

光合成のはたらきを調節する仕組みを明らかにする

東京工業大学科学技術創成研究院 化学生命科学研究所 教授・副所長 久堀 徹

植物は、大地に根をはって水や養分を吸収します。そして、太陽に向かって葉を広げて太陽の光エネルギーを吸収し、大気中の二酸化炭素と根から吸い上げた水を使って糖分子を合成する「光合成」を行います。この光合成の過程で、植物は酸素を放出しますし、合成された糖分子は、デンプンとして植物に蓄えられたり、植物個体の生長に使われます。

植物が動物と大きく異なるところは、生活環境を自分では簡単に変えることが出来ない点です。夏になって隣りに大きな植物が茂ってそこが日陰になってしまっても、一度その場所に生えた植物は移動することが出来ません。日照りが続いて土の中が乾いてしまっても、近くの小川まで水を飲みに行くことも出来ません。このような環境変化に対応するために、植物は自身の生理機能を様々に調節する仕組みを数多く備えています。どんな環境変化がやってきても大丈夫とばかりに、まるでよろず屋さんのようにいろんな小道具を持っているわけです。

このような調節機能の中で、光合成にとって最も重要な仕組みが酸化還元制御と呼ばれる調節機構です。酸化と還元は、光合成で水が分解されるときにまず起こる現象です。化学的な言葉で説明すると、この時に生じた還元力が二酸化炭素を還元して糖分子を作ります。同時に、この還元力の一部を光合成を行う装置であるいろいろな酵素の活性の調節や、構造を変えることに使います。さらには、植物が自らを光による障害から守るためにも使っています。私たちの研究室では、このように植物が光合成を調節するために備えている仕組み、言わば酵素のスイッチを、分子のレベルで解明する研究を行っています。

光合成で働く酵素のスイッチを入れているのはチオレドキシシンとよばれる小さなタンパク質で、植物だけでなく細菌からヒトまでほとんどの生物が持っています。いま話題の活性酸素に対抗する生体防御システムでも、チオレドキシシンは重要な役割を担っています。植物は、光があたると光合成だけでなくいろいろな反応を始めますが、これらの反応を始めるために様々な酵素がチオレドキシシンによってスイッチを入れられているということが、ここ数年でわかってきました。もちろん、中には他のものとは異なり、光が当たるとスイッチオフになる酵素もあります。これは、夜に働かなくてはいけない酵素です。

植物の酵素を調節するスイッチをバクテリアの酵素に組み込んだら、オンオフの調節できるようになった、という私たちの研究成果は、「ストライヤーの生化学」と言うアメリカ

の生化学の定番の教科書にグラフ入りで収録してもらっています。また、植物が持っているスイッチ付きのいろいろな酵素を一網打尽に調べる方法 (Proc Natl Acad Sci USA. アメリカ科学アカデミー紀要 2001 年発表) は、同じく「レーニンジャーの生化学」に取り上げられています。

調節の仕組みを正しく理解することが出来れば、環境が変わったときに植物をどのようにすれば強くできるか、あるいは、現在の地球環境でよりよく働ける植物を生み出すにはどのように植物の代謝システムを改善していけばよいのか、など私たちの未来にも役に立つ新しい知恵を生み出すことが出来るのではないかと期待しています。

光合成調節装置の
正常な植物
(シロイヌナズナ)



光合成調節装置を
壊した植物
(シロイヌナズナ変異株)

■関連する研究成果

Motohashi K, Kondoh A, Stumpp MT, Hisabori T.

Comprehensive survey of proteins targeted by chloroplast thioredoxin.

Proc Natl Acad Sci USA. 2001 Sep 25;98(20):11224-11229.

Yoshida K, Hara S, Hisabori T.

Thioredoxin Selectivity for Thiol-based Redox Regulation of Target Proteins in Chloroplasts.

J Biol Chem. 2015 Jun 5;290(23):14278-14288.

Yoshida K, Hisabori T.

Two distinct redox cascades cooperatively regulate chloroplast functions and sustain plant viability.

Proc Natl Acad Sci USA. 2016 Jul 5;113(27):E3967-3976.