

侵入害虫インゲンテントウ *Epilachna varivestis* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) に寄生する土着天敵 *Pediobius foveolatus* (Crawford) (Hymenoptera: Eulophidae) の外部形態, 生存日数, 寄生数, 発育期間について

中村寛志, 戸塚美名子, 近澤泰幸, 白鳥晋矢

信州大学農学部アルプス圏フィールド科学教育研究センター昆虫生態学研究室

Morphology, survival duration of adults, number of emergence adults per host and developmental duration of *Pediobius foveolatus* (Crawford) (Hymenoptera: Eulophidae), the native parasitoids to the exotic insect pest, *Epilachna varivestis* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae)

H. Nakamura, M. Totsuka, Y. Tikazawa & S. Shiratori

Laboratory of Insect Ecology AFC, Faculty of Agriculture, Shinshu University

キーワード: ヒメコバチ科, *Pediobius foveolatus*, 外部形態, 生存日数, 寄生数, 発育期間, インゲンテントウ

Keywords: Eulophidae, *Pediobius foveolatus*, Morphology, survival duration, number of emergence, developmental duration, *Epilachna varivestis*

緒言

1997年に山梨県と長野県の県境付近において、インゲンテントウ *Epilachna varivestis* (Mulsant) の発生が確認された(Fujiyama et al., 1998; 藤山・白井, 1998)。本種はこれまで日本には分布していないとされており、アメリカ大陸においてマメ科作物の大害虫であったことから、経済的に重要な害虫としてその侵入を警戒して「特定重要病害虫」とされていた。インゲンテントウは、原産地がメキシコ南部及びグアテマラの高原地域で、生息範囲はパナマからカナダのオンタリオ州南部にまで広がっている (Turnispseed and Kogan, 1976)。アメリカでは大規模に栽培されているダイズを加害するが、本種はダイズ属よりもインゲン属を好んで食害することが知られている(豊島・舟久保, 1998)。

日本でのインゲンテントウの発生地は、標高 500m 以上のインゲンやベニバナインゲンの畑が中心になっている。長野県内では、県防除所や白鳥ら(2004)の調査で、インゲンテントウはその生息範囲を広げ、現在では北は松本市、南は伊那市までその範囲を広げていることが確認されている。

日本ではナス科植物の害虫オオニジュウヤホシテントウ *Epilachna vigintioctomaculata* Motschulsky など *Epilachna* 属の土着寄生蜂として、膜翅目(Hymenoptera) ヒメコバチ科 (Eulophidae) の *Pediobius foveolatus* (Crawford) と、シリボソクロバチ科(Proctotrupidae) の *Nothoserphus afissae* (Watanabe) の2種が知られている。この2種の土着寄生蜂が侵入害虫であるインゲンテントウに寄生していることが確認された (Fujiyama et al., 1998)。

P. foveolatus は、寄主である *Epilachna* 属の幼虫の体内に産卵・寄生する内部捕食寄生(endoparasitoid) をし、1 個体の寄主に数個体から十数個体が寄生する多寄生性(gregarious) の寄生蜂である。一方、*N. afissae* は、幼虫の体外に産卵・寄生する外部捕食寄生(ectoparasitoid) をし、1 個体のホストに 1 個体の寄生蜂が寄生する単寄生性(solitary) の寄生蜂である。

P. foveolatus について、アメリカではすでに 1960 年代頃から研究され、インゲンテントウの天敵としてインドから 1966 年に導入され (Stevens et al., 1975)、生物的防除法として利用されている。

この *P. foveolatus* に関しては、古くから *Epilachna* 属の

土着天敵として日本に分布しているにもかかわらず、1970年に京都でニジュウヤホシテントウ *Epilachna vigintioctopunctata* (Fabricius) とオオニジュウヤホシテントウの寄生者として初めて記録されて以来(Tachikawa, 1976), 日本での報告はほとんどされておらず、生態的・形態的知見は十分なものではない。

本研究は、インゲンテントウ幼虫に寄生した *P. foveolatus* の外部形態、性比、寿命を調査するとともに、室内において寄生実験を行い寄生数や発育期間などを明らかにすることを目的とした。

材料と方法

1. 成虫の頭幅と脛節の測定

P. foveolatus 成虫の頭幅と脛節の測定には、長野県岡谷市にある3カ所のインゲン畑で採集したインゲンテントウ3, 4齢幼虫から羽化した個体を用いた。インゲンテントウ幼虫の採集は、2002年9月12日に岡谷市の小井川、9月19日に樋沢、9月26日に長地で行った。

採集した幼虫は実験室で飼育し、*P. foveolatus* に寄生され茶褐色にマミー化(図4B)した時点で、1個体ずつ20ccのスクリュウ管に分けた。羽化した寄生蜂は1個体ずつ雌雄を判別し、投影機 Nikon Profile Projector V-10 を用いて頭幅、後脚の脛節(図1)の長さを測定

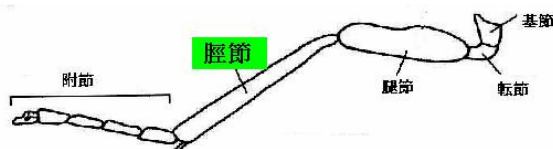


図1 *P. foveolatus* 成虫後脚の名称

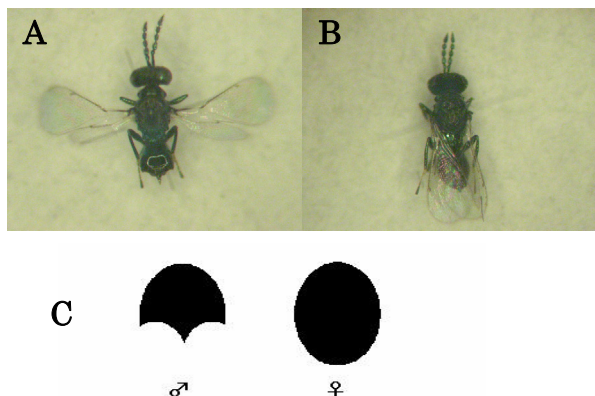


図2 *P. foveolatus* 成虫。A: ♂。B: ♀。C: 腹部背面の形、♂は♀の約1/2の長さで、腹部先端が尖っている。

した。*P. foveolatus* の雌雄は、腹部の形態によって容易に判別できた(図2)。測定した *P. foveolatus* 成虫の個体数は表1, 2に示した。また羽化した *P. foveolatus* の羽化数と性比をインゲンテントウ幼虫1個体ごとに記録した。調査したインゲンテントウの幼虫数は、表3, 4に示した。

2. 成虫の生存日数

P. foveolatus 成虫の生存日数を調査するため、上述した3カ所のインゲン畑で採集したインゲンテントウ幼虫から羽化した個体を用いた。寄生され茶褐色にマミー化したインゲンテントウ幼虫を、1個体ずつプラスチックの底高シャーレ(直径9cm×高さ5cm)に入れ、羽化した寄生蜂を25℃, 16L8Dの条件の恒温室内で飼育し、寄生蜂の生存日数を記録した。

寄生蜂には、市販の清涼飲料水(約5%のショトウ溶液)を脱脂綿に含ませ餌として与えた。飼育した *P. foveolatus* 成虫の個体数は表5に示した。

3. 寄生実験(1)

インゲンテントウ幼虫に対する *P. foveolatus* の寄生実験を、2001年8月1日から21日にかけて信州大学農学部の昆虫飼育室(室温自然日長)で行った。直径15cm、高さ9cmの同じシャーレ内にインゲンテントウ幼虫と寄生蜂が1対1になるように入れ、インゲンテントウ幼虫の餌として、ベニバナインゲンの葉を入れた。実験に供したインゲンテントウの幼虫数は合計で4齢30個体、3齢24個体で、寄生実験日ごとの供試数は表6に示した。幼虫あたりの *P. foveolatus* 成虫の出現個体数と出現までに要した日数を記録した。

寄生に用いた *P. foveolatus* は、野外調査において、寄生が確認されマミー化した幼虫を研究室に持ち帰り、そこから出現したものをを用いた。また出現からあまり日数が経つと、産卵数が減ることが知られているため(Stevens *et al.*, 1975), 寄生蜂は出現より5日以内のものをを用いた。

4. 寄生実験(2)

P. foveolatus の幼虫や蛹期間を明らかにするための寄生実験を、2004年9月に行った。インゲンテントウ4齢幼虫40個体と、2日前に3つのマミーから羽化した寄生蜂約60個体を、同一シャーレに8時間入れ産卵させた。寄生されたインゲンテントウ幼虫は、23.5℃, 16L8Dの恒温室内で飼育し、産卵後4, 6, 9, 11, 14, 16日目に解剖し、*P. foveolatus* の寄生個体数と発育ス

ページを記録した。

結果

1. 成虫の頭幅と脛節

表1に *P. foveolatus* 成虫および表2に 成虫の頭幅と脛節の測定結果を、3つの採集地別に示した。全調査地の合計の平均値では、の頭幅は0.463 mm、脛節の長さは0.322 mm 雌ではそれぞれ0.560 mmと0.393 mmであった。との頭幅、脛節の長さを採集地および全調査地についてt検定を行ったところ、危険

表1 *P. foveolatus* 成虫の頭幅と脛節の測定結果

測定部位	採集場所	測定個体数	平均値 (mm)	標準偏差	範囲 (mm)	
					最大	最小
頭幅	小井川	412	0.456 ^a	0.038	0.55	0.30
	樋沢	308	0.472 ^a	0.043	0.58	0.30
	長池	155	0.465	0.044	0.56	0.30
	合計	875	0.463	0.047	0.58	0.30
脛節	小井川	413	0.316 ^{bc}	0.039	0.42	0.20
	樋沢	304	0.326 ^b	0.035	0.38	0.20
	長池	162	0.328 ^c	0.032	0.39	0.20
	合計	879	0.322	0.037	0.42	0.20

a,b,c: 同じアルファベットのついている平均値は、Sheffeの多重比較により危険率5%で有意差あることを示す。

表2 *P. foveolatus* 成虫の頭幅と脛節の測定結果

測定部位	採集場所	測定個体数	平均値 (mm)	標準偏差	範囲 (mm)	
					最大	最小
頭幅	小井川	1256	0.552 ^a	0.039	0.61	0.36
	樋沢	1303	0.562 ^{ab}	0.027	0.62	0.43
	長池	671	0.554 ^b	0.031	0.62	0.40
	合計	3230	0.560	0.033	0.62	0.43
脛節	小井川	1234	0.389 ^c	0.034	0.47	0.22
	樋沢	1231	0.399 ^{cd}	0.025	0.47	0.30
	長池	652	0.391 ^d	0.028	0.44	0.26
	合計	3117	0.393	0.03	0.47	0.22

a,b,c,d: 同じアルファベットのついている平均値は、Sheffeの多重比較により危険率5%で有意差あることを示す。

率5%でいずれも有意差がみられた。採集地の間で頭幅と脛節の測定結果を比較すると、ととも樋沢の採集個体の平均値は、小井川と長地より有意に大きい傾向にあった(表1・2)。

*P. foveolatus*の頭幅と脛節の長さの関係を調べるため、両者の相関係数を求めた。採集地ごとの相関係数はでは小井川0.80、樋沢0.74、長地0.87、では小井川0.76、樋沢0.63、長地0.80と、全調査地で、ともに有意な相関がみられた。

2. 出現成虫数と性比

野外で採集してきたインゲンテントウ4齢幼虫から出現した *P. foveolatus* の羽化成虫数を表3に示した。ホスト1個体あたりの羽化個体数の平均値は、小井川で17.3、樋沢15.3、長地16.2個体であった。Sheffeの多重比較の結果、各調査地間で有意な差はみられなかった(危険率5%)。

表4に羽化成虫の性比を、調査地ごとにの占めるパーセントとして示した。いずれの地域ともに、の割合が80%近くあった。しかし、寄生されたインゲンテントウの幼虫ごとにみると、全くが出現しない場合もみられた。

表3 野外から採集したインゲンテントウ4齢幼虫あたりの *P. foveolatus* 成虫出現数

採集場所	調査幼虫数	平均値	標準偏差	範囲	
				最大	最小
小井川	99	17.3	6.09	43	6
樋沢	107	15.3	4.73	30	4
長池	52	16.2	6.17	43	5
合計	258	16.2	5.64	43	4

表4 野外から採集したインゲンテントウ幼虫から出現した *P. foveolatus* の性比

採集場所	調査幼虫数	雌の割合 (%)	範囲 (%)	
			最大	最小
小井川	85	78.5	100	0
樋沢	81	83.4	100	33.3
長池	22	78.4	100	38.5
合計	188	79.5	100	0

3. 成虫の生存日数

表5に室内で飼育した *P. foveolatus* 成虫の平均生存日数および図3に生存曲線を、3つの採集地別に示した。全調査地を合計した平均生存日数は、19.4日であった。また採集地の間で比較すると、長池から採集した個体の平均値は、小井川と樋沢より有意に短かった(表5)。

4. 寄生実験(1)による羽化成虫数と発育期間

表6に寄生蜂接種実験(1)の結果を示した。4齢では接種から成虫が出現するまでの期間は平均18.9日で幼虫1個体あたりから出現する寄生蜂の数は平均で20.0個体、3齢ではそれぞれ17.9日、10.3個体であった。

3齢と4齢の比較では発育期間と出現個体数にそれ

表5 *P. foveolatus* 成虫の生存日数

採集場所	飼育個体数	平均値(日)	標準偏差	範囲(日)	
				最大	最小
小井川	500	21.9 ^a	7.51	41	1
樋沢	458	20.8 ^b	7.18	43	2
長池	501	15.6 ^{ab}	6.24	33	2
合計	1459	19.4	7.51	43	1

a,b: 同じアルファベットのついている平均値は、Sheffeの多重比較により危険率5%で有意差あることを示す。

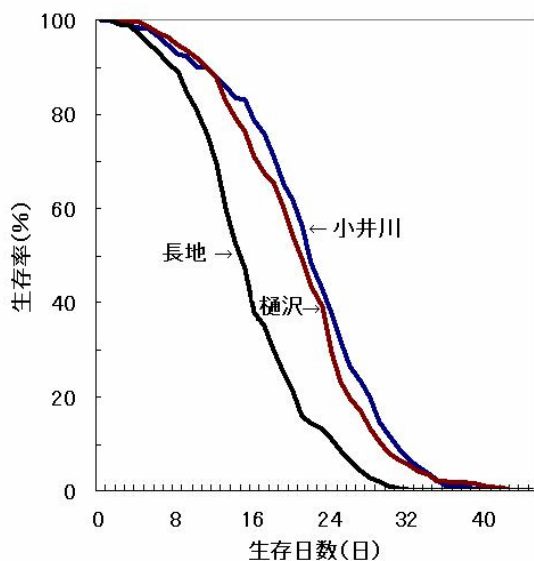


図3 *P. foveolatus* 成虫の実験室内における生存曲線。

ぞれ危険率5%で有意差が見られた。また接種日ごとにそれぞれ発育期間、出現個体数で Sheffe の多重比較検定を行ったが3齢、4齢とも有意な差は見られなかった。

5. 寄生実験(2)の結果

インゲンテントウ幼虫を入れた容器に放飼された *P. foveolatus* 成虫は、ホストを認識すると直ちに産卵行動を開始した(図4)。このようにして産卵させたインゲンテントウの幼虫を解剖した結果を表7に示した。産卵後4、6日目の解剖では、*P. foveolatus* の幼虫は小さくて確認できなかった。9日目はまだすべて幼虫の

表6 寄生実験(1)によるインゲンテントウ幼虫あたりの *P. foveolatus* 成虫出現数と発育期間

インゲンテントウ幼虫 齢 供試 期 数	接種日	成虫出現数		卵から成虫までの発育期間	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
10	8/2	10.4	2.0	18.0	1.3
3	11	10.3	3.0	17.7	1.3
3	8/21	9.7	2.1	18.0	1.0
24	合計	10.3	2.4	17.9	1.3
11	8/1	18.4	3.3	19.4	0.8
4	13	20.8	3.0	18.5	0.9
6	8/20	21.5	3.4	19.0	1.1
30	合計	20.0	3.4	18.9	0.9

表7 寄生後に解剖したインゲンテントウ幼虫あたりの *P. foveolatus* の平均値個体数

寄生後の日数	解剖幼虫数	<i>P. foveolatus</i> の平均個体数±標準偏差				
		幼虫	蛹	成虫		死亡個体
				♂	♀	
9	5	22.6 ±5.9	0	0	0	0
11	10	0.7 ±0.9	30.0 ±14.7	0	0	0.4 ±1.3
14	12	0.08 ±0.3	24.4 ±15.4	0.25 ±0.62	0.58 ±1.40	1.3 ±4.3
16	8	0	0	5.60 ±2.90	15.38 ±6.00	0.75 ±2.0

状態であったが、11日目にはマミー化したインゲントウの幼虫内は、ほとんどが蛹になっていた(図4)。14日目から成虫が出現し、16日目にはすべて成虫となった。

考 察

P. foveolatus の1宿主あたりの出現成虫数に関しては、様々な報告がある。一般的に多寄生性の寄生蜂が寄主1個体に産む卵数は、寄生蜂と宿主あるいは寄生蜂同士が遭遇する頻度によって変化することが知られている(Visser and Rosenheim, 1998)。また1寄主あたりの羽化個体数は宿主の大きさに依存して変化することがよく知られている(Klomp and Teerink, 1962; Hardy *et al.*, 1992)。今回の調査でも、インゲントウ幼虫の齢期によって出現個体数が異なり、3齢の10個体と比較して、4齢幼虫からはその2倍の20個体の*P. foveolatus* が出現した(表6)。

斉藤・松本(2000)によると、長野県茅野市でのペニバナインゲン畑から採集してきたインゲントウ3齢幼虫から羽化した*P. foveolatus* 平均個体数は9.53個体で、4齢幼虫からは平均個体数は21個体と報告している。これは本寄生実験(1)とほぼ同様の結果であった。一方、長野県岡谷市のインゲン畑で採集したインゲン

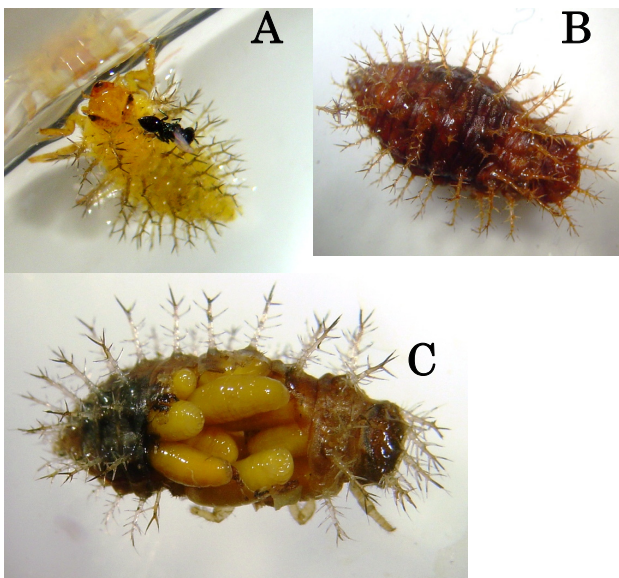


図4 *P. foveolatus* 成虫の寄生実験(1)。A: インゲントウ幼虫に産卵している*P. foveolatus* 雌成虫。B: 寄生されマミー化したインゲントウ幼虫。C: マミーの体内にある*P. foveolatus* の蛹。

テントウ4齢幼虫から羽化した*P. foveolatus* 成虫の羽化個体数は、平均16.24個体と(表3)、室内での寄生実験(1)(表6)や斉藤・松本(2000)の報告と比較して少なかった。しかし、アメリカでのHooker and Barrows(1989)によると、寄主1個体あたり*P. foveolatus* 成虫14.2個体、またStevens *et al.*(1975)の室内飼育では寄生蜂と寄主の比率、寄生蜂の羽化後の日数などで寄生率や羽化個体数が大きく変わることが報告されている。

P. foveolatus の脛節と頭幅の大きさは、雌雄間で有意な差が見られた。さらに同一の性においても長野県岡谷市の異なった3地点から採集した*P. foveolatus* の脛節と頭幅に有意な差が見られた(表1・2)。これは遺伝的な要因ではなく、むしろ地域間におけるインゲントウ幼虫と*P. foveolatus* の密度、寄生率など様々な要因の違いによるものと考えられ、今後の詳細な調査が必要であろう。

本調査ではの割合が80%近くあり、性比はに偏っていた(表4)。*P. foveolatus* は雄性産卵のみで生殖であり(Nong and Sailer, 1986)、未交尾のは1個体しか産まない。また交尾をしたのは少数のしか産まない。本調査ではが100%の宿主は小井川で1例のみ見られた(表4)。*P. foveolatus* は密度によって未交尾の割合が異なり、それに伴って性比が変化するものと考えられる。

今後は、侵入害虫のインゲントウと、効果的な天敵として働いている土着寄生蜂の*P. foveolatus* の相互関係を明らかにし、インゲントウの防除体系に組み込んでいく必要がある。

要 約

インゲントウ幼虫に寄生した*P. foveolatus* の外部形態、性比、寿命を調査するとともに、室内において寄生実験を行い、寄生数や発育期間などを明らかにすることを目的として2001年から2004年にかけて、信州大学農学部において行った。

(1) *P. foveolatus* の頭幅は0.463 mm、脛節の長さは0.322 mm、ではそれぞれ0.560 mmと0.393 mmであった。

(2) *P. foveolatus* の頭幅と脛節の長さの相関係数は0.63~0.87で、各調査地、とも有意な相関がみられた。

(3) 野外で採集してきたインゲントウ4齢幼虫から出現した*P. foveolatus* の羽化成虫数は、約16個体であった。また羽化成虫の性比は、の割合が80%近

くあった。

(4) 室内で飼育した *P. foveolatus* 成虫の平均生存日数は、19.4 日、4 齢幼虫 1 個体あたりから出現する寄生蜂の数は平均で 20.0 個体、3 齢では 10.3 個体であった。

(5) 産卵後 9 日目まではすべて幼虫の状態であったが、11 日目にはマミー化したインゲンテントウの幼虫内の *P. foveolatus* は、ほとんどが蛹になっていた。

引用文献

- Fujiyama, N., H. Katakura and Shirai, Y. (1998) Report of *Epilachna varivestis* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) in Japan. *Appl. Entomol. Zool.* 33: 327-331.
- 藤山直之・白井洋一 (1998) インゲンテントウ、インセクタリウム 35:40-45.
- Hardy, I. C. W., Griffiths, N. T. and Godfray, H. C. J. (1992) Clutch size in a parasitoid wasp: a manipulation experiment. *J. Anim. Ecol.* 61: 121-129 .
- Hooker, M. E. and Ballows, E. M. (1989) Clutch size reduction and host discrimination in the superparasitizing gregarious endoparasitic wasp *Pediobius foveolatus* (Eulophidae: Hymenoptera). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 85: 207-213.
- Klomp, H. and Teerink, B. J. (1962) Host selection and number of eggs per oviposition in the egg parasite *Trichogramma embryophagum* Htg. *Nature* 195: 1020-1021.
- Nong, L. and Sailer, R. I. (1986) Arrhenotokous reproduction of *Pediobius foveolatus* (Crawford) (Eulophidae: Hymenoptera). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 79: 737-741.
- 齋藤学・松本信弘 (2000) インゲンテントウ *Epilachna varivestis* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) の寄生蜂 *Pediobius foveolatus* (Hymenoptera: Eulophidae) に関する研究 1. 寄生と発育温度について. 植物防疫所調査研究報告 (植防研報) 36: 43-46 (2000) .
- 白鳥晋矢・豊嶋悟郎・中村寛志 (2004) インゲンテントウの生態と防除に関する研究 11. 長野県における分布地域の拡大とその様相. 日本応用動物昆虫学会第 48 回大会要旨集 : 32 .
- Stevens, L. M, A. L. Steinhauer and J. R. Coulson (1975) Suppression of Mexican bean beetle on soybeans with annual inoculative releases of *Pediobius foveolatus*. *Environ. Entomol.* 4: 947-952
- Tachikawa, T. (1976) Occurrence of *Pediobius foveolatus* (Crawford) (Hymenoptera: Eulophidae) parasitic on *Henosepilachna* (Coleoptera: Coccinellidae) in Japan. *Trans. Shikoku Ent. Soc.* 13: 61-63.
- 豊嶋悟郎・舟久保太一(1998) インゲンテントウの生態と発生地域, 植物防疫 52 : 309-313 .
- Turnipseed, S. G. and M. Kogan (1976) Soybean entomology. *Annu. Rev. Entomol.* 21: 247-282.
- Visser, M. E. and Rosenheim, J. A. (1998) The influence of competition between foragers on clutch size decisions in insect parasitoids. *Biological Control* 11:169-174.

(原稿受付 2007.3.15)