

昆虫タンパクの飼料利用

吉永 直子

2013年に国連食糧農業機関FAOが昆虫食の見直しを呼びかけ、世界に大きなインパクトを与えた。端的に言えば、昆虫は飼料転換効率が高い。1 kgの肉（食用部位）を生産するのに必要な餌（飼料）は、鶏で4.5 kg、牛で25 kgであるのに対し、コオロギで2.1 kgという試算がある¹⁾。何を餌とするかによって変わってくるが、この数字は単純に限られた資源でより多くの人口を養えるだけでなく、畜産業の課題である大量の排泄物を減らせることを意味する。だからといって、スーパーの練り物コーナーに昆虫加工食品が並ぶ日がいきなり来ることはないが、世界人口は着実に増え続け、動物性タンパクの需要増加をもたらす飼料価格の高騰は避けられない。まずは家畜飼料として昆虫が注目されるのは当然の流れといえる。

そもそも、なぜ昆虫はこれほど飼料転換効率がいいのだろうか。冷血動物でエネルギーのロスが少ない点は重要である。加えて、特殊な代謝系を持つ種も見つかった。たとえば、グルタミン酸合成酵素GOGATはこれまで植物やバクテリアにしかないと思われていたが、蚊やカイコなどの昆虫から次々と報告されている²⁾。GOGATはグルタミンと2-オキソグルタル酸からグルタミン酸を合成し、グルタミン合成酵素GSと協調的に働くことでアンモニアからアミノ酸を合成できる。蚊は血液を摂取し代謝する際、急上昇するアンモニアの毒性を避けるため、このような特殊な窒素代謝メカニズムが必要になったと考えられる。一方、カイコは絹糸タンパクの主成分であるグリシン、アラニン、セリンを供給するために多量のグルタミン酸を必要とする。カイコと同じ目的で家畜化されたエリサンでもGOGAT活性が認められるが、ヨトウ由来の昆虫細胞Sf9でも同様の活性があることから、他の鱗翅目（蝶蛾類）にもGOGATが存在していると考えられる²⁾。農業害虫では最大の体サイズを誇るタバコスズメも腸管からアンモニアを直接取り込んで再利用することが知られている。さらに大量発生して農産物を暴食するハスモンヨトウは、植物中に多く含まれる脂肪酸をわざわざアミノ酸と縮合させることで窒素同化を効率化させていると考えられる³⁾。この縮合物FACs (fatty acid-amino acid conjugates) は多くの鱗翅目で報告されており、汎用性の高いシステムである。一方、カイコは桑の葉に含まれるウレアーゼを選択的かつ

能動的に血中に取り込んで尿素までをも再利用することがわかってきた²⁾。これらの鱗翅目昆虫に共通しているのは、植物のみを餌としながら短期間で急速に成長する点である。歩き回ってエネルギーを無駄にすることなく、食べ育つことに特化した生態と相まって、窒素同化効率の高さは家畜飼料として有望な素質といえる。

すでに実用化にむけて動き始めた欧州では、アメリカミズアブの利用がもっとも進んでいる。本種はもともと畜産現場の排泄物に自然発生しており、それをパイロットプラントで大規模飼育し始めたきっかけはむしろ排泄アンモニアを肥料として有効利用することにあつた。飼育管理方法が確立されているうえに、鳥類や魚にとってハエは天然の餌でもあり、飼料としての有用性が多方面から検証されている。一石二鳥の救世主として注目されているが、実際に排泄物のみで飼育すると肥えた美味しい幼虫や蛹は得られないようで、他の飼料との配合が不可欠だという報告もある。興味深いのは、本種の飼育によって排泄物中のO157やサルモネラなどの病原菌汚染が抑えられる点である⁴⁾。蛆虫療法で有名なようにハエの幼虫が抗生物質を分泌する例は知られており、アメリカミズアブ幼虫もディフェンシンに似た抗菌ペプチドを分泌することが突き止められた⁵⁾。湿度が高く雑菌の多い糞尿を餌として適応してきた昆虫ならではの利点である。

これまでにヒトが家畜化してきた生物は数知れないが、大規模な産業として確立された昆虫はカイコやミツバチなど意外に限られている。今、これに続く新たな昆虫の家畜化が始まろうとしているのかもしれない。目下のところ、飼育の目処が立っている種から検討され始めたところだが、多様で独創的な機能を持つ昆虫はまさに未開の宝庫といえる。近年の遺伝子操作技術を使えば、数千年を待つことなく目的の機能をデザインし最適化できるかもしれないが、億年単位で完成された芸術である昆虫の魅力を損なわずに活かしたい。

- 1) FAO Forestry Paper, **171** (2013).
- 2) 平山 力: 化学と生物, **41**, 164 (2003).
- 3) Yoshinaga, N. *et al.*: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **105**, 18058 (2008).
- 4) Erickson, M. C. *et al.*: *J. Food Prot.*, **67**, 685 (2004).
- 5) Park, S. I. *et al.*: *Dev. Comp. Immunol.*, **52**, 98 (2015).