

溶融炭酸塩型燃料電池の小型化に資する
熱流体・反応特性の解明に関する研究

これまでの燃料電池研究は、電極、電解質板、電解質およびセパレータ板などの電池材料に関する研究がほとんどであり、燃料電池内の熱輸送機構の解明や流動解析などのような電池構造に寄与する研究はほとんど行われていない。一方、世界の溶融炭酸塩型燃料電池 (MCFC) 開発は、火力発電所に代わる MCFC 発電所を目指した大型化研究が主流となっているが、将来の電力供給方法は、集中型から分散型へと移行する可能性もあることから、分散型電源の開発、ひいては小型化電源の開発が重要になるものと推測する。このような背景から、本論文では、電池構造に関連する電池内の熱流体および反応特性の観点から研究を進め、MCFC の小型化を実現するための提案を目的としている。

本研究では、まず、MCFC の長期運転に必要な電解質量の最適化を行うため、 25cm^2 の単電池を用いて電池特性評価実験を行った。その結果、電解質板細孔容積に対する電解質の充填率は、 $160\% \sim 290\%$ が最適であることを示した。

MCFC の小型化を図るためには、大型ブローワーを使用した従来型の MCFC 熱制御法を見直す必要がある。そこで、模擬電池を使用した伝熱実験により、MCFC 内の熱輸送機構の解明を行った。その結果、アノード流路に触媒を有する DIR-MCFC が、最も熱制御に適している電池であることを示唆した。

そこで、DIR-MCFC を小型 MCFC 発電システム用電池として採用するため、DIR-MCFC 独自の問題の解決を図った。まず、触媒充填による流量分配の不均一性を解決するため、アノード側のみの模擬電池を用いて、触媒の充填量、充填方法およびガス流量の差異による各セルにおける圧力損失に及ぼす影響について検討した。その結果、触媒無充填時および充填時の各摩擦係数式を組み合わせることで、あらゆる触媒充填量および充填方法についての圧力損失量を予測できる方法を提案し、設計段階で各セルにおける圧力損失の均一化が行えることを示した。

つぎに、DIR-MCFC の最大の短所である、改質触媒の炭酸塩汚染による電池特性の劣化について検討を行った。電池特性評価実験および運転終了電池から採取した触媒を分析することにより、電池特性の劣化現象を把握するとともに、炭酸塩汚染を液相汚染と気相汚染の 2 種類に分類できることを明らかにした。さらに、液相汚染および気相汚染の劣化要因について、反応工学的に検討を行った結果、液相汚染および気相汚染ともに、炭酸塩あるいは KOH の触媒付着に伴う反応有効面積の低下が主要因であった。また、液相汚染防止法としては、コルゲート板への Ni メッキが有効であり、気相汚染については、定期的な不活性ガスの供給で汚染触媒の再生が可能であることを示した。

最後に、これらの研究成果によって、DIR-MCFC 特有の問題点は解決できる可能性があるものとし、小型 MCFC 発電システムを家庭用コージェネレーションシステムとして家庭への導入が可能であるかを、システム構成機器の熱・物質収支連立方程式を解くことで試算した。その結果、都市ガスを燃料として用いた場合は 3kW 、プロパンガスを燃料として用いた場合は 6kW の規模であれば導入可能であり、かつ、稼働コスト等の経済性に関しても、導入可能性を示唆する結果を得た。