

耕地における主要寄生蜂ヒメバチ類の種類と活用法

九州大学農学部生物的防除研究施設 うえ の 野 たか とし 敏

はじめに

近年、農業生態系における生物の多様性が重要視され、農業が環境や国土の保全に果たす役割が注目を浴びてきた。このため、特定の重要害虫種に対して有効な天敵種だけではなく、その農業生態系に生息するそれ以外の中立種や天敵種も視野に入れる必要が出てきた。またヨーロッパでは、化学農薬の登録や選定の際に天敵への影響評価を行うことになったため（平井，1996）、複数の指標天敵昆虫類を用いた農薬の影響評価が日本でも必要不可欠になりそうな情勢である。では、どのようなものを指標天敵種とするべきであろうか？

広食性ヒメバチ類は大型で目立つものが多く、重要害虫の寄生者である種も含まれる。同定が容易な種が多く、サンプリングも簡単なので、生物多様性の指標や環境指標として用いることが可能である。また長期的に見ると害虫の発生動態に大きな影響を持つと考えられる種が存在し、総合防除の観点からすると、これらのヒメバチの役割を無視するわけにはいかないだろう。

また、上述した社会的要請を考慮すると、同定が容易な、農業生態系での環境や生物多様性指標、そして農薬影響評価指標として用いる試験天敵生物が必要となる。その選定基準として、農業生態系に高密度で広域に分布し、薬剤感受性が高く、飼育が容易で、各種実験での操作性が高いことが挙げられるが、広食性ヒメバチ類の中には、これらの条件を満たす種がある。

ここでは、水田や畑地、野菜畑などに多数生息し、害虫個体群の長期的制御要因となっている広食性ヒメバチの主要構成グループであるヒラタヒメバチ類の種類および採集法、大量増殖法、行動、季節変動、生物農薬や農薬影響評価指標としての利用の可否について、実際に調査したデータを中心に具体的に述べる。

I 形態と分類

ヒラタヒメバチは、体長が5~15 mmほどの比較的大型の寄生蜂である。大型種では20 mmを超える場合も

ある。体色は黒色の種が多いが、足が薄い黄色やオレンジ色をした種や、脛節に白色や褐色の帯を持つものがある。形態上の性差に乏しいが、雌では頑強な産卵管が突出しており、雌雄の区別は非常に容易である。

ヒラタヒメバチ族のうち、農業生態系における重要な寄生蜂は、*Itopectis*, *Pimpla* (= *Coccygomimus*), *Xanthopimpla* 属のものである。前2属は海外でも頻繁に研究されているグループで、ヨーロッパ、北米、アジア地域に分布し、最も普通に見かける種が含まれ、日本には前者では約15種、後者には3種分布する。*Xanthopimpla* 属のものは南方性（TOWNES and CHIU, 1970）で、南西諸島には種類が多く、個体数も多い。体全体が美しいレモン色をしているので属レベルの認知は容易である。海外では生物的防除素材として利用されているが、日本産の種では生態はよくわかっていない。

II 寄生特性

鱗翅目の蛹の広食性内部単寄生者であり、寄主の前蛹や蛹、ときに成熟幼虫に寄生する（SANDLAN, 1982; FUESTER et al., 1989; UENO, 1997 a）。一つの寄主には常に一頭の蜂だけが発育を完了できる（上野，1996; UENO, 1997 a）。典型的なイディオビオン型（英名：Idio biont）の寄生蜂（寄主の発育に同調せず、ふ化した幼虫は直ちに寄主を食べ尽くす）である。野外での寄生率は一般に低く、通常10%程度かそれ未満である。しかし、天敵として重要な働きをするものも含まれ、例えばアオムシヒラタヒメバチは秋期、コブノメイガに対して4割近い寄生率を示すことがある。

III 生息環境と寄主範囲

農業生態系で観察されるものの多くは、北海道より九州までの日本全土に見られる広域分布種である。種によって、生息環境に関した選好性や好みの探索環境が異なり（ARTHUR, 1962; UENO and TANAKA, 1994 a）、寄主記録によれば、利用寄主も異なっている（安松・渡辺，1965; TOWNES et al., 1965; UENO and TANAKA, 1994 a）。大きな寄主からは大型の個体が羽化してくる（NOZATO, 1969; UENO, 1998 a, 1999 a）。このため野外採集の蜂サイズから、利用寄主範囲の推定が大ざっぱであるが可能である（UENO, 1996）。

On Major Ichneumonid Parasitoids in Cultivated Fields: Their Ecology and Practical Use. By Takatoshi UENO

（キーワード：生物的防除，農薬影響評価指標，天敵昆虫，ヒラタヒメバチ，環境指標）

表-1 水田や畑地、その他の農業生態系で見られる主要なヒラタヒメバチ類

種 名	生息環境	主要寄主
<i>Itoplectis</i> 属		
アオムシヒラタヒメバチ <i>I. naranyae</i>	水田, 草地, まれに茶園	コブノメイガ, フタオビコヤガ, ニカメイガ, イチモンジセセリ, チャハマキなど小蛾類
マツケムシヒラタヒメバチ <i>I. alternans</i>	畑地, 果樹園, 茶園, まれに水田	コナガ, コカクモンハマキなど小蛾類
<i>Pimpla</i> 属		
チビキアシヒラタヒメバチ <i>P. nipponica</i>	畑地, 水田, 果樹園, 茶園	フタオビコヤガ, チャハマキなど小蛾類
マイマイヒラタヒメバチ <i>P. luctuosa</i>	畑地, 果樹園, 茶園, 林, 草地	モンシロチョウ, ミノガ類, マイマイガ, アワヨトウ, チャハマキなど多数
イチモンジヒラタヒメバチ <i>P. parnarae</i>	水田, 草地	イチモンジセセリ, アワヨトウ
ヒメキアシヒラタヒメバチ <i>P. disparis</i>	果樹園, 茶園, 街路樹, 林	チャハマキ, アメリカシロヒトリ, マイ マイガ, モンシロチョウ, モモノゴマダ ラメイガ, ミノガ

IV 季 節 変 動

すべての種が多化性である。西日本の低地における発生ピークは、春と秋にある。4月中旬ごろより親蜂が発生地に出現し始め、次の世代と思われる個体が5月終わりから7月始めごろに見られるが、寿命が長く死ぬまで継続的に寄生活動をするため、5~6月ごろでは新旧の成虫が同じ場所で観察される。低地では猛暑のころには数は少ないが、比較的冷涼な場所や地域ではむしろ初夏のころから夏場に多い。成虫は晩秋まで見かけられ、関西や九州地方では11月中旬から時には12月上旬まで活動中の雌蜂を見かける。秋期に著しく個体数が増大することが多く、アオムシヒラタヒメバチでは稲刈り後の田圃わきに放置された稲わら周辺に多数の個体を見かけることができる。

V 繁 殖 行 動

成虫は、水分はもちろん炭水化物やタンパク源を必要とし、これらが無い環境下では産卵数や寿命が著しく低下する。25℃の条件下で水を与えなければ、雌雄とも数日間しか生存せず、ほとんど産卵することなく死亡する。親蜂は訪花したり甘露をなめるなどして炭水化物を得る(広瀬, 1966; Jervis et al., 1993)。また寄主を摂食し(寄主摂食)、卵生産用の資源を得る(SANDLAN, 1979 a; UENO, 1997 b)。このように雌蜂は寄主を産卵だけでなく、餌としても利用するため、寄生者としての機能だけでなく、捕食者としての機能も持つ。

羽化直前の雌蛹や羽化直後の雌蜂は、性フェロモンを放出し、これを手がかりに雄は交尾相手を探索する(ROBACKER et al., 1976)。通常一回交尾である。少なくとも

も一部の種で2倍体雄が知られており、近交弱勢があることから、異系交配が一般的な交尾システムと思われる。

雌は寄主の生息する新梢周辺や、葉上、莖上を活発に探索する。頻繁に飛翔する種も多く、広い探索範囲を持つものと思われる。巢内や莖内部に潜む寄主を探し出して卵を産みつける。種により植物体上(樹上や比較的背丈の高い草など)を主に探索するものと地上周辺も好んで探索するものがある。チビキアシヒラタヒメバチやマイマイヒラタヒメバチが後者に、ヒメキアシヒラタヒメバチや *Itoplectis* 属、*Ephialtes* 属の種などが前者に属する。

視覚や嗅覚を使って(ARTHUR, 1966; SANDLAN, 1980)寄主探索し、触角先端を使って振動を発生させ、音響により植物体内部に潜む寄主を探す(HENAUT, 1990; WACKER et al., 1998)。学習能力が高く、寄主の生息環境や寄主の匂いや色などの情報を記憶し探索効率を上げていらい(ARTHUR, 1966, 1967; SCHMIDT et al., 1993)。

雌蜂は産卵時に卵の性比を調節し、大きな寄主に対して雌卵を生む(このため雌のほうが体が大きいことが多い)(NOZATO, 1969; SANDLAN, 1979; UENO and TANAKA, 1997; UENO, 1998 a)。また、日齢の進んだ寄主の蛹からは雄蜂がより多く羽化してくる(UENO, 1997 a)。雌蜂は自分が産卵した寄主を記憶しており、二度と産卵することはない(UENO and TANAKA, 1994 b, 1996)。他固体による産卵されて間もない寄主には容易に産卵するが、産卵寄生後の時間が経過した寄主に対しては産卵を回避するようになる(UENO, 1994, 1998 b, 1999 b)。冬眠は寄主蛹内で成熟幼虫の形で行われ、休眠の誘導には光周期と温度が関係している(安原・桃

井, 1997; 安原ら, 1998)。

VI 採 集 法

飼育用個体の採集法は、寄主を野外から採集し、恒温器などに保管、羽化・脱出してきた成虫を確保するか、スウィーピング法（すくい取り法）や見つけ捕りにより成虫を採集するか、である。前者の方法は、成虫が大量に発生している場合には容易に多数の個体を得ることが可能だが、広食性ヒメバチ類の寄生率は季節的にも場所的にも、そして年によっても大きく異なるので、常に有効な方法であるとは限らない。一方、成虫の生息環境を積極的に探し、成虫の見つけ捕りを行う方法は、慣れれば、一度に多数の個体を得ることは難しくても、飼育系を作るには十分な数を得ることができよう。アオムシヒラタヒメバチのように秋の水田で多数の個体が観察できるような種では、スウィーピングなどによる成虫採集のほうが効果的である。

VII 飼育ならびに増殖方法

広食性であるため、代替寄主をうまく利用することで容易に飼育・増殖できる。代替寄主としてはハチミツガ、チャハマキ、アワノメイガなど中型のガ類が適切であるが、イチモンジヒラタヒメバチやマイマイヒラタヒメバチなどの大型種ではヨトウガなどの大型ヤガ類を用いるほうがよい。ハチミツガやアワノメイガは、人工飼料により大量増殖が可能である点と蜂の羽化率が高い点（羽化率 70～85%）から、非常に優れている（UENO and TANAKA, 1994 a）。野外で雌蜂を採集してきた場合、すぐには代替寄主に産卵してくれないことがある。その場合、飼育容器内に代替寄主を入れておくと、数日以内に寄主として受け入れるようになる。雌蜂に寄主をあまり長い間与えておくと過寄生したり寄主摂食するため、蜂の羽化率が低下してしまう（UENO, 1997 b）ので注意が必要である。蜂蜜溶液を与え、自由に寄主摂食させた場合、雌蜂の寿命は 1～2 か月に達し、その生存期間中を通して雌は卵を生産し、生涯に数百の卵を産む。

室内条件下では、飼育コロニーの規模が小さい場合、しばしば未成熟個体の死亡率の増加、雄比の増大、成虫の短命化など、同系交配による悪影響がでる。このため、可能な限り、野外からの個体を飼育系に導入したほうがよい。

寄生の単純な物理的構造により刺針行動が誘発され（HENAUT and GUERDOUX, 1982; SCHMIDT et al., 1993）、また卵の産下を促す化学刺激が、アミノ酸や金属イオンであるので（ARTHUR et al., 1972）、簡単に人工寄主に産卵

させることが可能である（ARTHUR et al., 1969, 1972; 上野, 未発表）。一部の種では卵から成虫までの *in vitro* 培養に成功しているものがある（YAZGAN and HOUSE, 1970; YAZGAN, 1972; AWUITOR et al., 1984）。

VIII 生物的防除素材としての利用例

特定の種単独では、ある害虫種に対する寄生率が低い場合が圧倒的に多いことから判断すると、このグループの蜂を生物農薬的な利用に用いても、あまり有効であるとは思えない。実際、ヒラタヒメバチを防除に積極的に利用した例は多くない。ヒメキアシヒラタヒメバチはアメリカにマイマイガの天敵として日本や韓国から導入され（WESELOH and ANDERSON, 1982; SCHAEFER et al., 1989）、キロロヒラタヒメバチ類はハマキガやメイガ類の防除のため、ニュージーランド、南アフリカ、アメリカ、モーリシャスに導入されたことがある（HAILEMICHAEL et al., 1994; MUNRO, 1998 など）。これら広食性ヒメバチは導入地に定着し、この点からは導入に成功したといえるが、いずれの地でも、その寄生率は標的害虫の密度を十分に下げるほどに高いものではなく、それら単独で鱗翅目害虫の防除に成功した例はない。広食性のヒメバチ類はむしろ選択性農薬の使用や生息環境の保護などにより、保護利用的に活用するのがよいであろう。

IX 化学農薬の影響評価指標としての利用

上述したように、環境や生物多様性、そして農薬の影響評価指標として使える試験天敵が必要となってきた。農薬が各種の繁殖行動に及ぼす影響評価を行うためのプロトコルを策定し、さらに各種試験に耐える試験用天敵の選定が求められるのである。耕地に見られる主要ヒメバチのうち、アオムシヒラタヒメバチは水田生態系における試験天敵として優れている（上野・平井, 1999）。

本種は、水田やその周辺に普通で、コブノメイガ、ニカメイガ、フタオビコヤガに寄生する。西日本では、秋の水田で最も多く観察される寄生蜂の一つで、水田生態系では重要な天敵であろう。寄生蜂類は微小で、同定が著しく困難なものがほとんどであるが、本種は腹部がオレンジ色をしており、大きく、その認知は極めて容易で、スウィーピングにより簡単にサンプリングできる。さらに、本種は飼育が簡単であり、解剖実験や繁殖行動の観察が容易であることから、上述した目的に合致する試験生物である。体が大きく、行動観察も容易なので、各種の試験調査での操作性が高く、従来のように死亡率だけではなく、増殖率、寄生率、摂食量など、繁殖に関した影響評価を詳細に行うのに適しているのである。

筆者は、アオムシヒラタヒメバチを試験生物として、寄生蜂が正常に繁殖したり、効率的に繁殖するのに重要な行動のいくつかを評価基準として取り上げ、それらの繁殖行動に化学農薬がいかなる悪影響を持ちうるかについて実際に検討した(上野・平井, 1999)。検討項目は、羽化率、性比、産卵数、探索力、寿命、発育期間など、大量増殖時の品質管理に用いられる基準と同じである。その結果、非選択的といわれる有機リン系の農薬では2万分の1の濃度でも100%が死亡し、薬剤感受性が高いことがわかった。これは影響評価用の生物として使えることを意味する。一方、IGR系の薬剤では、死亡率など調査項目のほとんどに影響が見られず、寄主認識、産卵、交尾行動などの繁殖行動への影響も全く認められなかった。カーバメート系の薬剤では、致死毒性は中程度であったが、興味深いことに一度悶絶状態に陥った個体であっても、通常環境に戻してやると復活し、その後は正常に繁殖行動を行った。次世代以降の影響については今後の課題であるが、本種は農業試験材料として優れていると思われる。おそらく他のヒラタヒメバチも同様に農薬の影響評価や環境指標として使えるだろう。

お わ り に

ヨーロッパでは、農薬による非対象生物への影響評価を、ミツバチ、ミミズ、魚など従来の試験生物だけでなく、天敵生物も含めて行うことが要請されており、さらに繁殖行動はもちろん、個体群や群衆レベルでの評価を加える必要性が説かれるようになった。このような情勢からして、農薬が天敵生物の繁殖に及ぼす影響調査が不可欠になってくるであろう。しかし現実問題として、その農業生態系にかかわるすべての有用生物に関して調査を行うことは不可能であり、重要な天敵生物種を選抜し、それらを試験生物とした評価を行うのがよいであろう。いくつかのヒラタヒメバチは本文で述べたように、このような試験生物として優れた特性を持っており、試験生物としての利用を今後検討すべきであろう。

参 考 文 献

- 1) ARTHUR, A. P. (1962): *Can. Entomol.* 94: 337~347.
- 2) ——— (1966): *ibid.* 98: 213~223.
- 3) ——— (1967): *ibid.* 99: 877~886.
- 4) ——— et al. (1969): *Nature* 223: 966~967.
- 5) ——— et al. (1972): *Can. Entomol.* 104: 1251~

- 1258.
- 6) AWUITOR, K. et al. (1984): *Entomophaga* 29: 331~339.
- 7) FUESTER, R. W. et al. (1989): *Environ. Entomol.* 18: 338~341.
- 8) HAILEMICHAEL, Y. et al. (1994): *Entomol. exp. appl.* 71: 155~166.
- 9) HENAUT, A. and J. L. GUERDOUX (1982): *Experimentia* 38: 346~347.
- 10) ——— (1990): *Entomophaga* 35: 127~139.
- 11) 平井一男(1996): *植物防疫* 50: 285~289.
- 12) 広瀬義躬(1966): *九大農芸誌* 22: 217~223.
- 13) JERVIS, M. A. et al. (1993): *J. Nat. Hist.* 27: 67~105.
- 14) MUNRO, V. M. W. (1998): *Biocont. Sci. Tech.* 8: 559~571.
- 15) NOZATO, K. (1969): *Kontyu* 37: 134~146.
- 16) ROBACKER, D. C. et al. (1976): *J. Chem. Ecol.* 2: 39~48.
- 17) SCHMIDT, J. M. et al. (1993): *J. Insect Behav.* 6: 1~11.
- 18) SCHAEFER, P. W. et al. (1989): *Environ. Entomol.* 18: 1117~1125.
- 19) SANDLAN, K. P. (1979 a): *Physiol. Entomol.* 4: 383~392.
- 20) ——— (1979 b): *Ecol. Entomol.* 4: 365~378.
- 21) ——— (1980): *Entomol. exp. appl.* 27: 233~245.
- 22) ——— (1982): *Ann. Entomol. Soc. Am.* 75: 217~221.
- 23) UENO, T. (1994): *Oikos* 70: 333~339.
- 24) ——— (1996): *Appl. Entomol. Zool.* 31: 613~615.
- 25) ——— (1997 a): *Ann. Entomol. Soc. Am.* 90: 682~688.
- 26) ——— (1997 b): *ibid.* 90: 640~645.
- 27) ——— (1998 a): *Evol. Ecol.* 12: 643~654.
- 28) ——— (1998 b): *Bull. Entomol. Res.* 88: 461~466.
- 29) ——— (1999 a): *Res. Popul. Ecol.*, in press.
- 30) ——— (1999 b): *Can. J. Zool.*, in press.
- 31) ——— and T. TANAKA. (1994 a): *Ann. Entomol. Soc. Am.* 87: 592~598.
- 32) ——— • ——— (1994 b): *Anim. Behav.* 47: 988~990.
- 33) ——— • ——— (1996): *ibid.* 52: 875~883.
- 34) ——— • ——— (1997): *Entomol. exp. appl.* 82: 105~108.
- 35) 上野高敏(1996): *関東東山病害虫研報* 43: 179~181.
- 36) ——— • 平井一男(1999): *九病虫研報(講演要旨)* 印刷中.
- 37) TOWENS, H. et al. (1965): *Mem. Am. Entomol. Inst.* 5: 1~661.
- 38) ——— and S. CHIU (1970): *ibid.* 14: 1~372.
- 39) WACKER et al. (1998) *Bio. Cont.* 11: 141~146.
- 40) WESELOH, R. M. and J. F. ANDERSON (1982): *Ann. Entomol. Soc. Am.* 75: 46~50.
- 41) 安原昭江・桃井節也(1997): *応動昆* 41: 133~140.
- 42) ———ら(1998): *同上* 42: 123~128.
- 43) YAZGAN, S. and H. L. HOUSE (1970): *Can. Entomol.* 102: 1304~1306.
- 44) ——— (1972): *J. Insect Physiol.* 18: 2123~2142.
- 45) 安松京三・渡辺千尚(1965): *日本産害虫の天敵目録*, 九州大学農学部昆虫学教室, 福岡, 166 pp.