

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：82401

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2022～2023

課題番号：22K18909

研究課題名（和文）水素の電荷自由度を活用した物質変換デバイスの創出

研究課題名（英文）Development of material conversion devices utilizing hydrogen charge flexibility

研究代表者

小林 玄器（KOBAYASHI, Genki）

国立研究開発法人理化学研究所・開拓研究本部・主任研究員

研究者番号：30609847

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：300 °Cでの相転移を経てヒドリド超イオン導電性が発現するBa_{1.75}LiH_{2.700.9}(BLH0)に元素置換を施すことで、超イオン導電相の低温安定化と、電極/電解質界面の安定化が可能になった。また、BLH0系のヒドリドイオン導電体の焼結プロセスを検討した結果、相対密度を98%まで高めることに成功した、これにより、300～350 °Cでの固体電解質応用が可能になった。BLH0系のヒドリドイオン導電体を固体電解質に用いたデバイスを作製し、電気化学反応によって350 °C、1気圧での理論転換効を上回る速度で窒素をアンモニアに転換できることを見いだした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ヒドリドイオン導電体の導電率向上のみならず、焼結などの固体電解質応用につながる要素技術開発に取り組んでデバイス化を実現したことは、ヒドリドの還元力を活用した新たな電気化学応用の創出に直結する成果であり、ヒドリドのイオニクス研究を新たなステージに押し上げたといえる。また、デバイス化によって実現した高効率な窒素-アンモニア転換反応は、将来的な水素エネルギー利用の基盤になり得る成果であり、社会的な意義も大きい。

研究成果の概要（英文）：Elemental substitution into Ba_{1.75}LiH_{2.700.9} (BLH0), which shows H⁻superionic conductivity via a phase transition at 300 °C, stabilizes the superionic conduction state at low temperatures and enables the formation of an electrode/electrolyte interface. The sintering process of BLH0-based hydride ion conductors was also investigated, and the relative density was successfully increased to 98%, enabling solid electrolyte applications at 300 - 350 °C. Electrochemical devices using the BLH0-based solid electrolyte were fabricated and found to be able to convert nitrogen to ammonia by an electrochemical reaction at a rate exceeding the theoretical conversion efficiency at 350 °C and 1 atm.

研究分野：無機固体化学、固体イオニクス

キーワード：ヒドリドイオン導電体 電気化学 固体イオニクス 水素

1. 研究開始当初の背景

持続可能社会の実現に向け、熱エネルギーの大量消費による従来型の化学生産プロセスからの脱却が求められている。実現には、化学反応に関与する電子やイオンの流れを制御し、反応を効率的かつ選択的に進行させる技術の創出が必要不可欠であり、電気化学反応の活用は有力な打開策の一つである。特に、燃料電池や電解の研究開発で培われた電気化学デバイス技術を物質変換に応用したデバイス反応は、電気化学的に電子とイオンの流れと量を任意に調整できるため、酸化/還元や反応速度を制御することが可能になる。また、アノードとカソードで発生する生成物を分離して取り出すこともできるため、生産プロセスにおける分離過程を省くことができ、オンサイト・オンデマンドでの物質変換に適したシステムとして期待できる¹。しかしながら、現状ではデバイスの作動温度や貴金属触媒使用などの解決すべき問題を抱えており、実現には反応性の高いイオンを高速で反応場に供給する基盤技術の構築が必要である。

参考文献：1) S. H. Morejudo *et al.*, *Science*, **353**, 563 (2016).

2. 研究の目的

本研究では、水素化物イオン（ヒドリド：H⁻）の強力な還元力に着目した。申請者が開発したH⁻導電性固体電解質を活用し、H⁻を電気化学的に反応場に供給するデバイス反応の実現を目指した。さらに、作成したデバイスを用いて物質変換反応を検討し、水素の電荷自由度（H⁻ → H⁺ + 2e⁻）を活用した物質変換デバイスの実現可能性を検証した。

3. 研究の方法

本研究で創出するH⁻導電型の物質変換デバイスでは、水素ガスがカソードで電気化学的にH⁻に変換され、固体電解質を拡散して反応場となるアノード表面まで供給される。このデバイス動作を実現するためには、固体電解質と電極の性能向上に加え、各材料の接合などの要素技術の確立が必要になる。本研究では、これまでの研究から顕在化した以下の点を解決すべき主要課題に掲げ、各課題を解決することで研究目的であるH⁻導電型の電気化学デバイス反応の実現を目指した。

課題1: H⁻導電体の固体電解質性能の検証

燃料電池など、気相/固相界面での電気化学反応が進行するデバイスにおいては、固体電解質を焼結して緻密化することが必須となる。水素化物または酸水素化物を基本とするH⁻導電体には、酸化物に用いられてきた1000℃以上の超高温での焼結プロセスを用いることができないため、デバイス化における課題となっていた。本研究では、層状ペロブスカイト型酸水素化物Ba_{1.75}LiH_{2.7}O_{0.9} (BLHO)が、300℃での構造相転移を経てH⁻超イオン導電性を示すことに着目し、BLHO系のH⁻導電体を対象に焼結体の作製を試みた。合成や焼結過程におけるイオン・原子拡散とは異なるものの、超イオン導電相ではキャリアとなるイオンが集団運動している状態であり、BLHO系では超イオン導電性が発現する300℃以上の比較的温和な条件で焼結が進むことが期待できる。

固体電解質のもう一つの課題として挙げられるのが、電極材料と固体電解質材料の界面で生じる副反応である。H⁻を含む物質系では、金属電極との副反応が生じやすい傾向があり、デバイス構成や評価セルの材質を決める上での課題となっていた。本研究では、BLHOに元素置換を施し、超イオン導電相への転移温度の低下と、金属電極との副反応抑制を試みた。

課題2: 遷移金属酸水素化物物質探索と、電極/電解質接合技術の確立

電気化学デバイス開発には触媒電極層を形成するための要素技術開発が必要である。デバイスの動作には、電極電解質間の接触抵抗が小さく、デバイス反応中に剥離の無い電極の成膜が求められる。これまでに、H⁻導電体LaSrLiH₂O₂とH⁻・e⁻混合導電体BaTiO_{3-x}H_x (BTOH)を350℃での加熱焼結によって接合することが可能になり、BTOH電極での水素透過に起因する電荷移動抵抗を観測することに成功している。本研究では、この成果に基づき、電極の粒子形態や電極厚みが電荷移動抵抗に与える影響の解明を目指した。また、申請者らは、メカノケミカル法をBTOHの合成に適用することで、H⁻量xを既報の固溶限界であったx ≈ 0.6より大きくできることを見いだしており、水素濃度と水素透過性との相関についての検討も行った。

課題3: デバイス反応の検証

課題1-2を通して作製した試作デバイスを用い、水素濃淡電池による起電力測定と、N₂のNH₃転換反応を検討した。セルの出ガスをガスクロマトグラフィーに導入し、NH₃の発生量を定量した。

4. 研究成果

固体電解質材料開発

層状ペロブスカイト型酸水素化物 $\text{Ba}_{1.75}\text{LiH}_{2.7}\text{O}_{0.9}$ (BLHO) の結晶構造と超イオン導電相への転移挙動を明らかに、高い導電率が H^- の高速拡散由来であることを中性子準弾性散乱測定から明らかにした[1]。さらに、BLHO への元素置換 ($\text{Ba} \rightarrow \text{K}$ (K-BLHO), $\text{Li} \rightarrow \text{Na}$ (Na-BLHO)) により、相転移温度の低温化 (超イオン導電相の低温安定化) を達成した[2, 3]。単純に配置エントロピーの効果で相転移温度が低下しただけではなく、元素置換を施す位置と置換種によって導電率の温度依存性に有意な違いが認められた。格子とキャリアである H^- の相互作用の違いが導電率の温度依存性に影響を与えていることを示唆する結果である。

K-BLHO と Na-BLHO では、超イオン導電相の低温安定化が実現した一方、化学的安定性は低下し、電極との副反応を助長してしまうことが判明した。固体電解質応用が可能な温度範囲を拡張するために、新たに BLHO と同じ結晶構造の $\text{Sr}_2\text{LiH}_3\text{O}$ (SLHO) が BLHO よりも化学的安定性に優れていることに着目し、Ba の一部を Sr に置換した固溶の合成を検討した。固溶体 $\text{Ba}_{1.75-x}\text{Sr}_x\text{LiH}_{2.7}\text{O}_{0.9}$ (Sr-BLHO: $0 < x \leq 0.1$) を合成し、組成 $\text{Ba}_{1.65}\text{Sr}_{0.1}\text{LiH}_{2.7}\text{O}_{0.9}$ ($x = 0.1$) が $310 \sim 400^\circ\text{C}$ で世界最高のヒドリドイオン導電特性を ($0.2 \text{ S}\cdot\text{cm}^{-1}$) 示し、かつ、相転移温度が 300°C から 280°C まで低下することを見いだした。さらに、Sr 固溶によって化学的安定性が向上し、 $300 \sim 500^\circ\text{C}$ での比較的温和な焼結条件で相対密度 98% 以上の焼結体を作製できること、種々の金属電極および化合物電極と安定な界面を形成できることを確認した。Pt 担持カーボンを電極に用いた対称セル Pt/C|Sr-BLHO|Pt/C を作製し、水素濃淡電池による起電力測定を実施した結果、ネルンストの法則に従った起電力の水素分圧依存性を捉えることができたことから、Sr-BLHO が輸率 1 の H^- 導電体であることを確認した[4]。

室温作動型の H^- 導電探索については、蛍石型 $\text{LaH}_{3-\delta}$ に電気的陽性な Sr をドーピングすることで水素欠陥由来の電子伝導性を抑制できることを見いだした。 $\text{LaH}_{3-\delta}\text{Sr}$ - $\text{LaH}_{3-\delta}\text{Ti}$ で構成される全固体型のセルを作製して定電流放電試験を行った結果、Sr 添加量を 20% 以上にした固体電解質を用いた場合においてのみ、Ti をファラデー効率 100% で TiH_2 まで完全に水素化させることが可能であった [5]。

触媒電極材料開発

メカノケミカル合成法により得られた H^-/e^- 混合導電体 $\text{BaTiH}_x\text{O}_{3-x}$ (BTOH) が、従来のイオン交換法によって得られたものに比してアンモニア合成触媒として優れた活性を示すことを見いだした。Bragg-CDI 法により、メカノケミカル処理した BTOH が既存のイオン交換法で合成した BTOH と比較して滑り面や転位面がバルク内部に広く分布した大きな結晶歪みを有することを捉えた。この実験事実から、観測された結晶歪みが触媒活性に効果的に作用したと考えられる [6]。

デバイス開発

Pt/C|Sr-BLHO|PtRu/C で構成される二室型のセルを作製し、Pt/C 側に水素、PtRu/C 側に窒素を流したところ、 350°C 1atm でアンモニアのギブス自由エネルギーから概算される理論電圧値 (60 mV) と同程度の起電力 (50 ~ 55 mV) を観測した。さらに、窒素極側の出ガスをガスクロマトグラフィーで分析した結果、動作温度・圧力下での熱触媒反応の理論転換効率 (0.92%) を超える 1 ~ 1.5% の転換効率でアンモニアが発生することを確認した。電圧値は取り出す電流値の増加に応じて減少する傾向を示したことから、発生したアンモニアが主にアノードでの電気化学反応 ($1/2\text{N}_2 + 3\text{H}^- \rightarrow \text{NH}_3 + 3\text{e}^-$) によって進行していることが示唆された[4]。

代表論文

- [1] F. Takeiri, G. Kobayashi *et al.*, *Nat. Mater.*, **21**, 325-330 (2022).
- [2] K. Okamoto, G. Kobayashi *et al.*, *Adv. Sci.*, **10**, 2203541 (2023).
- [3] K. Okamoto, G. Kobayashi *et al.*, *J. Mater. Chem. A*, **10**, 23023-23027 (2022).
- [4] H. Yaguchi, K. Okamoto, G. Kobayashi *et al.*, to be submitted.
- [5] Y. Izumi, G. Kobayashi *et al.*, *Adv. Energy Mater.*, **13**, 2301993 (2023).
- [6] F. Takeiri, T. Uchimura, G. Kobayashi *et al.*, (under revision)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 H. Toriumi, G. Kobayashi, T. Saito, T. Kamiyama, T. Sakai, T. Nomura, S. Kitano, H. Habazaki, and Y. Aoki	4. 巻 34
2. 論文標題 Barium Indate-Zirconate Perovskite Oxyhydride with Enhanced Hydride Ion/Electron Mixed Conductivity	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry of Materials	6. 最初と最後の頁 7389-401
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acs.chemmater.2c01467	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 H. Ubukata, F. Takeiri, C. Tassel, S. Kobayashi, S. Kawaguchi, T. Saito, T. Kamiyama, S. Kobayashi, G. Kobayashi, and H. Kageyama*	4. 巻 34
2. 論文標題 Trihalide Mixing by Size-Flexible H ⁻ Ions in Layered Ba ₂ H ₃ (Cl, Br, I)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry of Materials	6. 最初と最後の頁 5654-62
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acs.chemmater.2c01004	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 K. Okamoto, F. Takeiri, Y. Imai, M. Yonemura, T. Saito, K. Ikeda, T. Otomo, T. Kamiyama and G. Kobayashi	4. 巻 10
2. 論文標題 Stabilization of a high H ⁻ conducting phase via K doping of Ba-Li oxyhydride	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 23023-27
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/D2TA06278J	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 K. Okamoto, F. Takeiri, Y. Imai, M. Yonemura, T. Saito, K. Ikeda, T. Otomo, T. Kamiyama, G. Kobayashi	4. 巻 10
2. 論文標題 Impact of Na Concentration on the Phase Transition Behavior and H-Conductivities in the Ba-Li-Na-H-O Oxyhydride System	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Advanced Science	6. 最初と最後の頁 2203541
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/advs.202203541	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 Nur Ika Puji Ayu, Fumitaka Takeiri, Takafumi Ogawa, Akihide Kuwabara, Masato Hagihala, Takashi Saito, Takashi Kamiyama, and Genki Kobayashi	4. 巻 52
2. 論文標題 A new family of anti-perovskite oxyhydrides with tetrahedral GaO ₄ polyanions	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 15420-15425
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d3dt01555f	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 Yoshiki Izumi, Fumitaka Takeiri, Kei Okamoto, Takashi Saito, Takashi Kamiyama, Akihide Kuwabara, Genki Kobayashi	4. 巻 13
2. 論文標題 Electropositive Metal Doping into Lanthanum Hydride for H- Conducting Solid	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Advanced Energy Materials	6. 最初と最後の頁 2301993(1-8)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/aenm.202301993	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 Yuki Sasahara, Takashi Hirose, Masataka Yoshimoto, Naoki Matsui, Shigeru Kobayashi, Hiroki Ubukata, Fumitaka Takeiri, Kota Suzuki, Masaaki Hirayama, Kazunori Nishio, Ryota Shimizu, Ryoji Kanno, Genki Kobayashi, and Taro Hitosugi	4. 巻 23
2. 論文標題 High H- Conductivities along the ab-Planes of La ₂ LiH ₃ Epitaxial Thin Films	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Crystal Growth & Design	6. 最初と最後の頁 7103-7108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.cgd.3c00376	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28件 (うち招待講演 12件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 Genki Kobayashi
2. 発表標題 Hydride Superionic Conduction in Ba _{1.75} LiH _{2.700.9}
3. 学会等名 CIMTEC 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林玄器
2. 発表標題 酸水素化物中のアニオン配列とヒドリド導電特性
3. 学会等名 日本セラミックス協会 第55回基礎科学部会セミナー（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kei Okamoto
2. 発表標題 Impact of Na Concentration on the Phase Transition Behavior and Conductivities of Ba ₂ (Li _{1-x} Na _x)H ₃ O solid solution
3. 学会等名 SSI23 23rd International Conference on Solid State Ionics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tasuku Uchimura
2. 発表標題 Effect of H-concentration on electrode properties for perovskite-type oxyhydride BaTiO _{3-x} H _x
3. 学会等名 SSI23 23rd International Conference on Solid State Ionics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yoshiki Izumi, Fumitaka Takeiri, Kei Okamoto, Takashi Saito, Takashi Kamiyama, Genki Kobayashi,
2. 発表標題 H- conduction property of fluorite-type La _{1-x} Sr _x H _{3-x}
3. 学会等名 IUMRS-ICYRAM 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kei Okamoto, Fumitaka Takeiri, Masao Yonemura, Takashi Saito, Kazutaka Ikeda, Toshiya Otomo, Takashi Kamiyama, Genki Kobayashi
2. 発表標題 Impact of Na Concentration on the Phase Transition Behavior and H- Conductivities of Ba ₂ (Li _{1-x} Na _x)H ₃ O
3. 学会等名 IUMRS-ICYRAM 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林玄器
2. 発表標題 水素のアニオン“ヒドリド”が導電する物質系の開拓
3. 学会等名 金沢大学 物質化学類 応化コース (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林玄器
2. 発表標題 ヒドリドイオン導電体の物質開拓
3. 学会等名 アドバンスト・バッテリー技術研究会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Genki Kobayashi
2. 発表標題 Effect of anion configuration on the phase transition behavior and hydride ion conductivities in Ba-Li oxyhydrides
3. 学会等名 ICNS International Conference of Neutron Scattering (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林玄器
2. 発表標題 ヒドリドイオン導電性材料の物質開拓
3. 学会等名 第117回新電池構想部会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Fumitaka Takeiri, Tasuku Uchimura, Takashi Saito, Takashi Kamiyama, Genki Kobayashi,
2. 発表標題 Direct preparation of barium titanate oxyhydride exhibiting H-/e- mixed conduction
3. 学会等名 ACSSI-17 17th Asian Conference on Solid State Ionics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yoshiki Izumi, Fumitaka Takeiri, Kei Okamoto, Takashi Saito, Takashi Kamiyama, Genki Kobayashi
2. 発表標題 H- conduction property of fluorite-type La _{1-x} Sr _x H _{3-x}
3. 学会等名 ACSSI-17 17th Asian Conference on Solid State Ionics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林玄器
2. 発表標題 ヒドリドイオン導電性材料の研究 ~現状と今後の展望~
3. 学会等名 日本金属学会2022年 秋期講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林玄器
2. 発表標題 ヒドリドイオン導電性材料の研究 ~物質開発の現状と今後~
3. 学会等名 第82回固体イオニクス研究会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林玄器
2. 発表標題 Study on hydride ion conductors: Progress and prospects
3. 学会等名 Core to Core Seminar (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林玄器
2. 発表標題 層状ペロブスカイト型酸水素化物におけるヒドリド超イオン導電
3. 学会等名 第32回日本MRS年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鳥海創, 小林玄器, 齊藤高志, 神山崇, 酒井孝明, 能村貴宏, 北野翔, 幅崎浩樹, 青木芳尚
2. 発表標題 ペロブスカイト型BaZr _{0.5} In _{0.5} O _{2.75-xHy} 酸水素化物の構造とH ⁻ /e ⁻ 混合伝導性
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 竹入史隆, 内村祐, 齊藤高志, 神山崇, 小林玄器
2. 発表標題 ペロブスカイト型酸水素化物BaTiO _{3-xHx} のメカノケミカル合成と電極特性(II)
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 泉善貴, 竹入史隆, 岡本啓, 齊藤高志, 神山崇, 桑原彰秀, 小林玄器
2. 発表標題 蛭石型La _{1-x} Sr _x H _{3-x} のH-導電特性
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 生方宏樹, 竹入史隆, TASSEL Cedric, 小林慎太郎, 河口省吾, 齊藤高志, 神山崇, 小林俊介, 小林玄器, 陰山洋
2. 発表標題 H-のサイズ柔軟性により実現したBa ₂ H ₃ (Cl, Br, I)におけるCl-Br-I固溶およびH-イオン伝導性
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 竹入史隆, 小林玄器, Nur Ika Puji Ayu, 萩原雅人, 齊藤高志, 神山崇, 小川貴史, 桑原彰秀
2. 発表標題 GaO ₄ ポリアニオンを含むアンチペロブスカイト型酸水素化物
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 Geki Kobayashi
2. 発表標題 Effect of Anion Arrangement in Oxyhydrides on Hydride Ion Conductivity
3. 学会等名 2023 Neutron Scattering for a Sustainable Society (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Genki Kobayashi
2. 発表標題 Hydride Ion Conducting Materials: Development of Solid Electrolytes and Electrodes
3. 学会等名 The 15th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (PACRIM15) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小林玄器
2. 発表標題 ヒドリドイオン導電性材料の研究動向とデバイス応用に向けた取り組み
3. 学会等名 2023年度水素・燃料電池材料研究会講座 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 矢口寛, 岡本啓, 竹入史隆, 小林玄器
2. 発表標題 元素置換によるBa-Li酸水素化物の高温相安定化とヒドリド導電性
3. 学会等名 第49回固体イオニクス討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Genki Kobayashi
2. 発表標題 Electropositive Metal Doping into Lanthanum Hydride for Hydride ion Conducting Solid Electrolyte Use at Room Temperature.
3. 学会等名 core-to-core workshop in IMN (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 楠本恵子、竹入史隆、川合航右、森一広、大久保將史、小林玄器
2. 発表標題 メカノケミカル法による新規岩塩型酸水素化物の合成と評価
3. 学会等名 電気化学会第91回大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 井上彰久、竹入史隆、森一広、大久保將史、小林玄器
2. 発表標題 La-Ba-H-S四元系相図に基づくH-導電体の探索
3. 学会等名 電気化学会第91回大会
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 ヒドライドイオン導電性を示す新規化合物とその製造方法並びに用	発明者 小林玄器、矢口寛、 竹入史隆、岡本啓	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2023-180481	出願年 2023年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

理化学研究所 小林固体化学研究室
https://www.riken.jp/research/labs/chief/solid_st_chem/index.html

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