



光エネルギーを利用して有害特定化学物質から有用化合物への合成に成功！ －不要なものから有用なものに、一石二鳥の物質変換－

概 要

九州大学大学院工学研究院応用化学部門の鳥越恒准教授と久枝良雄教授は、有害特定化学物質を、化学工業品として有用なエステルやアミド化合物に、光エネルギーを使って変換する触媒の開発に世界で初めて成功しました。本研究では金属酵素のモデル化合物を、無機化合物である酸化チタン光触媒の表面に化学修飾したハイブリッド触媒を合成し、常温、常圧、空気下の温和な条件で、環境汚染物質であるトリハロメタン類を有用な化学物質へと変換させることを実現しました。

本成果は、2015年11月3日(火)に、ドイツ化学会誌『*Angewandte Chemie International Edition*』オンライン版に掲載されました。

■背 景

トリクロロメチルベンゼンは、化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（化審法）で有害特定化学物質（※1）に指定されており、人体や環境に悪影響を与える汚染物質です。従って、このような環境汚染物質を除去・無害化する科学技術の開発は、学術的観点のみならず、安全・安心な社会を築く上でも、重要な課題です。さらにその手法としては、効率性の向上のみならず、低コスト、簡便、温和な条件で達成することも同時に望まれています。一方、生体内の金属酵素は、常温・常圧の温和な条件で働く触媒であり、生体内で様々な物質変換反応を担っています。そこでこうした酵素の優れた性質を模倣し、さらにそこに新しい機能を付与することが出来れば、天然酵素の機能を凌駕する人工酵素、触媒の開発につながることを期待されています。近年、このようなバイオインスパイアード触媒の開発が世界的に活発に行われており、様々な物質変換反応に応用されています。九州大学大学院工学研究院応用化学部門の鳥越恒准教授と久枝良雄教授は、有害特定化学物質を、化学工業品として有用なエステルやアミド化合物に、光エネルギーを使って変換する触媒の開発に世界で初めて成功しました。本研究では金属酵素のモデル化合物を、無機化合物である酸化チタン光触媒の表面に化学修飾したハイブリッド触媒を合成し、常温、常圧、空気下の温和な条件で、環境汚染物質であるトリハロメタン類を有用な化学物質へと変換させることを実現しました。

本成果は、2015年11月3日(火)に、ドイツ化学会誌『*Angewandte Chemie International Edition*』オンライン版に掲載されました

■内 容

生体内で脱塩素化反応を行っているビタミン B₁₂ 依存性酵素（※2）の反応中心を模倣したモデル化合物を、天然のビタミン B₁₂ を出発原料として合成し、この化合物を、光触媒として作用する酸化チタンと複合化したハイブリッド触媒（※3）を合成しました。この触媒は紫外線照射により活性化され、トリクロロメチルベンゼンや、クロロホルムなどのトリハロメタン類から塩素を取り除く脱塩素化作用を示しました。さらに、空気中で作用させることで、これらトリハロメタン類から、生成物として酸素原子を取り込んだエステルやアミド化合物が一つの反応容器（フラスコ）で高収率に生成することを世界で初めて見出しました。エステルやアミド化合物は、化学工業品として重要な物質であり、環境汚染物質であるトリハロメタン類から光エネルギーを利用して簡便に合成する事に成功した本研究成果は、環境汚染物質の分解と有用物質の合成を同時に達成した一石二鳥の物質変換反応と言えます。

■効 果

本研究成果により、特定化学物質に指定されているトリクロロメチルベンゼンや、クロロホルムなどのトリハロメタン類、DDT（※4）などの環境汚染物質を、光エネルギーを利用して無害化するだけではなく、これらを原料として、有用な化学物質を合成することが可能となります。更にこの反応は、クリーンな光エネルギーを駆動力とし、常温、常圧の温和な条件で働く環境に優しい物質変換反応です。

■今後の展開

開発したハイブリッド触媒を用いて、従来、その処理が課題であった環境汚染物質を原料とし、クリーンな光エネルギーを使って様々な有用化学物質の合成へと展開していきます。また可視光に応答する光触媒と組み合わせることで、太陽光で動作するハイブリッド触媒の開発を目指します。

■掲載論文

題目：Oxygen-Controlled Catalysis by Vitamin B₁₂-TiO₂: Formation of Esters and Amides from Trichlorinated Organic Compounds by Photoirradiation

著者：Hisashi Shimakoshi, Yoshio Hisaeda

雑誌名：Angewandte Chemie International Edition

DOI: 10.1002/anie.201507782

【用語解説】

- (※1) 特定化学物質：人の健康及び生態系に影響を及ぼすおそれがある化学物質として、法律（化審法）で定められた化学物質で、難分解性、長期毒性、慢性毒性などを有する。
- (※2) ビタミン B₁₂ 依存性酵素：コバルトイオンを含む金属酵素。代謝反応を行う酵素（メチルマロニル CoA ムターゼ）やアミノ酸合成を行う酵素（メチオニンシンターゼ）等の酵素反応を司る中心に存在する。近年、幾つかの脱塩素化酵素の中にも存在することが発見された。
- (※3) ハイブリッド触媒：触媒単体として利用するのではなく、様々な人工材料と複合して用いることで、触媒単独では実現不可能な性能を発現する。
- (※4) DDT：塩素を含む化学物質の一つで、ジクロロジフェニルトリクロロエタンの略称。殺虫剤・農薬として世界中で使用されてきたが、その発がん性の危険から、日本では使用が禁止となっている。しかし難分解性であり、過去に使用したものが自然界に蓄積されていることが問題となっている。

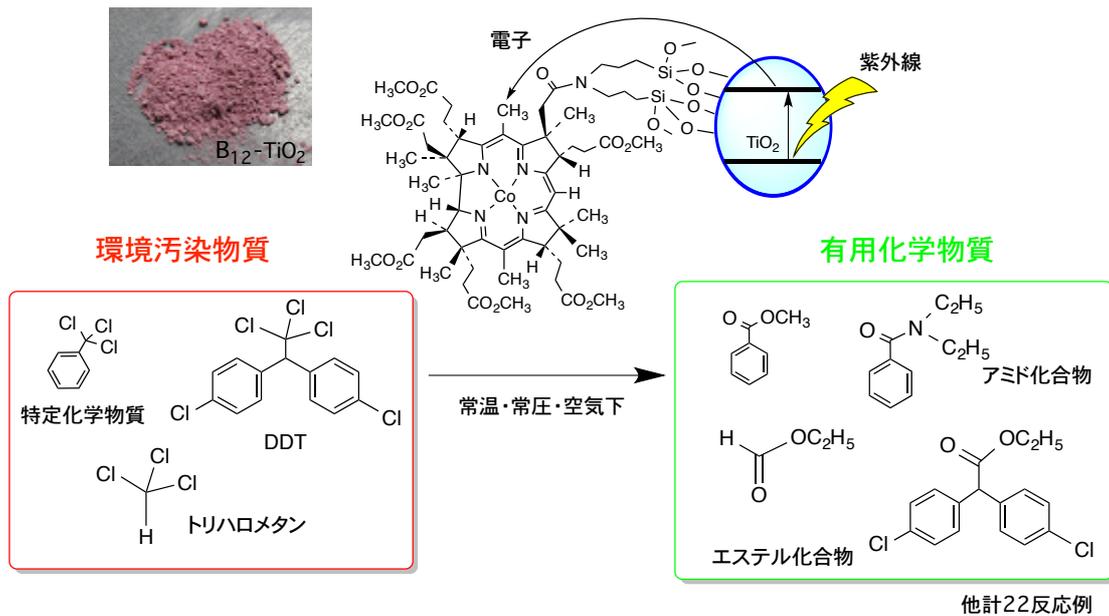


図1 ビタミンB₁₂-酸化チタンハイブリッド触媒(B₁₂-TiO₂)の写真とその触媒反応

【お問い合わせ】

大学院工学研究院 准教授 鳥越 恒 (しまこし ひさし)

電話：092-802-2828

FAX：092-802-2828

Mail：shimakoshi@mail.cstm.kyushu-u.ac.jp

大学院工学研究院 教授 久枝 良雄 (ひさえだ よしお)

電話：092-802-2826

FAX：092-802-2826

Mail：yhisatcm@mail.cstm.kyushu-u.ac.jp