

ture according to the equation (2), (4) and (5), where α and δ represent the original coefficients of platinum resistance thermometer determined by ice-point, steam-point and sulphur-point. The correction coefficient of self-heating of platinum resistance thermometer is 0.9996 in 5 mA and 0.9986 in 10 mA. (Table 1)

The cooling rate of this apparatus is controlled by changing the voltage-charge of nichrome-wire.

The stirrer is made of a empty glass tube through which the dried air or nitrogen-gas is

constantly passed into the solution to remove the moisture and volatile components before the measurement.

The sample used in each experiment is 10g of lindane and the precision of this method is found to be 0.03° by statistical treatment.

The freezing point of pure γ -BHC is found 112.50° and the cryoscopic constant is 0.012 mol-fraction per degree for the concentration range, 99 to 100% and the entropy of melting is 9.4 E. U.

Gene Analysis of Resistance to DDT and BHC in *Drosophila melanogaster*. Masuhisa TSUKAMOTO (Genetical Laboratory, Faculty of Science, Osaka University) & Masahiro OGAKI (Department of Education, Naniwa University, Sakai, Osaka). Received Feb. 1 1954. *Botyu-Kagaku* 19, 25 1954 (with English résumé, 31).

4 ショウジョウバエの DDT 及び BHC 抵抗性の遺伝学的研究 塚本増久 (大阪大学理学部 生物学教室), 大垣昌弘 (浪速大学 教育学部) 29. 2. 1 受理

ショウジョウバエの DDT および BHC に対する抵抗性は完全優性の遺伝子によるものであつて、その染色体上における位置は共に $I-66\pm$ であると考えられるに至つた。この事実に基づいていわゆる cross resistance の問題についても新しい見解を述べた。

I. 緒 言

われわれは昆虫の殺虫剤に対する抵抗性の機構を解明する1つの手段として、ショウジョウバエを用いて遺伝学的に分析してきたが、その結果福岡系及び彦根系の異つた2系統において、その DDT 抵抗性は共に第Ⅰ染色体右腕の *vg*³ や *sca*² の遺伝子の近くにある優性の遺伝子によつて支配されていることを知り、すでにその一部を報告した(塚本・大垣, 1953²; 大垣・塚本, 1953³)。

その後、遺伝子分析のための交配実験を行うのに適当な種々の突然変異型の系統を作り、DDT 抵抗性については更に詳細な実験を繰返すと共に、他の殺虫剤に対する抵抗性をも研究する目的で彦根系ショウジョウバエを用いてその BHC 抵抗性を遺伝学的に分析した。その結果、殺虫剤抵抗性遺伝子の染色体上の位置を決定することができたので、こゝでは DDT 及び BHC についてこれらの分析の結果を報告すると共に、或る薬剤に対して抵抗性をもつた昆虫は他の2・3の殺虫剤に対しても同時に抵抗性を示すという所謂 cross resistance 又は cross tolerance の機構についても遺伝学的見地から考察を行つた。

- 1) *vg*: vestigial wing in chromosome I
- 2) *sca*: scabrous eye in chromosome I

本文に入るに先だち、この研究を行うに当つて常に御指導御鞭撻を賜つた大阪大学吉川秀男教授、大島長造助教授、彦根系ショウジョウバエを採集する際に種々の御便宜にあづかつた彦根市衛生課長小林弘氏、DDT を恵与された京都大学化学研究所長沢純夫氏、BHC を恵与された旭硝子株式会社淀川工場大野勇氏、及び実験の際に種々の御手数を煩わした清水節子嬢の諸氏に深甚の謝意を表する。

II. 材料及び方法

DDT 抵抗性の系統としては、われわれは彦根系及び福岡系の2系統を従来より用いている。彦根系は DDT 以外に BHC やパラチオン、硫黄ニコチンなどに対しても他の多くの野生型・突然変異型の系統にくらべて抵抗性が強いことが判明したので、今迄2000—2500 γ /cc DDT 含有餌料で22代飼育してきたものを更に8 γ /cc BHC 含有餌料で2代以上飼育淘汰した後に、BHC 抵抗性系統として実験に供した。

遺伝子分析のために交配実験に用いた系統は、第Ⅰ・第Ⅲ・第Ⅳの各染色体に1つづつ劣性の突然変異形質をもつた *cn*; *ca*; *gvl*³ 及び *cn*; *bar-3*; *gvl*¹ と、

- 3) *cn*: cinnabar eye in chromosome I
- ca*: claret eye in chromosome III
- gvl*: grooveless in chromosome IV
- 4) *bar-3*: bar eye in chromosome III

第I染色体に2つの突然変異形質をもつた *cn wt*⁵¹ など、これらの諸系統はすべて大阪大学のわれわれの研究室で作成したものである。

実験の方法は、諸系統の DDT 抵抗性を検定する場合に成虫を用いたことを除いては、すべてそれぞれ一定数の1令幼虫を殺虫剤含有餌料又は普通の餌料の入った飼育ビンに入れ、それより羽化した成虫の数や形質を比較する方法を用いた。(この方法を今後幼虫テストと呼ぶことにする。) なお、羽化成虫数は正常に羽化して生きているもののみを数え、たとえ羽化してもその直後に翅も伸びることなく死ぬ様な個体は計算から除外した。

殺虫剤としては *p'*-DDT 及び γ -BHC を用いたが、DDT はその結晶を clay に 50% の割合で混合した粉剤を、BHC は結晶を一定量のアセトンに溶かし、0.1% 及び 0.5% となる様に clay と混合した粉剤を使用した。

また飼育は 26°—27° C に調節された孵卵器及び飼育室で行い、幼虫の餌料としては寒天、乾燥酵母及び砂糖をそれぞれ 2%, 3% 及び 4% の割合に蒸留水に溶かし、煮沸してからカビ止めのために少量の Moldex を加えて固まらせたものを用いた。この餌料は従来用いていた Pearl の餌料に較べて栄養が極めてよく、多数の大きな個体が羽化する。また Pearl の餌料は酒石酸が入っているためにあまり煮ると固まらなくなるが、この餌料ではその点も心配なく非常に簡単に作ることができる。従つて幼虫テストの様な実験には好適な餌料であるといえる。

III. 彦根系シヨウジョウバエの DDT 及び BHC 抵抗性

彦根系シヨウジョウバエは、前報にも述べた如く採集後3ヶ月たつてから毎代 2000—2500 γ /cc の DDT 含有餌料で飼育淘汰を行い 20 数代を経たもので、その DDT 抵抗性は淘汰後第10代目には淘汰前よりかなり増大したことはすでに述べたが(大垣・塚本, 1953), その後更に第22代目の抵抗性を検定したところ、第10代目より抵抗性が増大している様子はみられなかった。従つてわれわれの行っている飼育条件では、福岡系及び彦根系の DDT 抵抗性は一応安定しているものであつて、更にこれ以上強い抵抗性の突然変異が起らない限りはそれ以上に抵抗性が増大しないものと考えられる。前報において彦根系の DDT 抵抗性が DDT 含有餌料で飼育淘汰した後10代で増大したのは非抵抗性の個体が淘汰されたためで適応によるものではなからうと述べたが、その後更に12代たつても抵抗性が増大しないという事実はこれらの考えを更に支持

するものであろう。

また DDT 淘汰後第23代目の彦根系シヨウジョウバエの BHC 抵抗性をしらべたところ、幼虫テストではその LD₅₀ (飼育した幼虫の半数が淘汰されて半数しか羽化しない様な殺虫剤の濃度) は約 8 γ /cc であつた。その他の多くの系統では彦根系よりかなり弱く、例えば突然変異型の *cn; ca; gul* という系統ではその LD₅₀ は約 2 γ /cc である。

さて彦根系の BHC 抵抗性の遺伝学的性質をしらべるために、非抵抗性の *cn; ca; gul* と彦根系とを正逆交配し、それぞれの F₁ の抵抗性をしらべたところ、彦根系の BHC 抵抗性と殆んど変りなく、むしろそれ以上である様な場合もみられた。これらの正逆交配の結果をもとの両系統の抵抗性と比較して示したのが第1図である。即ち、彦根系の BHC 抵抗性は今迄報告した DDT 抵抗性同様に完全優性で、その遺伝様式は細胞質遺伝ではなく、染色体にある遺伝子によるものと考えられる。

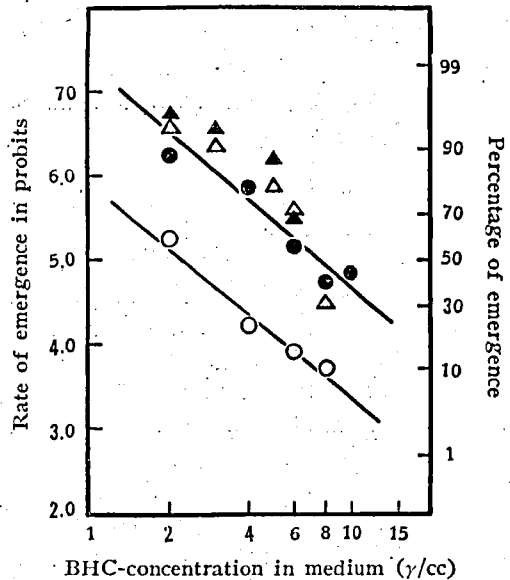


Fig. 1. The relation between emergence-rate and BHC-dosage in four strains of *Drosophila melanogaster*.

- Hikone-R
- ▲ F₁ (Hikone-R ♀ × *cn; ca; gul* ♂)
- △ F₁ (*cn; ca; gul* ♀ × Hikone-R ♂)
- *cn; ca; gul*

IV. DDT 及び BHC 抵抗性と染色体との関係

上に述べた正逆交配の結果から、彦根系の BHC 抵抗性も DDT 抵抗性同様に完全優性であることがわかつたので、4対の染色体のうちどの染色体が抵抗性

5) *wt*: welt eye in chromosome I

に關与しているかを分析するために、非抵抗性の *cn*; *ca*; *gvl* 及び *cn*; *bar-3*; *gvl* という第Ⅲ; 第Ⅲ; 第Ⅳの各染色体に劣性の突然変異形質をもつた multi-chromosomal mutants の2系統を用いて次の様な戻交配を行った。

(1) *cn*; *ca*; *gvl* ♀ ×

F_1 (Hikone-R ♀ × *cn*; *ca*; *gvl* ♂) ♂

(2) *cn*; *bar-3*; *gvl* ♀ ×

F_1 (*cn*; *bar-3*; *gvl* ♀ × Hikone-R ♂) ♂

この様な戻交配による F_2 では、非抵抗性系統からの染色体と抵抗性の彦根系からの染色体との組合せが16通りとなる。第2図はその1例として *cn*; *bar-3*; *gvl* を用いた戻交配の染色体の組合せを图示したもので、白色の染色体は非抵抗性の *cn*; *bar-3*; *gvl* からの染色体を、黒色は抵抗性の彦根系からの染色体を意味する。

この戻交配による F_2 の1令幼虫をそれぞれ正常餌料、DDT 含有餌料、BHC 含有餌料などで飼育し、その結果生残つて羽化した成虫の表現型と羽化数との関係を示したのが第1表及び第2表である。

即ち、抵抗性に關係があると考えられる特定の染色体については、彦根系と突然変異系統よりの染色体がヘテロになっている場合には彦根系の優性の抵抗性遺伝子があるために幼虫から成虫になり得るが、突然変異系統からの染色体がホモになっている様な組合せの幼虫は抵抗性の遺伝子を持っていないために殺虫剤で淘汰されて成虫にはなり得ない筈である。実際には、

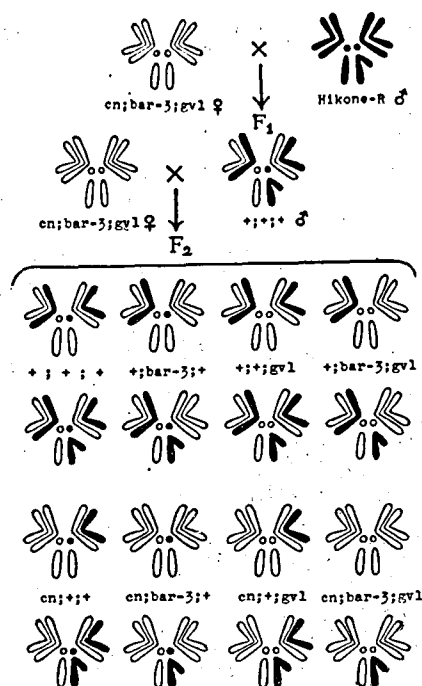


Fig. 2. Combinations of chromosomes in F_2 -flies which appeared from the back cross between the resistant strain (Hikone-R) and the susceptible multichromosomal mutant strain (*cn*; *bar-3*; *gvl*). Chromosomes of the resistant strain are presented in black, and those of the susceptible strain in white.

Table 1. Phenotype of surviving progeny in the cross of *cn*; *ca*; *gvl* ♀ × F_1 (Hikone-R ♀ × *cn*; *ca*; *gvl* ♂) ♂

Sort of medium	Control			8-9 γ/cc BHC-containing		
No. of F_2 -larvae tested	1000			2500		
Phenotype of F_2 -flies	♀	♂	Total	♀	♂	Total
+ ; + ; +	65	63	128	62	67	129
+ ; <i>ca</i> ; +	58	43	101	50	37	87
+ ; + ; <i>gvl</i>	69	46	115	57	55	112
+ ; <i>ca</i> ; <i>gvl</i>	40	49	89	46	31	77
<i>cn</i> ; + ; +	62	52	114	0	0	0
<i>cn</i> ; <i>ca</i> ; +	45	49	94	0	0	0
<i>cn</i> ; + ; <i>gvl</i>	69	43	112	0	0	0
<i>cn</i> ; <i>ca</i> ; <i>gvl</i>	56	49	105	0	0	0
Total no. of F_2 -flies	464	394	858	215	190	405
Percentage of total <i>cn</i>	49.5%			0.0%		
Percentage of total <i>ca</i>	41.8%			49.5%		
Percentage of total <i>gvl</i>	49.1%			46.7%		
Sex ratio (♀ : ♂)	100 : 84.9			100 : 88.4		

Table 2. Phenotype of surviving progeny in the cross of *cn; bar-3; gvl* ♀ × *F₁ (cn; bar-3; gvl* ♀ × Hikone-R ♂) ♂

Sort of medium	Control			2000 γ/cc DDT-containing			9-10 γ/cc BHC-containing		
No. of <i>F₂</i> -larvae tested	2000			4200			6500		
Phenotype of <i>F₂</i> -flies	♀	♂	Total	♀	♂	Total	♀	♂	Total
+ ; + ; +	133	124	257	103	74	177	194	173	367
+ ; <i>bar-3</i> ; +	147	118	265	86	73	159	143	101	244
+ ; + ; <i>gvl</i>	137	110	247	87	86	173	157	147	304
+ ; <i>bar-3</i> ; <i>gvl</i>	115	92	207	84	80	164	129	106	235
<i>cn</i> ; + ; +	124	121	245	0	0	0	0	0	0
<i>cn</i> ; <i>bar-3</i> ; +	101	96	197	0	0	0	0	0	0
<i>cn</i> ; + ; <i>gvl</i>	148	129	277	0	0	0	0	0	0
<i>cn</i> ; <i>bar-3</i> ; <i>gvl</i>	103	93	196	0	0	0	0	0	0
Total no. of <i>F₂</i> -flies	1008	883	1891	360	313	673	623	527	1150
Percentage of total <i>cn</i>	48.4%			0.0%			0.0%		
Percentage of total <i>bar-3</i>	45.7%			48.0%			41.7%		
Percentage of total <i>gvl</i>	49.0%			50.1%			46.9%		
Sex ratio (♀ : ♂)	100 : 87.6			100 : 86.9			100 : 84.6		

第1表及び第2表に見られる如く *cn*, *cn; ca*, *cn; gvl*, *cn; ca; gvl*, 又は *cn; bar-3*, *cn; bar-3; gvl* などの様に第Ⅱ染色体が突然変異系統からの染色体でホモになっている組合せのものが、いずれも DDT や BHC で完全に淘汰されている。一方、第Ⅲ又は第Ⅳ染色体の突然変異形質のみが表現型となる様な組合せの場合は全く淘汰されていないか、あまり著しく淘汰されていない。また彦根系と非抵抗性の突然変異系統の正逆交配及び戻交配でも殺虫剤含有区や対照区の性比に有意な差が認められない。この様なことから、彦根系の BHC 抵抗性の優性遺伝子は DDT 抵抗性同様に第Ⅱ染色体上に存在するものであることが知られる。

V. 抵抗性遺伝子の第Ⅱ染色体上の位置

さきに福岡系及び彦根系のショウジョウバエを用いてその DDT 抵抗性の優性遺伝子の位置を推定し、第Ⅱ染色体右腕の *vg* (Ⅱ-67.0) 及び *sca* (Ⅱ-66.7) 遺伝子の近くであることを報告したが⁽⁶⁾⁽⁹⁾、その染色体地図上の位置を決定するのに充分適当な突然変異系統がなかったのと、実験の際の DDT の濃度がやや低く淘汰が不完全であつたので、前に用いた系統より一層適当であると思われる *cn wt* (*cn* : Ⅱ-57.5, *wt* : Ⅱ-82±) という系統を作り、これを用いて DDT 抵抗性遺伝子の位置を決定すると同時に BHC 抵抗性遺伝子についてもその第Ⅱ染色体上の位置を決定するために次の実験を行った。

即ち、*cn wt* の雄を彦根系の雌と交配し、その *F₁* の雌に *cn wt* の雄を戻交配した。この交配では、*F₁* に雌を用いてあるので第Ⅱ染色体で交叉が起り、*F₂* の成虫の表現型には、非交叉型の *cn wt* と野生型の他に交叉型の *cn* と *wt* の合計4通りが出現する筈である。この交配の *F₂* 幼虫をそれぞれ正常餌料、2000 γ/cc DDT 含有餌料、9-10 γ/cc BHC 含有餌料で飼育した結果第3表の如き割合で各表現型の成虫が出現した。

Table 3. Phenotypic number of surviving *F₂*-flies in the cross of *F₁ (Hikone-R ♀ × cn wt ♂) ♀ × cn wt ♂*

Sort of medium	No. of <i>F₂</i> -larvae	Phenotype of <i>F₂</i> -flies				Total
		<i>cn wt</i>	<i>cn</i>	<i>wt</i>	+	
Control	2200	679	276	230	777	1962
2000 γ/cc DDT-contain.	5880	1	30	49	275	355
8 γ/cc BHC-contain.	3600	4	25	56	272	357

即ち、対照区においては *cn wt*, *cn* 及び *wt* などいずれも多数出現しているが、DDT 含有区、BHC 含有区ではこれらは共に著しく少ない。これは非交叉型のうちの *cn wt* 及び交叉型の *cn; wt* などが

DDT や BHC によつて著しく淘汰されたことを示すものである。

(1) DDT 抵抗性遺伝子の位置

第3表において DDT 含有区より出現した *cn wt*, *cn*, *wt* などの表現型を示す個体は、抵抗性遺伝子とこれらの突然変異遺伝子との間に交叉が起つたため淘汰されずに生残つた個体であると考えられる。従つて第3表の結果から DDT 抵抗性遺伝子性と *cn* 及び *wt* 迄の交叉率を求めると次の如くなる。但しこゝに RI^{DDT} の記号で示したのは DDT 抵抗性遺伝子を意味する。

$$cn—RI^{DDT} : \frac{1+30}{355} \times 100 = 8.7 (\%)$$

$$RI^{DDT}—wt : \frac{1+49}{355} \times 100 = 14.1 (\%)$$

$$cn — wt : 8.7 + 14.1 = 22.8 (\%)$$

即ち、DDT 抵抗性遺伝子は *cn* 遺伝子から 8.7%, *wt* 遺伝子から 14.1% の交叉率を示す位置にあることになる。*cn—wt* 間の染色体地図上の距離は 24.5±であつて、実験の結果から得られた値は対照区で約 26%, DDT 含有区で約 23% となり大体一致する。このことから DDT 抵抗性遺伝子は *cn* と *wt* の間にあつて *cn* の方にやゝ近い位置を占めることがわかる。*wt* 遺伝子の位置は Ⅱ-82±であつて *cn* ほどその位置がはつきり決定されていないのと、DDT 抵抗性遺伝子は *wt* よりも *cn* に近いことから、仮に *cn* からの交叉率を基準として計算すると、DDT 抵抗性遺伝子の位置は Ⅱ-66.2 となる。しかしながら、其の位置を推定するために危険率 5% のもとにその信頼限界を求めると、染色体地図の上で約 64 から 69 の間に存在するものであることが知られる。

さきに福岡系及び彦根系の DDT 抵抗性遺伝子の位置を求めるために *cn bw*, *sca*, *vg* などの系統を用いて交配実験を行い、その位置は *sca* 又は *vg* の右側近くにあるものと考えたがこれらの遺伝子は DDT 抵抗性遺伝子とあまりにも近すぎ、また *bw* は遠すぎるので実験には不適當であつたことがわかる。ちなみに *vg* や *sca* などの遺伝子は DDT 抵抗性遺伝子の位置の信頼限界の範囲内に含まれてしまうので、抵抗性遺伝子がこれら突然変異遺伝子の右にあるか左にあるかを定めるのは困難である。更に DDT で淘汰する際に、その濃度がやゝ低かつたので非抵抗性の個体が充分淘汰されていないおそれがあつたが、この点も今回の実験においては濃度を高したので充分に淘汰されたものと考えてよいであろう。

(2) BHC 抵抗性遺伝子の位置

DDT 抵抗性遺伝子の位置を求めたのと同様に、第3表から *cn*, *wt* 両遺伝子と BHC 抵抗性遺伝子との

交叉率を計算するとそれぞれ次の如くなる。尚 BHC 抵抗性遺伝子の記号としては RI^{BHC} を用いた。

$$cn—RI^{BHC} : \frac{4+25}{357} \times 100 = 8.1 (\%)$$

$$RI^{BHC}—wt : \frac{4+56}{357} \times 100 = 16.8 (\%)$$

$$cn — wt : 8.1 + 16.8 = 24.9 (\%)$$

この場合も実験結果から計算した *cn—wt* 間の距離が理論値と極めてよく一致するので、*cn* 遺伝子を基準として BHC 抵抗性遺伝子の位置を求めるとその位置は Ⅱ-65.6 となる。この信頼限界を危険率 5% のもとに計算すると、約 64—68 の間に存在することが推定される。DDT 抵抗性遺伝子の位置の信頼限界の幅は大体 64—69 であつたが、BHC 抵抗性遺伝子の位置がこの範囲に含まれてしまうのみならず、その信頼限界も殆んど完全に一致することは極めて興味ある現象である。

VI. 考察及び結論

DDT 及び BHC 抵抗性 —— 彦根系ショウジョウバエの BHC 抵抗性はその DDT 抵抗性と同様に完全優性で、その遺伝様式は細胞質遺伝によるものではなくてむしろ染色体上にあると考えられる遺伝子によるものであることは、第1図に示した彦根系と *cn; ca; gul* との正逆交配の結果からも明らかである。しかるに殺虫剤に対する抵抗性は、今迄報告された種々の昆虫においては殆んど不完全優性であることが知られている。ショウジョウバエにおいても、Crow (1952)⁽⁹⁾ は DDT 抵抗性系統と非抵抗性系統を交配し、その F_1 成虫の DDT 抵抗性は優性であるが抵抗性系統ほどは強くないことを述べている。また Oppenoorth and Dresden (1953)⁽¹⁰⁾ も BHC 抵抗性のショウジョウバエが正逆交配の結果から不完全優性であることを報告している。これらの報告は彦根系の DDT 及び BHC 抵抗性が完全優性であるというわれわれの実験結果とは一致しないが、これは実験方法の相異によるものか、或いは用いた系統に特有な性質によるものであらうとも考えられる。

次に、抵抗性がどの染色体上の遺伝子によつて支配されているものであるかという問題については、第Ⅱ; 第Ⅲ; 第Ⅳの各染色体について劣性の形質を有する multichromosomal mutants strain の *cn; ca; gul* と *cn; bar-3; gul* の2系統を用いて彦根系との間に戻交配を行つた実験結果(第2図、第1表及び第2表参照)から、DDT 抵抗性及び BHC 抵抗性はいずれも第Ⅱ染色体上にある優性遺伝子によるものであると考えてもよいであろう。第Ⅲ、第Ⅳの染色体については、BHC 含有区で対照区よりやゝ出現率が減少していることから、抵抗性と全く関係がないといふ切るこ

とはできない。しかしもし抵抗性に影響があるとしても第Ⅱ染色体のそれには遙かに及ばないので、あまり作用の著しくない modifier の様なものにすぎないであろうと考えられる。従つて抵抗性に最も主要な役割を有するのは、やはり第Ⅱ染色体上に存在する遺伝子であろう。Crow (1952)⁽²⁾ 及びその後の彼からの私信によれば、DDT 抵抗性は polygenic なものであつて各染色体が関係するというところであるが、これらの点についてはわれわれの所と実験方法、系統などに著しい相異があるので、今のところいずれが正しいとか誤であるとか断定することはできない。

抵抗性遺伝子の染色体上の位置——DDT 抵抗遺伝子及び BHC 抵抗性遺伝子は *cn wt* と彦根系との交配実験の結果から共に第Ⅱ染色体のほぼ同じ位置に存在することが明らかになった。第3表の結果から求めた交叉率をそれぞれ比較すると次の如き関係になる。

$cn-8.7\% \sim R^{DDT} \sim 14.1\% \sim wt$

$cn-8.1\% \sim R^{BHC} \sim 16.8\% \sim wt$

この様に実際に得られた交叉率は DDT の場合と BHC の場合とでやや異つてゐるが、それぞれの遺伝子の位置の信頼限界は両者で殆んど一致しているので、実験の結果得られた両者の交叉率の差が果して有意であるかどうかが問題となる。そこでこの差を χ^2 テストで検定するために第3表における *cn* 及び *wt* の総出現率を示すとそれぞれ第4表及び第5表の如くなる。

Table 4. Comparison of the percentages of total *cn* flies emerged from DDT- and BHC-containing media in table 3. A chi square test for homogeneity indicates that there is no significant difference in the frequency of total *cn*. ($\chi^2=0.086$, D. F. = 1, $0.80 > P > 0.70$)

Sort of medium	<i>cn</i> & <i>cn wt</i>	<i>wt</i> &+	Total	Percentage of total <i>cn</i>
DDT-containing	31	324	355	8.7
BHC-containing	29	328	357	8.1
Total	60	652	712	8.4

即ち、DDT 含有区と BHC 含有区における抵抗性遺伝子と *cn* 遺伝子との交叉率の間に有意な差があるものと考えるときは、 $\chi^2=0.086$ でその危険率は 70% から 81% の間にあり、また *wt* との交叉率が両区で異なるものとするとき $\chi^2=1.019$ でその危険率は 30% と 41% の間にある。従つて有意水準の 1% 乃至 5% に較べて危険率が極めて大きくなるから、DDT 含有区と BHC 含有区における突然変異遺伝子と抵抗性遺伝子との間の交叉率には有意な差が認められないこ

Table 5. Comparison of the percentages of total *wt* flies emerged from DDT- and BHC-containing media in table 3. A chi square test for homogeneity indicates that there is no significant difference in the frequency of total *wt*. ($\chi^2=1.010$, D. F. = 1, $0.40 > P > 0.30$)

Sort of medium	<i>cn wt</i> & <i>wt</i>	<i>cn</i> &+	Total	Percentage of total <i>wt</i>
DDT-containing	50	305	355	14.1
BHC-containing	60	297	357	16.8
Total	110	602	712	15.4

となる。換言すれば、DDT 抵抗性遺伝子は BHC 抵抗性遺伝子と同じ locus を占めるものと考えられることもできるわけで、今迄便宜上 DDT 抵抗性遺伝子及び BHC 抵抗性遺伝子と呼んできたものは実は 1 つの遺伝子であつて、表面的には DDT に対しては DDT 抵抗性遺伝子として働き、他方 BHC に対しては BHC 抵抗性遺伝子としての性質を示すものであろう。或いは互いに locus が極めて僅かに異つた pseudoallele の関係にあるものとも考えられるが、一応 DDT 抵抗性と BHC 抵抗性は同じ遺伝子によるものと考えて、その第Ⅱ染色体上の位置を決定するために DDT 含有区及び BHC 含有区からの *cn* の総出現率によつて、*cn* 遺伝子との交叉率を計算すると第4表に示した如く 8.4% となる。また、*wt* 遺伝子との交叉率は 15.4% となるが、前に DDT 抵抗性遺伝子の項で述べた様な理由から *cn* を基準として位置を決める方が信頼度が高いものと考えられる。しかしこの *cn* からの交叉率の 8.4% という数値も実験から得られた標本値にすぎないからその母数を推定するため危険率 5% のもとにその信頼限界を求めると上限が約 10%、下限が約 7% となる。従つて *cn* からの交叉率に信頼限界を考慮に入れると抵抗性遺伝子の染色体地図上の位置は $II-66 \pm$ とするのが最も妥当であらう。

この遺伝子の昆虫体内での生理的乃至生化学的な働きについては今のところ不明であるが、殺虫剤の存在とは無関係に前から持つていた特定の代謝過程又は酵素系に関係するものであつて、それが個々殺虫剤の存在によつて表面的には抵抗性という現象として作用するものであることは容易に推察される。

Cross Resistance——昆虫の殺虫剤に対する cross resistance の現象は、害虫駆除という実際的な面からも殺虫機構という生物学的な面からも極めて

重視すべき問題であつて、農業害虫についても衛生害虫についても多くの報告がなされている。ショウジョウバエの cross resistance については、Weiner and Crow (1951)⁽¹⁾ が DDT 抵抗性の系統は BHC, DDD, Toxaphene, Methoxychlor, Aldrin などクロール系の殺虫剤に対し抵抗性が高いことを報告しており、Bartlett (1952)⁽²⁾ は DDT 抵抗性に差のあるショウジョウバエの2系統の間の isobornyl thiocyanacetate に対する抵抗性には有意な差が認められないが、Metcalf の実験ではこの2系統間で DDDT に対する抵抗性には差があることを報告している。更に Oppenoorth and Dresden (1953)⁽³⁾ も BHC 抵抗性ショウジョウバエの系統が DDT や Thanite (isobornyl thiocyanacetate 類の商品名) に対しても抵抗性を示すことを述べている。

われわれの用いている彦根系ショウジョウバエは、DDT や BHC 以外にもパラチオンや硫黄ニコチンに対しても他の多くの系統より抵抗性が高い。ことに α , β -DDT と γ -BHC は、共にクロール系の合成有機殺虫剤であるという点を除いてはその化学的構造の上に全く類似性が認められない。それにも拘らず、DDT に対しても BHC に対しても1つの遺伝子の作用によつて抵抗性を示すと考えられることは、極めて興味深い現象で、DDT 抵抗性と BHC 抵抗性の原因は恐らくその根本に共通な機構を有しているものであることが推定される。

この様に或る昆虫が種々の異つた殺虫剤に対して同時に抵抗性を示すのは、それらの殺虫剤のうちの或るものはその化学的構造が異つていても大体同じ様な機構によつて殺虫効果を現わしているために、これに対する昆虫の側も同じ機構又は類似のメカニズムに従つてそれら1群の殺虫剤に cross resistance を示すものと考えればよく説明できるのではなからうか。この様な考え方からすれば、殺虫剤のなかには DDT や BHC の様な所謂接触毒或いは神経毒に対して、例えば食毒の様な全く異つた機構によつて殺虫効果を呈する薬剤もあるが、もしこの様な全く異つたメカニズムによる殺虫剤に対しても同時に抵抗性を呈する昆虫があるとすれば、その昆虫は DDT や BHC に対する抵抗性遺伝子の他にまた別の殺虫剤抵抗性に関する遺伝子を兼ね具えているものと解すればよいであろう。

イエバエその他の昆虫では DDT 抵抗性の性質と BHC 抵抗性の性質とは必ずしも一致しない場合もあるが、これらの昆虫ではショウジョウバエにおける遺伝機構とは異つた方法によつて抵抗性を示すものとも考えられ、種々の昆虫の抵抗性の機構については更に多くの研究が行われることが望まれる。

VII. 摘 要

1. 彦根系ショウジョウバエの DDT 抵抗性は、淘汰をはじめから 10 代迄の間はかなり強くなつたが、その後は更に 10 代以上を経ても抵抗性が増大する傾向はみられなかつた。

2. この系統は DDT のみならず BHC に対しても抵抗性を示したので、その BHC 抵抗性を交配実験によつてしらべたところ、細胞質遺伝をするものではなくて染色体上にあると考えられる完全優性の遺伝子によるものであることがわかつた。

3. DDT 抵抗性及び BHC 抵抗性遺伝子と染色体との関係を明らかにするために、各染色体に劣性の形質をもつた2つの突然変異系統と彦根系とを戻交配した結果、その抵抗性は DDT, BHC 共に第Ⅱ染色体上にある遺伝子によるものであることが明らかになつた。

4. 第Ⅱ染色体上にある抵抗性遺伝子の位置をしらべたところ、DDT 抵抗性も BHC 抵抗性も共に染色体地図上の位置が 1-66± であらわされる同じ優性遺伝子によつて支配されているものと考えられる。

5. これらの遺伝学的な事実から所謂 cross resistance の問題について考察し、新しい見解を述べた。

VIII. 引 用 文 献

- (1) Bartlett, B. R.: Canad. Ent., 84, 189—205 (1952)
- (2) Crow, J. F.: Nation. Acad. Sci.-Nation. Res. Coun. Pub. No. 219, 72—75 (1952)
- (3) Ogaki, M. & M. Tsukamoto: Botyu-Kagaku, 18, 100—104 (1953)
- (4) Oppenoorth, F. J. & D. Dresden: Bull. Ent. Res., 44, 395—400 (1953)
- (5) Tsukamoto, M. & M. Ogaki: Botyu-Kagaku, 18, 39—44 (1953)
- (6) Weiner, R. & J. F. Crow: Science, 113, 403—404 (1951)

Résumé

In two previous reports, it has been preliminarily shown that the DDT-resistance in two strains of *Drosophila melanogaster* depends on the dominant gene locating near *sca* (1-66.7) or *vg* (1-67.0) genes on the second chromosome.

The Hikone-R (=Hikone-DG) strain has been reared on DDT-containing media successively more than twenty generations. The resistance of this strain considerably developed within first ten generations, however, the DDT-resistance in the twenty-second generation did not increase

more than that of the tenth generation. This DDT-resistant strain revealed the most high resistance among many strains not only to p, p' -DDT but also to γ -BHC.

It is the purpose of the present paper to report the results of genetical analysis of resistance to γ -BHC and of further investigations for p, p' -DDT resistance with the Hikone-R strain.

In all crossing experiments, the first-instar larvae were raised on normal and insecticide-containing media to select the non-resistant individuals. So the surviving flies from the insecticide-containing media are considered as the resistant.

From the results of reciprocal crosses between the Hikone-R strain and the non-resistant *cn*; *ca*; *gvl* strain, it is demonstrated that the BHC-resistance is completely dominant and its inheritance is subordinated by the presence of some chromosome(s) (fig. 1).

To ascertain the relation of the chromosome to the DDT- and BHC-resistance, two backcross experiments using the multichromosomal mutant strains and the Hikone-R strain were designed as follows (fig. 2) :

- (1) *cn*; *ca*; *gvl* ♀ ×
F₁(Hikone-R ♀ × *cn*; *ca*; *gvl* ♂) ♂
- (2) *cn*; *bar-3*; *gvl* ♀ ×
F₁(*cn*; *bar-3*; *gvl* ♀ × Hikone-R ♂) ♂

Both results of these backcrosses indicate that

the flies bearing second chromosomal mutant phenotype are completely selected by insecticides (table 1 and 2). BHC-resistance of the Hikone-R strain, therefore, associates with the second chromosome as well as DDT-resistance.

Then to determine the loci of DDT- and BHC-resistant genes on the second chromosome, following backcross was made:

$$cn\ wt\ ♀ \times F_1(\text{Hikone-R } ♀ \times cn\ wt\ ♂) \ ♂$$

The crossing-over rates between resistant and mutant genes were estimated by calculating the numbers of surviving adults obtained from rearing the F₂-larvae of the above backcross on the 8-9 γ /cc BHC- and 2000 γ /cc DDT-containing media. These results are shown in table 3. It is noticeable that there are statistically no significant difference between the crossing-over rates in each case of DDT- and BHC-containing media (table 4 and 5).

Consequently it is assumed that the BHC-resistant gene is same or pseudoallele as the DDT-resistant gene, and its locus on the chromosome map is I-66±, at least in the larval resistance of the Hikone-R strain. Thus it may be true that both DDT and BHC act on the insects by the same or similar mechanism, in spite of the intrinsic difference in their chemical structures, and this may be one of the most fundamental reasons for "cross resistance" to insecticides.

On the Scientific Name of the Common Housefly in Japan. Problems on the Breeding of Insects for Biological Assay of Insecticides. V. Sumio NAGASAWA (Takei Laboratory, Institute for Chemical Research, Kyoto University, Takatsuki, Osaka). Received Jan. 25, 1954. Botyu-Kagaku 19, 32-35, 1954 (with English résumé, 35).

5 わが国においてイエバエと称せられる種類の学名について。殺虫剤の生物試験用昆虫の飼育にかんする諸問題。(第5報) 長沢純夫(京都大学 化学研究所 武居研究室) 29. 1. 25. 受理

わが国においてイエバエとよばれる種類にたいしては、ふるくから *Musca domestica* Linne の学名があたえられてきたが、最近一部の入々によつて *M. vicina* Macquart または *M. domestica vicina* Macquardt が適当であると提唱された。筆者は typical な *M. domestica* と考えられる種類の標本と、わが国のそれとを比較検討した結果、わが国の種類にたいしては後者の学名をもちいることが妥当であるという結論をえた。

I. 緒 言

Linne⁽¹⁾ によつてはじめてその記載があたえられ

た *Musca domestica* は、今日世界各地にひろく分布し、われわれが普通にイエバエとよびならわしてきて