

## 持続可能な次世代タンパク質源としての食用コオロギ

三戸 太郎<sup>1,2\*</sup>・渡邊 崇人<sup>1,2</sup>・岡部 慎司<sup>2</sup>

世界的な人口増加が加速する中で、食料利用可能な資源は逼迫した状態にある。その中でも食用動物性タンパク質の大部分を供給する既存の畜産・水産業は、生産される動物性タンパク質の数倍から10倍もの飼料が必要であり、効率性の面で大きな問題を抱えている。また、飼料となる大豆やトウモロコシなどは、ヒトの食料でもある。さらに水産養殖では、配合飼料の主要な原料である魚粉が、海洋環境の変化や過剰な漁獲圧から生産量は減少傾向にあり、持続性への危機感が高まっている。2020年以降の人口の増加に伴う動物性タンパク質の不足量は2050年には1億トンに上ると予測されており、天然資源に依存しない高効率な動物性タンパク質生産技術の開発は喫緊の課題である。

筆者らは、次世代タンパク質源としてフタホシコオロギに着目し、食用化研究と産業化への取組みを進めている。本稿ではその内容を紹介する。

### なぜコオロギなのか

国際連合食糧農業機関 (FAO) は、報告書「Edible insects」を発表し<sup>1)</sup>、昆虫を世界の食糧危機を解決する手段として位置付け、高効率な動物性タンパク質の供給源として昆虫資源の積極的な活用を推奨した。一般的に昆虫は高タンパク質であることに加え、ビタミン、ミネラルや不飽和脂肪酸の含有量などの点でも優れており、機能性食材として有望である。また、既存の畜産業と比較して、生産のための環境負荷が低く、数倍以上の飼料転換効率で動物性タンパク質を生産することが可能である。

昆虫には非常に多くの種が存在するが、すべて食用に適しているとは限らない。タンパク質を効率的に生産し、新たな食料とするために必要な昆虫の生物特性とはどのようなものだろうか。

まず、飼育が容易で安定生産できることがあげられる。特に、生産効率の面からは、世代時間が短いことや、雑食であることが求められる。さらに、食用への心理的抵抗感が「比較的」少ない種であることや、味に特段の苦味などの問題がないことも重要な点である。

これらの特性を考慮した場合、コオロギとミールワームが特に優れているとされている<sup>1)</sup>。

筆者らは、長年、発生生物学の分野でフタホシコオロギの研究を行ってきた。その成果や培ってきた飼育ノウ

ハウを、コオロギの食用資源としての利用推進と産業化に生かせるのではないかと、そのような発想から、フタホシコオロギの養殖技術や食品としての機能性などの研究をスタートさせた。

昆虫の食用利用の普及には、生産性向上、機能性・安全性に関する十分な情報の取得、心理的抵抗の払拭といった、さまざまな課題がある。それらの克服を目標として、徳島大学を中心にさまざまな分野の研究者の協力を得ながら、現在下記の複数のテーマに取り組んでいる。並行して、市場の形成や一般市民への啓蒙活動の一環として、株式会社グリラスを設立し、社会実装に向けた事業化を進めている。

### 生産システムの構築

事業化を見据えた食用コオロギ生産の効率化のポイントは、飼育の自動化と飼料の低コスト化である。飼育装置については、2016年春にクラウドファンディングで支援を募り、自動飼育装置開発のプロジェクトをスタートさせた。それ以来、飼育空間を有効利用し、コオロギを高密度で生育させるための飼育ケースの試作と飼育実験を重ねてきた。一般的な飼育方法と比べ、格段に高密度で健康なコオロギを維持できるようになり、大量生産へ向けての実用化の目処がついてきたところである。また2019年度より、大手機械メーカーとの共同研究をスタートさせ、高度にシステム化された自動飼育装置の開発に取り組んでいる。工場などの廃水や廃熱を利用した大規模な養殖システムの構築についても企業との連携を図っている。

一方、生産の低コスト化に向け、食品残渣を利用した飼料開発を進めている。企業から提供された小麦ふすまやおからなどをベースに、コオロギの生育や栄養価を高める配合を検討している。予備実験において、飼料原料に含まれる、ある種の脂肪酸がコオロギの脂肪酸組成に大きく影響することを見いだしている。さらに、有用微生物を原料に加えることによるコオロギの生育向上や高栄養化を試みており、有効性が示唆されている。食用コオロギを持続可能なタンパク質生産とするためにも、食品残渣のみでの飼育技術は大変重要である。早期に基本飼料の開発を完了させるべく研究に取り組んでいる。

\* 著者紹介 徳島大学大学院社会産業理工学研究部生物資源産業学域 (准教授) E-mail: mito.taro@tokushima-u.ac.jp

<sup>1</sup> 徳島大学大学院社会産業理工学研究部生物資源産業学域、<sup>2</sup> 株式会社グリラス



図1. コオロギ粉末入り備蓄パン  
(株式会社大学シーズ研究所との共同開発)

### 機能性や加工方法の研究

動物性タンパク質源としてすぐれていることがわかっているコオロギであるが、食品としての機能性を明確にすることでさらに利用価値を高めることができ、普及の大きな原動力となるはずである。これまでの研究の中で、食用コオロギの動物への投与と実験により血糖値上昇の抑制効果が示された。本成果をもとに、糖尿病予防・改善への効果を明らかにするための研究を計画している。加えて、肥満や老化への効果に着目した研究を計画しており、一部進行中である。

また、昆虫食への心理的抵抗を減らすための加工方法についても検討を行ってきた。コオロギの姿が見えないよう粉末にして加工食品とすることで、受け入れやすさは増すと思われる。粉末自体も癖がなく美味しく食べられるが、パンやビスコッティなどに入れることで、より抵抗なく食べられることを試食会なども行い検証してきた(図1)。機能性に関する一定の成果が得られた段階で、食品系の企業とも連携し、高付加価値の昆虫加工食品の開発を進めたい。

### ゲノム編集技術を利用した系統育種

既存の畜産では、歴史的に品種改良が行われてきたため、生産効率の高い品種が数多く存在する。昆虫生産においてはそのような背景がなく、食用品種の開発はまったくなされていない。

筆者らのグループは、発生生物学研究の過程で、ゲノム編集による遺伝子破壊系統の作出技術を確認し<sup>2,3)</sup>、コオロギを含む不完全変態昆虫における遺伝子改変技術について特許を出願している<sup>4)</sup>(図2)。また、闘争活性が低く飼育が容易で、かつ良好な食味を有するフタホシコオロギの白眼系統を約30年にわたり研究室で維持している。本白眼系統をベースに系統育種を進めていくことが、効率的な生産や社会受容性の向上に有効と考えている。

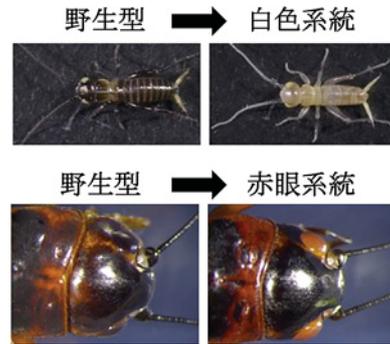


図2. ゲノム編集による遺伝子破壊系統の作出

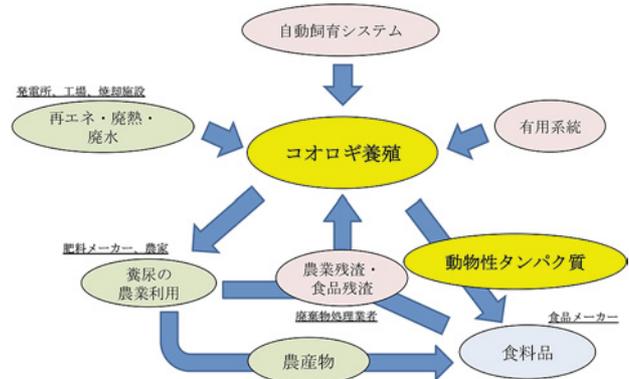


図3. コオロギ生産による持続可能なタンパク質供給モデル

### 今後の展望

上記の研究を進展させ、大規模な生産システムを構築し、事業化を通じてフタホシコオロギを持続可能なタンパク質の供給源として普及させていきたい(図3)。数千万匹単位の大量生産工場を稼働させ、供給を行っていくことを計画している。世界の食料問題を解決するには長い道のりであるが、将来的には海外にもコオロギの新しい大量生産システムを提供できるように、まずは日本で基盤をしっかりと構築したいと考えている。

### 文献

- 1) Van Huis, A. et al.: *FAO Forestry Paper*, 171, p. 187 (2013).
- 2) Watanabe, T. et al.: *Nat. Commun.*, **3**, 1017 (2012).
- 3) 渡邊崇人ら：進化するゲノム編集技術, p. 201, エヌ・ティー・エス (2015).
- 4) 特開2019-068762