

研究成果報告書

所属機関
摂南大学 理工学部

職名 氏名
教授 川上 比奈子

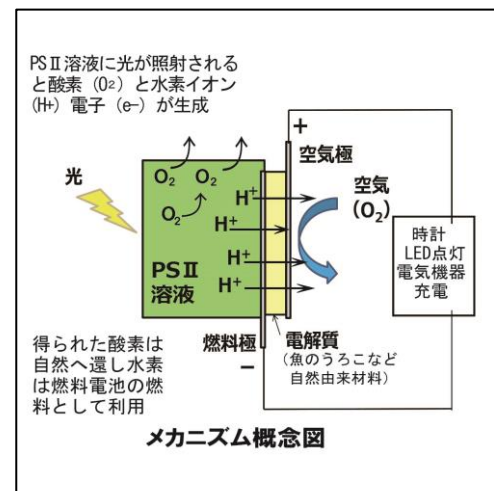
研究テーマ

O₂とH₂を生成する光合成パネルの特性評価と建築エレメントを想定したプロトタイプの新規

研究報告

1. 研究の背景と目的

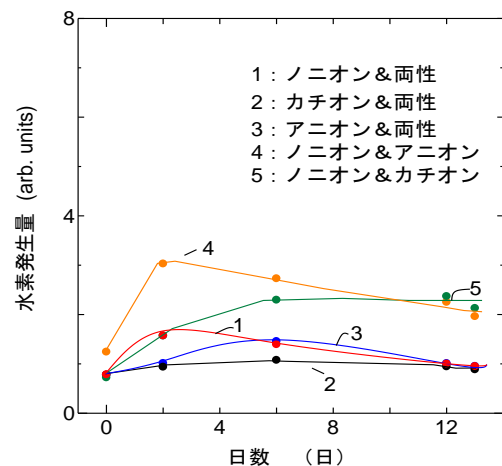
本研究の目的は、廃棄植物を原料として、光合成により生成される酸素と水素を利用した自然と共生できる新しい環境・エネルギー調和型光合成パネルの基礎データの収集とプロダクト、インテリア、エクステリアを含む建築のエレメントを想定したプロトタイプの新規の創製である。本研究は建築と自然科学の融合研究であり、双方の利点をかけ合わせた新規研究である。本研究では、廃棄植物から光合成で酸素と水素イオンが得られる過程 (PS II) を抽出するが、この抽出過程は非常に簡素であり、光合成パネル製造時の環境負荷は極めて低く、さらに低コストである。また、廃棄植物の使用により、廃棄時の負荷もなく、光合成パネルにおいて生成される酸素の自然への還元、水素のエネルギーへの還元といった観点からも循環型社会のエネルギー源として有用であり、世界的にも先駆的な研究であることから、実験を急ぎ早期の実作を目指す。



2. 研究成果および考察

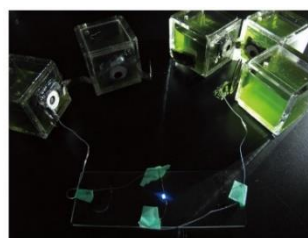
①PS II 溶液の最適濃度と組成の決定

当初の計画通り、様々な形状の光合成パネルを作成し、水素発生・燃料電池の出力が安定して得られるPS II 溶液の最適濃度を調べたところ、パネルの形状に対する依存性はほとんど見られなかったが、10mg/cm³ 程度の比較的薄いPS II 溶液において長期間安定して高い出力が得られることがわかった。さらに、作成したPS II 溶液の水素発生量と溶液の組成について、出力の安定性について調べた結果、陽イオン界面活性剤と中性イオン界面活性剤の混合溶液が最も安定した水素発生を示すことがわかった (右図)。これらの結果から、安定して水素を取り出すことのできる界面活性剤の組成は、PS II を有効に抽出できる中性イオン界面活性剤を主体として、腐食を抑える陽イオン界面活性剤を少量加えた組成であると示唆される。



②世界で初めてLEDの点灯に成功

上記①で得られた結果をもとにPS II 溶液を作成し、これを水素燃料とした燃料電池を作成した。右の写真は、この燃料電池を用いて青色LEDおよび赤色LEDを点灯させたことに成功した様子を示している。このように、一辺3cmのキューブ4個を組み合わせた光合成燃料電池 (約80mlのPS II 溶液) により、LEDランプを点灯できることを世界で初めて見出した。



青色LEDランプの点灯



赤色LEDランプの点灯

③プロダクトのプロトタイプとして「光合成Watch」の提案（実物）

建築エレメントへの展開を目指したさらなる実験として、持ち運びのできるプロダクトデザイン「光合成Watch」（上記写真）を実作した。本研究によるこの成果は、日本学術振興会「ひらめきときめき☆サイエンス」における中学生へのワークショップのプロダクトとして、日本全国へ発信した。「光合成Watch」は一辺3cmのキューブ状光合成燃料電池4個からなり、約80mlのPSⅡ溶液により時計を駆動させるプロダクトである。誰でも容易に組み立てることができ、また、溶液を取り換えれば、長期にわたって使用できる。



「光合成Watch」実物 デザイン案A

④インテリアのプロトタイプとして「光合成スクリーン」の提案（実物）

建築エレメントへの展開を目指した実証実験として、間仕切りや壁として機能する「光合成スクリーン」を実作した。40枚の亚克力製パネル（A4サイズ、厚み約10mm）にPSⅡ溶液を注入し、10本の支柱により自立させたものである。電力は4枚のパネルで「光合成Watch」の約12倍であり、巨大な時計の稼働と酸素の発生を確認することができた。この結果は当初の予定であった「インテリア・エクステリアを想定した光合成パネルのプロトタイプの実作」に成功したことを示している。デザインはアイリーン・グレイによる100年前の漆塗り屏風に着想を得たが、PSⅡ溶液が持つ植物本来の美しいグリーン色による現代的なインテリアプロダクトが完成した。また、折曲げ角度によっては色が重なり合い、木漏れ日のような空間を創出できた。



「光合成スクリーン」実物

グリーン色の複雑な重なり合い

⑤建築エレメントのプロトタイプとして「光合成建築：未来の駅」の提案（模型）



「光合成建築：未来の駅」外観



「光合成建築：未来の駅」内観



内側から見たチューブ状の屋根



ボール状燃料電池

2019年5月、2018年度イノベーションジャパンに採択された400件の研究から、40件のみ選ばれる日中大学フェア（日本新技術展）への出展に招待され、光合成パネルを基本にした住宅や公共建築の模型に加え、駅舎建築の屋根・壁をチューブ状・ボール状に構成した建築エレメント例を「光合成建築：未来の駅」として展示・発表した。チューブ状・ボール状にすることにより、建築デザインに自由度と多様性が生まれ、特に、チューブ状燃料電池では、チラコイド溶液の抽入・排出が容易になり得る。中国四川省の成都における同フォーラムで大きな関心が寄せられ、主催者HPで紹介される4件の2件目に掲載された。

3. 将来展望

上記、①～⑤の研究成果を発表するに従い、国内外のメディアから多数の取材依頼を受けた。特に、イギリスの科学雑誌Impact誌からインタビュー依頼があったことに示されるように、サステナビリティへの関心が世界中で強まり、本研究が自然との共生に対する一解決策として期待されていることが感じられた。また、建設企業、ディスプレイ企業、玩具企業から関心が寄せられるようになり、今後、実作の実現に向けてさらに研究を深める所存である。プロダクトについては、電極の形状・サイズ、接着方法、溶液の抽入・排出方法に検討を加え、消費者の安全性と生産の経済性を向上させるべく、より完成度の高いプロトタイプを目指す。インテリアおよび建築エレメントについては、さらに厚みの異なる大型のパネルを複数個、製作し、発電量、酸素発生量、発色の変化を調査しつつ、電極の位置・見え方、溶液の抽入・排出方法とデザイン性との兼ね合いを検討し、現実化を目指す。

4. 研究発表

①特許申請

発明の名称：「光化学系IIを利用した光バイオ燃料電池およびその利用物」（特願2019-097215）として松尾康光教授とともに、特許出願を行った（2019年5月23日）。

②研究論文

- ・川端隆，川上比奈子，松尾康光：「光合成」でつなぐ融合型基礎実験の開発，工学教育研究講演会講演論文集（2019）
- ・Takuya Yamada, Akinari Iwahashi, Hinako Kawakami and Yasumitsu Matsuo, “Biofuel cell operated by Proton generation of photosynthesis”, Journal of Functional Biomaterials (投稿予定)
- ・川上比奈子，松尾康光：「光合成スクリーンの色彩について」，色材協会誌（招待論文：投稿予定）

③研究口頭発表

Yasumitsu Matsuo, Tomoki Furuseki and Hinako Kawakami, “Protonics with tissue derived Biomaterials, 9th World Congress on Chemistry and Medicinal Chemistry”, 20190513 ~ 0514

- ・川上比奈子，松尾康光：光合成建築，日中大学フェア&フォーラム・日本新技術展（2019年5月25日～5月27日）



日中大学フォーラム（四川省成都） 多くの関心が寄せられた展示風景 「研究助成八洲環境技術振興財団」明記のポスター

- ・川端隆，川上比奈子，松尾康光：「光合成」でつなぐ融合型基礎実験の開発，日本工学教育協会第67回年次大会（2019年9月5日）
- ・岩橋暁成，山田拓也，川上比奈子，松尾康光：光化学系IIによるプロトン生成と固体バイオ燃料電池への可能性，第45回固体イオニクス討論会（2019年11月26日～11月28日）
- ・岩橋暁成，川上比奈子，松尾康光：光合成関連タンパク質によるプロトン生成と固体バイオ燃料電池への応用，日本物理学会第75回年次大会，（2020年3月16日）

④ワークショップ、シンポジウム（指名）

- ・川上比奈子，松尾康光：廃棄される自然からエネルギーをつくろうー捨てられる植物が光合成をしてLEDランプを灯す！？ー，2019年度ひらめき☆ときめきサイエンス（2019年12月8日）
- ・川上比奈子：イノベーションジャパン2018 & JST日中大学フェア2019日本新技術展へ出展した融合研究 光合成建築 ～葉緑体から生成されたH₂はエネルギーを生み、O₂は自然へ還る～，2019年度摂南大学融合科学研究所講演会，（2019年10月10日）

⑤研究広報（海外雑誌インタビュー、記者会見、国内雑誌掲載、新聞報道、TV報道など）

- ・Hinako Kawakami and Yasumitsu Matsuo, “Beautiful renewable energy”, Impact -Advancing technology-, pp. 39-41, 20200124
- ・川上比奈子，松尾康光：記者会見メディア向け説明会，摂南大学（2020年2月25日）
- ・川上比奈子，松尾康光：世界が注目「光合成建築」，J:COM デイリーニュース～北河内～（2月26日）
- ・川上比奈子，松尾康光：建築に光合成燃料電池，日刊工業新聞（2月27日28面）
デジタル版 <https://www.nikkan.co.jp/articles/view/549552>
- ・川上比奈子，松尾康光：光合成パネル - 『植える』建築実用化目指す，建設通信新聞（2月27日11面）
デジタル版 <https://www.kensetsunews.com/archives/424153>
- ・川上比奈子，松尾康光：「光合成建築物」で発電，毎日新聞（3月5日21面・大阪）
デジタル版 <https://mainichi.jp/articles/20200305/ddl/k27/100/279000c>
- ・川上比奈子，松尾康光：摂南大学、植物の葉緑体を利用した「光合成パネル」，WEBサイトメガソーラービジネス（3月12日）
<https://project.nikkeibp.co.jp/ms/atcl/19/news/00001/00678/?ST=msb>
- ・川上比奈子，松尾康光：酸素と電気を生み出す「光合成建築」植物・生物由来で循環型社会を目指す，日経クロステック（4月9日）
<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/00154/00846/>
- ・川上比奈子，松尾康光：酸素と電気を生み出す「光合成建築」植物・生物由来で循環型社会を目指す，日経アーキテクチュア（4月23日13頁）