

令和 2 年 6 月 3 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2018～2019

課題番号：18K18952

研究課題名（和文）電子顕微鏡直接観察に立脚した新規蛍石構造強誘電ナノ粒子の創成

研究課題名（英文）Development of new ferroelectric nanoparticle of fluorite structure through electron microscopy direct observation

研究代表者

佐藤 幸生（Sato, Yukio）

九州大学・工学研究院・准教授

研究者番号：80581991

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究計画では新規強誘電体ナノ粒子の開発を目的として水熱合成法による酸化ハフニウム（ $\text{HfO}_2$ ）および酸化ジルコニウム（ $\text{ZrO}_2$ ）ナノ粒子の合成ならびに原子分解能走査透過型電子顕微鏡（STEM）解析を行った。 $\text{HfO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{Hf}(1-x)\text{ZrxO}_2$ の結晶性ナノ粒子を合成することに成功した他、「2段階アフィン変換法」を開発し、STEM解析における誤差を大幅に低減することに成功した。また、本手法を一部適用することでチタン酸バリウムナノ粒子中のマルチドメイン構造を原子スケールで直接同定することに成功した（Sato et al., ACS Appl. Nanomater., 2019.）。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の意義は2つあり、1つは新しい誘電体ナノ材料の可能性を提示したことであり、これは将来コンデンサなどの新規電子セラミックスの開発につながる重要な治験である。もう1つは電子顕微鏡解析における新しい可能性を開拓したことである。本研究で開発された「2段階アフィン変換法」はこれまで電子顕微鏡解析の大きな欠点であった格子定数の誤差を大幅に低減するものであり、ナノ粒子材料の新しい結晶構造解析手法を提供し、材料解析の可能性を大幅に広げるものである。

研究成果の概要（英文）：In this research project, we have carried out hydrothermal synthesis and atomic-resolution scanning transmission electron microscopy studies, aiming to develop new ferroelectric nanoparticles. We have succeeded producing hafnium dioxide, zirconium dioxide, and hafnium-zirconium dioxide nanoparticles with good crystal qualities and a single phase. Furthermore, we have developed a new methodology, two-step affine transformation method, to reduce an error in lattice parameters measured by atomic-resolution scanning transmission electron microscopy. Development of the method is reported in a couple of papers (Sato et al., Phys. Status Solidi, 2019 and Fujinaka et al., J. Mater. Sci., 2020) so far. A part of this method is applied to characterize atomic-scale polarization behavior in a barium titanate nanoparticle, which successfully visualized the depth-sectional multi-domain structure in the particle (Sato et al., ACS Appl. Nanomater., 2019.).

研究分野：誘電体セラミックス

キーワード：ナノ粒子 ハフニア 電子顕微鏡 チタン酸バリウム ジルコニア

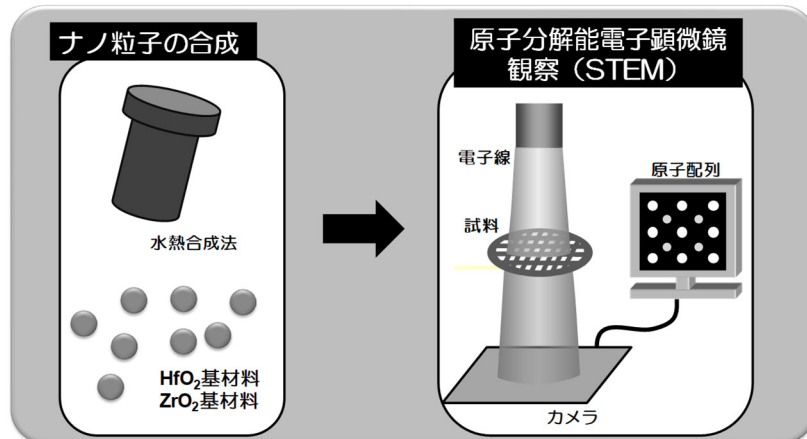
様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年強く希求されている電子デバイスの小型化・高性能化の要望を受けて、強誘電体研究の分野では、ナノ粒子の研究開発が進められている。チタン酸バリウム ( $\text{BaTiO}_3$ ) を代表とするペロブスカイト型の結晶構造を有する従来材は粒子サイズの減少で比誘電率の低下や強誘電性の消失が起こるサイズ効果を示すことが開発の障害となっている。ところが、最近、酸化ハフニウム ( $\text{HfO}_2$ ) 基の薄膜が強誘電性を示すことが報告され (Böscke *et al.*, Appl. Phys. Lett., 2011.)、新規強誘電体化合物の可能性が提示された。この化合物群はサイズ効果による特性の低下が顕著では無いとされ、有望な強誘電体ナノ材料としての物質的なポテンシャルが秘められている。

### 2. 研究の目的

そこで本研究では、蛍石型構造を有する化合物 ( $\text{HfO}_2$  および酸化ジルコニウム ( $\text{ZrO}_2$ )) のナノ粒子合成を水熱合成法と原子分解能走査透過型電子顕微鏡法 (STEM) の併用 (図 1) によって行った。



### 3. 研究の方法

ナノ粒子の合成には塩化ハフニウム、塩化マグネシウムおよび塩化ジルコニウムの粉末、水酸化ナトリウム水溶液を原料として用い、

所望の濃度となるように調整した後に、攪拌して混合し、ステンレス製容器に封入して  $80 \sim 200^\circ\text{C}$  で  $3 \sim 24$  時間の間、水熱処理を行った。得られた液体を遠心分離機で分離精製、水およびエタノールを用いて洗浄した後にオープン内で  $50^\circ\text{C}$ 、 $24$  時間乾燥させることを所望の粉末を得た。合成した試料の組成は  $\text{Hf}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O}_2$  ( $x = 0 \sim 0.63$ )、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{Zr}_{0.903}\text{Mg}_{0.097}\text{O}_2$  とした。また、別途、超臨界水熱合成法で作成されたチタン酸バリウム ( $\text{BaTiO}_3$ ) ナノ粒子について原子分解能 STEM 解析を行った。

得られた粉末の結晶構造解析は X 線回折 (XRD) 法を用いて行った。また、走査型電子顕微鏡観察、エネルギー分散型 X 線分光法による組成分析、透過型電子顕微鏡 (TEM) 観察、原子分解能 STEM 観察などの微構造解析を行った。

### 4. 研究成果

#### 4-1. $\text{Hf}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O}_2$ ( $x = 0 \sim 0.63$ ) および $\text{Zr}_{0.903}\text{Mg}_{0.097}\text{O}_2$ ナノ粒子の合成

図 2 (a)~(c) に  $160^\circ\text{C}$ 、 $24$  時間の条件で水熱処理を行った  $\text{Hf}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O}_2$  ( $x = 0, 0.3, 0.5$ ) ナノ粒子の XRD パターンを示す。いずれのパターンにおいても良好な結晶性が得られていることが分かる。また、殆どのピーク位置は単斜晶 (M) 相に帰属できるものであり、いずれの試料も単斜晶相が主成分であることが明らかとなった。

図 3 (a)~(c) に  $\text{Hf}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O}_2$  ( $x = 0, 0.42, 0.63$ ) ナノ粒子の TEM 像を示す。得られたナノ粒子は細長いとがった形状をしていた。各組成において粒子径の平均を取ったところ、 $x = 0$  では長径および短径方向の平均がそれぞれ  $80 \text{ nm}$  と

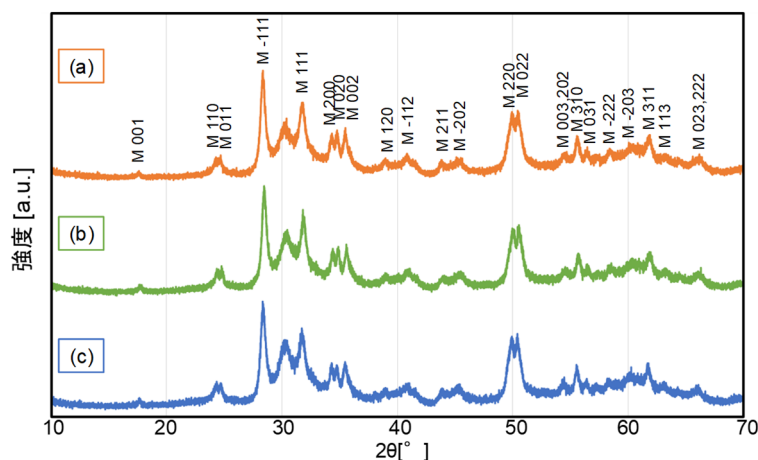


図 2.  $\text{Hf}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O}_2$  ( $x = 0 \sim 0.5$ ) ナノ粒子の XRD パターン. (a)  $x = 0$ , (b)  $x = 0.3$ , (c)  $x = 0.5$  のものをそれぞれ示す。合成条件は  $160^\circ\text{C}$  で  $24$  時間であった。

39 nm、 $x = 0.42$  ではそれぞれ 154 nm と 53 nm、 $x = 0.63$  ではそれぞれ 175 nm と 47 nm となり、 $x$  (Zr 添加量) が増加するほど粒子が大きくなる (長径が長くなる) 傾向にあることが分かった。これは Zr の添加で粒成長が促進されたためではないかと考えられる。次いで、 $x = 0.63$  試料の STEM 像および EDS 元素マップを示す (図 3 (d)~(g))。粒子内に Hf, Zr および O が均一に分布していることが明らかとなり、図 2 および図 3 の結果から、 $160^\circ\text{C}$ 、24 時間の条件で水熱処理を行った場合はいずれの組成の  $\text{Hf}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O}_2$  試料も単斜晶相単相に近い結晶性でかつ Zr が均一に固溶した材料が得られることが明らかとなった。最後に、合成条件を  $120^\circ\text{C}$ 、24 時間の条件とした場合の XRD パターンを図 4 に示す。図 2 の場合とは異なり、M 相由来のピーク強度は減少し、M 相では帰属できないピーク (ここでは暫定的に T で示している) の強度が強くなった。これは正方晶相、立方晶相もしくは直方晶相で帰属しうる可能性があるピークであるがこの XRD パターンのみからこれ以上の同定を行うことができなかった。以後、この試料の結晶構造解析より詳細に行っていく予定である。

$\text{Zr}_{0.903}\text{Mg}_{0.097}\text{O}_2$  ナノ粒子については  $160^\circ\text{C}$ 、24 時間の条件で水熱処理を行った後にポストアニールを行った際の結晶相の変化について調べた。ポストアニール無し、 $450^\circ\text{C}$ 、 $650^\circ\text{C}$ 、 $800^\circ\text{C}$  の各試料における XRD パターン (図 5) から、 $450^\circ\text{C}$  以下の試料では単斜晶相が比較的安定であるのに対して、 $650^\circ\text{C}$  以上の熱処理で上記と類似の正方晶相か立方晶相か直方晶相に帰属される可能性のあるピークが確認された。

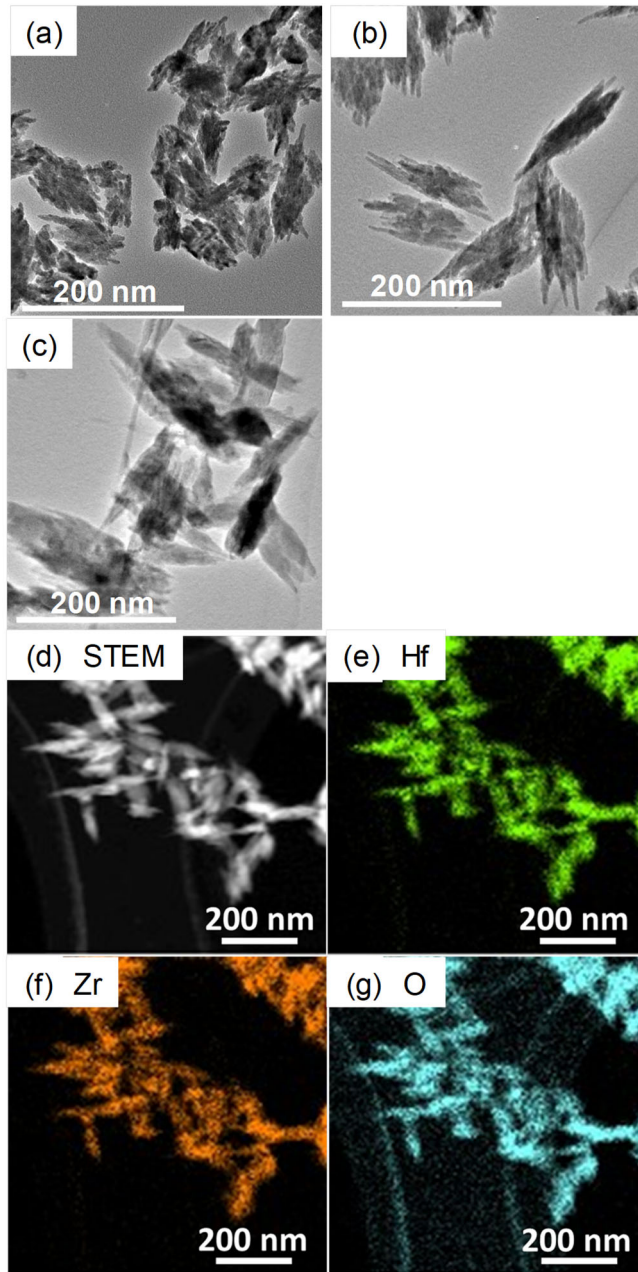


図 3.  $\text{Hf}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O}_2$  ( $x=0\sim 0.63$ ) ナノ粒子の TEM 像. (a)  $x = 0$ , (b)  $x = 0.42$ , (c)  $x = 0.63$  のものをそれぞれ示す。合成条件は  $160^\circ\text{C}$  で 24 時間であった。 $x = 0.63$  試料の (d)STEM 像および (e)~(g)EDS 元素マップ、(e)Hf、(f)Zr、(g)O のものをそれぞれ示す。

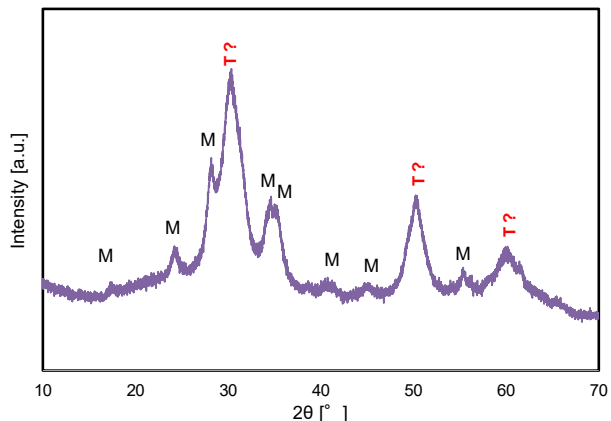


図 4.  $\text{Hf}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O}_2$  ( $x = 0.5$ ) ナノ粒子の XRD パターン。合成条件は  $120^\circ\text{C}$  で 24 時間であった。

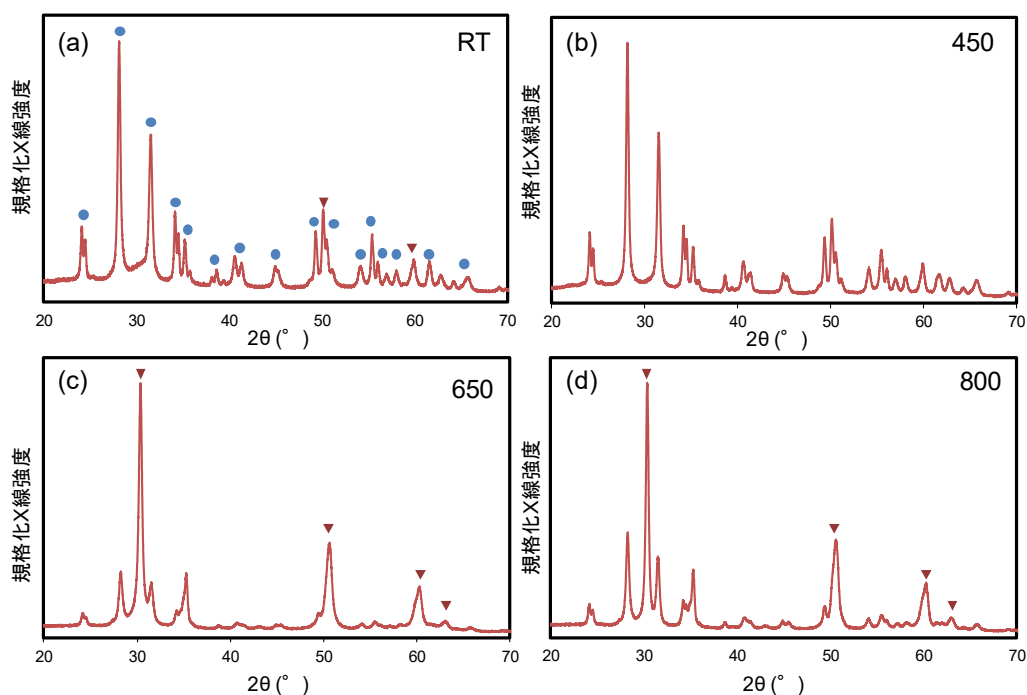


図 5.  $Zr_{0.903}Mg_{0.097}O_2$  ナノ粒子の XRD パターン. (a)ポストアニール無し、(b)450°Cポストアニール試料、(c)650°Cポストアニール試料、(d)800°Cポストアニール試料のものをそれぞれ示す。青丸は単斜晶相で帰属できるピーク、赤い三角は正方晶相か立方晶相か直方晶相に帰属される可能性のあるピークを示す。

#### 4-2. 2段階アフィン変換法による STEM 像のひずみ補正

4-3の高分解能 STEM 解析を行っている過程で STEM 像の新しい歪み補正法を考案した。詳細は論文 (Sato *et al.*, Phys. Status Solidi, 14, 1900488 (2020).および Fujinaka *et al.*, J. Mater. Sci., 55, 8123 (2020).) に譲り、ここでは概念だけを図 6 に示すが、STEM 像取得中の試料ドリフトに由来する歪み成分と装置由来の歪み成分を 2 段階に分けてアフィン変換の行列演算で補正することが主要なポイントである。

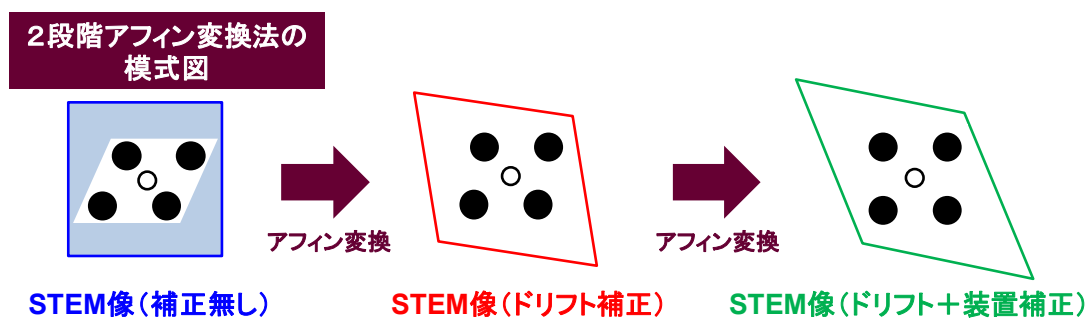


図 6. 2段階アフィン変換法の模式図。

#### 4-3. BaTiO<sub>3</sub> ナノ粒子の高分解能 STEM 解析

図 6 (a)~(d)に BaTiO<sub>3</sub> ナノ粒子の原子分解能 STEM 像ならびに強誘電性の指標となる Ti イオン変位マップを示す。粒子の上側表面と内部で電子線をフォーカスした場合で像の見た目を大きく変わっていないが (図 7 (a)および(b))、得られた Ti イオンの変位方向 (図 7 (c)および(d)) は大きく異なる。(c)ではおおむね[100]に近い方向に変位しているのに対して、(d)ではおよそ直交方向の[001]に近い方向に変位が見られる。このことは粒子の上側と内部で分極の方向が異なる、マルチドメイン構造であることを示す重要な結果となった。(Sato *et al.*, ACS Appl. Nano Mater. 2, 5761 (2019).)

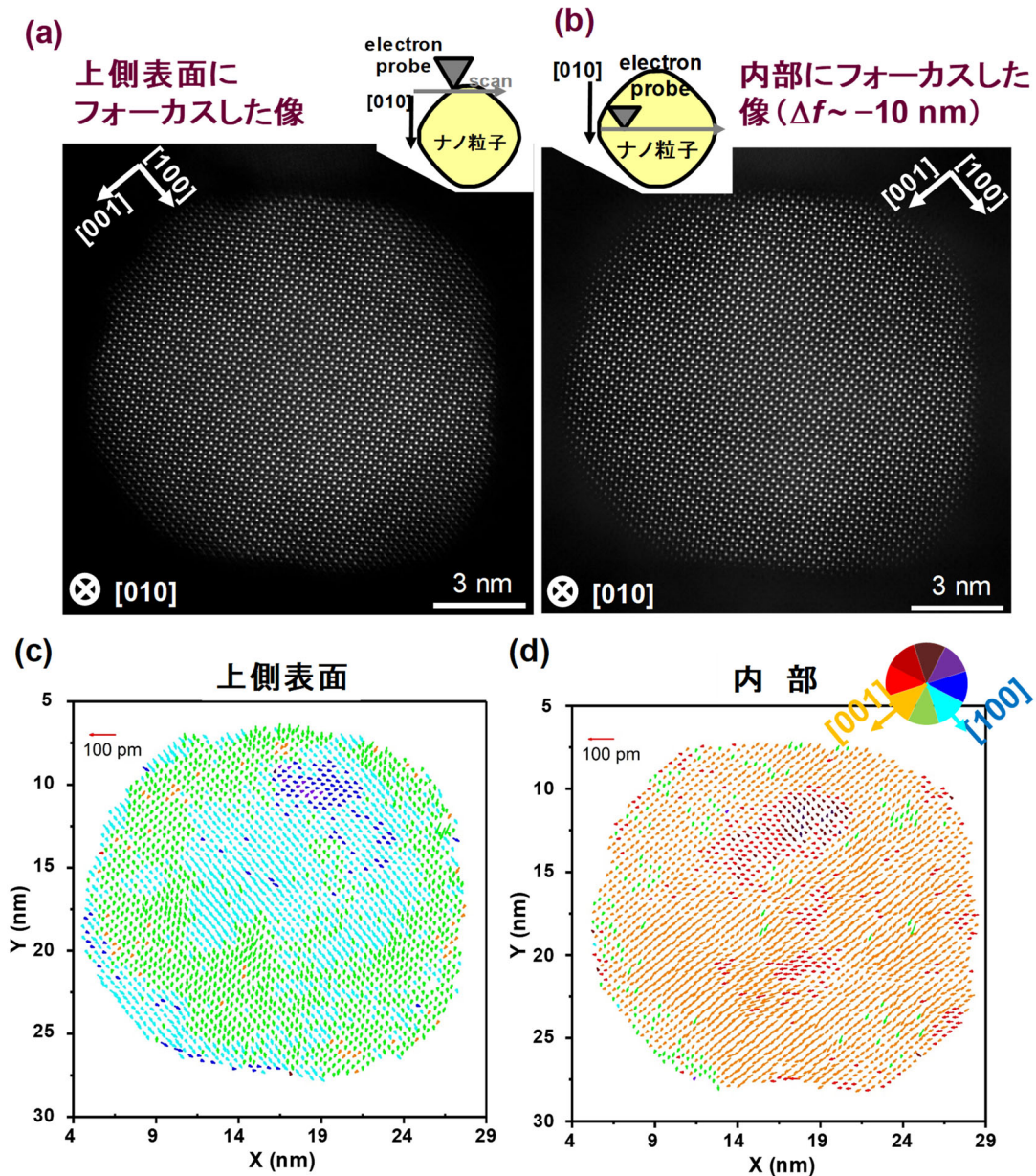


図 7. BaTiO<sub>3</sub> ナノ粒子の原子分解能 STEM 像および Ti イオン変位マップ。(a)電子線を粒子の表面にフォーカスした場合ならびに(b)粒子内部にフォーカスした場合の STEM 像。(c)(a)の像から得られた Ti イオン変位マップならびに(d) (a)の像から得られた Ti イオン変位マップ。(c)および(d)では矢印の向きと色に変位方向を示し、矢印の長さが変位量を示している。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Sato Yukio, Aoki Mai, Teranishi Ryo, Kaneko Kenji, Takesada Masaki, Moriwake Hiroki, Takashima Hiroshi, Hakuta Yukiya	4. 巻 2
2. 論文標題 Atomic-Scale Observation of Titanium-Ion Shifts in Barium Titanate Nanoparticles: Implications for Ferroelectric Applications	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Applied Nano Materials	6. 最初と最後の頁 5761 ~ 5768
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsanm.9b01221	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 Sato Yukio, Miyauchi Ryuki, Aoki Mai, Fujinaka Syota, Teranishi Ryo, Kaneko Kenji	4. 巻 14
2. 論文標題 Large Electric Field Induced Strain Close to the Surface in Barium Titanate Studied by Atomic Scale In Situ Electron Microscopy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 physica status solidi (RRL) ? Rapid Research Letters	6. 最初と最後の頁 1900488 ~ 1900488
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pssr.201900488	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 Syota Fujinaka, Yukio Sato, Ryo Teranishi, Kenji Kaneko	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Understanding of scanning-system distortions of atomic-scale scanning transmission electron microscopy images for accurate lattice parameter measurements	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Materials Science	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10853-020-04602-w	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 Miyajima Tomohiro, Teranishi Ryo, Yasuyama Syotaro, Sato Yukio, Kaneko Kenji, Maeda Takuya, Ochi Minoru, Hiramatsu Kazuya, Nakamura Miyuki, Petrykin Valery, Lee Sergey, Okada Tatsunori, Awaji Satoshi	4. 巻 58
2. 論文標題 Microstructures of superconducting joint between GdBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>7</sub> -y-coated conductors via additionally deposited precursor films	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 050913 ~ 050913
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab0f23	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 Miyajima Tomohiro, Teranishi Ryo, Yasuyama Syotaro, Sato Yukio, Kaneko Kenji, Petrykin Valery, Lee Sergey, Okada Tatsunori, Awaji Satoshi, Matsumoto Akiyoshi	4. 巻 58
2. 論文標題 Influence of joint pressure on superconducting and mechanical properties for jointed GdBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>7</sub> y coated conductors via precursor films	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 050907 ~ 050907
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab0727	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 Ochi Minoru, Sato Kousei, Teranishi Ryo, Sato Yukio, Hamada Jun-ichi, Takushima Chikako, Hara Toru, Kaneko Kenji	4. 巻 105
2. 論文標題 Nanostructural Analyses of Intra- and Intergranular Precipitates in High-temperature Heat-treated Nitrogen-added Austenitic Stainless Steel	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Tetsu-to-Hagane	6. 最初と最後の頁 418 ~ 425
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2355/tetsutohagane.TETSU-2018-067	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 Teranishi Ryo, Konya Kazuki, Inoue Masayoshi, Sato Yukio, Kaneko Kenji, Izumi Teruo, Awaji Satoshi	4. 巻 28
2. 論文標題 Study of Growth Process for YBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>7</sub> Coated Conductors With BaZrO <sub>3</sub> Flux Pinning Centers by Monitoring Electrical Conductivity	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Applied Superconductivity	6. 最初と最後の頁 1 ~ 5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1109/TASC.2018.2818752">https://doi.org/10.1109/TASC.2018.2818752</a>	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 Ochi Minoru, Sato Kousei, Teranishi Ryo, Sato Yukio, Hamada Jun-ichi, Takushima Chikako, Hara Toru, Kaneko Kenji	4. 巻 58
2. 論文標題 Nanostructural Analyses of Intra- and Intergranular Precipitates in High-temperature Heat-treated Nitrogen-added Austenitic Stainless Steel	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ISIJ International	6. 最初と最後の頁 1459 ~ 1466
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.2355/isijinternational.ISIJINT-2017-756">https://doi.org/10.2355/isijinternational.ISIJINT-2017-756</a>	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 Maeda Takuya, Kaneko Kenji, Namba Takuya, Koshino Yuki, Sato Yukio, Teranishi Ryo, Aruga Yasuhiro	4. 巻 8
2. 論文標題 Structural and compositional study of precipitates in under-aged Cu-added Al-Mg-Si alloy	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-35134-8	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 Ochi M., Sato K., Teranishi R., Sato Y., Kaneko K., Hamada J., Takushima C., Hara T.	4. 巻 57
2. 論文標題 Three-dimensional Characterization of Precipitates at Grain Boundaries of N-added Austenitic Steel	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Materia Japan	6. 最初と最後の頁 618~618
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/materia.57.618	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 Aoki Mai, Sato Yukio, Teranishi Ryo, Kaneko Kenji	4. 巻 48
2. 論文標題 Measurement of Barium Ion Displacement Near Surface in a Barium Titanate Nanoparticle by Scanning Transmission Electron Microscopy	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Microscopy	6. 最初と最後の頁 27~32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.9729/AM.2018.48.1.27	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 赤瀬 善太郎, 木口 賢紀, 佐藤 幸生, 田中 智仁, 田辺 栄司, 寺本 武司, 仲村 龍介, 本間 智之, 横山 賢一	4. 巻 57
2. 論文標題 企画にあたって	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Materia Japan	6. 最初と最後の頁 583~583
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/materia.57.583	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 -



〔学会発表〕 計47件（うち招待講演 5件 / うち国際学会 9件）

1. 発表者名 佐藤幸生, 宮内隆輝, 青木 舞, 寺西 亮, 金子賢治
2. 発表標題 電圧印加その場電子顕微鏡法による歪みの測定
3. 学会等名 第36回強誘電体応用会議
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤幸生, 宮内隆輝, 青木 舞, 寺西 亮, 金子賢治
2. 発表標題 電場印加その場電子顕微鏡法による誘電体研究
3. 学会等名 2019年度 合同学術講演会(日本金属学会 日本鉄鋼協会 軽金属学会 九州支部 共催)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口 翔, 佐藤幸生, 寺西 亮, 金子賢治, 清水荘雄, 谷口博基
2. 発表標題 Pb(Mg <sub>1</sub> /3Nb <sub>2</sub> /3)O <sub>3</sub> における極性ナノ構造の電場に対する応答
3. 学会等名 2019年度 合同学術講演会(日本金属学会 日本鉄鋼協会 軽金属学会 九州支部 共催)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤中翔太, 佐藤幸生, 寺西 亮, 金子賢治
2. 発表標題 Pb(Mg <sub>1</sub> /3Nb <sub>2</sub> /3)O <sub>3</sub> -PbTiO <sub>3</sub> 単結晶における分極回転機構の原子スケール観察
3. 学会等名 2019年度 合同学術講演会(日本金属学会 日本鉄鋼協会 軽金属学会 九州支部 共催)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤元このみ、佐藤幸生、寺西 亮、金子賢治
2. 発表標題 水熱合成法による Hf1-XZrX02ナノ粒子の合成
3. 学会等名 2019年度 合同学術講演会(日本金属学会 日本鉄鋼協会 軽金属学会 九州支部 共催)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮内隆輝、佐藤幸生、寺西 亮、金子賢治
2. 発表標題 電場印加その場電子顕微鏡法によるイオン分極直接観察の検討
3. 学会等名 2019年度 合同学術講演会(日本金属学会 日本鉄鋼協会 軽金属学会 九州支部 共催)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yukio Sato
2. 発表標題 Atomic-scale In-situ Electron Microscopy Observation of Dielectric Materials Under Electric Fields
3. 学会等名 International Symposium on Microscopy and Microanalysis of Materials (ISMMM2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yukio Sato
2. 発表標題 Structural investigation of dielectrics under an electric field by atomic-scale in-situ electron microscopy
3. 学会等名 7th international Symposium on Integrated Functionalities (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤幸生, 宮内隆輝, 寺西亮, 金子賢治
2. 発表標題 電子顕微鏡その場観察によるBaTiO <sub>3</sub> における異常な電界誘起格子歪みの観察
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤元このみ, 佐藤幸生, 寺西亮, 金子賢治
2. 発表標題 水熱合成法によるZr固溶HfO <sub>2</sub> ナノ粒子の作製
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮内隆輝, 佐藤幸生, 寺西亮, 金子賢治
2. 発表標題 その場電子顕微鏡法によるイオン分極の直接観察に向けた検討
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤幸生
2. 発表標題 高分解能電場印加その場電子顕微鏡法による誘電体研究
3. 学会等名 日本顕微鏡学会第1回その場観察研究部会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮内隆輝, 佐藤幸生, 藤中翔太, 寺西亮, 金子賢治
2. 発表標題 電場印加その場STEM法によるイオン分極の直接観察に向けた検討
3. 学会等名 第125回日本物理学会九州支部例会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤元このみ, 佐藤幸生, 寺西亮, 金子賢治
2. 発表標題 水熱合成法によるZr固溶HfO <sub>2</sub> ナノ粒子の作製
3. 学会等名 第125回日本物理学会九州支部例会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤中 翔太, 佐藤 幸生, 寺西 亮, 金子 賢治
2. 発表標題 原子分解能STEMを用いたPb(Mg <sub>1/3</sub> Nb <sub>2/3</sub> )O <sub>3</sub> -xPbTiO <sub>3</sub> 単結晶における分極回転およびドメイン反転の観察
3. 学会等名 東北大学金属材料研究所 共同利用・共同研究ワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤幸生
2. 発表標題 電子顕微鏡で観察する誘電体の応答
3. 学会等名 東北大学金属材料研究所 共同利用・共同研究ワークショップ (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤 幸生, 藤中 翔太, 寺西 亮, 金子 賢治
2. 発表標題 2段階アフィン変換法による走査透過型電子顕微鏡像の歪み補正
3. 学会等名 第10回強的秩序とその操作に関する研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yukio Sato
2. 発表標題 Structural investigation of dielectrics and ferroelectrics using atomic-scale in-situ electron microscopy under external electric fields
3. 学会等名 12th Asia-Pacific Microscopy Conference (APMC2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 青木舞・佐藤幸生・寺西亮・金子賢治、武貞正樹、森分博紀、高島浩・伯田幸也
2. 発表標題 チタン酸バリウムナノ粒子の深さ分解原子分解能STEM観察
3. 学会等名 日本セラミックス協会2020年年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮島 友博, 寺西 亮, 佐藤 幸生, 金子 賢治, 中村 美幸, Petrykin Valery, Lee Sergey, 淡路 智, 松本 明善
2. 発表標題 GdBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub> 超伝導薄膜の接続界面の微構造解析
3. 学会等名 日本顕微鏡学会第74回学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 前田 拓也, 難波 拓哉, 越能 悠貴, 有賀 康博, 佐藤 幸生, 寺西 亮, 金子 賢治
2. 発表標題 Cu添加Al-Mg-Si系合金における亜時効析出物の微構造解析
3. 学会等名 日本顕微鏡学会第74回学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤 弘成, 濱田 純一, 多久島 睦子, 寺西 亮, 佐藤 幸生, 金子 賢治
2. 発表標題 TEM-CT法による粒界析出物の三次元可視化の試み
3. 学会等名 日本顕微鏡学会第74回学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小山 智紀, 神谷 尚秀, 寺西 亮, 佐藤 幸生, 石倉 亮平, 金子 賢治
2. 発表標題 肌焼鋼中におけるAlN, NbC粒子の微細析出に伴う結晶粒粗大化への影響
3. 学会等名 日本顕微鏡学会第74回学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安井 博哉, 志田 康一, 高橋 慎司, 岡部 俊明, 武田 裕之, 寺西 亮, 佐藤 幸生, 金子 賢治
2. 発表標題 耐熱鋼用溶接金属中のクリープ試験前後における析出物の微構造解析
3. 学会等名 日本顕微鏡学会第74回学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 難波 拓哉, 前田 拓也, 有賀 康博, 越能 悠貴, 寺西 亮, 佐藤 幸生, 金子 賢治
2. 発表標題 Al-Mg-Si系合金における時効析出物の微構造に対するCu添加の影響
3. 学会等名 日本顕微鏡学会第74回学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安山 正太郎, 宮島 友博, 寺西 亮, 佐藤 幸生, 金子 賢治, V. Petrykin, S. Lee, 淡路 智, 岡田 達典, 松本 明善
2. 発表標題 GdBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>7</sub> - 超伝導薄膜の接続体作製時の表面加工による効果
3. 学会等名 日本金属学会・日本鉄鋼協会・軽金属学会・九州支部平成30年度合同学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山田 真, 寺西 亮, 佐藤 幸生, 金子 賢治
2. 発表標題 BaHfO <sub>3</sub> を導入したYBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>7</sub> - 薄膜作製時におけるBa 塩添加の影響
3. 学会等名 日本金属学会・日本鉄鋼協会・軽金属学会・九州支部平成30年度合同学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮島 友博, 寺西 亮, 佐藤 幸生, 金子 賢治, 中村 美幸, Petrykin Valery, Lee Sergey, 淡路 智, 岡田 達典, 松本 明善
2. 発表標題 前駆体膜を利用したGdBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>7</sub> 線材の超伝導接続プロセスにおける接続メカニズムの考察
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 寺西 亮, 宮島 友博, 佐藤 幸生, 金子 賢治, Petrykin Valery, Lee Sergey, 淡路 智, 岡田 達典, 松本 明善
2. 発表標題 GdBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>7</sub> - 線材接合時の対向面組織の違いによる接合界面の空隙への影響
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 青木舞、佐藤幸生、寺西亮、金子賢治、武真正樹、高島浩、陶究、伯田幸也
2. 発表標題 走査透過型電子顕微鏡法によるBaTiO <sub>3</sub> ナノ粒子の微構造解析
3. 学会等名 強制的秩序とその操作に関わる研究グループ 第7回研究会-若手夏の学校-
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Aoki, Y. Sato, R. Teranishi, K. Kaneko, M. Takesada, H. Takashima, K. Sue, and Y. Hakuta
2. 発表標題 Atomic scale observation of Barium Titanate Nanoparticle by Scanning Transmission Electron Microscopy
3. 学会等名 International Symposium on Microscopy and Microanalysis of Materials (ISMMM2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安井 博哉、志田 康一、高橋 慎司、岡部 俊明、武田 裕之、寺西 亮、佐藤 幸生、金子 賢治
2. 発表標題 Microstructure analysis of MX precipitates in weld metal for heat resistant steel
3. 学会等名 日本顕微鏡学会第61回シンポジウム
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 小山 智紀、神谷 直秀、寺西 亮、佐藤 幸生、石倉 亮平、金子 賢治
2. 発表標題 Microstructural analysis of fine NbC and AlN precipitates in case hardening steel
3. 学会等名 日本顕微鏡学会第61回シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 寺西 亮、宮島 友博、安山 正太郎、佐藤 幸生、金子 賢治、PETRYKIN Valery、LEE Sergey、松本 明善、岡田 達典、淡路 智
2. 発表標題 追加堆積膜を利用したGdBa2Cu3Oy線材の接合体における熱処理条件と接合面積の関係
3. 学会等名 2018年度秋季（第97回）低温工学・超電導学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 前田拓也 , 難波拓哉 , 越能悠貴 , 有賀康博 , 佐藤幸生 , 寺西 亮 , 金子賢治
2. 発表標題 Al-Mg-Si-Cu 系合金における微細析出物の原子分解能 STEM-EDS 観察
3. 学会等名 第 60 回 日本顕微鏡学会 九州支部集会・学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 MIN XINXIN, 佐藤幸生 , 寺西亮 , 金子賢治 , 北脇高太郎 , 米光誠
2. 発表標題 Al-Mg 合金の特性と微構造に及ぼす Mg 添加量の影響
3. 学会等名 第 60 回 日本顕微鏡学会 九州支部集会・学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小山智紀 , 神谷尚秀 , 寺西 亮 , 佐藤幸生 , 井上圭介 , 金子賢治
2. 発表標題 低炭素鋼中の微細な析出物の定量評価と異常粒成長の抑制効果
3. 学会等名 第 60 回 日本顕微鏡学会 九州支部集会・学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ahrong Jeong, Yukio Sato, Ryo Teranishi, Kenji Kaneko
2. 発表標題 Fabrication and Morphological Characterization of MnO <sub>2</sub> Nanostructures by Hydrothermal Synthesis
3. 学会等名 第 60 回 日本顕微鏡学会 九州支部集会・学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sei Katagi, Ryo Teranishi, Yukio Sato, Rintaro Yamashita, Jun Fukai, Kenji Kaneko
2. 発表標題 2-Dimensional arrangement of YBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>7-y</sub> coated conductors with BaHfO <sub>3</sub> flux pinning centers by ink-jet printing technique
3. 学会等名 The 3rd Asian Applied Physics Conference (Asian-APC) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山田 真, 寺西 亮, 佐藤 幸生, 金子 賢治
2. 発表標題 BaHfO <sub>3</sub> を導入したYBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>7-y</sub> 薄膜作製時におけるBa塩追加の効果
3. 学会等名 2018年(平成30年度)応用物理学会九州支部学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomohiro Miyajima, Ryo Teranishi, Yukio Sato, Kenji Kaneko
2. 発表標題 Investigation of temperature and oxygen partial pressure diagram for LaBa2Cu3Oy film
3. 学会等名 International Symposium on Superconductivity 2018 (ISS2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomohiro Miyajima, Ryo Teranishi, Yukio Sato, Kenji Kaneko, Miyuki Nakamura, Valery Petrykin, Sergey Lee, Satoshi Awaji, Tatsunori Okada, Akiyoshi Matsumoto
2. 発表標題 Study of joint mechanism for superconducting joint of GdBa2Cu3Oy coated conductors
3. 学会等名 International Symposium on Superconductivity 2018 (ISS2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shotaro Yasuyama, Tomohiro Miyajima, Ryo Teranishi, Yukio Sato, Kenji Kaneko, Valery Petrykin, Sergey Lee, Satoshi Awaji, Tatsunori Okada, Akiyoshi Matsumoto
2. 発表標題 Influence of oxygen diffusion path on superconducting joint property of GdBa2Cu3O7- coated conductor with additional deposited layer
3. 学会等名 International Symposium on Superconductivity 2018 (ISS2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 片木世維、*寺西 亮、佐藤幸生、津守不二夫、金子賢治
2. 発表標題 BaHfO3を添加したYBa2Cu3O7-y超伝導薄膜へのレーザー照射によるパターン形成
3. 学会等名 第28回 日本MRS年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 寺西 亮、松崎 宏太、宗藤伸治、刑部有紀、佐藤幸生、金子賢治
2. 発表標題 等温で発電するAu組成を傾斜したクラスレート型Ba8AuxSi46-xの薄膜化の基礎検討
3. 学会等名 第28回 日本MRS年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松崎 宏太、寺西亮、宗藤伸治、刑部有紀、佐藤幸生、金子賢治
2. 発表標題 PLD法を用いたBa8Au4Si42クラスレート薄膜の作製
3. 学会等名 第28回 日本MRS年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤幸生
2. 発表標題 超臨界水熱法で合成されたBaTiO3ナノ粒子の高分解能構造解析
3. 学会等名 WFF & WFSM 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

九州大学大学院工学研究院材料工学部門 ナノ材料組織解析学・金子研究室 <a href="http://zaiko13.zaiko.kyushu-u.ac.jp/?%E3%83%9B%E3%83%BC%E3%83%A0%EF%BC%88%E6%97%A5%E6%9C%AC%E8%AA%9E%EF%BC%89/%E3%83%A1%E3%83%B3%E3%83%90%E3%83%BC/%E4%BD%90%E8%97%A4%E5%B9%B8%E7%94%9F">http://zaiko13.zaiko.kyushu-u.ac.jp/?%E3%83%9B%E3%83%BC%E3%83%A0%EF%BC%88%E6%97%A5%E6%9C%AC%E8%AA%9E%EF%BC%89/%E3%83%A1%E3%83%B3%E3%83%90%E3%83%BC/%E4%BD%90%E8%97%A4%E5%B9%B8%E7%94%9F</a>
---

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