

令和 4 年 6 月 2 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02422

研究課題名（和文）新規ハロゲン化物超高輝度シンチレータの開発および赤色発光への展開

研究課題名（英文）Material Survey of Novel Red-hot Scintillators

研究代表者

黒澤 俊介（Shunsuke, Kurosawa）

東北大学・未来科学技術共同研究センター・准教授

研究者番号：80613637

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：放射線による励起で発光が生じる材料をシンチレータと呼び、直接目で見えない放射線を検出する素子として利用されている。これまでは、紫外線や青色などの波長で発光していたが、本研究では特に600 nmよりも長い赤色・近赤外発光シンチレータの開拓を進めてきた。その結果、非常に明るく、また、赤色・近赤外発光体の中では典型的な蛍光寿命の百分の1程度の高速蛍光寿命を持つ材料を開拓できた。さらにその発光起源についても議論できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

赤色・近赤外発光シンチレータは、既存のシンチレータよりも原理的に発光量やエネルギー分解能が良くなるため、より高感度な放射線計測を行えると期待できる。この効果を活かせば、放射線を使った非破壊検査で、より少ない量の放射線でも検査ができる。加えて、廃炉事業に関連して、チェレンコフ発光などの青色などの短波長領域で顕著なノイズなどと区別して信号を取り出せるため、非常に高い線量率の条件でも感度の良い放射線計測ができるなど、その社会的意義は大きい。加えてこれまでの青色シンチレータなどとは発光機構と異なる発光機構であり、その機構解明などは学術的にも意義深い。

研究成果の概要（英文）：We have developed novel scintillation materials, which is one of the phosphor groups excited by radiation. Basically, scintillators have UV or blue emission bands, while we focus on red or infrared emitting materials. We succeeded in growing novel materials with such emission bands and high light outputs, and discussed the emission mechanism.

研究分野：放射線物理

キーワード：シンチレータ 赤色発光体 近赤外発光体 ハロゲン化物 新規蛍光体 ガンマ線 中性子線 廃炉

1. 研究開始当初の背景

シンチレータとは放射線によって励起された電子が脱励起の際に蛍光を生じる物質のことで、光検出器と組み合わせることで放射線検出素子として利用されており、高発光量・優れたガンマ線エネルギー分解能 ($\Delta E/E$) を持つシンチレータ材料が多くの応用で求められている。2015年に表1のように、世界最高レベルの $\Delta E/E$ を持ち、さらに潮解性が無視できる Cs_2HfCl_6 (CHC) が発見された[1,2]。CHC は原子番号の大きい Hf を含むため検出効率(ガンマ線の光電吸収の断面積)が大きく、Hf は放射性同位元素の自然存在量がほぼ皆無で自己放射能が無視でき、Hf 含有ハロゲン化合物は福島等での環境モニタ、ガン診断などの核医学等への応用が強く期待されている。

CHC の発光機構は $[\text{HfCl}_6]^{2-}$ での電荷遷移(CT)発光[1]か、自己束縛励起子(STE)発光[3]か論争があったが、われわれの共同研究者(チェコ物理研)を中心に STE 発光に特徴的な振る舞いを電子常磁性共鳴法(EPR)や発光量の温度依存性の結果から見つけた[4]。ただし、決定打にはなっておらず、さらに測定などをして、判断する必要があった。また、CHC の蛍光寿命は数マイクロ秒と汎用シンチレータよりも長く、核医学などの高計数測定には不向きという課題があった。

表1 各種シンチレータの性能

材料名	発光量 [光子/MeV]	$\Delta E/E$ [%]	検出効率(注1)	蛍光寿命 [ns]	E_{gap} [eV]	備考
Tl:NaI	40,000 ○	7 ×	1 ×	230○	5.5	
Eu:SrI ₂	80,000-100,000	3	1.2 ×	30○	5.2	
Ce:LaBr ₃	60,000	3	1.1 ×	30○	5.9	自己放射能有×
Ce:(Lu,Y) ₂ SiO ₅	27,000 Δ	10 ×	5.2	50○	6.4	自己放射能有×
Cs₂HfCl₆ (CHC)	54,000	3	1.8○	4370×	6.2	

(注1) $Z_{\text{eff}}^4 \rho$ で Tl:NaI の値を1とした(ただし、 Z_{eff} 、 ρ はそれぞれ有効原子番号、密度)、(注2) 本研究の応用先のひとつであるガンマ線撮像カメラ(コンプトンカメラ)への搭載に対して : 非常に最適、○: 適合、Δ: 強いて言えば適合、×: 不適で評価、(注3) 結晶育成技術を現在改良中で、より優れた値を得られる可能性あり。 $\Delta E/E$: エネルギー分解能(662 keV, 半値全幅), E_{gap} : バンドギャップエネルギー

[1] **S. Kurosawa**, et al., Journal of Instrumentation 12 p.C02042 (2017). [2] A. Burger et. al., APL **107**, 143505 (2015), [3] B. Kang et al., J. Phys. Chem. C **120**, 12187 (2016), [4] R. Kral et al., J. Phys. Chem. C **121**, 12375 (2017),

2. 研究の目的

母材のバンド構造を変えることで、発光賦活材による発光の出現の有無、および、母材由来の発光の変化について明らかにし、発光機構の解明、蛍光寿命の高速化を図ることを目的とする。そこで<1>式の組成のように、系統に組成を変化させた時の発光波長、蛍光寿命、発光量等を測定し、発光起源を探った。そして、その組成の中で蛍光寿命の高速化などを探索した。

$(\text{T}_\alpha \text{T}'_{1-\alpha})_2\text{Hf} (\text{X}_\beta \text{X}'_{1-\beta})_6$, 但し T, T'=Cs, Rb, Na 等, X, X'=Cl, Br, I ($0 \leq \alpha \leq 1$, $0 \leq \beta \leq 1$) <1>

3. 研究の方法

結晶育成・結晶評価について

図1にあるような垂直ブリッジマン法と呼ばれる方法で、原料粉末をいれた「アンプル」と呼ばれるガラスケースに熱を加えて、溶解させて、徐々に冷やすことで結晶を育成した。育成した結晶は、目的の結晶が育成できているか、粉末X線解析などで確認した。また、結晶の切断、研磨を研究室内で実施した。

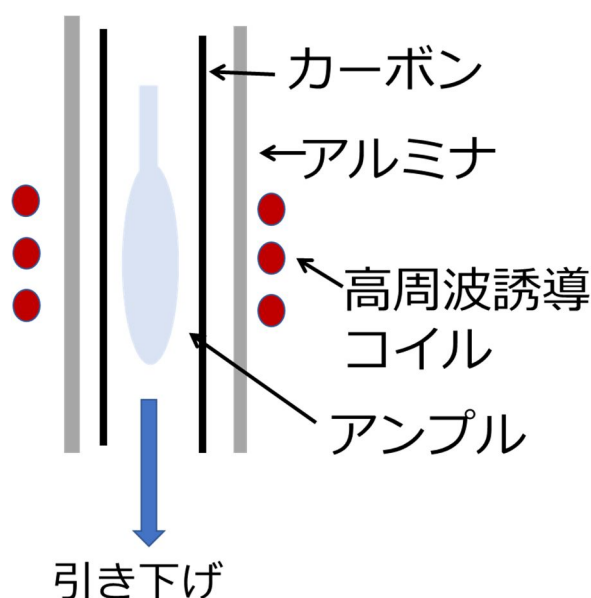


図1 垂直ブリッジマン法概念図

光学特性の評価について

研究室にて、X線発生源やガンマ線密封線源などを用いて発光量や発光波長の評価を行った。さらに自然科学研究機構 分子科学研究所 極端紫外光研究施設 (UVSOR) のなどで、1式に示した育成試料を10~300Kまで変化させて、発光量、発光波長等の温度依存性を見て、発光機構の推論を行った。

4. 研究成果

結晶育成・結晶評価について

1式に示した結晶について、ブリッジマン法によって多くの結晶材料を得ることができた。この延長線上で、 $(T_{\alpha}T'_{1-\alpha})_2M(X_{\beta}X'_{1-\beta})_6$ ($M=Hf, Zr$ など)の一部の組成においては、単結晶の育成が困難である組成があることも分かってきた。

光学特性の評価について

これらの探索から、 Cs_2HfI_6 が蛍光寿命約1.9 μs (1,900 ns)とCHCに比べて短い発光量を得ることができた。そして、当該材料は、1ガンマ線光子入射で変換されるシンチレータ光子数(発光量)をシングルフォトンカウンティング法で確認したところ、発光波長700nm、発光量50,000光子/MeV以上と新しい材料を見つけることができた。

これまで、600nm以上の発光波長をもつ光学材料は、シンチレータ以外も含めて、その蛍光寿命は典型的に100 μs (100,000 ns)以上と非常に長いものであり、ここまで高速な材料は類を見ないものであった。

Cs_2HfI_6 以外にも、600nm以上の発光波長をもち、10 μs 未満の蛍光寿命を持つ新しい材料の開拓も進み、この赤色・近赤外発光シンチレータの開拓を進めることができた。

この発光起源について、これまでの CHC の結果のみでは STE 発光と呼ばれる発光機構が有力であったが、系統的な組成の変化と発光波長などの変化を観察したところ、 $[\text{HfX}_6]^{2-}$ での Hf と X の間での CT 発光がメインであることが示唆された。そして、一部で STE 発光も寄与する場合があるということまでが分かってきた。

応用（追加事項）について

赤色発光シンチレータの利点として、チェレンコフ発光などの青色発光との切り分けができるため、チェレンコフ発光などの青色発光がノイズとなるような放射線計測の現場で利用する点がある。そこで、このような応用、特に線量の高い領域での測定など、新しい検出器への搭載に向けた、結晶の加工などについても研究を進めることができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計21件（うち査読付論文 21件／うち国際共著 13件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kodama Shohei, Kurosawa Shunsuke, Fujii Kotaro, Murakami Taito, Yashima Masatomo, Pejchal Jan, Kral Robert, Nikl Martin, Yamaji Akihiro, Yoshino Masao, Toyoda Satoshi, Sato Hiroki, Ohashi Yuji, Kamada Kei, Yokota Yuui, Yoshikawa Akira	4. 巻 106
2. 論文標題 Single-crystal growth, structure and luminescence properties of Cs ₂ HfCl ₃ Br ₃	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Optical Materials	6. 最初と最後の頁 109942 ~ 109942
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.optmat.2020.109942	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 該当する

1. 著者名 Yoshino M., Kamada K., Shoji Y., Yokota Y., Kurosawa S., Yamaji A., Ohashi Y., Sato H., Fujieda K., Kataoka J., Yoshikawa A.	4. 巻 67
2. 論文標題 Development of Gamma-Ray Detector Arrays Consisting of Diced Eu-Doped SrI ₂ Scintillator Arrays and TSV-MPPC Arrays	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Nuclear Science	6. 最初と最後の頁 999 ~ 1002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TNS.2020.2986460	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 Ichimura Koichi, Sekiya Hiroyuki, Pedersen Juan W., Yamaji Akihiro, Kurosawa Shunsuke	4. 巻 67
2. 論文標題 Measurement of the Anisotropic Response of the ZnWO ₄ Crystal for Developing the Direction-Sensitive Dark Matter Detector	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Nuclear Science	6. 最初と最後の頁 894 ~ 897
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TNS.2020.2985027	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 Yamaji Akihiro, Yamato Shinnosuke, Kurosawa Shunsuke, Yoshino Masao, Toyoda Satoshi, Kamada Kei, Yokota Yuui, Sato Hiroki, Ohashi Yuji, Yoshikawa Akira	4. 巻 67
2. 論文標題 Crystal Growth and Scintillation Properties of Carbazole for Neutron Detection	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Nuclear Science	6. 最初と最後の頁 1027 ~ 1031
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TNS.2020.2996276	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 Kurosawa S., Yoshikawa A., Gorbenko V., Zorenko T., Witkiewicz-Lukaszek S., Fedorov A., Zorenko Yu.	4. 巻 67
2. 論文標題 Composite Scintillators Based on the Films and Crystals of (Lu,Gd,La) ₂ Si ₂ O ₇ Pyrosilicates	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Nuclear Science	6. 最初と最後の頁 994 ~ 998
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TNS.2020.2983657	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 該当する

1. 著者名 Sakthong Ongsa, Chewpraditkul Warut, Pattanaboonmee Nakarin, Chewpraditkul Weerapong, Yamaji Akihiro, Kamada Kei, Kurosawa Shunsuke, Yoshikawa Akira, Witkowski Marcin, Drozdowski Winicjusz, Szczesniak Tomaz, Moszynski Marek, Babin Vladimir, Nikl Martin	4. 巻 67
2. 論文標題 Light Yield and Timing Characteristics of Lu _{0.8} Gd _{2.2} (Al _{15-x} Ga _x)O ₁₂ :Ce,Mg Single Crystals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Nuclear Science	6. 最初と最後の頁 2295 ~ 2299
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TNS.2020.3005410	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 Ueno M., Kim K. J., Kamada K., Babin V., Nikl M., Nihei T., Yoshino M., Yamaji A., Toyoda S., Sato H., Yokota Y., Kurosawa S., Ohashi Y., Kochurikhin V. V., Yoshikawa A.	4. 巻 67
2. 論文標題 Bulk Single Crystal Growth of W Co-Doped Ce:Gd ₃ Ga ₃ Al ₂₀ 12 by Czochralski Method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Nuclear Science	6. 最初と最後の頁 1045 ~ 1048
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TNS.2020.2968088	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 該当する

1. 著者名 Bartosiewicz Karol, Horiai Takahiko, Yamaji Akihiro, Yoshikawa Akira, Kurosawa Shunsuke, Yoshino Masao, Zorenko Yuriy	4. 巻 261
2. 論文標題 Effects of La doping on the crystal growth, phase stability and scintillation properties of Lu ₃ Al ₅ O ₁₂ single crystals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: B	6. 最初と最後の頁 114677 ~ 114677
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mseb.2020.114677	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 該当する

1. 著者名 Horiai Takahiko, Kurosawa Shunsuke, Murakami Rikito, Shoji Yasuhiro, Pejchal Jan, Yoshino Masao, Yamaji Akihiro, Sato Hiroki, Ohashi Yuji, Kamada Kei, Yokota Yuui, Yoshikawa Akira	4. 巻 109
2. 論文標題 Crystal growth and optical properties of a Ce ₂ Si ₂₀₇ single crystal	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Optical Materials	6. 最初と最後の頁 110210 ~ 110210
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.optmat.2020.110210	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 該当する

1. 著者名 Kurashima Yutaro, Kurosawa Shunsuke, Murakami Rikito, Yamaji Akihiro, Ishikawa Shiori, Pejchal Jan, Kamada Kei, Yoshino Masao, Toyoda Satoshi, Sato Hiroki, Yokota Yuui, Ohashi Yuji, Yoshikawa Akira	4. 巻 21
2. 論文標題 Novel Method of Search for Transparent Optical Materials with Extremely High Melting Point	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Crystal Growth & Design	6. 最初と最後の頁 572 ~ 578
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.cgd.0c01396	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 該当する

1. 著者名 Morishita Yuki, Kurosawa Shunsuke, Yamaji Akihiro, Hayashi Masateru, Sasano Makoto, Makita Taisuke, Azuma Tetsushi	4. 巻 11
2. 論文標題 Plutonium dioxide particle imaging using a high-resolution alpha imager for radiation protection	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 8914
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-84515-z	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 Kodama Shohei, Kurosawa Shunsuke, Ohno Maki, Yamaji Akihiro, Yoshino Masao, Pejchal Jan, Kral Robert, Ohashi Yuji, Kamada Kei, Yokota Yuui, Nikl Martin, Yoshikawa Akira	4. 巻 124
2. 論文標題 Development of a novel red-emitting cesium hafnium iodide scintillator	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Radiation Measurements	6. 最初と最後の頁 54 ~ 58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radmeas.2019.03.005	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 該当する

1. 著者名 Yamato Shinnosuke, Yamaji Akihiro, Kurosawa Shunsuke, Yoshino Masao, Ohashi Yuji, Kamada Kei, Yokota Yuui, Yoshikawa Akira	4. 巻 94
2. 論文標題 Crystal growth and luminescence properties of organic crystal scintillators for γ -rays detection	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Optical Materials	6. 最初と最後の頁 58 ~ 63
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.optmat.2019.04.051	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 該当する

1. 著者名 Kurosawa S., Shishido T., Sugawara T., Yubuta K., Horiai T., Jary V., Yamaji A., Yoshino M., Yokota Y., Shoji Y., Kamada K., Yoshikawa A., Pejchal J., Nikl M.	4. 巻 126
2. 論文標題 Scintillation properties of Y-Admixed Gd ₂ Si ₂ O ₇ scintillator	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Radiation Measurements	6. 最初と最後の頁 106123 ~ 106123
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radmeas.2019.106123	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 該当する

1. 著者名 Ejima Takeo, Kurosawa Shunsuke, Yamaji Akihiro, Hatano Tadashi, Wakayama Toshitaka, Higashiguchi Takeshi, Kitaura Mamoru	4. 巻 219
2. 論文標題 Luminescence properties of scintillators in soft X-ray region	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Luminescence	6. 最初と最後の頁 116850 ~ 116850
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jlumin.2019.116850	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 Origuchi Kazuya, Yokota Yuui, Kral Robert, Yoshino Masao, Yamaji Akihiro, Toyoda Satoshi, Sato Hiroki, Ohashi Yuji, Kurosawa Shunsuke, Kamada Kei, Yoshikawa Akira	4. 巻 536
2. 論文標題 Phase diagram of Ba ₂ -Lu ₃ system and growth of Ba ₂ /Lu ₃ eutectic scintillator	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Crystal Growth	6. 最初と最後の頁 125573 ~ 125573
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jcrysgr.2020.125573	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 Bartosiewicz K., Babin V., Kamada K., Yoshikawa A., Kurosawa S., Beitlerova A., Kucerkova R., Niki M., Zorenko Yu	4. 巻 216
2. 論文標題 Ga for Al substitution effects on the garnet phase stability and luminescence properties of Gd ₃ GaxAl _{5-x} O ₁₂ :Ce single crystals	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Luminescence	6. 最初と最後の頁 116724 ~ 116724
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jlumin.2019.116724	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 該当する

1. 著者名 Kodama Shohei, Kurosawa Shunsuke, Morishita Yuki, Usami Hiroshi, Torii Tatsuo, Hayashi Masateru, Sasano Makoto, Azuma Tetsushi, Tanaka Hiroki, Kochurikhin Vladimir, Pejchal Jan, Kral Robert, Yoshino Masao, Yamaji Akihiro, Toyoda Satoshi, Sato Hiroki, Ohashi Yuji, Yokota Yuui, Kamada Kei, Niki Martin, Yoshikawa Akira	4. 巻 67
2. 論文標題 Growth and Scintillation Properties of a New Red-Emitting Scintillator Rb ₂ Hf ₁₆ for the Fiber-Reading Radiation Monitor	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Nuclear Science	6. 最初と最後の頁 1055 ~ 1062
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TNS.2020.2976695	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 該当する

1. 著者名 Kodama Shohei, Kurosawa Shunsuke, Ohno Maki, Morishita Yuki, Usami Hiroshi, Hayashi Masateru, Sasano Makoto, Azuma Tetsushi, Tanaka Hiroki, Kochurikhin Vladimir, Yamaji Akihiro, Yoshino Masao, Toyoda Satoshi, Sato Hiroki, Ohashi Yuji, Kamada Kei, Yokota Yuui, Yoshikawa Akira, Torii Tatsuo	4. 巻 13
2. 論文標題 Fiber-read radiation monitoring system using an optical fiber and red-emitting scintillator for ultra-high-dose conditions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 047002 ~ 047002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/ab77f7	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 該当する

1. 著者名 Chewpraditkul Weerapong, Pattanaboonmee Nakarin, Chewpraditkul Warut, Sakthong Ongsa, Yamaji Akihiro, Kamada Kei, Kurosawa Shunsuke, Yoshikawa Akira, Drozdowski Winicjusz, Witkowski Marcin E., Szczesniak Tomasz, Grodzicka Martyna, Moszynski Marek	4. 巻 67
2. 論文標題 Scintillation Characteristics of Mg ²⁺ -Codoped Y _{0.8} Gd _{2.2} (Al _{5-x} Gax)O ₁₂ :Ce Single Crystals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Nuclear Science	6. 最初と最後の頁 910 ~ 914
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TNS.2020.2975734	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 該当する

1. 著者名 Yuki Morishita, Shunsuke Kurosawa, Akihiro Yamaji, Masateru Hayashi, Makoto Sasano, Taisuke Makita, and Tetsushi Azuma	4. 巻 11
2. 論文標題 Plutonium dioxide particle imaging using a high-resolution alpha imager for radiation protection	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 5948
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-84515-z	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38件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 18件)

1. 発表者名 倉嶋 佑太郎, 黒澤 俊介, 村上 力輝斗, 山路 晃広, 鎌田 圭, 吉野 将生, 豊田 智史, 佐藤 浩樹, 横田 有為, 大橋 雄二, 吉川 彰
2. 発表標題 Core Heating法による CaHfO ₃ 結晶の育成とシンチレーション特性評価
3. 学会等名 2020年次世代放射線シンポジウム / 放射線夏の学校
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 倉嶋 佑太郎, 黒澤 俊介, 村上 力輝斗, 山路 晃広, 鎌田 圭, 吉野 将生, 豊田 智史, 佐藤 浩樹, 横田 有為, 大橋 雄二, 花田 貴, 吉川 彰
2. 発表標題 Core Heating 法を用いて育成された透明 CaHfO ₃ 結晶の特性評価
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 黒澤 俊介, 森下 祐樹, 林 真照, 小玉 翔平, 山路 晃広, 宇佐美 博士, 牧田 泰介, 東 哲史, 笹野 理, 鳥居 建男
2. 発表標題 アルファダスト検出に向けた撮像機器の開発
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 黒澤俊介、小玉翔平、倉嶋佑太郎、上中あい、大野真紀、山路晃広
2. 発表標題 Development of novel scintillation materials with high light-output using UVSOR beams UVSORを利用した 新規高輝度シンチレータの探索
3. 学会等名 UVSORシンポジウム2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 黒澤俊介
2. 発表標題 超高線量場における放射線計測の挑戦 -素子材料とシステム開発-
3. 学会等名 第13回放射線計測フォーラム福島（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 黒澤俊介、山路晃広、石川志緒利、小玉翔平、倉嶋佑太郎、上中あい、工藤真紀
2. 発表標題 シンチレータの開発の現状 -2020年度-
3. 学会等名 第35回 研究会「放射線検出器とその応用」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 黒澤 俊介、倉嶋 佑太郎、村上 力輝斗、石川 志緒利 山路 晃広、庄子 育宏、鎌田 圭、吉川 彰
2. 発表標題 コア・ヒーティング法の開発と高融点材料への展開
3. 学会等名 第21 回レーザー学会東京支部研究会 電気学会 光・量子デバイス技術研究会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yutaro Kurashima, Shunsuke Kurosawa, Rikito Murakami, Akihiro Yamaji, Kei Kamada, Masao Yoshino, Satoshi Toyoda, Hiroki Sato, Yuui Yokota, Yuji Ohashi, Takashi Hanada, Akira Yoshikawa
2. 発表標題 Synthesis of transparent CaHfO ₃ crystals by the CH method and its optical properties
3. 学会等名 2020 International Conference on Solid State Devices and Materials (52nd)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Kurosawa, H. Sone, H. Ujiie, Y. Kurashima, A. Yamaji, K. Kamada, M. Yoshino, S. Toyoda, H. Sato, Y. Yokota, Y. Ohashi, A. Yoshikawa
2. 発表標題 Evaluation of defect sites for Gd ₃ (Ga,Al) ₅ O ₁₂ Based Transparent Ceramics Prepared by the Spark Plasma Sintering Process
3. 学会等名 20th International Conference on Defects in Insulating Materials (ICDIM2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小玉 翔平、黒澤 俊介、森下 祐樹、宇佐美 博士、鳥居 建男、林 真照、東 哲史、笹野 理、牧田 泰介、田中 浩基、花田 貴、山路 晃広、吉野 将生、豊田 智史、佐藤 浩樹、大橋 雄二、鎌田 圭、横田 有為、吉川 彰
2. 発表標題 リモートガンマ線量モニタの実現を目指した新規赤色発光ヨウ化物シンチレータの開発と放射線応答特性
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 黒澤俊介
2. 発表標題 赤色・近赤外発光シンチレータの開発と応用
3. 学会等名 第3回複合アニオンウェブセミナー（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shunsuke Kurosawa, Shohei Kodama, Takahiko Horiai, Akihiro Yamaji, Rikito Murakami, Yasuhiro Shoji, Masao Yoshino, Yuji Ohashi, Kei Kamada, Yuui Yokota, Akira Yoshikawa
2. 発表標題 Development of the new radiation monitor system using a novel scintillator
3. 学会等名 International Topical Workshop on Fukushima Decommissioning Research (FDR2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shunsuke Kurosawa
2. 発表標題 Development of Novel Red/Near-Infrared Scintillation Materials with Fast Decay Time
3. 学会等名 8th International Symposium on Optical Materials (IS-OM 8) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takahiro Horiai, Shunsuke Kurosawa, Rikito Murakami, Yasuhiro Shoji, Jan Pejchal, Masao Yoshino, Akihiro Yamaji, Hiroki Sato, Yuji Ohashi, Kei Kamada, Yuui Yokota, Akira Yoshikawa
2. 発表標題 Crystal growth and optical properties of a Ce ₂ Si ₂ O ₇ single crystal
3. 学会等名 19th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE-29) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shunsuke KUROSAWA, Akihiro YAMAJI, Shohei KODAMA, Shinnosuke YAMATO, Yutaro KURASHIMA, Kei KAMADA, Masao YOSHINO, Satoshi TOYODA, Hiroki SATO, Yuui YOKOTA, Yuji Ohashi, Akira YOSHIKAWA
2. 発表標題 Optical Study on Garnet-Type Scintillator with Longer-Wave-Emitting
3. 学会等名 8th International Workshop on Photoluminescence in Rare Earths: Photonic Materials and Devices (PRE'19) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 S. Kurosawa, T. Shishido, T. Sugawara, A. Nomura, K. Yubuta, A. Yamaji, M.Yoshino, S. Toyoda, H. Sato, Y. Ohashi, K. Kamada, Y. Yokota, A. Yoshikawa
2 . 発表標題 Development of Cr-Doped Oxide Crystals as Red and Near Infra-Red Emission for Medical Use
3 . 学会等名 International Conference on Excited States of Transitions Elements (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 S. Kodama, S. Kurosawa, M. Ohno, A. Yamaji, M. Yoshino, S. Toyoda, H. Sato, Y. Ohashi, K. Kamada, Y. Yokota, R. Kral, J. Pejchal, M. Nikl, A. Yoshikawa
2 . 発表標題 Self-Trapped Exciton Luminescence of Anion-Substituted Cesium Hafnium Chloride
3 . 学会等名 International Conference on Excited States of Transitions Elements (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Shunsuke Kurosawa, Yasuhiro Shoji, Shinya Sonoda, Tetsuya Mizumumo, Masao Yoshino, Hayato Numakura, Mitsuru Abe, Atsushi Takada, Akihiro. Yamaji, Yuji Ohashi, Yuui Yokota, Kei Kamada, Akira Yoshikawa, Fuyuki Tokanai, Takeo Iwai, Kenji Nemoto And Toru Tanimori
2 . 発表標題 Development of La-GPS(Ce) Pixel Scintillation Arrays for Real-Time Dose-Verification in Particle Therapy
3 . 学会等名 15th International conference on Scintillating Materials and their Applications (SCINT2019) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Shohei Kodama, Shunsuke Kurosawa, Maki Ohno, Ai Makabe, Yuki Morishita, Hiroshi Usami, Masateru Hayashi, Hiroki Tanaka, Vladimir Kochurikhin, Akihiro Yamaji, Masao Yoshino, Hiroki Sato, Yuji Ohashi, Kei Kamada, Yuui Yokota, Akira Yoshikawa
2 . 発表標題 Development of the Fiber-reading Scintillation Detector under Ultra-high Dose Rate
3 . 学会等名 15th International conference on Scintillating Materials and their Applications (SCINT2019) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Shohei Kodama, Shunsuke Kurosawa, Maki Ohno, Akihiro Yamaji, Masao Yoshino, Hiroki Sato, Yuji Ohashi, Kei Kamada, Yuui Yokota, Akira Yoshikawa
2. 発表標題 Synthesis and optical properties of red-emitting A2M16 scintillators (A = K, Rb and Cs, M = Zr and Hf)
3. 学会等名 The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (PACRIM13) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yutaro Kurashima, Shunsuke Kurosawa, Rikito Murakami, Akihiro Yamaji, Kei Kamada, Masao Yoshino, Satoshi Toyoda, Hiroki Sato, Yuui Yokota, Yuji Ohashi, Akira Yoshikawa
2. 発表標題 Novel material-search method for transparent optical materials with high melting point using electric arc
3. 学会等名 The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (PACRIM13) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shunsuke Kurosawa, Yutaro Kurashima, Akihiro Yamaji, Shohei Kodama, Masao Yoshino, Satoshi Toyoda, Hiroki Sato, Yuui Yokota, Kei Kamada, Yuji Ohashi, Akira Yoshikawa
2. 発表標題 Study on Red-Emission Scintillation Materials ~Crystals & powders~
3. 学会等名 The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (PACRIM13) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Kurosawa, H. Sekiya, A. Yamaji, M. Abe, M. Tsukahara, T. Horiai, R. Murakami, Y. Shoji, M. Yoshino, H. Sato, Y. Ohashi, Y. Yokota, K. Kamada, A. Yoshikawa
2. 発表標題 Direction-Sensitive Dark Matter Search using Zinc Tungstate Scintillators
3. 学会等名 2019 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Shoji, S. Kurosawa, V. Kochurikhin, K. Kamada, S. Hayasaka, M. Yoshino, Y. Yokota, Y. Ohashi, A. Yamaji, A. Yoshikawa
2. 発表標題 Growth of Ce-doped (Gd,La) ₂ Si ₂ O ₇ Single Crystals and their applications
3. 学会等名 2019 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Kurosawa, S. Sonoda, T. Mizumoto, H. Numakura, M. Yoshino, S. Komura, H. Abe, A. Takada, A. Yamaji, Y. Ohashi, H. Sato, K. Kamada, Y. Yokota, A. Yoshikawa, F. Tokanai, T. Iwai, K. Nemoto, T. Tanimori
2. 発表標題 Development of an Electron-Tracking Compton Camera and Novel Scintillator for In-Beam Dose-Verification in Particle Therapy
3. 学会等名 2019 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shunsuke Kurosawa, Yasuhiro Shoji, Shinya Sonoda, Tetsuya Mizumoto, Masao Yoshino, Hayato Numakura, Shotaro Komura, Mitsuru Abe, Atsushi Takada, Akihiro Yamaji, Yuji Ohashi, Yuui Yokota, Kei Kamada, Akira Yoshikawa, Fuyuki Tokanai, Takeo Iwai, Kenji Nemoto and Toru Tanimori
2. 発表標題 Real-Time Dose-Verification in Particle Therapy Using an Electron-Tracking Compton Camera and their simulation study
3. 学会等名 the 1st Annual Conference of the Particle Therapy Co-operative Group Asia-Oceania (PTCOG-AO '19) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 黒澤俊介、藤原加奈
2. 発表標題 Fabrication of novel transparent ceramics for scintillation materials
3. 学会等名 光・量子ビーム科学合同シンポジウム2019-平成30年度共同研究成果報告会-
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 黒澤 俊介
2. 発表標題 粒子線治療におけるリアルタイム線量撮像機器の開発と現状
3. 学会等名 第72回放射線計測研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 倉嶋 佑太郎、黒澤 俊介、村上 力輝斗、山路 晃広、鎌田 圭、吉野 将生、豊田 智史、佐藤 浩樹、横田 有為、大橋 雄二、吉川 彰
2. 発表標題 高融点透明光学材料を得るためのアークを用いた新たな材料探索法
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋期学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 黒澤 俊介、沼倉 隼人、園田 真也、水本 哲矢、谷森 達、高田 淳史、吉野 将生、山路 晃広、大橋 雄二、鎌田 圭、横田 有為、吉川 彰、門叶 冬樹、岩井 岳夫、根本 健二、豊田 智史
2. 発表標題 粒子線治療への応用に向けた電子飛跡型コンプトンカメラの開発V
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋期学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 黒澤俊介
2. 発表標題 結晶と物理学
3. 学会等名 異分野基礎科学研究所 量子宇宙研コア セミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 黒澤俊介、山路晃広、堀合毅彦、小玉翔平、大和慎之介、倉嶋佑太郎、村上力輝斗、鎌田圭、吉野将生、豊田智史、佐藤浩樹、横田有為、大橋雄二、吉川彰
2. 発表標題 シンチレータの開発の現状-2019年度-
3. 学会等名 研究会「放射線検出器とその応用」(第34回)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shunsuke Kurosawa, Hiroshi Sone, Hiroki Ujiie, Satoshi Ishizawa, Akihiro Yamaji, Koichi Harata, Akira Yoshikawa
2. 発表標題 Large-size Gd ₃ (Ga,Al) ₅ O ₁₂ based transparent ceramics prepared by the spark plasma sintering process
3. 学会等名 22nd American Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ACCGE-22) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 C. Fujiwara, S. Kodama, S. Kurosawa, A. Yamaji, Y. Ohashi, K. Kamata, H. Sato, Y. Yokota, S. Toyoda, M. Yoshino, T. Hanada, A. Yoshikawa
2. 発表標題 Scintillation properties for Cs ₂ HfBr ₆ -based crystals
3. 学会等名 virtual 2021 IEEE Nuclear Science Symposium And Medical Imaging Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Kurosawa, A. Yamaji, C. Fujiwara, S. Ishizawa, A. Yoshikawa
2. 発表標題 Scintillation Properties for Ce-doped Garnet-Type Crystals with Longer-Wave-Emitting
3. 学会等名 virtual 2021 IEEE Nuclear Science Symposium And Medical Imaging Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 黒澤俊介
2. 発表標題 革新的無機シンチレータの開発とアイソトープ検出への応用
3. 学会等名 第58回アイソトープ・放射線研究発表会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 黒澤俊介
2. 発表標題 ガンマイメージング と データ解析
3. 学会等名 次世代放射線シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤原千隼、小玉翔平、石川志緒利、黒澤俊介、山路晃広、大橋雄二、横田有為、鎌田圭、佐藤浩樹、豊田智史、吉野将生、花田貴、吉川彰
2. 発表標題 廃炉用リアルタイム放射線計測のためのCs2HfI6シンチレータ結晶の透過率向上
3. 学会等名 第50回結晶成長国内会議
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 黒澤俊介	4. 発行年 2020年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 543
3. 書名 エレクトロニクス用セラミックスの開発、評価手法と応用（うち第6章第5節担当）	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<http://yoshikawa-lab.imr.tohoku.ac.jp/personal/kurosawa/index.html>

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	北浦 守 (Kitaura Mamoru) (60300571)	山形大学・理学部・教授 (11501)	

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