家庭用燃料電池コージェネレーションシステム用 MEA & スタックの研究開発と実用化

内田 誠, 菅原 靖, 小原 英夫, 浦田 隆行, 羽藤 一仁, 行天 久朗
(技術賞・棚橋賞)

1 はじめに

当社では、1980年代後半より、燃料電池用電極触媒および炭素材料等の基礎研究を開始し、90年代当初より膜・電極接合体 (MEA) 及びスタックの研究開発を進めてきた。さらに、2000年1月に家庭用燃料電池コージェネシステムの1号機を開発して以来改良を進め、2002年からは、新エネルギー財団 (NEF) による家庭用燃料電池コージェネシステムの実証研究等、社内外の実証運転を行ってきた。これらの結果をもとに、発電効率35%を達成すると同時に、耐久性などの基本性能を飛躍的に向上させ、2004年度実証研究では、20%以上の一次エネルギー削減率を示した。2005年3月に市場導入を実現し、首相公邸を皮切りとして燃料電池付き分譲戸建て住宅等に随時、納入されている^{1, 2)}。

Fig. 1 Home-use Fuel Cell Cogeneration System.

2 膜・電極接合体 (MEA) の研究開発

PEFCの性能に対する触媒層中のカーボン担体の細孔構造と固体高分子電解質アイオノマー (PFSI) の分布の影響を研究した。PFSIと溶媒の関係を詳細に調査し、誘電率が3~10の溶媒とPFSIのアルコール溶液を混合することによりコロイドが形成されることを見出した。このコロイドを吸着させた触媒ペーストを用いたMEA製法を開発した³⁾。この独自手法により、Pt利用率を高めて単電池の分極特性を向上させた。現在この方法は国内外の多くの研究者により実施されている。

また、MEAの細孔分布を解析し、PFSIがガスチャネルとして機能する直径0.04~1.0 μm の細孔に分布していることを明らかにした⁴⁾。さらに、触媒担体カーボンの最適化と電極製法の改善によるPFSIの高分散化を検討し、Pt利用率を向上させた^{5, 6)}。その結果、アルカリ形やりん酸形燃料電池の液体電解質系の電極モデルとは異なるPEFC独自の電極モデルが必要であることを提唱し、その高性能化のための設計指針を構築した⁷⁾。関連の研究論文は、国際的に多く引用され、技術進歩に大きく貢献している。

3 家庭用燃料電池コージェネシステム用スタック & MEAの開発と実用化

PEFCの高分子電解質は、十分な含水状態においてはじめてイオン導電性を発揮する。そこで一般的には、供給する反応ガスを加湿させる。しかし、高露点のガスではシステムの安定制御が困難であるため、低露点で運転させることが望まれていた。また、開発当初では、パーフルオロスルホン膜は化学的安定性が高いことが電解工業などで実証されているた

め、燃料電池の作動条件における劣化は想定されていなかった。

筆者等は、低露点の反応ガスを用いた場合や、鉄や特定の有機物などの不純物が混入した場合には、電解質膜の著しい分解が生じることを見出し、高露点かつ十分に不純物管理された状態で作動させることが高耐久化に不可欠であることを明確化した⁸⁾。そこで、高露点作動に耐えうる触媒層やガス拡散層を開発し⁸⁾、かつ過加湿の条件でもフラディングを生じさせないセル・セパレーターの構造、材料、ならびに運転方法を開発した⁹⁾。また、電極触媒の電圧リカバリー現象を解明し^{2, 8)}、触媒の酸化・還元によるリカバリー現象を積極的にシステムの起動・停止シーケンスに適用することによって電力需要の負荷変動や起動停止においても、劣化を抑制しつつ高効率化を図る方法や、触媒を不可逆劣化させないためのバジ方法などを開発した。さらに、システムの実証研究から得られる実用条件を考慮し、その実効性を踏まえて総合的に開発を進めた。

4 まとめ

本研究開発により、高分子電解質系の新しい電極構造モデルおよびその基本設計思想を提案するとともに、実用システム上不可欠な安定性、信頼性および耐久性にかかわるさまざまな課題を解決し、家庭用燃料電池コージェネレーションシステムの世界初の市場導入を実現するに至った。今後、広く一般家庭に普及するためにはシステム全体での低コスト化と更なる高耐久化、高効率化を実現することが不可欠であるが、今後も燃料電池業界の発展に対し、微力ながらもお役に立てたら幸いである。

謝 辞

本研究開発を遂行するに当たり、多くの先生方、諸先輩方のご指導を仰ぎ、同僚、後輩方々の協力を頂いた。厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) M. Uchida, 4th International Fuel Cell Workshop 2005, 329, Sep. 23-24, 2005, Kofu, Japan.
- 2) 内田 誠, 電池技術, **16**, 121 (2003).
- 3) M. Uchida, Y. Aoyama, N. Eda, and A. Ohta, *J. Electrochem. Soc.*, **142**, 463 (1995).
- 4) M. Uchida, Y. Aoyama, N. Eda, and A. Ohta, *J. Electrochem. Soc.*, **142**, 4143 (1995).
- 5) M. Uchida, Y. Fukuoka, Y. Sugawara, N. Eda, and A. Ohta, *J. Electrochem. Soc.*, **143**, 2245 (1996).
- 6) M. Uchida, Y. Fukuoka, Y. Sugawara, H. Ohara, and A. Ohta, *J. Electrochem. Soc.*, **145**, 3708 (1998).
- 7) M. Uchida, *Electrochemistry*, **70**, 639 (2002) [in Japanese].
- 8) NEDO委託研究「家庭用固体高分子形燃料電池の高耐久化研究開発」H13-16成果報告書.
- 9) NEDO委託研究「定置用固体高分子形燃料電池の普及基盤整備 外部加湿・燃料極空気導入形固体高分子形燃料電池本体の基本性能に係わるデータ収集」H13-15成果報告書.