

【学位論文審査の要旨】

1 研究の目的

固体高分子形燃料電池は次世代の自動車用動力源として期待されるが、その本格的普及のためには発電出力密度の更なる向上が求められる。燃料電池の発電出力向上のためには、触媒活性の向上、内部抵抗の低減、反応物供給の均一化などが求められるが、とくに高電流密度条件においては、発電と同時にカソードで生成する水が電極の反応場を覆うことで酸素の均一な供給を妨げるフラッディングと呼ばれる現象が問題となる。このため、反応場から生成水をスムーズに排出する手法の開発が燃料電池の発電出力向上のために求められる。

以上の背景から、本研究では、燃料電池におけるフラッディングに着目し、反応物流路等の構造の変更により生成水のスムーズな排出を低い内部抵抗と両立させることで発電出力を向上させることを目的としている。

2 研究の方法と結果

本研究では、新たな構造の金属製流路やマイクロポーラスレイヤーを用いた燃料電池を提案し、その発電性能向上効果について検討を行った。まず、内部に生成水が滞留しやすいガス拡散層を廃した上でマイクロコイルを反応物流路として採用することで、従来の溝型流路に比べて耐フラッディング性が大幅に向上することが実験により明らかになった。しかし、その際に部材間の接触抵抗に起因すると推測される内部抵抗増大が観察され、高い耐フラッディング性を低い内部抵抗と両立させることが課題であることが示された。

次に、ガス拡散層を廃した上で、マイクロコイルよりも製造性の良好な金属線の綾織りメッシュをコルゲート加工したものを流路に採用した燃料電池の発電性能について実験による検討を行い、電極面積 1cm^2 あたり 3A という高い電流密度条件においてもフラッディングが生じないことを示した。さらに、このコルゲートメッシュ型流路を用いた燃料電池において、電極表面のマイクロポーラスレイヤーの構造および材質が内部抵抗に与える影響について実験および数値計算による検討を行い、マイクロポーラスレイヤーの電気的な特性だけでなく、力学的な特性が部材間の面圧ならびに接触抵抗に影響を与え電池の内部抵抗を左右することなどが明らかになった。

以上より、燃料電池において耐フラッディング性向上と内部抵抗低減により高い発電出力密度を得るための新たな指針が示された。

3 審査の結果

本研究は、固体高分子型燃料電池において過去に報告例のない新規構造の反応物流路やマイクロポーラスレイヤーを提案し、その利用によって高い発電出力密度が得られることを実証した点で高い新規性と有用性が認められる。また、燃料電池の発電出力を向上させる上で重要な耐フラッディング性の向上ならびに内部抵抗の低減に関して、交流インピーダ

ンス計測，抵抗基礎実験，応力を考慮した数値解析などによる詳細な解析を行っており，基礎的なメカニズムについても考察を加えている点で高く評価できる。

以上のように，本研究は燃料電池において高い発電出力密度を得るための電池構造に関する新たな知見を示しており，工業的および工学的に高い価値を有することが認められる。また，本研究の知見を燃料電池自動車に应用することで燃料電池の小型化や白金使用量の低減によるコスト低減および普及促進が期待され，経済規模の大きい自動車産業への貢献による社会的な価値も高いと思われる。これらの点から判断して，本研究の成果は博士（工学）の学位に値するものと判定した。

4 最終試験の結果

本学の学位規則に則り，3名の論文審査委員による審査会を3回にわたって開催し，論文の内容および関連分野について申請者に対する筆答および口頭の試験を実施した。また，公開の論文発表会を開催して，幅広い討論を行った。

以上の状況から，申請者は論文内容および関連科目に関して博士（工学）として求められる水準の専門知識を十分に有するものと判断し，合格と判定した。

以上