

軽元素の鉄中への衝撃誘起輸送と地球核組成の推定

Shock-induced transportation of light elements into iron: Implication for the Earth's core composition

西尾 峰之 [1]; 関根 利守 [2]; 高橋 栄一 [3]

Mineyuki Nishio[1]; Toshimori Sekine[2]; Eiichi Takahashi[3]

[1] 東工大・理工・地惑; [2] 物材機構・物質研; [3] 東工大・理・地球惑星

[1] Earth & Planetary Sci., TITECH; [2] AML/NIMS; [3] Earth and Planetary Sci., Tokyo Inst. of Tech.

<http://www.geo.titech.ac.jp/lab/takahashi/takahashilab.html>

地球金属核の密度欠損を説明するために鉄 - 軽元素系の研究が多くおこなわれている。金属核中に Fe、Ni 以外の軽元素が取り込まれるための仕組みに関する最近の議論は以下のような過程を基にしている。1) 太陽系星雲から凝縮した鉄合金と有機物の集積時における溶融と対流による混合、2) マグマオーシャンを沈降する鉄液滴と溶融した周囲の間での軽元素の化学拡散、3) 現在までの地球史上での核マントル境界 (CMB) における化学反応、である。

地球形成理論に関して、衝突過程と静的過程の両者の役割が広く議論されている。その中で特に金属核の組成に関して考えると、化学拡散や熱対流などの静的な輸送現象が議論されている一方で、衝突誘起の過程の存在は考慮に入られていない。地球集積過程において全ての始源物質は衝撃圧縮を経験しているため、衝撃誘起の輸送現象がもたらす金属核組成への効果を考慮する必要があると考えられる。

衝撃誘起輸送のメカニズムは未だ完全に明らかになっていないが、衝撃実験において衝撃誘起の特異な反応の存在がいくつか報告されている。例えば、2相境界における Rayleigh-Taylor 不安定性による混合現象、静的な圧縮時よりも高速度の転位欠陥の移動、粒子の細粉化効果による反応の活性化、試料内微粒子同士の衝突に伴うジェットング効果による混合の促進などである。

本研究において、衝撃圧縮下において軽元素を効果的に獲得する動的過程が存在するかどうかの可能性について検討するため、火薬銃 (NIMS) を用いた衝撃試料回収実験を行った。地球金属核中の軽元素の候補として炭素、窒素、酸素、硫黄等が考えられているが、これらの元素は揮発性が高く、その多くが集積過程の間に散逸すると現在のところ考えられている。それらの元素の中で、どの軽元素が衝撃圧縮下において鉄中に取り込まれやすいかという傾向を調べるために、軽元素の放出源として $C_{32}N_{51}O_{16}S_{2.72}$ の組成を持つ非晶質物質と金属鉄を層状に配置した試料を出発物質として用いた。回収試料中の鉄への軽元素の濃度は EPMA で測定した。

その結果、鉄が溶融しなかった試料においては、鉄中の軽元素の濃度分布は窒素、酸素、硫黄に関しては誤差の範囲内で検出限界以下であったが、炭素のみが 30 μm の間に衝撃波伝播方向に沿って 6 wt% から 2 wt% までの濃度勾配を示した。計算から、静的条件での炭素の拡散距離は 30 μm よりも大きいと推定される。従ってこの実験結果は鉄結晶内の炭素の不純物拡散として説明されうると考えられる。一方、鉄が明らかに溶融した試料においては、鉄中の軽元素の濃度は全ての元素について検出限界以下であった。

以上から、地球核形成に重要な溶融鉄への軽元素獲得については、衝撃誘起の輸送現象の影響は小さいと判断される。ただし炭素のみが固体鉄と反応したということは特筆すべき事項である。酸素と窒素は常温常圧下で気体であり、硫黄は高温下で気化しやすく、炭素のみが高融点物質である。つまり非晶質物質が高温高圧下で分解した後、酸素と窒素と硫黄は気体として系外に散逸したが、炭素のみが衝撃圧縮プロセスで鉄中に拡散し捕獲されたと考えられる。