

# 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 Kawata

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および強靱化技術の開発

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」が 2020 年度より開始し、同プロジェクトに参画している。発電効率の高い固体酸化物形燃料電池 (SOFC) において、65% (LHV) の超高効率化、耐久時間 13 万時間以上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。学内外との連携を含めて共同で研究を進めており、東京大学、京都大学、九州大学、産業技術総合研究所、電力中央研究所で基盤コンソーシアムを形成し、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、SOFC の強靱性を改善して適用分野を拡大するための過酷試験装置の開発なども行っている (Fig.1)。

## 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。そこで CCUS 等で回収した CO<sub>2</sub> を使い、再生可能エネルギーを利用した燃料製造プロセスが注目されている。このプロセス前段では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 NEDO 委託事業「次世代 FT 反応と液体合成燃料一貫製造プロセスに関する研究開発」に 2021 年度より参画し、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。

## Development of advanced evaluation and analysis technologies for the durability of solid oxide fuel cell stacks and the development of a high-toughness cell

NEDO's project involving the development of advanced evaluation and analysis technologies for the durability of solid oxide fuel cell (SOFC) stacks was launched in FY2020. It aimed to develop advanced stack-evaluation techniques to achieve super-high efficiency of 65% LHV (lower heating value) and a lifetime longer than 130,000 hours. In this project, a research consortium organized by the University of the Tokyo, Kyoto University, Kyushu University, AIST, CRIEPI, and Tohoku University collaborates with companies that have developed SOFCs. Under high-output conditions, high fuel utilization causes various operating conditions at different places within a cell. The degradation behavior may also differ from the average operating conditions. Therefore, the cell's local degradation should be evaluated. Our lab contributes to the development of the mechanical reliability evaluation method. A stress test apparatus has been developed to achieve high toughness, which extends the application range of SOFCs (Fig.1).

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

To achieve carbon neutrality by 2050, not only electricity generation but also 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. A co-electrolysis of carbon dioxide and steam by solid oxide cells is proposed to produce a syngas for liquid fuel production. Our laboratory has participated in the NEDO project since FY2021 to realize this technology. In the project, we have evaluated the basic properties of co-electrolysis cells. A specific model electrode cell was designed for the analysis of co-electrolysis reaction to extract critical issues of cells (Fig.2). The results of



准教授 八代 圭司  
Associate Professor  
Keiji Yashiro

Fig.2 に示すような共電解反応の解析のために専用に設計したモデル電極セルを用いて共電解時のセルレベルでの課題の抽出を行い、その結果を多孔性の実用電極の設計にフィードバックするために、モデル電極と実用電極の 2 つのタイプの電極の相補的な評価を行うことで、迅速に共電解セルの開発を行うことを目指している。

## 教育活動

2021 年度の当研究室のメンバーは、教授 1 名、准教授 1 名、研究員 1 名、技術補佐員 1 名の教職員 4 名、修士学生 10 名、学部学生 8 名の学生 18 名の延べ 22 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。

the model cell analysis were fed back to a design of a practical porous electrode. This scheme contributes to rapid development of co-electrolysis cells at high temperature.

## Educational activities

Lab workers consist of four staff members (a professor, an associate professor, a researcher, and a technical staff member) and 18 students (10 master's students and eight undergraduates). Four graduate students and four undergraduate students graduated in March.

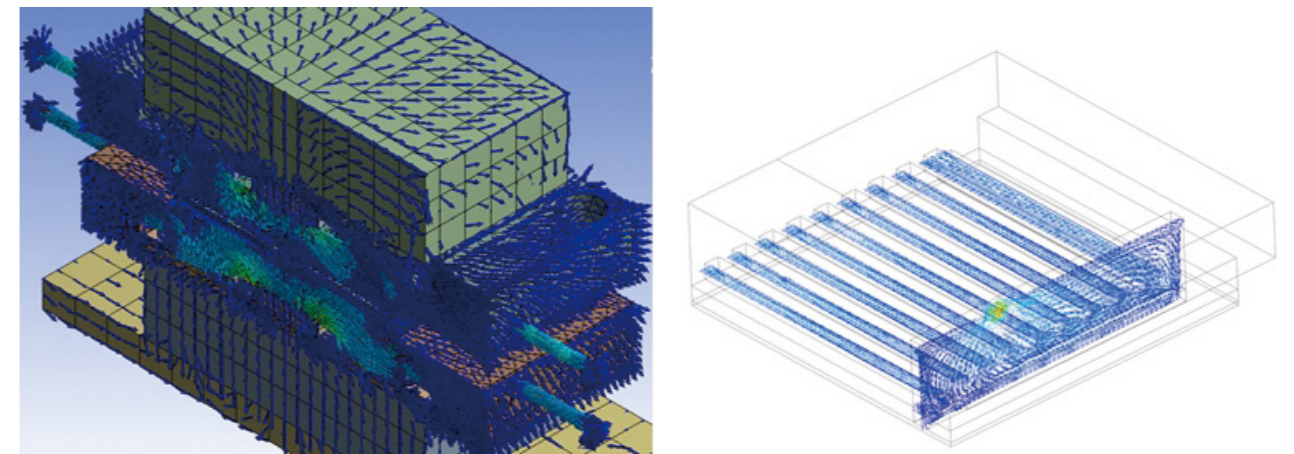


Fig.1 Apparatus design and simulation of robustness evaluation for SOFCs.

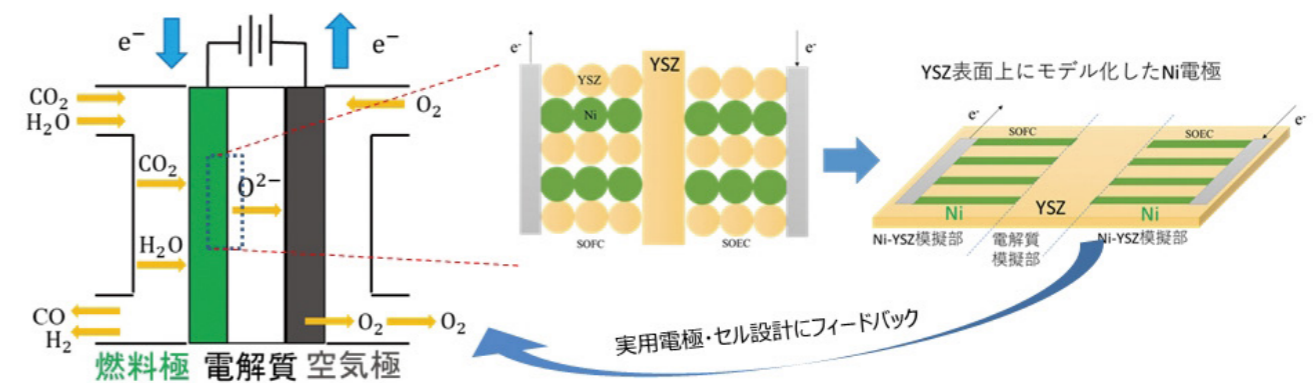


Fig.2 Specific model electrode cell for analysis of co-electrolysis.