

特集号：土着天敵の増殖技術〔8〕

在来クサカゲロウの増殖

玉川大学農学部昆虫研究室 ^{にい}新 ^{じま}島 ^{けい}恵 ^こ子

はじめに

クサカゲロウ科 (Chrysopidae) の昆虫のほとんどの幼虫が肉食であり、食性の広さから害虫の天敵として古くから注目されてきた。FINNEY (1948) によって、鱗翅目の卵と幼虫を餌とした増殖システムが開発されて以来実用化がすすみ、今や世界的に天敵資材としての地位を確立している。しかし世界に1,000種以上いるクサカゲロウ科の中で、実際に用いられているのはカルネア種 (*Chrysoperla carnea*) とその近縁種数種に限られている。本文はわが国の土着種の可能性を検討するとともに、それらの生態、増殖法について述べる。なお、文中のクサカゲロウの和名は、再度出た場合“クサカゲロウ”を省略した。

I 分類と有用種

クサカゲロウ科の昆虫は、ほとんどの成虫はその英名“green lacewing”が示すように、緑色のレース状の翅をもつ。成虫は翅脈、頭部の斑紋、口器周辺の付属髭の色などで区別するが、実際にはかなり難しい。むしろ幼虫の体型、背板の刺毛や紋様に特徴がある。日本産の種の分類については近年再検討がなされ、“Chrysopidae of Japan” (TSUKAGUCHI, 1995) にまとめられている。これには、日本産として43種が記載され、かなりの種の改名 (学名, 和名) がなされた。本誌50巻8号にも図解されてわかりやすく紹介されている (塚口, 1996)。

1 カルネア種グループの分類

欧米で害虫防除に使われているカルネア種の分布は広く、世界各地に及ぶ。在来種である従来 Yamato クサカゲロウ (*Chrysoperla nipponensis*) がカルネア種とシノニムとされて以来 (TSUKAGUCHI, 1985), カルネア種はわが国にも全土に生育していることになった。それ以前はこの種はヒメクサカゲロウと呼ばれていたが、和名としては Yamato クサカゲロウ (以下, Yamato) が残された。カルネア種は分布が広いだけに種内でも変異が大き

く、別種に分ける学者もいる。同胞種や近縁種の分類は国際会議でしばしば議論されたが、いまだに統一をみない。したがって筆者も本文では外国産をカルネア種、日本産を Yamato と区別して用いた。日本産の Yamato でも、長野県の山岳地域にいるものは幼虫の形態や成虫の生態に若干の違いがみられることがわかっている。

2 天敵資材としての有用種

有用種を選ぶには食性、捕食能力、飼育の難易度などが条件の筆頭にあげられる。40種以上いる日本産の中から有用な種を選ぶことは、まだ生態のよくわかっていない種も多いことから、簡単なことではない。

食性からいえば一般に多食性であるが、特に広食性としては Yamato, ヨツボシクサカゲロウ (*Chrysopa septempunctata*), クモンクサカゲロウ (*Chrysopa formosa*), カオマダラクサカゲロウ (*Mallada boniensis*) などがあげられ、被食者としては多種のアブラムシのほか、キジラミ, カイガラムシ, 小型鱗翅目の卵や幼虫, ハダニなどがあげられる。マツのアブラムシを専門に食べるアカスジクサカゲロウ (*Chrysoperla furcifera*) のように食性のきわめて狭いものもいるが、狭食性のもも防除対象が絞られている場合はかえって有用種となりうる。

捕食能力に関しては、体サイズ、成虫期の食性などで異なる。成虫の食性は、肉食とそうでないものに分けられ、*Chrysopa* 属が前者に、他の多くは後者に入る。この点ではヨツボシは他種より大型で幼虫の捕食量も多く、成虫も肉食であることから断然有利である。

飼育の難易度に関しては、飼育法の確立している Yamato が有利といえる。しかし広食性の種はカルネア種と同じシステムあるいは改良を加えることにより飼育できる可能性が高い。このように、Yamato のほかにもヨツボシ, クモン, カオマダラ, キントキクサカゲロウ (*Brinckochrysa kintoki*), タイワンクサカゲロウ (*Pseudomallada formosanus*) などが在来の広食性の天敵資材としてあげられ、狭食性の種でも目的に応じて可能性を秘めた種があり、今後の開発に期待がもたれる。

II 生態

クサカゲロウの卵は優曇華^{うどんげ}とよばれ、糸状の卵柄の先

Rearing Methods of Native Natural Enemies in Japan: Native Chrysopids. By Keiko NIJIMA

(キーワード: クサカゲロウ, 天敵, 大量増殖, 人工飼料, 生物的防除)

表-1 日本産クサカゲロウ3種の生育期間

種名	餌	生育日数			
		1 齢	2 齢	3 齢	繭期間
ヤマトクサカゲロウ	アブラムシ*	← 9~13 →			9~12
	人工飼料**	3.0	3.0	3.4	8.5
クモンクサカゲロウ	アブラムシ	← 7~14 →			14~19
	人工飼料	4.1	4.1	5.3	14.9
ヨツボシクサカゲロウ	アブラムシ	← 7~13 →			11~19
	人工飼料	3.8	3.9	4.7	15.9

*：塚口，1977 **：雄峰児粉末，25℃

に産み付けられる。その産卵習性も様々で、1卵ずつバラバラに産む（ヤマト、クモン）、比較的近距离にかためて産む（ヨツボシ）、著しく接近して産むが卵柄は独立している（*Nineta* spp.）、数卵の卵柄が1本に合体している（台湾）、の4タイプに分けられる。成虫は一般にどこにでも卵を産み、餌条件がよければ十数~数十卵を毎日数か月産み続ける。ヨツボシは約80日に3,200卵、クモンは90日に4,000卵産んだという記録もある（塚口，1977）。

幼虫は紡錘形で、頭部前方に大きな釜状の口器を持ち、これを餌に突き刺し体液を吸う。幼虫の中には食べカスや脱皮殻を背板の刺毛につけてカムフラージュする習性をもつものもある（台湾、カオマダラなど）。幼虫は3齢までで、3齢後期に肛門から糸をだし白色で球形の繭を作る。繭は枯れ葉や枝の割れ目など目立たないところにあり、見つけにくい。蛹化は繭形成後数日後に起こり、繭を透かして脱皮殻が黒く見えることで確認できる。蛹は羽化直前に大腿で繭の一部を丸く切り取り、繭からはい出し適当な場所まで移動して羽化する。生育期間は種によって異なり、温度や餌条件の影響も受ける。表-1に日本産3種の生育期間を示した。

成虫の口器は咀嚼型で、*Chrysopa* 属は肉食で、アブラムシを丸ごと食べるが、その他の多くは甘露や花粉、孢子などを食べている。産卵までの日数は数日~数週間で、ヨツボシの場合は1週間ぐらいで、寿命は長く数か月にわたる。

クサカゲロウは一般に短日で休眠に入る。その感受期、休眠ステージ、臨界日長は種によって異なる。ヤマトは成虫休眠で、休眠に入ると体色が褐変する。ヨツボシなど成虫が肉食性のものは繭の中で前蛹休眠する。

III 採集法

成虫は夜行性で、昼は葉の裏などでじっとしているため採集しにくい。アブラムシの多発している植物をたた

いて飛び立たせると、すぐに近くの枝葉にとまるのでそこを捕らえる。春と秋に発生の方があり、アブラムシの少ない夏には採集しにくい。走光性を利用した夜間のライトトラップも有効である。山野に面した建物の高い階の電気をつけておくと数種のクサカゲロウが多数飛来する。目立って大きいのがヨツボシである。そのほか小さい種が多数とれるが、これらを成虫で見分けるのは慣れないと難しい。産卵習性や幼虫の形態で分けるとよい。またヨツボシはマタタビでも誘引できるが、この場合は雄のみである。卵を採集することもできるが、寄生蜂が出てくる場合が多い。もちろんアブラムシの寄生している植物を探せば幼虫も採集できるが、ゴミを背負っていたり、物陰にいたりして効率が悪い。

IV 増殖法

1 飼料

クサカゲロウの実用化が他の捕食性昆虫よりも早く進んだ理由の一つに、代替飼料の開発があげられる。ジャガイモガの幼虫と卵で *Chrysopa californica* を飼育したのが最初とされ、その後多くの鱗翅目やショウジョウバエ、ゴミムシダマシまで試みられた。わが国ではコクヌストモドキの卵でヤマト、ヨツボシ、カオマダラ、クモンの4種の飼育に成功している（窪田・志賀，1995）。しかしこれらの代替飼料は、餌となる昆虫を増殖しなければならないという短所があり、経費や手間の面で人件費の高いわが国ではかなりのシステム化が伴わないと大量飼育につながらない。

代替飼料以外の人工飼料の研究も行われてきた。クサカゲロウの口器が吸汁口であることから、人工飼料は液状飼料で開発が進んだ。HAGEN and HASSAN (1965) は、イースト、カゼイン加水分解物を主成分とする液状の餌をパラフィンでコーティングするという技術を開発し、この飼料で羽化率は低いが成虫を得ている。VANDERZANT (1969) は、その主成分を改良し、よりよい飼料結果を得ている。その後コーティング法もカプセル化など改良が進み、中国では *Chrysopa sinica* の大量増殖に成功したと報告されている（CAI et al., 1983）。しかし飼料の加工における技術、経費両面での問題が残されている。

筆者らは、アブラムシ捕食性昆虫であるテントウムシの飼料として有効なミツバチ雄峰児粉末（NIJIMA and MATSUKA, 1985）を飼料として6種の飼育に成功した（NIJIMA and MATSUKA, 1990, 表-2）。この飼料は粉末であり、クサカゲロウは口器から消化液を分泌し体外消化して摂取する。飼料が粉末であるということは、保存性、操作性に優れているが、水分供給を別に行わなけれ

表-2 雄峰児粉末飼料によるクサカゲロウの飼育結果

学名	和名	幼虫発育	成虫生存	産卵状況	累代世代数
<i>Chrysopa formosa</i>	クモンクサカゲロウ	++	++	++	4
<i>C. intima</i>	クサカゲロウ	++	++	++	?
<i>C. perla</i>	ミヤマクサカゲロウ*	++	?	?	3
<i>C. septempunctata</i>	ヨツボシクサカゲロウ	++	++	++	6
<i>Chrysoperla frucifera</i>	アカスジクサカゲロウ	++	++	-	-
<i>Cl. carnea</i>	ヤマトクサカゲロウ	++	++	++	5
<i>Cl. carnea</i>	カルネア種(北欧型)*	++	?	?	5
<i>Pseudomallada formosanus</i>	タイワンクサカゲロウ	++	+	+	1

*: Ferran et al.(1981)成虫には花粉を与えている。C.: *chrysopa*, Cl.: *chrysoperla*

ばならないという問題も残る。雄峰児粉末の原料である雄蜂の幼虫や蛹は、養蜂家から大量に入手することができるが、まだ生産体制が整っていないためかなりの割高となってしまう。他の養蜂生産物と同様に、低労賃の国で生産することができればこの価格はかなり抑えられると考えられる。また雄峰児粉末に低コストの増量剤を混ぜることによるコストダウンも可能であり、検討中である。この雄峰児粉末の分析結果から、その栄養成分を加味した化学合成飼料もつくられ、クサカゲロウの栄養要求性も明らかになりつつある(HASEGAWA et al., 1989; 新島, 1995)。今後、この栄養要求性を満たした安価な素材の人工飼料の開発も期待される。

成虫の飼料としては、HAGEN (1950) がイースト加水分解物と果糖、塩化コリンを水で溶いた飼料で産卵させることに成功し、その後イーストと糖(果糖またはショ糖)を主体とした餌が一般的に用いられている。また花粉と蜂蜜を混ぜたものも実用的に用いられている。しかし肉食性のものはこの飼料だけでは産卵が少なく、雄峰児粉末のような動物タンパクを加えてやるとよい。

2 飼育法

幼虫の飼育法は飼料によって異なるが、共通する留意点は、休眠と共食いの回避である。欧米の代替飼料の場合、細かくしきりの入った枠に通風をよくするためにゴースを張り、一つのしきりの中にクサカゲロウの卵を1個と餌を封じ込めることにより完全な個別飼育の形を取っている。餌が不足した場合は炭酸ガス麻酔をして、ゴースを外して補充する。コクヌストモドキの卵を使った飼育では、組織培養用プレートを用いている。餌が粉末の場合は餌とは別に水を供給しなければならないので、個別飼育は無理である。水は保水性の高いスポンジなどに含ませて各所に置き、乾燥したら補充する。幼虫はなるべく低密度にしてお互いの接触を少なくし、餌も分散しておくことにより餌との遭遇を多くする。また飼育空間に木くずや発泡スチロールなどの緩衝材を入れるのも

共食い防止に効果的である。容器はシャーレやプラスチックケースなど飼育規模に合わせて適当なものでよいが、1齢幼虫は小さいので気密性が必要である。シャーレを用いる場合は、ふたとの間に柔らかい紙をはさみ、すき間ができないようにする。

休眠防止には長日条件(14時間以上)にし、飼育温度は25°C前後が適温と思われる。

成虫は飛ぶスペースを考え深さのあるアイスクリームカップなどを利用する。餌条件が良いと容器のふたや壁面に産卵する。共食いはしないので、少し大きめのケージに入れて採卵してもよい。ある天敵業者は直径20、深さ30cmくらいの円筒形の容器に内側に紙を張り、その中に50~100頭の成虫を放飼して採卵していた。卵は紙を交換することにより毎日回収する。卵を放置すると約3日でふ化し、ふ化幼虫が後から産み付けられた卵を食べてしまう。卵の保存が必要なときは、低温で保存する。

V 品質管理

天敵資材としての生産体制に入れば、当然良い品質を維持していく必要があり、良い品質は何かという難問に突き当たる。一般には野外の個体と比較して良否が決められる。しかし野外の個体にもかなりのばらつきがあり、春と秋で体の大きさも異なる場合もある。いくつかの項目について基準を定め、定期的にチェックをする必要がある。以前アメリカのある業者からクサカゲロウの繭を1単位購入したところ、表示の半分強しか羽化しなかった。文句を言うと、「次回その分値引きする」との答えが返ってきて、アメリカらしいと苦笑したことがある。羽化率の低下は、たとえ飼育の状態が良好でも輸送中の事故によっても起こりうる。体サイズ、探索能力(活動性)、捕食能力、繁殖能力などが調査項目として予想され、それぞれに基準を設ける必要がある。

VI 利 用 法

冒頭でも書いたように、クサカゲロウは世界各地で実際に利用されている。アメリカやロシアではトウモロコシ畑のメイガやコムギ、ワタ、野菜、果樹などのアブラムシの防除などで野外で用いられているが (RIDGWAY and MURPHY, 1984), 北欧では野菜、花きの温室での利用が多い (TULISALO, 1984)。わが国ではおそらくハウスでの利用が当初のターゲットとなろう。外国でどれくらい効果があがっているのかの具体的なデータはきわめて少ない。捕食性天敵類の防除効果は、寄生率で表せる寄生性のものと比べ評価しにくい。特にアブラムシのように幾何級数的に増殖する害虫には、増えてから天敵を放すのでは天敵が十分働いたとしても評価されにくい。しかし発生初期の防除はさらに評価が難しい。また外国で成功していても、わが国の農業体系でうまく働くとは限らない。現状での栽培体系で試験放飼を重ね、放飼時期、放飼密度などの放飼方法を確立する必要がある。比較的長い蛹期間を輸送に当てること、放飼の手間などから放飼ステージは成虫が妥当だと考えられる。この場合、成虫が肉食でない種は産卵するまでの期間が長いと防除効果が出にくくなるので、その点を加味した放飼時期の設定が必要になる。

また閉鎖系においても、わが国のハウスは温度が上昇するため、天窓や側面を開けることになり、放飼虫の逃亡が懸念される。逃亡するのは主に成虫であるから、夜行性の成虫に対しては夜間窓を閉めることによってかなり防げられると思われる。しかし、夏の日中は40°C近くまで上昇するハウスの条件下で防除効果をあげられるかは別問題であり、夏の放飼には耐高温性のある種や系統の選択が必要である。

お わ り に

最近アブラムシの捕食性天敵の実用化に向けて、試験場や企業などの動きがめざましい。花粉媒介昆虫の導

入、農作業の簡素化、健康食品(無農薬栽培)指向、地球環境からの視点などがこれらの原動力となっている。クサカゲロウに限っていえば、外国では軌道にのった天敵資材と言え、輸送機関が発達した今日わざわざ苦勞して日本で生産しなくても、という考えもあろう。しかし前述のように、わが国にも有力な土着種が存在する。自国で使う天敵を自国で生産することは当然なことではないだろうか。またそれが土着の天敵を保護することにもつながる。じっくりと試験研究を重ねしっかりとした方法を確立して、実用化を成功させたい。本文ではあえて特定の種に絞らずに記述した。これは天敵資材の多様性を考え、適材適所の使用を希望するからである。一種のシステムが走り出せば、ある程度の改良により他種への応用も可能になると考えられる。わが国の土着天敵を最大限に利用したアブラムシの防除体制ができることを願っている。

引 用 文 献

- 1) CAI, C. et al. (1983): *Nat. Enemies Insects* 5: 82~85.
- 2) FINNEY, G. I. (1948): *J. Econ. Ent.* 41: 719~712.
- 3) HAGEN, K. (1950): *ibid.* 43: 101~104.
- 4) ——— and S. A. HASSAN (1965): *ibid.* 58: 999~1000.
- 5) HASEGAWA, M. et al. (1989): *Appl. Ent. Zool.* 24: 96~102.
- 6) 窪田敏士・志賀正和 (1995): *応動昆* 39: 51~58.
- 7) 新島恵子 (1995): *玉川大農研報* 35: 129~157.
- 8) ——— and M. MATSUKA (1985): In *Ecology of Aphidophaga*, Academia, Prague, p 37~50.
- 9) ——— (1990): *FFTC Book series* 40: 190~198.
- 10) RIDGWAY, R. L. and W. L. MURPHY (1984): In *Biology of Chrysopidae*, Dr W. JUNK publ., Netherlands, p 220~225.
- 11) 塚口茂彦 (1977): *インセクトリウム* 14: 174~178.
- 12) ——— (1985): *Kontyu* 53: 503~506.
- 13) ——— (1995): *Chrysopidae of Japan*, Yutaka publ., Nishinomiya, 223 pp.
- 14) ——— (1996): *植物防疫* 50: 320~328.
- 15) TSULISALO, U. (1984): In *Biology of Chrysopidae*, Dr W. JUNK publ., Netherlands, p 228~233.
- 16) VANDERZANT, E. S. (1969): *J. Econ. Ent.* 62: 256~257.