

サステナブルなエネルギーシステム 実現に向けて

Toward the development of sustainable energy system



教授 川田 達也
Professor
Tatsuya Kawada



准教授 八代 圭司
Associate Professor
Keiji Yashiro



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



Group Photo

当分野の研究方針は、環境調和型社会の実現に向けた社会的要請の高い課題の解決である。現在はその中でも特に、高温電気化学デバイスによるエネルギー高効率利用に不可欠なエネルギー変換技術、およびエネルギー貯蔵技術、また地球環境保全に必要な環境技術の基盤技術および学理構築を重点課題としている。環境・エネルギー問題の解決には、化石燃料の高効率利用と再生可能エネルギーの安定供給のための新しい技術の普及が不可欠と考え、その技術基盤として、高効率、高耐久性の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) の実現に必要な技術課題を取り上げ、学内外の機関との協働し、システムに用いられる材料の使用環境における物理化学的、機械的挙動について、熱力学、固体化学、電気化学を基礎とする解析によって明らかにする。

Our research target is to develop environmentally friendly energy-conversion systems. Our special focus is on high-temperature electrochemical devices such as solid oxide cells, which are useful for high-efficiency energy conversion between chemical and electric energy. Research studies on the mechanical reliability of solid oxide fuel cells (SOFCs) and solid oxide electrolysis cells (SOECs), which are tightly linked with physicochemical and thermodynamic properties, have been performed through collaboration with other research groups inside and outside the university. A simulation code was developed to evaluate the deformation based on transient distribution of chemical potential inside the materials. The mechanical and physicochemical properties of the constituent materials have been measured at elevated temperatures in controlled atmospheres to be used for the simulation.

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

NEDO 委託事業において、発電効率の高い固体酸化物形燃料電池 (SOFC) の 65% (LHV) の超高効率化、13 万時間以上の高耐久化に貢献する技術の確立を目指し、スタックの高度評価・解析技術の開発を行っている。当研究室も学内外との連携を含めて共同で研究を進めており、国内の SOFC 開発各社とも密接に連携して事業を推進している。高効率化では高い燃料利用率に起因してセル内各所での運転状態が異なり、劣化挙動にも大きな分布が生じる可能性があるため、セル内の局所的な劣化を詳細に評価検討する必要がある。当研究室はセルの機械的信頼性評価に関する開発を担っており、固体酸化物形燃料電池の信頼性評価プロトコルの開発なども行っている (Fig.1)。

Development of advanced evaluation and analysis technologies for the durability of solid oxide fuel-cell stacks

The ongoing NEDO's project aims to develop advanced stack evaluation techniques for solid oxide fuel cell (SOFC) to achieve super-high efficiency of 65% LHV (lower heating value) and a lifetime of more than 130,000 hours. In this project, a research consortium organized by universities and institutes in Japan is collaborating with companies that have developed SOFCs. Under high-output conditions, high fuel utilization leads to different operating conditions at different locations within a cell. The degradation behavior may also differ from the average operating conditions. Therefore, the local degradation of the cell should be evaluated. Our laboratory contributes to the development of the mechanical reliability evaluation method. We also develop reliability evaluation protocols for solid oxide fuel cells (Fig.1).

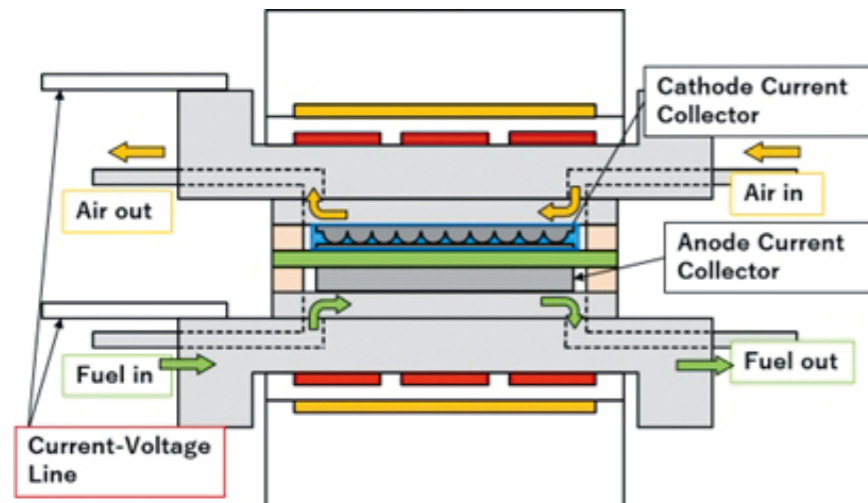


Fig.1 Apparatus for SOFC reliability assessment.

固体酸化物形燃料電池のセル強靱化技術の開発

2022 年度から開始した NEDO 委託事業「固体酸化物形電気化学セル強靱化技術の開発」において、酸化物が基本構成材料の SOFC を幅広い用途に展開可能なように支持体を金属とした強靱 SOFC セルの開発に取り組んでいる。プラズマ溶射法により作製した金属支持型セルにおいて 700°C で 0.7V、700mAcm⁻² という比較的高性能のセルを得ることができた (Fig.2)。現在、さらに耐久性や信頼性の向上を目指した開発を行っている。

高温共電解を利用した液体燃料製造の基礎技術開発

2050 年までにカーボンニュートラルを達成するには、電力供給だけでなく、原料・燃料として使用される一次エネルギーのカーボンニュートラル化が必要となる。DAC や CCUS 等で回収した CO₂ を使い、再生可能エネルギー由来の余剰電力を固体酸化物電解セル (SOEC) で二酸化炭素と水蒸気の共電解することで液体燃料製造に必要な合成ガスを高効率に生成する方式が提案されている。当研究室では SOEC 共電解用セルに必要な基本特性の評価・検討を行っている。電解反応時には電極形状変化による劣化が報告されている。長時間安定に運転可能な共電解セルの開発のために、この要因解析のために専用に設計したモデル電極セルの電極三次元形状を測定することで評価している (Fig.3)。

教育活動

2022 年度の当研究室のメンバーは、教授 1 名、准教授 1 名、助教 1 名、研究員 1 名、技術補佐員 1 名の教職員 5 名、修士学生 9 名、学部学生 8 名、研究生 1 名の学生 18 名の延べ 23 名で構成され、3 月には修士課程を 4 名が修了し、学部生 4 名は卒業後修士課程に進学した。

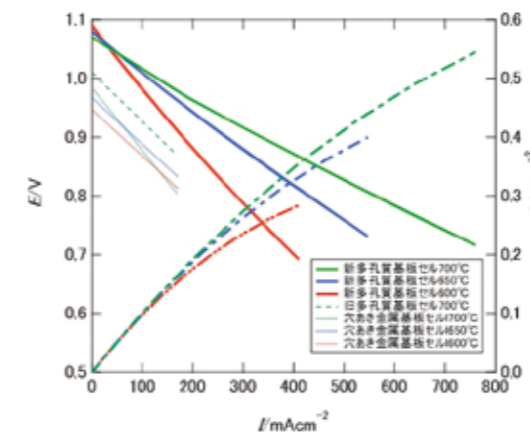


Fig.2 Cell performance of plasma spray metal support SOFC.

Development of cell-toughening technology for solid oxide fuel cells

In the NEDO project that began in FY2022, we have been developing tough metal-supported SOFCs, which can be used in a wide range of applications. A metal-supported cell with relatively high performance of 0.7 V and 700 mAcm⁻² at 700°C was fabricated by a plasma spraying method (Fig.2). Currently, we are working on further development to improve the durability and reliability of the metal-supported cell.

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

To achieve carbon neutrality by 2050, electricity generation and chemical-industry feed stocks and fuels for transportation must be decarbonized. Much attention has been given to a new fuel production process using captured carbon dioxide and renewable energy. Co-electrolysis of carbon dioxide and steam by solid oxide cells is proposed to produce a syngas for liquid fuel production. Our laboratory has evaluated the basic properties of co-electrolysis cells, finding degradation due to electrode shape changes during electrolytic reactions. To develop a co-electrolysis cell that can operate stably in the long term, we are evaluating this factor by measuring the three-dimensional electrode shape of a specially-designed model electrode cell (Fig.3).

Educational activities

Lab workers consist of five staff members (a professor, an associate professor, an assistant professor, a researcher, and a technical staff member) and 18 students (9 master's students, and 8 undergraduates, 1 research student). Four graduate students and four undergraduate students graduated in March.

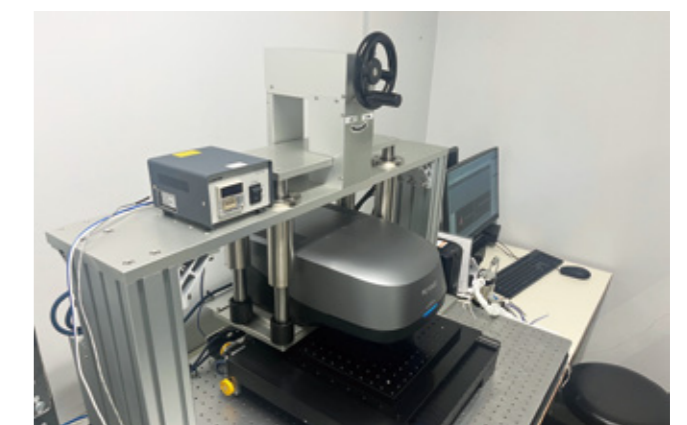


Fig.3 Geometry evaluation system for co-electrolysis cell.