

<科目名>

基礎実験 I(化学) α、基礎実験 II(化学) α

<担当教員名>

小林広和 (先進科学研究機構・准教授)

kobayashi-hi@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

<講義題目>

アドバンスト理科・研究入門



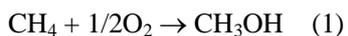
<授業の目標と概要>

触媒によるバイオマス変換やその他の重要な触媒反応の最先端研究を行い、化学における実験研究法を体得することを授業の目標とします。さらに、発展として、研究が進展した場合には、受講者に学会発表を行ってもらったり、最終的には共著で論文を執筆し、学術誌に投稿することを目指します。このような発展的な内容を希望する学生は、受講期間終了後も研究の継続をサポートします。

研究テーマについては、実際の先端研究のため、詳細は記載できませんが、大枠として以下の物を挙げます。

- ・バイオマス変換 セルロースやリグニンから化学品を合成する触媒反応を研究します。
- ・アルカン部分酸化 反応性に乏しいアルカンを酸化して有用な化学品を合成します。

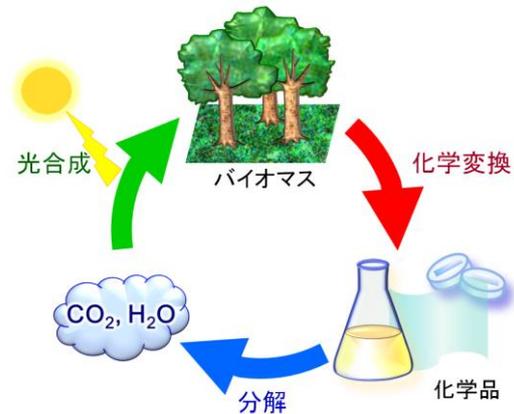
触媒は、化学反応を促進するだけでなく、反応の選択性を変化させられるので、効率的な物質変換に不可欠です。例えば、最も単純なアルカンであるメタンからメタノールを合成する反応を考えてみましょう。式1の通り、酸素原子を一つ挿入するだけの反応ですが、果たしてこの反応は進行するのでしょうか。直感的に分かる通り、常温常圧で単にメタンと酸素を混ぜただけでは反応は進行しません。メタンは極めて安定な分子であり、また酸素分子は比較的安定なうえに、基底状態が3重項であるため、1重項の生成物を与える反応がスピン禁制となり、反応の確率を劇的に低下させています。では、メタンと酸素の混合物を高温にしていったらどうなるのでしょうか。メタンの酸化は始まるでしょうが、メタノールではなく、完全酸化によって二酸化炭素と水が生成してしまうことは想像に難くありません。



このようにメタノールを得るためには触媒によって反応を制御することが不可欠ですが、これまでに報告されている人工触媒を用いても選択的に反応を起こすことは非常に難しく、夢の反応として知られています。ところが、メタンモノオキシゲナーゼという酵素は、この反応を常温常圧でやってのけます。生体触媒であるこの酵素は、酸素分子に電子を渡すことで活性化して、 $\text{Fe}^{\text{IV}}\text{-O-Fe}^{\text{IV}}$ といった強力な酸化力を有する異常原子価のオキソ種を形

成し、メタンに一つだけ酸素原子を入れることができます。優れた触媒の効果は絶大です。

さて、人類はこれまで化石資源に頼って文明を発達させてきました。再生に極めて長い時間のかかる石油を短期間のうちに掘り出して使うわけですから、もちろん現状のやり方に持続性はありません。加えて、大量に放出された二酸化炭素は、温室効果ガスとして働き、海洋の酸性化も引き起こしています。この問題を解決するためには、炭素資源を一方向的に消費することなく、きちんと循環させる必要があります。



つまり、二酸化炭素を資源として戻すことになるわけですが、植物は光合成によって、空気中の二酸化炭素を糖に変換します。植物内の化学変換や食物連鎖を経て、二酸化炭素に含まれていた炭素原子から様々な有機物が作られていきます。このような生物資源(=バイオマス)をうまく使うことができれば、社会はより持続的になります。

バイオマスの中で最も豊富に存在するのが木質バイオマスです。木質バイオマスは、セルロース、ヘミセルロース、リグニンという3つの高分子からなりますが、特にセルロースとリグニンは水に溶けず、難分解性であり、化学資源としてはほぼ利用できていません。この問題を打開するために、近年、これらの物質を選択的に分解するための触媒の研究が盛んに行なわれています。我々は、カルボキシ基などの弱酸点を持つ活性炭触媒がセルロースを加水分解できることを見出しています。しかし、実用化にはまだ壁があり、より優れた触媒反応の開発が必要です。このような触媒を生み出すためには、どうしたら難分解性の固体を分解できるのかという基礎学理の開拓も必要です。セルロースを加水分解できれば、グルコースという糖が得られますが、グルコースから生分解性プラスチックなどの有用な化学品を合成する反応にも困難があり、やはり新たな触媒と学術が必要です。

このような挑戦性の高いテーマに取り組んでいきます。

<受講人数>

1~3名

<実験実施場所>

駒場IIキャンパス 駒場オープンラボラトリーM202室, M203室、駒場Iキャンパス 3号館208室

<講義形式>

実験主体であり、ほとんどは研究室で行います。実験には時間がかかるので、少なくとも例えば午後は丸々空いている曜日などが必要です。

<個別ガイダンス>

9月26日(月)10:30から1時間程度、ZOOMにて行います。下記URLから必ず事前に登録をしてください。個別ガイダンスに出席できなくとも選抜に申し込むことはできますが、連絡事項が生じた場合に備えて、上記事前登録はしておいてください。

https://u-tokyo-ac-jp.zoom.us/meeting/register/tZYoc-yvrT8vGNXi_wuW9tjbiarrxtQkycBH

<選抜方法と選抜方針>

・第一段階選抜

下記2点をあわせてA4 1~2ページを目安にまとめてください。図を含めても構いません。PDFファイルとしてメールで小林宛て(kobayashi-hi@g.ecc.u-tokyo.ac.jp)に送ってください。締め切りは10月1日(土)午後1時とします。

1. 将来に必要な、もしくはあったら良いと思う触媒反応を考え、論じてください。既存のプロセスの問題点を指摘し、それを革新するものも含みます。
2. 自身の興味やアピール事項(化学部でこんな研究をしたことがある、など)を書いてください。

・第二段階選抜

一人30分程度のオンライン面接を予定しています。面接対象者には、10月2日を目途にメールで案内し、10月3日か4日の都合が良い時間に面接を行いますので、メールチェックをお願いします。

・選抜方針

意欲と論理的想像力を重視します。論理的に話を進めるためには、基礎的な化学の知識は必要ですが、専門的な触媒化学の知識までは問いません。受講決定後に身に着ける意欲があれば構いません。

・選抜結果

選抜結果の発表日は10月5日ないしは6日を予定しています。

※選抜で選ばれるか否かにかかわらず、必ず基礎化学実験のガイダンスを受講してください。

<研究室 URL>

<https://park.itc.u-tokyo.ac.jp/kobalabo/>