

電気伝導度測定によるマントルペリドタイト中の硫化鉄メルトの連結度の決定

Percolation threshold of Fe-S eutectic melt in peridotite matrix determined by in situ electrical conductivity

芳野 極[1], Michael J. Walter[2], 桂 智男[1]

Takashi Yoshino[1], Michael J. Walter[2], Tomoo Katsura[2]

[1] 岡大・固地研, [2] 岡大・固地研センター

[1] ISEI, Okayama Univ, [2] ISEI, Okayama Univ.

微惑星や地球型惑星における金属コアの珪酸塩マントルからの分離は、太陽系誕生初期に起きたと考えられている。珪酸塩と金属合金は初期的に隕石のような混合体であったとすると、コア形成には珪酸塩と金属合金の分離の過程が要求される。金属の分離の過程として粒界の浸透流とストークス沈降の2つが考慮される。今までの研究から、オリビンマトリックスに対する鉄合金は大きな二面角(100度以上)を示すので、メルトの粒界を通じた浸透流によるコア形成のモデルは概ね否定されてきた。しかしながら、金属合金メルトの体積分率がパーコレーション閾値を超えていたならば、過剰な金属メルトは負の浮力によって粒界の浸透流として移動可能であり、それ以下の金属メルトは粒界のコーナーや稜部に残ることが推定される。それゆえ、パーコレーション閾値の決定は微惑星および地球型惑星のコア形成モデルを考慮する上で極めて重要である。絶縁体に近い珪酸塩鉱物と良導体であるFeSの電気伝導度のコントラストは、FeS共融メルトの連結度を評価するのに有利である。Yoshino et al. (2003)は、San Carlos olivine多結晶中のFeSのパーコレーション閾値を試料の電気伝導度を測定することにより、5%程度であることを報告した。本研究では、さらに実際に近いマントルペリドタイト(KLB1)に量比の異なる共融組成のFeSを混合させ、それぞれの電気伝導の測定により、パーコレーション閾値の決定を行った。

キュービックアンビル型高圧発生装置で高温・高圧下(1GPa)で電気伝導度を擬4極法でその場測定した。サンプルセルとして低温で絶縁性のよいBNが、電極としてモリブデンが使用された。ただし、BNは高温で電気伝導度がよくなるため試料の実際の抵抗をマスクしてしまうので、焼結した試料はBNの抵抗が十分に高くなる低温773K付近で比較された。2つの温度条件の実験を行った。1つは1273Kの実験でこれはFe-FeS共融点以上の温度である。もう1つは1523Kの実験でこれはマントルペリドタイトの融点以上であり、連結度に対する珪酸塩メルトの影響を解明するために行われた。

1273Kで温度をキープした実験では、6 vol.%以上の試料ではその後冷却中に電気伝導度がほぼ一定の値で維持されることが観察された。逆に、3 vol.%の実験は、高温時の電気伝導度値は維持されず、急激に減少するのが観察され、その挙動は0 vol.%の電気伝導度の挙動と全く同じであった。このことから、我々はパーコレーション閾値が3 vol.%と6 vol.%の間であると推定した。それに対し、1523Kの実験では、26 vol.%の実験においても0 vol.%の電気伝導度の挙動と同じ挙動を示した。このことから、1523Kにおいては硫化鉄メルトのパーコレーション閾値は少なくともそれ以上であることが推測される。回収試料の組織を観察すると珪酸塩メルトが系に存在する場合、硫化鉄メルトは球状に孤立して存在することが確認された。それに対し、珪酸塩メルトが存在しない場合は、珪酸塩鉱物の粒界の三重点に硫化鉄メルトが角張った形で観察された。これらの観察は電気伝導度で確認された挙動と整合的であり、珪酸塩メルトの出現は硫化鉄メルトの連結を切る効果があることを示唆する。

以上の結果から、微惑星程度の小天体において硫化鉄合金が融点を越えたとき、パーコレーション閾値が3 vol.%と6 vol.%の間の5 vol.%程度と仮定すると、過剰な金属メルトはかんらん石に富むマトリックスから分離してコアを形成することが可能である。例えば、地球の現在の金属コアは15 vol.%程度を占めているので、実にその2/3近くは、マグマオーシャンを必要とすることなくプロトコアを形成しうることが示唆される。一方、微惑星程度の小天体において珪酸塩がそのソリダスを越えた時、硫化鉄メルトは孤立し、大規模な部分融解(おそらく40%以上)が達成された時のみストークス沈降での分離が可能となる。