

氏名（本籍）	業田 颯行（長野県）
専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	工博甲第224号
学位授与の日付	平成28年3月22日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	工学資源学研究科・資源学専攻
学位論文題名	Sr,Nd 同位体組成を用いた北部フォッサマグナ後期中新世火山岩のソースマントルの検討
論文審査委員	(主査) 教授 今井 亮 (副査) 教授 大場 司 (副査) 教授 石山大三 (副査) 教授 内田 隆

論文内容の要旨

東北日本弧では後期中新世以降の火山岩について島弧火山岩に特徴的な K_2O など LIL 元素の島弧横断方向の変化が認められる。同位体組成についてみると、フロント側から背弧側にかけてより低 Sr 同位体比、高 Nd 同位体比になる。この水平変化の原因として、日本海の拡大に伴い背弧側に MORB 的なアセノスフェアが湧昇したこと、あるいは、フロント側のマグマについては MORB 的なマグマが地殻物質を同化したことが考えられている。

北部フォッサマグナも日本海拡大と同時期に形成しているが、火山岩の化学組成の水平変化は明らかにされていない。LIL や同位体比の等値線は複雑で、東北日本弧からフォッサマグナ地域にかけて単純には連続しない。これは、フォッサマグナ地域の構造的な環境が東北日本弧とは異なることを示している。そこで本研究では、北部フォッサマグナ地域の後期中新世以降の火山岩を広範囲から採取し、Sr, Nd 同位体比と主要・微量成分を測定し、その水平変化とフォッサマグナ形成にかかわる構造環境を考察した。その結果、以下のことを明らかにした。

(1) Sr-Nd 同位体関係からみた 2 つのグループ

北部フォッサマグナ地域の火山岩の Sr-Nd 同位体関係をみると、Nd 同位体比が高い傾向を示すグループ（以下 HND グループ）と低い傾向を示すグループ（以下 LND グループ）に分けられる。この 2 つのグループは分布地域が異なる。HND グループは北部フォッサマグナ地域の中央部から南部にかけて、LND グループは柏崎ー千葉構造線および糸魚川ー静

岡構造線に沿った東西縁にのみ分布している。なお、両グループの境界部において、Nd 同位体組成は漸移しない。以上の傾向は、少なくとも本研究であつかった 6 Ma 以降の火山岩において明瞭である。

(2) マントルアレー上の火山岩からみたマントルコンポーネント

両グループは低 Sr 同位体比側のマントルアレー上で最も Nd 同位体比の差異が際だっており、中間的な値を持たない。このことから、マントルアレー上に乗る LND 火山岩が HND マグマと地殻物質との相互作用によって生成されたとは考えにくく、異なる同位体組成を示す 2 つのマントルコンポーネントに由来すると考えられる。すなわち、HND グループは LND グループに比べ、Nd 同位体比が高いより MORB 的なマントルに由来する。このことは微量元素比にも認められ、Zr/Nb および Hf/Nb 比は HND グループの方が高く、より MORB 的である。

東北日本において、背弧側の火山岩が同位体的に MORB に近い同位体組成を持つことは、日本海形成時に湧昇したアセノスフェアが原因とされている。北部フォッサマグナにおけるソースマントルの多様性がアセノスフェアの湧昇によるならば、この地域に湧昇した物質は高 Nd 同位体比で特徴づけられる HND マントルということになる。HND マントルに由来する火山岩の分布は、北側で狭まり南側で広がるような逆扇形を示す。この形は、島弧横断方向に発生した北へ向けて伝播するフォッサマグナのベーズンと調和的である。フォッサマグナにおいてアセノスフェアの湧昇があつたことが火山岩の組成的な水平変化が東北日本弧とは不連続であることの原因と考えられる。

(3) 高 Sr 同位体比側の端成分

HND, LND 両グループとも、火山岩の Sr 同位体比は広い組成幅を持ち、マントルアレーから離れて高 Sr 同位体比側にプロットされる試料も多い。HND グループは高 Sr 同位体比側へ Nd 同位体比が下がるトレンドを描くため、やや水平な LND グループのトレンドとともに高 Sr 同位体比側へ収束するように見える。そこで、両グループの Sr 同位体比を変化させた要因を検討した。

・サブダクションコンポーネント

微量元素パターンでは、LIL 元素/HFS 元素比が高いことからサブダクションコンポーネントの関与が伺える。しかし、沈み込む堆積物のメルトの関与によって増加する Th/Yb と Sr 同位体比の変化を見ると、LND, HND 火山岩のトレンドは、DMM-堆積物混合線と一致せず、これらの混合ですべてを説明することはできない。La などの水に可溶性 LIL 元素はスラブ由来流体の関与の指標とされるが、北部フォッサマグナ地域の火山岩の La/Nb 比は Sr 同位体比と相関しないので、その関与も考えにくい。以上のことから、サブダクションコンポーネントが Sr 同位体比の多様性の主要な原因であるとは考えにくい。

・珪長質上部地殻との同化作用

東北日本弧第四紀の十和田火山は、苦鉄質から珪長質の火山岩にかけて Sr 同位体比が高くなる傾向があり、同化分別結晶作用が提案されている。しかし、安達太良や蔵王など早

期結晶作用の段階からすでに Sr 同位体比が異なる火山もある。北部フォッサマグナの火山岩の場合も、Sr 同位体比は SiO₂ 濃度にかかわらず火山ごとに一定の傾向を示し、珪長質な上部地殻の同化作用による Sr 同位体比の変化は考えにくい。

- ・ 苦鉄質下部地殻との同化作用

LND グループの荒倉山や海川火山岩には、角閃石はんれい岩質の下部地殻起源捕獲岩が包有され、Sr-Nd 同位体比関係では母岩と同じ領域を示す。このことから、マグマの Sr 同位体比の多様性のプロセスは少なくとも下部地殻のレベルに求められる。コンタミネントとしての苦鉄質下部地殻物質は高 Sr 同位体比であることが予想されるため、火山岩の高 Sr 同位体比への変化に関与する下部地殻物質は、Sr-Nd 同位体比関係における HND トレンドの延長と LND トレンドとの収束点で示される。

論文審査結果の要旨

提出された博士論文、博士論文要旨及び論文目録について、所属する資源学専攻の教員により構成される審査委員会において審査し、不備がないことを確認した。記載内容は適正であり、また、査読のある学術誌に論文が受理され掲載号が印刷されたことを確認し、書類審査は合格とした。本学位論文では、北部フォッサマグナ地域の後期新生代（6 百万年前以降）に噴出した火山岩から採取された多量の岩石試料について詳細に検討し、精密な Sr, Nd 同位体比の分析を行ない、マグマの根源物質であるマンツルの多様性とその起源、それらと中央日本フォッサマグナの形成プロセスとの関係について論じた。

まず著者は、北部フォッサマグナ地域の火山岩類のこれまでの研究史をレビューし、北部フォッサマグナ地域の後期新生代火山岩の時空分布をまとめるとともに、東北日本弧の新生代後期の火山岩類の地球化学的特徴の水平的な変化が、北部フォッサマグナ地域の後期新生代の火山岩類にはそのまま連続しないため、マ北部フォッサマグナ地域のマグマの起源物質を検討しなければならないこと、これまでの先行研究によるフィリピン海プレートの沈み込みによるスラブの影響では説明できないことを指摘し、本研究の目的と意義を述べた。次に著者は、北部フォッサマグナ地域には、比較的高い Nd 同位体比を持つ火山岩類と、比較的低い Nd 同位体比を持つ火山岩類が分布していることを示した。これらのソースマンツルについて、Nd 同位体比による検討を行い、前者が MORB 的なマンツル、後者がそれより非枯渴的なマンツルに由来することを示した。さらに、これらの比較的高い Nd 同位体比を持つ火山岩類と、比較的低い Nd 同位体比を持つ火山岩類の時空関係と、東北日本弧の新生代後期の火山岩類及びフォッサマグマ以西（糸魚川-静岡構造線以西）の火山岩類の Nd 同位体比を検討し、前者の比較的高い Nd 同位体比を持つ火山岩類のソースマンツルが日本海形成およびフォッサマグナの形成の引張場におけるアセノスフェアの湧昇に起因すること、後者の比較的低い Nd 同位体比を持つ火山岩類のソースマンツルは前者のアセノスフェア湧昇以前に存在していたマンツルであり、フォッサマグマ以西（糸魚川-静岡構

造線以西)の火山岩類や、フォッサマグナ以東(柏崎構造線以東)の東北日本弧南部のマントルと共通の性質を持つことを示した。さらに著者は、Sr 同位体比の多様性についても検討し、沈み込むスラブや地殻コンポーネントの関与を議論した。その結果、沈み込んだプレートによる影響(とくに Sr 同位体比が高い堆積物の寄与)や、マグマの分化過程における上部地殻物質の同化作用では説明できず、北部フォッサマグナ地域の火山岩の一部にも認められる苦鉄質下部地殻に由来する捕獲岩の Nd 同位体比及び Sr 同位体比による検討を行ない、マントル由来のマグマと苦鉄質下部地殻との混合の可能性を結論した。

以上のように、本論文において広範囲の研究地域の対象から採取された多量の岩石試料について精密な Sr, Nd 同位体比の分析を行ない、マグマの根源物質であるマントルの多様性とその起源に関して緻密な議論を行ない新たな知見を得たことは、地球科学的、岩石学的に大きな業績であると認められるので、学位論文としてふさわしい研究業績であると認め、本審査は合格と判定した。