

## 論文審査の結果の要旨

氏名 清水 綾

本論文は全5章からなり、第1章では一般的な導入およびそれを踏まえての研究目標の設定、第5章では結論が述べられており、第2章から第4章までが主要部分である。

第1章では、本論文の背景と目的が述べられている。近年、地球深部由来の希ガス成分の中に、地球表層から沈み込みによって持ち込まれた希ガスが含まれている可能性が指摘されている。これまで、希ガスは沈み込みによって地球深部には持ち込まれないと考えられていたが、実際にはデータや解析が不十分であり、希ガス循環について再検討が必要となってきた。申請者は、単純なテクトニックセッティングゆえに解析が行いやすい伊豆小笠原弧に焦点をあて、沈み込んだ太平洋プレートから供給される物質と、島弧火山から放出される物質の希ガス組成を系統的に調べ、その収支から沈み込み帯での希ガスの循環モデルを構築することを目的とした。

第2章では、具体的な研究方針、試料の選定および分析方法が述べられている。本論文では、伊豆小笠原弧北部の火山フロントおよび背弧側の火山から採取されたガス試料及び斑晶鉍物試料が用いられた。また、沈み込む成分を特定するために、太平洋プレート上の遠洋性堆積物、堆積岩、変質した海洋地殻、および変質の少ない海洋地殻岩石が分析された。これらの試料について、He、Ne、Ar、Kr、Xeの元素組成と同位体組成測定がなされた。鉍物試料はkg単位の火山岩から数gのカンラン石を分離収集し、段階加熱法もしくは破砕法によってガス成分を抽出した。また、沈み込むプレートの岩石や堆積物の試料には、段階加熱法が用いられた。いずれの場合も、分析する希ガスの絶対量が極めて少なく、世界的に最高水準の低ブランク、超高感度の希ガス分析法を確立し、それらが適用された。このような分析の困難さから、島弧火山岩の斑晶鉍物の希ガス同位体分析データは少ない。特にアルゴンについては数例しかなく、本研究のデータは貴重である。

第3章では、分析結果が述べられている。島弧マグマのヘリウム同位体比( $^3\text{He}/^4\text{He}$ )は、ガス試料、鉍物試料共に、火山フロントと背弧側のいずれにおいても上部マントル物質の持つ値にほぼ等しいことが分かった。一方、アルゴン同位体比( $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ )は、ガス試料ではどの火山島においても大気組成約296に近く、地表付近

での大気由来アルゴンの混入が示唆された。鉱物試料の  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  比は、背弧側で最高約 620 を示したのに対し、火山フロント側では最高約 320 と背弧側より系統的に低い。このアルゴン同位体比の差、および  $^4\text{He}-^4\text{He}/^{40}\text{Ar}$  の相関は、鉱物試料への浅所での大気混入の程度の差では説明ができない。したがって、 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  比の島弧横断方向での変化は、スラブ由来のアルゴンの寄与によるものと考えられる。沈み込んだプレートに含まれる大気組成アルゴンがマグマ生成場に持ち込まれ、その量はフロント側ほど多いことが示唆された。

第4章では、分析結果に基づき、沈み込み帯での希ガス(主にAr)の循環が議論されている。得られた島弧マグマと海洋地殻の組成に基づくと、島弧マグマに含まれる希ガス成分は、海水に溶解している大気組成の希ガス成分と、上部マントルに含まれる希ガス成分との混合で説明され、背弧側のサンプルでのみ、海洋地殻由来の希ガスの寄与が示唆された。しかし、いずれも海水に溶解している大気組成の希ガスの寄与が必要であること、そのような希ガスを深部に運搬する媒体として間隙水が考えられることから、海水が火山地域下まで間隙水として運ばれ、そこでマントルウェッジに放出されてメルトの生成に関与した、あるいは前弧域で海洋地殻から放出されてマントルウェッジのかんらん岩に取り込まれ、蛇紋岩として深部へ移動した後に放出されたという2つの可能性が提示された。沈み込んだ海水成分がマントルウェッジへ持ち込まれ、その量が背弧に向かって減少するという可能性は、これまでも Pb, Nd, Sr, Li, B 同位体組成などから示唆されてきた。しかし、本研究によって、初めて間隙水という水の輸送形態が示唆された。さらにメルト生成に関わった間隙水の量をマスバランスから求めたところ、沈み込むプレートに含まれる間隙水量 ( $1.9 \times 10^7$  kg) の約 5% に相当することが示唆された。

第5章は第2章から第4章で得られた結論がまとめられている。

以上、本論文では、注意深い試料選定に基づき、困難な分析を伊豆弧横断方向に系統的に行い、貴重なデータを得た。さらにそのデータに基づき、これまで浅所で圧密によって絞りだされてしまうと考えられていた間隙水成分が、島弧マグマの生成に関わる深部 (> 100km) にまで持ち込まれることを始めて実験的に示した。沈み込み帯—地球規模での希ガス循環に間隙水が重要な役割を果たすという新たな視点を拓いた点に大きな価値があると判断され、高く評価できる。

以上の理由より、博士(理学)の学位を授与できると認める。