

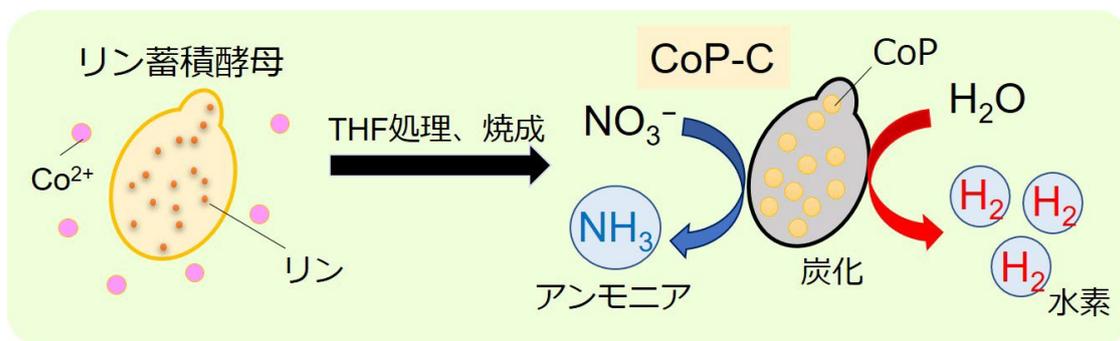
水素やアンモニアの製造に用いる触媒をパン酵母で作製！ — 高価な希少金属触媒の代替を目指して —

<概要>

水素やアンモニアは燃焼時に炭素が発生しないため、環境にやさしい次世代エネルギーとして注目されています。水素は水を電気分解することで製造できますが、電極触媒として利用される白金はコストが高く、実用化の足かせとなっています。またアンモニアは、窒素と水素を高温・高圧下で処理することで大規模製造が可能ですが、化石燃料も大量に消費するため、硝酸を電気分解して製造する方法が注目されています。これらのことから、低コストかつ効率的に水素やアンモニアを製造できる代替触媒の開発が進んでおり、その一つが遷移金属リン化合物*です。しかし原料となるリン (P) の化合物は高価な上、毒性が強く爆発の危険があるなど取り扱いが難しいため、より低コストで安全な遷移金属リン化合物の作製方法が求められています。

大阪公立大学大学院工学研究科の尾島 由紘准教授、東 雅之教授、山田 裕介教授らの共同研究グループは、パン酵母と遷移金属のうち触媒としての活性が高いコバルト (Co) を炭化させることで、遷移金属リン化合物の炭素複合体 (Co₂P-C) を作製する方法に着目。遺伝子変異により、通常は約 1~2% しかないパン酵母の細胞内のリン蓄積量を約 8% まで増加させることで、Co と P が 1:1 の比率で合成された CoP-C の作製に成功しました。また、合成した CoP-C の触媒活性を調べたところ、水素の製造では他の手法で作製した CoP と同程度、アンモニアの製造では他の触媒と比べて最も高い活性を持つことが分かりました。

本研究成果は、2025年1月9日に国際学術誌「Biotechnology Reports」のオンライン速報版に掲載されました。



パン酵母などの微生物細胞を化学触媒の材料とする意外な利用方法に関する研究が注目を集めています。発酵食品やバイオ医薬品の生産だけでなく、微生物の利用分野は拡大し続けており、今後も新たな発見を求めて研究を続けていきます。



尾島 由紘准教授

<研究の背景>

近年、クリーンなエネルギーとして水素が注目を集めています。特に再生可能エネルギー由来の電力を用いた、水の電気分解による水素発生反応で製造した水素は、理論上、その製造過程で二酸化炭素を排出しないためグリーン水素と呼ばれています。現在、水素発生反応の触媒には、高価で希少な白金やイリジウム等が用いられていますが、コスト面が実用化の大きな足かせとなっています。そこで白金等の貴金属触媒の代替として、より安価なコバルトやニッケルなどの遷移金属のリン化合物（TMP）が検討されています。しかし TMP は製造過程において、ホスフィンなどの有害かつ爆発性のあるリン化合物を原料として使用するという問題点があります。そのため、パン酵母などの微生物細胞を骨格とし、中に含まれる安全で安価なリン酸を利用して、TMP の炭素複合体を作製する手法が注目を集めています。窒素雰囲気下で焼成された酵母細胞は、多孔質炭素支持体となり TMP 粒子の分散を助け、さらに水素発生反応時には導電性が電子移動を可能にするため、電極触媒としてそのまま使用できます。本研究では、パン酵母の遺伝子変異によりリン酸含有量を高めたリン蓄積酵母を用い、リン化コバルト炭素複合体を作製することで、触媒活性の向上を目指しました。

<研究の内容>

従来のパン酵母を用いた TMP 合成では、コバルト:リン=2:1 の Co_2P が報告されていましたが、本研究では従来のパン酵母と比較し 4 倍以上のリンを含むリン蓄積酵母を用いることで、コバルト:リン=1:1 の CoP を炭素支持体内（C）に合成できることを明らかにしました。一般的に、水素発生反応においては、 CoP のほうが Co_2P よりも高活性であるとされています。本研究で得られた CoP-C 触媒は、水素発生反応では他の手法で作製した CoP と同程度の活性を示しました。一方で、硝酸塩を還元してアンモニアを合成する反応の電極触媒として用いたところ、他の触媒と比較して最も高い活性を示すことがわかりました。

<期待される効果・今後の展開>

アンモニアは、現在ハーバー・ボッシュ法と呼ばれる大量に化石燃料を使用する方法によって製造されており、本研究成果は環境にやさしい合成方法として SDGs に貢献できる内容です。しかし本研究で得られた CoP-C 触媒は、水素発生反応においては白金と比較するとまだまだ低い触媒活性であるため、今後は酵母細胞を遺伝子組換え技術等により改変し、触媒合成に適した原料にすることで、さらなる高活性化を目指します。

<資金情報>

本研究の一部は、JST 可能性検証（JPMJSF23B5）、JSPS 科研費（JP23K04511）の支援の下で実施されました。

<特許情報>

リン化コバルト炭素複合粒子 特願 2024-134697（優先日：2024年1月18日、発明者：尾島由紘、東雅之、秋吉理穂）

<用語解説>

※ 遷移金属リン化合物

コバルトやニッケルなどの遷移金属とリンが結合した化合物で、化学的安定性が高いという特徴を持つ。白金などの貴金属よりも安価なため、触媒や熱電変換材料などの機能性材料として応用が期待されている。

<掲載誌情報>

【発表雑誌】 Biotechnology Reports

【論文名】 Cobalt phosphide-loaded biochar synthesis using phosphate-accumulating yeast and its application as an electrocatalyst

【著者】 Yoshihiro Ojima, Riho Akiyoshi, Itto Tokiwa, Takashi Nakazono, Yusuke Yamada, Masayuki Azuma

【掲載 URL】 <https://doi.org/10.1016/j.btre.2025.e00874>

【研究内容に関する問い合わせ先】

大阪公立大学大学院工学研究科
准教授 尾島 由紘（おじま よしひろ）
TEL : 06-6605-2163
E-mail : ojima@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：竹内
TEL : 06-6967-1834
E-mail : koho-list@ml.omu.ac.jp