

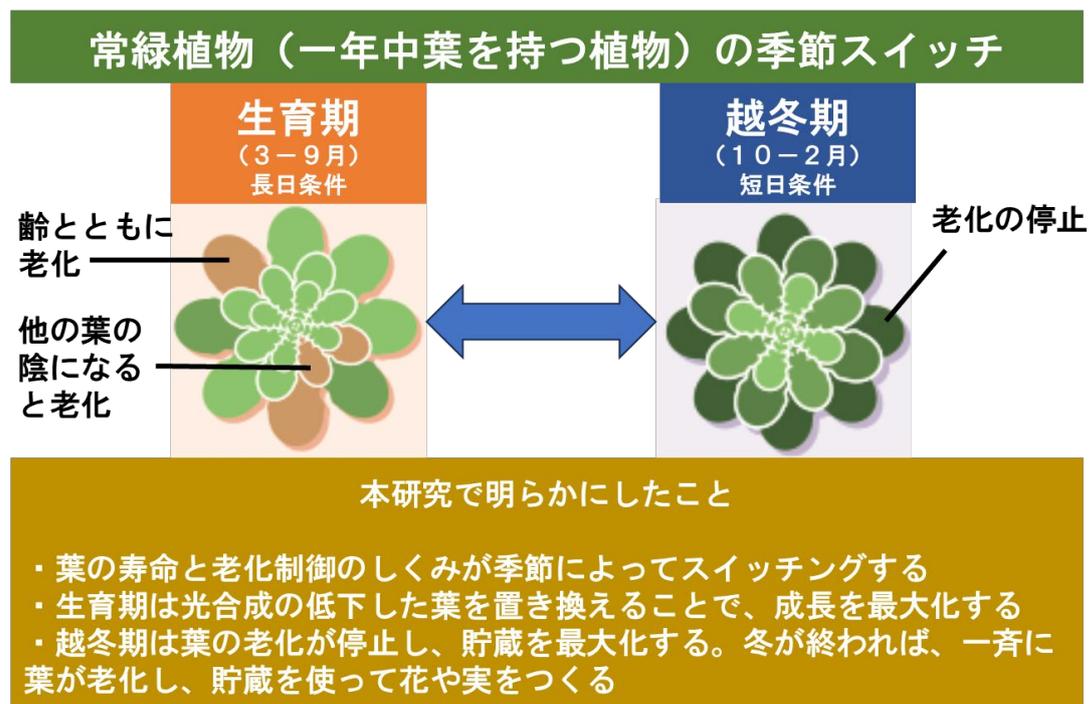
## 常緑植物の葉の老化制御の季節的切り替え

葉の寿命を最適化する常緑植物の知恵

### 概要

京大大学生態学研究センターの工藤洋教授と湯本原樹特定研究員らの研究グループは、葉の老化制御の季節性に着目し、常緑植物が夏と冬という対照的な季節をどのように生き抜いているのかについて明らかにしました。冬に葉を落とす落葉植物とは異なり、常緑植物は一年中葉をつけています。常緑植物であっても一枚一枚の葉には寿命があります。アブラナ科の常緑植物、ハクサンハタザオの3500枚の葉を4年半にわたって追跡しました。その結果、生育期には齢の進行や被陰により光合成が低下した葉を老化させて置換えることで成長を最大化し、越冬期には葉の老化を停止させることで資源の貯蔵を最大化していることを明らかにしました。これまで複数の老化制御機構が自然条件下でどのように組み合わせられて、季節に適応しているかは明らかではありませんでした。本研究の結果、葉の老化制御機構が季節に応じて統合的に制御されていることで、常緑植物が夏と冬に対応していることを明らかにしました。

本研究の成果は2024年6月7日に *Nature Communications* 誌にオンライン掲載されました。



## 背景

温帯および冷帯地域に自生する植物にとって、季節による環境変化に対応することは生存に不可欠です。落葉植物では冬の始まる前に葉を老化させ、冬の間は葉を落とすことでエネルギーの消耗を避けるのに対し、常緑植物は一年中葉をつけ続けます。常緑植物の葉の老化が季節の中でどのように調節されるのか、その時に複数ある老化制御のしくみのうちどれが働くのかは十分には解明されていませんでした。本プロジェクトでは、植物が季節変化にどのように対応しているのかを理解するために、葉の老化とその制御メカニズムに焦点を当てた研究を行いました。特に、葉の寿命が自然環境下でどのように季節に応じて変化するかを調査するとともに、遺伝子発現解析により、季節によって異なるセットの遺伝子が老化の制御に関わっていることを明らかにしました。

## 研究手法・成果

本研究は、モデル植物であるアブラナ科シロイヌナズナの近縁種であるハクサンハタザオ (*Arabidopsis halleri* subsp. *gemiferra*) を用い、4年半にわたる詳細なフィールド調査をもとに実施されました。研究チームは、自然環境下で約 3500 枚の葉を標識し、葉の生存と成長を毎週記録しました。これにより、葉の寿命と季節による変動を詳細に追跡し、常緑植物の生態的および生理的適応戦略を理解するための貴重なデータを収集しました。

野外調査により得た情報をもとに、葉の老化を促進する二つの主要因を操作する実験を行いました。第一に、自己被陰（同じ個体の葉が光を遮る現象）の程度を操作することにより、葉の光環境が悪化した場合、どのように老化が促進されるかを観察しました。第二に、シンク（栄養を要求する器官）の切除実験を行い、繁殖器官や新葉への栄養の転流が葉の老化にどのような影響を与えるかを検証しました。これらの実験を通じて、季節ごとに主として働く制御機構が入れ替わることが明らかになりました。

また、RNA シーケンシング (RNA-seq) を用いた遺伝子発現解析では、特定の季節に活性化する老化関連遺伝子群を特定しました。この分子レベルでの応答は、常緑植物がいかにして環境の変化に対して柔軟に適応しているか、そして季節ごとに最適な資源管理戦略をどのように展開しているかを示しました。

## 波及効果、今後の予定

この研究により、常緑植物が季節に応じて葉の老化を制御することで、資源の獲得と貯蔵を最大化し、四季のある温帯の環境に適応していることが明らかになりました。これは、生理学・生態学の両面で植物の適応の理解を深めるものであるとともに、得られた知見は、変動する地球環境の下での農業や生態系管理に必要な情報を提供するものです。

## 研究プロジェクトについて

この研究は、日本学術振興会（特別推進費、特別研究奨励費、学術変革領域研究 A）、科学技術振興機構（CREST）からの支援を受けて行われました。共同研究機関には、京大大学生態学研究センター、滋賀大学データサイエンス・AI イノベーション研究推進センター、名古屋大学大学院生命農学研究科が含まれます。

## <研究者のコメント>

本研究の間、5年間にわたり毎週、調査地に通って葉を標識するという地道な観察を続けてきました。長期継続調査では、体調管理やリスクマネジメントが重要で、同じ内容の調査を一定の精度で継続させることの難しさを知りました。周囲のサポートもあり、最終的には新規の研究結果を得て学術誌に発表することができました。地道な研究ですが、葉の老化という植物の中心課題を扱うことで、長期研究の重要性を示すことができたと思います。（湯本原樹）

## 論文タイトルと著者

タイトル：Seasonal switching of integrated leaf senescence controls in an evergreen perennial *Arabidopsis*

著者：Genki Yumoto<sup>1,\*</sup>, Haruki Nishio<sup>1,2</sup>, Tomoaki Muranaka<sup>1,3</sup>, Jiro Sugisaka<sup>1</sup>, Mie N. Honjo<sup>1</sup> & Hiroshi Kudoh<sup>1,\*</sup>

掲載誌：Nature Communications

DOI：https://doi.org/10.1038/s41467-024-48814-z