

# 光と色彩講座 (第7講)

J. Jpn. Soc. Colour Mater., 89 [5], 159-162 (2016)

## 蛍光体の中で何が起きているか

竹下 覚<sup>\*†</sup>

<sup>\*</sup>産業技術総合研究所化学プロセス研究部門 茨城県つくば市東1-1-1つくば中央第五事業所 (〒305-8565)

<sup>†</sup> Corresponding Author, E-mail: s.takeshita@aist.go.jp

(2016年3月29日受付, 2016年4月21日受理)

### 要 旨

外部からの何らかのエネルギーを吸収し、それを光に変えて放出する物質のことを蛍光体と呼ぶ。蛍光体の放つ鮮やかな発光はその目で直に確かめることができるが、その内側で起きている物理現象を直接見ることはできない。本稿では、科学者たちがどのようなモデルで蛍光体を理解してきたかについて、その基礎となる配位座標モデルを中心に紹介する。

キーワード：蛍光体, 配位座標, ストークスシフト, 無放射遷移

### 1. 蛍光体とはどんな材料か

2014年のノーベル物理学賞に青色LEDが選出され、世間の関心が一時的に高まったとはいえ、今もなおかなりの数の日本人が、照明の中のLEDから直接白い光が出ていると誤解していることだろう。実際には、青色LEDと、青色光を黄・赤色光に波長変換する蛍光体との組み合わせで白色光を実現しており、高効率蛍光体の開発なしにはLED照明の普及はあり得なかったと断言できる。蛍光体は、照明・ディスプレイなどの発光デバイスに欠かせない波長変換材料として、私たちの身近なところに広く浸透している機能材料であるが、その正体を知っている人は少ない。蛍光体業界はニッチである。

外部からの何らかのエネルギーを吸収し、それを光に変えて放出する物質のことを蛍光体と呼ぶ。蛍光体はエネルギー変換材料の一種である。外部からのエネルギーが電子線ならばカソードルミネセンス、電界ならばエレクトロルミネセンス、機械的エネルギーならばメカノルミネセンス、光ならばフォトルミネセンスと呼ぶ。フォトルミネセンスは波長変換と言い換えることができ、照明やディスプレイ用蛍光体の大部分を占める。また、夜光塗料などに使われる蓄光体は、外部からの励起光を絶ったあとも長時間かけて光を放ち続ける蛍光体である。

蛍光体は古くから人類に利用されてきた材料であるが、その発光メカニズムについては現在もなお探究が続けられている。蛍光体の放つ鮮やかな発光は肉眼で確かめることができるが、その内側で起きている物理現象を直接見ることはできない。本稿では、科学者たちが蛍光という現象をどのように理解して

きたかについて、初学者がつまづきがちな配位座標モデルを中心に、なるべく直感的な説明を試みたい。より厳密な説明を求める読者は成書などを参照されたい<sup>1-6)</sup>。

無機材料、有機材料、錯体など、さまざまな形態の蛍光体が知られているが、少なからず用語の混乱がある。たとえば、有機材料では蛍光とりん光をその電子遷移のタイプによって明確に区別するが、無機材料では区別せず、蛍光の中でも比較的寿命の長いものをりん光と呼んでいる。混乱を避けるため、本稿では無機材料、とくにセラミックを中心とした局在型フォトルミネセンス蛍光体に話を絞る。

### 2. 蛍光はいかにして生じるか

無機蛍光体の多くは、母体結晶に発光イオンをドーブした化合物である。母体と発光イオンを「:」で結んで書きあらわす習慣がある。たとえば $\text{YVO}_4:\text{Eu}^{3+}$ は、 $\text{YVO}_4$ 結晶に微量の $\text{Eu}^{3+}$ をドーブしたもので、通常は $\text{Y}^{3+}$ の一部が $\text{Eu}^{3+}$ に置き換わった化合物のことを指す<sup>\*1</sup>。無機蛍光体は光を発する部分(発光中心)の違いにより二つのタイプに分けられる。ドーブされた発光イオンなど、発光中心が結晶中のある場所に限定されたものを局在型と呼ぶ。 $\text{YVO}_4:\text{Eu}^{3+}$ を含め、照明・ディスプレイの波長変換用蛍光体の多くが局在型であり、本稿でもこちらを扱う。一方、半導体の電子・正孔の発光再結合など、発光中心が空間的な広がりをもつものを非局在型と呼び、たとえばブラウン管用蛍光体の $\text{ZnS}:\text{Cu,Al}$ などが該当する。

局在型発光中心の単純な模式図を図-1に示す。蛍光体に励起光を照射すると、発光イオンが励起光を吸収し、基底準位の電子が励起準位へと励起される。この励起電子が再び基底準位に戻るとき、その差分のエネルギーが蛍光として放出される。蛍光ではなく熱(格子振動)として放出される場合もあり、これを無放射遷移という(無ふく射遷移, 非放射遷移, 無放射失活などともいう)。熱よりも光として放出される確率が高い材



【氏名】 たけした さとる  
 【現職】 産業技術総合研究所化学プロセス研究部門 研究員  
 【趣味】 水泳  
 【経歴】 2011年3月慶應義塾大学大学院理工学研究科後期博士課程修了, 博士(工学)取得。同年4月日本学術振興会特別研究員(PD)。2012年4月慶應義塾大学理工学部応用化学科助教(有期), 2015年4月より現職。

<sup>\*1</sup> レーザー分野では逆に $\text{Eu}^{3+}:\text{YVO}_4$ と書くが、意味は同じ。