

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・電解技術の社会実装に向けて

固体酸化物形燃料電池 (SOFC) は、酸化物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電力を得る技術であり、これを逆作動させて水素や合成ガス燃料を生成する固体酸化物形電解セル (SOEC) と並び、カーボンニュートラル社会を達成するためのキーテクノロジーとして期待されている。当研究室では NEDO 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」を受託し、単セル過酷試験装置 (Fig.1) を開発するなど、信頼性向上のための基礎研究を実施している。また、SOEC については、再生可能エネルギーを用いて水と二酸化炭素を同時に電解する「共電解」技術に関する NEDO プロジェクトや、高効率水素エネルギーシステムの実証を目指す福島国際研究教育機構 (F-REI) の委託事業に参画している。その他、昨年度に工学研究科との間に発足した SOFC/SOEC 実装支援研究センターの活動や共創研究所・共同研究講座を通して、学内の複数の研究室とともに、複数企業との共同研究を展開している。

Toward social implementation of solid oxide fuel cell and electrolysis technologies

Solid oxide fuel cell (SOFC) is a technology that uses oxide ion-conductive ceramics to obtain electricity from natural gas or hydrogen with high efficiency, whereas solid oxide electrolysis cell (SOEC) produces hydrogen or synthetic gas through a reverse reaction. They are expected to be a key technology for achieving a carbon-neutral society. Our laboratory has been entrusted with the NEDO project "Research and Development of Advanced Evaluation and Analysis Technology for Solid Oxide Fuel Cell Stacks" and is conducting basic research to improve reliability, including the development of a severe test system for single cells (Fig. 1). As for SOEC, we are participating in the NEDO project on "co-electrolysis," a technology that simultaneously electrolyzes water and carbon dioxide using renewable energy, and in a project commissioned by the Fukushima International Research and Education Institute (F-REI), which aims to demonstrate a highly efficient hydrogen energy system. In addition, through the activities of the SOFC/SOEC Social Implementation Center, the Co-Creation Laboratory, and the Joint Research Division, various joint research projects are being conducted with companies along with other laboratories in the university.

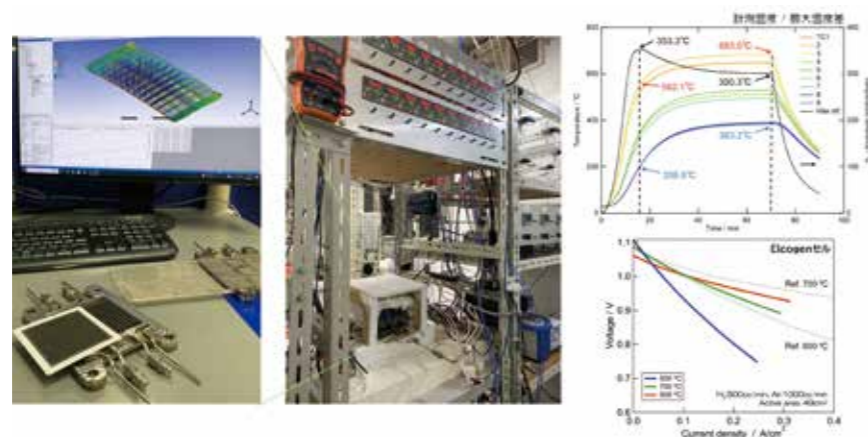


Fig. 1 Accelerated reliability test of SOFC under temperature gradient using gas manifold with 9-segment heaters.



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

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、そこに水蒸気が溶解してプロトン伝導を示す材料など、燃料電池や電解に用いられる材料に焦点をあてて研究を展開している (Fig.2)。

今年度は、電極反応に伴う電極/電解質界面近傍の化学ポテンシャル変化を、埋め込みプローブで測定する方法を開発した。また、これによって誘起される試料の変形や、電極の組成変化を検証する研究、さらには、電気化学系の応答を解析するための高調波解析の手法開発など、様々な角度から固体イオニクス現象の解明に取り組んできた。また、近年、イオン導電体の界面現象に光の照射が影響することを見出し、その機構の解明とエネルギー変換への応用の可能性を探る研究も展開している。

教育活動

2024 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 2 名、研究員 1 名、技術補佐員 1 名の教職員 6 名、後期課程学生 1 名、前期課程学生 7 名、学部学生 7 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、今年度は大学院生全員がソウル大学に行き、口頭発表、ポスター発表を行なった。

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, we have developed an embedded probe method to measure chemical potential changes near the electrode/electrolyte interface during electrode reactions. It was confirmed that sample deformation and changes in electrode composition are induced by the internal chemical potential changes. Furthermore, we developed a higher harmonic impedance analysis method for electrochemical systems, and we have worked to elucidate solid-state ionic phenomena from various aspects. Recently, we discovered that light irradiation affects the interface phenomena of ionic conductors, and we have been conducting research to elucidate the mechanism and to explore the possibility of its application to energy conversion.

Education

Our laboratory consists of six staff members, including 1 professor and 1 cross-appointment professor, 2 assistant professors, 1 researcher, and 1 technical staff, as well as students: 1 doctoral student, 7 master's students, and 7 undergraduates. Our laboratory, together with other laboratories focusing on solid-state ionics on campus, holds an annual Student Symposium with Seoul National University, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), and other institutions in Korea. This year, all graduate students went to Seoul National University to give oral and poster presentations.

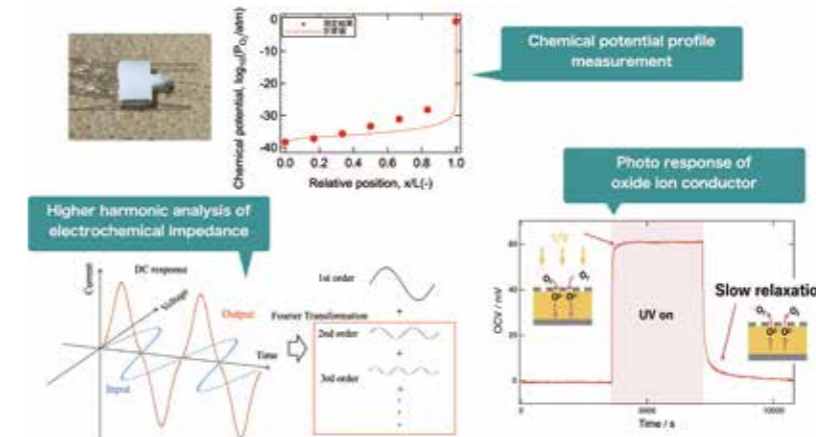


Fig. 2 Various approaches to the properties of the electrode/electrolyte interfaces.