

訪問日 2015年7月8日

京都大学 大学院工学研究科 合成・生物化学専攻 石田 直樹 助教

研究題名：太陽光のエネルギーを駆動力とする炭化水素の分子変換に関する研究

京都大学・石田直樹先生を訪ねて

先生の所属する研究室は、ものづくりの方法論として新しい有機合成法を研究しています。有機合成は今は化石資源である原油を主な原料としていますが、最近注目されているのはCO₂とかバイオマスだそうです。助成研究は、原油由来の炭化水素とCO₂を直接反応させて有用物をつくる合成法を開発するものです。研究の成果が将来的に役に立つところまで行き着くかどうかはまだ分かりませんが、世の中では成功例がありませんので、挑戦したいとのこと。当日は多くの現在研究中の化学合成反応を化学式を使って説明いただきました。我々の“言葉”が先生にとり“化学式”とのことで、化学式を使い次から次と、多くの未公表研究を説明いただきました。残念ながら理解するだけの能力がありませんので、主に先生の考え方を中心に記載させていただくことお許しください。

炭化水素は炭素と炭素、炭素と水素の結合からなり非常に反応性が低いため、今まで直接炭化水素を利用する精密有機合成技術はほとんど開発されませんでした。現在は直接炭化水素を変換しようと試みられています。また、CO₂も反応性が低いので、この2つの反応性の低さをどう乗り越えるかがポイントのようです。先生は、化学反応のエネルギーダイヤグラムを示し、反応性の解決方法を解かりやすく説明いただきました。物質のもっているエネルギーと反応の進行具合を縦軸・横軸に示した絵です。反応が進行するには2つの条件があります。エネルギーの低い状態から一旦、エネルギーの高い遷移状態にするための活性化エネルギーが充分小さいことと、反応前の初期状態より生成物の状態の方がエネルギー状態が低いことです。前者は速度論的要因で、後者が熱力学的要因です。この2つは個別に考える必要があります。触媒を開発することは大事ですが、触媒はあくまで速度論的要因である活性化エネルギーを下げる役割だけです。先生の研究は速度論的要因と熱力学的要因の2つをクリアするコンセプトです。それは光反応と触媒反応を組み合わせ、その特徴を生かした新しい反応を開発するものです。この考えは光合成から出てきたもので、光合成は水とCO₂という安定な物質から糖を作ります。光合成は非常に複雑な仕組みですが、明反応と暗反応と2つに分けられます。明反応は光化学反応で、安定なCO₂と水から、より高エネルギーな中間体、生物の例ではATPとか還元剤のNADPHを作り、言わば光エネルギーを化学エネルギーに変換しています。一旦高エネルギーの化合物を作って、そのエネルギーを使って触媒（酵素）を使い活性化エネルギーを下げ、安定なCO₂を反応させる暗反応と2段階の過程です。

現在までに実現した一例として、光を使って炭化水素の炭素－水素結合にCO₂を導入する反応を説明いただきました。詳細は割愛させていただきますが、光エネルギーを化学エネルギーに変換する明反応と、CO₂を取り込む暗反応が協同的に起こることで、反応性の低い炭化水素とCO₂を直接反応させることができたそうです。ユニークな点は、マグネシウムやリチウム、ホウ素などの金属を使わずに、反応性の低い炭素－炭素、炭素－水素結合の切断を経由してCO₂を導入できることです。この知見をもとに、将来的には、現在は有毒な化学物質を用いて合成されている抗生物質をCO₂を炭素資源として利用して合成する手法に置き換えたり、太陽エネルギーを有効に活用する新規のカルボキシル化反応を開発したいとのことでした。

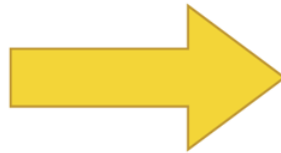
光合成をヒントにしながらかく新しい合成法を聞くことができ、基礎研究の重要性を改めて認識した訪問でした。

(2015年7月8日訪問、技術参与・飯塚)



中央が石田先生

- 炭化水素
- 二酸化炭素

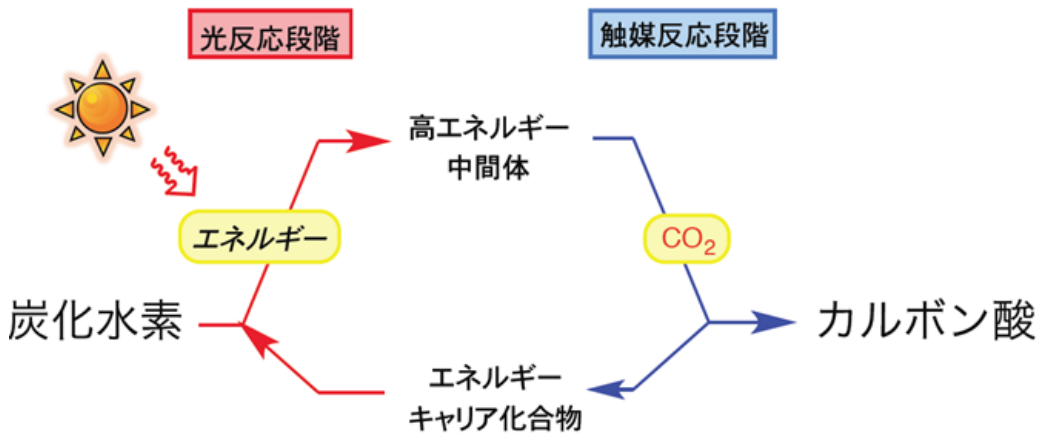


カルボン酸

- 一般に入手容易で安価
- 反応性が低く、合成に利用された例は少ない

- 医薬品、プラスチックの原料

研究の目的



光触媒と遷移金属触媒が協同的に機能する触媒システム

研究のコンセプト: 協同触媒