

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：17401

研究種目：挑戦的研究（開拓）

研究期間：2017～2022

課題番号：17H06239・20K20296

研究課題名（和文）地球温暖化対策に革新をもたらす新規固体冷却技術の開発

研究課題名（英文）Development of novel solid-state cooling technology that delivers innovation to global warming countermeasures

研究代表者

野口 祐二（Noguchi, Yuji）

熊本大学・大学院先端科学研究部（工）・教授

研究者番号：60293255

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 19,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、次世代の冷却機器へ利用可能な固体冷却技術を開発することを目的とする。Cuドーピングにより導入された欠陥複合体とチタン酸バリウム強誘電体の自発分極の相互作用を活用し、分極反転を制御した。シングルドメイン型の電気熱量効果は、分極反転を伴わない試料と有意な違いは見られず、温度変化は確認されなかった。一方マルチドメイン型においては、ドメイン壁の脱挿入により室温で測定された中では世界最高の性能指数を得た。欠陥複合体と自発分極の相互作用を利用しマルチドメイン状態を安定化し、ドメイン壁の脱挿入を伴う分極反転状態を創出する材料設計が、電気熱量効果の増強に有効であることを実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

強誘電体の自発分極と欠陥複合体の相互作用を巧みに利用することで、ユニポーラーの電圧印加で温度変化0.6 Kを観測した。ここで得られた性能指数は、室温における値としては世界最高性能である。欠陥複合体と自発分極の相互作用を利用した材料設計が、電気熱量効果の増強に有効であることを実証した。

空間反転対称性が破れた極性材料の一つである強誘電体の欠陥を制御して固体冷却が可能であることを実証した本研究は、既存の科学技術の延長線上にはない独創的な機能材料研究である。本成果は、自発分極が非常に大きいZnO、GaNやAlNなどの極性材料にも展開可能であり、固体冷却技術に変革をもたらす成果の創出が期待される。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research is to develop solid-state cooling technology that can be used for next-generation cooling equipment. We utilized the interaction between defect dipoles with Cu ion-oxygen vacancy and the spontaneous polarization of ferroelectric barium titanate to control the polarization reversal. The electrocaloric effect in the single-domain state was not significantly different from the pristine sample without polarization reversal, and no temperature change was confirmed. In the multi-domain state, we obtained the world's highest figure of merit measured at room temperature due to de-insertion of ferroelastic domain walls. We have demonstrated that materials design utilizing an interaction between defect dipoles and ferroelectric polarization is effective for enhancing the electrocaloric effect.

研究分野：無機材料科学

キーワード：強誘電体 電気熱量効果 分極 欠陥 ドメイン ドメイン壁

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

日本の総消費電力の約 10% を、エアコンや冷凍冷蔵庫等の冷却機器が占めている。これらの熱輸送機器は、代替フロン（HFC）の圧縮膨張を利用したヒートポンプで稼働し、そのエネルギー効率は 40–50% である。

2020 年以降の温暖化対策に関する国際ルール「パリ協定」が 2016 年 11 月 4 日に発行することが決まった。産業革命前と比べた世界の気温上昇を 2°C 未満にし、1.5°C 以内にに向けて努力することが明記されている。この 2°C 目標の達成には、世界で 300 億 t の CO<sub>2</sub> の削減が必要とされている。

日本政府は今年の 4 月、「エネルギー・環境イノベーション戦略」を取りまとめた。地球温暖化防止と経済成長の両立を目指し、「省エネ」「蓄エネ」「創エネ」「CO<sub>2</sub> 固定化・有効利用」の重点 4 分野で、研究開発を強力に推進することを決めた。しかし、日本政府の対応は後手に回っている。現在、パリ協定批准の国会承認を進めているが、本年の 11 月 7-8 日に開催される COP22 には間に合わない見通しだ。

本研究では、次世代の冷却機器に利用可能な固体冷却技術開発を対象としている。固体冷却の特徴を以下に記す。従来のヒートポンプ式機器を固体冷却に置き換えることで、消費電力が低減し、エネルギー起源の CO<sub>2</sub> 排出量（全体の約 90%）を、10–20% 程度を抑えることができる（2014 年度に排出された温室効果ガスの総排出量は 13.6 億 t-CO<sub>2</sub> 換算、エネルギー起源の CO<sub>2</sub> 排出量は 11.9 億 t）。

地球温暖化の原因とされる二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）の 3000 倍もの温室効果をもたらす代替フロン（HFC：ハイドロフルオロカーボン）が、現在の冷却機器に使用されている。未回収や使用時の漏洩により、2020 年には 4200 万 t-CO<sub>2</sub> 換算（年間）もの HFC が大気中に放出されると予測されている。この漏洩による HFC 排出の影響は、日本の全森林で吸収可能な CO<sub>2</sub> の総量（森林吸収量）に匹敵する。さらに、HFC の市中ストック（総量）は 4 億 t-CO<sub>2</sub> 換算（2020 年）となり、2020 年以降は加速度的に HFC の大気排出量が増大し、地球温暖化に甚大な悪影響を及ぼすことが指摘されている。

現在のガス冷却機器を固体冷却に代替することで、温室効果ガスの総排出量を 1.6 億 t-CO<sub>2</sub> 換算（エネルギー起源の 10%（1.2 億 t）+ HFC の漏洩由来の 0.4 億 t）削減することができる。1.6 億 t の CO<sub>2</sub> 削減量は、原子力発電所を 21 基稼働させて発電し、火力発電所の稼働率を下げ得られる CO<sub>2</sub> 削減量に相当する。

### 2. 研究の目的

本研究では、次世代の冷却機器に利用可能な固体冷却技術を開発し、革新的な地球温暖化対策を我が国に提供することを目的とする。

### 3. 研究の方法

本応募者の独創的な成果である「電場誘起相転移」と「欠陥分極機能」を基盤として、理論計算（第一原理計算）と実験の有機的な関係により、分極性固体における電気熱量効果の増強を可能とする材料設計指針を確立する。理論計算（第一原理計算）と実験の有機的な関係を主軸として、電気熱量効果の増強を可能とする材料設計指針を確立する。

#### 4. 研究成果

強誘電体 BaTiO<sub>3</sub> に酸素空孔 V<sub>O</sub><sup>••</sup> とアクセプタ (Mn や Cu) から成る欠陥双極子 (D<sub>dipol</sub>) を形成することによって、D<sub>dipol</sub> と自発分極 (P<sub>s</sub>) との相互作用を利用した分極反転特性の制御が可能であることを見出している。モデル材料として Cu ドープ BaTiO<sub>3</sub> 多結晶體を選択し、種々の分極特性を示す試料において分極特性および電気熱量特性を評価した。電気熱量効果の測定は、電場下の分極応答に伴う温度変化を直接測定するシステムを立ち上げて行った。また、ランダウの自由エネルギーモデルを援用して、得られた電気熱量効果を熱力学的に考察した。

固相法により Cu ドープ BaTiO<sub>3</sub> (BaTi<sub>1-x</sub>Cu<sub>x</sub>O<sub>3-δ</sub>, Cu-BaTiO<sub>3</sub>, x = 0.3%, 1.5%) の高密度多結晶體(相対密度 > 95 %) を作製した。酸素分圧 (P<sub>O<sub>2</sub></sub>) を制御した雰囲気中で 900 °C, 3 h 以上保持し平衡状態に達した後、室温まで短時間 (1–3 s) でクエンチすることによって、V<sub>O</sub><sup>••</sup> の濃度および Cu の価数を凍結した (還元アニール)。アニールした試料を P<sub>O<sub>2</sub></sub> = 0.2 atm において 200 °C で 5 min 加熱して V<sub>O</sub><sup>••</sup> を拡散させた後に、キュリー温度 (T<sub>C</sub> = 130 °C) より低い 80 °C で 3 から 24 h 保持 (aging 処理) した。aging 処理 (強誘電相の状態ですべて試料を加熱) により、V<sub>O</sub><sup>••</sup> を再配列させて D<sub>dipol</sub> を形成した。一部の試料においては、aging 処理前に室温で 30 kV cm<sup>-1</sup> の電界 (E) を印加してポーリング処理を行い、試料の分極状態を変化させた。種々の試料において、電圧を印加および除去 (速度 60 kV cm<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>) した際の温度変化を、試料に直接取り付けられた極微小熱容量の K 熱電対を用いて測定した。測定は断熱状態とするために系内を減圧 (~0.7 atm) して行った。

図 1(a) に、還元アニール (P<sub>O<sub>2</sub></sub> = 7 × 10<sup>-5</sup> atm) した試料 (x = 0.3 %) の分極特性を示す。試料をポーリングせずに aging 処理 (80 °C, 24 h) を行った結果、E = 0 において P ≈ 0 となるピンチングした分極ヒステリシス曲線を示した。これは、還元アニール後のマルチドメイン状態 (P = 0) で aging 処理することにより、V<sub>O</sub><sup>••</sup> の再配列で形成された D<sub>dipole</sub> がマルチドメイン状態を安定化したことを示している。本試料に正の unipolar 電場を印加すると、電場方向への P<sub>s</sub> 整列によりシングルドメイン状態になり、電場を除去すると D<sub>dipole</sub> により安定化された元のマルチドメイン状態に戻る [図 1(b)]。この試料の電気熱量効果を直接測定した結果 [図 1(c)]、温度変化 ΔT<sub>+</sub> = 0.56 K, ΔT<sub>-</sub> = 0.53 K となり分極反転を伴わない試料 [図 1(b)] と比べて 4 倍程度と極めて大きかった。

この Figure-Of-Merit (FOM = |ΔT<sub>-</sub>/E<sub>on</sub>|) は 25 mK cm kV<sup>-1</sup> となり BaTiO<sub>3</sub> 薄膜 (T<sub>C</sub> 近傍) の報告値 (FOM = 0.010)<sup>[1]</sup> よりも二倍程度大きい。本研究で得られた FOM は、室温における値としては世界最高性能である。

シングルドメイン → マルチドメイン間の分極反転には図 3(b) に示すようにドメイン

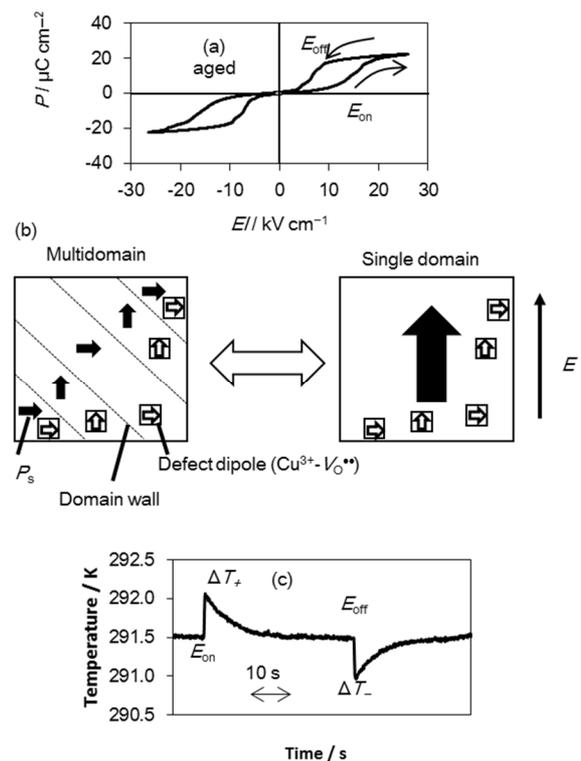


Figure 1 (a) Polarization property of the aged Cu0.3%-BaTiO<sub>3</sub> ceramics, (b) schematic of the polarization switching, and (c) the direct measurement data of the electrocaloric effect.

壁の生成消滅を伴う。ヘルムホルツエネルギーにドメイン壁による分極の空間変調の項を導入した既報の計算によると、ドメイン壁の生成が吸熱過程であることが報告されている<sup>[6,7]</sup>。マルチドメイン型試料が大きな電気熱量効果を示すのは、ドメイン壁の生成消滅によるものと結論した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計30件（うち査読付論文 29件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 Fu Xiuwei, Villora Encarnacion, Matsushita Yoshitaka, Kitanaka Yuuki, Noguchi Yuji, Miyayama Masaru, Shimamura Kiyoshi, Ohashi Naoki	4. 巻 851
2. 論文標題 Lattice engineering by Sr-substitution leads to high piezoelectric performance of $(\text{Sr}_x\text{Ca}_{1-x})_3\text{TaAl}_3\text{Si}_2\text{O}_{14}$ single crystals	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Alloys and Compounds	6. 最初と最後の頁 156860 ~ 156860
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jallcom.2020.156860	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 該当する
1. 著者名 Noguchi Yuji, Inoue Ryotaro, Matsuo Hiroki	4. 巻 129
2. 論文標題 Domain-wall photovoltaic effect in Fe-doped $\text{BaTiO}_3$ single crystals	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 084101 ~ 084101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0035597	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 NOGUCHI Yuji	4. 巻 129
2. 論文標題 Defect chemistry in perovskite ferroelectrics -History, present status, and future prospects-	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 271 ~ 285
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2109/jcersj2.21039	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 Noguchi Yuji, Matsuo Hiroki	4. 巻 60
2. 論文標題 Ferroelectric photovoltaic tensor in visible-light-active Fe-doped $\text{BaTiO}_3$ single crystals	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SFFA01 ~ SFFA01
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac0c6c	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 Abe Tomohiro, Kim Sangwook, Moriyoshi Chikako, Kitanaka Yuuki, Noguchi Yuji, Tanaka Hiroshi, Kuroiwa Yoshihiro	4. 巻 117
2. 論文標題 Visualization of spontaneous electronic polarization in Pb ion of ferroelectric PbTiO <sub>3</sub> by synchrotron-radiation x-ray diffraction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 252905 ~ 252905
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0037396	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 Noguchi Yuji, Taniguchi Yuki, Inoue Ryotaro, Miyayama Masaru	4. 巻 11
2. 論文標題 Successive redox-mediated visible-light ferrophotovoltaics	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 966 ~ 966
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-020-14763-6	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 Yoneda Yasuhiro, Noguchi Yuji	4. 巻 59
2. 論文標題 Nanoscale structural analysis of Bi <sub>0.5</sub> Na <sub>0.5</sub> TiO <sub>3</sub>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SPPA01 ~ SPPA01
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/aba2c2	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 Matsuo Hiroki, Noguchi Yuji, Miyayama Masaru, Kiguchi Takanori, Konno Toyohiko J.	4. 巻 116
2. 論文標題 Enhanced photovoltaic effects in ferroelectric solid solution thin films with nanodomains	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 132901 ~ 132901
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5142880	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 Matsuo Hiroki, Noguchi Yuji, Miyayama Masaru, Kiguchi Takanori, Konno Toyohiko J.	4. 巻 116
2. 論文標題 Enhanced photovoltaic effects in ferroelectric solid solution thin films with nanodomains	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 132901 ~ 132901
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5142880	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 Noguchi Yuji, Taniguchi Yuki, Inoue Ryotaro, Miyayama Masaru	4. 巻 11
2. 論文標題 Successive redox-mediated visible-light ferrophotovoltaics	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 989/1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-020-14763-6	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 Kitanaka Yuuki, Noguchi Yuji, Miyayama Masaru	4. 巻 9
2. 論文標題 Uncovering ferroelectric polarization in tetragonal (Bi <sub>1/2</sub> K <sub>1/2</sub> )TiO <sub>3</sub> -(Bi <sub>1/2</sub> Na <sub>1/2</sub> )TiO <sub>3</sub> single crystals	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 19275/1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-55576-y	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 Kitanaka Yuuki, Makisumi Kohei, Noguchi Yuji, Miyayama Masaru, Hoshikawa Akinori, Ishigaki Toru	4. 巻 58
2. 論文標題 Composition-driven structural variation in ferrielectric phase of (Bi <sub>1/2</sub> Na <sub>1/2</sub> )TiO <sub>3</sub> -Ba(Mg <sub>1/3</sub> Nb <sub>2/3</sub> )O <sub>3</sub>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SLLA04 ~ SLLA04
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab37c4	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 Yoneda Y., Taniguchi H., Kitanaka Y., Noguchi Y.	4. 巻 538
2. 論文標題 Local structure analysis of PbTiO <sub>3</sub> in high-temperature cubic phase	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Ferroelectrics	6. 最初と最後の頁 57 ~ 62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00150193.2019.1569986	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 Noguchi Yuji, Matsuo Hiroki, Kitanaka Yuuki, Miyayama Masaru	4. 巻 9
2. 論文標題 Ferroelectrics with a controlled oxygen-vacancy distribution by design	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 4225/1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-40717-0	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 Kojima Seiji, Zushi Junta, Noguchi Yuji, Miyayama Masaru	4. 巻 532
2. 論文標題 Successive phase transition of lead-free ferroelectric sodium potassium niobate crystals studied by Raman scattering	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Ferroelectrics	6. 最初と最後の頁 183 ~ 189
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00150193.2018.1430443	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 Noguchi Yuji, Tada Masaru, Kitanaka Yuuki, Miyayama Masaru	4. 巻 8
2. 論文標題 Fabrication and characterization of (Ba, Sr)RuO <sub>3</sub> ceramic targets and thin films for ferroelectric BaTiO <sub>3</sub> thin-film capacitors	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 115135 ~ 115135
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5063861	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 Kitanaka Yuuki, Ogino Motohiro, Noguchi Yuji, Miyayama Masaru, Hoshikawa Akinori, Ishigaki Toru	4. 巻 57
2. 論文標題 Crystal structure and ferroelectric polarization of tetragonal (Bi1/2Na1/2)TiO3-BaTiO3	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 11UD05 ~ 11UD05
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.57.11UD05	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 Fu Xiuwei, Villora Encarnacin G., Matsushita Yoshitaka, Kitanaka Yuuki, Noguchi Yuji, Miyayama Masaru, Shimamura Kiyoshi, Ohashi Naoki	4. 巻 501
2. 論文標題 Piezoelectric Ca3TaAl3Si2O14 (CTAS): High quality 2-in. single-crystal growth and electro-elastic properties from room to high (650 °C) temperature	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Crystal Growth	6. 最初と最後の頁 38 ~ 42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jcrysgro.2018.08.030	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 Noguchi Yuji, Maki Hisashi, Kitanaka Yuuki, Matsuo Hiroki, Miyayama Masaru	4. 巻 113
2. 論文標題 Control of misfit strain in ferroelectric BaTiO3 thin-film capacitors with SrRuO3-based electrodes on (Ba, Sr)TiO3-buffered SrTiO3 substrates	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 012903 ~ 012903
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5031156	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 野口 祐二、北中 佑樹	4. 巻 45
2. 論文標題 Polar Perovskite高品質単結晶の育成-AgNbO3を例に-	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本結晶成長学会誌	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) 10.19009/jjacg.33-45-3-04	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 Matsuo Hiroki, Noguchi Yuji, Miyayama Masaru	4. 巻 8
2. 論文標題 Gap-state engineering of visible-light-active ferroelectrics for photovoltaic applications	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 207/1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-017-00245-9	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 MAKISUMI Kohei, KITANAKA Yuuki, NOGUCHI Yuji, MIYAYAMA Masaru	4. 巻 125
2. 論文標題 Enhanced polarization properties of ferroelectric (Bi <sup>1/2</sup> Na <sup>1/2</sup> )TiO <sub>3</sub> -Ba(Mg <sup>1/3</sup> Nb <sup>2/3</sup> )O <sub>3</sub> single crystals grown under high-pressure oxygen atmosphere	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of the Ceramic Society of Japan	6. 最初と最後の頁 463 ~ 467
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2109/jcersj2.16285	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 Fu Xiuwei, Villora Encarnacion, Matsushita Yoshitaka, Kitanaka Yuuki, Noguchi Yuji, Miyayama Masaru, Shimamura Kiyoshi, Ohashi Naoki	4. 巻 7
2. 論文標題 Resistivity and piezoelectric properties of Ca <sub>3</sub> TaGa <sub>1.5</sub> Al <sub>1.5</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>14</sub> single crystals for high temperature sensors	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 56697 ~ 56703
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c7ra11926g	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 Matsuo Hiroki, Kitanaka Yuuki, Inoue Ryotaro, Noguchi Yuji, Miyayama Masaru, Kiguchi Takanori, Konno Toyohiko J.	4. 巻 94
2. 論文標題 Bulk and domain-wall effects in ferroelectric photovoltaics	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 214111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.94.214111	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 Kojima Seiji, Tsukada Shinya, Noguchi Yuji	4. 巻 586
2. 論文標題 Order-disorder nature and elastic anomaly of successive phase transition of (K0.5Na0.5)NbO3 proved by broadband Brillouin scattering	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Ferroelectrics	6. 最初と最後の頁 2~9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00150193.2021.2014256	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 Noguchi Yuji, Matsuo Hiroki	4. 巻 61
2. 論文標題 Ferroelectric polarization of tetragonal BiFeO3, an approach from DFT calculations for BiFeO3-BaTiO3 superlattices	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SN1002 ~ SN1002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac7bd2	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 Matsuo Hiroki, Noguchi Yuji	4. 巻 15
2. 論文標題 High-quality ferroelectric Bi0.5K0.5TiO3-BiFeO3 solid-solution single crystals grown under high-pressure oxygen atmosphere	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 081002 ~ 081002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/ac7eab	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 Matsuo Hiroki, Utsunomiya Masashi, Noguchi Yuji	4. 巻 14
2. 論文標題 Utilizing ferrorestorable polarization in energy-storage ceramic capacitors	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 NPG Asia Materials	6. 最初と最後の頁 80/1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41427-022-00426-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 Matsuo Hiroki、Noguchi Yuji	4. 巻 10
2. 論文標題 High Photocurrent Anisotropy in Domain Engineered Ferroelectrics for Visible Light Polarization Detection	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Advanced Optical Materials	6. 最初と最後の頁 2201280 ~ 2201280
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adom.202201280	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 Noguchi Yuji、Matsuo Hiroki	4. 巻 12
2. 論文標題 Origin of Ferroelectricity in BiFeO3-Based Solid Solutions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nanomaterials	6. 最初と最後の頁 4163 ~ 4163
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nano12234163	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 20件 / うち国際学会 18件)

1. 発表者名 Yuji Noguchi
2. 発表標題 Visible-Light Active FerrophotoVoltaics
3. 学会等名 IEEE International Symposium on Applications of Ferroelectrics (ISAF2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuji Noguchi
2. 発表標題 VISIBLE-LIGHT ACTIVATION OF FERROELECTRIC PHOTOVOLTAICS
3. 学会等名 The 22nd American Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ACCGE-22) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野口 祐二
2. 発表標題 強誘電体のintrinsic 圧電歪
3. 学会等名 第50回EMシンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuji Noguchi
2. 発表標題 VISIBLE-LIGHT ACTIVATION OF FERROELECTRIC PHOTOVOLTAICS
3. 学会等名 14th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology (PACRIM 14) including Glass & Optical Materials Division 2021 Annual Meeting (GOMD 2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuji Noguchi
2. 発表標題 Electrically controlled polar perovskites
3. 学会等名 The 5th International Conference on Smart Materials and Nanotechnology (SmartMat@2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野口 祐二
2. 発表標題 格子欠陥を利用した強誘電体・フェリ誘電体設計
3. 学会等名 第33日本セラミックス協会秋季シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野口 祐二
2. 発表標題 分極性ペロブスカイトの材料設計と新機能開拓
3. 学会等名 強的秩序とその操作に関わる研究グループ 第10回 研究会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuji Noguchi
2. 発表標題 Electric-field-induced ferrielectric-ferroelectric transitions in polar perovskites
3. 学会等名 19th US Japan Seminar on Dielectric and Piezoelectric Ceramics (19th US-Japan) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuji Noguchi
2. 発表標題 Electrical control of ferrielectric and ferroelectric perovskites
3. 学会等名 The 11th China and Japan Symposium on Ferroelectric Materials and Their Applications (CJFMA11) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuji Noguchi
2. 発表標題 Electrical control of ferrielectric and ferroelectric phases in Bi-based polar perovskite
3. 学会等名 19th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE-19 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuji Noguchi
2. 発表標題 Ferroelectric capacitors with a controlled oxygen-vacancy distribution
3. 学会等名 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATERIALS FOR ADVANCED TECHNOLOGIES (ICMAT 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuji Noguchi
2. 発表標題 Giant Photovoltaic Effect of Ferroelectric Domain Walls in Perovskite Ferroelectrics
3. 学会等名 2018 ISAF-FMA-AMF-AMEC-PFM Joint Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuji Noguchi
2. 発表標題 Polarization Twist in Perovskite Ferrielectrics Enhanced Piezoresponse in (Bi,Na)TiO <sub>3</sub> -Based Single Crystals
3. 学会等名 2018 ISAF-FMA-AMF-AMEC-PFM Joint Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuji Noguchi
2. 発表標題 Gap-state engineering of visible-light-active photoferroelectrics
3. 学会等名 International Conference on Science and Technology of Emerging Materials 2018 (STEMa2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Yoneda, H. Taniguchi, and Y. Noguchi
2. 発表標題 Local Structure Analysis of PbTiO <sub>3</sub> in High-Temperature Cubic Phase
3. 学会等名 14th Russia / CIS / Baltic / Japan Symposium on Ferroelectricity RCBJSF 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuji Noguchi
2. 発表標題 Polarization twist in perovskite ferrielectrics: A study on (Bi,Na)TiO <sub>3</sub> -BaTiO <sub>3</sub> single crystals
3. 学会等名 The Fourteenth International Meeting on Ferroelectricity (IMF 2017) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuji Noguchi
2. 発表標題 Ferroelectric Photovoltaics Delivering Abnormally High Photovoltages
3. 学会等名 The 6th International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EM-NANO 2017) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuji Noguchi
2. 発表標題 Enhanced piezoresponse in polar perovskite oxides: Polarization twist in (Bi,Na)TiO <sub>3</sub> -based ferrielectrics
3. 学会等名 12th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology including Glass & Optical Materials Division Meeting 2017 (PACRIM2017) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuji Noguchi
2. 発表標題 Giant Photovoltaic Effect of Ferroelectric Domain Walls in BiFeO <sub>3</sub> and BaTiO <sub>3</sub>
3. 学会等名 12th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology including Glass & Optical Materials Division Meeting 2017 (PACRIM2017) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuji Noguchi
2. 発表標題 Energy storage ceramic capacitors utilizing ferrorestorable polarization
3. 学会等名 15th International Symposium on Ferroic Domains & Micro- to Nano-scopic Structures (ISFD-15) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuji Noguchi
2. 発表標題 Progress and future prospects of bismuth titanate-based polar materials
3. 学会等名 International Session at the Ceramic Society of Japan Annual Meeting (International Session) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

熊本大学 大学院先端科学研究部 情報・エネルギー部門 野口・松尾研究室  
<https://kumamoto-u-energyconvmater.jp/researchmap>  
<https://researchmap.jp/read0103227>

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