

平成 30 年 6 月 15 日現在

機関番号：35302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K06445

研究課題名(和文) ホスト励起を利用したf-f発光型酸化物質蛍光体の元素制御に基づく物質探索と発光評価

研究課題名(英文) Exploration of new host-excited oxide phosphors with f-f emission controlled by metal ions with s0 or d0 electron configuration

研究代表者

佐藤 泰史 (Sato, Yasushi)

岡山理科大学・理学部・准教授

研究者番号：90383504

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、 $(n-1)d10ns0$ の電子配置を持つ金属イオンを含む新しいf-f発光型蛍光体の探索を行った。 $Pr^{3+}$ 賦活 $CaZr_{1-x}Ta_xO_{3-x}N_x$ について、組成制御によりバンドギャップエネルギーを約3.0eVに制御し、近紫外光励起によるf-f発光の発現を確認した。 $Ca(Lu_{0.5}Ta_{0.5})O_3$ を宿主物質に用いた $Pr^{3+}$ 賦活蛍光体を作製し、 $Pr^{3+}$ 周りの対称性低下に伴うf-f発光を確認した。水溶液法で合成した $Ca_{0.6}Sr_{0.4}TiO_3:Pr^{3+}$ では、化学量論組成に対して $(Ca+Sr+Pr)/Ti$ 比の僅かなズレに伴い積層欠陥が生成し、発光特性にも影響を与えることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：In this study, we have reported the exploration of new host-excited oxide phosphors with f-f emission controlled by metal ions with  $(n-1)d10ns0$  electron configuration. 1) Due to the adjusting the bandgap energy of  $Pr^{3+}$ -activated  $CaZr_xTa_{1-x}O_{2+x}N_{1-x}$ , the f-f emission from  $Pr^{3+}$  was clearly observed under the excitation of near UV lights. 2)  $Ca(Lu_{0.5}Ta_{0.5})O_3:Pr^{3+}$  showed a strong f-f emission due to much lower site-symmetry of  $Pr^{3+}$  by the ordering of  $Lu^{3+}$  and  $Ta^{5+}$  at B-sites. 3) Emission intensity of  $Ca_{0.6}Sr_{0.4}TiO_3:Pr^{3+}$  prepared by solution methods were relatively high at the optimum  $(Ca+Sr+Pr)/Ti$  ratio and stacking faults in the phosphors created by the deviation of the above cation ratios were caused by the deterioration of the photoluminescence properties.

研究分野：無機固体化学

キーワード：蛍光体 f-f発光 ペロブスカイト

## 1. 研究開始当初の背景

f 電子間の電子遷移に基づく発光 (f-f 発光) を利用した蛍光体は鋭いラインスペクトルを示すことから、これまでブラウン管や蛍光灯などに利用されてきた。しかしながら、f 電子間の遷移は本来禁制であり、強い f-f 発光を得るには、ホスト物質の電子励起とホスト物質 - 発光イオン間の励起電子によるエネルギー伝達を利用しなければならない。本研究課題では、これまで積極的に検討されてこなかったホスト物質 - 発光イオン間の「励起」、「励起エネルギーの伝達」、「発光」の各過程に着目し、独自の考えに基づく元素制御から酸化物ホストの物質探索を行い、高効率・高演色性を示す f-f 発光型蛍光体群の発見と f-f 発光機構の解明を目的とする。

## 2. 研究の目的

本研究課題では、近紫外線および青色光励起が可能で、高効率・高演色性を示す新しい f-f 発光型蛍光体群の開発を目的とする。これまで申請者が取り組んだ透明導電酸化物ならびに酸化物蛍光体の研究から得た知見をベースに、ホスト物質の元素制御に関する 3 つの検討項目：バンドギャップエンジニアリングによる励起エネルギー制御 (検討)、 $s^0$ 系カチオンを含むホスト物質によるエネルギー伝達効率の向上 (検討)、発光イオンサイトの非対称化による f-f 発光の高輝度化 (検討) を提案し、これらに基づく物質探索を通じて、従来では困難と考えられてきた白色 LED 応用が可能で f-f 発光型蛍光体物質の実現を目指す。加えて、～ の検討を通じて、作製した蛍光体試料の化学組成が発光特性に大きく影響することが明らかになり、精密な組成制御法の確立と組成ズレに伴う発光低下の原因を解明する (検討)。

## 3. 研究の方法

本研究で取り扱う蛍光体試料は、水溶性金属錯体を出発原料にした錯体重合(PC)法、またはアモルファス金属錯体(AMC)法を用いて作製した。本研究で取り扱う多数の金属イオンから構成される複合酸化物の合成において、粉末同士を混合し焼成する一般的な固相反応(SSR)法では原子レベルでの化学混合は期待できず、得られる試料は不純物を含む混合相となり高純度の単相化は困難である。これに対して、PC法やAMC法で作製する試料は、出発原料として水溶性金属錯体を用いるため、前駆体の段階で金属成分は原子レベルで均一に化学混合されている。よって、SSR法に比べて、これらの前駆体中の金属成分は焼成段階で均一に反応し、最終的に高純度の単相試料を得ることが可能になる。

次に本研究における基本的な合成手順について説明する。まず、酸化物、炭酸塩、塩化物などを出発原料として、これらをクエン酸やりんご酸などのヒドロキシカルボン酸水溶液に溶解した。ここで  $TaCl_5$  や  $HfCl_4$  など

の塩化物を原料とする場合には多量の水を加えると加水分解を起こすため、予めメタノールとプロピレングリコールに溶解させた後、クエン酸などを加えた。すべての金属元素を溶解させた後、溶液を 120～150℃ で加熱・攪拌した。そして、ゲル状態なるまで水分を減少させた後、ピーカーごとマントルヒーターに移し、有機成分を除去するため、400℃ で加熱し灰化させた。灰化した試料をメノウ乳鉢でよく粉碎した後、るつぼに移し、1000℃、12 時間、大気下で焼成し、前駆体粉末を得た。その後、細かく粉碎した前駆体粉末をペレット成形し、1200～1400℃、5 時間で焼成することで最終生成物を得た。

## 4. 研究成果

バンドギャップエンジニアリングによる励起エネルギー制御

希土類イオンを賦活したペロブスカイト酸化物では、f-f 発光の励起波長はホスト物質のバンドギャップエネルギー ( $E_g$ ) に強く依存することが知られている。このため、ホスト物質の  $E_g$  を調整することで、 $Pr^{3+}$ からの発光イオンの励起エネルギーを制御することが期待できる。しかしながら、多くのペロブスカイト酸化物の  $E_g$  は、構成する元素や化学組成の関係から 4eV 以上の高い値であり、賦活した発光イオンを励起するには 200～300 nm 程度の紫外光が必要となる。そこで  $CaZrO_3$ - $CaTaO_2N$  ( $CaZr_xTa_{1-x}O_{2+x}N_{1-x}$ , CZTON) ペロブスカイト固溶体をホスト物質に用いて、 $Zr^{4+}/Ta^{5+}$ 比を調整することで  $E_g$  を 3～4eV の間で制御し、近紫外～青色光によるホスト励起と発光イオンである  $Pr^{3+}$  の f-f 発光の発現を検討した。

XRD 測定より、作製したペロブスカイト固溶体は、全てペロブスカイト単相であることを確認した。加えて、 $Zr^{4+}$ 置換量(x)の増加に伴い、回折ピークは低角度側へシフトすることもわかった。このことから、CZTON は、全組成領域で固溶体を形成することがわかった。また、 $Zr^{4+}$ 置換量(x)の増加に伴い、 $E_g$  は 2.4eV から 5.4eV まで変化した。これは価電子帯を構成する  $O_{2p}$  と  $N_{2p}$  の混成の割合を反映していると解釈できる。次に  $Pr^{3+}$ を賦活した CZTON 固溶体のフォトルミネッセンス (PL) 測定を行った。まず、 $Zr^{4+}(x)<0.50$  の試料では  $Pr^{3+}$ に由来する発光は観察されなかったが、 $Zr^{4+}(x)>0.50$  の試料では  $Pr^{3+}$ に由来する f-f 発光を観測した。これは、 $x<0.50$  の場合、 $Pr^{3+}$ の基底準位 ( $^3H_4$ ) または励起準位 ( $^3P_0$  と  $^1D_2$ ) が、CZTON の価電子帯または伝導帯とオーバーラップしたため、CZTON から  $Pr^{3+}$ へのエネルギー伝達が著しく阻害されたことが予想される。一方、 $x>0.50$  の場合、 $E_g$  が 2.7 eV 以上になるため、 $Pr^{3+}$ の  $^3H_4$  または  $^3P_0$  と  $^1D_2$  と CZTON の価電子帯または伝導帯とのオーバーラップが解消され、CZTON から  $Pr^{3+}$ へのエネルギー伝達が促進したためと予想できる。図 1 に示すように、特に  $x=0.75$  の試料では、

励起波長 370nm において、Pr<sup>3+</sup>の <sup>1</sup>D<sub>2</sub>準位からの電子遷移に伴う波長 616nm の赤色発光が明確に観測された。なお、図 2 のように、x の増加に伴い、Pr<sup>3+</sup>から発光は赤色発光から白色（緑+赤色）発光へと変化した。これは、Pr<sup>3+</sup>の励起準位が <sup>1</sup>D<sub>2</sub>準位から <sup>3</sup>P<sub>0</sub>準位にシフトしたためであり、バンドギャップエネルギーの増加に伴い、CZTON の伝導帯と <sup>3</sup>P<sub>0</sub>準位のオーバーラップの解消が原因として挙げられる。以上のことから、ホスト物質の E<sub>g</sub> を 3eV 程度に制御することで、近紫外領域の励起光による f-f 発光の発現を確認した。

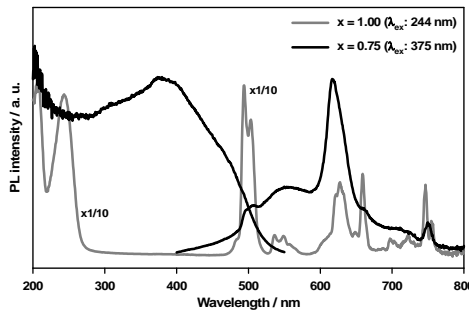


図 1 Pr<sup>3+</sup>を賦活した CaZr<sub>0.75</sub>Ta<sub>0.25</sub>O<sub>2.75</sub>N<sub>x</sub> (x=0.75) および CaZr<sub>0.95</sub>Ta<sub>0.05</sub>O<sub>2.95</sub>N<sub>x</sub> (x=0.95)の PL スペクトル

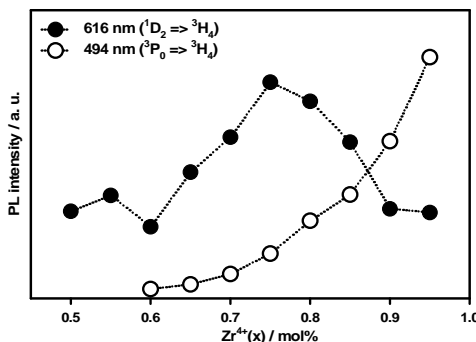


図 2 Pr<sup>3+</sup>(0.2%)を賦活した CaZr<sub>x</sub>Ta<sub>1-x</sub>O<sub>2+x</sub>N<sub>x</sub> (x=0.50-0.95)の 616nm および 494nm の発光強度

s<sup>0</sup>系カチオンを含むホスト物質によるエネルギー伝達効率の向上

希土類イオンを賦活した Ca 系ペロブスカイト酸化物(CaTiO<sub>3</sub>, CaSnO<sub>3</sub>, CaZrO<sub>3</sub>)は蛍光体として広く知られている。この中で特に Pr<sup>3+</sup>や Tb<sup>3+</sup>を発光イオンとして賦活した CaSnO<sub>3</sub>は、比較的強い f-f 発光を示す。この理由の一つとして、この系の伝導帯が主に B サイトを占有する Sn<sup>4+</sup>の 5s 軌道から構成され、比較的幅の広い伝導帯の形成することから、母体で励起された電子から発光イオンへのエネルギー伝達が比較的効率的に生じた結果と考えている。そこで、形式的に CaSnO<sub>3</sub>の Sn<sup>4+</sup>と同様の電子配置をとる In<sup>3+</sup>および Sb<sup>5+</sup>を B サイトに占有させた Ca(In<sub>1/2</sub>Sb<sub>1/2</sub>)O<sub>3</sub> (CISO) を母相としたダブルペロブスカイト蛍光体に着目し、Ca サイトに Pr<sup>3+</sup>を賦活した場合での発光特性について検討した。In<sup>3+</sup>と Sb<sup>5+</sup>の電子配置はそれぞれ[Kr]4d<sup>10</sup>5s<sup>0</sup>5p<sup>0</sup>であり、Sn<sup>4+</sup>と同じ電子配置となるため、両ペロブスカイト化

合物の伝導帯も同じ電子構造と見なすことができる。よって、上述したように、Ca(In<sub>0.5</sub>Sb<sub>0.5</sub>)O<sub>3</sub>においても伝導帯に励起された電子は高速で結晶内を拡散し、ドーパされた発光イオンに効率的にエネルギーを伝達することが期待できる。加えて、Sn<sup>4+</sup>が占有するペロブスカイト構造の B サイトを、In<sup>3+</sup>と Sb<sup>5+</sup>の両イオンが置換した場合、In<sup>3+</sup>のイオン半径(6 配位)と Sb<sup>5+</sup>のイオン半径(6 配位)は、それぞれは 0.080nm と 0.060nm であり、両イオンの電荷とイオン半径の違いから秩序配列することが予想される。

図 3 に 1200°C、5 時間焼成した CISO:Pr<sup>3+</sup>(0.0~1.0at.%)の XRD パターンを示す。いずれの試料も CaSnO<sub>3</sub>に近い回折パターンを示す。しかしながら Shaheen らの結果や Faik らが報告した類似の Ca(M<sub>0.5</sub>Sb<sub>0.5</sub>)O<sub>3</sub> (M:Al, Sc, Co, Fe)の結果によると、これらのダブルペロブスカイト化合物の 角は斜方晶の 90°よりも僅かに広く(約 91°)なり、結晶格子は単斜晶である。よって、CaSnO<sub>3</sub>は斜方晶(*Pnma*)であるのに対して CISO は僅かに歪んだ単斜晶(*P2<sub>1</sub>/n*)であると予想される。加えて、Shaheen らは CISO において In と Sb の秩序化に関係する回折ピークは弱く、約 19°付近に微弱な回折ピークが確認できると報告している。今回作製した CISO 試料の回折パターンにおいても高感度の X 線回折測定を行うことができた。よって、本試料では B サイト内の In<sup>3+</sup>と Sb<sup>5+</sup>の配列は、秩序的状態とランダムな状態が混じった状態であると予想している。

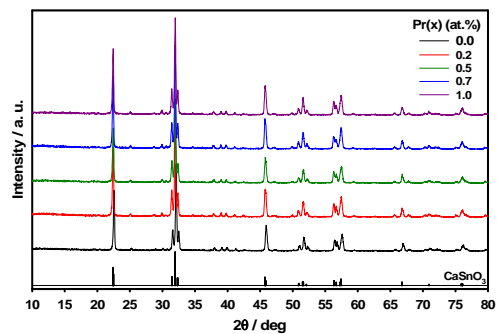


図 3 Ca(In<sub>0.5</sub>Sb<sub>0.5</sub>)O<sub>3</sub>:Pr(0.0~1.0at.%)の XRD パターン

続いて、各 Pr<sup>3+</sup>濃度の CISO 試料について励起ならびに発光スペクトルを測定した。例として図 4(a)に、Pr<sup>3+</sup>濃度を 1.0at.%賦活した CISO[CISO:Pr<sup>3+</sup>(1.0at.%)]試料の励起・発光スペクトルを示す。ここでホスト - 発光イオン間の励起機構を議論するため、Pr<sup>3+</sup>未賦活試料[CISO(undoped)]の拡散反射スペクトルを測定し、クベルカ - ムンク変換により算出した吸収スペクトルも併せて示す。まず、CISO (1.0at.%)試料の励起・発光スペクトルは CaSnO<sub>3</sub>とほぼ同じ形状であった。すなわち、Pr<sup>3+</sup>の <sup>3</sup>P<sub>0</sub> <sup>3</sup>H<sub>4</sub> (490nm)、<sup>3</sup>P<sub>0</sub> <sup>3</sup>H<sub>6</sub> (622nm)、<sup>3</sup>P<sub>0</sub> <sup>3</sup>F<sub>2</sub> (655nm)に対応する比較的強い 3 本の発光が確認できる。また、最も強い <sup>3</sup>P<sub>0</sub> <sup>3</sup>H<sub>4</sub> の発光ピーク(490nm)に対する <sup>3</sup>P<sub>0</sub> <sup>3</sup>F<sub>2</sub>の発光ピーク

ク(655nm)の強度は、CaSnO<sub>3</sub>の場合に比べてやや強く出現している。これは、これまでに当グループで把握している一般的なペロブスカイトのCaZrO<sub>3</sub>:Pr<sup>3+</sup>と秩序配列した複合ペロブスカイトのCa(Mg<sub>1/3</sub>Ta<sub>2/3</sub>)O<sub>3</sub>:Pr<sup>3+</sup>の発光スペクトルの比較の場合と同じであり、秩序型ペロブスカイトにおけるPr<sup>3+</sup>の発光の特徴と言える。なお、CISO:Pr<sup>3+</sup>の発光強度は、CaSnO<sub>3</sub>:Pr<sup>3+</sup>の発光強度に対して1/3程度であった。これは、CaSnO<sub>3</sub>:Pr<sup>3+</sup>の発光強度が他のPr賦活蛍光体に比べて著しく高い(基準としたYAG:Ce<sup>3+</sup>蛍光体の約2.5倍)ことが原因であるが、CISOの母体に含まれているSb<sup>3+</sup>の存在も挙げられる。励起・発光の過程においてSb<sup>3+</sup>が励起電子と正孔との再結合中心として働き、結果として発光を低下させることが予想される。よって、焼成時の雰囲気制御を検討し、Sbの完全酸化を達成することで、発光特性の改善が期待できる。また、図4(b)に、賦活するPr濃度を0.2から1.0at.%まで増加させた際のCa(In<sub>0.5</sub>Sb<sub>0.5</sub>)O<sub>3</sub>:Prの発光強度変化を示す。Pr濃度の増加に伴い発光強度は増加し、1.0at.%において最大発光強度を示すことがわかった。一方、CISO(1.0at.%)試料の励起スペクトルでは、最も強い<sup>3</sup>P<sub>0</sub> - <sup>3</sup>H<sub>4</sub>の発光ピークでモニターした場合、270nm付近に強いブロードの励起ピークが観測された。Pr<sup>3+</sup>イオンを直接励起した場合、励起スペクトルには430-460nm付近に弱く鋭い複数のPr<sup>3+</sup>固有の励起ピークが観察される。よって、260nm付近に出現した強いブロードの励起ピークは、これらの発光が母相のCISOのバンド間遷移が関係していることが考えられる。さらに、Pr未賦活試料の吸収スペクトルから見積もった吸収端は、この励起ピークの最大波長よりも長波長側に位置し、励起エネルギーはバンドギャップエネルギーに比べて高くなることがわかった。これは、CISOの励起・発光機構が母体のバンドギャップ励起に従うことを示唆している。

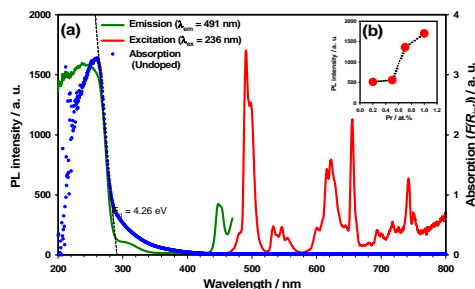


図4 (a)Ca(In<sub>0.5</sub>Sb<sub>0.5</sub>)O<sub>3</sub>:Pr<sup>3+</sup>(1.0a.t%)の励起・発光スペクトルおよびCa(In<sub>0.5</sub>Sb<sub>0.5</sub>)O<sub>3</sub>(Undoped)の吸収スペクトル、(b)賦活したPr濃度に対するCa(In<sub>0.5</sub>Sb<sub>0.5</sub>)O<sub>3</sub>:Pr<sup>3+</sup>の発光強度変化

発光イオンサイトの非対称化によるf-f発光の高輝度化

ダブルペロブスカイト型酸化物A(B'B'')O<sub>3</sub>は、異なる2つの金属イオンがBサイトを占有することで、Aサイト周りの対称性がABO<sub>3</sub>

に比べ低下する。そのため、A(B'B'')O<sub>3</sub>のAサイトに希土類イオンを置換させることで、より強いf-f発光が期待できる。そこで典型的なABO<sub>3</sub>型でBサイトをd<sup>0</sup>系イオンが占有するCaZrO<sub>3</sub>ならびにCaHfO<sub>3</sub>を基本組成として、周期表においてZr、Hfの両側の位置する元素(Y、Nb、Lu、Ta)を用いた、A(B'B'')O<sub>3</sub>組成(Ca(Y<sub>0.5</sub>Nb<sub>0.5</sub>)O<sub>3</sub>およびCa(Ta<sub>0.5</sub>Lu<sub>0.5</sub>)O<sub>3</sub>)を提案し、Pr<sup>3+</sup>賦活時の発光特性について検討した。ここでは最も結晶性の良い1400°Cで焼成したCHOとCTLOの比較結果について述べ、各ホスト物質は、CaHfO<sub>3</sub>(CHO)およびCa(Ta<sub>0.5</sub>Lu<sub>0.5</sub>)O<sub>3</sub>(CTLO)とそれぞれ表記する。

図5にXRDパターンを示す。CTLOにおいて微量のLu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が出現するものの、CHO、CTLOともにペロブスカイトが主相であることを確認した。図6にPL測定結果を示す。発光スペクトルでは、CHOに比べてCTLOの発光強度は約5倍も高く、またCTLOでは660nm付近に出現するPr<sup>3+</sup>の<sup>3</sup>P<sub>0</sub>準位から発光ピークは、CHOに比べて顕著に強くなることも確認された。これは、Aサイトの対称性低下に起因していることが予想される。加えて、CTLOの励起スペクトルは、CHOに比べてやや長波長側へシフトしていることがわかる。これは、CTLOの吸収端がCHOに比べて長波長側へシフトしていることに対応しており、バンドギャップエネルギーを決定するBサイトのカチオンと酸素の電気陰性度や両イオン間の結合状態の違いが関係していることが考えられる。

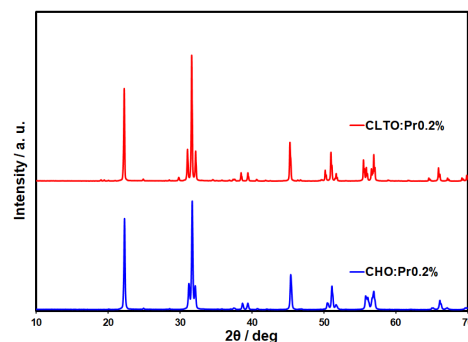


図5 Pr(0.2%)を賦活したCTLOおよびCHOのXRDパターン

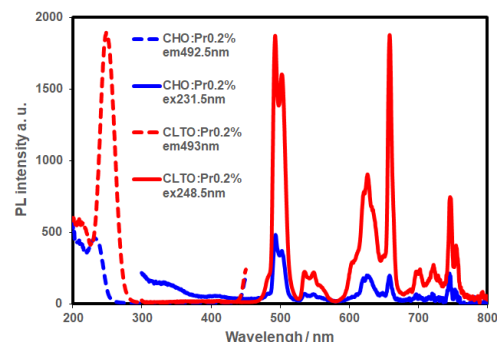


図6 Pr(0.2%)を賦活したCTLOおよびCHOのPLスペクトル

ペロブスカイト系蛍光体の発光特性と欠陥との関係

一般に溶液法で合成したセラミックス試料は、従来から用いられている固相反応(SSR)法に比べて高純度であり、また諸特性も優れたものとなる。しかしながら、Pr<sup>3+</sup>を賦活したCaTiO<sub>3</sub>やCaSnO<sub>3</sub>のようなペロブスカイト型蛍光体を溶液法の1つであるアモルファス金属錯体法で合成すると、発光特性はSSR法に比べて大きく低下してしまう。そこで上述の～の検討を行う上で、溶液法による蛍光体試料合成の問題点を解明し、高純度かつ優れた発光特性を示す試料の作製を検討した。

Pr<sup>3+</sup>を賦活したペロブスカイト型蛍光体を対象として、アモルファス金属錯体法を用いて試料合成を行ったところ、試料の発光特性は、仕込み時の組成比の僅かなズレに大きく影響することがわかった。例えば、Ca<sub>0.6</sub>Sr<sub>0.4</sub>TiO<sub>3</sub>:Pr<sup>3+</sup>蛍光体では、Aサイトカチオン(Ca+Sr+Pr)とBサイトカチオン(Ti)の比率が化学量論組成である1:1よりTi側に僅かにズレた場合、発光強度は大きく低下することを確認した。そして、このTi濃度の減少は、試料合成の際の原料である水溶性Ti錯体の飛散が主な原因であり、それを抑制することで高い発光特性を示す試料の合成が可能になることが明らかになった。

続いて、Ca<sub>0.6</sub>Sr<sub>0.4</sub>TiO<sub>3</sub>:Pr<sup>3+</sup>を用いてTi濃度変化に伴う発光強度低下の原因を検討した。Tiの飛散を抑えた合成条件下で、化学量論比を中心にTi濃度の変化(ΔTi)を-2%~+2%の間で制御した試料を作製し、試料の吸収スペクトルから見積もったバンドギャップエネルギー(E<sub>g</sub>)と発光強度との関係を比較した(図7)。その結果、Ti濃度に対するバンドギャップ値とPL強度はいずれも化学量論近傍でそれぞれ最大値を示すと共に、Ti濃度減少(ΔTi=-1~-2%)の試料では発光特性が劇的に減少することを確認した。この結果からTi濃度の僅かな変化がバンドギャップ内に欠陥準位を生成させ、励起機構に影響を与えている可能性が予想された。そこで試料内の欠陥の有無を確認するため、TEMによる単粒子観察を行った。まず、低い発光強度を示す低Ti濃度(ΔTi=-2%)試料のTEM観察の結果、単粒子内に複数の積層欠陥が確認でき、さらにEDS分析から積層欠陥付近ではCaが偏析していることが明らかになった(図8)。このことから、この積層欠陥は、ペロブスカイト単粒子内に局所的に生成した層状ペロブスカイト相であると考えられることができる。一方、高い発光強度を示す試料(ΔTi=0%)の単粒子観察では、上述の積層欠陥に全く観察されず、均一な粒子であることがわかった。以上のことから、試料作製時の元素組成の僅かなズレが試料内に積層欠陥を生成し、この欠陥がホスト物質のバンド間遷移を介したPr<sup>3+</sup>の発光・励起機構に影響を与えることが明らかになった。

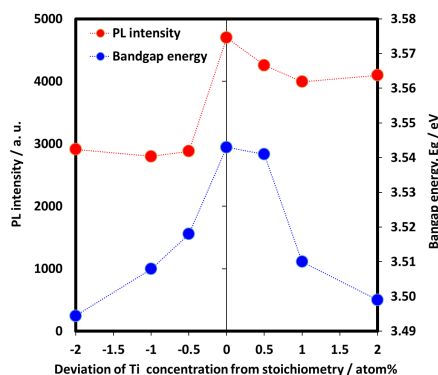
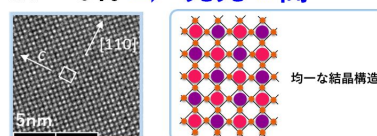


図7 Ca<sub>0.6</sub>Sr<sub>0.4</sub>TiO<sub>3</sub>:Pr<sup>3+</sup>の化学量論比に対するTi濃度の変化(ΔTi)と発光強度ならびにバンドギャップエネルギー(E<sub>g</sub>)との変化

○ΔTi = 0% ➡ 発光：高



○ΔTi = -2% ➡ 発光：低

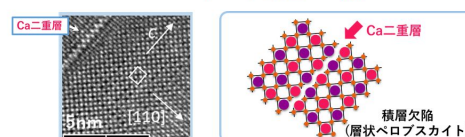


図8 Ti=0%および-2%のCa<sub>0.6</sub>Sr<sub>0.4</sub>TiO<sub>3</sub>:Pr<sup>3+</sup>のTEM像と局所結晶構造モデル

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計0件)

[学会発表](計14件)

1. 吉村菜摘, 佐藤泰史, 草野圭弘, 垣花真人: “アモルファス金属錯体法で合成したPr賦活CaTiO<sub>3</sub>系蛍光体の発光特性”, 日本セラミックス協会2018年年会, 仙台, 2018年3月.
2. 小田原仁, 佐藤泰史, 垣花真人: “Pr<sup>3+</sup>を賦活したCaZrO<sub>3</sub>-CaTaO<sub>2</sub>N固溶体のバンドギャップエネルギーと発光特性との関係”, 日本セラミックス協会・第30回秋季シンポジウム, 神戸, 2017年9月.
3. J. Odahara, Y. Sato, M. Kakihana: Photoluminescence properties of Pr<sup>3+</sup>-activated CaZr<sub>x</sub>Ta<sub>1-x</sub>O<sub>2+x</sub>N<sub>1-x</sub>, The 9th International Symposium on Nitrides and Related Materials (ISNT2017) & 5th International Symposium on SiAlONs and Non-oxides (ISSNOX5), Sapporo, Japan, August 2017.
4. Y. Sato, Y. Ohashi, Y. Iguchi, T.

Watanabe, A. Sugino and M. Kakihana:  
"Photoluminescence properties of  
Pr<sup>3+</sup>-activated Ca-based perovskites  
prepared by amorphous complex method  
using aqueous metal complex  
solutions", 231st ECS Meeting, New  
Orleans, Louisiana, USA, May 2017.

5. T. Shimabukuro, Y. Sato, and M.  
Kakihana: "Luminescence properties of  
Sb<sup>5+</sup>-based double perovskites  
activated by Pr<sup>3+</sup>", International  
Symposium on Phosphor Materials 2015  
(Phosphor Safari 2015), Niigata,  
Japan, July 2015.

他 9 件

〔図書〕(計 1 件)

1. 垣花真人,小林亮,加藤英樹,佐藤泰史,  
富田恒之:<詳解>無機材料 合成・探索  
法,株式会社情報機構,全 262 ページ  
(2014).

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

主な成果や発表を掲載するホームページ

<http://www.chem.ous.ac.jp/~imc/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

佐藤 泰史 (Yasushi Sato)

岡山理科大学 理学部 化学科・准教授

研究者番号: 90383504