

太陽光と光触媒で H₂O₂ から H₂ を生成する！ H₂O₂ を水素キャリアとして使うための光触媒技術を開発

大阪大学太陽エネルギー化学研究センターの白石康浩准教授、平井隆之教授らの研究グループは、太陽光照射下、H₃PO₄ とメタルフリー粉末触媒を用いて、H₂O₂ 水溶液から H₂ を生成させる光触媒技術を開発しました。

H₂O₂ は漂白剤や消毒剤として重要な化学物質であるほか、燃料電池発電の燃料として利用できるため、近年は、再生可能エネルギーの貯蔵・輸送を担うエネルギーキャリアとして注目されています。従来、H₂O₂ は、H₂ と O₂ を多段階で反応させるエネルギー多消費型の方法により合成されています。一方、最近では、太陽光エネルギーにより水と酸素ガス (O₂) から H₂O₂ を合成する (H₂O+1/2O₂→H₂O₂) 省エネルギー性の高い光触媒型 H₂O₂ 製造法も開発されており、H₂O₂ のエネルギーキャリアとしての利用可能性も高まっています。

H₂O₂ をエネルギーキャリアとして社会実装するには、水素キャリアとしても利用できることが不可欠です。すなわち、(図 1) のように H₂O₂ からオンサイトで H₂ を生成させる反応技術 (H₂O₂→H₂+O₂, ΔG⁰=+131kJ mol⁻¹, 式 1) が必要です。ところが、H₂O₂ の還元 (H₂O₂+H⁺+e⁻→H₂O+●OH, H₂O₂+2H⁺+2e⁻→H₂O, 式 4) が H⁺の還元を優先して進行してしまいます。さらに、光触媒として用いられる金属・金属酸化物半導体を用いた場合には、表面で H₂O₂ が分解されてしまいます (H₂O₂→H₂O+1/2O₂, ΔG⁰=-117kJ mol⁻¹, 式 5)。そのため、これまで H₂O₂ 水溶液から H₂ を生成させた例はありませんでした。

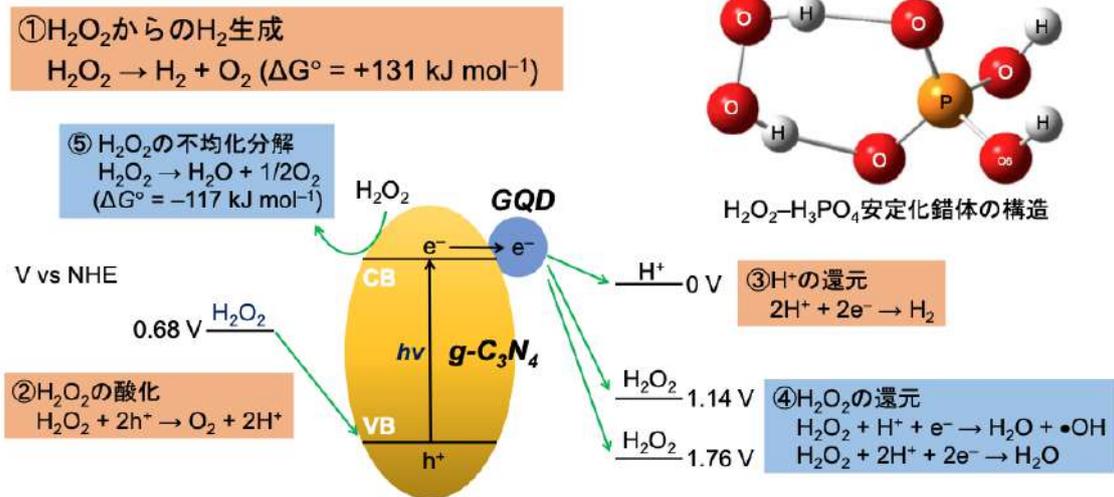


図1 本光触媒技術によるH₂O₂からのH₂生成メカニズム

リン酸はH₂O₂と水素結合することによりH₂O₂を安定化し、励起電子による還元を抑制する。

研究グループでは、H₃PO₄とメタルフリー粉末触媒をH₂O₂水溶液に入れて、太陽光(可視光)を照射することにより、H₂が生成することを見出しました(図2)。メタルフリー触媒であるためH₂O₂の分解(式5)が進行しないほか、H₂O₂とH₃PO₄が水素結合することにより安定化錯体(図1右)を形成して、H₂O₂の還元(式4)を抑制し、H⁺の還元(式3)を促進できるようになるためです。H₃PO₄は、古くから安定化剤として市販のH₂O₂水溶液に加えられています。そのため、H₃PO₄を含むH₂O₂水溶液を貯蔵・輸送し、安価なメタルフリー光触媒を用いてオンサイトでH₂を製造する、新たなエネルギー循環に向けての社会実装が期待できます。

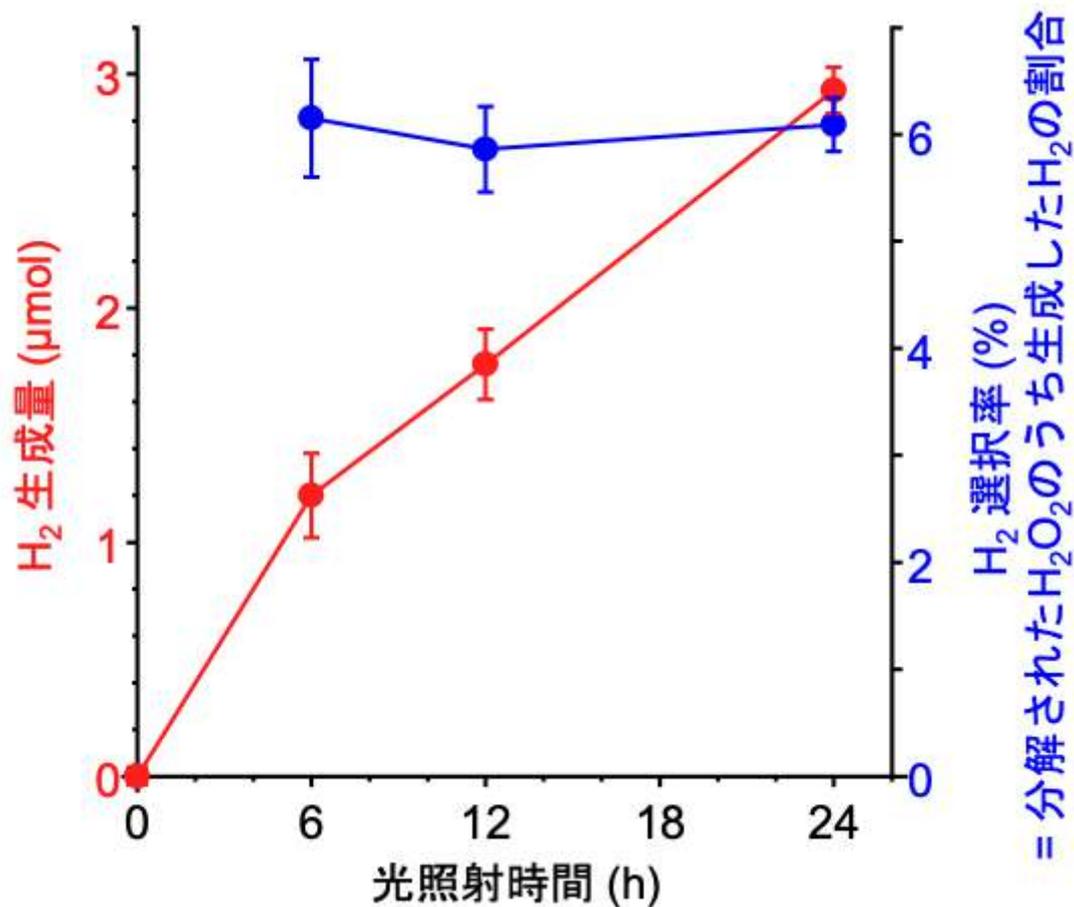


図 2 疑似太陽光照射 ($\lambda > 420\text{nm}$) による照射時間と H₂ 生成量および H₂ 選択率の関係

H₂ は光照射にともない継続的に生成し、H₂ 選択率もほぼ一定である。

これまで不可能と考えられてきた本反応を、H₃P₀₄ とメタルフリー光触媒の添加により進めることができる点は、H₂O₂ の水素・エネルギーキャリアとしての利用可能性を飛躍的に向上させるはずです。また、メタルフリー光触媒は、近年注目を集めており、多くの材料が合成されつつあります。そのため、今回の技術を応用することで、さらに高活性な H₂ 製造プロセスが創製できると期待できます。

論文情報

タイトル: Photocatalytic hydrogen peroxide splitting on metal-free powders assisted by phosphoric acid as a stabilizer

雑誌: Nature Communications

DOI: 10.1038/s41467-020-17216-2

日本語原文

https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2020/20200707_1

文 JST 客観日本編集部