

# 隠れた性質を可視化するーナノ領域分光と統計学の融合ー

武藤 俊介 エコトピア科学研究所グリーンマテリアル部門教授

## ナノテクから省エネルギーへ

ナノテクノロジーという言葉には今では既に使い古された印象を抱きますが、日常生活で皆さんが身近に接する工業製品の中には「ナノメートル（十億分の一メートル）」の大きさで構造や組成が制御された材料がたくさん入っています。このような材料は自然界に存在する100種類程度の元素の組み合わせから成っていますから、たとえば大雑把に三種類の元素を使うとして見積もっても  $100 \times 100 \times 100 =$  百万通りの組み合わせの可能性があるわけです。その構成する元素の割合も含めて考えれば実際にはほとんど無限の組み合わせが考えられ、まだまだ新しい性質を作り出す可能性を秘めています。

既に十分に物質文明が発達し、更に新たな可能性を追求することも必要ですが、その一方でこれ

からはこの豊かな技術をいかに少ないエネルギー消費で維持していくかがむしろ優先されるという考え方もあります。材料科学の立場からいうと、同じ性質をもつ材料であればより小さい(少量の)材料でまかなえることが省エネルギーに寄与することになります。つまりより軽量小型で、より強い磁石、より起電力の高く容量の大きな電池、より貴金属を使わない触媒、より消費電力の小さい半導体素子、より摩擦の小さいコーティング膜などを開発することです。

## 電子を物質に当てて出てくる信号を余すこと無く検出・分析

このような材料開発のためには大きく分けて二つのアプローチがあります。一つは無限の可能性の中から経験を使いながら選択肢を絞り込み、たくさんの試行錯誤をすること(帰納的アプローチ)であり、もう一つは必要な性質の出てくる理由を理解することで材料設計指針を見つける(演繹的アプローチ)ことです。どちらも重要なアプローチであり、現実にはこの二つをうまく組み合わせるのですが、私達は第二のアプローチに比重を置いています。実際のナノテク材料では、格子欠陥と呼ばれる原子配列の乱れをわざと作ってやることで機能を発現しています。このような小さい領域の性質を探るために同じくらい細く絞った電子

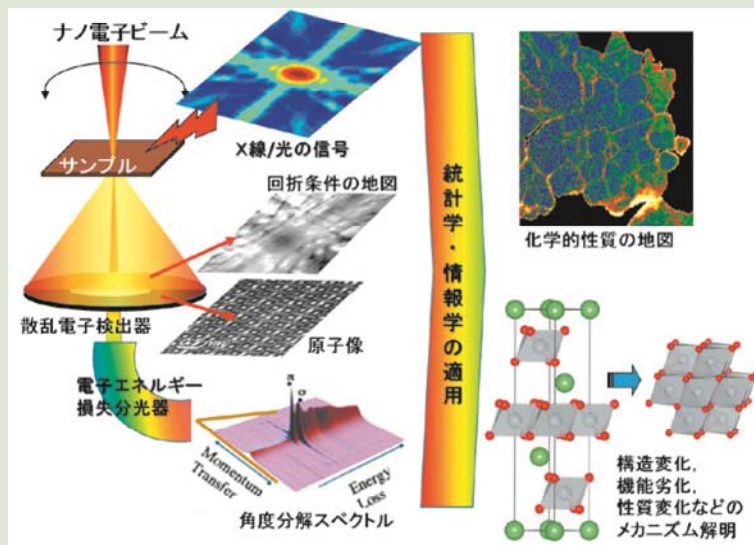


図1 複合電子顕微分光装置と統計・情報学の応用による物性画像診断法概念図

をそこに当て、出てくる信号（光、X線、電子）を検出してその場所にある各元素の環境（化学結合状態といいます）を解読する「複合電子顕微分光装置」を作り上げました。この暗号解読のためには、固体の中の電子の振る舞いを示す運動方程式をコンピュータを使って解き、どのような信号が実験から出てくるかを予測することも重要です。

### 情報・統計学との融合

原子の数が10~1000個程度の小さな場所から出てくる信号は一般的にとっても弱く、しばしばノイズの中に埋もれていることがあります。そこで電子の針で材料の広い領域を網羅的になぞって調べ、たく

さんのデータを収集します。そこに統計学や情報学という数学の道具を使って埋もれた信号をその特徴毎に分離して、それぞれの成分の空間分布をナノメートル分解能で表す地図をつくる「物性画像診断法」を編み出しました。

### 更に新しい分光法の開発—測ってなんぼ

電子の針を試料の上で平行移動して材料をなぞる代わりに、試料上の一点で電子が試料へ入る角度を順次変えることによって生じるX線や可視光発光強度変化から、元素/位置選択的な分光分析をする手法を確立しつつあります。これによって

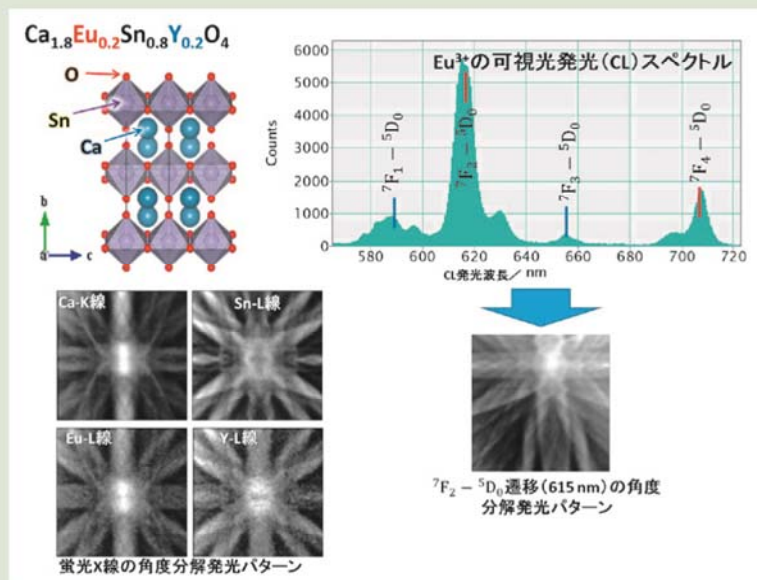


図2 赤色発光材料であるEu,Y添加Ca<sub>2</sub>SnO<sub>4</sub>セラミックスの構造モデルと蛍光X線及びカソードルミネッセンス（CL）の角度分解発光データ。蛍光X線パターンの統計処理によって添加元素がどの原子位置を占めているか、CL図形によってどの原子位置が赤く光っているかが定量的に明らかになる。

従来中性子や放射光のような大型施設を必要とした一部の解析を実験室レベルの小規模装置で精度良く測定できるようになります。一方では名古屋大学の大型電子顕微鏡（超高压走査透過型電子顕微鏡）の電子の持つ波の性質を利用して、電子が自転・公転している様子を捉えて（磁気角運動量の測定）磁石の性質を探ったり、電子の当たった原子が出す光の強度から、その隣にある原子との距離や種類を測る新しいナノ分析方法の開発に挑んでいます。

1984年京都大学理学部卒業、1988年大阪大学基礎工学研究科博士後期課程中退後、大阪大学教養部助手、同理学部助手、1995年名古屋大学理工学総合研究センター助教授、2004年同工学研究科教授を経て、2013年より現職。若い頃はスキーに夢中であったが最近是国内ワイナリー探訪にはまっている。  
モットー：他人が測れないものを測ってやろう

むとう しゅんすけ

