

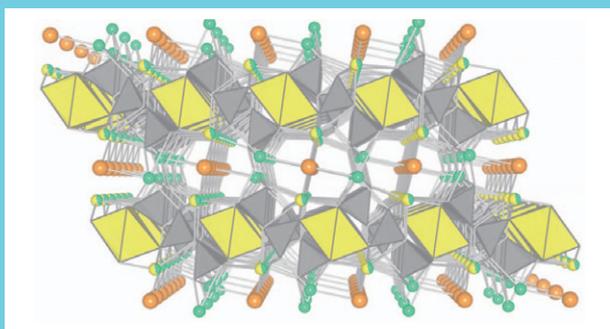
# SPring-8 NEWS

# 69

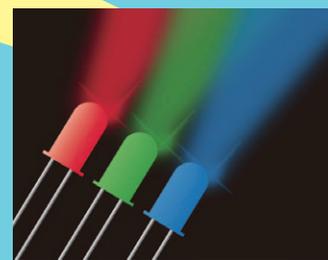
2013.7

## 2 研究成果・トピックス

LED照明の欠点である“まぶしさ”を克服  
～新発見の蛍光体で白色LEDを実現～



Cl\_MS蛍光体の結晶構造



## 5 行事報告・お知らせ

2013年度(第21回) SPring-8施設公開  
『子ども霞が関見学デー(8月7・8日)』に出展します!

## 6 SPring-8を支える技術・お知らせ

SPring-8 中央制御室  
研究者インタビューのお知らせ



SPring-8 News アドレス

<http://www.spring8.or.jp/ja/sp8news>

# 研 究 成 果 ・ ト ピ ッ ク ス

## LED照明の欠点である“まぶしさ”を克服 ～新発見の蛍光体で白色LEDを実現～

### 新素材で白色LEDの 欠点を解消

近年、省エネ効果が高いとして、白熱電球や蛍光灯に代わって、急速に普及が進んでいるLED\*1照明。しかし、その光をまぶしいと感じたり、窓やディスプレイなどへの映り込みが気になることはないでしょうか。一方で、光源の明るさの割には、光源から遠い窓際などは暗いと感じられたことがあるかもしれません。

これは、白色LEDの光源が点状で小さく、白熱電球や蛍光灯に比べて照らし出す範囲が狭いことに起因します。それにより不快なまぶしさや、窓際など照明器具の真下以外の暗さにつながるというわけです。

白色LEDの多くは青色LEDチップをケースに入れ、その上に補色である黄色に光る蛍光体を載せ、青と黄の光を合成して白色光をつくり出しています(図1左)。その際、黄色蛍光体には光の色の調整に優れた窒化物を使うのが主流ですが、窒化物蛍光体の製造には高い温度と圧力を要するためコスト高にもなります。

こうした課題を克服すべく、このたび小糸

製作所と東京工業大学、名古屋大学の共同研究によって、新素材である「CI\_MS(クルムス)蛍光体」が開発されました。この蛍光体を使うと、発光部を大きくすることが可能で、まぶしさを低減し、かつ部屋の隅々まで明るく照らし出すことができます。また、CI\_MS蛍光体は新しい結晶構造をもつ新物質でありながら、その主成分は貝や骨、岩石、塩などに含まれるありふれた酸化物のため製造しやすく、地球環境にやさしいのが特長です。

### 発光部の面積を大きく、 形状も自由に

ではなぜ、CI\_MS蛍光体を使うと、発光面積を大きくできるのでしょうか。CI\_MS蛍光体を発見し、新たなLEDの可能性を切り拓いた小糸製作所 研究所・主管の大長久芳<sup>だいちよう</sup>さんは、そのし

くみを次のように説明します。

「CI\_MS蛍光体は、紫色の光を90%以上の高い効率で黄色光に変換できる物質です。そこで私どもでは、紫色LEDチップの上に、CI\_MS蛍光体と青色の蛍光体を樹脂中に低濃度で分散し、それを肉厚のドーム状に載せることによって、発光効率の高い『クルムスLED』を実現しました。発光源は、あくまでも一粒ひとつぶの蛍光体で、これを透明の樹脂中に低濃度に分散させることで、大きくすることができま

す(図1右)。その面積は従来の白色LEDの10倍。したがって、輝度を10分の1に低減でき、まぶしさが抑えられます」。

光源が大きくなれば、LED素子の数を減らすことができ、コスト減にもつながります。また、樹脂

でつくることから、形状をさまざまに変えることが可能です。

「電球のほか、蛍光灯のような

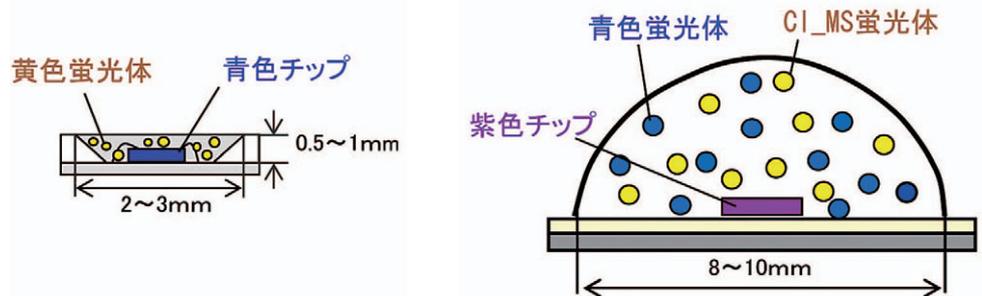


図1. 従来の白色LEDの構造(左) クルムスLEDの構造(右)。

この記事は、株式会社小糸製作所研究所の大長久芳主管と名古屋大学大学院工学研究科の澤博教授にインタビューして構成しました。

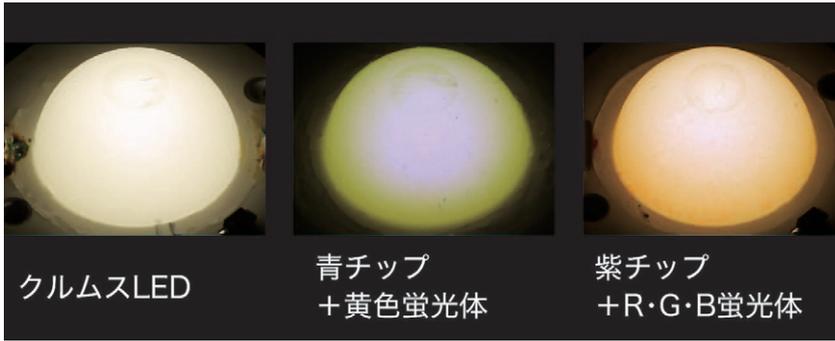


図2. 白色LEDの方式による見え方の違い

ライン状の光源やキャンドルライトのような形状もつくれます用途に応じて、自由にデザインできるのも大きな特長です」(大長さん)。

### 部屋全体に むらのない光を

もう一つの特長は、青と黄色の蛍光体の光がそれぞれ干渉し合うことなく独立して全方位に出ることから、部屋全体にむらのない光を届けることができる点です。

「従来の青色チップと黄色蛍光体を組み合わせた白色LEDでは、中央は白く明るく光りますが、周囲に黄色いリングが生じることがありました(図2)。紫色チップにR(赤)・G(グリーン)・B(青)の蛍光体を載せた場合は、蛍光体同士での干渉が起こるため、周囲に赤いリングが出てしまいます。従来方式では、蛍光体を通過して出てくる青色の光の指向性が高いため制御が難しく、また蛍光体の比重が大きいため均一に樹脂に混ぜることが困難で、発光体に色むらやばらつきが発生してしまうのです。そうしたことから、白色LEDは製造過程で発光色を選別し、色温度と色調のランクをつけて製造されています」と大長さん。

一方のクルムスLEDであれば、

その組成比により発光色を自在にコントロールすることも可能です。

「青と黄の蛍光体の調合により、昼光色から電球色まで自在に白色光を調整でき、十分な演色性\*2もあります。クルムスLEDは、蛍光体の調合だけで色が決まるため、製造における歩留まりも改善できるのです」。

### Spring-8により構造解析から 発光メカニズムまで解明

ところで、CL<sub>MS</sub>蛍光体というのは、どのような物質なのでしょう。

「ケイ酸塩の間に塩化物が挟まっている層状の新物質です。ありふれた元素からなる結晶にもかかわらず、無機結晶材料データベースになく、物質の特定ができませんでした。そこで、約4カ月か

けて単結晶を成長させ、名古屋大学に持ち込みました。2007年のことです」(大長さん)。

この結晶の解析を大型放射光施設SPring-8の高輝度放射光により行ったのが、澤博さん(名古屋大学教授)の研究グループです。

「新物質かもしれないといって持ち込まれる物質のほとんどが既知のものなので、解析により新物質と判明したときは、大変驚きました(図3)。この物質には発光に欠かせない希土類元素ユウロピウムが含まれていますが、まずはそれを含まない母物質について、SPring-8の単結晶X線回折装置ビームラインBL02B1で高分解能の測定を行って基本的な結晶構造を決定しました。一方で、ある程度の分量の試料を用いて、ユウロピウムを様々な条件で結晶の中に含有させた粉末の精密な解析を行いました。こちらは、BL02B2の粉末X線回折装置を用いました。結果、結晶構造、特に発光に欠かせないユウロピウムの位置などを正確に把握することができました。

この結晶構造解析の結果を基にして東京工業大学の細野秀雄教授のグループが発光のメカニズムを明らかにし、さらには製品化の際に重要となる発光効率の温度変化についても、放射光

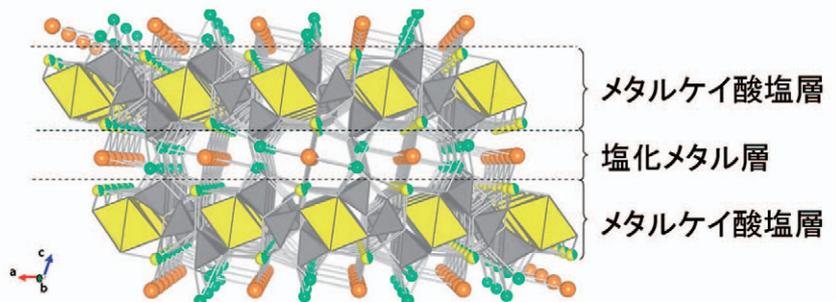


図3. CL<sub>MS</sub>蛍光体の結晶構造。酸化ケイ素とカルシウムもしくはストロンチウムから構成されるメタルケイ酸塩層と、塩素とカルシウムもしくはストロンチウムから構成される塩化メタル層が交互に並んでいる。

による温度依存性の測定により明らかにしました。今回の事例は、新物質の発見とその構造解析、機能解析が同時にでき、しかもその性能が大変優れていたという意味でも非常に珍しいケースでしょう」と澤さん。

この画期的な成果は、2012年10月に英国科学誌『Nature Communications』に掲載され、

大きな反響を呼びました。

一方で、課題もあります。

「現状、照明用のLEDのほとんどが青色チップで、紫色チップのコストはまだ高い。早く製品化したいところですが、発売は未定です」と大長さんは言います。

青色チップも紫色チップも、原料は同じ窒化ガリウム。その色の調整は微量のインジウムを

加えることで行います。インジウムを少なくすると紫になり、添加物が減る分だけ青色よりも作りやすいという利点もあります。また、インジウムはレアメタルでもあるので、紫色チップの用途が広がれば、開発が一気に進むことになるでしょう。クルムスLEDの、いち早い製品化が待ち望まれます。

## 用語解説

### \*1 LED

発光ダイオード。導電することで発光する半導体素子。

### \*2 演色性

照明が物体を照らしたときの色の見え方の特性。色味が自然光で見た状態に近いほど、演色性が高いと言う。

## column コラム 1粒の単結晶から構造と原理が明らかに

小糸製作所といえば、車のヘッドランプにいち早くLEDを採用し、世界シェアNo.1を誇る企業です。大長さんも、もとはヘッドランプの反射鏡の耐熱材料を手がけていました。LEDでは耐熱材料が不要となることから、新たな研究に着手しようと始めたのが蛍光体の研究です。

「CI\_MS蛍光体は何度も実験を繰り返すなかで、偶然生まれた物質です。最初は不純物だらけだったので、単結晶をつくろうと、4カ月かけて1000度以上の炉の中でじわじわと成長させました。当時、当社には設備が整っていなかったため、目を離すことができません。仕方なく、当番制で徹夜で炉の番をしました。年末年始は空調も止まってしまうし、寒くて大変でしたね」と大長さん。

その苦労のかいあって、一粒の、グラニュー糖ほどの大きさの単結晶が採取できたそうです。

「クルムスはケイ酸塩の硬い層状の構造が塩化物によってゆるく貼り合わされた物質で、その間に発光をつかさどるユウロピウムが配置されることで、今までにない高効率の蛍光現象を生み出すという、非常に珍しい物質です」と澤さんは言います。さらに、「新物質の発見という幸運に恵まれても、結晶構造を明らかにできなければ、サイエンスとは言えません。全く新しい結晶構造で発光の原理まで明らかにしたというのは蛍光体物質としては珍しい。その成果を論文に発表できたことで、今後の研究開発を大いに進展させるでしょう」と、明るい展望を語っていただきました。



澤博教授



大長久芳主管

取材・文：サイテック・コミュニケーションズ 田井中 麻都佳

### 次号研究成果・トピックス予告

アフリカを救う眠り病治療薬の開発（仮題）

# 行事報告

## 2013年度（第21回）SPring-8施設公開

今年も毎年恒例のSPring-8施設公開を4月27日（土）に開催しました。晴天に恵まれたゴールデンウィークの初日に、4,518名の方にご来場いただきました。

多くの方から、何をしている施設か知ることができて良かった、という声をいただきました。SPring-8/SACLAが何のための施設か、少しでも実感していただけたのであれば大変嬉しく思います。SPring-8では、蓄積リングを一周するツアーに人気が集まった他、タンパク質の構造解析実験をわかりやすく紹介するイベントも好評でした。



SACLA実験研究棟のパネル



科学講演会の様子

粘土・鉱物の性質を、実験などを通じてわかりやすく体験できるイベントは子どもたちに大人気でした。楽しいイベントを通じて科学に興味を持てただけいたものと思います。

SACLAでは細胞がデザインされた大きなパネルを用意し、多くの皆さんに記念写真を撮っていただいた他、最新鋭の機器・装置も公開し、多くの方に世界一の研究施設を実感いただけたのではないでしょう。

科学講演会も例年通りの盛況でした。今年は会場をSACLAの大講堂としたことで、より多くの方にご覧いただくことができました。



実験工作イベントの様子

## お知らせ

### 『平成25年度子ども霞が関見学デー（8月7日・8日）』に出展します！

理化学研究所は、文部科学省（東京都千代田区）で行われる『子ども霞が関見学デー』に今年も出展します。毎年出展しており、昨年もたくさんの方がお越しくださいました。今回は、「光で声を伝えよう！ー光通信ー」と題し、懐中電灯やスピーカーなどの身近な道具を使って、光で音を伝える通信実験・実演を行います。パネル展示「SPring-8とSACLAって何だろう？」や、多分野にわたる理化学研究所の研究成果などについて紹介するコーナーもあります。ぜひお立ち寄りください。



『子ども霞が関見学デー』は、文部科学省などの各府省庁等が連携して、業務説明や省内見学などを行うことにより、親子のふれあいを深め、子どもたちが夏休みに広く社会を知る体験活動の機会とするとともに、各府省庁等の施策に対する理解を深めてもらうことを目的として開催されるものです。詳しくは文部科学省ホームページをご覧ください。



S P r i n g - 8 を

# 支える技術

## 第2回：SPring-8中央制御室

SPring-8の運転監視の司令塔、それが中央制御室です。普段の運転時にはシフトリーダーと4人の運転員で、ここからSPring-8が運転されています。周長1.4km余りもある巨大な加速器を制御しているにはずいぶんスッキリした制御室だと思いませんか。実はこの中で制御に使っているコンピューターはわずか14台ほど。それもどこにでもあるパソコンです。

パソコン上で動作しているのはSPring-8の加速器科学者や運転員が自作した制御用アプリケーション。それらが機器のそばに設置してある約500台の組み込みコンピューターと通信してSPring-8の加速器とビームラインの機器を遠隔制御しているのです。

この中央制御室は2011年春に改装されました。近い将来にSPring-8とX線自由電子レーザー施設SACLAが協調して運転するときSACLAも中央制御室から制御できるように余裕を持たせてあります。

加速器が発明されたのは80年以上も前のことです。最初はコンピューターなどありませんから加速器の機器は全て人間がメーターなどをにらみながら、手でスイッチを入れたりつまみを回したりして制御されていました。当然制御室も各種ケーブルが入り乱れたものにならざるを得ませんでした。加速器が大型化、精密化するにつれてネットワーク化されたコンピューターを使った制御が徐々に取り入れられてきました。

(制御・情報部門 山下 明広)



SPring-8中央制御室

完全にコンピューター化、ネットワーク化された制御の姿を示す。制御卓の他に目立つのは正面と側面のディスプレイウォールで、それぞれ18面、12面の大型液晶パネルを使っている。これらには各種運転情報を表示している。

光のひろばからの

<http://commune.spring8.or.jp/>

# お知らせ

## 研究者インタビューのお知らせ！

エネルギー・環境問題を解決する手段として、太陽電池を用いたソーラー発電に大きな期待が寄せられています。今回は、太陽電池の高性能化、低コスト化に挑まれている豊田工業大学の大下祥雄先生にお話を伺ってきました。7月上旬公開予定。お楽しみに！



大下 祥雄先生

SPring-8 Newsは SPring-8ホームページでもご覧いただけます。  
読者アンケートも実施していますので、感想をお聞かせください。

## 施設見学の申込み

スプリング8見学

検索

問合せ TEL(0791)58-1056



SPring-8 News  
No.69 2013.7発行

SPring-8 Document D2013-007

編集 SPring-8 News 編集委員会

発行 公益財団法人 高輝度光科学研究センター

Japan Synchrotron Radiation Research Institute  
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都1丁目1番1号  
TEL(0791)58-2785 FAX(0791)58-2786 E-mail:kouhou@spring8.or.jp  
<http://www.spring8.or.jp/>