アカイエカ幼虫自然集団の dieldrin 抵抗性の解析¹⁾Analysis of dieldrin resistance in field populations of larvae of *Culex pipiens*鈴木 猛²⁾³⁾ 水谷 澄³⁾ 海野登久子²⁾ 松永 秀子³⁾

Takeshi Suzuki, Kiyoshi Mizutani, Tokuko Umino and Hideko Matsunaga

I. ま え が き

アカイエカ幼虫の殺虫剤抵抗性について、筆者らはたびたび報告してきた(池庄司, 平社, 鈴木, 1958; Suzuki & Mizutani, 1962). これらはいずれも、野外採集の幼虫か、あるいは研究室で2~3代飼育後の幼虫を用いて殺虫試験をおこない、その LC_{50} を比較して抵抗性の程度を論じたにすぎない。

ここに報告する抵抗性の研究は、新しい手法を採用し、それによつて、アカイエカ幼虫自然集団の抵抗性を遺伝的に解析しようと試みたものである。ここに用いた手法は2つであり、その1つは、ld-p line (log dosage-probit regression line) の解析である。ld-p line が直線性を示すには、いくつかの条件が必要であるが、その1つに、供試集団の均質性の問題がある。すなわち、供試集団がある殺虫剤の抵抗性(ないし感受性)に関して均質でなければ、ld-p line が直線になるとはいえない。そして、ある集団が殺虫剤に対して抵抗性を異にするいくつかの均質集団の混合である場合には、その混合集団の ld-p line は複雑な曲線を形成する。筆者らはこれを利用し、実験的に得られたその曲線を解析することにより、構成均質集団の ld-p line およびその構成比を推定しようと試みた。

第2の手法は、Discriminating Test である。野外から採集したアカイエカの卵塊を、1コずつ別々に飼育し3~4齢に至つてその一部を用い、ある特定の濃度(Discriminating Dosage)でテストする。その結果、0.02ppm で80%ないしそれ以上の死亡率を示すものをSS、0.3ppm で20%ないしそれ以下の死亡率を示すものを仮にRRと定めた。このSSとRRは、それぞれSS×SS、RR×RRの交配によつて生じたものであるから、それらの出現頻度を実験的に求め、これからその幼虫集団のRR、RS、SSの構成比を推定した。

この両法による推定構成比を比較した結果、きわめてよく一致していた。またこれらの結果から、アカイエカ幼虫の dieldrin 抵抗性は、monofactorial な遺伝様式を示し、抵抗性の遺伝子は感受性の遺伝子に対して不完全優性であることを推定した。

II. 供試昆虫、薬剤および実験法の概要

実験に用いたアカイエカは、広義の *Culex pipiens* s.

1. 幼虫であり、いわゆる *fatigans* type, *pallens* type, *molestus* type を含んでいる。いずれも、野外の発生源から卵塊を採集し、実験室内で3~4齢まで飼育後に試験に供試するのを原則とした。しかし一部には、実験室内で数代飼育後に試験に供試したものもある。

採集記録は Table 1 に示す通りである。この表中の*印は、ld-p line による解析と、Discriminating Test による解析の両法で実験をおこなつたものであり、それ以外は、前者の方法のみによつた。

飼育は集団飼育の場合には、25cm×30cm のポリバットに10~30コの卵塊を入れ、また個別飼育の場合には直径12cm~15cm のアルマイトのボールに卵塊を各1コずつ入れておこなつた。幼虫の餌は、実験動物中央研究会製固型飼料であり、成虫の餌は、5%砂糖水である。*molestus* type 以外の成虫では、産卵のためにマウスを吸血せしめた。飼育温度はおおむね25~27°C である。

用いた薬剤は dieldrin 工業原体である。この原体を用い、それぞれ所定の濃度のアルコール溶液を調製した。直径9cm、高さ6cm のガラスシャーレに200ml(あ

1) 昆虫集団の抵抗性の解析的研究 第1報
Analytical studies on resistance in insect populations. Part 1. This investigation was supported by a PHS research grant CC-00017-04 from National Institute of Allergy and Infectious Diseases, NIH, Public Health Service. Rp. No. 46.

2) 東京大学伝染病研究所寄生虫研究部(主任 佐々学教授)
Department of Parasitology, Institute for Infectious Diseases, University of Tokyo (Chief: Prof. Manabu Sasa)

3) 日本環境衛生センター第2事業部
Pest Control Section, Japan Environmental Sanitation Center
この研究は著者全員が伝研寄生虫部に在任中に行なつたものである。

Table 1. Collection record of *C. pipiens*

Population	Type	Date	Locality
Ohmiya*	<i>pallens</i>	July, 1963	Ohmiya, Saitama Pref.
Tsunashima*	<i>pallens</i>	August, 1963	Tsunashima, Yokohama, Kanagawa Pref.
Futako-Tamagawa*	<i>pallens</i>	August, 1963	Futako-Tamagawa, Setagaya, Tokyo
Mizonokuchi	<i>pallens</i>	Sept., 1963	Mizonokuchi, Kawasaki, Kanagawa Pref.
Daishi	<i>pallens</i>	August, 1963	Daishi, Kawasaki, Kanagawa Pref.
Toyoda	<i>pallens</i>	August, 1963	Toyoda, Tokyo
Sapporo	<i>pallens</i>	August, 1963	Sapporo, Hokkaido
Koniya*	<i>fatigans</i>	October, 1963	Koniya, Amami-Oshima, Kagoshima Pref.
Kawasaki	<i>molestus</i>	Nov., 1962 #	Isago, Kawasaki, Kanagawa Pref.
Furuichiba*	<i>molestus</i>	Nov., 1963	Furuichiba, Kawasaki, Kanagawa Pref.

* The populations were brought into both tests of ld-p line and of discriminating method.
The others were tested only by ld-p line method.

Laboratory-rearing colony.

るいは 100ml) の水を入れ、これに上記の dieldrin アルコール溶液 0.8cc (あるいは 0.4cc) を滴下し、かくはん後にこの中にアカイエカ 3～4 齢幼虫を投入し、24 時間後の死亡率を求めた。死亡の判定にあたっては、水面に浮上出来ない幼虫を死亡虫に含め、また実験中にサナギになったものは除外して死亡率を算定した。実験中の温度は 24～28℃ である。

III. ld-p line による解析

解析の理論

ある集団が、抵抗性を異にするいくつかの均質集団の混合である場合には、その混合集団の ld-p line は通常直線にはならない。今、もつとも単純な例として、2つの均質集団が混合した集団を考えてみる。2つの構成集団の抵抗性が著しくへだたっている場合、つまり構成集団の示すべき回帰直線が十分に離れており、重ならない場合には、その中間の濃度でテストすると、弱い集団はすべて死亡し、強い集団は全く死亡しない。そして、その前後の濃度でも死亡率は変化しない (Fig. 1 参照)。そしてこの死亡率は、その集団中に占める弱い集団の構成比と一致するはずである。すなわち、この図のように ld-p line には、横軸に並行な部分を生ずることになる。これは、普通に plateau と呼ばれている。

次に、3つの均質集団が混合した集団の場合には、同様にその構成集団の示すべき回帰直線が十分に離れているならば、2つの plateau が認められることになる (Fig. 2 参照)。

この理論は、Hoskins (1960) によつて報告され、塚本 (1963) によつて発展させられた。筆者らは、これを応用し、自然集団の ld-p line を解析することによつて

Fig. 1. The model figure of ld-p line showing one plateau

Fig. 2. The model figure of ld-p line showing two plateaus

逆に構成集団の構成比を推定し、またその構成各集団の示すべき回帰直線を推定しようと試みた。

まず構成比の推定であるが、2つの plateau が認められた場合、この plateau の死亡率を、それぞれ低濃度および高濃度について m, n とすると、 $q_1 : q_2 : q_3 = m : (n - m) : (1 - n)$ となる。ただしここで、 q_1, q_2, q_3 は、それぞれ、もつとも弱い集団、中間の強さを示す集団、もつとも強い集団の構成比を示す。

次に、それらの構成集団が、各濃度において示すはずの推定死亡率を求めることが出来る。すなわち、濃度 x で混合集団の示す死亡率を P_x とすると、一般式は、

$$P_x = \sum_{i=1}^n p_i q_i \quad \text{となる。}$$

ただし、 p_i は、濃度 x で各構成集団の示すべき死亡率であり、 q_i は、混合集団中の各集団の構成比である。

したがってこの場合は、

$$P_x = p_1 q_1 + p_2 q_2 + p_3 q_3 \quad \text{である。}$$

この式は、塚本 (1963) により Hoskins' formula と呼ぶことが提唱された。

この式において、 P_x と q_i が与えられているから、 p_i は次の式によつて求めることが出来る。

$$p_1 = \frac{P_x}{q_1} \quad \text{ただし} \quad p_2 = p_3 = 0$$

$$p_2 = \frac{P_x - p_1 q_1}{q_2} = \frac{P_x - m}{q_2} \quad \text{ただし} \quad p_3 = 0, p_1 q_1 = m$$

$$p_3 = \frac{P_x - (p_1 q_1 + p_2 q_2)}{q_3} = \frac{P_x - n}{q_3} \quad \text{ただし} \quad p_1 q_1 + p_2 q_2 = n$$

この死亡率をプロビットに変換し、これから通常の方法によつて ld-p line を求めると、これが各構成集団の推定回帰直線となる。

実験方法

野外の発生源から採集したアカイエカの卵塊を集団で飼育し、その3~4齢幼虫を用いた。薬剤としては、2.076 ppm~0.000680 ppmの間で1.2倍ずつにうすめた dieldrin アルコール溶液45段階を調製し、このすべて、あるいは一つおきに使用した。

200cc の水中にこの0.8cc を滴下し、かくはん後に幼虫50匹を投入し、24時間後に死亡率を求めた。この実験を同時に2回くりかえすのを原則とした。したがって、

Fig. 3. The ld-p curve lines of nine original populations shown by connecting the observed plots with short lines, and the straight ld-p lines of three component populations estimated by the curve lines

1 稀釈濃度の供試幼虫数は 100 匹である。なおこれを、日をかえて 3 ~ 4 回くりかえした場合もある。

この結果を集計し、死亡率をプロビットに変換し、濃度を対数に変換してセクションペーパー上にプロットした。このプロットは、通常の ld-p line を求める場合と異なり、短かい線分で結んで以後の解析をおこなった。

実験結果および考察

各地から採集した 10 の population について、diel-drin でテストした。その結果得られた死亡率をプロビットに変換し、これを短かい線分で結んだ ld-p line を Fig. 3 に示した。

これらの図で見るように、多くの場合に 2 つの plateau が認められる。すなわちこれらの集団は、diel-drin

Table 2. Configuration ratios of RR, RS and SS components in field populations of *C. pipiens* larvae estimated by ld-p line tests

Population	Configuration ratio		
	RR	RS	SS
Ohmiya	0.140	0.536	0.324
Tsunashima	0.504	0.451	0.045
Futako-Tamagawa	0.544	0.349	0.107
Koniya	0.956	0.044	0
Furuichiba	0.132	0.517	0.351
Kawasaki	0.723	0.245	0.032
Mizonokuchi	0.501	0.396	0.103
Daishi	0.420	0.580	0
Toyoda	0.282	0.513	0.205
Sapporo	0	0.166	0.834

に対して、抵抗性の著しく異なる 3 つの集団（恐らく抵抗性に関しての均質集団）が混合しているものと考えられる。そこで、plateau（図の横線）の死亡率を平均し、それぞれ m, n とした。

これから、前述の式により、3 つの集団の構成比を推定した結果を Table 2 に示した。

次に、plateau の場所以外の濃度における死亡率から前述の式によつて構成集団の死亡率を求めた。Fig. 3 の中で、黒点で示したのが、その推定死亡率をプロビットに変換したものである。そして、これらの点のもつとも近くを通る直線（図中の 3 本の直線）は、それぞれ 3 つの構成集団の推定回帰直線である。

各 population の ld-p line から得た 3 つの推定回帰直線を 1 枚のグラフにまとめたのが Fig. 4 である。

この図をみれば、これらの直線群は、3 つの線束に分

Fig. 4. Three batches of ld-p lines of the component homogeneous colonies estimated by the ld-p line tests

かれるものと考えられる。すなわち、強いもの (Resistants), 中間のもの (Intermediates), 弱いもの (Susceptibles) の回帰直線は、どこから採集した集団でも、それぞれおおむね一致することになる。

そこで筆者らは、この 3 つの均質集団に対し、それぞれ、抵抗性の遺伝子をホモに持つもの (RR), 抵抗性と感受性の遺伝子をヘテロに持つもの (RS あるいは SR), 感受性の遺伝子をホモに持つもの (SS) であるという仮定をおいてみた。そうすれば、アカイエカ幼虫の diel-drin 抵抗性は、monofactorial な遺伝様式を示し、抵抗性の遺伝子は感受性の遺伝子に対して不完全優性であることが推定される。

次に、各集団の ld-p line における plateau の位置は Fig. 3 に横軸に平行な直線で示されている。

これによれば、どの集団の場合でも plateau の位置は低い方ではおおむね 0.02ppm, 高い方では 0.3ppm のあたりにある（ただし古仁屋 population では 0.1ppm のあたりにあるようである）。したがって、単にその集団の構成比を求めるだけなら、この 2 つの濃度 (Discriminating Dosage) についてだけテストをおこない、その死亡率を求めればよいことになる。しかし、古仁屋 population のような例外もあるので、2 つの濃度によるテストだけでは、若干の危険がともなうことは避けられないであろう。

ここに示した実験結果は、卵塊を採集するか、あるいは飼育した成虫に産卵させ、それを実験室内の均一な条件で飼育した幼虫によるものである。これ以外に、野外からの採集幼虫をそのまま供試してのテストも試みたが ld-p line が乱れがちであり、よいデータが得られなかった。採集幼虫では、齢期, age, 栄養などにばらつきが大きく、この種の精密な実験には適さないものと考えられる。

IV. Discriminating Test による解析

解析の理論

上述のように、0.02ppm でテストすれば、どこから採集した集団でも、そのうち SS の均質集団のみがほとんど死亡する。また、0.3ppm (古仁屋 population では 0.1ppm) では、RR の均質集団のみがほとんど生き残る。この点を利用し、野外から採集した卵塊か、あるいは実験室で飼育した卵塊を、各卵塊別に飼育し、3～4 齢に至つてこれらの濃度でテストすれば、SS と RR の出現頻度が得られるはずである。

今、アカイエカ幼虫の dieldrin 抵抗性が monofactorial な遺伝様式を示すという前提の下に、1 卵塊中の RR, RS, SS の構成を考えると、次のようになる。

ここで、テストした卵塊ないし幼虫の代を F_1 とする。そして、その前代、つまり P の遺伝子構成を、RR (a), RS (b), SS (c) とする。ここで $a+b+c=1$ である。

P が交配して F_1 を生ずる場合、P の遺伝子の組み合わせは、Table 3 の 6 通りしかない。そして、その結果生ずる F_1 およびその出現頻度は Table 3 の右の通りである。

Table 3. Configuration of gene in P and F_1 .
RR, RS and SS show homozygous resistant,
heterozygous hybrids and homozygous
susceptibles, respectively

Configuration ratio of P		
RR : a		
RS : b		
SS : c ($a+b+c=1$)		
Crossing		
P	F_1	Configuration ratio
RR × RR	RR	a^2
RR × SS	RS	$2ac$
SS × SS	SS	c^2
RR × RS	RR + RS	$2ab$
RS × SS	RS + SS	$2bc$
RS × RS	RR + 2 RS + SS	b^2

Configuration ratio of F_1

$$\begin{aligned} \text{RR} &: a^2 + ab + 1/4 b^2 \\ \text{RS} &: 2ac + ab + bc + 1/2 b^2 \\ \text{SS} &: c^2 + bc + 1/4 b^2 \end{aligned}$$

今、1 卵塊中のすべての幼虫が SS あるいは RR である卵塊の、供試全卵塊に対する出現頻度が実験的に求められるならば、これはそれぞれ c^2 および a^2 であるから、a, b, c (ただし $b=1-a-c$) の値を得ることが出来る。

しかし、この a, b, c は P の遺伝子構成であり、 F_1 のそれではない。というのは、 F_1 の集団中には、RR × RR から由来した RR 以外に、RR × RS, RS × RS から生じた RR も含まれているからである。同様に F_1 集団中の SS は、SS × SS 以外に、SS × RS, RS × RS によつても生ずる。また RS は、RR × SS, RS × RS, RR × RS, SS × RS の 4 通りの組合せから生ずることになる。したがつて F_1 集団中の RR, RS, SS の頻度は、Table 3 の下段の式であらわされる。すなわち、P の出現頻度、a, b, c が求められれば、これから計算によつて、 F_1 集団中の RR, RS, SS の構成比が得られることになる。

次に、Discriminating Dosage としてどの濃度をえらぶべきかについて考えてみる。この濃度としては、線分で結んだ ld-p line の plateau にあたる濃度を採用すればよい。つまりこの濃度では、それより左に回帰直線が画かれるような均質集団はすべて死亡し、右の均質集団ではすべて生存することになる。

実際に採用した Dosage は、SS の分離には、どの集団の場合にも 0.02ppm, RR の分離には、古仁屋 population の場合 0.1ppm, その他の集団では 0.3ppm である。Table 3 に示した F_1 の 6 つの集団中、SS について弱い集団は SS + RS であり、この集団は、0.02ppm で 50% 前後の死亡率を示すものと推定される。また、RR について強い集団は RR + RS であり、これは 0.3ppm (古仁屋では 0.1ppm) で、およそ 50% 前後の死亡率を示すことになる。

そこで、実験誤差を考慮に入れ、0.02ppm のテストで 80% ないしそれ以上の死亡率を示した卵塊を SS × SS の交配から生じた、すべて SS の個体のみからなる卵塊であるとした。一方 RR では、0.3ppm (古仁屋 population では 0.1ppm) のテストで、20% ないしそれ以下の死亡率を示した卵塊を、RR × RR の交配から生じた RR のみの卵塊であると認めた。そして、このデータから以後の解析をおこなつた。

実験方法

野外の発生源から直接に採集し、あるいは実験室内で 2～3 代飼育後に産卵させた卵塊を用いた。これを、卵塊 1 コ毎に直径 12～15cm のアルマイトボールに移し、餌を与えて 3～4 齢まで飼育し、*fatigans* type および *pallens* type ではその 30 匹を、また *molestus* type では 15 匹を用いてテストをおこなつた。(この実験にかぎりで、1 卵塊中のすべての幼虫を供試してもさしつかえないが、後に述べるように、自然の集団から SS および RR を分離する実験を兼ねた場合、その一部を供試して残りを次代に持つてゆくことが必要になつてく

Table 4. Configuration ratios of RR, RS and SS components in field populations of larvae of *C. pipiens* estimated by discriminating tests

Population	Note	RR	SS	RS $b=1-(a+c)$
Ohmiya	Frequency of egg rafts*	$6/195=0.0308=a^2$	$21/238=0.082=c^2$	—
	Configuration ratio in P	$0.175=a$	$0.297=c$	$0.528=b$
	Configuration ratio in F ₁	0.193	0.315	0.492
Tsunashima	Frequency of egg rafts*	$28/212=0.132=a^2$	$0/212=0=c^2$	—
	Configuration ratio in P	$0.362=a$	$0=c$	$0.637=b$
	Configuration ratio in F ₁	0.464	0.101	0.434
Futako-Tamagawa	Frequency of egg rafts*	$14/64=0.219=a^2$	$0/64=0=c^2$	—
	Configuration ratio in P	$0.468=a$	$0=c$	$0.532=b$
	Configuration ratio in F ₁	0.539	0.071	0.391
Koniya	Frequency of egg rafts*	$179/196=0.913=a^2$	$0/251=0=c^2$	—
	Configuration ratio in P	$0.956=a$	$0=c$	$0.0444=b$
	Configuration ratio in F ₁	0.956	0.00049	0.0434
Furuichiba	Frequency of egg rafts*	$6/200=0.300=a^2$	$51/200=0.255=c^2$	—
	Configuration ratio in P	$0.173=a$	$0.505=c$	$0.322=b$
	Configuration ratio in F ₁	0.112	0.443	0.445

— * Frequency of egg rafts which showed the mortality over 80% with 0.02 ppm in SS or under 20% with 0.3 ppm (0.1 ppm in Koniya population) in RR.

る). テストは、腰高シャーレに水 200ml (*molestus* type では 100cc) を入れ、この中に幼虫を移し、0.02ppm あるいは 0.3ppm (古仁屋 population では 0.1ppm) にあたる dieldrin アルコール 溶液を投入し、24 時間後の死亡率を求めた。

実験に用いた population は、大宮、綱島、二子玉川 (以上 *pallens* type)、古仁屋 (*fatigans* type)、古市場 (*molestus* type) で、二子玉川 (64 卵塊) を除き、おおむね各 population とも 200 卵塊前後を供試している。

実験結果および考察

実験の結果は Table 4 に示した。

これによると、綱島、二子玉川、古仁屋の集団では、SS にあたるもの、つまり 0.02ppm で 80% ないしそれ以上の死亡率を示すものは、全く見出されていない。しかしこれは、供試した卵塊の中に、SS×SS に由来する卵塊、すなわちその幼虫のすべてが SS である卵塊が存在しなかつたことを示すもので、RS が存在する以上、その幼虫集団中には、必ず SS の幼虫が存在するはずである。

F₁ の構成を計算した結果は、この表の各欄下段に示したが、RR の構成比が著しく高い (95.6%) 古仁屋 population でも、SS が 0.049% 含まれていることになる。

ある特定の濃度でテストし、抵抗性のものと感受性のものを分離する、いわゆる Discriminating Test については、Davidson (1958) の報告を始め、若干の研究が報告されている。これによると、容易に分離出来るのは dieldrin の場合に限られており、この薬剤に対する抵抗性が著しく大きく、また monofactorial な遺伝様式をとるためであろうと考えられる。しかし、これらはいずれも *Anopheles* に関するもので、しかも成虫の抵抗性を論じたものが多い。

Culex pipiens s.l. の幼虫を用い、ld-p line の解析と Discriminating Test による方法で、自然集団の dieldrin 抵抗性を追求した結果、この抵抗性が monofactorial なメンデル性遺伝の様式をとること、抵抗性の遺伝子は感受性の遺伝子に対して不完全優性であることがほぼ確かめられた。全く異つた 2 つの手法による解析の結果、RR, RS, SS の推定構成比がきわめてよく一致すること (Table 5) も、この仮説を裏づける大きな傍証であろう。

しかし、ここに報告した段階では、この仮説は、実証されたとはいえない。そこで筆者らは、次の段階としてアカイエカ幼虫の自然集団から、抵抗性のコロニーと感受性のコロニーの分離を試み、その colonization に成功した。そして、この両コロニーの cross experiment をおこない、その遺伝様式が、当初の仮説の正しかつたことを実証した。これについては次の機会にくわしく報告

Table 5. Comparison of configuration ratios of RR, RS and SS components in field populations of larvae of *C. pipiens* estimated by ld-p line tests and by discriminating tests

Population	Test method	RR	RS	SS
Ohmiya	ld-p line test	0.140	0.536	0.324
	discrim. test	0.193	0.492	0.315
Tsunashima	ld-p line test	0.504	0.451	0.045
	discrim. test	0.464	0.434	0.101
Futako-Tamagawa	ld-p line test	0.544	0.349	0.107
	discrim. test	0.539	0.391	0.071
Koniya	ld-p line test	0.956	0.0440	0
	discrim. test	0.956	0.0434	0.00049
Furuichiba	ld-p line test	0.132	0.517	0.351
	discrim. test	0.112	0.445	0.443

する予定である。

V. ま と め

アカイエカ *Culex pipiens* s. l. 幼虫自然集団の diel-drin 抵抗性を解析するため、2つの手法を採用して実験をおこなった。

1つは、ld-p line (log dosage-probit regression line) の解析である。ある集団がいくつかの均質集団の混合であり、構成する均質集団の ld-p line が著しく離れている場合には、その混合集団の ld-p line を短かい線分で結ぶと plateau の部分を生ずる。

そこで、アカイエカ幼虫の自然集団を用い、diel-drin でくわしい殺虫テストをおこなった結果、実験的に得られた ld-p line に2つの plateau が存在することを知りこの plateau の部分の死亡率から構成する3つの集団の構成比を求め、またその構成3集団の示すべき回帰直線を推定した。この実験を10の population についておこなった結果、どこから採集した population の場合にも、その推定回帰直線がかなりよく一致することを知り、これを、RR, RS (および SR), SS の集団であると考えた。

第2の手法として、plateau の位置にあたる 0.02ppm と 0.3ppm (0.1ppm) を Discriminating Dosage と定め卵塊別に飼育した幼虫を用いてこの濃度でテストをおこない、SS のみからなる卵塊と RR のみからなる卵塊の全卵塊に対する出現頻度を求め、これから計算によつて幼虫集団中の RR, RS (および SR), SS の構成比を求めた。

この両法による推定構成比はきわめてよく一致していた。

以上の結果から、アカイエカ幼虫の diel-drin 抵抗性は、monofactorial なメンデル性の遺伝様式をとり、抵

抗性の遺伝子は感受性の遺伝子に対して不完全優性であると推定した。

この研究を進めるにあたり、御指導をいただいた佐々学教授、および有益な御助言をいただいた大阪大学医学部遺伝学教室塚本増久博士に深謝する。

参 考 文 献

- 1) Davidson, G.: (1958) Studies on insecticides resistance in Anopheline mosquitoes. Bull. World Health Organ., 18: 579-621. —2) Davidson, G. & Mason, G. F. (1963): Genetics of mosquitoes. Ann. Rev. Ent., 8: 177-196. —3) Hoskins, W. M. & Gordon, H. T.: (1956) Arthropod resistance to chemicals. Ann. Rev. Ent., 1: 89-122. —4) Hoskins, W. M. (1960): Use of the dosage-mortality curve in quantitative estimation of insecticide resistance. Misc. Publ. Ent. Soc. Amer., 2: 85-91. —5) 池庄司敏明, 平社俊之助, 鈴木猛 (1958): 蚊幼虫の LC₅₀ と抵抗性の検討. 衛生動物, 9(4): 302-307. —6) Milani, R. (1960): Genetic studies on insecticide-resistant insects. Misc. Publ. Ent. Soc. Amer., 2: 75-83. —7) Suzuki, T. & Mizutani, K. (1962): Studies on insecticide resistance in mosquitoes of Japan. Japan. J. Exp. Med., 32: 297-308. —8) 塚本増久 (1963): 遺伝学より見た生物試験の問題点. 植物防疫, 17: 237-241, 290-294. —9) Tsukamoto, M. (1963): The log dosage-probit mortality curve in genetic researches of insect resistance to insecticides. Botyu-Kagaku, 28(IV): 91-98. —10) Yasutomi, K. (1962): Insecticide resistance developed in several species of the mosquitoes of Japan. Jap. J. Med. Sci. & Biol., 15: 29-35.

Summary

Analytical studies on diel-drin resistance in field populations of larvae of *Culex pipiens* were done adopting two test methods.

One is the so-called "ld-p line test". If a field population consisted of two or three component populations being homogeneous in susceptibility or resistance to an insecticide, and if each ld-p line (log dosage-probit mortality regression line) were separated independently, the ld-p line, or more correctly the curve, obtained from the mixed population would show one or two plateaus, flat portion parallel to the horizontal axis (see Fig. 1 and Fig. 2). Analyzing the position of the plateaus experimentally get from the curve, the genetical configuration of the mixed population and the component ld-p lines, such as RR, RS, SS can be estimated. By analyzing 10 field populations of *C. pipiens* larvae, the configuration ratios of RR (homozygous resistants), RS (heterozygous hybrids)

and SS (homozygous susceptibles) to dieldrin was estimated, which were shown in Fig. 3 and summarized in Fig. 4 and Table 2.

The other method is the so-called "discriminating test", the outline of which is as follows:

Egg rafts collected from breeding sources in field were reared to 3rd or 4th stage larvae in separate bowls. Thirty (*pallens* type and *fatigans* type) or fifteen (*molestus* type) larvae were tested with two discriminating dosages, i. e., 0.02 ppm and 0.3 ppm (0.1 ppm in Koniya population) of dieldrin. With 0.3 ppm (0.1 ppm in Koniya population), almost all of RR may be alive and all of RS and SS may be dead, and with 0.02 ppm, almost all of SS may be dead and all of RS and RR may be alive. So, the rafts consisted of only RR and of only SS can be discriminated from those consisted of two or three components. In these cases, the rafts consisted of only RR may be produced from $RR(P) \times RR(P)$; and those of only SS from $SS(P) \times SS(P)$. If the frequency of RR and SS factor in P was supposed to be a and c, respectively,

the appearance ratio of RR and SS rafts to all the egg rafts was admitted to be a^2 and c^2 , respectively.

As a^2 and c^2 can be available experimentally by the discriminating test mentioned above, a, b and c can be calculated (in this case, $b=1-a-c$), and $RR(F_1)$, $RS(F_1)$ and $SS(F_1)$ can be calculated by the formula shown in Table 3. The configuration ratios of RR, RS and SS components in five field populations estimated by the discriminating test were listed in Table 4. In Table 5, the configuration ratios estimated by ld-p line test and by discriminating test were listed. Those methods estimated by two different tests were in good accord with each other.

Summarizing the data mentioned above, it appeared surely that dieldrin resistance in larvae of *Culex pipiens* showed a monofactorial mode of inheritance, with the resistant factor partially dominant.

This was confirmed by the crossing experiments with susceptibles and resistants, which will be reported in the other paper.