

## 早稲田大学など、世界初 繰り返し充放電可能な全高分子形燃料電池開発、水素を可逆的に吸脱着可能なプラスチックシート使用

山梨大学クリーンエネルギー研究センター・早稲田大学理工学術院の宮武 健治(みやたけ けんじ)教授、山梨大学クリーンエネルギー研究センターの三宅 純平(みやけ じゅんぺい)准教授、早稲田大学理工学術院の小柳津 研一(おやいづ けんいち)教授および岡 弘樹(おか こうき)学振特別研究員(早稲田大学先進理工学研究科一貫制博士課程4年)らの研究グループは、水素を可逆的に吸脱着可能なプラスチックシートを用いた充電式の燃料電池「全高分子形リチャージャブル燃料電池」を世界で初めて開発しました。

固体高分子形燃料電池(以下、PEFC)には、自動車用途では高圧水素タンクから、家庭用ではその場で都市ガス(メタン)を水蒸気改質して水素を供給していますが、携帯性、安全性、エネルギーコストに課題があります。本研究により、水素タンクや改質反応装置が不要で、安全であり、何度でも充放電して持ち運び可能なPEFCの開発に成功しました。一定電流密度(1mA/cm<sup>2</sup>)において最長で8分程度の発電が可能で、50サイクル繰り返して充放電が可能です。今後、構成材料の高性能化・最適化や耐久性などを改善することで、携帯電話や小型電子デバイスなどモバイル機器用の電源として応用できる可能性があります。

### 研究の背景

現在のPEFCで使われる水素貯蔵供給システムとして、自動車用途には高圧水素タンク、家庭用には都市ガスを水蒸気改質反応させて水素を製造する装置が用いられていますが、携帯性、安全性、エネルギーコストに課題がありました。そのため、PEFCの応用分野を広げる目的で様々な水素貯蔵材料が検討されてきました。

よく知られる水素貯蔵材料として水素吸蔵合金(LaNi<sub>5</sub>、Mg<sub>2</sub>Niなど)がありますが、体積あたりの水素貯蔵量は多い一方で、重量あたりの水素貯蔵量は少ないことが欠点として知られています。有機系材料としては有機ハイドライド(メチルシクロヘキサンなど)があり、体積および重量あたりの水素貯蔵量はいずれも多いですが、揮発性、可燃性、毒性があるために、より安全でしかも貯蔵密度が大きな水素貯蔵材料が必要とされていました。高分子系の水素貯蔵材料として、小柳津教授らは2016年にプラスチックシートとして成型できるケトンポ

リマーの開発に成功し、水素吸脱着性能を実証しました(Nat. Commun. 7, 13032 (2016))。しかし、このプラスチックシートを水素貯蔵供給媒体として用いた燃料電池デバイスの開発は皆無でした。

### 研究の成果

水素貯蔵供給媒体としてプラスチックシートをセルの内側に組み込んだ全高分子形リチャージャブル燃料電池を設計し、その原理の実証に挑戦しました。

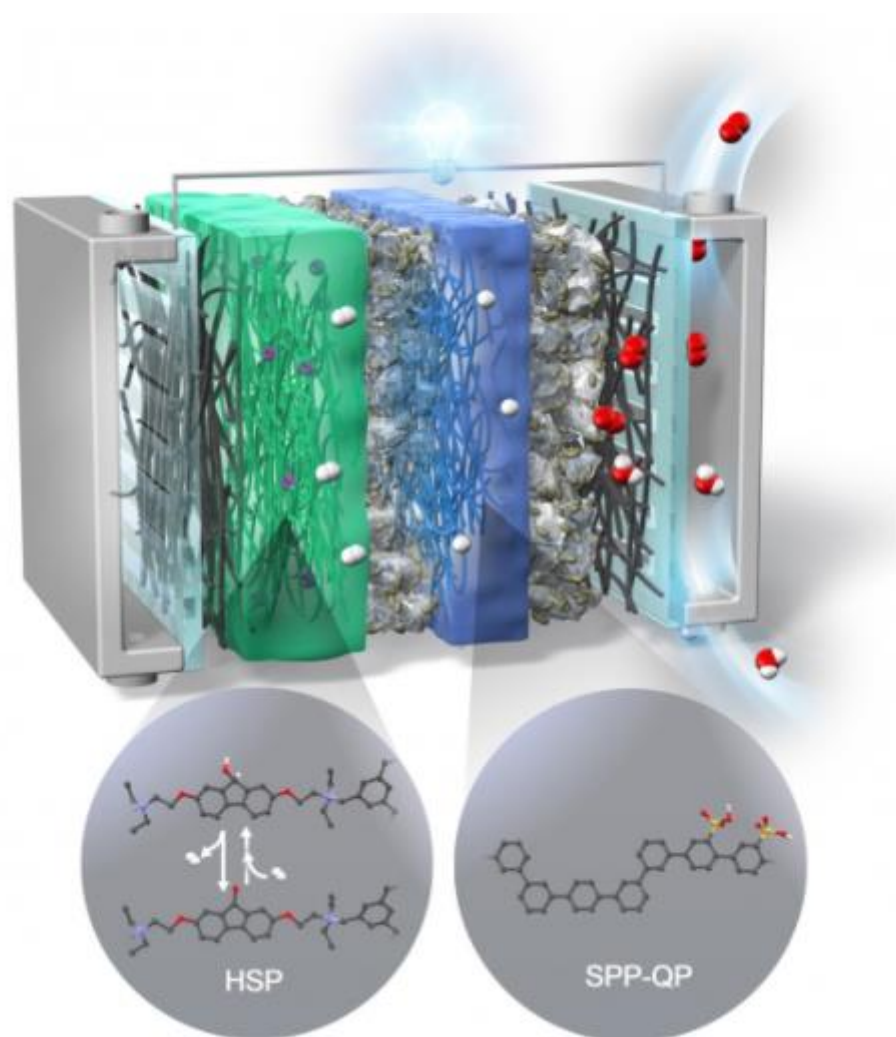


図1:本研究で開発した全高分子形リチャージャブル燃料電池の概念図。ポリケトンから成る水素吸脱着が可能なプラスチックシート(HSP)を内蔵することで、コンパクトかつ安全な充電式燃料電池を構築出来る。

### 新しく開発した手法

水素吸脱着反応を円滑に進めるためにイリジウム(Ir)系錯体を含浸させたケト

ンポリマーシートを燃料電池のアノード側に内蔵した燃料電池を設計、作製しました。水素脱着にともなう燃料電池発電と水素吸着(充電に相当)を繰り返すを行い、リチャージャブル燃料電池の性能とサイクル特性を評価しました。

プロトン導電性高分子膜(以下、PEM)として、ガス透過係数が大きく異なる2種類の材料を用いたリチャージャブル燃料電池を評価・比較することで、PEMのガスバリア性がリチャージャブル燃料電池の性能向上に有効な因子の一つであることを突き止めました。

本研究により、世界で初めて繰り返して充放電が可能な「全高分子形リチャージャブル燃料電池」を開発しました。一定電流密度(1mA/cm<sup>2</sup>)において最長で8分程度の発電が可能で、50サイクル繰り返して充放電が可能です。

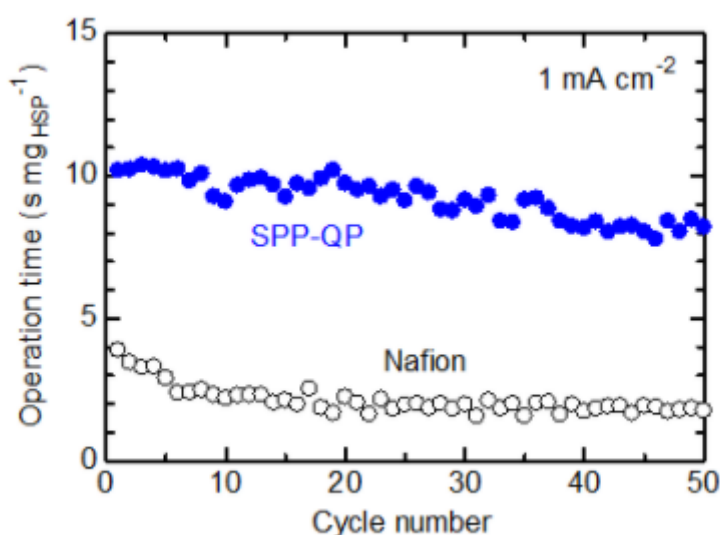


図2:一定電流密度において、50回繰り返して安定に充放電出来る。PEMとして気体透過係数が小さいSPP-QP膜を用いると、係数が大きいNafion膜を用いた場合よりも高い性能(発電可能時間が長い)が得られる。

### 研究の波及効果

現行のリチウムイオン二次電池の性能・耐久性は日々向上していますが、リチウム資源は限られており、潜在的には発火の危険性はぬぐいきれません。本研究で開発したリチャージャブル燃料電池は多様な水素源からの水素を用いることができ、安全性のリスクも無いことから、構成材料の高性能化・最適化や耐久性などを改善することで、携帯電話や小型電子デバイスなどモバイル機器用

の電源として応用できる可能性があります。

### 今後の課題

プラスチックシートの水素貯蔵量や水素放出反応速度、PEMのプロトン導電率や安定性を向上させ、高い電流密度でも長時間発電可能な創蓄電デバイスにするための方法を今後明らかにしていきます。

### 論文情報

タイトル: [Rechargeable proton exchange membrane fuel cell containing an intrinsic hydrogen storage polymer](#)

雑誌: [Communications Chemistry](#)

URL : <https://www.nature.com/articles/s42004-020-00384-z>

研究成果発表資料

<https://www.waseda.jp/top/news/70485>

編訳 JST 客観日本編集部