

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 6 日現在

機関番号：17102
研究種目：基盤研究(A) (一般)
研究期間：2019～2022
課題番号：19H00828
研究課題名(和文) Na伝導性ポリアニオン化合物のシナジー設計による革新固体イオニクス・デバイス創製

研究課題名(英文) Creation of novel ionics devices by synergetic design of Na-conducting poly-anion compounds

研究代表者
林 克郎 (Hayashi, Katsuro)
九州大学・工学研究院・教授

研究者番号：90397034
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 31,500,000円

研究成果の概要(和文)：可動のNaイオンを内包する固体ポリアニオン化合物を起点として、これら自在に変換・複合化する事による機能性発現の新領域開拓と基盤確立を目指し、「Na故にとは何か、どこまでが可能か？」の課題に取り組んだ。ナシコン系や新規Naイオン固体電解質の探索と特性、電極活物質として期待できる新しいインターカレーション系の開拓、炭素系高比表面積電極材料の開拓と評価、炭素材料とナシコン系材料の複合化による全固体キャパシタへの展開、ガラスセラミック法によるナシコン系電極材料形成と電解質への接合、電極材料と電解質の厚膜形成と界面構築と酸化物系Naイオン全固体電池の作製について成果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

電池研究分野の動向は、「リチウムイオンからナウイオンへ」「液体から固体電解質へ」という転換期を迎えている。本研究では、複数相のインテグレーション、界面設計によるNaイオン移動と貯蔵の制御、酸化物Naイオン二次電池などの新しい特徴を有する電池の実現に導く為の知見を得た。伝導度や堅固性での優位性や、長年のセラミック加工技術の進歩の観点から、ナシコン系化合物やその誘導体を用いたNaイオン全固体電池の実現への期待を促す結果を得た。テープキャスト法により電極層を作製し、固体電解質層とともに全固体電池に組み込む方法についても考察し、大容量多層積層電池への展望や実現可能性について示した。

研究成果の概要(英文)：We aimed to develop new areas of materials functional design by flexibly converting and/or complexing materials inspired from solid polyanionic compounds containing mobile Na ions, tackling the issues of "What is peculiarity of Na and to what extent is it possible?" Outcome includes the topics of: the exploration of Nasicon-based and new Na ion solid electrolytes and their properties, the development of new intercalation materials systems promising for electrode active materials, the development and evaluation of carbon-based electrode materials with high specific surface area, the development of all-solid-state capacitors by compositing carbon materials and Nasicon-based materials, the Nasicon-based electrode materials by glass-ceramic method for bonding of Nasicon-based electrode materials to electrolyte, the thick film formation and interface construction between electrode materials and electrolyte, and the fabrication of oxide-based all-solid-state Na⁺ ion batteries.

研究分野：無機固体化学

キーワード：全固体電池 ナトリウム 固体電解質 電極活物質 炭素材料 ガラスセラミックス テープキャスト
イング ナシコン

1. 研究開始当初の背景

脱炭素社会の実現が急務とされる中、化石燃料から再生可能エネルギーによる社会活動への転換を図る上で、蓄電技術は重要な役割を担っている。そのためには、電力系統に電力を供給する大規模な二次電池の広い展開が必須であり、豊富で遍在する原料やコスト効率の高い製造プロセスにより、高性能で安全な電池を低価格で広く実用化する必要がある。よって、電池研究分野の動向は、「リチウムイオンからナウイオンへ」「液体から固体電解質へ」という転換期を迎えている。

金属ポリアニオン化合物は、多様な意味合いで「多様性」を有する。主要な結晶構造の一つのナシコン構造は $A_xM_2(TO_4)_3$ ($0 < x < 5$) の組成で表される(図 1)。陽イオン酸素配位八面体をポリアニオン四面体が接続した網目構造をとり、化学的に安定で剛直な構造を作りつつ、網目構造の窓を通して Na^+ イオンなどが容易に拡散し、 $Na_3Zr_2(SiO_4)_2(PO_4)$ (NZSP) では、室温で $\sim 10^{-3} S cm^{-1}$ 台の高い Na^+ イオン伝導度を示す。主要な組成に限定しても、 $A = Na, Li, \dots$, $M = Zr, Ti, V, Mn, Cr, Fe, Ni, Al, Ge, T = P, \dots Si, As, \dots$ などの多様な組成を持つ。NZSP 自体は固体イオン伝導体の最も古典的な物質の一つであるが、申請者らにより非水-水溶液ハイブリッド型ナトリウム-空気電池 (Liang, Hayashi, *J. Electrochem. Soc.* 2015, 162, A1215, etc.) を実現するための負極保護・固体電解質層として適用したことを契機に、近年、フロー型電池 (Liang, Hayashi *et al.*, *Nano Energy* 2018, 49, 574)、海水二次電池へ応用が提案されるに至っている。 M に $3d$ 遷移金属を有するナシコンファミリー物質では、結晶の剛直性、電気化学的安定性とアルカリイオンの高速拡散性の利点を生かしリチウムイオン電池 (LIB)、ナトリウムイオン電池 (NIB) の電極活物質として広く見直されている。例えば、ナシコン型 $Na_3V_2(PO_3)_4$ (NVP) は、NIB 向けの高エネルギー密度を有する優れた正極材料として検討されている。金属ポリアニオン系結晶の化学組成は、丁度ガラス網目形成剤、網目修飾剤の組み合わせである。実際、ナシコン系結晶と等価な組成のガラス形成は幾つか報告されていて、商用化されている例が $Li_{1+x+y}Al_x(Ti, Ge)_{2-x}(SiO_4)_y(PO_4)_{3-y}$ (LATP) の結晶化ガラス電解質であり、NZSP より一桁劣る $\sim 10^{-4} S cm^{-1}$ の Li イオン伝導度を有する。

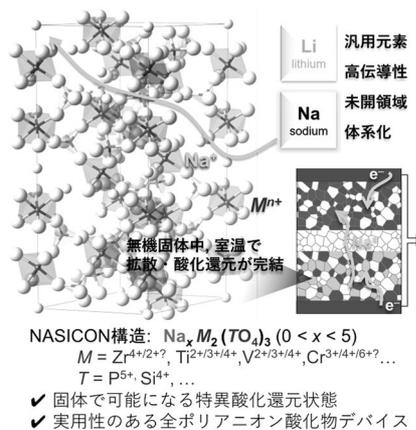


図 1 ナシコン型化合物による固体 Na イオン電池構築

2. 研究の目的

上記に記載した、可動の Na^+ イオンを内包する固体金属ポリアニオン化合物を自在に変換・複合化する事による機能性発現の新領域開拓と基盤確立を目指し、「 Na 故にとは何か、どこまでが可能か？」を問う。 Na を含む金属ポリアニオン化合物を自在に変換・複合化させ、 Na^+ イオンの高速拡散と吸蔵能を設計、理解するための基盤を確立する事を目指す。 Na ナシコン系を起点として、金属ポリアニオン化合物系の未踏領域を見定め新物質を探索する。同時に、結晶相の多様性、易ガラス形成能、化学安定性系を生かした特徴的な結晶質-ガラス・非晶質の変換・共存を利用したプロセスを開拓する。複数相のインテグレーション、界面設計による「 Na^+ イオン移動と貯蔵の制御」、新着眼点としての電気化学的に制御可能な表面酸化・還元能を統合して、新規の全ポリアニオン系酸化物 Na イオン二次電池などの新しい特徴を有する電池の実現に導く為の知見を得る。

3. 研究の方法

固体電解質との組み合わせで、高電位・低電位での酸化還元を示す物質の発掘と接合、易ガラス形成能とガラス-結晶質の変換を利用した新しい構造形成プロセス、多孔体等と組み合わせによる人工的な混合伝導、電荷貯蔵界面の形成、ガラス系の焼結助剤などによる、良導電性粒界の構築のための検証、全ポリアニオン化合物固体二次電池の実現と、その性能向上のための鍵となる知見と技術の確立、および、全固体電池の形態を活用し、新機軸を持つ電池の実現に繋げる事を具体的な方針とした。

この方針に関して、以下の副課題を実施している(カッコ内は次節の研究結果記載する副節を表す)。(4.1) 新旧アルカリイオン固体電解質の探索と特性、(4.2) 新しいインターカレーション系の開拓、(4.3) 高比表面積電極材料の開拓と評価、(4.4) 炭素材料とナシコン系材料の複合化による全固体キャパシタへの展開、(4.5) ガラスセラミック法によるナシコン系電極材料形成と電解質への接合、(4.6) 電極材料と電解質の厚膜形成と界面構築。

4. 研究成果

4.1 新旧アルカリイオン固体電解質の探索と特性

ハイブリッド型空気電池への適用で重要となる、NZSP の Na^+ イオン伝導性に及ぼす pH 値の異なる水溶液の影響を室温で検討した。水和、結晶粒微細化、表面クラック生成の劣化過程を観察し、水溶液中での腐食機構を説明した。[M. Hou, K. Hayashi, *et al.*, *Corr. Sci.*, **177** (2020) 109012.] また、全固体電池形成の為に、NZSP 系ナシコン系の焼結性と高伝導性を両立させる戦略に関しても提言している[林 克郎, 次世代二次電池の開発動向, シーエムシー出版 (2023)].

NASICON 系を超える新たな Na^+ イオン伝導性電解質を開拓する事を目指して、斜方晶(*Pnma*)ペロブスカイト構造を持つ $\text{Na}_{3x}\text{La}_{2/3-x}\text{ZrO}_{3-\delta}$ の緻密なセラミックスをスパークプラズマ焼結法により作製し、結晶化学と組み合わせた Na^+ イオン伝導挙動を調べた。SPS 法により Na の揮発が抑制されているにもかかわらず、焼結中に Na 成分が一部失われる傾向があり、その結果、ペロブスカイトの化学組成は $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ パイロクロアと ZrO_2 の二次相と平衡する $3x = 0.32-0.35$ という小さな範囲に限定される。これが、本系がこれまでに明快に見出されてこなかった理由である。 $\text{Na}_{0.32}\text{La}_{0.48}\text{ZrO}_{2.9}$ の試料は、 $\text{Na}_{3x}\text{La}_{2/3-x}\text{TiO}_3$ のチタン酸誘導体と比較して、バルク伝導度が高く (350°C , $7.2 \times 10^{-5} \text{ S cm}^{-1}$)、活性化エネルギーが低い (0.26 eV) ことから、Zr 置換によるペロブスカイト格子の拡大は Na^+ イオンにとって十分に広い移動経路となることが分かった。(図 2) [N. Toyomura, G. Hasegawa, K. Hayashi, *et al.*, *Scripta Mater.* **200** (2021) 113887.]



図 2 ペロブスカイト型 NLZ 結晶の Na^+ イオン伝導

ホウ素を主要な骨格カチオンとして含むアルカリ性ソーダライトは希少であり、格子定数が既知のアルカリソーダライトの中で最も小さい、ホウ素含有立方晶の Li ソーダライト $\text{Li}_8\text{B}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{Cl}_2$ を見出した。 $\text{Li}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{LiCl}_4$ 系から $\text{Li}_8\text{B}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{Cl}_2$ のガラス・セラミックを作製した。 60°C での直流伝導度は部分的に結晶化した試料と高結晶化した試料では、それぞれ $\sim 1.5 \times 10^{-6}$ と $\sim 2.3 \times 10^{-7} \text{ S cm}^{-1}$ 、活性化エネルギーは $0.5-0.6 \text{ eV}$ であった。このガラスセラミックスは、Li 金属との接触に安定であり Li^+ イオンの輸率は約 0.95 であった。[H. Arima, K. Kajihara, *et al.*, *J. Ceram. Soc. Jpn.* (2023), in press.]

4.2 新しいインターカレーション系の開拓

$\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ (NVP) 由来のナシコンが型結晶の Mg^{2+} 電気化学的インターカレーション能に着目して、詳細な電気化学的検討を行った。アノード安定性の高い $\text{Mg}(\text{BF}_4)_2$ 系電解質と信頼性の高い Ag 擬似参照電極の組み合わせにより、適切な電気化学的試験結果を得ることができた。脱 Na^+ イオン NVP 電極は、室温で 100 mAh g^{-1} 以上の Mg^{2+} イオンの可逆容量を持ち、約 2.7 V (vs Mg^{2+}/Mg) での明確な充放電プラトーを観測できた(図 3)。2 価の陽イオンの脱溶媒のための高いエネルギー障壁に起因する放電時の電荷移動抵抗の増加が、大きな分極の原因であると推定された。ただし、これは極端に大きなものではないため、室温での動作が可能であった。本研究から、 Na^+ 抽出や Mg^{2+} 挿入・抽出時の強いアモルファス化への駆動力に耐えるためには、ホスト格子の構造的堅牢性が重要であることが明らかとなった。[G. Hasegawa, K. Hayashi, *et al.*, *ACS Appl. Energy Mater.* **3** (2020) 6824.]

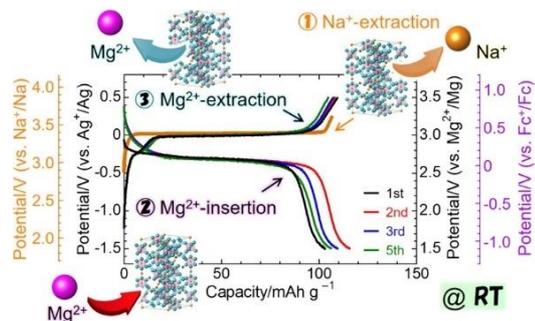


図 3 ナシコン型 NVP への Mg^{2+} イオン充放電

有機リチウムによるフッ化物結晶への低温リチウム化反応に着目して、 ReO_3 型 CoF_3 にリチウムをインターカレーションすることにより、新規ペロブスカイト型フッ化物 Li_xCoF_3 を合成した。この反応は室温で速やかに進行する。放射光 X 線回折と室温での光学的第二高調波発生計測により、この化合物は Li-Co アンチサイト欠陥と c 軸方向に沿った A サイト分裂を含む高温型菱面体晶 ($R-3c$) LiNbO_3 型構造であることが明らかになった。X 線吸収分光と結合価数と分析から、リチウム化後は、 Co^{2+} の酸化状態であり、 LiCoF_3 に近い ($x \approx 1$) 完全リチウム化インターカレーションが達成できた事が示唆され、電極材料への応用も期待された。[Y. Matsuo, G. Hasegawa, K. Hayashi *et al.*, *Inorg. Chem.* **61** (2022) 11746.]

4.3 高比表面積電極材料の開拓と評価

ハードカーボン(難結晶化黒鉛)は、従来の液体電解質を用いた、 Na^+ イオン電池の高容量負極材の他、全固体電池での負極材料として有望視される。しかし、高い可逆容量と同時に、最初の充放電サイ

クルでの不可逆容量損失が大きくなり、実用性が制限される場合がある。可逆容量を最大化し、同時に不可逆損失を最小化は、炭素粒子内のサブナノ細孔を制御することで達成し得る。小さな細孔の特性は自明ではないため、Kr, N₂, CO₂ ガス収着ポロシメトリーと H₂O 蒸気収着ポロシメトリーを用いて、8 種類のハードカーボンの調査を行った。電気化学的 Li および Na 貯蔵試験と、表面積および細孔容積を比較した。H₂O と CO₂ の収着ポロシメトリーは、過剰な不可逆容量を評価するために優れた方法であることが判明した。この方法は、化学的に類似した材料の中から、有望な活性物質を選択する事にも有効である。[Y. Matsukawa, G. Hasegawa, K. Hayashi, *et al.*, *Beilstein J. Nanotechnol.* **11** (2020) 1217.]

MAX 相から A 元素の選択的エッチングによって調製される材料は MXene として知られる。対照的に、M 元素の選択除去によって AX 化合物が得られる事に着目した。Ti₂SC MAX 前駆体の電気化学エッチングによって S/C 複合体を得て、その特性評価を行った。NH₄F 電解液中で電気化学的に Ti 成分が抽出されて、アモルファス S/C 化合物が形成された。これは元素状硫黄を含むアセトン可溶性揮発分、アセトン不溶性揮発分、加熱によって S ドープ炭素に転換される不揮発分の 3 成分から構成されていた。この材料は、イオン電池の正極材料への応用が期待される。[G. Hasegawa, K. Hayashi, *et al.*, *Eur. J. Inorg. Chem.* (2019) 2312.]

ワンポットのゾル-ゲル反応と炭化によって、Si ナノ粒子を多孔質足場に包含する無結着剤のモノリス炭素電極を作製した。厚さ 150 μm の自立型電極は、リチウムイオン電池の高面積負極として機能し、最大約 7 mAh cm⁻² を供給する。Si の含有量が増加するにつれて、サイクル時の容量低下が顕著になり、これは長期間のサイクルによって 100 nm 以下の Si ナノ粒子が破壊され、粉砕されることに関連している。また、熱重量分析・質量分析から、電解液の分解が進み、主にリチウムアルキルカーボネート、ポリマー種、LiF からなる固体電解質層(SEI)が成長し、200 サイクル後の電極の質量が元の状態のほぼ 2 倍になることが確認された。元素マッピング解析の結果、LiF は電極中で不均一に生成し、Li 対極からの距離に応じた濃度勾配を生じることが明らかになった。[G. Hasegawa, K. Hayashi, *et al.* *Langmuir*, **35** (2019) 12680–12688.]

4.4 炭素材料とナシコン系材料の複合化による全固体キャパシタへの展開

一般的なスーパーキャパシタ(SC)では有機もしくは水性電解液が用いられ、用途や使用条件が制限される。無機材料の利用や電解質固体化が、その解決となり得る。多孔質固体電解質/カーボン複合体を電極として用いた新たな全固体 SC の作製を行った。相分離を伴うゾル-ゲル法を用いて NaZr₂(PO₄)₃ (NZIP)の共連続多孔質を作製し、その細孔中へ、レゾルシノール-ホルムアルデヒドのゲルを導入し、加熱炭化させて多孔質 NZIP/カーボン複合体を得た。表面積はそれぞれ 36、252 m² g⁻¹ であり、マクロ、メソ孔が炭素で被覆充填されつつも、新たに炭素由来によるマイクロ孔の形成が認められた。多孔質 NZIP では湿度 40–80 %RH の範囲で約 2 桁のイオン伝導度変化を示し、80 %RH で 1.1×10^{-5} S cm⁻¹ であった。カーボン充填複合体一對と Nafion 膜を用いたキャパシタにおいて 3.2×10^{-3} A g⁻¹ の定電流測定では、 3.1 F g⁻¹ の静電容量が得られた(図 4)。炭素のマイクロ孔表面での吸着水層に電気二重層が形成され、それらが容量へ寄与している事が示唆された。[林 克郎, 2022 年電気化学会, 秋季大会.]

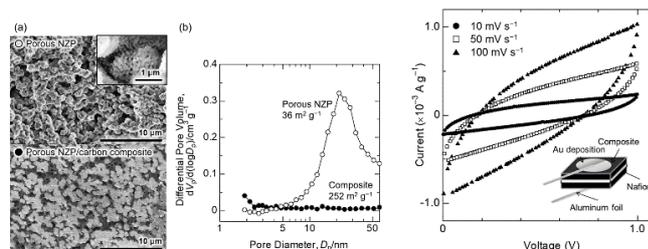


図 4 多孔質ナシコン型 NZIP とカーボン含電極およびキャパシタ特性

4.5 ガラスセラミック法によるナシコン系電極材料形成と電解質への接合

30Na₂O-40TiO₂-30P₂O₅ ガラスからナトリウムイオン電池の負極候補である NASICON 型 Na_xTi₂(PO₄)₃ を作製するガラス-セラミックスプロセスについて、雰囲気条件を変化させながら検討した。不活性雰囲気(N₂)での熱処理により、ガラスは約 600 °C で菱面体晶系の NaTi₂(PO₄)₃ に結晶化し始め、さらに高温で他の相が結晶化し多相混合体となる。一方、還元雰囲気(5% H₂/Ar)では、三斜晶系の Na₃Ti₂(PO₄)₃ は約 800 °C 以上で結晶化する。Na₃Ti₂(PO₄)₃ の生成は、初期ガラス組成中の過剰酸素の喪失と Ti⁴⁺ から Ti³⁺ への還元に関連している。ガラスからセラミックへの変換に伴う還元過程を、熱重量分析中のその場観察によって追跡した。また、ガラスセラミック電極の電気化学的な Na⁺ 蓄積能力は、これらの 2 つの相の間

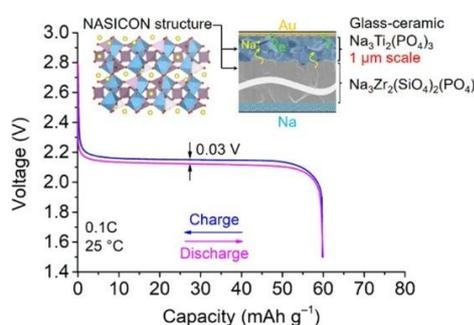


図 5 ナシコン型 NTP/NZSP 全固体系での室温充放電特性

の Na⁺イオン占有率と相関しており、これらの相の割合が Na イオン電池の充放電特性に影響を与える。ガラスセラミック粉末をより細かくすることで、電気化学的特性を向上させ、理論容量のほぼ 80% を達成することができた。[S. Jia, G. Hasegawa, K. Hayashi, *et al. Ceram. Int.*, 48 (2022) 24758.]

酸化物系全固体電池(ASSB)の性能に及ぼす厚さ 1 μm の電極活物質の影響を、金属 Na | Na₃Zr₂(SiO₄)₂(PO₄) (NZSP) | Na₃Ti₂(PO₄)₃ (NTP)セルで検討した。NZSP セラミック電解質上に、ガラス粉末懸濁液のスピンコーティングとその後の結晶化(ガラス-セラミックプロセス)により、緻密な結晶性 NTP 層が形成された。厚さ 0.6 μm の NTP 層を形成した試料は、0.1C の充放電サイクルで極小分極 (<0.03 V) を示し、約 60 mAh g⁻¹ の初期容量は 60 サイクル後も 80% 以上維持された(図 5)。また、高速カソード反応により、-20 °C での 0.1C 容量が約 80% 保持されることも確認された。さらに、導電性添加物を含まない正極膜の厚さを 1 μm の範囲で容易に制御できることから、正極の速度論を評価することが可能となった。電気化学インピーダンス分光法により、ワールブルグ抵抗が電子と Na⁺イオンの両極性拡散に由来することが明らかになった。本手法は、次世代酸化物系 ASSB の電極材料の適合性や電極設計を迅速に検討するための道筋をつけるものである。[S. Jia, G. Hasegawa, K. Hayashi, *ACS Appl. Energy Mater.* 6 (2022) 317.]

さらに、1.7, 3.4 V vs Na/Na⁺の二段階の酸化還元電位を持つ Na₃V₂(PO₄)₃ (NVP)、平均 4.5 V vs Na/Na⁺の高電位を持つ、オルト・ピロリン酸塩 Na₄Co₃(PO₄)₂P₂O₇ との接合、平均 0.1 V の低電位を持つハードカーボンとの接合体の検証を行い、充放電特性を得た。

4.6 電極材料と電解質の厚膜形成と界面構築

伝導度や堅固性での優位性や、長年のセラミック加工技術の進歩の観点から、NASICON やその誘導体を用いた Na イオン全固体電池の実現に大きな期待が持たれている。本研究においても多面的で困難な課題に直面した。それらの多くは粒子間および層間接触などの界面問題に関連している。NZSP 系固体電解質の合成と複合化技術を見直し、特にテープキャストプロセスとガラス添加物焼結助剤に焦点を当てた。また、テープキャスト法により電極層を作製し、固体電解質層とともに全固体電池に組み込む方法についても考察し、積層セラミックコンデンサ(MLCC)に類似した大容量多層積層電池を展望した(図 7)。さらに、Na 金属負極と電解質を組み合わせた MLCC 型セル構成に向けたテープキャストプロセスの実現可能性についても検討した。[G. Hasegawa, K. Hayashi, *APL Energy* (2023) in press.]

全固体電池での高エネルギー密度貯蔵の点ではアルカリ金属負極の利用が望ましいが、金属/固体電解質界面の基礎的理解が不足していた。金属 Na と NZSP の間の界面抵抗が一般に著しく大きいとされていたが、本研究では Na/NASICON を機械的に圧縮するだけで、室温での界面抵抗を有機電解液界面より遥かに低い値まで低減できることを示した(図 6)。また、Na/NASICON と Na/β"-アルミナの界面を比較している。室温での圧着のみで界面に Na⁺導電性の相間層が形成されることが示唆された。[Y. Uchida, G. Hasegawa, K. Hayashi, *ACS Appl. Energy Mater.* 2 (2019) 2913.]

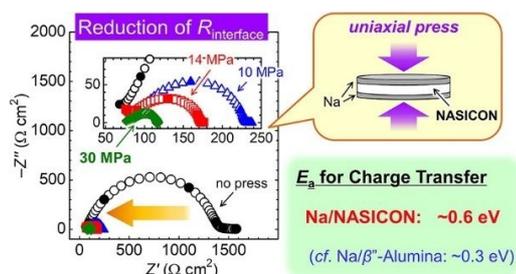


図 6 Na | NZSP 界面特性

ナシコン構造を有する Na₃V₂(PO₄)₃ (NVP)のセラミックシートをテープキャスト法により作製した。NVP に 60Na₂O-10Nb₂O₅-30P₂O₅ ガラスを焼結助剤として添加することにより、焼結 NVP シートの密度とその電気伝導度が著しく向上することが実証された。5 wt% のガラスを添加したテープキャスト NVP を 920 °C で焼成すると、数十 μm の厚さの最良の NVP シートが得られ、室温で 2.9 × 10⁻⁵ S cm⁻¹ の全導電率を示す(図 7)。Pt | NVP シート | Pt セルは、NVP が V⁴⁺/V³⁺および V³⁺/V²⁺の酸化還元反応を介して正極および負極活物質として機能するとともに、2 つの電極層間の Na⁺イオン伝導電解質として機能し、セル電位 1.7 V の微小固体電池として動作する。[H. Wang, G. Hasegawa, T. Yamamoto, K. Hayashi, *et al., Electrochim. Acta* 305 (2019) 197.] さらに、NVP|NZSP|NVP テープキャスト三層積層電池を作成した(図 7)。二つの酸化還元電位差の 1.7 V での充放電を得た。

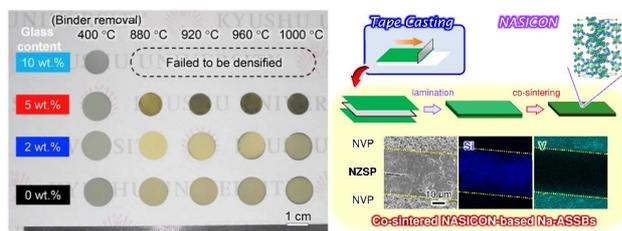


図 7 NVP 厚膜形成および、NVP|NZSP|NVP テープキャスト三層積層電池形成

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計27件（うち査読付論文 24件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Naoto Toyomura, George Hasegawa, Kazuma Nishimi, Miki Inada, Naoya Enomoto, Katsuro Hayashi	4. 巻 200(15)
2. 論文標題 Sodium ion conduction in sodium lanthanum zirconate ceramics prepared by spark plasma sintering	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scripta Materialia	6. 最初と最後の頁 113887
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scriptamat.2021.113887	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 Suguru Yoshida, Hirofumi Akamatsu, Katsuro Hayashi	4. 巻 127
2. 論文標題 Electronic Origin of Non-Zone-Center Phonon Condensations: Octahedral Rotations as A Case Study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 215701
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.127.215701	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 Kenji Arai, Miwa Saito, Kyohei Suganami, Miki Inada, Katsuro Hayashi, Teruki Motohashi	4. 巻 -
2. 論文標題 Proton conductive behaviors of Ba (ZnxNb _{1-x})O _{3-y} (OH) _{2y} studied by infrared spectroscopy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Solid State Chemistry	6. 最初と最後の頁 122913
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jssc.2022.122913	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 Masashi Nakamura, Hiroshi Watanabe, Hirofumi Akamatsu, Kotaro Fujii, Masatomo Yashima, George Hasegawa, Miki Inada, Katsuro Hayashi, and Kazuhiko Maeda	4. 巻 33(10)
2. 論文標題 Sn-Based Perovskite with a Wide Visible-Light Absorption Band Assisted by Hydride Doping	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry of Materials	6. 最初と最後の頁 3631-3638
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.chemmater.1c00460	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 M. Hou, T. Qu, Q. Zhang, Y. Yaochun, Y. Dai, F. Liang, G. Okuma, K. Hayashi	4. 巻 177
2. 論文標題 Investigation of the stability of NASICON-type solid electrolyte in neutral-alkaline aqueous solutions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Corrosion Science	6. 最初と最後の頁 109012
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.corsci.2020.109012	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 Y. Matsukawa, F. Linsenmann, M. A. Plass, G. Hasegawa, K. Hayashi, T. Fellingner	4. 巻 11
2. 論文標題 Gas sorption porosimetry for the evaluation of hard carbons as anodes for Li- and Na-ion batteries	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Beilstein Journal of Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 1217-1229
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3762/bjnano.11.106	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 S. Asaki, H. Akamatsu, G. Hasegawa, T. Abe, Y. Nakahira, S. Yoshida, C. Moriyoshi, K. Hayashi	4. 巻 59
2. 論文標題 Ferroelectricity of Dion-Jacobson layered perovskites CsNdNb207 and RbNdNb207	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SPPC04
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abad46	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 G. Hasegawa, Y. Akiyama, M. Tanaka, R. Ishikawa, H. Akamatsu, Y. Ikuhara, K. Hayashi	4. 巻 3
2. 論文標題 Reversible Electrochemical Insertion/Extraction of Magnesium Ion into/from Robust NASICON-Type Crystal Lattice in a Mg(BF4)2 -Based Electrolyte	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Applied Energy Materials	6. 最初と最後の頁 6824-6833
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.0c00943	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 Y. Matsukawa, S. Hirata, M. Inada, N. Enomoto, J. Hojo, K. Hayashi	4. 巻 397
2. 論文標題 Kinetic Effects of Polymorphs and Surface Areas on Adsorption and Photocatalytic Decomposition of Acetaldehyde on Titania	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Engineering Journal	6. 最初と最後の頁 125422
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cej.2020.125422	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 N. Enomoto, M. Matsuo, M. Inada, K. Hayashi, J. Hojo	4. 巻 67
2. 論文標題 Aging of starting solutions for nanoparticles synthesis with two different ultrasonication	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ultrasonics and Sonochemistry	6. 最初と最後の頁 105142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ultsonch.2020.105142	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 G. Hasegawa, T. Yano, H. Akamatsu, K. Hayashi, K. Nakanishi	4. 巻 95
2. 論文標題 Variation of meso- and macroporous morphologies in resorcinol-formaldehyde (RF) gels tailored via a sol-gel process combined with soft-templating and phase separation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Sol-Gel Science and Technology	6. 最初と最後の頁 801-812
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10971-020-05236-9	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 Shingo HIRATA, Miki INADA, Naoya ENOMOTO, Katsuro HAYASHI, Junichi HOJO	4. 巻 127
2. 論文標題 Kinetic approach for the adsorption-photodecomposition properties of mesoporous silica-titania	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Ceramic Society of Japan	6. 最初と最後の頁 242 ~ 248
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2109/jcersj2.19003	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 Yasuhiro Uchida, George Hasegawa, Kazunari Shima, Miki Inada, Naoya Enomoto, Hirofumi Akamatsu, Katsuro Hayashi	4. 巻 2
2. 論文標題 Insights into Sodium Ion Transfer at the Na/NASICON Interface Improved by Uniaxial Compression	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Applied Energy Materials	6. 最初と最後の頁 2913 ~ 2920
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.9b00250	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 He Wang, George Hasegawa, Yuto Akiyama, Takahisa Yamamoto, Atsushi Inoishi, Hirofumi Akamatsu, Miki Inada, Tatsumi Ishihara, Katsuro Hayashi	4. 巻 305
2. 論文標題 A highly conductive Na ₃ V ₂ (PO ₄) ₃ ceramic sheet prepared by tape-casting method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Electrochimica Acta	6. 最初と最後の頁 197 ~ 203
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.electacta.2019.03.057	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 George Hasegawa, Kei Kawahara, Kazunari Shima, Miki Inada, Naoya Enomoto, Katsuro Hayashi	4. 巻 17
2. 論文標題 Characterization of an AX Compound Derived from Ti ₂ SC MAX Phase	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 European Journal of Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 2312 ~ 2317
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejic.201900311	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 長谷川 丈二	4. 巻 48
2. 論文標題 モノリス型多孔質電極を用いた非晶質カーボンの電気化学特性評価 (Studies on Electrochemical Properties of Amorphous Carbons by Monolithic Porous Electrodes)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ファインケミカル	6. 最初と最後の頁 13-20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 林 克郎	4. 巻 58
2. 論文標題 次世代電池にむけて再注目される酸化物系ナトリウムイオン伝導体	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 まてりあ	6. 最初と最後の頁 440-448
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 George Hasegawa, Kazuyoshi Kanamori, Kazuki Nakanishi, Katsuro Hayashi	4. 巻 35
2. 論文標題 Thermogravimetric Evolved Gas Analysis and Microscopic Elemental Mapping of the Solid Electrolyte Interphase on Silicon Incorporated in Free-Standing Porous Carbon Electrodes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 12680 ~ 12688
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.9b02085	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 George Hasegawa, Takaya Yano, Hirofumi Akamatsu, Katsuro Hayashi, Kazuki Nakanishi	4. 巻 -
2. 論文標題 Variation of meso- and macroporous morphologies in resorcinol-formaldehyde (RF) gels tailored via a sol-gel process combined with soft-templating and phase separation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Sol-Gel Science and Technology	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) 10.1007/s10971-020-05236-9	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 Shimoda Masaki, Maegawa Mayu, Yoshida Suguru, Akamatsu Hirofumi, Hayashi Katsuro, Gorai Prashun, Ohno Saneyuki	4. 巻 34
2. 論文標題 Controlling Defects to Achieve Reproducibly High Ionic Conductivity in Na ₃ SbS ₄ Solid Electrolytes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry of Materials	6. 最初と最後の頁 5634 ~ 5643
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.chemmater.2c00944	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 Yumi, Matsukawa Yuko, Kitakado Masahiro, Hasegawa George, Yoshida Suguru, Kubonaka Ryoto, Yoshida Yuya, Kawasaki Tatsushi, Kobayashi Eiichi, Moriyoshi Chikako, Ohno Saneyuki, Fujita Koji, Hayashi Katsuro, Akamatsu Hirofumi	4. 巻 61
2. 論文標題 Topochemical Synthesis of LiCoF ₃ with a High-Temperature LiNbO ₃ -Type Structure	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 11746 ~ 11756
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.2c01439	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 Jia Shufan, Akamatsu Hirofumi, Hasegawa George, Ohno Saneyuki, Hayashi Katsuro	4. 巻 48
2. 論文標題 Glass-ceramic route to NASICON-type Na Ti ₂ (PO ₄) ₃ electrodes for Na-ion batteries	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Ceramics International	6. 最初と最後の頁 24758 ~ 24764
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ceramint.2022.05.125	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 Ishida Mitsuhiro, Sashiyama Yutaro, Akamatsu Hirofumi, Hayashi Katsuro, Nakanishi Kazuki, Hasegawa George	4. 巻 104
2. 論文標題 Mechanical and thermal properties of porous polyimide monoliths crosslinked with aromatic and aliphatic triamines	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Sol-Gel Science and Technology	6. 最初と最後の頁 526 ~ 535
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10971-022-05843-8	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 Jia Shufan, Ohno Saneyuki, Wang Jian, Hasegawa George, Akamatsu Hirofumi, Hayashi Katsuro	4. 巻 6
2. 論文標題 Enhanced Electrochemical and Transportation Properties in a NASICON-Type Na ₃ Zr ₂ (SiO ₄) ₂ (PO ₄)-Na ₃ Ti ₂ (PO ₄) ₃ Junction Prepared by Spin Coating and Glass-Ceramic Processes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Applied Energy Materials	6. 最初と最後の頁 317 ~ 325
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.2c03022	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 Arima, Hidechika; Tezuka, Naoto; Ishijima, Masanao; Kanamura, Kiyoshi; KAJIHARA, Koichi	4. 巻 131
2. 論文標題 Lithium-ion-conducting glass-ceramics of a boron-containing alkaline sodalite Li ₈ B ₆ Si ₁₆ O ₂₄ Cl ₂	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the Ceramic Society of Japan	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 George Hasegawa, Katsuro Hayashi	4. 巻 1
2. 論文標題 NASICON-Based All-Solid-State Na-ion Batteries: A Perspective on Manufacturing via Tape-Casting Process	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 APL Energy	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 林 克郎	4. 巻 32
2. 論文標題 セラミック・ナトリウム電池の開発：酸化物系全固体電池に向けた汎用的ナシコン系電極膜形成	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 クリーンエネルギー	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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61件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 18件)

1. 発表者名 Katsuro Hayashi, Naoto Toyomura, George Hasegawa, Kazuma Nishimi, Miki Inada, Naoya Enomoto
2. 発表標題 Na-Ion Conducting Oxides Prepared by Spark Plasma Sintering: Revisit of Sodium Lanthanum Zirconate Perovskite
3. 学会等名 International Conference of Materials and Systems for Sustainability (ICMaSS2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Katsuro HAYASHI, Naoto Toyomura, George Hasegawa, Kazuma Nishimi, Miki Inada, Naoya Enomoto
2. 発表標題 Spark Plasma Sintering of Na-Ion Conducting Oxides, Sodium Lanthanum Zirconate Perovskite
3. 学会等名 2021 Maritime Silk Road International Conference on the Cooperation and Integration of Industry, Education, Research and Application in Metallurgy and Energy (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 下田 昌季・大野 真之・赤松 寛文・林 克郎
2. 発表標題 Na イオン伝導固体電解質の熱力学的欠陥制御とそのイオン輸送への影響
3. 学会等名 第34回秋季シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松尾 祐美・松川 祐子・北角 将晃・赤松 寛文・(名古屋大学) 長谷川 丈二・吉田 傑・大野 真之・林 克郎
2. 発表標題 低許容因子ペロブスカイト型フッ化物 Li_xCoF_3 のトポケミカル合成
3. 学会等名 第34回秋季シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石淵 圭祐・赤松 寛文・吉田 傑・大野 真之・林 克郎
2. 発表標題 層状ペロブスカイト NaLaTiO_4 へのフッ素導入による配位八面体回転誘起
3. 学会等名 第34回秋季シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 片岡 菜々子・(名古屋大学) 長谷川 丈二・大野 真之・赤松 寛文・林 克郎
2. 発表標題 Na 系全固体電気二重層キャパシタにむけた多孔質 NASICON 系電解質/カーボン複合電極の作製
3. 学会等名 第34回秋季シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 SHUFAN JIA、林 克郎
2. 発表標題 Glass-Ceramic Process of NASICON-Type $\text{Na}_3\text{Ti}_2(\text{PO}_4)_3$ as Anodes for Sodium Ion Battery
3. 学会等名 ICMaSS2021 - International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林 克郎
2. 発表標題 Point Defects and Unique Behaviors in Hydride Agent-Reduced Simple Perovskites
3. 学会等名 International Conference on Mixed-Anion Compounds (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 SHUFAN JIA、林 克郎
2. 発表標題 Glass-Ceramic $\text{Na}_3\text{Ti}_2(\text{PO}_4)_3$ with NASICON Structure as Anode material for Sodium Ion Battery
3. 学会等名 第60回セラミックス基礎科学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 柳原 祥馬、林 克郎、大野 真之
2. 発表標題 ハロゲン系固体電解質の安定性と全固体リチウム硫黄電池への利用
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 前川 舞有、吉田 傑、赤松 寛文、林 克郎、大野 真之
2. 発表標題 等価元素置換したNa ₃ SbS ₄ 固体電解質の結晶構造とイオン輸送の相関
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 林 克郎
2. 発表標題 ヒドリド還元した酸素欠損ペロブスカイト化合物の点欠陥生成
3. 学会等名 複合アニオン化合物の創成と新機能-最終発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 福本 太一, (名古屋大学)長谷川 丈二, 柏原 健宏, 赤松 寛文, 林 克郎
2. 発表標題 NVPおよびNTP電極緻密膜を用いた混合伝導性評価
3. 学会等名 第9回JACIGSCシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 片岡 菜々子, (名古屋大学)長谷川 丈二, 赤松 寛文, 林 克郎
2. 発表標題 Na系全固体スーパーキャパシタにむけた多孔質電解質 - カーボン複合電極の作製
3. 学会等名 第9回JACIGSCシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松川 祐子, (名古屋大学) 長谷川 丈二, (九州大学) 赤松 寛文, 大谷 亮, 林 克郎
2. 発表標題 Niフェニルメタンチオラートの熱分解によるNi硫化物の生成
3. 学会等名 第33回秋季シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 指山 雄太郎, 赤松 寛文, 林 克郎, (名古屋大学)長谷川 丈二
2. 発表標題 スピノーダル分解型総分離を伴うゾルゲル法を利用した共連続ポリイミドゲルの作成
3. 学会等名 第33回秋季シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 池田 七海, 林 克郎, 赤松 寛文, (名古屋大学) 長谷川 丈二
2. 発表標題 SPS法によるオリピン型Mgイオン系正極材料の作成と伝導特性評価
3. 学会等名 第33回秋季シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柏原 健宏, 赤松 寛文, 林 克郎, (名古屋大学)長谷川 丈二
2. 発表標題 テープキャスト膜積層ナシコン系全固体ナトリウムイオン電池の作成
3. 学会等名 第33回秋季シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小川 雄也, 渡辺 寛, (名古屋大学)長谷川 丈二, (九州大学)赤松 寛文, (東京工業大学)藤井 孝太郎, 八島 正知, (九州大学)稲田 幹, (東京工業大学)松石 聡, (九州大学) 林 克郎
2. 発表標題 単純ペロブスカイトBaM _{1-x} YxO _{3-x/2} (M=Zr, Sn, Ce)における固相還元の効果
3. 学会等名 第33回秋季シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大田黒 光, 林 克郎, 赤松 寛文, (名古屋大学) 長谷川 丈二
2. 発表標題 多孔質SrFeO _{3-δ} 粒子の作成と酸素放出剤への応用
3. 学会等名 第33回秋季シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石淵 圭祐, 赤松 寛文, 吉田 傑, 大野 真之, 長谷川 丈二, 林 克郎
2. 発表標題 層状ペロブスカイトNaRTiO ₄ (R:希土類)へのF導入による構造歪み制御
3. 学会等名 第14回物性科学領域横断研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松川 祐子, 長谷川 丈二, 赤松 寛文, 林 克郎
2. 発表標題 チオール化合物を硫黄源とする硫化コバルトナノ粒子の作製
3. 学会等名 新学術複合アニオン第6回若手スクール
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田 雄一郎, 長谷川 丈二, 赤松 寛文, 林 克郎
2. 発表標題 水熱法による層状リン酸ニオブ化合物の合成と剥離
3. 学会等名 新学術複合アニオン第6回若手スクール
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大田黒 光, 長谷川 丈二, 赤松 寛文, 林 克郎
2. 発表標題 結晶相転移誘起相分離を利用した多孔質メソクリスタルの作製
3. 学会等名 新学術複合アニオン第6回若手スクール
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小川 雄也, 林 克郎, 長谷川 丈二, 赤松 寛文, 渡部 寛, 藤井 孝太郎, 八島 正知, 松石 聡
2. 発表標題 単純ペロブスカイト $BaM_{1-x}Y_xO_{3-x/2}$ (M=Zr, Sn, Ce) における固相還元の効果
3. 学会等名 新学術複合アニオン第6回若手スクール
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 George Hasegawa
2. 発表標題 Ordered Mesoporous Carbon Nanorod Assemblies as a Binder-free Monolithic Electrode for Na-ion Batteries
3. 学会等名 E-MRS 2019 Spring Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Katsuro Hayashi, Hiroshi Watanabe, Hirofumi Akamatsu, George Hasegawa
2. 発表標題 Hydride ions and oxygen vacancies in severely-reduced primitive cubic perovskites
3. 学会等名 E-MRS 2019 Spring Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Hayashi, K. Nishimi, N. Tsuruno, K. Kimoto, G. Hasegawa, M. Inada
2. 発表標題 Titanium Carbonitride Nanoflakes Converted from MXene by Nitrogen Gas Annealing
3. 学会等名 GFMAT-2&Bio-4 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大田黒 光, 長谷川 丈二, 赤松 寛文, 林 克郎
2. 発表標題 ハイドロガーネットを前駆体としたメソポラスSrFeO _x の作成
3. 学会等名 日本ゾル-ゲル学会第17回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 George Hasegawa
2. 発表標題 Control over Multiscale Pore Size of Hierarchically Porous Carbon Monoliths
3. 学会等名 XX International Sol-Gel Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林 克郎
2. 発表標題 革新電池むけに見直される酸化物系ナトリウムイオン伝導体
3. 学会等名 九州大学 - 昭栄化学工業株式会社 2019 年度第1 回研究交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Katsuro Hayashi
2. 発表標題 Defect Chemistry of Metal Hydride Agent-Reduced Simple Perovskites
3. 学会等名 PACRIM13 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hikaru Otaguro, George Hasegawa, Hirofumi Akamatsu, Katsuro Hayashi
2. 発表標題 Synthesis of Mesoporous SrFeO _x Particles from Hydrogarnet Precursor
3. 学会等名 PACRIM13 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Yuya Ogawa, George Hasegawa, Hirofumi Akamatsu, Kotaro Fujii, Masatomo Yashima, Miki Inada, Satoru Matsuishi, Katsuro Hayashi
2 . 発表標題 Metal-Hydride Reduction of Primitive Perovskites BaM _{1-x} YxO _{3-x/2} (M = Zr, Sn, Ce)
3 . 学会等名 PACRIM13 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Nanami Ikeda, George Hasegawa, Hirofumi Akamatsu, Katsuro Hayashi
2 . 発表標題 Electrical Conductivity of OlivineType MgMSiO ₄
3 . 学会等名 PACRIM13 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Takehiro Kashihara, George Hasegawa, Hirofumi Akamatsu, Katsuro Hayashi
2 . 発表標題 Preparation of Oxide-Based Na Ion Battery by Tape-Casting Laminate NASICON-type Ceramics
3 . 学会等名 PACRIM13 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Naoya Sasaki, George Hasegawa, Hirofumi Akamatsu, Katsuro Hayashi
2 . 発表標題 Fabrication of NASICON-type All-Solid-State Sodium-Ion Batteries
3 . 学会等名 PACRIM13 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuhisa Kishimoto, Hirofumi Akamatsu, George Hasegawa, Katsuro Hayashi
2. 発表標題 Synthesis and Physical Properties of Carrier-doped Layered Perovskite Ca ₃ Ti ₂ O ₇
3. 学会等名 PACRIM13 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiro Kitakado, Hirofumi Akamatsu, George Hasegawa, Katsuro Hayashi
2. 発表標題 Topochemical Synthesis and Structural Analysis of Lithium Niobate-Type Fluorides
3. 学会等名 PACRIM13 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuichiro Yoshida, George Hasegawa, Hirofumi Akamatsu, Katsuro Hayashi
2. 発表標題 Hydrothermal Synthesis of layered Niobium Phosphates and delaminated
3. 学会等名 PACRIM13 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuko Matsukawa, George Hasegawa, Hirofumi Akamatsu, Katsuro Hayashi
2. 発表標題 Synthesis, Morphology and Crystallography of Cobalt Thiulates Nanoparticles
3. 学会等名 PACRIM13 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sai Niu, Hirofumi Akamatsu, Yuto Akiyama, George Hasegawa, Katsuro Hayashi
2. 発表標題 Crystalline Na ₃ V ₂ (PO ₄) ₃ Cathode Material Prepared by Glass-Ceramic Process
3. 学会等名 PACRIM13 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松川 祐子, 長谷川 丈二, 赤松 寛文, 林 克郎
2. 発表標題 遷移金属チオラートを前駆体とする硫化物ナノ粒子の作製
3. 学会等名 新学術複合アニオン第8回若手スクール
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 指山 雄太郎, 長谷川 丈二, 赤松 寛文, 林 克郎
2. 発表標題 スピノーダル分解を利用した共連続ポリイミドゲルの作製と低密度化
3. 学会等名 新学術複合アニオン第8回若手スクール
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小川 雄也, 長谷川 丈二, 赤松 寛文, 藤井 孝太郎, 八島 正知, 林 克郎
2. 発表標題 単純ペロブスカイトBaM _{1-x} YxO _{3-x/2} (M = Zr, Sn, Ce)における固相還元の効果
3. 学会等名 新学術複合アニオン第8回若手スクール
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松川 祐子, 長谷川 丈二, 赤松 寛文, 大谷 亮, 林 克郎
2. 発表標題 ニッケルチオラートを前駆体とする硫化ニッケルナノ粒子の作製
3. 学会等名 セラミックス協会2020年年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大田黒 光, 赤松 寛文, 長谷川 丈二, 林 克郎
2. 発表標題 熱分解誘起相分離を利用した多孔質 SrFeO ₃ - 多面体粒子の作製
3. 学会等名 セラミックス協会2020年年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柏原 健宏, 赤松 寛文, 林 克郎
2. 発表標題 テープキャスト膜共焼成全ナシコン系ナトリウムイオン電池の作成
3. 学会等名 セラミックス協会2020年年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 池田 七海, 赤松 寛文, 長谷川 丈二, 林 克郎
2. 発表標題 SPS 法によるオリビン型 Mg 系正極材料の作製と電気特性評価
3. 学会等名 セラミックス協会2020年年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林 克郎
2. 発表標題 多孔質 $\text{NaZr}_2(\text{PO}_4)_3$ およびカーボン複合体における湿度感受伝導性とキャパシタ特性
3. 学会等名 2022年電気化学会 秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 林克郎, 赤松寛文
2. 発表標題 放射光を用いた新規フッ化物 Li_xCoF_3 の 結晶構造・電子状態解析
3. 学会等名 XAFS討論会・SAGA-LS成果報告会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 秋 徹志, 赤松 寛文, 大野 真之, 林 克郎
2. 発表標題 SPS 法により作製した $\text{Li}_2\text{SrNb}_2\text{O}_7$ セラミックスの誘電特性
3. 学会等名 第35回秋季シンポジウム 日本セラミックス協会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 賈 淑帆, 大野 真之, 長谷川 丈二, 赤松 寛文, 林 克郎
2. 発表標題 $\text{Na}_3\text{Zr}_2(\text{SiO}_4)_2(\text{PO}_4)$ セラミック電解質上に形成した NASICON-型 $\text{Na}_x\text{Ti}_2(\text{PO}_4)_2$ ガラス-セラミック電極 の電気化学特性
3. 学会等名 第35回秋季シンポジウム 日本セラミックス協会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡田 理,大野 真之,赤松 寛文,林 克郎
2. 発表標題 Hイオンドーブ BaZr _{0.9} Y _{0.1} O _{2.95} の紫外誘起効果と導電性
3. 学会等名 第35回秋季シンポジウム 日本セラミックス協会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松尾祐美,松川祐子,北角将晃,吉田傑,大野真之,林克郎,赤松寛文
2. 発表標題 低許容因子ペロブスカイト型フッ化物Li _x CoF ₃ のトポケミカル合成
3. 学会等名 学術変革領域研究(A)「超秩序構造が創造する物性科学」第4回成果報告会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤大志,吉田傑,大野真之,林克郎,赤松寛文
2. 発表標題 Ruddlesden-Popper 型層状ペロブスカイトへのフッ素導入による構造歪み制御
3. 学会等名 学術変革領域研究(A)「超秩序構造が創造する物性科学」第4回成果報告会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 柳原 祥馬, 赤松 寛文, 林 克郎,大野 真之
2. 発表標題 ハロゲン系固体電解質の硫黄複合正極への利用検討
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 林 克郎, Shufan Jia, 大野 真之, Jiang Wang, 長谷川 丈二, 赤松 寛文
2. 発表標題 NZSPナシコン電解質を用いたナシコン系ガラスセラミックス電極の電気化学的特性評価
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 伊藤 大志, 大野 真之, 林 克郎, 赤松 寛文
2. 発表標題 トポケミカルフッ素化した層状ペロブスカイトSr1.1Tb1.9Fe2O7の結晶構造
3. 学会等名 第61回セラミックス基礎科学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 赤松 寛文, 松尾 祐美, 松川 祐子, 大野 真之, 林 克郎, 小野寺 陽平
2. 発表標題 高温ニオブ酸リチウム型構造をもつ Li_xCoF_3 のトポケミカル合成と局所構造解析
3. 学会等名 日本セラミックス協会 2023年 年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Katsuro Hayashi
2. 発表標題 Fabrication and Characterization of Nasicon-based ASSB Electrode
3. 学会等名 2022 International Industry-University-Research-Application Cooperation Conference - Symposium on International Cooperation in Metallurgy and Energy (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 林克郎、他27名、陰山洋、萩野拓、長谷川哲也 編	4. 発行年 2021年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 264
3. 書名 複合アニオン化合物の科学	

1. 著者名 林克郎、他39名 金村聖志 編	4. 発行年 2023年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 247
3. 書名 次世代二次電池の開発動向	

〔産業財産権〕

〔その他〕

九州大学 林研究室 http://www.cstf.kyushu-u.ac.jp/~hayashi lab/
--

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	長谷川 丈二 (Hasegawa Jyoji) (60726412)	名古屋大学・未来材料・システム研究所・特任准教授 (13901)	

6. 研究組織（つづき）

	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	梶原 浩一 (Kajihara Koichi) (90293927)	東京都立大学・都市環境科学研究科・教授 (22604)	

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			
ドイツ	ミュンヘン工科大学			
中国	昆明科学技術大学	北京航空航天大学		
米国	コロラド鉱山大学			