

【特別推進研究】

理工系（化学）



研究課題名 ヒドロゲナーゼと光合成の融合によるエネルギー変換サイクルの創成

九州大学・大学院工学研究院・教授 おごう せいじ
小江 誠司

研究課題番号：26000008 研究者番号：60290904

研究分野：化学

キーワード：ヒドロゲナーゼ、光合成、エネルギー

【研究の背景・目的】

持続可能な環境調和型社会の実現には、化石燃料に依存しないエネルギーシステムの構築が必須である。水素や水は、化石燃料に代わる新しいエネルギー源またはエネルギーキャリアーとしての利用が強く期待されている。自然界では、水素活性化酵素「ヒドロゲナーゼ」が水素からの電子抽出を触媒し、水活性化酵素「光化学系 II」が水からの電子抽出を触媒している。通常このような酵素は温和な環境下でその機能を発現し、過酷な環境下では失活する。しかし、地球上の過酷な環境に順応可能な強靱な菌体も存在し、そのような菌体中で機能する酵素は、強い外部刺激による破損を遺伝子レベルで修復する自己再生機構とともに、合目的化学修復機能も有している。酵素単体は化合物であり、一旦単離されると遺伝子レベルでの再生はできないが、酵素単体でも反応基質や反応生成物を用いて瞬時に活性中心を修復する化学的自己再生機構を有することが最近明らかになりつつある。

本研究では、化学（錯体化学、生化学、電気化学など）と農学（応用微生物学など）を基盤とし、自然界の過酷な条件で機能する酵素が持つ触媒再生・循環機能を分子レベルで解明し、その知見を基に工学的手法による実用化に向けた革新的エネルギー変換技術の創成を行う。標的とする酵素は、水素活性化酵素「ヒドロゲナーゼ」と水活性化酵素「光化学系 II」である。これらの酵素の中にも過酷な環境下で機能を発現できるものがあり、優れた自己再生・循環サイクルによって、破損した箇所を瞬時に自己修復し、触媒能を保持している。最終的に目的とするエネルギー変換技術は、水素と水の活性化反応の自在制御であり、生体系を範としこれらの化学反応を連結して実用可能な応用技術へと昇華する。

【研究の方法】

水素と水を活性化する実用触媒の開発を目標とし、生体触媒開発（農学）、分子触媒開発（化学）、および実用触媒開発（電気化学、実用工学）の有機的連携により、本研究を遂行する。

生体触媒開発においては、過酷な環境下で生育する、新規ヒドロゲナーゼと新規光化学系 II を有する新規菌体を探索し、その特異な反応性の解明やゲノム解析を行う。新規菌体のゲノムに書き込まれた情報を読み取り、その設計図を理解することによって、酵素が持つ触媒再生・循環機能を遺伝子レベルで理解する。

分子触媒開発においては、触媒再生・循環機能を有するヒドロゲナーゼと光化学系 II の特異的な構造と機能を範とし、それらの機能性モデル触媒を構築する。モデル触媒の立体的、電子的効果により、水素と水の活性化反応を熱力学的および速度論的に制御し、その反応メカニズムを分子レベルで精密に解明する。

実用触媒開発では、ヒドロゲナーゼと光化学系 II の機能性モデル触媒の実用化またはその橋渡しを目指し、モデル触媒の電気化学的特性評価やその実用触媒としての実証試験を行う。

【期待される成果と意義】

本研究は、環境調和型の最たる触媒である酵素の反応メカニズムを範とする水素と水の活性化に焦点を当て、生体触媒開発（農学）、分子触媒開発（化学）、実用触媒開発（電気化学、実用工学）の有機的融合で構築されている。この融合から期待される研究成果は、新規酵素の発見、環境負荷のかからない自然のメカニズムの解明、酵素の活性中心の人工モデル化による中心金属とその周辺配位構造の役割の解明、自然の環境調和型触媒を範とする人工実用触媒の開発である。これらの研究成果は、基礎科学として、高いインパクトがあり、さらにその成果を社会に還元することが可能な新しい発想の工業触媒の開発とそれに伴う技術革新を産業界に発信できるという意義がある。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- S. Ogo, K. Ichikawa, T. Kishima, T. Matsumoto, H. Nakai, K. Kusaka, T. Ohhara, *Science* **2013**, *339*, 682–684.
- S. Ogo, R. Kabe, K. Uehara, B. Kure, T. Nishimura, S. C. Menon, R. Harada, S. Fukuzumi, Y. Higuchi, T. Ohhara, T. Tamada, R. Kuroki, *Science* **2007**, *316*, 585–587.

【研究期間と研究経費】

平成 26 年度－30 年度 437,900 千円

【ホームページ等】

<http://web.cstm.kyushu-u.ac.jp/ogo/>
ogolab@mail.cstm.kyushu-u.ac.jp