

カソードルミネッセンスの宇宙物質科学への応用

総合情報学部 生物地球システム学科 西戸裕嗣

Keywords: ルミネッセンス、隕石、物質科学

1. カソードルミネッセンスとは

物質に電子を照射した際に見られる発光をカソードルミネッセンス(CLと略す)と呼びます。身近なところではブラウン管などに利用されています。CLは物質に含まれるごく微量の不純物元素や内在する格子欠陥の存在などを鋭敏に反映し、他の分析手段では得ることができない貴重な情報を提供してくれます。本研究室では、隕石や宇宙塵などを対象としてCLの新たな応用を試みています。

2. カソードルミネッセンス測定装置

走査型電子顕微鏡(JEOL: JMS-5410)に回折格子型分光器(Oxford: MonoCL2)を組み込んだSEM-CLシステム(図1)を開発しました。CLは放物面鏡により集光され焦点距離0.3mm、F値4.2、分解能0.5nmの回折格子を用い分光し、高電子増倍管(R2228)により光子カウンティングします。試料ステージは銀製の熱交換部に冷却窒素ガスを流すとともにヒーター加熱により-194~400°Cの広い範囲で温度制御を可能にしています。また赤外光についてはGe半導体検出器とロックインアンプを用いて計測します。得られたスペクトルデータは標準光源を用い感度補正を行っています。

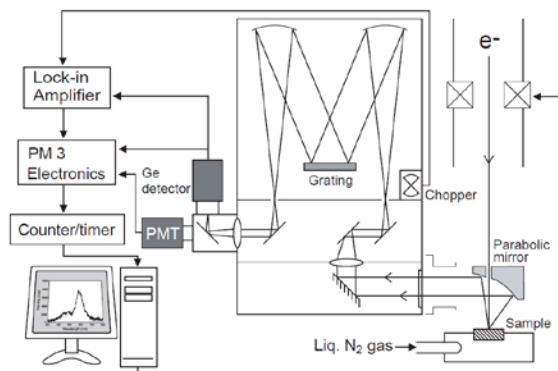


図1. SEM-CL 構成図

3. 宇宙物質科学への応用

宇宙空間は超高真空、超低温、超高温、無重力など地上とはあまりにも違う環境であることから、そこで形成される物質(鉱物)は地球を構成する岩石鉱物とは全く異なった結晶組織を持つことが知られています。太陽系の誕生初期に生成したコンドリュール(珪酸塩球粒結晶)は、2000°C近くの高温のハイパークールド・メルトから100°C/secという放射冷却過程で超高温冷却状態のまま衝突を起こし結晶化したと考えられます。始原的な隕石中のコンドリュールや無重力非接触浮遊合成実験により得られた試料を構成する鉱物(フォルステライト)を用い、高過冷却珪酸塩メルトからの核形成過程をCLにより解析してきました。急速な核生成により生じた結晶構造中の転位や欠陥をCLにより初めて視覚化することに成功し(図2)、さらに欠陥に起因するCLスペクトル成分を特定できました。これらの結果は、太陽系物質や進化過程を解明する上で重要なばかりでなく、新機能をもつ物質の開発など材料科学の分野にも寄与すると期待されます。また、惑星の超高速衝突における衝撃圧力の定量評価や宇宙空間における隕石の水成変質過程の解明にCL分析を用いた例について紹介します。

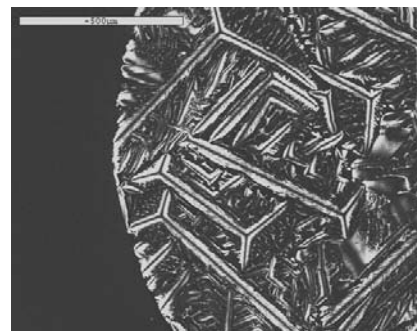


図2. 合成コンドリュールのCL像
東北大学から試料提供(スケール500μm)