



光で働く人工酵素

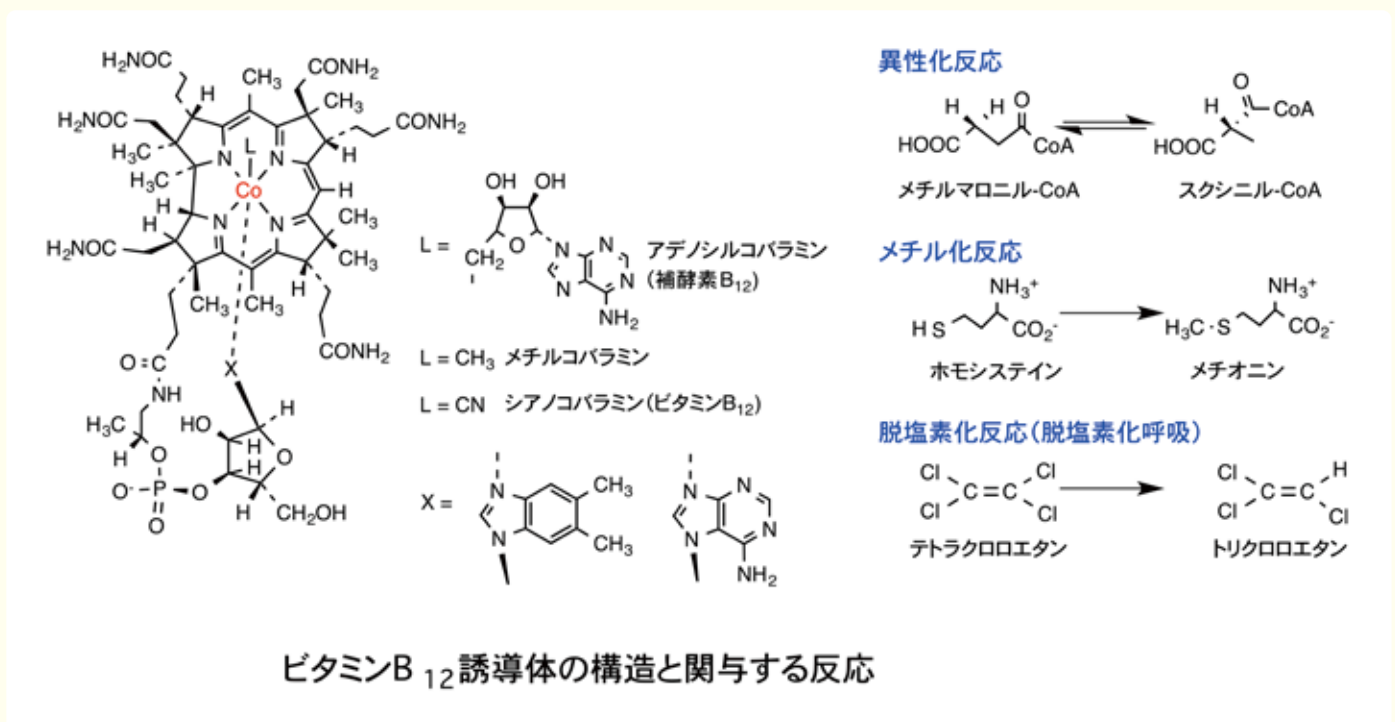
-- バイオインスパイアード触媒

研究代表者：久枝 良雄（大学院工学研究院 教授）

研究分担者：鳶越 恒（大学院工学研究院 准教授）

■研究の目的

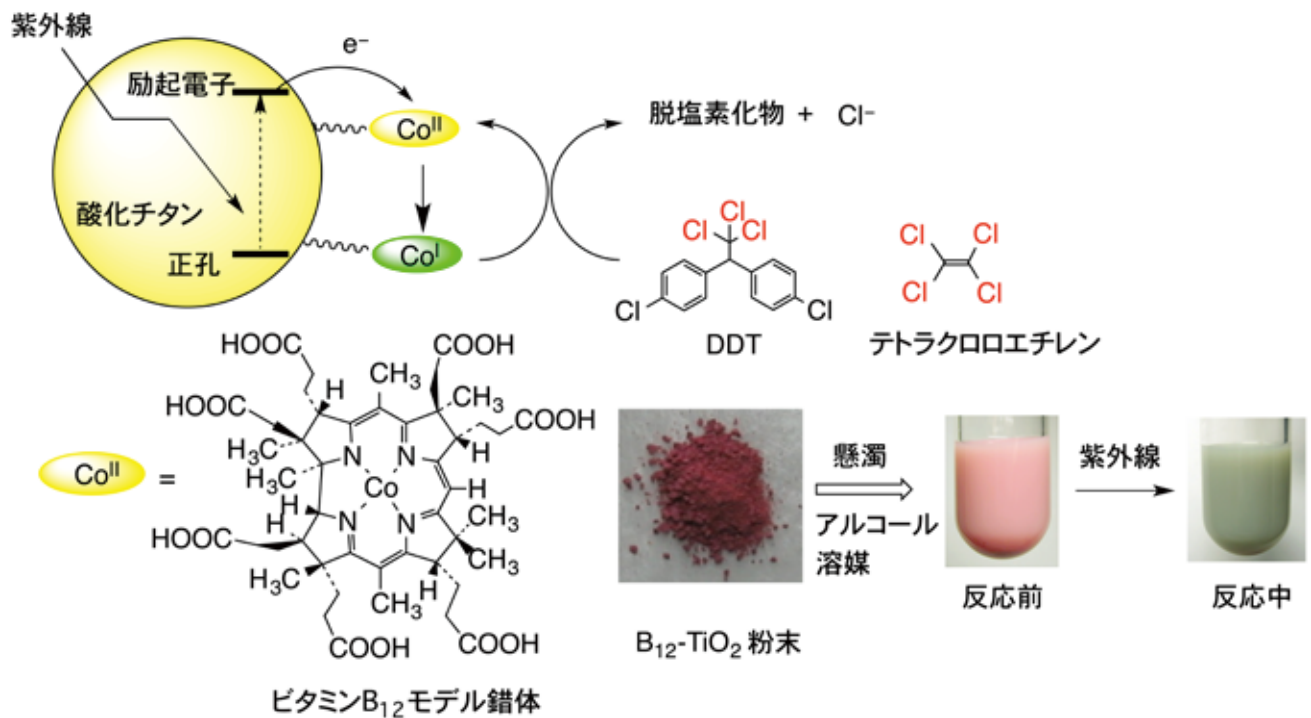
金属酵素は生体内で様々な物質変換反応を行う天然の優れた触媒であり、常温・常圧の温和な条件下、高選択かつ高効率で望みの反応の触媒として働きます。金属酵素の優れた機能は、長い進化の過程で生体系が獲得した自然の英知であり、無駄のない至高プロセスと言えます。自然は我々人類に数多くの事を教示しており、そこから数多くの事を学ぶことで、科学は発展してきました。このような生体系に学び、その機能を模倣した科学技術はバイオミメティクス（生体模倣）と呼ばれ、触媒に限らず、発光材料やセンサーなどの多様な機能材料開発にも応用されています。さらに近年では、生体関連金属錯体と様々な異種材料を複合化することで、天然酵素機能を凌駕する新機能を付与した人工金属酵素の開発が可能になりつつあります。生物に学び、そのしくみを理解し応用することで、新たな人工マテリアルであるバイオインスパイアード触媒の創製が可能となります。本研究では、天然酵素の反応中心に存在するビタミン B₁₂ 誘導体を酸化物半導体である酸化チタンや高分子と複合化したハイブリッド型触媒を作製し、環境浄化機能を有するバイオインスパイアード触媒の開発を行いました。



■ 研究の内容

1. ビタミン B₁₂-酸化チタン複合触媒

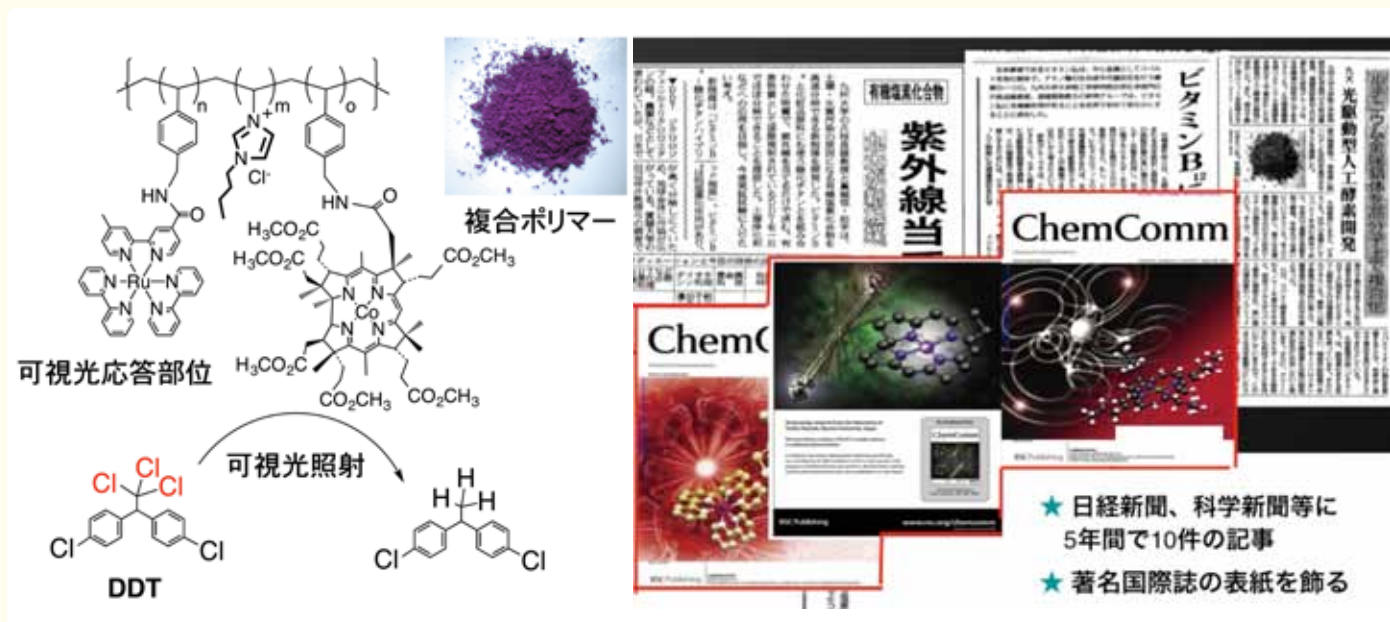
酸化チタン (TiO₂) などの酸化物半導体は、バンドギャップより大きいエネルギーの光を照射すると、価電子帯にある電子が励起され伝導帯に移り、正孔と励起電子対が生成します。この伝導帯の励起電子を利用すれば、ビタミン B₁₂ 誘導体に電子を与え活性化することが出来ます。そこで酸化チタンの表面にビタミン B₁₂ 誘導体を固定化した複合触媒を作製しました (赤紫色の粉末)。このビタミン B₁₂-酸化チタンハイブリッド粉末をアルコール溶媒に懸濁し、紫外線照射すると環境汚染物質であるジクロロジフェニルトリクロロエタン (DDT) やクロロホルムおよびテトラクロロエチレンなどの有機塩素化合物を脱塩素化し無害化することが出来ました。このビタミン B₁₂ が触媒となる脱塩素化反応は、塩素ラジカル種やホスゲンなどの有害な二次汚染物質を生成しないため、環境に優しいクリーンな脱塩素化反応として実用化が期待されます。



酸化チタン-ビタミンB₁₂ハイブリッド触媒による有機塩素化合物の光分解

2. 可視光応答型ビタミン B₁₂-高分子複合触媒

前述の酸化チタンは安価であり、最も汎用性の高い酸化物半導体ですが、光触媒として働くには紫外線照射が必要です。そこで、可視光により働く金属錯体（ルテニウム(II) トリスビピリジン錯体）とビタミン B₁₂ 誘導体を組み合わせた可視光応答型触媒の開発を行いました。ここでは高分子の鎖の中に、ビタミン B₁₂ 誘導体とルテニウム錯体を同時に組み込んだ、ハイブリッドポリマーを作製しました。この高分子複合触媒に可視光照射したところ、環境汚染物質である DDT の脱塩素化が効率良く進行しました。このように高分子材料と金属錯体を組み合わせる事で、よりクリーンな可視光駆動型のビタミン B₁₂ 触媒システムを構築することが出来ました。可視光に反応するという事は、将来的には太陽の光を利用出来ることを意味しており、クリーンで豊富な太陽光で働く人工酵素の開発へと夢は広がります。



3. まとめ

本研究では、天然酵素（ビタミン B₁₂ 依存性酵素）の反応中心と人工材料である酸化物半導体や高分子を組み合わせたバイオインスパイアード触媒の開発を行いました。各素材の組み合わせにより、様々な機能を有する人工酵素の開発が期待され、ここで紹介した環境浄化反応だけではなく、光-エネルギー変換触媒として働くビタミン B₁₂ インスパイアード触媒の開発も可能となります。天然酵素に学んでその機能を模倣し、さらにそこで得た知見を工学的に発展させたバイオインスパイアード触媒はまだまだ大きな可能性を秘めています。こうしたバイオインスパイアード触媒に関する研究は、資源・エネルギー問題の解決と我が国の産業技術の発展に大きく貢献すると確信しています。



Bioinspired Catalysts with Vitamin B₁₂ Functions

Project manager: Yoshio Hisaeda
(Graduate School of Engineering, Professor)

Project member: Hisashi Shimakoshi
(Graduate School of Engineering, Associate Professor)

The application reactions of B₁₂ enzymes with bio-inspired systems are investigated. Various cobalt complexes as the B₁₂ models exhibit a variety of wonderful reactivities. The hybrid catalysts composed of synthesized metal complexes and nano-space materials, which are similar to the active center of the B₁₂ enzyme, enabled various molecular transformations including environmental-friendly organic synthesis reactions and degradation reactions of organic halide pollutants by photochemical reactions. Combining the benefits of natural enzymes and engineering methods will allow the development of a new catalyst system that will exceed biological reactions. The development of the bio-inspired catalyst will play an important role in the next generation of science and technology.

