

「蚕業革命」が創る新産業の未来

SATテクノロジー・ショーケース2018

■ はじめに

現在、つくば発のオンリーワンのテクノロジーである「遺伝子組換えカイコ」を用いた新産業創出の動きが活発化しています。遺伝子組換え技術を用いた新しいシルクの開発や、医薬品等の原薬となる有用タンパク質の生産技術の開発が急速に進んでおり、既に一部は製品化され、農家や大規模工場における大量飼育に向けた取り組みも行われており、衰退した日本の蚕糸業から新産業への転換である「蚕業革命」が起きようとしています。農研機構は、そのコア機関として、基盤技術開発と普及を積極的な産官学連携によって進めています。その取組を紹介します。

■ なぜカイコ・シルクか？

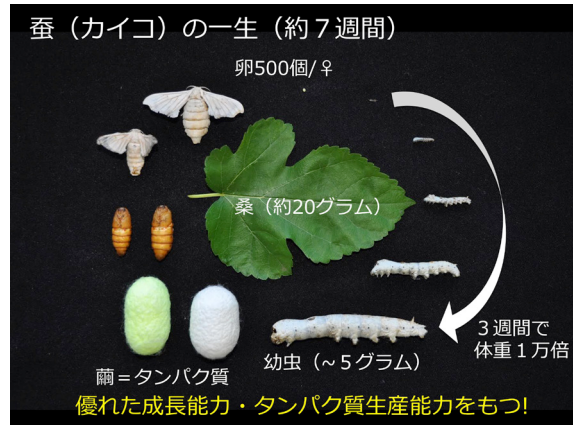
カイコは、成長が早く、「シルク」という天然タンパク質の長繊維を大量に(1200～1500m、0.2～0.5g)吐いて繭を作る高い能力を持っています。シルクは、保温性、速乾性、ドレープ性をもつ肌に優しい繊維であり、非石油原料の低CO₂排出繊維として改めて注目されつつある素材です。

カイコを飼育して繭を作らせ(「養蚕」といいます)、その繭から生糸を作って販売する「蚕糸業」は、かつて主要な外貨獲得産業として日本の経済発展と近代化を支えました。最盛期には養蚕農家は221万戸(1929年)、繭生産量は40万トン(1930年)もありましたが、石油原料の合成繊維の登場、国際価格競争の激化、従事者の高齢化等によって年々減少し、2016年には養蚕農家は349戸、繭生産量は130トンにまで減り、存亡の危機を迎えています。

カイコは、約5000年といわれる養蚕の歴史の中で、野生種(クワコ)が飼いに馴らされたもので、幼虫はおとなしく、成虫は飛べず、人間が世話をしないと生きられません。高密度での大量飼育が可能であり、何十万頭ものカイコの成長をそろえることができます。日本には、長い歴史で培われた高度な育種技術、養蚕技術、蚕糸技術がまだ残されています。

蚕糸・昆虫農業技術研究所(現農研機構、つくば市)は、カイコの高いタンパク質生産能力に着目し、カイコの可能性をさらに広げるために遺伝子組換え技術の開発を進め、2000年に世界で初めてカイコの遺伝子組換え技術を確立し、以降も世界をリードしてきました。2008年には当時農業生物資源研究所(現農研機構)が中心となり、カイコのゲノムを解読しました。また、東京大学、九州大学、東京農工大学等々において、カイコの遺伝学や生理学等の優れた基礎研究が長年行われてきました。

このように日本には長年の蚕糸技術や基礎研究の蓄積があるとともに、遺伝子組換え技術は世界をリードしており、カイコ・シルクは「日本が大きな強みを持つ材料」です。



■ 活動内容

1. 遺伝子組換えカイコによる有用物質生産技術の開発
カイコを昆虫工場として有用物質を生産する試みを、様々なプロジェクトで進めています。一例として、農林水産省委託プロジェクト研究「蚕業革命による新産業創出プロジェクト(2017～2021)」では、有用物質生産による新産業の創出と拡大のために、以下の研究を進めています。

●組換えタンパク質の生産効率向上技術の開発
ゲノム編集等によって組換えタンパク質の生産性を現行の3～4倍に向上させる技術を開発し、診断薬や化粧品等の開発において技術の検証と実用化を行っています。(東大、京大、北大、免疫生物研究所等との共同)

●糖鎖制御による有効性・安全性向上技術の開発
糖鎖をヒト型化する等の糖鎖付加制御技術の開発により、機能性及び安全性に優れたタンパク質の生産技術を開発しながら、動物用およびヒト用医薬品の開発を行っています。(大阪大、徳島大、群馬大、横浜市大、山口大、北大、日本全薬工業、免疫生物研究所等と共同)

●スマート養蚕システムの開発
ICT技術等を活用した飼育装置の開発、遊休農地の桑園化、低コスト人工飼料の開発、およびモデル地域における遺伝子組換えカイコの生産体制の構築を進めています。(熊大、新菱冷熱工業、ユークレナ、あつまるホールディングス、アードン、エムエーシー等と共同)

■キーワード: (1) 遺伝子組換えカイコ
(2) シルク新素材
(3) 有用タンパク質生産

■共同研究者: 瀬筒秀樹¹、立松謙一郎¹、飯塚哲也¹、桑名芳彦²、亀田恒徳¹、富田秀一郎¹
(¹ 農研機構 生物機能利用研究部門 新産業開拓研究領域、² 農研機構 生物機能利用研究部門 企画管理部企画連携室)

代表発表者 門野 敬子(かどの けいこ)
所 属 農研機構
生物機能利用研究部門
新産業開拓研究領域 領域長
問合せ先 〒305-8634 茨城県つくば市大わし 1-2
TEL: 029-838-6102 FAX: 029-838-6028
kadono@affrc.go.jp

SATテクノロジー・ショーケース2018

2. 遺伝子組換えカイコによる新特性シルクの開発

高付加価値の新しいシルクの開発を進めています。蛍光タンパク質を含有する蛍光シルク、世界一細い超極細シルク、クモのタンパク質を含有するクモ糸シルク、再生医療用の細胞接着性シルク、ELISAキット用の一本鎖抗体シルク等を既に開発しました。また、「遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律(カルタヘナ法)」に対応した飼育体制の構築と製品化を、群馬県や企業各社の協力の元で進めています。



光るシルクの西陣織衣装(Sputniko! x GUCCI 展(2015))

3. シルク成形による新素材の開発

シルクは、フィルム、スポンジ、不織布、液体、粉末、ゲル等に成形可能です。これにより、衣料分野だけでなく、医療分野、化粧品分野、工業分野等への利用可能性が広がっており、多くの企業から今注目されています。

■ 実用化事例等

1. 遺伝子組換えカイコ由来の有用タンパク質の実用化

ニッターボーメディカルから、診断薬用のヒト骨代謝マーカーやイヌ炎症マーカーが製品化されています。また、免疫生物研究所は、ヒトコラーゲンをを用いた化粧品や、ラミニン、アミロイドβ抗体の試薬等を製品化し、アステラス製薬とフィブリノゲンの実用化を進めています。カイコでは抗体等の複雑な構造のタンパク質も作りやすいため、ヒトや動物の抗体医薬品の実用化に期待が寄せられています。

2. 世界初！農家ででの遺伝子組換えカイコの飼育開始

2017年10月、群馬県の農家で、緑色蛍光シルクをつくる遺伝子組換えカイコの第一種使用等(カルタヘナ法に基づく開放系での使用等)による飼育が開始されました。



骨粗鬆症診断用のヒト骨代謝マーカー測定キット

■ 関連情報等(特許関係、施設)

1. 農研機構(旧農業生物資源研究所) 関連特許(一部)

- 「カイコ卵へのポリヌクレオチドの効率的導入方法」(特許第4132760号、特許権者:農業生物資源研究所)
- 「効率的な遺伝子組換えカイコの作出方法」(特許第5240699号、特許権者:農業生物資源研究所)
- 「カイコ中部絹糸腺特異的遺伝子発現系を利用したタンパク質の製造方法」(特許第5131798号、特許権者:農業生物資源研究所)
- 「後部絹糸腺遺伝子発現ユニット及びそれを有する遺伝子組換え絹糸虫」(ZL201380068076.1(中国)、特許権者:農業生物資源研究所)
- 「セリシンを大量に生産する蚕品種」(特許第3374177号、特許権者:農業生物資源研究所)
- 「抗体を産生するトランスジェニックカイコとその製造方法」(W02007/046439、特許第5760273号等、特許権者:農業生物資源研究所、日東紡)
- 「外来遺伝子発現カイコ繭の製糸方法及びそれによる製品」(特許第5292548号、特許権者:農業生物資源研究所、東レ、農工大、群馬県、理研、Amalgaam)
- 「哺乳動物型糖鎖付加遺伝子組換えカイコ」(特開2017-136052、出願人:農研機構、大阪大)

2. 農研機構が有する施設・提供可能なプラットフォーム

- 遺伝子組換えカイコ作出施設を用いた作出支援
- 有用タンパク質生産支援、新特性シルク開発と提供
- シルク成形技術およびシルク新素材の提供
- 様々なカイコ品種の提供と品種改良の技術提供
- 飼育体制構築、カルタヘナ法対応に関する情報提供
(お気軽にご相談ください)