

# 先端ビームナノ科学センター 複合ナノ解析化学領域の研究紹介

当研究室では、電子顕微鏡を用いて極微小領域の構造解析や状態分析を行うための手法の開発を中心に行い、また、その応用としての利用法の開拓を行っています。走査透過型電子顕微鏡法 (STEM 法) では、原子スケールにまで絞りこんだ電子線を用いて分光を行うことで、構造観察と局所分析を同時に行うことが出来ます。特に、電子エネルギー損失分光法 (EELS 法) を用いて、界面や欠陥などの局所的な領域の構造観察と原子スケールの状態分析を同時に行う手法の開発などを行っています。



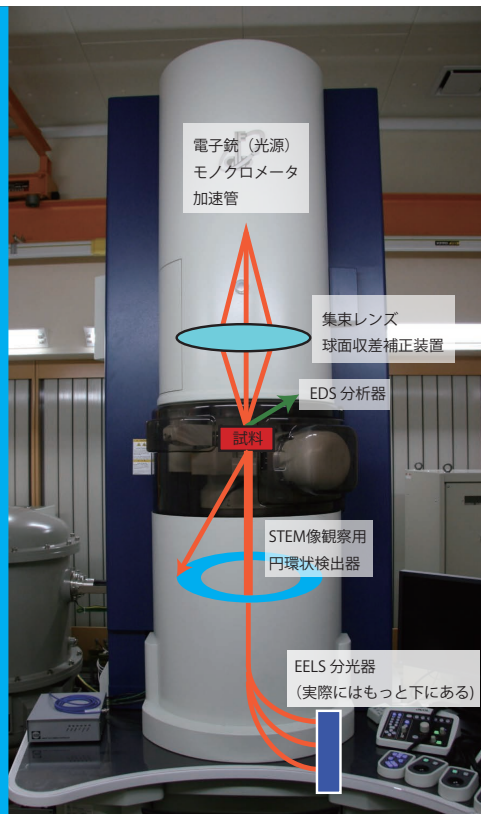
## 観察

透過型電子顕微鏡法 (TEM法)  
走査透過型電子顕微鏡法  
(STEM法)

+  
球面収差補正

STEM 法では、集束レンズの球面収差を補正することで電子線を原子スケール以下まで絞ることができます。更に、絞った電子線を試料上で走査して、試料中の原子核によって散乱された電子を記録することで原子の位置を高い空間分解能で決定することができます。平均構造を解析する X 線回折法などと異なり、局所的な構造 (格子欠陥・界面・表面・非晶質の構造・格子歪・ドーピングされた原子の観察など) を直接観察することができる手法です。

得られる像は、原子番号・試料厚に対応した白黒画像となります。

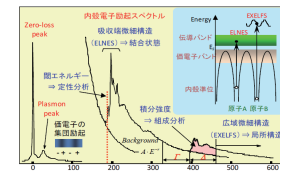


## 分析

### 電子エネルギー損失分光法 (EELS法)

試料の化学的性質を知るためには、原子の位置だけでなく、試料中の電子の状態を解析する手法が必要です。当研究室では主に EELS 法 (電子エネルギー損失分光法) を中心とした研究を行っています。

EELS 法は、電子が物質を透過するときに物質と相互作用して失ったエネルギーを検出する手法で、元素分析だけでなく、結合状態や原子の振動などの解析などができます。モノクロメータ光源との組み合わせることで、高いエネルギー分解能で分光を行うことで、従来困難だったプラズモン・フォノンの解析も可能になってきています。



STEM 法と組み合わせることで、構造と状態分析を関係づけることができ、原子スケールに近い局所分析を可能とする手法です。電子顕微鏡の画像にスペクトルを対応づけることで、(人間の目に見えるものは異なりますが) 色に相当するような情報を付け加えることができます。

## こんなことをやっています

### EELS の測定法の開発

電子線は X 線などと比べると物質との相互作用が大きいので、極少量の試料の分析が可能です。しかし、一方で相互作用が大きいので、高速電子を照射することによる試料の照射損傷が無視できなくなってきました。そこで、試料を壊さず、汚さず、測定を行う手法を開発すると同時に、信号強度の低いデータから効率よく信号を取り出す手法の研究をしています。また、電子線を直接試料に当てず、すれすれの外側を通過させて状態分析を行う aloof 分析法などの研究もしています。

### EELS のスペクトル解析

EELS のスペクトルには、元素の種類、電子構造、結合や原子価など様々な情報が含まれていますが、それらは重畳して表れてきます。吸収端の積分強度から元素分析を行うだけでなく、スペクトルの微細構造から詳細な電子励起の情報を得るために、スペクトル解析法の開発を進めています。

モノクロメータ光源を用いることで高エネルギー分解能のスペクトルを得ることができるようになりましたので、従来解析することが難しかったスペクトルの微細構造の解析、低エネルギー損失領域のプラズモン励起スペクトルや、原子振動の解析、価電子の解析などへの展開を行っています。