

地球外物質分析のための TES 型 X 線マイクロカロリメータを用いた定量分析手法の開発

A quantitative study in STEM-EDS with a broadband TES X-ray microcalorimeter toward astromaterials analysis

○ 林 佑¹、野口 高明²、八木 雄大¹、山崎 典子¹、満田 和久³、前畑 京介⁴、原 徹⁵

(1. 宇宙研、2. 京都大学、3. 天文台、4. 帝京大学、5. 物質・材料研究機構)

○ Tasuku Hayashi¹, Takaaki Noguchi², Yuta Yagi¹, Noriko Y. Yamasaki¹, Kazuhisa Mitsuda³, Keisuke Maehata⁴, Toru Hara⁵ (1.ISAS/JAXA, 2.Kyoto Univ., 3.NAOJ, 4.Teikyo Univ., 5.NIMS)

E-mail: tasuku@planeta.sci.isas.jaxa.jp

我々の研究グループでは、サブマイクロスケールでの地球外物質の分析を目指し、超伝導遷移端型 X 線マイクロカロリメータ (TES カロリメータ) を走査透過型電子顕微鏡 (STEM) のエネルギー分散分光器 (EDS) とする分析装置の開発を進めてきた。

STEM は、材料工学やバイオテクノロジー、地球外物質分析などの幅広い分野で使用されており、薄膜試料に電子線を照射し透過電子からサブマイクロスケールの構造分析を行う。さらに、EDS と併せることで電子線により放射される特性 X 線を捉え、元素の定性・定量分析を可能とする。我々の研究グループでは、従来の EDS で使用される半導体検出器 (SDD) の分光性能 ($\Delta E \sim 120\text{eV}$) から 10 倍以上の分光性能を向上させることが可能な TES カロリメータを用いた TES-EDS システムの開発を行ってきた。TES カロリメータは熱雑音の低い極低温 (50 mK) で動作し、入射光子による素子の温度上昇を超伝導遷移端の急峻な抵抗変化として捉える非分散型 X 線分光検出器であり、原理的な分光性能は 1 eV である。我々は、世界で初めて STEM-TES-EDS システムを実現し、分光性能 $\Delta E \sim 7\text{eV}$ (FWHM, @6keV) を達成した。さらに、TES カロリメータの X 線エネルギースペクトルの非ガウシアン的な応答を考慮した応答関数を構築し定量分析の系統誤差を従来の 10% から 1% 未満に改善した。

この TES-EDS システムを用いて地球外物質の定量分析を行うための定量分析手法の開発を行なった。STEM-EDS での定量分析では、濃度が既知の標準サンプルから調べたい元素と基準となる元素の比を計算する k ファクター法が用いられる。本公演では、TES-EDS の X 線スペクトルから k ファクターを計算する方法の詳細について述べる。

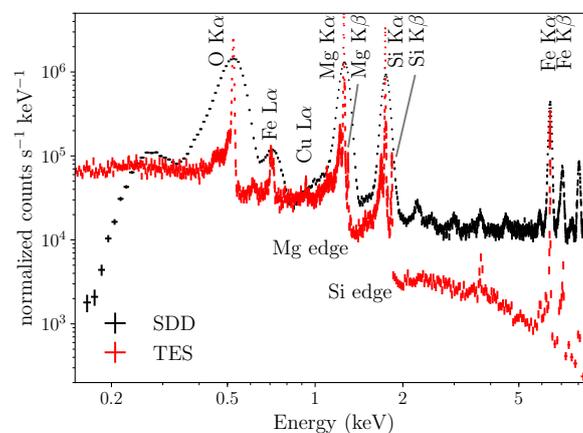


図 1: 半導体検出器と TES カロリメータのエネルギースペクトルの比較図