

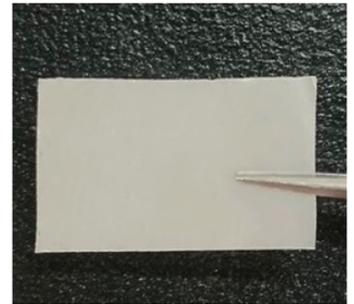
令和6年（2024年）3月7日

## セルロースナノファイバーを用いた 燃料電池用「高分子電解質膜」開発

### 【本件のポイント】

- セルロースナノファイバー（以下、CNF）を主成分とする、燃料電池用「高分子電解質膜（以下、PEM）」の開発に成功。
- 王子HD独自のCNFとプロトン伝導性<sup>(※1)</sup>を有する微粒子<sup>(※2)</sup>を複合化したPEMを製作し、高いプロトン伝導性と膜強度を併せ持つ特異な性能を確認。
- 開発に成功したPEMは、燃料電池に求められる高いプロトン伝導性を有しながら、木質由来のCNFを主成分とし、PFAS<sup>(※3)</sup>フリーも実現。

木質由来のCNFを主成分とした  
高分子電解質膜



### 【概要】

国立大学法人山形大学の増原陽人教授と王子ホールディングス株式会社は、CNFを主成分とする、燃料電池用PEMの開発に成功いたしました。王子HD独自のCNFとプロトン伝導性<sup>(※1)</sup>を有する微粒子<sup>(※2)</sup>を複合化したPEMを製作し、高いプロトン伝導性と膜強度を併せ持つ特異な性能を確認しました（共同で関連特許出願済み）。開発に成功したPEMは、燃料電池に求められる高いプロトン伝導性を有しながら、木質由来のCNFを主成分とし、PFAS<sup>(※3)</sup>フリーも実現しました(図1)。今回の取り組みの成果は、ACS Energy & Fuels (DOI:10.1021/acs.energyfuels.3c04336) に掲載されております。

### 【背景】

脱炭素社会への転換がグローバルに進行し、世界各国の自動車に対する環境規制が強化され、電動車<sup>(※4)</sup>が急速に普及しつつある中、水素を燃料とし、走行時には水蒸気しか発生させない燃料電池自動車への期待は高く、今後、燃料電池に対する需要は高まることが予想されております<sup>(※5)</sup>。既存の燃料電池等に用いられるPEMは、フッ素を含む材料で、また石油由来の樹脂製であることから、安全面や環境面の課題が指摘されています。さらに、高プロトン伝導度を示す超強酸性材料により、電極触媒が高価かつ希少な白金に制限され、耐酸性を有する周辺材料が必須となっています。そのため、低環境負荷な材料やプロセスの適用と超強酸性に依存しないPEM材料の開発が求められております。このような背景の下、我々は従来のPEMより低酸性材料とバイオマス素材<sup>(※6)</sup>であるセルロース材料を基盤とした新規PEM材料の開発に取り組みました。従来のPEMの課題を解決する代替材料の開発は、燃料電池の普及拡大を加速させる技術となり、脱炭素社会の実現に大きく貢献できます。



図 1. プロトン伝導性微粒子と王子HD独自のCNFを複合化した高分子電解質膜とその応用

## 【研究手法・研究成果】

本研究では、本学の増原陽人教授の研究室で作製したプロトン伝導性微粒子と王子ホールディングス株式会社のCNFの複合膜により、パーフルオロスルホン酸ポリマー<sup>(※7)</sup>の現行膜(Nafion<sup>®</sup>等)と比較し、低環境負荷でありながら同等なプロトン伝導度を示すPEMの作製に成功しました。プロトン伝導性微粒子は、粒子表面にプロトン伝導性高分子であるポリビニルホスホン酸(PVPA)を被覆したコア-シェル構造を有しております。このプロトン伝導性微粒子をCNF懸濁液中で複合化することにより、簡便に自立膜の作製が可能となりました。本PEMは、プロトン伝導性微粒子のコアとPVPA(シェル)界面での移動障壁を抑制したプロトン伝導経路の形成とバインダー材料<sup>(※8)</sup>であるCNF表面に存在するプロトン伝導機能により、膜内部で高速なプロトン伝導を実現しました。そのプロトン伝導度は、最大で $9.2 \times 10^{-2} \text{ S cm}^{-1}$ を示し、実用化条件( $1 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-1} \text{ S cm}^{-1}$ )を満たす高いプロトン伝導性を発現しました(図2a)。一方で、現行のNafion<sup>®</sup>NRE212のプロトン伝導度(最大 $2.1 \times 10^{-1} \text{ S cm}^{-1}$ )に僅かに劣りますが、酸性官能基がスルホン酸基より低酸性かつ低環境負荷材料(木質由来、PFASフリー)で構成されることを考慮すれば、上記の課題を解決する非常に有望な電解質膜材料であると言えます。また、これまで報告されてきたセルロースを用いたプロトン伝導性電解質膜の中でも、セルロース含有率に対するプロトン伝導度は最も優れております(図2b)。本研究によって、低環境負荷材料であるナノセルロースを基盤とするPEMの開発への可能性を示しました。

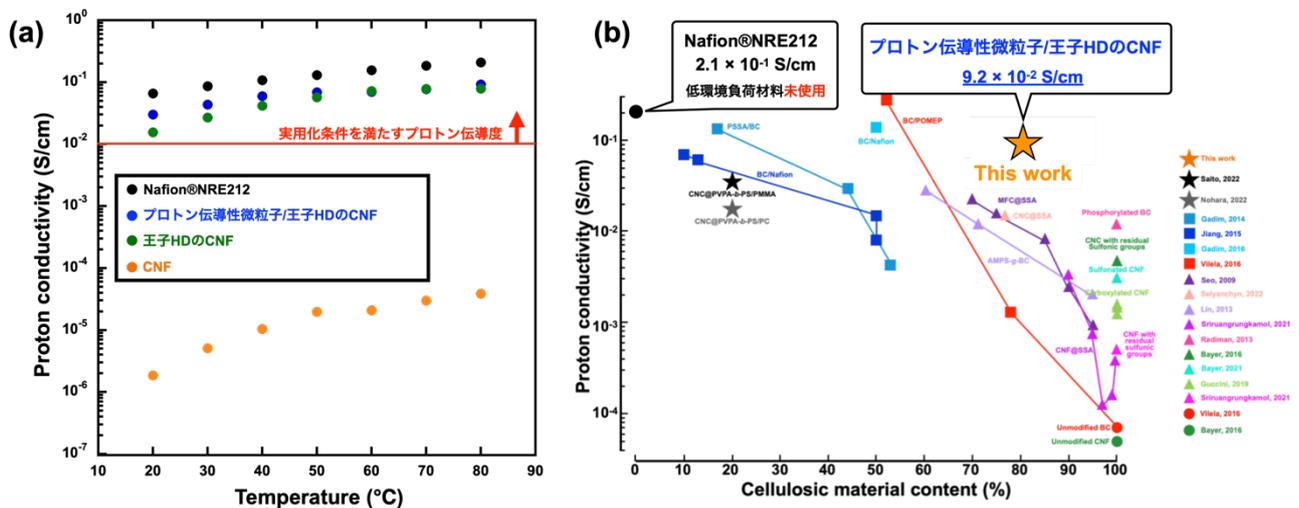


図2. (a)相対湿度95%環境下におけるプロトン伝導度(温度20~80°C) (b)過去の文献で報告されたセルロース複合PEMのプロトン伝導度

## 【今後の展望】

再生可能な木質由来の素材を活用し、今回開発したPEMの実用化に向けた研究開発を進め、持続可能な社会へ貢献してまいります。

### ※用語解説

1. プロトン(水素イオン)が通る性質。高いほど電池性能が向上する。
2. 山形大学にて開発中のプロトン伝導性材料。
3. 有機フッ素化合物。一部のPFASの安全性に懸念があることが発端となり、欧米を中心に規制が進行中。
4. 電気自動車、ハイブリッド自動車、プラグインハイブリッド自動車および燃料電池自動車。
5. 2032年燃料電池市場は313億米ドルとの予測(出典: Proton Exchange Membrane Fuel Cells Market Report 2023-2032)
6. 植物などの再生可能な資源を原料とした素材。
7. ポリマー鎖上の水素が全てフッ素化されたポリマーかつスルホン酸基を有している高分子。
8. 固体の膜の形成を担う材料。

お問い合わせ

学術研究院教授 教授 増原 陽人/工学部 化学・バイオ工学担当

TEL 0238-26-3891 メール [masuhara@yz.yamagata-u.ac.jp](mailto:masuhara@yz.yamagata-u.ac.jp)