

分野：工学系

キーワード：バイオものづくり、光エネルギー、低炭素化、カーボンニュートラル、ロドプシン

光で有用物質を高生産する微生物の開発

—常温・常圧で生産可能な低炭素バイオプロセスへの利用を目指して—
【記者発表：4月6日（水）16時～@オンライン】

大阪大学大学院情報科学研究科
静岡県立大学
神戸大学

【研究成果のポイント】

- ◆ バイオものづくりを担う微生物において、光をエネルギー源として利用する技術を開発
有用物質生産を効率化し、低炭素化できることを実証
- ◆ これまで微生物の開発の多くは微生物の代謝を大規模に改変することで、本来の微生物が生きるためのエネルギーをものづくりに振り向け、有用物質の生産性を向上させてきたが、本技術では外部エネルギーである光を利用することで微生物本来の代謝を乱さずに有用物質の生産性の向上が可能に
- ◆ 低炭素化に資する微生物を利用した有用物質生産(発酵、バイオプロセス)における生産性の向上に期待

❖ 概要

静岡県立大学食品栄養科学部環境生命科学科の原清敬准教授(研究開発代表者)らの研究グループは、大阪大学の戸谷吉博准教授、松田史生教授と神戸大学の石井純准教授らとの共同研究により、大腸菌に光エネルギー利用タンパク質(ロドプシン)を導入することで、エネルギー代謝^{*1}を光で活性化し、大腸菌による有用物質の生産性を向上させることに成功しました。本技術は、低炭素社会に資する微生物による様々なものづくり(バイオプロセス)への貢献が期待できます。

成果は、国際学術雑誌「Metabolic Engineering」に2022年3月26日付けで掲載されました。

論文タイトル:Optogenetic reprogramming of carbon metabolism using light-powering microbial proton pump systems

DOI :10.1016/j.ymben.2022.03.012

掲載 URL :

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1096717622000489>

❖ 研究の背景

微生物の多くは、我々と同じように生きるのに必要なエネルギーを獲得するために、酸素をつかって呼吸をして生きています。微生物が有用物質を作る力(発酵力)を高め、有用物質をたくさん作らせようとす



静岡県立大学
UNIVERSITY OF SHIZUOKA



神戸大学



大阪大学
OSAKA UNIVERSITY

国立大学法人 大阪大学

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-1

TEL: 06-6877-5111 (代)

www.osaka-u.ac.jp

Press Release

ればするほど、微生物はエネルギーもたくさん作らなければならなくなり、原料の大部分が二酸化炭素として活用されないまま消費され、最終的に有用物質の生産性も落ちてしまいます。一方で、植物や藻類は光合成をおこなって太陽光からエネルギーを作ることができます。そこで、研究グループでは高度好塩菌などが有する光エネルギー変換機構を微生物に導入し、呼吸に加えて光からエネルギーを作れるように微生物を改良することで、有用物質の生産性を高めることに成功しました。また、生産設備の観点から、現在の微生物による有用物質の発酵生産の多くは、大量の酸素を微生物に与えるため、発酵タンク内の攪拌翼を高速に回転させ続けなければならず、大量の電気エネルギーを消費しています。さらに、呼吸が激しくなれば当然、微生物も二酸化炭素をたくさん吐き出します。光を利用した発酵法は、このような攪拌電力と二酸化炭素排出の削減にもつながることが期待されるため、国の支援(JST 未来社会創造事業「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域)を受けて、研究を進めました。

❖ 研究の内容

研究グループでは、光エネルギーを細胞内のエネルギーに変換できるタンパク質ロドプシンを利用することで、エネルギー代謝を活性化し、様々な化学製品原料となる 3 ヒドロキシプロピオン酸やメバロン酸、ファインケミカルのグルタチオンなどの有用物質の生産性を向上させることに成功しました(図 1)。また、高度好塩菌や海洋性細菌の中にはロドプシンをもつ微生物がこれまでに多く見つかっています。そこで、これらの微生物のロドプシンを比較して、大腸菌と相性が良く機能的にも優れているロドプシンを選抜しました(図 2)。さらに、ロドプシンは、光受容分子であるレチナールの助けが必要であるため、本研究では、レチナールを細胞内で合成できる微生物から関連遺伝子を大腸菌に導入し、大腸菌内でレチナールを適量合成することにも成功しました。

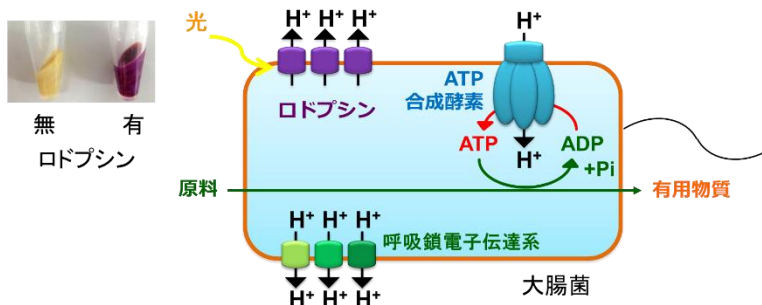


図 1 ロドプシンの導入による有用物質の高生産

微生物は酸素を使って呼吸鎖電子伝達系というシステムで水素イオン(H⁺)を細胞外に汲み出し、ATP 合成酵素がこの水素イオンを再取り込みする際にエネルギー物質である ATP を再生します。微生物は、この ATP のエネルギーを使って細胞内で様々な有用物質を生産しています。ロドプシンを導入した大腸菌は、光エネルギーを利用して水素イオンを汲み出すことができようになり、エネルギー代謝が活性化することで、有用物質の生産性が向上します。

❖ 本研究成果が社会に与える影響(本研究成果の意義)

微生物によるものづくりであるバイオプロセスは、常温・常圧で駆動することができ、一般的に高温・高

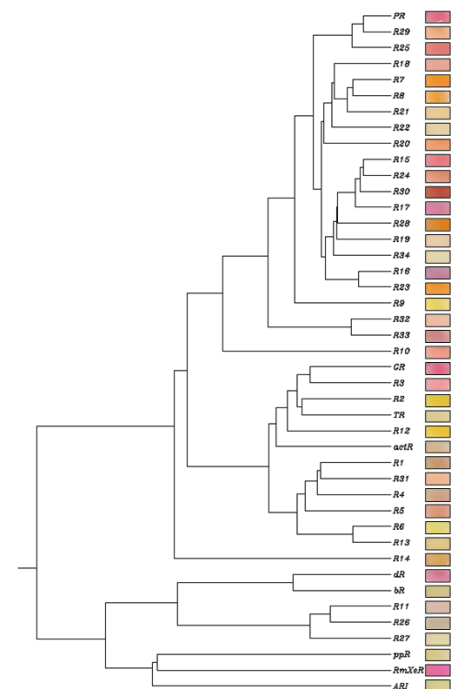


図 2 43 種類のロドプシンの比較

43 種類のロドプシンについて、大腸菌に導入した際の色(右写真)や水素イオンの汲み出し力を比較しました。



静岡県立大学
UNIVERSITY OF SHIZUOKA



神戸大学



大阪大学
OSAKA UNIVERSITY

国立大学法人 大阪大学

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-1

TEL: 06-6877-5111 (代)

www.osaka-u.ac.jp

Press Release

圧を必要とする化学プロセスよりも省エネであるため、SDGsの達成の視点からも重要です。ただし、バイオプロセスでの物質生産では生産速度や生産量の観点から化学プロセスを置き換えるに至らないものも多く見られます。本研究により、様々な有用物質の生産に関わるエネルギー代謝を光によって活性化させることができれば、微生物による多様な有用物質の生産速度や生産量の向上につながることを期待されます。

❖ 特記事項

本研究は、JST未来社会創造事業探索加速型「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域の「光駆動ATP再生系によるVmax細胞の創製」(課題番号JPMJMI17EJ)の研究の一環として行われました。

❖ 用語説明

※1 エネルギー代謝

細胞内に取り込んだ糖を分解し、その過程でATPなどのエネルギーを獲得する機構。多数の化学反応からなり、連続する一連の反応を代謝経路と呼ぶ。

【戸谷准教授のコメント】

微生物を利用した有用物質生産においては、原料を目的物質に効率的に変換することが求められています。本研究では、大腸菌のような工業微生物において、光をエネルギー源として利用する技術を開発することに成功しました。開発した細胞を利用して、燃料やプラスチックの原料などの生産プロセスを低炭素化することを目指します。

❖ SDGs目標



❖ 参考 URL

戸谷 吉博 准教授 研究者総覧 URL

<https://rd.iai.osaka-u.ac.jp/ja/f48a6c4859c2c4e2.html>

松田 史生 教授 研究者総覧 URL

<https://rd.iai.osaka-u.ac.jp/ja/04eb91ab5c02f5ad.html>

原 清敬 准教授 静岡県立大学教員データベース

<https://db.u-shizuoka-ken.ac.jp/show/prof645.html>

石井 純 准教授 研究者紹介システム URL

<https://kuid-rm-web.ofc.kobe-u.ac.jp/profile/ja.c06bf6c66d97f49e520e17560c007669.html>



静岡県立大学
UNIVERSITY OF SHIZUOKA



神戸大学



大阪大学
OSAKA UNIVERSITY

国立大学法人 大阪大学

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-1

TEL: 06-6877-5111 (代)

www.osaka-u.ac.jp

Press Release

❖ 本件に関する問い合わせ先

<研究に関すること>

大阪大学 大学院情報科学研究科 准教授 戸谷 吉博(とや よしひろ)

TEL:06-6879-7432

E-mail: [ytoya\(ここに@を入れる\)ist.osaka-u.ac.jp](mailto:ytoya(ここに@を入れる)ist.osaka-u.ac.jp)

静岡県立大学 食品栄養科学部環境生命科学科 准教授 原 清敬(はら きよたか)

TEL:054-264-5659

E-mail: [k-hara\(ここに@を入れる\)u-shizuoka-ken.ac.jp](mailto:k-hara(ここに@を入れる)u-shizuoka-ken.ac.jp)

神戸大学先端バイオ工学研究センター 准教授 石井 純(いしい じゅん)

TEL:078-803-6356

E-mail: [junjun\(ここに@を入れる\)port.kobe-u.ac.jp](mailto:junjun(ここに@を入れる)port.kobe-u.ac.jp)

<広報に関すること>

大阪大学大学院情報科学研究科 庶務係

TEL:06-6879-4299

E-mail: [jyouhou-syomu\(ここに@を入れる\)office.osaka-u.ac.jp](mailto:jyouhou-syomu(ここに@を入れる)office.osaka-u.ac.jp)

静岡県立大学教育研究推進部 広報・企画室

TEL:054-264-5130

E-mail: [koho\(ここに@を入れる\)u-shizuoka-ken.ac.jp](mailto:koho(ここに@を入れる)u-shizuoka-ken.ac.jp)

神戸大学総務部 広報課広報グループ

TEL:078-803-5453

E-mail: [ppr-kouhoushitsu\(ここに@を入れる\)office.kobe-u.ac.jp](mailto:ppr-kouhoushitsu(ここに@を入れる)office.kobe-u.ac.jp)

❖ 記者発表のお知らせ

本件に関して、4月6日(水)16時からオンラインにて記者発表を行います。

是非とも取材方よろしくお願ひ申し上げます。

オンライン(Webexで開催予定)での参加をご希望の方はWEB会議招待メールをお送りしますので4月5日(火)17時まで大阪大学大学院情報科学研究科庶務係までメールにてご連絡願ひます。

【記者発表詳細】

登壇者(★印の教員が発表を行います):

大阪大学大学院情報科学研究科 戸谷 吉博 准教授(★)

大阪大学大学院情報科学研究科 松田 史生 教授

静岡県立大学食品栄養科学部環境生命科学科 原 清敬 准教授(★)

神戸大学先端バイオ工学研究センター 石井 純 准教授

開催場所 : Webex

スケジュール: 16時00分~16時20分 研究内容報告(スライドを用いてご説明します。)
16時20分~17時00分 質疑応答

【参加申し込み方法】

メールにてお申込みください。

送付先 : 大阪大学大学院情報科学研究科
([jyouthou-syomu\(ここに@を入れる\)office.osaka-u.ac.jp](mailto:jyouthou-syomu@office.osaka-u.ac.jp))

申し込み締切 : 4月5日(火)17時

記載事項 : 氏名(ふりがな)、ご所属機関名、URLの送付を希望されるご連絡先(E-mail)