

太陽光と水で CO₂ を資源に！ 人工光合成セルの高効率・大型化

株式会社豊田中央研究所
竹田康彦, 森川健志, 加藤直彦

1. はじめに

カーボンニュートラルを実現するために太陽光エネルギーの高効率利用が必須であることは論を俟たない。既に広く普及している太陽光発電に加えて¹⁾, 太陽光エネルギーのみを用いて H₂O から H₂ を, CO₂ と H₂O から CO, HCOOH (ギ酸)などを生成する人工光合成の研究が精力的に行われており²⁻⁴⁾, 小型セルを用いた性能向上の研究に加えて, 実用化を目指した大規模実証も行われつつある。人工光合成には, (i) 光触媒, (ii) 光電極, (iii) 太陽電池 (Photovoltaic, PV) と電気化学リアクター (Electrochemical, EC) の組み合わせ, の3つの方式がある。粉末光触媒を用いたセルは, 材料が安価であり, かつ構造が簡素であるため, 大型化, 低コスト化が比較的容易である。そのため, 実用化研究についてはこちらが先行しており, H₂を生成する 100 m²規模の光触媒パネルを設置したパイロットプラントが稼働中である⁵⁾。一方, 太陽光エネルギーから生成物の化学エネルギー (ギブスの自由エネルギー) への変換効率に関しては, 高効率太陽電池を利用した, (ii)あるいは(iii)の方式が有利であり, GaAs 系 III-V 族化合物タンデム太陽電池を用いた H₂生成小型セル (1cm²程度)の変換効率は 30%⁶⁾, CO₂還元については 20%に達した⁷⁾。

我々は, CO₂を還元してギ酸 (HCOOH) を生成する人工光合成セルの高効率化と大型化の両立を目指し, 上記(iii)の PC-EV 方式を用いた技術開発を進めてきた。触媒材料の研究から着手して変換効率 4.3–4.6%の小型セルを実現した後^{8,9)}, 大型化に取り組んだ。先ず, サイズを 1000 cm²にまで拡大しながら変換効率を 7.2%に向上させた(図 1 右)¹⁰⁾。最新のセルはサイズが他に類を見ない 1m²でありながら, このクラスでは世界最高となる 10.5%の高い変換効率を達成した(図 1 左)¹¹⁾。本報では, これまでに開発した高効率化, 大型化技術を紹介し, 次いで, 光技術の観点からの今後の開発課題と展望を述べる。一方, 低コストと広い普及の観点からは(i)の光触媒も捨て難い。そこで, 光触媒の機能向上のために必要な光技術とその現状, 及び展望にも触れたい。

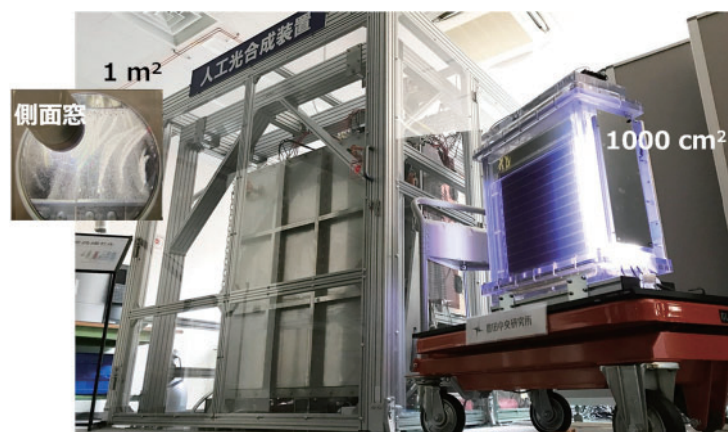


図 1 1000 cm² (右) 及び 1 m² (左) 人工光合成セルの外観, 及び 1 m²セルの動作中に側面窓から観察された O₂ 気泡の発生。