

親鉄元素分配における温度、酸素分圧、硫黄含有量の効果；原始惑星マグマオーシャンへの制約

The Effect of Temperature, Oxygen Fugacity, and Sulfur Content on Siderophile Partitioning; Constraints on Planetary Magma Ocean

寺崎 英紀 [1]

Hidenori Terasaki [1]

[1] 筑波大・地球

[1] Geosci., Univ. of Tsukuba

<http://aso.geo.tsukuba.ac.jp/geology/ganko>

分化した隕石母天体や月などの天体内部の親鉄元素存在度からコア・マントル分離条件を推定するため、本研究では硅酸塩・硫化鉄混合物を出発物質とした高温高压実験を行い、Ni, Co, Wの硫化鉄-硅酸塩メルト間の分配挙動に対する温度、酸素分圧、硫黄含有量の効果を調べた。分配係数の酸素分圧依存性は親鉄元素の硅酸塩メルト中での価数に依存することが判明した。また温度依存性は2相間の反応の ΔH 変化から得られる傾向とよく一致した。硫黄含有量効果は、Wが強いS-avoidanceの傾向を示した。これらの結果をもとに、隕石母天体、月マントル中の親鉄元素存在度から温度、酸素分圧、硫黄含有量の条件を推定した。

月やエコンドライト母天体などの原始惑星サイズの天体の中には、分化した隕石などの存在から地球型惑星と同様にコア-マントルに分化していると考えられている天体が存在する。しかしながらコア-マントル分離時の環境については、多くの説はあるもののいまだによくわかっていない。月については、コア-マントル分化条件から月の起源に関する様々な仮説の妥当性を検証できる。そこで本研究では、分化した隕石母天体や月などの原始惑星内部の親鉄元素存在度からコア・マントル分離条件を推定するために、原始惑星の内部を構成する硅酸塩物質と硫化鉄物質を出発物質とした高温高压実験を行い、moderately siderophilesであるNi, Co, Wの熔融硫化鉄-硅酸塩メルト間の分配挙動に対する温度、酸素分圧、硫黄含有量の効果を調べた。Ni, Co, Wはマントル中で存在度の多い親鉄元素であり、これらの元素の挙動は内部のコア・マントル反応に敏感であるため、その分配状態の研究からコア形成当時の内部環境が推測できる。

高温高压実験には、高エネ研設置のトランケーションが8mmの1段式マルチアンビル高压発生装置を用いた。圧力条件はすべて3GPaで、温度条件は1600~2000°Cの範囲で実験を行った。出発物質には斜方輝石組成(En90Fs10-Fs)と硫化鉄組成(FeS90Fe10-Fe)の粉末を7:3の重量比で混合した試料に、親鉄元素(Ni, Co, W)を各々2.4wt%ずつ加えたものを使用した。出発物質の硅酸塩・硫化鉄の組成をそれぞれ変化させることにより酸素分圧、硫黄含有量の制御を行った。回収試料はEPMAを用いて化学分析を行い、硫化鉄-硅酸塩メルト間の分配係数を求めた。

分配係数は酸素分圧の効果について、3元素とも酸化環境ほど減少し、その変化の度合いは親鉄元素の硅酸塩メルト中での価数(Ni, Co; 2+, W; 4+)に依存することが判明した。この結果は熱力学的な考察と調和的である。温度効果については、その実験値の傾向はNi, Coは高温ほど減少し、逆にWは増加する。この変化の度合いは2相間の反応のエンタルピー変化から得られる傾向とよく一致した。したがって分配挙動の温度効果および酸素分圧の効果は熱力学的考察から制約されることが確認できた。またNi, Coに対する硫黄含有量の効果については小さいが、Wは強いS-avoidanceの傾向を示すことが判明した。これらの実験結果をもとに3つの要素の効果をまとめて1つの式で表現した。これより3つの要素については任意の条件における分配係数を求められるようになった。今回は他の要素の効果はほとんどない3要素(温度、酸素分圧、硫黄含有量)の効果について実験により系統的に求めたため信頼性の高い式であると考えられる。この式に基づき、隕石母天体および月マントル中に見られる親鉄元素存在度から温度、酸素分圧、硫黄含有量の条件の推定を行った。その結果、隕石母天体の分離条件は、地球マントルよりも還元環境で、コアの硫黄含有量が<15%、温度が1460°Cであったと推定される。一方月については、バルク組成をCIコンドライトとジャイアントインパクトモデルに基づく地球の始源マントル組成の2種類を使って計算を行った結果、月マントル中の親鉄元素存在度は必ずしもジャイアントインパクトを必要とせず説明が可能であるという結論を得た。