



PRESS RELEASE (2026/04/17)

鉄と光でアルコールから水素を生み出す、超シンプルな新技術

～地球にやさしい水素製造、バイオマスや廃棄物の利活用にも期待～

ポイント

- ① 鉄イオンと光だけで水素を発生させる、世界初の反応を発見
- ② 貴金属・複雑な触媒(※1)を使わない、極めてシンプルな水素製造法
- ③ バイオマス・廃棄物由来資源を原料とすればグリーン水素製造に応用可能

概要

化学製品が取り巻いている現代生活は触媒なしでは成り立たないと言っても過言ではありません。そのため、我々人類の生活をさらに豊かなものにすべく、日進月歩、触媒開発の研究は進められています。しかし、数多ある触媒開発研究の中で、意外にもこれまで十分に注目されてこなかった触媒があります。それが、「金属イオン(※2)」と呼ばれる、金属触媒(※3)における最も基本的でシンプルなユニットです。金属イオンを活性点とする不均一系触媒(※4)・均一系触媒(※5)・生体触媒(※6)の研究に関しては数多くの研究報告がなされていますが、その根源的なユニットである金属イオンそのものの触媒作用に注目した研究はほとんどありません。そのような背景において、金属イオンの触媒としての働きに光を当てるという“引き算”の発想によって、“コロンブスの卵”とも言うべきシンプルな反応系が実現されました。

今回、九州大学大学院工学研究院応用化学部門の松本崇弘准教授と大学院生の櫻井将也氏（当時、修士課程2年）・川崎雄大氏（当時、修士課程2年）、および、大阪大学先導的学際研究機構の大久保敬教授と板橋勇輝特任講師（常勤）の研究チームは、普遍金属(※7)の陽イオン(※8)の触媒作用について注目し、その働きについて詳しく調べました。その結果、地球上に最も豊富に存在し、最も安価で環境負荷の低い金属である「鉄」の陽イオンを触媒とし、光エネルギーを組み合わせることで、アルコールから水素を発生させるという極めてシンプルな反応系を見出すことに成功しました。まさに鉄を“賢者の石”に変える研究と言えるかもしれません。

この手法は、非常にシンプルな反応系であるにもかかわらず、前例のない全く新しい発見です。今後は、なぜこのような反応が起こるのか、その仕組みを科学的に解明していくことが求められます。しかし、実用面においては、シンプルな反応系だからこそ、汎用性が高く、様々なターゲットに適用可能です。例えば、バイオメタノール、バイオエタノール、グルコース(※9)、でんぷん(※10)、セルロース(※11)などの再生可能資源からグリーン水素(※12)をつくることができ、廃棄物からの水素製造にも応用できると期待できます。また、シンプルな反応系ゆえに社会実装の実現可能性が高まり、本技術の開発によって、カーボンニュートラル社会の実現に一步近づくことができたかもしれません。

本研究成果は英国の雑誌「Communications Chemistry」に2026年4月17日（金）午後6時（日本時間）に掲載されました。



光駆動水素発生イメージ図

鉄と光を使うシンプルなアルコールからの水素発生

研究者からひとこと：

今回報告した反応は、誰にでも見つけるチャンスがあったにも関わらず、これまで発見されていませんでした。しかし、発想の転換で発見することができました。このような非連続なイノベーションを元に、新しい科学の1ページが切り開かれることを期待します。今後は、この革新的技術を、カーボンニュートラル社会/分散型・循環型社会の実現に資する技術にまでブラッシュアップしたいと考えています。また、今回見つけた反応は、専門知識を持たない小中高生でも簡単な実験操作で再現できるほどシンプルです。誰にでも大きな発見のチャンスがあることから、小中高生が将来、科学者を目指すきっかけになってくれればと思います。

(松本 崇弘)

【研究の背景と経緯】

触媒は私たちの身の周りの製品を作る上で必要不可欠です。現代社会において触媒の恩恵を受けていない製品はほとんどありません。そのため、人類の生活をさらに豊かにするべく、触媒開発研究は日々弛まず進められています。近年の分子技術やAIの飛躍的な進化によって、触媒の研究はますます深化・高度化・複雑化しています。そのような背景の中で、近年の触媒開発研究の潮流とは異なる、根源的かつ、独創的な触媒開発のアイデアを創出すべく、化学の基本である周期表の元素を振り返ってみることにしました。すなわち、現代の触媒開発では、元素を触媒の構成要素の一部として機能させる多元素複合触媒を設計することが一般的ですが、本研究グループは、その一元素が持つ触媒作用をまだまだ発現できていない可能性があるのではないかと考えました。その中で、本研究グループは、金属触媒の根源的なユニットである「金属イオン」に着目し、中でも、触媒反応が未来にも長く残るような持続可能性を見越して、普遍金属元素の触媒作用に興味を持ちました。意外にも、この最も基本的でシンプルな単位である「金属イオン」の触媒作用についてはほとんど注目されてきませんでした。触媒開発研究が複雑化している今だからこそ、周期表を見直し、あらためて金属イオンの触媒としての働きに注目することは、科学の本質に迫るアプローチであると私たちは考えます。今回の研究では、“コロンブスの卵”のようなアイデアで、鉄イオンを“賢者の石”に変え、シンプルであるにも関わらず、これまで誰も見つけることができなかった反応性を引き出すことに成功しました。具体的には、鉄イオンと光エネルギーを使うだけで、アルコールから水素を取り出す反応を見つけました。鉄は地球上で最も存在量の多い普遍金属であり、最も安価な金属です。

「水素」は、利用時に廃棄物を出さないクリーンなエネルギー源・化学原料であることから、水素利用技術の開発、および、グリーン水素製造技術の開発が進められています。しかし、Life Cycle AssessmentやWell to Wheelの観点において、グレー水素(※13)の課題を克服しない限り、水素をエネルギー源・化学原料とする産業社会が確立することは困難です。そのため、水の電気分解や水の光分解による水素製造技術の実証実験が精力的に進められていますが、実用化に至るまでにはいくつかの課題が残されています。そのような現状を打破するためには、これまでの研究開発の潮流とは異なるアプローチが必要です。本研究グループは、これまでの水素製造技術の開発の潮流とは異なる方法で、水素製造技術開発にイノベーションを起こしたいと思い、今回、アルコールからの水素発生反応を開発するに至りました。この反応は色んなアルコールに適応することができ、例えば、再生可能資源・再生可能エネルギー由来のバイオメタノール、e-メタノール、バイオエタノール、でんぷん、グルコース、セルロースから水素を作ることができます。

【研究の内容と成果】

鉄(III)イオンとアルコールを混合し、水酸化ナトリウムを添加して、紫外光を照射するだけで、水素が発生するというシンプルな触媒系を実現しました。このような極めてシンプルな反応系で水素を製造する手法は他に類を見ず、驚くべき成果と言えます。しかし、先行研究には見当たらない全く前例のない反応であるため、詳細なメカニズムについては今後解明していく必要があります。現状では、最も高い触媒回転頻度(※14) (1時間あたり発生した水素のモル数/触媒のモル数)は 149 h^{-1} であり、1時間における触媒 1 g あたりの水素発生速度(※15)は $921 \text{ mmol g}_{\text{cat}}^{-1} \text{ h}^{-1}$ です。これらの触媒活性を表す指標は、これまで報告されているアルコールから水素を取り出す触媒の活性に引けを取らない値です。この反応はグルコース、でんぷん、セルロースにも適応可能です。

また、詳しい学理については大学院レベルの知識を必要としますが、実験は小中高生でも簡単に再現することができます。水の電気分解を理科実験で行うように、安価で安全な鉄イオンと光を使うだけの本実験はどこでも容易に実施可能です。

【今後の展開】

本研究に関しては、今回の論文発表に加え、九州大学より特許を出願しており(松本崇弘、櫻井将也、川崎雄大、田中良之介、水素ガスの製造方法、2023年10月23日出願、PCT/JP2024/037444、特願2023-181619、WO 2025/089238 A1)、2025年10月より大学発新産業創出基金スタートアップ・エコシステム共創プログラム JST PARKS にも採択されていることから、事業化に向けた検討を行っています。さらに、バイオマスや廃棄物の利活用を通じて循環系エコシステムへの応用展開も検討しています。九大 OIP 株式会社と連携して、スタートアップの設立や関連企業との共同研究、自治体との連携を推進することにより、コスト試算やスケールアップを実施し、実証実験を経て本技術の社会実装を目指します。

また、当研究グループでは、本研究で発表したアルコールからの水素製造だけでなく、リグニン(※16)からのメタノール製造、キッチン(※17)からのアンモニア製造についても研究を進めています(リグニンからのメタノール製造: 松本崇弘、梅村侑矢、リグニン分解物の製造方法、メタノールの製造方法、およびリグニン系組成物、2023年4月11日出願、WO 2024/214702、特願2023-064258)。これらの技術も金属イオンを触媒とする極めて簡便な方法です。本研究チームでは、再生可能資源から水素、メタノール、アンモニアを簡便に合成する技術を開発しており、これらの技術を社会実装することにより、循環型社会の構築に貢献をしたいと考えています。一緒に研究を進めていただける企業様や自治体様を探しています。

【参考図】

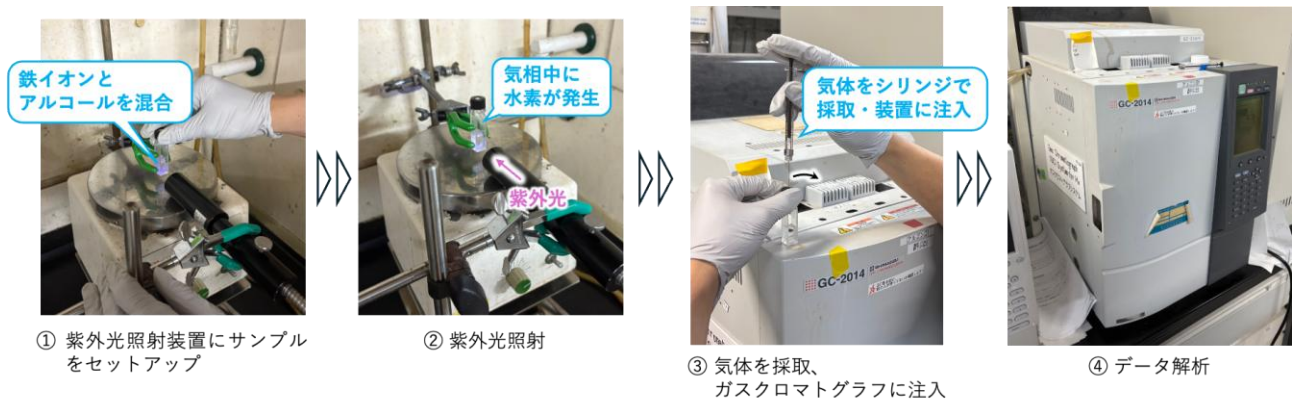


図1 水素発生実験の様子：鉄イオンと光を用いてアルコールから水素を発生させ、気相をガスクロマトグラフに注入する様子

【用語解説】

(※1) 触媒

一般に特定の化学反応の反応速度を速める物質で、自身は反応の前後で変化しないもの。

(※2) 金属イオン

電子の過剰あるいは欠損により電荷を帯びた原子。

(※3) 金属触媒

金属を含む触媒。

(※4) 不均一系触媒

固体状態のまま働く触媒。

(※5) 均一系触媒

溶液などに溶けて働く触媒。

(※6) 生体触媒

生物により作り出される触媒。

(※7) 普遍金属

技術的に容易に精錬ができ大量に存在する金属。レアメタルの反対語。

(※8) 陽イオン

原子や分子が電子を失うことでプラスの電荷を帯びた粒子。

(※9) グルコース

ブドウ糖とも呼ばれる分子式 $C_6H_{12}O_6$ を持つ単純な糖。

(※10) でんぷん

分子式 $(C_6H_{10}O_5)_n$ で表される α -グルコースが脱水縮合して連なった構造をしている。

(※11) セルロース

木材の主要成分の一つ。分子式 $(C_6H_{10}O_5)_n$ で表される β -グルコースが脱水縮合して連なった構造をしている。

(※12) グリーン水素

バイオマスから（再エネを含む）から作られ、製造時に二酸化炭素を排出しない水素。国連が主導する「グリーン水素カタパルト」などで 2050 年カーボンニュートラル達成の鍵とされ、国際的な生産・導入拡大が推進されている。

(※13) グレー水素

化石燃料（主に天然ガス）から作られる水素で、製造過程で出た二酸化炭素を回収せずそのまま大気に排出するタイプの水素。

(※14) 触媒回転頻度

単位時間あたりの触媒回転数。触媒回転数とは、触媒 1 つに対して生成した水素の数の割合を示す（触媒回転数 = 生成した水素の数 ÷ 触媒の数）。

(※15) 水素発生速度

触媒 1 g あたり、1 時間あたりに発生する水素の量を表す指標。

(※16) リグニン

木材の主要成分の一つ。芳香族環を持つ高分子構造をしている。

(※17) キチン

かに殻、えび殻の主要成分の一つ。直鎖型の含窒素多糖高分子構造をしている。

【謝辞】

本研究は JST PARKS (JPMJSF2317) の一環で行ったものです。

【論文情報】

掲載誌：Communications Chemistry

タイトル：Iron Ion Enables Photocatalytic Hydrogen Evolution from Methanol

著者名：Masaya Sakurai, Yudai Kawasaki, Yuki Itabashi, Kei Ohkubo, Takahiro Matsumoto

DOI：10.1038/s42004-026-02009-3

【特許情報】

発明の名称：水素ガスの製造方法

発明者：松本崇弘、櫻井将也、川崎雄大、田中良之介

出願日：2023年10月23日

出願番号：特願 2023-181619

国際公開番号：WO 2025/089238 A1

【お問合せ先】

<研究に関すること>

九州大学 大学院工学研究院 准教授 松本 崇弘（マツモト タカヒロ）

TEL：092-802-2820

Mail：matsumoto.takahiro.236@m.kyushu-u.ac.jp

大阪大学 先導的学際研究機構 教授 大久保 敬（おおくぼ けい）

TEL：06-6879-4131

Mail：ohkubo@irdd.osaka-u.ac.jp

<事業化に関すること>

九大 OIP 株式会社 サイエンスドリブンチーム

TEL：092-400-0494

Mail：transfer@airimaq.kyushu-u.ac.jp

<報道に関すること>

九州大学 広報課

TEL：092-802-2130 FAX：092-802-2139

Mail：koho@jimu.kyushu-u.ac.jp

大阪大学 研究推進部研究推進課総務係

TEL：06-6105-6117

Mail：kensui-shinkou-soumu@office.osaka-u.ac.jp