

人工光合成技術による住宅へのエネルギー供給の実現性

(阪市大人工光合成セ) ○天尾 豊

Development of energy supply to houses by artificial photosynthesis technology (*Research Center for Artificial Photosynthesis, Osaka City University*) ○Yutaka Amao

Although artificial photosynthesis has been expected for the long time, it has not been realized yet. Artificial photosynthesis technology requires solar energy and lacks the decisive means of climate change or nighttime energy supply. In addition, although artificial photosynthesis technology is promising in terms of renewable energy utilization, it is still difficult to cover large-scale energy such as the entire city. In this lecture, the demonstration of artificial photosynthesis technology for supplying energy to house is introduced. The energy supply system for houses consists of the reduction of carbon dioxide to formic acid by solar energy (artificial photosynthesis technology) and hydrogen production based on catalytic decomposition of formic acid.

Keywords : Artificial photosynthesis; Carbon dioxide utilization; Hydrogen energy

人工光合成系は、長年にわたって期待されているものの、これまでに実現することはなかった。人工光合成技術には太陽光エネルギーが必要であり、気候変動あるいは夜間のエネルギー供給手段の決め手を欠いていた。また、人工光合成技術は有望であるものの、市街全域などの大規模なエネルギーを賄うことはいまだ困難である。そこで、人工光合成系の実証の場とした住宅一棟の電力を賄うことを目的とした取り組みを紹介する。

具体的には二酸化炭素をギ酸に還元する人工光合成系とギ酸を分解し水素を製造する触媒系を住宅に搭載し、エネルギー供給と二酸化炭素循環とを両立させたシステムである(図1)。

太陽光エネルギーと二酸化炭素から製造したギ酸を水素エネルギーキャリアとして用いる場合、ギ酸を効率的に水素と二酸化炭素へ分解するための触媒が必要である。親水性高分子ポリビニルピロリドン(PVP)を分散剤としたコロイド状白金微粒子(Pt-PVP)を触媒として用いることによってギ酸を選択的に水素と二酸化炭素に分解できることを見出している。これまでに、Pt-PVPのギ酸分解に基づく水素生成機構につ

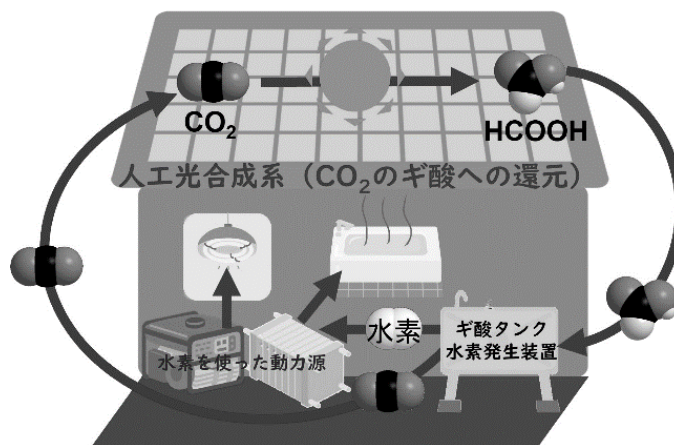


図 1. 二酸化炭素からギ酸を生成する人工光合成系とギ酸から水素生成する触媒系を搭載した住宅の概念図

いて赤外分光法や X 線吸収微細構造解析等により明らかにしてきた。その結果、電子供与性を持つ高分子 PVP をコロイド分散剤として使用することで、白金微粒子のギ酸分解に基づく水素生成活性の向上が可能であることがわかった。また、白金微粒子内の白金原子の価数を 0 価に制御することで、ギ酸分解に基づく水素生成を選択的に触媒し、一酸化炭素を含まない水素生成が可能であることも見出した。これまでの知見を基に Pt-PVP を触媒として用いたギ酸分解に基づく水素生成についてスケールアップ実験の検討結果の一例を示す。pH 3.5 に調整した 3.0 M ギ酸水溶液 30 mL (に Pt-PVP (4 wt%) 3 mL を加え、反応温度 60°C で反応させた。バイアル瓶の全体積は 110 mL であり、気相は約 77 mL である。また、反応と同時に気相に水素と二酸化炭素が放出され平衡圧に達することを防ぐため、バイアル瓶の可動式のシリンダを取り付け、生成した気体の体積を測定した。結果を図 2 に示す。反応時間とともに生成する気体の体積が定常的に増加していることがわかる。反応時間 90 分で生成した気体の体積は 1.4 L にまで増加し、42.6 mmol (1.1 L) の水素生成が観測され、およそ 50% のギ酸が水素に分解できた。

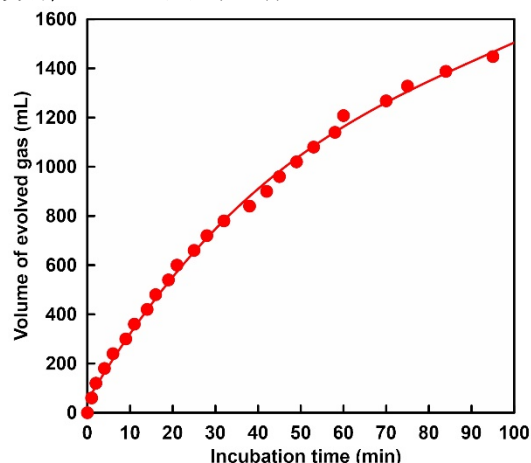


図 2. Pt-PVP が触媒するギ酸分解に基づく生成気体体積の経時変化

二酸化炭素をギ酸に還元する人工光合成系についてはこれまでに、ギ酸脱水素酵素と色素、半導体光触媒とを複合化させた反応系を構築してきた。実用を見据えた場合、これら反応系をデバイス化する必要がある。人工光合成系デバイスの一例として、シリカゲルベースの薄層クロマトグラフ (TLC) プレート上に太陽光捕集・増感分子、電子伝達分子及び酵素を固定化した基板固定型光駆動二酸化炭素 - ギ酸変換デバイスの構築に至っている。このデバイスでは、太陽光捕集・増感分子として緑色植物等から抽出したクロロフィルを加水分解したクロリン e_6 (H_2Chl-e_6)、電子伝達分子として長鎖アルキル基を有するビオローゲン分子 (1-メチル-1'-カルボキシウンデカノイル-4,4'-ビピリジニウム: $CH_3-V-COOH$)、酵素としてギ酸脱水素酵素を用いている。このデバイスに電子供与分子を含む二酸化炭素を飽和した pH7.4 の緩衝液中で可視光照射するとギ酸が定常的に生成することを見出した。現在、このデバイスの構成要素を検討し、ギ酸脱水素酵素の代替えとなる触媒開発や半導体光触媒との複合化等を進め、ギ酸生成効率向上に取り組んでいる。

これら要素技術についてスケールアップ等を進め、住宅一棟へのエネルギー供給の実証実験を開始する予定である。