

# キャベツはいつ花芽をつくりはじめるのか —生育量と低温による花芽分化のタイミング—

農研機構野菜花き研究部門  
露地生産システム研究領域

福田 真知子

## はじめに

キャベツは、冬の低温にあたることで翌春にとう立ちすることがある(図-1)。栽培の現場では、冬の寒さが足りないとか、逆に寒すぎるとか、年によって“とう立ちしやすさ”が変わることを経験的にご存じの方も多いと思う。しかし、実際に「いつ」「どんな条件で」花芽ができてはじめるのかは外から見ていても分かりにくく、長らく研究の対象となってきた。キャベツの花成研究は、これまでアブラナ科のモデル植物の知見に助けられてきたが、近年はキャベツ独自の研究も進んでいる。特に、Itabashi ら(2019)による花成関連遺伝子の発現解析では、キャベツにもシロイヌナズナと同じような“花芽分化のブレーキ役”が存在し、低温によってそのブレーキが弱まることが示された。

本稿では、既往研究を紹介しつつ、筆者らが行った低温処理実験の様子や遺伝子発現データを交えながら、キャベツの花芽分化の誘導要因と、開花の様子について紹介したい。

## 1. キャベツの花芽づくりを支えるしくみ

花芽分化の研究でよく登場する *FLC* (*Flowering Locus C*) 遺



図-1 キャベツのとう立ち

伝子は、“花を咲かせるのはまだ早い”という合図を出す遺伝子である。低温に長くあたると *FLC* の働きが弱まる。これは植物が「そろそろ花をつくってもいいかな」と判断する合図のひとつとなる(Amasino 2004)。Itabashi らの研究によって、キャベツには複数の *FLC* が存在し、それぞれが低温応答に関わっていることが確かめられた。

## 2. 植物体がある程度育っていないと、低温に反応しにくい

キャベツは、植物体が小さいうちはどんなに低温に遭遇しても花芽をつくらうとしない。ある程度の葉数や植物体サイズに達して、ようやく低温の合図に反応できるようになる(Stokes and Verkerk 1951; Ito and Saito 1962)。これは、植物が“まだ成長途中だから花をつける段階ではない”と判断しているためだと考えられている。このような性質をもつ植物を緑植物体春化型植物と呼ぶ。キャベツの他には、ネギやタマネギ、ブロッコリーやカリフラワーが知られている。

## 3. 低温の長さや強さが花芽を後押しする

次に、どれくらい低温にあたると花芽ができるのかを見てみる。

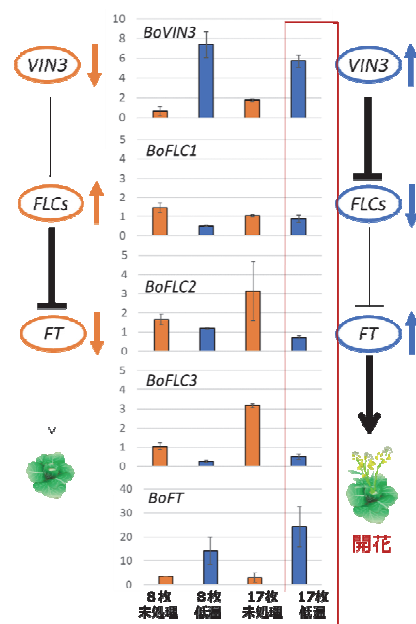


図-2 低温処理終了時の花成関連遺伝子の発現パターン  
縦軸は相対値。各葉数の植物体に低温処理を行った。



図-3 大きさが異なる植物体への低温処理の有無が花芽形成に及ぼす影響  
同一苗を使用し同一日に撮影。低温処理まではポットで育成しているため低温処理後の圃場生育期間が長い上段の区のほうが生長量大きい。

品種にもよるが、花芽分化にはある程度の長さの低温期間が必要なようである。低温期間が十分でない場合、その後通常生育環境に戻した時に花芽分化が進まない。一方、しっかり低温にあてた株では、花芽分化する個体の割合が増加する (Itabashi *et al.* 2019)。

#### 4. その時遺伝子発現はどう動くか

十分な低温期間を与えるとして、低温に遭遇する際の植物体の大きさが違った場合で低温処理後の植物体で遺伝子の発現量を調べると、いずれの大きさの場合でも

- ・ *VIN3* の発現量が増加する。
- ・ *FLC* (主に *FLC2* と *FLC3*) の発現量が大きく低下する。
- ・ 花成経路統合遺伝子 (*Flowering Locus T (FT)*) の発現が増加する。

という反応がみられた (図-2)。

シロイヌナズナでは、花成シグナルのストッパーである *FLC* は低温により発現量が減少する (Michaels and Amasino 1999)。また花成シグナルである *FT* が低温後の長日条件によって発現量が増加して、その後の花芽形成が進んでいく (Searle *et al.* 2006)。この二つの遺伝子発現パターンをみれば、キャベツでは植物体が大きい場合でも小さい場合でも花芽分化へと進んでいることが予見される。

#### 5. 圃場ではどんなふうに花芽分化が進んだのか

低温処理を終えた株を圃場に植えてみたところ、低温に遭遇する植物体が小さいと、キャベツは結球し、いわゆるキャベツの



図-4 同様の試験で観察された脇芽の花の開花  
手前側が低温処理個体。図-3 とは別の品種を供試した際に確認された脇芽の開花。

生育と同様であった。一方、植物体が大きい場合、圃場に植えてから一か月程度で抽苔し花が咲いた (図-3, 図-4)。

実は Itabashi らが報告で述べているように、キャベツの花成においては、*FLC* の遺伝子発現は低温により低下するが、複数ある *FLC* の一つはシロイヌナズナと違って恒常的に発現している可能性が示された。また、花成のシグナルである *FT* の発現増加が観察されるにもかかわらず、小さい植物体ではその後の花芽形成が進まないことは、キャベツの植物体の大きさによる花芽形成には *FT* の遺伝子発現より下流の経路や、他の因子による制御が関与していることを示唆している。



## おわりに

本稿では、キャベツが低温に遭遇した際、「いつ」「どのような条件」で花芽ができるのかについて、既存の研究報告と筆者らの実験結果を交えながら紹介した。

キャベツの生産現場では、花芽分化とその後の茎伸長（とう立ち）が起こったキャベツは品質低下とみなされてしまう場合があり、生産者の収益に直結するとともに供給量の低下を招く可能性がある。暖冬や寒波など気象が大きく変動する近年、周年栽培を安定させるためには花芽分化のタイミングの予測技術や、花芽分化自体が起こりづらい品種開発が求められている。今回紹介したような知見の蓄積はこれらの技術開発に貢献するものであり、引き続き詳細なメカニズム解明を進めていく予定である。

## 引用文献

Amasino, R. 2004. Vernalization, competence, and the epigenetic memory of winter. *Plant Cell*, 16(10), 2553–2559. <https://doi.org/10.1105/tpc.104.161070>.

[org/10.1105/tpc.104.161070](https://doi.org/10.1105/tpc.104.161070).

Itabashi, E. *et al.* 2019. Comparison of cold responses for orthologs of cabbage vernalization-related genes. *Horticulture Journal* 88(4), 462–470. <https://doi.org/10.2503/hortj.UTD-059>.

Ito, H. and Saito, T. 1962. Time and temperature factors for the flower formation in cabbage. *Tohoku Journal of Agricultural Research* 12(4), 297–316.

Michaels, S. D. and Amasino, R. M. 1999. FLOWERING LOCUS C Encodes a Novel MADS Domain Protein That Acts as a Repressor of Flowering. In *The Plant Cell* (Vol. 11).

Searle, I. *et al.* 2006. The transcription factor FLC confers a flowering response to vernalization by repressing meristem competence and systemic signaling in *Arabidopsis*. *Genes and Development*, 20(7), 898–912. <https://doi.org/10.1101/gad.373506>.

Stokes, P. and Verkerk, K. 1951. Flower formation in Brussels sprouts. (*Mededelingen van de Landbouwhogeschool te Wageningen*; No. dl. 50, verhandeling 9), (*Publicatie van het Laboratorium voor Tuinbouwplantenteelt, Landbouwhogeschool*; No. no. 92). Veenman. <https://edepot.wur.nl/290694>.