

# 殺虫剤処理下のアズキゾウムシ実験個体群密度の変動に関する考察\*

清 久 正 夫

## Consideration of the Fluctuation of Experimental Population-Density of Azuki-Bean Weevils under Insecticidal Treatment

Masao KIYOKU

The present writer has discussed whether the cause of fluctuation in populations selected with insecticides is due to the "density governing reaction" or to the "ecological development of new populations", using an experimental population of Azuki-bean weevils, *Callosobruchus chinensis*. The argument may be summarized as follows:

1. When the population is repeatedly selected, each generation with insecticides such as DDT and Malathion at above 50% L.D. level, the fluctuation in resultant population becomes wide, the density level is higher than that of control and peaks appear frequently in succeeding generations. The insecticide-resistance increases in accordance with the progress of generations until the eighth or ninth generation, and then its resistance level maintains in succeeding generations.

2. When some adults are removed spontaneously from a population until the residual becomes as many as the number of survival from a insecticidal treatment, the density level in the resultant population is higher than that in the control, but, on the contrary, lower than that in the population selected with insecticides described above.

3. The cause of increase in population obtained from the experiment with removing seems to be due to the density governing reaction. On the other hand, that in population under the insecticidal treatment seems to be due to the development of new populations by the insecticidal selection. The fecundity and survival rate for the new populations developed are higher in a high population density than those for the initial ones.

### 結 言

実験材料としてアズキゾウムシ *Callosobruchus chinensis* を用い、径 9 cm シャーレ内で雌雄 1 対飼育を行ない、それから得た成虫を殺虫剤で処理し、生き残ったものの 1 対飼育を行なってその次の代を得るといような実験を毎代繰り返し返している、生き残り実験区の成虫の(1)産卵率と卵から成虫までの間の(2)生育率は処理の初期には対照区のそれより低いが次第に対照区に回復する傾向を示し、(3)性比は雌の割合が多くなり、(4)雌成虫の寿命は長くなり、(5)雄成虫の体重

\* 本報文は昭和40.5. 日本植物学会・動物学会・生態学会・中四国地区大会において発表した講演をまとめたものである。

は後期では重くなり、(6)殺虫剤に対する成虫の抵抗は世代の進むのに伴って次第に増加する(清久・佃1963a, 1964b)<sup>1)4)</sup>。

これに対しアズキゾウムシを径12cmシャーレ内で集団飼育し、そのシャーレ内に発生したすべての成虫を殺虫剤で処理してその過半数を殺し、生き残ったものすべてを次世代の親として集団飼育し、それから得た成虫をすべて再び殺虫剤で処理するというような実験を毎代繰り返して行なうと、殺虫剤に対する昆虫の抵抗性が上昇するばかりでなく、毎世代の成虫の発生量が一般に多く世代によっては往々かなり高い発生量の山が示された(清久・佃1963b, 清久1964a)<sup>2)3)</sup>。

前者の実験成績は殺虫剤の反復処理後における生き残り子孫系統の「個体」の生理的性質の変化を示すものであって、その変化はこの昆虫の発生増殖および生活に対して大体都合がよい変化であると思われる。ゆえに後者の集団飼育の実験で示された個体群の殺虫剤に対する抵抗性の上昇や、発生量が増加する原因は主に殺虫剤処理によってもたらされた昆虫の「個体」の生理的変化に起因すると考えてさしつかえないようにみえる。

ところが後者の実験は一定面積一定食物量の飼育シャーレ内での集団飼育実験であるからその中で個体数が増加するとかならず棲息密度圧が増加しそれが昆虫の発生を抑え、昆虫の殺虫剤に対する抵抗力などを弱めることが予想される。このような環境の下では棲息密度圧が低下すれば昆虫の発生は増加し抵抗性は上昇するから、後者の集団飼育実験に見られる殺虫剤処理区の抵抗性の上昇や、成虫の発生が増加するという現象は、殺虫剤処理区が過半数の個体が殺されるために対照区よりは当然密度圧が低くなる結果に起因すると解く議論も生ずることになる。(NICHOLSON等の議論)<sup>6)</sup>このような原因、機構に関する事項はもう少し明瞭にする必要があるから既に上げた筆者らの4つの報文の他に更に新しい実験を企てた。またNICHOLSONの他にSOLOMON<sup>7)8)</sup>やKLOMP<sup>9)</sup>の総説の比較研究も行ない、主として上記の問題について検討したのがこの報文である。

この実験は昭和38年7月から開始し39年12月末に及んだが、その間一見簡単に見えて比較的複雑な要素を含む実験作業に進んで協力してくれた河本隆夫君をはじめとする専攻学生のグループの諸君と片山美和子嬢およびこの実験の後半を分担し実験成績の計算や整理分類の面で協力してくれた藤田あき江夫人に対して深謝の意を表する。

## I 実験材料および方法

実験材料は当研究室の30°C定温器内で累代飼育している非抵抗系統に属するアズキゾウムシ *Callosobruchus chinensis* である。本実験における昆虫の飼育条件は30°C定温、それに対する湿度は70~80% R.H. 飼育器は径12cmシャーレ(但しそのふたは中央に径3cmの孔を有しそれに紙をはった丸いガラス板)、食餌は1シャーレ当たり300粒の小豆である。実験は次の3つの群(A.B.C)からなっている。

A群. Malathion 乳剤1,000倍, 600倍, DDT 乳剤500倍, 200倍をそれぞれはじめ雌雄80対より飼育して得た成虫のすべてに対し散布し(スプレーガンを用いる), その半数以上を殺して生き残った成虫全部をそれぞれ1つの飼育シャーレに移して交配産卵させ、次代の成虫を発生させる。これらに対してまた殺虫剤散布を行ない生き残り成虫を交配してその次の代を発生させるというような実験を20世代まで繰返し実施した。それら種類および濃度の異なる殺虫剤処理をした4組のシャーレからなる実験群を殺虫剤処理区と呼ぶ。

B群. 各飼育シャーレの成虫発生数の過半数を任意に取り除き、残ったものを交配して次代の

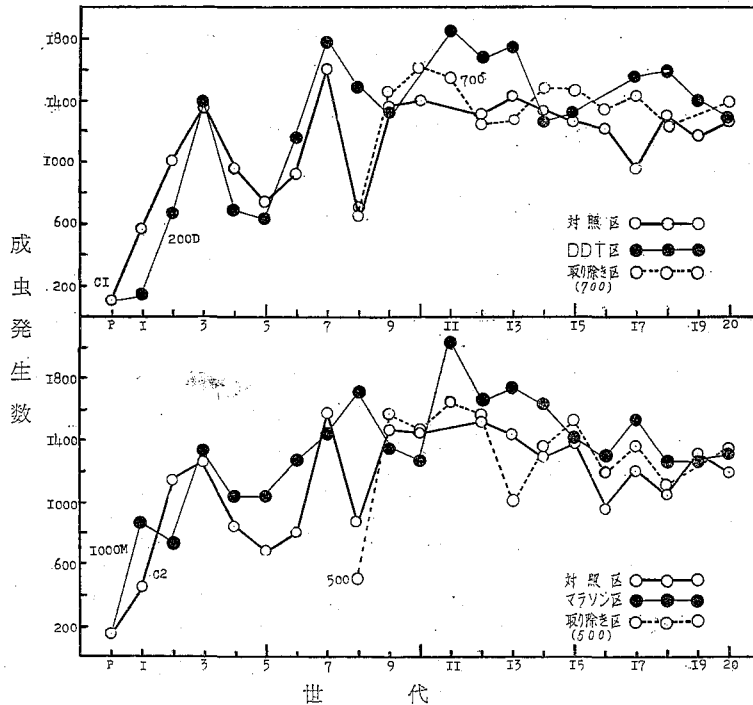
成虫を発生させるというような実験を第8世代目から第19世代まで12世代間繰返えし行なった。この実験群において発生成虫を取り除き後に残した成虫数は雌雄同数で、150, 300, 500, 700, 900, 1,100, 1,300, の7種であった。これら7種のシャーレからなる実験群を取り除き実験区と呼ぶ。

C群。これはいわゆる対照区であって、初め雌雄80対を交配産卵させて、それを飼育して得た成虫をすべて次の代の飼育シャーレに入れて交配産卵させ、これから飼育して得た成虫のすべてを、またその次の代の飼育シャーレに入れて産卵させるというような実験を20世代間実施したものである。この実験群は同様の処理をした2個の飼育シャーレからなる。次に各実験群を通じて毎世代調査したアズキノウムシ個体群の性質は、発生量（1シャーレ当たりの成虫発生総数）、産卵率（1雌当たりの産卵数）、性比、生育率（はじめの卵数に対する発生した成虫総数の比）、殺虫剤処理後48時間の死亡率であった。

## II 実験結果の分析

まず各実験区の毎世代の成虫発生量を示すために成虫発生数を縦軸に、世代を横軸にとってプロットすれば発消長の山型図が得られる。そこで、対照区 CI, DDT 200 倍液の処理区 (200D), 取り除いて成虫数を 700 とした実験区 (700) の発消長図を同一図上に示し、対照区 C2, Malathion 1,000 倍液の処理区 (1,000M) および取り除いて成虫数を 500 とした実験区 (500) を別の同一図上に示したのがそれぞれ第1図上図および第1図下図である。

第1図 各種実験における成虫の世代から世代への発消長

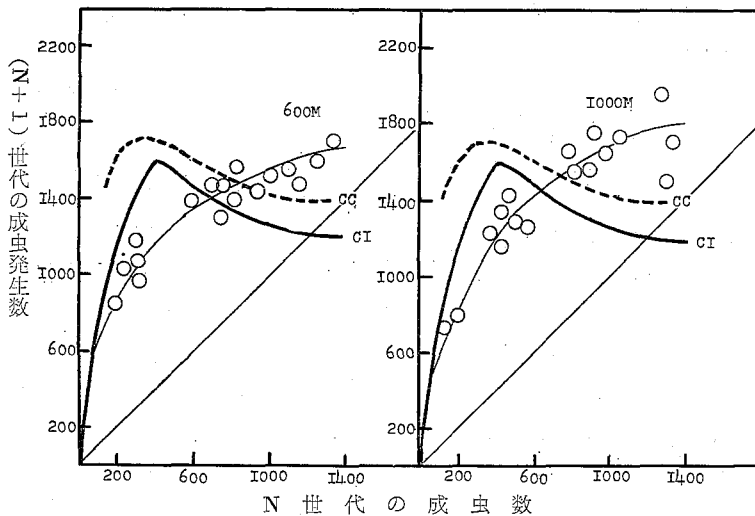


第1図に依れば対照区は CI も C2 もともに3世代目に1つの発生の山を示しその後それは低下するが7世代目に更に高い山を示した後9世代目以降は大体密度の平衡状態が認められる。取り除き実験区は500区も700区も一般に前者より発生のレベルがやや高い。これに対して殺虫剤処理区は 200D では、7, 11, および 13 世代目に、1,000M では 8, 11, および 13 世代目に他の実験区では見られなかったかなり高い発生の山が示され、全体としての発生のレ

ベルが高く上下変動の中が大きい。

第1図の図解によって殺虫剤処理区の発消長は対照区や取り除き区のそれとは趣が異なり、往々多発することがわかったが、この実験成績を用いて増殖曲線を描いて比較してみよう。増殖曲線というのはそれぞれN世代の発生量または存在個体数を横軸にとり、(N+1)世代の発生量を縦軸にとってプロットした作図である。対照区はCI区の成績から推定された曲線CIを、取り除き実験区は150, 300, 500, 700, 900, 1,100, 1,300区の成績から推定されたCC曲線を用いた。これらに対し殺虫剤処理区の成績は観測点を図上に描きそれから推定される1曲線を細線で示した。600Mと1,000Mがそれであって、CI, CC, 600M, 1,000Mの4曲線の相互比較図が第2図に示されている。

第2図 増殖曲線



第2図によればCIおよびCC曲線はN代の密度400において(N+1)代の発生量が最大に達しその後はNの密度に反比例して減少し全体としては、一定の山型曲線を示す。CIとCCとの相違はCCの方が(N+1)代の発生量が常に高い。他はあまり明瞭ではない。しかし殺虫剤処理区のもの600Mも1,000MもN代の密度

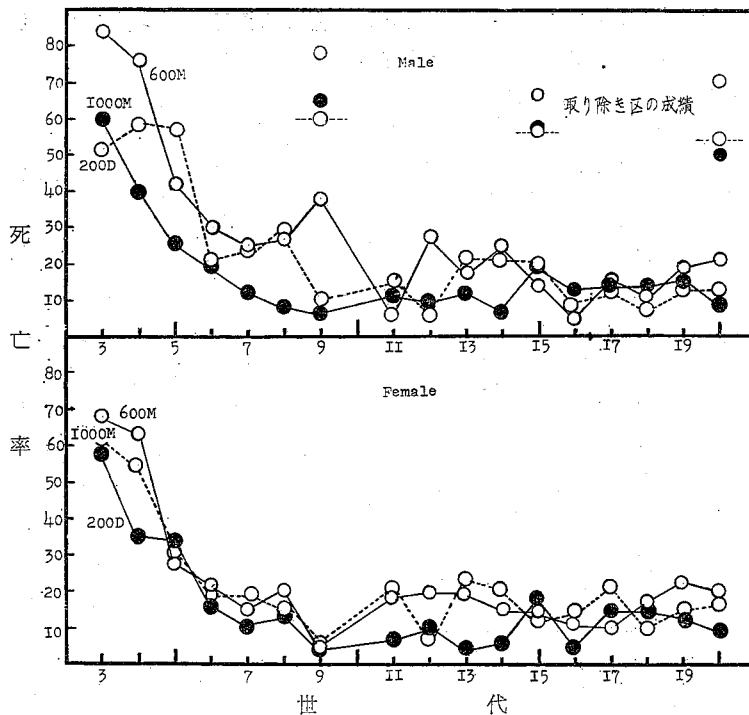
が低いとき、(N+1)代の密度も低い（これは殺虫剤の産卵に対する影響であろう）が、N代の密度が増加したとき、(N+1)代の密度はその増加に伴って増加している。これらの比較によって殺虫剤処理区の発生は対照区や取り除き区のそれとはその過程や機構が大分異なっているのではないと思われる。

次に殺虫剤に対する成虫の抵抗性が世代に伴って変動する状態を知るために、殺虫剤の処理後に見られる毎代の死亡率を縦軸に世代を横軸にとってプロットしたのが第3図である。

第3図は雌雄別にそれぞれ3種の実験成績(1,000M, 600M, および200D)を同一図上に示したものである。いずれも第3世代目までは高い死亡率を示すが殺虫剤の同一濃度に対してもその後は減少しはじめ、大体第8・9世代目に最少となり、それ以降は大きい増加を示さない。試みに取り除き実験区の発生成虫の雄の1部を用いて第9, 15, 20世代に同様の殺虫試験を行なった結果が第3図上段に示されているが、それらの死亡率は殺虫剤処理区のそれに比べてはるかに高い。この図解によって、殺虫剤に対する抵抗性は殺虫剤の処理をつづけていると8・9世代までは世代に伴って次第に増加し、それ以降はその強さの水準が維持されていることがわかる。

以上3組の結果から(1)生態的に比較的簡単な昆虫個体群の場合でも毎代反復して殺虫剤を散布しその1部を殺すことができない場合は、殺虫剤の使用がつづけられているにもかかわらず、生き残り子孫がしばしば高い発生の山を示すこと、(2)生き残り子孫の個体群は用いた殺虫剤に対して

第3図 殺虫剤に依る死亡率の変動



強い抵抗を示すことが明らかにされたとともに、(3)このような現象があらわれるのは殺虫剤処理区のアズキゾウムシの発生過程が対照区とはもちろん取り除き区とも異なるためか、殺虫剤が個体を選別的に殺すから何代かの後には殺虫剤処理区の個体群が対照区や取り除き区の個体群と質的に異なったものになるためかのいずれかに依るのであろうということが推察された。

### III 考 察

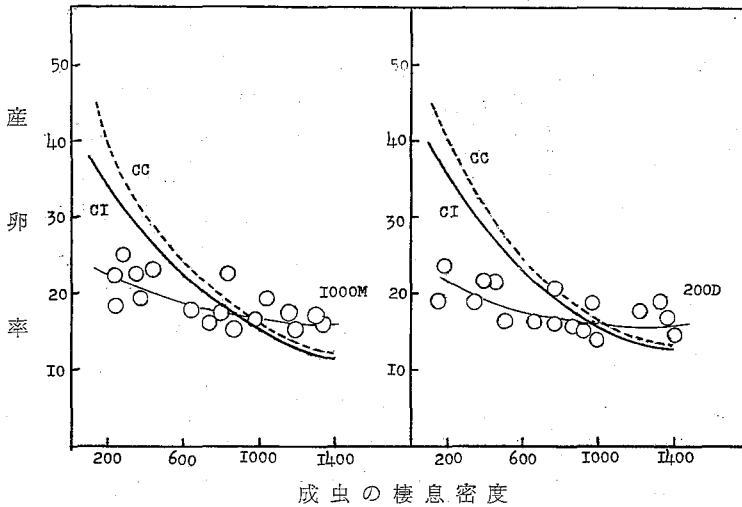
NICHOLSON<sup>6)</sup>によれば昆虫個体群は1つの self-governing system であるから個体群の発生消長は個体群の有する self-regulation の作用に依存して決定されるという。NICHOLSON<sup>6)</sup>はまたあるステージの一定パーセントを殺した実験でその説を強調し、更に殺虫剤で昆虫個体群の一部が殺されたとき、その後において個体群が急激に回復されるという一般に知られた事実の原因を論じ、……This ability of pests to return towards, and even to swing beyond, the original degree of abundance when the use of insecticides is discontinued is unfortunately an undeniable characteristic of chemical control. There seems no possible explanation other than that reduction in density has relaxed the intensity of density-induced resistance to multiplication. Insecticides generally function purely as powerful legislative factors; but if they are applied only when the pests are considered to be too abundant, their application is a governing factor.……と言っている。しかし筆者(清久・佃1963b, 清久1964a)<sup>2)3)</sup>は殺虫剤の処理によりそのような低下した棲息密度が個体群内における競走要素の減少をきたす結果、繁殖力と生育率が増加し次代の発生が多くなることが殺虫剤処理後に見られる昆虫の多発現象の原因のすべてではないと考えたが、今回更に殺虫剤処理後の生残虫の増殖と発生した総虫数から任意に取り除き生残虫数を殺虫剤処理区が生残虫数と略ぼ同数とした生残虫の増殖とを比較し、殺虫剤処理区の増殖がどのような過程によって生ずるかを再検討する。

昆虫個体群の増殖に関連する個体群の性質のうち産卵率と生育率の2者について検討してみるが、それらは昆虫の棲息密度によって明らかに変化する性質であるから、1対飼育で得られる値は前者は80内外、後者は90%以上であるが集団飼育の実験においてはとうていそんな高い値は望

めない。そこで殺虫剤処理区の集団飼育から得られるそれらの値と飼育密度とがそれぞれ一定の関係を示すかどうかを調べ、殺虫剤処理後の発生が多かった原因が主に棲息密度の低下による競走要素の減少に起因して生じたか、それとは別の原因によって生じたかを判定する。

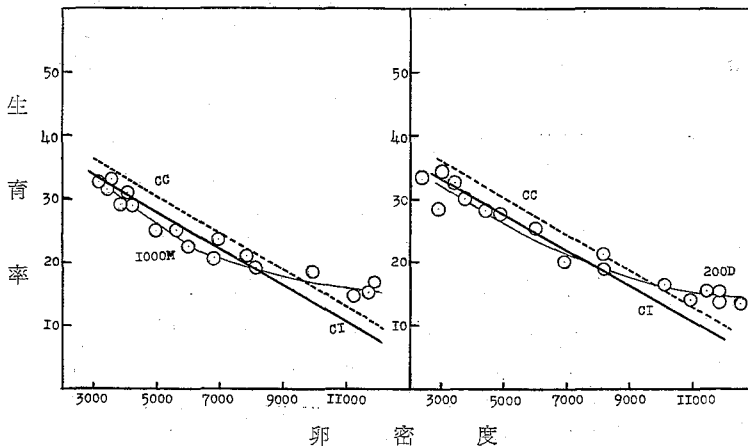
まず産卵率とその卵を生ずる成虫の棲息密度との関係を示したのが第4図である。

第4図 産卵率—棲息密度曲線



1本の曲線で示すことは前2者に比べてやや困難であったが、前2者との比較を便利にするため近似の細線(1,000Mと200D)を当てた。これらの作図を比較してみるとCIとCCは成虫の棲息密度に依存していることが明らかである。しかもその依存度は両者が殆んど等しい。ゆえに対照区と取り除き区の発生活長は昆虫の密度の変動に依存して生ずることができる。ところが1,000Mと200Dは1本の曲線を描いたとはいえ、観測点がかかなりばらつき、しかも密度の低いときは前2者より低く、密度の高いときは前2者より逆に高い。この事実は明らかに殺虫剤処理区の発生活長がそれほど近密に密度の変化に依存して生じていないことを物語るものである。

第5図 生育率—密度曲線



第4図によれば、対照区の成績CIは1本の双曲線状の曲線を示す。同様に取り除き区からもCI曲線に接近しその型もよく似た1本のCC曲線を描くことができる(この作図にはそれぞれの観測点から推定した曲線のみを記入し観測点は省略した)。これに対し殺虫剤処理区の成績は観測点(白丸)を作図上に記入した。これらを

このような関係は生育率の場合にも認められる。生育率を縦軸にその成虫が生じた初めの卵数を横軸にとってプロットしたのが第5図である。

第5図によるとこの場合は生育率—卵密度の関係が曲線状というよりもむしろ1直線で示された。しかしこの場合も対照区と取り除

き区からは相接近しその傾斜もよく似た CI と CC 直線が得られたのに対し、殺虫剤処理区からは 1,000M や 200D のようなむしろ曲線状の作図が示され、卵密度の低いときは CI 直線に接近し、それが高いときは前二者より高い方へ離れ、その曲線の傾斜は緩かであった。これらの検討からして対照区と取り除き区の発生活長は両者が殆んど同程度の密度依存によって生ずるが、殺虫剤処理区のそれには密度がそれほど近密に関係していないものと考えられる。それでは殺虫剤処理区の発生活長は主にどのような過程によって生じたかを論ずることにするが、すでにのべた筆者ら(清久・佃 1964b)<sup>4)</sup>の個体飼育による実験結果を参照すると、個体飼育による実験では殺虫剤処理後生残虫の産卵率が対照区よりはじめのうちは約40%も低く、生育率も約20%低いが、毎代殺虫剤の処理を繰り返していると4~5代目に対照区に回復する傾向を示した。そしてこのような現象が生じた原因は一口で言えば殺虫剤の影響にもとづく生き残り子孫個体群の生態的適応\*\*によると考えた。すなわち殺虫剤を反復使用している内、何代かの後には殺虫剤によって産卵率や生育率の低い個体が選択的に殺され、高密度の下においてもそれらの高い個体が生存を全うする結果、それらの値が増大すると考えた。今回の集団飼育による実験結果は大分趣が異なるが、その相違は棲息密度の差異に原因があるろう。しかしいずれにしてもそのような現象の発現は同様の過程によったと思われる。ゆえに集団飼育の実験において対照区や取り除き区では密度が増加すると産卵率や生育率が低下するが、殺虫剤処理区では殺虫剤処理の下で生じた個体群の生態的適応によって、殺虫剤処理区の子孫個体群そのものが対照区や取り除き区のそれらとは質の異なった個体群に移行した結果、その産卵率と生育率は高密度においてもなお高い値を示すのではないかと考えられる。

このような観点からすると、殺虫剤処理区の子孫の山が高かった真の原因は、殺虫剤の直接的影響によるものでもなく、NICHOLSON 説のような殺虫剤処理が個体群密度の減少を来しその結果競走要素が低下することによるものでもなく、実はその個体群が殺虫剤の選択作用によって何代かの後に対照区とは異なった産卵率も生育率も高い新個体群に移行することによるのであると筆者は推定する。

上記のような個体群の変化は、殺虫剤がとくに生残昆虫を不妊にする性質を持たないかぎり、個体群に対する殺虫剤の必然的な作用であるように思われる。ゆえに殺虫剤による防除はつとめて昆虫を撲滅させる方向へ進めることが必要で、昆虫の生態の研究に基づく殺虫剤利用の方法を改良する一方、殺虫剤の研究面では Chemosterilant の応用研究が切望される。

#### IV 摘 要

この報文はアズキゾウムシの実験個体群を殺虫剤(マラソン・DDT)で毎代処理すると生き残った子孫の個体群が、高い発生の山を示す原因を検討したものである。

殺虫剤処理をしなかった対照区の発生活長と比較するばかりでなく、殺虫剤処理後に生き残る成虫数と大体同数の生残虫が得られるようにすべての発生成虫から任意に成虫を取り除いた個体群の発生活長をも比較検討した。

その結果対照区と取り除き実験区の発生活長は成虫の棲息密度の変動に起因して生ずる、そして両者の間には本質的な大きい相違が認められなかった。これに対し殺虫剤処理区は殺虫剤の選抜作用によって何代かの後に対照区や取り除き実験区より高い産卵率と高い生育率を有する個体

\*\* 生態的適応という述語に関して著者の見解が前報(清久・佃1964b)<sup>4)</sup>のp.17に記してある。

群に移行する結果そのような新個体群の発生の山が一般に高くなった。このような個体群そのものの質的転移が殺虫剤処理区の発生の山が高くなった主な原因である。

### 引用文献

- 1) 清久正夫, 佃律子 (1963a): 異常高温およびマラソンによる連続処理が昆虫の生き残り子孫の繁殖力・個体維持能力に及ぼす影響. 日本応動昆虫学支部会報. 5: 25-27.
- 2) 清久正夫, 佃律子 (1963b): アズキゾウムシ個体群の発生消長に及ぼす殺虫剤の影響. 岡山大学農学部学術報告. 22: 1-7.
- 3) 清久正夫 (1964a): 殺虫剤処理下のアズキゾウムシ実験個体群の生長形. 岡山大学農学部学術報告. 23: 1-6.
- 4) 清久正夫, 佃律子 (1964b): アズキゾウムシ実験個体群内において殺虫剤の選抜によって生じた適応的变化に関する考察. 岡山大学農学部学術報告. 24: 9-18.
- 5) KLUMP, H. (1964): Intraspecific Competition and the Regulation of Insect Numbers. *Ann. Rev. Ent.* 9: 24-30.
- 6) NICHOLSON, A. J. (1958): Dynamics of Insect Populations. *Ann. Rev. Ent.* 3: 112-115.
- 7) SOLOMON, M. E. (1957): Dynamics of Insect Populations. *Ann. Rev. Ent.* 2: 135-139.
- 8) SOLOMON, M. E. (1964): Analysis of Processes Involved in the Natural Control of Insects. *Adv. Ecol. Res.* 2: 17-42.