

電子物性研究部門

清水 亮太（教授）（2025 年 4 月 1 日着任）

LUSTIKOVA, Jana（特任講師）

野田 彩加（事務支援員）

A-1) 専門領域：無機固体化学，表面・界面科学，固体電気化学，マテリアルズインフォマティクス

A-2) 研究課題：

- a) 金属水素化物における固体内水素の科学と荷電状態制御による新奇物性探索
- b) 薄膜モデル界面を用いた全固体電池の動作機構解明
- c) 実験自動・自律化による研究スタイルの革新

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 金属水素化物だけでなく，水素化物イオンに異種アニオンを複合した複合アニオン水素化物を薄膜状に非平衡合成し，その基礎学理構築と物性の探索を行っている。とりわけ，固体内の水素の荷電状態・結合状態に着目し，現時点で，光・熱による可逆的な物性変調を実現し，さらなる展開に向けて，電場や電気化学的な応答も含めた複合外場応答を探索している。
- b) 大気非曝露系における薄膜型全固体 Li 電池の作製と評価を進めてきたが，現在その対象をフッ化物イオン電池に拡張し，その動作機構の解明と電池特性の飛躍的な向上を目指している。電極・固体電解質の薄膜合成技術を確立し，多層膜化によるデバイス動作を進めている。
- c) 薄膜材料を対象とし，機械学習とロボット技術を組み合わせた「物質合成・評価・次の候補予測」のサイクルを自律的に繰り返す装置を開発してきた。現在は自動化の技術を拡張し，様々な評価系への導入と統合，新しい合成系の開発を進めている。

B-1) 学術論文

T. OZAWA, R. SHIMIZU, I. HARAYAMA, T. HITOSUGI, D. SEKIBA and K. FUKUTANI, “Observation of Proton Tunneling Correlated with Phonons and Electrons in Pd,” *Sci. Adv.* **11**(47), 1–7 (2025). DOI: 10.1126/sciadv.ady8495

C. ZHU, S. KOBAYASHI, Y. SUGISAWA, F. WEBER, K. H. LIN, M. KITAMURA, K. HORIBA, H. KUMIGASHIRA, K. NISHIO, R. SHIMIZU, D. SEKIBA, T. HITOSUGI and R. BERGER, “Space Charge Layer Evolution in All-Solid-State Batteries Probed via Operando Kelvin Probe Force Microscopy and Nuclear Reaction Analysis,” *ACS Nano* **19**(45), 39062–39075 (2025). DOI: 10.1021/acsnano.5c10125

R. UEDA, T. SUDARE, R. SHIMIZU, K. NISHIO, R. NAKAYAMA, Y. MIURA, K. KANEKO, N. YAMADA and T. HITOSUGI, “Anatase TiO₂(112) Epitaxial Thin Films Grown by Mist Chemical Vapor Deposition,” *Cryst. Growth Des.* **25**(21), 9086–9091 (2025). DOI: 10.1021/acs.cgd.5c00986

N. KISHI, S. SHINOHARA, Y. SUGISAWA, K. YAMAMOTO, S. KOBAYASHI, R. SHIMIZU, T. HITOSUGI and D. SEKIBA, “Application of $^7\text{Li}(p, \alpha)^4\text{He}$ NRA for Thin Film Type All-Solid-State Li Battery; Reinvestigation of $^7\text{Li}(p, \alpha)^4\text{He}$ Cross-Section and Optimization of Experimental Arrangement,” *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. B* **566**, 165787 (2025). DOI: 10.1016/j.nimb.2025.165787

K. NISHIO, A. AIBA, K. TAKIHARA, Y. SUZUKI, R. NAKAYAMA, S. KOBAYASHI, A. ABE, H. BABA, S. KATAGIRI, K. OMOTO, K. ITO, R. SHIMIZU and T. HITOSUGI, “A Digital Laboratory with a Modular Measurement System and Standardized Data Format,” *Digital Discovery* **4**(7), 1734–1742 (2025). DOI: 10.1039/d4dd00326h

S. KOBAYASHI, N. ZETTSU, K. NISHIO, R. SHIMIZU, T. IMABORI, Y. SAITO, K. TESHIMA and T. HITOSUGI, “Solid Thin-Film Battery Using a Densely Packed $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ Crystal Layer,” *ACS Omega* **10**(16), 16073–16078 (2025). DOI: 10.1021/acsomega.4c09393

R. ZHENG, S. KOBAYASHI, M. OGAWA, H. KATSURAGAWA, Y. WATANABE, J. DENG, R. NAKAYAMA, K. NISHIO, R. SHIMIZU, Y. TATEYAMA, M. MORIYA and T. HITOSUGI, “Investigating the Interface of $\text{Li}\{\text{N}(\text{SO}_2\text{F})_2\}(\text{NCCH}_2\text{CH}_2\text{CN})_2$ Molecular Crystal Electrolytes for 5 V Class Solid-State Batteries,” *ACS Appl. Mater. Interfaces* **17**(14), 21951–21957 (2025). DOI: 10.1021/acsami.4c22076

T. SUDARE, H. XU, R. NAKAYAMA, R. UEDA, R. NAITO, R. SHIMIZU, Y. MIURA, K. KANEKO, N. YAMADA and T. HITOSUGI, “Extremely Low Electrical Contact Resistance at the Interface of Carbon-Fiber-Based Gas Diffusion Layer and Anatase TiO_2 Thin Films,” *ACS Appl. Electron. Mater.* **7**(7), 2785–2792 (2025). DOI: 10.1021/acsaelm.4c02236

B-3) 総説, 著書

安藤康伸, 清水亮太 (分担執筆), 「計測の自動化で拓ける世界」, 「走査プローブ顕微鏡／分光法 第2版 (表面分析技術選書)」, (公社) 日本表面真空学会編, 2.4章 (2025).

B-4) 招待講演

清水亮太, 「ラボオートメーションの動向と勘所～表面・真空関連の実例を交えて～」, 表面科学セミナー 2026 「実践！インフォマティクスと自律計測の基礎と応用」, 東京, 2026年3月.

清水亮太, 「物質科学における オートメーション・オートノマス型実験：現状とクラウドラボ化への展望」, 共創戦略統括本部企画「ラボオートメーションの現在と未来」, 岡崎, 2026年2月.

清水亮太, 「大学共同利用機関における AI・ロボット駆動型ラボシステムとは」, JAIMA-CORE 共催シンポジウム 2026, オンライン開催, 2026年2月.

清水亮太, 「化学のスマートラボ化：入門編」, CSJ 化学フェスタ 2025, 東京, 2025年10月.

R. SHIMIZU, “Hydrogen Charge-State Tuning in Metal-Hydride Thin Films and Application of an Autonomous Thin-Film Growth System,” TACT2025 International Thin Films Conference, Taipei (Taiwan), October 2025.

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

データ駆動型材料科学研究会講師 (2026–2027).

文部科学省、学術振興会、大学共同利用機関等の委員等

日本学術振興会 R073 先端計測分析技術の未来創成委員会委員 (2025-).

次世代ナノプローブ技術委員会庶務幹事 (2023-).

理科教育活動

「科学三昧 in あいち 2025」指導助言 (2025).

その他

講演／パネルディスカッション「オートノマスラボトリ G の成果」JASIS (分析機器・科学技術総合展)2025「MEEP 公開シンポジウム」(2025).

B-10) 競争的資金

科研費学術変革領域研究(A),「イオン流の非平衡性と集団運動の理解による材料デザイン変革」(代表者:一杉太郎), 清水亮太(研究分担者)(2024年度-2028年度).

科研費学術変革領域研究(A),「イオン渋滞学に基づく新物質創製と機能開拓」(代表者:小林玄器), 清水亮太(研究分担者)(2024年度-2028年度).

科研費基盤研究(B),「エピタキシャルフッ化物薄膜電池のモデル界面を活用したフッ素の輸送機構解明」, 清水亮太(2022年度-2025年度).

科学技術振興機構革新的GX 技術創出事業(基金)(GteX 受託研究),「ハイスループット成膜装置の立ち上げ」(代表者:齋藤寛之), 清水亮太(研究分担者)(2025年度).

C) 研究活動の課題と展望

2025年4月に着任し、新しくラボを立ち上げている。研究活動a) 水素化物関係においては、小スケールでも物質合成が可能であり物性探索を進めている。水素は電子数が極めて少ないためプローブするのが難しい元素であり、局所構造や結合状態の解明に向けては大規模施設利用における共同研究者との連携を進めている。研究活動b) フッ化物イオン電池においては、大気非曝露が大原則であり、試料の搬送システムやデバイスのパターニングなどを一から再構築している。湊丈俊主任研究員と所内連携を進めており、電池の評価系の構築や、走査型プローブ顕微鏡を駆使した電極反応のin-situ 微視的観察を進める予定である。研究活動c) 実験自動・自律化においては、共同研究先となる他機関の大型設備の開発に参画しており、水素吸蔵材料等のハイスループット探索を進めている。自動化が進むことで、原材料を莫大に消費することにも直面しており、少量の原料による大規模実験が可能な合成・評価系の構築を今後進めなければならない。

取り扱う物質系や評価系は大気環境では安定に存在できないものも多く、真空やグローブボックス環境などによる操作を必要とするものが大半である。このことは、直接的な実験操作ではなく、間接的あるいは遠隔的な実験操作が多いことも意味しており、自動化プロセスを導入する契機であると考えている。実験規模に見合ったコストによるプロセスの自動化と、各操作をシームレスに接続した「ボトルネックのない全自動化」を目指す。