

## カイコは革命の風雲児？

坪田 拓也

皆様はカイコをご存じだろうか？わが国ではかつて、農家でカイコを飼育し、繭（シルク）を生産する養蚕・蚕糸業が盛んであった。本稿をお読みの方の中にも、もしかしたら、かつては家の近所に養蚕農家があったという方もいらっしゃるかもしれない。2014年に富岡製糸場（正式には富岡製糸場と絹産業遺産群）が世界遺産に登録されたことは、我々の記憶に新しいところであるが、そこでは約115年の間、繰糸が行われ、近代日本の発展を支え続けた。当時の養蚕・蚕糸業の活況ぶりを象徴する施設であると言える。

カイコ (*Bombyx mori*) はチョウやガの仲間であるチョウ目に属する昆虫で、野生種であるクワコ (*Bombyx mandarina*) から派生した生物である。5000年の間クワコが飼いならされた結果、カイコは飛翔能力やエサを探しに行く能力を失ってしまい、野外では生存することができなくなった。ヒトが手を加えないと生きることができない、究極の家畜であると言えるだろう。

カイコは研究材料としてきわめて優れている。まず、ライフサイクルが約7週間と比較的短く、年間6世代以上継代することが可能であることがあげられる。また、人工飼料が開発されており、年中飼育することができる。カイコは卵の時期に休眠するため、卵の状態でも1年間系統を保存しておくことができ、また塩酸処理や冷蔵処理を行うことで卵の休眠を打破できるため、好きなタイミングで飼育を開始することができる。さらに、大量飼育が可能であることや、幼虫が共食いせず飼育が容易であるという特性も持っており、これらの特性を活かして、カイコは遺伝学や生理学、病理学研究などの材料として盛んに用いられてきた。メンデル遺伝の法則が動物で成立することを初めて証明した研究は、1906年に東京帝国大学（現在の東京大学）の外山亀太郎博士がカイコを用いて行ったものである。

2000年にカイコ研究において大きなブレークスルーが起こった。それは、遺伝子組換え技術の開発である。トランスポゾン *piggyBac* を改変したベクターを、カイコの卵に注射することで、遺伝子組換えを効率よく起こすことができる<sup>1)</sup>。遺伝子組換えカイコ（以下組換えカイコと記す）の利用により、遺伝子機能解析に関する研究が大きく進み、ホルモンの合成・分解の制御に関わる *CYP15C1* 遺伝子や *jhe* 遺伝子、あるいはウイルス抵抗性に関わる *nsd-2* 遺伝子の機能などが明らかにされた。2008年に解読されたカイコのゲノム情報の利用と合わ

せ、遺伝子組換え技術はポストゲノム研究のツールとして幅広く活用されている。

組換えカイコは産業目的にも利用することができる。冒頭で述べたように、カイコの大きな特徴はシルクを作ることであり、組換えカイコを利用することで、さまざまな機能を持たせたシルクを作らせることができる。たとえば、蛍光タンパク質遺伝子を導入した組換えカイコは、色とりどりに美しく光るシルクを作り<sup>2)</sup>、また、クモ糸遺伝子を導入した組換えカイコは、切れにくい性質を持つシルクを作る<sup>3)</sup>。組換えカイコは、さらに医薬品などの有用タンパク質の生産にも利用することが可能で、繭の中に有用タンパク質を分泌させることで、タンパク質の抽出を簡単に行うことができる。組換えカイコを利用して生産された化粧品や検査薬の中には、すでに製品化が始まっているものもある。

近年、ゲノム編集という新たな遺伝子改変技術が登場した。ゲノム編集は、高精度・高効率かつ低コストで遺伝子を改変できる技術で、農作物や家畜などで近年その利用が急速に広がっている。カイコでもゲノム編集技術は有効で<sup>4)</sup>、標的遺伝子の破壊による遺伝子機能解析が盛んに進められており、幼虫の紋様形成に関わる *apt-like* 遺伝子の機能などが明らかにされた。また、ゲノム編集を用いることで、カイコゲノムの狙った位置に遺伝子導入を行うことも可能になり<sup>5)</sup>、それにより、カイコを用いた有用タンパク質の生産が、今後さらに効率化されることが期待される。

遺伝子組換え、あるいはゲノム編集カイコを利用して、新たな産業の創出を目指す取組みは、「産業革命」ならぬ「蚕業革命」と呼ばれ、大きな注目を浴びている。かつてはシルク生産で日本の発展に大きく貢献したカイコが、最新のバイオテクノロジーを導入することで、新たな形で利用することができるようになり、遺伝子組換え、あるいはゲノム編集カイコによるシルク・有用タンパク質生産は、今後新たな成長産業としてわが国を支えていくことが期待される。カイコ研究のこれからの楽しみである。

- 1) Tamura, T. et al.: *Nat. Biotechnol.*, **18**, 81 (2000).
- 2) Iizuka, T. et al.: *Adv. Funct. Mater.*, **23**, 5232 (2013).
- 3) Kuwana, Y. et al.: *PLoS One*, **8**, e105325 (2014).
- 4) 坪田拓也, 高須陽子: 蚕糸・昆虫バイオテック, **86**, 95 (2017).
- 5) Nakade, S. et al.: *Nat. Commun.*, **5**, 5560 (2014).