

特集号：土着天敵の増殖技術〔2〕

## タマゴコバチ類の増殖

農林水産省農業研究センター 平井 かずお

## はじめに

昆虫の卵の天敵には、クサカゲロウ、ハナカメムシ、カブリダニなどの捕食性小動物や寄生蜂がいる。とりわけタマゴヤドリコバチ科タマゴコバチ *Trichogramma* 属は、体長が1 mm以下の微小な蜂であるが、昆虫の卵から幼虫がふ化する前に卵を殺すことや、大量増殖が容易なことから (FLANDERS, 1929)、生物的防除に利用されるようになった。

近年では、旧ソ連、中国、メキシコ、欧米など24か国で鱗翅目等の害虫に対してタマゴコバチを用いた生物的防除が実施されている (HASSAN, 1993)。日本では1940年代に実用化研究が行われ、一時中断したが、最近10年間の研究を受けて1995年以降、農薬登録を目的とした土着タマゴコバチの効果試験が行われている。本報ではタマゴコバチの増殖を中心に概説する。

## I 生態

タマゴコバチ類は、欧州でヨトウタマゴバチ (*Trichogramma evanescens*) が1833年に報告されてから、現在まで世界中で約145種が記録されている (PINTO and STOUTHAMER, 1994)。蜂の同定は雄の交尾器の形態によって行われている。最近はエステラーゼイソ酵素の電気泳動法 (CAO et al., 1988) やPCR法が分類への補助的手段として活用されている。

国内で報告されたタマゴコバチの種類数はまだ少なく、これまでに多化性のメアカタマゴバチ (*T. chilonis*) (平井, 1987)、キイロタマゴバチ (*T. dendrolimi*) (池田, 1991)、ズイムシアカタマゴバチ (*T. japonicum*)、ヨトウタマゴバチ (田中ら, 1991)、アゲハタマゴバチ (*T. papilionis*) (NAGARAKATTI, 1974)、アワノメイガタマゴバチ (平井, 1992)、一化性と思われるミダレカクモンハマキのタマゴコバチ (奥・大平, 1987)、キアシドクガのタマゴコバチ (SHAEFER, 1983) 等が知られている。自然界にはまだ多くの種類や生態型が生息していると思われる。地理的分布も含め今後の調

査が期待される。

成虫の雌雄の識別は触角と腹部の形態で行い、雌の触角はこん棒状で腹部は丸みをおび、雄の触角は房状に枝分かれし、腹部は雌に比べ細く、全体に小型である。

多くのタマゴコバチは温度依存的に発育し、25°Cでは約10日間で成虫になる (表-1)。発育零点は約11°Cで (平井, 1987)、成虫は3~10月に活動する。飼育観察の例では、ズイムシアカタマゴバチのように18°C未満で飼育すると、5か月経ってから成虫が出てくるように発育が遅延する種類や、前記のように一化性とみられる種類もいる。

ヨトウガ卵で飼育した場合の産子数は90~100頭、雌率は約80%、スジコナマグラメイガで飼育した場合の産子数は前者の約60%、雌率は過寄生現象の影響により若干低くなっている (平井, 1987; 和氣坂, 1996)。

## II 探索と選定

対象害虫の産卵時期 (普通3~10月) に野外に行き寄生されている黒化卵を採集し、室内で25°C、長日条件下で飼育する。1卵塊に複数の種が寄生されていることもあるので、雌を1頭ずつ取り出し新鮮な昆虫卵に接種し系統ごとに保存する。最初はヨトウガ卵のように寄生されやすい卵を使用すると系統保存しやすい。バクガやスジコナマグラメイガ卵は、アワノメイガタマゴバチやズイムシアカタマゴバチのように、種によっては寄生しにくいことがあるので注意する。

防除用蜂種の選定：候補蜂を対象に寄主選好、探索行動、環境耐性について室内試験、半野外試験、野外試験

表-1 ヨトウガ卵を寄主としたときのタマゴコバチの1世代期間

飼育温度	キイロ タマゴバチ	ヨトウ タマゴバチ	アワノメイガ タマゴバチ
32°C	6.9	6.5	発育せず
30	7.6	6.9	8.3
25	10.4	9.7	11.7
19	16.9	16.2	20.3
15	33	33	45
13	37	43	53

表中の数字は10~15反復の平均日数。

Rearing Methods of Native Natural Enemies in Japan:  
Rearing of egg parasitoids. By Kazuo HIRAI,  
(キーワード：天敵利用, タマゴコバチ, 増殖, IPM)

を行い防除用蜂種を選定する。室内試験では増殖用の代替昆虫寄主卵と防除対象害虫卵との二選好試験を行い、蜂を選定する (HASSAN, 1993)。国内では防除対象の生態系における優占種を防除素材に選定しているが、それが大量増殖できない場合は第2優占種を選定することもある。

### III 増殖法

タマゴコバチの大量増殖には、バクガ (*Sitotroga cerealella*) やスジコナダグラメイガ (*Ephesia kuehniella*)、サクサン (*Antheraea pernyi*)、ヒマサン (*Philosamia cynthia ricini*)、ガイマイツツリガ (*Coryra cephalonica*) の卵が代替昆虫寄主卵として世界的に利用されている (平井, 1993)。

図-1 に、農業研究センターで行っているヨトウガ卵とスジコナダグラメイガ卵による増殖の流れ図を示した。以下、比較的大きい卵粒であるヨトウガ卵 (外径約 0.6 mm) を用いた増殖について述べる (口絵写真参照)。

(1) 簡易人工飼料で飼育したヨトウムシから羽化したヨトウガ雌雄 5 対と 10% 蜂蜜液を円形容器 (例, 外径 13 cm × 高さ 7.5 cm) に入れ交尾させ、内張りした西洋紙上に産卵させる。採卵後、卵を約 5°C で保存する。毎日の作業としては昆虫寄主卵を扱った後に、タマゴコバチを扱うようにし、寄主昆虫の増殖室が蜂に汚染されないようにする。

(2) 卵内に胚子が発育する前 (頭蓋形成前) の卵を 20~25°C の定温室内に置いた管瓶内 (外径 2 cm × 長さ 10 cm, 管瓶のふたはシリコ栓がよい) に入れ、タマゴコバチを導入し、寄生させる。管瓶内に 10% 蜂蜜液を沓紙に湿して入れると、タマゴコバチは長生きし産卵数

が増える。ヨトウガ卵が 1 卵塊 200 粒の場合には、羽化後 1 時間以上経過した既交尾雌蜂 10~20 頭を接種し、1 卵粒当たり 3 頭 (雌 2 頭雄 1 頭) 以内ずつ全卵粒に寄生させ、大型で健全な蜂を生産するようにする。ヨトウガ卵は多種類の蜂種の増殖に適しており、各温度条件で順調に発育できる (表-1)。長年累代飼育しても、天敵機能の劣化はみられない。

(3) ヨトウガ卵に接種させた後、25°C では 6~7 日後に一部の被寄生卵を解剖し、蜂が前蛹になったことを確認してから越冬期の低温 (10~5°C) に保つと、40 日~5 か月間貯蔵できる。タマゴコバチの発育零点は約 11°C なので、約 5°C の低温状態で発育を停止させれば、長時間輸送できる。25°C 程度の常温でも寄生後数日以内ならば成虫化前に輸送できる (表-1, 図-1)。

(4) ヨトウガ卵 1 粒には 5 頭の蜂が寄生可能であるが、1 卵内に 4 頭以上を寄生させ過寄生状態にすると、卵内で発育した蜂はわい小化し、翅が伸展しなかったり、天敵機能が損われる。また卵塊当たりの接種蜂数が多すぎると、成虫が寄主卵液を吸汁しすぎ、被寄生卵はしなびて死滅するので注意する。

(5) 受精し黄色化したヨトウガ卵が大量に収集できた場合や、接種卵の寄生もれ卵からふ化した幼虫による被寄生卵の共食いを防止するには、ヨトウガ卵に紫外線を照射、殺卵し 5°C で冷蔵保存しておく、約 40 日後でも寄生可能である (もちろん白色の未受精卵は、殺卵処理しなくて低温貯蔵可能である)。紫外線照射による殺卵処理を 15 ワットの殺菌灯で行う場合は、幼虫形成前 (頭蓋形成前) の卵を殺菌灯 (波長 253.7 nm) の下 10~15 cm の所におき、30 分間照射すると殺卵可能である。ヨトウムシの幼虫形成が行われた後の卵を殺し、蜂を接種しても、産卵は少なく蜂の幼虫は発育しない。

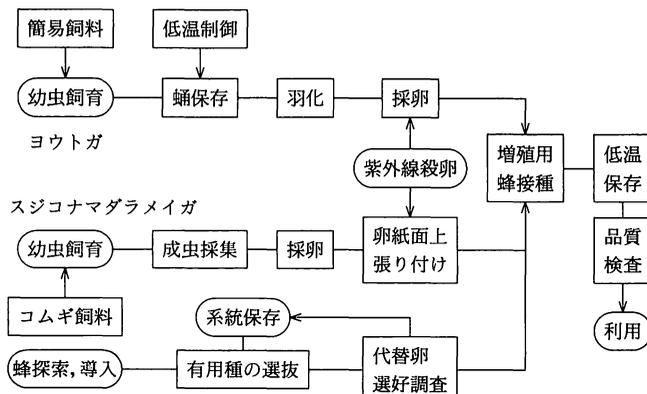


図-1 タマゴコバチの増殖の流れ図

・スジコナマダラメイガやバクガ卵に寄生可能なタマゴバチは、これらの卵で増殖すると、低コスト大量増殖が可能である。

・スジコナマダラメイガの幼虫は飼料用トウモロコシ圧片(村井氏, 私信)やコムギ粉(秋山, 1991), コムギ粒で飼育容器内で大量に飼育できる。コムギ400g当たり約55mgの卵粒(約2,200卵)を接種する。25°C下で飼育すると、卵接種後40日以降に成虫が出てくるので、これを標準ふるい(ステンレス製, 内径200mm)に約500頭入れ、交尾させ採卵する。標準ふるいは3段重ねで、まず鱗粉や塵を受ける受器を最下部に置き、その上に卵を受け止める網目250 $\mu$ mのふるいを置き、さらに蛾の産卵用の網目500 $\mu$ mのふるいを置く。これに透明のふたをかぶせ、ふたに設けた小穴から成虫を入れる。成虫が死ぬまで約5日間採卵可能である。網の格子に産卵された卵は<sup>はけ</sup>刷毛で厚紙上に払い落とす。収集した卵(長径約0.4mm)を水溶性のりで別の厚紙に張り付け紫外線を照射して殺卵後、タマゴバチを接種する。紫外線を照射、殺卵、寄生させた卵を厚紙に張り付けしたり、小型容器に入れて防除用にもよい(口絵写真参照)。

・スジコナマダラメイガの卵は10mgで約400粒、直径1cmの円には約500卵をのり付けできるので、蜂接種の際に参考にする。大量採卵するには、幼虫飼育容器や採卵容器を大型にすれば可能となる。

・休眠性のある蜂、例えばズイムシアカタマゴバチは低温で休眠状態に入るので、18~27°Cで飼育する。

・*In Vitro* 飼育法: タマゴバチの飼育には、昆虫寄主卵のほかに、人工飼料を利用した飼育の研究があり、それには昆虫の体液を含む半合成飼料と昆虫体液を全く含まない全合成飼料がある。最近昆虫体液を含まず、安価で簡便な全合成飼料を作製する研究が行われている(DAI et al., 1988; GRENIER et al., 1986; 平井, 1993)。

・クロタマゴバチのような寄主特異性の高い卵寄生蜂は、種固有の寄主卵で増殖することが必要である。

・ツマグロヨコバイタマゴバチ(*Paracentrobia andoi*)の大量増殖法は、竹内・平井(1995)に詳述されている。

#### IV 品質管理

昆虫を室内で累代飼育すると、近親交配や特定形質の選抜が進み、野外個体群と異なってくることもある。タマゴバチを過密状態で飼育すると、わい小で翅が伸展しない個体が発生し、探索や寄生能力に影響する。寄生

蜂の定量的な品質管理法は各国で研究され、①羽化率、②性比、③産卵数、④寄主卵探索能力(歩行速度)、⑤寿命、⑥奇形率、等の調査が必要とされている(BIGLER et al., 1991; GUSEV and LEBEDEV, 1988)。

筆者の経験では、ヨトウガ卵に1卵粒2頭(雌1頭雄1頭)~3頭(雌2頭雄1頭)を寄生させているかぎり健全な蜂が得られ、異常は見られていない。バクガ、スジコナマダラメイガ、コナガなどの小さな卵で飼育すると、蜂は小さくなったり、翅が伸展しなかったり、雌率が低下することがある。しかし低コスト生産のためにはバクガやスジコナマダラメイガの卵を利用せざるを得ない。この場合、過寄生にならないように蜂の産卵能力を考え、寄主卵数と接種蜂数の比を決める必要がある。

#### V タマゴバチの利用法

タマゴバチは、旧ソ連、中国、欧州、メキシコをはじめとする国々で、鱗翅目害虫の生物的防除に広く利用されている。

(1) 旧ソ連では、現在26種のタマゴバチが登録され、野菜、テンサイ、トウモロコシなどのカブラヤガ、ヨトウ類、アワノメイガの防除に利用している。

(2) アメリカでは、加工用トマト、キャベツ、トウモロコシ、綿花圃場、家庭菜園でタマゴバチが利用されている。タマゴバチの増殖は、数社の生産会社がヤガ類の寄主を用いて行っているが、利用規模は減少しつつある(RIDGWAY et al., 1988, 生産会社はThe IPM Practitioner(アメリカ・パークレー Birc社発行)に掲載されている)。

(3) 中国では、アワノメイガ、オオタバコガ、サトウキビのメイチュウ、コブノメイガ、マツカレハ、トビハマキ、ナシヒメシクイ、マメシクイガ、トビイロスズメ、リンゴコカクモンハマキ、タマナヤガ、ヨトウガ等の防除に利用している(馮ら, 1987)。最近の利用面積は、1970年代中期に比べ減少しているとの情報がある。

防除効果の判定は、寄生率の向上や幼虫数の減少程度で行っているが(HASSAN, 1993)、国内でのトウモロコシのアワノメイガ防除試験では子実被害の低減度で評価し、子実被害を10%台に抑える成績も出ている(平井, 1997)。

タマゴバチの利用は、総合的害虫管理IPMの一管理技術であり、当然化学農薬の合理的施用や土着天敵の役割を増強させる耕種的防除法、耐虫性利用等と併用し、害虫密度を被害許容水準以下に長期的に抑えることを主眼とすべきであろう。

タマゴコバチは有力な管理資材である農薬に感受性であり、このことが使用拡大の障壁になっている。

ズイムシアカタマゴバチは卵期の薬剤感受性が低く、農薬のなかではピレスロイド剤に対して抵抗性が得られやすい。フェンバレレートやDecisは卵期処理剤として使用できる (HSIU et al., 1988) とされている。

インドでは、メアカタマゴバチ、ズイムシアカタマゴバチほか2種に対する殺虫剤の毒性が調査され、フェンバレレート、モノクロトホスがタマゴコバチに対して安全で、殺ダニ剤のホサロンやベンゾエピンは注意が必要としている (NAPVARAJAN, 1988)。

国内では、イミダクロプリドとプロフェジンはズイムシアカタマゴバチに影響が少ない (HIRAI and ZHANG, 1997; 張・平井, 1997)。キイロタマゴバチとズイムシアカタマゴバチにはIGR剤のテブフェノジドが影響が少ない (平井, 未発表) ことが明らかになっている。

1970年代後半から非対象節足動物に及ぼす農薬の副作用に関する研究が行われ、その成果が欧米の研究者によってまとめられ (HASSAN et al., 1987; JEPSON, 1989)、タマゴコバチについては農薬の影響評価法や低毒性農薬の種類、害虫-殺虫剤-天敵の相互作用等が詳しく記述されている (HASSAN, 1992; CROFT, 1990; 平井, 1996; 1997)。

## VI 今後の課題

タマゴコバチによる制御は、収穫物の被害許容水準 (消費者の受容の可否) や防除コストの問題から考え、どの害虫に対しても可能というわけではないので、まず利用が見込まれる作物、地域、時期、タマゴコバチを選定すること、そしてIPMの一環として耐虫性や耕種的防除法と組み合わせて天敵の効果をあげることが必要であろう。防除の可能性のある害虫類は前報に (本号 p. 1~3) 示した。また、低コスト増殖が困難な有望蜂に対しては、寄主範囲の拡大の研究や人工飼育法の開発も今後解決すべき課題である。

## 引用文献

- 1) 秋山博志 (1991) : 昆虫の飼育法, 日植防, 132~135.
- 2) BIGLER, F. et al. (1991) : (F. BIGLER ed. Fifth workshop of the IOBC global working group "Quality control of mass reared arthropods") Wageningen, NL., 200~201.
- 3) CAO, G. et al. (1988) : (VOEGELE, J.; WAAGE, J.; VAN

- LENTEREN, J. eds., Trichogramma and other egg parasites). Antibes INRA Publ., pp. 35~44.
- 4) CROFT, B. A. (1990) : Arthropod biological control agents and pesticides. John Wiley & Sons, Inc., New York, pp. 723.
- 5) DAI, K. et al. (1988) : (VOEGELE, J.; WAAGE, J.; VAN LENTEREN, J. eds., Trichogramma and other egg parasites). Antibes INRA Publ., pp. 311~318.
- 6) 馮 建国ら (1987) : 中国赤眼蜂論文集, 中国農科院生物防治研究室主編, 農業出版社, 北京, pp. 235~238
- 7) FLANDERS, S. E. (1929) : Trans. 4th Int. Congr. Entomol. 2: 110~130.
- 8) GRENIER, S. et al. (1986) : J. Insect Physiology 32: 403~408.
- 9) GUSEV, G. V.; LEBEDEV, G. I. (1988) : (VOEGELE, J.; WAAGE, J.; VAN LENTEREN, J. eds., Trichogramma and other egg parasites). Antibes INRA Publ., pp. 477~481.
- 10) HASSAN, S. A., et al. (1987) : J. Appl. Entomol. 103: 92~107.
- 11) ——— (1992) : Guidelines for testing the effects pesticides on beneficial organisms: Description of test methods. IOBC/WPRS Bulletin 1992/XV/3, pp. 186.
- 12) ——— (1993) : Pesticide Science, 37: 387~391.
- 13) 平井一男 (1987) : 東北農試研報 75: 41~64.
- 14) ——— (1992) : 平成3年度総合農業研究成果情報 (農業研究センター), 61~62.
- 15) ——— (1993) : 農業技術 48 (10) : 6~11.
- 16) ——— (1996) : 植物防疫 50 (7) : 285~289.
- 17) ——— (1997) : 同上 51 (2) : 72~73.
- 18) HIRAI, K. and G. F. ZHANG (1977) : New studies in ecotoxicology. Welsh Pest Management, UK. 30~33.
- 19) 張桂芬・平井一男 (1997) : 関東病虫研報 44: 195~198.
- 20) HSIU, X. et al. (1988) : (VOEGELE, J.; WAAGE, J.; VAN LENTEREN, J. eds., Trichogramma and other egg parasites). Antibes INRA Publ., pp. 389~398.
- 21) 池田二三高 (1991) : 昆虫の飼育法, 日植防, 303~304.
- 22) JEPSON, P. C. (1989) : Pesticides and non-target invertebrates. Dorset (UK). Intercept. pp. 240.
- 23) NAGARKATTI, S. (1974) : Oriental insects, 8: 391~393.
- 24) NAPVARAJAN, P. (1988) : (VOEGELE, J.; WAAGE, J.; VAN LENTEREN, J. eds., Trichogramma and other egg parasites). Antibes INRA Publ., 423~432.
- 25) 奥 俊夫・大平喜夫 (1987) : 応動昆第31回大会講演要旨 A25.
- 26) PINTO, D. J. and R. STOUTHAMER (1994) : Systematics of the Trichogrammatidae 1~36. In Biological Control with egg parasitoids Cab International (edited by WAJNBURG, E. and S. A. HASSAN)
- 27) RIDGWAY, R. L. et al. (1988) : (VOEGELE, J.; WAAGE, J.; VAN LENTEREN, J. eds., Trichogramma and other egg parasites). Antibes INRA Publ. pp. 311~318.
- 28) SHAEFER, P. W. (1983) : Kontyu 51: 298~307.
- 29) 竹内博昭・平井一男 (1995) : 関東病虫研報 42: 171~173.
- 30) 田中 章ら (1991) : 九病虫研報 37: 122~125.
- 31) 和氣坂成一 (1996) : 昆虫利用産業技術の開発. 平成6年度成績概要集: 21~24.