

## 水電解による水素製造の高効率化が進む

### ◆理研などの研究グループが水電解における水素発生の高効率化を実現

2023年8月、理化学研究所とオサマ・メタワ国際プログラムアソシエイトの共同研究グループは、水の電気分解 ( $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ ) による水素発生を促進するために、水中でPtNP（白金ナノ粒子）とCNM（単層カーボンナノチューブ、グラフェン、アセチレンブラック）を直接複合化した3種類の水素発生触媒を開発し、それぞれをプロトン交換膜（PEM）<sup>〔注1〕</sup>水電解の陰極に用いた。その結果、各陰極で、既存の白金系水素発生触媒と比べておよそ100分の1の白金量で水素が発生すること、および電流密度 $100\text{mA}/\text{cm}^2$  ( $0.1\text{A}/\text{cm}^2$ ) で150時間連続して水素が発生することが分かった。特に、開発した触媒の一つであるPtNP/単層カーボンナノチューブ触媒は、白金量が市販の白金/炭素触媒の470分の1であるにもかかわらず、270倍も高い質量活性（白金の単位質量当たりの電流値）を示したことから、高価な貴金属の使用量を減らすコスト効率の高いアプローチであるといえる。本研究は、科学雑誌『ACS Applied Nano Materials』オンライン版（23年8月21日付）に掲載されている。

〔注1〕プロトン交換膜（PEM）

プロトン（ $\text{H}^+$ ）のみが透過する膜のこと。通常、フッ素を含む特殊な高分子から作られている。PEMはproton exchange membraneの略。

### ◆中国から高効率な新電極材料が発表される

23年9月、中国の紫金鋳業新エネルギー新材料科学技術（長沙）の劉瑛博士の研究チームは、華南理工大学の陳宇教授のチームと連携して、セシウムをドーピングした新しい電極材料（陰極）を開発した。この材料は固体酸化物による水の電気分解による水素の生成速度を、従来技術の水素生成速度より大幅に向上させることができる。既存の水電解水素製造技術が採用しているアルカリ水電解装置とプロトン膜水電解装置は、一般的な電流密度が $0.5\text{--}1.5\text{A}/\text{cm}^2$ であるが、今回の実験の結果では電流密度を $2.85\text{A}/\text{cm}^2$ に高めた。この成果は「American Chemical Society Energy Letters」（23年9月13日付）に発表されている。

◆高効率な水電解技術「SOEC」が普及に向けて開発中

SOEC（固体酸化物形電解セル、Solid Oxide Electrolysis Cell）は、水を電気分解（水電解）して水素を得る技術の1つである。再生可能エネルギー由来の電力を使えば、二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）フリーの「グリーン水素」が得られる。いくつかある水電解技術の中で、エネルギー効率、すなわち投入した電力量に対して得られる水素のエネルギーの比が最も高い。

SOEC技術の概要は、貴金属触媒を使わない高効率な水電解技術であり、水蒸気を700～800℃に加熱して電気分解するもので、固体酸化物形燃料電池の開発メーカーに強みがある。活用イメージは、鉄鋼精錬の廃熱を利用しながら、再エネ由来の電力と水からグリーン水素を造り、その水素で鉄を還元するものと、生産した水素でメタンを合成し、その廃熱を再利用するものがある。主なプレーヤーは、大阪ガス、東芝エネルギーシステムズ、三菱重工業、デンソー、ドイツ・サンファイア、デンマーク・トプソなどである。

技術方式	ALK(アルカリ形)	PEM(固体高分子形)	SOEC(固体酸化物形)
電解質	水酸化カリウム 水酸化ナトリウム	固体高分子の イオン交換膜	固体酸化物の イオン交換膜
特徴	<b>大規模製造可・低コスト</b> ・装置コストが安価 ・大規模・安定運用可 ・再エネの出力変動が苦手	<b>出力変動対応可</b> ・ALKより高効率 ・再エネの出力変動を吸収 ・製造した水素の純度が高い ・一般的に高コスト	<b>高効率・排熱利用可</b> ・高効率 ・排熱の有効利用が可能で 原子力との親和性が高い ・耐久性に難
成熟度	商業実績有り	商業実績有り	技術開発中

表1. 水電解技術比較  
出所：各種資料よりARC作成

◆大阪ガスのSOECメタネーション技術開発が進行中

大阪ガスが取り組むSOECメタネーション技術は、22年4月の発表ではまず再生可能エネルギーなどにより水やCO<sub>2</sub>をSOEC電解装置によって電気分解し、水素や一酸化炭素を生成する。次にそれらから触媒反応によってメタンを合成する。特徴は、原料として水素を調達する必要がない。また、高温（約700～800℃）で電気分解することにより、必要な再エネ電力等を削減できる。さらにメタン合成時

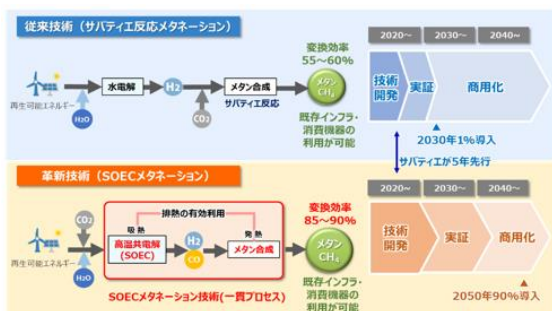


図1. SOECメタネーション技術の概要  
出所：大阪ガスプレスリリース2022年4月19日

の排熱を有効活用できるため、従来のメタネーション（約55～60％）に比べ、約85～90％という世界最高レベルのエネルギー変換効率を実現できる可能性があり、再エネ電力などが大きな割合を占める合成メタン製造コストの大幅な低減が期待できる。  
【野沢将胤】