

高い発光性能を持つ発光体の生成機構の解明： 電子活性な空隙の発光体・半導体への応用

東京工業大学 元素戦略 MDX 研究センター
辻 昌武

1. はじめに

1-1 オプトエレクトロニクス用材料の課題

光電変換材料は太陽電池やELなどのエネルギー関連分野や、シンチレーターやフォトディテクターなど光の情報を電気信号に変換し、情報として処理するためのイメージングセンサーにも用いられており、従来のカーボンニュートラル・低消費電力社会のみならず、次世代の自動運転やIoT社会を支える重要基盤となっている。本稿では近年我々の研究室で見出した材料である高効率青色発光体 $\text{Cs}_3\text{Cu}_2\text{I}_5$ を例に、発光材料の設計指針と今後の展望を材料科学の観点で紹介する。

シンチレーターはX線や γ 線等の放射線の照射によって発光を示す蛍光体である。シンチレーターが放射線を吸収すると、物質内部の電子が励起し、元の状態（基底状態）に戻る際に可視光や紫外光の形でエネルギーを放出する。この発光をホトマルなどで検出することで、入射X線の定量的な計測が可能となる。

シンチレーターと光電子増倍管を組み合わせた放射線検出器のアプリケーションは、X線の定量計測とデジタル化による情報処理能力を生かしたX線CTや手荷物検査など、医療分野やセキュリティ関連分野での非破壊検査が主となる。これらのアプリケーションには1. 高感度化のための高い発光効率、2. 定量計測のための入射光と放出光強度の直線性、3. 信号分離のための短い減衰時間、4. 高い空間分解能の実現のための低散乱（高い結晶性）と発光の低い自己吸収、5. 実用化のための高い化学的耐久性（特に潮解性）が求められる。

これらの要求を材料の観点で設計指針とすると、以下を満たす材料の探索が必要となる。

- 1) X線の吸収に有利な大きな有効原子番号を有する重元素を含む
- 2) 重元素には毒性元素やレアアースが多いため、比較的豊富で環境低負荷な元素によって構成される
- 3) 光の散乱を低減するための大型単結晶育成手法
- 4) 光として高効率にエネルギーを取り出すための、直接遷移型のバンド構造・高い光吸収係数
- 5) 自己吸収を無視できるほど大きな励起子束縛エネルギーを実現するための局在化した異方的な構造をもつ発光中心
- 6) 電子・正孔による励起子のクエンチングを防ぐための欠陥耐性
- 7) 高い化学的耐久性を有する無機結晶

従来のシンチレーター材料は主にワイドギャップの酸化物やハロゲン化物に発光中心となる希土類や遷移金属を添加する方法がとられてきた。その結果、1948年に NaI:Tl が高い光吸収効率とエネルギー分解能を有する材料であることが見出され[1]、現在まで圧倒的な利用を誇っていた。しかしながら、 NaI:Tl は潮解性の問題と、ブリッジマン法で融液から結晶育成するために開発コストがかかってしまう課題を抱えており、次世代のデバイス用途に安価で大量生産可能な代替材料の開発が必須となっている。