

## Newton 4月号の「光合成」特集記事について

一般向けの科学雑誌 Newton に光合成の特集記事が掲載された。

### NEWTON SPECIAL

地球の生物を支えている

## 光合成

CO<sub>2</sub>を吸収し、太陽光と水を使って「合成」するしくみとは？

監修 三室 守 協力 笹岡晃征／野口 巧／横田明穂

植物の中でくり広げられる、光合成の巧妙なしくみ。

それは完璧なまでにしくまれた、

光と水、二酸化炭素の化学反応だった。

植物のおどろくべき能力を徹底図解する。

とても喜ばしいことであるが、今ひとつ期待はずれという感もある。

この記事は大きく分けて3つの部分からなっており、1. 光合成の科学史、2. 光の吸収からでんぷんの合成まで、3. 最近のトピックスと Q and A である。内容的に重みのあるのは、1と2の部分で、新しいことはあまり書かれていない。特に、環境との関連やルビスコの改良については、編集協力者の研究が簡単に紹介されているのみである。「光合成の科学」で詳しく取り上げていなかった内容を補っていただいているようでもあるという意味では、よいことなのかもしれない。しかし、全体としてみると、高校生物の教科書や参考書の解説の域を出ていない。現在の教科書では、光捕集、電子伝達、カルビン回路なども解説されており、歴史については、ずっと詳しい。生物教育の世界では、このあたりのことは、酸素の発見の歴史と絡んで、非常によく研究されており、その成果が教科書や参考書の編纂に活かされているので、いまさらなぜ科学雑誌で解説するのだろうかという疑問がある。

さらに歴史に関する問題点としては、(1) フロギストン説を囲みで解説する必要はない、(2) 植物が栄養を二酸化炭素から得ることの発見史の意味づけが違っている、などの点がある。フロギストンはもともとは燃焼の際にでるものと考えられたが、やがて脱フロギストン空気(=酸素)が考えられるに至って、単に「マイナスの酸素」という意味に変わっていったと見るべきである。いずれにしても、今更過去の一時期に提唱された説を蒸し返す必要はなく、現在の考え方で統一して説明すれば十分である。教育に科学史を利用するというのは、発見の過程を追体験することによるわかりやすさと感動を求める考え方もあるが、歴史的に後に否定された考え方や概念をいったん理解してからでないかと話をたど

れないという点で、無駄な努力が必要になる。また、子供にとって全く必要のないことを一度理解しなければならぬという負担についても、よく考える必要がある。

(2) に関しては、歴史的に、もともと植物は土から栄養分を得ていると考えられていたのに対し、完全な無機培地による水耕栽培でも育てることができて、植物は空気から二酸化炭素を取り入れて同化することができることを証明する長い論争があったことは事実である。この論争は本当に長く、何度も繰り返されたので、プリーストリによる光合成の発見だけでは終わらず、ソシュールによる水耕栽培と石灰による二酸化炭素除去による枯死の実験あるいはそのあとまで蒸し返されるのである。ところが、現実の植物は、根から有機物を吸収することができ、実験室のシロイヌナズナはショ糖で育てられているのは周知の通りである。また、植物の栄養のうち、炭素源以外の窒素、イオウなどは根から吸収したものを光合成の電子伝達で作られる還元力によって還元して利用しているので、これも光合成というべきであるとともに、炭素源以外の植物の栄養が根から吸収されていることを忘れてはならない。つまり、この科学史で問題になっているのは、単に光合成による炭酸同化の発見だけではなく、植物が二酸化炭素を唯一の炭素源として生育できるのか、ということであって、後者があってはじめて、前者も最終的に納得されたのである。このような歴史的な意味づけなしに、光合成の発見の歴史を述べることは、明らかに誤解を生むので、慎むべきである。細かい点としては、Ingenhousz をインゲンハウスと書いている点、オランダ人なので、インゲンハウスとするのが一般的である。

光の吸収からでんぷんの合成までという部分に関する問題点は、(1) 光捕集のところがわかりにくく、なぜ光が反応中心に集まるのかわからないし、また、光捕集色素をやめて全部反応中心にしない理由などが書かれていない、(2) 光合成の産物をでんぷんだけにしていない点も不適切で、植物体内では過剰な糖をでんぷんとして保存すると考える方が適切であるし、上記のように、アンモニアや硫化物も光合成の産物と考えるべきである、(3) 電子伝達については、今でも高校の指導要領では「水素伝達」となっていて、電子伝達も許容されるようになってきているものの、高校教育では電子伝達が極めてわかりにくいと考えられていて、現実には教えられていないことに配慮する必要がある、(4) 今さらなぜカルビン回路を詳しく図解する必要があるのだろうか、C4 光合成、CAM などいくらも話題はあるし、その制御による光環境への適応こそが今の話題であるはずなのに、それはトピックスとしても触れられていない、(5) 光合成の仕組みそのものよりも、環境に対する調節の仕組みなどが現在もっとも重要な課題となっており、二酸化炭素の利用効率や温暖化に対する耐性などの問題を含めてわかりやすい解説が必要である、などである。教科書に近い記述に終始している原因の一つは、監修者である三室氏の研究分野が、光捕集から電子伝達の物理的な仕組みであるためと思われる。光合成について、分子レベルの細かい仕組みよりも、大づかみな理解を促すことが必要なことであるはずで、現在、話題満載の脳科学、万能細胞、免疫などどれをとっても、本当は細かい分子レベルのことがあるにしても、大づかみに全体を理解できる図式を提供することで、一般の理解を得ているはずである。光

合成について何がもっとも本質的であるのか考えてみると、光エネルギーを酸化還元物質に変換し、最終的には、それらの反応によって生物の生きる原動力を得ていること（一種の燃料電池）であり、また、地球の歴史の中で、シアノバクテリアが生み出した酸素発生型光合成が、真核生物に取り込まれて、現在、緑の大地を覆う陸上植物の繁栄をもたらしたこと（陸地が緑なのはあたりまえではない）、である。物理的または分子的な問題ではなく、生物学的な問題として光合成を紹介する視点が肝要である。

更に細かい点としては、（１）葉緑体の模式図で、包膜が緑色に塗られているが、本来は黄色かオレンジ色にすべきである、（２）環境との関連に関して、大気中の二酸化炭素を減らすことができるのは光合成だけだとしている点は不正確であり、現実にはいくら光合成をしても草や藻類の場合、すぐに動物や微生物に利用されて二酸化炭素に戻ってしまうことが考えられていない、（３）紅藻型のルビスコの活用による炭酸固定効率の増加に関しては、植物体内でのC/Nバランスなどが考慮されていない、（４）Q and Aで、人間も光合成ができるか、という内容があるが、ウミウシの仲間などには、食べた藻類の葉緑体を取り込んで光合成を行っている例があることを紹介すればもう少し、現実味を帯びた話ができること、などを指摘しておきたい。この雑誌の編集方針なのかもしれないが、もっと勉強したい人のための参考図書などが書かれていないのも、極めて不備といわざるを得ない。すべてが三室氏の責任ではないと思うが、編集者の責任は問われてしかるべきである。

いずれにしても、この記事に書かれている内容の大部分は高校生物の内容であり、今回の特集ではじめて光合成のことがわかったというような感想が編集後記に書かれていたこと自体、編集者の不見識を物語るものであると同時に、光合成や植物生理学に関わる研究者の社会への還元が極めて不十分であることの表れということができよう。これまで10年あまり、光合成と銘打った本が出版されてこなかったことがそれを裏付けている。我々の1世代前の研究者が、医学系の研究に負けまいと研究の面で努力する傍ら、教育や社会還元のおろそかになっていたことが悔やまれる。20数年前には、そのまた前の世代の藤茂、加藤、西村などの諸先生の著書が店頭にならんでいたものであり、我々はその恩恵に浴してきたのである。今後、こうした努力が一層必要となると自覚することとなった。

(2008年3月26日)