ヨーロッパ大陸との結びつきを示す図 (バラードら 1965より)



第10図

昭和42年8月4日付朝日新聞夕刊から

両大陸は陸続きだった
アメリカの地質学者、
I. Mc Dougall 博士は、
ハワイ群島の火山岩類の
K-Ar 年令測定で、
各島の火山層序とそれらの
年令を明らかにし、
さらに島々の相互間の
年令について具体的な
数字で面白い結果を出して
いる。この石が証憑
である。

ハワイ群島の例

オーストラリア国立大学のマクドゥガル博士 (I. Mc Dougall 1964) は、ハワイ群島火山岩類の K-Ar 年令測定で各島の火山層序とそれらの年令、さらに島々の相互間の年令について具体的な数字で面白い結果を出している。ハワイ群島は古くからその岩石学的な見地から多くの研究者によって研究されてきており、その内容も詳しく知られている。岩石学的には大きく分ければソレイアイト質岩系とアルカリ岩系とのそれぞれの岩石が認められ、火山岩類の本源マグマの成因研究のメッカの一つとされている。このことは別として、それぞれの島の年令測定結果を次に示す(第3表)。第11図にあらわされるように、ハワイ群島は北西—南東方向に並んでおり、活火山として有名なキラウエア火山は最南東端のハワイ島にある。ハワイ群島のそれぞれの島の火山の年令を表に示したが、それらは主火山体形成年令をあらわし、小規模な活動は除いてある。

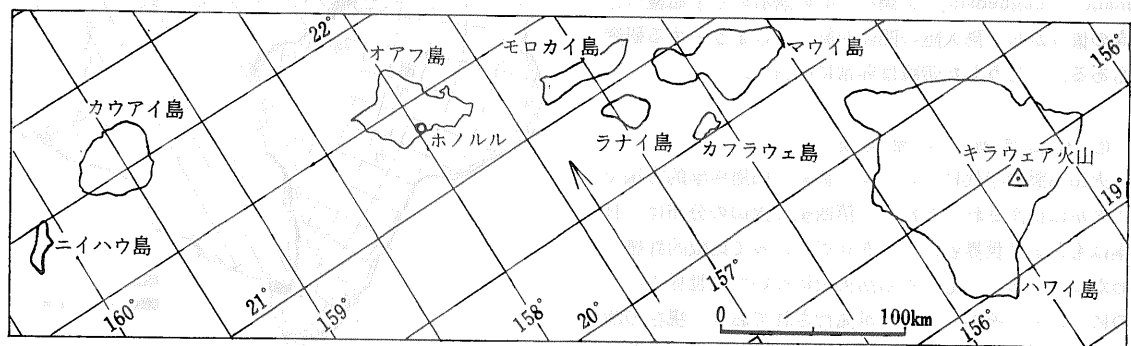
第3表 ハワイ群島 (Hawaiian Islands) の年令 (百万年)

カウアイ (Kauai)	5.6~3.8 (m. y.)
オアフ (Oahu)	{ 西部 3.5~2.7 { 東部 2.4~2.2
モロカイ (Molokai)	{ 西部 1.8 { 東部 1.5~1.3
マウイ (Maui)	{ 西部 1.3~1.15 { 東部 0.8~
ハワイ (Hawaii)	{ ハワイ島 < 1 { マウナケア (Mauna Kea) { フアラレイ (Hualalei) { マウナラオ (Mauna Lao) { キラウエア (Kilauea)

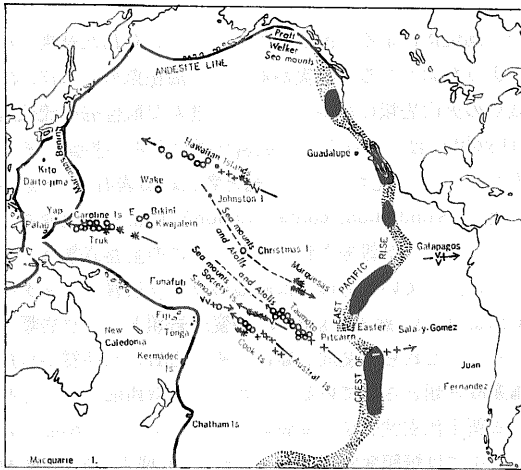
これからわかるように、ハワイ群島の火山活動は北西方向から次第に南東方向に移行してきていることがはっきりした。こうした関係は第12図にも示されている。中部太平洋の火山列をみると、一般に北西から南東方向に火山活動が移ってきている。また東太平洋隆起部 (Crest of East Pacific Rise) を境にして、その東西では火山活動の新旧の配列の方向が逆になっているのも興味あることである。こうした活動の移動は、地球物理学者の注目によって地下深所のマントル内での対流説の裏(表)付けの一つとされている。

伊豆地方の例

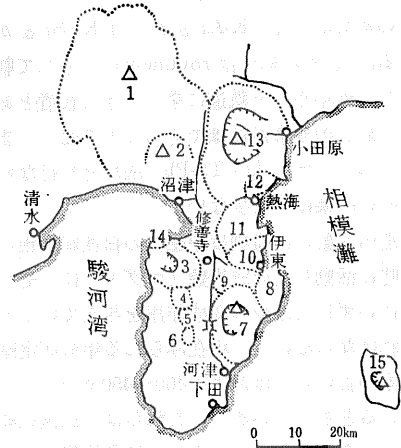
伊豆・箱根地方の火山活動と岩石学的研究は久野久によって詳細に研究されている。ところで、ハワイ群島に認められた火山活動の移動と同じような現象が、小規模ではあるがこの地方にもみられる。伊豆・箱根・富士地域の火山分布は第13図に示されるように、富士火山帯の一部を構成して配列している。これらのなかで火山帯が隣接している火山の、とくに宇佐美・多賀・湯河原・箱根の各火山の活動は、この順序で南から北の方向へ移り変っているといわれている。すなわちこれらの火山で箱根火山は最も新しいということが火山層序学的に確かめられている。しかも、宇佐美火山の活動の



第 11 図 ハワイ群島図



第12図 太平洋地域の火山
 〰 安山岩線 〰 火山配列における年令の古さの方向 V 活火山
 〰 熱流量(heat-flow values) > 3 (3.06~8.09の地域) * 死火山-侵蝕が
 はじまっている + 侵蝕が進んでいる火山島 玄武岩島(死火山)
 ○ 環礁または海山: E=エニウヅック島
 (Holmes: Principles of Physical Geology 1965より)



第13図 伊豆地方の火山分布図
 1. 富士火山 2. 愛鷹火山 3. 彦根火山 4. 棚場火山
 5. 猫越火山 6. 長九郎火山 7. 天城火山群
 9. 大室火山群 9. 天子火山 10. 宇佐美火山
 11. 多賀火山 12. 湯河原火山 13. 箱根火山
 14. 井田火山 15. 大島(三原山火山)

第12図 太平洋地域の火山

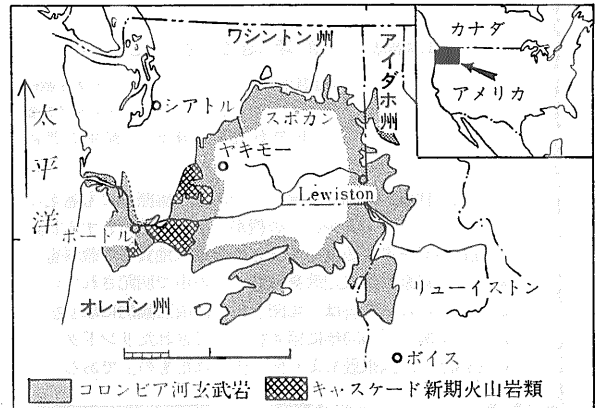
中期には 地球の磁場が逆転している証拠である逆帯磁の溶岩がある。これは今からおよそ百万年(または70万年)前の現象であることが K-Ar 法で確かめられている。火山体の侵蝕の程度でも 火山相互の新旧関係はわかる。たとえば 新幹線から望まれる富士山とその手前(南側)にみられる愛鷹山とでは明らかに後者の方が侵蝕が進んでおり古いことはうなずける。しかしこれらの火山体から採集した岩石の年令測定が行なわれれば より科学的な しかも具体的な考察ができる訳である。

コロンビア リバー玄武岩台地の例

インドのデカン台地(Deccan Plateau)に次いで有名な玄武岩台地として 北米のコロンビア河台地(Columbia River Plateau)がある。分布面積は150,000km² 厚さは1,200mにもおよぶ(第14図)。これらの岩石の年令は最近 K-Ar 法を用いて オレゴン大学のグレイ博士ら(J. Gray et al. 1967)によって報告されている。台地の何箇所かで 溶岩の下部から上部までの採集された岩石の K-Ar 法による結果から それらの年令はおおよそ21.3~12.1 m. y. (百万年)にわたる ほぼ9 m. y. 間の活動によって形成されたことが知られている。このことから 世界各地にみられる溶岩台地は 一回の活動で形成されたものではなく 何回もの噴出活動によってなされたことが明らかになる。

日本の例では 西南日本の北西九州の佐賀県 長崎

県にわたって広く分布する松浦玄武岩類の台地があげられる(地質ニュース No. 108 地質調査所報告 No. 217) それらの主要な部分をなす北松浦玄武岩台地は 分布面積およそ250 km² 最大厚300m 以上 噴出量はおよそ50km³ にもおよぶ。上の例ほどの規模はないにしても それらの溶岩 火山碎屑物の累積は莫大である。最近のK-Ar 年令では およそ8 m. y. となっている。詳しい研究は継続中であるが 困ったことに下部の溶岩の方が若い年令を示している例がある。これは 日本の特長として 造山帯の一部であることと 気候の点から岩石の変質が進んでいることなどのために その若い値はおそらく Ar の散逸現象が関与しているのであろう。この点については また別な意味で興味ある研究題目となるのである。



第14図 コロンビア河玄武岩台地分布図

日本列島で最も古い岩石

日本での年令測定は K-Ar 法および Rb-Sr 法が行なわれている。とくに前者は routine-work として軌道に乗っており 近年やっとな軌道に乗ってきた後者とあわせて日本の岩石の年令がほぼでそろってきた。また一部のものについては U・Th-Pb 法なども行なわれているが その結果はまだ少ない。

日本の造山運動の最盛期は中生代の白亜紀以後にあって その時に活動した火成岩類(マグマ)は それより古い岩石にいずれも多少の変成作用を与えているので注意しなければならない。現在みられる年令測定結果からは 日本の古い岩石はおよそ400~450 m. y. という値をもっているとされている。これらは 三滝火成岩類の黒雲母の年令と 熊本県 本山の結晶片岩中の白雲母の年令である。両者とも西南日本に分布するもので日本列島の基盤は何であり どの位の年令を示すものかということの手がかりとなるのである。従来 日本列島の基盤は 中部日本の北部に分布する飛驒変成岩類であるとされ 精力的に年令測定がなされてきたが K-Ar 法および Rb-Sr 法では170~200 m. y. というところに落着いてきている。しかし U・Th-Pb 法による結果では 同地方の変成岩類におよそ 250 500± あるいは 1,490 m. y. などの年令が出ており いわゆる大陸を形成する地殻物質の中心をなす先カンブリア紀(Precambrian)のものと考えられる年令が報告されている。これらの先カンブリア紀のものと思われる年令は その岩石中に変成作用を受ける前の原物質(原岩)から由来した残存鉱物(relict-mineral)の値である可能性もあって これからさらに問題は発展してゆくであろう。

また一方 最近の火山岩類の U・Th-Pb および Rb-

Sr 同位体による成因論の1つとしてえられた結果に次のようなおもしろい事実がある。島根県の北に浮ぶ隠岐島の火山岩類のなかで 分化の進んだ酸性岩の流紋岩(rhyolite)は それらが玄武岩マグマと古い基盤 それもおそらく 先カンブリア紀と考えられる岩石との混合作用(assimilation, contamination)によって生成されたということが報告されている。この基盤岩類は 地上に露出しているものでは同島のカコウ岩質ミグマタイトおよび 片麻岩(gneiss)の変成岩類とカコウ岩類である。これらの変成岩類は その岩石学的性質から飛驒変成岩類とされている。さらに山陰西部に広く分布する新生代玄武岩類(地質ニュース No.79 など参照)の溶岩中には飛驒変成岩に対比される変成岩の捕獲岩(xenolith)がたくさん見出され 前述の飛驒変成岩類にまつわる年令測定結果とてらし合わせて非常に興味がある。ともあれ 日本列島の基盤に関しては 西日本の古い岩石が大いに物をいうことになりそうである。

最近出版された参考文献:

特集・惑星の起源と進化:科学 vol. 37 no. 10 岩波書店 (1967)

Applied Geochronology(1965):E. I. Hamilton

The Earth's Mantle (1967):T. F. Gaskell edit.

次回から年令測定法の具体的な説明にはいります。

(筆者は地球化学課)

地番変更のお知らせ

・地質調査所名古屋出張所

名古屋市中区三ノ丸2丁目5番2号

名古屋通産局合同庁舎内〔Tel. (052) 941-6416〕

・地質調査所四国出張所

高松市番町1丁目10番6号

四国通産局本館内〔Tel. (0878)31-3254〕

新刊紹介

日本語版 「鉱床地質学」(上・下)

ソ連科学アカデミー会員 モスクワ大学教授

ヴェー・イー・スミルノフ著

地質調査所鉱床部 岸本文男訳

ソ連の代表的な鉱床地質学者であり 国際的にも著名なヴェー・イー・スミルノフ教授が ソ連を初めとする世界の最新のデータを駆使してまとめた鉱床地質学の教科書である。東京大学渡辺武男教授が序の中で明記されているように この「著書は 鉱床をおもに成因論的に取り扱ったものであり 1933年に第4版が発行されたリンドグレンの『鉱床学』以来最もよく体系化されたもの」であろう。

全体は15章(鉱床の区分と歴史 有用鉱物の分布範囲・形態・組成・構造 鉱床の地質学的生成条件 マグマ分化 鉱床 ベグマタイト鉱床 カーボナタイト鉱床 スカルン 鉱床 熱水性鉱床(上巻)

風化鉱床 鉱床の表生変質 砂鉱床 堆積鉱床 変成源鉱床 鉱床の地質構造 鉱床分布の広域的規則性(下巻)に分かれ 主として金属・非金属鉱床が 部分的に石炭・石油・天然ガスの鉱床が取り扱われている。

上巻 A5版 本文423ページ 図163 表30 ¥2,350 既刊

下巻 A5版 本文約430ページ 図157 表30 近刊

発売元 丸善株式会社

発行 株式会社ラティス

東京都豊島区雑司ヶ谷町2丁目25番4号

Tel 東京 (03) 987-4749