

植物は光や温度といった環境情報を利用して季節を感知し、適切な発生・生殖活動を行っています。環境情報を感知して、環境変化に巧みに対応する仕組みは、固着生活を強いられる植物の特性を知るうえで最も興味深いものの一つです。わたしたちは、植物が花を咲かせる現象（花成）に注目し、環境変化を感知して適切なタイミングで花を咲かせる仕組みを理解することを目指しています。

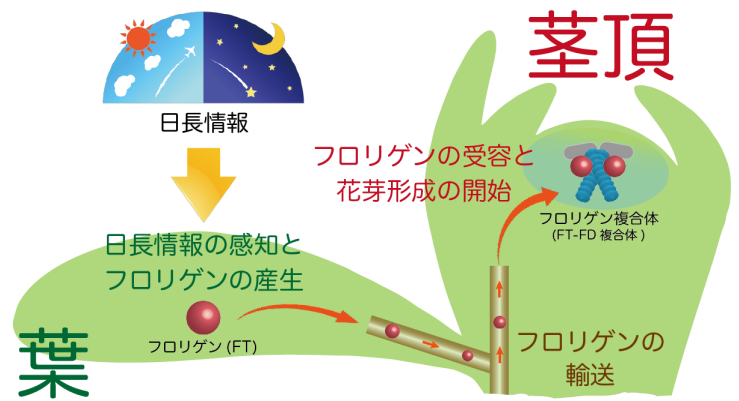


図1: フロリゲンを介した花成制御



図2: シロイヌナズナの野生型 (左) とフロリゲン変異体 (右)

日長の季節変化を植物が感知して花を咲かせる「光周性花成」は、古くから多くの研究者の興味をかりたててきました。光周性花成において不可欠な役割を担っているのが、花成ホルモン「フロリゲン」です。花成を誘導する日長条件下で育てられた植物では、葉でフロリゲンが作られます。フロリゲンは維管束篩部を介して葉から茎頂分裂組織へと運ばれ、花成を促進します（図1）。したがって、フロリゲンを作れない突然変異体や、フロリゲン機能が低下した突然変異体は、野生型に比べて遅咲きになるわけです（図2）。

フロリゲンは、その存在が1930年代から予想されていましたが、分子実体が不明だったため長らく“幻の植物ホルモン”とされてきました。しかし、2005年の京都大学・荒木崇博士と阿部らの報告を契機として、シロイヌナズナの FLOWERING LOCUS T (FT) タンパク質がフロリゲンの実体であることが明らかになりました。日長に応じて葉の維管束篩部で作られた FT タンパク質は、茎頂分裂組織で待ち受ける bZIP 型転写因子 FD タンパク質とフロリゲン複合体 (FT-FD 複合体) を形成し、花芽形成の鍵遺伝子である APETALA1 (AP1) 遺伝子の転写を誘導します。

最近、わたしたちは FT と FD が作るフロリゲン複合体を *in vivo* で観察する手法を開発しました（図3）。FT の特徴は、細胞非自律的な機能（造られる場所と機能する場所が異なるはたらきのこと）です。したがって、FT がどこに存在するかは大きな意味を持たず、どこで機能するかを理解することが重要です。今後は、この手法を使って「茎頂でのフロリゲン複合体の動態」「フロリゲン複合体の標的遺伝子」「フロリゲンの輸送の仕組み」などを明らかにしていきます。

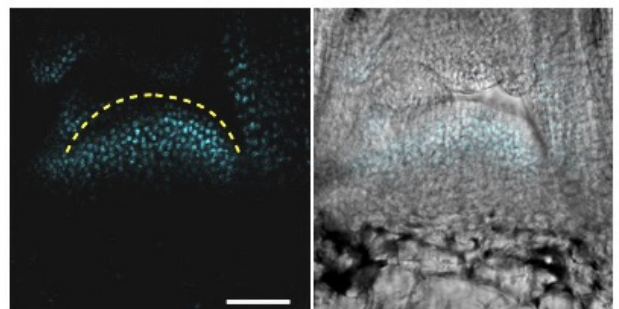


図3: 茎頂での FT-FD 複合体の蛍光イメージング像

幻の植物ホルモン・フロリゲンの分子実体が明らかになって 10 年以上が経ちますが、「花成」という植物特有の現象については、まだまだ未解明なことがたくさん残されています。FT は作物や花卉にも共通して存在し、花を咲かせるタイミングの決定権を握っていることが分かっています。つまり、FT を介した花成制御の仕組みはシロイヌナズナに限定されたものではなく、植物全般に共通する仕組みであると考えられます。植物同士で高い保存性をもち、大きな花成促進効果をもたらすフロリゲンの特性を考えると、FT による花成研究は、基礎研究は当然のことながら、農産業にも大きな影響を及ぼすことが期待されます。一緒に花成研究を楽しみませんか？

【参考文献・図書】赤字は特に重要な論文です。興味があれば是非読んでみてください。

1. **Yamaguchi A, Kobayashi Y, Goto K, Abe M, Araki T.** (2005) TWIN SISTER OF FT (TSF) acts as a floral pathway integrator redundantly with FT. *Plant & Cell Physiology*; 46: 1175-1189.
2. **Abe M, Kobayashi Y, Yamamoto S, Daimon Y, Yamaguchi A, Ikeda Y, Ichinoki H, Notaguchi M, Goto K, Araki T.** (2005) FD, a bZIP protein mediating signals from the floral pathway integrator FT at the shoot apex. *Science*; 309: 1052-1056.
3. **Ikeda Y, Kobayashi Y, Yamaguchi A, Abe M, Araki T.** (2007) Molecular basis of late-flowering phenotype caused by dominant Epi-alleles of the *FWA* locus in *Arabidopsis*. *Plant & Cell Physiology* 48: 205-220.
4. **Abe M, Notaguchi M, Kimura T, Daimon Y, Kobayashi T, Yamaguchi A, Tomita Y, Dohi K, Mori M, Araki T.** (2008) Long-distance, graft-transmissible action of *Arabidopsis* FLOWERING LOCUS T protein to promote flowering. *Plant & Cell Physiology*; 49: 1645-1658.
5. **Yamaguchi A, \*Abe M.** (2012) Regulation of reproductive development by non-coding RNA in *Arabidopsis*: to flower or not to flower. *J Plant Res.*; 125: 693-704.
6. **Hiraoka K, Yamaguchi A, Abe M, Araki T.** (2013) The florigen genes *FT* and *TSF* modulate lateral shoot outgrowth in *Arabidopsis thaliana*. *Plant & Cell Physiology*; 54: 352-368.
7. **\*Abe M, Kaya H, Watanabe-Taneda A, Shibuta M, Yamaguchi A, Sakamoto T, Kurata T, Ausin I, Araki T, Alonso-Blanco C.** (2015) FE, a phloem-specific Myb-related protein, promotes flowering through transcriptional activation of *FLOWERING LOCUS T* and *FLOWERING LOCUS T INTERACTING PROTEIN 1*. *Plant Journal*; 83: 1059-1068.
8. **Shibuta M and \*Abe M.** (2017) FE controls the transcription of downstream flowering regulators through two distinct mechanisms in leaf phloem companion cells. *Plant & Cell Physiology*; 58: 2017-2025.
9. **Negishi K, Endo M, Abe M, Araki T.** (2018) *SODIUM POTASSIUM ROOT DEFECTIVE1* regulates *FLOWERING LOCUS T* expression via microRNA156-*SQUAMOSA PROMOTER BINDING PROTEIN-LIKE3* pathway in response to potassium conditions. *Plant & Cell Physiology*; 59: 404-413.
10. **Endo M, Yoshida M, Sasaki Y, Negishi K, Horikawa K, Daimon Y, Kurotani K, Notaguchi M, Abe M, Araki T.** (2018) Reevaluation of florigen transport kinetics with separation of function mutations that uncouple flowering initiation and long-distance transport. *Plant & Cell Physiology*; 59: 1621-1629.

11. **\*Abe M, Kosaka S, Shibuta M, Nagata K, Uemura T, Nakano A, Kaya H. (2019) Transient activity of the florigen complex during the floral transition in *Arabidopsis thaliana*. *Development*; 146: dev171504.**
12. **Sanagi M, Aoyama S, Kubo A, Lu Y, Sato Y, Ito S, Abe M, Mitsuda N, Ohme-Takagi M, Kiba T, Nakagami H, Rolland F, Yamaguchi J, Imaizumi T, Sato T (2021) Low nitrogen conditions accelerate flowering by modulating the phosphorylation state of FLOWERING BHLH 4 in *Arabidopsis*. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A* 118: e2022942118.**
13. **阿部光知 (2009) 「春化と光周性-光周期応答能を発揮するために必要な長期の低温-」『光周性の分子生物学』海老原史樹文、井澤毅編集 シュプリンガー・ジャパン**
14. **平野博之、阿部光知 (2018) 『花の分子発生遺伝学-遺伝子のはたらきによる花の形づくり-』裳華房**