



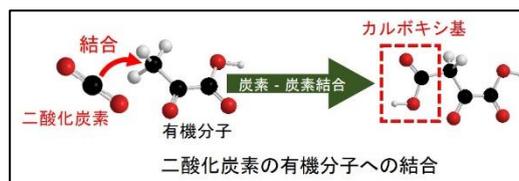
大阪科学・大学記者クラブ 御中
(同時資料提供先：科学記者会)

2020年9月4日
大阪市立大学

金属イオンを添加するだけで、二酸化炭素固定化酵素の触媒活性を向上させることに成功！

<本研究のポイント>

- ◇ 有機分子に二酸化炭素をカルボキシ基^{*1}として結合する反応を促進するリンゴ酸酵素^{*2}の活性を向上させることは効率的な二酸化炭素固定に重要。
- ◇ アルミニウムイオンを添加するだけでリンゴ酸酵素の触媒活性を向上させることに成功。
- ◇ 二酸化炭素を有機分子に固定・貯蔵可能な色素と酵素を複合化した人工光合成系の実現に向け、二酸化炭素固定に関与する酵素の活性を簡便な方法で制御する重要な指針となる。



<研究の概要>

大阪市立大学 人工光合成研究センターの天尾 豊 教授と大学院理学研究科 物質分子系専攻の片桐 毅之 大学院生（後期博士課程2年・日本学術振興会特別研究員）は、二酸化炭素をピルビン酸^{*3}に固定化し、リンゴ酸^{*4}を生成する反応を触媒するリンゴ酸酵素の活性に関して、アルミニウムイオンを添加するだけで向上させることに成功しました。

二酸化炭素をピルビン酸にカルボキシ基として導入することでリンゴ酸を生成可能な人工光合成技術では、炭素数3のピルビン酸に二酸化炭素を結合して、炭素数4のリンゴ酸に変換する反応を触媒する「リンゴ酸酵素」の活性化が重要です。今回、私たちはリンゴ酸酵素の触媒活性を一般的な金属イオンを加えて向上させることに成功しました。

本研究成果は、Royal Society of Chemistry（王立化学会）が発刊する『New Journal of Chemistry』にオンライン掲載されました。

【掲載日時】2020年8月

【発表雑誌】New Journal of Chemistry (Royal Society of Chemistry)

【論文名】Trivalent metal ion promotes malic enzyme-catalyzed building carbon-carbon bonds from CO₂ and pyruvate

【著者】KATAGIRI, Takayuki, AMAO, Yutaka

【掲載URL】<https://doi.org/10.1039/D0NJ03449E>

^{*1}カルボキシ基…重要な有機化合物であるカルボン酸を構成する官能基（-COOH）。

^{*2}リンゴ酸酵素…リンゴ酸とピルビン酸の相互変換を触媒する酸化的脱炭酸酵素。

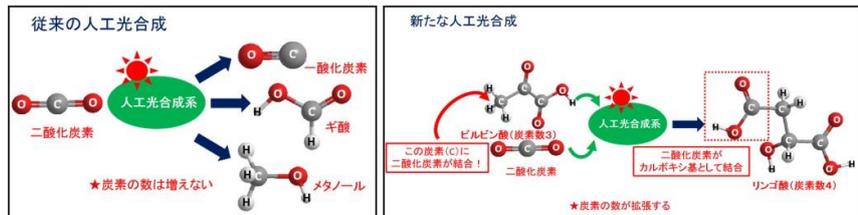
^{*3}ピルビン酸…カルボン酸の一種。解糖系、アミノ酸・脂肪酸代謝における重要な中間物質。

^{*4}リンゴ酸…カルボン酸の一種。食品・工業的にも広い用途を有する有機化合物。

<研究背景・内容>

地球規模で削減目標が定められている二酸化炭素は、排出を規制して削減する方法以外に、むしろこれを積極的に原料として活用するために有用物質に変換する方法が、意義ある技術課題になってきています。このような背景から、太陽エネルギーを利用し二酸化炭素を新たな燃料に変

換する人工光合成技術が注目を浴びています。これまでは二酸化炭素を還元してギ酸やメタノールを生成する人工光合成系が主流でした。



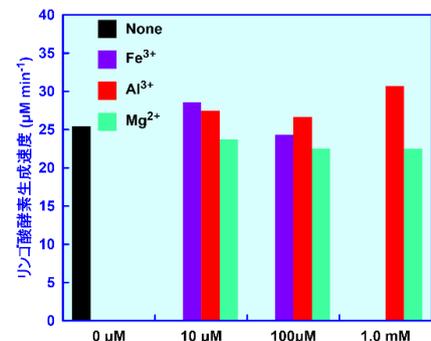
が、二酸化炭素を有機分子に結合して新規素材を作る新たな人工光合成系は、従来とは違うアプローチによる二酸化炭素の貯留法として期待されています。

私たちはこれまでに天然の光合成反応の炭素拡張反応を手本に、色素分子、電子伝達分子および生体触媒を用い、可視光エネルギーによって得られた還元力を基に、二酸化炭素をカルボキシ基として有機分子に導入する人工光合成技術を開発してきました。その実施形態として、リンゴ酸酵素と呼ばれる生体触媒を用いることで、二酸化炭素をカルボキシ基としてピルビン酸に導入してリンゴ酸を生成することが可能な技術に関する研究を進めてきています。

(<https://www.osaka-cu.ac.jp/ja/news/2018/180903>)。

その中で、二酸化炭素をピルビン酸にカルボキシ基として導入する最も重要な過程を触媒するリンゴ酸酵素の活性を向上させることは、有用な人工光合成系の確立に不可欠です。

今回、私たちはリンゴ酸酵素の触媒活性を一般的な金属イオンを加えて向上させることを考案しました。その結果、右図に示すようにアルミニウムイオン (Al^{3+}) あるいは鉄イオン (Fe^{3+}) を加えるとリンゴ酸酵素の活性が向上し、二酸化炭素とピルビン酸からリンゴ酸が生成する速度が上昇することを見出しました。また、亜鉛、コバルト、カルシウムイオンを加えると反応が急激に低下することも発見し、金属イオンの添加で反応を制御できる可能性を見出しました。従来の人工光合成技術の多くは、二酸化炭素を一酸化炭素、ギ酸、ホルムアルデヒド、メタノールに光還元するものでした。これらの系では炭素数1の二酸化炭素を還元していくため炭素数1の分子しか生成できませんでした。一方、天然の光合成では、太陽光エネルギーにより作り出された還元力を使って二酸化炭素を還元し炭素数を拡張して、最終的には炭素数6のグルコースを生成することができます。天然の光合成と同様に、炭素数を拡張することができれば、二酸化炭素を原料とした多様な素材合成への新たな展開が期待できます。



これまで私たちは、酵素を用いた二酸化炭素固定系の構築に取り組んできました。今回、豊富に存在するアルミニウムイオンで酵素活性を向上できたのは意味があると思っています。今後、本研究成果を足掛かりに、より効率の良い二酸化炭素固定系の開発・研究を進めてまいります。



片桐 毅之 後期博士課程2年・
日本学術振興会特別研究員

二酸化炭素を、有機分子に結合させて固定できる人工光合成技術はまだ研究例も少なく、また二酸化炭素を分子の中に閉じ込めて長時間貯留する新しい技術として、今後注目されると思います。また触媒活性を金属イオン添加だけで向上できたことは、今後の新しい人工光合成系を作る上で画期的だと思っています。



天尾 豊 人工光合成研究センター教授

<今後の展開>

今回の発見は、二酸化炭素を効率的に有機分子に結合する新たな人工光合成系の実現に向け、特に重要な二酸化炭素の有機分子への結合過程において必要となってくる酵素活性を、遺伝子操作などを使わず、金属イオンを巧みに使って向上させるための重要な指針になるものと考えられます。

<資金情報>

本研究の成果は、学術研究助成基金助成金国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B)）、科学研究費補助金新学術領域研究及び日本学術振興会特別研究員奨励費によって得られたものです。

【研究内容に関するお問い合わせ先】

大阪市立大学 人工光合成研究センター

所長 天尾 豊 (あまお ゆたか)

TEL : 06-6605-3726

Email : amao@osaka-cu.ac.jp

【報道に関するお問い合わせ先】

大阪市立大学 広報課

担当 : 西前 香織

TEL : 06-6605-3411

Email : t-koho@ado.osaka-cu.ac.jp