

陸上植物の季節に依存して花を咲かせる仕組みの起源を紐解く

河内孝之 生命科学研究所教授、久保田茜 生命科学研究所大学院生らの研究グループは、苔類ゼニゴケをモデル植物として、植物が季節を感知して花を咲かせる仕組みの原形が花の咲かない祖先的植物が陸上進出したときに既に確立していたことを明らかにしました。

この研究成果は、2014年4月22日に Nature Communications にオンライン掲載されました。

Kubota, A., Kita, S., Ishizaki, K., Nishihama, R., Yamato, K. T. and Kohchi, T.

Co-option of a photoperiodic growth-phase transition system during land plant evolution. Nature Comm. doi: 10.1038/ncomms4668

1. 背景

植物にとって季節を感知して花を咲かせることは、一生を通じて最も重要なイベントの1つです。植物は体内に持つ概日時計を利用して昼夜の長さを測ることで季節を認識し、最適な季節に繁殖することで自らの生存・繁栄を最適化しています。このような季節に応じて成長相を転換する仕組みは主に被子植物の花成をモデルとして研究が進められました。その結果 *GI* と *FKF1* と呼ばれるタンパク質から構成される複合体が、生物時計を使って計測された時間情報を成長相転換調節の信号へと伝達する仕組みの中心的な役割を担うことが明らかにされていました。*GI-FKF1* 複合体は維管束をもつ植物で広く保存されているものの、コケ植物をはじめとするより祖先的な陸上植物ではその存在が知られていませんでした。そのため、*GI-FKF1* 複合体による成長相制御機構は植物の進化上、維管束植物の出現と前後して獲得された機構であると考えられてきました。

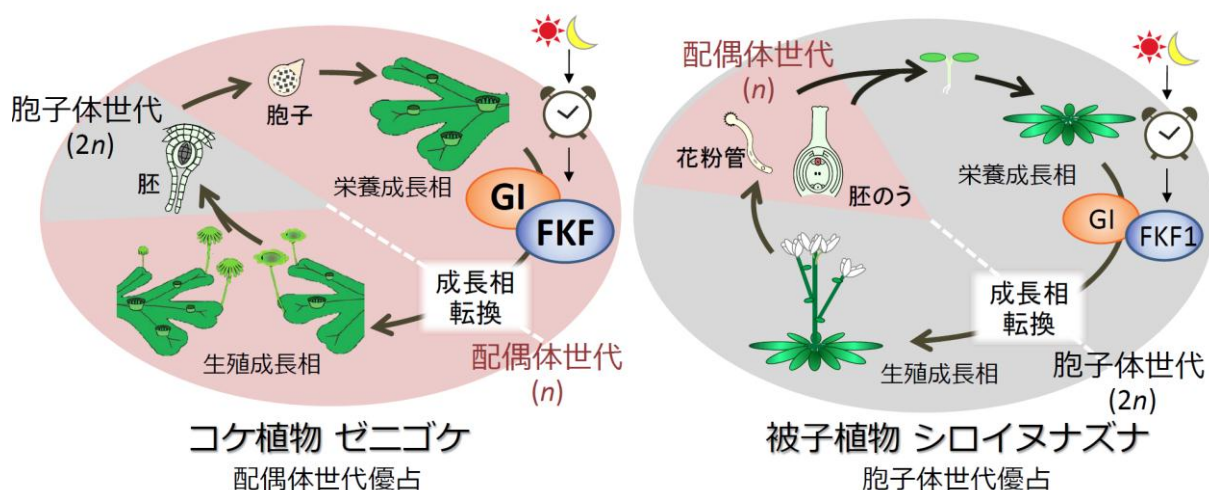
一方、一部のコケ植物においても季節に応じて生殖器を形成する現象は観察されていました。コケ植物の一生は、維管束植物と異なって配偶体世代（核相 n ）が優占的であり、配偶体世代のなかで成長相転換をします。この違いからコケ植物の生殖器形成と被子植物の花成が関連するかは不明でした。我々は配偶体世代における相転換制御の仕組みを解明することで、日の長さに依存した花成制御の起源が解明できると考えました。

2. 研究手法・成果

研究グループは陸上植物の進化上もっとも基部に位置する苔類に属するゼニゴケに着目しました。研究グループはゼニゴケのゲノム情報を解析し、ゼニゴケにも *GI*、*FKF1* に相同性を示す遺伝子が存在することを見出しました。さらに、ゼニゴケの *GI*、*FKF* 遺伝子を欠損させたゼニゴケの変異体では生殖器形成が起こらなくなるのに対し、これらの遺伝子が過剰に蓄積した変異体では季節に関係なく生殖器形成が促進されることを見出しました。また、その *GI* タンパク質と *FKF* タンパク質がゼニゴケ体内で複合体を形成することを示しました。これらの結果は、*GI-FKF1* 複合体による成長相制御機構が苔類に存在すること、つまり、植物が陸上化した時点において既にこの仕組みが獲得されていたことを示唆しています。興味深いことに、ゼニゴケの *GI* タンパク質は被子植物の体内においても、花成を調節する機能的なタンパク質として働いていることがわかりました。従って、被子植物の花成を支配する仕組みは、コケ植物の生殖器形成を制御する仕組みを起源とするものであり、この仕組みが陸上植物の進化過程で保存されたものである可能性が示されました。

3. 波及効果とその後の展開

陸上植物の生活環は動物と異なり、配偶体世代と孢子体世代という形と核相が全く異なる2つの世代が交互に繰り返すという特徴があります。今回の発見は、成長相転換を制御する仕組みが、被子植物とコケ植物という進化上離れた系統間において保存されていたことを明らかにしただけではなく、配偶体世代と孢子体世代という異なる世代で共通していたことを明らかにした点においても重要な意味をもちます。ゼニゴケが属するコケ植物においては、成長相転換は配偶体世代で起こるのに対して、被子植物の花成は孢子体世代で起こるイベントです。従って植物は、進化過程において生活環の中心を配偶体世代から孢子体世代へとシフトさせていくのに従って、GI-FKF1 複合体を孢子体世代における相転換制御へ転用したと考えられます。今後、ゼニゴケのGI-FKF 複合体の下流で生殖器官の形成に関わる因子がどの程度、被子植物の花器官の形成に転用されていたのかを解明することで、植物の成長相転換を支える分子機構の原形と進化過程を明らかにすることができると期待されます。



<用語解説>

ゼニゴケ：学名 *Marchantia polymorpha* L. 陸上植物進化の最も基部に位置する苔類（タイ類）の代表的な植物種。配偶体世代（核相 n ）が優占的であるため、遺伝解析に適している。進化的な位置づけと充実した実験手法により、近年、日本発のモデル生物として急速に注目されている。

概日時計：生物時計とも呼ばれる。1日の昼夜の長さを感じ取るために、細胞の内部に備わった分子時計。

成長相（転換）：植物の一生には葉を作り光合成を盛んに行う栄養成長相と次世代を残すために花芽を作り始める生殖成長相がある。栄養成長相から生殖成長相への成長プログラムの切り替えを成長相転換と呼ぶ。

GI-FKF 複合体：概日時計で感知された情報を遺伝子発現制御へ出力するのに重要なタンパク質複合体。シロイヌナズナを用いた研究から同定された。その遺伝子発現が概日時計の制御のもとにあることが知られている。

配偶体世代と孢子体世代：陸上植物は核相が n の配偶体世代と核相が $2n$ の孢子体世代を繰り返すという特徴がある。