

大学研究の「問い」が生まれる 3つのステップ

第3回 イネのフロリゲンと、日長に応じた開花の仕組み

研究というと、「すごい発見をすること」や「最初から明確な目的に向かって進むこと」をイメージするかもしれません。しかし、実際の研究は、最初から答えが分かっている活動ではありません。このコラムでは大学の研究がどのように進んでいくのかを、「理解フェーズ」「予測フェーズ」「方略フェーズ」の3つに分けて見ています。

今回は、横井先生らが取り組んだ「植物が日長に応じて花を咲かせる仕組み」に関する研究を取り上げます。植物は、どのように昼と夜の長さを感じ取り、花を咲かせる時期を決めているのか。また、日が長くなると花を咲かせる植物と、日が短くなると花を咲かせる植物では、何が違うのか。この研究を通して、散らばっていた情報がどのように結びつき、植物の開花をめぐる新しい問いが形づくられたのかを見ていきます。

0. 研究の入口「植物は、どうやって花を咲かせる季節を知るのか」

植物には、日が長い季節に花を咲かせるものと、日が短い季節に花を咲かせるものがあります。例えば、シロイヌナズナは、日が長くなると花を咲かせやすい長日（チョウジツ）植物です。一方、イネは、日が短くなると花を咲かせやすい短日（タンジツ）植物です。

植物は、カレンダーを見ることができません。それでも、昼と夜の長さから季節を判断し、花を咲かせる時期を決めています。古くから、植物の葉では、日長に応じて花を咲かせるための何らかの物質が作られ、それが茎の先端まで移動すると考えられていました。この仮想的な花成ホルモンは、フロリゲンと呼ばれていました。しかし、その正体は長い間分かっていませんでした。横井先生らの研究は、「**植物はどのような仕組みで日長を判断し、花を咲かせているのか。**」という疑問を、イネとシロイヌナズナの研究を結びつけながら明らかにしていくものでした。

Tips 1：日長（ニッチョウ）とは？

一日のうち、明るい時間の長さのことです。植物は、昼の長さだけでなく、暗い時間との組み合わせから季節を判断しています。

Tips 2：フロリゲンとは？

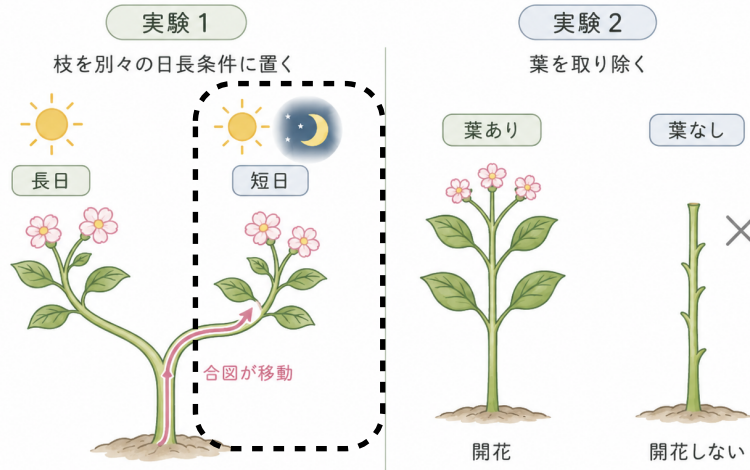
葉で作られ、植物の茎の先端へ移動して、花を作り始めるように伝える花成ホルモンです。

1. 理解フェーズ — 先行研究から見えてきた傾向 —

探究シミュレーションの理解フェーズでは、複数の実験結果や先行研究から、現状の法則や仕組みを整理します。

フロリゲンの存在は、古典的な実験から予想されていました。例えば、長日条件で花を咲かせる植物の枝を二つに分け、一方を長日条件、もう一方を短日条件に置くと、短日条件側の枝にも花が咲きました。また、葉を取り除くと、植物は日長に応じて花を咲かせられなくなりました。

フロリゲンを考える手がかりになった実験



これらの結果から、次の仕組みが考えられました。

1. 植物は葉で日長を感じ取る
2. 葉で花を咲かせる合図が作られる
3. その合図が植物体内を移動する
4. 合図が茎の先端に届くと、花が作られ始める

この合図に関わる仮想的な物質は「フロリゲン」と呼ばれましたが、その正体は分かっていませんでした。一方、イネの研究では、開花時期に関係する Hd1 や Hd3a などの遺伝子が見つかっていました。Hd3a も開花に必要な遺伝子の一つでしたが、フロリゲンとの関係は明らかになっていませんでした。

つまり、当時は、

- ・ 葉で作られ、茎の先端へ移動する開花の合図が存在する
- ・ イネでは Hd3a が開花に関係している

という二つの情報が、別々に存在していました。

こうして先行研究を整理することで、植物が葉で日長を感じ、開花の合図を茎の先端へ送るという大まかな仕組みが見えてきました。一方で、フロリゲンの正体は、まだ分かっていませんでした。次の予測フェーズでは、この疑問を、すでに知られていた Hd3a や FT などの遺伝子研究と結びつけて考えていきます。

2. 予測フェーズ — 散らばっていた情報を結びつける —

理解フェーズでは、植物が葉で日長を感じ、そこで作られた開花の合図を茎の先端へ送ることで花を咲かせるという大まかな仕組みが見えてきました。一方で、**その開花の合図であるフロリゲンの正体は何か**、という疑問が残っていました。

そこで横井先生らは、すでに知られていた遺伝子研究に注目しました。短日植物のイネでは Hd3a、長日植物のシロイヌナズナでは FT が開花に関係しており、両者から作られるタンパク質の構造がよく似ていることが分かっていました。フロリゲンは植物に共通する開花の合図だと考えられていたため、Hd3a と FT が、それぞれイネとシロイヌナズナでフロリゲンとして働いているのではないかと可能性が見えてきます。

しかし、ここで新たな疑問が生まれます。同じようなフロリゲンが働くのであれば、なぜシロイヌナズナは日が長いと花を咲かせ、イネは日が短いと花を咲かせるのでしょうか。

横井先生らは、違いはフロリゲンそのものではなく、日長に応じてフロリゲンを作らせる制御にあるのではないかと予測しました。

前提：シロイヌナズナは長日条件で、イネは短日条件で花を咲かせる。シロイヌナズナの FT とイネの Hd3a は、どちらも開花に関係し、構造がよく似ている。

規則：同じような役割をもつ物質が反対の環境条件で作られる場合、その物質の産生を決める上流の制御は、反対に働いていると考えられる。

予測する結果：長日植物と短日植物では、フロリゲンそのものではなく、それを作らせる制御が逆になっているのではないかと。

この仕組みは、A・B・C による伝言ゲームとして考えると分かりやすくなります。

A：体内時計

今が何時ごろかを把握します。

B：日長を判断する役

時刻と外の明るさを組み合わせ、花を咲かせる条件が整ったかを判断します。イネでは Hd1 が重要な役割を果たします。

C：開花の合図

花を作り始めるように伝えるフロリゲンです。イネでは Hd3a、シロイヌナズナでは FT が当たります。

こうして予測フェーズでは、Hd3a と FT がそれぞれの植物のフロリゲンとして働き、そのフロリゲンを作らせる制御が長日植物と短日植物で逆になっているのではないかとこの見通しが立ちました。ただし、これはまだ予測です。次の方略フェーズでは、この予測が正しいといえるためには何を確かめる必要があるのかを考え、実験によって検証していきます。

3. 方略フェーズ — 予測をどのように確かめたのか —

方略フェーズでは、予測が正しいと確かめられた状態を思い描き、そこから逆算して、何を確認する必要があるのかを考えます。

目指す状態：

長日植物と短日植物に共通するフロリゲンの働きと、日長による制御の違いが明らかになっている状態。

この状態を実現するためには、まず、Hd3a がフロリゲンに必要な性質をもつこと、そして、日長によって Hd3a を作らせる制御が変わることを確かめる必要があります。そこで横井先生らは、イネについて主に二つの点を調べました。

一つ目は、**Hd3a がフロリゲンに必要な性質をもつか**です。Hd3a タンパク質を光らせて観察したところ、花を咲かせる短日条件では、葉で作られた Hd3a が茎の先端へ移動していることが確認されました。これにより、Hd3a が、葉で作られて茎の先端へ移動するという、フロリゲンに必要な性質をもつことが示されました。

二つ目は、**日長によって Hd3a の制御が変わるか**です。Hd1 などの遺伝子を通常より多く働かせたイネを長日条件と短日条件で育てると、長日条件では Hd1 が Hd3a の産生を抑え、短日条件では Hd3a を作らせる方向に働くことが分かりました。つまり、Hd1 は日長に応じて命令を切り替える判断役だったのです。

一方、ドイツの研究グループでは、長日植物であるシロイヌナズナの FT について研究が進められていました。こうした研究結果をあわせて考えることで、イネでは Hd3a、シロイヌナズナでは FT がフロリゲンとして働き、長日植物と短日植物では、そのフロリゲンを作らせる制御の仕組みが逆になっていることが明らかになっていきました。

4. 植物は、研究者の思いどおりには変わらない

遺伝子を強く働かせても、植物が予想どおり大きく変化するとは限りません。横井先生は、周囲の植物がまだ咲いていなかったり、風や昆虫などの受粉条件が整っていなかったりする段階で花を咲かせることは、植物にとって危険を伴うと説明します。

そのため植物には、極端な変化を避けるように、遺伝子操作の影響を小さく抑える自己調整力があると考えられます。予想ほど大きな変化が出なかった場合も、それは研究の失敗とは限りません。なぜ変化が抑えられたのかを考えることで、植物の生存戦略への理解が深まります。

5. 探究を始める人へのメッセージ

新しい問いは、何もないところから突然生まれるとは限りません。横井先生らの研究は、古典的な実験、すでに知られていた遺伝子、異なる植物の研究を結びつけることから始まりました。大切なのは、知識を覚えるだけでなく、「この情報と別の情報はつながるのではないか」「同じ仕組みなのに、なぜ結果が違うのか」と考えることです。散らばった事実を整理し、新しい関係を見いだすことも、創造的な問いを生み出す大切な方法です。

研究者情報

横井 修司 先生

所属：大阪公立大学大学院 農学研究科 応用生物科学専攻

専門分野：遺伝育種学

研究テーマ：植物の環境応答メカニズムの解析と育種への応用

研究歴：約 30 年