



# ナノコンポジット電解質膜の高次構造解析

Ratna Balgis<sup>1,2</sup>、井戸一輝<sup>1</sup>、川角昌弥<sup>1,2</sup>

1 名古屋大学大学院工学研究科、2 未来社会創造機構マテリアルイノベーション研究所

キーワード：燃料電池、電解質膜、酸化グラフェン、小角 X 線散乱

## 1. 背景と研究目的

固体高分子形燃料電池 (PEFC) の用途拡大・普及に向けて、一層の出力密度・効率・耐久性の向上が必要である。特に出力密度向上には、高分子電解質膜 (Nafion, 等) の薄膜化が有効である。しかし単純な薄膜化は、両極への水素/酸素のガス透過増大により耐久性の低下を引き起こす。近年、グラフェン等の二次元物質がその厚み方向にプロトン透過し、かつガス不透過性を有することが報告されている[1]。我々は低プロトン伝導抵抗とガスバリア性とを両立する高分子電解質薄膜の実現を目的に、Nafion 中に酸化グラフェン (GO、サイズ：数  $\mu\text{m}$ ) ナノシートを分散させたナノコンポジット電解質膜の研究・開発を進めている。ガスバリア性を最大化するためには、GO ナノシートをほぼ完全に剥離し電解質マトリックス中に分散させることが重要となる。放射光を利用した小角 X 線散乱 (SAXS) 測定では、二次元物質の層間隔や集合状態、Nafion の結晶組織やイオンクラスター構造やそのネットワークに相当する構造など多くの情報を得ることができる[2]。本研究では、GO/Nafion ナノコンポジット電解質膜中の GO の剥離状態およびイオンチャンネル構造変化を評価する目的で、SAXS を用いた高次構造解析を実施した。

## 2. 実験内容

GO フィルム、GO なしの Nafion 膜および GO/Nafion ナノコンポジット電解質膜 (いずれも厚み：約  $50\mu\text{m}$ 、GO 添加量：0.1, 0.5, 1.0, 2.0 wt%) を用いた。同一湿度 (室) 雰囲気で行った。

## 3. 結果および考察

Fig.1 に各サンプルの SAXS プロファイルを示す。GO 単独フィルムの SAXS プロファイルから、GO の積層周期が  $0.81\text{nm}$  であることが分かった。他方、各ナノコンポジット膜では、GO の積層周期に由来する散乱ピークはほぼ消失しており、積層構造が剥離した状態で GO シートが分散していると推定される。他方、GO なしの Nafion 膜では、 $d=0.5\sim 0.6\text{nm}$  のピークに加え、 $d=3.1\text{nm}$  に対応する散乱ピークが認められた。後者のピークは Nafion のスルホン酸基側鎖と水からなるイオンクラスターに相当するサイズとほぼ一致する[2]。ナノコンポジット電解質膜は GO 添加量にかかわらず、同様の  $d$  値を有する散乱ピークが認められた。以上の結果から、いずれのナノコンポジット電解質膜も、GO ナノシートがほぼ剥離したナノコンポジット構造を有すること、Nafion のイオンクラスター構造にも大きな影響を与えていないことがわかった。

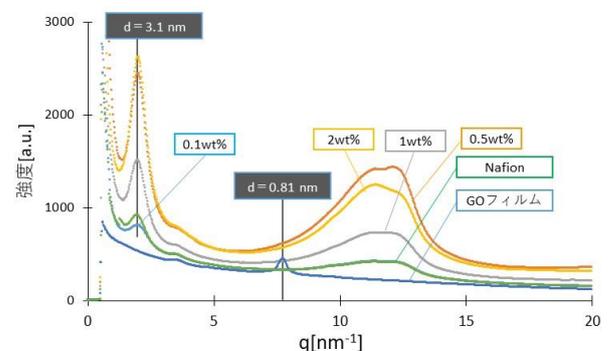


Fig.1 GO/Nafion ナノコンポジット電解質膜、Nafion 膜、GO フィルムの SAXS プロファイル

## 4. 参考文献

- [1] S. Hu, et al. *Nature*, **516**, 227 (2014).  
 [2] 橋本ら、*高分子論文集*, **63**(3), 166 (2006)