

衛生害虫のPyrethroid抵抗性の現状と対策

林 晃史

On Pyrethroid-resistance of Medically important insect in Japan

Akifumi HAYASHI

はじめに

害虫の殺虫剤抵抗性は、殺虫剤による化学的防除を続けるかぎり、避けて通れない現象である。

殺虫剤抵抗性が問題になる衛生害虫は、ハエ、蚊、ゴキブリで、特に、イエバエでは問題である。

なお、本邦における、イエバエを中心とした殺虫剤抵抗性の研究は、1960年代に始るが、当初は有機塩素系殺虫剤が中心で、その後、有機りん系殺虫剤のDiazinon MalathionおよびFenitrothionなどの抵抗性が中心課題となった。

今日、問題になっているPyrethroid系殺虫剤に対する抵抗性は、Pyrethroid 剤が防疫殺虫剤として使用されるようになった1977年以降からである。

したがって、その研究は、まだ緒についた段階といえよう。

本稿では、1980年以降におけるイエバエおよびチャブネゴキブリに関するPyrethroid抵抗性についての実状を解説し、現時点での対策について概括した。

I 衛生害虫のピレスロイド抵抗性の歴史的背景

本邦における、衛生害虫の殺虫剤抵抗性の研究は、1960年代に始るが当時問題になったのは、有機塩素系殺虫剤のDDTおよびBHCに対する抵抗性であった。

その後、主要薬剤が殺虫力の強い有機りん系殺虫剤、そして低毒性有機りん剤へと変遷の過程で、有機りん系殺虫剤抵抗性が研究の中心となった。

この有機りん剤抵抗性害虫対策として、代替殺虫剤の開発が進められ、Pyrethroid系殺虫剤が効果的であったので広く使用されるようになった。

なお、Pyrethroid抵抗性は、1974年(昭和49年度)¹⁾に、日本植物防疫協会の主催した、「殺虫剤抵抗性に関

するシンポジウム」では、全く問題になっていなかった。

当時から、今日にいたるまでの本邦におけるイエバエの殺虫剤抵抗性研究の経緯を整理すると表1のごとくである。これによると、有機りん剤抵抗性の研究が中心であったことが明かである¹⁾。

しかし、今日、問題になっているPyrethroid抵抗性は、ヨーロッパでは、既に、Davie (1958)¹⁰⁾によって、スウェーデン産イエバエがPyrethrinsに対して抵抗性を持ったことが報告されていた。なお、この報告がPyrethroid系殺虫剤抵抗性に関する世界で最初の報告であった。その後、デンマーク産イエバエが、Bio-resmethrinやTetramethrinなどに強い抵抗性の発達がみられるようになった。

また、本邦では、林、ら(1975)¹⁾が高知県南国市で採集したイエバエが、Pyrethrinsに対して強い抵抗性を示すことを報告した。

衛生害虫のうち、蚊に対する殺虫剤抵抗性に関しては、水谷、ら(1962)¹⁷⁾が、アカイエカの薬剤感受性について報告したが、Pyrethroidについては検討していない。

その後、林、向(1974)¹⁸⁾が有機りん剤抵抗性アカイエカ(小中島系)を用いて、Trichlorfon: Pyrethroidの混用効果の検討を行ったが、これがアカイエカに対するPyrethroid感受性を比較した最初の例である。

なお、その感受性のレベルは、表2に示したごとくで、小中島系のLC-50値は感受性系統と同等で、抵抗性の発達は認められなかった。

また、武衛、ら(1974)¹⁶⁾、や安富、ら(1988)¹⁵⁾は本邦産コガタアカイエカの薬剤感受性について調査したが、Permethrinに対する抵抗性の発達は認められなかった。

なお、ゴキブリのPyrethroid感受性については、Pyrethroid剤が防疫剤として使用され始めた初期の1978年に、殺虫剤研究班ゴキブリ駆除研究グループが実態調査を行った。

しかし、この時点では、表3に示すごとく特に問題になるレベルの抵抗性の発達は認められなかった。

以上が、本邦における主要な衛生害虫中のPyrethroid系殺虫剤に対する抵抗性の研究の概略である。

千葉県衛生研究所

(1988年9月30日受理)

表1. イエバエの殺虫剤抵抗性に関する研究の概略

分類	時代区分	問題の殺虫剤, 系統, LD-50値	研究者
第1期	有機塩素剤抵抗性時代 (1953年~1960年)	有機塩素剤DDT, BHC抵抗性 DDT 彦根系 60 μ g BHC 彦根系 1.260 μ g	安富, 塚本 (1960)
第2期	有機りん剤抵抗性時代 (1961年~1969年)	有機りん剤ダイアジノン抵抗性 ダイアジノン 茨城県下 0.660 μ g, 0.67 μ g 銚田 0.5836 μ g, 2.59 μ g 小幡 0.630 μ g マラソン 銚田 0.589 μ g 美原 1.203 μ g 夢の島 18.51 μ g	鈴木 (1961) 安富 (1964) 根津 (1962) 大滝 (1965)
第3期	低毒性有機りん剤抵抗性時代 (1970年~1980年)	マラソンおよびスミチオン抵抗性 マラソン 札幌系 213.388 μ g 沖縄 240.05 μ g 夢の島 225.0 μ g スミチオン 三崎系 92.535 μ g 夢の島 73.4 μ g	林, 長谷川 (1971) 林 (1971) 安富 (1971) 林 (1973)
第4期	ピレスロイド剤低感受性時代 (1981年~現在)	ペルメトリン 都城系 レスメトリン 益子系 ペルメトリン 山形系	林, 新庄 (1982) 本山, 林 (1984) 林, 新庄 (1986)

文献) 林: 獣医界, 128号, 21~34 (1987)

表2. Dipterexと他殺虫剤の混用剤の有機りん剤抵抗性アカイエカ幼虫(小中島系)に対するLC50値 (PPM)

Dipterex : 他殺虫剤	DDVP	resmethrin	Phthalthrin	allethrin	proparthrin	pyrethrins
0 : 100	0.209	0.0525	0.0813	0.105	0.0132	0.0205
20 : 80	0.205	0.0458	0.0813	0.170	0.0126	0.0163
40 : 60	0.347	0.0646	0.105	0.191	0.0175	0.0270
60 : 40	0.296	0.0813	0.163	0.302	0.0209	0.1458
80 : 20	0.576	0.142	0.224	0.576	0.0525	0.0934
100 : 0	1.030	1.100	1.100	1.600	1.100	1.100
感受性系統	—	0.068	0.107	0.218	0.042	0.093

*24時間浸漬法: 昭和49年(1974年), 衛動大会講演(向, 林, 未発表)

表3. チャバネゴキブリの各種殺虫剤に対する抵抗性 (LD₅₀値 μg/1頭)

No.	Fenitrothion	Permethrin	DDVP	γ-BHC	Diagnon	fenthion	chlorpyrifosmethyl	採集地	研究者
1	0.84	—	—	—	—	2.01	<u>1.51</u>	東京霞ヶ関	谷口, 林
2	0.15	—	—	—	—	—	1.48	大手町	〃
3	2.93	—	—	—	4.7	<u>2.87</u>	1.35	日比谷	〃
4	0.30	—	0.35	—	0.49	0.33	—	東京駅	〃
5	0.50	—	0.63	—	4.11	1.99	—	羽田空港	林, 楠井
6	0.34	0.35	0.175	0.47	—	—	—	墨田区	加藤
7	0.54	—	—	—	—	—	—	台東区	〃
8	0.34	—	—	—	0.88	0.26	—	千葉市千葉港	林, 楠井
9	0.50	—	—	—	—	2.03	1.05	千葉市内	谷口, 林
10	0.69	—	—	—	<u>5.32</u>	1.99	0.69	神奈川県横浜駅西口	〃
11	0.51	—	<u>0.99</u>	—	3.88	2.05	—	横浜港	林, 楠井
12	0.94	—	0.76	—	4.03	1.61	—	横須賀港	〃
13	0.92	0.47	0.21	<u>6.4</u>	—	—	—	名古屋市中区	伊藤
14	0.29	0.35	0.15	—	—	—	—	大阪市西区	大串, 水谷
15	0.26	<u>0.24</u>	0.17	—	—	—	—	大阪府豊中市(1)	〃
16	0.40	<u>0.77</u>	0.37	1.75	—	—	—	豊中市(2)	大神, 佐野
17	0.69	0.25	—	—	—	—	—	大阪北区(B)	〃
18	0.74	0.33	0.87	—	—	—	—	大阪府摂津市	〃
19	0.86	0.50	0.55	—	—	—	—	大阪市住の江区	〃
20	0.43	0.34	0.35	1.62	—	—	—	北区(F)	〃
21	0.44	0.40	0.23	—	—	—	—	和歌山市堀止南	南出
22	0.25	0.43	<u>0.13</u>	—	—	—	—	〃 医大	〃
23	0.52	0.50	0.50	—	—	—	—	沖縄県十八市	下謝名, 三原

* 1975年から1980年の間に採集し、実験した結果で、林、谷口の結果は24時間後の判定、他は72時間後。

** このデータは日本衛生動物学会殺虫剤研究班の「ゴキブリ駆除研究グループ」の共同研究の成果である（未発表）。
備考）ペルメトリンは、1977年に上市

II Pyrethroid抵抗性の現状

今日、防疫殺虫剤として使用されている主要なPyrethroidはPermethrinで、本品が上市されたのは1977年（昭和52年）である。

現在、Permethrinは、各種のエアゾール製品、燻煙剤、およびU L V用など、各種製剤の主成分として広く使用されている。

また、これらの製品の用途は、集合ビルの事務所、飲食店舗などのゴキブリ駆除や鶏畜舎およびごみ埋立地のハエ防除と広範囲にわたる。

本文では、以上のような場所でPermethrin製剤による防除が困難になったハエおよびゴキブリを中心に実状を解説する。

なお、参考までに、世界で広く用いられている主要な

Pyrethroidの種類を整理すると表4のごとくである。

1. イエバエのPyrethroid抵抗性

殺虫剤に対する抵抗性の発達が問題になるハエは、イエバエ*Musca domestica* L. であるが、今のところ、一般家庭のハエではなく、特殊施設で発生するものである。

しかし、イエバエは人と密接な生活をしているだけに、抵抗性の発達が特定地区のハエに限られるとしても、無視することの出来ない問題である。

ことに、今、問題のPyrethroid抵抗性は、Pyrethroidが家庭用殺虫剤の主成分として広く用いられているだけに大きな問題である。

ハエの抵抗性が問題になっているものは、殆んど鶏畜舎やごみ処理場などで発生するもので、林（1976）は、これらの施設での殺虫剤抵抗性のレベルを調査し、本邦

表4. アルコールと酸のエステル結合を有する主要な合成ピレスロイドの構造の概略

酸部分 Isomers	ALLETHROLONE		NEO-PYNAMINOL	5-BENZYL-3-FURYL-METHANOL	m-PHENOXYBENZYL ALCOHOL	d-CYNO-m-PHENOXYBENZYL ALCOHOL	
	dl	d				dl	l
CHRYSANTHEMIC							
dl cis trans	ALLETHRINE		TETRAMETHRIN	RESMETHRIN	PHENOTHRIN		
d cis trans	ALLETHRIN-FORTE				D-PHENOTHRIN		
d cis				CISMETHRIN			
d trans	Depallethrim BIOALLETHRIN	Esdepallethrin ESBIOL		BIORESMETHRIN			
ETHANTHIOPYRETHRIC							
d cis(E)				KADETHRIN			
DICHLOROCHRYSANTHEMIC							
dl cis trans					PERMETHRIN	CYPERMETHRIN	
d trans					BIO-PERMETHRIN		
DIBROMOCHRYSANTHEMIC							
d cis							Decalethrin K-OTHRIN
ISOPROPYL-p-CHLOROPHENYL Acetic						PENVALERATE	

産イエバエは低毒性有機りん殺虫剤のMalathionや Fenitrothionに対し、強い抵抗性の発達していることが明かにされている。^{2),4),20)}

この調査時点では、主要なPyrethroidはResmethrin (昭和46年に上市)で、本剤に対する抵抗性は認められなかった。

しかし、世界的にみた場合、特に、デンマークでは、この調査当時から既に、畜舎や農場でPyrethroidが繁

用されており、抵抗性の発達が問題になっていた。

なお、デンマーク産イエバエの数種Pyrethroidに対する感受性は、林 (1979) によると表5のごとくであった。¹²⁾

本邦産の感受性系統である高槻系に対する抵抗性比は、Resmethrinに対して47倍から668倍とHighレベルの抵抗性であった。また、Permethrinに対しても23倍から227倍と強い抵抗性を示した。

表5. LD₅₀ values of 11 insecticides to 3 colonies of the houseflies collected in Denmark

Colony	Malathion	Fenitrothion	Diazinon	Fenthion	Dichlorvos	Resmethrin	Permethrin	Fenothrin	s-5602	Phthalothrin	Bioallethrin
405-b	1.5811	0.3972	0.3799	0.1199	0.4159	0.2564	0.1476	0.1037	0.2624	3.2283	2.1860
49-s	22.8544	1.1194	0.7925	0.1991	0.3972	1.230	1.023	1.023	2.2390	4.9940	7.0620
381-s	—	—	—	—	—	17.378	9.999	15.849	44.668	—	—
Takatsuki	0.5208	0.0945	0.2744	0.1347	0.0927	0.0260	0.044	0.0644	0.0499	0.710	0.412

文献) 林 : お茶の水医学雑誌, 27 : 331~361 (1979)

なお、参考までに抵抗性の基準を示すと次のごとくである。

- * 耐性…………… 4～ 5倍
 - * 抵抗性
 - 低い (Low)…………… 10倍
 - 普通 (Moderate) …… 10～ 40倍
 - 高い (High)…………… 40～160倍
 - 非常に高い (Very high)……………160倍以上
- 以上であるが、最近問題になっている、Pyrethroidによる防除が困難な地区のイエバエは、いずれもVery

high (超抵抗性) の抵抗性を示した。

本邦産イエバエのPyrethroid抵抗性の実状を類推する目的で、27県下28地点のハエを用い、PermethrinとResmethrinに対するLD-50値を調べた結果は表6のごとくであった。²¹⁾

この結果によると、Permethrinに対して抵抗性の発達が認められたのは、宮崎県下の2地区であった。また、全調査の60%に当たる17地点は、高槻系に対する抵抗性比が3倍程度の耐性レベルであった。

表6. 本邦各地産イエバエの2種ピレスロイドに対する感受性

県名	町村名	LD-50値 (μg/雌)	
		permethrin	resmethrin
千葉	市原市 (豚)	0.19	0.096
茨城	宿根 (鶏)	0.033	0.081
埼玉	大宮市 (豚)	0.051	0.024
静岡	沼津市 (豚)	0.128	0.035
愛知	豊橋市 (鶏)	0.15 以下	0.15 以下
三重	上野市 (豚)	々	々
大阪	八尾市 (ご)	々	々
京都	山科 (ご)	々	々
兵庫	神戸市 (ご)	々	々
岡山	岡山市 (豚)	0.025	0.029
山口	小郡市 (豚)	0.15 以下	0.15 以下
福岡	博多市 (豚)	々	々
佐賀	有田市 (鶏)	々	々
長崎	南風崎 (豚)	々	々
鹿児島	出水 (鶏)	0.062	0.054
宮崎	都城市 (豚)	0.45*	0.24*
	日南市 (豚)	0.41*	0.91*
大分	大分市 (豚)	0.03	0.03
岩手	盛岡市 (豚)	0.15 以下	0.15 以下
宮城	松島 (鶏)	々	々
福島	石岡 (鶏)	々	々
群馬	前橋市 (鶏)	0.041	0.141*
取鳥	米子市 (鶏)	0.15 以下	0.15 以下
島根	益田市 (豚)	々	々
新潟	新発田 (鶏)	々	々
青森	八戸市 (鶏)	0.104	0.094
長野	松本市 (豚)	0.131	0.076
高知	南国市 (ハ)	0.052	0.034
高槻系 (耐性系)		0.044	0.028
		0.132 (3倍)	0.150 (5倍)

昭和59年4月～昭和60年3月に実施
文献) 林, 新庄: 日本農業学会第10回大会講演旨集 昭和60年度: 1～126.

1) 難防除地区の抵抗性レベル

本邦で、最初にPyrethroid抵抗性が問題になったのは、宮崎県下の豚舎で、1981年代であった。その後、茨城県下(1982年)、群馬県下と関東周辺で問題になり、今日では東北地方(1985年)でも問題化してきた。

林,ら(1986)は、東北地区でPermethrinによる防

除が困難になった畜舎で採集したイエバエのPyrethroidに対する感受性を調べたが、表7のごとくであった。⁷⁾

この結果は、調査した6ヶ所のうちで、Permethrinに対して抵抗性の発達がみられたのは4ヶ所であった。しかし、その抵抗性比は73倍から132倍で、ハイレベルの抵抗性であった。

表7. 1985年に千葉、東北地域で採集されたイエバエ成虫の数種殺虫剤に対するLD-50値

供試系統	LD-50値 (μg/雌)						
	permethrin	d-T80-resmethrin	kadethrin	calvinphos	dichlorvos	fenitrothion	prothiophos
胆 沢 系	5.80	3.07	>100.0	1.56	0.59	7.60	1.09
横 志 田 系	4.52	1.22	>100.0	2.38	0.47	18.69	0.68
中 台 系	0.05	0.05	0.081	1.28	0.74	2.64	0.73
上 向 野 系	0.07	0.045	0.093	0.81	0.42	5.52	0.73
細 越 系	0.05	0.049	0.049	1.03	0.38	3.98	0.61
黒 沢 切 付 系	4.59	2.04	>100.0	1.39	0.54	29.30	1.00
天 童 系	3.23	3.02	>100.0	2.00	0.87	28.29	0.96
大 桶 系	0.10	0.06	0.179	2.02	0.61	20.44	0.59
高 槻 系	0.044	0.009	0.055	0.0514	0.092	0.094	0.253

備考：高槻系は感受性の標準系統，林，藤曲：千葉衛研報告，10：12～15（1986）

以上の調査結果などから、Permethrin抵抗性は、かなり局地的な傾向がうかがえるが、問題地点のハエ防除は、確に困難といえる。

なお、難防除とされた地区においても、実際に検討した場合、抵抗性の発達が認められないこともすくなくない。一般でいう、難防除は極めて主観的であるため、薬剤の変更などは、実験に基づいて行う必要がある。

2) 抵抗性の消長

殺虫剤抵抗性の発達は、適切でない薬剤散布や同一薬

剤の連用によって起り易い。

薬剤の散布歴と抵抗性発達の関係を実際現場で実験をすることは困難であるが、ほぼ実験条件に近い、「ごみ埋立地」の例をあげると表8のごとくである。⁸⁾

この施設は、昭和52年よりFenitrothionを連用しており、そのLD-50値が173～250 μg/♀と大きく、有機りん剤の連用の影響を示すものである。

しかし、その代替殺虫剤のProthiophosの効果は高く、顕著な防除効果が得られた。なお、興味ぶかいことは、

表8. 八千代市ごみ埋立地における薬剤散布前後の感受性の変化(昭和52年6月～昭和56年10月)

供試虫と年次	経過年月とLD-50値 (μg/雌)						累代飼育* 昭60・10月
	高 槻 系	八千代52 昭52・6月	八千代55年系		八千代56年系		
			散布前 昭55・6月	散布後 昭55・10月	散布前 昭56・6月	散布後 昭56・10月	
DDVP	0.092	2.08	0.830	0.239	0.659	0.792	0.213
Diazinon	0.274	2.74	20.0以上	40.0以上	37.929	40.0以上	1.044
Fenitrothion	0.094	53.57	173.368	250.0以上	24.119	21.329	9.013
Fenthion	0.134	0.52	12.559	7.060	3.155	3.972	0.423
Malathion	0.520	147.56	250.0以上	250.0以上	177.410	84.910	10.247
Prothiophos	0.306	0.315	1.250	0.860	1.172	1.199	0.300
Ciafos	0.452	9.75	50.0以上	50.0以上	50.0以上	50.0以上	11.046
Resmethrin	0.026	0.005	0.006	0.006	0.019	0.017	0.048

備考：※印は八千代56年系を研究室で累代飼育中のもの。

薬剤散布は6月に始まって10月に終了、その間は週に3回散布する。

文献) 林，藤曲，船城：千葉衛研報告，5：16～19（1981）

厚生省，廃棄物ハエ対策委員会報告

Fenitrothionの使用を中断することで、これに対する感受性が著しく回復したことである。

このことは、薬剤の連用による抵抗性の発達の対策は、薬剤のローテーションが有効であることを示唆するものである。

なお、Pyrethroid剤の連用による抵抗性発達の有無については、林、ら(1975)¹⁾の実験がある。

実験は、有機りん剤抵抗性イエバエの三崎系および羽

村系を用い、Allethrinで幼虫期に淘汰したもので、その結果は表9に示すごとくである。

淘汰5世代での高槻系に対する抵抗性比は、成虫で4.5倍、幼虫で6.6倍で、特に顕著ではなかった。

その後、林、ら(1985)は、Permethrin, ResmethrinおよびPhthalthrinを用い30世代におよぶ淘汰実験を行った。

実験の結果は、表10に示すごとくで、現在、問題になっ

表9. Development of resistance in 3 colony of housefly larvae pressured with allethrin.

Stage tested	No. of selection pressure	Misaki colony		Hamura colony		Takatsuki colony	
		allethrin	resmethrin	allethrin	resmethrin	allethrin	resmethrin
Adulte*	untried	1.122	0.059	1.717	0.070	0.490	0.047
	1	1.461	0.048	1.516	0.058	0.540	0.036
	3	1,508	0.060	1,430	0.074	0.661	0.044
	5	2.130	0.071	1.970	0.088	0.785	0.035
Larvae**	untried	2.010	0.241	2.450	0.188	1.857	0.195
	1	2.335	0.288	2.745	0.201	1.831	0.203
	3	2.940	0.300	9.700	0.339	1.733	0.225
	5	12.272	0.313	8.030	0.351	1.920	0.197

* Topical application method (LD₅₀, μg/female)

** Dipping method (LC₅₀, ppm)

文献) 林, 廿日出: 防虫科学, 40: 119~121 (1975)

ているPermethrinに対する抵抗性の発達も、他のPyrethroidに対する交差性も認められなかった。¹⁾

以上の実験結果などから、本邦産イエバエはPyrethroid剤に対する抵抗性の発達は遅く、短期間に難防除間

題は起らないと考えられた。

しかし、外国産イエバエについて、林、ら(1985)が、デンマーク産イエバエを用いた実験によると、淘汰の回数と共に急速に抵抗性が発達した。²⁾

表10. Permethrinで淘汰を続けた有機りん剤抵抗性イエバエ(出島系)の各種薬剤に対するLD-50値の変化

供試薬剤	淘汰世代とLD-50値(μg/♀)						
	P-0	1	3	5	10	20	30
Permethrin	0.015	0.022	0.029	0.017	0.048	0.051	0.044
Pyrethrins	0.31	-	-	0.73	1.15	2.16	3.42
d-trans Allethrin	0.63	1.09	0.79	0.50	0.57	0.99	0.66
Tetramethrin	0.46	0.25	0.49	0.52	0.98	0.86	0.22
Resmethrin	0.022	0.026	0.069	0.023	0.033	0.036	0.033
d-Phenothrin	0.064	0.055	0.089	0.068	0.13	0.076	0.059
Fenvalerate	0.050	0.095	0.10	0.079	0.12	0.074	0.038
Malathion	200	-	-	-	48.9	-	-
Fenitrothion	154.5	-	-	17.1	18.6	5.95	11.8
Fenthion	3.88	-	-	2.21	2.51	1.86	2.58
Diazion	17.74	-	-	3.62	1.92	4.05	8.48
Dichlorvos	1.17	-	-	0.88	0.98	1.43	1.04

文献) 林, 新庄: 衛生動物, 36: 59~63, (1985)

なお、その抵抗性比は淘汰10世代で20倍、20世代で60倍と顕著な抵抗性が認められた。

以上のごとく、本邦産とデンマーク産では、抵抗性の発達に違いがあるが、これは地域的差異や施用方法などが大きく関与することを示唆するものである。

なお、林ら(1984)はResmethrinで淘汰したデンマーク産と高機系の交配実験を行い、抵抗性因子の遺伝様式の解析を行った結果、不完全劣性遺伝をとることを明かにした。⁹⁾

本邦産およびデンマーク産を問はず、一度発達した抵抗性の挙動の解明は、防除対策を確立するうえに不可欠

なことである。

林(1986)は、Permethrinに対し、LD-50値が50 $\mu\text{g}/\text{♀}$ を越す、Highレベルの抵抗性を持つ天童系で、その傾向を調べたが、その結果は表11のごとくであった。

殺虫剤に接触することなく、7世代の累代飼育で当初の50 μg 以上が1.39 μg と低下した。⁷⁾

また、歴年調査を続けている都城系の場合も、デンマーク産についても累代飼育を重ねることにより、漸次、抵抗性の消失がみられた。

さらに、廿日出ら((1987)²⁶⁾の結果でも)は静岡県下のハエでPyrethroidの抵抗性の動向を調べたが類似の

表11. ピレスロイド抵抗性イエバエ天童系*のpermethrinおよびkadethrinに対するLD-50値の変化

供試薬剤	経過世代とLD-50値 ($\mu\text{g}/\text{雌}$)						
	採集直後	2 世代	3 世代	4 世代	5 世代	7 世代	
permethrin	50以上	14.2	3.01	3.30	1.65	1.39	
kadethrin	100以上	30.1	25.20	10.70	5.61	5.68	

備考：※昭和60年7月14日に採集した文献)林、藤曲：千葉衛研報告，10：12～15（1986）

傾向であった。

以上Pyrethroid抵抗性は、Pyrethroidによる淘汰を中止することによって、図1のごとくかなり急速に抵抗性のレベルは低下したことから、使用薬剤のローテーションにより、有効防除の可能性がうかがえる。

3) 効力試験法と感受性

有機りん剤抵抗性イエバエの防除に、Pyrethroid系殺虫剤が代替殺虫剤として広く用いられている。

一般に、Pyrethroid系殺虫剤は、有機りん系殺虫剤に比較して接触効果が劣るが、林(1979)の有機りん剤抵抗性イエバエを用いた実験でも、表12のごとく、Permethrinに対する接触効果は劣った。

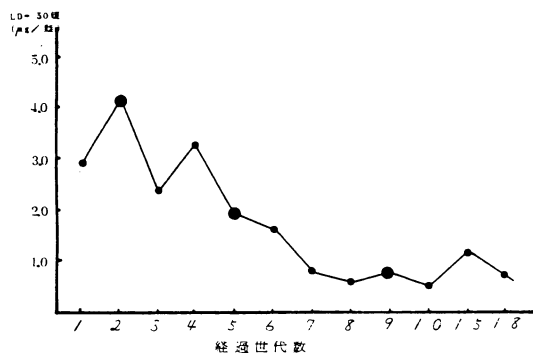


図1. デンマーク産49-s系をResmethrinで16世代淘汰した後、無淘汰で飼育した場合のResmethrin感受性の推移

ことに、Permethrinの濃度が低い場合のノツダウン個体の蘇生率が60～80%と高かった。

また、表13に示すごとく、Permethrin抵抗性の数系統は、残渣接触法では致死効果が劣り、蘇生率が高かった。⁷⁾

このことは、Pyrethroid剤の直接噴霧効果は優れているが、残渣接触(残留噴霧)の効果を期待出来ないことを示唆するものである。

有機りん剤抵抗性地区で、Pyrethroid剤を使用した場合、残効性に問題があったのは、残渣接触の力価と密接な関係にあるといえる。

また、蘇生率の高いことは、Permethrinに対する抵抗性の発達を助長した可能性が高い。

以上の結果は、Pyrethroid剤により成虫対策を実施する場合、薬剤の施用方法を改良する必要性を示唆するものである。

4) 抵抗性対策

本邦産イエバエのPyrethroid抵抗性は地域性があるが、問題地区の抵抗性のレベルは高い。また、この地区では有機りん剤に対する感受性も低いことから、代替殺虫剤の選択が難しい。

林(1987)は、Pyrethroid剤による防除が困難な地区のハエで代替薬剤について検討した。その結果は、表14のごとくで、ProthiofosやDDVPの効果が優れていた。¹³⁾

表12. 薬剤感受性のことなるイエバエに対するpermethrinの接触法による効果 (52. 12. 24現在)

系 統	局 所 施 用 法 ($\mu\text{g}/\text{♀}$)				permethrinのノックダウン効果*					
					0.05%		0.10%		0.30%	
	Resmethrin	Malathion	Sumithion	DDVP	KT-50%	蘇生率	KT-50%	蘇生率	KT-50%	蘇生率
韓 国 系	0.0148	9.310	0.674	0.199	41	31.8%	25	20.9%	24	17.1%
諫 早 系	0.0281	15.814	1.856	0.379	45	20.9	35	12.2	32	5.0
千葉-D系	0.0371	200以上	154.510	0.426	46	12.5	32	9.1	27	0
高 松 系	0.0190	111.936	194.522	0.536	45	75.5	33	56.7	33	42.8
広 川 系	0.0512	200以上	190.695	0.644	35	12.2	39	14.3	33	2.4

※はシャーレ接触法 (0.5ml)

文献) 林: 千葉衛研報告, 3 : 67~74 (1979)

表13. ビレスロイド抵抗性イエバエのペルメトリン残留処理面での効力

供 試 系 統	天 童 系	天童・川原系	東 根 系	駒 ヶ 根 系	丸 谷 町 系
供 試 虫 数	5 1	5 4	8 4	6 0	8 4
実 験 回 数	3	3	3	3	3
※ 8分					0
1 3			0		1 7.3
2 0			2 1.4		8 2.1
3 3			7 1.4		1 0 0.0
6 0	0	0	8 9.2	0	
1 2 0	5.8	5.5	1 0 0.0	5.5	
1 8 0	1 1.7	5.5		2 0.0	
2 4 0	2 3.5	1 6.6		2 5.0	
24時間後	4 1.1%	2 2.2%	7 8.5%	6 0.0%	4 6.2%

備考) 高槻系は、接触20分で100%KDし、100%致死。

※時間一致落下仰転虫数率、濾紙接触法、1% permethrin液、0.5ml処理、昭和60年9月実施。

文献) 林, 藤曲: 千葉衛研報告, 10 : 12~15 (1898)

また、代替殺虫剤のほか、協力剤の配合の有効であることが知られている。²²⁾なお、Permethrin抵抗性の天童系を用いた実験で、協力剤のS-421やPiperonyl butoxideの有効であることが明かにされている。

特に、S-421は、Fenitrothionに対しても有効であることから、今日の有機りん剤抵抗性の状況を考えて場合、最も効果的な協力剤といえる。

なお、応急手段としては、市販製剤の混合使用がある。⁹⁾例へば、林(1981)は、有機りん剤のトヨダンと市販のPyrethroid製剤の混用が有効であることを明かにした。

また、従来の殺虫剤と全く作用機構の異なる薬剤による対策も考えられている。

そのひとつに、昆虫生長調節剤(Insect Growth Regulator, IGR)がある³⁾。本剤は、幼虫の発育を阻害し、成虫の発生を阻止するものである。

市販のIGR剤には、デミリン水和剤とアルトシッド

10Fなどがあるが、開発中のものにS-31183剤とSIR-8514剤(Triflumuron)がある。

Triflumuronは、幼虫の若齢期に施用すると効果的で、その効果は表15のごとくである⁹⁾。なお、これらは実施での効果も高く、S-31183剤などは、表16のごとく顕著な羽化阻害作用があり、Pyrethroid抵抗性イエバエの防除に期待される有効な薬剤である。

以上、イエバエのPyrethroid系殺虫剤に対する抵抗性は、局地的に問題化しているが、代替殺虫剤や施用方の改良でその対応は可能である。

しかし、化学的防除は、害虫を発生させないための生態的防除法を根底にして成立つものであることを忘れてはならない。

換言すれば、抵抗性対策の成功は、化学的防除法と生態的防除法の完全な連繋にあるといえる。²⁴⁾

2. ゴキブリのPyrethroid抵抗性

ゴキブリは衛生害虫であると共に、都市型害虫の代表

表14. 東北地方のピレスロイド剤による難防除畜舎のイエバエの薬剤感受性および協力剤の効果

供試薬剤	LD-50値 (μg/雌)			
	天童系	下田(豚)*	下田(鶏)*	高槻系
ベルメトリン	3.08	0.039	2.290	0.044
クリスロン-F	1.55	0.0289	0.314	0.020
プロチオホス	0.86	0.286	0.306	0.253
フェニトロチオン	30.34	30.55	42.09	0.094
ジクロルボス	0.77	0.284	0.571	0.392
フェニトロチオン				
+S-421 (1:1)	-	0.648	0.831	-
+p. butox. (1:1)	-	28.19	38.33	-
ベルメトリン				
+S-421 (1:1)	0.114	-	0.532	0.049
+p. butox. (1:1)	0.105	-	0.500	0.038

*昭和61年10月に採集し、実験を行った。

文献) 獣医界, 128: 21~34 (1987)

表15. BAY SIR 8514の数種系統イエバエ幼虫の齢期と50%蛹化阻害濃度

供試薬剤	供試系統	各齢期とLC-50値 (ppm)		
		1日齢	3日齢	5日齢
BAY SIR 8514 25%WP	岩手系	-	3.2	14.0
	大口市系	1.8	2.4	1200.0
	丸谷町系	3.5	130.0	1767.0
デミリン25%WP	丸谷町系	0.96	10.6	406.0

備考) 飼料混合法, 1回100頭, 4回反復

文献) 林, ら: 千葉衛研報告, 11: 36~38 (1987)

表16. S-31183剤 (0.5%G) を糞推積場に処理した場合の効果
(昭和61年8月5日に実施した)

観察月日と薬剤 処理後の経過日数	蛹化数および羽化虫数			
	成虫数 [◎]	蛹数	羽化数	羽化率
薬剤処理前	300以上	500	371	74.2%
8月5日, 処理日	108	100*	68	68.0
12日, 1週後	22	100	3	3.0
19日, 2週後	5	100	0	0
27日, 3週後**	2	100	0	0
9月3日, 4週後	3	100	0	0
8日, 5週後	2	100	0	0

備考: 実施条件, 実験1畜舎に隣接した, 20m×20mの推積場。

約400㎡, 処理量は10g/㎡, 4kgを散布。

◎印は, リボン1本当りの付着数。

*印は, 幼虫の混入した豚糞を持帰り, これより出た蛹を集めた。

**印は, 新しい糞を追加投入した。

的な存在でもある。また、防除が最も困難な種類でもある。

防除の困難な原因のひとつは、建築構造やその他の環境条件が駆除作業を困難にしていることもある。

なお、最近では、殺虫剤に対する抵抗性の発達もみられ、その防除を一層困難にしている。

本文では、最近の実状と現時点での対策について解説する。

1) 抵抗性の実状

ゴキブリの殺虫剤抵抗性は、1980年に殺虫剤研究班が調査したが、FenitrothionやPermethrinに対する抵抗性の発達はみられなかった。

従来、実施されていたゴキブリ駆除法の基本は、残効性の高い殺虫剤による残留塗布があった。しかし、今日の都市型環境下では、狭所、間隙への薬剤処理が必要となり、「追い出し効果」の高い殺虫剤の開発となった。

また、ゴキブリ防除を定期的に行っている場所は、集合ビル内の飲食店舗、病院、事務所ビルおよび食品関連工場施設などである。

なお、このような施設は、害虫の「年間管理」を実施しており、その成果は図2のごとくである。しかし、結果を駆除率で評価すると、その効果は50%前後と判定され、有効とはいえない。ただし、各戸の絶対捕虫数は5匹前後で、当初の100匹を越すレベルを考えた場合、きはめて有効といえる。

今日では、残余の少数も問題になる状況で、この問題解決にも、追い出し効果（フラッシング）の高い薬剤を必要とするようになった。

以上の社会的背景が、Pyrethroid剤をゴキブリ防除の場面に繁用させる端緒となった。

なお、Pyrethroid剤のフラッシングは、表17のごとく、いずれも優れている。また、Permethrinがゴキブリ駆除に使用されたのは、Pyrethroidのなかでも最も

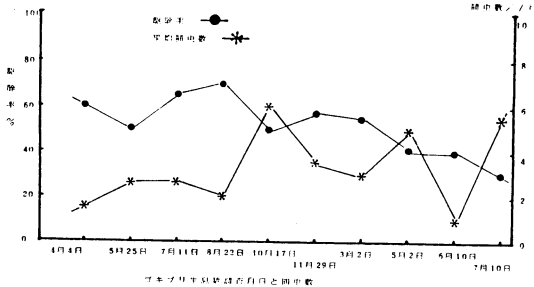


図2. 集合ビル内の飲食店舗における残留噴霧によるゴキブリの年間管理下のゴキブリ駆除率と虫数の推移（昭和15年3月～60年8月）
備考）調査日に薬剤散布を実施した。その2日前にトラップ設置し散布日に回収。

残効性に富むため、その効果は表18に示すごとくである。

2) 燻煙剤に対する抵抗性

Permethrin抵抗性が問題になっているゴキブリは、チャバネゴキブリ (*Blattella germanica* Linné) で、他の種類については、今のところ報告がない。

なお、チャバネゴキブリのPermethrin抵抗性の全国的な状況は不明であるが、Permethrinを主成分とする燻煙剤のフラッシング効果が低下した場所で採集した個体の感受性は表19のごとくであった。

表17. 数種ピレスロイドのチャバネゴキブリに対する“フラッシング”効果

ピレスロイド	FE-50分 (0.3%油)	ED-50分 所要濃度(%)	殺虫力 (LC-50 %)	速効性 (KT-50 分)	毒性 LD ₅₀ /ラット
ピレトリン	2.9 ^①	0.015 ^①	0.034 ^①	22	580
ピナミン	6.3	0.270	0.178	50	700
Bio-アレスリン	3.9 ^②	0.064	0.045	30	860
クリスロン	5.1	0.5	0.038 ^②	100	1400
フタルスリン	6.0	0.037 ^②	0.287	100	5200

* FE-50, 0.3%油剤で50%追い出しに要する時間 (分)

* ED-50, 5分; 5分間で50%を反応させるに要する薬剤濃度 (外国文献より)

表18. ベニヤ板面に処理したピレスロイドの処理後の経過日数と残存率 (%)

供試薬剤	処理後の経過日数と残存率 (%)				
	直後	7日後	14日後	28日後	42日後
市販製品(A)	100.0 (%)	78.1 (%)	76.1 (%)	75.2 (%)	49.5 (%)
フタルスリン	100.0	87.5	72.3	64.2	28.6
ペルメスリン	100.0	100.0	96.1	93.4	100.0

* ベニヤ板面に処理し、所定日数放置後に溶剤で洗浄抽出してGOで測定した。

天童市を除く、全ての場所では、抵抗性比が6~43倍と強い抵抗性が認められた。

しかし、いずれの地区もFenitrothionやザーテル(Chlorpyrifos-methyl)に対しては抵抗性の発達は認

められなかった。

また、Permethrin抵抗性の挙動であるが、抵抗性系統を殺虫剤に触れることなく、累代飼育した場合のLD-50値は採集後、約1年の飼育では抵抗性の低下はみられ

表19. 各地産チャバネゴキブリの薬剤感受性について(林, 1987年現在)

採 集 地	LD-50値 (μg/雌)		
	ザーテル	スミチオン	ペルメトリン
山形県 天童市	0.49	0.41	0.54 (1.00) ※
千葉県 千葉市	(1)	1.36	0.58
	(2)	1.81	0.92
	(3)	0.90	0.88
東京都 新宿区	1.72	1.93	18.39 (36.8)
静岡県 浜松市	1.01	0.77	3.08 (6.2)

備考) 感受性系統のLD50値は0.5 μg/雌で、()内は抵抗性比

なかったが、その後、漸次低下の傾向が認められた。

なお、最近の市販燻煙剤のチャバネゴキブリに対する効果を実際の部屋で所定の用法・用量にしたがって実験したところ表20に示すごとくであった。

市販製剤は、感受性系統に対しては、いずれも同等の効果が認められた。しかし、Permethrin抵抗性系統に

対しては、Permethrin単独剤の効果は極めて低かった。

しかし、DDVP剤や他の有機りん剤を混用したものは効果的であった。

3) 抵抗性対策

チャバネゴキブリのPermethrin抵抗性が全国的な問題であるか否かは、現在のところ確かなデータは無い。

表20. ペルメトリン抵抗性チャバネゴキブリに対する数種燻煙剤の効果

感 受 性 (LD50値)	供 試 薬 剤	供 試 虫 数	処理後の経過時間と致死率(%)					
			10分	30分	60分	120分	24hr*	48hr
感受性系統 (0.35~0.50)	Per.+VP.	50	76.0	100.0				
	Per.	50	74.0	98.0	100.0			
	Per.+OP.	50	46.0	98.0	100.0			
	DDVP	50	86.0	100.0				
抵抗性系統 (4.0~17.0)	Per.+VP.	50	0	40.0	86.0	100.0		
	Per.	50			0	5.0	45.0	96.0
	Per.+OP.	50	0	35.0	90.0	100.0		
	DDVP	50	60.0	100.0				

備考) ※印は120分後に回収し、別の場所で観察。実験は実際の6畳間を使用し、(林, 未発表) 10頭づつ5ヶ所に設置。

いずれも、市販製剤を使用した。昭和61年10月に実施。

しかし、Pyrethroid剤を繁用した地区では、限られた地区ではあるが、強い抵抗性の発達が認められた。

なお、この抵抗性地区においても、DDVP燻煙剤、Fenitrothionあるいはpropoxurなどは極めて有効である。

また、Permethrin燻煙剤による防除が難しい地区では、次の製剤や方法も効果的である。

(1) 毒餌剤

一般家庭では、ゴキブリの駆除に食毒剤が用いられ、よく知られているものに「ホウ酸」を主成分とする製剤

がある。

林 (1986)²⁸⁾は、Permethrin抵抗性チャバネゴキブリに対する市販のホウ酸製剤やヒドラメチルノンを主成分とする食毒剤の効果を調べたが、その結果は表21のごとくであった。

また、ヒドラメチルノンを主成分とする毒餌剤の実地での効果は、図3に示すごとくで、高い駆除効果が認め

られた。^{27),28)}

以上のごとく、毒餌剤は、油剤や燻煙剤などと異り、速効性はないが、確実な致死効果が得られる。

ことに、新しい食毒剤、ヒドラメチルノンは、林 (1986) の実験によると表22に示すごとくで、Permethrin抵抗性系統および感受性系統に対し、同等の効果であった。

表21. ペルメトリン抵抗性チャバネゴキブリに対する毒餌剤の効果

供試剤	感受性	虫数	処理後の経過日数と致死率 (%)				
			3日	5日	7日	14日	30日
マックスホス (大型, 8g)	R*	30	16.6	60.0	76.6	100.0	
	S	30	26.6	70.0	90.0	100.0	
ホウ酸剤 (15%剤)	R*	30	13.3	23.3	66.6	86.6	100.0
	S	30	20.0	30.0	56.6	93.3	100.0

備考) 50cm×50cmのプラスチック製箱に放ち観察, py-R系 (R*) のLD-50値は5 μg/雌以上

表22. ピレスロイド抵抗性チャバネゴキブリ (雌) に対するヒドラメチルノンの経口的効果 (林, 未発表)

投与量 (μg/雌)	経口投与, 4日後の致死率 (%)	
	感受性系統	py-抵抗性系統*
10	16.6 (%) (30/5)	23.3 (%) (30/7)
20	30.0 (30/9)	40.0 (30/12)
30	70.0 (30/21)	76.6 (30/23)
60	96.6 (30/29)	83.3 (30/25)

備考: *印は千葉系でpermethrinに23.2 μg/雌

() 内は供試虫/致死虫

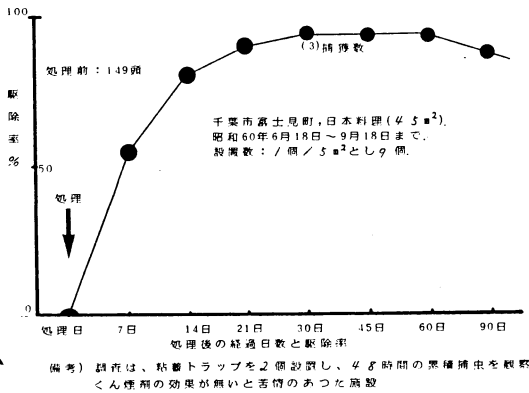


図3. 大型ベイト (コンタック) のチャバネゴキブリに対する実地試験

(2) MC剤

殺虫剤の残効性をもたす目的で、新しい製剤、マイクロカプセル剤 (MC剤) が開発された。主成分は、Diazinon, Propetanfos (Safrothin) などが用いられる。

市販製剤のDiazinon MC剤とSafrothin MC剤のPermethrin抵抗性チャバネゴキブリに対する効果は、表23のごとくであった。

MC剤は、一般的に残効性に富むが、本実験の結果でも、8ヶ月にわたって顕著な効果が認められた。

以上、ゴキブリに対するPyrethroid抵抗性の実状と

対策について述べたが、抵抗性対策はイエバエよりも容易であるといえる。

しかし、ゴキブリの難防除性は、薬剤抵抗性よりも散布技術にも問題がある。したがって、環境に適した施用方法や製剤についての研究が、抵抗性問題の解決につながるといえる。

表23. ペルメトリン抵抗性チャバネゴキブリに対す「MC剤」の効果

供試薬剤	処理後の経過日数	希釈倍数とKT-50値(分)			
		20倍希釈		40倍希釈	
		感受性	抵抗性*	感受性	抵抗性
サフロチンMC剤	6ヶ月	153分	151分	173分	178分
ダイアジノンMC剤	1ヶ月	162	168	189	183
	8ヶ月?	250	270	300	290

備考) ベニヤ板接触法 (10cm×10cm), 1枚に1ml処理, 継続接触, 1回15頭×3回。

?印は, すくなくとも8カ月以上で, 1年を経過した可能性がある。

※7μg/雌 以上。

おわりに

Pyrethroid系殺虫剤に対する抵抗性の現状は, 問題地域に限られる傾向にある。しかし, 問題地域のイエバエおよびチャバネゴキブリは, Permethrinに対して強い抵抗性が認められる。

抵抗性対策は, いずれも代替殺虫剤による化学的防除が可能であるが, 総合防除の必要性がある。

イエバエの場合は, 空間噴霧による成虫対策とIGR剤による発生源対策の防除システムの確立が必要である。

また, ゴキブリに関しては, 発生環境に適した施用技術の開発と喰毒剤を併用する, 総合防除システムの確立により, 抵抗性問題を解決することが出来る。

なお, 殺虫剤抵抗性は, 人為的所産であって, その防止は計画的な害虫管理技術の確立によって可能である。

引用文献

- 1) 林 晃史, 他 (1975): イエバエのPyrethroid系殺虫剤に対する抵抗性について, 防虫科学, 40: 119~121.
- 2) 林 晃史, 他 (1978): 千葉県におけるイエバエの殺虫剤抵抗性に関する研究(1), 県内におけるイエバエの殺虫剤感受性について, 千葉衛研報告, 1: 1~3.
- 3) Yupa RONGSRIYAM, 他 (1980): イエバエの各発育ステージにおけるIGRに対する感受性の試験法の影響, 千葉衛研報告, 4: 27~34.
- 4) 林 晃史, 他 (1981): 千葉県におけるイエバエの殺虫剤抵抗性に関する研究(2), ごみ埋立地のイエバエの殺虫剤感受性と駆除実験, 千葉衛研報告, 5: 16~19.
- 5) 林 晃史, 他 (1984): デンマーク産およびピレスロイド抵抗性イエバエのピレスロイド抵抗性の発達,

千葉衛研報告, 8: 6~9.

- 6) 林 晃史, 他 (1985): γ-BHCで淘汰したピレスロイド抵抗性および感受性系統イエバエのピレスロイド抵抗性の発達, 千葉衛研報告, 9: 16~19.
- 7) 林 晃史, 藤曲正登 (1986): 千葉県および東北地域産イエバエのピレスロイド抵抗性について, 千葉衛研報告, 10: 12~15.
- 8) 林 晃史, 藤曲正登 (1986): 千葉県におけるイエバエの殺虫剤抵抗性に関する研究(3), 有機りん剤抵抗性イエバエに対する混合剤の効果, 千葉衛研報告, 10: 35~37.
- 9) 林 晃史, 他 (1987): IGR SIR8514のイエバエ幼虫に対する効果, 千葉衛研報告, 11: 36~38.
- 10) 林 晃史 (1985): 有機りん剤抵抗性イエバエの電気泳動像, 千葉衛研報告, 9: 1~9.
- 11) 林 晃史, 新庄五朗 (1985): 有機りん剤抵抗性イエバエのピレスロイド剤淘汰によるピレスロイド感受性の変化について, 衛生動物, 36: 59~63.
- 12) 林 晃史 (1979): 日本, 東南アジアおよび南太平洋地域産イエバエの殺虫剤感受性に関する研究, お茶の水医学誌, 27: 331~361.
- 13) 林 晃史 (1987): 殺虫剤抵抗性イエバエとその対策, 獣医界, 128: 21~34.
- 14) M. DAVIES, et. al., (1958): Resistance to Pyrethroids and to Pyrethrins - P. b in a Wild strain of *M. domestica* L., in Sweden. Nature, 128: 1816~1817.
- 15) K. YASUTOMI, et. al. (1987): Insecticidal Resistance of *Culex tritaeniorhynchus* in Japan: A Country-wide Survey of Resistance to Insecticides. J. Medical Entomol., 24: 604~608.
- 16) 武衛和雄, 伊藤寿美代 (1974): コガタアカイエカの殺虫剤感受性について, 衛生動物, 24: 219~

- 223.
- 17) 水谷 澄, 鈴木 猛 (1962): アカイエカに対する各種殺虫剤の効力比較, 衛生動物, 13: 56~63.
- 18) 向 暁, 他 (1974): 尼崎市におけるアカイエカ幼虫の殺虫剤感受性について, 防虫科学, 39: 91~93.
- 19) 財団法人植物防疫協会編 (1974): 殺虫剤抵抗性に関するシンポジウム講演要旨集, 1~26 (昭和49年12月5日, 東京).
- 20) 林 晃史 (1976): イエバエに対する抵抗性と対策, 畜産の研究, 30: 31~34.
- 21) 林 晃史, 新庄五朗 (1985): 本邦産イエバエのPyrethroid抵抗性の現状, 日本農薬学会第10回大会講演要旨集, 昭和60年度: 1~126.
- 22) 林 晃史, 新庄五朗 (1985): 本邦産イエバエのピレスロイド感受性の実態と対策, 衛生動物, 36(2): 148.
- 23) 林 晃史, 他 (1986): 九州地区イエバエのピレスロイド剤感受性の経年変化と他地区産の実状, 衛生動物, 37(3): 293.
- 24) 林 晃史 (1987): ハエの殺虫剤抵抗性の発達と防除技術の進歩, 衛生動物, 38(2): 145.
- 25) 林 晃史, 藤曲正登 (1987): S-3118剤によるピレスロイド抵抗性地区のハエ防除試験, 衛生動物, 38(2): 135.
- 26) 廿日出正美, 林 晃史 (1987): 野外より採集したイエバエのピレスロイド抵抗性の動向, 衛生動物, 38(2): 151.
- 27) 松永信一, 他 (1986): ヒドラメチルノン毒餌のゴキブリに対する効果について(2), 衛生動物, 37(3): 289.
- 28) 林 晃史, 他 (1986): ヒドラメチルノン毒餌のゴキブリに対する効果について(3), 実地効力, 衛生動物, 37(3): 290.