

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.

固体酸化物形燃料電池の信頼性向上の研究

固体酸化物形燃料電池 (SOFC) は、 O^{2-} イオンを伝導するセラミックスを用いて天然ガスや水素から高効率で発電する装置で、国内ではエネファーム Type-S などとして商用化されているが、さらなる普及に向けて、15 年を超える長期耐久性や急速起動・停止時の信頼性向上など改良すべき点も残されている。当研究室では NEDO 委託事業「固体酸化物形燃料電池スタックの高度評価・解析技術の研究開発」を複数の研究室および慶應義塾大学と共同で受託し SOFC 開発各社とも連携して研究を進めている。今年度は、発電の中心部である「セル」が各種の運転モードで受ける応力を再現する装置を開発した (Fig. 1)。また (株) アイシンが受託した環境省のプロジェクトに、共同実施者として参加し純水素用 SOFC の評価を開始した。

Improving the reliability of solid oxide fuel cells

SOFCs generate electricity from natural gas or hydrogen with high efficiency using O^{2-} ion conducting ceramics. It has been commercialized in Japan as ENE-FARM Type-S. However, for wider social acceptance, improvements are still needed for longer-term durability over the next 15 years and improved reliability during rapid start-up and shutdown. With the support from the NEDO project “Research and development of advanced evaluation and analysis technology for SOFC stacks,” we are making joint research with multiple laboratories at Tohoku University and Keio University as well as SOFC developers. This year, a device was developed to reproduce the stress state in SOFCs in various operation modes (Fig. 1). In addition, our laboratory has started evaluating a pure H_2 -SOFC in a project commissioned by Aisin Corporation from the Ministry of the Environment.

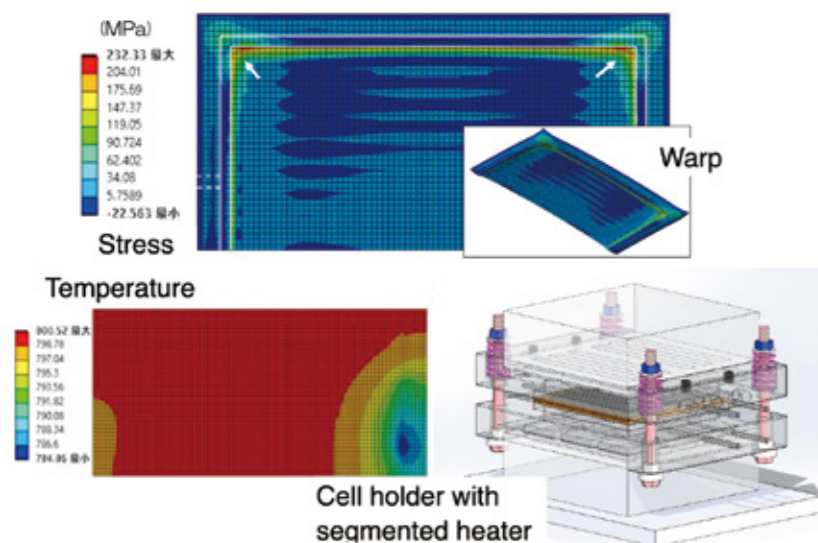
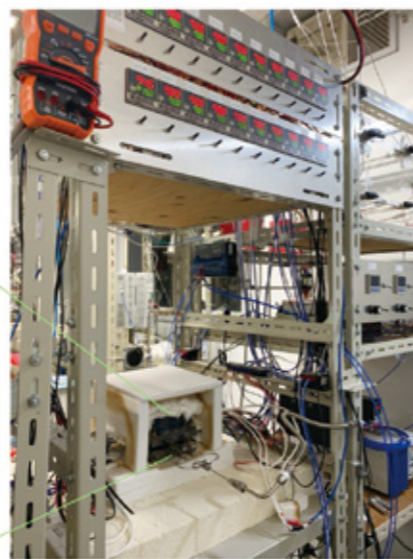


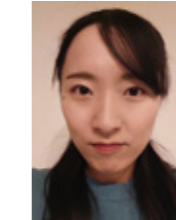
Fig. 1 Accelerated reliability test of SOFC under temperature gradient using gas manifold with 9-segment heaters. Simulation predicted large stress at the edges of the air electrode.



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



助教 リヤン アクマド
ブディマン
Assistant Professor
Riyan Achmad Budiman



助教 山口 実奈
Assistant Professor
Mina Yamaguchi

高温共電解を利用した液体燃料製造の基礎技術開発

固体酸化物電解物セル (SOEC) を用いて再生可能エネルギー由来の余剰電力で二酸化炭素と水蒸気を共電解し、液体燃料を生成する方法が提案されている。当研究室に准教授として在籍し、4月に島根大学に異動した八代教授 (東北大学にも 20% のクロスアポイントメントで在籍) が受託する NEDO 事業において、SOEC 共電解セルの基礎技術の開発を行っている。電解反応時に懸念されている電極形状変化の機構解明に向けて、モデル電極を用いたその場観察の手法を開発した。(Fig. 2)。

Fundamental technologies for liquid fuel production using high-temperature co-electrolysis

An SOEC enables the production of liquid fuels through co-electrolysis of carbon dioxide and steam using surplus renewable electricity. Professor Yashiro, who was in our laboratory as an associate professor and moved to Shimane University last April (still at Tohoku University with a 20% cross appointment), is working on the basic technology of SOEC co-electrolysis in a NEDO project. To elucidate the mechanism of electrode morphology change, which is a concern for electrolysis operation, we have developed an in-situ observation technology for model electrodes (Fig. 2).

固体イオニクス材料の基盤研究と新機能の探索

高温の燃料電池や電解セルに用いられる酸化物イオン導電体では、酸素空孔を介して酸化物イオンが輸送する。また酸素空孔に水蒸気が溶解することでプロトンが導電を担う酸化物も知られている。これらの材料の輸送現象や界面現象は「固体イオニクス」として研究が行われてきたが、未解明の点も残されている。最近我々は、酸化物イオン導電体の界面現象に光照射が影響することを見出し、その現象の整理と機構解明に向けた研究を加速している。

Basic research on solid state ionics

In oxide ion conductors used in high-temperature fuel cells and electrolytic cells, oxide ions are transported through oxygen vacancies. Some oxides dissolve water in oxygen vacancies and are known to conduct protons. The transport and interfacial phenomena of these materials have been studied in solid-state ionics. However, some aspects still remain unclear. Recently, we found that light irradiation affects the interface of oxide ion conductors and now are conducting research to elucidate the mechanism.

教育活動

2023 年度の当研究室のメンバーは、教授 1 名、(准教授 1 名: クロスアポイントメント)、助教 2 名、研究員 1 名、技術補佐員 1 名の教職員 5 (6) 名、後期課程学生 1 名、前期課程学生 9 名、学部学生 7 名、研究生 1 名である。当研究室では、学内の固体イオニクス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、今年度は韓国から約 40 名の学生・教員を東北大に迎え、サイエンスキャンパスホールにて、口頭発表、ポスター発表を行なった。

Education

The laboratory consists of 5 (6) staff members, 1 professor (and 1 associate professor: cross appointment), 2 assistant professors, a researcher, and a technical staff, as well as 18 students: 1 doctoral, 9 masters, 7 undergraduates, and 1 research student. Our laboratory holds a student symposium every year with Seoul National University and Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), and other institutions. This is planned and implemented by students from both countries. This year, we welcomed approximately 40 students and faculty from Korea to the Science Campus Hall of Tohoku University, where they gave oral and poster presentations.

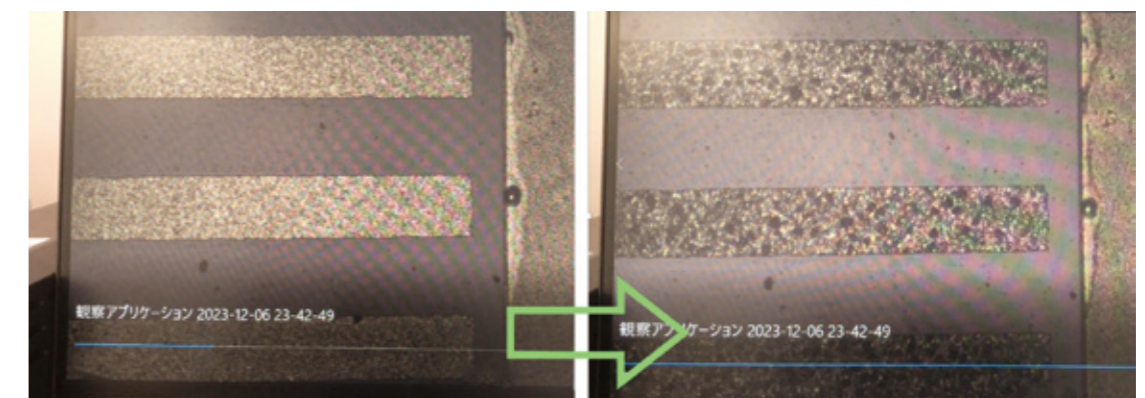


Fig. 2 Operando measurement of the morphology change of a model electrode for SOEC.