

環動昆

報 文

- 川田 均・北村實彬：クサギカメムシの寄生性天敵としての
ヤドリバエ *Bogusia* sp. (英文) 65
- 平林公男・中里亮治・那須 裕・沖野外輝夫・村山忍三：
ユスリカ成虫の生態に関する研究 1. アカムシユ
スリカ成虫の休息習性について 71
- 亀井正治・浅野昌司・島田秀弥・石井清士・石井 孝：カダ
ヤシに対する Altosid® 10F 及び数種の有機リン系
殺虫剤の毒性 78
- 亀井正治・釜田 壺・石井 孝：水路に処理した Altosid® 10F
の水中濃度とアカイエカに対する残効性 85

解 説

- 宮武頼夫：昆虫相調査の手法と調査結果の検討について 91
- 渡辺弘之：熱帯林生態系における土壌動物の役割 100
- 池田俊弥：熱帯における種の多様性と再生林の害虫問題 104
- 会報 109

会員動静

日本学術会議日より

第4回日本環境動物昆虫学会大会案内

Vol. 4 1992

2

日本環境動物昆虫学会

The Tachinid Fly, *Bogusia* sp. (Diptera : Tachinidae),
as a Parasitoid of the Brown Marmorated Stink Bug,
Halyomorpha mista UHLER (Heteroptera: Pentatomidae)

Hitoshi KAWADA¹⁾ and Chikayoshi KITAMURA²⁾

*Pesticide Research Institute, Faculty of Agriculture,
Kyoto University, Kyoto 606, Japan*

(Received: January 8, 1992)

クサギカメムシの寄生性天敵としてのヤドリバエ *Bogusia* sp. 川田 均¹⁾・北村實
彬²⁾ (京都大学農学部農業研究施設)

クサギカメムシは果樹、マメ科作物、イネ科作物等、幅広い植物を食餌植物とする農業害虫であるが、冬期の越冬時に民家等に飛来し、独特の臭気を放つため、南日本の山間地や北日本の各地においては不快昆虫としても重要な害虫である。京都市左京区鞍馬本町における本種の生活史に関する調査では、本種は4月後半に越冬より離脱し、春に産卵を開始し、季節によりその寄主を変えるが、9月後半から10月中旬にかけて越冬地への移動を行う。

Bogusia sp. は、本種の幼虫および成虫を寄主とするヤドリバエの1種である。*Bogusia* sp. による寄生率は、夏期の寄主の活動期および越冬期を通じて約10%からそれ以上であることが分かった。*Bogusia* sp. は、寄主の主に胸部背板に通常1個の卵を産みつけ、孵化した幼虫は寄主の体表を食い破って体内に侵入し、胸部の臭腺の近くに寄生していた。秋期に寄生した*Bogusia* sp. 幼虫は、若齢のまま寄主と共に越冬し、寄主の越冬離脱後寄主の脂肪体を栄養として生育し、終齢幼虫となると思われる。終齢幼虫は寄主の生殖節から脱出し、蛹化した。寄主は、*Bogusia* sp. の脱出後数日経過した後で死亡した。

Ecological and biological aspects of the parasitic tachinid fly, *Bogusia* sp. as an effective enemy of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha mista* UHLER were investigated. The parasitism became higher from early in August in Kurama, Kyoto, Japan. Parasitism in hibernating adults was estimated to be more than 10%. *Bogusia* sp. oviposited mostly on the thorax of the host. The hosts died within a few days after emergence of the parasitoids from their body.

¹⁾ Present Address: Agricultural and Science Research Laboratory, Takarazuka Research Center, Sumitomo Chemical Co. Ltd., 4-2-1 Takatsukasa, Takarazuka, Hyogo 665, Japan (現在:住友化学工業株式会社宝塚総合研究所農業科学研究所)

²⁾ Present Address: National Institute of Agrobiological Resources, Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan (現在:農林水産省農業生物資源研究所)

Key Words : *Halyomorpha mista*, *Bogusia* sp., Tachinidae, Hibernation, Parasitoid

Introduction

The brown marmorated stink bug, *Halyomorpha mista* UHLER (Heteroptera: Pentatomidae) is a horticultural pest which has a wide food range. The food plants of *H. mista* include trees such as paulownia, Japanese persimmon, grape, citrus, pear, apple, peach and cherry ; leguminous plant such as soybean, kidney bean and arrowroot ; true grasses such as corn and wheat. Cedar, pine and *hinoki* trees are regarded as plants on which *H. mista* adults stay just before and after hibernation (KAWADA and KITAMURA, 1983 a). They rarely aggregate together except as the 1st and 2nd instar nymphs and during hibernation as adults. *H. mista* has another important aspect as a nuisance pest, together with *Plautia stali* SCOTT, because these insects frequently hibernate in houses and structures in winter season.

We reported previously on the parasitism of a tachinid fly, *Bogusia* sp. to *H. mista* adults in hibernating places and on the mortality of parasitized hosts (KAWADA and KITAMURA, 1983 b). Some ecological and biological aspects of *Bogusia* sp. are reported in this paper.

Materials and Methods

Collection of active insects was carried out in a small area (ca. 500 a) on the east side of Kurama river (Kurama-Honcho, Kyoto, Japan) from middle April 1980 to late October 1980. Japanese Cedar woods and several small farms in the area were surveyed.

Hibernating adults of *H. mista* were collected at Kyoto University Forest in Ashiu (Miyama-Cho, Kitakuwata, Kyoto) in April and November, 1980. Other collections were made at private houses in Keihoku-Cho (Kitakuwata, Kyoto)

in March, 1980 and Kurama in April and October, 1979, respectively.

The adult bugs on which *Bogusia* sp. had laid eggs were regarded as parasitized. The percentage of bugs parasitized and the oviposited sites on their body were recorded. Hibernating adults parasitized were reared in plastic container with dry soybean and water, in 25 °C and 17L-7D photoperiod regime to confirm the parasitization of *Bogusia* sp. larvae in the host and the way of emergence of fully-grown larvae from the host body.

Results

The number of *H. mista* adults that could be collected in the test area increased from late in April to early in May ; at that time most of the adults were found on the cedar trees. From June to early July, most adults were found on the pea plants, together with many eggs and early instar nymphs (KAWADA and KITAMURA, 1983 a). The bug population began to decrease from late August. The migration to the hibernating places began in the end of September and was completed by the end of October. The percentage parasitism decreased to less than 10 % from middle May to late June, but increased gradually from early August (Fig. 1). Also *Bogusia* sp. was often found to parasitize nymphs of *H. mista* in the field (Fig. 2-1).

Percentage parasitism in hibernating adults ranged from 2.8 to 10.8 % and was 6.9 % for females and 7.2% for males on average (Table 1). Additionally 10.8% of female and 11.8% of male hosts collected in Ashiu in November 1980 were found to be parasitized without eggs observed on their bodies. Thus, the actual percentage parasitism was thought to be more than 10%.

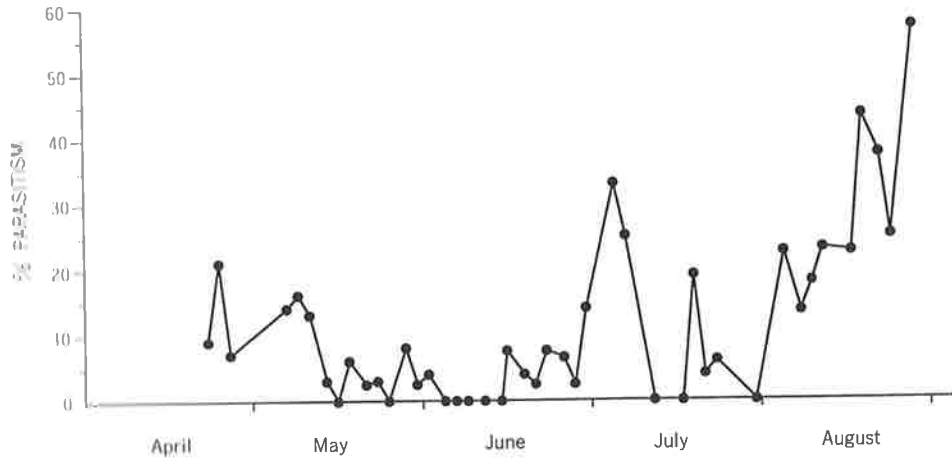


Fig. 1 Changes in the percentage parasitism of the tachinid fly, *Bogosia* sp. on adults of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha mista*, in Kurama, Kyoto in 1980.

Usually one egg (occasionally more than two) of *Bogosia* sp. was oviposited on the thorax of the host (Table 2). More than 70% of the ovipositions were made on the thorax and ovipositions on the dorsal sites were nearly double of

those on the ventral sites. Ovipositions on the head, wings and legs were extremely rare (Fig. 2-2).

The early instar larvae of *Bogosia* sp. (presumably 2nd instar larvae) were found near the

Table 1 Percentage of the brown marmorated stinkbug, *H. mista* adults parasitized by the tachinid fly, *Boqosia* sp. in different hibernating areas.

Date of collection	No. of hibernating adults collected	No. of parasitized (%)
(A) Ashiu Apr. 30th, 1980	Females	175
	Males	432
Nov. 7th, 1980	Females	1268
	Males	1090
Nov. 13th, 1980	Females	1766
	Males	1405
(B) Kurama Apr. 1979	Females	571
	Males	432
(C) Keihoku March 4th, 1979	Females	397
	Males	372

Table 2 Oviposited sites by the tachinid fly, *Bogusia* sp. on brown marmorated stink bug, *Halyomorpha mista* adults.

Body sites		No. observed (♀/♂)	% Frequency
(A) Dorsal parts			
Head		1/3	2.6
Thorax	Pronotum	9/19	17.9
	Scutellum	13/21	21.8
	Forewing	3/3	3.8
	Posterior wing	1/1	1.3
Abdomen		11/11	14.1
Total		38/58	61.5
(B) Ventral parts			
Head		0/1	0.6
Thorax	Prosternum	15/18	21.3
	Legs	0/1	0.6
	Meso-and Poststernum	5/5	6.4
Abdomen		10/5	9.6
Total		30/30	38.5

metathoracic scent gland and attached to the tracheae of the host with a respiratory funnel as described by ASKEW (1971). Its final instar larvae (Fig. 2-3) emerged from the reproductive organs or vagina of hibernating hosts 10 to 12 days after rearing them in 25°C and 17L-7D photoperiod regime; pupation was completed within less than a day. After emergence of parasitoids the male died in 2.3 days and females in 5.3 days on average. Adult of *Bogusia* sp. (Fig. 2-4) emerged 12 to 13 days after pupation.

Discussion

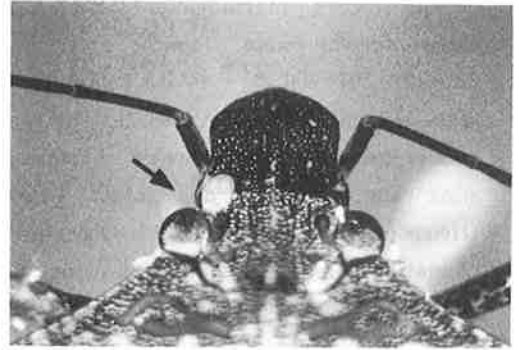
The natural enemies of *H. mista* observed during our work in the field were spiders and other arthropods, such as, predacious bugs, *Lsyndus obscurus* (Heteroptera: Reduviidae), parasitic wasps (not identified) as a parasite of nymphs and adults and the parasitic fly, *Bogusia* sp. *I. obscurus* were often found in the hibernation sites of *H. mista* and *P. stali* at the rate of ca. 10% among bugs. *I. obscurus* is thought to feed on the prey at the hibernation

sites just before and/or after hibernation.

Many parasitic insects have been reported as the major factors of regulating the population of pentatomid bugs. Reports on tachinid flies, however, are few, except for the successful imported tachinid, *Trichopoda pennipes pilipes*, which controlled the pentatomid bug, *Nezara viridula* in Australia and Hawaii (DEBACH, 1962; SHAHJAHAN, 1968). In *H. mista*, constantly ca. 10% of the adult population is thought to be parasitized by *Bogusia* sp. throughout the year and this fly seems to play an important role in regulating the population density of the host. Superparasitism, as reported by SHAHJAHAN (1968) in the tachinid fly, *Trichopoda pennipes pilipes* was not observed in *Bogusia* sp. It is characteristic for tachinid flies that the newly hatched larvae penetrate into the host body and feed on the reproductive organs of the hosts (BEARD, 1940). The newly hatched larvae of *Bogusia* sp. were thought to penetrate into the host body as OLSON (1971) reported for the cane weevil tachinid, *Lixophaga sphen-*



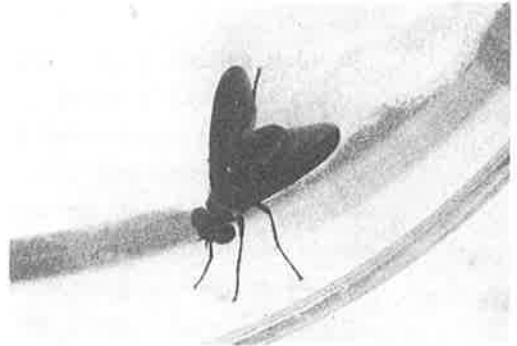
1 *Halyomorpha mista* nymph(5th instar) oviposited an egg



2 An egg oviposited on the head of *H.mista*



3 Final instar larva parasitizing the host
Fig.2 Tachinid fly, *Bogosiya* sp.



4 Adult

phori and hibernate in the host body as a 2nd instar larva. Then they will start to develop at the end of hibernation and will grow to the final instar by feeding on fat body of the host. The host can survive for several days after emergence of the parasitoid (OLSON, 1971).

Bogosiya sp. was found to parasitize nymphs as well as adults of *H. mista*. In this case parasitized larvae emerged from the host adult and their egg chorion was not observed on the body surface of host adults. Thus, estimation of the percentage parasitism only by counting chorions found on the body will lead to an underestimation.

Further studies on the laboratory rearing and on parasitoid efficiency might make a way for the use of this fly as a biocontrol agent.

Acknowledgements

The authors wish to express their gratitude to Dr. H. SHIMA of the College of General Education, Kyushu University for taxonomical advice on the fly.

References

- ASKEW, R. R. (1971) *Parasitic Insects* (American Elsevier, New York.) : 185-210.
- BEARD, R. L. (1940) Parasitic castration of *Anasa tristis* DEG. by *Trichopoda pennipes* FAB., and its effect on reproduction. *J. Econ. Entomol.* 33 : 269-272.
- DEBACH, P. (1962) *Biological Control of Insect Pests and Weeds*. Chapman and Hall, 844pp.
- KAWADA, H. and C. KITAMURA (1983 a) *Bionomics*

- of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha mista*. *Jap. J. appl. Ent. Zool.* **27**: 304-306.
- KAWHDA, H. and C. KITAMURA (1983 b) The reproductive behavior of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha mista* UHLER (Heteroptera: Pentatomidae) I. Observation of mating behavior and multiple copulation. *Appl. Ent. Zool.* **18**: 234-242.
- OLSON, F. J. (1971) Mode of entry by the "parasitoid" maggot of the cane weevil tachinid, *Lixophaga sphenophori* (VILLENEUVE) (Diptera: Tachinidae), into the New Guinea sugarcane weevil larva, *Rhabdoscelus obscurus* (BOISDUVAL) (Coleoptera: Curculionidae). *Proc. Hawaii Ent. Soc.* **21**: 109-112.
- SHAHJAHAN, M. (1968) Superparasitization of the southern green stink bug by the tachinid parasite *Trichopoda pennipes pilipes* and its effect on the host and parasite survival. *J. Econ. Entomol.* **61**: 1088-1091.

ユスリカ成虫の生態に関する研究 1. アカムシユスリカ成虫の休息習性について

平林公男¹⁾・中里亮治²⁾・那須 裕³⁾・沖野外輝夫²⁾・村山忍三⁴⁾

1) 山梨県立女子短期大学一般教育科生物

2) 信州大学理学部附属諏訪臨湖実験所

3) 信州大学医学部公衆衛生学教室

4) 信州大学医学部衛生学教室

(受理: 1992年1月9日)

Ecological Studies on Adult Midges of Chironomidae 1. Resting Habit of Adult Midges of *Tokunagayusurika akamusi*. (Diptera: Chironomidae), Kimio HIRABAYASHI (Liberal Arts, Yamanashi Women's Junior College, Koufu, 400 Japan), Ryoji NAKAZATO, Tokio OKINO (Suwa Hydrobiological Station, Faculty of Science, Shinshu University, Suwa, 392 Japan), Yutaka NASU (Department of Public Health, Shinshu University School of Medicine, Matsumoto, 390 Japan), and Ninzo MURAYAMA (Department of Hygiene, Shinshu University School of Medicine, Matsumoto, 390 Japan). *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 4: 71-77 (1992)

Around the Lake Suwa, the massive flights of adult midges of *Tokunagayusurika akamusi* have been observed frequently, and some troubles have been caused by them in the daily life of residents. The aim of the study is to clarify the biological and hygienic problems caused by these massive flights. As the first step for controlling adult midges, the study on the resting behavior of them was done at the building of Suwa Hydrobiological Station in the fall of 1989. The results obtained are as follows:

1. The number of resting midges on the wall began to increase at around 19:30, and reach the maximum at 6:30 (before sunrise). In daytime, the densities of resting midges was decreasing gradually toward 18:30 (after sunset), perhaps owing to an initiation of their aerial swarm.

2. Female midges were observed on the wall more frequently than male ones. Males walked more actively than females on the resting place.

3. A comparative study on a choice of colors of the resting place by midges showed that yellow and red were preferred to green and blue.

Key words: Resting habit, Diurnal rhythms, *Tokunagayusurika akamusi*, Lake Suwa

諏訪湖で問題化しているアカムシユスリカ成虫大発生への対策研究の一環として、成虫の休息習性、特に休息密度の時間的変動と、休息場所の色彩と休息個体数との関係について研究した。調査は、1989年秋の発生最盛期に諏訪湖岸に建つ臨湖実験所において行った。以下に得られた結果を列挙する。

1. 秋季、休息成虫数の最も多かったのは日の出前で、最も少なかったのは日没後であった。また、夜間の休息成虫数には大きな変動がみられなかったが、昼間は時間の経過とともに休息成虫数が減少した。
2. 休息成虫は雌が圧倒的に多かった。また、雄は休息場所において活発に行動するのに対して、雌はほとんど動かなかった。
3. 黄・赤色の休息場所に多く集まり、青・緑色にはあまり集まらなかった。

はじめに

全国の主な富栄養湖沼周辺地域で、ユスリカ成虫の大量発生が社会問題化している。ユスリカ成虫の形態はカに似ているが、吸血したり伝染病を媒介したりはしない。しかし、ときには異常多発現象が見られるために、不快昆虫として嫌われ、また、近年では成虫の死骸が細粒となって空気中に浮遊し、それが原因となって喘息を引き起こす可能性も指摘されることから早急にその対策が求められている。湖に発生するユスリカ成虫による被害については、アメリカをはじめとして多数の報告があり、その防除対策については幼虫に焦点をしばったものが多い。一方、成虫対策に関する報告は少なく、走光性を利用して成虫を誘引する野外実験がALI *et al.* (1986) によって行われているのみである。

諏訪湖ではオオユスリカ (*Chironomus plumosus* LINNAEUS) が年3回、アカムシユスリカ (*Tokunagayusurika akamusi* TOKUNAGA) が年1回大量発生し、周辺住民に様々な被害を与えてきた。平林 (1991 a ~ c) はアカムシユスリカ成虫による被害の範囲を調査し、飛翔時間帯、具体的な被害状況とそれに対する住民の意識構造などについて報告してきた。また、若干の防除対策案も提示し、湖からの成虫発生予察の試み、魚類による幼虫捕食の評価、光による成虫誘引実験などについて報告している。

ユスリカ成虫対策を行うにあたり、まず、成虫の行動についての生態学的調査が極めて重要である。アカムシユスリカ成虫の夜間における飛翔行動については、明らかにされた点が多いが (平林, 1991 a), 成虫の休止、休息に関しては断片的に報告がなされているにすぎず、い

まだ不明な点が多い。

休止習性については、日本脳炎媒介カ (緒方ら, 1968 ; 和田, 1969 a, b) やデング熱媒介カ (江下・栗原, 1979), マラリア媒介カ (栗原・佐々, 1965) などについて、その防除対策の観点から壁面への殺虫剤残留噴霧効果との関連で研究されている。また、アカムシユスリカについては近 (1986) が休息場所における配偶行動を調べ、休息時間帯が重要な交尾の期間であることを指摘している。

本報告では、諏訪湖で不快昆虫として住民から嫌われているアカムシユスリカ成虫について、その対策活動の一環として、成虫の1日の休息習性、特に休息密度の時間的変動や、休息場所の色彩と成虫数との関係について明らかにする。ついで、成虫の習性を利用した防除方法の確立や湖周辺の建物の塗装方法 (主として色彩) などについて、若干の提言を試みるものである。

なお、本論文で休息習性と呼ぶのは、従来の係留習性、休止習性と呼ばれていたものより広義にとらえており、羽化成虫が飛び立つまでの静止、空中交尾行動前後の壁面での休止、壁面上での交尾行動時などを全て含んでいる。

材料と方法

1. 調査地の概要

諏訪湖は長野県の中央部に位置し、湖面の標高が759 m、面積13.3km²、最大水深6.5mの断層湖である。湖の周囲は諏訪市、岡谷市、下諏訪町の3市町に取り囲まれ、湖岸近くまで人家や観光施設が迫っている。1960年代後半から1980年代初めにかけて、湖周辺地域の洪水防止のために湖の全周にわたって護岸工事が行われ、湖と陸地

この緩衝帯の役割を果たした沿岸の植物群落はほとんどその姿を消した。

本研究は、諏訪湖東岸に位置する信州大学理学部附属諏訪臨湖実験所（以下、臨湖実験所）で行った。臨湖実験所は湖岸から約40m離れて位置し、建物の西側が湖に面し、南側は流入河川の1つである衣ノ渡川に面している。

2. 体應成虫密度の時間的変動

1) 昼夜観測による個体数の変化

1989年10月9日から10日にかけて、臨湖実験所の構内に設置した建物の壁面をはじめとする計5つのコドラート（地面に対して垂直な面）に休息する成虫数を数えた。調査は19:30から開始し、23:30、3:30、6:30、9:30、12:30、15:30、18:30と3～4時間おきに行った。なお、コドラートの面積は、すべて1.62㎡（1.8m×0.9m）である。

2) 昼間における個体数の変化

日の出（6:00）から日没まで3時間おき（9:00、12:00、15:00、18:00）に、臨湖実験所西側のガラス窓（1×1m）に休息している成虫個体数とその行動について観察した。調査は1989年10月21日に行い、調査時刻ごとに異なる色のペンを用いてガラス窓の裏側から個体別の休止の方向・雌雄の別をトレースした。その記録をもとに、成虫の休息示数（調査時の休息個体数/600cm²の休息個体数×100）を雌雄別に計算した。

3. 体應場所の色彩と休息成虫数との関係

臨湖実験所構内に縦2m、横1mのベニヤ板を3枚、湖側に向けて並列に立て、その表側に異なる色（赤、緑、青、黄、白）を塗り、実験に供した。ただし、青色を基準色と定め、3枚の内の1枚は必ず青色とした。調査期間は1989年9月24日から11月13日までの51日間で、1週間ごとに色の組み合わせを変え、それぞれに休息している成虫数を雌雄別に毎日計測した。なお、比較のために、実験所西側の壁面（白色）でベニヤ板と同面積のコドラートを作り、そこに休息する成虫数を毎日数えて季節消長を調査した。得られたデータは単位面積当りに換算し、各色彩間でt検定により有意差の検討を行った。

結 果

1. 体應成虫密度の時間的変動

1日の休息成虫数（5つのコドラートの積算値）の時間的変動をみると、休息成虫密度の最も高かったのは早

朝6:00の1134匹で、夜間は1000匹前後の個体数で大きな変動を示さず、昼間は時間の経過とともに休息個体数が減少し、18:30には最少の490匹となった（図1）。なお、10月9日の日没は17:20、10月10日の日の出は5:50であった。

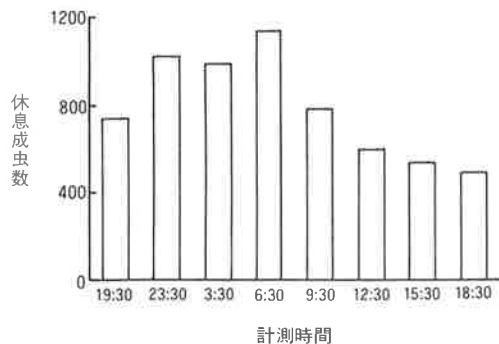


図1 休息成虫数の時間的変動
(1989年10月9～10日；5コドラートの時間別合計値)

昼間、窓ガラス上の休息場所を調査時間ごとに図2に示した。また、この結果を表1にまとめて示した。すなわち、どの時間帯においてもガラス窓の周辺部に多くの個体が休息しており、大部分の個体が重力に逆らわずに頭部を上方に向けて休息していた。

表1 休息成虫個体数の経時的変化(1989年10月21日)

計測時間	雄 (%)	雌 (%)	合計
6:00	51 (14.0)	312 (86.0)	363
9:00	36 (13.4)	232 (86.6)	268
12:00	18 (20.5)	70 (79.5)	88
15:00	21 (26.6)	58 (73.4)	79
18:00	21 (34.4)	40 (65.6)	61

また、休息成虫の雌雄の割合をみると、どの時間帯においても圧倒的に雌が多く、午前中は86%以上を占めた。時間が経つにつれて、雌の割合が減るのに対し、雄個体数はあまり変化がないために相対的に割合が大きくなり、18:00には休息成虫数の35%近くが雄となった。また、窓ガラス面上では、雄が活発に行動するのに対して、雌はわずかに向きを変える程度でほとんど行動しないことが観察された。

図3には成虫の休息示数を示した。休息個体の多くが雌であったので、雌雄合わせた休息示数の変化と雌のその変化のパターンとは良く似ていた。雌成虫の休息密

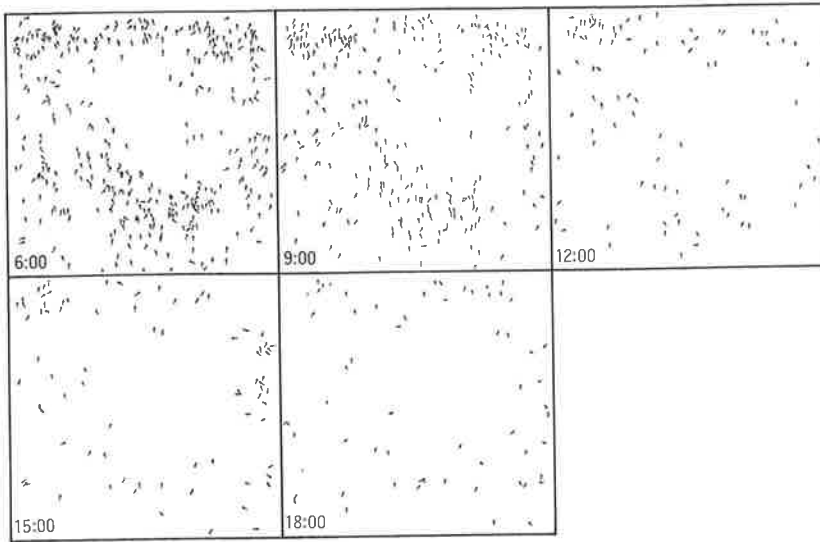


図2 窓ガラス上に休息する成虫数の時間的变化
(1989年10月21日)

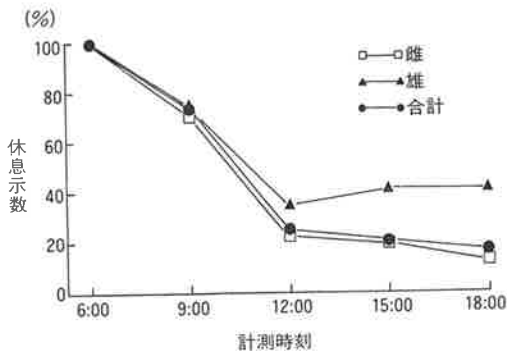


図3 成虫の休息示数
(1989年10月21日)

度が最も高かった6:00における休息密度(312匹/m²)を100%とすると、9:00の段階では232匹/m²で74.4%であった。12:00になると22.4%となり、8割弱の雌成虫がこの時点で飛び去っていることが分かった。そして、最終18:00に休息していた雌成虫の数は40匹/m²で、12.8%であった。一方、雄成虫については、午前中は雌成虫の変化と同じパターンを示したが、午後は個体数にほとんど変化が見られず、18:00には21匹/m²で休息示数が41.2%となった。

図4に実験所西側の壁面(白色)における休息個体数の季節的変動を示した。アカムシユスリカ成虫は9月下旬

には休息個体が確認されなくなった。10月上旬までは雄の方が多かったが、それ以後は雌の方が多くなり、10月19日を除くと常に雌が2~4倍と多かった。

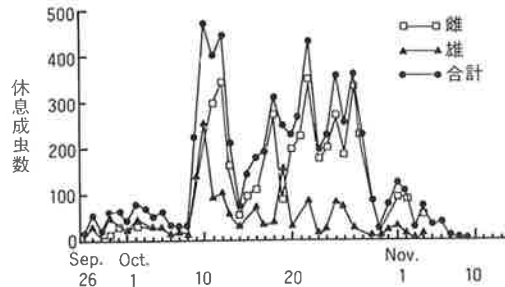


図4 休息成虫数の季節変化
(1989年9月24~11月13日)

2. 休息場所の色彩と休息成虫数との関係

休息場所の色彩と休息成虫数との関係を図5に示した。ただし、1週間ごとに色彩別休息成虫数の割合を求め、実験が終了した段階で青色を100としたときの各色の休息成虫数比で示してある。休息成虫数の比で示したのは、図4に示したように、湖からの成虫の発生量が日によって大きく異なったために、単純に休息成虫数で比較できないからである。各色区間でt検定による検討を行った

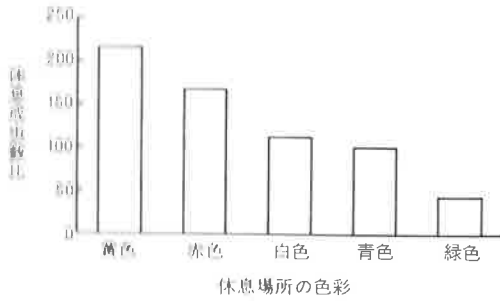


図5 休息場所の色彩別休息成虫数比
(1989年9月24~11月13日)

とらる、白色と青色との間で有意な差が認められなかった以外、著色範囲で休息成虫数比に有意な差 ($P < 0.01$) が認められた。休息成虫数の最も多かったのは黄色で、ついで赤色であった。反対に最も少なかった色彩は緑色で、黄色の1/4弱であった。

考 察

1. 成虫の1日の行動

平林 (1991a) は、ライト・トラップを用いて成虫の飛行時間帯を調査し、最も多く飛行する時間帯は17:30 (日没直後) から19:30の間であることを報告した。また、捕獲された成虫は、雄が圧倒的に多く、その性比は雄:雌=19.1:1.0であるという。山岸・福原 (1970) は、湖からの成虫の羽化時間帯についてエマージェンス・トラップを用いて調査し、そのピークは18:00から22:00であって、昼間はほとんど羽化しないことを明らかにしている。また、その時の性比は雄:雌=1.6:1.0であったという。

今回の調査結果では、1日の中で日没後が休息成虫個体数が最も少なかった。これは、日没後に成虫が交尾行動を行うため、空中飛行をしている個体の割合が高くなるためと思われる。また、飛行行動のおさまる20時以降は飛行を終えた個体と、湖から羽化したばかりの個体加わって、休息成虫数が増加したと思われる。

一方、昼間の休息場所における成虫の行動については、雄がコドラート内を活発に行動するのに対して、雌はほとんど動かなかった。しかし、コドラート外への脱出は雌の方が活発で、休息個体の性比も時間とともに変化した。

Koss *et al.* (1987) によると、本種は雄が形成した群

飛内に飛来する雌と空中で交尾するか、雄が地上 (休息場所) で雌を探索することによって交尾するかのいずれかで、地上で交尾した雌は空中で交尾したそれよりもageが若い場合 (羽化したばかりのもの) が多かった。また、OTSUKA *et al.* (1986) は、休息場所での交尾行動では雄が積極的に歩き回り、休息している雌と交尾するが、このとき雌雄の別や処女雌であるかどうかによるのではなく、接触した相手が羽化直後の個体であることによって誘発されたと報告している。このようにアカムシユスリカにとって、休息習性はただ単に羽化から飛翔への緩衝期間、休止・係留といった物理的な意味だけではなく、休息中に交尾行動が行われるという重要な意味があることが示された。

平林 (1991a) は、成虫捕獲数と一定面積の壁面に休息している成虫数との関係について調査し、休息している成虫数の時間的変化のパターンとライト・トラップで捕獲される成虫数の時間的変化のパターンとはほぼ一致することを報告した。しかし、今回の調査結果から、成虫の性比についてこれら2つの調査の間に大きな差のあることが分かった。つまり、ライト・トラップ法では雄成虫が多く捕獲されたのに対して、壁面に休息していた成虫の多くは雌成虫であった。山岸・福原 (1970) の報告にあるように、湖から羽化した時の性比がほぼ同じであったのに休息成虫の性比が雌に偏ったのは、雄に比べて体重が重く、飛行によって産卵のためのエネルギーを無駄使いしないための適応と考えられる。

以上のことから、アカムシユスリカ成虫の行動を模式的に示すと図6のようになる。図中の線の太さは成虫の相対的な量を示している。湖から羽化した雌雄は休息場所で休む。そこで交尾できた雌は再び湖に戻り、産卵する。交尾できなかった雌は、夕刻、雄の形成する群飛に参加して交尾し、一部の個体は再び休息場所に戻り、また、一部は風などによって湖より離れたところへ移動するものと考えられる。雄成虫の多くは群飛のため飛翔し、一部は休息場所に戻るが、多くは風によって移動させられたり、光などに誘引飛翔するものと考えられる。

2. 休息場所の色彩と休息個体数との関係

ユスリカ成虫の走光性については数多く報告されている (ALI *et al.* 1984ほか)。しかし、休息場所の色と休息個体数との関係については、これまでに報告例が非常に少なかった。本種は黄・赤色系統に多く集まり、緑・青色系統にはあまり集まらなかった。この理由について

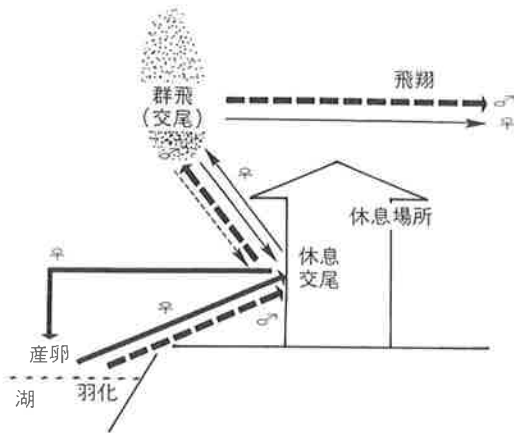


図6 諏訪湖畔におけるアカムシユスリカ成虫の行動の模式図(実線が雌, 破線が雄を示し, 線の太さは成虫の相対的な量を示している)

は, 現段階では不明である。また, 同一色内でも色相・明度・彩度の3属性について十分調査しなければ, 両者の関係については明言できない。

3. 対策

ユスリカ成虫の本来の生活空間は, 湖沼沿岸域の植物群落と考えられる。植物群落は昆虫・魚・鳥類などの動物に, すみ場, かくれ場, 餌の供給の場など変化に富んだ生活環境を提供し, 様々な生物が複雑に関わり合いをもちながら沿岸生態系が形成されている。しかし, 現在, 諏訪湖では湖全周にわたる護岸工事や沿岸域の浚渫工事などのために, 沿岸植物群落は壊滅状態となっている。生活の場を失ったユスリカ成虫は, 湖岸に建ち並ぶ建物の壁面で休息し, そこで配偶行動を行うようになったと思われる。降雨後には壁面や窓ガラス面に産卵したり, 晴天日でも濡れた洗濯物などに産卵したりするなど, 人間とユスリカとの生活空間が重なりあってきている。このため, 根本的な対策としては, 湖岸域における植物群落の復活が第一であると考えられる。それによって, 天敵生物の増加やユスリカ類をはじめとする水生生物に, 自然な生活空間を再び提供することができ, 湖と陸地との緩衝地帯としての役割をもつ沿岸帯が形成される。

また, 建物の壁面などの色彩については, 明るい色よりも暗い色にした方が, 成虫が目立たないことから, 人々の受ける心理的印象はかなり異なると思われる。

今後は, 成虫の多量捕獲の方法や湖周辺のホテルやレストランなどの照明方法, 成虫の集まりにくい塗装方法(壁面の材質)などについて検討を行っていきたい。

謝辞

本研究を遂行するにあたり, 信州大学理学部附属臨湖実験所の塩野崎寛技官, 学生諸氏に大変お世話になった。この場をお借りして御礼を申し上げる。また, 本研究は平成2年度文部省科学研究費奨励研究(No.02954147)の補助を受けて行ったものである。

引用文献

- ALI, A., S. R. STAFFORD, R. C. FOWLER and B. H. STANLEY (1984) Attraction of adult Chironomidae (Diptera) to incandescent light under laboratory condition. *Environ. Entomol.* 13 : 1004-1009.
- ALI, A., B. H. STANLEY and P. K. CHAUDHURI (1986) Attraction of some adult midges (Diptera : Chironomidae) of Florida to artificial light in the field. *Florida Entomol.* 69 : 644-650.
- 江下優樹・栗原 毅 (1979) ヒトスジシマカとリバーズシマカの生息場所. 衛動 30 : 181-185.
- 近 雅博 (1986) ユスリカ類の配偶行動. *インセクトリウム* 23 : 18-25.
- KON, M., K. OTSUKA and T. HIDAKA (1987) Mating system of *Tokunagayusurika akamusi* 1. Copulation in the air by swarming and on the ground by searching. *J. Enthol.* 4 : 49-58.
- 平林公男 (1991 a) 諏訪湖地域における“迷惑昆虫”ユスリカの大発生とその防除対策 第1報 : アカムシユスリカ成虫の大量飛来. 日衛誌 46 : 652-661.
- 平林公男 (1991 b) 同上 第2報 : ユスリカ問題に対する住民の意識構造とその数量化の試み. 日衛誌 46 : 662-675.
- 平林公男 (1991 c) 同上 第3報 : “迷惑昆虫”ユスリカ制御に関する若干の実験と防除対策の提言. 日衛誌 46 : 676-687.
- 栗原 毅・佐々 学 (1965) ネットイイエカの吸血および休止行動の日周期性について. 衛動 16 : 41-48.
- 緒方一喜・田中生男・水谷 澄・鈴木 猛・大畑吉春・西沢 伝・小林英夫 (1968) コガタアカイエカ成虫の系留場所に関する観察成績. 衛動 19 : 38-43.
- OTSUKA, K., M. KON and T. HIDAKA (1986) Mating system of *Tokunagayusurika akamusi* 2.

Experimental analysis of male mating behaviour
at the roosting place. *J. Ethol.*, 4 : 147-152.
稲田芳武 (1969a) コガタアカイエカ類の生態の研究
I コガタアカイエカの吸血行動の日周性。衛動 21 :
21-26。
稲田芳武 (1969b) 同上 II 吸血前後の休止の習性。衛

動 20 : 81-86。
和田芳武 (1970) 同上 III 野外における休息習性の比較
観察。衛動 21 : 54-59。
山岸 宏・福原晴夫 (1970) 諏訪湖のユスリカについて
II。JIBP-PF 諏訪湖生物群集の生産力研究 65-78。

カダヤシに対するAltosid®10F及び数種の 有機リン系殺虫剤の毒性

亀井正治¹⁾・浅野昌司^{1)*}・島田秀弥¹⁾・石井清士²⁾・石井 孝³⁾

- 1) アース・バイオケミカル株式会社
- 2) 大塚製薬株式会社徳島工場生物研究所
- 3) 徳島大学教養部生物学科

(受理 : 1991年11月7日)

Toxicity of Altosid®10F and Several Organophosphorus Insecticides to Mosquitofish, *Gambusia affinis*. (Cyprinodontiformes : Poeciliidae). Masaharu KAMEI, Shoji ASANO*, Syuya SHIMADA (Earth Bio Chemical Co., Ltd., Kawauchi, Tokushima 770) Kiyoshi ISHII (Pharmaceutical Research Division, Laboratory of Biological Research, Tokushima Factory, Otsuka Pharmaceutical Co. Ltd. Kawauchi, Tokushima 770) and Takashi ISHII (College of General Education, University of Tokushima, Tokushima 770). *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 4 : 78-84 (1992)

1. The toxicity of five organophosphorus insecticides [fenitrothion (dimethyl 4-nitro-m-tolyl phosphorothioate) as 10% Sumithion® EC; dichlorvos (2,2-dichlorovinyl dimethyl phosphate) as 5% DDVP® EC; fenthion (dimethyl 4-methylthio-m-tolyl phosphorothioate) as 5% Baytex® EC; diazinon (diethyl 2-isopropyl-4-methyl-6-pyrimidinyl phosphorothioate) as 5% Diazinon® EC; fenthion and dichlorvos as mixed EC of 3% Baytex® and 2% DDVP®] and methoprene (isopropyl 11-methoxy-3,7,11-trimethyl-2,4-dodecadienoate) as 10% Altosid® 10F (A10F) slowrelease formulation to mosquitofish, *Gambusia affinis*, was investigated.
2. The TLm values (after 48 h) of the organophosphorus insecticides were 1.8~3.4 ppm(AD) to adult females, and 1.0~2.3 ppm to adult males. Those of A10F were 270 ppm to adult females, and 177 ppm to adult males. The toxicity of A10F to *G. affinis* is much weaker than that of the organophosphorus insecticides. The sexual difference in susceptibility of *G. affinis* was not evident with 10% Sumithion EC, while males were about 1.1~2.1 times more susceptible to the insecticides.

*現在 : 株式会社クボタ技術開発研究所つくば研究室

Present address, Tsukuba Research & Development Laboratories, Kubota Corporation, Ryugasaki 301

3. When adults of *G. affinis* were exposed to the organophosphorus insecticides in water at the concentrations equivalent to LC₅₀ and LC₅ values to the fish, there were observed internally bleeding ones and those with abnormal behavior, but these abnormalities were not observed with A10F.
4. Fry of *G. affinis* born in water at 0.1 ppm of fenthion or dichlorvos died within 15 h, but no death was recorded at 0.1 ppm of A10F.
5. Adults of *G. affinis* fed on 3rd and/or 4th instar mosquito larvae pre-treated with A10F showed no harmful symptoms.
6. The safety index of the organophosphorus insecticides for *G. affinis*, when applied to the 4th instar mosquito larvae of the Tokushima strain, was 0.8~3.3, while that of A10F was 2344.1. That means A10F is much safer to the fish than these counterparts.

Key Words: *Gambusia affinis*, Altosid®10F, Toxicity, (IGR)

1. 5種の有機リン系殺虫剤(スミチオン10%乳剤, DDVP 5%乳剤, バイテックス5%乳剤, ダイアジノン5%乳剤, バイテックス3%・DDVP 2%混合乳剤)と昆虫幼若用有機リン系殺虫剤(Altosid®10F; A10F)のカダヤシに対する毒性試験を行った。
2. これらのカダヤシ成魚に対する48時間後半数致死濃度(TLm)は、雌に対して、有機リン系殺虫剤では1.8~3.4ppm (AI), A10Fでは270ppm, 一方、雄に対して、それぞれ1.0~2.3ppmと177ppmであった。このように、A10Fのカダヤシに対する毒性は、供試有機リン系殺虫剤に比べて非常に低い。スミチオン乳剤では明瞭ではなかったが、他の供試薬剤では雄が雌の約1.1~2.1倍感受性が高かった。
3. 供試有機リン系殺虫剤の場合、カダヤシ成魚をLC₅₀値やLC₅値に近い濃度中に入れると、生存個体の中には出血個体や遊泳異常個体が見られたが、A10Fの場合には、このような異常個体が観察されなかった。
4. 薬剤で処理された水槽の中で産まれたカダヤシの稚魚は、A10Fでは2.5ppmの濃度で死亡しなかったが、有機リン系殺虫剤では、1.0~2.5ppmで15時間以内にはほとんどが死んだ。
5. A10Fで処理したアカイエカ3, 4齢幼虫を成魚に給与したが、成魚の生存率に影響が認められなかった。
6. 供試有機リン系殺虫剤を徳島市内に生息するアカイエカ4齢幼虫の防除に使う場合、カダヤシに対する安全係数は、0.8~3.3であったのに対して、A10Fでは2344.1であった。

はじめに

総合害虫管理(IPM)(石井, 1980)の考え方が普及するに従い、殺虫剤の選択条件として、標的害虫に有効であると共に、天敵や非標的生物に出来るだけ無害であることが求められている。そこで、殺虫剤の天敵に及ぼす影響が各地で調べられ、最近では, TIETZE *et al.* (1991)が、蚊の防除のために天敵と殺虫剤を併用している

フロリダで、防疫用殺虫剤のカダヤシ(mosquitofish, *Gambusia affinis*)に対する毒性を報告している。

徳島市では、1968年からカダヤシによる蚊幼虫防除を行っている(佐藤・大久保, 1972; 広瀬ら, 1976; 1977; 1978, 佐々ら, 1979)が、これと共に有機リン系殺虫剤による防除も行ってきた(佐藤ら, 1972)。当市から得た情報によれば、1979年当時、徳島市で使用されていた有機リン系殺虫剤は、主にバイテックス3%・DDV

P2%混合乳剤であった。これは魚に対して低毒性であるといわれるが、このカダヤシに対する影響は無視できない。

そこで、私たちは、これを含めて5種類の有機リン系殺虫剤と、非標的生物に対してより低毒性と考えられる Altosid[®]10F (A10F) のカダヤシに対する毒性試験を行ったので報告する。

方 法

1. 供試魚

試験に用いたカダヤシは、1979年9月に、徳島市環境衛生部衛生課のカダヤシ増殖用水槽で飼育した成魚で、無作為に抽出して求めたカダヤシの平均値は雄：体重 0.09 ± 0.03 (SD) g, 体長 1.75 ± 0.33 cm; 雌：体重 0.90 ± 0.16 g, 体長 3.47 ± 0.21 cmであった。

2. 供試薬剤

防疫用殺虫剤として商品化されている次の殺虫剤を用いた：

1) 有機リン系殺虫剤

スミチオン10%乳剤 (Sumithion[®] EC containing 10% dimethyl 4-nitro-m-tolyl phosphorothioate)

DDVP 5%乳剤 (DDVP[®] EC containing 5% 2,2-dichlorovinyl dimethyl phosphate)

バイテックス 5%乳剤 (Baytex[®] EC containing 5% dimethyl 4-methyl thio-m-tolyl phosphorothioate)

ダイアジノン 5%乳剤 (Diazinon[®] EC containing 5% diethyl 2-isopropyl-4-methyl-6-pyrimidinyl phosphorothioate)

バイテックス 3%・DDVP 2%混合乳剤 (mixed EC containing 3% Baytex and 2% DDVP)

2) 昆虫幼若ホルモン系殺虫剤 (IGR)

Altosid[®]10F (methoprene 10%徐放製剤) (slow-release formulation containing 10% isopropyl 11-methoxy-3,7,11-trimethyl-2,4-dodecadienoate)

3. 試験方法

1) 薬剤処理方法

毒性試験は、農林水産省通達 (昭和40年農政B第2735号) による標準試験方法に準じた。すなわち、円筒形のガラス容器 (d, 24cm; h, 30cm) にカダヤシ増殖用水槽の水とくみおき水道水を等量に混合した試験水10ℓを入れ、所定濃度になるように供試薬剤を加えた。

これにカダヤシを、雌の場合は、10~20個体、雄の場合は、約20個体入れ、給餌せずに $25 \pm 1^\circ\text{C}$ に保ち、48時間経過後、死亡、横転、出血、及び遊泳異常個体を計数した。ここでいう出血個体は、低濃度のダイアジノン乳剤にカダヤシを入れた場合、生存個体の中に胸中央部から尾部にかけて、体表面が斑紋状に赤変する内出血個体をいう。これらには、主に脊椎骨尾椎部位が湾曲している個体が多く、二次的と思われる血管突起の骨折個体も見られた (Fig. 1)。実際に使用した個体数は、結果とともに示した (Table 1)。

2) 出産直後の稚魚に対する毒性試験

試験中一部の雌が出産した。この稚魚について、15時間後に正常個体、異常個体、死亡個体を計数した。

3) TL_mまたはLC₅₀の計算法

上記試験により得られた数値から、雌の場合全部と、スミチオン10%乳剤に対して雄を使用した場合には、DOUDOROFF *et al.* (1951) の方法によりTL_m (半数致死濃度) を求め、そのほかの場合には、プロビット法により求めた死亡率—濃度回帰直線式からLC₅₀ (50%致死濃度) を求めた。ただし、本文中ではLC₅₀はTL_mとした。

Table 1 Acute toxicity of insecticides to adults of *Gambusia affinis*.

Insecticides (formulation)	TL _m (48 h, AI ppm)				(♀/♂)
	n ³⁾	♀	n ³⁾	♂	
10% Methoprene ²⁾	40	270	251	177	1.5
5% Fenthion ¹⁾	84	3.1	82	2.2	1.36
5% Dichlorvos ¹⁾	40	3.0	179	2.1	1.43
5% Diazinon ¹⁾	60	1.8	162	1.0	1.80
10% Fenitrothion ¹⁾	30	2.5	260	2.3	1.09
2% Fenthion+2% Dichlorvos ¹⁾	50	3.4	220	1.6	2.13

1) Emulsifiable concentrate. 2) Flowable formulation. 3) Number of fish tested.

4) Altoid 10Fに浸漬したアカイエカ幼虫のカダヤシに対する毒性試験

野外から採集したアカイエカ3, 4 齢幼虫をA10F (1.0ppm, AD) に15~24時間浸漬後, 1日当りカダヤシ (雌雄割合) 10個体に対しこのアカイエカ幼虫約100個体を給餌した。10日間の給餌期間中とその後20日間にわたりカダヤシの状態を観察した。

5) X線写真撮影

実験後, 出血個体及び遊泳異常個体について, X線写真装置 (ソフテックス-CMB型, ソフテックス株式会社) で写真撮影 (MR60v, 27kv, 10mA, 露出4または7秒) を行い, 骨の異常の有無を調べた。

結果と考察

1. カダヤシに対する各種殺虫剤の毒性

カダヤシに対する殺虫剤の48時間後のTL_m値は, 有機リン系殺虫剤の場合, 雌では, 1.8~3.4ppm (AD) で, ダイアジノン乳剤が他に比べて小さい以外は大差がなく, また, 雄では1.0~2.3ppmであった。一方, A10Fでは, それぞれ, 370ppmと177ppmであった。このように, A10Fのカダヤシに対する毒性は, 供試有機リン系殺虫剤に比べて非常に低い。Tuarze *et al.* (1991) は, 3~5日齢のカダヤシに対するTemephos, fenoxycarbとpotrotema distillates (殺幼虫剤) のLC₅₀値は, それ

ぞれ, 5.60, 1.05及び593.4ppmであり, resmethrin, fenthion, naledとmalathion (殺成虫剤) のLC₅₀値は, それぞれ, 0.007, 2.94, 3.50及び12.68ppmであること, 及び30~100ppmのmethopreneでは影響が見られなかったことを報告している。今回の私たちの試験では, 供試殺虫剤に対するカダヤシの感受性の雌雄による差は, スミチオン10%乳剤では明瞭でなかったが, 他の供試薬剤に対しては雄の方が約1.1~2.1倍感受性が高かった (Table 1)。

2. 供試殺虫剤によるカダヤシの出血及び遊泳異常個体の出現

Table 2 は, ダイアジノン5%乳剤処理区で見られた Table 2 Number of survivors (bled internally in parentheses), of *Gambusia affinis* after exposed to diazinon.

Sex	Diazinon concentration (ppm, AD)	No. of fish used	Hours after treatment			
			15	24	48	72
♂	1.3	10	—	0	0	0
	1.0	10	—	4(3)	4(3)	4(3)
	0.8	10	—	8	7(4)	5(5)
	0.7	10	—	5	3(2)	3(3)
	Control	10	—	10	10	10
♀	4.0	10	0	0	0	0
	2.5	10	3	2	0	0
	1.6	10	10(7)	9(7)	7(7)	0
	1.0	10	9(7)	9(7)	9(9)	9(9)
	Control	10	10	10	10	10

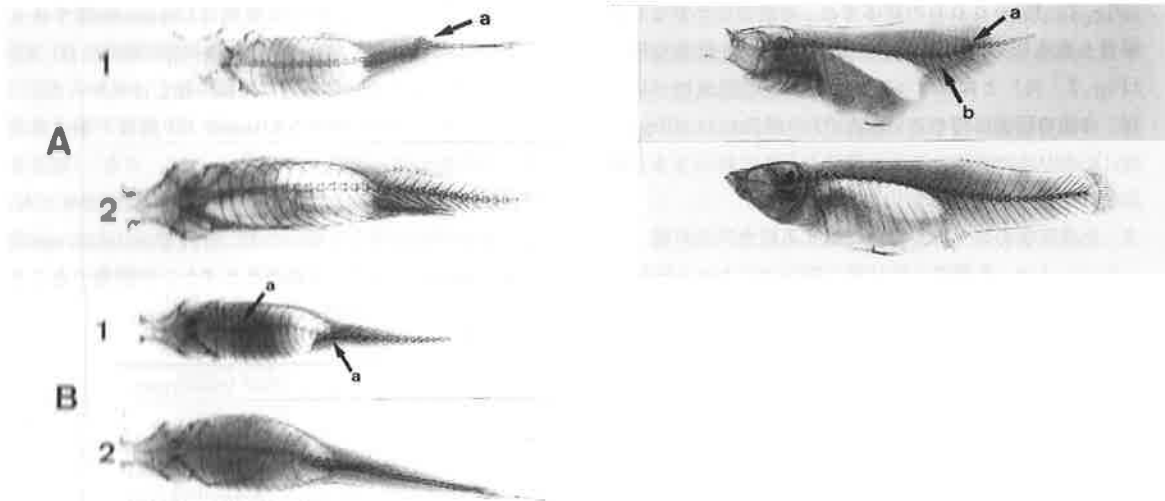


Fig. 1. X radiograph of mature female adults of *Gambusia affinis*.

A: 1, 24 h after exposed to 1.0 ppm diazinon as Diazinon emulsion; 2, control. B: 3 day after exposed to 2.0 ppm fenthion as Baytex emulsion. a; indicates curvature of the vertebra. b; indicates the fractured haemapophysis.