単位セル性能データベースに基づく固体酸化物形燃料電池 セルスタックの新規数値シミュレーション手法の開発

Prediction of electrochemical characteristics of practical-size solid oxide fuel cells
based on database of unit cell performance

○正 岸本 将史 (京大) 岸田 詔平 (京大)
正 岩井 裕 (京大) 正 吉田 英生 (京大)

Masashi Kishimoto¹, Shohei Kishida², Hiroshi Iwai¹, and Hideo Yoshida²

¹Department of Mechanical Engineering and Science, Kyoto University, Nishikyo-ku, Kyoto 615-8540, Japan

²Department of Aeronautics and Astronautics, Kyoto University, Nishikyo-ku, Kyoto 615-8540, Japan

Key Words: Solid oxide fuel cell, numerical method, unit cell, impedance

固体酸化物形燃料電池 (Solid Oxide Fuel Cell: SOFC) の研究開発において、数値シミュレーションが果たす役割は大きい。高温で作動するSOFCセルスタックの内部で生じる熱流動現象や電気化学現象を実験的に測定することが困難であることが原因である。SOFCの数値シミュレーションについては、電極内部の電気化学反応を対象とするようなミクロスケールのもことから、実機を想定したセルスタックスケールのもので様々なものが報告されているが、幅広いスケールの現象を考慮するようなマルチスケールシミュレーションを行う際には、計算負荷が大きな問題となる。そのため、電極の微構造、流路構造、運転条件などを様々な変化させて最適構造や運転条件を探すようなパラメータスタディは、実機開発においては必要とされているものの、現実的には難しい。

そこで本研究では、実用スケールのSOFCセルスタックの性能を予測するための新規数値シミュレーション手法の開発を行った。提案する手法の概念図を下図に示す。まず、セルスタック内で生じる熱流動現象と電気化学現象の特性時間が大きく異なることに注目し、事前に1次元単位セル要素においてセル厚み方向の電位とガス濃度の分布を考慮した数値シミュレーションを行うことで、単位セル性能のデータベースを構築した。そして、実用サイズのセルを複数の1次元単位セル要素に分割し、それぞれの性能をその場所におけるガス濃度や端子電圧を基にしてデータベースから引用することで決定した。その上で、実用セルを構成する複数の単位セルの性能を集約することで実用セルの性能を予測した。また、正弦波入力電圧に対する単位セルの応答電流を求めることでインピーダンス特性を予測してデータベース化し、実用セルのインピーダンス特性も予測した。データベース構築に用いる1次元単位セルモデル、および実用セルモデル共に実験値との比較を行い、よい一致が得られることを示した。ひとたびデータベースを構築すれば、様々な運転条件における実用セル性能の予測を現実的な計算負荷で行うことが可能となったので、端子電圧や燃料利用率を変化させてシミュレーションを行い、実用セルの発電効率がどのようなふるまいを示すかを明らかにした。

Figure Schematic diagram of the proposed novel method for numerical simulation of practical-size SOFCs using performance database of 1D unit cell.