



人工光合成とメタン生産

マックスプランク陸生微生物学研究所
嶋 盛吾

人工光合成で燃料物質を生産するには、二種類の反応を考える必要があります。ひとつは光エネルギーを使って水を分解し、電子を取り出す反応です。もうひとつは得られた電子を物質生産に利用する反応です。

光合成生物における、水の分解反応は光合成タンパク質によって行われます。得られた電子をどんな物質に渡すかによって、生産物が変わってきます。小学校では、光合成によってデンプンが作られると習いました。この場合は、たいへん複雑な生物化学反応の組み合わせによって初めてデンプン生産が達成されます。人工光合成でデンプンをつくるのは、まだまだ先の話でしょう。

それではいったいどのような生産物が期待されるのでしょうか。生物が行う反応を手本として考えて見ましょう。最もシンプルな反応は水素ガスの生産です。ふたつの水素イオン (H^+) にふたつの電子を与えることによって水素ガス (H_2) を生産できます。この反応を進めるには触媒とよばれる、反応促進剤が必要です。生物は酵素と呼ばれる生物触媒を反応の促進に使いますが、酵素には様々な働きを持つものがあります。例えば、自然界には水素ガスを生産できる微生物が存在します。例えば大腸菌です。大腸菌をある条件で培養すると、水素ガスが発生します。このような微生物は水素イオンに電子を与えて、水素ガスを生産する特殊な酵素を持っています。この酵素は「ヒドロゲナーゼ」と呼ばれています。

人工光合成で取り出された電子を、ヒドロゲナーゼの反応に供給することができれば、水素ガスが生産できます。光合成タンパク質とヒドロゲナーゼを組み合わせ、水素生産の実験はすでに行われています。

さて、自然界にはメタンガスを生産する微生物も知られています。メタン生成菌と

呼ばれる微生物の多くは炭酸ガス (CO_2) に 8 つの電子を与えて、メタン (CH_4) に変換します。メタンガスは天然ガスの主成分で、家庭用の燃焼ガスとしてよく知られていますね。直接燃やすことによって、エネルギーとして利用できますし、液化天然ガスとして保存や輸送も比較的簡単です。もし、人工光合成でメタンガスを生産できれば、エネルギー源として有用です。

メタン菌は、炭酸ガスからメタンガスを生産するのに必要な 8 つの電子を 4 つの水素ガスから取り出します。たくさんの電子を一度に、炭酸ガスに供給するわけではありません。4 段階の酵素反応で、電子を二つずつ使って段階的にメタンを生産します。すでに、これらの反応を行う 4 つの酵素の正体が明らかにされています。これらの酵素を光合成触媒（あるいは光合成タンパク質）と組み合わせることができれば、人工光合成によってメタンガスを生産することも理論的には可能です。最近の研究により、これらのメタン生成酵素がどのように反応を促進するのかが、分子レベルで理解されるようになりました。この 4 つの反応には、化学的にはとても難しい反応が含まれていますが、自然の触媒である酵素は、これらの難しい問題を見事に解決しています。酵素の反応促進の仕組みを応用することによって、メタン生成を行う触媒化合物を合成することも、将来的には可能かもしれません。

将来の人工光合成による燃料物質生産に向けて、光合成タンパク質だけでなくヒドロゲナーゼやメタン生成酵素の酵素反応促進の仕組みをさらに詳細に理解することが重要だと思います。この目的を達成するには、様々な分野の研究者の協力が不可欠でしょう。生物化学の手法だけではなく、酵素の機能を模擬したモデル化合物の合成や、モデル化合物をタンパク質に取り込ませた、人工酵素の研究が鍵になるように思います。