セスジユスリカ (*Chironomus yoshimatsui*) における 殺虫剤感受性の種内変異

菅 谷 芳 雄

国立環境研究所 (〒305 茨城県つくば市小野川 16-2)

(受領: 1997 年 7 月 10 日; 登載決定: 1997 年 8 月 15 日)

Intra-specific variations of the susceptibility to insecticides in *Chironomus yoshimatsui*

Yoshio SUGAYA

National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa,
Tsukuba, Ibaraki, 305 Japan

(Received: 10 July 1997; Accepted: 15 August 1997)

Key words: *Chironomus yoshimatsui*, insecticide, susceptibility, resistance, intra-specific variation

Abstract: Toxicities of four insecticides, fenitrothion, fenthion, ethofenprox and fenobucarb, to *Chironomus yoshimatsui* fourth and first instar larvae collected at 8 localities in Japan were investigated. The population collected in Yumoto Nikko-shi Tochigi-ken, was most sensitive to all insecticides and seems to be a wild type. The other populations had acquired resistance to insecticides; their LC_{50} s rose several tenfold to several hundredfold. Sensitivity depended on the age of larvae; first instars were always more sensitive than fourth instars, although the difference was always less than several tenfold.

緒 言

セスジユスリカ *Chironomus yoshimatsui* Martin et Sublette, 1972 は富栄養化した緩やかな流水を好み、都市域では河川や排水溝に大量に発生し (井上・三原, 1973; 田原, 1975; 田原ら, 1978; 森川ら, 1990), 不快昆虫として問題となっている。そのような地域ではユスリカ防除のために繰り返し殺虫剤が散布されており, そのため神田川 (東京都文京区) および善福寺川 (東京都杉並区) の個体群が有機リン系殺虫剤に対して抵抗性を獲得した (大野・岡本, 1980)。また地方都市である茨城県土浦市荒川沖産の個体群も有機リン系殺虫剤である fenitrothion に対する感受性は低く (佐藤・安野, 1979), さらに田原 (1985a, b) は全国 10 河川から同幼虫を採取し感受性試験を行い, 有機リン系殺虫剤

の fenthion および temephos に対して東京都内の河川の個体群が感受性系統に比べて 10 倍以上の抵抗性を示したと報告した。また, 森川ら (1990) は愛媛県松山市宮前川における 1978 年から 13 年間の薬剤散布とセスジユスリカの抵抗性の関係を検討し, 初期に使用された有機リン剤の temephos に対しては散布するようになって 3 年後には抵抗性を獲得したと述べている。

一方, セスジユスリカの分布は田園地域にも広がっており, 不快昆虫としては問題にならないものの, やはり水田等から流出する農業用殺虫剤に暴露されている (Hatakeyama *et al.*, 1991; Iwakuma *et al.*, 1993)。そのため, 田園地域の個体群にも抵抗性が発現するおそれがある。

筆者は都市域・田園地域の両方から採集したセスジユスリカ幼虫の 4 種類の殺虫剤に対する感受性試験を行

Table 1. Chironomid larvae sampling sites.

Site/population name	Locality	Habitat	Remarks
湯 元 (Yumoto)	Yumoto, Nikko-shi, Tochigi	waste water ditch	waste water and rain water
荒川沖 (Arakawaoki)	Arakawaoki, Tsuchiura-shi, Ibaraki	ditch along the road	waste water and rain water
乙戸川 (Otto R.)	Ushiku-shi, Ibaraki	creek surrounding rice field	water from rice field
栗 原 (Kurihara)	Kurihara, Tsukuba-shi, Ibaraki	drainage	water from rice field
本 郷 (Hongo)	Arakawahongo, Ami-machi, Ibaraki	ditch	domestic waste water and rain water
石 岡 (Ishioka)	Sanno, Ishioka-shi, Ibaraki	drainage	domestic waste water and rain water
小桜川 (Kozakura R.)	Yasato-machi, Ibaraki	creek by rice fields	river water and drainage from rice field
宮前川 (Miyamae R.)	Matsuyama-shi, Ehime	drainage from a waste water treatment plant	treated waste water, received insecticide spraying in a few times a year

い、得られた LC_{50} 値で、抵抗性獲得による感受性の変化について検討したのでここに報告する。

材料および方法

本研究において感受性試験を行ったのは、いずれも現在広く普及している殺虫剤で、有機リン系の fenitrothion, fenthion, 合成ピレスロイドの ethofenprox およびカーバメイト系の fenobucarb の 4 種類である。殺虫剤はすべて和光純薬(株)より純品を購入し、エチルアルコールに溶解したものをを用い、暴露時にはエチルアルコール濃度を 0.01% となるよう試験水に加えた。材料として用いたセスジユスリカ幼虫は、1992～1994 年にかけて Table 1 に示す 8 ヶ所で採集したものである。ユスリカ幼虫は小型の柄付きネットで底泥ごと採取し、直ちに実験室に持ち帰り泥からユスリカ幼虫を駒込ピペットで拾い出し人工軟水に移した。拾い出したユスリカ幼虫の内から頭部の大きさから判断して 4 齢（終齢）幼虫だけを選び出し、人工軟水に入れ一晩放置した後、試験に供した。ただし、蛹化直前の個体を避けるため、やや小さめの個体だけを用いた。さらに卵塊も採取できた乙戸川と栗原および実験室で繁殖飼育している湯元については 1 齢幼虫の試験を行った。1 齢幼虫はすべて孵化直後のものを使用した。

感受性試験は 23℃ に空調された部屋で行い、ガラスビーカーに十分曝気した人工軟水 100 ml をとり、駒込ピペットで 1 容器当たり 4 齢幼虫は 5 個体、1 齢幼虫では 10 個体ずつ入れた。それぞれの薬剤濃度は予備試験を行い決定し、各濃度区 4～6 の繰返し、濃度段階はエチルアルコール添加のみの対照区を含め 7 区を設

定した。生死の観察は 24 時間後と 48 時間後の 2 回行い、その間に試験水の交換は行わなかったし、餌も与えなかった。なお、この試験は各産地・各齢とも複数回行った。

生死判定

対照区のユスリカ幼虫は暴露前と形態的な変化はまったく見られず動きも活発で、容器底面や側面に接している場合は摂食行動、体を波状にゆらす行動、ときおり水中を遊泳する行動をとり、有柄針で触ると体をそらす逃避行動をとるが、殺虫剤に暴露されるとユスリカ幼虫は死亡する前段階でさまざまな症状を呈することが予備的な試験でわかった。症状を類型化すると 4 齢幼虫の場合、1) 動きが緩慢となり、体をくねらせて泳ぐことをしなくなる、2) 逃避行動をとらない、3) 体が萎縮し、体色が暗赤色となる、4) 痙攣様以外の動きがなくなり、体の一部が淡緑色となる（部分的な壊死）、5) 全く動きが見られず体から赤色の色素が抜ける（死亡）となる。本報告では、上記のそれぞれの症状の個体を清水に戻してもすべての個体がやがては死亡した 3) 以降の症状を 4 齢幼虫、1 齢幼虫とも死亡とみなした。なお、観察は 4 齢幼虫は目視で、1 齢幼虫は実体顕微鏡を用いて行った。

生死判定を行った試験結果は(株) Yukms 製、統計処理ソフトを用いて LC_{50} 値、その 95% 信頼範囲、回帰式の傾きをプロビット法で算出した。さらに、複数回の試験に対応してそれぞれの値の平均値を求めた。

Table 2. Toxicity of insecticides (LC₅₀ in ppb) to *Chironomus yoshimatsui* fourth instar larvae collected at different localities.

Locality	Exposure in hours	Fenitrothion	Fenthion	Ethofenprox	Fenobucarb
Yumoto	24	13.4 (8.9–18.3)	13.7 (9.4–12.0)	3.4 (2.4–4.2)	235 (186–295)
		2.43	3.33	4.69	3.98
	48	7.6 (3.7–11.1)	8.0 (4.7–10.1)	2.7 (1.9–3.2)	142 (105–238)
Arakawaoki	24	1.98	3.26	4.99	4.17
		5,610 (3,820–7,700)	865 (520–1,270)	48 (23–82)	>10,000
	48	2.21	2.01	2.09	>10,000
Otto R.	24	3,140 (2,810–3,928)	165 (120–236)	14 (8.9–17)	3,880 (2,970–4,910)
		3.25	2.34	2.88	3.11
	48	2,530 (1,73–2,920)	1,360 (1,140–1,650)	52 (24–69)	>10,000
Kurihara	24	1.92	8.70	2.19	>10,000
		1,640 (1,160–2,280)	805 (583–1,060)	20 (11–28)	5,680 (4,150–7,600)
	48	2.05	2.78	2.68	2.93
Hongo	24	>8,000	1,260 (958–2,774)	24 (18–30)	>10,000
		5.70	3.50	4.86	>10,000
	48	5,070 (4,420–6,590)	674 (430–1,770)	8.1 (6.1–11)	7,000 (5,670–9,390)
Ishioka	24	1.99	1.72	4.71	4.47
		6,910 (3,010–10,300)	1,300 (880–2,860)	>200	>10,000
	48	2.89	1.72	>200	>10,000
Kozakura R.	24	4,630 (4,190–5,140)	672 (440–914)	120 (99–147)	8,330 (6,450–12,100)
		10.8	2.65	4.54	4.19
	48	5,100 (3,630–7,090)	392 (170–753)	112 (79–150)	8,110 (6,100–11,900)
Miyamae R.	24	1.69	2.09	3.01	4.02
		3,320 (2,880–3,860)	91 (70–122)	35 (30–40)	4,060 (3,080–4,580)
	48	6.58	4.64	4.21	7.86
Miyamae R.	24	3,140 (2,280–5,190)	170 (150–202)	56 (47–69)	8,420 (7,430–11,500)
		2.59	7.11	3.69	7.80
	48	1,710 (1,160–2,380)	79 (35–106)	59 (38–61)	5,720 (4,740–6,990)
Miyamae R.	24	3.19	2.98	3.47	4.32
		6,480 (5,970–7,180)	362 (257–474)	12 (0.5–27)	>10,000
	48	11.7	3.92	1.61	>10,000
Miyamae R.	48	3,720 (3,230–4,110)	337 (292–404)	4.9 (4.3–5.9)	6,760 (5,250–12,300)
		9.59	5.36	7.52	7.84

The 95% confidence interval is in parentheses and the slope of the regression is below.

結 果

4 齢幼虫の殺虫剤に対する LC₅₀ 値は、有機リン系の 2 種類 fenitrothion および fenthion では湯元が際だって低く、他の 7 地点ではかなり高かった (Table 2). fenitrothion に対しては湯元産が 24 h LC₅₀ (24 時間後の LC₅₀), 48 h LC₅₀ (48 時間後の LC₅₀) 値がそれぞれ 13.4, 7.6 ppb であったのに対し、他の産地ではそれぞれ 2,530~>8,000 および 1,640~5,070 ppb でこれらの差は 190~約 600 倍以上、220~670 倍であった。fenthion に対しても湯元産では 24 h LC₅₀ が 13.7 ppb, 48 h LC₅₀ が 8.0 ppb と最も低かったがその他の産地では、170~1,360 および 79~805 ppb で差は 12~99 倍および 9.9~101 倍であった。

カーバメート系の fenobucarb に対しては前 2 種の薬剤に比べて全体に殺虫作用は弱く、湯元産でもその 24 h LC₅₀ および 48 h LC₅₀ 値はそれぞれ 235 および 142 ppb であった。一方、湯元以外ではそれぞれ 8,110 ppb 以上、3,880 ppb 以上と極めて高い値を示し、これらの差は 35 倍以上、および 27 倍以上であった。なお、本薬剤に対しては最高暴露濃度は 10,000 ppb でこれ以上の暴露は行わなかったためいくつかの産地のものでは LC₅₀ 値を求められなかった。

合成ピレスロイド系の ethofenprox に対しても湯元産の 24 h LC₅₀, 48 h LC₅₀ 値はそれぞれ、3.4 および 2.7 ppb と最も低く、これに宮前川産の 12 および 4.9 ppb が続いた。逆に最も LC₅₀ 値が高かったのは本郷産 (茨城県阿見町) で 24 h LC₅₀ は 200 ppb 以上、48 h

Table 3. Toxicity of insecticides (LC₅₀ in ppb) to *Chironomus yoshimatsui* first instar larvae collected at different localities.

Locality	Exposure in hours	Fenitrothion	Fenthion	Ethofenprox	Fenobucarb
Yumoto	24	1.8 (1.4–2.4) 2.24	1.8 (1.6–2.0) 2.41	2.0 (1.8–2.3) 2.33	174 (148–211) 3.47
	48	1.0 (0.8–1.7) 2.54	1.3 (1.2–1.5) 2.44	1.1 (0.9–1.3) 4.48	122 (112–135) 4.58
Otto R.	24	2,620 (2,380–2,900) 2.05	23.2 (17.7–29.3) 1.37	8.6 (5.9–11.9) 1.39	4,290 (4,080–4,530) 3.14
	48	546 (469–618) 3.06	9.7 (5.4–14.0) 1.64	1.6 (1.0–2.3) 2.05	2,220 (1,990–2,480) 3.81
Kurihara	24	4,020 (3,233–5,210) 1.76	24.2 (3.0–47.0) 0.76	12.6 (9.9–16.0) 2.71	2,030 (1,570–2,560) 1.82
	48	992 (468–1,450) 1.76	20.8 (15.2–26.3) 1.40	0.84 (0.55–2.4) 1.77	1,980 (1,570–2,420) 2.64

The 95% confidence interval is in parentheses and the slope of the regression is below.

Table 4. The difference in susceptibilities between first and fourth instar larvae of *Chironomus yoshimatsui*.

Locality	Exposure in hours	Fenitrothion	Fenthion	Ethofenprox	Fenobucarb
Yumoto	24	7.4	7.6	1.7	1.4
	48	7.6	6.2	2.5	1.2
Otto R.	24	0.97	59	6.0	>2.3
	48	3.0	83	13	2.6
Kurihara	24	>2.0	52	1.9	>4.9
	48	5.1	32	9.6	3.5

Numerals show ratios of LC₅₀ of fourth instars divided by those of first instars.

LC₅₀ は 120 ppb であった。他の産地はこれらの中間の値をとったが石岡、小桜川産の LC₅₀ 値が比較的高かった。

1 齢幼虫の殺虫剤に対する LC₅₀ 値を湯元、乙戸川および栗原の 3 地点について求めた (Table 3)。湯元産の fenitrothion に対する 24 h LC₅₀ 値は 1.8 ppb, 48 h LC₅₀ 値は 1.0 ppb であり最もその値が低かった。一方、乙戸川産の 24 h LC₅₀ 値は 2,620 ppb, 48 h LC₅₀ 値は 546 ppb であり湯元産との差はそれぞれ 1,460 倍, 546 倍に達し、湯元と栗原産の差はさらに大きく 2,230 倍, 992 倍であった。fenthion に対しては湯元産では fenitrothion と同程度の LC₅₀ 値であったが、乙戸川産、栗原産とも fenitrothion ほどの差はないものの湯元産の 24 h LC₅₀ 値で 13 倍程度, 48 h LC₅₀ 値で 7.5~16 倍であった。fenobucarb についても湯元産の 24 h LC₅₀ 値および 48 h LC₅₀ 値がそれぞれ 174, 122 ppb であり乙戸川産、栗原産との差は 24 h LC₅₀ 値で 12~25 倍, 48 h LC₅₀ 値で 16~18 倍であった。ところが、ethofenprox に対する感受性は少なくとも 48 h LC₅₀ で比較す

る限り湯元産、乙戸川産および栗原産の間に大きな差はなく、それぞれ 1.1, 1.6 および 0.84 ppb であった。24 h LC₅₀ の比較では湯元産が 2.0 ppb で最も低かった。

1 齢幼虫と 4 齢幼虫の LC₅₀ 値を比較すると、乙戸川産の fenitrothion の 24 h LC₅₀ 値だけが 4 齢幼虫のそれよりわずかに高かったが、これは生死の判断が 1 齢幼虫では 24 時間後という時点が死に至る途中の微妙な時期であるための実験誤差と考えられ、この例を除けばどの薬剤に対しても 1 齢幼虫の LC₅₀ 値は 4 齢幼虫のそれよりより高かった。その差は感受性の高い湯元産では fenitrothion, fenthion については 4 齢幼虫は 1 齢幼虫の 6~7 倍, fenobucarb と ethofenprox に対しては 1-2 倍高かった。fenthion に対してはこの殺虫剤に抵抗性の乙戸川産、栗原産ではこれら幼虫の齢期の間の LC₅₀ 値の差が 32~83 倍と極端に大きかった (Table 4)。

考 察

大量発生したユスリカを殺虫剤を用いて駆除する試み

は古くから行われ (Lieux and Mulrennan, 1956; Grodhaus, 1975), そして殺虫剤に暴露されたユスリカ個体群が比較的短期間に感受性を低下させることが知られている (Ali and Mulla, 1978). 栃木県日光市湯元で採取されたセスジユスリカの殺虫剤感受性は, 他のどの地域から報告されたもの (田原, 1975, 1985a, b; 佐藤・安野, 1979; 森川ら, 1990) より感受性が高かった. 有機リン殺虫剤が比較的早期からセスジユスリカの駆除のために用いられ, その当時は高い駆除効率をあげていたと推測されるが, その時点では薬剤駆除が効率的に行えるだけの感受性を有していたとみることができる. そうであるならば, この湯元産の個体群は本来の感受性を有する集団であると考えられる.

セスジユスリカにおける抵抗性の発達は東京などの都市域での大量発生に続く殺虫剤による駆除に端を発するものであろう. 都市域では 1970 年代はじめには大量発生が問題となっており (井上・三原, 1973), この当時 fenitrothion および fenthion による駆除効率が temephos に比べると著しく悪く (井上・三原, 1975), すでに抵抗性を獲得していたと考えられる. 田原 (1975) はこの時期すでに岐阜県大垣市でセスジユスリカの大量発生があり薬剤による駆除を検討し, temephos を用いて高い駆除効率をあげようと述べている. 大垣市におけるこの時期の fenitrothion や fenthion に対する感受性は明らかではないが, 同じ地方都市である茨城県土浦市荒川沖 (本報告の荒川沖産と同じ地点) の個体群はすでに感受性を低下させており (佐藤・安野, 1979), 抵抗性を獲得した個体群がすでにこの時期広く分布していたと考えられる. 同時期 (1976 年頃から), 愛媛県松山市宮前川ではセスジユスリカが優占するユスリカ類の大発生があり 1978 年から temephos (fenthion を含む) を散布した結果, 3 年後には temephos に対して明らかな抵抗性を生じ (森川ら, 1990), セスジユスリカが次々に複数の有機リン剤に抵抗性を獲得していったことがわかる.

Raymond *et al.* (1992) はアカイエカの抵抗性は突然変異によって生ずるもののこれはまれに起こる現象で, より一般的には抵抗性遺伝子の拡散によると述べているが, セスジユスリカの場合も同様に急速に抵抗性個体群が分布を広げたと考えられる. 本報告では茨城県南部の田園地域の河川・用水路に生息しているセスジユスリカについても感受性試験を行い, 有機リン系 2 種, およびカーバメート系殺虫剤 1 種に対して明らかに抵抗性を獲得していることがわかった. この場合も市街地でそれ以前にすでに抵抗性を獲得していた個体群が移入して定着するようになったと考えられる. 都市部では不快昆

虫として駆除の対象になったために殺虫剤に暴露されたのに対し, この田園地域では農薬として散布されている殺虫剤に暴露されている. その殺虫剤の水中濃度は, 高感受性系統であればセスジユスリカの 4 齢幼虫はともかく, 1 齢幼虫を殺傷するに十分な濃度であると考えられる (Hatakeyama *et al.*, 1991; Iwakuma *et al.*, 1993). このことが, 田園地域におけるセスジユスリカの抵抗性を維持する要因の 1 つとなっていると考えられる. さらに, 本報告では 8 地点だけの調査ではあったが, 高感受性を示したのは湯元系統のみであり, その由来地は農薬もまた全国的に問題となっているマツ枯れ対策としての殺虫剤の空中散布の影響を受けないという点ではごくまれな場所であったといえる.

本報告は最近使用され始めた ethofenprox に対してはどの採集地のものも感受性が比較的高いが, すでに産地によっては 60 倍程度の抵抗性比を示す個体群もあった. 本薬剤は都市河川での使用はまだ限られているが, 水田への施用も認可されており, 茨城県南部においても河川水からは未だ検出されてはいないが実際に使用されている (井上: 私信). 水田に散布された ethofenprox に暴露された結果の抵抗性とみなすことができるが, 現段階では明らかではない.

このようにセスジユスリカ本来の感受性は他の水生昆虫に比べて決して低いものではなかったが, 抵抗性を獲得することにより LC_{50} 値で数百倍になった. 一方, セスジユスリカの感受性は齢によっても決定されるが 4 齢幼虫と 1 齢幼虫を比較しても数倍から数十倍程度の範囲の違いでしかない.

化学物質の生態影響試験にユスリカ幼虫を用いる手法が広く認められている. しかしながら, 本報告が明らかにしたように, 少なくとも殺虫剤の影響を調べるのであれば使用するユスリカは抵抗性を獲得していない系統を用いるべきであり, セスジユスリカの場合, 抵抗性を既に獲得した個体が広く分布しているため, 使用に当たっては事前に感受性試験を行うことが必要である.

摘 要

8 地点から採取したセスジユスリカの 1 齢および終齢幼虫の fenitrothion, fenthion, ethofenprox, および fenobucarb に対する感受性試験を行った. その結果, 栃木県日光市湯元で採取された個体群が最も感受性が高く, 他の 7 地点は一部は ethofenprox を含めてすべてに抵抗性比で数十倍から数百倍もの抵抗性を獲得していた. 殺虫剤感受性は若齢の方が高いがそれは数倍から数十倍の範囲で, 抵抗性獲得の有無が感受性を大きく変化させていた.

謝 辞

本稿を終えるに当たり、本研究を終始ご援助下さった
畠山成久氏、安野正之氏および試験の準備等ご協力頂い
た敷島加世子氏に深謝申し上げます。

引用文献

- Ali, A. and M. S. Mulla (1978) Declining field efficacy of chlorpyrifos against chironomid midges and laboratory evaluation of substitute larvicides. *J. Econ. Entomol.*, **71**: 778-782.
- Grodhaus, G. (1975) Bibliography of chironomid midge nuisance and control. *Calif. Vector Views*, **10**: 71-81.
- Hatakeyama, S., H. Shiraishi and Y. Sugaya (1991) Monitoring of the overall pesticide toxicity of river water to aquatic organisms using a freshwater shrimp, *Paratya compressa improvisa*. *Chemosphere*, **22**: 229-235.
- 井上義郷, 三原 実 (1973) 東京都心部におけるユスリカの大
量発生. 衛生動物, **23**: 315.
- 井上義郷, 三原 実 (1975) 我国における不快害虫としてのユ
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.
- Iwakuma, T., H. Shiraishi, S. Nohara and K. Takamura
(1993) Runoff properties and change in concentrations
of agricultural pesticides in a river system during a rice
cultivation period. *Chemosphere*, **27**: 677-691.
- Lieux, D. D. and J. A. Mulrennan (1956) Investigations of
biology and control of midge in Florida (Diptera: Tendipe-
didae). *Mosq. News*, **16**: 201-204.
- 森川國康, 矢野昭三, 桑田一男, 石川和男, 芝 実 (1990)
松山市宮前川におけるユスリカ発生と防除の変遷. 松山東雲
短期大学研究論文集, **21**: 175-193.
- 大野正彦, 岡本 寛 (1980) 神田川水系のセスジユスリカ終齢
幼虫の2種有機リン殺虫剤に対する感受性. 都衛研年報, **31**:
261-264.
- Raymond, M., M. Marquine and N. Pasteur (1992) Role of
mutation and migration in the evolution of insecticide re-
sistance in the mosquito *Culex pipiens*. In "Resistance '91:
Achievements and Developments in Combating Pesticide Re-
sistance. 1991" (ed., Denholm I., A. L. Devonshire and D.
W. Hollomon), pp. 19-27, Elsevier Sci. Pub. Ltd., London.
- 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.
- 田原雄一郎 (1975) 都市河川の汚染とセスジユスリカ的大量発
生ならびに薬剤防除の試み. 衛生動物, **26**: 247-251.
- 田原雄一郎 (1985a) 不快害虫としてのユスリカの化学的防除に
関する研究. 1. セスジユスリカの幼虫の各種有機燐剤に対す
る感受性試験成績. 衛生動物, **36**: 289-294.
- 田原雄一郎 (1985b) 不快害虫としてのユスリカの化学的防除に
関する研究. 3. 3種有機燐殺虫剤に対するセスジユスリカ
の幼虫の感受性と chlorpyrifos-methyl 水和剤による駆除試験.
衛生動物, **36**: 303-308.
- 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, 特に有効水域と流出幼虫の生死に
ついて. 衛生動物, **29**: 87-91.