「固体高分子形燃料電池の可視化」特集にあたって*

山内 慎**, 船谷 俊平***

Visualization Techniques in Polymer Electrolyte Fuel Cell

Makoto YAMAUCHI and Shumpei FUNATANI

燃料電池は、燃料極（アノード）に水素、空気極（カソード）に酸素（実際には空気）を供給することで、電気化学反応によって直接電気エネルギーを取り出すことができ、全体の反応による生成物は水だけであることから、高効率で環境負荷が低い発電システムとして注目されている。燃料電池は用いる電解質材料によって分類されており、現在実用化されている、あるいは、研究開発されているのは次の 4 種類が代表的である。燃料電池の作動温度の高い順から、固体酸化物形燃料電池 (SOFC)、熔融炭酸塩形燃料電池 (MCFC)、リン酸形燃料電池 (PAFC)、固体高分子形燃料電池 (PEFC) である。現在、家庭用分散型電源として売り出されているエネファーム (ENE・FARM: 家庭用燃料電池コージェネレーションシステム) は、動作温度がこの中では最も低い PEFC が搭載されている。燃料である水素は、LPG、都市ガス、灯油から改質し、酸素はその場の空気を加湿器・フィルタを介して供給されている。高温型の SOFC に関しても、実証試験が 2010 年度までの 4 年間で実施され (現時点でも百数十台が稼働中)、高温型の特長を活かした性能が得られる可能性が示唆され、システム要素技術開発の段階となっている。PEFC は 2015 年度以降の本格普及機への適用に向けて、システムの大規模なコストダウン (定置用 1 kW 級でメーカー出荷額 50~70 万円) と耐久性 (6 万時間) が求められており、システム全体の研究開発が行われている。その実現のための計測・解析技術が求められており、本特集では、PEFC における水の「可視化」に着目した。PEFC は動作温度が低いため、システムの起動・停止性は優れているが、発電反応により生成する水は液体の水として存在でき、その液水が PEFC の性能劣化要因の 1 つとなっている。そのため、PEFC の水管理は重要な課題であり、本特集では、PEFC の液水挙動を把握するための可視化

技術とその計測事例を紹介する。

ENEOS セルテックの福永氏、鈴木氏には、エネファームのメーカーとして、PEFC の水をキーワードとした MEA (Membrane electrode assembly) 開発に関する解説と、メーカーの視点から可視化技術に期待することを紹介いただいた。本格普及機用の電池スタック運転温度は 80~90℃、アノード低加湿、カソード無加湿化を目指しており、MEA の高温、低・無加湿化に向けた実験結果を示していただいた。PEFC はアノードとカソードのガス流路をもつカーボンまたは金属セパレータの間に MEA を挟み込む構造であるため、発電中の PEFC 内部を可視化するには工夫が必要である。神戸大の竹中先生には、中性子ラジオグラフィによる金属製セパレータ内部の液水分布の計測事例を紹介いただいた。通常、PEFC は要求される出力に応じてシングルセルを直列に接続して積層する「スタック」として使用する。発電反応は発熱反応であることから、スタック内部では温度分布が生じる。スタック内部の水分布把握のためのダイナミック CT 計測法を開発し、3 セルスタック内部の流路内水の 3 次元分布の結果を示していただいた。東工大の津島先生、平井先生には、磁気共鳴イメージング (MRI) による電解質膜内の水分布の計測事例と、MRI 計測では把握できなかった電解質膜の両面にある触媒層やガス拡散層 (GDL) 内の水分布計測のために開発した軟 X 線による電極内水分布の計測事例を紹介いただいた。本結果は、PEFC の水移送特性把握の上で非常に有用な技術であり、MEA 設計用に期待されている。山梨大の犬飼先生、渡辺先生には、PEFC 内部の液水分布だけでなく酸素分圧を同時に把握する可視化技術について紹介いただいた。過剰水が GDL から排水され、ガス流路中で閉塞するブラッキング発生前後の酸素分圧結果から、流路閉塞箇所を避けて GDL 内をガスが通過するという従前の説明を裏付ける結果が示されている。千葉工大の江尻先生には、燃料電池システムに期待されている自立型電源 (災害時) 用や可搬用のパッシブ型 PEFC (常温、無加湿、カソード大気開放) に関するカソードの生成水や温度分布、空気流の PIV 計測事例を紹介いただいた。パッシブ型の電池性能は、カソードの酸素供給量がポイントであり、自然対流により酸素が供給されている結果が示されている。

* 原稿受付 2011 年 8 月 31 日

** 正会員 大阪府立大学工業高等専門学校 総合工学システム学科 機械システムコース (〒572-8572 大阪府寝屋川市幸町 26-12, E-mail: yamauchi@osaka-pct.ac.jp)

*** 正会員 山梨大学大学院 医学工学総合研究部 工学領域 機械システム工学専攻 (〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11, E-mail: sfunatani@yamanashi.ac.jp)