

高温高压下における金属鉄 - MgO 間の二面角の温度依存性 ~ 浸透による核形成の可能性を探る

Temperature effect on dihedral angle between metal and MgO at high pressure and high temperature

平敷 兼貴[1], 大谷 栄治[2], 近藤 忠[3], 久保 友明[3]

Kanetaka Heshiki[1], Eiji Ohtani[2], Tadashi Kondo[3], Tomoaki Kubo[4]

[1] 東北大・理・地球物質, [2] 東北大、理、地球物質科学, [3] 東北大・理

[1] Dep.Mine.Pet and Eco Geology.Sci.Tohoku Univ, [2] Institute of Mineralogy, Petrology, and Economic Geology, Tohoku University, [3] Sci., Tohoku Univ., [4] Tohoku Univ

[はじめに]

現在の地球は地殻 - マントル - 核といった層構造を持っていることが知られている。このような物質的な分化はマグマオーシャンの下で起こったと考えられている。しかし、初期地球の内部は表層より温度が低いため完全には溶融しておらず、そのような場所を溶融鉄がいかにして移動したかについては未だ明らかにされていない。初期地球核形成時における溶融鉄の移動形態の1つとして浸透が考えられている。浸透の程度を評価する指標として二面角が用いられる。二面角とは、2つの固相と1つの液相とがなす三重点において、2つの固相 - 液相界面がつくる角で定義されており、固相 - 固相界面エネルギーと固相 - 液相界面エネルギーとの比で決定される値である。一般にこれが 60° よりも小さいと、メルトは浸透することが可能であると言われている。浸透による核形成の可能性を検証するために、珪酸塩鉱物 - 金属間の二面角の測定が過去多数行われてきた。しかし、いずれの結果も二面角は 60° を大きく上回っており、浸透が起こるのは難しいと結論付けている。本研究では、マントル物質のモデルとして MgO を用い、温度や保持時間を変えて溶融鉄との間の二面角を測定することにより、浸透による核形成の可能性を検討した。

[実験方法]

高圧発生装置には東北大学理学部設置の MA-8 型 1000 ton プレスを用いた。試料を詰めるカプセルには焼結の MgO を使用し、ランタンクロマイトをヒーターに用いた。金属成分には粉末の Fe、Ni、Fe_{0.920} を混合してつくった Fe_{85.5}Ni_{9.505} を、マントル物質のモデルとしては粉末の MgO を使用した。従来の二面角の測定実験は、粉末の金属成分と珪酸塩成分を混合させて測定していたが、実際の核形成過程を考えるには両者の境界面での物理現象が重要であると考え、二層に分離させた状態で実験を行った。実験圧力は、核形成の際レオロジ的な境界となって鉄の溜まり場をつくるであろうと考えられているマグマオーシャン内部の完全溶融層と部分溶融層との境界を想定し、15 GPa とした。この圧力下で、温度を 1700~2700°C、保持時間を 0~600 分と変化させて組織観察を行った。

[結果]

金属の溶融による体積膨張から、保持時間が短いものについては、溶融鉄が MgO の粒間に浸透している様子が観察された。保持時間を長くするにつれ徐々に粒間のネック部分が成長し、全体としては境界面が滑らかになるように変化していった。二面角を測定すると、時間の経過に伴い上昇し、ある一定値で落ち着く。また、温度上昇に対しては二面角が減少する傾向が見られる。界面エネルギーと温度との関係を利用して、本研究の結果を高温側に外挿してみると、約 4000°C で二面角が 60° を下回る。このことから、温度効果のみを考慮したとき、浸透による核形成が起こり得ることが示唆された。組織形成過程にはたらく浮力と界面エネルギーによる圧縮力の見積もりも行い、本研究では界面エネルギーが支配的な系であったと判断した。しかし、粒径が大きくなると浮力が効いてくるため、実際の核形成過程を考えるとき浮力の効果も考慮に入れる必要があると思われる。