

高機能燃料電池触媒層内の水分分布の定量

Analysis of water distribution in the catalyst layer of a high-performance fuel cell

岩瀬 裕希¹⁾ 有馬 寛²⁾

Hiroki IWASE

Hiroshi ARIMA-OSONOI

Masashi HARADA

¹⁾CROSS²⁾京都大学

(概要)

固体高分子形燃料電池 (PEFC) の膜電極接合体 (MEA) の触媒層において、メソ細孔カーボンブラックを使用すると、従来型の半分の量で同等以上の性能を発揮できることが知られている。しかし、このメカニズムは未解明のままである。本研究では、中性子小角散乱 (SANS) 法を用いて湿度制御下での構造解析を行い、触媒層内のアイオノマーと水の分布を調べることで、この高性能化メカニズムの解明を試みた。

キーワード： 固体高分子形燃料電池、中性子小角散乱、触媒、メソ細孔カーボンブラック

1. 目的

固体高分子形燃料電池 (PEFC) の主要構成要素である膜・電極接合体 (MEA) は、高分子電解質膜の両面に触媒層をプレスして作製する。MEA の構造は PEFC の性能を直接的に左右する。また、PEFC の性能は発電時に生成され MEA に滞留する水の量と分布にも強く依存する。そこで本研究では、試料雰囲気湿度を系統的に変化させ、中性子小角散乱 (SANS) 法により MEA 内の水分分布、特に触媒層内のアイオノマー中の水量変化を追跡した。

2. 方法

MEA は、電解質膜として Nafion 212 を、触媒として細孔を有するカーボンブラック (TOYO TANSO 製) を使用して調製した。湿度制御装置 (Micro equipment 製) と調湿セルを用いて測定を実施した。試料は、まず乾燥ガスを吹きかけて乾燥状態とし、その後 D₂O で加湿して 80%RH まで段階的に変化させながら測定を行った。試料温度は 80°C に固定した。測定には SANS-J を使用し、試料-検出期間距離を 10 と 2m にセットして測定を行った。また、10⁻⁴ Å⁻¹ オーダーの Q 領域を測定するために、集光型 SANS 測定を実施した。

3. 結果及び考察

図 1 に MEA の SANS プロファイルの湿度依存性を示す。以前の測定 (2021A-A21) では H₂O で加湿したが、今回は D₂O で加湿した結果である。MEA の SANS プロファイルにおいて、low- Q 領域 ($Q < 0.02$ Å⁻¹) は触媒を構成するカーボン担体とその周囲のアイオノマーの構造を反映する。middle- Q 領域 ($Q > 0.01$ Å⁻¹) は、アイオノマーの微細構造 (共連続構造) またはカーボンブラックの細孔構造を反映する。相対湿度の増加に伴い、 $Q < 0.001$ Å⁻¹ の範囲で SANS 強度は増加した。これは触媒層のアイオノマーの水和により、空気とアイオノマー・担持炭素の間の散乱コントラストが増大したことに起因する。一方、 0.01 Å⁻¹ $< Q < 0.1$ Å⁻¹ の Q 範囲では、ショルダーピークが変化することがわかった。この変化は、アイオノマー内の微細構造のサイズと関係している量が大きくなったと推測された。現在、そのパラータの定量化およびカーボンブラックの細孔構造変化の影響も含めた詳細な解析を進めている。

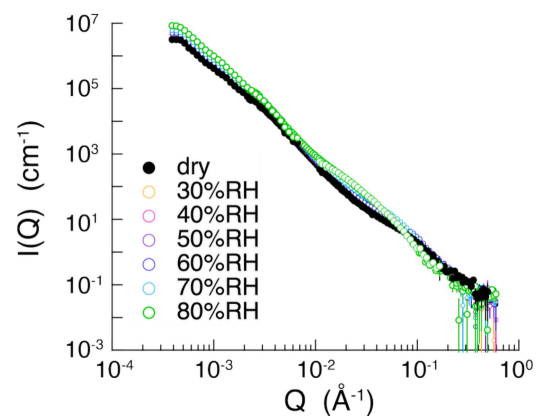


Fig. 1. 80°Cにおける膜電極接合体 (MEA) の散乱プロファイルの湿度依存性 (D₂O 加湿) .