

氏名	しもだはじめ 下田 玄
学位(専攻分野)	博士 (人間・環境学)
学位記番号	人博第10号
学位授与の日付	平成8年9月24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	人間・環境学研究科人間・環境学専攻
学位論文題目	Origin of the Setouchi Volcanic Rocks in SW Japan Arc: Constraints from Pb-Nd-Sr Isotope Geochemistry 西南日本に産する瀬戸内火山岩類の起源: Pb-Nd-Sr 同位体地球化学からの制約
論文調査委員	(主査) 教授 石坂恭一 教授 堀 智孝 教授 巽 好幸

### 論 文 内 容 の 要 旨

瀬戸内火山帯は、西南日本弧の回転運動とほぼ同時に、日本海拡大の後期に活動した若いプレートの沈み込みと背弧海盆拡大に伴うマントルウエッジ内の異常な高温状態が、マグマの発生に寄与したと考えられている。本論文は、(1)プレート沈み込みによる物質循環、特に堆積物を介した大陸地殻物質の島弧マグマ起源物質への寄与とその移動機構、(2)背弧海盆拡大が島弧マグマ起源物質に及ぼす地球化学的影響、の2点について制約条件を与えることを目的として、主として同位体地球化学的手法を用いて瀬戸内火山岩類を解析したものである。

第1章では、瀬戸内火山岩類、南海トラフの陸源堆積物、フィリピン海盆の遠洋性堆積物のPb同位体組成を決定し、これらと、これまでに報告されている日本海海底玄武岩のPb同位体組成が、Pb-Pb同位体比図上で直線傾向にあることを明らかにした。また初生的な岩石である玄武岩と高Mg安山岩(HMA)を比較した結果、マグマ起源物質において含水量の多いHMAが、玄武岩に比べて系統的にPb同位比が高く、堆積物の同位体組成に近いことを示し、瀬戸内火山岩類の同位体的特徴が、スラブ起源の物質(SDSC)と上部マントル物質との混合により獲得されたことを明らかにした。

第2章では、HFS元素(High Field Strength Element)の挙動に着目して、スラブ溶融の可能性について議論した。同一地域ではSDSC添加前のマントル(オリジナルマントル)の組成は同一であると考えられる。また、HFS元素は、H<sub>2</sub>O-流体相に難溶である。HMAと玄武岩のHFS組成を比較すると、HMAの方が玄武岩に比べZr/TiO<sub>2</sub>及びNb/TiO<sub>2</sub>比が高く、TiO<sub>2</sub>濃度が低い。この相違が部分溶融の程度の違いではなく、SDSCの付加量の違いであることを示し、SDSCがH<sub>2</sub>O-流体相でなくシリケートメルトであることを明らかにした。さらに、マグマソースのK<sub>2</sub>O組成とHMAの含水量を制約条件として、SDSCのK<sub>2</sub>O濃度を見積り、メルトによる物質移動を示した。そして、この解釈を報告されているスラブの温度分布に関する数値計算の結果と比較し、地球化学的な手法による解釈が物理的条件と整合的

であることを示した。

第3章では、瀬戸内火山岩類のNd-Sr同位体組成の負の相関に基づいて、SDSCの主成分が陸源堆積物であることを示した。また、大阪のHMAと陸源堆積物のPb同位体組成の類似性からも、SDSCの主成分が陸源堆積物であることを示唆した。さらに、HMAのPb同位体組成と濃度を併せて議論することにより、SDSCに海洋性地殻起源の物質の寄与があったことも明らかにした。この解釈は、これまで報告されている角閃石の安定領域、天然玄武岩系におけるソリダス温度、スラブの温度条件に関する数値計算の結果と整合的である。

第4章では、HMAにおけるPb同位体組成の経時変化、すなわち回転前に活動した大阪のHMAは、回転後に活動した小豆島のHMAに比べ放射壊変起源のPb ( $^{206}\text{Pb}$ ,  $^{207}\text{Pb}$ ,  $^{208}\text{Pb}$ ) に富んでいることを明らかにし、HMAマグマ起源物質の微量元素組成も、大阪の方が小豆島に比べ液相濃集元素に富むことを、Ba/Zr, Ba/Y, Zr/TiO<sub>2</sub>比及び希土類元素パターンから明らかにした。さらに、マンタルウエッジの化学組成が西南日本回転の前後で変化している可能性を示し、この組成変化をテクトニックセッティングを考慮に入れて解釈した結果、日本海拡大・西南日本の回転運動・瀬戸内火成活動の因果関係を明らかにした。すなわち、日本海拡大に関連したアセノスフェアの流れが西南日本を回転させ、さらに西南日本弧直下のマンタルウエッジに流入し、その組成を変化させると同時に異常な高温状態をマンタルウエッジ内に生ぜしめ、瀬戸内火成活動を引き起こしたと可能性があると結論した。

付録では、今までその重要性が指摘されながら日本ではほとんど測定されていなかったPb同位体組成についての測定法、及びその再現性について検討している。

### 論文審査の結果の要旨

日本列島のようなプレート集束境界域（沈み込み帯）は、地球上で最も活発なマグマ活動が起こっている場所の1つであり、そのマグマ成因論は、地球科学における主要な研究課題である。特に、沈み込み帯において特徴的に産出する安山岩の成因を明らかにすることは、その化学組成が大陸地殻の平均組成に近いために、大陸地殻の形成という初期地球における大規模な化学的分化過程を理解する上で、本質的に重要な課題である。安山岩成因論における最大の問題点の1つは、沈み込むリソスフェアの役割が完全に理解されていない点にある。すなわち、リソスフェアが部分融解してマグマを生成するのか、それとも脱水分解反応によって放出された流体相がマンタルの融解を引き起こすのか、どちらのメカニズムが主要な役割を果たして安山岩質マグマもしくは大陸地殻が形成されたか、についてはコンセンサスがあるわけではない。この問題に関して現時点で最も必要とされる考察の1つは、リソスフェアの融解によって形成された安山岩質マグマを識別し、そのテクトニックなセッティングを考慮に入れてマンタル内の温度条件を推定することである。このことにより、現在より高温であった初期地球において大陸地殻を形成したマグマ活動に対して、強い束縛条件を与えることができる。

本学位授与申請者は、中期中新世（約1300万年前）に西南日本弧で活動的であった「瀬戸内火山帯」に特徴的に産出する、高Mg安山岩や付随する火山岩類に対する地球化学的データに基づいて、これらのマグマの発生においては沈み込むリソスフェアの部分融解が本質的な役割を果たしていることを明らかに

し、さらに日本海背弧海盆の拡大に伴うマントル内の物質移動がマントルウエッジ内のマグマ起源物質の化学的進化に寄与したことを議論している。このように、現在の地球科学にとって最も必要かつ本質的な問題に取り組んだこと、およびそれを明らかにすることのできる適切な対象を選択したことは、学位論文の問題設定として高く評価できる。

本学位申請論文でなされている議論は2つに区分することができる。第一の論点は、瀬戸内火山岩類・近傍の基盤岩類・堆積岩類について Pb-Nd-Sr 同位体比および主成分微量成分組成を決定し、その結果を用いて、沈み込むリソスフェアの役割を議論したことである。この議論を行うためには、高精度かつ多数の試料に対する化学分析が必要不可欠であるが、申請者は質・量とも十分なデータを得ることに成功している。さらに、これらのデータに基づいて、一部の高 Mg 安山岩が海洋底堆積物とほぼ同一の鉛同位体比を有すること、玄武岩に比べて系統的に異なる液相濃集元素比を有することを示した。これらの化学的特徴は、従来決定的な議論がなされてこなかった「リソスフェアの融解か否か?」という問題に対して、沈み込むリソスフェア上の堆積物の部分融解過程を確信させるに十分なものであり、地球化学的手法によってこの問題を解決したものとして高く評価できる。

第二の論点は、上部マントル内のダイナミクスに関するものである。申請者は、従来得られていた瀬戸内火山岩類に対する放射年代のデータと、本論文で得られた同位体比・微量成分組成を合わせて、マグマ起源物質（マントル物質）の組成が時間変化したことを明らかにした。更に申請者は、この時間変化の原因を、中期中新世に起こった地質学的な事件である日本海背弧海盆の形成と関連させて議論し、背弧海盆の拡大に伴うアセノスフェアの上部マントル内への流入がマントル組成に決定的な役割を果たしたことを示した。このような議論はほぼ同時代の東北日本弧の岩石を用いて行われたことはあるが、それに比べて時間・組成分解能が高精度であり、マントルダイナミクスに関して重要な貢献を行った、と言うことができる。

本論文の議論において主要なデータである鉛同位体比の分析については、付録として添付してあるように、申請者によって十分な検討がなされている。この分析法を確立することができたことは、世界各国に比べて遅れていた我が国の鉛同位体比分析に対して、大きく貢献したと言うことができる。

よって本論文は博士（人間・環境学）の学位論文として価値のあるものと認める。また、平成8年7月31日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。