

環境資源科学研究中心

CSRS

水を電子源に燃料製造

研究成果

効率的に水から電子を取り出す
「人工マンガン触媒」を開発

生体機能触媒研究チーム
チームリーダー 中村龍平

研究担当組織

人類は今、環境、エネルギー、食糧、感染症など地球規模のさまざまな問題に直面しており、これらの問題解決に貢献できるイノベーションの創出が社会から求められています。当センターは、理研の総合力を発揮するために、植物科学、ケミカルバイオロジー、触媒化学の異分野を融合し、グリーンイノベーションに貢献する研究センターとして2013年4月に設立されました。多様な生物機能と化学機能の理解を礎に「炭素」「窒素」「金属元素」に関する研究プロジェクトを推進し、持続的社会の実現に挑みます。「炭素」では、植物機能や触媒化学を用いた二酸化炭素の資源化技術を開発します。「窒素」では、低肥料(窒素・リン)等苛酷な環境下でも高成長が可能な植物や革新的なアンモニア合成技術を開発します。「金属元素」では、生物機能による金属回収技術や豊富で入手しやすい金属を活用した革新的触媒を開発します。また、これらの研究に必要な生物資源の生産および利活用のための「研究基盤」を整備・構築するとともに、国内外の大学や研究機関等とネットワークを築いています。そして、バイオ素材の利活用を進め、環境にやさしい生産技術や農業生産を実現し、持続的な人類社会の構築に貢献します。



センター長
篠崎一雄 (D.Sci.)

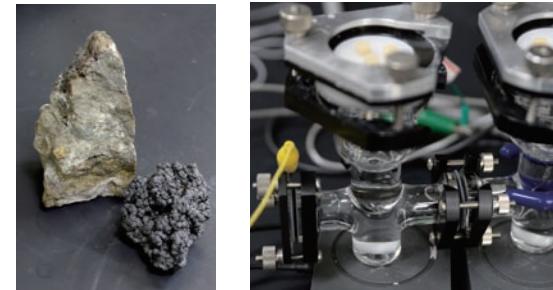
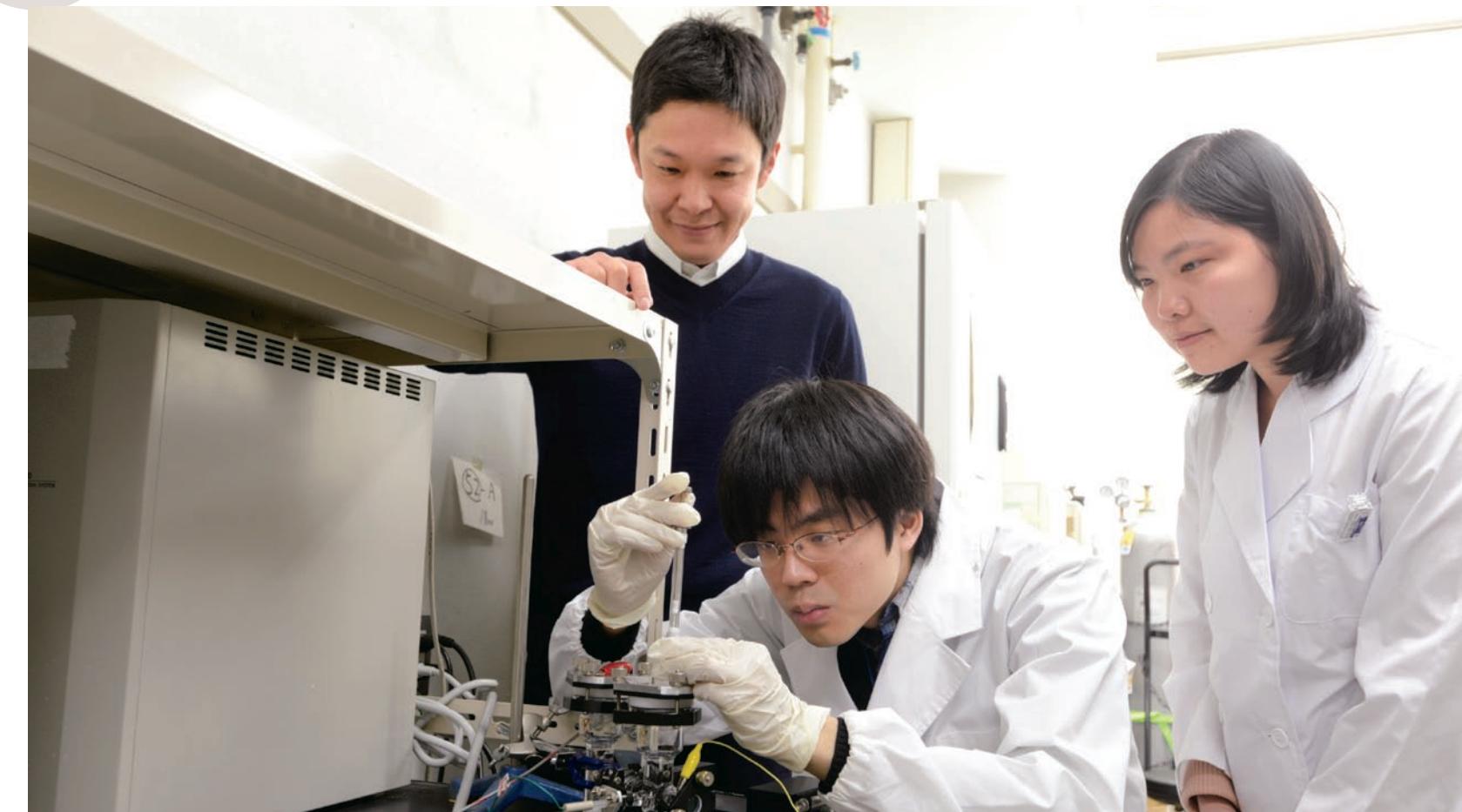
クリーンで地球上に豊富に存在する“水”は、水素や有機燃料の製造に重要な電子源として期待されている化学資源の一つです。自然界では、植物など光合成を行う生物がマンガンを含む酵素(生体マンガン酵素)を利用して水から電子を取り出し、二酸化炭素からグルコースや脂肪酸などの炭水化物を作り出します。以前から、植物の水を分解する生体マンガン酵素の構造を模倣し、水から効率よく電子を引き抜く「人工マンガン触媒」の研究・開発が行われてきました。

人工マンガン触媒が、効率よく水から電子を引き抜くことができるには強酸や強アルカリ環境だけで、中性環境になると活性が著しく低下してしまいます。

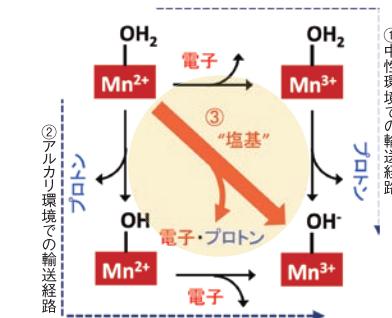
生体機能触媒研究チームの中村龍平チームリーダーによる共同研究グループは、中性環境における生体マンガン酵素と人工マンガン触媒との活性の違いの原因として、電子／プロトン輸送の機構が異なることに着目しました。その結果、水を分解するプロセス($2H_2O \rightarrow O_2 + 4e^- + 4H^+$)において、生体マンガン酵素では電子とプロトンが同時に移動しているのに対して、人工マンガン触媒ではプロトンより先に電子が移動していることを明らかにしました。

次に、共同研究グループは、生体マンガン酵素におけるアミノ酸を介した電子／プロトン輸送制御機構にヒントを得て、人工マンガン触媒にプロトン受容能が大きい塩基を何種類も添加し、中性環境(pH=7.5)での水分解反応活性への効果を調べました。その結果、プロトン受容能力が高くなるにつれ電流値が大きくなり、よりエネルギーロスが少ない低い電位からでも電流が流れることが分かりました。つまり、中性の水を分解しても電子を取り出せるということです。また、検討を行った中でもっとも高いプロトン受容能力を有する塩基(g-コリジン)を添加した場合、水分解活性は最大15倍も高くなり、強アルカリ環境で得られる値の60%にまで達しました。これにより中性の水を分解して電子を取り出す触媒として十分な活性を示したといえます。

この研究成果は、クリーンで豊富な中性の水を電子源とした水素製造や環境負荷の低い有機燃料製造などにつながることが期待できます。



●人工マンガン触媒の水分解反応における電子とプロトンの輸送経路



- ①中性環境では、電子がプロトンより先に移行する。
- ②アルカリ環境では、プロトンが電子より先に移行する。
- ③塩基を添加することで、中性環境でも電子とプロトンを同時に移行させる。

中村龍平(なかむらりゅうへい)
(写真左奥)

環境資源科学研究中心
生体機能触媒研究チーム

山口 晃(やまぐちあきら)
(写真手前)

環境資源科学研究中心
生体機能触媒研究チーム