

硫黄・ハロゲンの中央海嶺からのフラックスと地球表層における物質循環の推定 Estimation of fluxes at mid-ocean ridges and geochemical cycles on the Earth's surface of sulfur and halogens

鹿児島 涉悟^{1*}, 佐野 有司¹, 高畑 直人¹, マーティン ベルナード²
Takanori Kagoshima^{1*}, Yuji Sano¹, Naoto Takahata¹, Bernard Marty²

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² フランス国立科学研究センター

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, ² Centre national de la recherche scientifique

【はじめに】

地球表層の揮発性元素の大部分は固体地球内部からの脱ガスによって蓄積してきたことが知られている。その脱ガス様式に制約条件を与えるために希ガスをトレーサーとする研究が行われてきた。大気中アルゴンの大部分が地球形成初期に蓄積したことが示された [1] ほか、固体地球内部と表層の間のフラックス（輸送速度）が明確なヘリウム-3 (³He) との比較で炭素や窒素の物質循環が推定され [2, 3]、地球表層環境の形成史に制約条件を与えた。一方で、化学的反応性が高く地球表層で多様な化合物を形成し環境に強く影響する硫黄・ハロゲン（フッ素・塩素）の物質循環に関する知見は不十分である。特に、火山活動に伴う物質輸送が盛んな中央海嶺における硫黄・ハロゲンのフラックスは MORB（中央海嶺玄武岩）の急冷ガラスに保持される上部マントル由来のマグマの組成から推定されてきたが、それらは過大評価であり [4]、より正確な推定が必要である。そのためには、ケイ酸塩メルトの成分だけでなく熱水として放出される成分も考慮すべきである。本研究では、MORB ガラスの気泡・固体部分にそれぞれ保持される熱水・メルト成分（図 1）の組成を決定し、それらの寄与を別々に考えることで硫黄・ハロゲンの中央海嶺フラックスを推定して地球表層環境の形成史に制約条件を与えることを目的とした。

【手法】

東太平洋海膨の 2 か所、大西洋中央海嶺の 2 か所、中央インド洋海嶺の 2 か所で採取された MORB の急冷ガラスを分析した。気泡中の揮発性元素を凍結破砕法 [5] で抽出し、³He 濃度を希ガス用質量分析計（VG-5400）で、硫黄・ハロゲン濃度をイオンクロマトグラフィー（ICS-2100）で測定した。また、固体部分の硫黄・ハロゲン濃度を二次イオン質量分析計（NanoSIMS 50）で測定した。さらに、硫黄・ハロゲンの ³He に対するモル濃度比を計算し、硫黄・ハロゲンのフラックスを既知の ³He フラックス（527 mol/yr [6]）で規格化して推定する手法 [2, 3] を用いた。濃度比を用いれば試料毎の空隙率の違いによる元素濃度の変動を考えなくてよい。

【結果と考察】

MORB ガラスの気泡中の ³He 濃度は $(1.8-6.3) \times 10^{-15}$ mol/g であった。また、硫黄・フッ素・塩素の ³He に対するモル濃度比の全球平均値は、気泡成分についてはそれぞれ $(4.2 \pm 1.6) \times 10^7$, $(1.4 \pm 0.7) \times 10^6$, $(2.6 \pm 1.0) \times 10^7$ となり、全岩成分についてはそれぞれ $(0.3-1.2) \times 10^{10}$, $(1.6-6.5) \times 10^9$, $(0.7-3.0) \times 10^9$ となった。これらの比と ³He の中央海嶺フラックスから、硫黄・フッ素・塩素の中央海嶺フラックスはそれぞれ $(2.2 \times 10^{10}-6.6 \times 10^{12})$ mol/yr, $(7.1 \times 10^8-3.4 \times 10^{12})$ mol/yr, $(1.4 \times 10^{10}-1.6 \times 10^{12})$ mol/yr と推定された。中央海嶺フラックスの本研究値と、火山弧フラックス・沈み込み帯でのリサイクル速度・大陸地殻への付加速度とを比較してマスマバランスを考えたところ、気泡（熱水）成分の寄与が大きい場合の低い中央海嶺フラックスが継続した場合、硫黄の地球表層への蓄積量は表層存在度の 0.02 倍となり、ハロゲンはリサイクル速度が優位になるため地球表層に蓄積しないことが計算された。これは硫黄・ハロゲンのような化学的反応性の高い揮発性元素の大部分が、地球形成初期に表層へと蓄積した可能性を示唆する。

【参考文献】

[1] Hamano Y. and Ozima M. (1978) Terrestrial Rare Gases, 155-171, Japan Scientific Societies Press. [2] Marty B. and Jambon A. (1987) Earth Planet. Sci. Lett., 83, 16-26. [3] Sano Y. et al. (2001) Chem. Geol., 171, 263-271. [4] Tajika E. (1998) Geophys. Res. Lett., 25, 3991-3994. [5] Kagoshima T. et al. (2012) Geochem. J., 46, e21-e26. [6] Bianchi D. et al. (2010) Earth Planet. Sci. Lett., 297, 379-386.

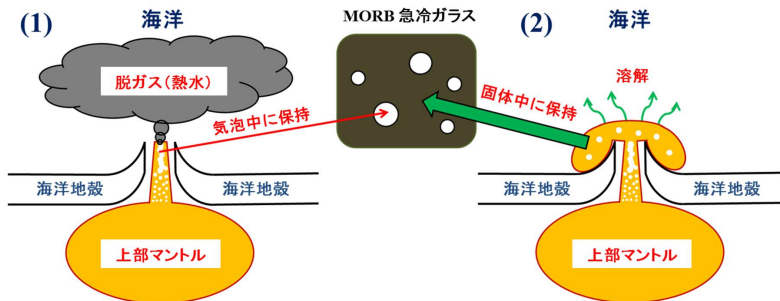
キーワード: 硫黄, ハロゲン, ヘリウム, 中央海嶺玄武岩, フラックス, 物質循環

Keywords: sulfur, halogen, helium, mid-ocean ridge basalt, flux, geochemical cycle

SGC54-P04

会場:コンベンションホール

時間:5月20日 18:15-19:30



【図1: 中央海嶺における脱ガス様式の模式図】

- (1) 上昇中マグマの気泡がパスを形成し、気相に分別した成分が脱ガス
 ⇒ 急冷ガラスの気泡組成からは、**熱水(火山ガス)の寄与が大きい場合のフラックス**が推定可能
- (2) 噴出したメルトが変質し、全岩の成分が脱ガス
 ⇒ 急冷ガラスの全岩組成からは、**MORBの変質が激しい場合のフラックス**が推定可能