

2001年3月16日

基礎生物学研究所

東京都立大学

独立行政法人 理化学研究所

葉緑体が強光から逃避するための光受容体の解明

真夏の日中のように光が強すぎるとき、植物は細胞内の葉緑体を避難させ、葉緑体が光によって障害を受けないようにしています。この強光の認識には、NPL1といわれる青色光を吸収する色素タンパク質が関与していることが、東京都立大学および基礎生物学研究所の和田正三教授、同研究所の加川貴俊・さきがけ研究 21 専任研究者（科学技術振興事業団）のグループと、京都大学教授で、理化学研究所植物科学研究センターの岡田清孝グループディレクター、酒井達也チームリーダーのグループの共同研究で明らかになりました。

本研究成果は、米国の科学雑誌「Science」の3月16日号に掲載されます。

1. 背景

植物は、水と炭酸ガスという無機物から光のエネルギーを使って有機物と酸素を作ります。ほとんどの動物や菌類は直接的、間接的にこの光合成を通して植物が作り出す有機物に依存して生命を維持しています。植物の光合成は、地球上の全生命の維持と地球環境の保全に必須の作用です。

光合成は、主に植物の葉の細胞に存在する葉緑体によって行われています。光合成を効率的に行うためには個々の植物に最適強度があり、その様子は生育環境に現れます。強い光を好む植物は日向に、弱い光を好む植物は樹木の下などの日陰に生息します。また同じ成育環境でも、天候や時間によって光の強さには変化があるため、植物はその光環境に応じて細胞内の葉緑体の位置を変えることにより、光合成効率を最適に保つような機構を備えています。弱光下では光を十分吸収できるように、葉緑体は、細胞の葉の表面側の壁に集まってきます。一方、強すぎる光の下では光による障害を裂けるために葉の表面と直行する壁、すなわち光線と平行な壁側に移動し、互いに寄り添って太陽の光線を避けます。

この現象は、種子植物から緑色の藻類に至るまで、調べられた限りでは全ての植物で確認されており、植物の生存にとって非常に重要な生理現象であると考えられます。すでに19世紀から知られていましたが、そのメカニズムは良く分かっていません。

2. 研究成果

この機構を解明するために、全ゲノム解析が終わったシロイヌナズナをモデル植物とし、われわれは、葉緑体の運動が欠損した突然変異体を多数単離しました。その中に強光下でも葉緑体の運動が見られないもの4系統を選び出し、その原因遺伝子を調べました。その結果、原因遺伝子は、すでに塩基配列が報告されていましたが、機能は不明であったNPL1と呼ばれるものでした。この遺伝子は、シロイヌナズナの光屈性^{*1}反応の光受容体として米国のW.R.Briggsのグループが報告して

いる青色光受容色素・フォトトロピンのホモログです。この遺伝子が破壊された突然変異体を、かずさ DNA 研究所のコレクションから選抜し調べると、その系統では葉緑体が強光下では移動ができないという同じ現象が見られ、この遺伝子がコードするタンパク質が、明らかに強光の認識に関与していることが判明しました。

この遺伝子がコードするタンパク質は、青色光を受容するための色素団として、N 末端側にフラビン色素であるフィラビンモノヌクレオチド (FMN) を 2 分子もち、さらに C 末端側にタンパク質をリン酸化するための配列を持つ特異な構造をしていることが報告されています。

この遺伝子の突然変異体では、強い青色光を照射しても葉緑体は逃げず、むしろ寄ってきてしまうという現象がみられ、弱い光の下での葉緑体の集合現象の解明の糸口にもなると考えられます。また、ほかの青色光による反応も調べましたが、開花時期や、胚軸の伸長などには影響がありませんでした。

種子植物が持つ青色光受容体には、他にクリプトクロムが 2 種類報告されています。今回の成果によって多々ある青色光に依存した植物の生理現象が、少なくとも 4 種類の青色光受容体によってそれぞれ分担されている様子が明らかになってきました。

3. 後の展開

細胞内で葉緑体の位置を変える葉緑体運動は、合目的に見て植物の効率的な光合成にとって重要であることは確かですが、その効果の程は未だに証明されてはいません。その原因の一つは今までに葉緑体運動が欠損した突然変異体が得られていなかったため、実験による証明ができなかったことです。第二に、植物は葉緑体が光合成に必要以上の強光を受けたときに生産される活性酸素^{*2}などの毒物を消去する機構を備えており、研究者の多くはその機構の解明に力を注いできたからです。しかし植物は、実際に強光を受けて活性酸素などの毒物ができるまえに、安全策として葉緑体を退避させるという事前の策を講じているようです。

今後は、“葉緑体の強光に対する逃避運動が光合成活性の効率化に本当に役立っているのか”、もし役立っているとすれば、“植物が強光に対してどの位の安全度を持って、事前に移動しているか”などを調べることによって、この遺伝子を植物の生産性に利用する道もあると考えられます。

(問い合わせ先)

東京都立大学大学院理学研究科 教授 和田 正三
(岡崎国立共同研究機構基礎生物学研究所 教授 [客員])

Tel : 0426-77-2563 / Fax : 0426-77-2559

岡崎国立共同研究機構基礎生物学研究所

さきがけ研究 21 専任研究者(科学技術振興事業団) 加川 貴俊

Tel : 0564-55-7613 Fax : 0564-55-7611

京都大学大学院理学研究科 教授 岡田 清孝
(理研植物科学研究センター グループディレクター)

Tel : 075-753-4247 / Fax : 075-753-4257

<補足説明>

※1 光屈性(ひかりくっせい)

植物には光に向かって曲がる性質がある。光合成を効率的に行うために、茎を光の方向に曲げ、葉の基部をねじって葉が光線となるべく直行するように配置するための現象である。この現象には青色光が関与しており、光受容体の一つはフォトトロピンという色素タンパク質であることが分かっている。

※2 活性酸素

光合成に使用されなかった過剰の光エネルギーによって酸素分子が還元され、反応性が高くなった状態の酸素。スーパーオキシド・ラジカル O_2^- 、過酸化水素 H_2O_2 、ヒドロキシ・ラジカル OH など。



図1 実験材料に用いたシロイヌナズナ。
昨年末に全ゲノム配列が決定された。



図2 突然変異体の単離の方法を用いて、野生型のシロイヌナズナの葉に、光受容体である NPL という字を描いた。しかし、突然変異体ではこのような字は描けない。