

講演要旨(第148回)*

特集 「リソスフェア探査開発計画」に向けて —— (その2) 島弧地殻の地球化学

するものである。

(鉱床部)

火成岩岩石学の問題点

石原舜三

火成岩は多成分系のマグマが多種の条件下で固結したものである。個々の変数の解明が進み定量的考察が可能となった時代に、その変数のみが時代の寵児として取上げられ、多面的な性格がしばしば忘れられてきた。花崗岩成因論については READ(1949)の当時の地向斜モデルに合せた Granite series の総括後、BUDDINGTON(1959)の形成深度の概念の導入があり、1960年までは主として温度と圧力の2つの変数を中心に議論が行われた。1960年代以降はより多面的な成分が考慮され始め、1970年代には f_{O_2} の重要性が一般に認識され始めた。新しい granite series, 磁鉄鉱系/チタン鉄鉱系花崗岩類では、両者のマグマの f_{O_2} の間に 10^8 程度の相違があると考えられている。そのほか f_{H_2O} , f_{HF} などについても最近では定量的な考察が可能である。

火成岩岩石学では一方の柱として起源物質の問題がある。花崗岩岩石学では伝統的に大陸地殻物質の溶融が考察され、その考えは1970年代の I-タイプ(火成岩起源)、S-タイプ(堆積岩起源)に集約できる。一方、火山岩研究者はより下位のかんらん岩-玄武岩質物質を主として考慮し、1970年代以降はプレート説により導かれるくさび状マントル、サブダクション帯そのものの溶融、大洋性物質のサブダクション過程を通じての島弧火成活動への参加などが注目を集めている。

火成岩岩石学には以上の2側面のほか、マグマの上昇・進入機構を中心とする物理的な側面がある。今回の企画は先ず火成岩の化学的性質から、厚い大陸地殻を上昇し固結したマグマの履歴を考察しようとするものである。主成分、一般の微量元素、同位体比などの個々の手法による結果を総合的に解釈し、具体的には火成岩類の帯状配列や地球発展史におけるマグマの進化などを追求することによって、火成岩岩石学における基本的諸問題に直面し、今後の10年に向けてのテーマを発掘しようとする。

* 昭和56年6月18日本所において開催の研究発表会

鉱石鉛・硫黄の同位体的進化

佐々木 昭

鉱床の鉛同位体組成を論じる基準として、いわゆる major lead orebodies (大規模層状鉛鉱床)のデータがしばしば用いられる。これら鉱床はかつては、その同位体的特徴から U, Th, Pb に関して閉じた非常に大きなソース、おそらくマントル、から地史のさまざまな時代に間欠的に分離上昇してきた鉛によってつくられたものと考えられていた。しかし、1960年代末頃からこのようなモデルに対する矛盾が次々と現われて、現在ではこれら鉱床の鉛は地殻における平均的な鉛同位体比の進化を代表しているとする立場が定着している。

わが国の鉱石鉛約90個につき最近の信頼できる技術で同位体比 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) を測定した結果によると、これらの鉛は3群に分けて考えることが便利である。すなわち(1)中新世鉱化作用の鉛、(2)先中新世鉱化作用(ただし別子型鉱床を除く)の鉛、(3)いわゆる別子型(キースラーガー型)鉱床の鉛、である。平均的地殻鉛と比べ、わが国の鉱石鉛は全般的に多少とも less radiogenic である。(1)の鉛の特徴は顕著な同位体的均質性で、とくに黒鉄鉱床で代表されるグリーンタフ鉱化作用でその傾向が著しい。これは major lead orebodies に見られる同位体的均質性と共にこれらの鉱床の成因を考える上で極めて重要な事実である。鉛を始めこれら鉱床を構成する金属の濃集過程に極めて効率的な攪拌媒体(海洋?)が介在したことを示唆するものではないかと思われる。(2)の鉛は(1)に比しはるかに不均質である。しかし個々の同位体値は平均的地殻鉛の生長曲線付近に分布し、これらの鉛の主たる源が基盤地殻にあったことを示している。(3)の鉛は前二者に比べ ^{207}Pb 濃度が明らかに低く、近接鉱床間あるいは単一鉱床内で大きな同位体比の変動を示すことなど、全般的に海嶺玄武岩の鉛とよく似ている。 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ プロットで major lead orebodies の鉛生長曲線の下側にずれる層状

塊状硫化物鉱床が存在することはかねてから知られていたが、これらはその地質環境と合せ考えると、わが国の別子型鉱床と共にマントルを主たる進化環境とする鉱石鉛の存在を実証するものと思われる。但しこのグループの中で鉱床規模の鉛が濃集したのは始生代に限られ、原生代以後は鉛の大規模鉱床はすべて地殻型である。

わが国の鉱石鉛の同位体的研究は1950年代からあるが、上述のような議論に用い得る精度の高い測定が可能になったのはごく最近のことである。列島基盤の地殻情報を探る一つの手段として鉱石鉛の研究は極めて有効と思われる。

地球の上部マントルが持つ硫黄の同位体比 ($^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$) は隕石硫黄のそれに比し約1パーミル大きい。またこの値はかなり古く、少なくとも3700 Ma頃の地球には既に存在していたらしい。もしこれが地球の平均硫黄をあらわし、また、それらが現在知られる隕石類の硫黄と同一起源で且つ隕石の硫黄同位体比が始源値を保存していると考えてよければ、同位体的により重い地球の硫黄は軽い同位体の選択的逃散によって説明されるであろう。トロイライトや黄鉄鉱の加熱脱硫過程で最近明らかにされた大きな同位体効果は、地球史のかなり初期に何らかの catastrophic event の結果として生じたかも知れない大規模な脱硫がその原因である可能性を示唆している。宇宙(惑星)化学的にも興味ある問題と言えよう。

地質学の主要対象となる地殻物質での硫黄同位体体系は、海洋の硫黄とその同位体的進化を抜きにしては論じ得ない。花崗岩質岩類やそれに伴う鉱床中の硫黄の起源に関する近年の研究結果はその好例であろう。海洋の硫黄同位体的進化、とくに先カンブリア海洋のそれについてはなお未解決の問題が多い。始生代を除けば海洋の硫黄はほとんどすべてが硫酸イオンとして溶存してきたと考えられる。これらはその一部が蒸発岩としてさまざまな地質時代に堆積相に取込まれるほかに、硫酸還元バクテリアの作用で生ずる硫化物としても各種の堆積岩中に固定されている。海洋の硫黄同位体的進化を求めると当ってはこれまで蒸発岩が用いられ、硫化物を用いた考察は蒸発岩試料が得られない先カンブリア代を除きまだ試みられていない。これはバクテリア還元に伴う複雑な同位体効果のために、硫化物硫黄には源の硫酸イオンの同位体値からはさまざまに距った値しか残されていないという事情によるものであるが、地球上個々域での海水硫黄の同位体進化を考える場合、堆積岩硫化物の系統的研究は重要な一課題であろう。(鉱床部)

本邦金属鉱床の産出重金属比

須藤 定久

島弧地殻の地球化学を考える場合、そこに形成された金属鉱床に濃集した金・銀・銅・鉛・亜鉛などの金属元素の量や比も、重要な検討課題の一つであろう。全国の金属鉱山における金属生産量は、明治以降約75年間にわたり統計調査が行われており、もっとも広範囲にわたる定量的な地球化学的データのの一つとなっている。

そこで、全国1027の鉱山から産出した金属の量と比を通産省の統計資料や日本産産誌などに基づいて推定し、これを、マイクロコンピュータに入力、集計・解析処理を試みた。

この結果、例えば、鉱床型式による金属産出比の差、地殻の新旧と金属産出量・比の系統的变化、金属産出比の広域的变化と地質構造との密接な関係など、多くの興味深い結果が得られた。

また、島弧地殻の地球化学を考えるうえで、最も興味ある点の一つは、島弧に分布する鉱床の金属産出比に带状配列が存在するの否かという問題であろう。白亜紀-古第三紀の西南日本内帯と典型的な島弧である新第三紀の東北日本弧とを例に検討し、比較した。両者とも鉱床型式や地域により明瞭に差はあるものの、弧の内側(日本海側)ほど、銀/金比が低く、銅/銀比、銅/鉛・亜鉛比が高いという傾向を示しており、带状配列は不明瞭ながら存在するものと考えられる。西南日本内帯と東北日本弧とが、極めて類似した傾向を示すことは、両者において、金属鉱床は大局的には類似した条件下、ひいては類似した地殻構造下で形成されたことを暗示している可能性もあり、今後の島弧地殻研究に一つの糸口を与えるかも知れない。(鉱床部)

本邦古期火成岩類の Sr 同位体比

白波瀬 輝夫

本邦第四紀の火山岩が、Sr 同位体比について東北日本と西南日本で異なった特徴をもつことが明らかになってきたが、このような特徴は新第三紀以前の火山岩・深成岩についても、第四紀とはやや違ったかたちではあるが、認められることが知られている。

とくに、後期中生代から古第三紀にかけて、本邦で大規模に形成された花崗岩類については、磁鉄鉱系列とチ

タン鉄鈷系列の区分が ISHIIHARA (1977) によって提唱され、この区分が、主要元素組成 (ISHIIHARA and TERASHIMA, 1977), Sr 同位体組成 (SHIBATA and ISHIIHARA, 1979) やイオウ同位体組成 (SASAKI and ISHIIHARA, 1979), さらには、酸素同位体組成 (本間, 1974; 加々美・本間, 1979) などの変化に対応していることが明らかにされてきた。

これらの花崗岩類の諸性質について地域的な差を生じた原因として、ISHIIHARA (1977) は、東北日本の白亜紀には、多くの南北系の横ずれ断層によって示される深部割れ目に沿う火成活動が特徴的であり、西南日本においては、太平洋側から沈み込むプレートの影響でマントル内に発生したマグマが上昇する過程で、より太平洋側では大陸地殻内の構造運動の影響で地殻物質との反応がすすみ、より縁海側では、その影響が少なかったという特徴があったとの考え方を提起している。

大規模な珪長質岩の成因に関する最近の考え方によれば、大洋底下のマントル物質よりも高い Sr 同位体比を示す珪長質マグマの生成機構として、上部マントルで発生したマグマの大陸性地殻物質との混成作用や、大陸性地殻中を通過する際の部分帯溶融、あるいは、大陸性地殻物質の全溶融または部分溶融によるマグマの発生、さらには、大陸地殻下のマントル物質が、大洋底下のマントルと組成を異にしていることに原因を求めるなど様々の考え方があるが、いずれも決め手を欠いているのが現状であろう。いずれにしても大陸性地殻の存在は、大規模珪長質マグマの形成にとって重要な役割を果たしている。

過去の地殻構造と組成、あるいはその下の上部マントルの組成を知る手がかりは、地殻上部については、各地質時代の岩石そのものにあり、地殻下部と上部マントルについては、各時代の火成岩中の捕獲岩に頼るしかないであろう。後者については、漸く関心をもつ人が出て来たとに過ぎない。白亜紀以前の火成岩についての Sr 同位体比は、年代測定に伴って得られているに過ぎないが、過去の大陸地殻の存在を明らかにする上でも、系統的な、即ち、堆積岩・変成岩も含めた資料の蓄積が望まれる。

本邦の白亜紀以前の基盤岩に関する Sr 同位体の研究はまだ少量ではあるが、過去の大陸性地殻について、次のような情報を与えてくれる。

飛騨帯においては、すでに先カンブリア紀に、上麻生礫岩(以下 Sr 同位体初生値, 0.7036-0.7039) に示されるような大陸性地殻が、すぐ近くに存在していた。山口 (1980) によれば、シルル紀に塩基性ないし酸性の火山岩～堆積岩が形成され、シルル紀・二畳紀・三畳紀に変成

作用を受け、ジュラ紀には、とくに塩基性火山岩～堆積岩のアナテクシスによって大規模に花崗岩類 (0.7056) が形成された。

西南日本のシルル紀の年代を示す基盤岩として、黒瀬川構造帯・長門構造帯・飛騨外縁帯・長崎変成岩類などがあるが、それらの多くの部分について、従来の地向斜造山帯としてのとらえ方と、海洋性地殻物質を含む蛇紋岩メランジュとしてのとらえ方とがあり、いずれの場合も、酸性岩の形成機構が問題になるとと思われる。黒瀬川構造帯の八代花崗岩は、0.7032-0.7037 と上部マントルないし下部地殻起源を示し (NOHDA, 1973; YANAGI, 1975), 長門構造帯の台花崗岩も、同様に0.7037と低く、海洋性の斜長石花崗岩と似た性質を示すことから、大洋下のマントル起源と考えられている (ISHIZAKA and YANAGI, 1975)。

阿武隈帯の花崗岩は、丸山 (1979) によって、シルル～石炭紀では、0.7041-0.7055 と低いが、ジュラ～白亜紀では、0.7056-0.7067 と地殻物質とくに、古期花崗岩の影響を受けていることが明らかにされている。

北上山地では、デボン紀の緑色岩 (0.7065-0.7066) 及び、石炭紀の氷上花崗岩 (0.7079) が、大陸性地殻の影響を示すが、すぐ近くの二畳紀の緑色岩 (0.7032) は、丹波帯・秩父帯の緑色岩 (0.7034-0.7046) と同様に大洋底起源を示していることから、この大陸性地殻は小規模なものであったと考えられる (TANAKA *et al.*, 1979)。

(技術部)

(コメント) 本邦古期岩類におけるスズ分布

石原舜三・寺島 滋

磁鉄鈷系とチタン鉄鈷系花崗岩類のうち、後者に多量の大陸地殻物質が関与した点は、野外観察のほか、硫黄、酸素同位体比などで認められている。チタン鉄鈷系に属し分化が進んだ花崗岩類では、微量成分としてのスズが多く含まれ、かつスズ鈷床を伴う。したがって、花崗岩貫入以前の諸岩石におけるスズ分布を知り、それぞれの岩石の地球化学的特性を把握することは、火成岩の成因を解明するのみならず、鈷化作用の成因、ひいては鈷物資源のポテンシャルを評価する上で、非常に重要である。しかしながら、我が国においてはこの種の研究はこれまでに皆無に近く、堆積岩や変成岩などのスズにおいても同様で、信頼しうる分析値はこれまでに3個報告されているに過ぎなかった。

過去数年間に於いて、演者らは入手しうる試料につい

て逐次、スズ分析値の蓄積につとめている。それらの結果のうち、それぞれの地帯で花崗岩類より古い時代の堆積岩類約200個、変成岩・花崗岩類約100個についてスズ存在量を概観し、より後の時代の花崗岩類との比較を試みた。

粘板岩のスズ含有量は一般に2-3 ppmであるが、中国地方の“古生層”や北上山地の岩泉帯では4-6 ppmに及ぶ高いものがある。これら高い値を示す岩石はチャートと互層するもので、高い原因は海水との長い反応時間によってスズがイライトに吸着されたものと考えられる。石灰岩地帯の粘板岩やCO₂が多い岩石、苦鉄質火成岩に由来する粘板岩はスズに乏しい。

変成岩や古期花崗岩類では特に高い値のものは上麻生礫岩産のもののみであり、八代花崗岩も若干高い。全試料を通じてスズに富む岩石は岩種を問わず西南日本に現われる傾向があり、この点は白亜紀以降の花崗岩類中のスズ分布に対応している。しかし砂岩や古い時代の火山岩類についてはデータが皆無に近く、今後は代表的な地域を選定して全岩類について組織的なサンプリングと分析を実施し、更に詳細な考察をおこなう必要がある。

(鉱床部・技術部)

新生代火山岩類の地球化学

倉沢 一

島弧現象の典型として、日本列島のおもに第四紀火山岩類のPb, Sr及びREEパターンの問題点と、島弧形成の場における第三紀火山岩類の時間的・空間的同位体地質学的特徴をまとめてみた。日本列島弧は東日本弧と西日本弧とに分けられ、前者には千島弧、東北日本弧ならびに伊豆・マリアナ弧が含まれ、それぞれの弧の交点にも問題がありそうである。

日本列島弧の火山岩のPb同位体比は、東・西両弧ではつきり異なっている。とくに μ ($^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$)と $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ との関係からは、両地域の境は $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比で、およそ18.3で区別される。日本の各地域の玄武岩の $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ と $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ との関係は、鉛の成長曲線からは、25億年のアイソクロンにのり、この線よりless radiogenic Pbをもつものとして西日本の隠岐島後の流紋岩がある。これらの珪質分化物の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比は0.710以上の高い値をもっていることなどから、基盤の古い地殻物質中の鉛(例えば先カンブリア紀の)をとりこんで生成されたものと考えられる。

このような、日本列島弧の東・西の違いは、それぞれ

の弧における traverse、つまり太平洋側から日本海側への系統的変化と、それぞれの地域の同位体地質学的特徴として、さらに詳細に検討されるようになった。東北日本弧の traverse では、alkalinityが日本海側に高くなるとともに、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比が0.705-0.703程度の減少傾向が認められている。日本海北東部の海洋性地殻の存在ともからんで、注目すべき点である。一方、伊豆・マリアナ弧の北端である富士・箱根・伊豆地域は、その火山帯の幅が一般の100 km土に対して50 km土程度しかないこととからんで、同比は0.7037-0.7031ほどの変化を示すに止まっている。また、中部地方の地殻の厚い地域に位置する木曾御岳火山の火山岩類には、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比の高いものがある。西日本に於いては、同様に分化物に同比の高いものがあるが、玄武岩質のものについても、東日本弧のそれらよりも相対的に高い値をもっている。例えば、山陰西部のアルカリ玄武岩(0.7045-55)をはじめとし、玄武洞玄武岩(0.7066)、北西九州玄武岩(0.7041-55)などである。これに対して東北日本弧では、前述のように同比は0.7030-0.7045と低い値である。このような玄武岩質マグマでのSr同位体比のちがいは本質的なものであると考えられる。

マグマの分化作用におけるSr同位体の isotopic-fractionation を検討するために、富士火山の三島溶岩、青木が原溶岩などの、溶岩とその中の segregation-vein のSr同位体比ならびにREEパターンの変化、挙動をしらべたところ、in situでの現象として、Sr同位体比に有意の差が認められている。REEパターンでは、veinについて、hostより2-3倍のREEの濃集と、平行パターンがみられ、結晶分化作用の結果として説明できる。しかし、マグマ溜り中の分化過程で、 ^{87}Sr の選択的移動があるのかどうかは、今後の課題である。

さて、いわゆる火成岩系列で、本源マグマの分化物と、それらに由来し何らかの因子が加わったとされるカルク・アルカリ岩系との間のSr同位体比の実態は、まだ資料が少ないが、カルク・アルカリ岩系の岩石の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比は、アルカリ玄武岩マグマあるいはソレライトマグマに直接由来する岩石系列のものに比べて、高い場合もあり、また低くなる場合もあることが明らかになっている。とくに、山陰西部における例では、カルク・アルカリ岩系の岩石が相対的にはつきりと低く、0.7035-0.7042の範囲であり、アルカリ岩系での0.7045-58とはつきりしたちがいとなっている。マグマ発生源物質のちがいか、混成した物質の特性が反映されているのか、カルク・アルカリ岩系の原因に重要な意義をもっている。

島弧での時間的・空間的關係を同位体地質学的にとら

える目的で、年代の明らかな第三紀火山岩類の Sr 同位体比も明らかになっている。東北日本弧では、先西黒沢階と西黒沢階以降とで、はっきりとマグマの性質、活動形式が異なっている。とくに後者では Bimodal volcanism で特徴づけられており、それらの $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比は、同弧内で地域性がある。一般的に先西黒沢階(台島階など)は同比が高い。西黒沢階以降では、同比が 0.7033-0.7039 と低い帯として、出羽丘陵地域が明らかになっている。これらは、日本海の形成に関連させても興味ある事実である。以上のような同位体地質学的特徴は、他の元素の同位体の挙動と組合わせて、更に検討すると共に、マグマの liquid-solid での分配についても研究を進める必要がある。(技術部)

(コメント) ネオジウム同位体からみた島弧

田中 剛 (技術部)

東北日本新生代火成岩の帯状分布

富樫 茂子

現在の東北日本は、典型的な島弧海溝系とされている。では、いつから島弧海溝系になり、島弧としてどのような発展をしてきたのか。東北日本の第四紀の火山活動の性質については比較的良くわかっている。たとえば、KUNO (1966) は SiO_2 に対する $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ が太平洋側から日本海側に増加する帯状分布を示した。さらに、最近では柵山 (1977) が、斑晶鉱物の晶出順序についても帯状分布があることを示している。一方、新第三紀の火成活動についてのデータは必ずしも十分ではなかった。玄武岩によって試みられた帯状分布は、玄武岩の産出が、西黒沢階以降の出羽丘陵に偏在しているため、不十分である。

これを補うためには、中性-酸性岩のデータが必要である。特に脊陵部の岩石については変質の影響も吟味しなければならない。初生の化学組成が均一な粗粒完晶質な岩石を用いて、化学組成の議論が可能な変質の範囲を明らかにした。

東北地方を、出羽帯、奥羽帯、北上帯(第四紀火山フロントの東側)に分ける。帯状分布を明らかにする上で重要なアルカリについての議論が可能な程度の変質しか受けていない火山岩のデータは、出羽帯と北上帯に集中し、奥羽帯には少ない。奥羽帯には変質の程度の低い半

深成岩が産出する。火山岩と半深成岩は活動の時空が一致するだけでなく、岩相も漸移的な変化をし、化学組成にも違いが認められない。従って、火山岩と半深成岩は同源であるとして、奥羽帯には半深成岩のデータも加えた。

時代の区分は、岩系の変化の最も大きい北上帯の火山岩を基準に行い、台島階前期(25-22 Ma)(霊山、高館、稲瀬)、台島階後期(22-17 Ma)(塩釜、篔岳、石越、傾城峠)、西黒沢・女川階(17-8 Ma)(名久井岳、三滝)と分けた。ただし年代のデータ数は不十分である。

化学分析値は、北上帯は、阿部ら(1969, 1976)、小島(1979)、周藤ら(1974)、青木(1967)、富樫(未公表)を、奥羽帯は TOGASHI (1978)を、出羽帯は大沢(1963)、TOGASHI (1978)を用いた。

火成岩は、KUNO (1968)にもとづき、 SiO_2 と $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ の図で、高アルミナ玄武岩系又は高アルカリソレイアイト岩系(以下 HA)と低アルカリソレイアイト岩系(LT)に分けた。必要に応じて、 SiO_2 に対する K_2O や Na_2O の量や、斑晶鉱物組合せについての特徴も加える。

時代による火山岩のアルカリ量の帯状分布は次のようになる。

台島階前期では、出羽帯、奥羽帯、北上帯のいずれもが HA に属する。ただし北上帯の HA は第四紀島海火山帯の HA と異なり、K が之しく Na に富む。同様の性質の火山岩はカスケードなどの陸弧の第四紀火山のフロント付近に産する。K は incompatible element として挙動するのに対し、Na は単斜輝石などには入り、部分溶融の際の単斜輝石の溶融量や Na の分配が、島弧か陸弧かという条件の違いにより異なり、台島階前期は陸弧的条件下にあったと推定した。

台島階後期では、出羽帯は HA に属するが、北上帯は LT に属する。奥羽帯はデータ不足で不明である。北上帯の LT は石英を含まない普通角閃石安山岩を含むなどやや HA に近い性格を有している。

西黒沢階と女川階では、出羽帯は HA、奥羽帯と北上帯は LT である。LT の性質は第四紀那須火山帯のものと類似している。

船川期以降では、火山フロントが現在の位置まで西へ移動した。少なくとも 2 Ma 以降の火山は現在の帯状分布をしている。

南部フォッサマグナ地域においても中新世に HA から LT への変化が生じたことが、島津ら(1980)により提唱されている。またおよそ 8 Ma 前後に活動した第三紀花崗岩が、第四紀の火山フロントの東に活動している

ことも、石原ら(1976)により指摘されている。

以上に述べた東北日本の帯状分布の変遷は、GILL(1970)やJAKESとWHITE(1969)が提唱した、島弧性ソレイアイトからカルクアルカリ岩を経てショショナイトへと変化する傾向や、MIYASHIRO(1974)によって示されたようなCA/TH比の増大の傾向とも異なっている。

今後の課題は、時代論についての正確さを増すこと、より広い地域の各時代の火山岩のデータの集積、微量元素や同位体比の測定、海底から得られる情報との関連性やマグマ成因論の考察などが指摘できる。

文献

- 阿部智彦・青木謙一郎(1969) 岩鉱, vol. 62, p. 177-190.
- ・———・舟山裕士(1976) 岩鉱, vol. 71, p. 137-146.
- 青木謙一郎(1967) 岩鉱, vol. 58, p. 180-187.
- GILL, J. B. (1970) Contr. Mineral. Retrol., vol. 27, p. 79-203.
- 石原舜三・金谷 弘・寺島 滋(1976) 海洋科学, vol. 82, p. 19-24.
- JAKES, P. and WHITE, A. J. R. (1969) Tectonophysics, vol. 8, p. 223-236.
- KUNO, H. (1966) Bull. Volc., vol. 29, p. 195-222.
- 久野 久(1968) 地球科学, vol. 22, p. 195-197.
- MIYASHIRO, A. (1974) Amer. Jour. Sci., vol. 274, p. 321-355.
- 大沢 穠(1963) 岩鉱, vol. 50, p. 167-184.
- 柵山雅則(1977) 火山第2集, vol. 22, p. 263-271.
- 島津光男・楠田 隆(1980) 地質雑, vol. 86, p. 593-612.
- 周藤賢治・八島隆一(1974) 岩鉱, vol. 69, p. 373-308.
- TOGASHI, S. (1978) Sci. Rep. Tohoku Univ., Ser. III, 14, p. 1-51.
- 八島隆一(1979) 地質学論集, vol. 16, p. 183-194. (技術部)

(コメント) 東北地方土壌ガスの東西変化

茂野 博・松林 修・玉生志郎(地殻熱部・同・同)

第四紀火山岩の酸素同位体

松久 幸敬

東日本弧の第四紀火山岩の酸素同位体組成($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 比)について、すでに演者の行った研究(MATSUHIRA, 1979)を概説したあと、今回新たに測定した中部日本及び西日本の第四紀火山岩(八ヶ岳, 木曾御岳, 大山, 青野山及び阿蘇)のデータを中心に、安山岩質マグマの成因、マグマ溜りにおける壁岩の同化作用といった問題について考察を試みた。

中部日本、西日本の第四紀火山岩(主として安山岩)の酸素同位体組成は、 $\delta^{18}\text{O} = +6.5 \sim +10\%$ (rel. to SMOW) という幅を持つが、各火山について、噴出の順を追って同位体組成の変化を詳細に見ると、ところどころに ^{18}O に富んだ($\delta^{18}\text{O}$ 値の高い)パルスが入っていることがわかる。このパルス様の部分を除くと、同位体組成はおおむね一定で、 $+6.5 \sim +7.5\%$ 程度である。倉沢による同一試料の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比についても同様の現象がみられ、.704~.705のベースラインの上に、.71に達する ^{87}Sr 濃度の高い噴出物がパルス様に存在する。ただし、 $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 比と $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比のパルスの位置は必ずしも一致しない。

この $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 比の高い噴出物は、おそらく、マグマ溜りに $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 比の高い物質が一時的に入るために生ずるのであろう。演者は、それは、たとえばマグマ溜りの天井がくずれて落下するというような現象に対応するのではないかと考える。火山噴出物の中に記録された“catastrophic event”と、この同位体比上のパルスが一致するかどうか今後検証したい。

次に、データを $\delta^{18}\text{O}$ vs SiO_2 ダイアグラム上にプロットすると、上述の現象は、一連の噴出物が $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 比の高い値から次第にひとつのトレンド上に収れんしていくという形であられる(とくに雲仙と木曾御岳)。すなわち、このトレンドがその火山の本来のマグマの持つ同位体組成のトレンドであり、ダイアグラム上でのトレンドの位置は、今回測定した火山の相互の間で大きな差はなく、 SiO_2 60%で $\delta^{18}\text{O} +7.0\%$ 程度を示し、すでに得られている八丈島の島弧ソレイアイトのトレンドとほぼ平行で1%ほど ^{18}O に富んでいる。また、すでに得られている東日本弧の本州島上の火山のトレンドともほぼ一致する。同様の手続をして $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ についてもパルス様に入る汚染作用の影響をとり除くと、島弧の安山岩質マグマのSr同位体比は.705付近になる。

$\delta^{18}\text{O}=+7\%$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=.705$ の安山岩質マグマは、 $\delta^{18}\text{O}=+5.7\%$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=.7035$ の島弧ソレライト質マグマからの直接の分化作用、もしくは、島弧ソレライト質マグマを生んだのと同じ起源物質の溶融からは導かれない。他の可能性としては、1) $+7\%$, $.705$ の値を持った起源物質の溶融か、2) 島弧ソレライトマグマと、高い同位体比を持つ地かく物質の混合、が考えられる。

1) については、島弧下に沈み込む大洋地かくの溶融が考えられるが、島弧のマグマの $\delta^{18}\text{O}$ 値が、八丈島で代表される火山フロントでのソレライト質マグマで低く、本州島上で $+7$ になり、日本海側で再び低くなる(渡島大島, MATSUHISA, 1979) ためには、大洋地かくが、本州島下に対応する特定の深さでのみ溶融することを考えねばならない。2) については、本州島下で地かく下部が一部溶融する可能性を考えれば、 $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ vs $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ダイアグラム上の mixing model と矛盾しない。この場合、地かく物質の寄与は $\sim 30\%$ となる。

マグマ溜りでの汚染作用は、 $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ vs $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ダイアグラム上の mixing model で検討することが出来る。その結果、 $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 比が高くなり、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ が高くなるケースは、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比は高いが Sr 含量の低い泥質変成岩(堆積岩)の混合によって説明される。しかし、ダイアグラム上のデータは、mixing が一組の端成分の組合せのみによっては支配されていないことを示している。 $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 比が変化せず $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比のみが高くなる場合(たとえば八ヶ岳)は、Sr に著しく富んだ物質の混合を考えねばならない。

文献

MATSUHISA, Y. (1979) Oxygen isotopic compositions of volcanic rocks from the East Japan island arcs and their bearing on petrogenesis. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, vol. 5, p.271-296.

(鉱床部)

(コメント) 温泉ガス等のヘリウム同位体比

松林 修(地殻熱部)

(コメント) 第四紀火山岩類におけるスズ分布

寺島 滋・石原舜三

スズは典型的な再循環元素であり、火成岩類中のスズ

含有量は大陸地殻物質の関与の程度を表わすものと考えられる。火山岩類の基盤の一つである花崗岩類中のスズ含有量はすでに公表した(地質学雑誌, vol. 83, p. 657-664)が、スズ含有量が高いのは主として棚倉破碎帯より西側の地域であり、特に高いのは山陽帯と南九州を中心とした西南日本外帯である。そこで西日本から得られた火山岩類を中心に約 150 個の試料についてスズを定量した。試料の選定に当っては、大陸地殻物質との反応を指示するストロンチウム初生値が高いもの及び酸素同位体の重いものが多く含まれている火山岩類を選んだ。比較のため一部海洋性環境下の火山岩類も分析した。

スズ含有量の地域別平均値と含有量範囲を第 1 表に示した。これら試料のうち高館地域、山形南部、津川地域、佐渡ヶ島、島根東部、隠岐島後、瀬戸内は中新世、大津郡及び見島は鮮新世とされており、その他は第四紀である。分析試料は SiO_2 43-80%、玄武岩-安山岩から流紋岩に及ぶ。

スズ含有量の全体の平均値は 1.42 ppm (分析数 151) であり、これは HAMAGUCHI *et al.* (Geoch. Cosmoch. Acta, vol. 28, p. 1039-1053) による世界の苦鉄質岩の平均値 0.9 ppm より高く、中性岩の平均値 1.5 ppm と同程度である。

第 1 表 本邦火山岩類中のスズ含有量 (ppm)

| 試料採取地域 | 個数 | 平均値 | 範囲 |
|----------|-----|------|----------|
| 高館地域 | 12 | 0.30 | 0.2-0.6 |
| 山形南部 | 3 | 0.83 | 0.4-1.2 |
| 津川地域 | 13 | 1.58 | 0.8-2.5 |
| 佐渡ヶ島 | 6 | 1.78 | 1.0-4.0 |
| 八丈島 | 10 | 0.76 | 0.3-1.3 |
| 伊豆一箱根 | 8 | 0.68 | 0.4-1.0 |
| 富士山 | 2 | 1.15 | 1.1, 1.2 |
| 八ヶ岳 | 12 | 0.61 | 0.4-0.8 |
| 木曾御岳 | 11 | 1.85 | 1.1-3.2 |
| 大山 | 5 | 0.52 | 0.3-0.9 |
| 島根東部 | 2 | 0.60 | 0.6, 0.6 |
| 隠岐島後 | 14 | 2.48 | 0.9-4.6 |
| 大津-阿武-見島 | 27 | 1.56 | 0.7-2.4 |
| 瀬戸内 | 14 | 2.55 | 1.2-6.0 |
| 雲仙 | 12 | 1.52 | 1.1-1.9 |
| | 151 | 1.42 | 0.2-6.0 |

スズ含有量を地域別に概観すると、東北-新潟地域では棚倉帯の東側の高館地域、山形南部で低く、西側に位置する津川地域、佐渡ヶ島で高い傾向がある。関東中部では海洋性環境下の八丈島で平均 0.76 ppm と低く、

伊豆一箱根, 八ヶ岳も同程度で低いが木曾御岳のみ1.85 ppmで高い。中国—四国の断面では, 隠岐島後(2.48 ppm), 瀬戸内(2.55 ppm)で高いが, 山陰グリーンタフ地域の島根東部の大東地域(0.6 ppm)と鳥取県下の大山(0.52 ppm)では低い。瀬戸内の高マグネシウム安山岩の1試料は6 ppmで全分析値の中で最も高い値を示した。山口県北西部の大津郡, 阿武郡, 見島に分布する火山岩類では, 大津郡(1.66 ppm), 阿武郡(1.58 ppm)では同程度であるが見島(1.00 ppm)でやや低い。岩質との関係では, アルカリ岩(1.59 ppm, 分析数14), カルクアルカリ岩(1.70 ppm, 分析数8)に比

べてソレアイト質岩(1.07 ppm, 分析数3)で低い。

上記の地域別スズ含有量を花崗岩類中のスズ含有量に対応させて見ると, 火山岩類中のスズ含有量の低い高館地域, 山形南部, 八丈島, 伊豆一箱根, 八ヶ岳, 島根東部, 大山は花崗岩類中のスズ量の低い地域にあり, これに対して火山岩類中のスズ量の高い津川地域, 木曾御岳, 瀬戸内では花崗岩類中のスズ含有量も高い傾向がある。このことから, 火山岩類中のスズ量は基盤岩としての花崗岩類中のスズ量とある程度の関係がある。

(技術部・鉱床部)