

天然および人工の「光合成」の産業利用

国際環境工学部 環境生命工学科
国際光合成産業化研究センター

教授 河野 智謙
センター長

1. はじめに

北九州市立大学の国際環境工学部では、環境と産業のかかわりに注目し、科学および技術開発により人類が直面する諸問題を解決することを目指しています。現在、取り組むべき喫緊の課題として、地球規模での(1)環境問題、(2)エネルギー問題、(3)人口増加に伴う将来の食糧危機の回避をあげることができます。環境と調和した、持続可能なエネルギーと食糧の生産を実現するためには、どのような技術革新が必要でしょうか。現在、化石燃料の過度の使用が地球の大気中のCO₂を増加させ、温室効果により地球温暖化がもたらされる懸念について深い議論が繰り広げられています。一方、化石燃料資源は有限であり、近い将来、資源の枯渇が危惧されています。多くの場合、環境問題、エネルギー問題、食糧生産の問題は、トレードオフの関係にあります。人工光合成研究に関する先駆的な研究を立ち上げたオーストラリアの研究者A. F. Colling博士とC. Critchley博士は、図1に示した書籍の中で、生物工学を駆使し自然を改良した効率的な「光合成」あるいは人工の「光合成」は、地球温暖化問題に対する1つの可能な解決策を提示できると主張しています。

我々も、生物が行う光合成の謎の解明、より効率的な利用技術の開発、さらには天然光合成を模倣した「人工光合成」という新しい研究分野の中にその答えがあると考え、昨年度、環境技術研究所の技術センター群の一つとして、「国際光合成産業化研究センター」を設立しました。植物の光合成は、理学(生物学)および農学分野で伝統的に扱われてきた研究テーマですが、我々の研究グループでは、農学部でもなく、理学部でもない、工学系の学部・大学院であるからこそ出せる答えを追い求めています。

2. 光合成に依存する社会

普段は意識されていないのも、人類の生活も産業活動も、直接的にまた間接的に、藻類や植物が行う「光合成」に依存しています。食糧の観点からみると、人類は食物連鎖の頂点に立っていますが、それを突き詰めれば光合成による一次生産に依存しています。次にエネルギーの観点からみると、現在、利用されている化石燃料は、主としてデボン



図1 人工光合成に関する書籍。
河野智謙(監訳)(2008)
「翻訳版 人工光合成 一生
生物学的基礎から工業技術的
応用まで」原書編者:A.F.
Colling, C. Critchley, 株
式会社エヌ・ティー・エス、
全324頁

紀から石炭紀にかけての活発な天然の光合成による有機炭素の貯蔵を考えることができますし、18世紀以前まで主要なエネルギー源であった「薪」も光合成産物の短期貯蔵物とみなすことができます。これからは、単に消費するだけでなく、「光合成」によるエネルギーの再生も重要となります。さらには、植物や藻類は、太陽光エネルギーを化学エネルギーに変換するだけでなく、我々の呼吸のための酸素の供給源でもあり、地球規模での水の循環における重要な因子でもあります。これから「光合成」を積極的に産業に取り入れることにより、(1)環境負荷を低減した持続可能性の高い食糧生産の形、(2)エネルギーの再生、(3)環境保全・修復など、環境と調和した方向性での社会と経済活動への貢献が可能になると考えます。

3. 生物を利用したエネルギー生産

食糧生産が生物に依存することは言を俟ちませんが、様々な形のエネルギーもまた生物の働きにより作り出すことができます。生物による非光合成プロセスを利用した事例としては、メタン酸性菌によるメタンガスの生成や、近年注目されている特殊な嫌気性バクテリア群(発電菌)による発電を上げることができます。光合成を利用したプロセスでは、水素の产生やロケット燃料となる過酸化水素の藻類による产生の研究などを挙げることができます。現在、国内外で、再生可能エネルギーに関する様々な研究が行われていますが、藻類や植物による液化燃料の合成も重要なテーマとして認識されつつあります。

4. 北九州イニシアティブと光合成技術

平成28年5月に北九州市で開催された「G7北九州エネル

ギー大臣会合」では、共同声明「北九州イニシアチブ」が採択されています。この中で、再生可能エネルギーや低炭素技術分野への投資が、CO₂排出を伴わない経済構築の助力となることが謳われています。これまでにも北九州市では、低炭素化社会の実現のために様々な取り組みが行われていますが、「国際光合成産業化研究センター」でも、このG7会合において「人工・天燃光合成を利用した持続可能な燃料生産への取り組み」についての展示・発表を通じて、先進主要国のエネルギー担当相に対しての情報発信をおこないました(図2)。現在、「北九州イニシアチブ」の理念を実現するために、産学連携および国際的な研究協力の枠組みを作り、(1)天然および人工の光合成による持続的な燃料生産および(2)高輝度LED光源、環境制御技術、ロボティクス技術を導入した植物工場による、フードマイレージを最小化した都市型農業の実証研究を進めています(図3)。

CO₂を吸収し、有機物を合成する光合成の機能を直接的にかつより効率的に利用するために、欧州の大学群や国内企業との共同研究による、植物由来あるいは海産性藻類由来のバイオオイル生産技術の開発に取り組んでいます。しかし、バイオエタノール(トウモロコシ)やバイオディーゼル(大豆)生産において問題となったような、エネルギー生産のために、食糧生産が犠牲となることは回避せねばなりません。そこで、食糧生産、農業用地の利用、農業用水の利用と競合しないモデルに取り組んでいます(地中海沿岸の非耕作地での油脂産生植物など)。

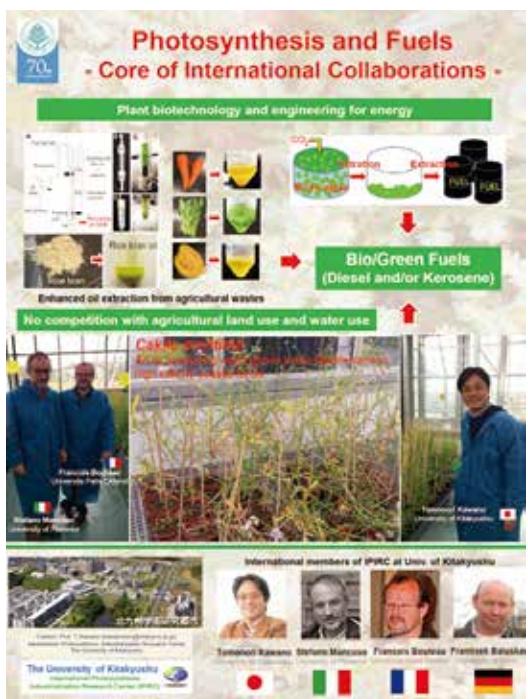


図2 G7エネルギー会合での人工光合成による燃料生産プロジェクト展示資料の一部

一方で、植物の機能を模倣したエネルギー生産技術の開発を目指し、天然の光合成において暗反応として知られるCO₂固定のプロセスを模倣した燃料の合成システムの開発もチャレンジすべきテーマとして産学連携研究が始動しています。

上記の取り組み以外にも、オリンピックやラグビーワールドカップを視野に入れた競技場用の天然芝の人工光源の下での効率的な生育・養生技術など、今後、光合成研究は、様々な応用展開が期待されています。



図3 太陽光利用型植物工場への人工光補光効果の検証実験の様子(エスジーグリーンハウス社による機会の提供)

Profile



河野 智謙

Tomonori Kawano

役職／教授

学位／博士(農学)

学位授与機関／名古屋大学

【連絡先】 kawanotom@kitakyu-u.ac.jp

■専門分野

生物の光応答(LEDの生物分野への応用)、植物-微生物相互作用、植物の環境応答、光合成、金属毒性、細胞内情報伝達、活性酸素の化学・生物学、バイオセンシング技術、ブリオソ、タンパク質工学、ペプチド化学、人工酵素、マイクロバイオロボティクス、科学史(生物・フランス)

■主要研究テーマ

植物の環境応答メカニズムの解明、次世代型植物工場要素技術開発、LEDの第1次産業へのアプリケーション、光合成生物の細胞生物学、人工光合成

■P R・その他

現在、産学連携および国際連携のパートナー企業を募集しています。