

気体から創る次世代照明用発光材料

レトルトパックの保護フィルムから蛍光体ができた！

新潟大学大学院自然科学研究科（超域研究機構）

〒950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐二の町 8050

戸田健司、坂本達矢、石垣雅、上松和義、佐藤峰夫

電話／ファックス番号：025(262)6771 E-mail: ktoda@eng.niigata-u.ac.jp

古くより、人間は暗闇を照らすあかりとして火を利用してきた。たいまつのような燃焼を基本とする熱い光は、不安定でかつ危険なあかりであった。不安定な、ともし火や油を利用するランプによる燃焼光源から電気エネルギーを利用する白熱電球および蛍光灯への照明の転換は、人間の生活を大きく変えてきた。最近では、白色 LED が現在の蛍光灯に替わる次世代照明として期待されており、最近では LED 電球という形で大手家電メーカーからも電球に代わる「エコ商品」として市場にも流通されるようになってきた。

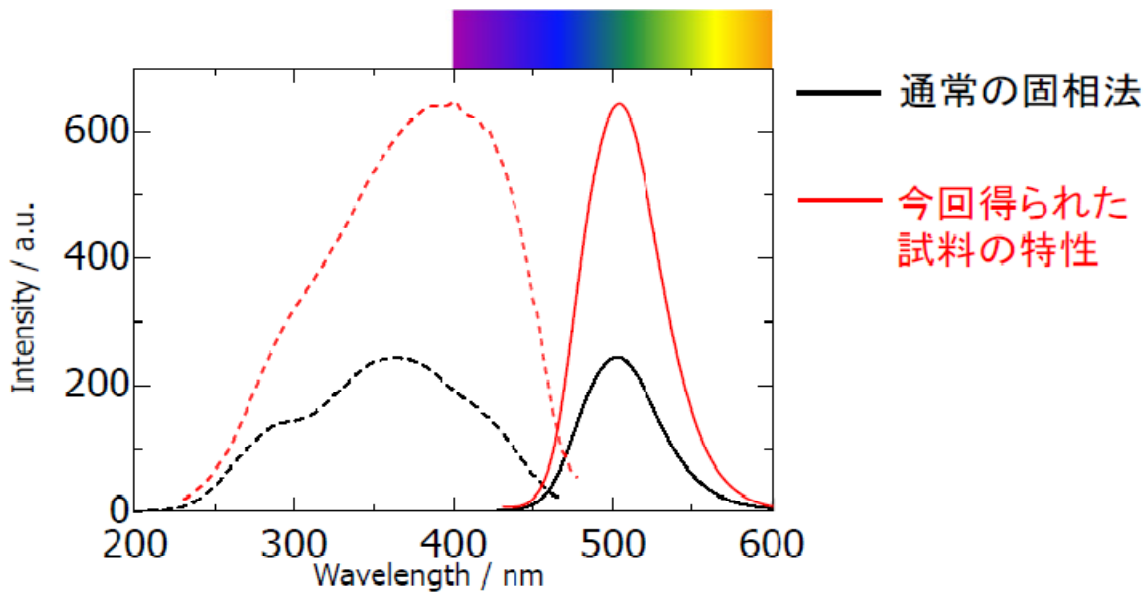
白熱電球は、その名の通り熱により発光する照明である。タングステンフィラメントに電流が流れると、フィラメント自体の電気抵抗によって 2000 °C 以上に発熱し、やや赤みを帯びた白色光を発する。白熱電球のフィラメントからは可視光よりも赤外線域のエネルギーが多く放出されているために電力の大部分は熱として放出され、**可視光としては 10 %程度の効率**しか得られない。

一方で、水銀の放電を利用する蛍光灯は熱として失われるエネルギーが少ないため、同じ明るさを得るのに必要な消費電力は、**白熱電球の 1/5 程度**である。つまり、蛍光灯は家庭で利用できる簡易照明器具として最も効率的なものである。蛍光灯は 1950 年代から一般住宅に急速に普及し始め、特に日本においては家庭内の照明の大部分が蛍光灯となっている。しかし、蛍光灯は有毒な水銀蒸気が封入している問題があり、水銀を含まない照明へ移行が強く推進されている。水銀を利用する現在の蛍光灯は、代替技術のない現状から現時点では全廃の対象にはなっていないが、**法による規制の対象になった時点で、われわれの身近にある現在の蛍光灯は姿を消し、代替技術に基づく照明が我々の周囲を照らすことになる。**

現在の白色 LED は、青色発光ダイオードの上に青色光の補色である黄色光を発光する蛍光体をかぶせることで白色の光を放出する。**蛍光体は、吸収した青色光を 70 から 95 % という高い効率で黄色光に変換することができる**ので、研究室レベルの研究では、蛍光灯に匹敵する発光効率を得られている。しかしながら、蛍光灯を代替するには更なる効率の改善が必要である。すでに、70 から 95 % の変換効率をもつ蛍光体をどのようにして改善するのだろうか？その手法は、光の吸収効率の改善である。外部からの光によるエネルギーを吸収して別の色の光に変換する蛍光灯や白色 LED 用蛍光体の形態は、球形に近いミクロン（10 のマイナス 6 乗メートル）サイズのセラミックス材料としては比較的にな大きな粉末である。これには大きな理由がある。屈折率の異なる物質の界面では必ず反射が起きるため、蛍光体

(一般にセラミックスは高い屈折率を持つ)と空気の界面で一定量の光が、屈折率に依存して反射される。粉末粒子を使用すれば、反射されてしまった光も別の粒子で再利用できる。しかし、反射された光はいずれ減衰するため、できる限りこの反射を抑制することが必要である。より高い吸収効率を持つ白色 LED 用蛍光体の作成には、球状に近い、大きく成長した粉末を得なければならない。世界中の蛍光体研究者がこの課題に取り組んできたが、実用的な成果は得られていない。成長した粒子を得るために、高温で蛍光体を処理すると、粒子は融解してガラスのような平滑な材料となり、光を反射しやすくなる。

今回のわれわれの成果は、発光するイオンを含む原料を固体の粉末として、蛍光体の構成成分の一部である一酸化ケイ素 SiO を気体の形で供給して、従来よりも高い発光効率を示す巨大蛍光体を得たことである。成分の一部を気体で供給することで、通常では融解する温度で蛍光体を得ることに世界で初めて成功した。ケイ素成分を気体の状態で取り扱える原料は、あまり多くない。有機物と Si が結合した有機金属ケイ素化合物はその一つの例であるが、蛍光体を合成する還元雰囲気の状態では、有機物が生焼けとなり黒くなる。また、非常に高価な原料である。われわれが利用したのは、完全無機物である一酸化ケイ素 SiO である。この材料は、レトルトパックにおいて透明な保護フィルムとして利用されており、非常に安価な原料である。下図に、新しい気相法により得られた蛍光体 $\text{Ba}_2\text{SiO}_4:\text{Eu}$ の発光特性を示す。発光強度は、通常の合成法により得られた蛍光体の 2.6 倍である。安価な原料と一般的な焼成炉を利用する今までにない低コストの気相プロセスでの合成が可能であり、 Si 成分を含む多くの LED 用蛍光体への展開が期待できる。今回の成果により、次世代の LED 照明の実現化に一步近づくことが可能になった。



(横軸は、光の波長を示している。点線は、与えられた光を吸収するスペクトルを示す励起スペクトルを、実線は発光のスペクトルを示している。今回の新合成法で得られた発光は通常の合成法の 2.6 倍の強度を示すことがわかる。 $\text{Ba}_2\text{SiO}_4:\text{Eu}$ は、LED 用蛍光体のベースとなる材料として最も幅広く用いられている蛍光体である。)