

平成 30 年 5 月 31 日

報道機関 各位

国立大学法人東北大学  
国立大学法人岡山大学

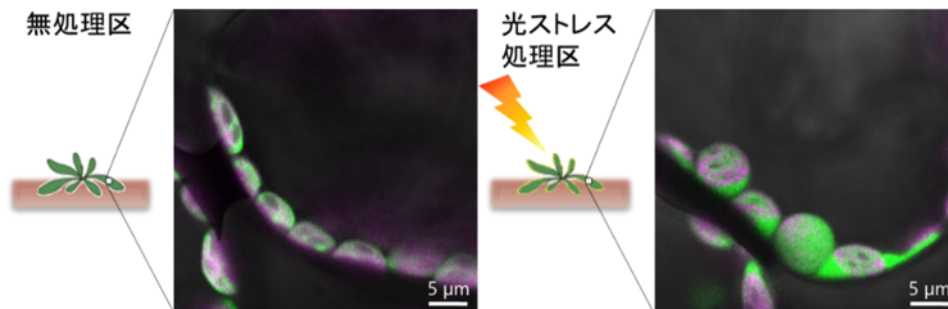
**故障した葉緑体を取り除く植物オートファジーの駆動プロセスを解明  
—オートファジーが壊れた葉緑体だけを選別していることを証明—**

**【発表のポイント】**

- 植物体内で光合成を行う「葉緑体」が、太陽光によるダメージを受けた植物体内で積極的に取り壊される現象を見出していたが、その駆動プロセスは不明であった。
- 光ストレスによる膜の傷で大きく膨張してしまった葉緑体だけが選び取られ除去される新しいオートファジー<sup>1)</sup>のプロセスを発見した。
- 今後、オートファジーが膨張した葉緑体を選別するメカニズムを解明することで、作物の葉緑体の新陳代謝を効率化し生産性やストレス耐性の改善を目指す新しい研究が発展する可能性がある。

**【概要】**

オートファジーは、生物が自らの細胞内部の成分を消化するための機構です。東北大学学際科学フロンティア研究所の泉 正範（いずみまさのり）助教、同大学大学院生命科学研究所の日出間純（ひでまじゅん）准教授、大学院生の中村咲耶（なかむらさくや）氏、同大学大学院農学研究科の石田宏幸（いしだひろゆき）准教授、岡山大学資源植物科学研究所の坂本 亘（さかもとわたる）教授のグループは、研究用モデル植物であるシロイヌナズナに強い光ストレスを与えると、膜の傷を蓄積した一部の葉緑体が大きく膨張し（図 1）、そのような異常葉緑体だけがオートファジーに選び取られ除去されるプロセスを解明しました。本成果をさらに発展させることで、植物体内での葉緑体の新陳代謝をコントロールし作物の生産性やストレス耐性を改善しようとする新たな応用研究の実現が期待できます。本成果は、米国植物生理学会誌 *Plant Physiology* 電子版に 5 月 10 日に掲載されました。



**図 1. 膨張した葉緑体の観察画像**

通常の葉緑体は楕円型を示す（写真左）が、光ストレスを受けた葉緑体は大きく膨張した形態を示す（写真右）。

**【詳細な説明】**

1) 背景

植物が成長するために欠かせない光合成反応は、「葉緑体」と呼ばれる植物細胞内の小器官で行われています。光合成は、その名の通り、太陽光のエネルギーを利用して行われますが、その一方で、葉緑体は、太陽光に含まれる過剰な光エネルギーによるダメージを常に受けています。人間で例えると、日焼けの原因となる紫外線が有害とされるイメージが強くありますが、植物では、紫外線に加え、同じく太陽光に含まれている可視光（強光）も葉緑体の主なダメージ源になっています。このようなダメージは、乾燥や高温、栄養不足といった他のストレスが加わると劇的に深刻化することが知られてお

り、そのような複合ストレスが世界の作物生産量を大きく減少させているという報告もあります。よって、植物の光ストレス耐性機構を詳細に解き明かしていくことは、今後ストレス耐性の高い作物を作出していくためにとても重要です。

## 2) 成果

東北大学学際科学フロンティア研究所の泉助教らは、光ダメージを受けた植物の葉で、「オートファジー」と呼ばれる機構で葉緑体が積極的に消化されることを昨年(2017年)に発見しました。この現象は葉緑体の英語名 **chloroplast** (クロロプラスト) の **autophagy** (オートファジー) という意味で、**chlorophagy** (クロロファジー) と名付けられています。

今回の研究では、岡山大学植物資源科学研究所と共同で、まだ未解明であった「クロロファジーが起こるプロセス」の詳細な解明に挑みました。その結果、強い光ダメージを受けると、一部の葉緑体が大きく膨らむことを発見し、これは葉緑体を取り囲む膜(包膜)がダメージを受けることで、葉緑体の中と外の浸透圧バランスが崩れてしまっていることが原因であることを証明しました。また、時間変化を追った顕微鏡観察によって、膨らんだ葉緑体だけが選び出され、液胞と呼ばれる不要物を消化する細胞内器官に運ばれる過程を捉えることに成功しました(図2)。その過程は、これまで植物で観察されていたオートファジーのプロセスとは異なり、液胞の膜そのものが分解物を外側から包み込む「マイクロオートファジー」と呼ばれる現象に似た新しいプロセスであることが分かりました。以上の成果は、クロロファジーがダメージを受けた葉緑体だけを選び取って除去している過程を初めて明らかにしたものです。

本研究は、日本学術振興会(JSPS)科学研究費補助金および科学技術振興機構(JST)戦略的創造研究推進事業の支援を受けて行われました。

### 【今後の展望】

本成果は「オートファジーが壊れた葉緑体だけを選び取る何らかの仕組みを持っていること」を強く指し示しています。今後その仕組みの詳細なメカニズムを明らかにすることができれば、オートファジーを制御し植物体内での葉緑体の新陳代謝をコントロールすることで、環境ストレス耐性や作物生産能力の向上を図ろうとする研究を展開することができると期待されます。

### 【用語説明】

1) オートファジー：植物や動物、酵母といった「真核生物」が広く持っている機構で、細胞内成分の一部を二重膜で取り囲むことで隔離し、その内容物を細胞内のごみ処理場となる部位（植物・酵母では液胞、動物ではリソソーム）に運び、細かく分解するための機構。二重膜小胞が分解物を運ぶ過程がマクロオートファジーと呼ばれるのに対し、液胞やリソソームの膜が分解物を取り入れる過程はマイクロオートファジーと大別される。

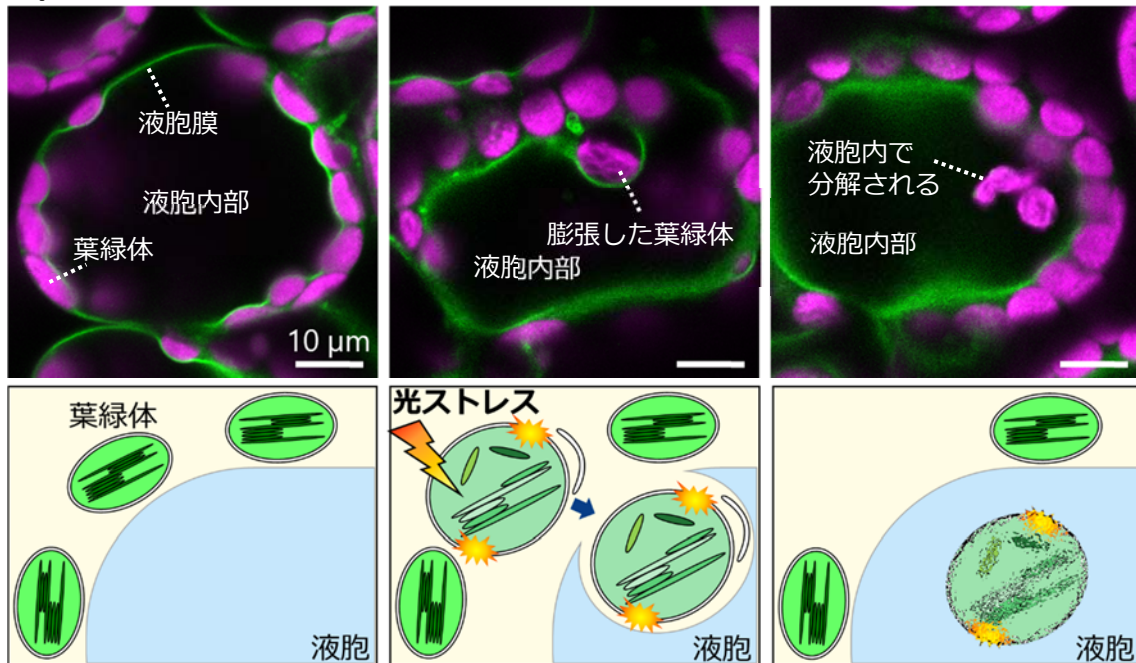


図 2. 膨れた葉緑体が運ばれるプロセスの観察画像

健全な葉緑体は楕円型を示す（写真左）が、光ダメージを受けた葉緑体は大きく膨張した形態を示し（写真中央）、液胞膜に直接包み込まれるようにして液胞内へと運ばれ、分解されていく（写真右）。マゼンタの構造が葉緑体、緑の構造が緑色蛍光タンパク質（GFP）で光らせた液胞の膜。

### 【論文題目】

著者：Sakuya Nakamura, Jun Hidema, Wataru Sakamoto, Hiroyuki Ishida, Masanori Izumi

表題：Selective elimination of membrane-damaged chloroplasts via microautophagy

雑誌：Plant Physiology

DOI：https://doi.org/10.1104/pp.18.00444

**【問い合わせ先】**

(研究に関すること)

東北大学 学際科学フロンティア研究所

助教 泉 正範 (いずみ まさのり)

電話番号:022-217-5745

岡山大学資源植物科学研究所

副所長・教授 坂本 亘(さかもと わたる)

電話番号:086-434-1206

(報道に関すること)

東北大学 学際科学フロンティア研究所

特任准教授(URA) 鈴木 一行 (すずき かずゆき)

電話番号:022-795-4353