

人工光合成とその将来性について

史 中超 研究室
1031198 鮎 俊

1. 研究背景と目的

太陽光は地球に無限に降り注ぐ唯一のエネルギー源であり、人類の存亡をかけたエネルギー問題解決の立役者として期待されている。しかし、太陽光からエネルギーを取り出すための技術は、まだ発展途上と言わざるを得ないのが現状である。その一方で、高等植物や藻類などの生物は、大昔からいとも簡単にそれを行っていた。それが光合成である。光合成は、光のエネルギーを使って水分子を酸素分子と水素イオン（プロトン、 H^+ ）に分解する反応である。この反応を手助けする触媒として働くのがマンガンクラスターで、葉緑体にある膜蛋白質「PSII」の内部に位置している。しかし、その触媒のしくみは謎に包まれている。光合成の水分解反応を分子構造に基づいて研究することがようやくできるようになった。光合成から学んだしくみを応用することによって、人工光合成の実現や植物や藻類によるバイオエネルギーの生産性向上など、太陽光を利用したエネルギー生産の技術開発が進むと期待されている。

植物の行っている光合成反応は $6CO_2 + 12H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2$ である。つまり、植物は太陽光をあてるだけで、二酸化炭素と水から、糖分と酸素を作れる。植物はこの糖分を集めて、炭水化物を作る。この植物の作ってくれた炭水化物を人間は食糧としている。

光合成を人の力で作り出すことが出来たならば、今地球上で問題になっている食糧問題、飢餓問題、エネルギー問題、炭酸ガスによる地球環境問題などが一気に解決する可能性もある。しかも原材料

は太陽の光りと炭酸ガスと水であり、原料コストはほとんどゼロである。特に地球温暖化の原因とされている二酸化炭素は人工光合成の原料として有効に使われることになり大切な資源へと変身することになる。

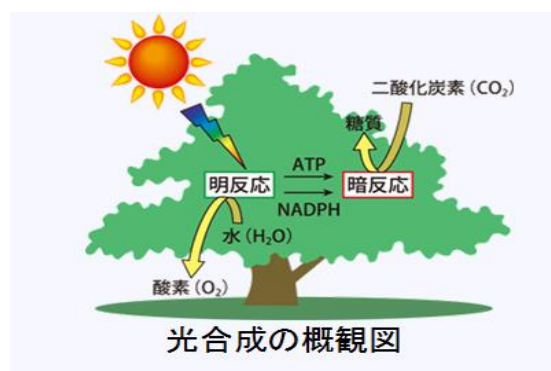


図1 光合成の概観図（出典：i-Mart）

人工光合成はエネルギー問題を解決できるだけでなく、食糧問題、地球温暖化の問題も解決できる。人工光合成の現状や問題点、将来性について、詳しく紹介し、分析する事が本研究の目的である。

2. 人工光合成の現状と問題点

人工光合成とは、光合成を人為的に行う技術のこと。自然界での光合成は、水・二酸化炭素と、太陽光などの光エネルギーから化学エネルギーとして炭水化物などを合成するものであるが、広義の人工光合成には太陽電池を含むことがある。自然界での光合成を完全に模倣することは実現していないが、部分的には技術が確立している。

人工光合成は「地球温暖化および化石燃料枯渇の問題を同時に解決できる夢の技術」として、空気中の二酸化炭素を材料に酸素を作り、なおかつ

工業的に利用価値のある有機物を合成することが可能な植物の光合成のシステムを人工的に作り出そうという。つまり、人工光合成は地球温暖化を抑制して、環境を改善できる。しかし、人工光合成はエネルギー問題の解決に大きな貢献が期待できるわけだが、問題は太陽エネルギー変換効率の低さである。人工光合成による太陽光エネルギー変換効率は 0.04%ほどであり、一般的な植物の光合成による変換効率は 0.2%である。また、ほかの技術の変換効率では、太陽電池では電力として 10～20%程度。

3. 人工光合成の将来と発展について

太陽光エネルギーの変換効率

効率	時期	内容
0.04%	平成23年9月	豊田中央研が世界初成功
0.2%	24年7月	パナソニックが達成 自然の植物とほぼ同じ効率
3%	28年度末	経産省人工光合成プロジェクト中間目標
10%	33年度末	経産省人工光合成プロジェクト最終目標

図2 人工光合成将来の目標

出典：パナソニックのHP

人工光合成の交換率は平成 28 年度が 3%、平成 33 年度が 10%になるのが今後の目標である。また、人工光合成は CO₂削減による温暖化防止や、石油に代わる新しいエネルギー源として将来、活用が期待できる。

① 人口問題と食糧問題

世界の人口は増え続けており、2012 年現在は 70 億の人口が、2050 年には 90 億人を突破すると予測されている。そして、アメリカ農務省の統計によれば、2011 年の世界の穀物生産量は過去最大 22 億 9500 万トンである。一方、同期間に消費量は 22 億 8000 万トンになった。

不足する食糧問題を解決する手段として全力で光合成することで、3 割増しで成長できる。そんな植物を九州大と東京大、理化学研究所のチームが 2013 年に作った。

まず 1 人あたりが 1 年間に必要な穀物量を算出すると 22 億 9500 万トン÷70 億人=330 kg/人で

ある。この植物を生産する事によって 3 割増産する事が出来るので、22 億 9500 万トン×(1+30%)=29 億 8350 万トンである。90 億の人口が必要な食糧 29.7 億トン (330 kg/人×90 億人=29.7 億トン) より 1350 万トン多くので、十分賄う事が出来る。つまり人口が 90 億になっても、食糧の問題は解決できる。

②地球温暖化問題

人工光合成は光合成と同じ二酸化炭素を吸収し、エネルギーを作る。つまり、二酸化炭素は人工光合成の原料である。だから、人工光合成を利用すれば、二酸化炭素は必ず減ってくる。

③エネルギー問題

人工光合成でメタノールなど燃料となる液体をつくれれば、それをタンカーに積んでいろいろなところに運ぶことができる。液体なので貯蔵も可能。春つくったものが夏に使える。そして、これが重要な点だが、できた燃料を使って自動車を動かしても、燃やす際に出る二酸化炭素の量は少ないので環境に優しくできる。プラスチックの原料にもなるし、もちろん化石燃料のように枯渇する心配もない。

4. まとめ

本研究は、人工光合成は太陽光エネルギーを私たちが利用できる化学エネルギーに変換すること地球温暖化問題を解決すると同時に農産物を増産するための研究である。現在のエネルギーは化石燃料に依存していることに対して、それほど危機感を持っていないように思われる。しかし、化石燃料はいずれ枯渇することを考えると、太陽光エネルギーを有効に利用するための一つの手段である人工光合成の研究をしていくことは私たち人類の責任であると思う。

主要参考資料

[1] アメリカ農務省 (USDA)

[2] i-Mart (アイマート) 革新技術