

ブタクサハムシの遺伝資源としての特性と利用に関する調査報告

国立研究開発法人農研機構農業環境変動研究センター 生物多様性研究領域

田中幸一

釘宮聡一

Investigation on Utilization of the Ragweed Leaf Beetle *Ophraella communa* as Genetic Resources

Koichi Tanaka and Soichi Kugimiya

Division of Biodiversity

Institute for Agro-Environmental Sciences, NARO,

Kannondai 3-1-3, Tsukuba, 305-8604, Japan

はじめに

外来生物 (introduced species)、とくに侵略的 (invasive) 外来生物は、在来の生態系や生物、農作物などに深刻な影響を及ぼしてきた。外来生物が、侵入地に定着し分布を拡大するためには、侵入地の環境に適応する必要がある。侵入地の環境は原産地とは異なるため、適応の過程で特性が変化することがある (Cox 2004)。その中には、天敵生物、競争者、餌生物などの生物的環境と気候などの非生物的環境が含まれる。外来生物に対する的確な対策を講じるためには、外来生物が新たな環境に適応・進化する過程およびそれを可能にする機構を解明することが重要である。一方、外来生物の新たな環境への適応過程は、大規模な野外実験とみなすことができ、生態学的、進化的に重要な研究テーマとなる (Sax et al. 2007; Gurevitch et al. 2011)。

ブタクサハムシ *Ophraella communa* LeSage (コウチュウ目: ハムシ科) は、北米原産の外来昆虫であり、わが国では 1996 年に千葉市で発見されたのが最初である (滝沢ら 1999)。発見後は急速に分布を拡大し、沖縄県を除く全都道府県で発見されている (初宿・守屋 2005; 守屋 2009)。このように、気候の大きく異なる地域に分布を拡大したことは、それぞれの地域の気候に適応できたためであると推測される。わが国において、本種が、気候や寄主植物に対して短期間に適応・進化したことが明らかにされてきた (Tanaka et al. 2015; Tanaka and Murata 2016, 2017; Fukano et al. 2016)。このような理由により、ブタクサハムシは、外来生物の特性を研究するためのモデル生物として有用であり、検定用昆虫の生体遺伝資源としてジーンバンク事業 (動物部門) に導入する価値があると判断される。

ブタクサハムシの特徴

ブタクサハムシは、成虫（写真1）の体長が3~4mmであり、卵塊で産卵し、3齢幼虫を経た後、繭を作ってその中で蛹化する。本種は、原産地である北アメリカ大陸では、カナダ南部からメキシコに至る広範囲に分布している（LeSage 1986）。わが国で最初に発見された1996年には、台湾でも見つかり（Wang and Chiang 1998）、その後2000年に韓国で（Kwon et al. 2001）、2001年には中国で発見され（初宿・守屋 2005）、2013年にはヨーロッパ（イタリア、スイス）でも侵入が確認された（Bosio et al. 2014; Müller-Schärer et al. 2014）。

本種の主な寄主植物はブタクサ *Ambrosia artemisiifolia* L.であり、ブタクサはスギ・ヒノキ、イネ科植物（牧草など）とともに、花粉症の原因となる三大アレルゲン植物として知られている。ブタクサも北米原産であるが、温帯を中心に世界各地に帰化植物として定着している。ブタクサハムシの侵入地では、本種によりブタクサが激しく食害されて、しばしば枯死するのが観察された（写真2）ことから、有害雑草に対する生物的防除手段として注目された。しかし、後述するようにヒマワリを食害したことから、害虫とみなされてもいる。

日本への侵入と分布拡大

ブタクサハムシがわが国で初めて発見されたのは、1996年8月に千葉市においてであり、この年に主に東京湾周辺の数地点で確認された（滝沢ら 1999）。その後、急速に分布を拡大し、1999年には最北が岩手県で、最西が福岡県で発見された（守屋・初宿 2001）。この間の分布拡大速度は年間100 km以上であり、Kiritani（1998）がまとめた露地害虫の分布拡大速度の中で最大のものを上回る値であった。現在では、沖縄県を除く全都道府県で確認されている（初宿・守屋 2005; 守屋 2009）。

寄主植物

原産地である北米では、寄主植物としてキク科植物6種、すなわちブタクサ、ブタクサモドキ *Ambrosia psilostachya* DC.、オナモミ *Xanthium strumarium* L.、フナバシソウ属の1種 *Iva axillaries* Pursh.、ヒマワリ属の1種 *Helianthus ciliaris* DC. およびラティビダ属の1種 *Ratibida pinnata* (Vent.) Barnh. が報告されている（LeSage 1986; Futuyama 1991）。侵入地であるわが国では、ブタクサが最も好適な寄主植物であるが、北米で寄主となっていないオオブタクサ *Ambrosia trifida* L.でも発育を完了でき、また野外においてもオオブタクサ上で多数の個体が見られる（江村 2000; Yamazaki et al. 2000; Tanaka 2017）。また、オナモミで発育を完了でき（Yamazaki et al. 2000）、オオオナモミ *Xanthium occidentatale orientale* Bertol. で卵から成虫まで全ステージを確認したことから、本種も寄主植物である（田中、未発表）。しかし、イガオナモミ *Xanthium italicum* Moretti およびキクイモ *Helianthus tuberosus* L.では、成虫の摂食はあるが幼虫や蛹が見られないことから（江村 2000; Yamazaki et al. 2000）、成虫だけが利用すると考えられる。一方、経済植物であるヒマワリ *Helianthus annuus* L.では、ブタクサおよびオオブタクサより生存率は低いものの発育を完了でき（江村 2000）、圃場でも被害が生じたことから害虫の指定を受けた。

検定用昆虫の遺伝資源としての特性

わが国に侵入したブタクサハムシ個体群は、短期間に気候や寄主植物に適応して特性が変化したことが明らかにされており、外来生物が侵入地の環境に適応する過程や機構を研究するうえで、検定用昆虫として有用な遺伝資源である。次に、特性変化が報告されたものとして、気候および寄主植物への適応について概略を記す。

1. 気候への適応：光周性の変化

温帯から寒帯に生息する昆虫では、冬季など発育や繁殖に不適當な期間を休眠することによって生き延びる種が多い。休眠して冬を越す昆虫の多くは、秋季の短日など日長によって休眠が誘導され、このような日長に対する反応を光周性 (photoperiodism) または光周反応 (photoperiodic response) という。

ブタクサハムシでは、幼虫・蛹期の短日によって成虫の生殖休眠が誘導されることが明らかにされた (Watanabe et al. 2000)。この実験に用いられた本種系統は、つくば市で 1999 年に採集されたものであり、25°C、LD 14:10 (明期 14 時間、暗期 10 時間) の条件で休眠率 (休眠した個体の割合) が 75%、LD 12:12 では休眠率が 100% であった (図 1)。ところが、2005 年～2012 年に同地で採集された系統では、休眠率が大幅に低下していた (図 1)。臨界日長 (50% の個体が休眠する日長) は、1999 年系統では 14 時間以上であったのが、2005～2012 年系統では 13 時間以下と、1 時間以上短くなり、わずか 6 年以内に光周性が大幅に変化したことが示された (Tanaka et al. 2015)。

しかしながら、光周性が変化したことだけでは、この変化が適応的なものであることを実証したことにはならない。Tanaka and Murata (2016) は、本種の光周性変化が適応的であるかを検証するために、気候の異なる全国 18 地点の系統を調べ、採集地点の緯度が高いほど、標高が高いほど、LD 13:11 における休眠率が高いことを明らかにした。このことは、早い時期に気温が低下して寄主植物が枯れる地域ほど、早く休眠に入ることを意味しており、光周性の変化が適応的であることを示している。さらに、Tanaka and Murata (2017) は、人為淘汰実験によって、この特性に遺伝変異があることを明らかにし、本種個体群の光周性変化が、適応的進化であることを示唆した。

2. 寄主植物への適応：寄主範囲の拡大

ブタクサハムシは、原産地である北米では、オオブタクサを寄主植物としているという報告はない。一方、侵入地であるわが国では、寄主植物としてオオブタクサを利用している (江村 2000; Yamazaki et al. 2000; Tanaka 2017)。Fukano et al. (2016) は、米国と日本のブタクサハムシおよびオオブタクサを用いて、次のようにこの違いの原因を明らかにした。その原因の一つは、昆虫の摂食に対する防御作用が、北米のオオブタクサでは日本のものより強いことであった。わが国のオオブタクサは、1950 年代に北米から侵入したが (清水ら 2001)、侵入地ではこの雑草を食害する強力なスペシャリストがおらず、摂食に対する防御にはコストがかかるため、防御する特性が失われたと考えられた。ところが、米国とわが国との違い

は、ブタクサハムシの特性にもあった。わが国のブタクサハムシは、米国のオオブタクサも摂食できるようになっていた。一方、米国のブタクサハムシも、わが国のオオブタクサを摂食できたが、わが国のものより生存率や成長量が劣った。これらのことから、わが国に侵入したブタクサハムシ個体群は、オオブタクサに適応するように特性が変化し、寄主範囲を拡大したことが示唆された。

導入系統の概要

2017年度にジーンバンク事業（動物部門）に導入したブタクサハムシの系統は、2012年6月に茨城県つくば市に所在する農業環境技術研究所（現、農業環境変動研究センター）で採集したものである。実験圃場において栽培したブタクサより成虫を採集し、それ以後、実験室において Tanaka and Yamanaka（2009）の方法で累代飼育を行って維持した。2017年4月の導入時点で、43世代目であった。この間、問題なく維持されてきたことから、実験室内累代飼育系統として好適であると判断される。

つくば市におけるブタクサハムシの生活史は次の通りである（Tanaka et al. 2015）。前述したように、短日によって生殖休眠が誘導され、成虫で越冬する。越冬成虫は、4月中旬～5月中旬に産卵し、6月～9月に3～4世代の成虫が出現する。導入系統は、2012年のつくば個体群に由来することから、前項（モデル生物としての特性）で述べたように、すでに光周性が変化したものであり、さらにこの特性に遺伝変異を有するものである。これらの特性に関する情報が得られていることにより、本系統はモデル生物として用いるうえで有用な系統であるといえる。

引用文献

- 1) Bosio, G., Massobrio, V., Chersi, C., Scavarda, G. and Clark, S. (2014) Spread of the ragweed leaf beetle, *Ophraella communa* LeSage, 1986 (Coleoptera Chrysomelidae), in Piedmont region (northwestern Italy). *Boll. Soc. Entomol. Ital.* 146: 17–30.
- 2) Cox, G.W. (2004) *Alien Species and Evolution: The Evolutionary Ecology of Exotic Plants, Animals, Microbes, and Interacting Native Species*. Island Press, Washington, DC.
- 3) 江村 薫 (2000) ブタクサハムシ. *農業および園芸* 75: 210–214.
- 4) Fukano, Y., Doi, H., Thomas, C. E., Takata, M., Koyama, S. and Satoh, T. (2016) Contemporary evolution of host plant range expansion in an introduced herbivorous beetle *Ophraella communa*. *J. Evol. Biol.* 29: 757–765.
- 5) Futuyma, D. J. (1991) A new species of *Ophraella* Wilcox (Coleoptera: Chrysomelidae) from the southeastern United States. *J. N. Y. Entomol. Soc.* 99: 643–653.
- 6) Gurevitch, J., Fox, G.A., Wardle, G.M., Inderjit and Taub, D. (2011) Emergent insights from the synthesis of conceptual frameworks for biological invasions. *Ecol. Lett.* 14: 407–418.
- 7) Kiritani, K. (1998) Exotic insects in Japan. *Entomol. Sci.* 1: 291–298.
- 8) Kwon, Y.J., Seo, S.J., Kim, J.A. et al. (2001) A Serviced Report for Planning and Designing Taegu

Eco-park, Section Insects. Research Service Entrusted From KIEM, Keimyung University.

- 9) LeSage, L. (1986) A taxonomic monograph of the Nearctic galerucine genus *Ophraella* Wilcox (Coleoptera: Chrysomelidae). Mem. Entomol. Soc. Can. 133: 1–75.
- 10) 守屋成一 (2009) (Col.: Chrysomelidae) ブタクサハムシ北海道へ侵入・沖縄県内は依然未発見. Pulex 88: 524–525.
- 11) 守屋成一・初宿成彦 (2001) 外来昆虫ブタクサハムシ (コウチュウ目: ハムシ科) の日本国内における分布拡大状況. 昆虫 (ニューシリーズ) 4: 99–102.
- 12) Müller-Schärer, H., Lommen, S.T.E., Rossinelli, M. et al. (2014) *Ophraella communa*, the ragweed leaf beetle, has successfully landed in Europe: Fortunate coincidence or threat? Weed Res. 54: 109–119.
- 13) Sax, D.F., Stachowicz, J.J., Brown, J.H. et al. (2007) Ecological and evolutionary insights from species invasions. Trends Ecol. Evol. 22: 465–471.
- 14) 清水矩宏・森田弘彦・廣田伸七 (2001) 日本帰化植物写真図鑑. 全国農村教育協会, 東京.
- 15) 初宿成彦・守屋成一 (2005) 東アジアに拡がるブタクサハムシ. 昆虫と自然 40 (4): 11–13.
- 16) 滝沢春雄・斉藤明子・佐藤光一・平野幸彦・大野正男 (1999) 侵入昆虫ブタクサハムシ: 関東地方での分布拡大と生活史. 月刊むし 338: 26–31.
- 17) Tanaka, K. (2017) Impact of leaf beetle herbivory on ragweed. In: Advances in Environmental Research. Vol. 54. (J.A. Daniels ed.), Nova Science Publishers, New York, pp. 33–57.
- 18) Tanaka, K. and Murata, K. (2016) Rapid evolution of photoperiodic response in a recently introduced insect *Ophraella communa* along geographic gradients. Entomol. Sci. 19: 207–214.
- 19) Tanaka, K. and Murata, K. (2017) Genetic basis underlying rapid evolution of an introduced insect *Ophraella communa* (Coleoptera: Chrysomelidae): Heritability of photoperiodic response. Environ. Entomol. 46: 167–173.
- 20) Tanaka, K., Murata, K. and Matsuura, A. (2015) Rapid evolution of an introduced insect *Ophraella communa* LeSage in new environments: Temporal changes and geographical differences in photoperiodic response. Entomol. Sci. 18: 104–112.
- 21) Tanaka, K. and Yamanaka, T. (2009) Factors affecting flight activity of *Ophraella communa* (Coleoptera: Chrysomelidae), an exotic insect in Japan. Environ. Entomol. 38: 235–241.
- 22) Wang, C.L. and Chiang, M.Y. (1998) New record of a fastidious chrysomelid, *Ophraella communa* LeSage (Coleoptera: Chrysomelidae), in Taiwan. Plant Prot. Bull. 40: 185–188.
- 23) Watanabe, M. (2000) Photoperiodic control of development and reproductive diapause in the leaf beetle *Ophraella communa* LeSage. Entomol. Sci. 3: 245–253.
- 24) Yamazaki, K., Imai, C. and Natuhara, Y. (2000) Rapid population growth and food-plant exploitation pattern in an exotic leaf beetle, *Ophraella communa* LeSage (Coleoptera: Chrysomelidae), in western Japan. Appl. Entomol. Zool. 35: 215–223.



写真1 ブタクサハムシ成虫



写真2 ブタクサハムシに食い尽くされて枯死したブタクサ

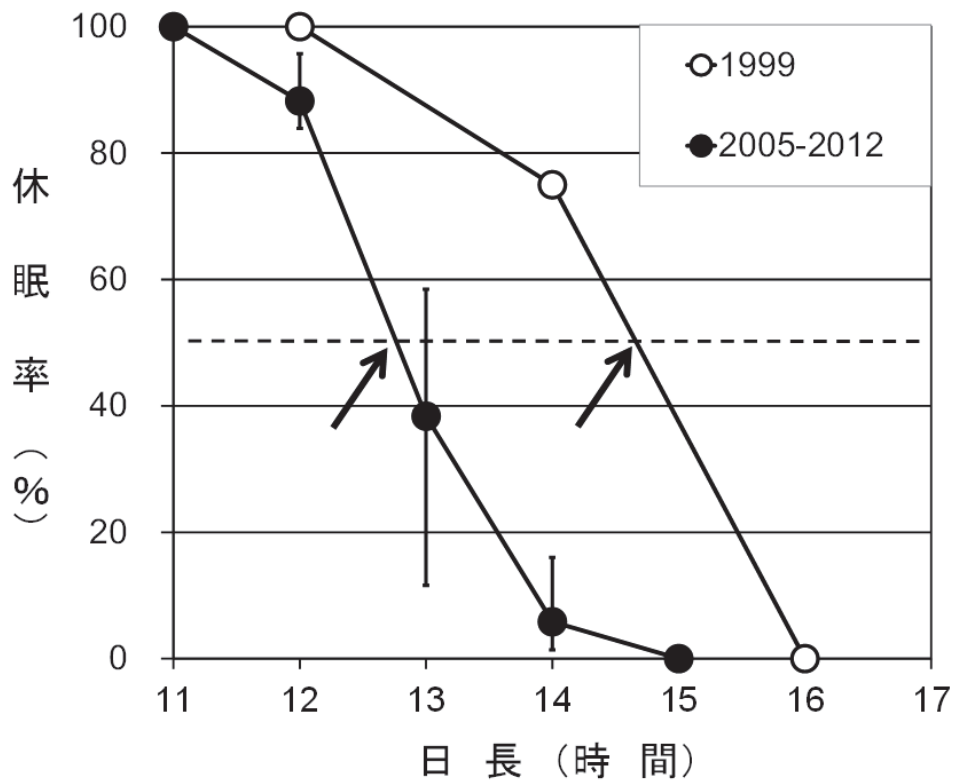


図1 つくば市で採集したブタクサハムシ系統の各日長（明期の時間）における休眠率（休眠した個体の割合）。2005～2012年は、平均値（●）と最小値・最大値（縦線）で示す。矢印は臨界日長（休眠率50%の日長）を示す。（Tanaka et al. 2015 を改変）