

## 講演要旨\*

### 第四紀火山岩類と Sr 同位体組成

倉 沢 一

東日本弧、とくに東北地方の横断面の地球物理学的プロフィールは、その地震の震央分布、地殻・マントル断面（地震波による）、熱流量、均衡異常、プーグ異常、あるいは、それらと火山岩系列との位置的關係は、よくわかってきている。東北地方の火山フロントあたりにかけて地殻の厚さが最も厚く、およそ 30 km にもなっている。火山フロントから日本海北東部にわたる地域に、高い熱流量が認められている。また、火山噴出物量は、火山フロントにおいて最も多く、幅 50 km でのフロントにそった火山帯では 2,900km<sup>3</sup> にも達する。西側ではその 1/100 程度である。

東日本弧の火山の岩石学的諸性質から、太平洋側から日本海側にかけて、低アルカリソレイアウト、高アルミナ玄武岩（高アルカリソレイアウト）およびアルカリ岩の各岩石系列に区分される。これらの岩系の配列は、深発地震の震源面の深さでは、それぞれ、130~160 km, 160~250 km, 250 km 以深と対応している。この震源面で、それぞれのマグマが発生し、それらがマントル物質の帯溶融を起させながら、いわゆる臨界深度で、地上で見られるような性質をもったマグマ型に安定する。こうして生成されたマグマが、その後、結晶分化作用、混成作用、酸素分圧の上昇などによる分化作用を経て、地上に噴出しているのである。

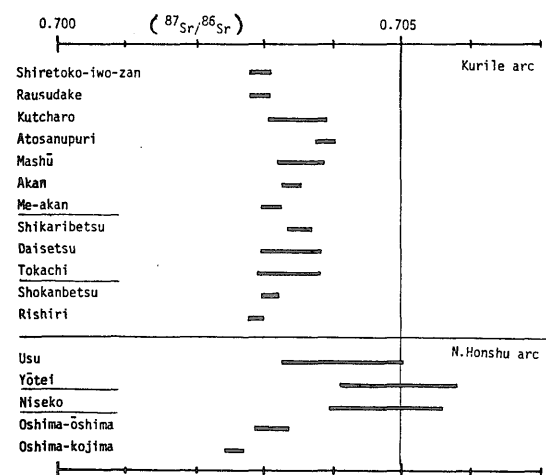
こうして形成された個々の火山とその火山噴出物は、太平洋側から日本海側へ、より高い alkalinity を示している。こうした火山岩類の配列、つまり火山岩類の岩石学的性質の漸移性について、Sr 同位体組成の測定結果から再吟味した。

東日本弧で、伊豆箱根地域、東北地方北部、北海道地域などの火山岩については、測定値が多い。伊豆箱根地域の火山岩は <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr 比が、0.7035~45である。東北地方の十和田、秋田駒ヶ岳、岩手山、森吉山、寒風山のトラバースでは、0.705—0.703へと順次低くなる。つまり太平洋側から日本海側への Sr 同位体組成の変化が認められ、前述の岩石系列の配列に対応して著しい特徴である。十和田火山岩類においては、その火山活動期が I ~ III に分けられている。I と II の期には、ピジオン輝石質岩系（主として熔岩）と紫蘇輝石質岩系（主として軽石

流）とがあり、また III 期は寄生火山活動の熔岩で紫蘇輝石質岩系に属する。この両岩系の <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr 比は、ピジオン輝石質岩系が平均値で 0.70448、紫蘇輝石質岩系で 0.70498 となり、後者が有意の差で大きくなっている。つまり、後者は、いわゆる酸素分圧が高い条件で生成されたものとされているが、この高い値の意味は、やはり混成作用の効果と見ざるをえない。それが酸素分圧を高くしている第一の原因と見るべきである。

こうした火山噴出物、それも一つの火山における分化の進んだ分化物については、西日本弧の火山の場合、はっきりした Sr 同位体比の高い値が認められており、マグマと地殻物質との混成作用、あるいは地殻物質の部分溶融に、直接由来する生成物であることが考えられている。東日本弧の火山岩類では、このようないぢるしい特徴は認められていない。これは混成作用が東日本弧にもあるものとしても、基盤の混成・同化物質とマグマとの間に、大きな Sr 同位体組成の差がないことは原因するかもしれない。

北海道地域の火山岩類の Sr 同位体組成（第 I 図）は、本州中部の伊豆地方、マリアナ弧と同様に低い値である。とくに千島弧の火山岩類は、同位体比が .7028~0.7039 と低い。個々の火山の火山岩類についての同位体比は、広いバラツキを示さず、また系統的な変化も認められない。東北地方のトラバースほどはっきりはしないが、日本海側に同位体比が低くなる傾向は認められる。千島



第 I 図 一つの例として北海道地域火山岩類の (<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr) 比

\*昭和49年8月27日日本所において開催

弧の利尻島や、本州弧の渡島大島、小島のそれは、0.7028~0.7030と特徴的に低くなっている。これは、西日本弧の大陸側のアルカリ岩系火山岩類が相対的に高くなっているのと、明らかながいである。この低い値は、日本海北東部の地殻が薄く、海洋性地殻の性質をもっていることとあわせて、興味がある。

東日本弧と西日本弧の Sr 同位体組成のちがいが、つまり後者が相対的に高い値をもっていることは、東・西日本列島の構造発達史、あるいは地質構造の明らかながいを反映しているものである。西日本(糸魚川-静岡線を境にして)が、大陸周縁部の属性をもっていることを示していると考えられる。東西両弧の Sr 同位体組成のこのようなちがいは、地下深所のマグマ発生源物質としての上部マントルあるいは地殻下部の物質に、それぞれ特徴があるのかもしれない。(技術部)

## 酸素同位体からみた東日本の第四紀火山岩類

松久 幸敬

### 1. はじめに

火山岩類の酸素同位体組成は、主として3つの要因に支配されて変化すると考えられる。すなわち、(1)マグマの起源となった物質の同位体組成、(2)マグマの分化過程での同位体分別、(3)外来物質——たとえば周囲の岩石や水による contamination である。

今までのデータを要約すれば、マントルから直接もたらされたと考えられる玄武岩は、著しく均一な同位体組成を持っている。これに対して、花崗岩、變成岩、堆積岩は、5~15%の程度  $^{18}\text{O}$  を濃集している。また、天水は、中緯度地方で、玄武岩にくらべて12~14%  $^{18}\text{O}$  に乏しい。したがって、マグマに、これらの物質が関与しているかどうかは、酸素同位体組成の解析から知ることができる。一方、日本のソレイアイト系列やカルク・アルカリ系列のように、分化の末期に向かって  $\text{SiO}_2$  が濃集する分化系列では、液と結晶との間の同位体分別によって、残液に  $^{18}\text{O}$  が濃集される。そこで、火山岩の酸素同位体をみるには、一連の岩石系列について、たとえば  $\text{SiO}_2$  に対して酸素同位体組成をプロットしたうえで比較するのが有効と考えられる。

以上の予備的考察のもとに、今回は、大陸と海洋の境界に位置し、活発な火山活動と深発地震、海溝を伴った典型的な島弧である東日本島弧系(上田・杉村, 1970)の第四紀火山岩類の酸素同位体組成を分析した。岩石試料は、 $\text{BrF}_3$  と500°Cで反応させて分解し、遊離した酸素をさらにCと700°Cで反応させて  $\text{CO}_2$  としたのち質量分析計で同位体比を分析した。結果は、 $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  比の、標

準平均海水に対する千分率偏差値  $\delta^{18}\text{O}$  (smow ‰) で表わした。測定値相互の再現性は $\pm 0.15\%$ 以内である。

### 2. 結果

八丈島東山は、玄武岩から流紋岩まで幅広い岩相変化を示す火山であるが、それらの  $\delta^{18}\text{O}$  値の変化は  $\text{SiO}_2$  に対して正の傾きを持つ直線の関係を示す。東日本の火山は、この八丈島の variation line によく fit するグループと、これより0.3~1%高い  $\delta^{18}\text{O}$  値を持つグループとに分かれる。今便宜的に、前者を Low- $^{18}\text{O}$  グループ、後者を High- $^{18}\text{O}$  グループと呼ぶことにする。Low- $^{18}\text{O}$  グループでは、 $\text{SiO}_2$  47% で  $\delta^{18}\text{O} + 5.7\%$ 、 $\text{SiO}_2$  72% で  $\delta^{18}\text{O} + 6.6\%$  である。一方 High- $^{18}\text{O}$  グループでは、 $\text{SiO}_2$  51% で  $\delta^{18}\text{O} + 6.1 \sim + 6.6\%$ 、 $\text{SiO}_2$  61% で  $\delta^{18}\text{O} + 6.6 \sim + 7.5\%$  である。

両グループとも  $\text{SiO}_2$  の増加に伴って  $^{18}\text{O}$  が濃集している。しかし、Low- $^{18}\text{O}$  グループが、実験誤差の範囲で共通の直線に回帰するのに対して、High- $^{18}\text{O}$  グループは  $\delta^{18}\text{O}$  のばらつきが大きく、1%ほどの幅を持つ。また、Low- $^{18}\text{O}$  グループでは、 $\text{SiO}_2$  が47%から75%までの幅を持つのに対して、High- $^{18}\text{O}$  グループは50%から65%の狭い範囲しか持たないのも特徴である。

多くの火山からなる八幡平では、西側に南北に並ぶ八幡平火山、大深火山の lava は Low- $^{18}\text{O}$  グループであるが、東に張り出した茶臼火山は High- $^{18}\text{O}$  グループである。

### 3. 考察

八丈島で最も未分化の岩石と考えられる tholeiite ( $\text{SiO}_2 = 47\%$ ) の  $\delta^{18}\text{O}$  値 + 5.7%は、海嶺の tholeiite の値とよく一致する。また、安山岩や流紋岩の値は、tholeiite からの結晶分化に伴う同位体分別のモデルによって説明することができる。計算によって求めた固相-液相間の同位体分配係数は、およそ 0.9995 である。Low- $^{18}\text{O}$  グループの岩石は、マントルから直接もたらされた tholeiite と、その結晶分化作用で生じたものと考えられる。

次に、Low- $^{18}\text{O}$  グループの tholeiite が、地殻物質の contamination を受けた場合の、同位体組成および  $\text{SiO}_2$  の変化を、contamination-differentiation のモデルで検討した。それによれば、High- $^{18}\text{O}$  グループは、tholeiite の結晶分化作用の経路と、tholeiite が、晶出する結晶と等量の花崗岩類をとり込みつつ分化した場合の経路との間に分布する。したがって、High- $^{18}\text{O}$  グループは、tholeiite に適量の地殻物質の contamination を考えることによって説明できる。

ところで、久野によるピジオン輝石岩系(Pシリ-

ズ)とシソ輝石岩系(Hシリーズ)の違いについて、後者が地殻物質の contamination によって生じるとする考えがあるが、今回の Low-<sup>18</sup>O グループと High-<sup>18</sup>O グループは、この P シリーズ, H シリーズに全く対応していない。たとえば、船形山や榛名山の P シリーズの tholeiite が High-<sup>18</sup>O グループである。High-<sup>18</sup>O グループの分布は、東北日本から北関東を cover しており、これはむしろ島弧の構造と関係があるようである。P シリーズ, H シリーズの違いは、マグマの結晶作用時の条件の差によるのであり、直接には contamination の有無を表明してはいないのではなかろうか。(鉾床部)

### 北海道第四紀火山岩中の希土類元素

増田 康之

北海道の第四紀火山岩42個の放射化分析による定量結果から、次のような問題点が指摘される。

(1) 微量成分の含有量にも、太平洋側から、日本海側に向かう水平的変化が認められ、次の5つのグループに区分される。

I. ソレアイトおよびカルク・アルカリ岩で、La/Sm 比, K, Ba, Th, La の含有量の低いもの。最も太平洋よりで、摩周や有珠にみられる。II. カルク・アルカリ岩で、La/Sm 比は低いが、K, Ba, Th, La 含有量は中程度。I と III との漸移型で、知床硫黄山、羅臼岳、羊蹄山にみられる。III. 高アルミナ玄武岩および、カルク・アルカリ岩で、La/Sm 比, K 等の含有量は中程度。大雪・十勝火山列、ニセコ火山など。IV. カルク・アルカリ岩で、La/Sm 比は高いが、K 等の含有量は中程度。III と V の漸移型。暑寒別岳、渡島小島等。V. アルカリ岩およびカルク・アルカリ岩で、La/Sm 比, K 等の含有量も高い。渡島大島火山に代表的にみられる。利尻火山の岩石は、K, Ba に乏しいがこのグループにいれられる。

(2) 上に示した帯状配列は、地震震源面の傾きに非常によく一致しており、微量元素の液相(マグマ)への移動は、圧力に敏感であることを示すとともに、島弧でのマグマの発生は地震震源面と関係あることを示す。

(3) 島弧付近で沈み込む海洋地殻の部分熔融や全熔融を考えたマグマ発生モデルが提出されているが、ソレアイト岩系の玄武岩中の Ba, Th の含有量が海深底玄武岩よりもかなり高いことは、希土類元素の含有量やそのパターンが似ていることとあわせ考えると、海洋地殻の熔融では説明しにくい。やはり、上部マンツルの熔融によるのではないか。液相と固相の平衡関係、それらの間の微量元素の分配関係は、圧力に依存する。構成鉱物や実験的データがないので、これ以上の議論はできない。

(4) カルク・アルカリ・マグマの成因については多くの研究者の報告やモデルの提示がなされているが、北海道の火山岩に関しては、玄武岩質岩石と、それに伴うカルク・アルカリ岩、特に一つの火山における一連の火山活動によって噴出した玄武岩質岩石とカルク・アルカリ岩の希土類元素の濃縮度パターンに、本質的変化が認められず、カルク・アルカリ岩は玄武岩質マグマの分別晶出作用の結果によるもののようにみえる。Eu の異常はカルク・アルカリ岩に特徴的であり、その成因との関連が興味ある。(大阪府立大学)

### 東日本弧の火山前線、横断構造帯と鉾化作用 石原 舜三

知床半島から伊豆半島に至る東日本弧に分布する新第三紀~第四紀の鉾床のうち、Au・Ag・Cu・Pb・Zn・Sなどはそれぞれの鉾種についてわが国で最も重要な位置を占める。これらの分布を規制する要素として、たとえば黒鉾鉾床は北鹿ペーゼンの縁に分布する、鉾脈鉾床は基盤隆起部の周辺に多い、などの中間的規模の広域分布特性についてはこれまでに多くの提案がなされている。より広域的な分布の特徴を知るためにこれら鉾床中に濃集する有用元素の定量的表示をおこない、既存の地質現象と比較すると下記の事柄が明らかである。

#### 1) 火山前線との密接性

第四紀硫黄鉾床および類似硫化鉄鉾床からの S 量はその97%が第四紀火山前線から 50 km 以内のゾーンで得られる。これは火山の分布密度と比例的であるが、杉村新(1965)による火山岩類の場合(76%)よりも著しく集中性が高い。中新世の黒鉾鉾床と鉾脈鉾床(Cu・Pb・Zn)と共に西黒沢階の鉾化作用とみなして今田正(1974)の酸性火山岩の火山前線と比較すると、黒鉾鉾床中の Cu・Pb・Zn: 95%, 鉾脈の場合: 84%, 火山岩について: 70%が得られる。ここでも火山前線から 50 km 以内への集中性は高く、かつ火山岩よりも鉾石元素の方がその集中度で優っている。Au・Ag 鉾床の場合には集中性は認められない。Cu・Pb・Zn について厳密には Pb・Znの方が Cu よりも集中性に乏しい。この傾向は一貫入体の周縁に鉾床が分布する場の累帯配列(一般に外側へ Cu→Pb・Zn→Au・Ag)と似ている。

#### 2) 横断構造帯との関連性

火山前線から 50 km 以内であっても鉾床は均等には存在せず遍在する。大きな鉾床が2つの大構造の交点付近に密集することは経験的に鉾床研究者には知られており、そのような提案が東日本弧についても待たれていたが、最近海洋底の知識と共に主として中~深発震源分布によ

り横断不連続面が提案された(CARRら, 1973). 彼等の提案の基本である震源数には余りに少ない部分があり, この提案はかなり強引な所もあるが, 不思議なことに第四紀硫黄鉱床はこの横断構造帯上に集中する. その一致性は提案者自身が Geological application として取上げたクラカトア型カルデラの分布にはるかに優る. Au・Ag 鉱床についても一致性はよく, Cu・Pb・Zn 鉱床は東北日本弧で一致し, やや北方にずれる(中新世初期以後東北日本弧が東進したのであれば, 若干の北進を伴ったかも知れない).

火山前線から 50 km の地帯は多量の火山岩, とくに酸性岩の上昇で特徴づけられ, とくに西黒沢階で顕著である. 鉱床は酸性岩活動に関連して生じた可能性が大きい(黒鉄鉱床は白色流紋岩に関連していることは明らかで

あるが, 他の鉱床については関係岩石が潜在しているため野外観察では不明である). 火山前線から 50 km 帯に沿って広域的に共通の性質が鉱床にみられ, かつ S で代表されるように横断構造帯にも規制されることは, これらの鉱石元素が深所起源である可能性を示し, その移動上昇の過程で太平洋プレートの脱水に由来する水などの揮発性成分が重要な役割りを果たしたものと思われる. 一部の元素(たとえば Cu)については, 新第三系基盤など地殻表層物質からの添加があったかも知れない.

(鉱床部)

#### 環太平洋地域の新生代酸性火山岩類 Sr 同位体

周藤 賢治 (東京教育大学)