

CO₂ネットゼロに向けた資源化技術

◆封筒サイズで最大1.0ton-CO₂/年を変換可能なCO₂電解スタックの開発

温室効果ガス低減対策が始まったのは30年以上前の1990年になる。この間、省エネなどCO₂の排出削減が実施されてきた。一方、CO₂の有効利用の技術開発は、多くの企業、大学、公的研究機関などにおいて、さまざまな検討が行われてきたが、人工光合成に代表されるように経済性の課題を解決できていない。

21年3月22日、東芝はCO₂を燃料や化学品の原料となるCOに電気化学変換するCO₂資源化技術「Power to Chemicals(P2C)」の実用化に向けて、電解セルを積層化する技術を開発し、単位面積あたりの処理量を高め、封筒サイズの設置面積で、最大1.0ton-CO₂/年の処理量を達成した。

この処理能力は、常温環境下で稼働するCO₂電解セル積層化において、世界最高¹である。2,000m²（バスケットコート5つ分に相当）程度の設置面積で、一般的な清掃工場1日のCO₂排出量200tonが処理できる。さらに、電解セルを積層することでスケールアップが可能であり、今後CO₂排出量が清掃工場の数十倍になる火力発電所への適用を目指して開発を進める。

これまでの電気化学的手法では、水溶液中に溶解させた微量のCO₂を有機物に変換する方法が採られてきたが、大量のCO₂を処理できないとの課題があった。

これを解決するため、固体（触媒）、気体（CO₂）、液体（水）の三相を同時に反応させる三相界面反応が可能となる触媒電極を開発した（図.1）。さらに触媒層のCO₂ガスを流路を多孔質構造として、より多くのCO₂を触媒に供給できるようにした。これらの結果、常温常圧の環境下で、電流密度700mA/cm²、ファラデー

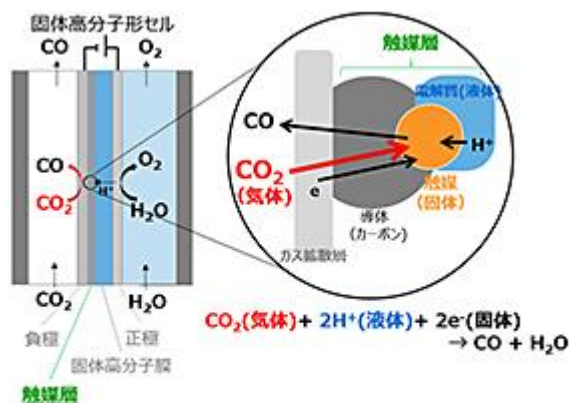


図1. 電解セルの概念図

出典：https://www.toshiba.co.jp/rdc/detail/1903_02.htm

¹ 2021年3月4日現在

効果²92%を達成した。これまでの技術の約450倍にあたる世界最高レベルのCO変換速度である。また、積層化による発熱で処理速度が低下する課題があったが、冷却流路を設けることで解決し、社会実装に向けて大きく前進させた。

◆世界で初めて96%の量子収率で水を分解する光触媒を開発

20年5月、NEDOと人工光合成化学プロセス技術研究組合は、太陽光エネルギー変換効率が低い紫外線領域ながら、世界で初めて96%の量子収率³で水を水素と酸素に分解する半導体光触媒を開発した。これまでに開発された光触媒の水分解反応の量子吸収は10%未満であった。ソーラー水素の実用化には、太陽光エネルギーの変換効率を向上させ、製造コストを下げる必要がある。今回は、変換効率向上に向け、紫外線領域における光触媒の量子収率を高める調製法や助触媒の組み合わせに焦点を絞った。代表的な酸化物光触媒であるSrTiO₃(Alドープ)を用い、粒子の結晶表面に水素生成助触媒を、別の結晶面に酸素生成助触媒を担持させ、

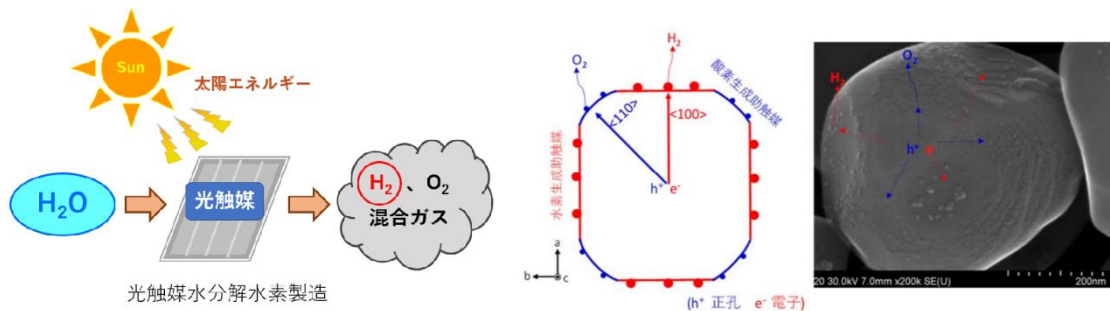


図2. 光触媒水分解水素製造工程の概念図と光触媒の構造

出典：<https://www.shinshu-u.ac.jp/institution/rism/activity/2020/05/nature.html>

機能分離させたところ、半導体微粒子内で電位勾配を発生させることできた。光励起で生じた電子 (e-) と正孔 (h+) が電場によって異なる方向に移動し、助触媒により水素および酸素生成反応で速やかに消費されるので、再結合がほぼ完全に抑えられ、100%に近い量子収率での水分解反応が達成できた (図.2)。今後はバンドギャップが小さく幅の広い可視領域の光を利用できる光触媒で、太陽光エネルギー変換効率約16%を目指す。

循環型社会を支えるCO₂資源化の経済性に解決策が見つかった。【成田誠】

² ファラデー効果：全電流に対して、生成物に寄与した部分電流の割合。

³ 量子収率：光化学反応を起こした原子または分子の個数 m と、吸収された光子の個数 n との比