

京都大学	博士 (工学)	氏名	Suranat WONGCHANAPAI
論文題目	Development of Direct Internal Reforming Solid Oxide Fuel Cell Model and its Applications for Biomass Power Generation (直接内部改質を伴う固体酸化物形燃料電池モデルの開発とバイオマス発電への適用)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は直接内部改質 (Direct Internal Reforming: DIR) を行う固体酸化物形燃料電池 (Solid Oxide Fuel Cell: SOFC) の解析モデルを開発しこれをシステム解析に適用することで、バイオマス資源を用いる発電システムの諸特性を明らかにしたものである。SOFC とバイオマスガス化装置を組み合わせる場合と、SOFC とマイクロガスタービン (MGT) のハイブリッドシステムに基づく熱電併給システムにバイオガスを直接導入する場合とを検討対象としている。</p> <p>Chapter 1 Introduction では本研究の背景説明を行い、燃料極支持の平板形状の DIR-SOFC を具体的な対象として上述のシステムに関する性能評価を行うモデルの開発と最適化を本論文の目的とすることを述べている。</p> <p>Chapter 2 Literature Review では、バイオマス、SOFC、エネルギーとエクセルギー概念の 3 要素につき従来のレビューを行っている。</p> <p>Chapter 3 Numerical Modeling では数値シミュレーションのモデルについて述べている。システムを中心となる SOFC では燃料極上での直接内部改質現象を正確に取り扱うため、作動流体の流れ方向変化を考慮し関連物理量の局所分布を明らかにできるいわゆる 1 次元モデルを開発している。一方、バイオマスのガス化装置については平衡モデルを、MGT については圧縮機効率とタービン効率を考慮するモデルを導入している。そして、これらの要素を連成させたシステム全体の性能解析を行うプログラムを開発し、パラメータや効率を設定するとともに、計算手法について述べている。</p> <p>Chapter 4 Selection of suitable operating conditions for planar anode-supported direct-internal-reforming solid oxide fuel cell (DIR-SOFC) では、まず SOFC のみに注目し、燃料と空気の流れ様式、すなわち対向流および並行流における基礎特性を検討している。その基礎的特性について考察した後、パラメータとして、電流密度、入口温度、燃料利用率を変化させ、とりわけエクセルギー的観点に重点をおいて発電性能を検討している。</p> <p>Chapter 5 Performance evaluation of an integrated small-scale solid oxide fuel cell-biomass gasification power generation system では、出力が 5kW の小型 SOFC とバイオマスガス化装置から構成されるシステムの特性を明らかにしている。パラメータとして、水蒸気-バイオマス比、SOFC 入口蒸気温度、燃料利用率、燃料極オフガス循環比などを変化させたときの発電効率を明らかにするとともに、要素別のエクセルギー損失の内訳についても検討している。</p> <p>Chapter 6 Performance evaluation of a direct-biogas solid oxide fuel cell-micro gas turbine (SOFC-MGT) hybrid combined heat and power (CHP) system では、SOFC と MGT のハイブリッドシステムに解析を展開させている。本章ではバイオガスはメタン 60% 二酸化炭素 40% の混合ガスとし、総発電量を 200kW としている。パラメータとして、改質部における空気-水蒸気比、燃料利用率、MGT における圧力比やタービン入口温度を変化させ、これらがシステム性能に与える影響を詳細に明らかにしている。本ハイブリッドシステムにおけるパラメータ範囲で最適化した場合、このようなバイオガスを</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	Suranat WONGCHANAPAI
<p>用いた場合でさえ、発電効率は 50% を越え、熱電併給の総合熱効率は 70% に達することを明らかにしている。また、SOFC の発電量に対する MGT の発電量の比は 10~55% 程度であることも示している。</p> <p>Chapter 7 Conclusions では、本研究の結論をまとめるとともに今後の研究への指針を述べている。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、直接内部改質 (Direct Internal Reforming: DIR) を行う固体酸化物形燃料電池 (Solid Oxide Fuel Cell: SOFC) の解析モデルを開発し、これをシステム解析に適用することでバイオマス資源を用いる発電システムの諸特性を明らかにしたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 燃料極支持の平板形状の DIR-SOFC を取り上げ、SOFC とバイオマスガス化装置を組み合わせる場合と、SOFC とマイクロガスタービン (MGT) のハイブリッドシステムに基づく熱電併給システムにバイオガスを直接導入する場合とを検討した。
2. システムの中心となる SOFC では燃料極上での直接内部改質現象を正確に取り扱うため、作動流体の流れ方向変化を考慮し関連物理量の局所分布を明らかにできるいわゆる 1 次元モデルを開発した。一方、バイオマスのガス化装置については平衡モデルを、MGT については圧縮機効率とタービン効率を考慮するモデルを導入した。そして、これらの要素を連成させたシステム全体の性能解析を行うプログラムを開発し、パラメータや効率を設定するとともに、計算手法について述べた。
3. まず SOFC のみに注目し、燃料と空気の流れ様式、すなわち対向流および並行流における基礎特性を検討した。その基礎的特性について考察した後、パラメータとして、電流密度、供給ガスの入口温度、燃料利用率を変化させ、とりわけエクセルギー的観点に重点をおいて発電性能を検討した。
4. 出力が 5kW の小型 SOFC とバイオマスガス化装置から構成されるシステムの特性を明らかにした。パラメータとして、水蒸気-バイオマス比、SOFC 入口蒸気温度、燃料利用率、燃料極オフガス循環比などを変化させたときの発電効率を明らかにするとともに、要素別のエクセルギー損失の内訳についても検討した。
5. SOFC と MGT のハイブリッドシステムに解析を展開させ、バイオガスとしてはメタン 60% 二酸化炭素 40% の混合ガスを供給し、総発電量を 200kW として解析を行った。パラメータとして、改質部における空気-水蒸気比、燃料利用率、MGT における圧力比やタービン入口温度を変化させ、これらがシステム性能に与える影響を詳細に明らかにした。本ハイブリッドシステム解析で設定したパラメータ範囲内で最適化した場合、このようなバイオガスを用いた場合でさえ、発電効率は 50% を越え、熱電併給の総合熱効率は 70% に達することを明らかにした。また、SOFC の発電量に対する MGT の発電量の比は 10~55% 程度であることも示した。

本論文は、以上のようにバイオマス資源を用いる直接内部改質方式の固体酸化物形燃料電池システムの諸特性を明らかにしたもので、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 25 年 2 月 1 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。