

葉緑体「壁」を持つコケ植物の葉緑体分裂機構

先端科学研究部 高野 博嘉教授

光合成を行う葉緑体の起源が細胞内共生した藍藻（シアノバクテリア）であることは、広く認められています。藍藻は細菌（バクテリア）の一種で、細胞壁としてペプチドグリカン（peptidoglycan または murein）という構造を細胞膜の外側に持っています。細胞壁は、低張環境に対する耐性を細菌に与えるだけでなく、細菌の細胞分裂にも関わっています。

葉緑体が藍藻から共生進化したのであれば、葉緑体がペプチドグリカン層を持っていたとしてもよいわけですが、今まで灰色植物という淡水生の藻類を除いてペプチドグリカンが葉緑体に見いだされたことはなく、葉緑体は進化の過程でペプチドグリカンを失ったと考えられてきました。そのため、教科書にでてくる葉緑体の模式図では、外膜と内膜の2層の膜のみが明示され、ペプチドグリカン層は描かれません。しかし我々は、コケ植物蘚類のヒメツリガネゴケを用いて葉緑体分裂の研究を進めていくうちに、このコケの葉緑体がペプチドグリカンを持ち、葉緑体分裂に用いていることを発見しました。

最初の実験は、各種のペプチドグリカン合成阻害剤を使った実験で、これらの薬剤処理によりコケ植物の葉緑体分裂が停止し、巨大葉緑体が生じることを見いだしました（以下の図1）。続いてヒメツリガネゴケのゲノム中にペプチドグリカン合成に必要十分と思われる Mur(ein) 遺伝子セットがあることを見出しました。

これらの遺伝子の機能を分子生物学的な手法を用いて欠失させると、薬剤処理と同様に巨大葉緑体が出現しました。また、更に我々はペプチドグリカンに特異的な高感度標識法を用いることで、コケ植物の葉緑体を取り囲むペプチドグリカン層を可視化することに成功しました（以下の図2）。

現在は、シャジクモ藻類から、陸上植物のコケ植物、小葉植物、シダ植物が葉緑体分裂にペプチドグリカンを用いている証拠が揃いつつあり、当初考えられていたのよりもはるかに多くの植物がペプチドグリカンを利用していることがわかりつつあります。一方、被子植物はペプチドグリカンを持たないことがゲノム解析等の結果から明らかになっており、陸上植物において葉緑体分裂機構に大きな差があることが示されました。

（本総説 葉緑体「壁」を持つストレプト植物の葉緑体分裂機構 - Invisible wall を求めて - Plant Morphology vol.33, pp.77-88 は、著者の2021年日本植物形態学会賞受賞に伴う招待論文であり、著者が進めてきたコケ植物の葉緑体分裂に関する研究をまとめたものです）

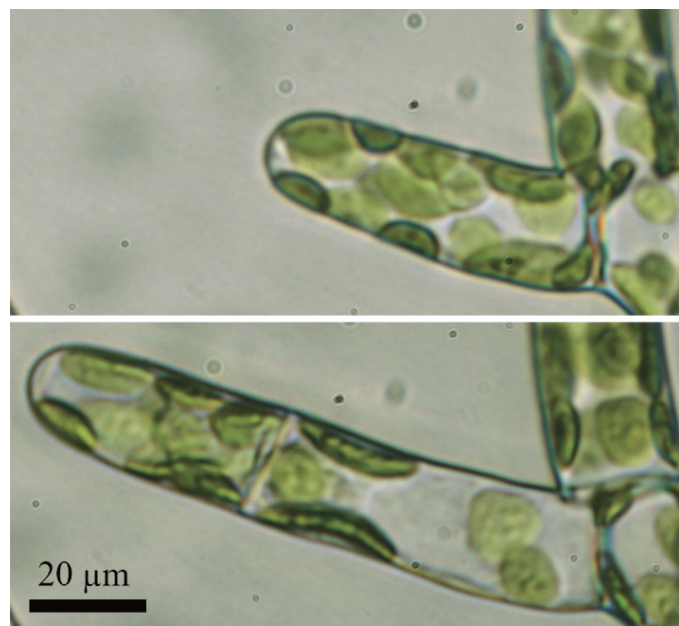


図1 (Plant Morph. 33, 77-88 より引用)

ペプチドグリカン合成阻害剤添加時のヒメツリガネゴケ細胞の成長。上図の細胞が成長し、細胞分裂が生じて2細胞になっている（下図）。この際、葉緑体（細胞中の緑色の構造）が増殖していないため、各細胞の葉緑体数が減少している。

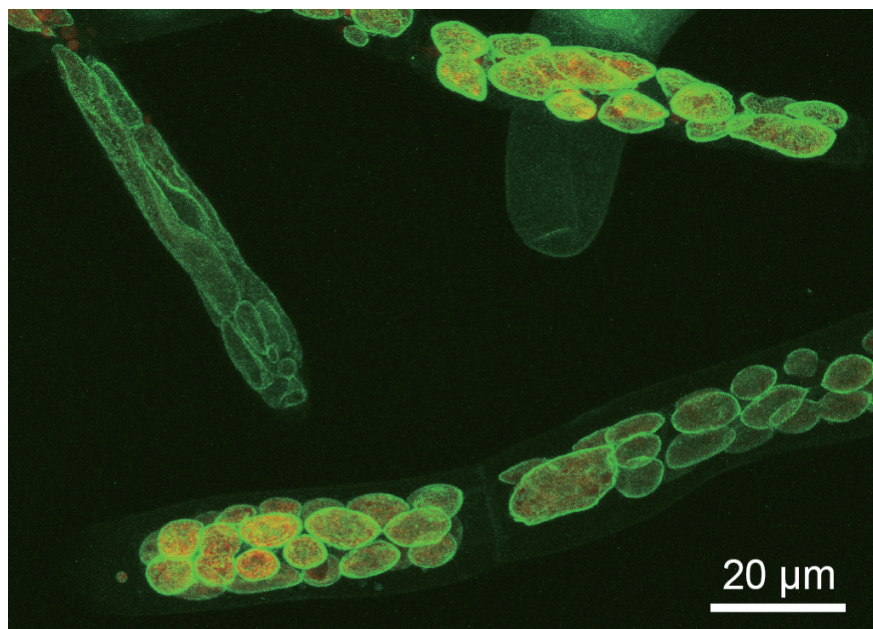


図2 (Plant Morph. 33, 77-88 より引用)

ペプチドグリカン層を緑蛍光で可視化したヒメツリガネゴケの細胞。葉緑体に存在するクロロフィルの自家蛍光（赤色）を緑の蛍光が取り囲んでいる。これは、コケの葉緑体がペプチドグリカン壁で覆われていることを示唆している。