

令和 3 年 4 月 23 日現在

機関番号：33903

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H03098

研究課題名(和文) グリーンプロセスによる新規エシナイト型チタンニオブ酸塩光機能性結晶の創製

研究課題名(英文) Synthesis of new aeschynite-type complex oxides consisting of titanate and niobate with optical functional properties using green processing

研究代表者

平野 正典 (Hirano, Masanori)

愛知工業大学・工学部・教授

研究者番号：60267888

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文)：固相反応を用いると、結晶合成には少なくとも大気中、1200 以上の高温加熱が必要とされる、希土類・チタン・ニオブから成る種々の複合酸化物、あるいはこれに関連するニオブ酸塩複合酸化物を、無機金属塩を原料とするグリーンなプロセスを用いて、水熱条件下200～240 において結晶化させた。また、それらがエシナイト型などのナノ結晶として直接的に合成可能であることを見出した。水熱合成時に賦活剤成分Er³⁺、Eu³⁺、Dy³⁺などをドーブしたエシナイト型ナノ結晶、およびEr³⁺と増感剤Yb³⁺を共ドーブしたナノ結晶を調製し、主としてそれらの結晶相や蛍光、アップコンバージョン発光特性などの性質を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ユークセナイト型として知られている結晶が、水熱条件下では新たにエシナイト型として結晶化することを明らかにした。また希土類イオンのイオン半径とエシナイト相の相安定性・相転移挙動の関係および蛍光体としての性質、応用の可能性について調べたことは意義がある。水熱合成されたエシナイト型結晶は均質性が高く多数の微量元素をドーブしたナノ結晶の調製の観点からも意義がある。

研究成果の概要(英文)：Complex oxides consisting of various rare-earth oxides, titanium oxide, and niobium oxide, which can be synthesized at above 1200 °C by heating in air using solid-state reaction, in general, have been crystallized from precursor solutions of inorganic metal salts under hydrothermal conditions at 200-240 °C using green processing. They have been synthesized directly as aeschynite-type nano-sized crystals. Aeschynite-type nano-crystals doped with Er³⁺, Eu³⁺, and Dy³⁺ as activators and those co-doped with Er³⁺ and Yb³⁺ as a sensitizer have been prepared hydrothermally, and their properties such as crystalline phase, luminescence, and up-conversion luminescence have been investigated.

研究分野：無機材料化学

キーワード：希土類 エシナイト 水熱合成 蛍光 アップコンバージョン グリーンプロセス

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

無機材料の合成法の一つである水熱法は、グリーンなプロセスとしても興味深く、これまで数多くの結晶化合物が水熱法を用いて合成されてきた。希土類、チタン、ニオブの複合酸化物は主としてユークセナイト型結晶として知られており、固相反応法で合成されているが、この結晶化合物に対する水熱合成法の適用例はこれまで無かった。一方、光機能性材料の中でも、低いエネルギーの光を高いエネルギーの光に変換する技術としてのアップコンバージョンを有する物質が、弱い光の利用を可能にするエネルギー創生技術の応用および実現のために期待されている。

2. 研究の目的

水と無機金属塩を原料に用い、中性～弱塩基性の安全な水溶液中、温和な熱水条件下、約 200°C 付近の低温・短時間で密閉された耐圧容器中で反応させ晶出させるグリーンなプロセスにより、希土類、チタン、ニオブの複合酸化物をナノサイズの結晶として合成する。新規なエシナイト型 RETiNbO_6 (RE=希土類) 結晶の生成条件を明らかにする。準安定なエシナイト型からユークセナイト型安定相への相転移挙動に及ぼす RE^{3+} イオン半径依存性、および結晶相と蛍光特性、アップコンバージョン発光特性の関係を明らかにする。

3. 研究の方法

温和な温度条件において目的の複合酸化物 RETiNbO_6 の水熱合成を行う。具体的には、水と無機金属塩、例えば Eu^{3+} をドーブした YTiNbO_6 ナノ結晶の場合、 YCl_3 , EuCl_3 , TiOSO_4 , NbCl_5 を原料に使用した前駆体溶液混合物を、弱塩基性の 200～240°C の温度条件下で水熱処理し、所望の組成の化合物結晶の合成を試みる。通常、 RETiNbO_6 の 3 個の RE 陽イオンサイトをどんな希土類が占めるかによってチタンニオブ酸塩の構造・性質が変化することから、3 個の陽イオンサイトの希土類を変化させ、結晶構造、蛍光特性、アップコンバージョン発光特性などの光学的性質を調べる。主として $\text{RE} = \text{Y}$ 、あるいは Gd とするエシナイト型 RETiNbO_6 をホスト結晶として、RE の一部を Dy^{3+} , Pr^{3+} , Tb^{3+} , Er^{3+} , Eu^{3+} など置換固溶 (ドーブ) したチタンニオブ酸塩結晶を水熱合成する。置換固溶量の増大に伴う格子定数の連続的な変化を測定する。また、合成結晶の励起・発光スペクトル等を調べ、最適なドーブ量、濃度消光を明らかにし、赤・黄・緑・青などの蛍光色を実現する。水熱合成したエシナイト型結晶を大気中、1000°C～1400°C で加熱処理し、安定相であるユークセナイトへの相転移温度 (水熱合成したエシナイトの相安定性) を調べる。またエシナイト ユークセナイト相転移に及ぼす希土類イオン種およびイオン半径の影響を明らかにする。エシナイト型 RETiNbO_6 ホスト結晶を基に、 Er^{3+} , Yb^{3+} を共ドーブした結晶を合成し、 $(\text{Er}^{3+}, \text{Yb}^{3+}) = (x, y)$ として、高いアップコンバージョン蛍光強度を与える $\text{Er}^{3+}/\text{Yb}^{3+}$ 共ドーブ量：最適組成を調べる。

4. 研究成果

水熱条件下のグリーンなプロセスにより、エシナイト型の GdTiNbO_6 ナノ結晶を初めて合成した。弱塩基性条件下、220°C 付近から水熱結晶化が始まり、240°C の処理で十分に成長した結晶が得られた。固相反応を用いて、大気中少なくとも 1200°C 以上の高温加熱処理によって合成された GdTiNbO_6 はユークセナイト型の結晶となるが、本研究の水熱条件下ではエシナイト型の GdTiNbO_6 結晶として生成した。図 1 に示すが、賦活剤および増感剤として複数の希土類イオンおよび母体結晶の構成成分であるチタン、ニオブの多成分からなる複合酸化物ナノ結晶が、水熱合成段階において高い均質性を備えていることを、結晶中の金属イオンの分布状況 (透過型電子顕微鏡-エネルギー分散型 X 線分光法 TEM-EDS) により確認した。置換固溶する希土類のイオン半径の増減に伴い、水熱条件下で生成したエシナイト型 RETiNbO_6 結晶の格子定数はペガード則に従い変化した。例えば水熱合成した $\text{Eu}_x\text{Gd}_{1.00-x}\text{TiNbO}_6$ 結晶では、 $0 < x < 1.00$ の範囲の Eu^{3+} の固溶量の増大に伴い、a 軸および b 軸の格子定数のペガード則に従う連続的な増大を確認した。水熱合成された GdTiNbO_6 はナノサイズの結晶子を有するミクロンサイズの結晶であった。

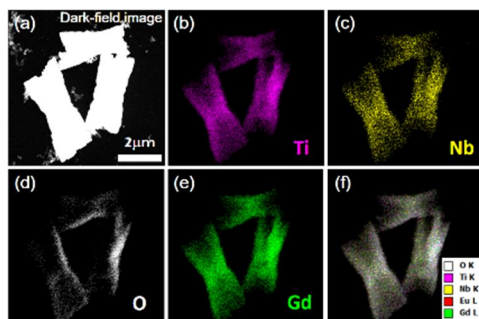


図 1 TEM-EDS : GdTiNbO_6 結晶

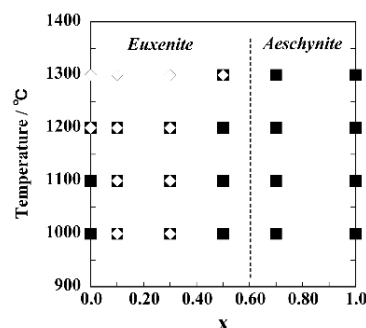


図 2 熱処理温度と $\text{Eu}_x\text{Gd}_{1.00-x}\text{TiNbO}_6$ の結晶相

EuTiNbO_6 - GdTiNbO_6 系の水熱合成結晶について、大気中における加熱処理後の結晶相の変化を図 2 に示す。エシナイト型の GdTiNbO_6 結晶は比較的高い相安定性を有しており、大気中 1100°C の加熱処理後もエシナイト型を保持していた。1200°C からユークセナイト型への相転移が見ら

れ、1300°C以上の加熱処理ではユークセナイト型へ100%相転移した。また、GdTiNbO₆結晶へのEu³⁺の置換固溶量の増大に伴いユークセナイト型への相転移温度が上昇し、1300°Cの加熱処理後もエシナイト型の相の存在が確認されるようになった。60mol%以上のEu³⁺を置換固溶する場合には1300°Cの加熱処理後もユークセナイト相は確認されず、エシナイト型が100%であった。これらの結果より、エシナイト型とユークセナイト型の相境界はEu_{0.60}Gd_{0.40}TiNbO₆付近の組成にあると推定される。EuTiNbO₆-GdTiNbO₆系についての検討結果から、エシナイト相とユークセナイト相の相境界は、希土類のイオン半径が0.1061 nmであると考えられた。

水熱条件下の合成プロセスの制御により、結晶子サイズ・結晶径のコントロールが可能であることを示した。弱塩基性の水熱条件下240°Cで生成した同一組成のエシナイト結晶について、図3(a)にアンモニア水を使用した場合、(b)に尿素を使用した場合の電子顕微鏡写真を示す。アンモニア水に比較して尿素を使用した弱塩基性条件の場合には、より微細な結晶が同一温度条件で生成した。

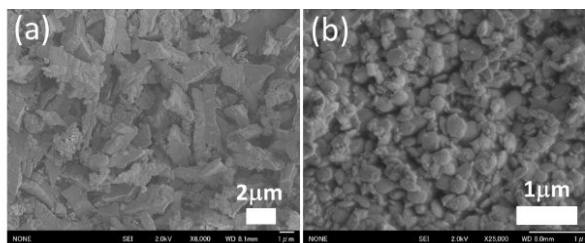


図3 FE-SEM写真 (a) アンモニア水 (b) 尿素

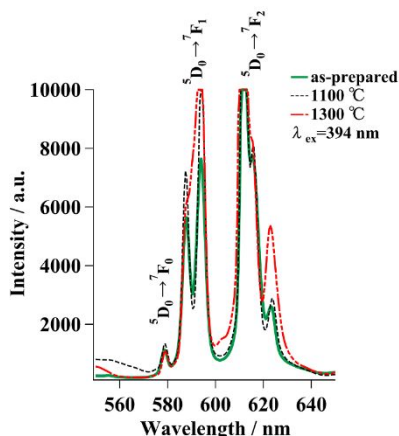


図4 Eu_{0.50}Gd_{0.50}TiNbO₆の発光スペクトル

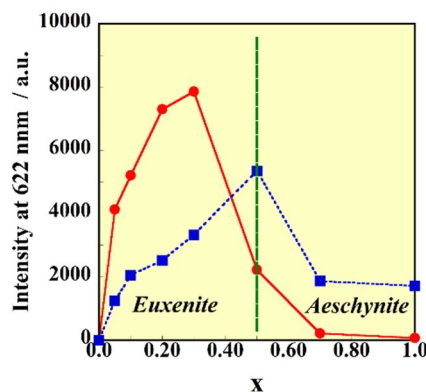


図5 Eu_xGd_{1.00-x}TiNbO₆の発光強度 (1300°C)
● : λ_{ex}=276-323 nm ■ : λ_{ex}=394 nm

蛍光特性は、大きく成長した結晶性の良い試料の方が発光強度も高く優れていた。Eu³⁺を置換固溶した場合の発光スペクトル・強度を図4, 5に示した。GdTiNbO₆に対し、50mol%のEu³⁺を置換固溶しドーブした場合の水熱合成サンプルと、加熱処理後のサンプルの量子収率を表1に示したが、比較的良好的な値が得られた。図6に蛍光寿命を示す。蛍光寿命は、615 nm および 405 nm で励起した場合のいずれも570~571 μsであった。CIE色座標は図7のNo.3, 4に示した。

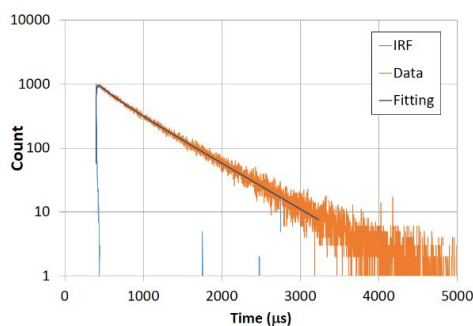


図6 Eu_{0.50}Gd_{0.50}TiNbO₆の蛍光寿命

Sample	Absolute quantum yield (%)	
	Exc. 394 nm	Exc. 464 nm
As-prepared (240°C)	37	30
After heating at 1300°C	33	23

表1 Eu_{0.50}Gd_{0.50}TiNbO₆の量子収率

DyTiNbO₆-GdTiNbO₆系 (Dy_xGd_{1.00-x}TiNbO₆)において、GdTiNbO₆のGd³⁺を0~20 mol%のDy³⁺で置換固溶した組成の場合も、240°Cの水熱条件下で生成した結晶はエシナイト型の単一相であった。水熱合成したDy³⁺を固溶する結晶の光学的バンドギャップの値は3.5~3.6 eVであった。387mで励起した発光スペクトルおよびその発光強度のDy³⁺組成(X)依存性を図8にそれぞれ示す。発光スペクトルでは、480 nm (青色)と575 nm (黄色)を中心波長とする主として2つの主要な発光ピークを示した。CIE色座標は、図7のNo.1および2の黄緑~黄色の領域にあった。5 mol%のDy³⁺をドーブした場合に発光強度は最大となった。

Er³⁺とYb³⁺(増感剤)を用いて置換固溶した組成(Gd_{0.85}Er_{0.05}Yb_{0.10}TiNbO₆)の場合においても、240°Cの水熱条件下ではエシナイト型の単一相として結晶化した。(図9)水熱合成後、大気

中で加熱処理した $\text{Gd}_{0.85}\text{Er}_{0.05}\text{Yb}_{0.10}\text{TiNbO}_6$ の結晶相は、 1300°C の熱処理後、相転移によりユークセナイト型を示した。また 980 nm の近赤外線励起に対してアップコンバージョン発光特性を有しており、 1050°C で加熱処理した場合には、エシナイト型の単一相を保持し、最大のアップコンバージョン発光強度を示した。(図 10)

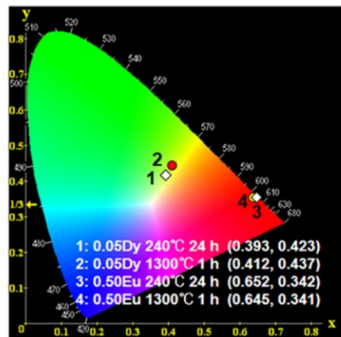


図 7 CIE 色座標

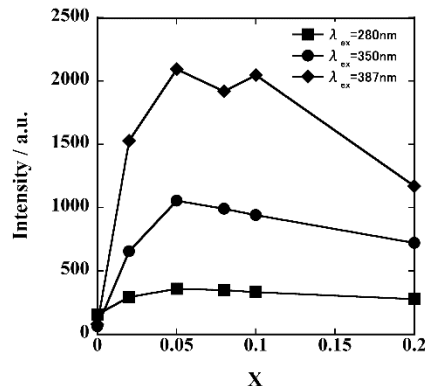
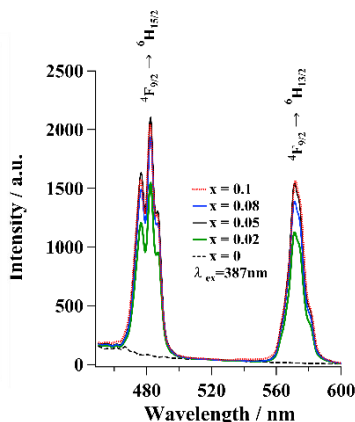


図 8 $\text{Dy}_x\text{Gd}_{1.00-x}\text{TiNbO}_6$ の発光スペクトル(左)発光強度(右)

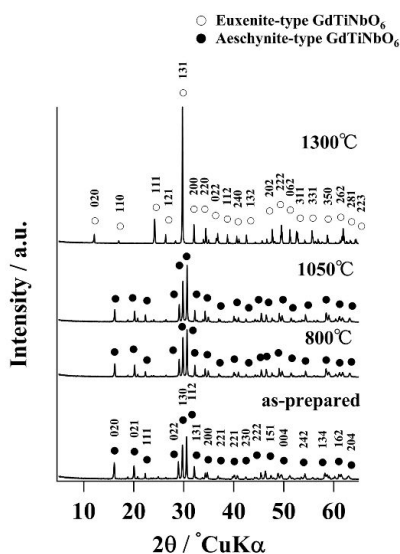


図 9 XRD パターン ($\text{Gd}_{0.85}\text{Er}_{0.05}\text{Yb}_{0.10}\text{TiNbO}_6$)

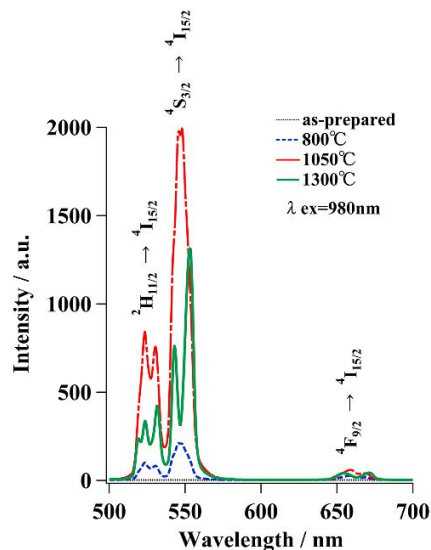


図 10 アップコンバージョン発光

ユークセナイト相が安定である RETiNbO_6 組成の化合物が、エシナイト型の準安定相として水熱結晶化する原因を調べるため、同じ結晶相を有する組成の異なる化合物について、水熱条件下において合成実験を行い比較検討した。 CaNb_2O_6 は GdTiNbO_6 と同様にユークセナイト相(コロンバイト)が安定相であるので、水熱条件下で合成し結晶相を調べた。同時に、水熱結晶化時に Ca^{2+} を種々の希土類イオンで置換固溶し、生成物の結晶相や物性を調査した。 CaNb_2O_6 の場合、および CaNb_2O_6 の Ca^{2+} を 20 mol% まで Eu^{3+} で置換固溶した場合、 Ca^{2+} を 30 mol% まで Tb^{3+} で置換固溶した場合、 Ca^{2+} を 30 mol% まで Er^{3+} で置換固溶した場合は、いずれも水熱条件下で安定相のユークセナイト型(コロンバイト)が直接、結晶化した。これらの実験結果が示す様に、 CaNb_2O_6 組成の場合では、エシナイト相が出現することは無かった。なお、それぞれの系で、発光強度が最大となる最適な希土類のドーパ量(置換固溶量)を明らかにした。赤色(R)、緑色(G)、青色(B)に対応する蛍光体として、 CaNb_2O_6 の Ca^{2+} を Eu^{3+} で置換固溶したニオブ酸カルシウム: R、 Ca^{2+} を Tb^{3+} で置換固溶したニオブ酸カルシウム: G、希土類をドーパしない CaNb_2O_6 : B を、それぞれ針状晶として 240°C で直接、合成した。さらには 240°C で合成した Ca^{2+} を Er^{3+} で置換固溶したニオブ酸カルシウムは紫外線励起により緑色に発光した。水熱合成後、大気中で加熱処理した、 Ca^{2+} を Er^{3+} と Yb^{3+} (増感剤) で置換固溶したニオブ酸カルシウムは、 980 nm の近赤外線励起に対して顕著なアップコンバージョン発光特性を有しており、5 mol% の Er^{3+} と 20 mol% の Yb^{3+} を共ドーパした場合にアップコンバージョン発光の強度は最大となった。

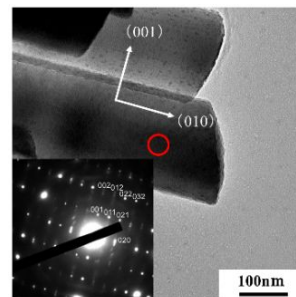


図 11 水熱合成した CaNb_2O_6

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Masanori Hirano, Ayana Oda, and Yuki Takagi	4. 巻 127
2. 論文標題 Effect of processing conditions on crystallinity and luminescent characteristics of aeschynite-type complex oxide crystals doped with Dy ³⁺ and Eu ³⁺	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Ceramic Society of Japan	6. 最初と最後の頁 570-580
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2109/jcersj2.19090	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 Masanori Hirano, Yuki Takagi	4. 巻 105
2. 論文標題 Phase transition and luminescence properties of GdTiNbO ₆ :Eu ³⁺ formed by hydrothermal route	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Materials Research Bulletin	6. 最初と最後の頁 13-20
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.materresbull.2018.04.029	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 平野正典	4. 巻 53
2. 論文標題 水溶液プロセスによる複合酸化物・固溶体・準安定相の合成	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 セラミックス: Bulletin of the Ceramic Society of Japan	6. 最初と最後の頁 714-717
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 無
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 Masanori Hirano, Katsuya Ishikawa	4. 巻 709
2. 論文標題 Concentration dependence of luminescence properties of GdNbO ₄ :Er ³⁺ /Yb ³⁺ synthesized through hydrothermal route	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Alloys and Compounds	6. 最初と最後の頁 64~71
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jallcom.2017.03.127	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 Masanori Hirano, Katsuya Ishikawa	4. 巻 100
2. 論文標題 Hydrothermal formation and up-conversion luminescence of Er ³⁺ -doped GdNbO ₄	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of the American Ceramic Society	6. 最初と最後の頁 2814 ~ 2821
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jace.14835	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 Masanori Hirano, Takaaki Okamoto	4. 巻 13
2. 論文標題 Synthesis, morphology, and luminescence of ZnNb ₂ O ₆ nanocrystals by hydrothermal method	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nano-Structures & Nano-Objects	6. 最初と最後の頁 139 ~ 145
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nanoso.2015.11.001	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 Masanori Hirano, Mitsuteru Hara	4. 巻 126
2. 論文標題 Formation and luminescence properties of GdTiNbO ₆ :Er ³⁺ /Yb ³⁺ through the hydrothermal route	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the Ceramic Society of Japan	6. 最初と最後の頁 178 ~ 183
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2109/jcersj2.17211	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 Masanori Hirano, Hiroyuki Iwata and Kouki Tanaka	4. 巻 128
2. 論文標題 Synthesis, photoluminescence, and up-conversion luminescence of niobates co-doped with Er ³⁺ and Yb ³⁺	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Ceramic Society of Japan	6. 最初と最後の頁 866 ~ 874
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2109/jcersj2.20058	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 Masanori Hirano, Tokifumi Iwata, Katsuyuki Komaki, Hiroyuki Iwata and Kouki Tanaka	4. 巻 128
2. 論文標題 Hydrothermal synthesis of luminescent niobate thin rods	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Ceramic Society of Japan	6. 最初と最後の頁 875 ~ 882
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2109/jcersj2.20124	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21件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 平野 正典, 櫻井 美希, 牧野 弘秀
2. 発表標題 エシナイト型複合酸化物の水熱法による調製とその性質
3. 学会等名 第35回希土類討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中康暉, 平野正典
2. 発表標題 ニオブ酸塩結晶の水熱合成およびその特性
3. 学会等名 2019年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐野萌子, 平野正典
2. 発表標題 水熱法によるエシナイト型結晶微粒子の合成とその性質
3. 学会等名 2019年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平野雅侑, 平野正典
2. 発表標題 希土類を含有する複合酸化物結晶の水熱結晶化とその特性
3. 学会等名 2019年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浅田 大, 山口優香, 平野正典
2. 発表標題 希土類・チタン・タンタルの複合酸化物の調製とその性質
3. 学会等名 2019年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中康暉, 平野正典
2. 発表標題 希土類をドーピングしたニオブ酸塩結晶の水熱合成とその性質
3. 学会等名 第58回セラミックス基礎討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平野正典, 高木祐樹
2. 発表標題 エシナイト型複合酸化物の水熱合成とその性質
3. 学会等名 日本希土類学会第34回討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hirano Masanori, Mitsuteru Hara
2. 発表標題 Hydrothermal Formation and Characteristics of Complex Oxide Co-Doped with Er ³⁺ /Yb ³⁺ in the Gd ₂ O ₃ -TiO ₂ -Nb ₂ O ₅ System
3. 学会等名 The 6th International Conference on the Characterization and Control of Interfaces for High Quality Advanced Materials (ICCCI2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hirano Masanori, Okamoto Takaaki, Dozono Hayato, Hara Mitsuteru
2. 発表標題 Hydrothermal synthesis of several complex oxides based on niobium oxide
3. 学会等名 The 6th International Solvothermal and Hydrothermal Association Conference (ISHA2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平野正典, 高木祐樹
2. 発表標題 水熱法によるエシナイト型微細結晶の調製
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 牧野弘秀, 平野正典
2. 発表標題 水熱法による希土類、チタン、タンタルの複合酸化物の合成
3. 学会等名 平成30年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中康暉, 岩田時歩, 平野正典
2. 発表標題 水熱法によるニオブ酸塩固溶体の調製とその発光特性
3. 学会等名 平成30年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平野正典, 櫻井美希
2. 発表標題 エシナイト型複合酸化物結晶の水熱合成
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 平野正典, 佐藤信吾
2. 発表標題 水熱法によるエシナイト型複合酸化物結晶の調製とその性質
3. 学会等名 日本希土類学会第33回討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高木祐樹, 平野正典
2. 発表標題 水熱法によるニオブ、チタン、希土類の複合酸化物結晶の合成
3. 学会等名 平成29年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 牧野弘秀、平野正典
2. 発表標題 タングステン酸塩およびニオブ酸塩系結晶微粒子の水熱合成
3. 学会等名 平成29年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 平野正典、高木祐樹
2. 発表標題 Gd, Ti, Nbの複合酸化物結晶の水熱合成
3. 学会等名 日本セラミックス協会2018年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐野萌子、平野正典
2. 発表標題 エシナイト型結晶微粒子の水熱合成とその性質
3. 学会等名 2020年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平野雅侑、平野正典
2. 発表標題 水熱法による希土類を含有する複合酸化物結晶の合成とその特性
3. 学会等名 2020年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 浅田 大、山口優香、平野正典
2. 発表標題 チタン・タンタル酸塩結晶の調製とその性質
3. 学会等名 2020年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中凜、平野正典
2. 発表標題 希土類を含むタングステン酸塩結晶の水熱合成
3. 学会等名 2020年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------