

サステイ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、その技術基盤の一つとして、高効率、高耐久性の固体酸化物形燃料電池 (SOFC) 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), 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い、また、SOFC が利用できるアプリケーションを増やすために強靱性セルとして、金属支持型セルの作製・評価も行っている。当分野での具体的な研究成果については以下で述べる。

SOFC 作動条件下での Ni-YSZ 燃料極の機械的特性

SOFC の耐久性と信頼性を保障するためには、燃料極およびセルの支持体として機能するニッケル-イットリア安定化ジルコニア (Ni-YSZ) サーマットの機械的特性は非常に重要である。Ni-YSZ の機械的特性は外的条件だけでなく Ni、YSZ、気孔の割合によっても大きく変化する。我々は、Ni、YSZ、気孔の体積分率を主なパラメータとして変化させながら Ni-YSZ と NiO-YSZ の弾性挙動、および破壊挙動を評価した。800°C では NiO-YSZ コンポジットの弾性率は NiO 分率に

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 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 different 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. Additionally, a metal-support cell has been developed to achieve high toughness, which extends the application range of SOFCs. Our research activities are described as follows.

Mechanical properties of Ni-YSZ composites under solid oxide fuel cell operating conditions

To ensure the durability and reliability of solid oxide fuel cells (SOFCs), understanding the mechanical properties of nickel and yttria-stabilized zirconia (Ni-YSZ) cermet is very important. Ni-YSZ cermet not only works as an anode but also as a cell-supporting body. Its mechanical properties undergo changes not only because of extrinsic conditions but also due to Ni, YSZ, and pore proportions. In our study, Ni-YSZ and NiO-YSZ composites' elastic and fracture behaviors are investigated using changing Ni and pore volume fractions as a main parameter. At 800°C,



准教授 八代 圭司
Associate Professor
Keiji Yashiro

伴って単調に増加したが、還元体である Ni-YSZ では 30% の Ni 体積分率付近で劇的に弾性率と強度が変化した。これは Ni 体積分率が 30% となるところで、変形と破壊挙動が脆性的挙動から延性的挙動に変わったことに対応している。弾性率と強度の双方とも気孔率の増加に伴い減少したが、800°C での低下の度合いは室温に比べて小さかった。弾性率減少への Ni 量および気孔率の影響は、室温空気中では双方が顕著であったが、800°C では Ni 量の影響の方が気孔率に比べ大きいことが分かった。以上のことは、SOFC 材料について運転条件下での機械特性評価が特に重要である事を示している。

教育活動

2020 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 12 名、学部学生 8 名の学生 20 名の延べ 24 名で構成され、3 月には修士課程を 8 名が修了し、企業に就職、学部生 4 名は卒業後修士課程に進学した。



Lab member photograph

NiO-YSZ composite stiffness monotonically increases with increasing NiO, whereas for Ni-YSZ, the reduced form shows drastic changes in elastic modulus and strength around 30 vol% Ni where the deformation behavior and fracture transition from brittle-like to ductile. Both stiffness and strength show linear decreases with porosity, of which the degree of deterioration at 800°C was duller than it was at room temperature. The influences of Ni content and porosity on elasticity are quantified using multiple-linear regression analysis. Pore volume fraction shows large negative effects on elasticity at room temperature in air. However, at 800°C, Ni volume shows larger negative effects than pore volume does under reduced atmospheres. These results indicate that mechanical properties of SOFC materials must be evaluated under operating conditions.

Educational activities

Lab workers consist of four staff members (a professor, an associate professor, a researcher, and a technical staff member) and 20 students (12 master's students and eight undergraduates). Eight graduate students and four undergraduate students graduated in March.

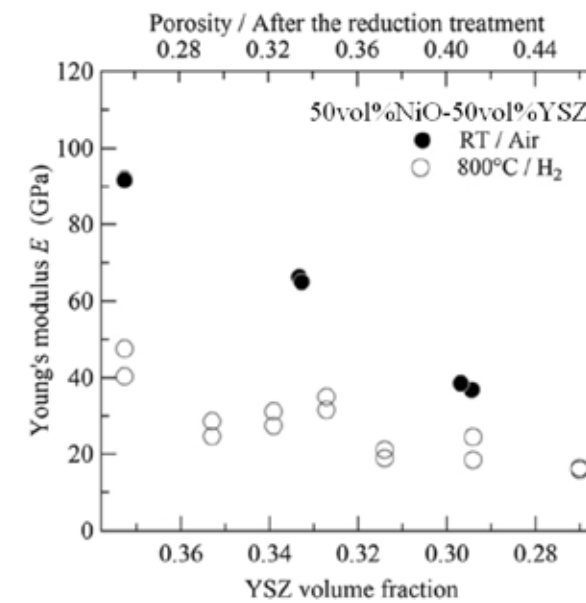


Fig.1 Elastic modulus of NiO-YSZ at room temperature and 800°C.

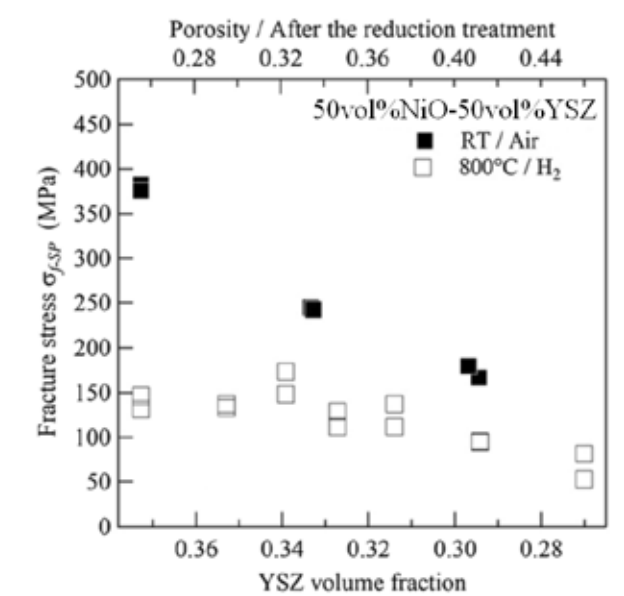


Fig.2 Fracture stress of NiO-YSZ at room temperature and 800°C.