

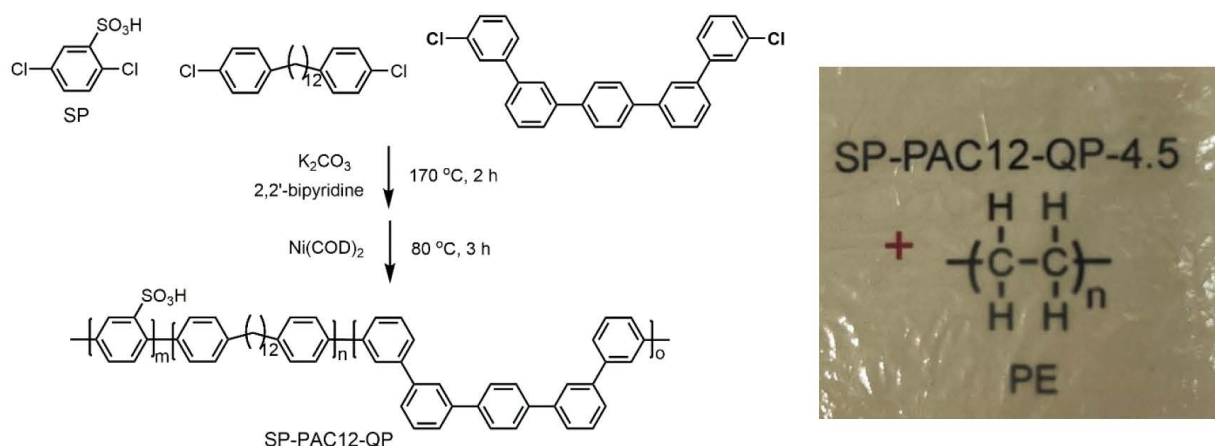


図1：本研究で開発したプロトン導電性高分子電解質（SP-PAC12-QP）の合成方法、およびそれと多孔性ポリエチレンを組み合わせた複合膜の写真。茶色透明で均一な薄膜構造が、高プロトン導電率と化学的・機械的安定性の両立を可能にする。

本研究成果は、2026年2月3日にドイツ化学会が発行する学術雑誌『Advanced Materials』のオンライン版で公開されました。

【論文情報】

雑誌名：Advanced Materials

論文名：Universal Fluorine-free Proton Exchange Polymers for High-performance and Durable Fuel Cells Operable under Severe Conditions

DOI：10.1002/adma.202520137

(1) これまでの研究で分かっていたこと

プロトン導電性高分子を電解質膜として用いるPEFCは、常温から80℃程度の温度で発電することができるので使いやすく、電気自動車や家庭用の電源として商品化されています。これまでのPEFCはフッ素原子と炭素原子を主成分とするフッ素系高分子電解質と、延伸したポリテトラフルオロエチレン（ePTFE）からなる多孔材基材を組み合わせた複合膜が用いられていますが、合成方法が限られており高価であること、ガスバリア性（気体の通しにくさ）が不十分であること、フッ素原子を多く含むことからPFASの一種として人体や環境への長期的な影響が懸念されること、が課題とされています。

これまでにフッ素原子を含まない高分子電解質膜が数多く開発されてきましたが、フッ素系高分子電解質膜に比べてプロトン導電率や化学的安定性が劣っており、PEFC用に適した材料は見つかっていませんでした。

(2) 今回の研究で新たに実現しようとしたこと、明らかになったこと

プロトン導電性を発現するための構造（スルホン酸基を持つフェニレン基）、化学的安定性を発現するための構造（5つのベンゼン環が連結したキンケフェニレン基）、機械的安定性を発現するための脂肪族基に着目し、これら3つの成分を組み合わせた高分子電解質を設計しました。各成分の組成比と脂肪族基の長さを変えた一連の高分子電解質を合成し、それらが電解質物性に及ぼす効果を明らかにしました。これにより得られた最適構造をもつ高分子電解質を多孔性のポリエチレン基材と複合させることにより、従来までの非フッ素系高分子電解質膜や市販のフッ素系高分子電解質膜と比べても優れた性能を達成することができました。