

Environmentally Friendly Catalytic Process 環境調和型触媒プロセス

プロジェクトリーダー 村 橋 俊 一

大阪大学 大学院基礎工学研究科 教授

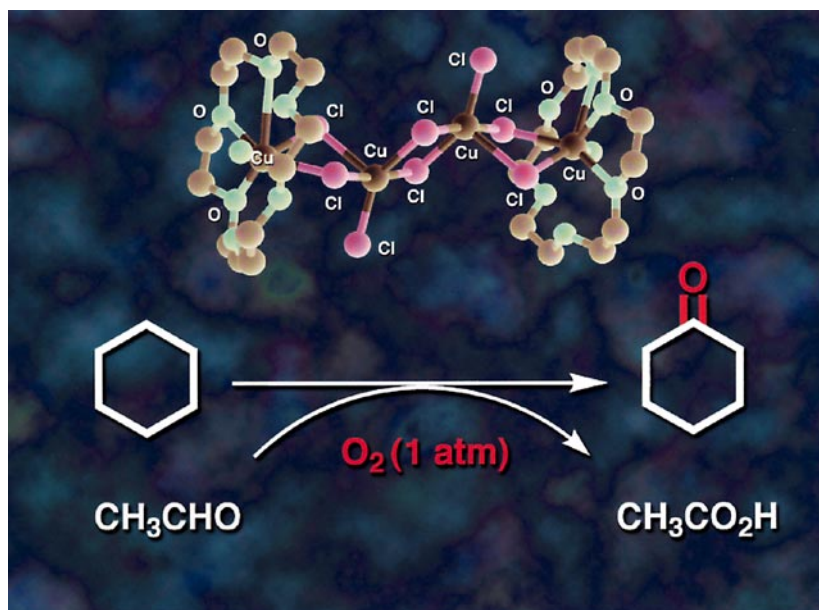


図1 基幹工業原料のシクロヘキサノン（シクロヘキサノール）をシクロヘキサノールより1気圧の酸素により直接合成する未来型酸化触媒プロセス

1. 研究の目的

人口増の問題に対応しながら持続的に人類社会を発展させていくためには、環境との調和を目指した社会を構築していくことが必須です。現在我々が豊かさを享受する源となる物質変換プロセスの中には、この問題に対応しきれないものが多く、将来に必須となる環境調和型プロセスを世界に先駆けて開拓していく必要があります。従来の化学製造プロセスでは、強い酸化活性、塩基性、ルイス酸性等の高反応性を有する金属化合物等の活性化剤を用いて、所望の効率と選択性を達成してきました。しかしながら、この手法では重金属等の産業廃棄物の副生が免れず、処理工程によって弱毒化して環境へ放出する現状のままで、環境への重大な悪影響が懸念されています。環境と調和した新しいプロセスを構築するためには、高い効率と選択性を発現しつつも、原子を浪費しない "atom economy" に適応して中性条件下で進行する触媒システムの構築が不可欠です。我々は、この観点から次の2つの新しい概念に基づき、環境の保全を実現するための新触媒システム構築に取り組んでいます。

一つは肝臓の酸化分解酵素が行っている精緻な代謝機能の本質を抽出し、これを遷移金属錯体でシミュレートする独自の手法です。これにより、アミド、β-ラクタムや不活性な炭化水素に温和な条件下で選択的に活性基を導入するクリーンな生合成型酸化プロセスを開拓しようとしています。もう一つは酸化還元能を有するルイス酸や塩基となる遷移金属触媒を創製して、従来の酸、塩基の反応を中性条件下に触媒的に行わせようとする独自の概念に基づくものです。これらのアプローチにより、重金属化合物や塩化アルミ、苛性ソーダを大量に使用し、塩として廃棄する既存化学プロセスに代わる環境に適応する基本的な未来型プロセスの確立が期待されています。

2. 研究の内容

1) 酵素の代謝機能をシミュレートした環境調和型酸化触媒プロセス

酸化プロセスは、多くの物質変換法のうち大きな比重を占める重要なプロセスの一つです。従来使用されているクロム酸酸化やスワーン酸化にみられる無機反応剤やハロゲン化剤は有害な廃棄物が大量に排出されることが多く、これに代わる選択的な酸化触媒反応の開拓が必要です。この問題の根本的解決を目指して、我々は、生物が異物を代謝するために使っているシトクロム P-450 酵素やフラビン酵素などの強い酸化分解酵素の機能の原理を抽出し、金属触媒でシミュレートすることで、生物が行うクリーンで無駄のない化学反応をフラスコの中で実現しようとする研究を行っています。例えば、シトクロム P-450 酵素には $\text{Fe}=\text{O}$ という特異な反応性を持つ活性部位が強力な酸化力の源になっていますが、これをシミュレートして $\text{Ru}=\text{O}$ 活性種を発生させることで肝臓の酵素が行う酸化反応が行えることが判ってきています（図2）。

この新手法により、化学工業の基幹原料の製造や医薬品等のファインケミカル合成を環境汚染の心配のない方法で製造できるようになってきています。例えば、この手法によりナイロンの原料となるシクロヘキサノンをシクロヘキサノールから1気圧の酸素で酸化する、最も直接的で安価な方法で製造できるようになります（図1）。この方法は現在工業化に向けて様々な検討が加えられています。また、第3世代の抗生物質として市販されているカルバペネム系抗生物質の合成中間体1の工業化に成功し、現在年産60トン規模の製造プラントが稼働しています（図3）。

2) 酸化還元能を有する塩基およびルイス酸金属錯体触媒の開拓

苛性ソーダ、有機リチウム化合物に代表される塩基や、塩化アルミニウムに代表されるルイス酸は、化学工業に必要不可欠な反応剤ですが、反応基質と等量以上の使用が必要であり、環境保全の観点から触媒反応の開拓は急務の課題です。我々は、低原子価ヒドリドルテニウム錯体2が中性条件下で酸化還元能を有する特異な塩基性やルイス酸性を発現することを見出しており、本研究ではこの新原理を多面的に検討することにより、多くの既存の酸塩基法に置き換わる中性条件で進行する未来型酸塩基触媒プロセス開拓を目指しています。この新概念より最近見出されたジニトリルとジアミンからポリアミドを合成するプロセスは、高い経済性、廃棄物が皆無でクリーンであること等、将来の工業化プロセスの要請に応える諸条件を備えており、実用化が期待されています（図4）。

3. 研究の体制

期 間：1996年10月～2001年3月

構 成：プロジェクトリーダー1名、コアメンバー2名、研究協力者10名（内日本学術振興会研究員2名）で構成されています。その他、下記の研究室に属する大学院学生が多数この研究に参加しています。

実施場所：この研究の主拠点は大阪大学ですが、他大学との協力方式でプロジェクトを進めています。大阪大学大学院基礎工学研究科 村橋研究室、関西大学工学部 石井康敬研究室、大阪大学大学院基礎工学研究科 金田清臣研究室、が綿密な連絡を取ってプロジェクトを進めています。

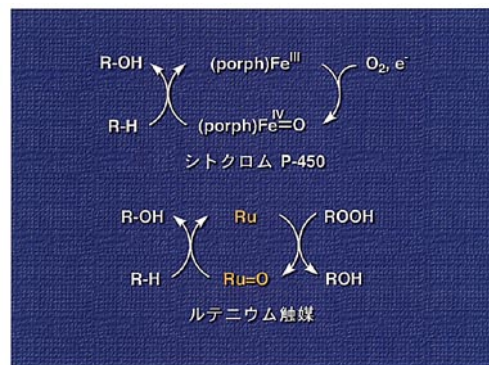


図2 金属触媒による酵素のシミュレーション

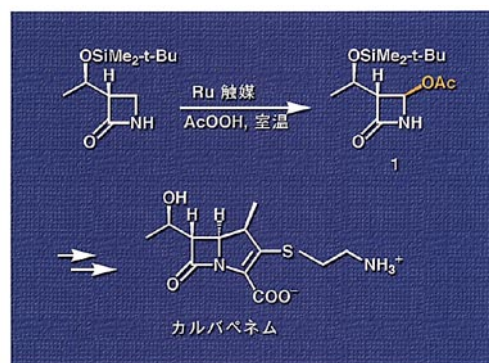


図3 第3世代の抗生物質カルバペネムの合成

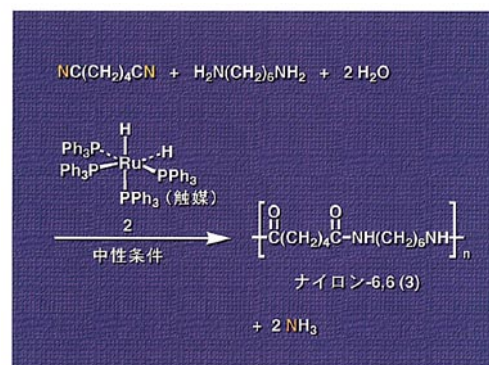


図4 ナイロンー6,6の新製造法

