

論文審査の結果の要旨

氏名 鹿児島 渉悟

本論文は4章から構成される。第1章はイントロダクションであり、地球の大気と海洋は地球内部（マントル）から放出された揮発性元素の蓄積によって形成されたと考えられるので、それらの形成と進化史の解明には、揮発性元素のマントルからの放出フラックスの推定が重要であること、とりわけ火山活動の大部分は海嶺で起こっているため、海嶺における揮発性元素の放出フラックス（以下、海嶺フラックス）の推定が重要であること、しかし海嶺にもたらされる揮発性元素のうち実際にどれくらいの割合が放出されているのかを推定することは難しく、それが従来の研究の不確かさの要因になっていたこと、そこで本研究では、火山ガスの主成分である硫黄(S)、炭素(C)、ハロゲンのフラックスを海嶺フラックスが精度良く決まっているヘリウム3 (^3He) に対して規格化することによって、より精密な推定を試みるなど、などが述べられている。

第2章では、硫黄と炭素の物質循環像を ^3He との比較によって明らかにしている。論文提出者が独自に確立した、岩石試料中の硫黄とヘリウムを同時に抽出し分析する「真空破砕法」を、中央海嶺玄武岩 (MORB) の急冷ガラス試料に適用した。得られた MORB ガラスの気泡のデータと海底熱水のデータとを比較することによって、上部マントルから海洋へと放出される S^3He 比を決定し、硫黄の海嶺フラックスを推定した。また、島弧火山ガスにおけるマントルウェッジ成分の寄与を計算することで、沈み込み帯におけるマントルフラックスの推定も行った。さらに、すでに推定されている上部マントルの C^3He 比から、炭素のフラックスについても同様に推定した。得られた硫黄と炭素のフラックスから、現在地球表層に存在する硫黄と炭素が上部マントル起源だとして矛盾がないことを示した。硫黄は非常に重要な元素であるにもかかわらず、その海嶺フラックスはこれまでよく分かっていなかったことから、本研究の貢献はきわめて大きい。

第3章では、ハロゲンのフラックスを ^3He との比較に基づいて明らかにしている。真空破砕法によって MORB ガラスの気泡に含まれるフッ素、塩素、ヘリウムを同時抽出して分析することで、それらのデータセットを取得した。加えて、中性子を照射することでハロゲンを希ガスに変換して測定する実験手法を、同一試料の異なるフラクションに適用することで、塩素、臭素、ヨウ素のデータセットを取得した。これらのデータを組み合わせることで、フッ素、塩素、臭素、ヨウ素の ^3He に対する濃度比を決定して、フラックスの推定を行った。その結果、ハロゲンの海嶺フラックスは、沈み込み帯におけるフラックスより小さいことが分かった。ただし、島弧火山ガス中のハロゲンに対するマントルウェッジ成分の寄与は1%以下であり、大部分は海洋プレートとともに沈み込んだ海底堆積物起源であることが示された。また、ハロゲンの地球表層における平均

滞留時間は地球年齢よりも長い。これは、アルゴンと同様に、ハロゲンの脱ガス史においてカタストロフィックな初期脱ガスが卓越していたことの反映であると考えられる。ハロゲンのフラックス推定はこれまでほとんどなされていないことから、本研究のように信頼性の高い推定を行ったことの意義はきわめて大きいといえる。

第4章は本論文の結果のまとめであり、今後の研究の方向性も言及されている。

本論文は、ヘリウムと化学的反応性の高い元素を同時に抽出するという論文提出者による新しい分析手法の確立と、他の相補的な手法とを組み合わせることによって得られたデータに基づき、硫黄やハロゲンのフラックスを ^3He で規格化して決定するというオリジナリティの高い研究である。その結果、海洋地殻に含まれる硫黄やハロゲンの大部分は地球表層へ放出されていないことが明らかになり、硫黄やハロゲンの精密なフラックス推定がなされた。本研究成果は、大気と海洋の形成史を強く制約するものであり、地球表層環境進化の解明に資する重要な貢献として大変高く評価できる。

なお、本論文の第2章は佐野有司、高畑直人、丸岡照幸、Tobias P. Fischer、Keiko Hattori、第3章は Lorraine Ruzié-Hamilton、Ray Burgess、高畑直人、佐野有司、補遺 A に記載されている破砕法の確立は高畑直人、Jinyoung Jung、天川裕史、熊谷英憲、佐野有司との共同研究の成果である。第2章の一部と補遺 A の破砕法はすでに論文として公表されており、論文提出者が筆頭著者として主体的に関わっている。第3章の成果も、論文提出者が主体となって研究を実施して得られたものである。

以上のことから、博士（理学）の学位を授与できるものと認める。