

令和 2 年 7 月 2 日現在

機関番号：13904

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）

研究期間：2017～2019

課題番号：16KK0127

研究課題名（和文）衝撃固化現象を利用した酸化物全固体電池用活物質 - 固体電解質コンポジット電極の創製（国際共同研究強化）

研究課題名（英文）Development of composite electrode for oxide-based solid-state battery using impact consolidation phenomenon (Fostering Joint International Research)

研究代表者

稲田 亮史 (Inada, Ryoji)

豊橋技術科学大学・工学（系）研究科（研究院）・准教授

研究者番号：30345954

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 11,600,000円

渡航期間： 6ヶ月

研究成果の概要（和文）：本研究では、セラミックス微粒子の常温衝撃固化現象を利用したエアロゾルデポジション法を用いて、次世代型リチウムイオン電池用高容量電極材料であるバナジウム系酸化物や金属リン化合物を膜化し、ミシガン大学、カルガリー大学の研究パートナーとの協力の下、得られた膜電極の電気的・電気化学的特性を評価した。金属基板上に形成した各膜電極は、有機電解液中にて良好な充放電特性を示すことを確認した。これらの結果を踏まえて、別途作製した酸化物固体電解質焼結体上への直接電極形成を試みた。得られた電極/固体電解質積層体の片端面に金属リチウム対極を圧接して構成した全固体セルにおいても、可逆的な充放電動作を確認することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

全固体電池は高い安全性を備えた次世代型蓄電デバイスに位置づけられているが、その安定動作には、電極内ならびに電極 - 固体電解質界面における電荷移動抵抗低減が必須である。本研究により、エアロゾルデポジション法を使用することで、次世代型二次電池用酸化物系・合金系電極活物質を熱アシストなしで酸化物固体電解質上に常温固化して得られた膜電極にて、可逆性の高い充放電が可能であることを実証した。更に、評価の際に必須となるLi金属対極と固体電解質間の電荷移動抵抗低減に資する多くの知見を得ることもできた。これらの成果は、化学的安定性に優れるが可塑性の低い酸化物系材料を利用した全固体電池の実現に貢献するものである。

研究成果の概要（英文）：Aerosol deposition (AD) is known as a functional thick film fabrication process via impact consolidation phenomenon of ceramic particles at room temperature. Using this process, we tried to fabricate thick film electrodes composed of high capacity electrode active materials for advanced Li-ion batteries. The electrical and electrochemical properties of the obtained film electrodes were evaluated in cooperation with research partners of University of Michigan and University of Calgary. It was confirmed that each film electrode formed on a metal substrate showed good charge / discharge characteristics in an organic liquid electrolyte. Based on these results, we attempted direct electrode formation on an oxide solid electrolyte sheet without any heat treatment. Reversible charge / discharge operation could be confirmed even in all-solid-state cells in which Li metal as counter electrode was pressed against the mold end surface of electrode / solid electrolyte laminates.

研究分野：電気化学エネルギーデバイス

キーワード：衝撃固化現象 エアロゾルデポジション法 全固体電池 酸化物固体電解質 電極活物質 コンポジット電極

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 F-19-2

1. 研究開始当初の背景

車載用電源や電力貯蔵用電源への中・大型リチウムイオン電池の用途展開が加速しつつある昨今、電池の安全性確保が重要な課題となっている。可燃性の有機電解液を、不燃性の無機固体電解質（無機固体リチウムイオン伝導体）で置き換えた全固体リチウムイオン電池（全固体電池）は、高エネルギー密度と高安全性・信頼性を同時に達成し得る次世代型蓄電デバイスに位置づけられている。固体電解質材料として、硫化物系材料と酸化物系材料を中心に国内外で開発研究が進められているが、大気中の水分と容易に反応し有毒な硫化水素を発生する前者と比較して、後者は大気・水分に対する化学的安定性が高く、取り扱いが容易という利点がある。このため、より高い安全性の実現と電池製造プロセスの簡易化・低コスト化の観点から、酸化物固体電解質を利用した全固体電池の実現が期待されている。

全固体電池において安定な充放電を行うためには、高いイオン伝導率を示す固体電解質材料の開発のみならず、電池反応（リチウムイオンの授受反応）が円滑に生じる電極-固体電解質界面の形成が極めて重要となる。実用に向けた研究開発が先行している硫化物固体電解質は、高い伝導率と良好な加工成形性を併せ持つため、電極活物質と機械的に混合した後加圧するだけで、比較的容易に緻密なコンポジット電極を得ることができる。一方、酸化物固体電解質は加工成形性が悪く、粒子間抵抗が必然的に大きくなってしまいう欠点があり、電極活物質と固体電解質を成型後に高温熱処理を行うことが一般に必要なとなる。しかしながら、活物質と固体電解質材料の組み合わせや熱処理条件に依存して、活物質-固体電解質間での反応による異相生成や相互拡散等が発生し、活物質-固体電解質界面のイオン伝導抵抗が増加する課題があり、酸化物系全固体電池の性能向上を図る上で大きな障害の一つとなっている。

2. 研究の目的

本研究では、セラミックス微粒子の衝撃固化現象（図1）を利用した成膜技術として知られているエアロゾルデポジション（AD）法に着目し、この手法を酸化物系全固体電池用電極形成プロセスに適用することを目的としている。AD法の適用により、原料粒子と同一組成・結晶構造を有する緻密性の高いナノ多結晶膜を常温下で形成することが可能となるため、焼結プロセスを適用した際に問題となる電極活物質-固体電解質間の反応抑制が期待でき、電極と固体電解質の多様な組み合わせも可能となる。

予備検討として、金属基板を用いてAD法による膜形成に適した粉末の粒子サイズ等を検討した。そして、ミシガン大学・カルガリー大学の研究パートナーとの連携・協力の下、作製した各種膜電極の電気伝導特性および電解液中での電気化学特性を測定・評価した。得られた成果を踏まえて、酸化物固体電解質焼結体上への膜電極形成を同様に行い、対向端面に金属リチウム（Li）対極を圧接して全固体セルを構成し、膜電極の電気化学特性を調査した。更に、全固体セルでの評価において重要となる、金属リチウム対極と酸化物固体電解質焼結体との低抵抗界面形成に向けた接合条件の検討も行った。

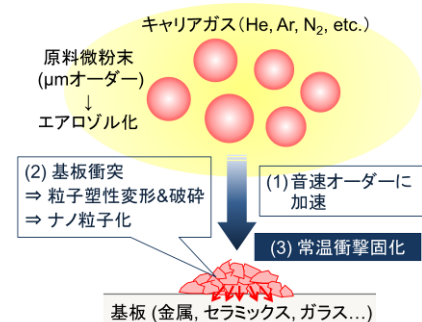


図1 セラミックス粒子の衝撃固化現象

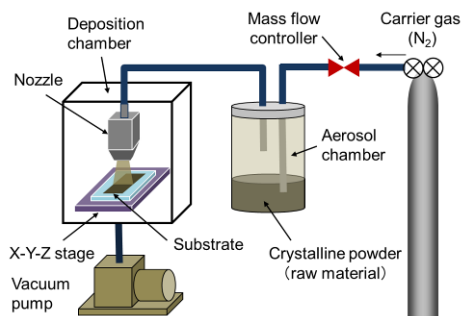


図2 AD装置の構成図

3. 研究の方法

AD成膜装置の構成を図2に示す。エアロゾル容器内に封入した原料粉末（電極活物質）をキャリアガス（N₂）と混合・振動させることによりエアロゾルを形成し、ノズル（開口部寸法10 mm × 0.5 mm）を介して数10 Pa程度に減圧した成膜チャンバー内に配置した、SUS316L板および酸化物固体電解質シート上に噴射する。エアロゾル容器と成膜チャンバーの圧力差によって生じるガス流によって加速された粉末が、基板衝突時の衝撃力で固化することで、常温下の膜形成に至る。成膜条件は、キャリアガス流量10-20 L min⁻¹、ノズル-基板間距離10 mm、成膜時間10-60分とし、エアロゾル噴射時に基板を固定したステージを移動させることにより成膜した。具体的な実験作業は、以下①~③の流れに沿って実施した。

① 次世代型リチウムイオン電池用高容量電極活物質の膜電極化および特性評価

基課題での研究成果を発展させ、次世代型リチウムイオン電池用高容量正極及び負極活物質であるバナジウム酸リチウムLi_{1+x}V₃O₈（LVO、平均作動電位2.7 V vs. Li/Li⁺）とリン化錫Sn₄P₃（平均作動電位0.7 V vs. Li/Li⁺）を選択し、前者は固相反応法、後者はメカノケミカル法により合成した。得られた粉末試料をボールミル処理により微粒化し、AD法での膜化に適した原料粉末を調整した。これらの原料粉末を用いて、LVOおよびSn₄P₃膜電極を金属基板上にAD成膜した。得られた膜試料の構造解析には、X線回折（XRD）、走査型電子顕微鏡（SEM）を用いた。また、LVO膜およびSn₄P₃膜の電気伝導率は直流分極法により測定した。更に、金属基

板上 LVO 膜および Sn_4P_3 膜を作用極，金属 Li 箔を対極とする二極式コインセルを用いて，有機電解液中での定電流充放電特性を室温下で測定・評価した。

② 金属リチウム対極と酸化物固体電解質間の低抵抗接合方法の検討

酸化物固体電解質上に形成した膜電極の電気化学特性を評価する際に，膜電極に対向する固体電解質端面に対極となる金属 Li を低抵抗で接合する必要がある。酸化物固体電解質として，当研究室および研究パートナーの研究グループで多くの検討実績のある Ta 置換 $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ (Ta-LLZO) 焼結体を作製し，両端面に Li 箔を圧接した対称セルを構成し，熱処理条件（温度・時間）や接合界面への中間層（Lu-Au 合金層）導入が，Li/Ta-LLZO 界面での電荷移動抵抗（界面抵抗） R_{int} や界面での Li の充放電（溶解析出）特性に及ぼす影響を検討した。

③ 酸化物固体電解質上での高容量電極活物質の膜電極化および特性評価

金属基板上での検討結果を踏まえて，Ta-LLZO 固体電解質焼結体上に LVO 膜および Sn_4P_3 膜の形成を行った。各膜電極と対向する Ta-LLZO 端面に Li 対極を圧接して全固体セルを構成し，②において最適化した加熱処理を加えて Li/Ta-LLZO 間の界面抵抗の低抵抗化を図った。構成した全固体セルにおいて，各種膜電極の定電流充放電特性を室温から 100°C の温度範囲で測定・評価した。

4. 研究成果

① 次世代型リチウムイオン電池用高容量電極活物質の膜電極化および特性評価

AD 成膜用に粒度調整した LVO および Sn_4P_3 粉末とこれらを用いて成膜した LVO および Sn_4P_3 膜の SEM 像を図 3 に示す。平均粒径 0.5–1 μm 程度に調整した粉末を用いることにより，金属基板上に LVO 膜および Sn_4P_3 膜を形成することができた。膜の相対密度は 85–90% 程度で，成膜時の衝撃によって破碎・変形した粒子から構成される緻密な膜が金属基板上に固化していることを確認した。XRD 測定により得られた膜の結晶相同定を行った結果，成膜に伴う異相生成は見られなかった。また，室温下での電気伝導率は LVO 膜で 10^{-7} – 10^{-6} S/cm 程度， Sn_4P_3 膜で 0.1–1 S/cm 程度であり，既報の粉末成形試料での測定結果に近い値であった。

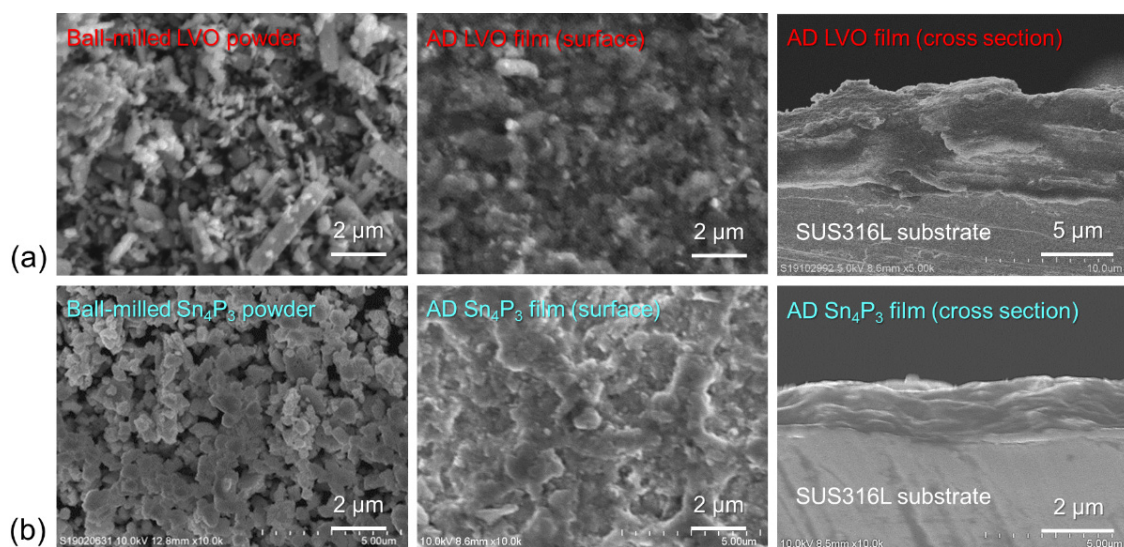


図 3 成膜に用いた原料粉末と得られた膜表面及び断面の SEM 像 (a) LVO (b) Sn_4P_3

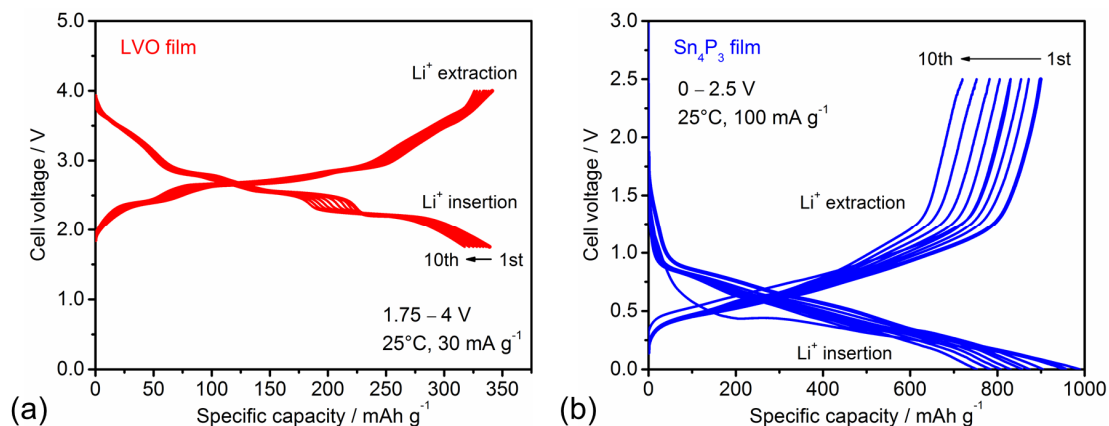


図 4 金属基板上に成膜した LVO 膜と Sn_4P_3 膜の有機電解液中での充放電特性

図4に、金属基板上に形成したLVO膜およびSn₄P₃膜の有機電解液中での充放電特性を測定した結果を示す。LVO膜では、初回に340 mAh/gの可逆容量を示し、10サイクル後も320 mAh/gを保持する結果を得た。一方Sn₄P₃膜は、充放電時の体積変化が本質的に大きな材料のため、LVO膜と比較してサイクル経過時の容量はやや大きい、初回可逆容量として900 mAh/g、10サイクル後も700 mAh/gの高容量を保持する結果を得た。双方とも、既報の合材電極に近い特性であり、AD法で形成した膜電極が電解液中で良好に動作することが確認できた。

② 金属リチウム対極と酸化物固体電解質間の低抵抗接合方法の検討

金属Liと酸化物固体電解質(Ta-LLZO焼結体)で構成した“Li/Ta-LLZO/Li”対称セルに対して、種々の条件にて加熱処理を施した後のセルの室温下での電気化学インピーダンス(ナイキストプロット)を図5に示す。セルの構成はアルゴン充填グローブボックス内で行い、焼結体表面に残留している異相(Li₂CO₃等)を研磨処理により除去した上で、金属リチウムを圧接している。処理時間を1時間に固定して温度を100–175°Cの範囲で変化させた場合(図5(a)), 処理温度の増加と共に界面電荷移動を反映した半円は単調に縮小し、界面抵抗R_{int}は熱処理前の650 Ωcm²から175°C×1時間での処理後に100 Ωcm²まで低下した。次に、複数の対称セルを構成し、温度を175°Cに固定して処理時間を2, 3, 5時間と変化させた場合(図5(b)–(d)), R_{int}は更に低下し、175°C×3時間以上での処理後に25–30 Ωcm²程度の低いR_{int}を得た。熱処理によって金属Liが軟化し、固体電解質との接触状態が改善されたためと考えられる。

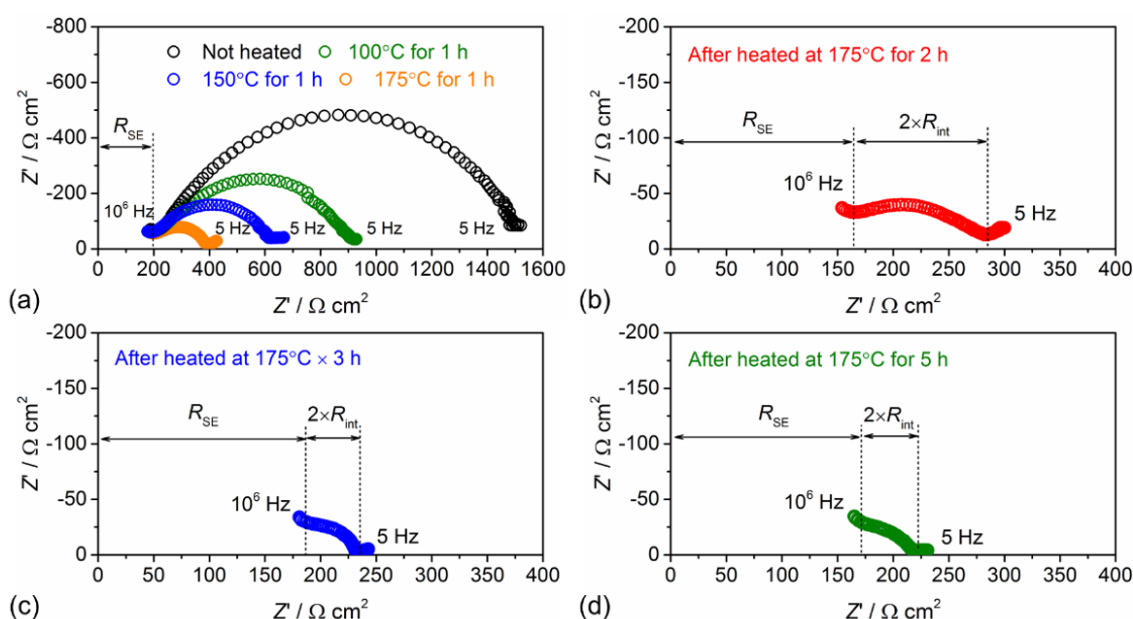


図5 Li/Ta-LLZO/Li対称セルの電気化学インピーダンス測定結果(27°C)

R_{int} = 25 Ωcm²の対称セルを用いて室温下で通電サイクル試験を実施し、界面でのLi溶解・析出反応の安定性を評価した結果を図6に示す。測定は、同一の対称セルで電流密度0.15 mA/cm², 0.3 mA/cm², 通電時間(一方向)を1時間ないし2時間の条件で100サイクルずつ行った。電流密度、通電時間の増加と共に、Li溶解・析出に伴う過電圧は増加するが、各条件での電圧応答は概ね安定していることが確認できる。各条件での通電試験後に、対称セルの電気化学インピーダンスを測定した結果、試験前後で大きな差異は見られなかった。以上の結果より、検討した通電条件でのLi溶解・析出反応に対して、Ta-LLZOのイオン伝導抵抗およびR_{int}は殆ど影響を受けないことを確認した。

なお詳細は割愛するが、Au薄膜(150 nm)を中間層としてLi/Ta-LLZO間に導入し、175°C×5時間の加熱を行うことで、R_{int}の更なる低減(室温下にて約10 Ωcm²)と、Li溶解・析出反応の際の過電圧低下を確認した。接合部近傍にLi-Au合金層が形成され、Li/Ta-LLZO間の結着性が向上したためと考えられる。

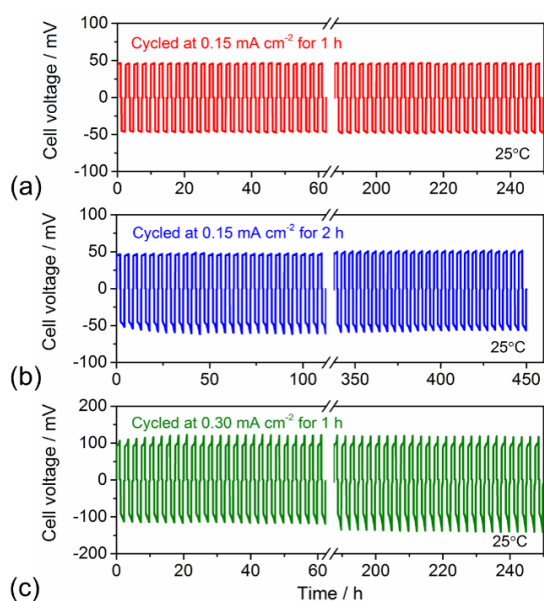


図6 Li/Ta-LLZO/Li対称セルの通電サイクル試験結果(25°C)

③ 酸化物固体電解質上での高容量電極活物質の膜電極化および特性評価

金属基板上での検討結果を踏まえて、粒度調整した LVO 粉末を用いて AD 法により Ta-LLZO 固体電解質焼結体上でも同様に膜電極化した。図 7 の SEM 像から確認できるとおり、Ta-LLZO 焼結体上に 5 μm 程度の緻密な LVO 膜が形成されており、Ta-LLZO 粒子の表面形状に沿うように LVO 粒子が変形・破砕していることが分かる。

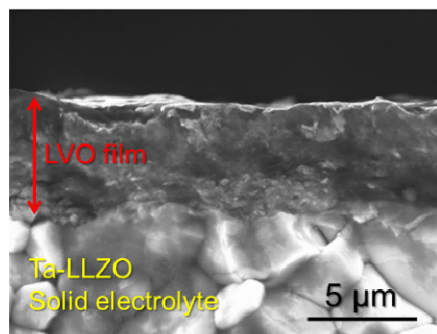
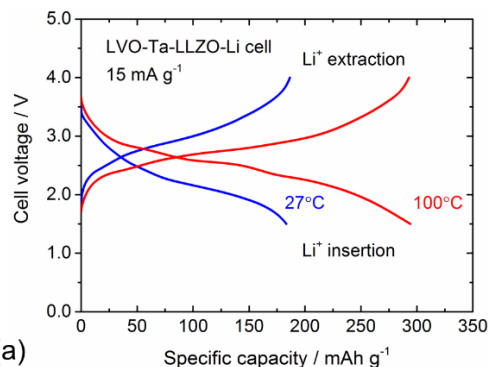
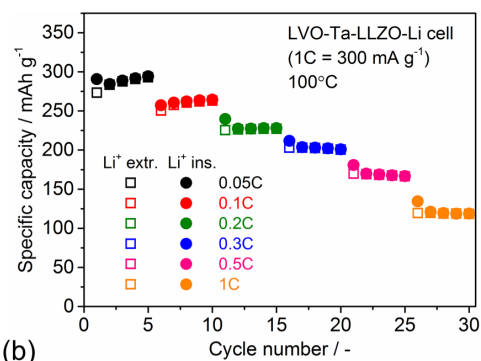


図 7 Ta-LLZO 固体電解質上に形成した LVO 膜の破断面 SEM 像

LVO 膜の電気化学特性を評価するため、対極として金属 Li を Ta-LLZO 焼結体の端面に圧接して全固体セルを構成した。全固体セルの電気化学インピーダンス測定の結果から、LVO 膜と Ta-LLZO 焼結体間の電荷移動抵抗は 300 Ωcm^2 程度と見積もられ、Li/Ta-LLZO 間の抵抗より一桁程度大きかった。図 8 に、全固体セルにおける LVO 膜の充放電特性を示す。図 8(a)より、室温下での可逆容量は 180 mAh/g 程度であり、電解液中での特性の 6 割程度であった。測定温度を 100 $^{\circ}\text{C}$ まで上げると過電圧が大きく減少すると共に、可逆容量は電解液中での特性 (図 4(a)) とほぼ同等の 300 mAh/g まで増加した。室温下では、Ta-LLZO 自身の抵抗や LVO/Ta-LLZO 間の電荷移動抵抗が大きいことに加え、LVO 膜内のリチウムイオン伝導が悪いことが要因として挙げられる。また図 8(b)に示す通り、測定温度を 100 $^{\circ}\text{C}$ に保持して電流密度を変化させつつ充放電特性を測定した結果、各電流密度で良好なサイクル特性を示すことが確認された。この結果より、LVO 膜電極と Ta-LLZO 焼結体間の結着性は高いことが示唆される。



(a)



(b)

図 8 全固体セルでの LVO 膜の充放電特性 (a)温度依存性 (b)サイクル特性

一方、 Sn_4P_3 膜についても同様に、Ta-LLZO 焼結体上にて膜電極化することができた。対極に金属 Li を圧接して構成した全固体セルにおける Sn_4P_3 膜の充放電特性を図 9 に示す。集電体として Sn_4P_3 膜上に厚さ 500 nm 程度の Au 薄膜を形成したため、充放電電圧の範囲を 0–2.5 V とした場合には、Li 吸蔵時の 0.3 V 以下において Au 集電体と Li との合金化反応、Li 放出時の 0.3–0.4 V 付近において Li-Au 合金の脱合金化反応が生じる。これら反応の可逆性が悪く、図(a)に示すように 10 サイクルの間を通じて大きな不可逆容量が見られたが、初回可逆容量として 900 mAh/g 、10 サイクル後も 750 mAh/g と、電解液中 (図 4(a)) とほぼ同等な特性が得られた。Au 集電体の合金・脱合金化反応の影響を低減するため、充放電の電圧範囲を 0.27–2.5 V とした結果、不可逆容量は大きく減少し 300–400 mAh/g の可逆容量を安定に保持する結果が得られた。現在、低電位で電気化学的に安定かつ Li との合金化反応を生じない Cu や Ni 等を集電体として、より詳細な特性評価を進めている。

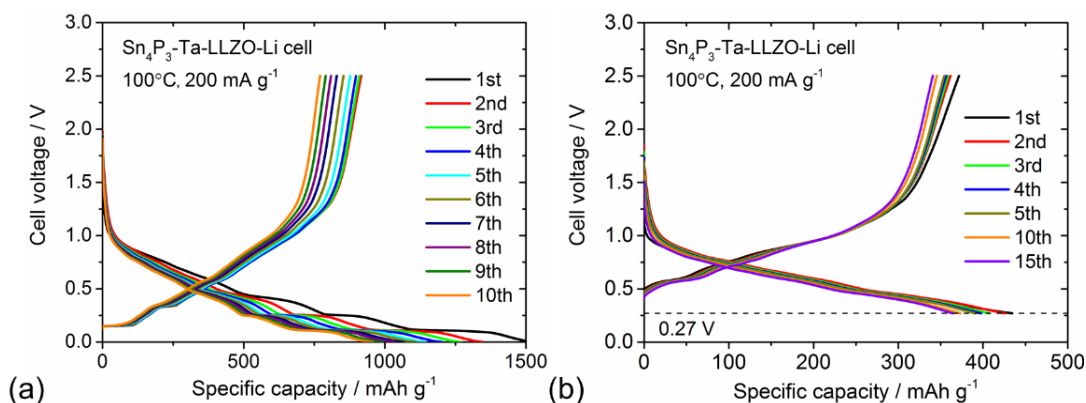


図 9 全固体セルでの Sn_4P_3 膜の電圧範囲による充放電特性 (a) 0–2.5 V (b) 0.27–2.5 V

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Toki Moritaka, Yuh Yamashita, Tomohiro Tojo, Ryoji Inada, Yoji Sakurai	4. 巻 9
2. 論文標題 Characterization of Sn4P3-Carbon Composite Films for Lithium-Ion Battery Anode Fabricated by Aerosol Deposition	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nanomaterials	6. 最初と最後の頁 1032
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nano9071032	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 Ryoji Inada, Kohei Okuno, Shunsuke Kito, Tomohiro Tojo, Yoji Sakurai	4. 巻 11
2. 論文標題 Properties of Lithium Trivanadate Film Electrodes Formed on Garnet-type Oxide Solid Electrolyte by Aerosol Deposition	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 1570
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma11091570	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 Ryoji Inada, Satoshi Yasuda, Hiromasa Hosokawa, Masaya Saito, Tomohiro Tojo, Yoji Sakurai	4. 巻 4
2. 論文標題 Formation and Stability of Interface between Garnet-type Ta-doped Li7La3Zr2012 Solid Electrolyte and Lithium Metal Electrode	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Batteries	6. 最初と最後の頁 26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/batteries4020026	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 Ryoji Inada, Takayuki Okada, Akihiro Bando, Tomohiro Tojo, Yoji Sakurai	4. 巻 27
2. 論文標題 Properties of Garnet-Type Li6La3ZrTa012 Solid Electrolyte Films Fabricated by Aerosol deposition Method	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Progress in Natural Science: Materials International	6. 最初と最後の頁 350-355
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pnsc.2017.06.002	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19件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 竹田惇人, 山崎佑輔, 稲田亮史, 櫻井庸司, Sourav Bag, Venkataraman Thangadurai
2. 発表標題 リチウム dendrait の伝播により劣化したガーネット型固体電解質の再利用に関する基礎検討
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 東大貴, 稲田亮史, 櫻井庸司, Michael Wang, Jeff Sakamoto
2. 発表標題 エアロゾルデポジション法によるリン化錫膜電極の作製と特性評価
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 鬼頭駿介, 東大貴, 稲田亮史, 櫻井庸司
2. 発表標題 エアロゾルデポジション法を用いたバナジウム酸リチウム正極厚膜の作製と電気化学特性
3. 学会等名 2019年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鬼頭駿介, 東大貴, 稲田亮史, 櫻井庸司
2. 発表標題 エアロゾルデポジション法によるバナジウム酸リチウム正極厚膜の作製及び特性評価
3. 学会等名 第50回中部化学関係学協会支部連合秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryoji Inada
2. 発表標題 Challenges in Materials and Processing for Ceramic-Based All-Solid-State Batteries
3. 学会等名 University of Calgary Department Seminar (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryoji Inada, Daiki Azuma, Michael Wang, Jeff Sakamoto, Yoji Sakurai
2. 発表標題 Characterization of Tin Phosphide Films for All-Solid-State Battery Anode Fabricated By Aerosol Deposition
3. 学会等名 236th Meeting of The Electrochemical Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryoji Inada
2. 発表標題 Research and Development for Ceramic-Based All-Solid-State Lithium Batteries
3. 学会等名 Emerging Technologies for Sustainable Energy Solutions 2nd Annual Conference
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 塚原康平, 三橋尚輝, 鬼頭駿介, 東大貴, 東城友都, 稲田亮史, 櫻井庸司
2. 発表標題 エアロゾルデポジション法による酸化物固体電解質を用いた電極複合体の作製と評価
3. 学会等名 2018年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森高冬毅, 東城友都, 稲田亮史, 櫻井庸司
2. 発表標題 エアロゾルデポジション法によるSn4P3/C複合膜電極の作製及び電気化学特性
3. 学会等名 2018年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 塚原康平, 三橋尚輝, 鬼頭駿介, 東大貴, 東城友都, 稲田亮史, 櫻井庸司
2. 発表標題 LISICON系酸化物固体電解質を用いた電極複合体の作製および特性評価
3. 学会等名 第49回中部化学関係学協会支部連合秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森高冬毅, 東城友都, 稲田亮史, 櫻井庸司
2. 発表標題 エアロゾルデポジション法によるSn4P3/C複合膜電極の作製及び電気化学特性評価
3. 学会等名 第49回中部化学関係学協会支部連合秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryoji Inada, Kohei Okuno, Shunsuke Kito, Kohei Tsukahara, Tomohiro Tojo, Yoji Sakurai
2. 発表標題 Characterization of Lithium Vanadate Film Electrode Formed on Garnet-Type Oxide Solid Electrolyte by Aerosol Deposition
3. 学会等名 Americas International Meeting on Electrochemistry and Solid State Science (AiMES 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 稲田亮史
2. 発表標題 酸化物系固体電解質を利用した全固体リチウム二次電池の研究
3. 学会等名 平成30年度日本セラミックス協会関東支部 支部講演会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 稲田亮史, 保田哲志, 細川寛将, 奥野晃平, 塚原康平, 東城友都, 櫻井庸司
2. 発表標題 カーネット型酸化物固体電解質 - リチウム金属負極の界面形成条件の検討
3. 学会等名 第58回電池討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 奥野晃平, 塚原康平, 鬼頭駿介, 東城友都, 稲田亮史, 櫻井庸司
2. 発表標題 エアロゾルデポジション法によるバナジウム酸リチウム薄膜電極の作製と特性評価
3. 学会等名 日本セラミックス協会第30回秋季シンポジウム
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

豊橋技術科学大学教員紹介（稲田亮史）
<https://www.tut.ac.jp/university/faculty/ee/141.html>
 豊橋技術科学大学電気・電子情報工学系クリーンエネルギー変換研究室
<http://www.cec.ee.tut.ac.jp/>

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
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	さかもと じえふ (Sakamoto Jeff)	ミシガン大学・機械工学科・准教授	
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	たんだうらい べんかたらまん (Thangadurai Venkataraman)	カルガリー大学・理学部化学科・教授	