

On the Difference in Resistability of Adult Female and Male of the Common Housefly, *Musca domestica* L., against DDT. Studies on the Biological Assay of Insecticides. XXIII. Sumio NAGASAWA (Takei Laboratory, Institute for Chemical Research, Kyoto University, Takitsuki, Ohsaka). Received Sept. 19, 1952. Botyu-Kagaku 17, 123-133, 1952. (with English résumé, 132).

22. イエバエ雌雄の DDT にたいする抵抗性の相違について。殺虫剤の生物試験にかんする研究 第23報 長沢純夫 (京都大学 化学研究所 武居研究室) 27. 9. 19. 受理。

### 1 緒 言

生物界におけるひとつの大きなちがい、すなわち雄と雌という性の相違は何物にもかえがたい鮮明な区別点といえるが、これを基点とする研究はあらゆる分野にわたって展開され、すでに数多い知見が提供されている。殺虫剤の生物試験検定論の見地からも、性による抵抗性の差異は検定に關与する諸要因のうちでとくに重要なもののひとつにこそえられていて、ふるくから研究の一課題となつてゐる。筆者が本論文においてのべようとするのは、イエバエの雌雄の DDT にたいする抵抗性の相違をさきにするにたつた撒粉降下装置法<sup>1)</sup>によつて実験検討した結果であるが、なお考察に必要な生理生態ならびに形態学上の相違点を若干これに附記した。

本文にはいるにさきだち、実験の助力と数値の計算に尽力せられた吉信翠・柴田砂田子の両嬢に深甚の謝意を表するとともに、*p,p'*-DDT を分譲せられた Geigy Co. Inc., New York と Insecticide Grade Pyrophyllite を送付せられた C. Tennant, Sons & Co., New York にたいしあつく鳴謝する次第である。

### II 実験材料

(1) 供試薬剤、本実験には米国の Carolina Pyrophyllite Co. で精製せられた Grendon, N. C. 産の Insecticide Grade Pyrophyllite を担体とする *p,p'*-DDT (m.p. 107~108°) の 0.5, 1.0, 2.0 及び 4.0% の 4 種の粉剤をもちいた。その調製方法は、さきに筆者<sup>10)</sup> が  $\gamma$ -BHC の同濃度粉剤の調製にあ

たつて採用した方法とおなじ benzol をもちいる溶解混合法によつた。粉剤の粒度は Tyler の標準篩 325 mesh を全通したものであるがその分布はあきらかでない。

(2) 供試昆虫 供試昆虫としては馬糞培基と小麦粉糲の給餌によつて飼育したイエバエ *Musca domestica* L. の羽化後 4~5 日をへた健全な個体をえらんでもちいた。その飼育方法ならびに環境条件はすべて長沢・漆葉<sup>9)</sup>によつて記されたところとおなじである。なおこの系統は最初ごく少数個体から發して、数年の累代飼育をつづけて今日にいたつた、形態学的にもまた生理学的にもほぼひとしい遺伝的性質をもつものとみなされる高規系である。

### III 外部形態によるイエバエ雌雄の區別

イエバエは卵、幼虫、または蛹によつてあらかじめその雌雄を識別し、両者をわけておいて、それから羽化した成虫を実験にもらいようすることはむづかしい。すなわち成虫以外の虫態においては、外部形態学的に識別しうる性的差異がなく、又後にのべる成虫における体長の差異も幼虫期乃至蛹期のそれにはあらわれていない。例を蛹についてしめすならば第 1 表のごとくである。これはあらかじめ蛹の大きさを測定しておいて番号をつけそれから羽化した成虫によつて性を決定したもので、測定をおこなつた標本はすべてひとつの培基から採取したものである。

第 1 表にしめた測定結果をみると、蛹においてもその平均値は若干雌の方が雄よりも大きい。しかしこの平均値の差が推計学的に果して意義のあるものであ

Table 1. Measurements on the length and width of female and male pupae of the common housefly, *Musca domestica* L.

| Sex    | No. of insects | Dimension | Mean<br>1 unit=0.0098mm | Standard deviation | Coefficient of variation |
|--------|----------------|-----------|-------------------------|--------------------|--------------------------|
| Female | 132            | Length    | 72.371 $\pm$ 0.248      | 2.846              | 3.93                     |
|        |                | Width     | 30.008 $\pm$ 0.129      | 1.480              | 4.93                     |
| Male   | 81             | Length    | 71.222 $\pm$ 0.264      | 2.373              | 3.33                     |
|        |                | Width     | 29.439 $\pm$ 0.142      | 1.277              | 4.33                     |

るか否かを検討してみる必要がある。まづ雌にたいする雄の両側定部分における分散系列均齊性の検定をおこなった結果をしめすと

長さ  $F_0=1.42 < F_{13180} (0.05)$

幅  $F_0=1.34 < F_{13180} (0.05)$

となる、すなわち母集団の分散は共通であると考えられ両者共通の分散不偏推定量  $\omega^2$  をもとめて、両平均値の差を  $F$  検定することが可能である。その結果は

長さ  $F_0=0.92 < F_{1211} (0.05)$

幅  $F_0=0.73 < M_{1211}^2 (0.05)$

となり、雌雄両者の差は有意とはみとめられないことが 0.05 の危険率をもつていえる。こうした理由から雌雄別々におこなわなければならない実験には、羽化した個体群を、低温、エーテルなどによつて一時的の麻酔処理をほどこし、その間に雌雄の二群に分けるか、または麻酔の影響を考慮してかゝる処理をほどこ

さず、少数宛小さな瓶にとりながらこれを識別して分けていく方法をとらなければならない。そのためにわれわれは容易に見分けうる外部可視の形態的特徴をしつておくことが必要である。大体つぎのような点において差異がみいだされる。

(1) 額の幅 第1,2図にみるように雌は雄にくらべて複眼間の幅すなわち額の幅がいちぢるしくひろい。これは割合広範囲の双翅目昆虫にみられる共通した特徴で背面または前面からみわけうるいちぢるしい雌雄差である。ことに生体乃至夜浸標本においては複眼の色と判然と識別することができるからこの部分による雌雄の鑑別はきわめて容易である。額の幅の頭幅に対する比をしめすと第2表のごとくで、その平均値の差を推計学的に検定するまでもなくいちぢるしい相違がその間にみとめられる。

(2) 腹部背板の斑紋 第3図にみるように、雌に

Table 2. Sexual difference in the ratio of width of front to width of head of the common housefly, *Musca domestica* L.

| Sex    | No. of insects | Mean              | Standard deviation | Coefficient of variation |
|--------|----------------|-------------------|--------------------|--------------------------|
| Female | 330            | 2.995 $\pm$ 0.009 | $\pm$ 0.169        | 5.73%                    |
| Male   | 384            | 7.848 $\pm$ 0.663 | $\pm$ 1.300        | 16.56                    |

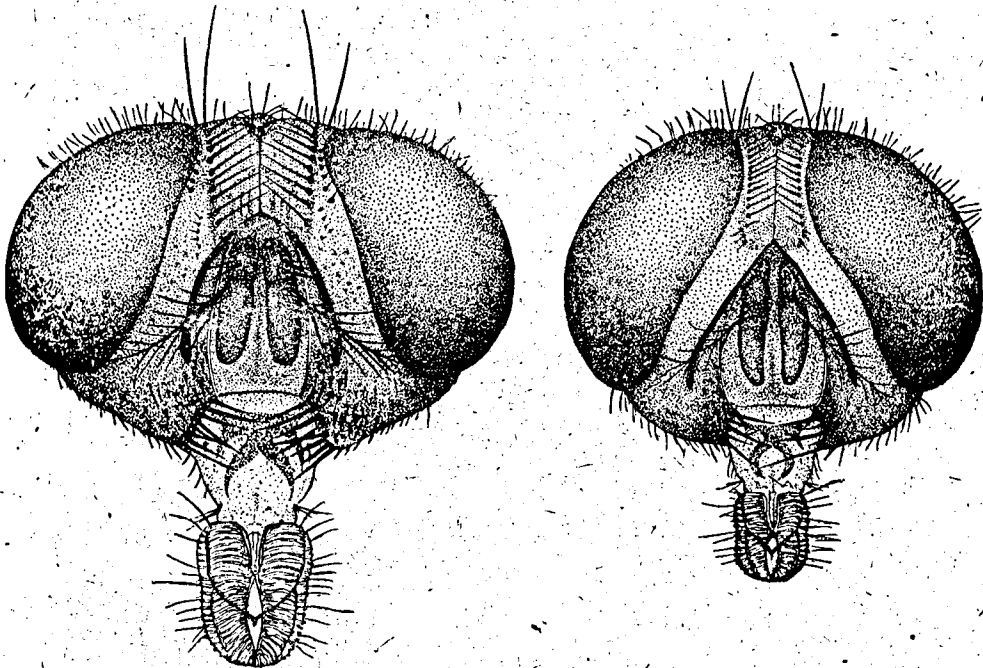


Fig. 1. Frontal aspect of heads of the common housefly, *Musca domestica* L.  
Left : Female. Right : Male.

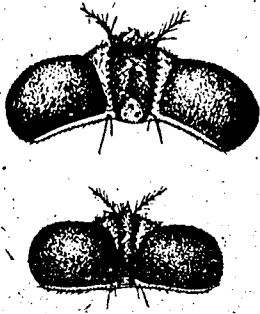


Fig. 2. Dorsal aspect of heads of the common housefly, *Musca domestica* L.  
Above : Female. Below : Male.

あつては第1背板は不明瞭な帯黄褐色の斑紋を有し、全体として暗色乃至暗褐色である。第2~4背板はおもむね灰黄色を呈し、そのうち第2及び背板に3条の暗色の縦条紋をもつ。第4背板にはやや不明瞭であるがなお2条の縦条紋が存在する。雄においては、第1背板の後縁に1対の帯黄色の斑紋を有する。第2背板は中央にツツミ型の黒色の縦条紋があり、その左右は帯黄褐色の広い斑紋となる。第3~4背板は灰色で3条の灰黒色の縦条紋を有するが、第4背板のそれは不明瞭である、しかしこの点をもつてする雌雄の鑑別は、普通静止状態においてイエバエは翅をこの上にたたんでいるため、複眼間の幅ほどには容易でない。

(3) 腹部腹板の色彩と形。腹面からみた場合の鑑別点で第4図にしめすように腹板の形と色によつても見わけえられる。すなわち雄はその先端がややまるく、黒色であるのに反し、雌においては幾分とがり、産卵管を突出せしめる穴をのぞいてはおもむね白色である。

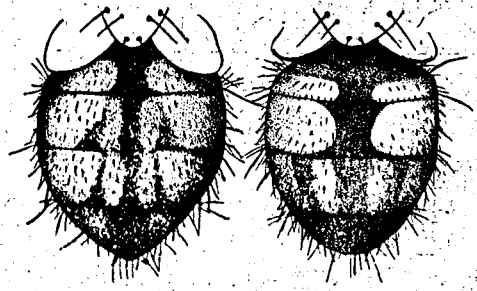
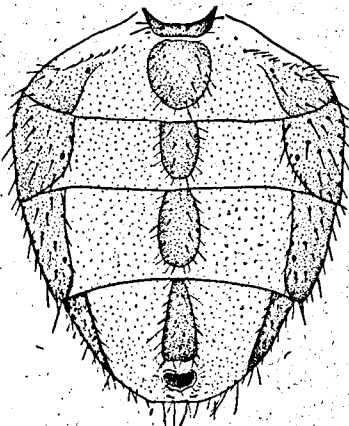


Fig. 3. Dorsal aspect of abdomens of the common housefly, *Musca domestica* L.  
Left : Female. Right : Male.

(4) 大きさ。一般に雌は雄にくらべて大きい。しかし、これは栄養、培基中の水分、棲息密度、温度などによつてかなり影響をうけるから、厳密な相違点でなく、大きさだけではたしかでない。ひとつの飼育培基から羽化した大きさ(静止状態においた場合の頭部先端から腹部末端までの長さ)を雌雄別々に測定した結果を3例しめすと第3表のごとくである。第3表にみるように同一のボットから羽化した全個体を測定した結果はいづれの場合も雌は雄にくらべて若干大きい。その差は推計学的に有意なものであるかどうかを、蛹の大きさについておこなつたと同一の方法によつて検定してみよう。まづ分散系列均斉性の検定をおこなつた結果をしめすと

$$\begin{aligned} \text{May 18, 51 } F_0 &= 1.10 < F_{156}^{159} (0.05) \\ \text{June 12, 52 } F_0 &= 1.09 < F_{154}^{169} (0.05) \\ \text{July 9, 52 } F_0 &= 1.05 < F_{224}^{258} (0.05) \end{aligned}$$

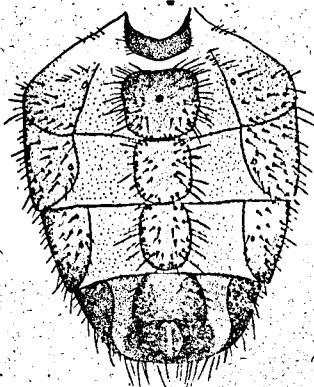


Fig. 4. Ventral aspect of abdomens of the common housefly, *Musca domestica* L.  
Left : Female. Right : Male.

Table 3. Measurements on the body length of female and male of the common housefly, *Musca domestica* L.

| Date        | Sex    | No. of insects | Mean<br>1 unit = 0.0093 mm | Standard deviation | Coefficient of variation (%) |
|-------------|--------|----------------|----------------------------|--------------------|------------------------------|
| May 18, 51  | Female | 160            | 77.744 ± 0.378             | 4.775              | 6.14                         |
|             | Male   | 157            | 76.064 ± 0.359             | 4.500              | 5.92                         |
| June 12, 52 | Female | 170            | 81.647 ± 0.281             | 3.660              | 4.48                         |
|             | Male   | 155            | 80.323 ± 0.303             | 3.776              | 4.70                         |
| July 9, 52  | Female | 259            | 76.452 ± 0.242             | 3.894              | 5.09                         |
|             | Male   | 225            | 73.627 ± 0.252             | 3.786              | 5.14                         |

となり、母集団の分散は共通であるとかんがえられるから、両者共通の分散不偏推定量  $\omega^2$  をもとめて両平均値の差を  $F$  検定すると

$$\text{May 18, 51 } F_0 = 10.47 > F_{315}^1 (0.05)$$

$$\text{June 12, 52 } F_0 = 28.76 > F_{323}^1 (0.05)$$

$$\text{July 9, 52 } F_0 = 64.70 > F_{482}^1 (0.05)$$

となり、いずれも  $F_0 > F$  となり、両者は有意であるとかんがえられる。しかし雌雄の大きさが絶対的なものでないことは May 18, 51 測定の際と July 9, 52 測定の際とは差がみとめられない。すなわち両者の分散系列均斉性の検定をおこなった結果は

$$F_0 = 1.42 > F_{258}^{156} (0.05)$$

で、共通の分散不偏推定量  $\omega^2$  をもとめて両平均値の差を検定した結果は

$$F_0 = 0.86 < F_{414}^1 (0.05)$$

で有意の差とはいえない。それゆえ、いくつかのロットから採取した蛹を混合して、それから羽化した成虫をつかう場合にはこうした体長の差によつて雌雄をみきわめようとするのは、かなり危険なものといわなければならない。

Table 4. Time  $T$  (min.)-per cent knock down  $Y_K$  (%) table of adults of the common house fly (*Musca domestica* L.) by the  $p, p'$ -DDT powder of various concentrations  $C$  (%).

| Sex                   |    | Female |       |        |        | Male   |        |        |        |
|-----------------------|----|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Concentration, $C$    |    | 0.5    | 1.0   | 2.0    | 4.0    | 0.5    | 1.0    | 2.0    | 4.0    |
| Number of experiments |    | 25     | 25    | 25     | 25     | 17     | 17     | 17     | 17     |
| Number of individuals |    | 337    | 312   | 330    | 305    | 206    | 246    | 228    | 214    |
| Time, $T$             | 4  | 1.19   | 2.56  | 4.24   | 4.26   | 5.82   | 8.12   | 12.28  | 18.22  |
|                       | 6  | 8.31   | 10.58 | 19.09  | 22.30  | 24.76  | 38.21  | 50.88  | 56.08  |
|                       | 8  | 19.59  | 28.21 | 35.76  | 43.61  | 55.34  | 63.82  | 75.88  | 80.84  |
|                       | 12 | 49.26  | 60.26 | 63.94  | 73.77  | 85.92  | 91.46  | 96.93  | 98.13  |
|                       | 16 | 69.44  | 77.24 | 83.33  | 91.80  | 97.57  | 98.78  | 99.56  | 100.00 |
|                       | 24 | 89.91  | 92.31 | 96.06  | 98.80  | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
|                       | 32 | 97.03  | 97.12 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

(5) 麻酔時における挙動。エーテルなどで麻酔処理をほどこすと雌にあつては、往々仰転の状態において産卵管を伸長せしめるもの多く見られる。第5図に見るように白色の2mm内外の大きさであるから、こうした特徴もまた雌雄鑑別のたすけとなりうる。しかし麻酔処理をほどこしたすべての雌の個体が産卵管を伸長するものではないから、この特徴によつてのみ雌雄を鑑別することはできない。

Fig. 5. Ovipositor of the common housefly, *Musca domestica* L.

#### IV. 実験装置と方法

実験装置、方法ともにまた長沢・高野<sup>9)</sup>によつてしるされた撒粉降下装置法によつたが、処理薬量のみこれを0.1gとした。実験は昭和25年6月10日より30日にいたる期間に温度約30°C内外の環境条件下においておこなつたものでイエバエの雌雄の識別は、前節においてのべた形態的特徴によつて少数づつ瓶に分けて区別する方法にしたがつた。

#### V. 実験結果

イエバエの成虫が上述の装置方法によつて各種の濃

度の  $p, p'$ -DDT 粉剤を被覆せしめられ、麻痺をおこして器底に落下仰臥する時間的経過を表示すると第4表のごとくである。なおここで一度麻痺をおこして落下仰臥した個体は、そのままの状態においては蘇生することなく、数時間後には一様に死滅した。

# VI 考 察

致落下仰臥虫数率をもつてあらわされたイエバエの DDT, BHC などに対する抵抗性は、処理時間の対数軸にたいして正規に分布することをすでにしばしば証明した。本実験結果においても、この対数の法則は当然成立するものと考えて第1表の  $T$  をその対数  $t$  に、致落下仰臥虫数率  $Y_k$  を probit  $y_k$  に変換してその回帰方程式

$$y_k = 5 + b_c (t - \bar{t}_c)$$

をもとめることとする。ここで  $b_c$  は角系数でその逆数  $\sigma_c = 1/b_c$  は変換された抵抗性の正規分布曲線の標準偏差である。 $\bar{t}_c$  は中央値で時間致落下仰臥虫数率等濃度分布曲線のモードの値の対数である。それぞれの回帰線について計算した  $b_c$ ,  $\sigma_c$ ,  $\bar{t}_c$  および  $T_c = \log^{-1} \bar{t}_c$  (中央致落下仰臥時間) は第5表のごとくで、

これを図示したのが第6図である。

第5表にみるように雌雄それぞれの角系数  $b_c$ 、処理した薬剤の濃度に関係なくほぼひとしい。平均値雌： $= 4.53030$ 、雄： $= 5.96089$ 。しかし雌と雄のそれをくらべると、雄の方が雌にくらべていづれの濃度においても大きい。すなわち落下仰臥をひとつの刺激標識として記録される時間反応率曲線のかたむきは、雄の方が急である。いいかえれば雄の方が DDT にたいする感じ方がするどいということができよう。イエバエが雌雄によつてこうした相違をしめすことは Murray,<sup>2)</sup> Miller and Simanton<sup>3)</sup>, Eagleson<sup>4)</sup> らが Peet-Grady 装置乃至 Modified Peet Grady 装置によつて pyrethrins 石油液の効力を比較実験した濃度致死率曲線の場合にもみている。また同じ pyrethrins 石油液を spray-tunnel 装置によつて比較検討した Eagleson<sup>5)</sup> の実験結果にもあらわれている。しかし今回筆者のえた雄のしめす角系数が雌のそれにくらべて大きいことは Eagleson<sup>5)</sup> の実験結果に一致したが Murray,<sup>2)</sup> Miller and Simanton<sup>3)</sup> の結果とは反対である。

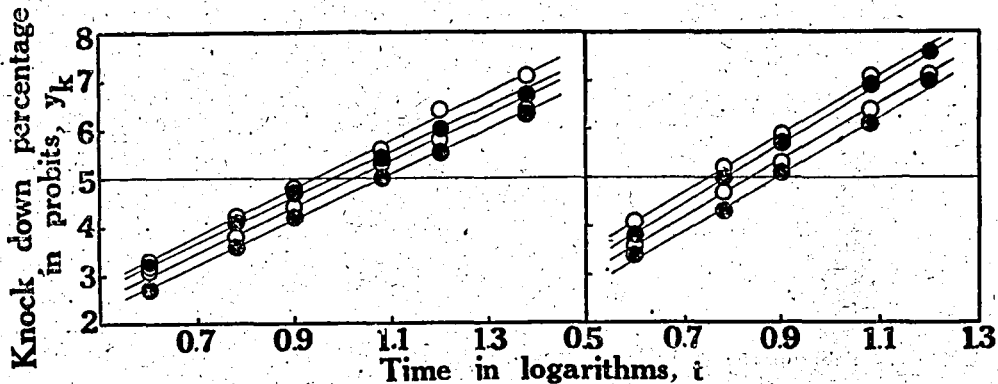


Fig. 6. Time-knock down regression isodoses in the range of concentration of  $p, p'$ -DDT powder  $C$  4.0, 2.0, 1.0 and 0.5%. Left : Female, Right : Male.

Table 5. Characteristics of the time-knock down regression isodoses in the range of concentration of  $p, p'$ -DDT powder  $C$  from 0.5 to 4.0%.

| Sex    | Concentration<br>$C$ (%) | Regression<br>coefficient<br>$b_c$ | Standard<br>deviation<br>$\sigma_c$ | Log median<br>knock down<br>time<br>$\bar{t}_c$ | Median knock<br>down time<br>$T_c$ (min.) |
|--------|--------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Female | 0.5                      | 4.48132                            | 0.22316                             | 1.08918                                         | 12.280                                    |
|        | 1.0                      | 4.36960                            | 0.22883                             | 1.03943                                         | 10.950                                    |
|        | 2.0                      | 4.38204                            | 0.22821                             | 0.98714                                         | 9.7073                                    |
|        | 4.0                      | 4.97911                            | 0.20084                             | 0.94112                                         | 8.7322                                    |
| Male   | 0.5                      | 5.72550                            | 0.17464                             | 0.88475                                         | 7.6692                                    |
|        | 1.0                      | 5.81734                            | 0.17191                             | 0.83724                                         | 6.8745                                    |
|        | 2.0                      | 6.23413                            | 0.16041                             | 0.78261                                         | 6.0623                                    |
|        | 4.0                      | 6.06659                            | 0.16483                             | 0.75330                                         | 5.6663                                    |

つぎに時間  $T$  の対数  $t$  と濃度  $C$  との関係を検討しよう。すでに筆者<sup>9,10)</sup> はこの2変数の間には Ostwald<sup>11)</sup> の式

$$C^n t = k$$

が DDT ならびに BHC 粉剤の場合にあてはまることをのべた。ここで  $n$  および  $k$  はそれぞれ slope と position をあらわす常数で、落下仰転を意味するさきの  $k$  とこの  $k$  とはことなることをことわっておかなければならない。第5表の結果について本式を計算した結果は、第6表のごとくであり、これを図示したのが第7図である。なおここで濃度の閾値  $C_0$  をいれて

$$(C - C_0)^n t = k$$

の式をかながえることの必要性を分散分析法によつて検討した結果は第7表のごとくで、二次回帰項にかんする分散比は、雌雄ともに1.7よりも小さく、時間-

濃度等致落下仰転虫数率の関係は今回筆者が実験をおこなつた濃度範囲においては、 $C^n t = k$  の形をもつてしめしてさしつかえないことがわかる。ところで第6表の雌雄両者の  $C^n t = k$  式における  $n$  はほぼひとしく、これを図示した第7図の2線は大体において平行とみなすことができるようである。そこでこれらふたつの  $n$  を平均した  $(0.1649240 + 0.1491379)/2 = 0.1570310$  をもちいて濃度と時間の関係を計算するとその結果はつぎのごとくなる。

$$\text{♀ } t + 0.157031 \quad c = 1.0378539 \text{ 又は } C^{0.157} t = 10.909$$

$$\text{♂ } t + 0.157031 \quad c = 0.8381180 \text{ 又は } C^{0.157} t = 6.888$$

そこで一定時間において50%落下仰転せしめるに要する濃度の比をもつて雌雄抵抗性の相違をしめすと

$$(1.0378539 - 0.8381180) / 0.157031 = 1.271946$$

その逆対数値  $\log^{-1} 1.271946 = 18.704$  をうる。すなわち雄は雌に比べて18.704倍抵抗性を有するといえ

Table 6. The relation between log time and log-concentration at the 50 per cent knock down.

| Sex    | Regression equation<br>$t + b_2 \cdot c = a_2$<br>or in original units<br>$C^n t = k$ | Precision of parameter $a_2$ and $b_2$ |                                          |           |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|-----------|
|        |                                                                                       | $S^2$                                  | $V(a_2)$                                 | $V(b_2)$  |
| Female | $t + 0.1649240 \quad c = 1.0390261$                                                   | 0.0000037                              | 0.0000009<br>$\bar{c}$ being<br>0.150515 | 0.0000081 |
|        | or $C^{0.163} t = 10.940$                                                             |                                        |                                          |           |
| Male   | $t + 0.1491379 \quad c = 0.8369330$                                                   | 0.0000068                              | 0.0000017<br>$\bar{c}$ being<br>0.150515 | 0.0000015 |
|        | or $C^{0.149} t = 6.870$                                                              |                                        |                                          |           |

Table 7. Table of the analysis of variance for testing linearity of relation between log-concentration for the data in Table 5.

| Sex    | Variance due to                                             | Degree of freedom | Sum of squares | Mean square | Variance ratio |
|--------|-------------------------------------------------------------|-------------------|----------------|-------------|----------------|
| Female | Rectilinear relation between $t$ and $c$ , the linear term. | 1                 | 0.0123242      | 0.0123242   | 30810.5000000  |
|        | Single curvature from straight line, the quadratic term.    | 1                 | 0.0000033      | 0.0000033   | 0.8250000      |
|        | Error                                                       | $N' - 3 = 1$      | 0.0000040      | 0.0000040   | 1.00.0000      |
|        | Total                                                       | $N' - 1 = 3$      | 0.0123315      | —           | —              |
| Male   | Rectilinear relation between $t$ and $c$ , the linear term. | 1                 | 0.0100778      | 0.0100778   | 192.6921305    |
|        | Single curvature from straight line, the quadratic term.    | 1                 | 0.0000826      | 0.0000826   | 1.6793500      |
|        | Error                                                       | $N' - 3 = 1$      | 0.0000523      | 0.0000523   | 1.0000000      |
|        | Total                                                       | $N' - 1 = 3$      | 0.0102127      | —           | —              |

る。反対に一定濃度において50%を落下仰転せしめるに要する時間の比をもつて、雌雄抵抗性の相違をしめすと  $10.999/6.883=1.584$  なる数値をうる。すなわち雌は雄に比べて 1.584 倍の抵抗性を有するといえる。

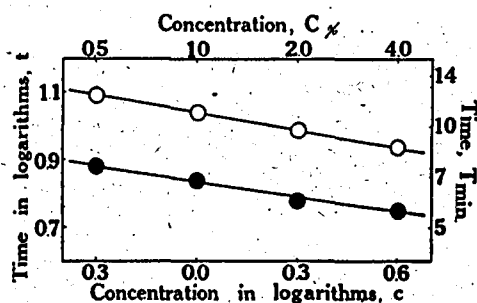


Fig. 7. The relation between log. time and log concentration at the 50 per cent knock down, the equation, of the straight lines in original units are  $C^{0.165}t=10.949$  on female (black circles and solid line) and  $C^{0.149}t=6.870$  on male (white circles and solid line).

以上の結果はイエバエの雌は雄よりも諸種の薬剤乃至は低温、高温などの異常刺激にたいして、おむね高い抵抗性をもつという先学者の実験結果と一致している。しかし薬剤の種類によつて抵抗性の差異の程度

果や、Woodbury & Barnhart<sup>20)</sup> のおこなつた精製石油のトコジラミ *Cimex lectularius* L. にたいする実験結果などこの例である。しかしながらかならずしも雌が雄にくらべてつよくないことは、内田・春川<sup>18)</sup> のおこなつた paradichlorbenzol のアズキゾウムシ *Gallosobruchus chinensis* L. にたいする実験結果などにおいてみられる。そしてまたほとんど雌雄の差がみられない例としては Sun<sup>16)</sup> のおこなつた二硫化炭素の *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), *Tribolium confusum* Dnv. にたいする実験結果があげられ、筆者<sup>12)</sup> のおこなつた parathion, methoxychlor のイエバエにたいする致落下仰転効力をしらべた実験結果もまたこれにちかい。

ところでこうした雌雄によるいちぢるしい差異のみられる原因については、現在までいろいろな考察がなされている。Bliss<sup>1)</sup> はカイコガの幼虫にたいする砒素の試験において体重をとりあげ、軽い個体は重い個体より単位体重にたいしてすくない薬量で致死をもたらしうることをしるしているが、このことは雌雄によつて体重が相違することを要因のひとつとする考察の裏付けとなるかもしれない。内田・春川<sup>18)</sup> もアズキゾウムシの雌雄の naphthalen にたいする抵抗性の差異は、簡単に体重の相違に帰しうるかもしれないことをのべ、長沢<sup>19)</sup> も同じ培养基から羽化した一群の個体のなかでも体軀の小さいものは、大きいものより抵抗性

Table 8. Chemical analyses of adult female and male of the housefly, *Musca domestica* L. (Average of 300 individuals). \*

| Sex    | Weight (mg.) | Moisture         |                 | Anhydrous matter |                 | Crude fat        |                 |                 | Ash <sup>1)</sup> |                 |                 |
|--------|--------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|
|        |              | mg <sup>1)</sup> | % <sup>2)</sup> | mg <sup>1)</sup> | % <sup>2)</sup> | mg <sup>1)</sup> | % <sup>2)</sup> | % <sup>3)</sup> | mg <sup>1)</sup>  | % <sup>2)</sup> | % <sup>3)</sup> |
| Female | 19.75        | 14.62            | 73.43           | 5.29             | 26.57           | 0.57             | 2.88            | 10.83           | 0.30              | 1.53            | 5.76            |
| Male   | 16.75        | 12.25            | 73.13           | 4.50             | 26.85           | 0.51             | 3.06            | 11.38           | 0.20              | 1.23            | 4.58            |

<sup>1)</sup> Weight per individual body anhydrous matter

<sup>2)</sup> Per cent in individual body

<sup>3)</sup> Per cent in

には、かなりのひらきがあることは筆者<sup>12)</sup> もすでに報告し、またおなじ薬剤においてもその結果はかならずしもひとしくないことは Eagleson<sup>2)</sup> が Murray,<sup>7)</sup> Miller & Simanton<sup>6)</sup> らの実験結果を自身の実験結果と比較してのべている。イエバエのみでなく、他の昆虫においてもおむね雌は雄にくらべて諸種の薬剤にたいして高い抵抗性をもつもののようで、たとえば Woodbury<sup>19)</sup> のおこなつた除虫菊石油液のチャバネゴキブリ *Blatella germanica* L. にたいする実験結

が低いことをしるしている。体重の輕重はおむね呼吸量、新陳代謝量などに比例し、燻蒸剤などの試験結果を間接的に考察検討することは、体重が大いに役立つかもしれない。しかし体重だけに雌雄の抵抗性が相違することの原因をもつてくることの無理は、それぞれの中央致死時間を体重でわつてみれば、その値がひとしくないことによつてうなづかれる。脂油含量の多少がまたその因を構成することは筆者の実験結果からはいへない。第8表にイエバエ1匹あたりの各成分含有量をしめたが、いづれも特別高い意味をもつものは存しないようである。Shepard et al.<sup>14)</sup> は諸種昆虫の燻蒸剤にたいする抵抗性は、發育所要積算温度の

\* 本分析値は松原弘直氏の厚意によりえられたものである。

Table 9. Characteristics of the time-knock-down regression isodoses in the range of concentration of *p,p'*-DDT powder *C* from 0.5 to 4.0%, and the  $\chi^2$  test for comparing observations with the computed curve. Computed from the combined data of Table 4 on female and male.

| Concentration<br><i>C</i> (%) | Regression<br>coefficient<br><i>b</i> <sub>0</sub> | Standard<br>deviation<br><i>σ</i> <sub>0</sub> | Log median<br>knock down<br>time<br><i>t</i> <sub>0</sub> | Median<br>knock down<br>time<br><i>T</i> <sub>0</sub> (min.) | $\chi^2$ | Degrees of<br>freedom<br><i>n</i> | Probability<br>in $\chi^2$ test<br><i>P<sub>r</sub></i> |
|-------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 0.5                           | 4.39434                                            | 0.22758                                        | 0.98735                                                   | 9.7129                                                       | 6.08458  | 5                                 | 0.29898                                                 |
| 1.0                           | 4.26526                                            | 0.23447                                        | 0.93737                                                   | 8.6570                                                       | 18.83575 | 5                                 | 0.00209                                                 |
| 2.0                           | 4.38279                                            | 0.22815                                        | 0.88261                                                   | 7.6315                                                       | 9.32519  | 4                                 | 0.05438                                                 |
| 4.0                           | 4.69508                                            | 0.21299                                        | 0.84489                                                   | 6.9966                                                       | 3.22593  | 4                                 | 0.52353                                                 |

Table 10. Sexual difference in duration of development from egg to adult of the common housefly, *Musca domestica* L.

| Day | Female |       | Male   |       | Sex ratio<br>$\frac{\delta}{\varphi + \delta} \times 100$ |
|-----|--------|-------|--------|-------|-----------------------------------------------------------|
|     | Number | %     | Number | %     |                                                           |
| 7   | 68     | 13.23 | 85     | 18.97 | 55.56                                                     |
| 8   | 113    | 21.98 | 118    | 26.34 | 51.08                                                     |
| 9   | 209    | 40.66 | 193    | 43.08 | 48.01                                                     |
| 10  | 110    | 21.49 | 44     | 9.82  | 28.57                                                     |
| 11  | 11     | 2.14  | 7      | 1.56  | 38.89                                                     |
| 12  | 3      | 0.58  | 1      | 0.22  | 25.00                                                     |

大きいものほど高く、この小さいものは低いことをのべている。發育に要する積算温度の大きいものは小さいものより体型や体重が大きい場合が多いから。(石倉)<sup>9)</sup> これもまた説明の手段とはなりえよう。積算温度としての数値ではないが、雌雄による發育日数の相違を第10表にしめしておいたが雌の方が、雄よりはるその發育日数は若干大きい。こうした雌雄によるいちぢるしい抵抗性の差異のみられる原因については、特に今回のようなきわめて短時間にあらわれる刺激標識をもつてする場合には皮膚の構造と性質を形態乃至生化学的見地から詳細に検討してみる必要があろう。なおまた体内にとり入れられた場合、それにたいしてはたらくともといわれている解毒酵素の存否と性質についてもしらべてみることも大切である。今回の実験結果にたいするこの方面よりする考察は、すべて今後の研究にゆづることとして、本論においては生物試験検定論の見地から、考慮すべきことからを、二とりあげてかんがえてみたい。

諸種の薬剤にたいする抵抗性が雌雄によつて相違することは、雌雄混合の状態で実験をおこない、その薬剤の有効度をしらべるときその性比を可及的ひとしくとつて実験しなければならぬことをものがたつてゐる。もつともこれは、正規の分布曲線を構成する雌雄両者の個体がほぼひとしく、その分布の中心が相接近している場合にかぎられる。雌雄両者の正規分布の中心が遠く相距つてゐる、すなわち抵抗性の差異があまり

にいちぢるしいときは、個体数をいくらひとしくしてもその合成分布は相称な二峯分布となつてくるから、そうした考慮もまたはじめから無力である。なおまた反応様式のことなる、すなわち正規分布曲線の形がちがつてゐる場合、換言すればこれに一次変換操作をほどこしてえられた回帰線の角係数がいちぢるしく相違する場合もまた、正しい評価をなすことは不可能である。このような場合や、また雌雄の数をひとしくとつて実験をおこなうことができないときは、当然雌雄両者をわけて実験し、それぞれの結果から比較検討して有効度を算定しなければならぬ。第4表の結果について今かりに雌と雄の比をひとしくとつた混合状態で実験したものゝと仮定して、それぞれの時間-致死率回帰曲線率曲線一次変換の回帰方程式を計算してみた。その結果は第9表のごとくであるがこれは便宜的に各観測時毎にことなる集団の昆虫をつかつて致死率回帰曲線率をもとめたものと仮定して、薬量-致死率回帰曲線の計算方法にしたがつてその回帰方程式をもとめ、これにたいする  $\chi^2$  試験をおこなつたものである。 $\chi^2$  試験の結果がしめすように、10%の場合をのぞき観測値と理論値とは抽出誤差の範囲内で一致し、両者混合の状態で実験した結果もおおよそ対数軸にたいして正分布をしめすことがわかる。それゆゑ DDT 粉剤の有効度を検定する場合は、雌雄混合の状態で実験をおこなつても、もしその性比をひとしくとるならば結果の判定には大體さしつかえないものといふことができよう。

Table 11. Duration of development from egg to adult of the common housefly, *Musca domestica* L.

| Sex    | Number of insects | Mean (day)        | Standard deviation (day) | Coefficient of variation (%) |
|--------|-------------------|-------------------|--------------------------|------------------------------|
| Female | 514               | 8.78988 ± 0.04536 | ± 1.02846                | 11.70                        |
| Male   | 448               | 8.49330 ± 0.05127 | ± 1.08510                | 12.78                        |

さきに筆者<sup>9)</sup>は benzophenone 混用の除虫菊蚊取線香煙霧のイエバエにたいする効力を実験した報文中にも同様の事実をしるしたが、雌雄混合状態で試験をおこなう場合は、その性比をひとしくとらなければならないということは、たとえばイエバエについては Miller & Simanton<sup>9)</sup> が指摘し、ショウジョウバエ *Drosophila melanogaster* Meigen についても Lord<sup>5)</sup> がのべ、*Zabrotes subfasciatus* (Boh.), *Tribolium confusum* Duv. については Sun<sup>16)</sup> がしるしている。

われわれはまた羽化後の経過日数による抵抗性の差異の存すること (Simanton & Miller)<sup>15)</sup> を考慮して、数日にわたって羽化する1群の蛹を1日毎、別の籠にうつしてゆく措置にできる場合があるが、これは最初の籠に雄を多く飼育し、後の籠に雌をとる結果をまねく危険がある。というのは第10表に示すように同一卵塊から出発しても、雌雄により (個体によつても) 全發育期間に若干の差異があるため、供試昆虫を装置内に導入する際、こうした点にも注意する必要がある。羽化してくるイエバエのその日その日の性比が最初の頃と後半とではいちぢるしくことなることはすでに Thomssen & Döner<sup>17)</sup> も指摘している。第10表の結果を要約したのが第11表で、平均値をみると雌の方が雄よりも發育に若干長時間を要することがわかる。これが統計学的に有意の差であるか否かを検定してみようまづ分散系列均斉性の検定をおこなつた結果

$$F_0 = 1.12 < F_{417}^{513} \quad (0.05)$$

となり、母集団の分散は共通であるとかんがえられる。そこで共通の分散不偏推定量  $\sigma^2$  をもとめ両平均値の差を  $F$  検定すると、

$$F_0 = 20.89 > F_{960}^1 \quad (0.05)$$

となり、その差は有意であるとみとめられる。ひとつの飼育培養から羽化した1群乃至ひとつの籠の中にある1群の性比がひとしいことは、Peet-Grady 法などのように一時に大量の個体を必要とする試験には、上述のような理由から絶対的に必要であり、また少数宛 at random に採取して試験をおこない、全部をつかいつくす場合にも必要である。そうでない場合はたえず雌雄をひとしくとつて試験をおこなうべきことをか

んがえにおき、試験の最後にのこつた片方の余剰の個体は廃棄する措置にできる必要がある。Miller & Simanton<sup>9)</sup> は11の飼育籠から羽化したイエバエの性比  $(\delta/\varphi + \delta) \times 100$  をかけ、それらの平均は 51.4 %であつたことをのべている筆者が豆腐粕培養によつて飼育したものの各飼育培養ごとにしらべた性比は第12表のごとくで、またいくつかのボットからとりだした蛹を一樣に混合して1,2の飼育籠でわけて、羽化せ

Table 12. Sex ratio of common housefly, *Musca domestica* L., from laboratory cultures.

| No. of pot | Female | Male | $\frac{\delta}{\varphi + \delta} \times 100$ | $\chi^2(1:1)$ |
|------------|--------|------|----------------------------------------------|---------------|
| 1          | 119    | 118  | 49.79                                        | 0.004         |
| 2          | 269    | 234  | 46.52                                        | 2.436         |
| 3          | 118    | 123  | 51.04                                        | 0.104         |
| 4          | 65     | 54   | 45.38                                        | 1.017         |
| 5          | 278    | 304  | 52.23                                        | 1.162         |
| 6          | 97     | 129  | 56.58                                        | 4.531         |
| 7          | 99     | 86   | 46.49                                        | 0.904         |
| 8          | 179    | 173  | 49.15                                        | 0.103         |
| 9          | 168    | 156  | 48.15                                        | 0.444         |
| 10         | 171    | 135  | 44.12                                        | 4.235         |
| 11         | 29     | 38   | 56.72                                        | 2.062         |
| 12         | 44     | 35   | 44.30                                        | 1.025         |
| 13         | 26     | 28   | 51.85                                        | 0.074         |
| 14         | 25     | 27   | 51.92                                        | 0.077         |
| 15         | 34     | 21   | 38.18                                        | 3.073         |
| 16         | 51     | 52   | 50.49                                        | 0.010         |
| 17         | 79     | 63   | 44.37                                        | 1.803         |
| 18         | 55     | 55   | 50.00                                        | 0.000         |
| 19         | 197    | 202  | 50.63                                        | 0.063         |
| 20         | 55     | 57   | 50.89                                        | 0.036         |
| 21         | 131    | 118  | 47.39                                        | 0.679         |
| 22         | 39     | 47   | 54.65                                        | 0.745         |
| 23         | 129    | 158  | 55.05                                        | 2.930         |
| 24         | 171    | 191  | 52.76                                        | 1.105         |
| 25         | 210    | 172  | 45.03                                        | 3.780         |

しめだものの性化をしらべた結果は第13表のごとくである。すなわち  $\chi^2$  試験の結果がしめすように、その性比が 1:1 とみとめることが出来ない場合 ( $\chi^2 > 3.841$ ,  $Pr=0.05$ ) がいくつかの場合にもないとはいえず、上述のような考慮はたえずもつていなければならない。なおまた Peet によつて考案せられた屋根型の籠 (その1例は C. B. Gnadinger<sup>3)</sup> Pyrethrum Flowers, 1933. 373頁に図示されている)飼育籠とした場合、この上部にけられた小孔から少数づつとりだして試験装

置に導入することをつけると、主に光にたいする走性の相違などに基因するものとかがえられるが、最初に雄の個体のみがでてきて、雌が後にのこる傾向がある。こうした事実はすでに Miller and Simanton<sup>6)</sup> によつても指摘せられているが、雌雄同数個体を装置内に導入しようとする過程において考慮すべきことがらであろう。

Table 13. Sex ratio of fly cages.

| No. of cage | Female | Male | Sex ratio<br>$\frac{\delta}{\varphi} \times 100$ | $\chi^2(1:1)$ |
|-------------|--------|------|--------------------------------------------------|---------------|
| 1           | 439    | 506  | 53.54                                            | 4.750         |
| 2           | 335    | 339  | 49.70                                            | 0.024         |
| 3           | 237    | 271  | 53.35                                            | 2.276         |
| 4           | 233    | 272  | 49.00                                            | 0.218         |
| 5           | 260    | 291  | 58.08                                            | 1.744         |
| 6           | 306    | 254  | 45.36                                            | 4.829         |
| 7           | 114    | 187  | 62.13                                            | 17.449        |
| 8           | 237    | 372  | 73.08                                            | 29.926        |
| 9           | 789    | 719  | 47.68                                            | 4.035         |
| 10          | 111    | 105  | 48.61                                            | 0.167         |

## VII 摘 要

イエバエの雌雄が DDT の致落下仰転効力にたいしてしめす抵抗性の相違を、撒粉降下装置法によつて検討し、それらの結果から生物試験施行過程において注意せらるべきことがらを2,3指摘した。あわせて雌雄鑑別のため必要な、外部形態学的的の差異をとりあげてこれを図示した。

(1) イエバエの成虫の雌雄は、外部形態学的には、額の幅、腹部背板の斑紋乃至腹板の色彩とかたちによつて、容易に識別することが出来る。

(2) 一定時間において50%を落下仰転せしめるに要する濃度の比をもつて雌雄抵抗性の相違をしめすと、雌雄にくらべて 18.704 倍の抵抗性を有する。逆に一定濃度において50%を落下仰転せしめるに要する時間の定比をもつてしめすと雌は雄にくらべて 1.584 倍の抵抗性をもっているといふことができる。

(3) 殺虫剤の生物試験をおこなう際は、雌雄抵抗性の相違を考慮して、常にその性比をひとしくとつて試験をおこなうよう心がける必要がある。

(この研究は文部省科学研究費の助成によつておこなわれたものである。銘記して謝意を表する次第である。なお本文の大要はすでに予報<sup>1)</sup>として報告した)。

## VIII. 引用文献

- (1). Bliss, C. I. (1936)-J. Econ. Ent. 23 : 95-110.
- (2). Eagleson, C. (1941)-Soap Sanit. Chem. 17(5) : 103, 105, 107.
- (3). Gnadinger, C. B. (1933) - Pyrethrum Flowers. Minneapolis.

- (4). 石倉秀次 (1941) 応用動物学雑誌 13 : 118-131
- (5). Lord, E. T. (1942)-72nd Rep. Ent. Soc. Ont. 1941 : 32-34
- (6). Miller, A. C. and W. A. Simanton (1938)-Soap Sanit. Chem. 14 (5) : 103, 105, 107, 109, 111, 113.
- (7). Murray, A. C. (1938)-Soap Sanit. Chem. 14(2) : 99-103, 123, 125.
- (8). 長沢純夫・漆葉千鶴子 (1949)-防虫科学 14 : 31-41.
- (9). 長沢純夫・高野武之助 (1950)-防虫科学 15 : 46-53.
- (10). 長沢純夫 (1951) - 京都大学化学研究所報告 24 : 32-41.
- (11). 長沢純夫 (1951) - 科学 21 : 591-592.
- (12). 長沢純夫 (1952) - 応用昆虫 8 : 29-33.
- (13). Ostwald, W. (1937)-Pflügers Arch. ges. Physiol. 120. 19.
- (14). Shepard, H. H., D. L. Lindgren and E. L. Thomas (1937) - Univ. Minn. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 120 : 1-23.
- (15). Simanton, W. A. and A. C. Miller (1937)-J. Econ. Ent. 30 : 917-921.
- (16). Sun, Y. P. (1947)-Univ. Minn. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 177 : 1-104.
- (17). Thomssen, E. G. and M. H. Doner (1938)-Soap Sanit. Chem. 14(10) : 89-90
- (18). 内田俊郎・春川忠吉 (1947)-防虫科学 7・8・9 : 16-29.
- (19). Woodbury, E. N. (1938)-Soap Sanit. Chem. 14(8) : 86-90, 107, 109.
- (20). Woodbury, E. N. and C. S. Barnhart (1939)-Soap Sanit. Chem. 15 (9), 93, 95, 97, 99, 101, 103, 105, 107, 113.

## Résumé

The writer studied the difference in resistance of adult female and male of the common housefly, *Musca domestica* L. against the knock down effect of *p, p'*-DDT powder using the settling dust apparatus of Nagasawa and Takano<sup>9)</sup>. The marked difference in resistance was acknowledged between males and females, usually males were more susceptible than females. When the experiments for biological assay of insecticides are carried out at the sexual mixing conditions it is very important that the proportion of males and females be equally balanced throughout the test.

We can determine the sex of living adults of the common housefly easily and unmistakably by the width of front, the pattern of abdomi-

nal tergum and the shape and color of ultimate abdominal sternum.

**Experimental observations on the life cycle and ovipositing activity of the house fly, *Musca domestica vicina* Macq.** Kazuo BUEI (Environmental Sanitation Section, Osaka Prefectural-Govt.) Received Oct. 10, 1952. *Botyu-Kagaku* 17, 133, 1952. (with English résumé 138).

23. イエバエの發育史及び産卵活動に関する実験的研究 武衛和雄 (大阪府衛生部環境衛生課) 27.10.10 受理

イエバエの發育に関する研究は、Hewitt (1914)はじめ Peairs (1914), Kvasnikova (1931), Richardson (1932), Petrishcheva (1932), Hase (1936), Derbeneva-Ukhova (1937), Hafez (1941), Leikina (1942), Feldman-Muhsam (1944) 等その報告は夥しい数にのぼる。本邦においても小林 (1909, 1913, 1935), 小林・水島 (1937), 保田 (1939) 等により詳細な研究が行われ、イエバエの發育史に関してはかなり明らかにされてきた。さらに小林 (1918, 1924, 1925, 1927, 1929, 1930) はイエバエの繁殖能力についての広汎な実験的研究を行つた。筆者は日本産のイエバエについて、これらの諸報告を基礎にして再吟味を行う意味から実験生態学的研究をこころみんとした。この報告はイエバエの飼育法について従来行われてきた若干の方法を比較し、筆者の実験した簡単な飼育法について記述し、發育期間及び羽化の状態、成虫の産卵活動についての観察を報告し、諸学者の御参考に供する次第である。

1. イエバエの飼育法

イエバエの飼育に使用されてきた medium は甚だ広範囲のもので、その飼育法は比較的簡易であると思われる。幼虫の飼育に用いられる medium をあげると、動物糞 (特に馬、豚糞)、ミルクを浸したパン、醗酵した馬鈴薯、フスマ、ムラサキウマゴヤシ、コーヒーの残渣、チーズなどで、中でも自然界に於ける好発生物質である馬糞の利用が特に多いようである。動物糞から発生するイエバエの観察について次のような報告がある。自然界における発生物質の直接利用という面から参考になるであろう。

Hafez (1941) はエジプト地方の *M. vicina* は、馬糞が最も重要な発生物質であることを指摘し、また豚の糞は馬糞にくらべてはるかに雌の産卵を誘引させるもので、さらに山羊、山羊の糞が牛糞、鶏糞にくらべ好発生物であつたと報告した。Feldman-Muhsam (1944) はパレスチナ地方の *M. domestica vicina* について、いろいろの動物糞について発生状態を観察し

た結果、牛糞は最もよく発生するとし、Leikina (1942) は *M. domestica* が人間や豚の糞に最もよく発生し、馬糞は最も発生しがたい物質であつたと述べている。このように地方によつてイエバエの自然発生物質の異なることは、動物の食物の状態が何らかの影響を与えているものと考えられて注目される。

わが国では小林、保田 (1939) 等によつて豆腐粕 (雪花菜) はきわめて良好な發育をすることを報告し、かなり広く利用されているようであるが、小林は小麦フスマで良好な發育をせしめた。最近 Hafez (1948) は牛乳 3, 水 1 の割合で浸した棉花で飼育し得る簡便な方法を報告し、また長沢・津葉 (1949) は馬糞にビール酵母を加えたものを培基として用いた。

筆者はイエバエの各世代にわたり、醗酵させた小麦フスマを単一に与える方法によつて累代飼育を行つてきたがその結果について述べる。以下実験に用いた材料はいずれも本法によつて飼育したものである。イエバエは神戸市東灘区本止町西青木にて採集されたもので、同町日本樟脳化学工業株式会社 (池田安之助氏) において累代飼育を繰返され、第64世代の個体より譲渡したもので (1951年2月)、爾後繼續飼育を繰返してきた。イエバエの種の決定についてはなお疑義が残されておるが、筆者は堀の主張する *Musca domestica vicina* Macq. として取扱つている。

小麦フスマは適量の水をもつてねり、これを 30°C の孵卵器に一昼夜放置して醗酵させる。この場合、水分が過剰であると醗酵が過度に促進して酸性が強くなるため、發育の中途で斃死する個体が増加する。醗酵したフスマの一部はシャーレに詰め、毎日夕刻に成虫の飼育籠 (縦25×横15×高 10cm) に入れて産卵させる。翌朝これを取り出し、あらかじめ醗酵させておいたフスマとともに肉池シャーレに入れて恒温飼育をした。幼虫一匹に対するフスマの量は 1.5~2.0 gr. が理想である。この medium によると、醗酵が迅速で直ちに使用できること、幼虫はきわめて均等に發育し、個体間の大きさに差の少いこと、馬糞のように醗酵熱が