

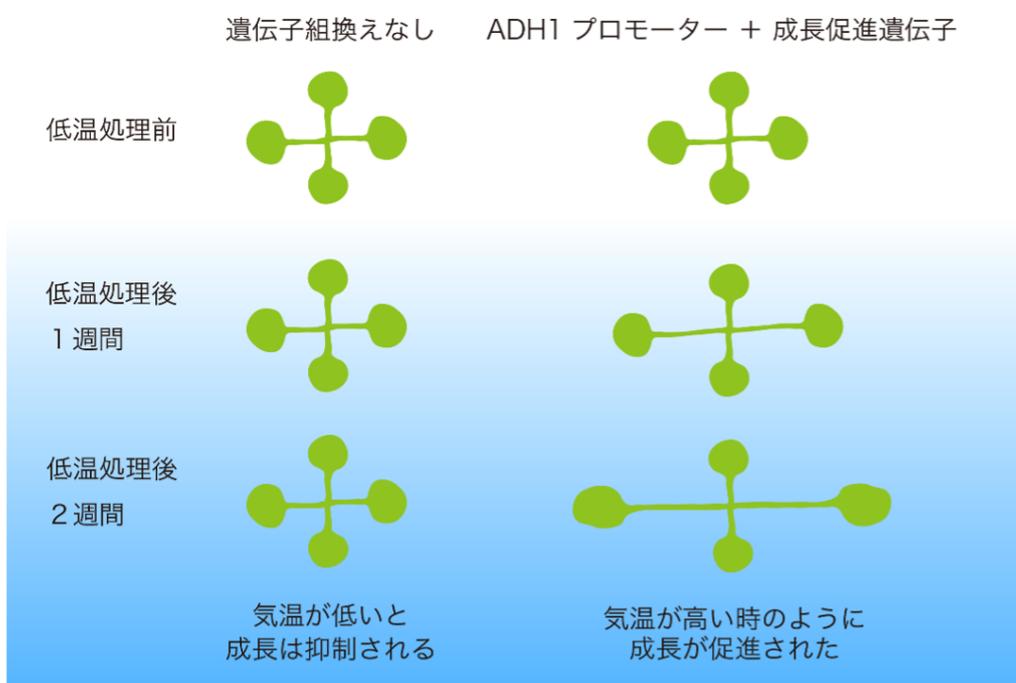
## 冬に遺伝子発現を活性化させるゲノム領域を発見

### 概要

京大大学生態学研究センターの工藤洋教授と清水華子研究員らの研究グループは、長期間にわたって気温が低い状態が続く冬に遺伝子発現を活性化させるゲノム領域を見出し、遺伝子組換え技術によって、長期の低温条件下でも成長を続ける植物を作出することに成功しました。

工藤洋教授はアブラナ科の多年生植物であるハクサンハタザオを使って、植物が季節に応答する仕組みについての研究をしてきました。これまでの研究で、季節に応答して発現量を変化させる遺伝子に特徴的な化学修飾状態を特定しています。この状態を手掛かりに、遺伝子発現を制御するゲノム領域であるプロモーターの中から季節に応答するプロモーターを見つけることで、どんな遺伝子にも季節に応答する能力を付加できるのではないかと考えました。ハクサンハタザオゲノムでの探索の結果、冬に遺伝子発現を活性化させるプロモーターとしてアルコールデヒドロゲナーゼ遺伝子 (ADH1) のプロモーター領域 (ADH1 プロモーター) を見出しました。シロイヌナズナを使った検証実験の結果、ADH1 プロモーターに制御される遺伝子は週単位の長期の低温に応答して機能することが確かめられました。さらに、高温条件下で成長を促進する機能を持つ遺伝子を ADH1 プロモーター制御下で発現させた結果、長期の低温条件下にも関わらず本来は高温条件下で起こる成長が観察されました。

本研究成果は、2025年6月9日に、米国の国際学術誌「*The Plant Journal*」にオンライン掲載されました。



本研究の概要

## 1. 背景

野外で生育する植物は季節に応じて成長や繁殖を行う必要があります。季節変化に応答して遺伝子発現量が変動すること、またそれらの遺伝子領域に存在するヒストンタンパク質では、遺伝子発現抑制型の修飾である H3K27me3 が蓄積かつ変化していることがこれまでの研究で確かめられています。しかし、このような遺伝子発現量の季節変動を制御するゲノム領域であるプロモーターについてはよく調べられていませんでした。本プロジェクトでは、季節応答性プロモーターを見つけてその機能を確かめるため、野外調査結果による季節応答性プロモーターの探索と、遺伝子組換え実験による機能検証を行いました。

## 2. 研究手法・成果

アブラナ科のハクサンハタザオ (*Arabidopsis halleri* subsp. *gemmaifera*) を対象に行った野外調査結果から季節応答性プロモーターの探索を行い、候補プロモーターの検証をシロイヌナズナ (*Arabidopsis thaliana*) を使った操作実験により行いました。

季節応答性プロモーターを H3K27me3 の季節変動を手掛かりに探索した結果、アルコールデヒドロゲナーゼ遺伝子のプロモーター領域 (ADH1 プロモーター) が第一候補として選抜されました。その機能を検証するため ADH1 プロモーターにレポーター遺伝子や高温に応答する遺伝子を繋いでシロイヌナズナに導入した結果、ADH1 プロモーターには単独で週単位の低温に応答する機能があり、任意の遺伝子にその機能を付加できることが確かめられました。

ADH1 遺伝子は植物ではストレス応答遺伝子としてよく知られており、日単位の短期低温に応答することはすでに知られていましたが、週単位の長期低温、すなわち冬にも応答することはこれまでに知られていませんでした。野外環境での気温は不規則に日内変動しながら長期的な季節変動を示すため、植物の季節応答には長期的な気温変動傾向を感知する機能が必要であると考えられます。そのため今回 ADH1 プロモーターで確かめられた長期低温応答性は、植物の越冬機能に貢献しているのではないかと推測されます。

## 3. 波及効果、今後の予定

プロモーター領域は遺伝子をコードしていないため、プロモーター領域の遺伝子組換えやゲノム編集はタンパク質の機能を改変することなく環境応答性のみを改変できます。今後 ADH1 プロモーターの長期低温応答性に必要な領域や塩基配列を特定することで、農作物として有用な形質を冬に発現させることができる可能性があります。

## 4. 研究プロジェクトについて

この研究は、日本学術振興会 (JP21H04977、JP24K23181)、科学技術振興機構 CREST (JPMJCR1501) の支援を受けて行われました。研究機関は、京都大学生態学研究センターです。

### <用語解説>

**プロモーター**：遺伝子をコード (暗号化) している領域の周辺領域で、遺伝子の発現を制御している領域。

**ヒストンタンパク質**：DNA が巻き付いているタンパク質。

**ヒストン修飾**：ヒストンタンパク質の一部のアミノ酸がメチル化、アセチル化されること。ヒストンタンパク質の種類やアミノ酸の位置、修飾の種類により、遺伝子発現の促進もしくは抑制の指標となる。

**アルコールデヒドロゲナーゼ遺伝子 (ADH1)**：アルコール脱水素酵素をコードする遺伝子。

**レポーター遺伝子**：蛍光や発光、染色などによって遺伝子発現の強さや場所を可視化できるタンパク質をコードする遺伝子。

**<研究者のコメント>**

「野外環境での植物の温度応答には分かっていないことが多く、今回焦点を当てた *ADH1* だけではなくその他多くの遺伝子が長期的な温度変動傾向の感知に関与していることが予想されます。野外環境下での温度応答をさらに調査し、長期的な温度変動傾向感知のメカニズムを解明したいです。」(清水華子)

**<論文タイトルと著者>**

タイトル：Plant *ADH1* promoter acts as an H3K27me3-associated hyper-long cold-responsive promoter

著者：Hanako Shimizu, Haruki Nishio, Hiroshi Kudoh

掲載誌： *The Plant Journal* DOI : 10.1111/tpj.70248