

令和 2 年 6 月 9 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16H02391

研究課題名（和文）結晶サイト工学に立脚した蛍光体の設計及び開発原理の構築

研究課題名（英文）Construction of phosphor design and development principles based on crystal site engineering

研究代表者

垣花 真人（Kakihana, Masato）

東北大学・多元物質科学研究所・教授

研究者番号：50233664

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,400,000円

研究成果の概要（和文）：蛍光体は照明やディスプレイなどに利用されており、近年では白色LEDでの利用拡大が著しい。自動車用ヘッドライトなどの応用に対し、レーザーダイオードを励起源に用いた蛍光体の開発が求められている。これに対応できる新規蛍光体の開発として、結晶サイト工学に基づく材料探索と構造解析を行った。ユーロピウムをドーブした新規蛍光体を見出すとともに、ドーブされる結晶サイトに関する多くの有用な知見を見出した。また赤外線で励起して可視光を発光するアップコンバージョン蛍光体について、結晶サイト工学に基づく材料探索を行った。層状構造をもつ複合酸化物が明るい発光を示すなど、新規高輝度アップコンバージョン蛍光体を見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

蛍光体は新しい用途に応じて、それに沿った新しい材料が要求される。本研究の成果は単なる新規蛍光体の開発に留まらず、望ましい特性を持つ蛍光体を作るのに必要な設計指針を打ち立てるものであり、基礎研究として大きな学術的意義がある。また本手法を応用し、新しい用途に対応する優れた蛍光体を開発することは、例えばより明るい自動車用ヘッドライトの開発による安全性の向上や、高輝度化によるディスプレイの省エネなど、国民の生活をより豊かにすることにつながり、社会的に大きな意義がある。

研究成果の概要（英文）：Phosphors are utilized such as lighting and display, increased use of white LED is remarkable in recent years. To applications such as automobile headlights, the development of phosphors using laser diode excitation source has been required. In order to develop new phosphors that can meet this requirement, we searched for materials based on crystal site engineering and conducted structural analysis. We found new phosphors doped with europium and found many useful findings on the doped crystalline sites. We also searched materials based on crystal site engineering for up-conversion phosphors that emit visible light by infrared excitation. We have discovered new bright up-conversion phosphors, in which complex oxides having layered structure emits bright light.

研究分野：無機材料合成

キーワード：結晶サイト工学 無機材料創成 合成プロセス 蛍光体 結晶構造

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年の蛍光体に関する研究・開発目的は、白色 LED デバイスでの利用を主なターゲットとして、紫外または青色 LED を励起源として青～赤色の良好な発光を示す新しい蛍光体の物質探索が主流である。さらに LED に比べて光源からの光の高い出力が可能なレーザーダイオード(LD)を励起光源とした発光素子の開発も進められ、LD 光源に適した発光特性を有する蛍光体の出現も求められる。このように、蛍光灯(紫外光)→ LED(青色光)→ LD(高密度光源)といった照明光源の遷り替わりに伴い、その主要部材である蛍光体に要求される特性も変化している。これらの要求に対して、既存蛍光体の性能向上のみに頼ることは事実上困難であり、上記の要求に合致した新しい蛍光体の開発が不可欠である。しかしながら、従来の蛍光体探索法の多くは既知の酸化物の中から Eu^{2+} や Ce^{3+} といった発光イオンを賦活できそうな物質系(主にアルカリやアルカリ土類イオンを含む物質系)を選び合成し、発光特性を評価するといった古典的な手法が取られる。加えて、発光波長の長波長化や化学的安定性の面から、発光イオンと結合するアニオンとの配位環境を考慮し、窒化物や硫化物、フッ化物をホストにした蛍光体の探索も多く見受けられる。特に窒素をアニオンとしたホスト化合物の場合、発光イオンと窒素との結合は共有結合性が強く、発光イオンが感じる結晶場は酸素の場合に比べて強くなることから、 Eu^{2+} や Ce^{3+} を賦活することで長波長側において比較的良好な発光を示すことが多く、すでに白色 LED 用蛍光体としても使用されている。しかしながら、前者の酸化物蛍光体の探索法はいわゆる「絨毯爆撃」的要素を含むことから、所望の発光特性を有する蛍光体をピンポイントで見出すことは非常に困難である。また後者のアニオン種を考慮した蛍光体探索では、高温・高圧または強い還元雰囲気下での焼成が必要になることから製造時での安全性を保つための様々な対応の必要となり、製造コストは一般的なセラミックス材料に比べて高くなる。このような背景から、新しい白色 LED 用蛍光体の開発において、結晶サイト工学に基づいた検討により、発光イオンが占有できる結晶内のサイトの結合長や配位数などを判断材料に用いることができ、簡便な設備においても良質な試料を作製できる酸化物においても発光波長を全可視光領域において比較的容易に制御することが期待できる。また、アップコンバージョン蛍光体は、太陽電池などの高効率化、赤外線を利用したバイオイメージング、3次元立体ディスプレイなどへの応用が期待される。しかしながら、この蛍光体における発光機構は、赤外線によって多段階励起を引き起こし、励起光よりもエネルギーの大きい可視光を発光するため、極めて起こりにくい発光現象であり、発光効率が低いという問題があり、これまでの限定的な利用に留まっている。よって、アップコンバージョン蛍光体の高効率化の取り組みとして、結晶サイト工学に基づく新物質探索は、これまで広く検討された消光の要因となっているフォノンエネルギーの低減による発光効率向上の取り組みに代わるアプローチして期待できる。

2. 研究の目的

蛍光体における「結晶サイト工学」とは、特定の結晶サイトに発光イオンを注入し、新しい発光の創出や励起・発光特性を制御することと定義される。よって、結晶サイト工学の概念を用いることで、既知の蛍光体についても発光イオンが占有できる複数の結晶学的に異なる結晶サイトを有していれば、それぞれの結晶サイトの「特徴」に応じた新しい発光の発現が期待できる。ここで結晶サイトの「特徴」とは、主として結晶サイトの大きさやカチオン-アニオン間の結合距離の違いにより決定する結晶場の効果である。

ポルトランドセメントの主成分である Ca_2SiO_4 は、結晶学的に2種類の異なる Ca サイトを有するシリケート化合物である。この Ca シリケート化合物に対して、発光イオンである Eu^{2+} を少量置換させることで緑色発光を示すが、この発光の起源は2種類の Ca サイトの内、多面体体積の大きい Ca サイトを置換した Eu^{2+} からの発光だと理解されている。 Eu^{2+} のイオン半径は Ca^{2+} に比べて7%ほど大きく、Ca 濃度に対して1~10at.%程度の Eu^{2+} を Ca_2SiO_4 結晶にドープした場合、 Eu^{2+} は結晶サイトの大きい Ca サイトに優先的に置換する。この Ca サイトに置換した Eu^{2+} に対する結晶場の効果は小さく、 Eu^{2+} の励起準位である 5d 軌道の分裂幅は小さくなり、発光波長の短い緑色発光を示すことができる。つまり、発光波長は置換した Eu^{2+} の配位環境に強く依存する。一方、 Ca_2SiO_4 結晶内に存在する多面体体積の小さい Ca サイトへの Eu^{2+} 置換は、通常少量の Eu の賦活においては生じ難いことが予想されるが、 Eu^{2+} が置換した場合、長波長側での発光が期待される。そこで Ca 濃度に対する Eu^{2+} 濃度の割合を通常10~20倍程度高くした試料を作製した結果、多面体体積の小さい Ca サイトへの Eu^{2+} 置換が促進され、従来の酸化物系蛍光体では想像できない、大変珍しい Eu^{2+} からの赤色発光を観測した。このように結晶サイト工学の概念に基づき、複数の結晶サイトを有する既知蛍光体であれば、高濃度の Eu^{2+} や Ce^{3+} を賦活することで、これまでに報告のない新しい発光の発現を期待することができる。そこで本研究では、まず Eu^{2+} もイオン半径の小さい Ca を含み、かつ複数の Ca サイトを含むシリケート化合物を対象に、高濃度 Eu^{2+} 賦活試料の作製と結晶サイトと発光特性との関係について検討した。

また、赤外励起可視発光アップコンバージョン蛍光体では、1000nm 付近の赤外線の吸収を担う Yb^{3+} と、そこからエネルギーを受け取り多段階励起して発光する Er^{3+} 、 Ho^{3+} 、 Tm^{3+} をドープした複合酸化物を合成した。一般に酸化物はフォノンエネルギーが高く、アップコンバージョン蛍光体には必ずしも適さないという報告が多かった。一方、酸化物はその構造のバラエティが多く、層状構造やトンネル構造、希土類イオン周囲の対称性など、様々な複合酸化物を合成することで、希土類イオンをドープする結晶サイトがアップコンバージョン発光効率にどのように影

響を及ぼすかを明確化することができる。また酸化物は合成が容易であること、空気中での安定性に優れることも、アップコンバージョン蛍光体の実用に対して望ましい特性といえる。本研究ではアップコンバージョン蛍光体の結晶構造と発光効率に対する学理の構築と、実用につながる高効率酸化物アップコンバージョン蛍光体を見出すことを目的とした。

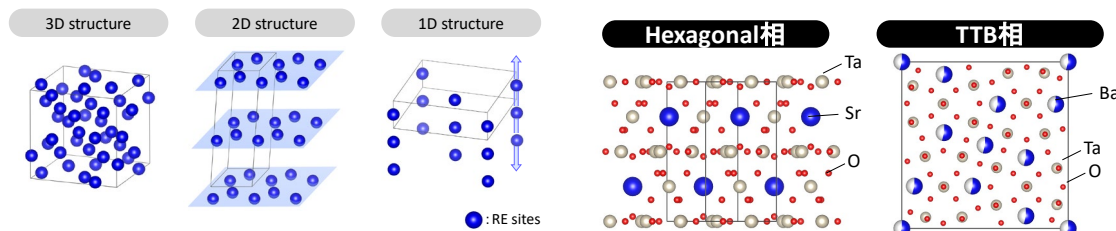
3. 研究の方法

(1) 近紫外～青色光励起・Eu²⁺ドープ可視発光蛍光体

まず複数の無機結晶構造データベースを用いて、ホスト物質とする候補物質の抽出を行い、続いて抽出した複合酸化物の結晶構造データを用いて、Ca サイトにおける Ca-O の結合距離、多面体体積、Ca²⁺のボンドバレンズサム (BVS) 等を見積り、有望な候補物質を決定した。蛍光体試料の前駆体作製は、水溶液プロセスとして知られるアモルファス金属錯体 (AMC) 法を用いた。ここで各種原金属原料は、クエン酸等のヒドロキシカルボン酸水溶液に可溶性金属塩を使用し、また難水溶性の Si については、Si クラスタが水溶液中を均一分散するグリーコール修飾シラン (GMS) を用いた。なお、ホスト物質内の複数の Ca サイトへ発光イオンを置換させるため、発光イオンである Eu²⁺濃度は、Ca 濃度に対して最大 50at.%まで賦活した。AMC 法により得られた金属ゲルを、灰化ならびに仮焼成を行い酸化物の前駆体粉末とした後、管状炉を用いて還元ガス (Ar:96%-H₂:4%) 流通下、1200~1400°C の範囲で焼成し最終生成物を得た。得られた蛍光体試料に対して、結晶内の置換サイト中の Eu²⁺の配位環境を調べるため、リートベルト解析を用いて各結晶サイト内の Eu 占有率と X 線吸収端近傍スペクトル (XANES) 測定による試料内の Eu の価数の見積もりを行った。そして、これらの情報を踏まえて結晶サイト内の Eu²⁺と配位環境と発光特性との関係を検証した。

(2) アップコンバージョン蛍光体

様々な結晶構造の単純酸化物、複合酸化物を合成するため、水溶液プロセスを用いた並列合成法を採用した。下図左のように希土類イオンの配置が三次元的なもの、二次元的なもの (層状構造)、一次的なもの (トンネル構造) の複合酸化物を合成し、それらの構造と発光特性を検証した。また、アップコンバージョン蛍光体としての報告がなかった Ca-Ta-O 系において、明るい発光を示す母体の探索を行った。さらに、錯体ゲル法と水熱法により下図右のような 2 種類の結晶構造の SrTa₄O₁₁ を合成し、結晶構造が発光強度に与える影響を詳細に検証した。



4. 研究成果

(1) 近紫外～青色光励起・可視発光 Eu²⁺ドープ蛍光体

① Ca₃ZrSi₂O₉:Eu²⁺

結晶学的に異なる 3 つの Ca サイトを有する Ca₃ZrSi₂O₉ (CZSO, 鉱物名: Baghdadite) は、Zr を介して SiO₄ 四面体が連結したシリケート化合物であり、ZrO₆ と SiO₄ から成るシリケート骨格の隙間に Ca²⁺がイオン結合的に配位した構造をとる。CZSO の発光特性については、紫外線励起による CSZO からの発光や CZSO をホスト物質として Eu³⁺や Tb³⁺といった希土類イオンを賦活させ、紫外線照射下での強い赤色または緑色発光を示すことが報告されているが、Eu²⁺を賦活させた例や高濃度の発光イオンの賦活に関する報告はない。そこで Ca に対する Eu²⁺濃度を 0.1~10.0at%まで変化させた CZSO 蛍光体を作製し、各 Ca サイトにおける Eu²⁺の配位環境と発光特性との関係について検討した。作製した CZSO:Eu²⁺試料に対して、X 線回折 (XRD) 測定の結果、いずれの試料も微量の不純物 (Ca₂SiO₄, Zr_{0.85}Ca_{0.15}O_{2.6}) を含んでいるものの、CZSO が主相であることを確認した (図 4-1)。この不純物は、1400°C の焼成において試料からの Si の揮発に伴い生成したと考えられる。また放射光 XRD 測定により得られた各 CZSO:Eu²⁺試料の XRD データを用いて、リートベルト解析を行ったところ、Eu²⁺濃度の増加に伴い格子定数は等方的に増加する傾向を示した。さらに放射光 X 線を用いた XANES 測定より、試料中には Eu²⁺と Eu³⁺が共存するものの、Eu 濃度の増加に伴い、ほぼ Eu²⁺として存在することが確認された (図 4-2)。以上のことから、賦活した Eu は CZSO 結晶内の Ca サイトに Eu²⁺として占有すると解釈できる。続いて、CZSO:Eu²⁺試料の励起・発光スペクトルを示す (図 4-3)。Eu²⁺濃度の増加に伴い、紫外線励起による波長 520nm 付近の青緑色発光は増加し、Eu²⁺濃度 1.0at% の試料において最も強くなることがわかった。さらに Eu²⁺濃度を増加させたところ、青緑色発光は減少するが長波長側の発光強度は増加し、Eu²⁺濃度 10at% の試料において波長 650nm 付近をピークとする赤色発光が確認できる。この赤色発光の起源を確認するため、Eu 濃度 1.0~10.0% の試料における 3 つの Ca (1)~(3) サイトでの Eu の占有率を見積もり、Ca サイトの結晶場の強さと相関性がある BVS との関係性を調べた結果、各 Eu 濃度における Ca(2)サイト

の Eu の占有率は Ca(1)および Ca(3)サイトに比べて小さいことがわかった (図 4-4)。一方、この Ca(2)サイトの BVS は Ca(1)および Ca(3)サイトに比べて高いことから、Ca(2)サイト内を占有する Eu²⁺に対する結晶場の効果は、他の Ca サイト内の Eu²⁺に比べて強いと予想される。以上のことから、高 Eu 賦活の試料における赤色発光は、Ca₂SiO₄:Eu²⁺と同様に、結晶内に複数存在する Ca サイトの内、最も結晶場の強い Ca(2)サイトに置換した Eu²⁺からの発光だと解釈できる。

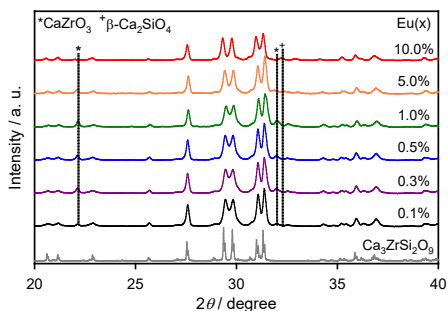


図 4-1 Ca₃ZrSi₂O₉:Eu²⁺ (Eu²⁺: 0.1, 0.3, 0.5, 1.0, 5.0, 10.0at%) の XRD パターン

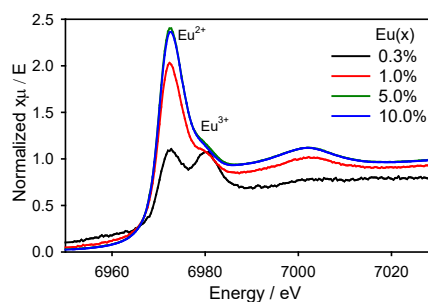


図 4-2 Ca₃ZrSi₂O₉:Eu²⁺ (Eu²⁺: 0.3, 1.0, 5.0, 10.0at%) の XANES スペクトル

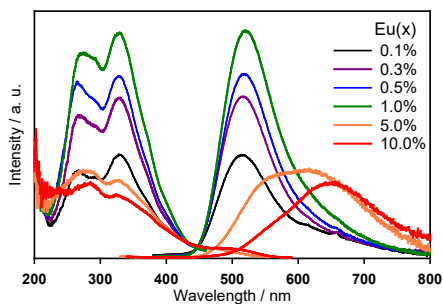


図 4-3 Ca₃ZrSi₂O₉:Eu²⁺ (Eu²⁺: 0.1, 0.3, 0.5, 1.0, 5.0, 10.0at%) の PL スペクトル

Crystal site	Ca(1)	Ca(2)	Ca(3)	
Coordination number (CN)	10			
Average bond length (Å)	2.83	2.92	2.82	
Polyhedral volume (Å ³)	41.0	46.1	41.8	
Bond valence sum	10	10	10	
Occupancy of Eu ²⁺ (Ca _x Eu _x ZrSi ₂ O ₉)	Eu:1.0% (x=0.03)	0.003	0.004	0.064
	Eu:5.0% (x=0.15)	0.052	0.026	0.071
	Eu:10.0% (x=0.30)	0.118	0.086	0.089

図 4-4 Ca₃ZrSi₂O₉:Eu²⁺における Ca(1)-(3)サイトの結晶学的特徴と Eu²⁺占有率

②Ca₃MgSi₂O₈:Eu²⁺

続いて、Eu²⁺よりイオン半径の小さい Ca²⁺や Mg²⁺を含む Ca-Mg-Si-O 系酸化物について、高濃度 Eu²⁺の賦活と発光特性との関係を検討した。複数の Ca-Mg-Si-O 系酸化物を取り上げ結晶構造ならびに発光特性を確認したところ、CaMgSi₂O₆ (鉱物名: Diopside) および Ca₂MgSi₂O₇ (鉱物名: Akermanite) については、いずれも Ca サイトは結晶学的に 1 種類のみであり、高濃度の Eu²⁺を賦活しても発光波長の顕著な長波長側へのシフトは観測されなかった。また、イオン半径の差の違いから Mg²⁺サイトへの Eu²⁺置換についても確認できなかった。そこで次に CZSO と同様に、結晶学的に異なる 3 種類の Ca サイトを有する Ca₃MgSi₂O₈ (CMSO, 鉱物名: Merwinite) に着目し、Eu²⁺賦活量と発光特性の関係について検討した。Ca に対する Eu 濃度を 1~50at%まで変化させた CMSO の前駆体試料を、AMC 法を用いて作製した後、1400°C で還元焼成を行った。作製した CMSO 試料の X 線回折測定を行ったところ、すべての試料とも Eu²⁺濃度に関わらず CMSO が主相として確認できる (図 4-5)。また、Eu²⁺濃度の増加に伴い回折ピークは低角度側に系統的にシフトし、イオン半径の大きい Eu²⁺が CMSO 結晶内の 3 つの Ca サイトに占有していることが理解できる。次にこれらの試料の励起・発光スペクトルを示す (図 4-6)。低濃度の Eu²⁺賦活試料では波長 480nm を中心とする青色発光を示すのに対して、高濃度の Eu²⁺賦活試料 (Eu²⁺: 40 および 50at%) では、波長 520nm 付近を中心とする緑色発光を示し、長波長側へ大きくシフトすることがわかった。このピークシフトと Eu²⁺濃度との関係を理解するため、XRD データを用いたリートベルト解析により、各 Ca サイトにおける Eu の占有率を評価した。その結果、低濃度の Eu²⁺賦活試料では、Eu²⁺は主に多面体体積の大きい Ca サイトへ優先的に占有するが、高濃度の Eu²⁺賦活試料では、Eu²⁺賦活量の増加に伴い、Eu²⁺は多面体体積の小さい Ca サイトにも占有することが分かった。以上のことから、発光ピークの長波長シフトは、結晶場の強い多面体体積の小さい Ca サイトに置換した Eu²⁺に起因すると考えることができる。

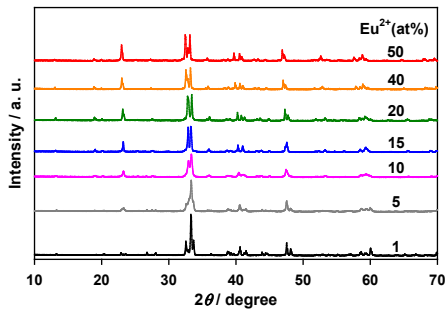


図 4-5 $\text{Ca}_3\text{MgSi}_2\text{O}_8:\text{Eu}^{2+}$ (Eu^{2+} : 1.0, 5.0, 10, 15, 20, 40, 50at%) の XRD パターン

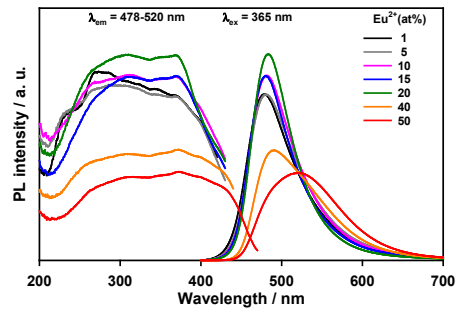
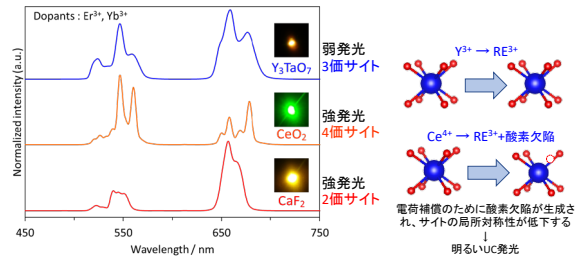
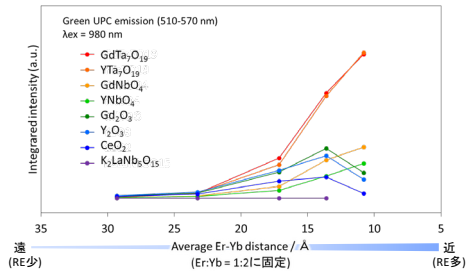


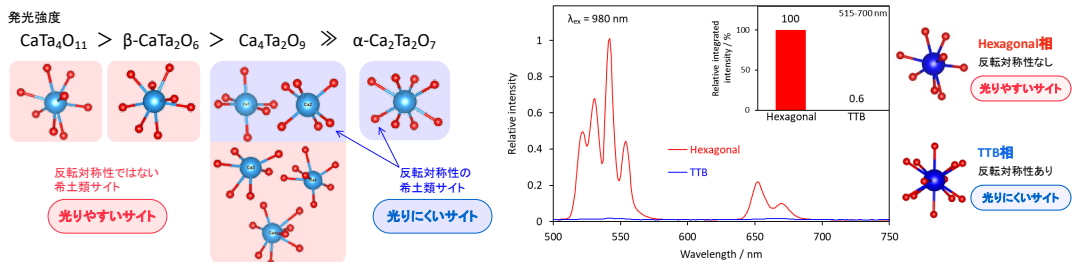
図 4-6 $\text{Ca}_3\text{MgSi}_2\text{O}_8:\text{Eu}^{2+}$ (Eu^{2+} : 1.0, 5.0, 10, 15, 20, 40, 50at.%) の PL スペクトル

(2) アップコンバージョン蛍光体

様々な複合酸化物の発光強度を検証した結果、希土類イオンが二次元的に固溶するサイトをもつ物質において高い発光効率が見出された。さらに、複合酸化物は単純酸化物に比べ、希土類イオンによる濃度消光が起きにくく、より高濃度側で明るく発光することが分かった(下図左)。これらより、層状構造では限定された希土類サイトによって Yb から Er へのエネルギー移動が起こりやすく、濃度消光を引き起こす Er-Er 対へエネルギーが移動する確率が相対的に小さいと考えられる。また下図右のように、2+, 3+, 4+で反転対称性を持つ 8 配位のサイトに希土類イオンをドーピングし、欠陥によって対称性が壊れる影響を調査したところ、欠陥がない 3+サイトのみ発光が極端に弱く、欠陥が共存するサイトでは比較的明るい発光が示された。このことから結晶の平均構造ではなく、周囲の欠陥を含めた局所構造における対称性の崩れが強く影響することが示唆された。



Ca-Ta-O 系の探索では、生成した各相の発光強度は下図左のようになった。それぞれの相に含まれる Ca サイトの反転対称性の有無からその発光強度の相関が説明できる結果が得られた。この中で最も発光の強かった $\text{CaTa}_4\text{O}_{11}$ と同じ構造をもつヘキサゴナル $\text{SrTa}_4\text{O}_{11}$ 、および同じ組成でタングステンブロンズ(TTB)構造の $\text{SrTa}_4\text{O}_{11}$ を合成し、その発光強度を比較したところ、下図右のようにその発光強度には 100 倍以上の違いが確認された。両 $\text{SrTa}_4\text{O}_{11}$ の吸収効率と 490nm 励起によるダウンコンバージョン発光効率を調べたところ、吸収効率は約 2.3 倍、ダウンコンバージョン発光効率は約 1.2 倍の差しかなかった。このことから、100 倍を超えるアップコンバージョン効率の違いは、Yb による吸収や Er による発光プロセスよりも、希土類イオン同士のエネルギー移動プロセスが強く影響していることが示唆された。それぞれの遷移確率を用いて Yb-Yb 間のエネルギー移動回数は 2~3 回程度起きると見積もられた。



以上より、アップコンバージョン蛍光体の高輝度化に対し、結晶サイト工学が有用であり、フォノンエネルギー以外の有益な知見が多く見出された。これらを元に設計した $(\text{Y},\text{Yb},\text{Er})\text{Ta}_7\text{O}_{19}$ は 980nm で励起して内部量子収率 2% で 550nm の緑色発光を、 $(\text{Y},\text{Yb},\text{Tm})\text{Ta}_7\text{O}_{19}$ は 980nm で励起して内部量子収率 7% で 800nm 近赤外発光をすることが確認され、太陽電池への応用やバイオイメージングに対して有望な材料を見出すことに成功した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 富田恒之	4. 巻 53(6)
2. 論文標題 光機能材料・デバイスとの融合に向けたアップコンバージョン蛍光体	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 セラミックス	6. 最初と最後の頁 395-398
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tamura Sayaka, Iwaoka Michio, Sato Yasushi, Kobayashi Makoto, Kakihana Masato, Tomita Koji	4. 巻 47
2. 論文標題 Effects of Crystal Structure on Up-conversion Luminescence in Er ³⁺ /Yb ³⁺ Co-doped SrTa ₄ O ₁₁	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1282 ~ 1284
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1246/cl.180605	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Dawei Wen, Hideki Kato*, Makoto Kobayashi, Shunsuke Yamamoto, Masaya Mitsuishi, Masato Kakihana	4. 巻 5
2. 論文標題 Site occupancy and luminescence properties of Ca ₃ Ln(AlO) ₃ (BO ₃) ₄ :Ce ³⁺ , Tb ³⁺ , Mn ²⁺ (Ln = Y, Gd)	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry C	6. 最初と最後の頁 4578-4583
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7TC00941K	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sayaka Tamura, Michio Iwaoka, Yasushi Sato, Makoto Kobayashi, Masato Kakihana, Koji Tomita	4. 巻 30
2. 論文標題 Investigation of the Up-conversion Properties of Er-Yb-doped Calcium Tantalates with Various Ca/Ta Ratios	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Photopolymer Science and Technology	6. 最初と最後の頁 507-512
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2494/photopolymer.30.507	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yohei Takeda, Hideki Kato, Makoto Kobayashi, Shunsuke Nozawa, Hisayoshi Kobayashi, Masato Kakihana	4. 巻 121
2. 論文標題 Photoluminescence Properties of Double Perovskite Tantalates Activated with Mn ⁴⁺ , AE ₂ LaTaO ₆ :Mn ⁴⁺ (AE = Ca, Sr, and Ba)	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 18837-18844
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.7b06280	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 東海林千尋、富田恒之	4. 巻 52(7)
2. 論文標題 希土類含有セラミックス球状粒子の周期配列による構造色発現	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 塗装工学	6. 最初と最後の頁 206-211
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sayaka Tamura, Michio Iwaoka, Yasushi Sato, Makoto Kobayashi, Masato Kakihana, Koji Tomita,	4. 巻 30(4)
2. 論文標題 Investigation of the Up-conversion Properties of Er-Yb-doped Calcium Tantalates with Various Ca/Ta Ratios	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Photopolymer Science and Technology	6. 最初と最後の頁 507-512
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2494/photopolymer.30.507	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tetsufumi Komukai, Jun Yokoyama, Yuji Takatsuka, Yasushi Sato, Hideki Kato, Masato Kakihana	4. 巻 124
2. 論文標題 Effect of Eu ²⁺ concentration on the photoluminescence properties of red-emitting CaSrSiO ₄ :Eu ²⁺ phosphors	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of the Ceramic Society of Japan	6. 最初と最後の頁 823-826
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2109/jcersj2.16066	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小向哲史, 横山潤, 佐藤泰史, 加藤英樹, 垣花真人	4. 巻 63
2. 論文標題 CaSrSiO ₄ :Eu ²⁺ 橙赤色蛍光体の発光特性におけるフラックス剤を用いた還元焼成の効果	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 粉体および粉末冶金	6. 最初と最後の頁 835-839
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2497/jjspm.63.835	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小向哲史, 横山潤, 佐藤泰史, 加藤英樹, 垣花真人	4. 巻 63
2. 論文標題 緑色蛍光体(Ba, Sr) ₂ SiO ₄ :Eu ²⁺ のフラックス還元焼成条件と発光特性の関係	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 粉体および粉末冶金	6. 最初と最後の頁 855-860
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2497/jjspm.63.855	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tetsufumi Komukai*, Yasushi Sato, Hideki Kato, Masato Kakihana	4. 巻 181
2. 論文標題 A High-luminescence BaZrSi ₃ O ₉ :Eu ²⁺ Blue-green-emitting Phosphor: Synthesis and Mechanism	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Luminescence	6. 最初と最後の頁 211-216
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jlumin.2016.08.056	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sayaka Tamura, Michio Iwaoka, Yasushi Sato, Makoto Kobayashi, Masato Kakihana, and Koji Tomita	4. 巻 28
2. 論文標題 Screening of Er ³⁺ /Yb ³⁺ Co-doped RE-Ta-O and RE-Nb-O (RE=Y, La, or Gd) Up-conversion Phosphors	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 890-891
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.160413	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計59件（うち招待講演 13件 / うち国際学会 12件）

1. 発表者名 中里暢宏, 小林昌平, 富田恒之, 佐藤泰史, 小林亮, 垣花真人
2. 発表標題 青色励起赤色発光Ca _{1.2} Eu _{0.8} SiO ₄ 蛍光体の発光特性調査
3. 学会等名 日本セラミックス協会2019年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田村紗也佳, 富田恒之, 佐藤泰史, 小林亮, 垣花真人
2. 発表標題 Effect of Crystal Structure on the Emission Properties of Er ³⁺ /Yb ³⁺ Co-doped Up-conversion Phosphors
3. 学会等名 第28回日本MRS年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田村紗也佳, 富田恒之, 佐藤泰史, 小林亮, 垣花真人
2. 発表標題 Er ³⁺ , Yb ³⁺ 共ドーブSrTa ₄ O ₁₁ 結晶多形の合成とアップコンバージョン発光特性
3. 学会等名 第18回東北大学多元物質科学研究所発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田村紗也佳・富田恒之・佐藤泰史・小林亮・垣花真人
2. 発表標題 アップコンバージョン蛍光体の母体結晶構造による発光特性の比較
3. 学会等名 第6回アライアンス若手研究交流会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 荒井 智美・富田 恒之・佐藤 泰史・小林 亮・加藤 英樹・垣花 真人
2. 発表標題 Yb ³⁺ -Ho ³⁺ 共ドーブ蛍光体近赤外発光プロセスの母体結晶依存性
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 粕谷 航平・富田 恒之・佐藤 泰史・小林 亮・加藤 英樹・垣花 真人
2. 発表標題 La ₂ MgTiO ₆ : RE, Yb, Eu (RE = Ho, Tm) の作製と評価
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田村紗也佳・富田恒之・佐藤泰史・小林亮・垣花真人
2. 発表標題 SrTa ₄ O ₁₁ の結晶多形によるアップコンバージョン発光特性の比較
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中里 暢宏・富田 恒之・佐藤 泰史・小林 亮・垣花 真人
2. 発表標題 青色励起赤色発光Ca _{1.2} Eu _{0.8} Si ₄ O ₁₄ 蛍光体の合成
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 荒井 智美・富田 恒之・佐藤 泰史・小林 亮・加藤 英樹・垣花 真人
2. 発表標題 f-f遷移系ダウンコンバージョン蛍光体における母体結晶の局所環境依存性の調査
3. 学会等名 日本セラミックス協会第31回秋季シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中里 暢宏・富田 恒之・佐藤 泰史・小林 亮・垣花 真人
2. 発表標題 結晶サイト工学に基づく新規Eu ²⁺ 赤色蛍光体の開発～アルカリ土類亜鉛ゲルマネート～
3. 学会等名 日本セラミックス協会第31回秋季シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 荒井 智美・富田 恒之・佐藤 泰史・小林 亮・加藤 英樹・垣花 真人
2. 発表標題 Ho ³⁺ -Yb ³⁺ 間エネルギー移動を利用した近赤外ダウンコンバージョン蛍光体の評価
3. 学会等名 第34回希土類討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 粕谷 航平・富田 恒之・佐藤 泰史・小林 亮・加藤 英樹・垣花 真人
2. 発表標題 ペロブスカイト型酸化物アップコンバージョン蛍光体の合成と評価
3. 学会等名 第34回希土類討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤泰史, 三宅里穂, 富田恒之, 垣花真人
2. 発表標題 Ca ₃ ZrSi ₂ O ₉ :Eu ²⁺ 蛍光体の発光特性
3. 学会等名 第28回日本MRS年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森宗章登, 保田理子, 池嶋智英, 佐藤泰史, 富田恒之, 垣花真人
2. 発表標題 水溶液法を用いて合成したシリケート蛍光体の発光特性とSi濃度との関係
3. 学会等名 日本セラミックス協会・第25回ヤングセラミスト・ミーティングin中四国
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 沖元想, 佐藤泰史, 富田恒之, 垣花真人
2. 発表標題 高濃度Eu ²⁺ を賦活したCa-Mg-Si-O系蛍光体の高純度合成と発光特性
3. 学会等名 日本セラミックス協会・第25回ヤングセラミスト・ミーティングin中四国
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤泰史, 保田理子, 池嶋智英, 富田恒之, 垣花真人
2. 発表標題 グリコール修飾シランを用いた水溶液法によるEu ²⁺ 賦活オルソシリケート蛍光体の合成とその発光特性に対するSi濃度の影響
3. 学会等名 日本セラミックス協会・第31回秋季シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Sato, K. Tomita and M. Kakihana
2. 発表標題 Development of new oxide-based phosphors using crystal-site engineering approach
3. 学会等名 12th International Conference on Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Applications (CMCEE2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Sato, K. Tomita and M. Kakihana
2. 発表標題 Synthesis and photoluminescence properties of (Sr, Ba) _{2-x} Eu _x SiO ₄ phosphors with high Eu ²⁺ concentration for white LED applications
3. 学会等名 233rd ECS Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 垣花真人
2. 発表標題 溶液法による高機能フォトセラミックスの合成及び新物質探索～蛍光体・光触媒を例に～
3. 学会等名 山口大学 光・エネルギー研究センター 講演会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 垣花真人, 加藤英樹, 小林亮, 富田恒之, 佐藤泰史
2. 発表標題 無機クラスターを活用した水溶液プロセスによる蛍光体の合成
3. 学会等名 粉体粉末冶金協会平成29年度春季大会 (第119回講演大会) (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 富田恒之, 東海林千尋, 佐藤泰史, 小林亮, 加藤英樹, 垣花真人
2. 発表標題 構造色と発光の融合に向けた希土類酸化物球状粒子の作製
3. 学会等名 粉体粉末冶金協会平成29年度春季大会 (第119回講演大会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田村紗也佳, 岩岡道夫, 佐藤泰史, 小林亮, 垣花真人, 富田恒之
2. 発表標題 種々のCa/Ta比におけるEr-Ybドーパタンタル酸カルシウムのアップコンバージョン特性の調査
3. 学会等名 第34回国際フォトポリマーコンファレンス (ICPST-34)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田村紗也佳, 富田恒之, 佐藤泰史, 小林亮, 垣花真人
2. 発表標題 希土類ドーパMTa4O11 (M = Ca, Sr, Ba)の合成とアップコンバージョン発光特性
3. 学会等名 日本セラミックス協会 第30回秋季シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 粕谷航平, 富田恒之, 佐藤泰史, 小林亮, 加藤英樹, 垣花真人
2. 発表標題 ペロブスカイト系結晶構造をもつ複合酸化物アップコンバージョン蛍光体の合成と評価
3. 学会等名 日本セラミックス協会 第30回秋季シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 笹原新平, 中里暢宏, 富田恒之, 佐藤泰史, 小林亮, 加藤英樹, 垣花真人
2. 発表標題 結晶サイト工学に基づく蛍光体の母体結晶探索 ~ Eu2+蛍光赤色化に向けたBVSによるデータベースからの構造抽出 ~
3. 学会等名 日本セラミックス協会 第30回秋季シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 荒井智美, 笹原新平, 富田恒之, 佐藤泰史, 小林亮, 加藤英樹, 垣花真人
2. 発表標題 Pb2+-Yb3+の効率的エネルギー移動を目指した蛍光体母体結晶の探索
3. 学会等名 日本セラミックス協会 第30回秋季シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田村紗也佳, 富田恒之, 佐藤泰史, 小林亮, 垣花真人
2. 発表標題 希土類イオン局所構造に基づくアップコンバージョン蛍光体ホスト材料の開発
3. 学会等名 第7回C S J化学フェスタ2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 笹原新平, 富田恒之, 佐藤泰史, 小林亮, 加藤英樹, 垣花真人
2. 発表標題 結晶サイト工学に基づくEu2+賦活蛍光体のBond Valence Sumと発光波長の相関定量化
3. 学会等名 第7回C S J化学フェスタ2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 荒井智美, 富田恒之, 佐藤泰史, 小林亮, 加藤英樹, 垣花真人
2. 発表標題 Pb ²⁺ -Yb ³⁺ 共ドーブ蛍光体の特性評価と発光過程の考察
3. 学会等名 第7回CSJ化学フェスタ2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 粕谷航平, 田村紗也佳, 富田恒之, 佐藤泰史, 小林亮, 加藤英樹, 垣花真人
2. 発表標題 TmとYbを共ドーブしたRE-Ta及びRE-Nb複合酸化物のアップコンバージョン発光特性
3. 学会等名 第7回CSJ化学フェスタ2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田村紗也佳, 富田恒之, 佐藤泰史, 小林亮, 垣花真人
2. 発表標題 高輝度発光を目指したアップコンバージョン発光特性と結晶構造の相関定量化
3. 学会等名 第17回 東北大学多元物質科学研究所 研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 垣花真人
2. 発表標題 蛍光体・触媒から電池材料・バイオマテリアルまで材料探索・高機能化に向けた無機材料合成プロセス
3. 学会等名 情報機構セミナー（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masato Kakahana, Makoto Kobayashi, Hideki Kato, Koji Tomita, Yasushi Sato, Takaki Masaki
2. 発表標題 Synthesis of High Performance Silicate- and Phosphorus-based Phosphors by Solution Methods
3. 学会等名 The 6th International Symposium on Advanced Ceramics (ISAC-6) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 垣花真人, 小林亮, 加藤英樹, 佐藤泰史, 富田恒之
2. 発表標題 結晶サイト工学に基づく新規蛍光体のデザイン
3. 学会等名 第4回構造科学と新物質探索研究会「機能性複合アニオンおよび酸化物の構造に基づくデザイン」(日本セラミックス協会2018年年会 サテライトプログラム) (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 粕谷航平, 富田恒之, 佐藤泰史, 小林亮, 加藤英樹, 垣花真人
2. 発表標題 Ho-Yb共ドーブRE ₂ TiZnO ₆ (RE=Y, Gd, La)の作製とアップコンバージョン発光特性の評価
3. 学会等名 日本セラミックス協会2017年年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 荒井智美, 富田恒之, 佐藤泰史, 小林亮, 加藤英樹, 垣花真人
2. 発表標題 Ho ³⁺ -Yb ³⁺ 共ドーブ酸化物の近赤外ダウンコンバージョン発光特性調査
3. 学会等名 日本セラミックス協会2017年年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中里暢宏, 富田恒之, 佐藤泰史, 小林亮, 垣花真人
2. 発表標題 青色励起赤色発光Ca _{1.2} Eu _{0.8} SiO ₄ 蛍光体の合成
3. 学会等名 日本セラミックス協会2017年年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sayaka Tamura, Koji Tomita, Yasushi Sato, Makobo Kobayashi, Masato Kakihana,
2. 発表標題 Up-conversion luminescence properties of various host crystals and relationship of the crystal structure
3. 学会等名 MNTC International Symposium 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 保田理子, 池嶋智英, 佐藤泰史, 垣花真人
2. 発表標題 Eu ²⁺ 賦活オルソシリケート蛍光体における発光特性と Si 濃度との関係
3. 学会等名 日本セラミックス協会2018年年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Sato, K. Tomita and M. Kakihana
2. 発表標題 Exploration of novel silicate phosphors by crystal-site engineering approach
3. 学会等名 42nd International Conference and Exposition on Advanced Ceramics and Composites (ICACC 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 保田理子、池嶋智英、佐藤泰史、垣花真人
2. 発表標題 Eu ²⁺ 賦活シリケート蛍光体の発光特性とSi 量の関係
3. 学会等名 日本セラミックス協会・第24回ヤングセラミスト・ミーティングin中四国
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤泰史、富田恒之、垣花真人
2. 発表標題 結晶サイト工学に基づいた酸化物蛍光体の探索
3. 学会等名 第27回日本MRS年次大会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田中将基、富田恒之、佐藤泰史、朝倉裕介、殷シュウ、小林 亮、加藤英樹、垣花真人
2. 発表標題 ソルボサーマル法による酸フッ化物アップコンバージョン蛍光体の合成と発光特性
3. 学会等名 日本化学会秋季事業第7回CSJ化学フェスタ2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Sato, R. Miyake, K. Tomita and M. Kakihana
2. 発表標題 Photoluminescence properties of red-emitting Ca ₃ ZrSi ₂ O ₉ :Eu ²⁺ phosphors
3. 学会等名 232nd ECS Meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田中 將基、富田 恒之、佐藤 泰史、朝倉 裕介、殷 シュウ、小林 亮、加藤 英樹、垣花 真人
2. 発表標題 ソルボサーマル法による酸フッ化物アップコンバージョン蛍光体のナノ結晶合成
3. 学会等名 日本セラミックス協会第30回秋季シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 垣花真人
2. 発表標題 結晶サイト工学に立脚した蛍光体の設計及び開発原理の構築
3. 学会等名 大阪大学産業科学研究所 講演会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masato Kakihana, Makoto Kobayashi, Hideki Kato, Koji Tomita, Yasushi Sato, Takaki Masaki
2. 発表標題 Synthesis of High Performance Silicate-based Phosphors by Aqueous Solution Methods
3. 学会等名 13th International Conference on Ceramic Processing Science (ICCPs-13) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤泰史, 桑原寛季, 小林亮, 加藤英樹, 垣花真人
2. 発表標題 高濃度Eu ²⁺ 賦活Sr ₂ SiO ₄ およびBa ₂ SiO ₄ 系蛍光体の発光特性
3. 学会等名 粉体粉末冶金協会平成28年度春季大会 (第117回講演大会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Koji Tomita, Sayaka Tamura, Masaki Tanaka, Yasushi Sato, Makoto Kobayashi, Masato Kakihana
2. 発表標題 Three Primary Color Emission Up-conversion Phosphors for 3D Volume Display
3. 学会等名 CIMTEC 2016 - 7th Forum on New Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Masato Kakihana, Yasushi Sato, Hiroki Kuwahara, Dawei Wen, Koji Tomita, Hideki Kato, Makoto Kobayashi, Takaki Masaki
2. 発表標題 Tailoring of Deep-red Emission in Ca ₂ SiO ₄ :Eu ²⁺ by Crystal-site Engineering
3. 学会等名 The International Conference on Rare Earths in Sapporo, Japan (Rare Earths 2016 in Sapporo) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 垣花真人
2. 発表標題 第4世代の灯りを支える蛍光体 ~作り方と探し方~
3. 学会等名 第五回 上智大学理工学振興会学際講演会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yohei Takeda, Hideki Kato, Makoto Kobayashi, Hisayoshi Kobayashi, Masato Kakihana
2. 発表標題 Photoluminescence Properties of Mn ⁴⁺ -activated Perovskite-type Titanates
3. 学会等名 CWRU-TU 3rd Joint workshop (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名	Dawei Wen, Hiroki Kuwahara, Yasushi Sato, Hideki Kato, Makoto Kobayashi, Takaki Masaki, Masato Kakihana
2. 発表標題	Achievement of Site Occupancies on Deep-red Emission from Eu ²⁺ -activated Ca ₂ SiO ₄ Phosphor
3. 学会等名	CWRU-TU 3rd Joint workshop (国際学会)
4. 発表年	2016年

1. 発表者名	竹田洋平, 加藤英樹, 小林亮, 小林久芳, 垣花真人
2. 発表標題	Mnを賦活したペロブスカイト型酸化物の発光特性
3. 学会等名	日本セラミックス協会 第29回秋季シンポジウム
4. 発表年	2016年

1. 発表者名	竹田洋平, 加藤英樹, 小林亮, 小林久芳, 垣花真人
2. 発表標題	Mn ⁴⁺ を賦活したタンタル系ペロブスカイト型酸化物の発光特性
3. 学会等名	平成28年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会
4. 発表年	2016年

1. 発表者名	竹田洋平, 加藤英樹, 小林亮, 小林久芳, 垣花真人
2. 発表標題	Mn ⁴⁺ を賦活した層状ペロブスカイト化合物の発光特性
3. 学会等名	日本セラミックス協会2017年年会
4. 発表年	2017年

1. 発表者名 笹原新平、田村紗也佳、富田恒之、佐藤泰史、小林亮、加藤英樹、垣花真人
2. 発表標題 Ybドープ近赤外量子カッティング蛍光体における新規ドナーの可能性
3. 学会等名 日本セラミックス協会2017年年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田村紗也佳、富田恒之、小林亮、垣花真人
2. 発表標題 母体結晶の結晶構造によるアップコンバージョン発光特性の調査
3. 学会等名 第6回CSJ化学フェスタ2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 S. Tamura, K. Tomita, K. Katagiri, M. Kobayashi, M. Kakihana
2. 発表標題 Synthesis and characterization of bright up-conversion phosphor YTa7019
3. 学会等名 CIMTEC 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 垣花真人, 小林亮, 加藤英樹, 富田恒之, 佐藤泰史 (監修: 幸塚広光)	4. 発行年 2017年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 217-226
3. 書名 ゾル-ゲルテクノロジーの最新動向	

1. 著者名 Masato Kakihana, Hideki Kato, Makoto Kobayashi, Yasushi Sato, Koji Tomita, Tetsufumi Komukai	4. 発行年 2016年
2. 出版社 Springer Singapore	5. 総ページ数 523
3. 書名 Phosphors, Up Conversion Nano Particles, Quantum Dots and Their Applications	

1. 著者名 佐藤泰史, 富田恒之, 小林亮, 加藤英樹, 垣花真人	4. 発行年 2016年
2. 出版社 シーエムシー出版株式会社	5. 総ページ数 13
3. 書名 次世代蛍光体材料の開発 第2章, “結晶サイト工学を用いた蛍光体の物質探索法	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>東北大学多元物質科学研究所垣花研究室ウェブサイト http://www2.tagen.tohoku.ac.jp/lab/kakihana/ 東北大学多元物質科学研究所新機能無機物質探索研究センターウェブサイト http://www2.tagen.tohoku.ac.jp/lab/cenim/html/index.html 東海大学理学部化学科富田研究室ウェブサイト http://www.sc.u-tokai.ac.jp/tomita/ 岡山理科大学理学部佐藤研究室ウェブサイト http://www.chem.ous.ac.jp/~imc/</p>
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	富田 恒之 (Tomita Koji) (00419235)	東海大学・理学部・准教授 (32644)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	佐藤 泰史 (Sato Yasushi) (90383504)	岡山理科大学・理学部・准教授 (35302)	