

熔融金属鉄と下部マントル鉱物間の Fe、Ni、Co 分配と Si の挙動

Partitioning of Fe, Ni and Co and Si behavior between liquid metal and lower mantle minerals

川添 貴章[1], 大谷 栄治[1]

Takaaki Kawazoe[1], Eiji Ohtani[1]

[1] 東北大、理、地球物質科学

[1] Institute of Mineralogy, Petrology, and Economic Geology, Tohoku University

[http://www.ganko.tohoku.ac.jp/GankoJP/HomePage\(JP\).html](http://www.ganko.tohoku.ac.jp/GankoJP/HomePage(JP).html)

地球形成期にその表面を覆っていたと考えられるマグマオーシャンの深さ・その底部の温度を見積もるために、27 GPa、2500-3100 において熔融金属鉄と下部マントル鉱物間の Fe、Ni、Co の分配実験を行った。求められた分配係数から見積もられるマントル存在度と実際のマントル存在度を比較・検討すると、マグマオーシャンの深さはさらに深くその底部はさらに高温であったと考えられる。また同時に Mg-perovskite が (Mg, Fe)O、Si に分解し Si が熔融金属鉄に溶け込むことが確認された。

1. はじめに

現在地球の集積・核形成過程を総合的に理解するモデルとして、深いマグマオーシャンモデルが広く受け入れられている。微惑星の集積によって原始地球が成長するとともに、その衝突エネルギーによって表層が熔融しマグマオーシャンを形成した。その中において熔融した金属鉄が分離・沈降し、その底部にとどまった後に原始マントルを沈降して核を形成した。その沈降する過程において熔融した金属鉄はマグマもしくは原始マントル鉱物と化学反応をしたと考えられる。その反応の痕跡はマントル組成に見られる。Fe、Ni、Co はマントル存在度を Mg で規格化して CI コンドライト組成と比較すると約 10 分の 1 に枯渇している。この枯渇の要因を高温高压下における熔融金属鉄とマグマもしくは原始マントル鉱物との分配から説明し、マグマオーシャン底部の条件を見積もる研究が行われてきた。マグマオーシャンの深さ・その底部の温度を見積もることは集積・核形成についてだけでなく、固化過程を含めた冥王代の地球の姿を解き明かすためにも非常に重要なものである。過去の研究では主に熔融金属鉄とマグマ間の温度、圧力、酸素分圧が分配に与える効果について研究されてきた。本研究では熔融金属鉄と下部マントル鉱物間の温度、圧力、酸素分圧が分配に与える効果、さらに Mg-perovskite における分配に与える Al₂O₃ の効果について研究を行った。

また核に軽元素が含まれるという問題がある。この軽元素は核形成過程において核に取り込まれたものである。Si はマントル存在度を Mg で規格化して CI コンドライト組成と比較すると 0.83 程度に枯渇し、O、S、H とともに軽元素の候補のひとつである。そのため Si が下部マントル鉱物と熔融した金属鉄が共存した状態で熔融した金属鉄に溶け込むかどうかについて研究を行った。これは核の軽元素について制約を与えるだけでなく、現在地球が冷却される過程で生じている核とマントルの境界での化学反応にも示唆を与えるものでもある。

2. 実験方法

高圧発生装置には東北大学設置の川井型 3000 ton プレスを用いた。二段目アンビルには先端サイズ 2.0 mm のタングステンカーバイド製のものを用いた。

試料は加圧した後、高温で 30 分から 2 時間保持し急冷した。脱圧・回収した後、波長分散型 EPMA によって組成分析を行った。

3. 結果と議論

分配係数には Fe、Ni、Co の熔融金属鉄と下部マントル鉱物中の重量分率の比を用いた。熔融金属鉄と Mg-perovskite 間の分配係数は Ni について 85-161、Co について 38-83、Fe について 8.6-35.6 であり、熔融金属鉄と magnesiowüstite 間の分配係数は Ni について 11.3-28.9、Co について 7.5-22.9、Fe について 2.9-10.0 であった。酸素分圧の増加と温度の上昇にともないそれぞれの分配係数は減少した。圧力の増加にともなって熔融金属鉄と magnesiowüstite 間の分配係数は減少した。熔融金属鉄と Mg-perovskite 間の分配係数は Al₂O₃ の増加にともなって減少し、その程度は酸素分圧が低いほど大きかった。求められた分配係数から見積もられるマントル存在度と実際のマントル存在度を比較・検討すると、マグマオーシャンは 810 km よりも深く、その底部は 3100 よりも高温であったことが考えられる。

また同時に Mg-perovskite が (Mg, Fe)O、Si に分解し Si が熔融金属鉄に溶け込むことが確認された。このことは Si が核中に取り込まれる可能性を示唆している。さらに原始マントルを沈降していく間にこの反応が起きるかどうかを明らかにするために、この反応の圧力依存性について調べていく必要がある。