

受入年度：2020 年度後期

提出日： 2021 年 5 月 27 日

共同利用の種類： 一般共同利用

課題名： 高圧下における固体鉄中の Fe-S 液体の浸透特性

共同研究員氏名：寺崎 英紀

所属・職名：岡山大学自然科学研究科・教授

分担者氏名：芳野 極

分担者所属・職名：岡山大学惑星物質研究所・教授

分担者氏名：弓取 大輔

分担者所属・職名：岡山大学理学部地球科学科・学部 4 年生

分担者氏名：三浦 巧

分担者所属・職名：大阪大学大学院理学研究科・M1

研究報告：

研究目的

鉄合金の固液間の浸透関係は、惑星や小惑星の中心核内で固体鉄合金が固化して成長する際に、固体鉄合金粒間に鉄合金メルトが捕獲されるか否かを左右する。この浸透関係は、

内核—外核の分化に大きく関係し、さらには固体核の組成や弾性にも影響を及ぼすこととなる。しかし固体鉄をはじめ鉄合金固体に対する鉄合金メルトの浸透性については、これまでほとんど分かっていなかった。そこで本研究では小惑星内部を模擬した温度圧力条件下で固体鉄合金に対する Fe-S メルトの浸透性を調べ、小惑星中心核の固化過程における液体成分の取り込みの有無について明らかにすることを目的とした。

実施内容

高温高圧実験は、惑星物質研のピストンシリンダー高圧装置(MS-800)を用いて、すべて 1 GPa, 1323 K の条件で実施した。実験保持時間は 15 分-12 時間の範囲で時間を変えて行った。試料は Fe-FeS 系で、2 種類の S 含有量 (S=2, 34 wt%) の組成を用いた。カプセルには、試料と最適な組み合わせを調べるため、BN, MgO, Al₂O₃ の 3 種類を用いて、試料の反応性と密封性を評価した。MgO, Al₂O₃ カプセルは酸化環境、BN カプセルは還元環境を想定している。本実験では一つのセルに二つのカプセルを同時に封入した。回収試料の組織観察を惑星物質研の SEM(JSM-7001F, JEOL)を用いて行い、浸透性の評価は固液界面の二面角を測定しておこなった。また試料の組成分析は、惑星物質研の SEM-EDS および岡山大学自然生命科学研究支援センターの EPMA(JXA-8230, JEOL)を用いておこなった。

研究成果

Fe に富む Fe-2 wt%S 組成の試料では、固体鉄の粒界に Fe-S メルトがネットワークを形成し浸透している様子が観察された(Fig. 1)。測定した Fe-S メルトと固体鉄間の二面角は、30-43° であり浸透の閾値である 60° を大きく下回ることが分かった(Fig. 2)。また最も長く保持した 12 時間の試料組織では、固液が分離している様子が観察された。

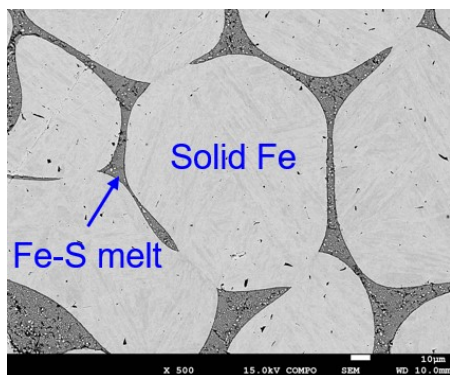


Fig. 1. Back-scattered electron image of Fe-2wt%S sample (6 h duration). Fe-S melt formed interconnected network around solid Fe grains.

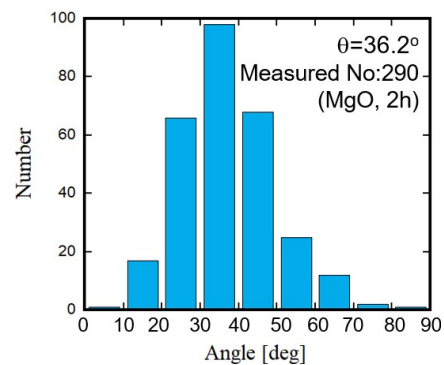


Fig. 2. Measured angle distribution of Fe-2wt%S sample in MgO capsule (2h duration). Median value of the angle distribution is 36.2°.

また S に富む Fe-34 wt%S 組成試料については、実験時間内に FeS 固体と Fe-S メルトにすでに分離している組織や Fe-S メルトが試料周囲のカプセルに浸み出している組織が見られた。これより S に富むメルトは浸透がより早く起こる可能性が示唆される。

以上の結果より、小惑星中心核の固化過程においては、Fe に富む中心核の場合、固体鉄の粒界を Fe-S メルトが浸透するため、固液の分離が進行することが推定される。小惑星から惑星に至る天体の中心核の固化プロセスを解明するために、今後は鉄合金固液の浸透性に対する圧力の効果や鉄合金固液の組成の効果について明らかにしていく。

本結果は、2021 年 6/3-6 に開催される地球惑星科学連合大会の惑星核セッションにて、以下のタイトルで口頭発表予定である。

D. Yumitori, H. Terasaki, T. Yoshino, S. Urakawa, “Wetting property of Fe-S melt in solid iron: Implication to core crystallization in planetesimals”