

(4) 研究の波及効果や社会的影響

市販されている Gore Select や Nafion などのフッ素系高分子電解質は優れた耐久性を持ちますが、その優れた物性はフッ素原子が共有結合で炭素原子に結合した高分子構造に由来します。フッ素原子を含まない高分子電解質は構造の自由度が高く合成方法も多様であるため、非常に多くの材料が提案されていますが、フッ素系高分子電解質にはかなわないと考えられてきました。

本研究で開発したプロトン導電性高分子電解質である構造と組成を最適化した SP-PAC12-QP-4.5 に、PE 多孔基材を複合させた電解質膜は、従来の非フッ素系高分子電解質膜が抱えていた欠点を克服し、しかもガスバリア性などの利点も併せ持っています。実用的な運転条件や、今後、商用自動車などのヘビーデューティービークル（タクシー、トラック、バスなど）への応用を想定した高温運転や過酷な劣化試験条件での運転でも優れた発電特性と耐久性を示し、新材料の可能性を実証することができました。

今回の成果は基礎研究であるため小さなセル（電極面積が 4.41cm^2 ）ではありますが、今後、より大きなセルでの性能確認に加えて、複数のセルを積層したスタックでの検証を関連企業との共同研究で実施する予定であり、実用化に向けた検討を加速して進めます。

(5) 今後の課題

本研究で開発した SP-PAC12-QP-4.5 の合成には、重合促進剤として 0 価のニッケル錯体（ビスシクロオクタジエニルニッケル）を用いています。この錯体は重合反応に対する活性が高く、高分子量体の高分子電解質を合成するのに適しているのですが、量産化されておらず試薬ベースでも高価です（1g あたり数千円程度）。この錯体を用いずに重合を促進することによって、低コスト化を進める検討を行っています。これら課題に加えて、量合成や連続製膜などへもチャレンジしていきます。

(6) 研究者のコメント

フッ素を含まないプロトン導電性高分子電解質膜のブレークスルー技術として、学術的な意義はもちろん、実用的な観点からも大きな成果であると考えております。3 種類の構造を含む三元共重合体は様々な組み合わせが可能であるため、今回とは異なる成分を用いることにより、より多機能な高分子電解質が創出できる可能性があります。PEFC に限らず水素製造のための水電解セルや二次電池、センサーなど、様々な固体電気化学デバイスへの展開に繋げていきたいと思えます。

(7) 用語解説

※ 1 固体高分子形燃料電池（PEFC）

PEFC は Polymer Electrolyte Fuel Cell の略称であり、負極と正極で高分子電解質膜を挟み、負極に水素、正極に酸素を供給して電気を発生させる電池。1 つのセルでセル電圧（開回路電圧）は 1.0V 程度であり、実用的には積層（スタック）させて高電圧を得る。

※ 2 プロトン導電性高分子電解質膜

酸性基を含む高分子から構成され、水素イオン（プロトン）が選択的に透過する薄膜。燃料電池や電解セル、センサーなどの電気化学デバイス用の固体電解質として用いられている。PEFC 用の電解質膜は、負極で発生したプロトンを正極に運ぶ役割を担っており、プロトン導電率、ガスバリア性、機械強度、耐久性などの物性が必要とされる。

※ 3 PFAS

Per- and polyfluoroalkyl substances の略称であり、アルキル基に複数のフッ素原子が結合した有機フッ素化合物の総称である。人体や環境への長期的な影響が懸念されるため、製造、使用、販売への規制が世界中で検討されている。