

論文審査の結果の要旨

氏名 角野 浩史

本論文は6章からなり、第1章は本研究の背景と目的、第2章は希ガス同位体測定システムの改良、第3章は九州北西部のアルカリ玄武岩の分析結果、第4章は日本海周辺のマントル捕獲岩の分析結果、第5章はマントルダイナミクスモデルの提唱、第6章は本研究のまとめについて述べられている。

第1章では、プレート沈み込み帯の背弧域に産するアルカリ玄武岩の地球化学的研究や希ガス同位体地球化学についてまとめを行い、西南日本の背弧域に産するアルカリ玄武岩とマントル捕獲岩の希ガス同位体組成をもとに、アルカリ玄武岩の起源を探り、背弧域におけるマントル内の物質循環を明らかにする研究目的が述べられている。

第2章では、既存の希ガス分析システムの検出系にイオンカウンティングを導入することで検出下限が二桁向上したこと、測定用計算機プログラムの改良と希ガス精製ラインの改良で一試料あたりの測定時間の短縮を可能にしたことが述べられている。この改良はすでに質量分析の専門学術雑誌に掲載されており、改良前に比べて二桁少ない He 量(${}^3\text{He}$ で $4 \times 10^{-18} \text{mol}$)に対しても 10%精度で同位体比測定ができる世界最高水準の測定系を作ったことは高く評価される。

第3章では、九州北西部の東松浦半島周辺と北松浦半島周で採取したアルカリ玄武岩から分離したかんらん石と輝石の斑晶の分析結果をもとに、アルカリ玄武岩マグマの本来の ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ 比は MORB (中央海嶺玄武岩) の値より若干低い $7.4R_A$ (R_A は大気の数値で 1.4×10^{-6}) であること、 ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ 比が低い成分を含む物質がマグマに混入していることを明らかにした。混入物質として、下部地殻に接する上部マントルには ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ 比が $0.2R_A$ 以下、 ${}^{40}\text{Ar}/{}^{36}\text{Ar}$ が 300~500 の物質が存在することをつきとめ、九州下の上部マントルの一部は過去の沈み込みによってもたらされた物質で汚染されていることを始めて示した。

第4章では、九州北部および韓国済州島のマントル捕獲岩から分離したかんらん石と輝石結晶の分析結果が示されている。佐賀県唐津市高島で採取した試

料の He 及び Ar 同位体組成は三成分の混合で説明でき、三成分のうち一つは大気で、他の二成分は $^3\text{He}/^4\text{He}$ が MORB より若干低く、 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ が高い端成分と、MORB より有意に高い $^3\text{He}/^4\text{He}$ をもち、 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ が低い端成分であることを示した。沈み込み帯において MORB より高い $8.5\sim 11.8R_A$ の $^3\text{He}/^4\text{He}$ を持つ試料は、本研究で始めて見つかり、このこと自体大変高く評価されている。包有物のガスを抽出する段階破碎法と結晶中に溶解しているガスを抽出する段階加熱法を巧みに使い分け詳細な分析を行い、低い $^3\text{He}/^4\text{He}$ の He は二次的流体包有物、高い $^3\text{He}/^4\text{He}$ の He は初生的流体包有物に含まれていることを初めてつきとめ、顕微鏡下でも両者が区別できることを示した。

第5章では、実験結果を説明するための時間軸の入ったマントル物質循環モデルが提案されている。マントル捕獲岩のかんらん石中の初生的流体包有物に含まれる高い $^3\text{He}/^4\text{He}$ は、アルカリ玄武岩の噴出以前に下部マントル由来の He が上部マントルに存在したことを示しているが、アルカリ玄武岩には高い $^3\text{He}/^4\text{He}$ が見出されていない。ハワイでは、プリューム自体の $^3\text{He}/^4\text{He}$ が年代とともに低下したことが知られており、アルカリ玄武岩の噴出以前に、プリューム由来の希ガスを多く含むマグマ上昇し、のちに捕獲岩として噴出した一部のマントル物質に高い $^3\text{He}/^4\text{He}$ を残した可能性をモデル化して示している。

第6章は以上を箇条書きでまとめているが、本論文では、質量分析装置の感度を2桁あげるという画期的な改良を行い、これまで測定できなかった低濃度試料の分析に成功し、沈み込み帯での最高の $8.5\sim 11.8R_A$ の $^3\text{He}/^4\text{He}$ を持つ試料を見つけたこと、微小な結晶の中で低い $^3\text{He}/^4\text{He}$ の He は二次的流体包有物、高い $^3\text{He}/^4\text{He}$ の He は初生的流体包有物に含まれていることをつきとめたことなど、新たな発見をもとに新しいマントル物質循環モデルを提案した。これらの研究は、分析法の改良が新しい発見さらには新しいモデルにつながったという意味で、地球化学の分野に多大な貢献を行った。

なお、本論文の一部は中井俊一博士、長尾敬介博士、野津憲治博士との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、本審査委員会は全員一致で博士（理学）の学位を授与できると認める。