[衛生動物 Vol. 43 No. 4 p. 331-336 1992]

沖縄県各地のヒトスジシマカ *Aedes albopictus*

幼虫の殺虫剤感受性について

當間 孝子* 宮城 一郎*,**

知念 高子* 畠添 日佐子*

* 琉球大学医学部保健学科 (〒903-01 沖縄県西原町上原 207)

** 琉球大学医学部地域医療センター (903-01 沖縄県西原町上原 207)

(受領: 1992年6月26日)

Insecticidal susceptibilities of *Aedes albopictus* larvae in different islands of Okinawa Prefecture, Japan

Takako TOMA,* Ichiro MIYAGI,*,** Takako CHINEN*
and Hisako HATAZOE*

* Laboratory of Medical Zoology, School of Health Sciences, Faculty of Medicine, University of the Ryukyus, Nishihara, Okinawa 903-01, Japan

** Research Center of Comprehensive Medicine, Faculty of Medicine, University of the Ryukyus, Nishihara, Okinawa 903-01, Japan

Key words: *Aedes albopictus*, mosquito, insecticides, susceptibility, Okinawa Prefecture.

はじめに

近年、コガタアカイエカ *Culex tritaeniorhynchus* の有機燐系殺虫剤（以下有機燐剤と略称）に対する抵抗性の発達が各地で報告され（上村・丸山, 1983; 安富ら, 1986; Yasutomi and Takahashi, 1987; 安富・高橋, 1989）, 全国的に問題になっている。しかし、住宅地周辺の小さな水溜りに発生するヒトスジシマカ *Aedes albopictus* の殺虫剤に対する感受性試験は少なく、池庄司ら（1958）, 高橋ら（1985）, Suzuki and Mizutani（1962）による報告がある程度である。沖縄のヒトスジシマカについては最近、Wesson（1990）によって報告されているが、一地域のための個体群に対する有機燐剤5種の効力についての報告である。著者らは沖縄県各島のヒトスジシマカの有機燐剤, 有機燐剤, カーバメイト剤, およびピレスロイド剤の各種殺虫剤に対する感受性を比較検討したので報告する。

材料と方法

供試昆虫

Table 1 に示した7地域で幼虫または成虫を採集し、室内で累代飼育を行った F₁~F₅ 世代の幼虫を供試した。

供試薬剤

有機燐素剤として *p*, *p'*-DDT, 有機燐剤として malathion, fenitrothion, dichlorvos, fenthion, diazinon, temefos, bromofos, および trichlorfon, カーバメイト剤として propoxur, ピレスロイド剤として permethrin の計11種の殺虫剤をエタノールに溶かして供試薬剤の原液とした。エタノールに溶かした原液の濃度はおのこの殺虫剤の純度に応じて算出した。なお、diazinon, fenthion, temefos の3薬剤については沖縄島の供試蚊についてのみ感受性を調べた。

実験方法

高さ4.5 cm, 容量200 ml のプラスチックカップに蒸留水149.8 ml と4齢幼虫25個体を入れ、エタノールに

溶かした原液をさらにエタノールで倍々希釈し、その希釈液 0.2 ml を加え、所定濃度になるようにした。その後、 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ の温度条件に 24 時間置き、死亡個体数を調べた。なお、殺虫剤が 0.2 ml に溶解しない場合は 0.6 ml までエタノール量を増やし、増えた分蒸留水量を減らした。各濃度ごとに 4～5 回実験を繰り返して平均死亡率を算出し、対数濃度と死亡率（プロビット値）の回帰直線式を求め、 LC_{50} 値を算出した。また、無処理対照区を設け、死亡個体があった場合の補正も行った。

結 果

沖縄県各地のヒトスジシマカの 4 齢幼虫の p, p' -DDT に対する LC_{50} 値と 95 % 信頼限界、濃度（対数）と致死率（プロビット値）の回帰直線式の傾斜値を Table 2 に示した。 p, p' -DDT に対して最も高い LC_{50} 値を示したのは西表島産のヒトスジシマカ 0.855 ppm であり、ついで高い値を示したのは石垣島産の 0.210 ppm であった。

malathion と fenitrothion に対する LC_{50} 値を Table 3 に示した。malathion に対して最も高い LC_{50} 値を示したのは粟国島産 (0.211 ppm) で、最も低い LC_{50} 値を示したのは宮古島の 0.046 ppm であった。粟国島と沖縄、宮古、西表、南大東各島間には有意差がみられた。

fenitrothion に対して最も高い LC_{50} 値を示したのは南大東島産 (0.0319 ppm) で、最も低い値を示したのは沖縄島産 (0.0035 ppm) で、その割合は沖縄島産の 9.1 倍であった。粟国、宮古、石垣、与那国、南大東の各島の LC_{50} 値は沖縄島のものと有意差がみられた。

dichlorvos に対する LC_{50} 値は、0.029 (西表島産)～0.044 (宮古島産) で西表島と宮古島間には有意差がみられたが、他の島間には差がみられなかった (Table 4)。

trichlorfon に対する各島の LC_{50} 値は 0.232～0.516

Table 1 *Aedes albopictus* used for test of insecticidal susceptibilities.

Locality	Date and stage collected*
Urasoe, Okinawajima	Apr., 1989, A
Higashi, Agunijima	Apr., 1989, L
Hirara, Miyakojima	Nov., 1989, L
Husaki, Ishigakijima	June, 1989, L
Hoshitate, Iriomotejima	Oct., 1988, L
Sonai, Yonagunijima	July, 1989, L
Zaisho, Minamidaitojima	July, 1989, L

* A, adult ; L, larva.

ppm であった。最も低い値を示したのは粟国島産で、高い値を示したのは宮古島産であった。各地の LC_{50} 値は低い値を示した粟国島産の 1.4～2.2 倍であった (Table 4)。

diazinon, fenthion, temefos に対する沖縄島の LC_{50} 値はそれぞれ 0.163, 0.0055, 0.011 ppm であった (Table 5)。

bromofos に対しては各島間に差異はみられず 0.019～0.036 ppm であった (Table 5)。

propoxur に対する LC_{50} 値を Table 6 に示した。 LC_{50} 値は 4.922 ppm (沖縄島産) から 2.563 ppm (粟国島産) の間で、各地で差はみられなかった (Table 6)。

permethrin に対する LC_{50} 値は低く、0.0039 (宮古島産)～0.0092 ppm (与那国産) であった。与那国、南大東島と沖縄島間には有意差がみられた (Table 6)。

考 察

p, p' -DDT に対して今回調査した地域で最も高い LC_{50} 値を示したヒトスジシマカは西表島産 (0.855 ppm) であった。この値はこれまでに報告された最も高

Table 2 LC_{50} values and regression slope of p, p' -DDT for 4th-instar larvae of *Ae. albopictus* collected in Okinawa Prefecture.

Locality	LC_{50} (ppm)	95% fiducial limit (ppm)	Slope	Ratio*
Okinawajima	0.119	0.066-0.214	3.752	2.1
Agunijima	0.131	0.087-0.197	2.758	2.3
Miyakojima	0.141	0.043-0.455	3.657	2.5
Ishigakijima	0.210	0.030-1.454	2.196	3.7
Iriomotejima	0.855	0.202-3.616	1.613	15.0
Yonagunijima	0.057	0.002-1.482	1.315	1.0
Minamidaitojima	0.067	0.017-0.267	3.719	1.2

* Ratio was calculated from LC_{50} value of Yonagunijima (the smallest value in Okinawa Prefecture).

Table 3 LC₅₀ values and regression slope of malathion and fenitrothion for 4th-instar larvae of *Ae. albopictus* collected in Okinawa Prefecture.

Locality	LC ₅₀ (ppm)	95% fiducial limit (ppm)	Slope	Ratio*
Malathion				
Okinawajima	0.072	0.061-0.085	4.527	1.6
Agunijima	0.211	0.164-0.273	4.439	4.6
Miyakojima	0.046	0.020-0.104	3.404	1.0
Ishigakijima	0.167	0.075-0.370	4.735	3.6
Iriomotejima	0.066	0.039-0.113	4.006	1.4
Yonagunijima	0.136	0.056-0.332	4.200	3.0
Minamidaitojima	0.081	0.054-0.123	5.513	1.8
Fenitrothion				
Okinawajima	0.0035	0.0020-0.0061	5.5406	1.0
Agunijima	0.0156	0.0094-0.0260	5.6217	4.5
Miyakojima	0.0220	0.0116-0.0421	5.5523	6.3
Ishigakijima	0.0236	0.0114-0.0487	5.2439	6.7
Iriomotejima	0.0054	0.0020-0.0152	4.4981	1.5
Yonagunijima	0.0146	0.0073-0.0293	4.2495	4.2
Minamidaitojima	0.0319	0.0141-0.0723	6.3318	9.1

* Ratio was calculated from LC₅₀ value for a strain indicated the smallest value in Okinawa Prefecture.

Table 4 LC₅₀ values and regression slope of DDVP and trichlorfon for 4th-instar larvae of *Ae. albopictus* collected in Okinawa Prefecture.

Locality	LC ₅₀ (ppm)	95% fiducial limit (ppm)	Slope	Ratio*
Dichlorvos				
Okinawajima	0.042	0.027-0.065	6.497	1.4
Agunijima	0.038	0.029-0.050	10.681	1.3
Miyakojima	0.044	0.036-0.054	8.262	1.5
Ishigakijima	0.031	0.024-0.040	6.578	1.1
Iriomotejima	0.029	0.027-0.032	8.295	1.0
Yonagunijima	0.040	0.022-0.074	9.022	1.4
Minamidaitojima	0.037	0.018-0.077	10.229	1.3
Trichlorfon				
Okinawajima	0.378	0.146-0.978	5.852	1.6
Agunijima	0.232	0.144-0.374	7.999	1.0
Miyakojima	0.516	0.377-0.706	7.014	2.2
Ishigakijima	0.403	0.265-0.613	8.302	1.7
Iriomotejima	0.456	0.353-0.590	6.037	2.0
Yonagunijima	0.331	0.249-0.440	7.575	1.4
Minamidaitojima	0.425	0.325-0.555	8.915	1.8

* Ratio was calculated from LC₅₀ value for a strain indicated the smallest value in Okinawa Prefecture.

い値で、東京産（高橋ら，1985）の 0.030 ppm に比べて 28.5 倍で、また、第二次世界大戦後の米軍進駐以後 1953 年日本返還までの間 DDT 空中散布が行われた奄

美大島産の LC₅₀ 値 0.250 ppm（池庄司ら，1958）の 3.4 倍であった。さらに、これまでの最小値である 1960 年の長崎産（0.017 ppm）（Suzuki and Mizutani, 1962）

Table 5 LC₅₀ values and regression slope of diazinon, fenthion, temefos and bromofos for 4th-instar larvae of *Ae.albopictus* collected in Okinawa Prefecture.

Locality	LC ₅₀ (ppm)	95% fiducial limit (ppm)	Slope	Ratio*
Diazinon				
Okinawajima	0.163	0.114-0.233	6.829	—
Fenthion				
Okinawajima	0.0055	0.0039-0.0075	9.1254	—
Temefos				
Okinawajima	0.011	0.009-0.013	8.495	—
Bromofos				
Okinawajima	0.030	0.016-0.056	8.701	1.6
Agunijima	0.022	0.015-0.032	7.163	1.2
Miyakojima	0.034	0.019-0.061	5.893	1.8
Ishigakijima	0.036	0.020-0.063	7.853	1.9
Iriomotejima	0.019	0.012-0.032	5.659	1.0
Yonagunijima	0.023	0.021-0.025	7.914	1.2
Minamidaitojima	0.020	0.011-0.037	8.589	1.1

* Ratio was calculated from LC₅₀ value for a strain indicated the smallest value in Okinawa Prefecture.

Table 6 LC₅₀ values and regression slope of propoxur and permethrin for 4th-instar larvae of *Ae. albopictus* collected in Okinawa Prefecture.

Locality	LC ₅₀ (ppm)	95% fiducial limit (ppm)	Slope	Ratio*
Propoxur				
Okinawajima	4.922	4.174-5.806	6.464	1.9
Agunijima	2.563	1.247-5.270	3.645	1.0
Miyakojima	4.616	3.189-6.682	4.544	1.8
Ishigakijima	3.753	2.939-4.791	4.562	1.5
Iriomotejima	3.116	1.595-6.090	3.534	1.2
Yonagunijima	3.420	2.684-4.356	3.981	1.3
Minamidaitojima	3.470	2.182-5.517	3.938	1.4
Permethrin				
Okinawajima	0.0048	0.0034-0.0067	3.0899	1.2
Agunijima	0.0050	0.0031-0.0081	4.7847	1.3
Miyakojima	0.0039	0.0020-0.0078	3.6698	1.0
Ishigakijima	0.0058	0.0033-0.0101	3.6390	1.5
Iriomotejima	0.0052	0.0035-0.0078	3.6969	1.3
Yonagunijima	0.0092	0.0070-0.0121	5.4442	2.4
Minamidaitojima	0.0087	0.0080-0.0094	4.9242	2.2

* Ratio was calculated from LC₅₀ value for a strain indicated the smallest value in Okinawa Prefecture.

の 50.6 倍であった。石垣島産は 0.21 ppm で、95 %信頼限界値の幅は大きい、奄美産の本種に対する LC₅₀ 値とほぼ同じ値なので、西表島、石垣島産共に東京や長

崎産に比べて抵抗性の発達がみられたといつてよいだろう。

黒島 (1960) や Farid *et al.* (1966) によると石垣・

西表島で殺虫剤を使用するようになったのは1947年頃からで、水田や水溜りには DDT や chlordane を散布した。1949年に沖縄本島、宮古島の住民が石垣や西表島のマラリア流行地に入植し、再びマラリア患者が増加し始めた。このため1957年から1962年には、蚊の対策が主になり、DDT 屋内残留噴霧が石垣・西表島の全地域で徹底的に行われた。宮古島のマラリア対策も基本的には上記二島によく似ていたが、有病地に限って行われた。西表、石垣両島産幼虫の結果に限らず、沖縄県のヒトスジシマカの DDT に対する LC_{50} 値は東京産のものに比較して、概して高かった。このことは石垣・西表島、宮古島に比べて散布量は少ないが、沖縄島でもマラリア対策のために DDT が使用されていたためと思われる。粟国島、与那国島、南大東島での DDT の使用は不明である。

沖縄、宮古、石垣、西表島ではマラリア防圧後、ただちにフィラリア防圧事業を開始し、蚊の駆除には有機燐剤の malathion を使用するようになった(佐々, 1970; Pennington, 1968; 岸本ら, 1972)。石垣、粟国島のヒトスジシマカは本薬剤に対する LC_{50} 値が高く、最も高い LC_{50} 値を示した粟国島での malathion の使用歴については不明であるが、粟国島でもフィラリア患者がいた(城間善助村長私信)ので今回の結果と合わせて粟国島でも malathion の使用があったと考える。

Wesson (1990) は LC_{95} 値で抵抗性の発達の有無を比較し、1988年の沖縄島産のヒトスジシマカは日本本土の Kabeshima, Kuboizumi, Nagasaki, Seburi に比べて、malathion に対する抵抗性の発達はないと報告している。今回の成績も同時期のヒトスジシマカについて調べたもので、沖縄島産の LC_{50} 値は沖縄県の他の地域と比較すると低くなっている。沖縄県各地の LC_{95} 値を回帰直線式から計算すると $0.139 \sim 0.496$ ppm で、その値はマレーシア・サバ産の感受性株 (Wesson, 1990) の 0.7 (宮古島産) ~ 2.5 (粟国島産) 倍になる。沖縄県のほとんどの地域で抵抗性は発達していないといえよう。

fenitrothion に対する沖縄県各地のヒトスジシマカの LC_{50} 値は $0.0035 \sim 0.032$ ppm で、今回の LC_{50} 値は高橋ら(1985)が報告した東京、長崎産とほぼ同値 $0.0070 \sim 0.0581$ で、沖縄県各地の LC_{95} 値は Wesson (1990) が報告した感受性株の LC_{95} 値 0.02 ppm の $0.35 \sim 2.90$ 倍であり、とくに抵抗性が発達しているとはいえない。

コガタアカイエカの malathion や fenitrothion に対する著しい抵抗性の発達は全国的に問題になっているが、沖縄島知念産でも malathion に対する LC_{50} 値は 8.5 ppm で、感受性株の $3,148$ 倍、fenitrothion に対しては 1.15 ppm で、 158 倍と高くなっている(安富・

高橋, 1989)。ヒトスジシマカはコガタアカイエカと比べても malathion, fenitrothion に対しては抵抗性の発達はみられなかった。

trichlorfon, propoxur に対しても地域で大きな差はみられなかったが、その値は他の殺虫剤に比べて高く、その理由は薬剤の効力の違いによるのか、それともすでにある程度の抵抗性が発達しているのかは不明である。

以上のことから沖縄県西表島、石垣島のヒトスジシマカが p, p' -DDT に対しては他の地域に比べ抵抗性の発達がみられた以外は、殺虫剤に対する抵抗性の発達はみられなかった。

ま と め

1988年から1989年にかけて沖縄島、粟国島、宮古島、石垣島、西表島、与那国島、南大東島で採集し、室内で累代飼育したヒトスジシマカ *Aedes albopictus* 幼虫 ($F_1 \sim F_5$) の殺虫剤感受性試験を行った。その結果、各島におけるヒトスジシマカの LC_{50} 値は p, p' -DDT に対して $0.057 \sim 0.855$ ppm, malathion に対して $0.046 \sim 0.211$ ppm, fenitrothion に対して $0.0035 \sim 0.0319$ ppm, dichlorvos に対して $0.029 \sim 0.044$ ppm, trichlorfon に対して $0.232 \sim 0.516$ ppm, diazinon に対して 0.163 ppm, fenthion に対して 0.0055 ppm, temefos に対して 0.011 ppm, bromofos に対して $0.019 \sim 0.036$ ppm, propoxur に対して $2.563 \sim 4.922$ ppm, permethrin に対して $0.0039 \sim 0.0092$ ppm であった。 p, p' -DDT に対して高い値を示した西表島産の LC_{50} 値は、1960年の長崎産の 50.6 倍であった。沖縄県各地のヒトスジシマカは p, p' -DDT を除いて殺虫剤に対して感受性であることが明らかになった。

稿を終えるにあたり、有益なご助言をいただいた長崎大学熱帯医学研究所和田義人教授、筑波大学正野俊夫教授、国立予防衛生研究所高橋正和主任研究員、与那国島産のヒトスジシマカを分与くださった神戸検疫所の水田英生氏、資料の整理等にご協力をいただいた琉球大学保健学科の渡久山有子さんに謝意を表する。

引用文献

- Farid, M. A., C. T. Chen, T. C. Hsu and S. Y. Liu (1966): *Report of the WHO Evaluation Team on Malaria Eradication in the Ryukyu Islands*, 52 pp., WHO, Geneva.
- 池庄司敏明, 平社俊之助, 鈴木 猛 (1958): 数種の蚊幼虫に対する各種殺虫剤の LC_{50} と抵抗性の検討. 衛生動物, **9**: 302-307.
- 上村 清, 丸山由紀子 (1983): 数種殺虫剤に対す

- るコガタアカイエカ幼虫の感受性について. 衛生動物, **34** : 33-37.
- 岸本高男, 比嘉ヨシ子, 下謝名和子 (1972) : 沖縄産ネッタイイエカに対する殺虫剤の効力比較. 沖縄県公衛研所報, **6** : 137-147.
- 黒島直規 (1960) : 八重山群島のマラリア撲滅の成果. 環境衛生, **7** : 18-25.
- Pennington, N. E. (1968) : Resistance of *Culex tritaeniorhynchus* Giles and *Culex quinquefasciatus* Say to malathion on Okinawa with notes on susceptibility to other insecticides. *Mosq. News*, **28** : 193-198.
- 佐々学 (1970) : 沖縄におけるフィラリア病予防対策の成果について. 熱帯, **5** : 89-97.
- Suzuki, T. and K. Mizutani (1962) : Studies on insecticide resistance in mosquitoes of Japan. *Jpn. J. Exp. Med.*, **32** : 297-308.
- 高橋正和, 主藤千枝子, 和田義人, 伊藤達也 (1985) : ヒトスジシマカ幼虫の各種殺虫剤感受性について. 衛生動物, **36** : 251-253.
- Wesson, D. M. (1990) : Susceptibility to organophosphate insecticides in larval *Aedes albopictus*. *J. Am. Mosq. Control. Assoc.*, **6** : 258-264.
- Yasutomi, K. and M. Takahashi (1987) : Insecticidal resistance of *Culex tritaeniorhynchus* (Diptera: Culicidae) in Japan: A country-wide survey of resistance to insecticides. *J. Med. Entomol.*, **24** : 604-608.
- 安富和男, 高橋三雄 (1989) : 沖縄県知念産コガタアカイエカの殺虫剤抵抗性, とくにピレスロイド

剤に対する抵抗性の機構について. 衛生動物, **40** : 315-321.

安富和男, 浦辺研一, 和田義人 (1986) : 埼玉県におけるシナハマダラカおよびコガタハマダラカの殺虫剤抵抗性. 衛生動物, **37** : 357-362.

Summary

Seven colonies of *Aedes albopictus* larvae collected on 7 islands (Okinawajima, Agunijima, Miyakojima, Ishigakijima, Iriomotejima, Yonagunijima and Minamidaitojima) in Okinawa Prefecture in 1988 were tested for susceptibility levels to 11 insecticides. The LC_{50} values of these colonies were 0.057-0.855 ppm to *p, p'*-DDT, 0.046-0.211 ppm to malathion, 0.0035-0.0319 ppm to fenitrothion, 0.029-0.044 ppm to dichlorvos, 0.232-0.516 ppm to trichlorfon, 0.163 ppm to diazinon, 0.0055 ppm to fenthion, 0.011 ppm to temefos, 0.019-0.036 ppm to bromofos, 2.563-4.922 ppm to propoxur and 0.0039-0.0092 ppm to permethrin. LC_{50} to *p, p'*-DDT against the larvae in Iriomotejima was the highest value in Japan, being 50.6 times the lowest value (0.017 ppm) obtained in Nagasaki, 1960 (Suzuki and Mizutani, 1962). Against fenitrothion, larvae in Minamidaitojima, Ishigakijima and Miyakojima showed 0.0319, 0.0236 and 0.0220 ppm respectively in LC_{50} value. In general, *Ae. albopictus* in Okinawa Prefecture was susceptible to all insecticides tested except *p, p'*-DDT.