

環動昆

報 文

- 楠本 進・喜多博子・西下重樹・中谷洋子・佐伯晋吾・宇賀昭二
・松村武男・武川 公：イヌの飼育環境と*Toxocara*属
線虫に対する抗体価…………… 95
- 船城衛介・Ahn, Young-Joon・本山直樹：イエバエのピレスロイ
ド抵抗性に果たす低感受性神経 (*kdr*) の役割……………102
- 吉田欣未・勝田純郎：香料成分の抗菌作用II. エタノール溶液中
の抗菌効果……………112
- 小野吉弘・小林由明・岡野隆良・武衛和雄：植物精油の室内塵性
ダニに対する殺ダニ効果……………116

解 説

- 石田清貴：テルペン類の生理活性……………120
- 会報……………124
- 会員動静
- 学術会議だより

Vol.5 1993

3

日本環境動物昆虫学会

イヌの飼育環境と*Toxocara*属線虫に対する抗体価

楠木 進¹⁾・喜多博子¹⁾・西下重樹¹⁾・中谷洋子¹⁾
佐伯晋吾²⁾・宇賀昭二³⁾・松村武男³⁾・武川 公⁴⁾

- 1) 兵庫県高砂保健所
- 2) 兵庫県食肉衛生検査センター
- 3) 神戸大学医学部医動物学教室
- 4) 姫路獨協大学

(受理: 1993年8月18日)

Relationship between Dog Care and *Toxocara canis* Antibody in Dogs. Susumu HASHIMOTO, Hiroko KITA, Shigeki NISHISHITA, Yoko NAKAYA (Hyogo Prefectural Takasago Health Center, 1-52 Kami-mati, Arai-cho, Takasago-shi, Hyogo 676, Japan), Shingo SAEKI (Hyogo Prefectural Meat Test Center, 36-1 Yokoouji, Sikata-cho, Kakogawa-shi, Hyogo 675-03, Japan), Shoji UGA, Takeo MATSUMURA (Department of Medical Zoology, Kobe University, School of Medicine, 5-2 Kusunoki-cho 7-chome, Tyuou-ku, Kobe-shi, Hyogo 650, Japan) and Akira TAKEKAWA (Himeji Dokkyo University, 7-2-1 Kamiouno, Himeji-shi, Hyogo 670, Japan), *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 5: 95-101(1993)

An indirect fluorescent antibody assay (IFA) was used for the measurement of antibodies to *Toxocara canis* in 281 dogs. We found that 215 (77%) dogs were positive for *T. canis* antibody. The titer distribution showed a peak at 1:256 of serum dilution. Stool examination revealed that only 6 of 85 IFA-positive dogs were positive for eggs, indicating either that the remaining 79 dogs were recovered but antibody positive or in the state of "occult infection" where dogs harbor only 3rdstage larvae but not adults. Epidemiological analysis revealed that the manner of rearing dogs and age are highly related to their infection with *T. canis*.

Key Words: Zoonoses, *Toxocara canis*, IFA method, Dog care

飼育犬281頭を対象として*Toxocara*属線虫“犬蛔虫”の抗体価測定をIFA法を用いて実施した。その結果、抗体陽性率は77%であり、その抗体価は1:256をピークとする分布を示した。抗体陽性と判定された85頭について糞便検査を実施したところ、虫卵陽性を示したものはわずか6頭のみであった。このことは残り79頭のイヌが犬蛔虫の幼虫を体内に保有しつつ虫卵を排泄しないいわゆる潜在感染犬、あるいは過去に感染を受け現在は治癒したものの抗体を保有し続けているイヌと考えられた。イヌの飼育環境等調査結果と抗

体陽性率の関係においては、①年齢の高いイヌより低いイヌ、②屋外飼育犬より屋内飼育犬、③散歩未実施犬より実施犬、④健康診断未実施犬より実施犬、および⑤雑種より純血種のグループの抗体陽性率が低い傾向が認められた。以上の結果よりイヌの飼育環境および年齢が犬蛔虫感染の有無に影響していることが考えられた。

はじめに

イヌおよびネコは、近年、コンパニオンアニマルとしてヒトと生活圏を共有することが多くなり、動物を介して生ずる疾患、すなわち人畜共通感染症が重要視されるようになった。なかでも、犬蛔虫 (*Toxocara canis*) および猫蛔虫 (*Toxocara cati*) の幼虫移行症はイヌ、ネコとヒトとの関わりのある疾病であるが、診断の困難な疾患として近年注目されている。

犬蛔虫症の原因はヒトが外界で発育した犬蛔虫の幼虫包蔵卵を経口的に取り込むことによって生ずるとされている。大林 (1977) は実際にヒトがイヌと接触する際、虫卵を直接取り込んだり、これらに汚染された食物、衣類および寝具等を介して感染を受ける可能性を指摘している。著者ら (1989) は兵庫県高砂市内の公園の砂場における *Toxocara* 属線虫卵の汚染状況を調査し、その19%が汚染していたことより、砂遊びを通じての感染の可能性を報告している。さらに五十嵐・矢富 (1992) も兵庫県東播磨地区の公園の砂場におけるイヌとネコの蛔虫卵による汚染率は22%であったと報告している。

イヌおよびネコにおける *Toxocara* 属線虫の陽性率は前者で10~100% (村上ら, 1982), 後者で22% (宇賀ら, 1983) であるといわれている。なかでもイヌには年齢抵抗性と呼ばれる現象が知られており、幼若犬の陽性率は成犬のそれよりも高いとされている。宇賀ら (1982) は、兵庫県下における捕獲犬のうち成犬では18%、1ヶ月齢未満の幼若犬では67%に犬蛔虫の寄生が認められ、しかも、幼若犬のすべてから虫卵を確認している。しかし、犬蛔虫の場合はイヌの体内で長期間幼虫のまま留まるという特異な生活史を有するため、感染の成立したイヌでも体外に虫卵が排泄されない場合が多い。

イヌにおける犬蛔虫の浸淫状況を、その抗体保有調査から知ろうとする試みは MATSUMURA and ENDO (1983) により報告され、犬蛔虫に対する抗体測定が酵素抗体法 (ELISA) により可能なことが示されている。しかし、この調査ではわずか4頭が調べられたのみであり、イヌ

の年齢や飼育環境等に言及されていないなど、いまだにイヌの抗体保有状況と飼育環境との関係は十分に把握されているとは考えられない。そこで、著者らは飼育犬の *Toxocara* 属線虫に対する抗体価を間接蛍光抗体法 (IFA) を用いて測定し、イヌの飼育環境等の調査結果と抗体陽性率との関係を検討した。

調査方法

1. 調査期間および調査対象

1989年8月から1992年1月までの30ヶ月間に兵庫県高砂保健所に引取りを依頼された3ヶ月齢以上の飼育犬70頭 (雄31頭, 雌39頭) および市内の動物病院で受診した飼育犬211頭 (雄115頭, 雌96頭) の合計281頭を対象として調査を行った。また、実験動物として継代飼育され *Toxocara* 属線虫の抗体が陰性とされている3ヶ月齢以上の寄生虫フリーのビーグル犬15頭 (雄7頭, 雌8頭) を陰性コントロールとして使用した。

2. 血清抗体価の測定

被検血清は無麻酔下で前肢橈側皮静脈より1mlを採血し、血清分離後、 -20°C で保存したものを血清抗体価の測定に供した。IFA法に用いた抗原は、あらかじめ採取した犬蛔虫雌成虫の子宮より回収した虫卵に蒸留水を加え *in vitro* で 27°C ・2週間培養して得られた幼虫包蔵卵である。これら虫卵は95%のエチルアルコールで 4°C ・18時間固定した後、顕微鏡用包埋剤 (JB-4: Polysciences, U. K.) を用いて包埋した。実験に際しては、これを顕微鏡用マイクローム (Sorvall, U. S. A.) で $0.7\mu\text{m}$ に薄切したものをスライドガラス上に接着させ使用した。前述の方法にて採取した被検血清はダルベッコPBS(-) (ニッスイ, 東京) で $1:8$ から $1:8,192$ まで二倍段階希釈し、それぞれの $20\mu\text{l}$ を抗原上に滴下、モイストチャンパー内にて 37°C ・60分間反応させた。反応後の抗原はダルベッコPBS(-) で2回 (各5分) 洗浄し、同液にて50倍希釈したFITC標識抗犬IgG (カッセル社, オーストラリア) の $20\mu\text{l}$ とモイストチャンパー内にて 37°C ・60分間反応させた。二次反応後の抗原は前述と同様の方

法で洗浄後、さらに蒸留水で1回の洗浄を行った後、暗室にて自然乾燥させ蛍光顕微鏡下で特異的蛍光反応 (specific reaction) の有無を観察した。結果は特異的蛍光反応を示す最大希釈倍率をもって被検血清の抗体価と判定し、その判定基準はビーグル犬により得られた結果に基づいて抗体価の1:32以下を陰性、1:64を疑陽性、そして1:128以上を陽性とした。

3. 飼育環境等調査および糞便検査

飼育環境の調査は次の8項目を飼育者からの直接聞き取りによった。すなわち①保健所引取り犬あるいは動物病院受診犬、イヌの②種類、③性別、④年齢、⑤飼育場所(屋内か屋外か)、⑥散歩(週5日以上)の定期的な散歩実施の有無、⑦健康診断受診(年1回以上の定期的な健康診断受診の有無)および⑧寄生虫駆虫(過去1回以上の犬蛔虫駆虫実施の有無)である。

糞便検査は保健所引取り犬については、保健所内で数日間飼育のち排便を待って採取したものについて実施し、動物病院受診犬については、飼育者により採便したものを検体とした。Tween 80クエン酸緩衝液法を用いて犬蛔虫卵の有無を検査した。

得られた結果と抗体陽性率との関係は χ^2 検定またはFisherの直接確率計算法を用いて解析し、それぞれの

結果が $P \leq 0.05$ を示すものを有意と判定した。

結 果

保健所引き取り犬70頭および動物病院受診犬211頭について調査した結果、これらの*Toxocara*属線虫に対する抗体陽性率は77%であることが明らかになった。その分布は図1にヒストグラムで示すとおり、抗体価1:256をピークとする一峰性の分布を示した。イヌの性別による抗体価に差は認められず、陽性犬の47%が雄犬、53%が雌犬であった。その抗体価が1:8,192以上を示すイヌも11頭認められた。

飼育環境等の調査結果と抗体価の関係は表1に示した。調査した8項目のうち、イヌの性別および駆虫実施の有無を除き、いずれも飼育環境等のちがいが抗体価に影響を与える結果が得られた。調査対象となったイヌのうち、その43%が純血種、57%が雑種であった。抗体陽性率は前者で68%、後者で83%と雑種の陽性率が有意に高かった。また、屋外飼育犬230頭の陽性率は81%で、屋内飼育犬50頭の54%に比し有意に高かった。一方、散歩を殆ど実施していないイヌ15頭の陽性率は100%と散歩を実施していた264頭、75%より有意に高かった。年1回以上の健康診断を受けていたイヌは調査対象犬の52%

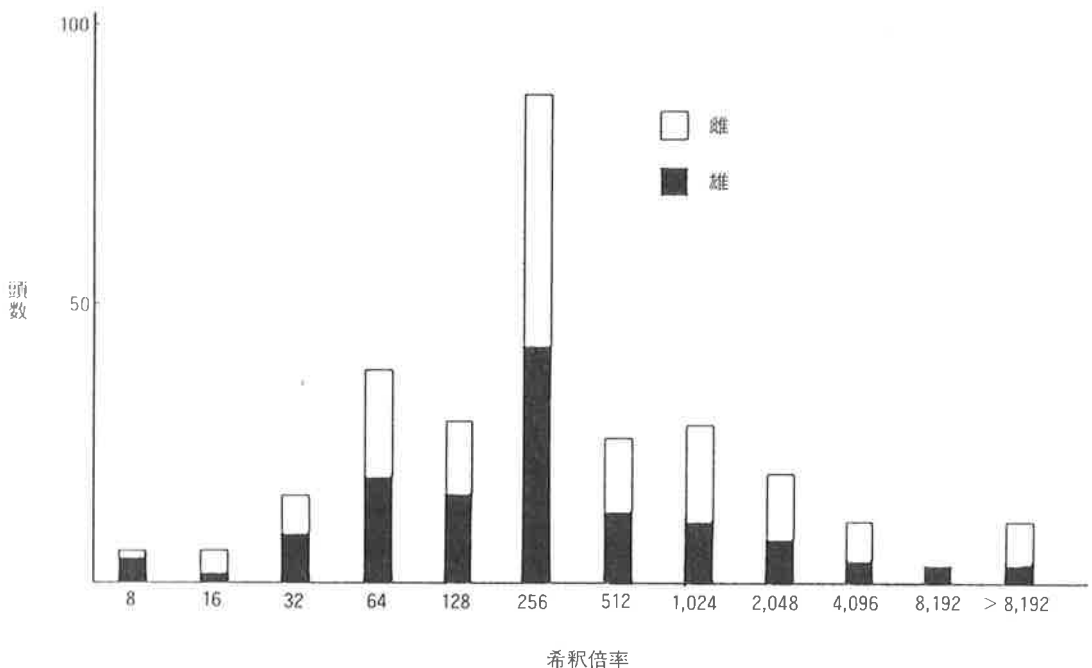


図1 犬蛔虫に対する抗体価の分布

表1 飼育環境等調査結果と抗体価

希釈 倍率	種 類		飼育場所				散 歩		健 康 診 断				年 齢		調 査 区 分		性 別		駆 虫	
	雑種	純血種	屋外	屋内	不明	未実施	実施	不明	未実施	実施	不明	3才以上	3才未満	HC引取	病院受診	雌	雄	未実施	実施	不明
8	2	4	3	3	0	0	6	0	1	5	0	2	4	0	6	1	5	2	0	4
16	4	2	3	3	0	0	6	0	0	5	1	3	3	1	5	4	2	1	0	5
32	7	9	13	3	0	0	16	0	3	7	6	7	9	3	13	7	9	4	2	10
64	14	24	24	14	0	0	38	0	8	25	5	14	24	6	32	19	19	11	3	24
128	15	14	21	8	0	1	28	0	12	13	4	15	14	8	21	13	16	10	3	16
256	42	45	73	14	0	5	82	0	18	53	16	55	32	14	73	45	42	19	4	64
512	19	7	25	1	0	2	24	0	11	11	4	16	10	8	18	13	13	10	2	14
1024	20	8	26	1	1	4	22	2	13	12	3	19	9	9	19	17	11	11	3	14
2048	18	2	19	1	0	1	19	0	11	5	4	15	5	11	9	12	8	10	1	9
4096	7	4	11	0	0	2	9	0	4	5	2	6	5	5	6	7	4	3	3	5
8192	1	2	3	0	0	0	3	0	2	1	0	2	1	2	1	0	3	0	2	1
>8192	10	1	9	2	0	0	11	0	6	5	0	8	3	3	8	8	3	7	0	4
計	159	122	230	50	1	15	264	2	89	147	45	162	119	70	211	146	135	88	23	170
陽性率	83	68	81	54		100	75		87	71		84	66	86	74	79	74	80	78	
2群比較	P=0.00519		P=0.00004		P=0.025 ¹⁾		P=0.00749		P=0.00100		P=0.03610		P=0.35384		P=0.89234					

1) Fisher直接確率計算法

(147頭)を占めていた。IFA法による検査ではこれらの71%が抗体陽性であったが、未受診犬の87%より有意に低かった。一方、3才未満のイヌの抗体陽性率は66%と3才以上の84%より有意に低かった。また、動物病院受診犬を保健所引取り犬と比較した場合にも同様の傾向が認められた(表1)。

犬蛔虫卵検出のための糞便の採取は101頭についてのみ実施し得た。糞便検査で虫卵陽性であったものは6頭(6%)であり、そのすべて(100%)が抗体陽性であったのに対して、虫卵陰性であった95頭のうち79頭(83%)が抗体陽性であった(表2)。

図2は表1, 2の調査項目に抗体陽性、陰性の項目を加えた項目群の互いの関連を数量化分析Ⅲ類(河口, 1978; 田中ら, 1989)を用いて調べたものである。項目群は2つの要因の軸で分類され、第一軸(横軸)の左側に位置する項目は駆虫実施、屋内飼育、健康診断受診、純血種および動物病院受診犬であり、右側に位置するものは散歩未実施および犬蛔虫卵陽性犬の項目である。一方、第2軸(縦軸)はイヌの年齢を表す軸であり、上に位置するものは、0才犬、1・2才犬であり、下側に位置するものは“3才以上のイヌ”の項目である。こ

のことは、加齢にしたがい抗体陽性となる危険性を絶えず伴っていることを示すものである。

考 察

ROBERTSON *et al.*, (1988)は犬蛔虫の診断には感受性(Sensitivity)と同様に特異性(Specificity)も重要であることを報告している。そこで、著者らが行ったIFA法で得られた抗体価1:32以下を陰性、1:64を疑陽性および1:128以上を陽性とする判定基準を設定し、その感受性および特異性を判断した。その結果、数は少ないものの犬蛔虫卵を排泄しているイヌ6頭はすべて陽性となり、感受性は100%であった。一方、実験動物として継代飼育され、*Toxocara*属線虫の抗体が陰性であった寄生虫フリーのビーグル犬については、15頭中わずか2頭が疑陽性と判断され、その特異性は87%であった。以上の結果に基づき、著者らは、種々の飼育環境下にあるイヌの犬蛔虫に対する抗体保有状況を明らかにし、飼育条件と抗体保有状況との関係を考察する手段としてIFA法が簡便かつ正確な方法であると考え、以下の研究を実施した。

兵庫県高砂市内の飼育犬281頭を対象としてToxo-

表2 犬蛔虫卵の検出状況と抗体価

希釈 倍率	犬 蛔 虫 卵		
	検出	未検出	不明
8	0	1	5
16	0	1	5
32	0	5	11
64	0	9	29
128	1	11	17
256	2	20	65
512	1	12	13
1024	0	14	14
2048	0	11	9
4096	1	5	5
8192	0	2	1
8192	1	4	6
計	6	95	180
陽性率	100	83	
2 群比較	P=0.27317		

canis 属線虫に対する抗体保有状況を調査した結果、215頭(77%)が抗体陽性であった。これらの結果と同時に、行ったイヌの飼育環境等調査結果と対応させ、比較検討したところ、イヌの種類、年齢、飼育場所、散歩の有無および健康診断受診の有無等と抗体陽性率とに関連が見られた。飼育場所に関しては、屋外飼育犬の抗体陽性率が屋内飼育犬のそれよりも有意に高かった。このことは大林(1977)や五十嵐ら(1992)が指摘したごとく、屋外の汚染された環境から直接感染を受けたためであろうと考えられる。また、散歩未実施犬の抗体陽性率は実施犬のそれよりも高かった。これは散歩の未実施が外部環境との接触を減少させ、抗体陽性率を低下させるというようには作用せず、後述の数量化分析Ⅲ類の解析から明らかのように、散歩の未実施は飼育環境の悪さと関連しており、それによって抗体陽性率が高いものと考えられる。調査した純血種の73%は健康診断が実施されており、雑種の健康診断受診率37%(データは示していない)に比し有意に高かった。飼育場所の結果に加えて、これ

ら純血種”や“健康診断実施犬”の陽性率が低いことから、飼育者のイヌに対する取り扱い方が犬蛔虫の感染に大きく影響しているものと考えられた。同様の傾向は散歩実施の項でも認められた。一方、駆虫実施の有無およびイヌの性別は抗体陽性率と関連がなかった。現在使われている犬蛔虫症の治療薬にはアジピン酸ペペラジンおよびリン酸ペペラジン等が広く用いられているが、これらの駆虫薬は成虫に作用し、幼虫には効果的でないためであると考えられる。さらにROBERTSON *et al.* (1988)は雄犬の犬蛔虫に対する抗体価は雌犬のそれと比較して低いと報告しているが、本調査結果では抗体価において雌雄の差はほとんど認められなかった。調査対象犬の年齢を3才未満と以上に分けて比較すると、3才以上の陽性率は84%と3才未満の66%より有意に高かった。感染の機会は加齢とともに増加するものであり、林ら(1983)の報告したごとく、一度感染すると幼虫のまま長期間体内に存在するものと考えられた。これらの結果は図2に示した数量化分析Ⅲ類による分析でも追認することができる。すなわち、第一軸は飼育状況を示す軸であり、左側が良い飼育状況、右側が悪い飼育状況を表すものと判断できる。一方、第二軸(縦軸)はイヌの年齢を表す軸であり、上に位置するものは低年齢犬であり、下側に位置するものは高年齢犬である。抗体陰性の項目は、第一軸左側で、第二軸の上方、すなわち飼育状況が良く、低年齢犬の所に位置しており、加齢にともなって座標点は抗体陰性の位置から下方に離れる。このことから加齢にともなう抗体陽性率の上昇が推察され、上記の結果とも矛盾しない。

糞便検査を実施した101頭のうち、その85頭(84%)が抗体陽性を示した。しかし、これらの糞便検査で虫卵が認められたものはわずか6頭(6%)のみであった。林ら(1983)は、犬蛔虫の感染において成犬には成虫となり得ない幼虫が寄生している場合が少なくないと報告している。このことから考えて、抗体陽性でありつつも虫卵陰性であった79頭(93%)のイヌは犬蛔虫の幼虫を体内に保有しつつ虫卵を排泄しない、いわゆる“潜在感染犬”あるいは過去に感染を受け現在は治癒したものの抗体を保有し続けているイヌと考えられる。人畜共通感染症の立場からイヌを対象とした犬蛔虫の疫学調査が多数実施されてきた。しかし、これらの調査はいずれも成虫や虫卵を検出する方法で行われている。その結果、犬蛔虫の成犬における感染率は10~20%と報告されてい

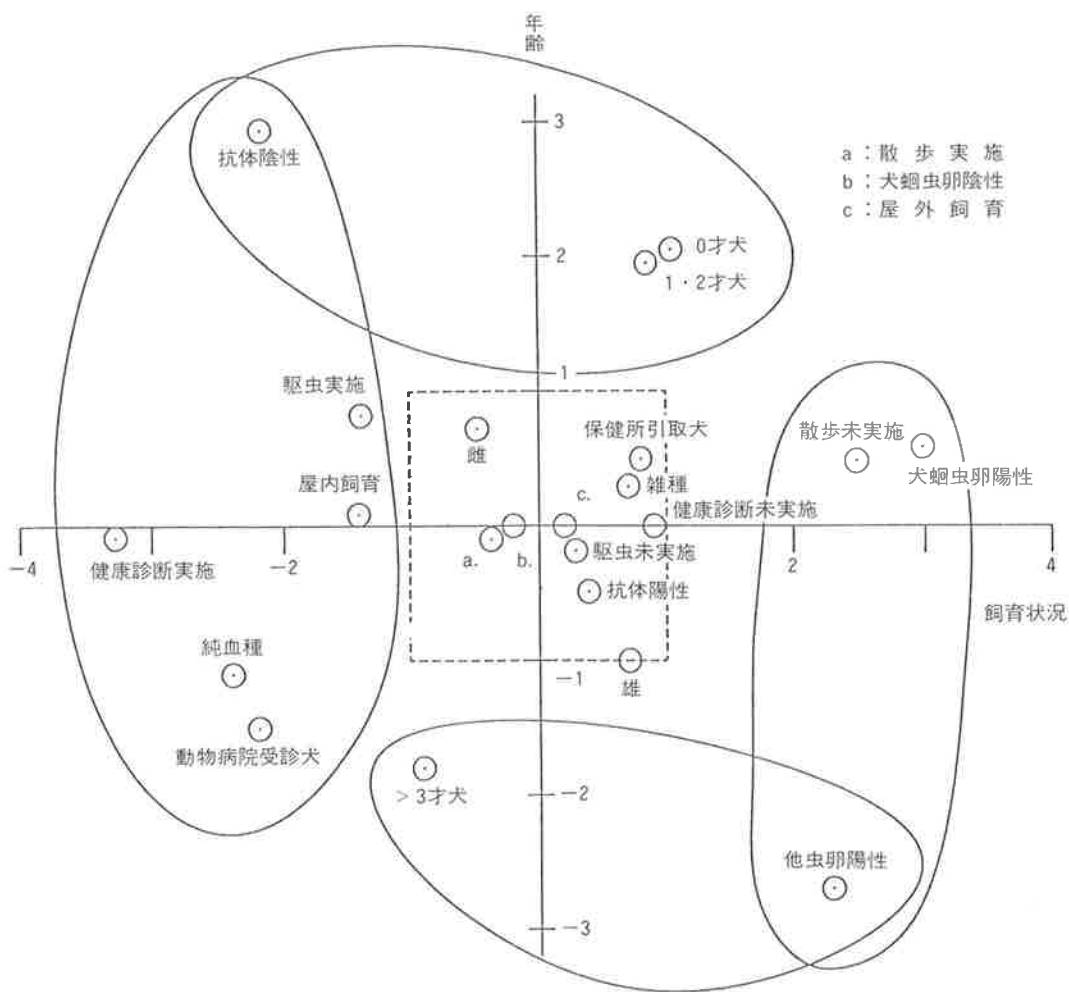


図2 対象犬に対する調査カテゴリーの分布 (数量化分析Ⅲ類)

るが、今回の結果から潜在感染犬を考慮すると、これらの感染率は実際の感染率よりも低く報告されているものと考えられる。したがって、潜在感染犬のうち特に雌犬においては、胎盤感染、乳汁感染により子犬へ感染させ、その子犬から排泄された虫卵が環境汚染することにより、ヒトへの感染が憂慮されるところである。今後は、犬蛔虫の陽性率に言及する際には成虫感染犬と潜在感染犬を考慮した報告をすることが望ましいと考える。

飼育犬の環境等調査結果から、純血種、幼犬、屋内飼育犬、毎日散歩を実施しているイヌおよび定期的に健康診断を受診しているイヌに抗体陽性率が低いことが明らかとなった。このことは、イヌが常に愛情をもって大切に飼育されていることが感染防止に重要な要素であると

考えられる。

イヌからヒトへの感染を防止するためには、飼育者に対しイヌの健康管理、糞便の適正処理の必要性を指導し、飼育者にはイヌと接触後の手洗い、うがいの励行を徹底するとともに、人畜共通感染症の正しい認識と予防対策の普及の必要性が示唆された。

謝 辞

本調査を遂行するにあたり多大の御協力を賜りました兵庫県高砂市内動物病院の片山健一および国司広人獣医師に対し深く感謝の意を表します。

引用文献

- 橋本 進・山田耕 一・池田正彦・竹村明平・喜多博子・田中倫子 (1989) 管内の砂場における回虫卵汚染状況調査について。日獣会誌43(増): 189.
- 林 滋生・石井俊雄・大塩行夫・小山 力・近藤末男 (1983) 本邦における人獣共通寄生虫症, pp. 235-243, 文永堂出版, 東京.
- 五十嵐健 一・矢富謙治 (1992) 犬と猫の回虫卵による公園の砂場の汚染状況。日獣誌 45: 597-599.
- 河口幸尚 (1978) 多変量解析入門Ⅱ 46: 89, 森北出版, 東京.
- 近藤力士 (1989) ベットから感染する寄生虫症(2), (マ)幼虫移行症。遺伝 43(4): 31-33.
- MAEJIMA, K. and R. ENDO (1983) Evaluation of the Enzyme-linked immunosorbent assay for detecting antibodies to *Toxocara canis* in dogs. *Jpn. J. Vet. Sci.* 4: 683-685.
- 村上 一・勝部泰次・影井 昇・丸山 務 (1982) 人畜共通伝染病: 316-320. 近代出版, 東京.
- 大林正士 (1977) 人体寄生虫感染における家畜及び野生動物の役割について。寄生虫誌 26 (増): 11-12.
- ROBERTSON, B. D., T. R. BURKOT, S. H. GILLESPIE, M. W. KENNEDY, Z. WAMBAI and R. M. MAZEIS (1988) Detection of circulating parasite antigen and specific antibody *Toxocara canis* infections. *Clin. exp. Immunol.* 74: 236-241.
- 田中 豊・垂水共之・脇本和昌 (1989) パソコン統計解析ハンドブック 2: 296-313. 共立出版, 東京.
- 宇賀昭二・水野不二男・松村武男・伊藤 隆・塩見雅志・渡辺嘉雄・山田都佐雄・大西富男・五藤政義 (1982) 兵庫県下における捕獲犬の寄生蠕虫類について。寄生虫誌 31: 407-413.
- 宇賀昭二・松村武男・山田都佐雄・大西富男・五藤政義 (1983) 兵庫県下におけるネコの寄生蠕虫類について。寄生虫誌 32: 91-98.

イエバエのピレスロイド抵抗性に果たす 低感受性神経 (*kdr*) の役割

船城衛介^{1)*}・Ahn, Young-Joon^{2)**}・本山直樹²⁾

- 1) 千葉大学園芸学部生態制御化学研究室
- 2) 東京大学農学部応用昆虫学研究室

(受理 : 1993年9月16日)

Role of Nerve Insensitivity (*kdr*) in Pyrethroid Resistance of Housefly. Eisuke FUNAKI^{1)*}, Young-Joon AHN^{2)**} and Naoki MOTOYAMA¹⁾ (¹⁾Faculty of Horticulture, Chiba University, Matsudo, Chiba 271, Japan ; ²⁾Faculty of Agriculture, Tokyo University, Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan). *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 5 : 102-111 (1993)

The frequency of *kdr* factor obtained by electrophysiological methods was closely correlated with a bioassay, in which flies were considered to have the *kdr* gene when they survived a mixture of DDT, DMC, PBO (1 μ g/fly) applied topically. This bioassay method can be used for the simple detection of *kdr* factor in large housefly populations. To study the correlation of *kdr* and pyrethroid resistance, experiments comparing the *kdr* frequency and susceptibility to DDT or resmethrin in several housefly strains were done. A fixed correlation was showed between the susceptibility to resmethrin and the frequency of *kdr* because houseflies with *kdr* factors were more than 80% in all colonies with low susceptibility to resmethrin. It is suggested that *kdr* was a fundamental condition in high level resmethrin resistance of houseflies. However, the correlation of DDT susceptibility and frequency of *kdr* was different from that of resmethrin ; high level DDT-resistance was brought on by *kdr* alone. It may be that the factor of *kdr* is all that is necessary for resistance to DDT, but with resistance to resmethrin it is necessary but not sufficient.

Key Words : Housefly, Pyrethroid resistance, DDT resistance, *Kdr*, Nerve insensitivity, *Kdr* frequency

* 現在 : 宇部興産(株) 宇部研究所 (Present address : UBE Industries, Ltd. Tokiwadai, Ube, Yamaguti, 755, Japan.)

** 現在 : ソウル大学農学部 (Present address : Department of Agrobiolgy, College of Agriculture, Seoul National University, Suweon, 441-744, Korea.)

電気生理学的方法および生物検定法によって調べたイエバエの *kdr* (低感受性神経) 頻度には高い相関関係が認められ、生物検定法は供試個体数を多くした、すなわち信頼性の高い *kdr* の簡易検出法として系統間比較実験に使用できることが明らかとなった。この方法を用い、イエバエにおける p,p'-DDT および resmethrin に対する感受性と *kdr* 頻度との関係について調べた。その結果、resmethrin 感受性と *kdr* 頻度との間には一定の関係が認められ、resmethrin に対する感受性が低い個体群では、すべて *kdr* 頻度が 80% 以上を示し、高レベルの resmethrin 抵抗性には *kdr* が基本条件であることが示唆された。一方、DDT 感受性と *kdr* 頻度との関係は、resmethrin の場合と異なり *kdr* 単独でも高い DDT 抵抗性をもたらすことが明らかとなった。

以上のことより、DDT 抵抗性にとっては *kdr* は十分条件であるが、ピレスロイド抵抗性にとっては *kdr* は必要条件であり、十分条件ではないこと、つまり、益子系で見られる極めて高いピレスロイド抵抗性は *kdr* 因子と他の抵抗性因子の相乗効果によってもたらされることを明らかにした。

緒 言

一般にイエバエ *Musca domestica* L. においてはピレスロイド抵抗性と DDT 抵抗性は交差する場合が多い。ピレスロイド抵抗性のメカニズムには主として *kdr* 因子によってもたらされる神経の感受性低下、チトクローム P450 キノオキシゲナーゼ系およびエステラーゼによる解毒分解能の増大、ならびに皮膚の薬剤透過性の低下が関与し (OPPENORTH and WELLING, 1976)、イエバエの場合、低感受性神経 (*kdr*) は第 3 染色体上に存在する劣性の遺伝子によって支配されていることが知られている。(TSUKAMOTO, 1969)。

欧米産イエバエのピレスロイド抵抗性については、*kdr* が重要な役割を果たしており、酵素系による解毒分解は主要な役割を果たしていないという報告もある (FARNHAM, 1977; DEVRIES and GEROGHIOU, 1981)。

わが国においては、1958年に DDT 抵抗性イエバエに *kdr* が存在することが報告されたが (YAMASAKI and NARAHASHI, 1958)、以後 *kdr* についての研究はなかった。ところが、1983年にわが国で初めてピレスロイド抵抗性の発達したイエバエが発見され (益子系)、このイエバエ個体群には低感受性の神経が存在することが明らかにされた (MOTOYAMA, 1985; AHN *et al.*, 1987)。

しかしながら、益子系イエバエにおけるピレスロイド抵抗性には、*kdr* 以外にも P450 による解毒分解もまた重要なメカニズムとして働いている (FUNAKI *et al.* unpublished)。また、1985年に行なった関東 4 県におけるピレスロイド抵抗性の実態調査の結果、調査個体群はすべて DDT に対して抵抗性を示したが、栃木県の豚舎より採集した益子系の個体群を除いてはすべてピレスロイドの resmethrin に対しては高い感受性を示した (船城ら, 1986)。

このことは、ピレスロイド抵抗性のものは、DDT 抵抗性を示すが、DDT 抵抗性のものは、必ずしもピレスロイド抵抗性ではないということを示しており、両薬剤に対する抵抗性と *kdr* との関係についてはまだ必ずしも明確ではない。

そこで本研究では、DDT 抵抗性とピレスロイド抵抗性の関係ならびにピレスロイド抵抗性における *kdr* の役割を明らかにする目的で、各種イエバエ系統の抵抗性のレベルと *kdr* を示す個体の頻度との関係を調べた。さらに、1983年にピレスロイド抵抗性益子系イエバエが発見された栃木県益子町の豚舎において、ピレスロイド抵抗性と *kdr* を示す個体の頻度の季節的推移についても調査し、その関係について考察した。

材料と方法

1. 供試薬剤

p,p'-DDT (85.0%), 1,1,1-trichloro-2,2-bis(p-chlorophenyl) ethane; resmethrin (95.1%), 5-benzyl-3-furylmethyl (1RS) cis, trans-chrysanthemate; permethrin (90.2%), 3-phenoxybenzyl (1RS, 3RS)3-(2,2-dichlorovinyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate は各農薬会社より, 1,1-bis(p-chloro-phenyl ethanol) (DMC) は米国ノースカロライナ州立大学W. C. DAUTERMAN 教授より入手した. piperonylbutoxide (pbo) は和光純薬株式会社より購入した.

2. 供試イエバエ

本研究で用いたイエバエ各系統の由来は以下のとおりである.

SRS系: WHO標準の感受性系統でイタリア国Pavia大学より入手したものを理化学研究所深見順一博士経由で入手.

CSMA系: 米国で古くから標準的に用いられている感受性系統で1984年, ノースカロライナ州立大学のW. C. DAUTERMAN 教授より入手.

高槻系: わが国で古くから標準的に用いられている感受性系統で, 1984年大阪大学広吉寿樹博士より入手.

aabys系: 大阪大学広吉寿樹博士が連鎖群解析のために合成した感受性系統で, 第1~5連鎖群に各々劣性可視ミュータントマーカーとして *ac*, *ar*, *bwb*, *ye*, *sni*, を有する.

FC系およびRutgers系: 薬物酸化酵素活性が高いことが知られる有機リン剤抵抗性系統で, 1985年ノースカロライナ州立大学のW. C. DAUTERMAN 教授より入手.

夢の島-84系: 有機塩素剤, 有機リン剤, カーバメイト剤等に対する複合抵抗性系統で, 1984年東京都第3夢の島より採集したものを国立予防衛生研究所の安富和男博士より入手後, fenitrothion により2世代, diazinon により3世代選抜した個体群.

八千代-diaz 5系: 有機リン剤抵抗性系統で1985年千葉県八千代市より採集後, diazinon で5世代選抜した個体群.

kdr系: ピレスロイド抵抗性で, 元々はイギリスのRothamsted Experimental Station で *kdr* 因子を単離し, *bwb* と *ye* の2つの劣性可視ミュータントマーカー

で標識した系統を日本特殊農業製造株式会社の下松明雄博士より入手.

益子-83系: ピレスロイド抵抗性系統で1983年栃木県益子町A豚舎より採集後, 薬剤による選抜なしで室内にて累代飼育した個体群.

益子-res 12系: 益子-83系を resmethrin を用いて12世代選抜した個体群.

益子-85b系: 1985年9月に益子町B豚舎より採集した個体群.

益子(aa+ys)系: 益子-res 5系の第3連鎖群だけをaabys系に導入し, resmethrin を用いて4世代選抜した個体群.

益子(aa+y+)系: 益子-res 5系の第3および第5連鎖群をaabys系に導入し, resmethrin を用いて4世代選抜した個体群.

沼南A~E系: 1986年6月~9月にかけて千葉県沼南町の豚舎から採集し, 室内で無選抜で2~3世代増殖した個体群.

なお, この他に, 1985年6月~10月に栃木県益子町のA豚舎から毎月採集し, 1世代室内で増殖した個体群も供試した.

これらのハエバエは25±2℃の恒温室で, 幼虫はラット・マウス用飼料CE-2®(日本クレア株式会社製)を与え, 成虫は水と砂糖を与えて飼育した. 実験には羽化後4~5日の雌成虫を用いた.

3. 実験方法

(1) 薬剤感受性検定

殺虫剤のアセトン溶液を1雌当たり0.5μlずつ胸部背板に局所施用し, 25±1℃に24時間保持後, 死虫数を観察した. なお, 検定には各薬量20頭ずつ供試し, 2反復を設けた. LD₅₀値と95%信頼限界はBLISS(1935)の方法に準じてマイクロコンピューター(NEC, PC-9801日本電気株式会社製)を用いて算出した.

(2) 電気生理学的方法による *kdr* 頻度の推定

イエバエの中枢神経(CNS)のピレスロイドに対する感受性はYAMASAKI and NARAHASHI(1958)の電気生理学的方法に準じて, AHN *et al.*(1987)と同様の方法で調べた. すなわち, 両翅と前中脚2対を基部において切除したイエバエを歯科用ワックスを用いてコルク板上に仰向けに固定し, 解剖用メスを用いて実体顕微鏡下で胸部を切開し, 胸部神経節を露出する. 銀電極(50μm)を後脚腿筋と腹部に挿入し, permethrin アセトン

溶液の生理食塩水希釈液を露出した胸部神経節に5 μ lずつ直接処理して、活動電位をオシロスコープ（日本光電、A119型）で測定した。結果は写真撮影ならびに磁気テープに記憶され、反応が起こるまでの時間と反応開始後の単位時間あたりインパルス数によって解析した。なお、インパルスは解剖後ストレスから回復するまで10分間放置してから、permethrinの生理食塩水希釈液を処理した。

(3) 生物検定法による *kdr* 頻度推定

p,p'-DDTの解毒分解に関与している薬物酸化酵素系の阻害剤 pbo と DDT 脱塩酸酵素の阻害剤 DMC を p,p'-DDT と同時処理し、生き残る個体は *kdr* を有すると見なす (Awonni (私信, 1985) の方法を用いて *kdr* 頻度を推定した。p,p'-DDT, DMC, pbo, 各々を0.02%ずつ含むアセトン溶液を雌成虫の胸部背板に0.5 μ l/♀ (各化合物 μ g/♀) ずつ局所施用し、25 \pm 1 $^{\circ}$ Cに24時間保持後、生死虫数を調べ、生存虫は *kdr* 因子を有すると見なして *kdr* 頻度を求めた。なお、試験には各系統とも120~150頭を供試した。

(4) DDT感受性、resmethrin感受性および *kdr* 頻度の季節変動の調査

益子町A豚舎において1985年6月から10月まで毎月1回、DDT, resmethrin に対する感受性および *kdr* 頻度を先と同法により調べた。なお、この豚舎では、6月25日、7月20日、8月7日、8月22日、8月27日に per-

methrin を0.05%/100ml/m²の割合で散布、9月27日、10月2日には diflubenzuron 水和剤を各々1g a.i./21/m², 0.25g a.i./0.51/m²の割合で散布、さらに10月7日には diflubenzuron 水和剤と permethrin (pbo 混合) を各々1g a.i./21/m², (0.05%+pbo 0.05%)/100ml/m²の割合で散布した。

結果と考察

1. 電気生理学的方法と生物検定法による *kdr* 頻度推定

CSMA系と *kdr* 系の露出胸部神経節に10⁻⁵ Mの permethrin を処理した時に得られる活動電位をFig. 1に示した。*kdr*系ではCSMA系に比べて、反応が現われるまでの時間 (latency) が長く、単位時間あたりのインパルス頻度が少ないことが明らかである。そこで、latencyを指標にして、*kdr*, SRSおよびCSMA系における permethrin に対する薬量とCNS感受性との関係を調べた結果をFig. 2に示した。

感受性系統では10⁻⁵ Mから10⁻⁹ Mまで処理したが、処理濃度が高いほど latency が短くなった。10⁻⁶ M処理した場合、CSMA, SRS系の latency は各々約9分と6分であったのが、*kdr*系では10⁻⁶ M処理では観察した30分以内には反応が現れず、10⁻⁵ M処理で初めて反応する個体が現れた。

そこで次に、*kdr*個体と非*kdr*個体を識別する latency

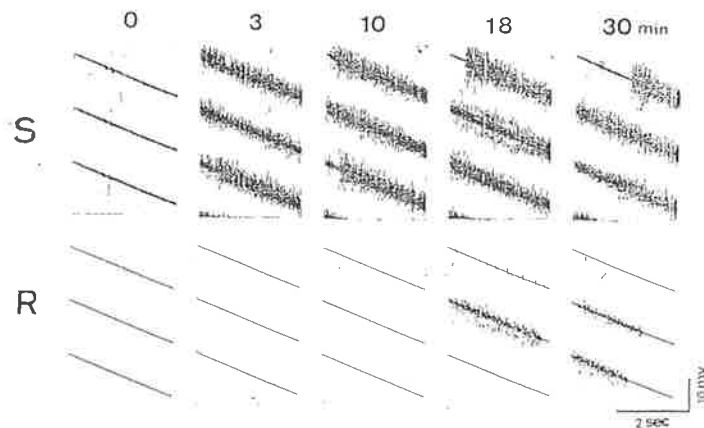


Fig. 1 Discharges of impulses in the femur muscle at different times produced by application of 10⁻⁵ M permethrin to the exposed thoracic in the susceptible CSMA strain (S) and pyrethroid resistant *kdr* strain (R) of houseflies.

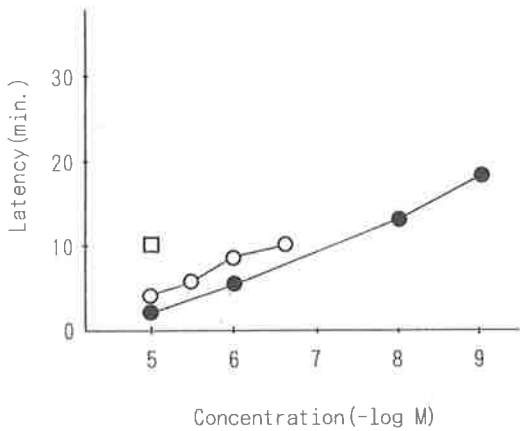


Fig. 2 Dosage-nerve sensitivity of susceptible and resistant strains of housefly when permethrin was applied to the exposed thoracic ganglia.

□ : kdr, ○ : CSMA, ● : SRS

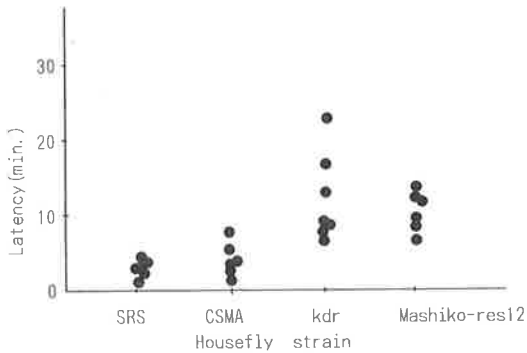


Fig. 3 Comparative CNS sensitivity to 10^{-5} M permethrin in susceptible and resistant strains of houseflies: Variation of latency

とインパルス頻度を求めるために、 10^{-5} Mの permethrin をSRS, CSMA, kdr および益子-res 12系に各々7頭ずつ処理した。latencyに関する結果をFig. 3に示した。

latencyについて平均±標準偏差(最低値~最大値)を見ると、SRS系は 1.8 ± 0.5 (1.0~2.7), CSMA系は 3.5 ± 1.5 (1.6~6.7), kdr系は 12.4 ± 6.5 (6.3~26.0), 益子系は 12.5 ± 6.4 (7.3~27.5)分であった。そこで、

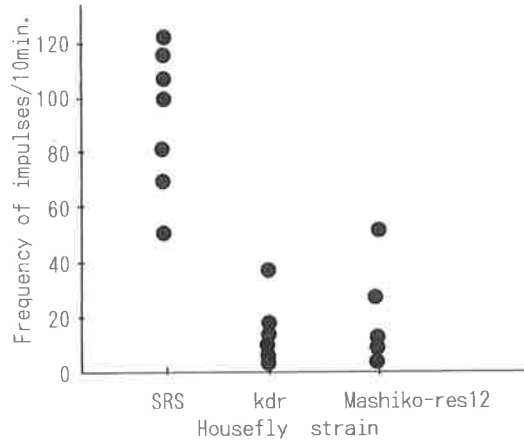


Fig. 4 Comparative CNS sensitivity to 10^{-5} permethrin in susceptible and resistant strains of houseflies: Variation of the frequency of impulse (/10min.)

これらの結果をもとに、latencyについては 10^{-5} M permethrin 処理後8分以内に無反応の個体を kdr を有すると見なすことによって、kdr 個体と非 kdr 個体をおおよそ識別できるものとした。

一方、インパルス頻度について同様に平均±標準偏差(最低値~最大値)をみると、SRS系は 93 ± 23.4 (54~122), kdr系は 12.2 ± 11.2 (2~36), 益子-res 12系は 15.3 ± 17.2 (2~53)/10分であった (Fig. 4)。これより、 10^{-5} M permethrin 処理後、インパルス頻度が40以下の反応を示す個体を kdr を有するとみなすことによって、kdr 個体と非 kdr 個体をおおよそ識別できるもの判断した。このように latency とインパルス頻度を指標にして数系統の kdr 頻度を調べた結果を、Table 1に示した。両指標によって推定した kdr 頻度は良く一致しており、相関係数は $r = 0.98$ であった。

電気生理学的方法による kdr の検出は、CNSの反応を直接測定するという点で優れた方法であるが、多数の個体を供試して系統間の比較をするという目的にとっては不便である。そこで、kdr の簡易検出法としてDDTとその代謝阻害剤を共力剤として用いる生物検定法によって数系統の kdr 頻度を検定してみた。結果は、先の電気生理学的方法によって推定した結果と併せてTable 1に示した。

Table 1 The *kdr* frequency obtained by electrophysiological and bio-assay methods in several strains of houseflies

Housefly	Frequency of <i>kdr</i> (%)		
	Latency ^{a)}	Burst ^{b)}	Bio-assay ^{c)}
CSMA	0 (20) ^{d)}	5 (20)	0 (150)
SRS	0 (20)	0 (20)	—
Rutogers	12 (16)	19 (16)	11 (120)
Yachiyo-diaz 5	55 (20)	95 (20)	85 (150)
Mashiko-res 12	84 (19)	95 (19)	100 (150)
<i>kdr</i>	83 (12)	100 (12)	92 (150)

a) not responding to 10^{-5} M permethrin at less than 10 min.

b) impulse frequency/10min. to 10^{-5} M permethrin

c) obtained by applying 0.5 μ l acetone mixture containig 1 μ g DDT, 1 μ g pbo and 1 μ g DMC

d) number of tested flies

生物検定法の結果と、latencyを指標にした場合との相関係数は $\gamma=0.98$ で、インパルス頻度を指標にした場合との相関係数は $\gamma=0.99$ であった。したがって、D101とその代謝阻害剤を用いる生物検定法によって推定した*kdr*頻度は、permethrinを露出胸部神経節に直接処理する電気生理学的方法によって推定した*kdr*頻度と良く一致しており、供試个体数を多くした系統間比較試験に*kdr*の簡易検出法として使用できることが明らかである。

2. p,p'-DDTおよびresmethrinに対する感受性と

*kdr*頻度

各系統のp,p'-DDTおよびresmethrinに対する感受性と生物検定法によって推定した*kdr*頻度をTable 2にまとめて示した。resmethrin感受性と*kdr*頻度との間には、一定の関係が認められた。resmethrinに対してLD₅₀値が0.7 μ g/♀以上の個体群はすべて*kdr*頻度が90%以上を示しており、感受性系統においては、*kdr*は認められなかった。このことより、resmethrin抵抗性には*kdr*が基本条件として必須であり、益子系のような非常に強い抵抗性は、その上に他のファクターが加わって発達するものと推察された。

しかし、*kdr*頻度が85%でLD₅₀値が0.1 μ g/♀（八千代系）や*kdr*頻度が8%でLD₅₀値が0.12 μ g（沼南町E）という個体群もあり、低レベルのresmethrin抵抗性の場合には、*kdr*による場合と必ずしも*kdr*が関与しない場合もあることが示唆された。また、益子(aa+ys)および益子(aa+y+)系は各々、益子系の第3、および第3と第5連鎖群をホモに持つ系統であるが、益子系の場合、第3連鎖群に*kdr*因子が乗っていると推察されており、当然のことながら、両系統とも*kdr*頻度約90%と高い値を示した。

ところがresmethrinに対する感受性を益子-res 12系と比べてみると、いずれも親系統である益子系のレベルには達しなかった。これは先の結果から明らかにされたように、益子(aa+ys)系のように*kdr*因子だけを抵抗性のメカニズムとして単独にもつ個体群では、益子-res 12系のような極めて高いピレスロイド抵抗性は発達し得ないという考えを支持するものである。

益子(aa+y+)系と益子(aa+ys)系を比較した場合、両系とも*kdr*頻度はほぼ同程度であるにもかかわらず、益子(aa+y+)系の方が益子(aa+ys)系よりもresmethrin抵抗性のレベルが高かったが、これ

Table 2 Susceptibility to resmethrin and DDT, and *kdr* frequency in several housefly strains

Housefly	Frequency of <i>kdr</i>	Susceptibility to resmethrin		Susceptibility to DDT	
		LD ₅₀ (μg/♀)	95 % C. L.	LD ₅₀ (μg/♀)	95 % C. L.
Mashiko-83	94	0.75	(0.6-0.9)	>170	
85b	91	0.72	(0.43-1.2)	"	
res 12	100	50	(31-82)	"	
(aa+ys)	89	1.5	(1.2-2.1)	"	
(aa+y+)	88	4.2	(2.7-6.5)	"	
<i>kdr</i>	92	2.6	(2.2-3.2)	"	
Yachiyo-diaz 5	85	0.1	(0.07-0.15)	"	
Yumenosima-84	55	0.04	(0.03-0.05)	"	
Rutgers	11	0.02	(0.01-0.02)	8.9	(4.7-17.2)
FC	6	0.03	(0.02-0.04)	5.3	(2.7-30)
CSMA	0	0.02	(0.01-0.02)	0.2	(0.08-0.5)
Takatsuki	0	0.03	(0.03-0.04)	2.5	(1.0-4.1)
Syonan A	6	0.03	(0.03-0.04)	>170	
B	11	0.09	(0.06-0.13)	- ^{b)}	
C	45	0.07	(0.06-0.08)	28	(20-39)
D	30	0.09	(0.08-0.1)	22	(8.7-47.9)
E	8	0.12	(0.1-0.15)	48	(21-107)

a) obtained by bio-assay method using 120-150 flies

b) not surveyed

は、第3連鎖群に支配される因子の他に、第5連鎖群に支配される別の因子（恐らくピレスロイドの分解に関与するP450による解毒）が加わったためと推察される。

したがって、resmethrin（ピレスロイド）抵抗性にとっては *kdr* が基本条件としてあり、その上に他の因子が加わって高いレベルの resmethrin（ピレスロイド）抵抗性が発達すると考えられるが、益子 (aa+y+) 系の LD₅₀ 値が益子-res 12 系よりもはるかに低かったということは、さらに別の未知の因子の存在を暗示している。

一方、DDT感受性と *kdr* 頻度との関係は、resmethrin の場合とはやや異なることが明らかとなった。すなわち、*kdr* 頻度が高い系統は、LD₅₀ 値がすべて 170 μg/♀以上を示したことが、および益子 (aa+ys) 系のよう *kdr* を単独でもつ個体群においても高い DDT 抵抗

性が確認されたことにより、*kdr* は、それ単独でも高い DDT 抵抗性をもたらすものと思われる。しかし、沼南町A系統のように *kdr* 頻度が低いにもかかわらず、DDT に対する LD₅₀ 値は 170 μg/♀以上を示す系統も存在した。これは、*kdr* 以外の例えば、夢の島系でみられる DDT 脱塩酸酵素の高揚（安富・主藤，1980）といった他のメカニズムによって高い DDT 抵抗性をもたらされたためと推察される。

3. 益子町豚舎におけるイエバエ個体群の DDT 感受性、resmethrin 感受性および *kdr* 頻度の季節変動

ピレスロイド抵抗性イエバエの野外個体群における DDT、および resmethrin に対する感受性と生物検定法によって求めた *kdr* 頻度との関係を Fig. 5 に示した。実験の初めより DDT の LD₅₀ 値はすべて 170 μg/♀以

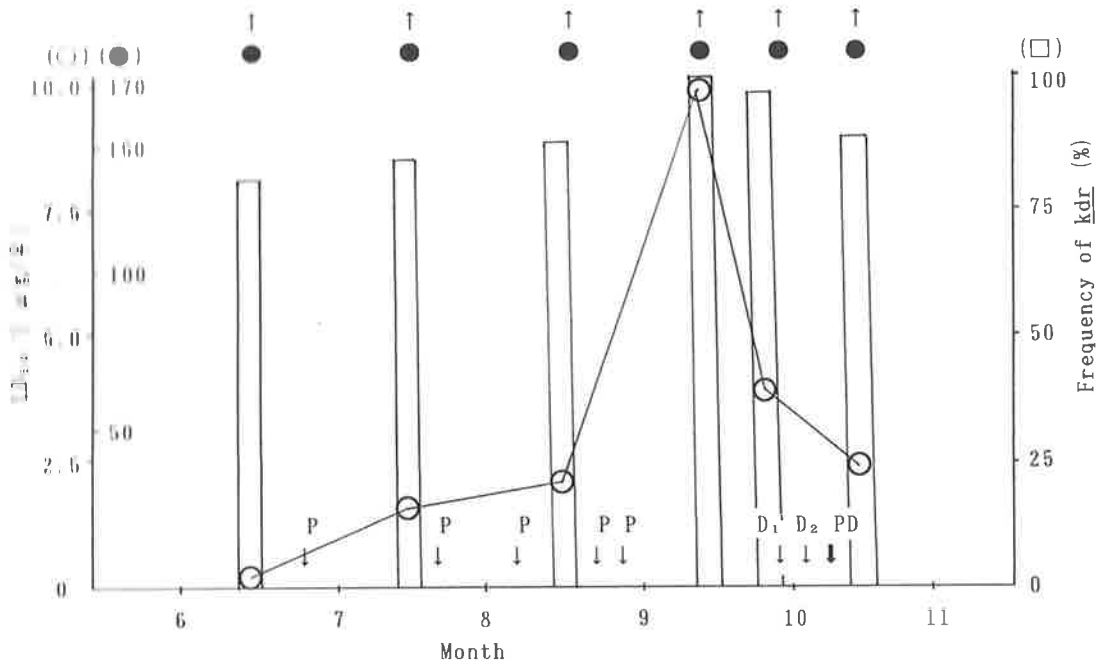


Fig. 5 Seasonal change of susceptibility to resmethrin (○) and DDT (●) and change of the *kdr* (□) frequency on a hog farm in Mashiko in 1985.

P : sprayed permethrin 0.05 %/100 ml/m³,

D₁ : sprayed diflubenzron 1 g a. i./2 l/m²

D₂ : sprayed diflubenzron 0.25 g a. i./0.5 l/m²

PD : sprayed permethrin (0.05 % + pbo 0.05 %)/100 ml/m³
and diflubenzron 0.25 g a. i./1/m²

1を示したが、resmethrinに対するLD₅₀値は6月の0.13 μg/♀から9月の9.7 μg/♀まで70倍以上の変化を示した。それにもかかわらず、この時の *kdr* 頻度は最初より80%以上あり、変動の幅はきわめて小さかった。したがって、高レベルのresmethrin抵抗性はすでに存在している *kdr* 因子以外の因子が選抜されて発達したと推察される。

また、本試験期間中、同時に散布したdiflubenzronは益子系幼虫に高い効果を示し、ピレスロイド抵抗性イロバエの防除薬剤として極めて有効であることが示された(未発表)。

4. DDT感受性、resmethrin感受性および *kdr* 頻度の関係

Fig. 6にはTable 1およびTable 2のデータをプロッ

トし、DDT感受性、resmethrin感受性、および *kdr* 頻度の関係をグラフで示した。これらをもとに、DDT感受性—*kdr* 頻度、resmethrin感受性—*kdr* 頻度およびDDT感受性—resmethrin感受性の関係をまとめてみると、DDT抵抗性の場合 *kdr* 頻度との間に明確な相関関係が認められ、DDT抵抗性にとって *kdr* はそれ単独でも十分な役割を果たすことが推察された。しかし、resmethrin抵抗性の場合、益子-res 12系のような例もあるが、全般には必ずしも相関関係は得られず、*kdr* は、高いresmethrin抵抗性にとってそれ単独では不十分な役割しか果たさないことを予想させた。また、DDT抵抗性とresmethrin抵抗性の関係をみると、益子-res 12系を除いては両抵抗性のレベル間には、明らかに高い相関関係は認められなかった。

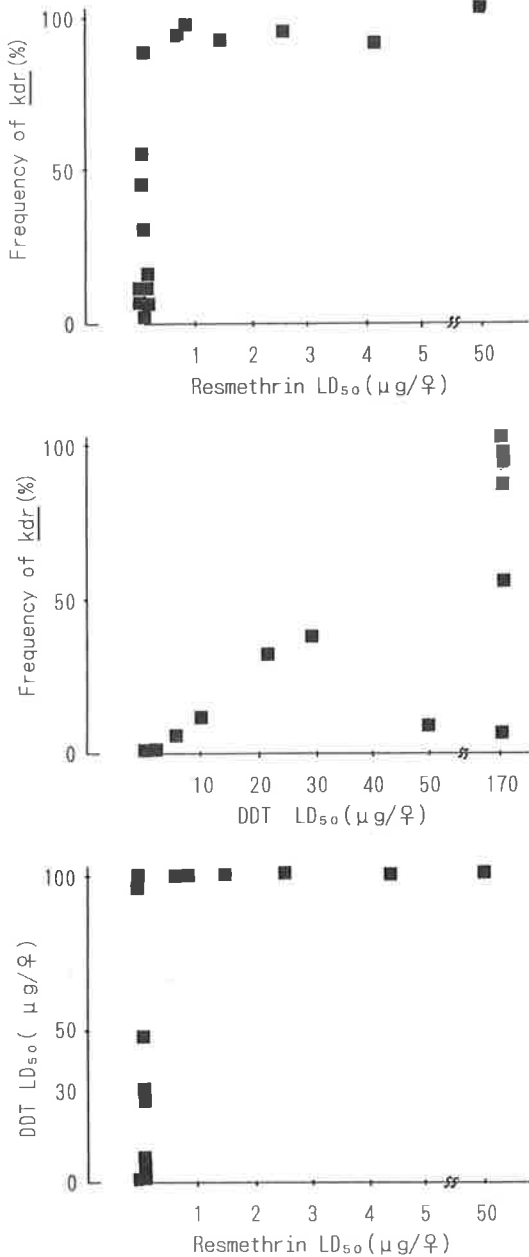


Fig. 6 Mutual relation of susceptibility to resmethrin or DDT and the frequency of *kdr*

一般に、昆虫においてDDT抵抗性とピレスロイド抵抗性は交差し、これまでの報告でもピレスロイド抵抗性のものはすべてDDTに対しても抵抗性を示した(Shono, 1985)。その理由としては両抵抗性に共通な主要メカニ

ズムである *kdr* をもつためと考えられている。また、ヨーロッパ産ピレスロイド抵抗性イエバエでは Sawicki (1978) が報告したように、*super-kdr* 単独によって deltamethrin に対して 600 倍という高い抵抗性を示すことも知られている。

しかし、本実験の結果から、日本産イエバエにおけるピレスロイド抵抗性と DDT 抵抗性との間には、*kdr* のみでは説明できない関係が存在することが明らかになった。*kdr* は両抵抗性に重要な役割を果たしていることは明らかである。しかし、DDT 抵抗性で、しかも *kdr* 頻度が高いにもかかわらず、ピレスロイドには抵抗性を示さない個体群も存在したことから、*kdr* 因子だけでは益子系で見られるような極めて高いピレスロイド抵抗性は発達し得ないことを示すものと考えられる。つまりこのことは、日本産イエバエの DDT 抵抗性にとって *kdr* は十分条件であるが、ピレスロイド抵抗性にとって *kdr* は必要条件であり、十分条件ではないことを示すものと考えられる。

kdr のメカニズムについてはその後いくつか研究があるが (Rossignol, 1988; Gibson *et al.*, 1988)、必ずしも明らかにされておらず、DDT とピレスロイド抵抗性に関与する *kdr* は質的に異なる可能性も指摘されている。本研究では両抵抗性に関与する *kdr* は同一のものと考えたが、この点も含め *kdr* のメカニズムを明らかにする必要があるものと思われる。

引用文献

- AHN, Y. J., E. FUNAKI, N. MOTOYAMA, T. SHONO and J. FUKAMI (1987) Nerve insensitivity as a mechanism of resistance to pyrethroids in a Japanese colony of houseflies. *J. Pestic. Sci.* 12: 71-78
- BLISS, C. I. (1935) The Calculation of the dosage-mortality curve. *Appl. Biol.* 22: 134-167.
- DEVRIES, D. H. and G. P. GEROGHIU (1981) Decreased nerve sensitivity and decreased cuticular penetration as mechanisms of resistance to pyrethroid in (IRS)-trans-permethrin-selected strain of housefly. *Pestic. Biochem. Physiol.* 15: 234-241.
- FARNHAM, A. W. (1977) Genetics of resistance of houseflies (*Musca domestica* L.). *Pestic. Sci.*

- た、
CKI
て
す

る
の
っ
は
類
示
益
ま
の
ま
る
。
- 田原 隆夫、田原 雄一郎、木山 直樹 (1986) 関東地方におけるイエバエのピレスロイド抵抗性の現状。農薬誌 11: 201-206.
- CHEONG, A. J. M. P., OSBORNE, H. F. ROSS and H. M. SAWICKI (1988) An electrophysiological investigation of the susceptible (Coper) and resistant (*kdr*; *super-kdr*) strains of the adult housefly, *Musca domestica* L. *Pestic. Sci.* 29: 203-202.
- MOTOYAMA, N. (1984) Pyrethroid resistance in a Japanese colony of the housefly. *J. Pestic. Sci.* 9: 523-526.
- OPPENORTH, P. J. and W. WELLING (1976) Biochemistry and physiology of resistance. In "Insecticide biochemistry and physiology" (WILKINSON, C. F., ed), pp, 507-550, Plenum Press, New York.
- HOSHINO, D. P. (1988) Reduction in number of nerve membrane sodium channels in pyrethroid resistant house flies. *Pestic. Biochem. Physiol.* 32: 146-152.
- SAWICKI, R. M. (1978) Unusual response of DDT-resistant houseflies to carbinol analogues of DDT. *Nature*, London, 275: 443-444.
- SHYONO, T. (1985) Pyrethroid resistance: importance of the *kdr*-type mechanism. *J. Pestic. Sci.* 10: 141-146.
- TSUKAMOTO, M. (1969) Biochemical genetics of insecticide resistance in the housefly. *Residue. Rev.* 25: 283-314.
- YAMASAKI, T. and T. NARAHASHI (1958) Studies on the mechanism of action of insecticides (XVII), resistance of houseflies to insecticides and the susceptibility of nerve to insecticides. *Botyu-Kagaku* 23: 146-157.
- 安富和男・主藤千枝子 (1980) 東京第3夢の島のイエバエの殺虫剤抵抗性。衛生動物 31: 155.

香料成分の抗菌作用Ⅱ. エタノール溶液での抗菌効果

吉田欣未・勝田純郎

大日本除虫菊(株)中央研究所

(受理 : 1993年10月27日)

Anti-bacterial Activity of Perfume Components II. Activity of Perfume Components in Ethanol Solution. Yoshimi YOSHIDA and Yoshio KATSUDA (Research Laboratory, Dainihon Jochugiku Co. Ltd., Toyonaka, Osaka 561, Japan). *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 5: 112—115 (1993).

Perfume components such as citral, thymol, trivertal, L-perilla aldehyde, tetrahydrolinalool, citronellal and hinokitiol were examined for their inhibitory effects on the growth of MSSA (methicillin-sensitive *Staphylococcus aureus*) by spraying their ethanol solutions each on an agar medium inoculated with MSSA. All ethanol solutions containing each perfume component in concentrations of 0.5~1.0% (w/v) or more almost completely inhibited the colony formation, but ethanol for disinfection was not as effective in this method. Therefore these 7 perfume components in combination with ethanol were found to be useful to prevent the transmission of MRSA in hospitals, based on our previous findings that there was no difference in sensitivity of the bacteria to these components between MSSA and MRSA.

Key Words : Perfume component, Ethanol solution, MRSA

Citral, thymol, trivertal, L-perilla aldehyde, citronellal, tetrahydrolinalool および hinokitiol の7種の香料成分につき, そのエタノール溶液をMSSA菌液塗抹寒天培地に噴霧し, コロニー形成抑制効果を調べた. その結果, 消毒用エタノールがほとんど抗菌効果を示さなかったのに対し, 香料成分を0.5~1.0% (w/v) 以上含むいずれのエタノール溶液も, コロニー形成をほぼ完全に抑制した. 以上7つの香料成分の抗菌作用については, 著者らは先にMSSAとMRSAに対する感受性に差がないことを報告した. したがって, これらの香料成分のエタノール溶液は, MRSAの院内感染を防止するうえで有用と考える.