

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*

清久正夫・佃 律子

Influence of an Insecticide (Malathion) on the population
Trend of Azuki-Bean Weevils, *Callosobruchus chinensis*.

Masao KIYOKU and Ritsuko TSUKUDA

The fluctuation in the density of population from generation to generation by the influence of insecticide (Malathion) has been observed using an experimental population of Azuki-bean weevils, *Callosobruchus chinensis*.

According to our previous experiments, the insecticidal action modified the physiology of the survivors, possibly changing the power of reproduction. Moreover, killing of insects by the insecticide seemed to favour larger numbers in succeeding generations by relieving density effect. Accordingly, the present writers have discussed whether the cause of population fluctuation in the present experiments is due to the former (physiological changing of reproduction) or to the latter (density governing reaction).

1) When adults are treated with an emulsion of 0.05 % malathion, the fluctuation in insect population becomes wide, the density level is high and peaks appear frequently in succeeding generations. When the emulsion of 0.063 % is used for experiments, on the other hand, such a phenomenon is not observed and the density level becomes low.

2) The number of eggs deposited per female increases and the growth rate during the period from egg stage to emergence becomes high for the former. The increase in growth rate is noticed but the number of eggs decreases apparently for the latter. In the first 7 generations or so there may be little increase in the resistance of adults to malathion, but then it rises considerably.

3) In the control experiment in which insecticides are not used, the relations between number of eggs deposited and density of population, and between growth rate and density are able to be represented by the hyperbolas, respectively. In the experiment treated with an emulsion of 0.05 % malathion, the empirical points of number of eggs lie closely along the hyperbola, whereas those of growth rate do not. On the contrary, the data related to the number of eggs and growth rate obtained from the experiment treated with an emulsion of 0.063 % do not fit to these curves. Consequently, it is difficult to accept the idea that the population density decreased by malathion is operating to cause population fluctuations by means of the density-governing reaction.

4) The cause of increase in population under the malathion treatment seems to be due to the two facts of which one is the increase in reproduction of insects by decreasing the population density and the other is the increase in growth rate by the physiological influence of malathion. Of course, the cause of decrease in population may be due to the decrease in reproduction by the physiological changing of insects without respect to the population density.

緒

言

殺虫剤や高温の処理後生き残りの個体やその子孫個体の諸性質、とくに昆虫の繁殖能力（1雌当たり産卵数、性比、生育率など）や個体維持能力（死亡率、殺虫剤や高温に対する抵抗力など）

に関する諸性質が処理されなかった個体とどのように異なるかをアズキゾウムシ, *Callosobruchus chinensis* を用いて調査した(清久・玉木 1959, 清久・柚木 1960). これらの実験においては, 実験中の環境条件や実験に用いた昆虫の系統を一定にしておかねばならぬことは言うまでもないが, 実験中に昆虫の生息密度が上記諸性質に影響を及ぼすことがあるから, これに対する考慮が少ない実験を経なければならなかったので, 厳密な 1 シャーレ当たり 1 対の飼育を実施して実験を行ない種々の知見をえた(清久 1960, 清久・佃 1963).

それらの実験から, 例えば殺虫剤処理区の生残個体の 1 雌当たり産卵数が増加し, また性比において雌の割合が多くなった場合に, それらの状態から次代の発生が多いことを予想することは必ずしもできない. というのは個体群や群集においては他の生態的要素のために上記諸性質の状態が次代の発生の多いことに直接結びつかないことがあるからである. 故に上記の個体のレベルにおける実験と個体群のレベルの実験との比較研究が必要であるから, 今回はアズキゾウムシ 1 種のみよりなる個体群を用い殺虫剤処理後に見られる発生活消長の状態と生残者の群が示す生理的諸性質を調査し, 発生活消長の過程とそれら生理的諸性質との関係について考察する.

ところが個体群の動態やその機構に関する研究となると, これまでに多くの研究がなされている. 例えば本実験材料と同種の実験個体群については, 内田教授により 1941 年以來多くの成績が発表され, 貴重な知見や学説が知られている. これらに関する総論的事項は, ANDREWARTHA と BIRCH (1954), ANDREWARTHA (1961), SLOBODKIN (1961) などの著書に, 特にその機構の論争点は NICHOLSON (1958), THOMPSON (1956), GLEN (1954), ANDREWARTHA と BIRCH (1954), SOLOMON (1957) などの総説中に論じられているが, それらの一部は直接間接本研究に関係があるので, 本実験においては殺虫剤がアズキゾウムシ生残者に生理的变化を及ぼす点を重視しながらも, 上記の諸学説中とくに密度効果や NICHOLSON の個体群の自己調節説に注意を払って研究を進めた.

I. 実験材料および方法

実験材料はアズキゾウムシ *Callosobruchus chinensis* である. 30°C. 定温器内にて径 12 cm シャーレ内に小豆 280 粒を入れ, はじめ 2 対の雌雄から飼育をはじめた. 羽化してくる成虫はすべてを逐次次代の親として小豆 280 粒を入れた別のシャーレに移して飼育し, それをまい代くりかえして F₆ 代に達したときから F₁₅ 代までの間に毎代次の殺虫剤処理を実施した. その処理は羽化脱出した直後(16 時間以内)の成虫に対し, スプレーガン(気圧は 3 気圧, 薬量 1 cc)を用いてマラソン乳剤を散布し, 24 時間後生き残った個体を交配して飼育するという方法であって, その調査区は処理を実施しなかった区 3 (対照区), 処理に 800 倍液(殺虫率 50~80%), 1000 倍液(殺虫率 30~60%) または 1500 倍液(殺虫率 50% 以下)を用いた処理区 それぞれ 3 ずつ合計 12 区である. 調査事項はそれぞれ毎代の 1 シャーレ当たりの発生した成虫数(生息密度), 1 雌当たりの産卵数, 卵から羽化までの間の生育率(成虫数/卵数×100) および マラソン処理後 24 時間目の処理成虫の生残率(生残虫数/処理成虫数×100)であって, それぞれを現わす代表値は同じ実験区 3 の平均値である.

II. 実験成績

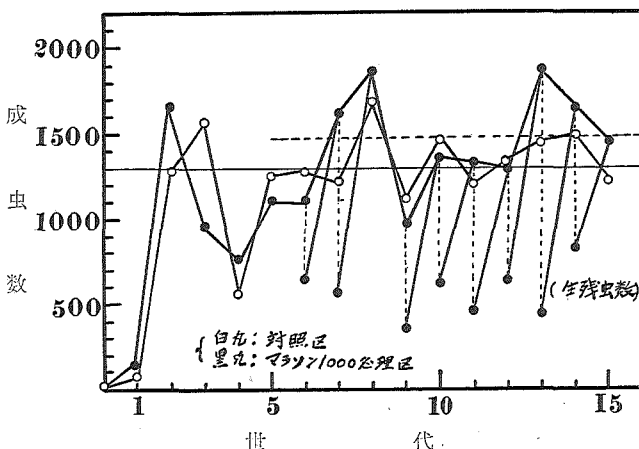
実験成績の細部は紙面の都合で掲載を省略し, マラソン 1000 倍処理区(第 1 図)と 800 倍処

* 本報文は昭和 38 年 4 月, 日本応用動物・昆虫学会大会にて講演した内容の全文である.

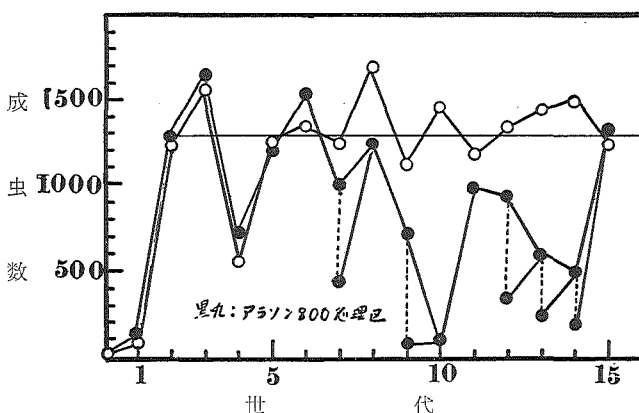
理区（第2図）の1シャーレ当たり発生した成虫数の世代的変動を示した図を掲げる。1500倍処理区は大体1000倍処理区と類似のものであるから省略した。なお処理しなかった対照区の成績は両図中にそれぞれ記入している。

第1図によって対照区（白丸）の発生消長の状態をうかがうと、 F_3 代で最大に達しその後大きい減少が見られるが、まもなくもとにかえり F_6 代以後ではそれ程大きい変動がないので、そのシャーレにおけるいわゆる生息密度の平衡が示されるものと思われる。この変動に対し1000倍処理区（黒丸）は（垂直の破線で結んだ上段の黒丸はその代の成虫発生数で、下段のは処理した後の生残虫数を示している）変動状態がはげしく明らかに対照区のそれとこととなっている。その変動度を示すために、対照区 F_3 以後の発生数の平均値（1311.3）をもって水平線を描きこれからの変動を比較してみると成虫 F_8 で1863、 F_{13} で1862で明らかな発生の山が認められ変動の巾は対照区のそれよりかなり大きい。しかも処理区の発生の少ない世代も大部分が対照区の発生水準線より上位にあり、 F_6 代以後の発生平均値（1494.3）をもって処理区の発生の新水準線を破線で描いてみると、それが対照区の水平線よりかなり高まっていることがわかる。

第1図 マラソン1,000倍液処理区の発生活動



第2図 マラソン800倍液処理区の発生活動



しかし殺虫剤の処理区が常に上記現象を示すとは限らない。マラソン800倍処理区では第2図に示されるように、処理後次代の発生中に対照区の発生水準を突破して高くなるという現象が見られない場合もある。もちろんこの場合は殺虫剤が昆虫の発生をある程度以下におさえている例である。

本実験において殺虫剤の処理をうけた個体群の発生がその後で多くなったり、少なくなったりする場合が認められたが、殺虫剤処理後の親の成虫数とそれから生じた次代の成虫数との関係について1000倍と800倍処理区についてこまかく比較検討してみよう。この方法は内田（1941）によった。横軸に親の密度を、縦軸に子の密度をとり対照区の成績によって発生数—密度線を描き、その図中に1000倍処理区および800倍処理区の成績を記入した。それは第3図である。

第3図の白丸は対照区の成績で太線はそれからの予想線である。黒丸はそれぞれ殺虫剤の処理区の成績であるが点線でかこんだ黒丸は実際に処理されたもの、他は処理区であるが実際に処理を受けなかった成績である。1000倍処理区は第3図Bが示すように親の低い密度範囲において

対照区の親の同等密度で期待される子の密度の高さ以上に高い子密度が示される場合があり、800倍処理区では第3図Aが示すように期待される子密度以下に低い子密度が示される場合がある。この事実は本実験において殺虫剤処理によって低下した親の密度が子の密度に直接関連するという概念に反するように思われる。

次にこのような殺虫剤の処理を毎代実施した際に生き残り子孫の殺虫剤に対する抵抗力がどのように変化するかを知るため、簡単であるが処理後の成虫の生残率を示したのが、第4図である。

第4図を見るに、800倍処理区はもちろん、1000倍処理区も雌雄とも処理をはじめた初期から7・8世代目までは生残率の上昇がみられないが8世代目頃から明らかに上昇している。

なお、本実験で調査した1雌当たり産卵数、卵から羽化までの間の生育率は次の項で処理する。

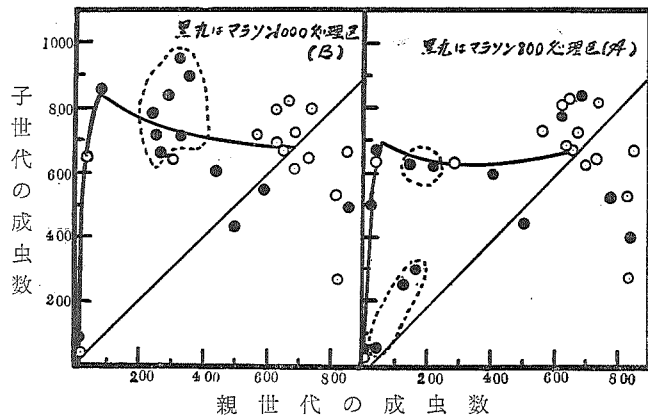
Ⅲ. 考 察

本実験においてマラソン800倍処理区はこれを用いることによって、その代以後の世代のアズキゾウムシの発生数が少ないのでマラソンの効果が認められたことになる。しかし1000倍や1500倍処理区では発生水準が高まり、殺虫剤を用いないときには見られなかった発生の大きい山が往々見られ、また昆虫のマラソンに対する感受性も減少するかのように見えた。それはその発生機構が若干ことなるであろうが、田畑における殺虫剤使用後に見られる害虫の多発現象や抵抗性の増大と現象の面から言えば似た現象であって殺虫剤使用に当たって注意される点である。

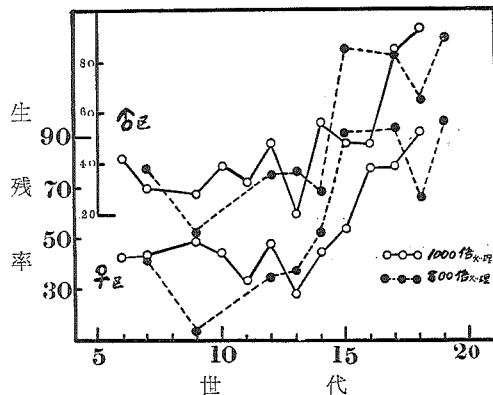
一般に殺虫剤使用後の害虫多発現象の原因としてはこれまでに多くの説があった。それらを大別してみると、(1) 天敵が減少すること、(2) 害虫の生息密度が低下し害虫の競走要素が減少すること、(3) 殺虫剤の影響で害虫の繁殖力が増加すること、(4) 害虫の栄養条件が良好になるために繁殖力が増大することなどに帰因する諸説である。

本実験におけるマラソン1000倍処理区の発生が多くなる過程を分解してみると、1雌当たり産卵数で示した繁殖率(平均15.2)が対照区のそれ(10.5)に比べて高く、卵より羽化までの間の生育率(32.8)が対照区のそれ(19.1)より高いので簡単に考えるとこれらの事実が処理区の発生が多くなった原因であろうと思われる。しかしそれらの状態は対照区より生息密度が低い範囲においてみられる状態であるから、若し対照区と同じ密度の下ではそれが認められないかも知れない。また前報の個体レベルの実験成績によれば殺虫剤処理区の生き残り個体は一般に処理を始めた初期の世代では繁殖率も生育率も対照よりやや低い傾向を示すが、処理を毎代繰返すと

第3図 連続2世代間の発生数の関係



第4図 マラソン処理後の成虫の生残率の変動



対照の水準にかえる傾向が認められ、今回の個体群のレベルの実験成績と大分趣がことなっている。それらの点を考慮すると繁殖率や生育率は単に生息密度の影響をうけて変化することが予想される反面において、生き残ったものの生理的性質が殺虫剤の生理的作用によって変化することが考えられる。故に今回の実験のマラソン 1000 倍処理区の発生が高まった原因は、上記の (2) と (3) の原因に関連していると思われる。そこで (2) に関する概念は主として NICHOLSON や内田の学説から、(3) に関する問題は筆者等のこれまでの実験成績から引用し、おもにこの実験で殺虫剤処理後に発生の多くなった原因を分析する。

まず、仮に NICHOLSON の “Self-Regulation” 説とか、“Density Governing Reaction” などと言われている現象が、この実験の根本原因であるとすれば、本実験においては殺虫剤により何パーセントかの成虫が殺される結果、生残者の生息密度が必然的に低下するので個体群内における競走要素の減少することにより繁殖力は増加し、生育率は高くなり次代の発生が多くなることが予想される。つまり殺虫剤の効きは親の密度を下げることでそのような密度低下そのものが次代の発生を多くする真の原因であるということになる。実際 NICHOLSON は NICHOLSON の *Lucila curprina* を用いた単なる個体取除き実験成績や、WATT の行なった *Tribolium confusum* の類似実験成績から上記 Self-Regulation 説の証拠をかため更に殺虫剤処理後の発生機構も同じ法則によることを推論している。最近中村 (1962) はアズキゾウムシを用い上記と類似 (ただし個体のつけ加えも行なっている) の結論をえて更に殺虫剤使用の場合をも類推している。

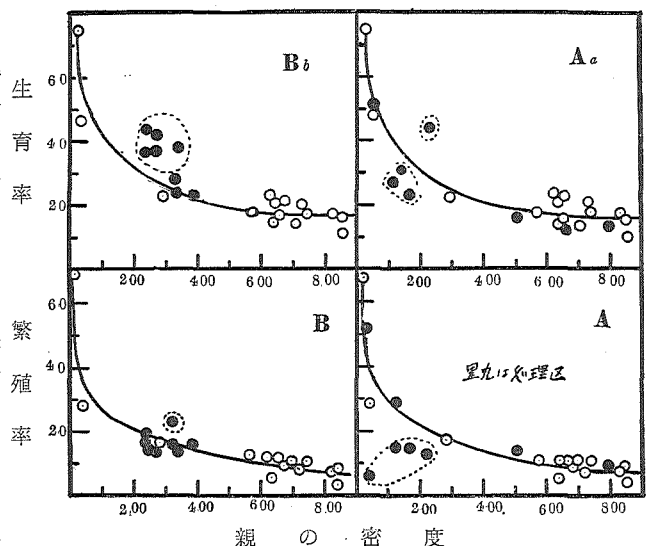
しかしよく考えてみると単に何パーセントかの個体を取り除いた残りとは、殺虫剤や高温で処理し生き残った残りとは量的に等しくとも、その集団の個体の生理的性質が等しいとは考えられない場合もある。事実同種の殺虫剤であるのに 800 倍処理区の成績はその処理によって生残者の密度が低くなっているにもかかわらず次代の発生はそう多くなっていない。また、BEARD (1960) はイエバエの人工飼育実験個体群を用い、各種の殺虫剤処理や食物制限によりその後の個体群の発生活長の状態を研究しているが、それらすべての場合の発生機構を NICHOLSON 学説のみで解釈することは一考を要するようと思われる。

本実験のマラソン 1000 倍処理区の成績を主とし、その参考資料として 800 倍処理区の成績

を用い、個体群の発生活長がもっぱら密度の作用に帰せられるかどうかの吟味を試みることにするが、その方法は各種の生息密度下における昆虫の繁殖率や生育率が示す繁殖率—密度曲線と生育率—密度曲線への、殺虫剤処理区の成績の適合性に関する検定である。前者による検定はすでに内田 (1954) によって二化螟虫の生息密度の研究に用いられており、後者はその考え方に基づいて筆者等が考えたものであるが複雑な方程式やその統計処理については今は省略し、簡単な計算値をグラフ上に示し図上の比較検討を行なう。

親の世代の密度を横軸に、繁殖率

第5図 生育率—密度曲線 (上段) および繁殖率—密度曲線 (下段)



親の密度

や生育率をそれぞれ縦軸にとって作図をすると第5図がえられる。第5図A, Aa は800倍処理区の, B, Bb は1000倍処理区の成績である。

繁殖率と密度の関係は対照区(Bの白丸)では1本の双曲線状の繁殖率—密度曲線をもって示すことができる(内田1941)。この曲線上に殺虫剤処理区の成績(黒丸)を書き入れてみると、1000倍処理区(B)では測定値が上記曲線の周辺に集まっている(この事実はNICHOLSONの説に都合がよい)。これに対して800倍処理区(A)ではその曲線の近くに存在する測定値もあるが、どちらかというところ曲線の下位に点在(点線でかこんだ黒丸)する。この事実からすると1000倍処理区では繁殖率が主に密度に支配されて決定されるが800倍処理区ではそうではないと考えられる。

更に生育率との関係を調べてみると、対照区(Bbの白丸)は前とは別の双曲線状の生育率—密度曲線によって示される。前とおなじようにこの図中に殺虫剤処理区の測定値(黒丸)を記入してみるとマラソン1000倍処理区(Bb)は大部分がその曲線より上方へはなれて散在し、800倍処理区(Aa)もその曲線には乗らなくてやや下方または1部上方に存在する。すなわち前者では対照区の同等密度で期待される生育率より以上に生育率が高く、後者では同等密度で期待される生育率より高い場合とやや低い場合がうかがわれる。

要するに1000倍処理区のような殺虫剤処理後における昆虫の多発現象の原因としては、その繁殖率および生育率の増加が発生の多いことに関連し、前者の増加の原因は主に殺虫剤による親の密度が低下したことに帰因すると考えられるけれども、後者の増加の原因の中にはそのような密度低下の他に殺虫剤を用いたために生じた生残者の生理的变化が関連していることを考えなければならない。更に参考として処理後の発生が多くなかった800倍処理区の発生過程を調べた結果は、繁殖率が対照区(平均10.5)より低い傾向(平均6.2)を示し、生育率がそれ(平均19.1)より高い傾向(平均29.3)を示すのでおもに繁殖率の低下が次代の発生の少ないという事実に関連を持つようにみえるが、この場合それら繁殖率および生育率の変化した原因はともに低下した親の密度と直接的な関係が少なく、用いた殺虫剤による生残者の繁殖率の低下という生理的变化に帰因するものと思われる。この結果から厳密に言えば上記のようなNICHOLSONや中村の推論は充分でないと考える。

IV. 摘 要

本実験はアズキゾウムシ *Callosobruchus chinensis* の実験個体群を用い、その発生活長が毎代のマラソン処理によってどんな変化を示すかを調べるとともにマラソン処理によって生き残り個体の生理的性質が変化する事実と何パーセントかの昆虫が殺されるために、生息密度が低下する結果次代の発生が多くなるという事実の両方面からその発生活長の原因を吟味した。

1. マラソン1000倍液を用いて毎代処理すると、その後の世代において往々大きい発生の山が示され発生活長の巾が大きくなり、一般に発生水準が高められる。これに対し800倍処理の場合はその後の世代に上記現象が認められなくて、発生水準が一般に低い。

2. 前者において繁殖率(1雌当たり産卵数)は高く、卵より羽化までの間の生育率が高い。1000倍処理区の発生が高まる原因としてこれら繁殖率と生育率の-highいことが考えられる。これに対し後者においては生育率が高いが繁殖率が明らかに低い。800倍処理区の発生の少ない原因としては特にこの繁殖率の低下が帰因するのであろう。なおマラソンに対する成虫の抵抗力は処理後7代目頃まで明らかでないが、それ以後において増加する。

3. マラソン処理区の繁殖率を対照区の繁殖率—密度曲線へ、またその生育率を対照区の生

育率—密度曲線へ適合させてその適合度を調べた結果、1000倍処理区では繁殖率は大体適合するが生育率が、また800倍処理区では両者がともに上記の曲線から明らかにはずれる。故にマラソン処理で密度が低下することによって生ずる個体群の自己調節現象のみが必ずしも次代の発生の根本原因であるとは言えないことがわかった。

4. 要するにマラソン処理によって発生が多くなるという原因は、その処理で生息密度が低下した結果昆虫の繁殖力が増加することと、そんな密度と関係なくマラソンによる昆虫の生理的变化に基づいて生育率が増大したことに帰因すると考えられ、発生が少ないという原因はもちろん密度とは関係なく生理的な繁殖率の低下に帰因すると思われる。

引用文献

- 1) ANDREWARTHA, H. G. & BIRCH, L. C. (1954): *The distribution and abundance of animals*. The Univ. of Chicago Press, Chicago.
- 2) ANDREWARTHA, H. G. (1961): *Introduction to the study of animal populations*. Methuen.
- 3) BEARD, R. L. (1960): Conn. Agr. Exp. Sta. Bull. 631: 3-22.
- 4) GLEN, R. (1954): J. Econ. Ent. 47: 398-405.
- 5) 清久正夫・王木 元 (1959): 岡山大学農学部学術報告. 14: 1-5.
- 6) 清久正夫・柚木恒裕 (1960): 岡山大学農学部学術報告. 15: 11-17.
- 7) 清久正夫 (1960): 岡山大学農学部学術報告. 16: 1-8.
- 8) 清久正夫・佃 律子 (1963): 日本応動昆虫中国支部会報. 5: 25-27.
- 9) 中村 央 (1962): 日本生態学会誌. 12 (4): 141-146.
- 10) NICHOLSON, A. J. (1958): Ann. Rev. Ent. 3: 107-136.
- 11) SLOBODKIN, L. B. (1961): *Growth and regulation of animal populations*. Holt, Rinehart and Winston.
- 12) SOLOMON, M. E. (1957): Ann. Rev. Ent. 2: 121-142.
- 13) THOMPSON, W. R. (1956): Ann. Rev. Ent. 1: 379-402.
- 14) 内田俊郎 (1941): 教育農芸. 10 (10): 42-52.
- 15) UTIDA, S. (1941): Mem. Coll. Agr. Kyoto Univ. 51: 27-34.
- 16) 内田俊郎 (1954): 応用昆虫. 10 (1): 3-10.
- 17) 内田俊郎 (1956): 集団遺伝学. 培風館. 121-125.