カメムシ類の共生細菌

農林水産省果樹試験場保護部天敵機能研究室 三代浩二

はじめに

多くの昆虫において共生微生物の存在が知られている。これまでキクイムシ類、シロアリ類、ゴキブリ類、アプラムシ類、ウンカ類などで共生微生物の研究が進められてきている。しかし、カメムシ目昆虫についてはSTEINHAUS et al. (1956) により共生細菌が存在することは知られていたが、その機能についてはほとんど研究されていない。

本稿では、ナシやカンキツなど果樹の主要難防除害虫であるチャバネアオカメムシを中心に、カメムシ類の共生細菌について紹介する。また、共生細菌を利用した防除技術の開発の可能性についても考察したい。

Ⅰ 共生細菌の局在部位

チャバネアオカメムシの消化管を部位別に観察すると、中腸後部の盲のう部(図-1)に多量の共生細菌が見られる。その盲のう部は、中腸の内壁に出口をもつ盲のうが、トウモロコシの種子状に列をなした構造をしている(図-2)。個々の盲のうはそれぞれがマイセトーム(mycetome、菌細胞塊)であり、その内面は上皮細胞で覆われている。共生細菌が感染した上皮細胞は一部が崩壊して、共生細菌は盲のうの腔内へ放出される。一部の共生細菌は盲のうから出口を通り中腸内へも放出され、糞とともに排泄される。

一般にカメムシ類は、このように中腸後部に共生細菌を保持する盲のう部をもつが、その形態は科によって様々である(MIVAMOTO、1961)。チャバネアオカメムシをはじめとするカメムシ科(Pentatomidae)やキンカメムシ科(Scutelleridae)では4列、マルカメムシ科

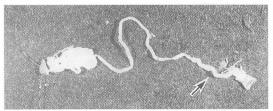


図-1 チャバネアオカメムシ消化管(矢印が盲のう部)

Symbionts of Terrestrial Heteropterans. By Koji Mishiro (キーワード:カメムシ、共生細菌、垂直伝搬)

(Plataspidae) やツチカメムシ科 (Cydnidae), へリカメムシ科 (Coreidae) では2列に盲のうが並んでいる。ホシカメムシ科 (Pyrrhocoridae) では種により違いがあり,盲のう部が見られない (Sociia, 1993) 種や,雌は袋状の盲のうが2列並んだ構造をしているが,雄には盲のうは見られないという種もある。ナガカメムシ科(Lygaeidae) では種により半球状の盲のうが2列に並んだものや管状の盲のうが中腸に付属しているもの,あるいは盲のうの見られないものがある。サシガメ科(Reduviidae) やグンバイムシ科 (Tingidae) では盲のうは見られない。これら盲のう部をもたないカメムシ類では,共生細菌は腸管の上皮細胞に付着するように存在している。盲のう部の形態に見られるカメムシの科間の違いは,細胞外の消化共生者の細胞内共生への移行の過程と考えると非常に興味深い。

Ⅱ 共生細菌の種類

チャバネアオカメムシの共生細菌は,短径 $0.3\sim0.6$ μ m,長径 $0.6\sim0.8$ μ m の短桿菌が $2\sim6$ 個連鎖した形態をしており,グラム染色に対し陰性を示す(図-3)。 杉浦(1984)は,チャバネアオカメムシの滅菌卵から Bacillus polymyxa を好気的に分離した。しかし図-3 に示したチャバネアオカメムシの(最も検出頻度の高い)共生細菌はグラム陰性であり,卵期は卵面に存在しているので,本当の意味での本種の共生細菌の分離・培養はまだできていないといえる。

カメムシ類で共生細菌が分離・培養され、細菌が同定



図-2 チャバネアオカメムシ盲のう部



図-3 チャバネアオカメムシ共生細菌

されたという報告は非常に少なく、サシガメ科の一種 Rhodnims prolyxas の共生細菌が Rhodcoccus rhodnii と (Bains, 1956; Beard et al., 1992), また、ホシカメムシ科の一種 Pyrrhocoris apterus の共生細菌が Coriobacterium glomerans と (Haas and Köng, 1988) 同定されたのみである。これらはいずれもグラム陽性の細菌であり、また、マイセトームをもたない細胞外共生細菌である。盲のう部をもつカメムシ類の共生細菌、すなわち細胞内共生細菌の分離・培養・同定はいまだに成功していない。しかし、近年、PCR 法や分子系統学的手法の発達により、これまで培養ができなかった微生物についても部分塩基配列が解析できるようになり、様々な昆虫の共生微生物の系統学的位置がわかってきた。カメムシ類の共生細菌についても、今後これらの手法を用いることにより、その分類学的位置や機能が明らかにされるであろう。

Ⅲ 垂 直 伝 搬

チャバネアオカメムシは、一度に平均14個の卵を卵 塊として産卵する。卵は膣の中で受精した後、卵殻面に 粘液状物質を伴って産み落とされる。産卵時には卵端を 陰門に付けたまま2~3秒静止し、粘液状物質が固化し 卵が固定されるのを待つ。その後左右いずれかの後脚で 卵の上面を押さえながら陰門を卵から離す。そして共生 細菌が大量に含まれた排泄物を卵面に塗り付ける (図-4)。ふ化後15~30分後に幼虫はさかんに卵面を徘徊す る。幼虫はこのとき、口吻を卵面に対し30~60の角度 で接触させさかんに引っかく。この時期の幼虫の口吻の 先端の刺毛の間には, 粘着物質に包まれた共生細菌が多 数観察される(高木・三代,1996)。その後取り込まれ た共生細菌は,中腸に移動・定着し,垂直伝搬は完了す る。幼虫が共生細菌を取り込むのはこのわずか30分程 度の間であり、ここで共生細菌を取り込むことができな かった幼虫は、以後の発育が著しく阻害され、大部分が

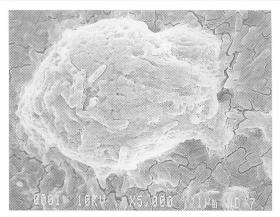


図-4 チャバネアオカメムシの卵面に付着した共生細菌

2齢期間中に死亡する。

昆虫の共生細菌の垂直伝搬は、①共生微生物を含む親の排泄物や分泌物を幼虫がなめるもの、②親が産卵時に 共生微生物を卵面になすりつけるもの、③経卵感染、の 3種の方法が知られている(石川、1988)。カメムシ類 ではこれら三つの方法がいずれも見られる。カメムシ科 やキンカメムシ科は②、ツチカメムシ科やサシガメ科の R. rhodnii は①の方法による。ホシカメムシ科のフタ モンホシカメムシおよびクロホシカメムシは卵面に細菌 類が見られず、また、卵期に親と引き離した後も幼虫は 非常に良く育つことから、③の方法により垂直伝搬が行 われると推察される。

N 共生細菌の機能

昆虫の共生微生物の役割については、解明されていない部分も多いが、ゴキブリ類やシロアリ類、ウンカ類、ヨコバイ類などでこれまでに報告された例では、共生微生物はビタミン類やホルモン類、必須アミノ酸類、ステロール類など宿主昆虫の成育に必要な物質の生産や窒素代謝に関与している。また、各種病原体に対する宿主の自己防衛機構の一翼を担っていることがわかっている。

釜野・野田(1983)は、カメムシ類の栄養要求研究から、カメムシの消化管に存在する共生微生物の役割が重要であることを指摘している。チャバネアオカメムシでは、盲のう部で特異的にビタミン A1(またはカロチン)およびビタミン Eが検出されることから、共生細菌がこれらのビタミン類を生産していると考えられる(阿部ら、1995)。またこれらのビタミン類はチャバネアオカメムシと同じカメムシ科のクサギカメムシやキンカメムシ科のアカスジキンカメムシの盲のう部からも同様に検出される。また、R. prolyxus の共生細菌は、ビタミンBを生産し宿主に供給している(BAINS、1956)。

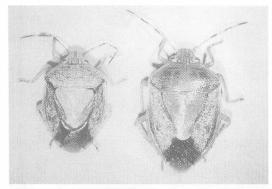


図-5 共生細菌を獲得できなかったチャバネアオカメム シ成虫(左)および健全な成虫(右)

チャバネアオカメムシやクサギカメムシでは、共生細菌の垂直伝搬を人為的に阻止し獲得させなかった幼虫は、本来共生細菌によって供給されるべき栄養素の欠損等により、幼虫期間が著しく遅延する。また、病原体に対する抵抗力が低下し、健康なカメムシには病原性を示さない日和見感染菌の感染等により、9割以上が幼虫期間中に死亡する。羽化した成虫も奇形となり(図-5)交尾することなく死亡する。R. prolyxus やマルカメムシ科の Coptosoma 属のカメムシでも共生細菌をもたない個体の死亡率が上昇し、幼虫期間が延長する(Bains, 1956;Mollar, 1956)。これらのことから、共生細菌は宿主カメムシの成長に不可欠であるといえる。

V 防除への利用の可能性

現在、チャバネアオカメムシをはじめとする果樹カメムシ類の防除には、合成ピレスロイドや有機リン剤等の化学農薬が使用されている。果樹カメムシ類は果樹園内で生活史を全うするのではなく、スギやヒノキなど針葉樹の球果で増殖し、成長した成虫が果樹園に不定期に飛来し果実を加害する。また、前述の化学農薬の残効性が短いこともあり、発生の多いときには散布を連続して行うことになり農薬の安全使用という面からはほど遠い実態になる。そこで、寄生バエや寄生バチなどの天敵昆虫、病原糸状菌や病原ウイルスなどの天敵微生物など、各種天敵類についての研究が精力的に進められている。また、チャバネアオカメムシの集合フェロモンが化学合成され、その効果的な使用法についても研究が進められている。

共生細菌を利用したカメムシ類防除の研究は、まだ歴史が浅い。これまで述べてきたように、共生細菌の獲得に失敗した幼虫は死亡率が上昇し正常に発育できない。 そこで、防除法として、共生細菌の次世代への伝搬の遮 断、共生細菌の増殖の抑制、共生細菌に対する天敵の探索・利用等、が考えられる。また、バイオテクノロジー技術を利用して植物に共生細菌を制御する因子を導入したり、共生細菌の遺伝子を改変することにより害虫を制御する方法も考えられる。近年、R. plolixus によって媒介されるシャガス病(Chagas desease)(中南米の眠り病の一種)を防ぐ目的で、R. plolixusの共生細菌に病原体を減少させる働きをもつ遺伝子を導入し、それをふたたび宿主昆虫に取り込ませ、病気の伝搬を減ずる研究も進められている(Beard et al., 1993)。このような方法は、R. plolixus のように共生細菌の培養が可能な昆虫の制御には有効な手段だと思われる。そのためにも、現在培養ができていない共生細菌についても引き続き培養法の改良等、研究を続ける必要があろう。

おわりに

カメムシ類の共生細菌ついては、いまだに解明されていない部分も多い。しかし、近年徐々にではあるが研究が進みつつある。また、バイオテクノロジー的手法の発達により、昆虫共生微生物を介した昆虫の性質の改変も可能になりつつあり、害虫防除への応用が待たれる。

農林水産省では、化学農薬による化学的防除、忌避灯や防虫網による物理的防除、栽培形態の改良等による耕種的防除、天敵生物による生物的防除を相互に矛盾しない形で使用し、経済的被害許容水準以下に害虫個体群密度を維持する総合防除システムに関する研究が進められている。ここに昆虫共生微生物の利用を加えることで、今後より理想に近い害虫の総合防除システムが構築されることに期待したい。

文 献

- 1) 阿部芳彦ら (1995): 応動昆 39: 109~115.
- 石川 統 (1988): 昆虫を操るバクテリア, 平凡社, 東京, pp. 54~55.
- 3) Bains, S. (1956): J. Exptl. Biol. 33: 533~541.
- BEARD, C. B. et al. (1992): Am. J. Trop. Med. Hyg. 46: 195~200.
- 5) ——et al. (1993): Parasitol. Today 9: 179∼183.
- HAAS, F. and H. KÖNIG (1987): FEMS Microbiol. Ecol. 45: 99~106.
- 7) 釜野静也・野田隆志 (1983): 応動昆 27: 295~299.
- 8) Міуамото. S. (1961) : Sieboldia 2 : 197~259.
- MÜLLAR, H. (1956): Z. Morph. Ökol. Tiere. 44: 459~482.
- 10) Socha, R. (1993): Eur. J. Entomol. 90: 241~286.
- 11) 杉浦巳代治(1984): 昭和58~61 年度科学技術振興調整 費「新共生微生物の生産する生理活性物質の検索・利 用技術に関する研究、研究成果報告書」、科学技術庁研 究開発局、pp. 32~82.
- 12) Steinhaus, E. A. et al. (1956): Hilgardia 24: 495~518.
- 13) 高木一夫・三代浩二 (1996): 植物防疫 50: 161~166