

令和 6 年 6 月 27 日現在

機関番号：14602

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H02048

研究課題名（和文）過剰なフッ化物イオンの挿入・脱離反応を利用した新規鉄系酸化物正極の創成

研究課題名（英文）Development of iron-based oxide cathodes using insertion/extraction reactions of excess fluoride-ions

研究代表者

山本 健太郎（Yamamoto, Kentaro）

奈良女子大学・工学系・准教授

研究者番号：90755456

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、Infinite layer構造を有するSrFeO<sub>2</sub>をベースとしたCa置換体およびBa置換体に着目し、電気化学特性評価と反応機構解明を行った。SrFeO<sub>2</sub>は充電初期にはFe、充電後期にはOが電荷補償を担っており、Oが電荷補償担う際には分子状の酸素が形成することで結晶構造から予想されるよりも多くのフッ化物イオンが挿入可能であることを明らかにした。さらにSrFeO<sub>2</sub>にCaをドーピングすると容量は最大で580 mAhg<sup>-1</sup>まで増加すること、一方でBaをドーピングするとinfinite layer構造内の層間距離が広がることで出力特性が向上することを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、SrFeO<sub>2</sub>がFeの電荷補償とO<sub>2</sub>分子の形成を伴うOの電荷補償を利用することで、結晶構造から予想されるよりも多くのフッ化物イオンが挿入可能であり、高い可逆容量を発現することを示した。さらにSrFeO<sub>2</sub>にCaをドーピングすると容量は最大で580 mAhg<sup>-1</sup>まで増加すること、Baをドーピングするとinfinite layer構造内の層間距離が広がることで出力特性が向上することを示した。これらの成果は高容量、高出力な全固体フッ化物イオン二次電池の正極材料を開発する上で重要な知見であり、学術的・社会的意義は大きい。

研究成果の概要（英文）：In this study, Ca-substituted SrFeO<sub>2</sub> (Ca<sub>x</sub>Sr<sub>1-x</sub>FeO<sub>2</sub>) and Ba-substituted SrFeO<sub>2</sub> (Ba<sub>x</sub>Sr<sub>1-x</sub>FeO<sub>2</sub>) based on SrFeO<sub>2</sub> with infinite layer structure were focused on, and evaluated their electrochemical properties and clarified their reaction mechanisms. It was clarified that SrFeO<sub>2</sub> has Fe in the early stage of charge compensation and O in the late stage of charge compensation, and that more fluoride ions can be inserted than expected from the crystal structure due to the formation of molecular oxygen when O is responsible for charge compensation. Furthermore, it was found that doping Ca into SrFeO<sub>2</sub> increased the capacity up to 580 mAhg<sup>-1</sup>, while doping Ba into SrFeO<sub>2</sub> improved the power density by increasing the interlayer distance within the infinite layer structure.

研究分野：固体電気化学

キーワード：全固体フッ化物イオン二次電池 正極材料 アニオンレドックス 分子形成

## 1. 研究開始当初の背景

将来のグリーンで持続可能なエネルギー社会の実現に向けて、効率的なエネルギー貯蔵システムの開発が進められている。リチウムイオン二次電池 (LIB: Lithium-ion battery) は、高エネルギー密度、長期耐久性、多数のホスト構造の存在などの理由から、広く普及している。近年では、遷移金属カチオンのレドックスに加え、酸化物アニオンのレドックス ( $O^{n-}$ ,  $O_2^{2-}$  など) による正極材料の容量向上が注目されている (*Nat. Commun.* **11**, 4976 (2020))。しかし、電気自動車の長距離化や系統蓄電へのニーズが高まっており、更なる高容量化が求められている。この要求を満たすために、異なるキャリアイオン ( $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Cl^-$ ,  $F^-$  など) を用いた二次電池が提案されている。その中でも、フッ化物イオンをキャリアとして用いるフッ化物イオン二次電池 (FIB: Fluoride-ion battery) は、理論的には高エネルギー密度と高出力が見込めることから注目されている。現状では、 $CuF_2$  などの金属フッ化物を中心に正極材料の研究が行われているが (*J. Mater. Chem.* **21**, 17059 (2011))、充放電時、つまりフッ化・脱フッ化時における電子伝導度の急激な低下や大きな体積変化のため、出力特性やサイクル特性が乏しくなるという課題が存在する。これらの理由から、単純金属フッ化物の代替として、トポタクティクなフッ化物イオンの挿入・脱離反応を利用する正極材料に注目が集まっている。O. Clemens らは、Ruddlesden-Popper 型のペロブスカイト構造を有する  $LaSrMnO_4$  などは電気化学的なフッ化物イオンの挿入・脱離反応が可能であることを報告している (*Chem. Mater.* **29**, 3441 (2017))。しかし、これらの材料には可逆的に使用可能な容量が小さいという問題点がある。

一方、申請者は Ruddlesden-Popper 型ペロブスカイト構造を有する  $La_{1.2}Sr_{1.8}Mn_2O_{7.6}F_2$  をフッ化物イオン二次電池の正極として用いることで、 $200 \text{ mAh g}^{-1}$  という高い可逆容量が得られることを見出している (図 1)。この高い容量は Ruddlesden-Popper 型ペロブスカイト構造中の岩塩スラブ間へのフッ化物イオンの挿入だけでなく、ペロブスカイト層内への過剰なフッ化物イオンの挿入が起こっていることに起因する。申請者は X 線吸収分光法 (XAS: X-ray absorption spectroscopy) や共鳴非弾性 X 線散乱法 (RIXS: Resonant inelastic X-ray scattering) を駆使することで、ペロブスカイト層への過剰なフッ化物イオンの挿入は固体内での可逆的な分子状  $O_2$  (酸化物アニオンのレドックス) の形成とそれに伴うアニオン空孔の形成によって可能となることを見出している (図 1)。ペロブスカイト化合物は元素の選択性と構造が豊富であることから、アニオンレドックスを利用した過剰なフッ化物イオンの挿入・脱離反応を制御することによって、 $La_{1.2}Sr_{1.8}Mn_2O_{7.6}F_2$  よりも高容量、高出力を示す正極材料の探索が期待できる。そのような正極材料を創成するためには、ペロブスカイト構造を構成している元素を軽くし、フッ化物イオンの拡散パスを制御する必要がある。

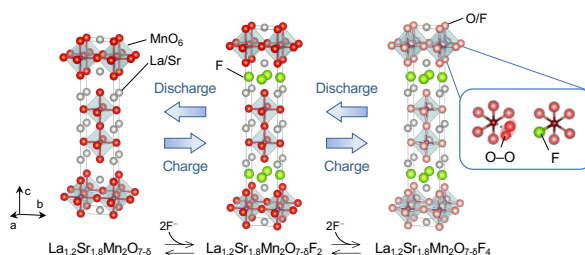


図 1  $La_{1.2}Sr_{1.8}Mn_2O_{7.6}F_2$  へのフッ化物イオン挿入・脱離モデル

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、ペロブスカイト化合物の耐用性を利用し、酸化物アニオンのレドックスを用いた過剰なフッ化物イオンの挿入・脱離反応ならびにフッ化物イオンの拡散パスの制御により、超高容量・高出力のフッ化物イオン二次電池用正極を創成することである。目的を達成するための材料として、 $SrFeO_2$  をベースとした Ca 置換体 ( $Ca_xSr_{1-x}FeO_2$ ) および Ba 置換体 ( $Ba_xSr_{1-x}FeO_2$ ) に着目する。高容量化・高出力化のためには、電気化学特性と電荷補償機構・結晶構造との相関関係を明らかにすることが重要であるため、その解明にも取り組む。 $SrFeO_2$  において  $Fe^{2+}/Fe^{3+}$  のレドックスとアニオンレドックスにより 2 個分のフッ化物イオンが挿入できるとした場合、これまでのリチウムイオン二次電池正極や  $La_{1.2}Sr_{1.8}Mn_2O_{7.6}F_2$  よりも圧倒的に高い理論容量 ( $305 \text{ mAh g}^{-1}$ ) が期待される。また  $SrFeO_2$  は酸素空孔が二次元に規則的に配列しているため (図 2)、高速なフッ化物イオンの拡散が期待される。Sr を Ca に置換することで理論的には最大  $419 \text{ mAh g}^{-1}$  ( $CaFeO_2$  に 2 個分のフッ化物イオンの挿入時) までの容量向上が見込める。一方で Sr を Ba に置換すると、理論容量は低下するが、イオン半径が大きくなることで格子が膨張し、フッ化物イオンの拡散には有利に働くと考えられる。

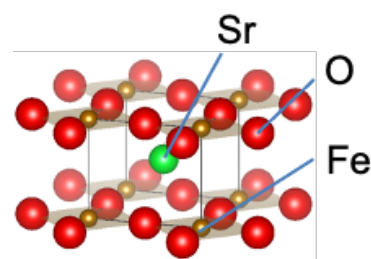


図 2  $SrFeO_2$  の結晶構造

### 3. 研究の方法

SrFeO<sub>2</sub> をベースとした Ca 置換体 (Ca<sub>x</sub>Sr<sub>1-x</sub>FeO<sub>2</sub>) および Ba 置換体 (Ba<sub>x</sub>Sr<sub>1-x</sub>FeO<sub>2</sub>) を合成し、フッ化物イオン二次電池用正極としての電気化学特性 (容量、出力特性、サイクル特性、フッ化物イオンの拡散係数) を評価する。フッ化物イオン挿入前後のサンプルの電子構造変化は O, F, Fe K-edge の XAS、O K-edge の RIXS 測定により行う。La<sub>1.2</sub>Sr<sub>1.8</sub>Mn<sub>2</sub>O<sub>7.8</sub>F<sub>2</sub> において過剰なフッ化物イオン挿入後には O K-edge の XAS スペクトルの 530.8 eV に特徴的なピークが現れること、RIXS 測定により、そのピークが固体中の O<sub>2</sub> 分子に由来することが明らかとなっている。これらの手法を用いて、本研究で合成するサンプルの電荷補償機構の解明を行う。また、フッ化物イオン挿入前後のサンプルの結晶構造変化は放射光 X 線回折により行う。以上から、SeFeO<sub>2</sub> 系材料の電気化学特性と電荷補償機構・結晶構造との相関関係を明らかにする。

### 4. 研究成果

SrFeO<sub>2</sub> の充放電測定を行うために、SrFeO<sub>2</sub>、La<sub>0.9</sub>Ba<sub>0.1</sub>F<sub>2.9</sub>、Vapor-grown carbon fiber を予めボールミル混合にて合剤化したものを正極、La<sub>0.9</sub>Ba<sub>0.1</sub>F<sub>2.9</sub> を固体電解質層、Pb、PbF<sub>2</sub>、La<sub>0.9</sub>Ba<sub>0.1</sub>F<sub>2.9</sub> を合剤化したものを負極に用い、不活性雰囲気下で積層圧粉型の全固体セルを作製した。La<sub>0.9</sub>Ba<sub>0.1</sub>F<sub>2.9</sub> のフッ化物イオン伝導度が圧粉体では室温で 10<sup>-5</sup> S cm<sup>-1</sup> にも満たないため、充放電測定は 140 °C にて行った。図 3 に SrFeO<sub>2</sub> の充放電曲線を示す。SrFeO<sub>2</sub> は充電時に 1.5 V、放電時には 0.5 V に電位平坦部を伴いながら、F=2.3 個分に相当する 350 mAh g<sup>-1</sup> の容量を示した。その後さらに 30 サイクルの充放電を行なっても容量に変化が見られなかったことから安定して繰り返しフッ化/脱フッ化反応が進行していることが確かめられた。続いて、充放電前後の SrFeO<sub>2</sub> の結晶構造変化を調べるために、充放電後測定後のセルを解体し、大気非暴露のまま正極合剤に対して放射光 X 線回折 (XRD: X-ray diffraction) 測定を行った。充電に伴って SrFeO<sub>2</sub> 由来のピークは連続的にシフトし、放電時には元の位置に戻ったことから、トポタクティックな F<sup>-</sup> の挿入脱離反応が進行していると考えられる。XRD の解析からフル充電/放電時の体積膨張率は 0.5% と非常に小さいことが明らかとなった。この小さな体積膨張率は高レート、高サイクル特性の全固体電池を構築する上で魅力的である。

SeFeO<sub>2</sub> のフッ化物イオンの挿入脱離時の電荷補償機構を調べるために、各充放電状態の SrFeO<sub>2</sub>F<sub>x</sub> (0 < x < 2.3) を調製し、Fe, O K-edge XAS 測定を行った。Fe K-edge XAS では x=1 までは吸収端のエネルギーが高エネルギー側にシフトしており、x>1 においては、吸収端のエネルギーシフトが見られなかった。このことから、x=1 までは Fe が電荷補償に寄与しており、x>1 においては、Fe は電荷補償に寄与していないと考えられる。放電時には吸収端のエネルギーが充電前のものと一致していることから、Fe の電荷補償が可逆的に起こっていることが示唆された。O K-edge XAS (図 4) では、x=1 までは 527.5 eV のピーク強度の増加が観測された。これは、Fe が酸化することによって、Fe 3d-O 2p 軌道の混成が強まったためだと考えられる。一方で x > 1 においては、530.8 eV に新たなピークが観測され、充電に伴いそのピーク強度は増加した。x > 1 においては、Fe K-edge の結果より、Fe の酸化は起こっていないことから、このピークは Li 過剰系正極において報告されているような O 2p 軌道へのホール形成

(酸素による電荷補償) が起こっていることに起因すると考えられる (Chem. Mater. 32, 139 (2020))。放電時の O K-edge XAS のスペクトル形状は充電前のものと一致していることから、O の電荷補償が可逆的に起こっていることが示唆された。O の電子構造について、より詳細に分析

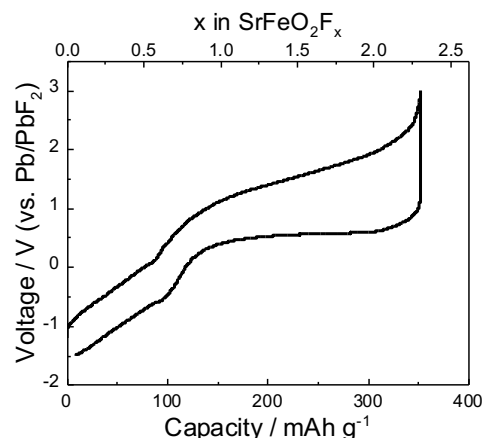


図 3 SrFeO<sub>2</sub> の充放電曲線

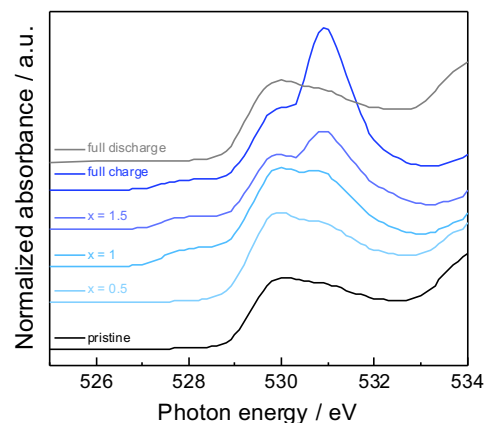


図 4 SrFeO<sub>2</sub>F<sub>x</sub> の O K-edge XAS スペクトル (x は SrFeO<sub>2</sub> 中の F 量を意味する)

するために、充放電試験前、フル充電、フル放電後の SrFeO<sub>2</sub> に対して、O K-edge XAS において特徴的なピークが見られた 530.8 eV での RIXS 測定を行った (図 5)。その結果、フル充電の SrFeO<sub>2</sub> には充放電試験前の SrFeO<sub>2</sub> には見られなかった約 1600 cm<sup>-1</sup> の波数を有する振動が出現した。同様の振動は Li 過剰系正極において観測されており、分子状の O<sub>2</sub> に由来することが報告されていることから (Nat. Energy 5, 777 (2020))、SrFeO<sub>2</sub> においてもフル充電時に構造内に分子状の O<sub>2</sub> が形成していると考えられる。フル放電時には分子状の O<sub>2</sub> 由来の振動が消滅していたことから、O<sub>2</sub> 分子の形成は可逆的に起こっていると考えられる。以上から、SrFeO<sub>2</sub> 正極では Fe のレドックスと分子状の O<sub>2</sub> の形成 (酸化イオンのレドックス) によって、350 mAh g<sup>-1</sup> の高容量を発現していることが明らかとなった。

SrFeO<sub>2</sub> の更なる高容量化を目指し、SrFeO<sub>2</sub> の Sr を Ca に置換した Ca<sub>x</sub>Sr<sub>1-x</sub>FeO<sub>2</sub> (x = 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0) を合成し、充放電測定を行った。いずれの正極も SrFeO<sub>2</sub> と同様に充電時に -0.5 V, 1.5 V 付近に電位平坦部が見られた。Ca<sub>x</sub>Sr<sub>1-x</sub>FeO<sub>2</sub> (x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0) 中で x = 0.8 の時に最大の容量 (580 mAh g<sup>-1</sup>) が得られ、繰り返し充放電可能であった。Ca<sub>0.8</sub>Sr<sub>0.2</sub>FeO<sub>2</sub> に対しても、Fe K-edge, O K-edge の XAS 測定を行ったところ、F=1 個分の充電までは Fe のレドックスによって電荷補償が行われており、F=1 個分を超えての充電では酸化イオンのレドックスによって電荷補償が行われていることが明らかとなった。開発した SrFeO<sub>2</sub>, Ca<sub>0.8</sub>Sr<sub>0.2</sub>FeO<sub>2</sub> の重量あたり、体積あたり容量と従来のリチウムイオン二次電池正極の容量の比較を図 6 に示す。遷移金属カチオンのレドックスと分子状の O<sub>2</sub> 形成 (酸化イオンのレドックス) を活用することで SrFeO<sub>2</sub>, Ca<sub>0.8</sub>Sr<sub>0.2</sub>FeO<sub>2</sub> において、従来のリチウムイオン二次電池正極の容量を大幅に超えることに成功した。特に Ca<sub>0.8</sub>Sr<sub>0.2</sub>FeO<sub>2</sub> は安価な Ca, Fe を用いていることから、元素戦略的にも有望な正極材料であるといえる。

SrFeO<sub>2</sub> の高出力化を目指し、SrFeO<sub>2</sub> の Sr を Ba に置換した Ba<sub>x</sub>Sr<sub>1-x</sub>FeO<sub>2</sub> (x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.6, 0.8) を合成し、その中で SrFeO<sub>2</sub> と同じ infinite layer 構造 (空間群 P4/mmm) を有する Ba<sub>x</sub>Sr<sub>1-x</sub>FeO<sub>2</sub> (x = 0.1~0.3) について、電気化学特性評価を行った。Ba<sub>x</sub>Sr<sub>1-x</sub>FeO<sub>2</sub> の充放電評価を実施したところ、x = 0.1~0.3 のサンプルは SrFeO<sub>2</sub> と同様にフッ化物イオンの挿入・脱離が可能であり、単位胞あたりフッ化物イオン 2 個分以上の可逆的な容量が得られることを確認した。Ba 添加量が増加するにつれ、レート特性が向上した (図 7)。Ba<sub>x</sub>Sr<sub>1-x</sub>FeO<sub>2</sub> (x = 0, 0.1, 0.2, 0.3) についての XRD 測定、Sr, Ba K-edge の XAS 測定の結果、Ba の添加量が増えるにつれて、Ba<sub>x</sub>Sr<sub>1-x</sub>FeO<sub>2</sub> の infinite layer 構造の層間距離が広がっていることが明らかとなった。レート特性の結果と比較することで、この層間距離の増加がフッ化物イオンの拡散にとって有利に働き、レート特性向上につながっていることが明らかとなった。Ba<sub>x</sub>Sr<sub>1-x</sub>FeO<sub>2</sub> (x = 0, 0.1, 0.2, 0.3) の中で最も優れた電気化学特性を示した Ba<sub>0.7</sub>Sr<sub>0.3</sub>FeO<sub>2</sub> のフッ化物イオン挿入脱離前後のサンプルに対して、O, F, Fe K-edge の X 線吸収分光測定の結果、SrFeO<sub>2</sub> と同様に充電初期には Fe が電荷補償を担い、充電後期には O が電荷補償を担っていることが明らかとなった。

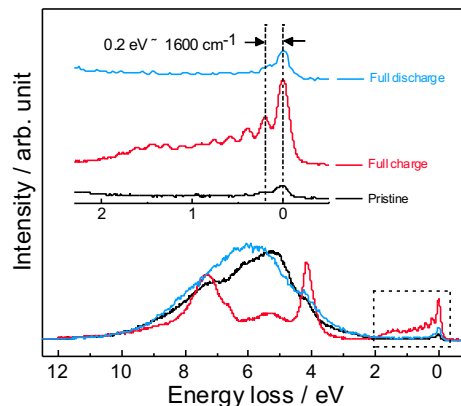


図 5 充電前後の SrFeO<sub>2</sub>F<sub>x</sub> の O K-edge RIXS スペクトル

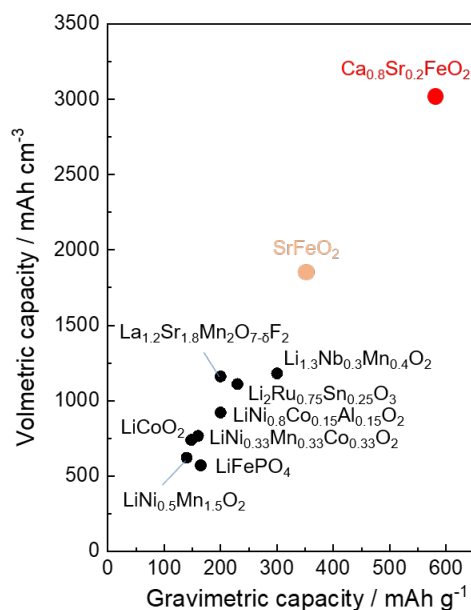


図 6 SrFeO<sub>2</sub>, Ca<sub>0.8</sub>Sr<sub>0.2</sub>FeO<sub>2</sub> の重量あたり、体積あたりの容量の比較

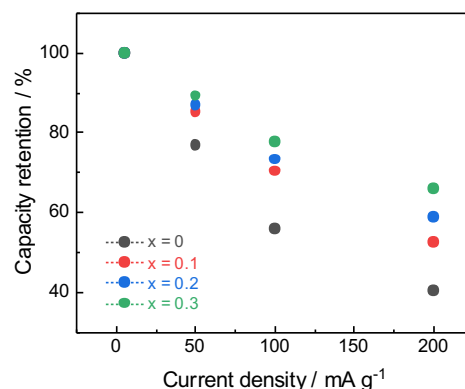


図 7 Ba<sub>x</sub>Sr<sub>1-x</sub>FeO<sub>2</sub> (x = 0.1~0.3) のレート特性

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3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 Cao Zulai, Yamamoto Kentaro, Matsunaga Toshiyuki, Watanabe Toshiki, Kumar Mukesh, Thakur Neha, Ohashi Ryogo, Tachibana Shintaro, Miki Hidenori, Ide Kazuto, Iba Hideki, Kiuchi Hisao, Harada Yoshihisa, Orikasa Yuki, Uchimoto Yoshiharu	4. 巻 36
2. 論文標題 Revealing the Unusual Mechanism of Mixed Cationic and Anionic Redox in Oxyfluorosulfide Cathode for All-Solid-State Fluoride-Ion Batteries	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Chemistry of Materials	6. 最初と最後の頁 1928 ~ 1940
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.chemmater.3c02650	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 Miki Hidenori, Yamamoto Kentaro, Nakaki Hiroyuki, Yoshinari Takahiro, Nakanishi Koji, Nakanishi Shinji, Iba Hideki, Miyawaki Jun, Harada Yoshihisa, Kuwabara Akihide, Wang Yanchang, Watanabe Toshiki, Matsunaga Toshiyuki, Maeda Kazuhiko, Kageyama Hiroshi, Uchimoto Yoshiharu	4. 巻 146
2. 論文標題 Double-Layered Perovskite Oxyfluoride Cathodes with High Capacity Involving O-O Bond Formation for Fluoride-Ion Batteries	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 3844 ~ 3853
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.3c10871	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 Miki Hidenori, Yamamoto Kentaro, Matsunaga Toshiyuki, Watanabe Toshiki, Kumar Mukesh, Thakur Neha, Iba Hideki, Kageyama Hiroshi, Uchimoto Yoshiharu	4. 巻 406
2. 論文標題 Transient phase change of Ruddlesden-Popper type perovskite on fluoride-ion intercalation reaction	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Solid State Ionics	6. 最初と最後の頁 116481 ~ 116481
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ssi.2024.116481	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10件（うち招待講演 2件/うち国際学会 4件）

1. 発表者名 王彦昌, 山本健太郎, 松永利之, 中西康次, 内山智貴, 渡邊稔樹, 高見剛, 三木秀教, 射場英紀, 前田和彦, 陰山洋, 内本喜晴
2. 発表標題 インターカレーション型フッ化物イオン電池用正極材料の開発11 Infinite layer構造を有する(Ba, Sr)FeO <sub>2</sub> 正極の電気化学特性評価
3. 学会等名 第63回電池討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名	王彦昌, 山本健太郎, 松永利之, 中西康次, 内山智貴, 渡邊稔樹, 高見剛, 三木秀教, 射場英紀, 前田和彦, 陰山洋, 内本喜晴
2. 発表標題	Infinite layer 構造を有する (Ba, Sr)FeO <sub>2</sub> 正極の電気化学特性評価
3. 学会等名	第48回固体イオニクス討論会
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	山本 健太郎
2. 発表標題	固体内アニオンの特異な電子状態制御に基づいた高容量正極材料の設計
3. 学会等名	第61回セラミックス基礎科学討論会 (招待講演)
4. 発表年	2023年

1. 発表者名	Kentaro Yamamoto, Yanchang Wang, Yuki Sakaguchi, Hisao Kiuchi, Toshiyuki Matsunaga, Koji Nakanishi, Tomoki Uchiyama, Toshiki Watanabe, Tsuyoshi Takami, Hidenori Miki, Hideki Iba, Kazuhiko Maeda, Yoshihisa Harada, Hiroshi Kageyama, Yoshiharu Uchimoto
2. 発表標題	Electrochemical performance of (Ca, Sr)FeO <sub>2</sub> cathode with infinite layer structure for all-solid-state fluoride ion battery
3. 学会等名	21th International Meeting on Lithium Batteries (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	山本健太郎, 王彦昌, 阪口祐紀, 木内久雄, 松永利之, 中西康次, 内山智貴, 渡邊稔樹, 高見剛, 三木秀教, 射場英紀, 前田和彦, 原田慈久, 陰山洋, 内本喜晴
2. 発表標題	インターカレーション型フッ化物イオン電池用正極材料の開発9 Infinite layer構造を有する (Ca, Sr)FeO <sub>2</sub> 正極の電気化学特性評価
3. 学会等名	第62回電池討論会
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	Kentaro Yamamoto, Yanchang Wang, Yuki Sakaguchi, Hisao Kiuchi, Toshiyuki Matsunaga, Koji Nakanishi, Tomoki Uchiyama, Toshiki Watanabe, Tsuyoshi Takami, Hidenori Miki, Hideki Iba, Kazuhiko Maeda, Yoshihisa Harada, Hiroshi Kageyama, Yoshiharu Uchimoto
2. 発表標題	Electrochemical characterization and charge compensation mechanism of (Ca, Sr)FeO <sub>2</sub> cathode with infinite layer structure
3. 学会等名	International Conference on Mixed-Anion Compounds (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	山本健太郎, 王彦昌, 阪口祐紀, 木内久雄, 松永利之, 中西康次, 内山智貴, 渡邊稔樹, 高見剛, 三木秀教, 射場英紀, 前田和彦, 原田慈久, 陰山洋, 内本喜晴
2. 発表標題	Infinite layer構造を有する全固体フッ化物電池(Ca, Sr)FeO <sub>2</sub> 正極のフッ化物イオン挿入脱離反応機構
3. 学会等名	第47回固体イオニクス討論会
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	王彦昌, 山本健太郎, 宮脇淳, 松永利之, 木内久雄, 中西康次, 壬生攻, 内山智貴, 渡邊稔樹, 高見剛, 三木秀教, 射場英紀, 前田和彦, 原田慈久, 陰山洋, 内本喜晴
2. 発表標題	Infinite layer構造を有するSrFeO <sub>2</sub> 正極のフッ化物イオン挿入脱離反応機構の解明
3. 学会等名	電気化学会第89回大会
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Kentaro Yamamoto
2. 発表標題	(Ca, Sr)FeO <sub>2</sub> Cathodes with High Capacity using Anionic Redox for All-solid-state Fluoride-Ion Batteries
3. 学会等名	48th International Conference and Expo on Advanced Ceramics and Composites (ICACC2024) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年	2024年

1. 発表者名 Kentaro Yamamoto, Yanchang Wang, Hisao Kiuchi, Toshiyuki Matsunaga, Toshiki Watanabe, Hidenori Miki, Hideki Iba, Kazuhiko Maeda, Yoshihisa Harada, Hiroshi Kageyama, Yoshiharu Uchimoto
2. 発表標題 Intercalation Reaction Mechanism of Fluoride-Ions in (Ca, Sr)FeO <sub>2</sub> Cathodes with Infinite Layer Structure for All-solid-state Fluoride-Ion Batteries
3. 学会等名 244th ECS Meeting (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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