

令和 4 年 6 月 13 日現在

機関番号：33302

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2021

課題番号：20K15207

研究課題名（和文）超高感度ラジオフォトルミネッセンス特性を有するアルカリ土類硫酸塩材料の開発

研究課題名（英文）Development of Alkaline Earth Salts having Highly Enhanced Radiophotoluminescence Properties

研究代表者

岡田 豪（OKADA, GO）

金沢工業大学・バイオ・化学部・講師

研究者番号：90757840

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）：硫酸塩を母体とするラジオフォトルミネッセンス材料の開発を行った。なかでも、CaSO₄を母体とする材料において顕著な特性を示し、放射線量に対する良好な感度が認められた。さらに、従来材料とは異なり、放射線照射直後から応答値が安定しており、熱を加えることで消去可能である事が認められた。さらに、熱処理による消去後においても、消去前と同様にラジオフォトルミネッセンスが発現する事が認められ、繰り返し再利用が可能である事が明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ラジオフォトルミネッセンスは現在個人被ばく線量計における放射線の検出ならびに線量の記録素子として用いられている。従来のラジオフォトルミネッセンス材料の種類は極めて少なく、この事が現象理解や材料設計指針の構築、新規応用展開の妨げとなっている。本研究では新たなラジオフォトルミネッセンス材料の開発に成功した。なかでも、放射線照射直後から応答値が安定である特性から、ラジオフォトルミネッセンス材料を用いたリアルタイム線量計測への応用展開が期待される。

研究成果の概要（英文）：Radiophotoluminescence materials with a sulphate matrix have been developed. Among these, the material based on CaSO₄ exhibited remarkable properties and good sensitivity to radiation dose. Furthermore, unlike conventional materials, the response values were stable immediately after irradiation and could be erased by applying heat. Furthermore, it was found that the radiophotoluminescence was reproducible after erasure by heat treatment in the same way as before erasure, and it was demonstrated that the material could be reused repeatedly.

研究分野：放射線計測

キーワード：ラジオフォトルミネッセンス

1. 研究開始当初の背景

ラジオフォトルミネッセンス (RPL) とは、絶縁体などの物質と放射線との相互作用により、その物質中において発光中心が生成される現象の事を指す。即ち、発光中心は紫外線などの光を当てた時にフォトルミネッセンス (PL) もしくは蛍光として観測され、RPL 材料では放射線が当たった部分からこの蛍光がみられる。また、この発光中心 (もしくは RPL 中心) の数は放射線量や線エネルギー付与 (LET) に依存する為、その蛍光強度から被ばく線量計測に用いられる。

放射線計測に用いられる蛍光体にはシンチレータ、熱蛍光体および輝尽蛍光体が挙げられる。シンチレータは放射線に対して即発的な発光を示すものであり、RPL とは違い線量を記録する素子としての能力を持たない。一方、熱蛍光体および輝尽蛍光体は線量を記録する能力を持つが、記録情報を読み取られた後は (熱や光に晒される事により) 情報が失われ、再度同じ情報を素子から読み出す事は不可能である。一方、RPL では記録情報は読み取り操作により失われる事は無く、通常自然環境下における熱や光でも情報が失われる事が無い為、極めて高い信頼性による線量計測を可能とする。

現在、銀活性りん酸塩ガラスによる RPL 現象を用い、千代田テクノル社が被ばく線量計測サービスを国内外で精力的に展開している。国内ではおおよそ 50% のシェアを持つ事からも、RPL は線量計測分野において極めて重要な役割を担っていると言える。その他の代表的な RPL 材料として、 $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C,Mg}$ および LiF が挙げられるが、放射線計測用蛍光体であるシンチレータ、熱蛍光体および輝尽蛍光体と比較しても、RPL 材料の数は極めて少なく、このような RPL 材料の少なさは RPL 現象理解、材料設計指針の構築、および新規応用開拓の隔たりとなっており、新しい RPL 材料の開拓を進め、新たな知見を積み上げる事が急務である。

2. 研究の目的

本研究では、新たな RPL 材料の開発を推進し、その基礎化学・物理特性から RPL 特性を包括的に研究する事を目的とする。なかでも、母体材料としてアルカリ土類硫酸塩や、その他無機化合物に着目する。特に、無添加 CaSO_4 による RPL は申請者等により発見され、千代田テクノル社により線量計として用いられている銀添加りん酸塩ガラスと比較しておよそ 10 倍高い感度を持つ事が確認されている。このことから、他の類似する材料においても同様に優れた RPL 特性を示す可能性が高い。

3. 研究の方法

本研究で検証を行う材料は固相反応により合成した。作製したサンプルは粉末 X 線回折による構造評価を行い、目的とする化合物が生成されている事を確認した。また、RPL の評価は独自開発した TSL/OSL/RPL 自動統合計測装置 (TORAIMS) を用いて特性評価を行った (図 1)。同装置は放射線源に X 線を用い、キセノンランプを励起光源とする事により光学フィルタと合わせて任意の励起波長を選択する事ができ、発光スペクトルはマルチチャンネル分光器により計測される。本研究では既存分光器を近赤外光用に置き換えて評価を行う。また、試料はセラミックヒーター上に設置でき、患者の体温の変動に伴う特性の違いや、RPL の安定性評価のための熱処理温度依存性評価を行う事ができる。これら構成要素はコンピュータにより一括自動制御され、人為的な操作による誤差のない系統的かつ客観的なデータを取得する事ができる。

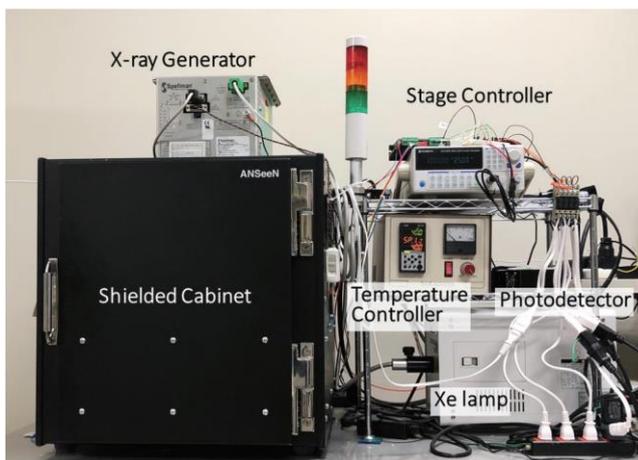


図1 TORAIMS の外観

4. 研究成果

本研究では複数の新たな RPL 材料の開発に成功した。なかでも、Sm 添加 CaSO₄ において最も優れた RPL 特性が認められたため、その成果について報告する。Sm 添加 CaSO₄ は粉末原料である CaSO₄ · 0.5H₂O および Sm₂O₃ を混合し、1200°C4h 大気中で焼成する事により得られた。図2に作製した Sm 添加 CaSO₄ における X 線照射前後の PL スペクトルを示す。X 線照射前では、およそ 550、600、650 および 700 nm 付近に発光ピークが認められ、これらは Sm³⁺ の 4f-4f 遷移による発光に帰属される。一方、X 線照射後ではそのスペクトルは大きく異なり、630 nm 付近を中心とするブロードなスペクトルならびに 680 – 820 nm に渡るシャープなスペクトルの発現が認められた。そのスペクトル形状の特徴から、前者は Sm²⁺ の 5d-4f 遷移、後者は Sm²⁺ の 4f-4f 遷移に帰属される。すなわち、同材料系において、X 線を照射することにより Sm²⁺ が発現した事が示唆される。この反応は以下の式により説明することができる。

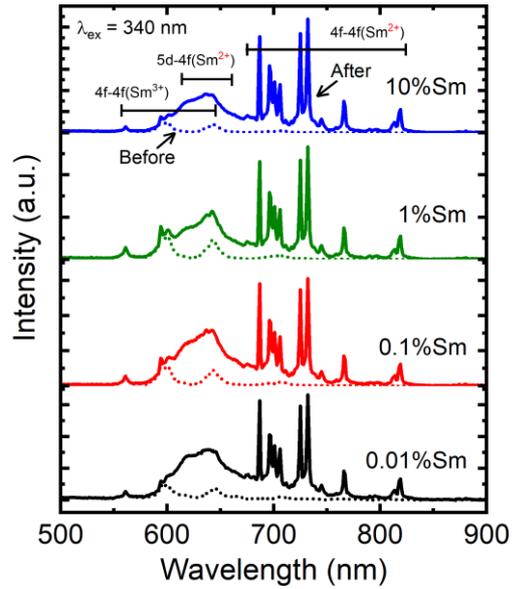
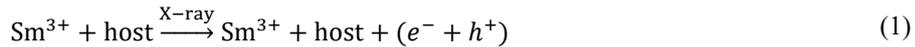


図2 PL スペクトル



まず、X 線照射により母体材料で電離が生じ、数多くの電子・正孔が生成される (式(1))。次に、これら電荷は材料中で移動し (式(2))、電子は Sm³⁺ に捕獲されて Sm²⁺ の状態に、一方、電荷保障として正孔は母体中の捕獲サイトに捕獲される (式(3))。このようにして、X 線照射により安定な Sm²⁺ が生成され、PL スペクトルとして観測されたと考えられる。

図3に得られたサンプルの線量応答特性を示す。RPL としての応答値 (PL 発光強度) は蓄積線量に対して比例関係にある事が確認できる。一方、従来の Ag 添加リン酸塩ガラスと比較してその感度はおよそ 3 分の 1 程度であった。また、上記反応を考えた場合、生成された電子の捕獲先である Sm の濃度が感度に影響を与える事が示唆されるが、Sm 濃度を 2 桁変化させた程の感度への影響は認められなかった。このことから、同材料系では電子捕獲よりも正孔捕獲過程が RPL にとって支配的なパラメータである事が示唆された。

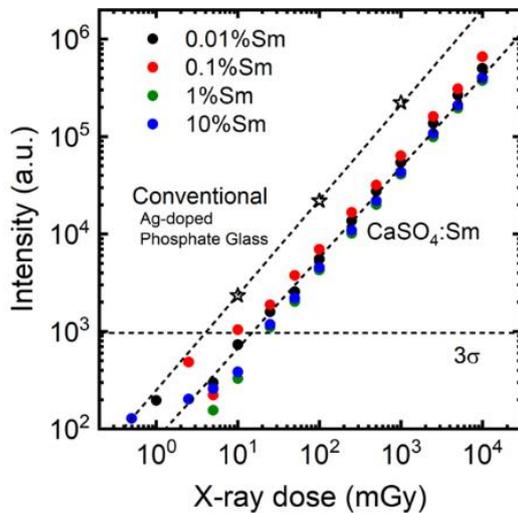


図3 線量応答特性

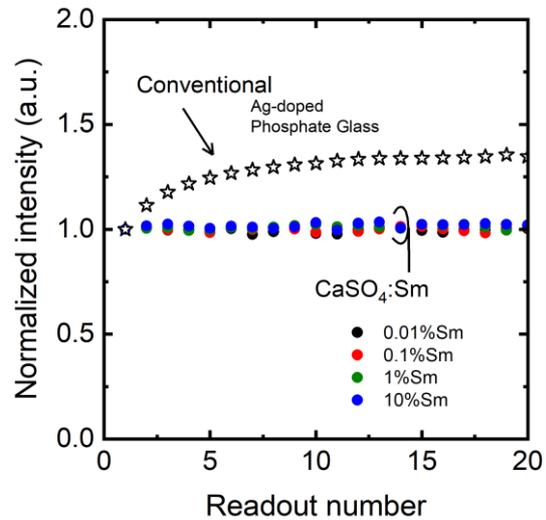


図4 室温における RPL の安定性

図4に読み取り回数に対する RPL の強度変化を示す。一部の RPL 材料では励起光を受ける事による応答値の低下 (光ブリーチング) の報告例があるが、同材料では 20 回の読み出し後にお

いてもその影響は認められなかった。また、同評価では X 線照射直後から 1 分後に読み出しの為の計測を行ったものであるが、Sm 添加 CaSO₄ では安定な挙動を示しているのに対し、従来材料である Ag 添加リン酸塩ガラスでは緩やかな信号の上昇がみられる。これは、既知のビルドアップと呼ばれる現象であり、発光中心を生成する反応が室温による熱活性により緩やかに促進されている事が影響している。このようなビルドアップを完了させ、安定な信号を得るためにはおよそ 100°C で熱処理をする過程が必要であり、既存材料では即時性を求められる線量計測が困難である事が知られている。一方、本研究で開発した Sm 添加 CaSO₄ では X 線照射直後から安定な RPL を示すため、リアルタイムによる線量計測に展開可能であることが示唆される。

RPL 信号に対する熱処理温度の影響についても評価を行った。同評価ではまず、サンプルに X 線 (10Gy) を照射した後、75°C に加熱し、10 分間保持した後に室温に戻し、PL スペクトルを測定した。この熱処理と計測の一連の過程を 500°C まで 25°C 間隔で繰り返した。図 5 に得られた Sm 添加 CaSO₄ および Ag 添加リン酸塩ガラスの各熱処理温度における RPL 応答値の変化を示す。Sm 添加 CaSO₄ では、室温から約 300°C にかけて強度の変化はみられず、フラットな特性を示している。また、熱処理温度が約 300°C 以上で急激に発光強度が減少し、500°C では無視できるほど小さくなった。この現象を一重障壁失活モデルで表した場合、得られたデータは下式で近似される。

$$I(T) = \frac{I_0}{1 + A \cdot \exp\left(-\frac{\Delta E}{k_B T}\right)} \quad (4)$$

ここで、 $I(T)$ は熱処理温度 T に対応する発光強度、 I_0 は熱処理を行っていない場合の発光強度、 A は無次元定数、 ΔE は活性化エネルギーおよび k_B はボルツマン定数。最小二乗法により実験データを上記モデルで近似した倍、活性化エネルギーは 1.16 eV と推定される。一方、Ag 添加リン酸塩ガラスでは、室温から 150°C まで RPL 信号の急峻な増大が見られる。この低温域での顕著な増加は、図 4 で観測されるビルドアップの起源である。室温より高い温度で刺激された信号のビルドアップは、より長い時間を必要とするものの、室温でも刺激することができる。つまり、Sm 添加 CaSO₄ ではこの温度範囲では熱処理温度依存性が無視できるほど小さいため、安定な応答が得られたと考えられる。

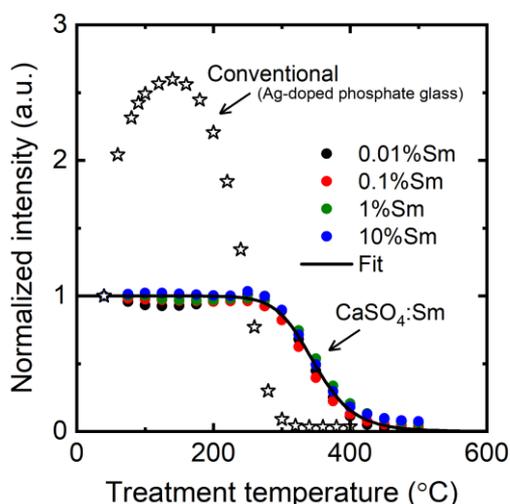


図5 熱処理温度の影響

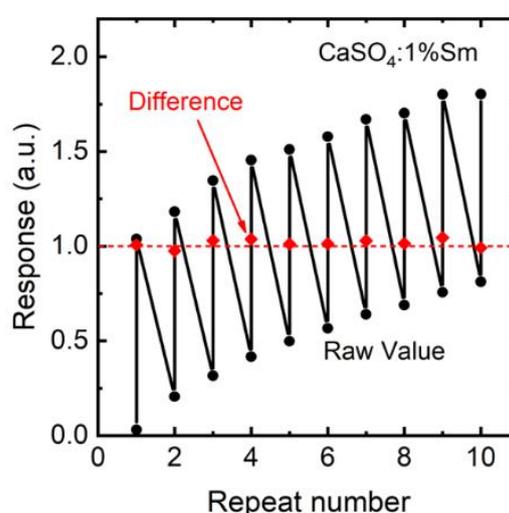


図6 室温における RPL の安定性

図 6 に Sm 添加 CaSO₄ による RPL の繰り返し再利用性を評価した結果を示す。このような検出器材料の再利用性は、産業応用、特に日常的な線量測定において最も重要な要素の一つである。同図では代表的な挙動として 1% の Sm 濃度についての結果が示されている。特性評価では、最初に PL スペクトルの測定を行い、(i) X 線照射 (1 Gy)、(ii) PL スペクトル測定、(iii) 500°C 10 分の熱処理による RPL の消去の (i)~(iii) を合計 10 回繰り返した。同図から確認できるように、X 線照射により PL 強度が劇的に増加し、熱処理により信号が減少することが認められる。また、熱処理によって信号が効果的に減少するにもかかわらず、元の値まで戻らないのは、処理温度が十分に高くないためであると考えられる (500°C は本装置の最高温度である)。このため、繰り返し回数が増えると信号全体がわずかに増加し、完全に初期化されたとは言い難い。しかし、照射前後の信号強度の差は常に一定である事から、PL 強度の変化量を用いる事で繰り返し再利用が可能である事が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 2件）

| | |
|--|-------------------------------|
| 1. 著者名 Kimura Hiromi, Okada Go, Kato Takumi, Nakauchi Daisuke, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki | 4. 巻 236 |
| 2. 論文標題 Radio-photoluminescence properties of silver-doped cesium chloride transparent ceramics | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Luminescence | 6. 最初と最後の頁 118099 ~ 118099 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jlumin.2021.118099 | 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, Hirasawa Kazuki, Yanagida Takayuki, Nanto Hidehito | 4. 巻 33 |
| 2. 論文標題 TSL/OSL/RPL Automated and Integrated Measurement System (TORAIMS) | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Sensors and Materials | 6. 最初と最後の頁 1 ~ 1 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18494/SAM.2021.3327 | 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 Okada Go, Motoki Shuta, Sakamoto Mune-aki, Kusano Eiji, Yada Ryuichi, Fujimoto Yutaka, Yanagida Takayuki, Nanto Hidehito | 4. 巻 863 |
| 2. 論文標題 Characterization of optically-stimulated luminescence properties by NaCl:Eu ²⁺ crystal and the thermal response | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Alloys and Compounds | 6. 最初と最後の頁 158561 ~ 158561 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jallcom.2020.158561 | 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 Shiratori Daiki, Masai Hirokazu, Kato Takumi, Okada Go, Nakauchi Daisuke, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki | 4. 巻 10 |
| 2. 論文標題 Oxidation suppression of Cu in alkaline aluminophosphate glass and the effects for radiation-induced luminescence characteristics | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Scientific Reports | 6. 最初と最後の頁 21403 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-78510-z | 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 Fujimoto Yutaka, Okada Go, Sekine Dai, Yanagida Takayuki, Koshimizu Masanori, Kawamoto Hiroki, Asai Keisuke | 4. 巻 133 |
| 2. 論文標題 Radiation induced change in the optical properties of NaCl:Yb crystal | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Radiation Measurements | 6. 最初と最後の頁 106274 ~ 106274 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radmeas.2020.106274 | 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 Kohara Yuto, Okada Go, Tsuyumoto Isao, Kusano Eiji, Nanto Hidehito | 4. 巻 303 |
| 2. 論文標題 Radiation-induced reduction of Eu3+ doped in SrAl2O4 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Materials Letters | 6. 最初と最後の頁 130502 ~ 130502 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.matlet.2021.130502 | 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 Wakako, Ueno Satoshi, Koguchi Yasuhiro, Hirasawa Kazuki, d'Errico Francesco, Yanagida Takayuki, Kasap Safa, Nanto Hidehito | 4. 巻 61 |
| 2. 論文標題 RPL properties of samarium-doped CaSO ₄ | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics | 6. 最初と最後の頁 SB1035 ~ SB1035 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac1ab2 | 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 Nanto Hidehito, Okada Go, Hirasawa Kazuki, Koguchi Yasuhiro, Shinozaki Wakako, Ueno Satoshi, Yanagida Yuka, d'Errico Francesco, Yamamoto Takayoshi | 4. 巻 34 |
| 2. 論文標題 Radiophotoluminescence Imaging Reader for Passive Dosimetry | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Sensors and Materials | 6. 最初と最後の頁 757 ~ 757 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18494/SAM3686 | 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 OKADA Go | 4. 巻 129 |
| 2. 論文標題 Novel radio-photoluminescence materials and applications | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Journal of the Ceramic Society of Japan | 6. 最初と最後の頁 419 ~ 424 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2109/jcersj2.21056 | 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35件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 6件)

| |
|----------------------------------|
| 1. 発表者名 岡田豪, 平澤一樹, 柳田健之, 南戸秀仁 |
| 2. 発表標題 放射線誘蛍光体特性統合評価装置の開発 |
| 3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|----------------------------------|
| 1. 発表者名 岡田豪, 篠崎健二, 柳田健之, 南戸秀仁 |
| 2. 発表標題 Sm添加弗りん酸塩ガラスのRPL特性 |
| 3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 岡田豪, 元木柊太, 坂本宗明, 草野英二, 矢田隆一, 藤本裕, 柳田健之, 南戸秀仁 |
| 2. 発表標題 Eu ²⁺ 添加NaClのOSLビルドアップと熱による影響の一考察 |
| 3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 南戸秀仁, 岡田豪, 平澤一樹, d'Errico Francesco, 柳田由香, 小口靖弘, 山本幸佳 |
| 2. 発表標題 RPLによる放射線線量分布計測 |
| 3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 岡田豪, 柳田健之, 南戸秀仁 |
| 2. 発表標題 準リアルタイム放射線計測の為の輝尽蛍光体の検討 |
| 3. 学会等名 The 31st Meeting on Glasses for Photonics |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 木村大海, 岡田豪, 加藤匠, 中内大介, 河口範明, 柳田健之 |
| 2. 発表標題 銀添加塩化セシウム透明セラミックスのラジオフィトルミネッセンス特性 |
| 3. 学会等名 第40回電子材料研究討論会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 岡田豪, 小口靖弘, 河口範明, 南戸秀仁, 柳田健之 |
| 2. 発表標題 放射線計測を目的としたSm添加CaF ₂ のラジオフィトルミネッセンス特性 |
| 3. 学会等名 日本セラミックス協会 第33回秋季シンポジウム |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名 岡田豪 |
| 2. 発表標題 ラジオフォトルミネッセンス材料の開発および応用 |
| 3. 学会等名 日本セラミックス協会 2021年年会（招待講演） |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 岡田豪，越水正典，柳田健之，南戸秀仁 |
| 2. 発表標題 RPLを用いた飛跡検出器開発の取り組み |
| 3. 学会等名 応用物理学会 極限的励起状態の形成と量子エネルギー変換研究グループ 第1回研究会（招待講演） |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名 岡田豪 |
| 2. 発表標題 ラジオフォトルミネッセンス蛍光現象とその応用 |
| 3. 学会等名 第71回サイアロン研究会（招待講演） |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 岡田豪，篠崎和佳子，上野智史，小口靖弘，平澤一樹，草野英二，Francesco d'Errico，柳田健之，Safa Kasap，南戸秀仁 |
| 2. 発表標題 サマリウム添加CaSO ₄ のRPL特性 |
| 3. 学会等名 応用物理学会 極限的励起状態の形成と量子エネルギー変換研究グループ 第2回研究会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 小原優斗, 岡田豪, 露本伊佐男, 草野英二, 南戸秀仁 |
| 2. 発表標題 Eu3+添加SrAl ₂ O ₄ によるラジオフィトルミネッセンス特性 |
| 3. 学会等名 日本セラミックス協会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 岡田豪, 篠崎和佳子, 上野智史, 小口靖弘, 平澤一樹, 草野英二, Francesco d'Errico, 柳田健之, Safa Kasap, 南戸秀仁 |
| 2. 発表標題 ラジオフィトルミネッセンス特性を示すSm添加CaSO ₄ の基礎特性評価 |
| 3. 学会等名 日本セラミックス協会 第34回秋季シンポジウム |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 岡田豪, 越水正典, 柳田健之, 南戸秀仁 |
| 2. 発表標題 ラジオフィトルミネッセンスによるイオン飛跡検出器の検討 |
| 3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小原優斗, 岡田豪, 露本伊佐男, 南戸秀仁 |
| 2. 発表標題 Eu3+添加SrAl ₂ O ₄ における放射線線量計用蛍光体としてのRPL特性 |
| 3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 南戸秀仁, 岡田豪, 平澤一樹, d'Errico Francesco, 柳田由香, 小口靖弘, 山本幸佳 |
| 2. 発表標題 フレキシブルRPL線量計および読取装置のプロトタイプ |
| 3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 岡田豪, 篠崎健二, 柳田健之, 南戸秀仁 |
| 2. 発表標題 Ag添加LiF-CaF ₂ -AlF ₃ -AlPO ₄ ガラスのRPL特性 |
| 3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 岡田豪, 柳田健之, 南戸秀仁 |
| 2. 発表標題 放射線線量計測を目的としたLi ₂ CaSiO ₄ :SmのRPL特性 |
| 3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小原優斗, 岡田豪, 露本伊佐男, 南戸秀仁 |
| 2. 発表標題 X線照射によるEu添加SrAl ₂ O ₄ のRPL特性 |
| 3. 学会等名 応用物理学会 極限的励起状態の形成と量子エネルギー変換研究グループ 第3回研究会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 岡田豪, 柳田健之, 南戸秀仁 |
| 2. 発表標題 固相反応法によるSm添加Li ₂ CaSiO ₄ の作製とRPL特性 |
| 3. 学会等名 応用物理学会 極限的励起状態の形成と量子エネルギー変換研究グループ 第4回研究会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 小原優斗, 岡田豪, 露本伊佐男, 南戸秀仁 |
| 2. 発表標題 Eu ³⁺ 添加BaAl ₂ O ₄ における放射線誘起還元反応 |
| 3. 学会等名 日本セラミックス協会 2022年年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 岡田豪, 柳田健之, 南戸秀仁 |
| 2. 発表標題 Ag添加M ₂₀ -Al ₂ O ₃ -P ₂ O ₅ (M = Li, Na, K) ガラスのラジオフォトルミネッセンス特性 |
| 3. 学会等名 日本セラミックス協会 2022年年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 小原優斗, 岡田豪, 露本伊佐男, 南戸秀仁 |
| 2. 発表標題 放射線センサー応用を目的としたEu ³⁺ 添加BaAl ₂ O ₄ のRPL特性 |
| 3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 伊藤大純, 岡田豪, 南戸秀仁 |
| 2. 発表標題 固相反応法による不純物添加CaBPO5セラミックスの合成およびRPL特性の評価 |
| 3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 岡田豪, 小口靖弘, 柳田健之, Safa Kasap, 南戸秀仁 |
| 2. 発表標題 ラジオフィトルミネッセンス (RPL) の基礎と応用 |
| 3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会 (招待講演) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 岡田豪 小口靖弘, 柳田健之, 南戸秀仁 |
| 2. 発表標題 卓越したラジオフィトルミネッセンス特性を示す無添加CaSO4 |
| 3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会 (招待講演) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 岡田豪, 柳田健之, 南戸秀仁 |
| 2. 発表標題 放射線線量計測を目的としたAg添加M20-AI203-P205 (M = Li, Na, K) ガラスのRPL特性 |
| 3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--------------------------------|
| 1. 発表者名 伊藤瀬南, 岡田豪, 南戸秀仁 |
| 2. 発表標題 NaClおよびKCl単結晶のRPL特性 |
| 3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名 南戸秀仁, 嘉藤聖矢, 岡田豪 |
| 2. 発表標題 Bi添加LiCaB03におけるRPL特性評価 |
| 3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Go Okada, Wakako Shinozaki, Satoshi Ueno, Yasuhiro Koguchi, Kazuki Hirasawa, Eiji Kusano, Francesco d'Errico, Takayuki Yanagida, Safa Kasap, Hidehito Nanto |
| 2. 発表標題 RPL properties of samarium-doped CaSO ₄ |
| 3. 学会等名 The International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EM-NANO 2020) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Go Okada, Masanori Koshimizu, Yasuhiro Koguchi, Kazuki Hirasawa, Eiji Kusano, Francesco d'Errico, Takayuki Yanagida, Safa Kasap, Hidehito Nanto |
| 2. 発表標題 RPL properties of samarium-doped CaSO ₄ |
| 3. 学会等名 Pacifichem 2021 - The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Go Okada, Yutaka Fujimoto, Hidehito Nanto, Safa Kasap, Takayuki Yanagida |
| 2. 発表標題 Thermal response of radiophotoluminescence properities in KBr:Sm single crystal |
| 3. 学会等名 Pacifichem 2021 - The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Go Okada, Kenji Shinozaki, Noriaki Kawaguchi, Hidehito Nanto, Takayuki Yanagida |
| 2. 発表標題 Radiophotoluminescence observed in Eu-doped BaAlB ₃ O ₇ F ₂ in oxyfluoride glass ceramics |
| 3. 学会等名 Pacifichem 2021 - The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Go Okada, Takayuki Yanagida, Hidehito Nanto, Safa Kasap |
| 2. 発表標題 Radiophotoluminescence phenomenon, materials and applications |
| 3. 学会等名 Pacifichem 2021 - The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Go Okada, Masanori Koshimizu, Takayuki Yanagida, Safa Kasap, Hidehito Nanto |
| 2. 発表標題 Current advancement of RPL materials and applications |
| 3. 学会等名 the 46th International Conference and Exposition on Advanced Ceramics and Composites (ICACC 2022) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

〔図書〕 計1件

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 Takayuki Yanagida, Masanori Koshimizu | 4. 発行年 2022年 |
| 2. 出版社 Wiley | 5. 総ページ数 416 |
| 3. 書名 Phosphors for Radiation Detectors | |

〔産業財産権〕

〔その他〕

| |
|--|
| 岡田研究室ホームページ http://gokadalab.com/ |
|--|

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 | | | |
|---------|-----------|--|--|--|
| カナダ | サスカチュワン大学 | | | |
| 米国 | イエール大学 | | | |