

令和 5 年 6 月 6 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H02694

研究課題名（和文）銀イオンマーカーを利用した全固体電池内部現象の体系的理解

研究課題名（英文）Systematic Study on Internal Phenomena of All-solid-state Rechargeable Battery using Silver-ion Marker

研究代表者

折笠 有基（ORIKASA, Yuki）

立命館大学・生命科学部・教授

研究者番号：20589733

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）：実用化が期待される全固体リチウム二次電池では、軽元素であるリチウムの動きを観測することが非常に難しい。そこで本研究では、高速の固体内拡散が知られている銀イオン（重元素）をマーカーに利用してX線透過イメージング法による全固体電池内の反応不均一現象および金属析出挙動を解析した。全固体電池では、充放電反応中でも固体電解質の濃度変化が発生しないことを示した。しかしながら、合剤電極では、電極電解質界面から優先的にキャリアイオンの脱離反応が進行し、利用可能な電極厚みが制限される。また、金属負極を用いた場合には、粒界を持たない固体電解質でも、わずかなクラックを起点としてデンドライトが成長する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

二次電池内部ではイオンが複雑に動くことで充放電反応が進行する。しかしながら、これを直接観察することは難しく、電池開発に必要な情報が不足していた。本研究では、全固体電池内部で発生するイオンの不均一性や金属析出挙動を、充放電反応中で直接観察する手法を確立し、その現象解明を行った。液体電解質を使用するリチウムイオン電池と比較した時の利点を明確にするとともに、現在抱える全固体電池の課題について反応原理に基づいて示すことに成功した。

研究成果の概要（英文）：In all-solid-state lithium rechargeable batteries, which are expected to be put into practical use, it is very difficult to observe the movement of lithium ion. In this study, we analyzed the reaction inhomogeneity and metal deposition behavior in all-solid-state batteries by X-ray transmission imaging using silver ions (heavy elements), which are known to diffuse fast in the solid, as a marker. In the all-solid-state battery, it was shown that no concentration change of the solid electrolyte occurred during the charge-discharge reaction. However, in a composite electrode, the insertion/deinsertion reaction of carrier ions preferentially proceeds from the electrode-electrolyte interface, which limits the available electrode thickness. In the case of the metal anode, dendrites grow from even the small crack in the solid electrolyte without grain boundaries.

研究分野：固体電気化学

キーワード：二次電池 全固体電池 X線 放射光 CT イメージング デンドライト

1. 研究開始当初の背景

リチウムイオン電池を代表とする二次電池は、携帯機器用だけでなく、電気自動車等の動力源、自然エネルギーの有効利用のための電力貯蔵媒体としての応用が期待されている。今後、十年程度では、現在のリチウムイオン電池のエネルギー密度を向上させること、その先の数十年では、リチウムイオン電池をベースとした従来の設計思想を超えた新しい二次電池の実現が期待されている。近年では、固体電解質を用いた全固体二次電池の実用化が予測され、世界規模での研究競争が激化している。実用的な全固体二次電池の反応機構は、大まかには理解されているものの、真の性能を発現するための詳細な機構が明らかになっていない。この一部は開発上のノウハウとして、公知とならない知識として取り扱われることもある。ここ十年来の全固体二次電池における研究成果として共通に認識されることは、複雑な反応を理解し、数多くの問題点を克服しないと、実用への道筋が見えない点である。つまり、全固体二次電池の「開発」といえど、基礎学理の構築、反応原理に基づいた設計が重要である。電池内部ではキャリアイオンを正極・負極で行き来させる反応が基本であり、この反応を如何に速く、数多く進行させるかがキーポイントである。しかしながら、全固体電池内部のイオンの動きはその複雑な構造と計測の困難さの故、体系的な現象理解が進んでいない。

2. 研究の目的

二次電池では、結晶構造や電子構造といった材料固有の性質をベースにして、適した材料を電極、電解質として使用する。これを対象とする材料研究では、学術研究が充実しているが、デバイス化した際には、電極・電解質界面における固有の現象や、3次元構造における反応が複雑に入り組むこと、さらに反応の方向が連続的に変化する非平衡状態にさらされる。このようなデバイス反応下では、反応の直接観察が難しく、シミュレーションを除いて、研究例が少ない。そこで本研究では、充放電反応中で実際に進行する、イオン移動現象を直接「観る」ことにより、基礎学理として解明を試みる。全固体二次電池では、液体電解質を用いるリチウムイオン電池と比較して、(A) 電解質の濃度変化がないことによる、電極厚さの劇的な向上、(B) 物理的に樹脂状析出を抑制することによる、金属負極を利用した二次電池の実現、が期待されている。しかしながら、全固体二次電池におけるこれらの期待に対して、そのメリットのみが一人歩きしている状態であり、デメリットを含めた基礎的な反応機構をベースに、反応を的確に制御する理論体系は構築されていない。本研究では、全固体二次電池の内部現象を可視化することにより、通常の充放電測定で得られる電気信号と、電池内部における反応現象を関連付け、基礎学理に基づく二次電池の設計指針を確立することが目的である。以下2点の仮説検証をベースに進めて、基礎的な理論構築から、二次電池設計まで展開させる。

(A) 電極厚みは、濃度変化とイオン伝導度による寄与があるため、厚膜化には限界がある。

(B) 金属の樹枝状析出(デンドライト)は、空隙もしくは粒界を基点に発生する。

この2点について、全固体二次電池内部の直接観察手法を確立しながら解析を行う。

3. 研究の方法

実用化が期待される全固体リチウム二次電池では、軽元素であるリチウムの動きを観測することが非常に難しい。そこで本研究では、古くから高速の固体内拡散が知られている銀イオン(重元素)をマーカーに利用した。全固体電池で使用される電極は複雑な電子・イオン混合伝導体であり、この中のキャリアイオン拡散係数を体系的に計測可能なシステムを構築した。測定手法として、時間的・空間的な濃度変化の情報に敏感な X 線透過イメージング法を用いて、セル構成や解析方法を開発し、反応進行中の銀イオン濃度を実測した。正極活物質として、銀イオン挿入脱離が可能であると報告されている TiTe_2 を用い、固体電解質には $\text{Ag}_6\text{I}_4\text{WO}_4$ 、負極は銀粉末を用いた。圧粉体のペレットを組み合わせた全固体電池モデルを作製した。特に、正極厚みを変えることによる充放電反応速度の変化を計測した。このセルを、放射光施設の SPring-8 へ持ち込み、X 線透過イメージング像を充放電反応中に計測した。電極断面方向から X 線を入射し、透過した X 線を二次元検出器で計測した。電気化学的に正極活物質の組成を電位で制御し、電位を変えた際の、電極中の銀イオンの動きをリアルタイムで追跡した。これにより、従来では計測できなかった、実用電極中での、実効的な拡散係数を算出した。材料のパラメータを動かし、それぞれの物性が、電池特性に与える影響と実効的な拡散係数との差を検証した。

デンドライト析出挙動は、析出前の場所を的確に把握して、その成長過程を連続的に観察することが重要である。これを実現するために、オペランド X 線コンピュータトモグラフィー(CT)法を全固体二次電池の金属析出解析用としての手法を確立した。キャリアイオンは同様に銀イオンを用いた。これは、X 線による吸収コントラストが強いだけでなく、ガラスから酸化物までの豊富なバリエーションにより、粒界の有無による影響、歪み、空隙の寄与をパラメータとして整理しやすいためである。活物質に銀を用いて、固体電解質は $\text{AgI-Ag}_2\text{O-P}_2\text{O}_5$ ガラスとした全固体二次電池セルを直径 0.19 mm のサイズで作製した(図 1)。粒界や空隙を観察可能な、結像型高分解能 CT 測定を放射光施設 SPring-8 で行った。銀の析出反応が起こる前の電解質中の 3 次元

像を取得し、析出後と同じ場所での3次元像を取得した。これにより、金属析出が発生する部位を特性することが可能となる。

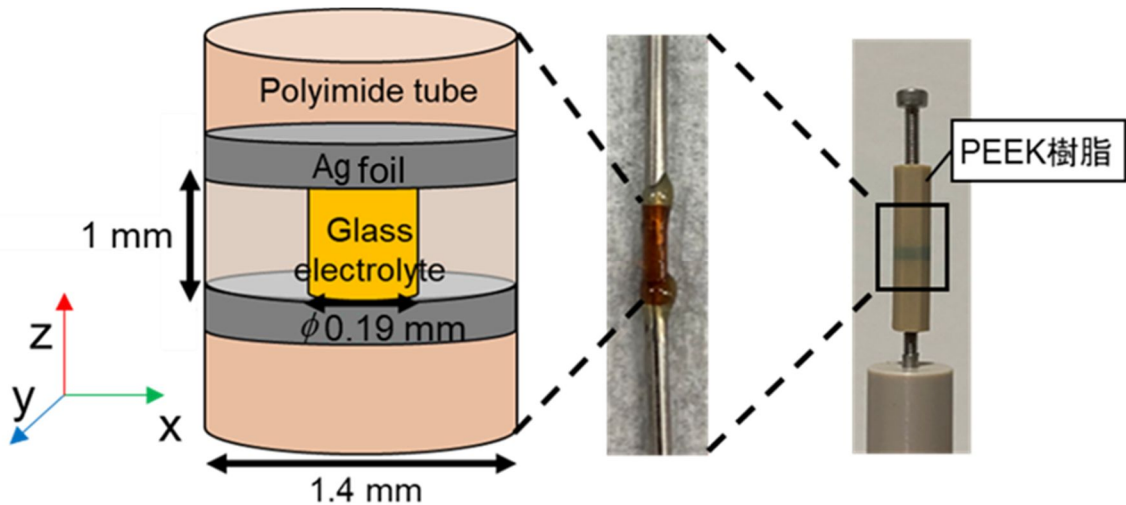


図1. X線CT測定用のAg|AgI-Ag₂O-P₂O₅|Agセル模式図とセルの写真.

4. 研究成果

電解質中の銀濃度変化に伴う透過画像の変化を検討するために、X線透過イメージング法により銀の濃度を0~5モル%変化させた参照試料Ag_{6+x}I₄WO₄(x = 0, 0.06, 0.17, 0.31)の画像解析を行った。銀濃度の増加に伴って、透過画像が暗くなることが確認された。透過画像中の平均X線透過強度を電解質中の銀濃度に対してプロットすると、銀濃度の増加に伴い、直線的に平均X線透過度が減少することを確認した。これは高濃度の銀がよりX線を吸収することに対応している。以上の結果より、電解質基準でAg₆I₄WO₄からAg_{6.06}I₄WO₄の1モル%の銀濃度変化を平均X線透過度の変化により検出することが可能である。

約250 μmの厚さに切断した薄片型の対称セルAg|Ag₆I₄WO₄|Agに対して、通電しながら33 keVの放射光X線を照射し、X線透過画像を取得した。図2(a)および(b)に、初期状態(0 s)と電流密度33.4 mA cm⁻²を流した際(60 s)のX線透過像をそれぞれ示した。透過画像中の左右両側が銀電極であり、左側の電極で銀の溶解、右側で析出が起こる向きに電流を流した。通電前と比較して、(b)で示す右側の固体電解質部分に銀の析出による影が確認された。左側の電極からの距離に対して、通電中のX線透過度の変化を図2(c)に示す。通電前はX線透過度に変化がないのに対して、放電20秒後には、位置0~650 μmでX線透過度の上下への変化が確認された。これは、銀デンドライトが成長したことによって、電解質中にクラックが発生し、X線透過度が変化したことに起因すると考えられる。そして、位置650~780 μmでは、X線透過度の減少が確認された。これは、銀デンドライトが析出した電極側であるため、析出した銀により放電前に比べて、X線透過度が減少したと考えられる。以上から通電前後において固体電解質内のX線透過度は上下に揺れただけで、物質輸送の寄与はなく、電解質中に顕著な銀濃度分布が発生していないことを実証した。

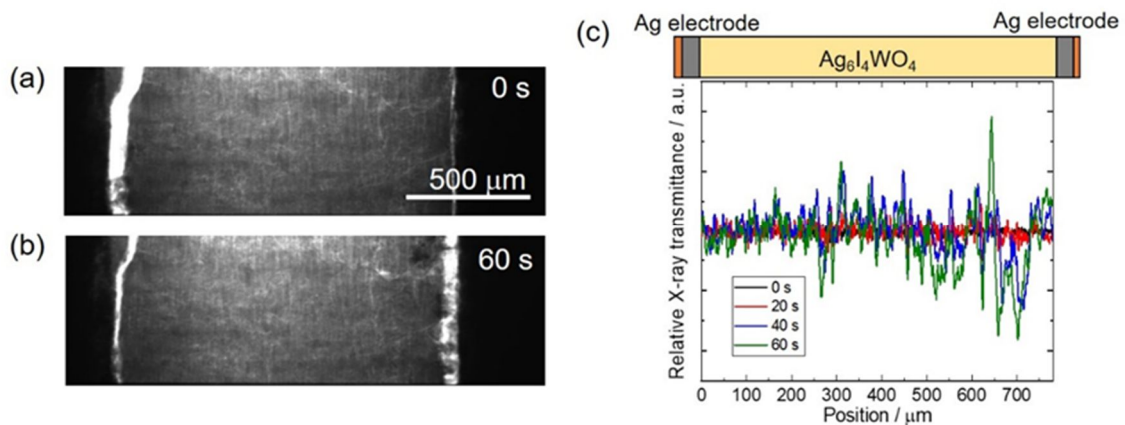


図2. 薄片化したAg|Ag₆I₄WO₄|Agセルの(a)通電前(0 s)と、(b)電流密度33.4 mA cm⁻²で60 s通電中のX線透過像. 左側と右側は銀電極を示す. (c) 通電中のX線透過率変化と電極・固体電解質界面からの距離の関係性.

合剤電極中の反応不均一を解析するために、銀イオン挿入宿主材料として、 TiTe_2 を用いた。 $\text{Ag}|\text{Ag}_6\text{I}_4\text{WO}_4|\text{TiTe}_2$ セルの充放電曲線を解析したところ、 TiTe_2 に対して0.36モルの銀が可逆に反応することを確認した。直径1mmの円筒形セル中に作製した $\text{Ag}|\text{Ag}_6\text{I}_4\text{WO}_4|\text{Ag}_x\text{TiTe}_2$ セルに対して、電流密度 2.1 mAcm^{-2} で放電しながら、正極部分に注目して測定を行った結果を図3に示す。放電反応が進行すると共に、 TiTe_2 正極内に銀が挿入されることによるX線透過度の減少が確認された。特に、放電初期では、固体電解質との界面近傍で、正極内の透過強度が減少した。つまり、正極/電解質界面からの銀イオンが優先的に反応することが示された。この反応分布は、放電中に徐々に均一化され、反応開始後3000s以降では、ほぼ均一な状態へと変化する。

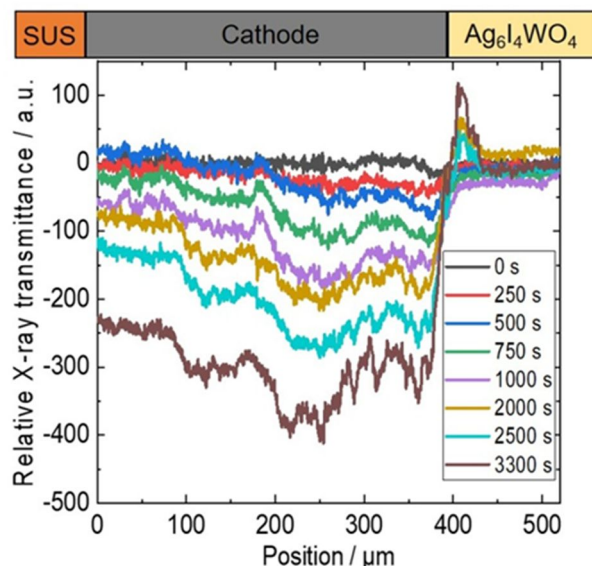


図3. $\text{Ag}|\text{Ag}_6\text{I}_4\text{WO}_4|\text{Ag}_x\text{TiTe}_2$ セルにおける電流密度 2.1 mAcm^{-2} で放電時のX線透過率の差分変化。横軸は Ag_xTiTe_2 正極を集電体からの距離として記載している。

充放電中において、電解質中には本測定で検出できる範囲の濃度分布は発生してしない。これは銀イオンの輸率が、ほぼ1であることに起因する。輸率が1の固体電解質を用いた場合、電解質には顕著なイオン濃度分布は発生していないことから、有機電解液を用いた二次電池に比べ電極の厚膜化が可能であることが考えられる。しかしながら、充放電初期に、電極内では電解質界面からの優先的な反応が観察された。電解質中にはイオン濃度分布が発生していないことを考慮すると、電極活物質中に不均一な反応分布が発生していると推定される。これは、電極中のイオン伝導が全固体二次電池の電極厚みを制限する要因のひとつであることが示している。

銀デンドライトの観察には粒界を有さないガラス固体電解質($\text{AgI-Ag}_2\text{O-P}_2\text{O}_5$)を対象としたセルを作製した。 $\text{Ag}|\text{AgI-Ag}_2\text{O-P}_2\text{O}_5|\text{Ag}$ セルに対して一定の電流を印加する前後でX線CT測定を実施した結果、図4に示すように、粒界の有無にかかわらずデンドライトが成長することが確認された。より詳細にデンドライト成長の様子を解析したところ、電極電解質界面に存在する空隙やクラックを起点としてデンドライトが成長することが判明した。さらに、デンドライトの成長に伴ってガラス固体電解質内に新たなクラックが発生し、これに沿ってデンドライトがさらに成長する様子も確認された。この時、デンドライト先端部を詳細に観察した結果、クラック形成とデンドライト成長は同時に進行するのではなく、クラックが形成した後にデンドライト成長が起こることが明らかとなった。

セル電圧を測定しながら定電流サイクル試験とX線CT測定を繰り返し行った結果、デンドライト成長に伴ってセル電圧が低下することが確認された。得られたCT画像と電圧プロファイルを用いて電極間距離とセル電圧の関係を検討したところ、デンドライト成長過程においてそれらには線形の相関があり、デンドライト成長に伴い、電極間距離が減少することに対応していた。この結果は、拡散律速過程における電気化学的な金属析出反応では、電極間距離が小さいパスによる反応が優先されていることを示唆している。

電流密度が高くなるにつれてデンドライトは枝分かれが多く、細い形状になることが確認された。その原因として、デンドライト先端における電流集中の影響は電流密度の大きさに依存することが考えられる。デンドライトは電極に垂直な方向(セルの厚み方向)に単調に成長するのではなく、電極に平行な方向(セルの径方向)へ反れるように成長する様子が確認された。これは、セルの厚み方向と比較して径方向の機械的強度が低いことが原因であると考えられる。

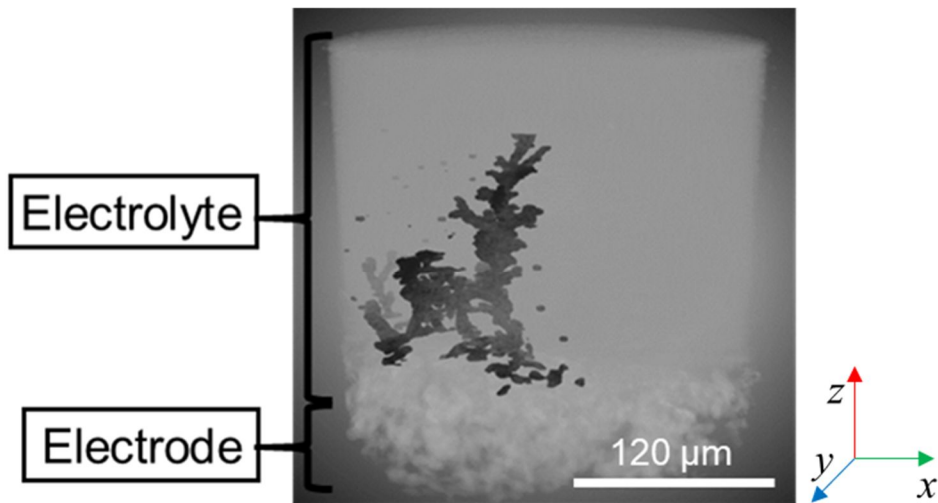


図 4 . Ag|AgI-Ag₂O-P₂O₅|Ag セルで発生した dendrait の 3 次元画像 . 電解質内で黒色にて示されている箇所が銀 dendrait に対応する .

以上の結果をまとめた金属負極を用いた全固体電池における反応の模式図を図 5 に示す。放電状態では、キャリアイオンが正極にあり、金属負極上には dendrait が無い状態を仮定する。全固体電池を使用する利点として本研究が明らかにした点は、充放電反応中でも電解質の濃度変化が発生しないことである。これは液系のリチウムイオン電池と比較して反応速度の向上に資する。この状態から充電すると、正極内では、電極電解質界面から優先的にキャリアイオンの脱離反応が進行する。そのため、ある条件での充放電反応においては、利用可能な電極の厚みが制限されることになる。これは、電極内の実効的なイオン伝導性に由来するものであり、さらにイオン伝導度が高い固体電解質が実現できれば、不均一性を低減できる可能性がある。一方で、この不均一状態は、徐々に緩和していくことも確認されている。しかしながら、金属負極を用いた場合に、粒界を持たない固体電解質でも、わずかなクラックを起点として dendrait が成長する。現在のところ、固体電解質側から dendrait 成長を抑制する指針の確立は難易度が高いことが明らかになった。固体電解質と金属負極の界面制御も容易でないが、金属負極実現のためには、機械的な接触状態の精密制御技術の向上が求められる。

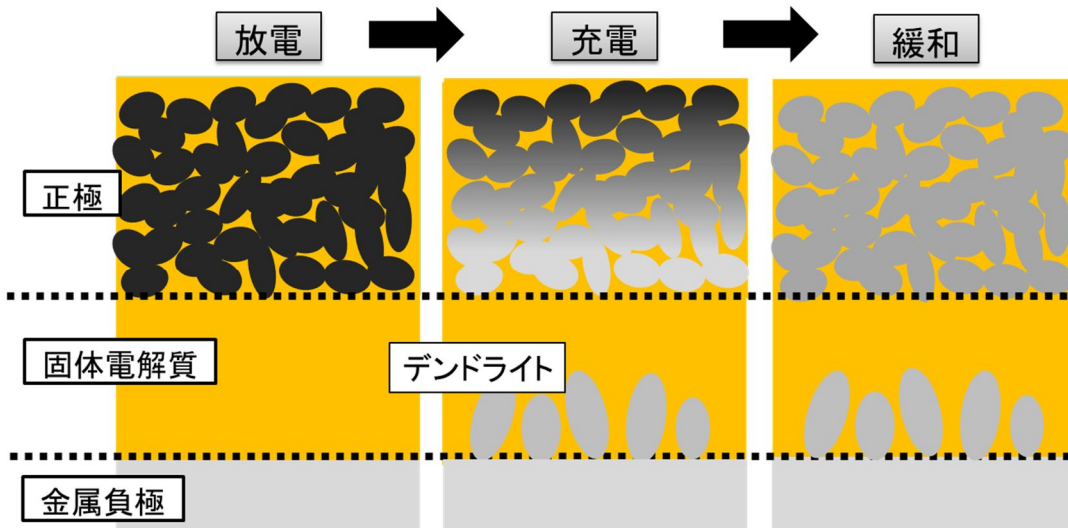


図 5 . 金属負極を用いた全固体電池における充放電反応模式図 .

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Orikasa Yuki, Yamamoto Kentaro, Shimizu Takeshi, Uchimoto Yoshiharu	4. 巻 3
2. 論文標題 Multiscale and hierarchical reaction mechanism in a lithium-ion battery	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemical Physics Reviews	6. 最初と最後の頁 011305 ~ 011305
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0062329	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 折笠有基	4. 巻 88
2. 論文標題 リチウムイオン電池・キャパシタにおける反応不均一現象と評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Denki Kagaku	6. 最初と最後の頁 47 ~ 53
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5796/denkikagaku.20-TE0001	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 Chamidah Nur, Tsuchida Shu, Yaji Toyonari, Irizawa Akinori, Zhong Chengchao, Okazaki Ken-ichi, Orikasa Yuki	4. 巻 149
2. 論文標題 Light-assist electrochemical lithiation to silicon semiconductor	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Electrochemistry Communications	6. 最初と最後の頁 107459 ~ 107459
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.elecom.2023.107459	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 YAMAGISHI Mariya, ZHONG Chengchao, SHIBATA Daisuke, MORIMOTO Mayu, ORIKASA Yuki	4. 巻 91
2. 論文標題 Effect of Fluorine Substitution in Li3YCl6 Chloride Solid Electrolytes for All-solid-state Battery	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Electrochemistry	6. 最初と最後の頁 037002 ~ 037002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5796/electrochemistry.23-00005	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 Sakka Yuya, Yamashige Hisao, Watanabe Ayaka, Takeuchi Akihisa, Uesugi Masayuki, Uesugi Kentaro, Orikasa Yuki	4. 巻 10
2. 論文標題 Pressure dependence on the three-dimensional structure of a composite electrode in an all-solid-state battery	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 16602 ~ 16609
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2TA02378D	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 Tachibana Shintaro, Zhong Chengchao, Ide Kazuto, Yamasaki Hisatsugu, Tojigamori Takeshi, Miki Hidenori, Saito Takashi, Kamiyama Takashi, Shimoda Keiji, Orikasa Yuki	4. 巻 -
2. 論文標題 Fluorosulfide La ₂ +xSr _{1-x} F ₄ +xS ₂ with a Triple-Fluorite Layer Enabling Interstitial Fluoride-Ion Conduction	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemistry of Materials	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.chemmater.3c00188	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 MATSUI Masaki, ORIKASA Yuki, UCHIYAMA Tomoki, NISHI Naoya, MIYAHARA Yuto, OTOYAMA Misae, TSUDA Tetsuya	4. 巻 90
2. 論文標題 Electrochemical In Situ/operando Spectroscopy and Microscopy Part 2: Battery Applications	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Electrochemistry	6. 最初と最後の頁 102010 ~ 102010
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5796/electrochemistry.22-66109	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 MATSUI Masaki, ORIKASA Yuki, UCHIYAMA Tomoki, NISHI Naoya, MIYAHARA Yuto, OTOYAMA Misae, TSUDA Tetsuya	4. 巻 90
2. 論文標題 Electrochemical In Situ/operando Spectroscopy and Microscopy Part 1: Fundamentals	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Electrochemistry	6. 最初と最後の頁 102009 ~ 102009
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5796/electrochemistry.22-66093	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45件(うち招待講演 4件/うち国際学会 27件)

1. 発表者名 Ryo Muraoka, Yuki Omote, Misaki Katayama, Yuki Oriksa,
2. 発表標題 Analysis of Irreversible Charge-discharge Capacity of LiFeP04-Li4Ti5O12 Full-cell
3. 学会等名 International Meeting on Lithium Batteries 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ayaka Watanabe, Yuya Sakka, Yuki Oriksa
2. 発表標題 Three-dimensional Analysis of Composite Electrode in all-solid-state secondary battery mixture electrode by using Using Chloride Solid Electrolyte
3. 学会等名 International Meeting on Lithium Batteries 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuki Oriksa, Yuya Sakka, Ayaka Watanabe, Yusuke Sakurai, Hisao Yamashige
2. 発表標題 Three-dimensional analysis of all-solid-state battery electrode
3. 学会等名 International Conference on Materials Science, Engineering & Technology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ayaka Watanabe, Yuya Sakka, Hisao Yamashige, Chengchao Zhong, Yuki Oriksa
2. 発表標題 Comparison between chloride and sulfide based solid electrolytes of all-solid-state battery composite electrodes by X-ray CT
3. 学会等名 17th Asian Conference on Solid State Ionics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yusuke Sakurai, Yuya Sakka, Hisao Yamashige, Chengchao Zhong, Yuki Oriksa
2. 発表標題 Direct Observation of Ag Dendrite Growth in Silver Glass Electrolyte using X-ray Computed Tomography
3. 学会等名 The 2022 Basic Science International Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuya Sakka, Hisao Yamashige and Yuki Oriksa
2. 発表標題 Pressure dependence on the three-dimensional structure of a composite electrode in an all-solid-state battery by X-ray computed tomography
3. 学会等名 The 2022 Basic Science International Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Mariya Yamagishi, Chengchao Zhong, Yuki Oriksa
2. 発表標題 Stabilized Electrode / Electrolyte Interface Reaction in All-solid-state Lithium-ion Batteries using Anion-doped Chloride Electrolyte
3. 学会等名 17th Asian Conference on Solid State Ionics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuki Oriksa, Yuya Sakka, Ayako Watanabe, Yusuke Sakurai, Misaki Katayama, Yasuhiro Inada
2. 発表標題 Spatial and Time Resolved Operando X-ray Analysis of Hierarchical Reaction in Rechargeable Battery
3. 学会等名 2022 Asia Oceania International Conference on Synchrotron Radiation Instruments (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuki Oriksa, Yuya Sakka, Ayaka Watanabe, Yusuke Sakurai
2. 発表標題 Three-dimensional Morphology Analysis on All-solid-state Batteries
3. 学会等名 Asian Conference on Electrochemical Power Source 11 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuya Sakka, Hisao Yamashige, Chengchao Zhong and Yuki Oriksa
2. 発表標題 Expansion/contraction behavior of silicon anode in all-solid-state battery analyzed by operando X-ray computed tomography
3. 学会等名 Asian Conference on Electrochemical Power Sources 11 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Mariya Yamagishi, Chengchao Zhong, Yuki Oriksa
2. 発表標題 Anion-doping Effect of Chloride Electrolyte Li3YCl6 in All-solid-state Lithium-ion Batteries
3. 学会等名 Asian Conference on Electrochemical Power Sources 11 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ayaka Watanabe, Yuya Sakka, Yu Shintomi, Chengchao Zhong, Yuki Oriksa
2. 発表標題 Pressure Dependence of Three-Dimensional Structure between Chloride, Sulfide and Oxide Based Solid Electrolytes by X-ray CT Analysis
3. 学会等名 Asian Conference on Electrochemical Power Sources 11 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazuki Fujimura, Chengchao Zhong, Yuki Oriksa
2. 発表標題 Correlation between Electrode Composition and Charge/discharge Characteristics in All-Solid-State Lithium-Ion Batteries
3. 学会等名 Asian Conference on Electrochemical Power Sources 11 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yusuke Sakurai, Yuya Sakka, Hisao Yamashige, Chengchao Zhong, Yuki Oriksa
2. 発表標題 Three-dimensional analysis of dendrite growth mechanism in Glass Solid Electrolytes using X-ray Computed Tomography
3. 学会等名 Asian Conference on Electrochemical Power Sources 11 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuya Sakka, Ayaka Watanabe, Chengchao Zhong, Yuki Oriksa, Hisao Yamashige
2. 発表標題 Operando X-ray CT Analysis of All-solid-state Battery of NCM Cathode and Si Anode
3. 学会等名 International Battery Materials Association Meeting 2023, International Battery Materials Association (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 作花勇也, 渡部綾香, 山重寿夫, 折笠有基
2. 発表標題 オペランドX線CT法による全固体電池シリコン負極の膨張収縮挙動解析
3. 学会等名 2022年電気化学秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 櫻井祐輔, 作花勇也, 山重寿夫, 折笠有基
2. 発表標題 X線コンピューター断層撮影を用いたAgI-Ag ₂ O-P2O ₅ ガラス固体電解質における dendrite 成長機構の解析
3. 学会等名 2022年電気化学秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 櫻井祐輔, 作花勇也, 山重寿夫, 鐘承超, 折笠有基
2. 発表標題 X線CT法によるAgI-Ag ₂ O-P2O ₅ ガラス固体電解質内での dendrite 成長機構3次元観察
3. 学会等名 第63回電池討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 作花勇也, 渡部綾香, 山重寿夫, 折笠有基
2. 発表標題 オペランドX線CT法による全固体電池シリコン負極の膨張収縮に関する三次元構造解析
3. 学会等名 第63回電池討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡部綾香, 作花勇也, 新富優, 鐘承超, 折笠有基
2. 発表標題 硫化物・酸化物・塩化物固体電解質における導電率および空隙率の圧力依存性
3. 学会等名 第63回電池討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 櫻井祐輔, 作花勇也, 山重寿夫, 鐘承超, 折笠有基
2. 発表標題 X線コンピューター断層撮影法を用いたガラス固体電解質におけるデンドライト成長挙動の3次元解析
3. 学会等名 2022年度第3回関西電気化学研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 作花勇也, 山重寿夫, 鐘承超, 折笠有基
2. 発表標題 オペランドX線コンピューター断層撮影法による全固体電池シリコン負極の膨張収縮に関する形態学的解析
3. 学会等名 2022年度第3回関西電気化学研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 作花勇也, 山重寿夫, 鐘承超, 折笠有基
2. 発表標題 オペランドX線CT法を用いた全固体電池シリコン負極の膨張収縮に関する形態学的解析
3. 学会等名 第36回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 渡部綾香 作花勇也, 新富優, 鐘承超, 折笠有基
2. 発表標題 X線CT法を用いた全固体二次電池固体電解質3次元構造の圧力依存性解析
3. 学会等名 第36回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 櫻井祐輔, 山重寿夫, 鐘承超, 折笠有基
2. 発表標題 X線CT法を用いたガラス電解質における銀デンドライト成長機構3次元観察
3. 学会等名 第36回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yusuke Sakurai, Yuya Sakka, Takeshi Shimizu, Yuki Oriksa
2. 発表標題 Direct Observation of Silver Dendrite Formation in Glass Electrolyte Using X-Ray Computed Tomography of All-Solid-State Battery
3. 学会等名 239th the Electrochemical Society (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuya Sakka, Takuma Uno, Takeshi Shimizu and Yuki Oriksa
2. 発表標題 Three-dimensional Analysis for LiNi1/3Co1/3Mn1/3O2 Composite Cathode of All-Solid-State Batteries By X-ray Computed Tomography
3. 学会等名 239th the Electrochemical Society (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yusuke Sakurai, Yuya Sakka, Takeshi Shimizu, Yuki Oriksa
2. 発表標題 Direct Observation of Dendrite Formation in AgI-Ag2O-P2O5 Glass Electrolyte Using X-Ray Computed Tomography
3. 学会等名 9th International Conference of the Indonesian Chemical Society (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuya Sakka, Takuma Uno, Hisao Yamashige, and Yuki Oriksa
2. 発表標題 X-ray Computed Tomography on LiNi _{1/3} Co _{1/3} Mn _{1/3} O ₂ Composite Cathode of All-Solid-State Batteries
3. 学会等名 9th International Conference of the Indonesian Chemical Society (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yusuke Sakurai, Koji Kandori, Takeshi Shimizu, Yuki Oriksa
2. 発表標題 Direct Observation of Ag Dendrite Growth in Glass Electrolyte Using X-Ray Tomography of All-Solid-State Battery
3. 学会等名 72nd Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuya Sakka, Takuma Uno, Takeshi Shimizu and Yuki Oriksa
2. 発表標題 X-ray Computed Tomography Study on NCM Cathode of All-Solid-State Batteries
3. 学会等名 72nd Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 櫻井祐輔, 作花勇也, 神鳥浩司, 折笠有基
2. 発表標題 X線コンピューター断層撮影を用いた銀イオンガラス固体電解質における dendrite の成長機構観察
3. 学会等名 2021年電気化学秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 作花勇也, 宇野拓真, 山重寿夫, 折笠有基
2. 発表標題 X線コンピューター断層撮影法によるLiNi _{1/3} Co _{1/3} Mn _{1/3} O ₂ 複合電極を用いた全固体電池の圧力依存性解析
3. 学会等名 2021年電気化学秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 作花勇也, 山重寿夫, 折笠有基
2. 発表標題 X線CT法による複合電極を用いたバルク型全固体電池の圧力依存性解析
3. 学会等名 第62回電池討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 櫻井 祐輔, 作花 勇也, 山重 寿夫, 折笠 有基
2. 発表標題 X線CT法を用いたガラス電解質における銀デンドライト成長機構3次元解析
3. 学会等名 第62回電池討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yusuke Sakurai, Yuya Sakka, Koji Kandori ¹ , Hisao Yamashige, Yuki Oriksa
2. 発表標題 Direct observation of silver dendrite formation in glass electrolyte using X-ray tomography
3. 学会等名 The 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuya Sakka, Takuma Uno, Takeshi Shimizu and Yuki Orikasa
2. 発表標題 X-ray Computed Tomography Study on NCM Cathode of All-Solid-State Batteries
3. 学会等名 The 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大石 昌嗣, 御手洗 祐作, 山重 寿夫, 折笠 有基, 佐藤 一永, 井口 史匡
2. 発表標題 全固体リチウムイオン二次電池のLiCoO ₂ 正極機械特性評価
3. 学会等名 日本機械学会M&M2021 材料力学カンファレンス
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 表勇毅, 片山真祥, 稲田康宏, 折笠有基
2. 発表標題 不可逆容量を示すLiFePO ₄ - Li ₄ Ti ₅ O ₁₂ フルセルの反応解析
3. 学会等名 第61回電池討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuki Omote, Misaki Katayama, and Yuki Orikasa
2. 発表標題 Analysis of Irreversible Charge-discharge Reaction in LiFePO ₄ /Li ₄ Ti ₅ O ₁₂ Full-Cell Using Two-Phase Reaction Active Material
3. 学会等名 PRIME 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuki Omote, Misaki Katayama, and Yuki Oriksa
2. 発表標題 Irreversible Reaction of LiFePO ₄ - Li ₄ Ti ₅ O ₁₂ Full-cell Using Two-phase Reaction Active Material
3. 学会等名 71st Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 神鳥浩司, 山重寿夫, 古田典利, 野中敬正, 折笠有基
2. 発表標題 銀イオンを用いた全固体二次電池中のイメージング測定
3. 学会等名 第21回化学電池材料研究会ミーティング
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Oriksa, Koji Kandori
2. 発表標題 X-ray Absorption Analysis of Reaction Distribution Phenomena in Lithium-ion Battery
3. 学会等名 The 8th International Conference of The Indonesian Chemical Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 神鳥浩司, 山重寿夫, 古田典利, 野中敬正, 折笠有基
2. 発表標題 オペランドX線イメージング法による全固体銀イオン二次電池合剤電極の拡散挙動解析
3. 学会等名 第60回電池討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Orikasa
2. 発表標題 Operando X-ray Imaging Analysis of All-solid-state Rechargeable Battery
3. 学会等名 The 10th Asian Conference on Electrochemical Power Sources (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〕

-

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	大石 昌嗣 (OISHI Masatsugu) (30593587)	徳島大学・大学院社会産業理工学研究部(理工学域)・准教授 (16101)	

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