

論文審査の結果の要旨

氏名 小林 真大

本論文は7章からなる。

第1章では、本論文の背景と目的が述べられている。揮発性物質の沈み込みに関する基本的概念から始まり、ハロゲンと希ガスの分布や地球化学的性質を統括した後、それらの沈み込みについてのこれまでの研究成果がまとめられている。揮発性物質の沈み込み過程については不明な点が多く、そのトレーサーとしてハロゲンと希ガスが有用であると強調している。論文提出者は、マンツルの揮発性物質に関して直接的な情報を与えうるが、分析が困難なため研究例が極めて少ないマンツル捕獲岩中のハロゲンに着目し、その組成をもとに揮発性物質の沈み込み過程について理解を深めることを目的とした。

第2章では、本研究で用いた分析手法について述べられている。マンツル捕獲岩中の極微量なハロゲンは、原子炉で試料に中性子を照射することでハロゲンを希ガスへと変換し、希ガス質量分析により定量する必要がある。希ガス質量分析を用いたハロゲン分析は、論文提出者が以前に改良した希ガス分析システムを主に用いて行われた。希ガス分析法以外にも、本研究で行った主要元素、微量元素、流体包有物の組成分析に用いた手法についてもまとめられている。

第3章では、中性子照射と希ガス質量分析を用いたハロゲン定量法の解析手法について述べられている。この手法では不可能とされてきたフッ素の定量法についても、マンツル捕獲岩と標準岩石試料の分析結果をもとに提唱されている。

第4章では、火山フロントで産出したマンツル捕獲岩の分析結果をもとに、揮発性物質が地球表層からマンツルへと運ばれる過程について述べられている。マンツル捕獲岩のハロゲンと希ガスの組成は、地球表層に存在する堆積物中の間隙水と蛇紋岩によく似ていて、火山フロント直下のマンツルでは沈み込んだ成分が支配的であることを示した。一方、本論文で新たに着目した $\text{Cl}/\text{H}_2\text{O}$ 、 $^{36}\text{Ar}/\text{H}_2\text{O}$ 比は、それぞれの物質で異なることを示した。これらの結果をもとに揮発性物質の沈み込み過程について以下の制約を与えた、1) プレートが屈曲する際に生じる断層沿いに形成される閉鎖系において、堆積物中の間隙水起源の水が蛇紋石に取り込まれる、2) 蛇紋石が火山フロント下で脱水するまで閉鎖系が維持される、3) 蛇紋石から放出された水の一部が、スラブ内で新たに形成する含水鉱物に取り込まれる。閉鎖系を形成し維持するという点で、揮発性物質の沈み込みがこれまでの概念と大きく異なる過程に支配されていることが示唆された。

第5章では、背弧側で産出したマントル捕獲岩の分析結果をもとに、沈み込みがマントルに及ぼす影響が海溝から離れるとどのように変化するかについて述べられている。ハロゲンとマントル起源の ^{40}Ar との比がセッティングごとに系統的に異なることを示し、その比が沈み込みがマントルへ与える影響の大きさを表す新たな指標となることを提唱した。背弧側の試料は、第4章で扱った火山フロントの試料よりも幅広い組成を示したが、微量元素組成と関連付けながら2種の沈み込んだ成分とマントル起源の成分が混在していることを示した。火山フロントと異なりマントル起源の成分の寄与がみられるということは、沈み込みの影響が火山フロントより小さいことを示唆する。

第6章では、プレート内で産出したマントル捕獲岩の分析結果をもとに、沈み込みが沈み込み帯以外のマントルへ及ぼす影響について述べられている。微量元素組成と関連付けながら、プレート内で産出した試料のハロゲン組成がかんらん岩の部分熔融時等に元素分別していること、元々は現在の MORB マントル的な組成を持っていたことを示した。研究対象とした大陸下マントルは長期間マントル対流から分離しており、対流するマントルのハロゲンが長期間一定であることを示唆する。また、ボックスモデルを用いた見積もりから、スラブにより運ばれるハロゲン量はマントルの組成を長期間一定に保つには大きすぎることを示唆し、沈み込んだハロゲンの大部分がマントル対流から隔離されている可能性を指摘している。

第7章では、第4章から第6章で得られた結論がまとめられている。

以上のように、論文提出者は自身で改良した分析システムを用いた超高感度ハロゲン分析法を、分析が困難なためその研究例が極めて少ないマントル捕獲岩に適用し、得られた結果をもとに揮発性物質の沈み込み過程について議論した。これらの成果は、地球化学への大きな貢献と評価することができ、学位授与にふさわしいと判断できる。なお、本論文の一部は角野浩史博士、長尾敬介博士、鍵裕之博士などとの共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析およ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、博士（理学）の学位を授与できると認める。