徳島産セスジユスリカ, *Chironomus yoshimatsui* Martin et Sublette に対する Altosid® 10 F の効果

亀井 正治* 島田 秀弥*
大久保新也** 石井 孝***

* 大塚製薬株式会社徳島研究所昆虫研究部 (〒771-01 徳島県徳島市川内町加賀須野 463-10)

** 徳島市医師会防蚊対策研究所 (〒770 徳島県徳島市幸町 3-61)

*** 徳島大学教養部 (〒770 徳島県徳島市南常三島町 1-1)

(受領: 1982 年 7 月 19 日)

Effects of Altosid® 10 F on the chironomid midge, *Chironomus yoshimatsui* Martin et Sublette (Diptera: Chironomidae) of Tokushima City

Masaharu KAMEI,* Shuya SHIMADA,*
Shinya OKUBO** and Takashi ISHII***

* Otsuka Pharmaceutical Co., Ltd., Tokushima Research Institute,
463-10, Kagasuno, Kawauchi-cho, Tokushima 771-01, Japan

** The Laboratory for Mosquito Control of Tokushima City Medical
Association, 3-61, Saiwai-cho, Tokushima 770, Japan

*** College of General Education, the University of Tokushima, 1-1,
Minamijosanjima-cho, Tokushima 770, Japan

はじめに

近年, 都市近郊の排水路にユスリカが大量発生し, 住民の快適な生活を妨げている. その対策として現在は, 有機リン系殺虫剤による防除が行われている (井上・三原, 1975; 関口ら, 1978; 田原ら, 1978).

しかし, 最近, 一部の有機リン剤で, セスジユスリカに対して通常使われている 1 ppm では防除効果の期待ができないことが明らかにされており (佐藤・安野, 1979), また, 非標的生物を保護する立場からも, 既存の薬剤に代わる, より安全性の高い殺虫剤の出現が望まれている.

幼若ホルモン活性をもつ methoprene およびその徐放製剤である Altosid® 10 F は, 蚊やハエに対し強い羽化阻害作用をもつこと (Spielman and Williams, 1966; Henrick *et al.*, 1973; 武衛ら, 1975), さらに, 非標的

生物に対しても安全性の高いことが認められている (Miura and Takahashi, 1973; Barber *et al.*, 1978; Norland and Mulla, 1975; 亀井ら, 未発表). そこで, 本邦における, 主要なユスリカの一つである, セスジユスリカ, *Chironomus yoshimatsui* Martin et Sublette に対して methoprene とその徐放製剤 Altosid® 10 F の生理活性を室内試験で調べるとともに, 野外での防除効果について検討したのでその結果を報告する.

材料および方法

1. 供試昆虫

室内試験に用いたセスジユスリカ, *Chironomus yoshimatsui* Martin et Sublette は, 1980 年 9 月徳島市八万町の排水路から採集し, その後, 27°C の恒温室に移して継代飼育している系統で, その終齢幼虫を用いた.

野外試験を行った排水路では, セスジユスリカと

Chironomus sp. の2種が混棲していたため、両種を対象として試験を行った。

2. 供試薬剤

試験に使用した薬剤は、methoprene の工業原体（純度 92 %）とこれを微粒の活性炭に吸着させ、有効成分を水中で徐放させるようにした製剤 Altosid® 10 F（有効成分 10 %w/v）である。

3. 試験方法

1) 室内試験

室内試験では、Altosid® 10 F を雨水と蒸留水を 1 : 1 に混合した水で所定濃度に希釈した。

methoprene については、エチルアルコールであらかじめ希釈し、その 1 ml を同上の水で所定濃度に希釈した。

おのおのの希釈液 500 ml を、大型シャーレ（直径 15 cm, 高さ 4.5 cm）に入れ、その底にユスリカ幼虫の巣の材料として水でよく洗浄しておいた砂を約 20 g 万遍なく敷いた。そして各シャーレ当たりセスジユスリカの終齢幼虫を 5 から 25 個体ずつ放飼した。

試験期間中は、エアレーションおよび給餌を行わなかったが、終齢幼虫放飼後 4 日以内にほとんどが羽化した。

調査は、試験開始 5 日後に死亡幼虫（幼虫-蛹中間体も含む）、死亡蛹、羽化失敗成虫（蛹殻より完全に脱出していないもの）、異常成虫（羽化しているが水面より飛翔できないもの）、および正常成虫数を記録した。実験は 5 回繰り返し、その平均値をもとに羽化率を計算した。

また、セスジユスリカは主として流水条件下で生息していることから、薬剤を処理しても限られた時間しか接触しないと考えられるため、終齢幼虫を所定濃度の Altosid® 10 F に 2 時間だけ浸漬したのち、200 ml の蒸留水に 5 分間入れて洗浄し、次に薬剤を含まない上記の雨水と蒸留水の混合水に移してその羽化率を調べた。

2) 野外実験—野外試験地の概況および方法

試験地は、徳島市八万町にある農業排水路兼家庭排水路で、その概略を Fig. 1 に示す。この排水路は、川幅 1.2 m, 水深 20.5 cm で上流にある団地から生活排水が流入し、その中央部では、秒速 18 cm の流れがあった。この水域は、例年ユスリカが大量に発生しており、徳島市衛生課により、dichlorvos (2 %) + fenthion (3 %) 混合乳剤が定期的に散布されていた。

実験には、上流 17.5 m を無処理対照区に選び、下流 103.0 m を処理区とした。処理は、1980 年 10 月 28 日に Altosid® 10 F の 235 g を用意し、その 200 倍液を上流から柄杓を用いて 15 分かけて投下した。したがって、

Fig. 1 Sketch-map of the study field

1, 2: mud-sampling points. a, b, c: sweeping points. Arrows indicate the direction of water flow. d: mud-sampling and sweeping points for control.

Table 1 Water quality conditions of the field test drain

Water temperature	15.6°C
pH	6.7
DO	2.7 ppm
COD	16.9 ppm
BOD	23.1 ppm
Turbidity	1°
Conductivity	1.0 mv
Water flow	18.0/sec

処理した methoprene 濃度は投下時間当たりの水量 (39.9 t) に対し計算上 0.59 ppm であった。

効果判定方法は、薬剤投下 1 日後と以後は 5 ~ 9 日ごとに、排水路中のヘドロを小型採集器（直径 8 cm, 高さ 7 cm の円筒）を使ってあらかじめ定めた 3 地点から、それぞれ 4 カ所ずつ採集し、実験室に持ち帰り、それを小型容器（縦 26 cm, 横 18 cm, 高さ 8.5 cm）中に移し、汲置水を 1,000 ml 加えたのち、27°C の実験室内で、エアレーションを行った。そして 6 日以内にヘドロから出現した蛹を拾い出して、蒸留水を入れたポリエチレン製カップに移し、その羽化の状況を調査した。

また、Altosid® 10 F の処理が排水路からの成虫発生数をどの程度抑制するかを調べるため、処理後 11 日と 20 日目に岸辺の雑草中を捕虫網（直径 35 cm）で 20 回

Table 2 Biological activity of Altosid® 10 F to the last instar larvae of *Chironomus yoshimatsui* on 5th day after treatment

Concentrations (ppm)	No. of larvae tested	% Mortality and stage				% Emergence (corrected)
		larvae*	pupae	adults		
				in failure	in deform	
10	115	54.6	42.8	1.0	1.6	0 (0)
1	115	46.4	50.2	1.8	1.6	0 (0)
0.1	117	32.0	55.0	2.8	2.0	6.7(7.7)
0.01	118	17.5	43.0	7.6	4.3	27.5(31.4)
0.001	117	7.2	25.9	4.2	2.5	60.2(68.8)
0.0001	115	8.8	11.0	1.0	0.8	78.4(89.3)
0.00001	68	7.2	10.1	1.9	1.9	79.0(90.3)
Control	114	1.8	8.9	0.8	1.1	87.5

$$Y=0.7717X+7.0046, IC_{50} (0.0025 \text{ ppm})$$

* Larvae failed in pupation.

振り、採集された成虫個体数を調べ対照区のそれと比較した。

結 果

1. 室内試験

種々の濃度の Altosid® 10 F がセスジユスリカに与える生理活性を調べた結果を Table 2 に示す。無処理対照区における幼虫および蛹の死亡率はそれぞれ 1.8 と 8.9 % とわずかで、供試個体の 87.5 % が正常成虫となった。一方、薬剤処理区では、濃度に対応して幼虫死亡がみられ、10 ppm で 54.6 % を示した。これらの死亡個体は、幼虫から蛹への脱皮途中で死亡するものが多く、そのほとんどが巢の外で死亡していた。また 10 ppm 区では、脱腸現象を示す個体が全死亡個体の 30 % ほどみられた。

さらに、0.01~1 ppm の処理区では、いずれも 50 % 前後の蛹死亡がみられ、0.001 ppm と 0.01 ppm 区では、羽化失敗成虫や正常に飛翔できない異常成虫個体の出現率が対照区にくらべ高くなった。

Table 2 の正常羽化成虫数の調査から、Abbott 補正式を用いて補正羽化阻害率を求め、これをプロビット変換し回帰式を求めて IC_{50} 値(半数羽化阻止濃度)を計算すると $Y=0.7717 X+7.0046$ と 0.0025 ppm であった。

Table 3 は、methoprene による生理活性を調べた結果を示す。methoprene のセスジユスリカに対する IC_{50} 値は 0.00065 ppm であった。

セスジユスリカ終齢幼虫を 0.0001~1 ppm の Altosid® 10 F に 2 時間浸漬処理した場合の結果を Table 4 に示す。10 ppm では、幼虫で 59.1 %, 蛹では 40.9 % が死亡した。0.001 から 1 ppm では 42.9~82.8 % のも

Table 3 Biological activity of methoprene to the last instar larvae of *Chironomus yoshimatsui* on 5th day after treatment

Concentrations (ppm)	No. of larvae tested	% Emergence (corrected)
0.1	35	0 (0)
0.01	38	23.8(33.6)
0.001	39	33.3(45.6)
0.0001	36	44.4(60.6)
0.00001	37	56.8(77.8)
Control	37	73.0

$$Y=0.3923X+6.2505, IC_{50} (0.00065 \text{ ppm})$$

のが蛹で死亡した。また異常成虫は、0.1 ppm で 23.1 % と高い割合で認められた。ちなみに、正常羽化率に基づいて求めた IC_{50} 値は 0.0044 ppm となり、終齢幼虫を継続浸漬させた Table 2 の結果とあまり変わらなかった。

2. 野外試験

処理後定期的に採集した蛹の羽化阻害率について調べた結果を Fig. 2 に示す。対照区では、調査期間中 10~20 % 以下の羽化阻害率しかみられなかった。しかし、薬剤処理区では、処理 1 日後に採集したもので、平均 20.5 % の羽化阻害率であったが、9 日目の調査以後、最終調査日(30 日後)までのいずれの時期の採集蛹も 100 % の羽化阻害を示した。

次に、処理区および対照区水域の岸辺の草むらを捕虫網でスーピングし採集されたユスリカ成虫個体数を Table 5 に示す。対照区では、試験開始後 11 日と 20 日に、それぞれ 177 と 23 個体の成虫が採集されたものの、

Table 4 Biological effects of short exposure of Altosid® 10 F to the last instar *Chironomus yoshimatsui* on 5th day after treatment

Concentrations (ppm)	No. of larvae tested	% Mortality and stage				% Emergence (corrected)
		larvae	pupae	adults		
				in failure	in deform	
10	22	59.1	40.9	0	0	0 (0)
1	29	10.3	82.8	0	3.5	3.5(4.4)
0.1	26	7.7	46.2	0	23.1	23.1(29.1)
0.01	29	10.4	65.5	0	0	24.1(30.4)
0.001	35	2.9	42.9	0	8.6	45.7(57.6)
0.0001	34	0	17.7	2.9	5.9	73.5(92.6)
0.00001	38	0	21.1	0	0	79.0(99.5)
Control	34	0	17.7	0	2.9	79.4

Larvae were dipped for 2 hr.

$Y=0.7111 X+6.6763$, IC_{50} (0.0044 ppm)

Fig. 2 Percent inhibition of adult emergence of Chironomid midges, *C. yoshimatsui* and *C. sp.* after treatment with 1 ppm of Altosid® 10 F

処理区では、11日目に1～3個体が採集されただけで、20日後には、まったく採集されなくなった。なお処理20日以後は、気温も低くなり、対照区の岸边でも成虫個体数が少なくなったため、調査を行わなかった。

考察および結論

最近地方都市において、住宅地域の拡大に伴い、従来農業用水路として利用されていた水路に、家庭雑排水が

Table 5 Number of adults of chironomid midges collected with insect net in the field test with Altosid® 10 F

Place		No. of adult midges after treatment					
		11 days after			20 days after		
		Male	Female	Total	Male	Female	Total
Treatment	a	2	1	3	0	0	0
	b	0	0	0	0	0	0
	c	1	0	1	0	0	0
Control	d	143	34	177	4	19	23

Sweeping was done 20 times for each point beside the drain.

流入する機会がふえ、その結果、ユスリカの大量発生を促し、地域住民の間で問題となっている。なお、これら都市近郊の流れのある排水路に発生するユスリカ類は、ほとんどが、セスジユスリカといわれている（井上、1976）。このセスジユスリカ幼虫に対する Altosid® 10 F の生理活性を室内試験で調べた結果、低濃度区（0.001～0.01 ppm）では、蛹から成虫への羽化失敗個体や成虫になっても飛翔できない異常成虫個体の出現割合が対照区より多くみられた。そして 0.01 ppm 以上の濃度では供試幼虫の約半数が蛹までで发育するものの、蛹から成虫になる過程で異常がみられ、多くは蛹の状態で死亡した。これらのことは、すでに蚊類において知られている現象と同様であった。しかし、1 ppm および 10 ppm の濃度区において、幼虫から蛹への変態過程で脱皮異常が多く観察されることは、蚊類の場合と異なり、作用の発現性に両者間で若干の違いがあることを示唆している。

野外の発生地における実際の防除を想定し、終齢幼虫に対し 2 時間浸漬処理を行った結果、IC₅₀ 値は 0.0044 ppm であった。この値は、継続浸漬させた場合の値と大差がなかった。

すでに、湖や池などの止水域に発生するユスリカ類に対する methoprene 製剤の野外防除試験は報告されているが（Mulla *et al.*, 1974, 1976）、セスジユスリカのように流れのある水系に生息する種についての試験は、ほとんど行われていない。しかし、今回の室内試験結果から、低濃度で有効なこと、また短時間の処理でも同様な効果のあることなどを考えると、流水条件下でのユスリカの防除が可能であると考えられる。

なお、実際に、野外試験を行った結果、methoprene 濃度が 0.59 ppm となるような Altosid® 10 F の処理は、1 カ月にわたってセスジユスリカの蛹の羽化を抑制することが明らかとなった。薬剤処理した排水路に生息する幼虫は同一齢期でないこと、また水路の中央部では秒速 18 cm の流れがあり、散布薬剤の大部分は、2 時間

以内には下流に流れると考えると、長時間効果が持続することは、Altosid® 10 F の有効薬量とその処理水域水中に何らかの形で残存しているためと考えられる。

Altosid® 10 F は、methoprene を活性炭に吸着させ、それを水中で徐々に放出させる製剤で、かなり、活性炭に吸着された状態で排水路中のヘドロなどに付着することが推察される。

この現象は、アカイエカの防除試験で、散布水域のスカムにも付着していて効力がみられることが知られており（亀井ら、未発表）、これと同様な現象とみなされるが、この点については、今後さらに検討する必要がある。

今回の野外試験水路には、セスジユスリカのみならず *Chironomus* sp. も生息していたため、調査時には、両種を区別しなかった。処理後、両種の成虫発生がほとんどないことから、Altosid® 10 F は *C. sp.* に対しても有効と推察された。

ユスリカの発生水域は、比較的溶存酸素も高く、他の生物も多く生息しているので（松崎、1976）、防除薬剤の選定にあたっては十分配慮しなければならない。この点で、methoprene とその徐放製剤 Altosid® 10 F は、魚類や非標的生物に対し影響の少ないこと、（Ellgaard *et al.*, 1979; Madder and Lockhart, 1978）、上流で処理した場合においても、処理区域以外の下流でも有効なこと、従来の殺虫剤と作用機作をまったく異にし、昆虫類に選択的に作用するなど、特徴あるものであり、本邦の都市近郊に多発しているユスリカ類の防除にも、十分適用ができるものと考えられる。

要 約

methoprene およびその徐放製剤 Altosid® 10 F のセスジユスリカ終齢幼虫に対する生理活性を室内試験で調べた。

その結果、すでに蚊類で報告されていると同様な幼若ホルモン様活性（蛹死亡、羽化失敗成虫、および異常

成虫の出現)が認められ, IC_{50} 値は, methoprene および Altosid® 10 F で, それぞれ, 0.00065 ppm と 0.0025 ppm であった. また今回の試験では, 高濃度で, 幼虫から蛹への脱皮失敗個体が高い割合で認められた.

セスジユスリカは, 一般に流水下に生息していることから, Altosid® 10 F にこの終齢幼虫を2時間だけ浸漬する条件で試験した. この場合の IC_{50} 値は 0.0044 ppm で, 上述の継続浸漬の結果とほぼ同じであるから, この薬剤は, 短時間の接触でもセスジユスリカに対し有効であることが認められた.

また, セスジユスリカおよび *Chironomus* sp. が多発している徳島市内の排水路において, Altosid® 10 F の 0.59 ppm の濃度で野外試験を行った結果, 処理後1カ月間, 散布水域の蛹の羽化を100%阻害したことから, 実際のユスリカ類の防除に十分利用できるものと考えられる.

本稿を終えるに当たり, 野外試験にご協力いただいた, 徳島市衛生課の関係職員各位, ユスリカの同定の労をわずらわした国立公害研究所菅谷芳雄氏, 有益なご助言をいただいた国立公害研究所生物環境部安野正之博士, また, 文献についてご教示いただいた東京大学農学部池庄司敏明博士に心から感謝する.

引用文献

- Barber, J. T., E. G. Ellgaard and R. J. Castagno (1978): Crustacean moulting in the presence of Altosid® SR-10. *Mosq. News*, **38**(3): 417-418.
- 武衛和雄, 伊藤寿美代, 山田 敬, 蒲生信一, 加藤雅章(1975): 幼若ホルモン類似体 methoprene の蚊に対する効果. *衛生動物*, **26**(2, 3): 105-111.
- Ellgaard, E. G., J. T. Barber, S. C. Tiwari and A. L. Friend (1979): Analysis of the swimming behavior of fish exposed to the insect growth regulators, methoprene and diflubenzuron. *Mosq. News*, **39**(2): 311-314.
- Henrick, C. A., G. B. Staal and J. B. Siddall (1973): Alkyl 3, 7, 11-trimethyl-2, 4-dodecadienoates, a new class of potent insect growth regulators with juvenile hormone activity. *J. Agric. Food Chem.*, **21**(3): 354-359.
- 井上義郷(1976): 水域環境の変化とユスリカ. 遺伝, **30**(8): 25-31.
- 井上義郷, 三原 実(1975): 我が国における不快昆虫としてのユスリカに関する研究 1. モデル実験による数種有機燐殺虫剤のセスジユスリカ終齢幼虫に対する効力評価. *衛生動物*, **26**: 135-138.
- Madder, D. J. and W. L. Lockhart (1978): A preliminary study of the effects of diflubenzuron and methoprene on rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **20**: 66-70.
- 松崎沙和子(1976): 紙業廃液とユスリカ異常発生について. *衛生動物*, **27**: 69.
- Miura, T. and R. M. Takahashi (1973): Insect developmental inhibitors. 3. Effects on nontarget aquatic organisms. *J. Econ. Entomol.*, **66**(4): 917-922.
- Mulla, M. S., W. L. Kramer and D. R. Barnard (1976): Insect growth regulators for control of Chironomid midges in residential-recreational lakes. *J. Econ. Entomol.*, **69**(2): 285-291.
- Mulla, M. S., R. L. Norland, T. Ikeshoji and W. L. Kramer (1974): Insect growth regulators for the control of aquatic midges. *J. Econ. Entomol.*, **67**(2): 165-170.
- Norland, R. L. and M. S. Mulla (1975): Impact of altosid on selected members of an aquatic ecosystem. *Environ. Entomol.*, **4**(1): 145-152.
- 佐藤英毅, 安野正之(1979): 数種ユスリカの殺虫剤感受性試験. *衛生動物*, **30**: 361-366.
- 関口禎憲, 大山 徹, 楠本久雄, 谷本利雄, 中川真次, 原田耕三, 辻本修一(1978): 都市河川におけるセスジユスリカ群 (*Chironomus yoshimatsui*) に対する年間制御基準への一試行について. *衛生動物*, **29**: 76.
- Spielman, A. and C. M. Williams (1966): Lethal effects of synthetic juvenile hormone on larvae of the yellow fever mosquito, *Aedes aegypti*. *Science*, **154**: 1043-1044.
- 田原雄一郎, 松永秀子, 佐藤淳夫(1978): 都市河川におけるセスジユスリカの薬剤防除, とくに有効水域と流失幼虫の生死について. *衛生動物*, **29**: 87-91.

Summary

The biological activity of methoprene (Isopropyl (2E, 4E)-11-methoxy-3, 7, 11-trimethyl-2, 4-dodecadienoate) and its slow-release formulation, Altosid® 10 F which contains 10 % methoprene, were evaluated against the chironomid midge, *Chironomus yoshimatsui* Martin et Sublette in both the laboratory and the field.

The biological effects of Altosid® 10 F on *C. yoshimatsui* were similar to those on mosquitoes, resulting in pupal death, failure of emergence and abnormal adults. However, it was a unique phenomenon that pupation was inhibited at higher concentrations in chironomids as compared with mosquitoes. The IC_{50} values of methoprene and Altosid® 10 F to the last instar larvae of *C. yoshimatsui* were 0.00065 ppm and 0.0025 ppm, respectively.

As *C. yoshimatsui* larvae inhabit flowing water in drains, a test with short exposure to Altosid®

10 F was undertaken. The IC_{50} value under 2-hr exposure to Altosid® 10F was 0.0044 ppm.

The field test was conducted during autumn, 1980, against natural populations of *C. yoshimatsui* and *Chironomus* sp. in a Tokushima City drain. The concentration of Altosid® 10 F was 0.59 ppm of active ingredient/flowing water volume

in the drain during treatment time. Then, after Altosid® 10 F was diluted 200-fold with water, the solution was poured into the upper course of the drain for 15 min. It was effective for a long period; neither *C. yoshimatsui* nor *Chironomus* sp. emerged for more than 30 days.