

# 持続可能なエネルギーシステムの実現に向けて

Toward the development of sustainable energy system



教授 川田 達也  
Professor  
Tatsuya Kawada

高効率発電や、再生可能エネルギーからの水素製造・二酸化炭素の分解など、カーボンニュートラル実現の鍵となる、新しいエネルギー変換技術の社会実装を目指して、基盤技術の確立と学理の構築に取り組んでいる。特に、固体酸化物形燃料電池 (SOFC) および固体酸化物形電解セル (SOEC) に着目し、学内外の研究グループや企業との共同研究を通して、性能と信頼性の向上のための技術開発を進めている。また、これらの基盤となる固体イオニクス材料の物理化学的特性や機械的特性について、熱力学、固体化学、電気化学の立場から解明し、新たな機能の発見や性能の向上につながる基礎研究を実施している。

Our research group is working on establishing science and technology for the social implementation of new energy conversion technologies, such as high-efficiency power generation, hydrogen production, and carbon dioxide decomposition with renewable energy, which are key to the realization of carbon neutrality. Particular attention is paid to solid oxide fuel cells (SOFCs) and solid oxide electrolysis cells (SOECs). Technologies have been developed to improve their performance and reliability through collaborations with companies as well as research groups inside and outside the university. The physicochemical and mechanical properties of solid-state ionic materials, which form the basis of these technologies, are elucidated from the standpoints of thermodynamics, solid-state chemistry, and electrochemistry, with the aim of discovering new functions and improving performance.

## 固体イオニクスの基盤研究

一部の固体材料は、結晶中に空孔や格子間イオンなどの欠陥を有し、これらが隣接サイトにジャンプすることで、特定のイオンをキャリアとする電気伝導性を示す。このような固体内のイオン輸送現象や界面現象を扱う「固体イオニクス」は、前述の SOFC/SOEC や全固体リチウムイオン電池など、化学エネルギーと電気エネルギーとを相互変換する電気化学デバイスに応用され、カーボンニュートラル社会の構築に重要な役割を果たすことが期待されている。

当研究室では、酸化物イオンが空孔を介して拡散する材料や、水蒸気の溶解によりプロトン伝導を示す材料など、燃料電池および電解デバイスに用いられる材料に焦点を当てた研究を展開している。今年度は、高耐久な燃料極設計指針の確立を目的として、楕円モ

## Basic research on solid-state ionics

Some solid materials have defects such as vacancies and interstitial ions in their crystals, which jump to adjacent sites and exhibit electrical conductivity, using specific ions as carriers. Solid-state ionics, which deals with ion transport and interfacial phenomena in solids, is expected to play an important role in building a carbon-neutral society by being applied to electrochemical devices that interconvert chemical and electrical energy, such as SOFC/SOEC and all solid-state lithium-ion batteries. Our research focuses on materials used in fuel cells and electrolysis, such as materials that conduct oxide ions through a vacancy mechanism and materials that exhibit proton conductivity when water vapor dissolves in oxygen vacancies. (Fig.2).

This year, aiming to establish design guidelines for highly durable fuel electrodes, we monitored the delamination and agglomeration behavior

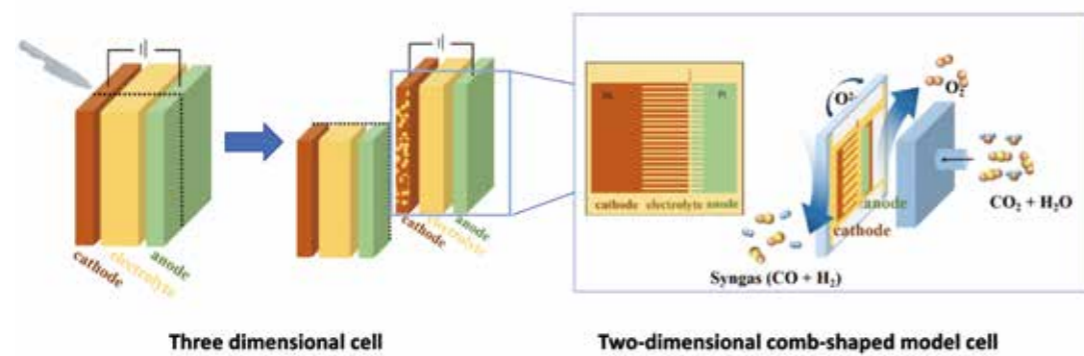


Fig. 1 Schematic of the two-dimensional comb-shaped model cells.



教授 八代 圭司  
(島根大学 教授,  
クロスアポイントメント)  
Professor  
Keiji Yashiro



助教 山口 実奈  
Assistant Professor  
Mina Yamaguchi

デル電極を用いた Ni の剥離および凝集挙動のモニタリングを行った (Fig. 1)。また、SOFC/EC の低温作動化に向けて、電気化学インピーダンス分光法 (EIS) による測定結果を解析し、改善すべき抵抗成分の切り分けを行った。さらに、固体酸化物セルにおいて、昇温、還元、酸化等が応力および変形挙動に与える影響の評価を実施した (Fig. 2)。プロトン伝導セルに対しては水蒸気濃度による変形や応力変化も捉えた。加えて、EIS 測定の高高度化を目的として、電位分布シミュレーションに関する研究や高調波解析手法の開発にも取り組んだ。さらに、イオン導電体における界面現象に対する光照射の影響に注目し、その発現機構の解明およびエネルギー変換デバイスへの応用可能性を探る研究も進めている。

## 教育活動

2025 年度の当研究室のメンバーは、教授 1 名、クロスアポイントメント教授 1 名、助教 1 名、技術補佐員 1 名の教職員 4 名、後期課程学生 1 名、前期課程学生 3 名、学部学生 3 名である。当研究室では、定期的な研究室内のゼミに加えて、学内の固体イオニクス関連研究室間での合同ゼミに参加し、研究ディスカッションや交流を行っている。また、これらの関連研究室とともに、韓国のソウル大学、韓国科学技術院 (KAIST) 等との間で、Student Symposium を毎年開催している。これは、双方の学生が協力して企画・実施するもので、今年度は東北大学での開催となり、研究室学生全員が参加して、口頭発表、ポスター発表を行なった。

of Ni using comb-shaped model electrodes. Additionally, toward the low-temperature operation of SOFC/EC, we analyzed electrochemical impedance spectroscopy (EIS) data to isolate resistance components requiring improvement. Furthermore, we evaluated the effects of a water vapor atmosphere on stress and deformation behaviors in proton-conducting cells. In addition, aiming to enhance EIS measurement techniques, we engaged in research on potential distribution simulations and the development of higher harmonic analysis methods. We are also continuing our research on the effects of light irradiation on interface phenomena in ionic conductors to elucidate the underlying mechanisms and explore potential applications in energy conversion.

## Education

As of the 2025 academic year, our laboratory consists of 4 staff members (1 professor, 1 cross-appointment professor, 1 assistant professor, and 1 technical assistant) as well as students: 1 doctoral, 3 master's, and 3 undergraduates. In addition to regular internal seminars, our laboratory participates in joint seminars with other solid-state ionics-related laboratories on campus to facilitate research discussions and academic exchange. Together with these related laboratories, we hold an annual Student Symposium with Seoul National University, the Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), and other institutions in Korea. Students from both sides organize this symposium cooperatively. This year, the event was hosted at Tohoku University, and all students from our laboratory participated to give oral and poster presentations.

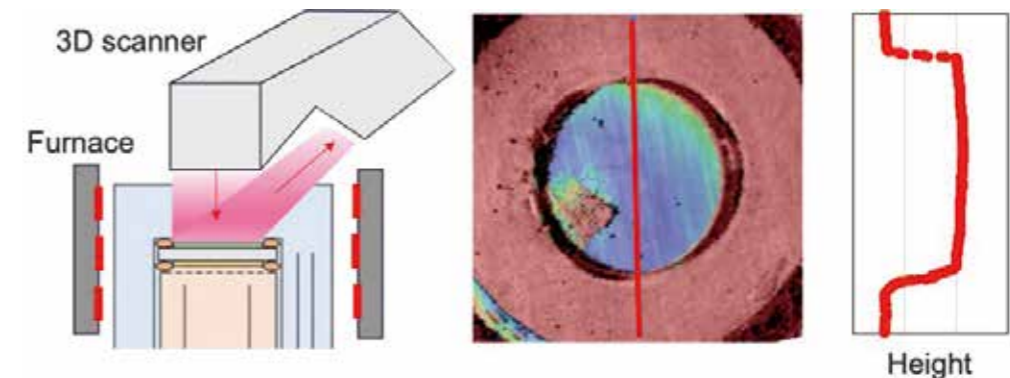


Fig. 2 Measurement setup and examples of height images and line profiles for the deformation test.