

赤外分光法による鉱物微粒子形成場のその場観察

In-situ IR spectroscopic measurement of fine mineral particles in the condensation field

平家 勉 [1], 平原 靖大 [1]

Tsutomu Heike [1], Yasuhiro Hirahara [2]

[1] 名大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci., Nagoya Univ, [2] Earth and Planetary Sci., Nagoya Univ

原始惑星系円盤の鉱物微粒子は非平衡な凝縮過程を経て生成したと考えられている。この凝縮過程の従来の赤外分光法による研究では鉱物微粒子を合成後、回収しKBr等の媒質中で測定していた。しかし、媒質による効果、回収後の化学変化が測定されるスペクトルに影響を与える可能性が懸念されている。そこで我々は、これらの問題を解決できるマイクロ波微粒子生成装置による鉱物微粒子形成場とその場観察を可能にするFT-IRを組み合わせた実験システムの開発に着手した。この実験システムによりこれらの影響がなく原始惑星系円盤中の鉱物微粒子の非平衡凝縮過程が解明されるものと期待している。

原始惑星系円盤において鉱物微粒子は非平衡な蒸発、凝縮過程を経て生成したと考えられている。この凝縮過程の解明のために実験室において鉱物微粒子を合成し、回収後、分析していた。分析方法の一手段として赤外分光法があるが、従来の研究では鉱物微粒子合成後、回収してKBrペレットやポリエチレンフィルム等の媒質中にて測定されていた。しかしこの方法では媒質の影響、鉱物微粒子回収時の化学変化が起こる可能性が懸念される。本研究では鉱物微粒子形成場のその場観察により得られた吸収スペクトルと従来の方法で測定された透過スペクトルを比較し、媒質、合成後の変化が測定される透過スペクトルに与える影響を評価する。また、天体において鉱物微粒子の凝縮が起こっている状態に近い化学的な状態を再現することにより、原始惑星系円盤において起こり得る非平衡凝縮過程を解明する。

我々は今回、非接触な加熱により高温かつ大容積である鉱物微粒子形成場を発生させるマイクロ波微粒子生成装置、及び赤外分光器によりその鉱物微粒子形成場を直接観察する光学系を組み合わせた装置を開発した。本実験システムはマイクロ波微粒子生成装置と赤外分光器ならびに双方を結合する光学系より構成される。マイクロ波微粒子発生装置は最大出力5 kW、発振周波数2.45GHzのマイクロ波発振装置（新日本無線株式会社製NJA2010）を用い、アイソレータ、パワーモニタ、スリースタブチューナーを介して円筒形の空洞共振器の中心軸にマイクロ波の共鳴による強い交流磁場を生ずる。空洞共振器の中心軸上に位置する直径3 cmの穴に石英ガラス管を通し、その内部をロータリーポンプによって数Torr程度の低真空に保持しつつアルゴンガスを流す。石英ガラス管内ではアルゴンガス中に極僅かに存在するイオンが電場によって加速され、周囲のアルゴン原子に衝突し、その一部がイオン化することによってプラズマを形成する。マイクロ波が共鳴状態にあるとき、プラズマ領域は6000Kに達し、試料鉱物の粉末をプラズマ中心に置くことにより、直ちに蒸発される。蒸発した試料のガスは拡散してプラズマ領域から離脱すると温度が急激に下がり、微粒子に凝縮する。この方法はNakazawa et al.(1994)によってMgO及びMgSiO₃(Forsterite)の微粒子の生成がX線回折によって確認されており、その有用性が実証されている。今回はその仕様を踏襲し、赤外分光器と組み合わせて鉱物微粒子形成場のその場分光分析を行う。赤外分光器としてフーリエ変換型赤外分光器(Bio-Rad社FTS-6000)を用いる。KBr、マイラ及びSiO₂のビームスプリッタ、検出器としてDTGS、MCT、InSbを用いることにより波長領域1 μm ~25 μm 、波長分解能0.1 (cm⁻¹)の透過スペクトルが測定可能である。鉱物微粒子形成場と分光器は赤外透過型の光学系で赤外分光器へ接続する。現在までにマイクロ波微粒子生成装置のマイクロ波回路、冷却系及び真空系のアタッチメント製作を行い、稼動させた。高温かつ大容積の鉱物微粒子形成場とするためには最適の共鳴条件に調整する必要がある。現在までに十分な圧力条件（アルゴンガス650mTorr以上10Torr以下）での共鳴に成功した。今後は赤外透過型の光学系を作成し、講演では実際に分光測定を行った結果を発表する予定である。