

環動昆

報 文

- 角田邦夫・高橋旨象：合成ピレスロイド化合物の防蟻効力（第1報）
室内試験によるシハロトリンとラムダシハロトリンの
防蟻剤としての効力評価（英文）……………173
- 辻 英明・種池与一郎・田原雄一郎：ヒメイエバエ成虫の寿命と
終齢幼虫の休眠について……………180
- 井本 聡・桃井節也：シバンムシアリガタバチにみられる保護行
動と産卵競争……………185
- 藤本和義：種々の温度条件下における単為生殖系フタトゲチマダ
ニの産卵と発育（英文）……………191

解 説

- 高橋正三：昆虫行動制御剤の（IBR）開発に向けて……………199
- 中元直吉：繊維害虫について……………207
- 水野昭憲：白山の哺乳類の変化と保護管理……………216
- 会報……………221
- 会員動静
- 日本学術会議だより
- 総目次

Vol. 4 | 1992

4

日本環境動物昆虫学会

Termiticidal Efficacy of Synthetic Pyrethroids (I) Laboratory Evaluation of Cyhalothrin and Lambda-Cyhalothrin as Termiticides

Kunio TSUNODA and Munezoh TAKAHASHI

Wood Research Institute,
Kyoto University, Uji, Kyoto 611, Japan

(Received: September 4, 1992)

合成ピレスロイド化合物の防蟻効力 (第1報) 室内試験によるシハロトリンとラムダシハロトリンの防蟻剤としての効力評価 角田邦夫・高橋旨象 (京大木質科学研究所)

2種の合成ピレスロイド化合物であるシハロトリンとラムダシハロトリンの防蟻効力を日本木材保存協会規格第11号(1)の総合試験方法及び第13号の室内(土壌貫通)試験方法にしたがって評価した。塗布処理アカマツ試験体をイエシロアリに強制的に摂食させる総合試験では、シハロトリンとラムダシハロトリンはそれぞれ0.1%と0.05% (w/v) で性能基準に達した。また、土壌貫通試験では、耐候操作の有無に拘らず、それぞれ0.4%と0.1% (w/v) の処理濃度で十分な土壌処理用防蟻剤としての性能を発揮した。本研究結果は、2種の化合物の防蟻剤性能が他のピレスロイド系化合物と比較して劣らないことを示しており、野外試験による評価などを実施して、今後の実用化を検討する必要がある。

Two synthetic pyrethroids [cyhalothrin: (RS)-alpha-cyano-3-phenoxybenzyl (Z)-(1RS,3RS)-3-(2-chloro-3,3,3-trifluoropropenyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate and lambda-cyhalothrin: alpha-cyano-3-phenoxybenzyl 3-(2-chloro-3,3,3-trifluoropropenyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate, a 1:1 mixture of the (Z)-(1R,3R),S-ester and (Z)-(1S,3S),R-ester] were tested for their termiticidal effectiveness in standardized laboratory tests prescribed in Japan Wood Preserving Association (JWPA) Standards 11(1) (1981) and 13 (1987). When the chemicals were used to treat sapwood blocks of *Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC. (1 x 1 x 2 cm) by brushing at a rate of 110 ± 10 g/m² [timber treatment], the treated wood blocks were well protected from the attack of subterranean termites, *Coptotermes formosanus* SHIRAKI at the lowest test concentrations [0.1% (w/v) for cyhalothrin and 0.05% (w/v) for lambda-cyhalothrin] regardless of weathering. In a tunnelling test [soil treatment], 3g of a treating solution of the required concentrations [0.1, 0.2, and 0.4% (w/v) for cyhalothrin and 0.05, 0.1, and 0.2% (w/v) for lambda-cyhalothrin] was incorporated into the soil and the test termites were forced to penetrate into the treated zone. Cyhalothrin and lambda-cyhalothrin could meet the performance requirement at 0.4 and 0.1% (w/v) respectively even

after weathering, although unweathered samples would not allow termites to penetrate further than 1cm at lower concentrations. These results of standardized laboratory evaluation definitely demonstrated the high potential of the two synthetic pyrethroids as termiticides, and further investigations including some field tests should be planned to examine their practical applicability.

Key Words : Pyrethroid, Cyhalothrin, Lamda-cyhalothrin, *Coptotermes formosanus*, Subterranean termite, Laboratory evaluation

Introduction

In the search for replacements for chlorinated hydrocarbon termiticides, some synthetic photostable pyrethroids have been tested for their termiticidal performance in both laboratory and field tests (BERRY, 1977 ; CREFFIELD and HOWICK, 1984 ; MAULDIN *et al.*, 1987 ; LENZ *et al.*, 1988 ; YOSHIMURA *et al.*, 1989 ; TSUNODA, 1991). Of the pyrethroids tested, a few synthesized products such as permethrin, cypermethrin, and fenvalerate have been commercialized as safer termiticidal agents. Permethrin and fenvalerate were satisfactory termite protectants for timber treatment (TSUNODA, 1985, 1991) and performed better than commercially available organophosphorous termiticides such as pyridaphenthion, tetrachlorvinphos, and phoxim at a treating concentration of 1% after 12 week's soil burial ageing (TSUNODA *et al.*, 1989 ; YOSHIMURA *et al.*, 1989), although they proved to be less effective than organophosphates in the laboratory tunnelling tests (POSPISCHIL, 1986). On the other hand, field trials by MAULDIN *et al.* (1987) indicated that at least five year's protection could be provided by soil treatments with permethrin, cypermethrin, and fenvalerate at low concentrations (0.5-1.0%) in the United States.

In Japan, organophosphorous termiticides such as chlorpyrifos, phoxim, tetrachlorvinphos, and pyridaphenthion have been predominantly used for soil and timber treatments since chlor-

dane was actually banned in September, 1986. As reviewed above, however, synthetic stable pyrethroids seem to have potential as alternatives to conventional termiticides.

In this research, laboratory evaluation of two synthetic photostable pyrethroids was done by Japanese standardized test methods to examine their potential as termiticides.

Materials and Methods

1. Chemicals

The two synthetic pyrethroids tested here were ter-cyhalothrin [(RS)-alpha-cyano-3-phenoxybenzyl (Z)-(1RS, 3RS)-3-(2-chloro-3,3,3-trifluoropropenyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate] and lamda-cyhalothrin [alpha-cyano-3-phenoxybenzyl 3-(2-chloro-3,3,3-trifluoropropenyl)-2,2-dimethyl-cyclopropanecarboxylate, a 1:1 mixture of the (Z)-(1R,3R),S-ester and (Z)-(1S,3S),R-ester]. Test solutions for brush treatment of wood blocks were prepared with kerosene and an aromatic solvent (product name : Solvesso 200) to give the desired concentrations. Those were 0.1, 0.2, and 0.4% (w/v) for cyhalothrin and 0.05, 0.1 and 0.2% (w/v) for lamda-cyhalothrin. Emulsifiable stock solutions for soil treatment were prepared with kerosene, the same aromatic solvent and a surface active agent [10% (w/v)] to contain 2% and 1% active ingredient for yhalothrin and lamda-cyhalothrin, respectively. Dilution rates used in these investigations were 5, 10, and 20 for both test chemicals.

2. Test insects

Subterranean termites, *Coptotermes formosanus* SHIBAKI, were used as test insects in these investigations. All the termites were collected from a laboratory colony that is kept at the Wood Research Institute of Kyoto University.

3. Treatment of wood blocks for termite bioassay

Test wood blocks, measuring 10(R)×10(T)×20(L)mm, were prepared from sound sapwood of *Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC., and were brush-treated with test solutions of the pyrethroids at a rate of 110 ± 10 g/m² to get 10 replicates for each treatment. Five blocks each of the treatments were exposed to weathering cycles according to JWPA Standard 11(1)(1981) [wood blocks were immersed in non-running water for 30 seconds before transferring them into a desiccator with water at the bottom at $26 \pm 2^\circ\text{C}$ for 4 hours (wet cycle) and kept at $40 \pm 2^\circ\text{C}$ in an oven with a fan for 20 hours (dry cycle), and the cycle was repeated 9 times].

4. Treatment of soil for tunnelling test

Sandy loam, sieved through 20 meshes, was first heat-sterilized at $60 \pm 2^\circ\text{C}$ until its weight became constant to obtain dried test soil. Treatment of soil was done by the addition of 3 grams of a test solution that was previously prepared from a stock solution with water to the 12 grams of the test soil, and dried in the air for 3 weeks to evaporate solvents. Six replicates were prepared for each treatment, and half of them were exposed to heat weathering (drying at $40 \pm 2^\circ\text{C}$ for 4 week in an oven).

5. Wood block test

All the wood blocks were dried at $60 \pm 2^\circ\text{C}$ to measure their oven-dried weights before the termite bioassay as prescribed in JWPA Standard 11(1) (1981). Each wood block, regardless of treatment and weathering, was placed on the center of the plaster bottom of an acrylic cylindrical test container (8 cm in diameter and

6 cm in height) with 150 externally undifferentiated mature larvae (=workers) and 15 soldiers of *C. formosanus*. All the assembled containers were then set on damp cotton pads to keep the wood blocks moist and maintained at $28 \pm 2^\circ\text{C}$ in the dark during the 3-week test duration. Mortality of the termites was weekly recorded, and after 3 weeks the wood blocks were removed, water-washed, dried at $60 \pm 2^\circ\text{C}$ and reweighed to calculate the percentage weight loss caused by termites.

6. Tunnelling test

Following the treatment process described above, the test soil (12g) was moistened with 3g of water and stuffed into a glass tube that connected two glass cylinders and was taken as a soil-poisoning barrier. Approximately 60g of untreated soil with around 25 % moisture content was put into one of the cylinders with 200 workers and 20 soldiers of *C. formosanus*, and 3g of wood flakes of *P. densiflora* into the other as an attractant bait. The assembled test unit was maintained at $28 \pm 2^\circ\text{C}$ and over 70% RH for 3 weeks. The time elapsed (in days) was recorded when all the test termites were dead. At the end of the test period, the length of termite tunnelling was measured and rated on the basis of the following scale.

Tunnelling activity :

0 : No tunnelling

1 : Length of tunnelling below 1 cm

2 : Length of tunnelling below 2 cm

3 : Length of tunnelling below 3 cm

4 : Length of tunnelling below 4 cm

5 : Length of tunnelling over 4 cm

Results and Discussion

1. Wood block test

As expected, the two synthetic pyrethroids could meet performance requirements prescribed in JWPA Standard 14 (1981) (less than 3% weight loss) at the test concentrations. No conspicuous

repellent property of either chemical to the test termites was noticed in the tests. The chemicals succeeded in protecting timber from very destructive subterranean termites at relatively low concentrations. At the lowest treatment concentration [0.1% (w/v)] cyhalothrin did not allow termites to attack the treated wood blocks even after JWPA weathering, while mortality did not go up to 30%, which was similar to that of other pyrethroids (YOSHIMURA *et al.*, 1988). Lamda-cyhalothrin proved to be highly effective and 0.05% (w/v) was high enough to prevent termite attacks when used as a brush treatment of wood blocks. Summarized results are shown in Table 1.

Comparison of these results with other data showed that both cyhalothrin and lamda-cyhalothrin seemed to perform better than permethrin, fenvalerate, and fluralinate. Wood blocks sustained over 2% weight loss within 3 weeks in the JWPA test when treated with those pyrethroids at 0.1% (w/v) (YOSHIMURA *et al.*, 1988). As YOSHIMURA *et al.* (1989) reported that soil burial

ageing, which was considered as more severe than JWPA weathering, greatly decreased the termiticidal effectiveness of the synthetic pyrethroids, similar trials should be planned for these two pyrethroids to test their stability and persistence under various conditions. Because the severity of the weathering scheme is directly related to the persistence of the termiticidal agents and would account for reinfestation by *C. formosanus* after preventive and/or remedial treatment in southern Japan.

2. Tunnelling test

According to the qualitative requirements prescribed in JWPA Standard 13 (1987), the test chemicals should be ranked as 0 or 1 of the scale (length of tunnelling into soil-poisoning barrier zone shorter than 1cm) when the termites could excavate the tunnelling with the length of over 4cm in the untreated soil within 3 days after the start of the test.

Summarized data and changes in tunnelling length in each sample with the passage of time are shown in Tables 2 and 3, respectively.

Table 1 Termiticidal efficacy of cyhalothrin and lamda-cyhalothrin in JWPA wood block test

Test chemical Conc. [% (w/v)]	Weather- ing	Mortality (%)				Weight loss (%)			
		Min.	—	Max.	Mean	Min.	—	Max.	Mean
Cyhalothrin									
0.1	Yes	10.0	—	22.7	13.8	0	—	0	0
	No	10.0	—	22.7	16.4	0	—	0.4	0.1
0.2	Yes	10.7	—	86.0	29.5	0	—	0	0
	No	11.3	—	44.0	20.0	0	—	0	0
0.4	Yes	7.3	—	31.3	15.6	0	—	0	0
	No	12.0	—	30.7	19.7	0	—	0	0
Lamda-cyhalothrin									
0.05	Yes	12.0	—	40.0	23.5	0	—	0	0
	No	11.3	—	38.0	21.5	0	—	0.8	0.2
0.1	Yes	12.0	—	30.0	18.8	0	—	0	0
	No	8.7	—	27.3	15.3	0	—	0	0
0.2	Yes	10.0	—	28.7	16.8	0	—	0	0
	No	14.7	—	37.3	21.6	0	—	0	0
Untreated control		2.0	—	8.0	4.3	21.0	—	36.8	27.2

Table 2 Effectiveness of cyhalothrin and lamda-cyhalothrin as soil poisoning agents in JWPA tunnelling test

Test chemical Conc. [% (w/v)] (Dilution rate)	Sample No.	Tunnelling activity		Period for which living termites observed (days)
		Weathering Yes	No	
Cyhalothrin				
0.1 (20)	1	4	1	21
	2	3	1	21
	3	4	1	21
0.2 (10)	1	1	1	21
	2	1	1	21
	3	2	1	21
0.4 (5)	1	1	0	21
	2	1	0	21
	3	1	1	21
Lamda-cyhalothrin				
0.05 (20)	1	2	1	21
	2	3	1	21
	3	2	1	21
0.1 (10)	1	1	1	21
	2	1	1	21
	3	1	1	21
0.2 (5)	1	1	1	21
	2	1	1	21
	3	1	0	21*
Untreated control				
	1	Reached scale 5 within a day 21		
	2	Reached scale 5 within a day 21		
	3	Reached scale 5 within a day 21		

* Unweathered soil caused 100% mortality of termites within 7 days.

Although neither of the pyrethroids caused 100% mortality of termites during the test duration at the test concentrations, they could meet the qualitative requirements in JWPA Standard 13 (1987): 0.4% (w/v) for cyhalothrin and 0.1% (w/v) for lamda-cyhalothrin. As only a limited amount of data has been produced according to this JWPA test method, comparative efficacy cannot be fully discussed here. Fluvalinate did not work well as a single compound at 0.5% (w/w) because termites could penetrate through the treated zone (scale 5), while its efficacy

was sufficiently reinforced by adding an adequate synergistic agent (YOSHIMURA *et al.*, 1988). The chemicals in this research produced promising results as single chemicals, and it seems possible that the addition of synergistic agent(s) could improve termiticidal efficacy to some extent as already demonstrated for other pyrethroids. Effects of weathering were large at the lower concentrations as shown in Tables 2 and 3. Such decreased performance of weathered materials might lead those who are involved in termite control operation to be anxious

Table 3 Changes in tunnelling length in each treated soil sample with the passage of time

Test chemical Conc. [% (w/v)] (Dilution rate)	Weather- ing	Sample No.	Tunnelling length (mm)					
			1	2	3	7	14	21 (days)
Cyhalothrin								
0.1 (20)	Yes	1	2	3	6	17	30	30
		2	0	3	4	15	20	21
		3	1	3	4	10	30	33
	No	1	0	0	2	4	4	4
		2	0	0	0	1	2	2
		3	0	0	0	1	2	3
0.2 (10)	Yes	1	0	1	2	4	6	7
		2	0	1	2	4	5	5
		3	0	2	4	10	15	16
	No	1	0	0	0	0	1	1
		2	0	0	0	0	1	1
		3	0	0	0	0	1	1
0.4 (5)	Yes	1	0	0	0	0	1	1
		2	0	0	0	2	3	3
		3	0	0	0	2	2	2
	No	1	0	0	0	0	0	0
		2	0	0	0	0	0	0
		3	0	0	0	0	0	1
Lamda-cyhalothrin								
0.05 (20)	Yes	1	1	3	3	6	16	19
		2	1	3	3	5	25	27
		3	1	3	3	6	12	13
	No	1	0	0	0	0	0	1
		2	0	0	0	0	1	3
		3	1	1	1	1	1	2
0.1 (10)	Yes	1	0	0	0	1	3	3
		2	0	0	0	1	2	2
		3	0	0	1	2	3	3
	No	1	0	0	0	0	0	1
		2	1	1	1	2	2	3
		3	0	0	0	1	1	1
0.2 (5)	Yes	1	0	0	0	0	2	3
		2	0	0	0	1	4	4
		3	0	0	0	2	3	4
	No	1	0	0	0	1	1	1
		2	0	0	0	0	0	1
		3	0	0	0	0	0	0
Untreated control								
		1	>50					
		2	>50					
		3	>50					

about the persistence of the chemicals under actual conditions. Consequently, the effects of weathering should be investigated in relation to the stability and termiticidal efficacy of the candidate pyrethroids.

Acknowledgement

The authors are deeply indebted to ICI Japan Ltd. for providing the test chemicals.

References

- BEAUV, R. W. (1977) The evaluation of permethrin for wood preservation. *Pesticide Sci.* 8 : 284-290.
- CHEFFIELD, J. W. and C. D. HOWICK (1984) Comparison of permethrin and fenvalerate as termiticides and their significance to Australian quarantine regulations. IRG Doc. No. IRG/WP/1230.
- LENZ, M., J. A. L. WATSON and R. A. BARRETT (1988) Australian efficacy data for chemicals used in soil barriers against subterranean termites. Div. of Entomology Tech. Paper No.27 (CSIRO, Australia).
- MAULDON, J. K., S. C. JONES and R. H. BEAL (1987) Soil termiticides: A review of efficacy data from field tests. IRG Doc. No. IRG/WP/1323.
- POSPISCHIL, R. (1986) Testing of termiticides in soil by a new laboratory method with regard to phoxim for replacement of chlorinated hydrocarbons. IRG Doc. No. IRG/WP/1292.
- TSUNODA, K. (1985) Termiticidal effectiveness of synthetic pyrethroids, carbaryl and chlordane in wood block test. IRG Doc. No. IRG/WP/3356.
- TSUNODA, K. (1991) Termite bioassays for evaluation of wood preservatives. *Sociobiology* 19 (1) : 245-255.
- TSUNODA, K., T. YOSHIMURA and K. NISHIMOTO (1989) Effect of accelerated ageing on the termiticidal performance of organophosphates (2) Soil burial. *Material u. Organismen* 24(1) : 17-25.
- YOSHIMURA, T., Y. MINAMITE, Y. KATSUDA and K. NISHIMOTO (1988) Application of new pyrethroid, fluvalinate to wood preservatives. *Mokuzai Hozon (Wood Preservation)* 14 : 268-277.
- YOSHIMURA, T., K. TSUNODA and K. NISHIMOTO (1989) Effect of soil burial on the termiticidal performance of pyrethroids. *Material u. Organismen* 24(3) : 227-238.

ヒメイエバエ成虫の寿命と終齢幼虫の休眠について

辻 英明¹⁾・種池与一郎¹⁾・田原雄一郎²⁾

1) 三共株式会社農業研究所

2) 三共株式会社特品営業部

(受理: 1992年8月26日)

Adult Longevity and Larval Diapause in the Little House Fly, *Fannia canicularis* (L.). Hideakira TSUJI, Yoichiro TANEIKE (Agrochemicals Research Laboratories, Sankyo Co. Ltd., Yasu-cho, Shiga-ken 520-23), and Yuichirou TABARU (Department of Special Products, Sankyo Co. Ltd., Ginza 2-chome, Chuou-ku, Tokyo 104). *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 4: 180-184 (1992)

Male and female flies survived for less than 15 days when kept with food and water at a temperature of 26°C and in a light and dark regime of 14L:10D per day. At 20°C and 10L:14D, however, male flies survived for 20-45 days, and females for 40-90 days, producing many eggs during the 40 days between the 10th and 50th day. The eggs that were obtained at 20°C and 10L:14D and kept at 20°C in darkness hatched within 3 days. The hatching larvae reached the final-instar (3rd-instar) stage 9 days after the egg deposition, fully grown by the 12-15th day. The fully-grown larvae could be divided into two groups, one pupating on the 16-25th day, another on the 60-100th day. Fully-grown larvae in the latter group survived a chilling treatment of 5°C for 78 days, promptly pupating (within 7 days) after being returned to 20°C. These results indicate that *Fannia canicularis* can enter diapause before winter in the final-instar larval stage.

Key Words: *Fannia canicularis*, Diapause, Longevity, Oviposition

累代飼育を試みた条件下で、ヒメイエバエ *Fannia canicularis* (L.) 成虫は高温に弱く、中温 (20°C) で終齢幼虫が休眠に入り得ることを見いだした。ヒメイエバエの羽化直後の成虫に、1日14時間照明下で餌と水を与えて飼育すると、26°Cの高温条件下では10日前後しか生存せず、産卵しない場合もあった。20°C10時間、または14時間照明条件下では、雄が20~45日、雌は40~80日生存し、10~50日の間に産卵が行われた。この20°C10時間照明下で得た卵からたまたま20°C暗黒条件下で飼育した場合、卵の産下から9日目に3齢(終齢)幼虫になり、12日から15日目にかけて大半が老熟幼虫となった。しかし蛹化に関しては、大略16~25日目に蛹化するグループと、老熟幼虫のまましばらく蛹化せず60~100日目間に蛹化するグループが認められた。後者は途中の30日目から5°Cで78日

間冷蔵した後、20℃に戻すと7日以内に蛹化し、明らかに休眠幼虫であることが判った。今後さらに休眠誘起条件を検討する必要がある。

はじめに

ヒメイエバエ *Fannia canicularis* (L.) は近年高床式産卵場で大発生し、近隣への成虫の大量飛来が問題となっている(田原・小林, 1991)。本種の発育や生活環についてはLAWALLEN (1954) やSTEVE (1960) が大略を述べているが、休眠については記載がなかった。またLAWALLEN (1954) は累代飼育の困難さも示唆しているが、詳細は明らかではない。

我々は、1990年に岡山市でヒメイエバエを採取し、累代飼育を試み、たまたま用いた飼育条件下で、本種の幼虫が終齢で休眠することを発見した。休眠誘導条件の検討は別途行うとして、とりあえず休眠の事実を報告したい。また、成虫の寿命と産卵についても若干の知見を得たので併せて記載する。

材料と方法

ヒメイエバエ

1990年4月10日岡山市足守の養鶏場で採取した約60頭の雌雄混合のヒメイエバエ成虫から採卵し、累代飼育を開始した。飼育の規模は1ケージ当り成虫200頭以上放し、常は3ケージ以上あるように努めた。実験はF、およびD、個体によるものである。

飼育管理

成虫は大型ケージ(金属枠とゴース製、35×26×高さ25cm)または小型ケージ(木製枠とゴース製、15×15×高さ15cm)の中で飼育した。成虫には脱脂綿に含まれた3%砂糖水と、小型シャーレ(内径3.5~5cm)に入れた産卵培地兼用の餌(幼虫の餌と同じ)を与えた。

採卵は産卵培地を容器ごと交換することにより行った。産卵された培地は、ケージから取り出された際、またはその後幼虫が認められてから、新しい餌の入った幼虫飼育容器に静かに移した。

大小2種のプラスチックカップ(大:上内径9.5cm, 底内径8cm, 深さ4.5cm)(小:上内径6cm, 底内径4cm, 深さ4cm)のいずれかを幼虫の飼育容器とした。餌としては、小麦ふすま1重量部と実験動物用粉末飼料(マウス・ラット・ハムスター繁殖用, F-1, 船橋農場, 船橋市)1重量部をよく混合し、水2重量部を加えてか

き混ぜたものを用いた。容器と餌は、幼虫の数と発育段階に応じて適宜変更増減し、過密や餌不足が実験結果に影響しないよう配慮した。

飼育温度と照明時間

26℃長日条件: 温度 $26 \pm 1^\circ\text{C}$, 関係湿度50%以上, 1日14時間照明(20ワット蛍光灯)10時間暗黒の恒温室を用いた。

20℃暗黒条件: 温度 $20 \pm 1^\circ\text{C}$, 湿度は成りゆき, 観察時間以外は暗黒に保たれる恒温室を用いた。

20℃長日または短日条件: 上記20℃暗黒条件の室内で、10ワットの蛍光灯の入った恒温槽を用い、 $20 \pm 1^\circ\text{C}$, 1日14時間照明10時間暗黒, または1日10時間照明14時間暗黒とした。

実験操作

成虫寿命調査: 大型ケージの中に羽化24時間以内の成虫を入れ、26℃長日条件と20℃長日または短日条件で飼育観察し、死亡個体を調査した。

産卵調査: 大型ケージの中に羽化24時間以内の成虫を入れ、20℃長日条件での寿命調査の際に産卵培地を適宜交換して産卵の有無を記録した。そのほか、その後の累代飼育の際の傾向についても記録した。

幼虫飼育と蛹化羽化調査: 20℃短日条件下で成虫に4時間産卵チャンスを与え多数の産卵を確認した培地を、新しい餌を入れたNo. 1, 2, 3の幼虫飼育容器3個に移し、20℃暗黒条件下で幼虫の発育を観察した。

産卵日を0日目として、17日目に容器No. 1からランダムに25個体を取り出し別容器Aに、19日目に容器No. 2からランダムに60個体を取り出し別容器Bに移し、当日ならびに以後の蛹化羽化状況を観察した。また、30日目には容器No. 3の中の個体数をステージ別に数えた。

蛹化の遅れた幼虫の冷蔵実験: 20℃暗黒条件下の30日目に、容器No. 3の中の幼虫を3グループに分け、湿った濾紙入りの容器(管ビン)C1, C2, C3に入れ、冷蔵処理を行った。管ビンは底に水を入れたデシケート(蓋の上部の開口には綿栓)に収納し、 5°C ($\pm 1^\circ\text{C}$)の冷蔵庫内で20, 57, または78日間経過させた後、容器のまま(したがって餌もなく)20℃暗黒条件下に戻し、以後の蛹化を観察した。

結果と考察

1. 成虫の寿命と産卵

26°C長日と20°C短日条件におけるヒメイエバエ成虫の累積死亡率の経過を図1に示した。また、別途20°C長日条件下で調査した結果を図2に示す。

図1によると、ヒメイエバエの成虫は26°Cでは雄雌とも10日前後しか生存しなかった。この実験以外の26°Cでの飼育においても、成虫の寿命が短く、産卵がない場合や、産卵しても蛹化羽化までに達する個体が少ない場合がしばしばあった。

これに反し、20°Cでは雄が20~45日間、雌が40~80日間生存し、産卵が20~50日の間に多数認められた(図1、

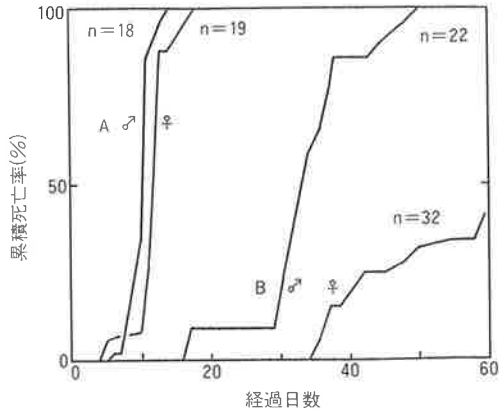


図1 26°C長日と20°C短日におけるヒメイエバエ成虫の寿命
A:26°C長日での累積死亡率 B:20°C短日での累積死亡率
n: 実験に用いた成虫数

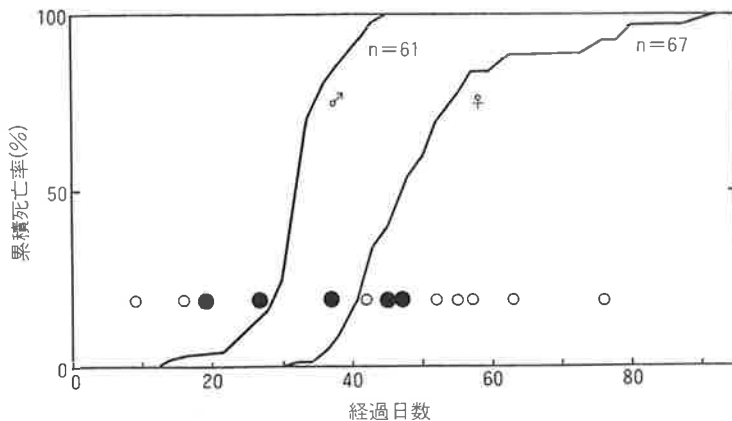


図2 20°C長日条件におけるヒメイエバエ成虫の寿命と産卵
●: 産卵培地を与えた時産卵 ○: 産卵培地を与えても産卵せず n: 実験に用いた成虫数

図2)。その後も20°C長日または短日条件での累代飼育においては、同様の生存期間が認められるばかりでなく、産卵はむしろ10日前後から始まるのが普通であった。

以上の結果から、本種の成虫にとっては、26°C長日条件が不適であり、日長にかかわらず20°C条件がより好適であるといえる。

LEWALLEN (1954) も、約26.7°Cでヒメイエバエを3世代飼育し、得られる成虫数が世代を追って減少したと述べている。また、STEVE (1960) は、養鶏場で気温が15.6~18.3°C、堆積した鶏ふんの温度が21.1~26.7°Cの時期にヒメイエバエ成虫が多発し、温度がそれよりも高くても低くても発生量が少なくなることを示している。

2. 20°Cでの卵と幼虫の発育

20°C短日条件で採卵し、暗黒下に移した幼虫飼育容器No. 1~3中の幼虫飼育経過の概要を表1に示す。

これによると、卵は産下から2~3日でふ化、9日目に終齢(3齢)幼虫に、12日から15日にかけて大半が老熟幼虫となり、16~17日目に蛹化を開始した。

17日目に取り出した25頭の老熟幼虫と蛹の区別は、移動能力と体表の色彩から見ると表2の通りである。また構造的に見ると表3の通りである。以後は表3を判定基準とした。

3. 20°Cでの蛹化2グループの存在

表1の17日目と20日目に取り出し、別容器A、B中で観察した個体の累積蛹化曲線を図3に示す。

これによると、大略16~25日で蛹化する第1グループと、60~100日の間に蛹化する第2グループが認められ、中間に蛹化する個体は極めて少なかった。

表1 20℃短日(10L:14D)採卵,暗黒飼育したヒメイエバエの経過

日時 (日)	発育ステージ	サンプリング検査数, その他
0	採卵(4時間以内)	
3	85%ふ化	20卵検査, そのうち17卵ふ化
6	全部2齢幼虫	20幼虫検査
9	全部3齢幼虫	20幼虫検査
12	全部3齢幼虫	20幼虫検査
15	全部3齢幼虫	大半が大型黄褐色幼虫(老熟幼虫)。暗黒下では餌の表面に静止, 明所に出ずと餌の中に潜る。蛹はなし
17	20%蛹化	容器No. 1から25頭取り出し, 内5頭が蛹, 残り20幼虫を別容器Aへ
20	30%蛹化	容器No. 2から60頭取り出し, 内18頭蛹, 残り42幼虫を別容器Bへ
29	羽化なし	
30	2%羽化	容器No. 3全個体調査, 幼虫を冷蔵実験へ, 161頭中, 成虫2%, 蛹61%, 幼虫37%

表2 20℃飼育(表1)17日目のサンプリング個体のステージ区分

置かれてから移動開始までの時間	体表の色	該当頭数	ステージ
直ちに移動する	淡褐色~褐色	16頭	幼虫
30分までに移動	褐色	3頭	幼虫
60分までに移動	褐色	1頭	幼虫
移動せず	褐色~黒褐色	5頭	蛹

4. 蛹化の遅れた幼虫の冷蔵結果

表1に示す通り, 蛹化時期が遅れなかった個体では採卵から30日目に羽化が開始された(29日目には羽化せず)。しかし, 図3でも明らかな通り, その時点でさえ

表3 ヒメイエバエの老熟幼虫と蛹の外見構造比較

観察項目	老熟終齢幼虫	蛹(非休眠個体から蛹化)
色彩	淡黄色~褐色	褐色~黒褐色
外皮	柔らかく, 押すとへこむ	硬く, 押すと手ごたえあり
前端部	移動時尖り, 引込めた時方形	方形のまま, 著しく扁平
後部	枝状突起が直線的	枝状突起が曲がる傾向あり

も蛹化を遅らせている老熟幼虫がすべての容器で多数みられた。そこで容器No. 3の内容全個体を検査した結果, 37%が老熟幼虫のままであった。

これらの老熟幼虫を休眠個体と推定して5℃冷蔵によ

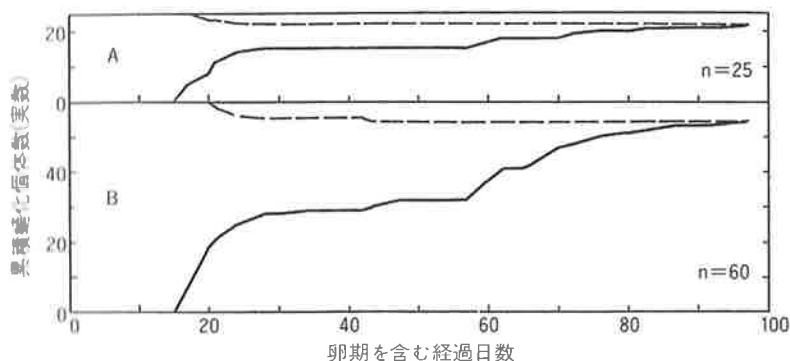


図3 20℃暗黒条件飼育でのヒメイエバエ幼虫の蛹化2期性

—: 累積蛹化数 - - -: 幼虫死亡による個体数の減少

n: 別容器から取り出し, 観察容器に入れた時の個体数。

(Aでは17日目, Bでは20日目)

A, B: 観察容器(A, Bとも同型)

る休眠解除を試みた。冷蔵後20℃に戻してから累積蛹化曲線を図4に示す。

これによると、冷蔵期間が57日と78日の両区で蛹化が

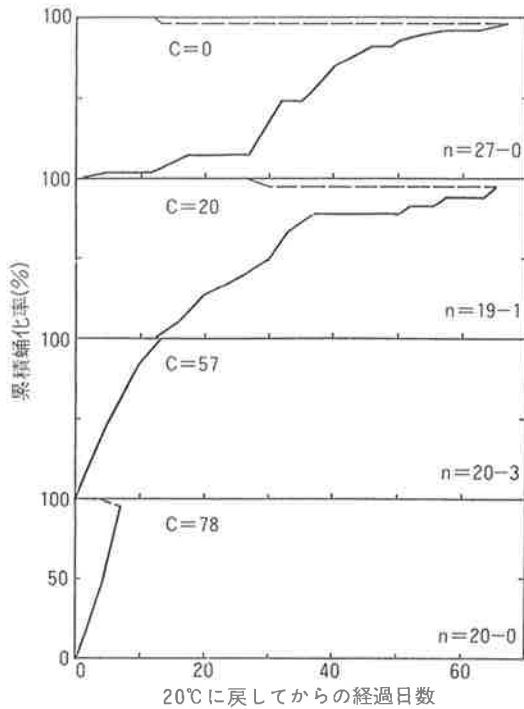


図4 蛹化の遅れた終齢幼虫に対する冷蔵の効果 (蛹化促進)

—: 累積蛹化率 (%) - - : 幼虫死亡による個体数の減少
 C: 5℃冷蔵日数
 n: 冷蔵個体数-冷蔵中の幼虫死亡数

著しく促進され、しかも死亡個体がほとんどなかった。これは越冬により解除する休眠の特徴と一致する。このことから、蛹化の遅れている老熟幼虫は明らかに低温耐性の休眠幼虫であると考えられる。

これらの休眠幼虫は累代飼育のための試行条件下で得られたものであり、休眠の誘起条件は別途検討したい。

5. 20℃における蛹期間

非休眠幼虫、休眠幼虫の非冷蔵個体、休眠幼虫の冷蔵個体のいずれも、20℃条件下で蛹化後16~18日で羽化した。

6. まとめ

以上の結果は、ヒメイエバエが高温条件に弱く、中温(20℃)条件下で終齢幼虫の休眠に入り得ること、その休眠は低温に曝されると解除されることを示している。これは越冬により解除する休眠の特徴と一致するが、厳密な休眠誘起条件については別途検討が必要である。

引用文献

- LEWALLEN, L. L. (1954) Biological and Toxicological Studies of the Little House Fly. *J. Econ. Entomol.* 47: 1137-1141.
- STEVE, P. C. (1960) Biology and Control of the Little House Fly, *Fannia canicularis*, in Massachusetts. *J. Econ. Entomol.* 53: 999-1004.
- 田原雄一郎・小林定正 (1991) 高床式鶏舎に多発するヒメイエバエの生態並びに防除に関する研究(3). *生活と環境*. 8: 106-113.

シバンムシアリガタバチにみられる保護行動と産卵競争

井本 聡・桃井節也

神戸大学農学部

(受理: 1992年2月29日)

Guarding Behavior and Oviposition Competition in a Bethyloid Wasp (*Cephalonomia gallicola* ASHMEAD). Satoshi IMOTO and Setsuya MOMOI (Kobe University, Rokkodai-cho, Nada-ku, Kobe 657, Japan). *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 4: 185-190 (1992)

A parasitic wasp, *Cephalonomia gallicola* ASHMEAD (Hymenoptera, Bethylinidae), is an ectoparasitoid of tobacco beetles. Usually, the female lays 3 to 8 eggs per host. After oviposition, the female remains with her offspring on the host until they pupate. This behavior has probably evolved for guarding the offspring from conspecific females. This parasitoid lays eggs on the surface of the host body. It is possible that other females remove eggs previously laid and take over the host. Guarding behavior is effective for guarding the brood from other females, but the success of guarding behavior depends on the female body size (head-width). Larger females had a higher probability of successful guarding, while smaller females were frequently disturbed by larger females.

Key Words: Ectoparasitoid, Conspecific females, Guarding behavior

シバンムシアリガタバチ (*Cephalonomia gallicola* ASHMEAD) はタバコシバンムシの外寄生蜂である。雌バチは通常、1匹の寄主に対して3~8個の卵を産卵する。産卵後、雌バチは子世代個体が蛹化するまでその場にとどまる。この行動は同種の雌バチから子世代を守る目的で発達してきたものと思われる。この寄生蜂は寄主の体表に産卵する。このため、他の雌が卵を除去した後に寄主を乗っ取ることが可能となる。保護行動は他の雌バチから子世代個体を守る効果があるが、雌の体の大きさの影響を受ける。大型雌の保護行動は成功率が高く、小型雌は大型雌により頻りに妨害を受ける。

はじめに

一般にアリガタバチ科 (Bethylinidae) では、雌バチが産卵後も子世代が蛹化するまで、その寄主のそばにとどまることが認められている (GARD and BOLTON, 1988)。またアリガタバチ亜科 (Bethylininae)、ハマキ

アリガタバチ属の *Goniozus nephantidis* MUESEBECK でも、雌は産卵後も自分の産卵した卵が孵化後寄主より離れて蛹化するまで、その寄主を離れずに子世代幼虫の保護を行うことが報告されている (HARDY and BLACKBURN, 1991)。これらの行動は子世代の生存率を低下させる病原菌や捕食性のダニに対しては効果がないが、同

じ寄主を産卵対象とし、子世代に不利益をもたらす過寄生者・共寄生者に対しては効果があると考えられている。ヒメアリガタバチ亜科 (Epyrinae)、コナアリガタバチ属のシバンムシアリガタバチ (*Cephalonomia galli-cola* ASHMEAD) も産卵を終えたのち、その寄主にとどまる習性を持っている (桃井, 私信)。

シバンムシアリガタバチは主として貯穀害虫であるタバコシバンムシ (*Lasioderma serricorne* FABRICIUS) の幼虫・蛹の体表に産卵する外部・多寄生蜂であり、通常は1匹の寄主に対して3~8個の卵を産む。このひとかえりの子の中でたいていの場合、雄が1匹羽化し、残りはすべて雌が羽化するため、性比は通常雌に偏っている。雄は雌より先に羽化し、後から羽化する雌を待ち受けて交尾を行うため、兄弟姉妹交配となる。また、産雄性単為生殖を行うため、未交尾の雌は常に雄卵のみを産卵する (KEARNS, 1934)。

本稿では、シバンムシアリガタバチが産卵後も寄主にとどまることが、同種他個体の雌バチから寄主を守る保護行動としての役割を持っているか否かを明らかにするために、特に、(1) 1匹の寄主を複数の雌バチ (同種) と共有する習性の有無および、(2) 既に産卵されている寄主を産卵対象としない習性の有無について検討した。

材料と方法

使用したシバンムシアリガタバチは、1983年以来大阪府公衆衛生研究所で飼育されていたものを、京都府立大学の研究室での2年間の飼育を経て、1990年より当研究室の25℃、70%RH、日長16L8Dの飼育室で、径2.3cm、高さ4.7cm、10mlのサンプル管を使用して累代飼育してきたものである。本実験では、羽化直後の雌バチ5~7匹を1匹の雄バチとともにサンプル管に入れ、全ての雌バチに確実に交尾させるために、その状態で約1週間飼育したのちを使用した。さらに実験の一部で使用する未交尾雌は、交尾させなかったこと以外は上記と同じ方法で飼育したのちに使用した。

寄主にはタバコシバンムシを使用した。このタバコシバンムシは日本たばこ産業株式会社と名古屋市衛生研究所に由来するものを、径13cm、高さ5.6cmのプラスチック容器内でトウモロコシ粉80%、可溶性デンプン10%、乾燥酵母 (エビオス) 10%の混合飼料で累代飼育してきたものである。シバンムシアリガタバチはシバンムシ類の老齢幼虫、前蛹、蛹のいずれにも産卵可能であると報

告されているが (KEARNS, 1934)、本実験での寄主には全て老齢幼虫を使用した。

実験はすべて25℃、70%RH、日長16L8Dの環境下で、以下の項目について行った。

実験1. 雌バチの寄主占有率と保護行動: 複数の雌バチが同一寄主を産卵対象として、同時に産卵することの可能性を調べた。塗料で胸部をマーキングして識別しやすくした大きさの異なる2匹の既交尾の雌バチと1匹の寄主を1本のサンプル管で7~10日間飼育し、毎日一定時刻に観察を行った。寄主に接触して産卵行動をとっている雌個体を記録し、それぞれの雌バチの寄主占有率を求めた。

実験2. 同一寄主への複数雌の産卵率: 既交尾雌と未交尾雌それぞれ1匹ずつをペアとしてサンプル管にいれ、1匹の寄主を与えて産卵させる実験を1つのペアにつき1~3回行った。羽化した子世代成虫の性比から2匹の雌の産卵結果を判定した。また、他の雌の干渉のない場合の雌比を求めるため、1本のサンプル管に1匹の雌バチと1匹の寄主をいれて産卵させる実験を、1匹の雌バチにつき計10匹の寄主を順次与えて行い、それぞれの寄主での雌比を記録した。

実験3. 寄主の乗っ取り行動の率: サンプル管に既交尾の雌バチ (先住雌) と寄主を1匹ずつ入れて産卵させたのち、既交尾雌 (侵入雌) を1匹追加し、侵入雌がその寄主を産卵の対象にするかどうかを確認した。また、産卵対象とした場合は先住雌の子世代個体への影響を記録した。

実験4. 産卵された寄主に対する雌バチの反応: 既に産卵された寄主から先住雌を取り除いた後、そのサンプル管に他の雌バチを入れて飼育し、その雌バチの行動と寄主の寄主資源残余量との関係を調べた。さらに、先住雌と姉妹関係にある雌バチを使用した場合の結果も記録した。

結果

雌バチの寄主占有率と保護行動

表1は大きさの異なる2匹の雌バチに、同時に1匹の寄主を与えた場合の寄主占有率を表している。これによると、2匹の雌バチが1匹の寄主を仲良く分け合うという行動は見られず、いずれの場合も大型の雌バチが寄主を占有した。この間、小型の雌バチは消極的で大型の雌バチに占有された寄主に近づこうとせず、ほとんどの

表1 シバンムシアリガタバチの大型雌と小型雌との寄主占有率

No.	試料回数	占有回数 (頭幅 (mm))		占有率 (%)	
		大型雌	小型雌	大型雌	小型雌
1	10	8 (0.33)	0 (0.25)	80	0
2	10	4 (0.33)	0 (0.33)	40	0
3	10	4 (0.40)	0 (0.33)	40	0
4	10	8 (0.33)	0 (0.35)	80	0
5	10	3 (0.33)	0 (0.33)	30	0
6	8	5 (0.43)	0 (0.30)	63	0
7	8	4 (0.40)	0 (0.30)	50	0
8	8	6 (0.30)	0 (0.30)	75	0
9	8	4 (0.39)	0 (0.33)	50	0
10	7	5 (0.43)	0 (0.30)	71	0
11	7	6 (0.43)	0 (0.30)	86	0
12	7	6 (0.43)	0 (0.28)	86	0
13	7	3 (0.43)	0 (0.30)	43	0
14	7	6 (0.45)	0 (0.33)	86	0
15	6	5 (0.38)	2 (0.28)	83	30

個体はサンプル管上部の通気用のメッシュをしきりにかじっていた。時折寄主を占有している大型の雌バチに接近する個体が観察されたが、このような場合には大型の雌バチは大腿を大きく広げて威嚇の姿勢を取った。この威嚇により、たいていの個体は即座に退散したが、これに反応しなかった場合は争いに発展し、時には脚や触角を失う個体も確認された。

同一寄主への複数雌の産卵率

既交尾雌と未交尾雌の頭幅と子世代個体の性別、雌比を表2に表した。シバンムシアリガタバチの、通常の性比 (他の雌バチの干渉がない場合) は平均0.78と雌に偏っており、産卵の後期になると雄卵の産下が多くなった (表3)。一生の産卵での雌性比は0.77との報告もある (桃井・岩岡, 1982)。これらの結果から0.8前後が単独産卵での雌比と考えられるが、今回の実験においてはこれに近い性比で子世代が羽化したのは、既交尾雌が未交尾雌より大型の場合であった。これに対して、未交尾雌が既交尾雌より大型であると、極端に雄に偏った性比で子世代が羽化した。No. 8は例外で、既交尾雌が大型であるのに子世代は雌に偏ったが、全体としては交尾の有無に関わらず、小型の雌バチはほとんど産卵しなかったと考えられる。

寄主の乗っ取り行動の率

後から供した雌バチ (侵入雌) が先に供した雌バチ

表2 未交尾雌と既交尾雌に同時に産卵機会を与えた場合の1寄主当たりの雌比

No.	雌バチ (頭幅 (mm))		子世代羽化個体数		
	大型雌	小型雌	♀	♂	雌比
1	既交尾 (0.45)	未交尾 (0.38)	8	2	0.80
2	" (0.43)	" (0.38)	3	1	0.75
3	" (0.40)	" (0.33)	13	3	0.81
4	" (0.43)	" (0.25)	5	1	0.83
5	" (0.40)	" (0.30)	19	4	0.83
6	" (0.38)	" (0.30)	12	2	0.86
7	" (0.43)	" (0.33)	8	1	0.89
8	" (0.40)	" (0.33)	3	11	0.21
平均	0.42	0.33	8.9	3.1	0.75
9	未交尾 (0.43)	既交尾 (0.33)	0	5	0.00
10	" (0.38)	" (0.30)	4	23	0.15
11	" (0.40)	" (0.30)	0	14	0.00
12	" (0.40)	" (0.28)	1	17	0.05
平均	0.40	0.30	1.3	14.8	0.05

(先住雌) を寄主から追放したのち、その寄主上に産みつけられた先住雌の卵を、食卵または寄主から取り外し、新たに産卵をする“乗っ取り行動”は7例観察された (表4)。この行動は先住雌の子世代が卵期の時で、しかも先住雌より侵入雌が大きい場合にみに確認された。先住雌が相対的に大きい時や、子世代が幼虫ステージである時には乗っ取り行動は見られなかった。

産卵された寄主に対する雌バチの反応

先住雌によって既に産卵され、その先住雌がいない寄主に対して、侵入雌は、追加産卵 (先の雌の卵を処理せずに産卵)、乗っ取り (先の雌の卵を処理したのちに産卵)、無産卵 (卵の処理も産卵も行わない) の3つのパターンの行動を取った。それぞれの行動とその寄主の寄主資源残余量 (寄主が適卵数で産卵されている状態を0とした場合での寄主資源の残余量) を表5に示した (表中の適卵数公式において、0.3mgは寄主1匹あたりの資源量のうち頭蓋などの利用不可能な部位の量を、0.6mgは子世代の体の大きさに影響がでない範囲での1匹の子孫あたりの最低摂取量を表す)。先住雌と侵入雌との間に血縁関係があり、寄主資源に余裕がある場合には追加産卵が行われる傾向にあるが、追加産卵、乗っ取り、無産卵のそれぞれの間に有意差が見られたのは血縁関係のない場合の、追加産卵区と無産卵区の間のみであった。侵入雌の産卵数は、血縁関係の有無に関わらず先住雌の

表3 他の雌の干渉のない場合での雌比

産卵回数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
供試数	29	28	24	28	26	16	13	8	9	9	
平均雌比	0.81	0.81	0.82	0.84	0.81	0.78	0.73	0.67	0.79	0.77	0.78
標準偏差	0.06	0.08	0.06	0.08	0.10	0.09	0.17	0.12	0.16	0.13	0.11

表4 侵入雌による寄主の乗っ取り率

	侵入雌による乗っ取りの頻度					
	先住雌の子供のステージ*					
	卵		幼虫			
	供試数	+	-	供試数	+	-
侵入雌が先住雌より小型か同等	(10)	0	10	(5)	0	5
侵入雌が先住雌より大型	(15)	7	8	(13)	0	13

* + : 乗っ取りがみられた例数
 - : 乗っ取りがみられなかった例数

表5 先住雌の産下卵数と侵入雌の行動
 双方の雌に姉妹関係がない場合

	n	先住雌の産卵数	寄主資源残余量*	侵入雌の産卵数
追加産卵	34	3.4 ± 1.7	+1.03 ± 1.82 (a)	2.7 ± 1.2 (a)
乗っ取り	25	4.8 ± 2.5	-0.32 ± 2.39 (ab)	5.3 ± 2.1 (b)
無産卵	20	5.5 ± 2.3	-1.35 ± 1.82 (a)	

双方の雌に姉妹関係がある場合

	n	先住雌の産卵数	寄主資源残余量*	侵入雌の産卵数
追加産卵	20	3.4 ± 1.5	+1.09 ± 1.45 (a)	3.3 ± 0.9 (a)
乗っ取り	22	3.5 ± 2.2	+1.25 ± 2.46 (a)	6.6 ± 0.9 (b)
無産卵	8	4.8 ± 1.8	-0.48 ± 2.02 (a)	

* 寄主が適卵数 (羽化後の子世代個体の体の大きさに影響がでない範囲での寄主当たりの最大卵数) の範囲内での追加産卵可能数
 適卵数 : (寄主体重 - 0.3mg) / 0.6mg
 括弧内の異符号間に 1%水準で有意差あり (DUNN, U-TEST)。

卵を処理した乗っ取り区の方が追加産卵区よりも多かった。

考 察

1匹の寄主に複数の同種の寄生者が産卵し、それらの子供が生育することを過寄生 (Super-parasitism) という。ある寄主の資源量が、ひとかえりの寄生蜂の子供が発育するのに必要とする資源量に比べて余裕がある時、侵入雌がその余裕の範囲内に産卵を止めることができれば、複数の寄生者が同一の寄主を争うことなく共有することが可能となる。しかし、シバンムシアリガタバチに

おいては過寄生の現象はみられず、親雌による寄主をめぐる競争と子に対する保護行動によって、1匹の寄主を1匹の雌バチのみが利用することが明らかになった。

シバンムシアリガタバチの寄主であるシバンムシ類は体長5mm前後の小さな甲虫であり、その幼虫や蛹の資源量で十分な大きさの成虫を産出できる最多の産卵数 (本稿で述べている適卵数は寄主体重を考慮したものでこの表現とは多少異なる) は5卵前後である (山崎, 1982)。また、雌バチが一度の産卵で適卵数以上の卵数を産下することは普通に見られ、この場合には小型の成虫が羽化する。