

大阪科学・大学記者クラブ 御中  
(同時提供先：文部科学記者会、科学記者会)

2024年1月10日  
大阪公立大学

## ～ 二酸化炭素ガスを直接原料に利用 ～ プラスチック原材料となるフマル酸合成効率が2倍に！

### <ポイント>

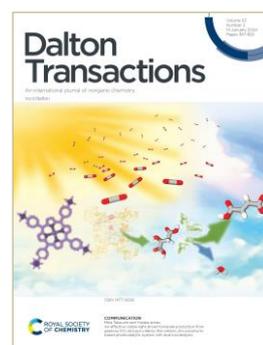
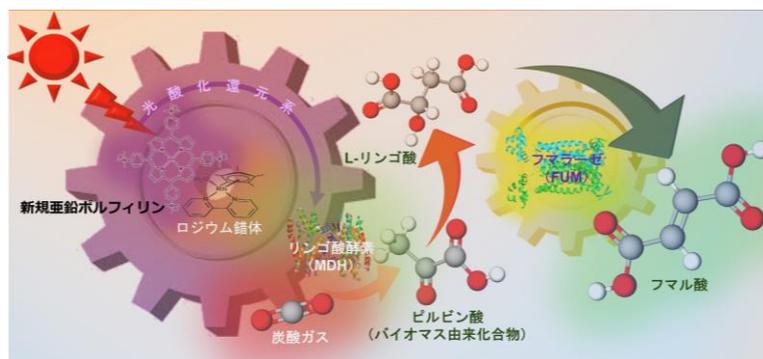
- ◇ 新規の色素を開発し、フマル酸 生成収率を2倍に向上。
- ◇ 二酸化炭素ガスを直接利用した人工光合成の新手法！

### <概要>

大阪公立大学 人工光合成研究センターの天尾 豊教授と竹内 未佳大学院生（大阪公立大学大学院理学研究科博士前期課程2年）は、二酸化炭素ガスと太陽光エネルギーを利用して新規の色素を開発することで、プラスチック原材料となるフマル酸を従来の生成収率と比べ2倍向上させて合成することに成功しました。

再生可能エネルギーを原料とし、さらなる収率向上による合成を目指す上で、貴重な一歩となります。

本研究成果は、2023年11月27日、英国王立化学会の学術誌「Dalton Transactions」にオンライン掲載されました。また本論文は、同誌2024年第2巻の表紙にも選出されました。表紙のデザインは、二酸化炭素ガスから太陽光エネルギーを利用しフマル酸が生成する過程をイメージしています。



### <研究者からのコメント>

光増感剤である亜鉛ポルフィリンの置換基を工夫することで、以前の研究において課題となっていたフマル酸生成の効率を向上させることができました。このことは、本研究で目指す生体/光触媒複合系にとって極めて重要な発見であったと思います。実験自体は地道で根気のいる作業でしたが、今回このようにまた一つ前進できたことをとても嬉しく感じています。



竹内 未佳 大学院生

## <研究の背景>

自然界において土中の微生物の力で水と二酸化炭素に分解される生分解性プラスチックポリブチレンサクシネートは、フマル酸を原料として作られています。合成原料は化石資源（石油）由来です。そのため、再生可能エネルギー、二酸化炭素やバイオマス由来化合物から作る方法が望まれています。本研究チームでは以前の研究で、炭酸水素塩とバイオマス由来化合物ピルビン酸を材料とし、太陽光エネルギーを用いてフマル酸を合成することに成功<sup>\*</sup>しており、この方法で生成されたフマル酸であれば極めてクリーンな生分解性高分子ポリブチレンサクシネートの原料となります。さらに、気相に含まれる気体状の二酸化炭素を直接捕集し、これを用いた人工光合成によるフマル酸生成にも成功しています (*RSC Sustain.*, 2023, 1, 1874-1882)。しかしながら、フマル酸生成収率が低いという問題点がありました。

※: 2023年1月12日プレスリリース: [https://www.omu.ac.jp/info/research\\_news/entry-03821.html](https://www.omu.ac.jp/info/research_news/entry-03821.html)

## <研究の内容>

本研究チームは、人工光合成系で広く用いられている色素亜鉛テトラフェニルポルフィリンテトラスルフォナート (ZnTPPS) が、L-リンゴ酸を脱水しフマル酸を生成するための酵素フマラーゼ (FUM) の触媒活性を著しく阻害することを突き止めました (*New J. Chem.*, 2023, 47, 17679-17684)。そこで FUM の触媒活性に影響を及ぼさない新規色素である 亜鉛テトラフェニルポルフィリンテトラスルフォナート (ZnTMAP) を、ピルビン酸に二酸化炭素を結合し L-リンゴ酸を生成するための酵素リンゴ酸脱水素酵素 (MDH)、FUM と触媒で構成される光酸化還元系に適用した 新たな人工光合成技術を開発し、気体状の二酸化炭素を原料とするフマル酸の生成収率を2倍向上させることに成功しました (右図)。

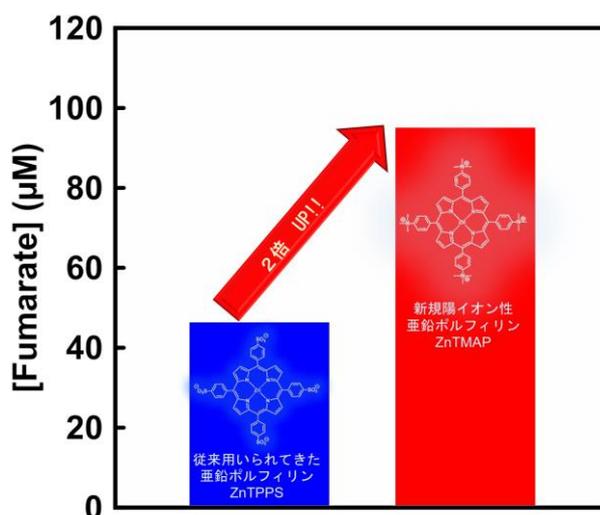


図: 可視光照射5時間後のフマル酸生成濃度の比較 (青: ZnTPPSを用いた場合、赤: ZnTMAPを用いた場合)

## <期待される効果・今後の展開>

本研究チームでは今回開発した新規色素に加えて、新たな複合酵素系を確立し、さらなるフマル酸収率向上が見込める人工光合成技術に関する研究を進めていきます。

## <資金情報>

本研究の一部は、科学研究費助成事業 国際共同研究加速基金 (国際共同研究強化(B))、基盤研究 (B) 及び特別推進研究の助成を受けたものです。

## <掲載誌情報>

【発表雑誌】 Dalton Transactions

【論文名】 An effective visible-light driven fumarate production from gaseous CO<sub>2</sub> and pyruvate by the cationic zinc porphyrin-based photocatalytic system with dual biocatalysts

【著者】 Mika Takeuchi and Yutaka Amao

【掲載 URL】 <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2024/dt/d3dt03492e>

【研究内容に関する問い合わせ先】  
大阪公立大学 人工光合成研究センター  
教授: 天尾 豊 (あまお ゆたか)  
TEL: 06-6605-3726  
E-mail: [amao@omu.ac.jp](mailto:amao@omu.ac.jp)

【報道に関する問い合わせ先】  
大阪公立大学 広報課  
担当: 上嶋 (かみしま)  
TEL: 06-6605-3411  
E-mail: [koho-list@ml.omu.ac.jp](mailto:koho-list@ml.omu.ac.jp)