



PRESS RELEASE (2009/11/30)

葉緑体は動き回る

(IPMB2009 国際会議報告の研究成果が米国科学雑誌「Science」 Vol. 326, 20 Nov 2009 issue に掲載)

概要

光合成の工場である葉緑体は、その効率を上げるため、細胞内で移動します。その際、葉緑体には頭尾の別は無く、どの方向にも横滑りで移動することを九州大学の和田正三特任教授の研究グループは2009年1月の日本植物学会の雑誌(*Journal of Plant Research*)に発表しました。さらに同研究グループは移動する葉緑体の前半部に出現し葉緑体の移動を仲介するアクチン微繊維を発見し2009年8月4日号の米国科学紀要(PNAS)に発表しました。これらの成果を2009年10月25-30日に米国ミズーリ州 St. Louis で開催された国際植物分子生物学会で発表しましたが、この内容が米国科学雑誌「Science」の11月20日号に国際会議の報告として掲載されました。なお、本成果は、文部科学省及び日本学術振興会からの、科学研究費補助金によって得られた成果です。

背景

葉緑体は弱い光条件の時には光吸収を最大にするために葉の細胞表面に集まり(集合反応)、強すぎる光の下では細胞側面に移動します(逃避運動)。九州大学の和田正三特任教授の研究グループは25年間にわたりこのメカニズムを解析してきました。そして光の強弱と方向の受容には青色光受容体フォトトロピンが働いていること(*Science* 2001, *PNAS* 2001)、逃避運動が出来ない植物は生存できないこと(*Nature* 2002)、シダと緑藻ヒザオリにはフォトトロピンと赤色光受容体フィトクロムの発色団結合ドメインが結合したネオクロムが葉緑体運動に関与していること(*Nature* 2003, *PNAS* 2005)などを明らかにしてきました。また葉緑体の移動のメカニズムに関しては、細胞や葉緑体の一部を微光束で照射することにより、葉緑体の挙動を解析してきました(*Journal of Plant Research* 2009)。さらに葉緑体の定位置への接着や移動に働いているアクチン微繊維を、葉緑体と細胞膜と間の葉緑体周縁部に発見しました。このアクチン微繊維は葉緑体の逃避に際しては一端消失したのち、葉緑体の移動方向の前部に再出現し、移動に働いていることなどを明らかにしました(*PNAS* 2009)。このアクチン微繊維の重合に働いていると考えられるタンパク質も明らかにしています(*Plant Cell* 2003, *Plant Physiology* 2008)。

内容

和田特任教授の研究グループは25年以上にわたり、植物の生存にとって必須な生理現象である葉緑体光定位運動の機構を研究・解析し、論文として発表するとともに、多くの国際会議で報告してきました。今回、サイエンス誌に掲載された主な内容は下記のとおりです。

- ① シダ前葉体の細胞の一部を微光束で照射し、集合反応を誘導すると、葉緑体は微光束照射位置に向かった移動を始める。ある程度移動した時、別な部位に第2の微光束を照射すると、葉緑体は新たな微光束照射位置に向かって方向変換する。この時葉緑体は葉緑体自体の方向は変えずに、移動する進行方向のみを変える。すなわち葉緑体は横滑りによって移動方向を変える。従って葉緑体には頭や尾という方向性は無いことが分った(*Journal of Plant Research* 2008) (図①参照)。
- ② シダ前葉体細胞の葉緑体の半分に強光微光束を照射すると、葉緑体は照射されていない方向に向かって逃避運動をする。ある程度移動した段階で、葉緑体の別な半分を強光で微光束照射すると、葉緑体は照射されなかった方向に向かって移動方向を変える。この際も集合運動と同様に、葉緑体は葉緑体自体の方向は変えずに、横滑りによって移動する進行方向のみを変える。従って逃避運動においても葉緑体には頭も尾も無いことが分った(未発表データ)(図②参照)。
- ③ 葉緑体は細胞内に既存のアクチン繊維を使って移動すると考えられていたが、上述の様に葉緑体はどちらの方向にも、短時間内に葉緑体自体の方向は変えずに移動方向を変えることができる。このことは、既存のアクチン繊維を使用しての移動では考えにくいいため、和田らはアクチン繊維をGFPによって可視化し、葉緑体移動にともなうアクチン繊維の分布を詳細に調べた。

その結果、葉緑体と細胞膜の間に新規な構造をもったアクチン繊維が存在し、葉緑体の移動にともなって、葉緑体の移動方向先端部に重合されることを発見した（2009年8月4日号の米国科学紀要（PNAS））。このアクチン繊維が葉緑体の先端部に存在し、葉緑体を牽引していると考えられる。

- ④ 和田らは今後の研究の方向として、光受容体から葉緑体まで伝えられる信号の解明を目指しているが、和田らの実験で得られた信号伝達の速さから考えて、信号となる物質は拡散速度の速い、小さな分子であるとは思えられない、と言っている。

■効果

核、ミトコンドリア、葉緑体などの細胞小器官は、細胞の機能を正常に行うために細胞内で決まった配置を取る必要があります。そのために細胞内を移動します。その機構には今までに、1) 微小管を使用する場合、2) 既存のアクチン繊維上をモータータンパク質であるミオシンを使用して移動する場合、3) アクチン繊維の重合する力を使用する場合、の3通りが知られています。葉緑体の移動には2)の既存のアクチン繊維の使用が考えられていました。しかし葉緑体は細胞内の如何なる方向にも、回転もせず、横滑りで移動可能であるという和田らの研究結果からは、細胞内で不規則に配置されている既存のアクチン繊維を利用した葉緑体運動は理解できません。そこで和田らは、詳細な観察と実験から、「葉緑体は既存のアクチン繊維を使用するのではなく、移動方向が決まった段階で、そのためのアクチン繊維を葉緑体上で合成し、使用している」と考えるに至り、その証拠として葉緑体アクチン繊維を発見し、その詳細な挙動を明らかにしました。この機構は従来の細胞小器官の移動機構とは全く異なるものであり、非常に新規性のある、葉緑体独自のものです。学術研究上、細胞小器官の移動に関する新たな第4の機構の発見となりました。

現時点ではこの機構を使用しているのは葉緑体だけだと思われています。したがってもしこの機構を他の細胞小器官に応用できれば、葉緑体の様に、細胞内の小器官を光によって自由に移動させることができ、細胞小器官の細胞内での局所的な活性を光で制御できるようになると思われます。

今回、科学者のみならず、一般人をも対象とした科学雑誌 **Science** 誌に写真入りで紹介されたことで、和田特任教授グループの研究内容は、広く全世界に周知されることになりました。**Science** 誌にはオリジナル論文を投稿できますが、一般大衆に読む意欲を持たせるのは難しく、また、読まれた場合にも十分な理解は困難だと思われます。しかし今回の紹介文は、科学記者により短く要領よく、また専門用語をほとんど使わずに書かれているうえ、奇麗な写真が多くの人達に読む意欲をそそり、容易に理解されることと思われます。その意味で、投稿論文の掲載以上に大きな周知効果があると考えられます。

■今後の展開

和田特任教授グループは前出のアクチン微繊維を重合すると考えられるタンパク質やその他の葉緑体運動を仲介する因子を精力的に研究しており、葉緑体の運動機構の全面的な解明が期待されています。

一方でこの機構を応用に結びつけることも考えられています。ミトコンドリアなどの他の細胞小器官上でアクチン繊維の重合・脱重合を制御し、光によって細胞内の決まった部分に集めることができれば、細胞の機能を一時的かつ局所的に制御でき、細胞の分化、将来の運命などを制御することができるようになるかも知れません。

■その他（特記事項）

本国際会議 9th IPMB Congress は 2009 年 10 月 25-30 日の期間、アメリカ合衆国ミズーリ州セントルイスで開催されました。植物分子生物学に関する基調講演 9、シンポジウム 52 とポスター発表が行われ、各シンポジウムではそれぞれ 5-6 名が講演しました。Science 誌は 11 月 20 日号に本会議の報告として 2 ページを使い、3 つの発表内容を掲載しました。九州大学理学研究院生物科学部門の和田正三特任教授の葉緑体運動に関する発表は、その中でも最初に写真入りで紹介されました。ポスター発表を含めれば 500 件を超える植物科学の最先端の発表の中から選抜され、一番に紹介されたことは、和田特任教授の研究内容の新規性、斬新性が評価されたことを示しています。

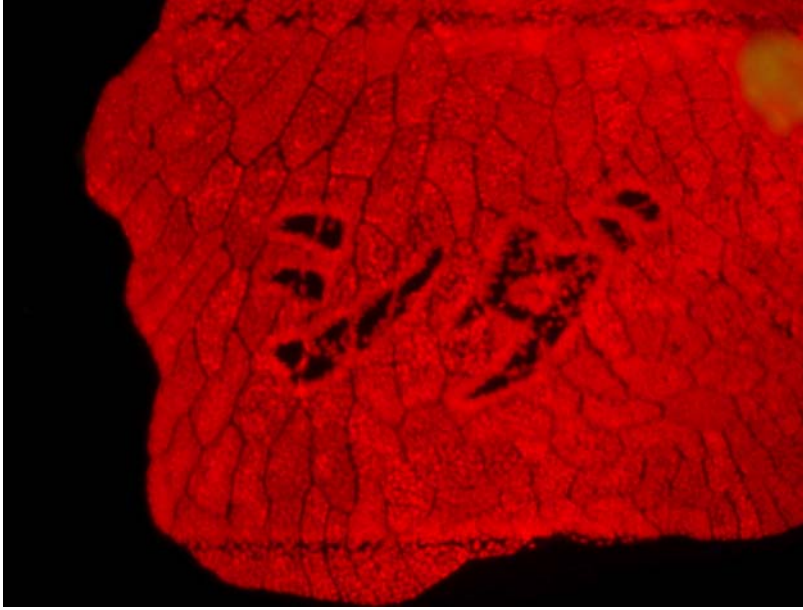
【お問い合わせ】

理学研究院特任教授 和田 正三

電話：092-642-7252

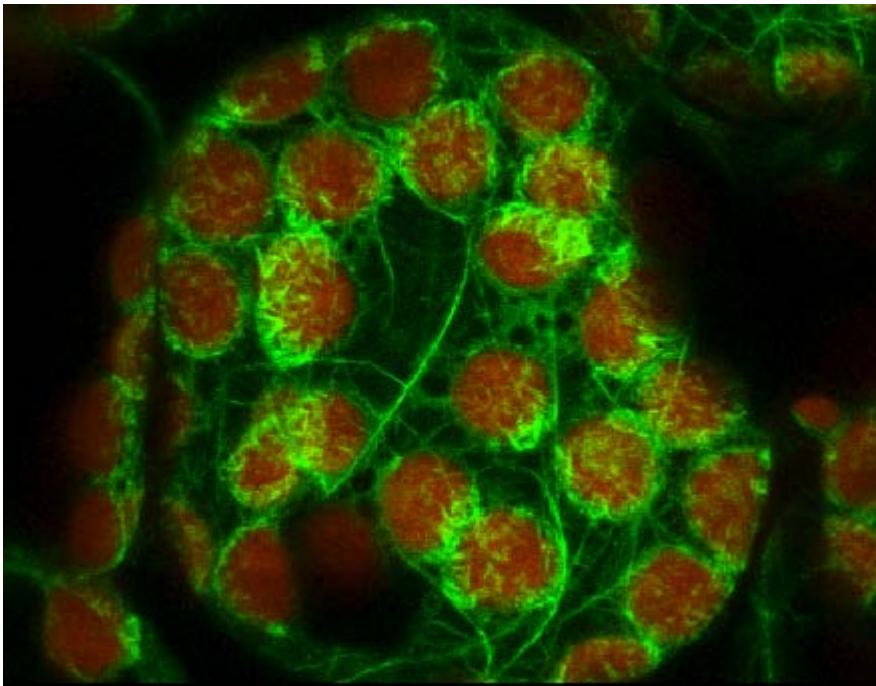
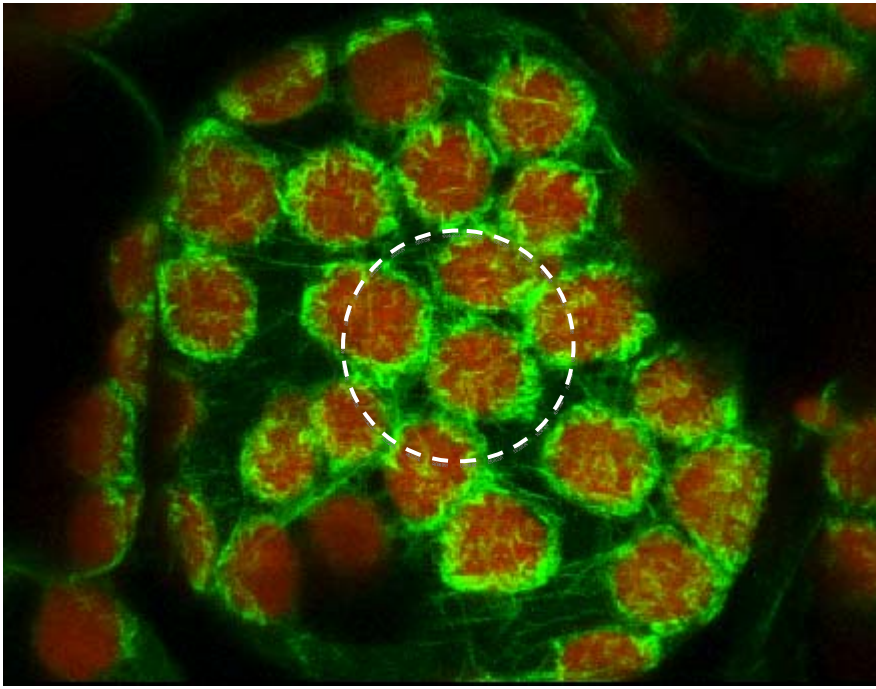
FAX：092-642-7258

Mail：wadascb@kyushu-u.org



図①

シダ前葉体の『シダ』の部分に強い光を照射すると、葉緑体がその場から逃避するため、字が浮かび上がって来る。赤色は葉緑素の蛍光。



Bar = 10 μm

図②

GFP(緑色蛍光色素タンパク質)によってアクチン繊維を可視化したシロイヌナズナの葉では、葉緑体(赤色)の周りに微細なアクチン繊維が存在する(上図)が、細胞の中心部の破線部分に強い光を照射すると葉緑体は照射部位から逃避する(下図)。その際、葉緑体の周囲に存在したアクチン繊維は、葉緑体が移動する前方半分のみ偏在するようになる。このアクチン繊維の偏在化が葉緑体の運動を引き起こしている。