

低過飽和条件下での金属鉄の凝縮挙動

Kinetic condensation of metallic iron at low supersaturation

池田 陽平 [1]; 永原 裕子 [2]; 橋 省吾 [3]

Yohei Ikeda[1]; Hiroko Nagahara[2]; Shogo Tachibana[3]

[1] 東大・理・地球惑星; [2] 東大・院・理; [3] 東大・理・地球惑星

[1] Earth and Planet Sci., Univ. of Tokyo; [2] Dept. Earth Planet. Sci., Univ. Tokyo; [3] Earth and Planet. Sci., Univ. of Tokyo

原始太陽系星雲や晩期星からの星風などの低圧環境では、固体物質はガスからの直接凝縮で形成される。形成される固体物質のサイズや種類は場の物理条件、化学条件により異なることが予想され、また、固体物質形成によって場の条件（特に温度）が変化することも予想される。このように、宇宙での固体凝縮は、宇宙での物質進化ならびに物質形成環境の進化を考える上で鍵となる重要なプロセスである。

ガスからの固体凝縮は熱力学平衡論で議論されることが多かったが、原始惑星系円盤や晩期星周環境では凝縮は必ずしも平衡には進まず、また凝縮自体が場の条件を変えるような場合には、平衡論は適用できず、非平衡下での凝縮挙動を理解した上で、物質進化や場の変動を議論する必要がある。

本研究では、主要元素である鉄に着目し、その凝縮挙動を温度および過飽和比の関数として表すことを目的とする。特に高密度（高過飽和）ガスからの成長ではなく、過飽和度が低く、平衡に近い条件での凝縮挙動に注目する。これにより、原始太陽系での金属鉄の凝縮といった比較的長い時間スケールでの凝縮挙動の解析に適用することが可能となる。

本研究では、低過飽和条件を精度良く制御するため、蒸発源である金属鉄をアルミナの半閉管に入れて蒸発させ、凝縮場である基板まで鉄ガスを誘導する手法を用いた。この手法では、ガスを誘導するアルミナ管の直径を変えることで、過飽和比を凝縮場の温度と独立に制御することが可能である。

凝縮実験は、 10^{-3} から 10^{-4} Pa に排気された真空炉の中心部にセットされたヒーターで、アルミナ管（直径 6mm）内の金属鉄を蒸発させ、アルミナ管で誘導した蒸発ガスを炉内壁の空孔にセットした基板に凝縮させることでおこなった。蒸発源の温度は約 1300 °C、凝縮基盤（モリブデン）の温度は 961 ± 2.5 °C である。凝縮物は FE-SEM による表面および断面観察、また EDS による組成確認を行い、金属鉄であることを確認した。

凝縮基盤への到達する鉄ガスが基盤上でつくる圧力を蒸発鉄の重量変化および管から噴出するガスの流れを考慮して推定し、凝縮基盤の温度での金属鉄の平衡蒸気圧と比較し、本実験条件の過飽和比は約 5 − 8 であることがわかった。実際の凝縮フラックス (J) を、過飽和比 5 − 8 の条件での理想凝縮フラックス（付着成長速度 J_{max} ）と比較すると、 J/J_{max} が 0.9-1 であることがわかった。現在の実験条件では基盤上へのアルミナ管やヒーターからの汚染物質が存在し、その重量補正に不確実性があるという問題点があるが、本実験の結果は、金属鉄の凝縮過程が低過飽和条件でも理想凝縮に近く、予想される最大の凝縮速度で成長することを示唆している。