

令和 2 年 6 月 12 日現在

機関番号：14603

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2019

課題番号：18K14158

研究課題名（和文）中性子計測用ホウ素含有新規シンチレータの探索研究

研究課題名（英文）Novel Boron-containing Scintillators for Neutron Detection

研究代表者

河口 範明（Kawaguchi, Noriaki）

奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・准教授

研究者番号：50642782

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、ホウ素系新規中性子シンチレータの探索研究を行った。従来のリチウム系材料と比べ資源が豊富で理論上検出効率が高くなるが、これまでに高性能な材料は見出されていなかったため、本研究では候補となるガラス、セラミックス、単結晶について系統的な探索研究を実施し、研究成果は学術論文や学会発表によって適宜公開した。それぞれにおいて研究の進展があり、ホウ素系中性子シンチレータの広範な実用化に向けた成果が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

同時多発テロ事件以降、欧米を中心として国家安全保障を目的とした中性子検出器の国境、空港、湾岸への大量配備が行われてきた。それに伴い、検出器に従来用いられてきたHe-3ガス資源の不足は顕在化し、He-3ガスを用いない中性子検出器の開発が課題となっている。He-3代替の本命は無機固体シンチレータを用いた検出器で、無機固体シンチレータにはリチウム系とホウ素系がある。これまでは主にリチウム系材料が検討されてきたが、本研究はより資源が豊富だが研究が進んでいなかったホウ素系材料について多くの知見が得られた点で意義深い。

研究成果の概要（英文）：In this study, we conducted a research for a novel boron-based neutron scintillators. Although it has more resources and theoretically higher detection efficiency compared to conventional lithium-based materials, no high-performance materials have been found so far. Therefore, in this study a wide range of candidate glasses, ceramics, and single crystals were investigated. The results of the study were published as academic papers and conference presentations. Researchs on glasses, ceramics, and single crystals progressed in each case, and the results for widespread practical application of boron-based neutron scintillators were obtained.

研究分野：無機材料

キーワード：シンチレータ 中性子 単結晶 ガラス セラミックス

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

同時多発テロ事件以降、欧米を中心とした安全保障分野におけるプルトニウム検知を目的とした中性子検出器の国境、空港、湾岸への大量配備により、希少な $^3\text{He}$ 資源の不足が顕在化し、 $^3\text{He}$ ガス比例計数管に代わる中性子検出器の開発が喫緊の課題となっている。 $^3\text{He}$ 代替の本命は無機固体シンチレータを用いた検出器と考えられており、高性能材料の探索が行われている。シンチレータは放射線の照射により発光する材料で、光検出器と組み合わせることで放射線検出器として用いる事ができる。中性子シンチレータは、 $^6\text{Li}$ または $^{10}\text{B}$ と中性子の核反応で生成する粒子線のエネルギーにより発光する。従って高濃度に $^6\text{Li}$ または $^{10}\text{B}$ 元素を含有する必要がある。リチウム化合物は潮解性や水との反応性を有するものが多いが、本研究代表者らは潮解性がない新規中性子シンチレータとして $\text{LiCaAlF}_6$  ( $\text{LiCAF}$ ):Eu 単結晶 (引用文献①、②) を開発してきた。本材料は、中性子照射時に高い発光量を有し、大型単結晶の作製が可能な点で優れていたが、一方で、資源の豊富さや中性子検出効率の高さの点で $^6\text{Li}$ より優れる $^{10}\text{B}$ を利用できれば、さらに低コストで高感度なシンチレータが期待できる状況であった。しかしながら、世界的に見ても $^{10}\text{B}$ 系中性子シンチレータの研究は $^6\text{Li}$ 系中性子シンチレータのそれよりも少なく、従来は散発的に研究が行われてきており、系統的には行われていなかった。

### 2. 研究の目的

これまで実用されてきたシンチレータは主として単結晶である。しかし、近年では単結晶に加え、X・ガンマ線計測用についてはセラミックスシンチレータの実用や研究開発も盛んに行われている。セラミックスは単結晶体が作製困難な組成(高温で構造相転移がある組成・包晶組成等)でも合成できるため、 $^{10}\text{B}$ 系に適用した場合、探索対象となる組成が大幅に増加する。ガラスについては、1960年代におけるリチウムガラス(Ce添加ケイ酸塩ガラス)の発見前後の時期以降は研究例が少なく、特に結晶化ガラスについてはほとんど研究されていない。ホウ素を含むガラスは一般に住居の窓材などに利用されるなど安価で、中性子で強い発光を示すものを開発すれば低コストの材料を世に供給する事も可能となる。本研究の目的は、新規 $^{10}\text{B}$ 系中性子セラミックスシンチレータの研究、近年は精力的に行われていない新規 $^{10}\text{B}$ 系ガラスシンチレータの開発、更には従来の単結晶シンチレータの調査までもを包括して実施し、 $^{10}\text{B}$ 系中性子シンチレータの探索研究を行う事である。

### 3. 研究の方法

本研究では合成、構造解析、光物性、シンチレーション特性評価を互いの結果をフィードバックしつつ行った。以下、各行程を詳述する。

#### (a) サンプルの作製・加工・組成分析

$^{10}\text{B}$ 系シンチレータのサンプルは、単結晶はチョクラルスキー法、セラミックスは常圧焼結法を用い、ガラスは融液急冷法、結晶化ガラスはガラスの熱処理により、合成したサンプルは切断・研磨を施して、評価した。粉末X線回折法及び蛍光X線法により、結晶構造及び化学組成を評価し、セラミックスは必要に応じて電子顕微鏡により粒界における不純物の有無や粒径の均一性の評価を行いながら作製条件を検討した。

#### (b) 基礎的な光物性評価

合成や構造観察などの化学系実験の後、透過・反射率、ラマンスペクトル、真空紫外から近赤外域までの広い波長域におけるPhotoluminescence (PL)、PL蛍光減衰時定数評価を行い、基礎的な光物性を把握した。また必要に応じて分子科学研究所UVSORにてシンクロトロン放射光実験を行い、バンドギャップ以上のエネルギー準位情報を把握した。従来のシンチレータ分野におけるRobbinsモデル(Robbins, J. Electrochem. Soc., 127 2694 1980)では、シンチレーション発光量はだまかに、エネルギー輸送効率とPL量子収率の積で表されるため、少なくともPLで発光が見いだせないものは、シンチレータとしても期待できない。

#### (c) 放射線応答特性の評価

光物性評価において有意なPL発光を示したサンプルに対しては、研究室の保有する $^{252}\text{Cf}$ 中性子線源を用い、中性子照射時の発光量及び蛍光減衰時定数を詳細に評価した。合わせてガンマ線やX線と言った高エネルギー光子に対しても同様の評価を行い、 $^{137}\text{Cs}$ 線源や $^{60}\text{Co}$ 線源を用いバックグラウンドガンマ線に対する感度も評価した。更に輝尽・熱蛍光特性を評価する事で、欠陥準位のエネルギー深さや量を調べた。必要に応じて、微量添加元素の最適値調査も行った。

以上の(a)~(c)の合成・光物性・放射線応答特性評価実験を繰り返し、様々なシンチレータの作製・特性評価を繰り返して $^{10}\text{B}$ 系中性子シンチレータの系統的評価を行った。

### 4. 研究成果

#### (1) 作製評価したサンプル

本研究では、単結晶、ガラス、セラミックスのサンプルを多数作製し、系統的に評価した(一部のサンプルには市販品を用いた)。サンプルの評価結果は本研究期間中に適宜発表してきた。

CsLiB<sub>6</sub>O<sub>10</sub> 単結晶、Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub> 単結晶、Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub> セラミックス、Ce 添加 CaF<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ガラス、Ce 添加 SrF<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ガラス、Ce 添加 BaF<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ガラス、Tb 添加 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ガラス、Tb 添加 SrF<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ガラス、Ce 添加 SrO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ガラス、Sn 添加 MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ガラス、Sn 添加 ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ガラス、Eu 添加 BaAlBO<sub>3</sub>F<sub>2</sub>(BABF)結晶化ガラスの研究結果について

ては査読付き英語論文誌に投稿し、受理された。また、Ce 添加  $\text{CaF}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3$  ガラス、Ce 添加  $\text{SrF}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3$  ガラス、Ce 添加  $\text{BaF}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3$  ガラス、Ce 添加  $\text{Li}_2\text{O-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  ガラスについて国際学会で Ce 添加  $\text{YBO}_3$  セラミックス、 $\text{Zn}_4\text{B}_6\text{O}_{13}$  セラミックス、Tb 添加  $\text{BaAlBO}_3\text{F}_2$ (BABF)ガラス、Eu 添加  $\text{Li}_3\text{PO}_4\text{-B}_2\text{O}_3$  ガラス、Tm 添加  $\text{Li}_3\text{PO}_4\text{-B}_2\text{O}_3$  ガラス、Eu 添加  $\text{SrO-Al}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3$  ガラス、Ce 添加  $\text{BaF}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3$  ガラス、Tm 添加  $\text{B}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SrO}$  ガラス、Gd 添加  $50\text{Li}_3\text{PO}_4\text{-}50\text{B}_2\text{O}_3$  ガラスについて国内学会で報告した。

本研究では、 $^{10}\text{B}$  系中性子シンチレータの候補となるガラス、セラミックス、単結晶について広範囲で検討し、それぞれで研究が進展した。以下、ガラス、セラミックス、単結晶の項目に分けて、代表的な成果について報告する。

### (2) ガラス系サンプルの研究結果

$^{10}\text{B}$  系ガラス中性子シンチレータの研究成果の一つとして、ガラス系サンプルにおけるフッ素添加による発光量向上効果を見出したことが挙げられる。発光量向上の機構として、フッ素元素による捕獲中心量の低減効果が影響している可能性がある。酸フッ化物ガラスは従来中性子シンチレータとして評価されていなかったが、本研究で類似組成と比べて非常に高い発光量が得られることがわかり、優れた性能を有することがわかった。また、ガラスの一部を結晶化させた結晶化ガラスについて、従来  $^{10}\text{B}$  系中性子シンチレータの用途ではほとんど検討されていなかったが、本研究で高いポテンシャルを有することも見出している。

### (3) セラミックス系サンプルの研究結果

セラミックス系サンプルの内、 $\text{Zn}_4\text{B}_6\text{O}_{13}$  セラミックスについては材料固有の内因性発光を利用することを志向した新材料候補である。図 1 に X 線誘起発光スペクトルを示す。200~700nm の波長域のシンチレーションスペクトルから、内因性発光に由来すると考えられるピークを確認した。このスペクトルにおいて最も強い発光ピークは約 400nm で観測されたが、このピークは典型的な光電子増倍管を用いて検出するのに適した波長である。内因性発光を利用したシンチレータはガンマ線用では比較的多くの報告例があるが、 $^{10}\text{B}$  系中性子シンチレータにおいてはほとんど報告されていない。本材料候補は比較的、発光強度が高かったことから、今後の内因性発光  $^{10}\text{B}$  系中性子シンチレータの研究の進展が期待される成果となった。

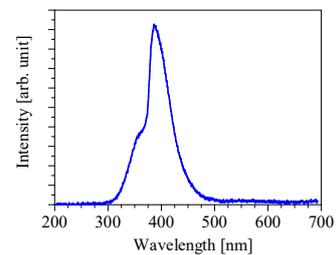


図 1.  $\text{Zn}_4\text{B}_6\text{O}_{13}$  セラミックスの X 線誘起発光スペクトル。

### (4) 単結晶系サンプルの研究結果

単結晶系サンプルの内、 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$  について行った研究の結果を紹介する。本研究では  $^{10}\text{B}$  系中性子シンチレータにおいて高い発光量が得られる条件について調査した。 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$  はシンチレータとしての報告があるが、放射線照射による励起エネルギーを蓄積するドシメータ材料として先行研究もある。これらは言わば真逆の特性であり、本研究では両者として機能する原因を調査した。図 2 に実験に用いた単結晶およびセラミックスの  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$  サンプルの外観を示す。単結晶  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$  サンプルの中性子照射下でのシンチレーション発光量は高く、図 3 に示すように  $^{252}\text{Cf}$  とポリエチレン減速材を用いて熱中子を照射した場合に検出ピークも得られている。一方で放射線照射によるエネルギー蓄積量の指標となる熱蛍光強度は、単結晶  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$  サンプルの場合は低いことが判明した。セラミックス  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$  サンプルは逆にシンチレーション発光量は低く、熱蛍光強度は高く、この結果はサンプル間の捕獲中心量の違いに由来するものだと考えられる。これは前記した Robbins モデルにも適合する。よって  $^{10}\text{B}$  系中性子シンチレータにおいて高発光量が得るのに捕獲中心量を低減することが開発指針になることが実証された。

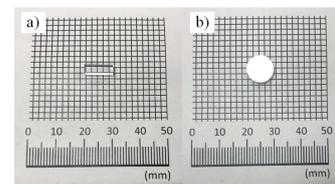


図 2. a)  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$  単結晶、及び b)  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$  セラミックスの外観。

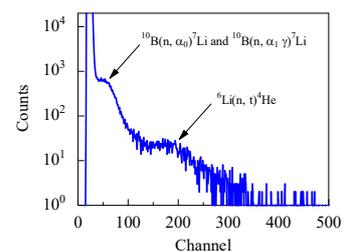


図 3.  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$  単結晶の中性子照射下の波高分布スペクトル。

### <引用文献>

- ① N. Kawaguchi, T. Yanagida, A. Novoselov, K. J. Kim, K. Fukuda, A. Yoshikawa, M. Miyake, M. Baba, "Neutron Responses of  $\text{Eu}^{2+}$  Activated  $\text{LiCaAlF}_6$  Scintillator", IEEE NSS/MIC 2008 Conference Record, 1174-1176 (2008).
- ② N. Kawaguchi, T. Yanagida, Y. Fujimoto, Y. Yokota, K. Kamada, K. Fukuda, T. Suyama, K. Watanabe, A. Yamazaki, V. Chani, A. Yoshikawa, "Thermal neutron imaging with rare-earth-ion-doped  $\text{LiCaAlF}_6$  scintillators and a sealed  $^{252}\text{Cf}$  source", Nucl. Instrum. Methods A, 652 351-354 (2011).

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計32件（うち査読付論文 32件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kawaguchi Noriaki, Okada Go, Futami Yoshisuke, Nakauchi Daisuke, Kato Takumi, Yanagida Takayuki	4. 巻 32
2. 論文標題 Scintillation and Dosimetric Properties of Monocrystalline and Polycrystalline Li2B4O7	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sensors and Materials	6. 最初と最後の頁 1419 ~ 1419
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18494/SAM.2020.2752	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 Kawaguchi Noriaki, Kimura Hiromi, Takebuchi Yuma, Nakauchi Daisuke, Kato Takumi, Yanagida Takayuki	4. 巻 132
2. 論文標題 Dosimetric properties of non-doped LiF/CaF2 eutectic	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Radiation Measurements	6. 最初と最後の頁 106254 ~ 106254
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radmeas.2020.106254	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 Kawaguchi Noriaki, Okada Go, Fukuda Kentaro, Yanagida Takayuki	4. 巻 954
2. 論文標題 Temperature dependence of scintillation responses in rare-earth-ions-doped LiCaAlF6 single crystals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	6. 最初と最後の頁 161518 ~ 161518
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2018.10.196	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 Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 59
2. 論文標題 Scintillation and dosimetric properties of Sn-doped ZnO-P2O5-SiO2 glasses	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SCCB21 ~ SCCB21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab488b	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 Masai Hirokazu, Kimura Hiromi, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki, Kitamura Naoyuki	4. 巻 -
2. 論文標題 Thermally stimulated luminescence of tin-doped borate glasses	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Radiation Measurements	6. 最初と最後の頁 106344 ~ 106344
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radmeas.2020.106344	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 Yanagida Takayuki, Sakairi Mitsuyoshi, Kato Takumi, Nakauchi Daisuke, Kawaguchi Noriaki	4. 巻 13
2. 論文標題 Scintillation detector properties of CsLiB6O10 (CLB0) crystal	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 016001 ~ 016001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1882-0786/ab5ffa	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 Kawano Naoki, Kawaguchi Noriaki, Okada Go, Fujimoto Yutaka, Yanagida Takayuki	4. 巻 124
2. 論文標題 Photoluminescence, scintillation and TSL properties of Tb-doped strontium aluminoborate glasses	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Radiation Measurements	6. 最初と最後の頁 69 ~ 73
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radmeas.2019.03.006	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 Nakauchi Daisuke, Shinozaki Kenji, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 185
2. 論文標題 Photo-, radio- and thermo- luminescence properties of Eu-doped BaSi2O5 glass-ceramics	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Optik	6. 最初と最後の頁 812 ~ 818
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijleo.2019.03.130	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 Nakauchi Daisuke, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 90
2. 論文標題 Scintillation properties of Ti- and Zr-doped lanthanum hafnate single crystals	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Optical Materials	6. 最初と最後の頁 227 ~ 230
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.optmat.2019.02.050	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 Masai Hirokazu, Okada Go, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 9
2. 論文標題 Relationship between defect formation by X-ray irradiation and thermally stimulated luminescence of binary zinc phosphate glasses	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Optical Materials Express	6. 最初と最後の頁 2037 ~ 2037
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OME.9.002037	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 Isokawa Yuya, Kimura Hiromi, Kato Takumi, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 90
2. 論文標題 Radiation induced luminescence properties of Eu-doped SiO <sub>2</sub> glass synthesized by spark plasma sintering	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Optical Materials	6. 最初と最後の頁 187 ~ 193
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.optmat.2019.02.046	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 Yoshida Yasuki, Okada Go, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 182
2. 論文標題 Scintillation properties of Ce-doped Yb <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> single crystals	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Optik	6. 最初と最後の頁 884 ~ 889
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijleo.2018.12.116	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 Samizo Hayata, Shinozaki Kenji, Kato Takumi, Okada Go, Kawaguchi Noriaki, Masai Hirokazu, Yanagida Takayuki	4. 巻 90
2. 論文標題 X-ray induced luminescence properties of Ce-doped BaF <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> glasses	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Optical Materials	6. 最初と最後の頁 64 ~ 69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.optmat.2019.01.035	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 Kato Takumi, Hirano Shotaro, Samizo Hayata, Okada Go, Kawaguchi Noriaki, Shinozaki Kenji, Masai Hirokazu, Yanagida Takayuki	4. 巻 509
2. 論文標題 Dosimetric, luminescence and scintillation properties of Ce-doped CaF <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> glasses	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Non-Crystalline Solids	6. 最初と最後の頁 60 ~ 64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jnoncrysol.2018.12.025	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 Ogawa Taiki, Nakauchi Daisuke, Okada Go, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 89
2. 論文標題 Scintillation properties of Ce- and Eu-doped Ca <sub>2</sub> MgSi <sub>2</sub> O <sub>7</sub> crystals	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Optical Materials	6. 最初と最後の頁 63 ~ 67
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.optmat.2018.12.056	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 Abdalla Ayman M., Ali Atif M., Al-Jarallah Mohamed, Okada Go, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 922
2. 論文標題 Radon detection using alpha scintillation KACST cell	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	6. 最初と最後の頁 84 ~ 90
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2018.12.078	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 Isokawa Yuya, Nakauchi Daisuke, Okada Go, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 782
2. 論文標題 Radiation induced luminescence properties of Ce-doped Y2O3-Al2O3-SiO2 glass prepared using floating zone furnace	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Alloys and Compounds	6. 最初と最後の頁 859 ~ 864
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jallcom.2018.12.245	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 Onoda Yusuke, Kimura Hiromi, Kato Takumi, Fukuda Kentaro, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 181
2. 論文標題 Thermally stimulated luminescence properties of Eu-doped AlN ceramic	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Optik	6. 最初と最後の頁 50 ~ 56
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijleo.2018.11.160	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 Watanabe Kenichi, Mitsuboshi Natsumi, Ishikawa Akihisa, Yamazaki Atsushi, Yoshihashi Sachiko, Uritani Akira, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki, Fukuda Kentaro	4. 巻 -
2. 論文標題 Basic study on a LiF-Eu:CaF2 mixed powder neutron scintillator	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2018.09.079	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 Kimura Hiromi, Shinozaki Kenji, Okada Go, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 508
2. 論文標題 Scintillation properties of Ce-doped SrF2-Al2O3-B2O3 glasses	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Non-Crystalline Solids	6. 最初と最後の頁 46 ~ 50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jnoncrysol.2018.11.020	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 Kawaguchi Noriaki, Okada Go, Fukuda Kentaro, Yanagida Takayuki	4. 巻 -
2. 論文標題 Temperature dependence of scintillation responses in rare-earth-ions-doped LiCaAlF <sub>6</sub> single crystals	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2018.10.196	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 Yanagida Takayuki, Watanabe Kenichi, Okada Go, Kawaguchi Noriaki	4. 巻 919
2. 論文標題 Neutron and gamma-ray pulse shape discrimination of LiAlO <sub>2</sub> and LiGaO <sub>2</sub> crystals	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	6. 最初と最後の頁 64 ~ 67
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2018.11.135	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 Masai Hirokazu, Okada Go, Ina Toshiaki, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 207
2. 論文標題 Temperature-dependent luminescence of Ce-doped SrO-B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> glasses	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Luminescence	6. 最初と最後の頁 316 ~ 320
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jlumin.2018.11.014	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 Masai Hirokazu, Okada Go, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 88
2. 論文標題 Optical and luminescent properties of Pr-doped Li <sub>2</sub> O MgO Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> SiO <sub>2</sub> glasses	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Optical Materials	6. 最初と最後の頁 1 ~ 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.optmat.2018.11.011	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 Kawano Naoki, Kato Takumi, Okada Go, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 88
2. 論文標題 Photoluminescence, scintillation and TSL properties of Eu-doped Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> transparent ceramics synthesized by spark plasma sintering method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Optical Materials	6. 最初と最後の頁 67 ~ 73
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.optmat.2018.11.002	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 Yanagida Takayuki, Okada Go, Kawaguchi Noriaki	4. 巻 207
2. 論文標題 Ionizing-radiation-induced storage-luminescence for dosimetric applications	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Luminescence	6. 最初と最後の頁 14 ~ 21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jlumin.2018.11.004	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 Kawaguchi Noriaki, Nakauchi Daisuke, Okada Go, Kawano Naoki, Yanagida Takayuki	4. 巻 206
2. 論文標題 Thermoluminescence characteristics of Nd-doped LiCaAlF <sub>6</sub> single crystal	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Luminescence	6. 最初と最後の頁 634 ~ 638
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jlumin.2018.10.032	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 Akatsuka Masaki, Kawano Naoki, Kato Takumi, Nakauchi Daisuke, Okada Go, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 -
2. 論文標題 Development of scintillating 2D quantum confinement materials - (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Pb <sub>1-x</sub> SrxBr <sub>4</sub>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2018.10.050	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 Kato Takumi, Usui Yuki, Okada Go, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 -
2. 論文標題 X-ray induced luminescence properties of Ce-doped Ca <sub>3</sub> Sc <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>12</sub> single crystal	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2018.09.136	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 Kimura Hiromi, Kato Takumi, Nakauchi Daisuke, Okada Go, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 -
2. 論文標題 Comparative study of CsBr:TI transparent ceramic and single crystal for radiation detector applications	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2018.09.061	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 Okada Go, Shinozaki Kenji, Shiratori Daiki, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 45
2. 論文標題 Radio-photoluminescence observed in Eu-doped BABF glass-ceramics	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Ceramics International	6. 最初と最後の頁 9376 ~ 9380
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ceramint.2018.08.027	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 Nakauchi Daisuke, Okada Go, Fujimoto Yutaka, Kawano Naoki, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 60
2. 論文標題 Optical and radiation-induced luminescence properties of Sn-doped magnesium aluminoborate glasses	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physics and Chemistry of Glasses: European Journal of Glass Science and Technology Part B	6. 最初と最後の頁 10 ~ 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.13036/17533562.60.1.029	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 -

[学会発表] 計20件(うち招待講演 4件/うち国際学会 6件)

1. 発表者名 N. Kawaguchi, T. Kato, T. Yanagida
2. 発表標題 Scintillation properties of fluoride neutron scintillators at elevated temperatures
3. 学会等名 44th ICACC, 1/26-30 Daytona beach (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 篠崎健二, 中内大介, 岡田豪, 河口範明, 柳田健之
2. 発表標題 Ce <sup>3+</sup> ドープMgF <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ガラスの蛍光及びX線励起発光特性
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会 3/12-15, 上智大
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 N. Kawaguchi, T. Kato, G. Okada, Y. Fujimoto, T. Yanagida
2. 発表標題 Borate glass scintillators for charged-particle detectors
3. 学会等名 43rd ICACC, 1/26-2/1, Daytona beach (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河口範明, 柳田健之
2. 発表標題 Ce添加YB <sub>3</sub> O <sub>3</sub> のシンチレーション特性
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会, 3/9-12, 東工大
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河口範明, 柳田健之
2. 発表標題 Zn4B6O13のシンチレーション及びドシメーター特性
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会, 3/9-12, 東工大
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡田豪, 篠崎健二, 河口範明, 小松高行, 柳田健之
2. 発表標題 Tb3+ドープBABFガラスおよび結晶化ガラスにおける発光特性の比較
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会, 3/9-12, 東工大
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 白鳥大毅, 磯川裕哉, 河口範明, 柳田健之
2. 発表標題 Eu添加Li3P04-B2O3ガラスにおける放射線蛍光特性
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会, 3/9-12, 東工大
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河口範明, 柳田健之
2. 発表標題 Zn4B6O13 焼結体の作製と放射線計測への応用
3. 学会等名 日本セラミックス協会2019年年会, 3/24-26, 工学院大学
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 T. Kato, S. Hirano, H. Samizo, G. Okada, N. Kawaguchi, K. Shinozaki, H. Masai, T. Yanagida
2 . 発表標題 Dosimetric Properties of Ce-doped CaF <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> glasses
3 . 学会等名 ISNOG 2018, 17-21 June, Quebec, Canada ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 H. Kimura, K. Shinozaki, G. Okada, N. Kawaguchi, T. Yanagida
2 . 発表標題 Scintillation properties of Ce-doped SrF <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> glasses
3 . 学会等名 ISNOG 2018, 17-21 June, Quebec, Canada ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 H. Samizo, T. Kato, G. Okada, N. Kawaguchi, K. Shinozaki, H. Masai, T. Yanagida
2 . 発表標題 Scintillation properties of Ce-doped BaF <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> glasses
3 . 学会等名 5th international conference on the physics of optical materials and devices, Montenegro, 27-31 Aug. ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Y. Isokawa, N. Kawaguchi, T. Yanagida
2 . 発表標題 Thermally stimulated luminescence properties of Ce-doped lithium borosilicate glasses
3 . 学会等名 International Workshop on Ionizing Radiation Monitoring (14 th IWIRM), Oarai, 8-9 Dec. ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 河口範明
2. 発表標題 粒子放射線計測用シンチレータ
3. 学会等名 次世代放射線シンポジウム2018, 8/6-8 白浜 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 磯川裕哉, 岡田豪, 河口範明, 柳田健之
2. 発表標題 Tm添加Li3P04-B203ガラスの放射線誘起蛍光特性
3. 学会等名 次世代放射線シンポジウム2018, 8/6-8 白浜
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河口範明, 加藤匠, 岡田豪, 藤本裕, 柳田健之
2. 発表標題 Eu-Sr-Al-B-O 系ガラスとCCD 固体撮像素子を用いた 線イメージング
3. 学会等名 次世代放射線シンポジウム2018, 8/6-8 白浜
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 篠崎健二, 岡田豪, 助永壮平, 柴田浩幸, 尾原幸治, 正井博和, 河口範明, 柳田健之
2. 発表標題 BaF2-Al2O3-B2O3 ガラスの MD および RMC シミュレーションと Ce 添加による発光特性
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, 9/5-7, 名工大
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河野直樹, 河口範明, 岡田豪, 藤本裕, 柳田健之
2. 発表標題 Tm 添加 B203-Al203-SrO ガラスのドシメータ特性
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, 9/5-7, 名工大
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 磯川裕哉, 岡田豪, 河口範明, 柳田健之
2. 発表標題 Gd添加50Li3P04-50B203ガラスのドシメータおよびシンチレーション特性
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会, 9/18-21, 名古屋国際会議場
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河野直樹, 河口範明, 岡田豪, 藤本裕, 柳田健之
2. 発表標題 溶融法により作製したB203-Al203-SrO:Tmガラスの放射線検出特性
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会, 9/18-21, 名古屋国際会議場
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河口範明, 岡田豪, 二見能資, 福田健太郎, 柳田健之
2. 発表標題 新規フッ化物中性子シンチレーターの開発
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会, 9/18-21, 名古屋国際会議場 (招待講演)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Noriaki KAWAGUCHI - Homepage  
<http://mswebs.naist.jp/LABS/yanagida/kawaguchi/index.htm>

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
研究協力者	柳田 健之  (Yanagida Takayuki)  (20517669)	奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・教授    (14603)	