

were compared with TPP in respect of the specificity of their antiesterase activity by means of agar gel electrophoresis.

It was shown that TPP was about one-tenthousandth weaker in antiesterase activity than TOCP metabolite. For agar gel electrophoresis, β -naphthyl acetate and dimethylaminophenyl acetate were excellent substrates for esterases. They were immediately hydrolyzed by all kinds of esterases and their hydrolyzed products were easily coloured by diazotization. The soluble esterases of the house fly (Takatuki strain) were separated to six active bands by agar gel electrophoresis. Among of them, 3rd to 6th bands were inhibited by K-7 (saligenin cyclic methyl phosphate, salioxon) and conversely 1st and 2nd bands were inhibited by K-2 (saligenin cyclic phenyl phosphate). When the exo-cyclic substituent was changed, saligenin cyclic phosphorous esters

showed highly characteristic antiesterase activity. On the other hand, TPP showed nonspecific inhibition of esterases.

文 献

- 1) Casida, J. E. and M. Eto: *Nature*, 191, 1396 (1961).
- 2) Eto, M. and J. E. Casida: *Biochim. Pharmacol.*, 11, 337 (1962).
- 3) Eto, M., Hanada K., Namazu Y. and Y. Oshima: *Agr. Biol. Chem.*, 27, 723 (1963).
- 4) Eto, M., Matsuo S. and Y. Oshima: *Agr. Biol. Chem.*, 27, 870 (1963).
- 5) Plapp, F. W., Bigley W. S., Chapman G. A. and G. W. Eddy: *J. Econ. Entomol.*, 56, 643 (1963).
- 6) Asperen K. von: *J. Ins. Physiol.*, 8, 401 (1962).
- 7) Ogita, Z.: *Metabolism and Disease*, 2, 78 (1965).
- 8) Ogita, Z.: *Jap. Jour. Genetics*, 40, 1 (1965).

綜 説

Evolution by Natural Selection and its Influence on Population Fluctuation of Insects.

Fumiki TAKAHASHI (Entomological Laboratory, College of Agriculture, Kyoto University, Kyoto).

Received January 11, 1968. *Botyu-Kagaku*, 33, 25, 1968 (with English Summary 35).

自然選択による遺伝的变化が昆虫個体数変動におよぼす影響 高橋史樹 (京都大学農学部昆虫学研究室)

43. 1. 11 受理

1. はじめに

森林害虫や作物害虫の加害量はそれらの個体数と相関が非常に高いので、個体数の増加や、それを抑える機構についていろいろの方面から研究が進められている。ここではとくに世代間の個体数の変動について、増加と抑制に関係のある生態的な性質が遺伝的に変化することの意義を考察したい。

昆虫の密度の変化に伴って、個体群内の各個体に質的な変化がみられることが多い。たとえば体の大きさの変化、多型あるいは相変異や休眠虫などの出現がそうであって、形態的な変化のみならず、生理、生態、習性にも大きい変化が認められる。相変異⁽²⁾や休眠⁽³⁾の現象において、親世代の型が子世代の型や形質におよぼす影響や、人為選択の効果がいかにあらわれているけれども、これらの現象の研究は普通には一時的あるいは1世代だけにとどまる変化に重点がおかれている。しかし環境要因の作用、とくに昆虫個体数の増加を抑制する作用による選択(淘汰)で個体群の遺伝的構造

が変化することを示すような実験的な研究が最近多くみられるようになった。また野外の個体群にみられる生態的性質の遺伝的な変化や変異にも、環境要因の選択作用によって生じたと考えられる例がいろいろと知られてきた。

個体群の性質が遺伝的に変化する様子を明らかにすることによって種の分化や進化の過程を追跡しようとする試みが多くの人の興味をひいている。そのようなことは勿論必要なことではあるが、選択作用が個体群密度を変動させる諸要因とどのような関係にあり、その効果が個体数の変動にどのような役割を演ずるかを知らることが応用的にはより重要であると考えられる。

昆虫個体数の変動を支配する要因やその作用を明らかにすることは今なお個体群生態学での重要な課題のひとつになっているが、いろいろの意見が一致しないから、個体群の生態的性質の遺伝的な変化が、個体数変動におよぼす意義についても意見がわかるものと思われる。ここでは、2, 3の個体数変動機構の考え方からみたとき、遺伝的な性質の変化はどのような意

味があるかを述べてゆくことにする。

2. 野外個体群にみられる生態的性質の変化

ひとつの種でも地方的に異なった生態的性質をもっているものが多い。たとえばニカメイガ *Chilo suppressalis* やイネハモグリバエ *Chlorops oryzae* などいくつかの昆虫の地方的系統間には発育期間や休眠性に明らかな差がみられる^{18,19,21,34,35,68}。これらの場合には地方による気候とくに気温、日長などの連続的な移り行きに、不連続な移り行きを示す化性を対応させるときに生ずる自然選択作用が大きい影響をもっていることが予想されている^{28,35,36}。その差を生ずる過程は歴史的な相当長い期間にわたったもので、実験的に再現することは困難なことと思われる。

しかし、昆虫個体群の遺伝的組成や生態的性質が環境要因の作用によって比較的短かい期間に変化してきた例が多く知られるようになった。たとえばウシグロショウジョウバエ *Drosophila pseudoobscura* 個体群の遺伝子排列型にみられる3つの型の比率が、アメリカ合衆国西南部の各地で異なるのみならず、それが季節的にも年次的にも変化する¹²。さらにカリフォルニア州を中心とする各地域でその比率は1940年から1963年の間に同じ方向に変化しているが、その変化の原因には、たしかではないが殺虫剤の大量使用にもとづく環境の汚染に疑いがかけられている¹³。

殺虫剤とくに有機殺虫剤の大量使用がはじめられてから、各地に殺虫剤に抵抗性を示す昆虫が次々に見出されている。たとえば日本各地から採集されたキロショウジョウバエ *Drosophila melanogaster* のいろいろの系統はいろいろの程度の DDT 抵抗性を示す。とくに強い抵抗性を示す系統は以前にたびたび DDT などの殺虫剤がまかれていた場所から採集されたもので、選択の結果、抵抗性をもった個体が残って繁殖していたものと考えられている⁷¹。またニカメイガ幼虫のパラチオン抵抗性も採集された所でそれぞれ独自に変化したものであり、過去におけるパラチオンの使用量が多い場所ほど強い傾向がある。その抵抗性も遺伝される⁴⁹。ツマグロヨコバイ *Nephotettix cincticeps* のマラソンなどの殺虫剤に対する抵抗性についても同様に殺虫剤の選択作用による遺伝的な変化であることが知られている⁸⁰。

選択の作用は死亡と生存を通じて効果を現わすと考えるのが普通であるが、キロショウジョウバエを対照区と同じぐらいの生存率を保つ程度の低濃度の硫酸銅の入った培基で1世代飼っただけでも硫酸銅に対する抵抗性が増加し、その後硫酸銅を含まない培基で10世代以上飼育してもその抵抗性が維持される⁸⁰。このように選択を加えないでも抵抗性が発達することは将

来とくに注意しなければならない問題と思われるが、このような研究は非常に少ない。

以上に述べてきた例は非生物的環境要因の作用や、人為的な作用にもとづくものであるが、生物的要因とくに種内競争、種間関係(種間競争、食うものと食われるもの、寄生虫と寄主との相互作用を含めて)の自然選択にもとづくと考えられるものもみられる。

たとえば、英国だけでも70種にもおよぶ蛾の類にみられる成虫の色彩の工業暗化 industrial melanism は有名である。これは地方の工業化の発展にその原因があると考えられるが、蛾の黒化形 *carbonaria* の頻度の増加には鳥などの捕食からの保護色としての効果もからみあっていることが述べられている^{25,26,57}。タテハチョウ科の1種 *Melitaea aurinia* では翅の斑紋の変化とともに寄生蜂による寄生率に変化がみられた。またその個体数が急激に増加するときは変異が多くなるが、増加がゆるくなると悪質な因子が消えて比較的均一な形になってくることがみられた¹⁵。

カナダでは、カラマツハラアカハバチ *Pristiphora erichsoni* を生物的に防除するために、寄生蜂の *Mesoleius tenthredinis* が1910~1911年に英国からはじめて導入されたときには非常に有効であったが、1940年頃から Manitoba で寄生蜂の効果の低下が報告されている。それは寄主の寄生蜂に対する免疫性(phagocytic reaction)が増大したためである^{30,42}。

このような例はあまり知られていないけれども、寄生虫や微生物に対する寄主昆虫の抵抗性の発達はおそらく普通の現象と考えられる³¹。タマバチの1種 *Pseudeucoila bochei* に対するキロショウジョウバエの生理的な防禦反応は、人為的な操作による選択で数世代で明らかに増加することが知られている²⁰。

天敵を使って害虫を生物的に防除しようとするとき、同じ種であっても異なった地方から得られた天敵の系統間には生態的な性質に差がみられることから、生物的防除に好ましい性質をもっている系統をえらぶだけではなく、それらを数世代から数十世代にわたって人為的に選択して、防除効果の高い天敵を得る努力がなされている¹⁰。一方これまでの生物的防除の記録から、害虫の原産地の天敵を用いるよりも異なった地方での近縁種や近縁属の天敵を用いる方が効果が期待できるが、これは害虫と天敵との新しい組み合わせが生態系の中うまくとりこまれるように進化していないからであると考えられる⁸²。そのために天敵を導入した当初に高い寄生率や捕食の効果があっても、その効果は生態系の構造の変化のみならず、上に述べてきたような遺伝的な性質の変化によっても、だんだんと低下する場合もある。このように将来とくに注意すべき研究分野と考えられるにもかかわらず、野外個体群での遺伝

的な性質の変化と個体数変動との関連性についての研究は乏しい。

3. 実験個体群において生物的要因の自然選択による遺伝的性質の変化

昆虫個体数の増加の様子をしらべるための実験的研究が一定な物理的環境条件下において行なわれてきた。このとき各個体の平均的な増殖能力は一定であるとされている。研究が進むに伴い論議が個体数変動を支配する要因の作用に集中されてきたために、実験の興味が個体数の初期の増加よりもいわゆる平衡状態に向けられたので、平衡状態を長く維持するような実験が試みられるようになった。そのような実験のいくつかで個体群の増殖に因与する諸性質がだんだんと変化していることが明らかにされている。

たとえばヒツジキンバエ *Phaenicia cuprina* の個体群で、産卵に必要な蛋白性食物の量を制限しておく、約10世代経過する間に普通ならば産卵するためには十分でない少量の蛋白性食物でも産卵できるような個体の頻度が増加し、個体群密度が増加した⁴³⁾。コナマグラメイガ *Cadra cautella* の個体群で食物補給間隔をかえると发育速度に若干の差が生じたが、これは食物をめぐる個体間の競争の様子が異なるようになった結果と思われる⁴⁴⁾。

限られた生活空間や食物を与えて2種の昆虫の種間競争をしらべた実験においては、たとえばキイロショウジョウバエとオナジショウジョウバエ *Drosophila simulans*、あるいはイエバエ *Musca domestica* とヒロズキンバエ *Phaenicia sericata* の種間競争が数世代続くと同種の相対的な生存能力が変化し、種の競争能力は自然選択によって改良されたと考えられている^{45, 55)}。

寄主と寄生蜂との相互作用系においては、アズキノムシ *Callosobruchus chinensis* とその寄生蜂のコマユバチの1種 *Heterospilus prosopidis* との平均密度が世代の経過とともに変化した⁷⁶⁾。平均密度の変化はコナマグラメイガとその寄生蜂 *Exidechthis canescens* との相互作用系においても観察され、この場合には寄生蜂の寄生能力、寄主の发育速度および寄主の生息場所の変化が因与していることが示された^{64, 65)}。イエバエとその寄生蜂キョウソヤドリコバチ *Nasonia vitripennis* との相互作用によってもイエバエの蛹の寄生蜂に対する抵抗性や寄生蜂の攻撃能力に変化が生じた^{63, 64)}。これらの変化も昆虫個体群の構成員の増殖能力の絶対的あるいは相対的な変化が、寄主と寄生蜂との相互作用とそれぞれの種内競争による自然選択によって生じたものと考えられている。

4. 突然変異遺伝子を標識としてみた生態的性質の変化

殺虫剤の使用による殺虫剤抵抗性の発達^{8, 38)}が遺伝学的見地から研究が進められている^{7, 45, 46, 70)}。その場合突然変異遺伝子などによる可視的な形質を用いて抵抗性の遺伝学的な機構を追跡する方法がとられているが、生物的要因による自然選択の場合にも、そのような方法が大きい助けになっていることは集団遺伝学の多くの研究によって示されている。

個体群内の遺伝子排列型の頻度の変化はショウジョウバエ属を中心として実験的にしらべられ、遺伝子排列型と環境適応度との関係からその型の頻度の変化の原因を明らかにしようとする研究が多くみられるようになった。ウスグロショウジョウバエの実験集団では、はじめ Standard 遺伝子排列型 (ST) と Chirichua 遺伝子排列型 (CH) をもつ第3染色体の頻度をいろいろにしておくと、ふたつの型の頻度は世代の経過とともに変化して、やがて ST は 70%、CH は 30% の平衡に達した^{11, 14, 70)}。この平衡値は個体群の飼育密度によって変わり、選択作用は生息密度の函数と考えられる^{8, 78)}。

同じように種内競争によって遺伝子頻度に変化することはムナスショウジョウバエ *D. rufa* にもみられるが⁴⁸⁾、この場合には最初の遺伝子頻度が異なると平衡時の遺伝子頻度に若干の差が生じた。同様の変化はヒラタコクスストモドキ *Tribolium confusum*⁷⁷⁾ などにもみられる。これらの変化は個体のもつ遺伝子構成によって種内競争に対する生存能力やその環境に対する適応価が異なることなど^{2, 5, 31, 32, 33, 37, 56, 58)}によって説明され得るのであろう。また種内競争による自然選択で個体群内の遺伝子構成が変化すれば、各個体の平均的な生存能力も変化しているにちがいない。

寄主と寄生蜂との関係でもキョウソヤドリコバチによってイエバエ個体群内の黒い蛹の割合が寄生蜂のいない場合よりも急激に減少した。これは劣性の突然変異である黒い蛹が普通の色の蛹よりも寄生蜂に対する感受性が高いためである⁶⁷⁾。

このように質的あるいは量的に測定可能な形質をあらわす遺伝子があれば、個体の適応価の標識としての役割を果たしている。個体群内のその遺伝子頻度をしらべることによって、個体群の平均的な生存能力の変化を比較的簡単に推定することも可能である¹⁰⁾。しかし可視的な形質をあらわす遺伝子は必ずしも生存能力そのものを決定するのではないことにも注意しなければならない。たとえば米国西南部の各地で得られたウスグロショウジョウバエは、それぞれ遺伝子排列型の頻度を異にしていることは先に述べたが、はじめに

遺伝子排列型の割合を同じくして実験集団を設けても、それらの個体が由来した地方によって遺伝子排列型の頻度の変化の様子と、平衡時の頻度が異なっている¹¹⁾。

ある標識となり得る形質を選択すると同時に他のいろいろの形質をも選択してしまっている場合も多い。イエバエの幼虫発育の早いものとおそいものをそれぞれ選択し続けると DDT 抵抗性も変化した⁹⁾。チャイロコメノゴミムシ *Tenebrio molitor* の体重の軽いものと重いものばかりを選択し続けると、発育速度のみならず化学的な性質にも差が生じた²⁰⁾。このように殺虫剤抵抗性にみられる交叉抵抗性や、逆相関交叉抵抗性^{15, 46)}などの現象は生態的諸性質の間にも、それらと標識遺伝子との間にもみられる。

5. 遺伝的な変化が生ずるに要する時間と環境抵抗の持続性

個体群の生態的な性質の遺伝的な変化が、個体数変動に影響を与えるためには、個体の平均的な増殖能力に有意な大きさの変化が生じなければならない。また、その変化の早さがごくおそければ、進化学的な面はさておき応用的には大きい問題とはなり得ないかもしれない。それらのことには個体群にその変化を生ずる素地があるかということ、どのくらい選択作用がつけば変化が生ずるかといったことが関与している。

個体群がある形質について非常に均質な個体で構成されているならば、大きい頻度の突然変異を期待しないかぎり選択作用を加えても変化を生じないであろう。ウスグロショウジョウバエの実験で示されたように、集団内の遺伝子型の頻度が平衡に達したのちはその変化が少なくなり、おそらくそれ以上世代を重ねても同じ環境条件が続くかぎり変化はみられない^{11, 27, 48)}。しかし環境条件が変化するとその平衡状態は変化する。それは遺伝的に安定した集団でも遺伝的な多形を保っていることを意味している。

野外の個体群にかぎらず害虫個体群の多くはそれほど均質ではない。いろいろの遺伝子、とくに選択作用の加わらなかった場合には劣悪なものもすぐれたものも含めて非常に多くの種類の遺伝子が保存されていることは現在よく知られている。先に述べたヒツジキンバエの実験⁴⁹⁾において、10個の実験個体群のいずれにも同じ方向の変化がみられたことは、この変化が偶然的なものではなく、新しい突然変異の出現を考える必要のないことを示している。これはいいかえれば両性生殖を行なう生物集団にはいろいろの遺伝的変異が多量に保存されていて、選択作用の変化に応じて遺伝子構成が変化する²⁷⁾ことを示すひとつの例であろう。とくにここで述べているような生物的要因による自然選

択の作用は、地球の緯度や日長の効果によるようなものちがって、歴史的にきわめて長い間安定して保たれたとは考えられないから、これまでに極端な選択が行なわれて個体群が非常に均質になっているとは思われない。個体群に生態的性質の変化が生ずる素地については特殊な場合を除いては考える必要もないほどであろう。

個体群に生態的性質の変化がみられるようになるまでには実験的にはそれほど多くの世代を必要としない。ヒツジキンバエが種内競争によって産卵に必須な蛋白性食物をほとんど必要としない個体が多くあらわれるまでに10世代を要しなかった⁴⁹⁾。寄主と寄生蜂の相互作用で両者の相対的な寄生率の変化は数世代で有意な大きさになった^{53, 60)}。種間競争での競争能力の変化も比較的短かい期間で起こっている^{40, 55)}。殺虫剤抵抗性は10世代で数百倍に発達することがある³⁸⁾。標識遺伝子を用いてしらべるとごく少ない世代数で変化をはっきりとみることができ^{5, 37, 67)}。

個体数の増加を抑制している要因はどのようなものであるか、また、その要因はどのくらいの世代数の間継続して働いているか、などといったことは個体数変動の問題点である。同時にその要因は個体群に選択作用をもっているから、個体群の遺伝的な性質の変化を論ずる場合にも重要なことからである。非常に大きい抑制効果をもち、歴史的にもきわめて長く続いた要因については、個体群はその間にすでに何らかの形でその要因に対して適応的な変化をとげているであろう。したがって大きい頻度の突然変異を期待しないかぎり、同じような強い選択作用が続いても、いまここで問題としているような比較的短かい期間にそれ以上の変化を生ずることは期待し得ない。

しかし、はじめの遺伝子頻度によって選択の効果があらわれるまでに何世代要するかは一概にいえないとしても、新しい環境がこれまでの環境条件とくらべて変化が大きく、しかもその条件がしばらく保たれるならば、ごく少ない世代の間に生態的性質が有意に変化することは期待できる。気候要因のうち日長の年間のリズムは非常に長い間安定して保たれたにちがいない。気温のリズムもあまり大きい変化なしに長く維持されてきたものであろうから、年に1世代の種にあっては季節的な変化はそれほどの意味をもたないかもしれない。しかし季節的な環境条件の変化は比較的短かい期間の変化ではあるが、ショウジョウバエ類のように1年間に数世代を繰り返すような場合には、その間にも環境抵抗に質的に大きい変化を伴うから、個体群の生態的な性質に変化を生ずるかもしれない。

野外の害虫個体数の変動に周期性のみみられる場合があるが²³⁾、その大発生周期または間隔は数世代から

十数世代のものが多い。その個体数変動の山の時期と谷の時期とで抑制要因が異なるということになると、その間の選択作用は無視するわけにはゆかない。ここで述べてきた生物的要因の環境抵抗としての効果は、多くの場合気候要因よりはずっと不安定なもののように思われる。しかしその作用が維持される期間はあまり長期でないし、かといって短かすぎないということが、応用的に問題となるような比較的短かい期間に個体群の質的变化を生じさせる可能性が大きい。

6. 遺伝的な生態的性質の変化が個体数変動におよぼす影響

上に述べてきたように環境要因の作用で個体群の平均的な生態的性質が比較的早く変化することがしばしばみられる。その変化はその環境での適応価を高くするような方向に動くであろうから、個体群の各個体の平均的な増殖能力が変化して、個体数の変動にも影響があらわれるにちがいない。

個体数の調節に関して、遺伝的な性質の変化に大きい意義を認めようとする人^{16,51)}もあれば否定的な人^{59,77)}もある。Franz¹⁶⁾は昆虫の漸進大発生 Gradation のときに、個体数の増加の過程では近親交配が多く生ずることと選択作用が弱いことによつて、個体群内に劣悪な形質をもつ個体が増加し、それが増加に続く個体数の激減に一役かっていることを論じている。Pimentel ら^{59,60)}は寄主と寄生虫あるいは植物と害虫との間の攻撃力や抵抗性の変化というような個体群の遺伝的な feed-back の機構によつても個体数の動的平衡が得られるという作業仮説⁵¹⁾をたて、イエバエとその寄生蜂キョウソヤドリコバチを用いた実験を行なっている。彼らの焦点は個体数変動の振幅の変化や平衡時の密度の変化よりも、寄主と寄生蜂との相互作用系に自然選択によつて平衡が生じ得るかという点に向けられている。いいかえれば、遺伝的な変化が個体数の大きい変動を抑えることができるという面を主張しているようである。

応用的な立場からみたときにより重要と思われる害虫個体数の増加や、漸進大発生のきっかけに、遺伝的な変化がどのような意義をもっているかについてはほとんど述べられていない。この問題は個体数の調節と変動のどちらをより重要に考えるか、あるいはそれぞれの機構の理解の仕方でききく左右される。さらに害虫の場合には、通常保たれている個体数のレベルが経済的に問題となる高さとのような関係にあるか⁶⁰⁾、ということだけでなく、それがその種にとっての環境の究極的な許容量とのような関係があるか⁶⁰⁾によつて意義が左右される。

少なくともも現在のところ害虫個体数の変動機構につ

いての多くの人々の見解は一致しているとはいいがたい。しかし個体群生態学では個体数の変動を研究の主題のひとつとしているので、そこで取りあつかわれている個体群の増殖に関する考え方をもとにして考察することが便利であろうと思われる。また、選択作用のある死亡要因に個体数調節能力があるかないかを考えて、密度依存要因と密度独立要因とにわけて、それぞれによる生態的性質の変化とくに増殖能力や生存能力の変化の意義を考えることが適当と思われる。

個体群の1個体あたりの増殖率 (R または r) は、世代が重ならない場合には世代単位を考えて

$$R = \frac{N_1}{N_0} = B - D - H(N_0),$$

また世代が完全に重なってしまうときには、単位時間で考えて、

$$r = \frac{dN}{Ndt} = b - d - h'(N)$$

で示されるとしよう。ここで N は個体数、 N_0 ははじめの世代の個体数で N_1 はそれに続く世代の個体数、 t は時間、 B と b は与えられた環境での最高の出生率を示し、 D と d は密度 (個体数) に無関係な死亡率である。 $H(N_0)$ と $h'(N)$ の項は密度の増加に伴って最高の出生率が減少したり、死亡率が増加したりすることを示す密度依存的なものである。 D と d を $H(N_0)$ や $h'(N)$ の項に含めて密度の函数と考へても差し支えないが、便宜上分けておくことにする。

一般には、 $B - D = R_m$ または、 $b - d = r_m$ という形で示され、これらは与えられた (一定な) 環境条件下で生息密度が最も好適なときの、いいかえれば密度に独立した最高の増殖能力と考へることができる。 r_m は一般に内的増殖能力 innate capacity for increase や内的自然増加率 intrinsic rate of natural increase と呼ばれている¹⁾。

1) 密度独立要因の選択による効果

密度に独立な要因の選択で生ずる増殖率の変化については、 $H(N_0)$ や $h'(N)$ の項の変化は考へないで、 R_m や r_m の変化を考へればよい。選択による R_m の変化量 ΔR_m は B または D の変化量 ΔB または ΔD によつて与えられる。すなわち

$$\begin{aligned} \Delta R_m &= \text{変化後の } R_m - \text{変化前の } R_m \\ &= [(B + \Delta B) - D] - (B - D) = \Delta B, \end{aligned}$$

または

$$\Delta R_m = [B - (D - \Delta D)] - (B - D) = \Delta D$$

である。 r_m の変化も同様に考へられる。

B の変化に伴ない D も変化することが考へられるが、 B が増加すれば D も増加して ΔR が 0 に近づくとようなときには、それは密度依存的な変化と考へる方がよい。

出生率と死亡率の変化の割合は $\Delta B/B$ と $\Delta D/D$ であり、 B や D のとくに大きい昆虫の場合は非常に小さい値をとるので無視され易いことを示している。しかし99%の死亡率が98%にわずかに減少するだけで、個体群の増殖率は2倍の増加になる。もしこれが数世代続けば個体数は幾何級数的に増加し続けて莫大な数に達する可能性がある^{41,65)}。

しかし、 R_m や r_m の変化によって個体数が増加を続けても、個体数は密度依存的な $H(N_t)$ または $h'(N)$ の項の効果によって無限に増加し得ないことも考えられる。個体数の増加が、たとえば単純なロジスチック法則に従うならば、 $h'(N)$ は hN で示されるので、

$$\frac{dN}{Ndt} = r_m - hN = r_m \left(\frac{K-N}{K} \right)$$

となり、個体数の増加し得る限度は K によって与えられる¹⁾。このとき $K=r_m/h$ であるので、 K の値は r_m の変化に比例して変化するため、 r_m がもともと大きい値をとるときには r_m のわずかな変化は K にもわずかな変化として現われるに過ぎない。さらに r_m の変化とともに後で述べる密度依存的な hN に含まれる性質が変化するとき、とくに K の値が環境の許容量 environmental capacity というような考え方で種にとって一定であるということになれば当然 K の値の変化はあり得ないことになる。しかし K がそのような性質のものかどうかはわかっていない。

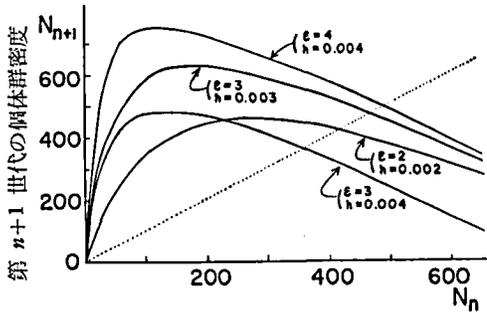
以上のような増殖率のわずかな変化が、前の場合のように大きい効果になってあらわれるか、あるいは後の場合のように効果が小さいかは、害虫の平均的な生息密度がどのような高さに保たれているかによってきまってくる。すなわち害虫の密度が K によって示された高さに保たれていて、それ以上の増加が期待できないときには効果が少ない。何らかの機構、たとえば殺虫剤散布などの人為的操作によって、 K よりはるかに低いところに保たれているならば効果が大きくなる可能性がある。あとで述べる (2-b) ような2個以上の平衡密度をもつ再生産曲線 (第5図) での低いレベルに密度が保たれている場合も効果は大きくあらわれるであろう。

2) 密度依存的要因の選択による効果

密度依存的要因については野外において検証しようとする努力が今なお続けられている。その個体数調節能力については十分には認められてはいないが、実験的研究によってその重要性は確かめられつつある。そのような要因についての自然選択の効果は個体数変動を論ずる場合には当然考慮しなければならない。

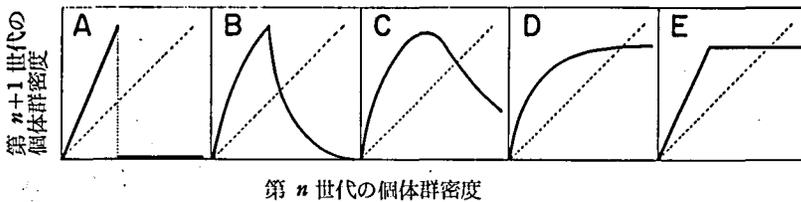
a) 種内競争による自然選択の効果

種内競争によって生ずる個体数の変動の過程は再生産曲線 reproduction curve によってよく示される。再生産曲線は2世代間の個体数関係を示したものである。図の横軸と縦軸とに親世代 (N_n) と子世代 (N_{n+1}) の個体数または密度を同じ単位と尺度にとると、両者の関係を示す曲線と原点を通る 45° の直線との交点はその個体群の平衡密度を示すことになる (第1, 2図)。この交点における曲線の傾斜の度合が個体数の変動の様子をよく示している。



第1図 自然増殖率 (ϵ) と Verhulst-Pearl 係数 (h) がいろいろの値をとるときの再生産曲線の形。点線との交点が平衡密度を示す。藤田・内田 (1952)¹⁷⁾ の式により計算した。

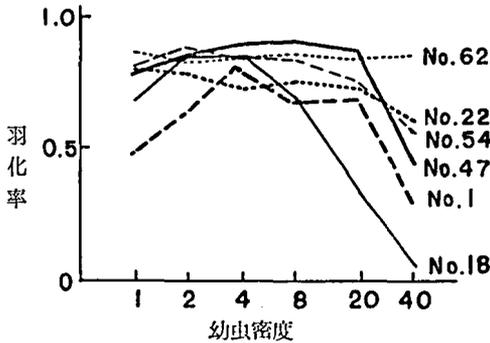
アズキノムシの場合はロジスチック式に基づいて得られた藤田・内田の式^{17,74,75)} でよく示されるが、その式にいろいろの増殖ポテンシャル (ϵ) や Verhulst-Pearl 係数 (h) を入れて求めた再生産曲線を第1図に示した。平衡密度は h の変化に逆比例して変化するこ



第2図 再生産曲線のいろいろの模型。1種の個体群でも再生産曲線はいろいろの環境条件により、あるいは個体群の構成や生態的性質のあらわれ方でこれらのいろいろの形の間を変わり得る。(高橋 1957⁶⁰⁾ を一部改変)。

とがわかる。平衡密度が ϵ の変化に比例的に変化することは先に述べた r_m の変化の場合と同じである。

ヒツジキンバエの密度調節機構が、成虫が産卵するために必要な蛋白性食物に対する競争によって行なわれているときには、成虫密度が高いと総産卵数がかえって著るしく減少する⁶⁰⁾ことになって、次世代の成虫の生産は第2図のB型の再生産曲線で示される⁶⁰⁾。ところが種内競争が数世代続くと同個体群に蛋白性食物をほとんどとらないでも産卵できる個体が多くなって、この山形の曲線の右部(高密度区)の降下の傾斜がゆるやかになり、CやDの形へ変化することになる。キイロショウジョウバエの1令幼虫をいろいろの生息密度で飼育すると、幼虫間の種内競争に対する反応(適応値)は遺伝子型の異なる系統によって異なることがわかる(第3図)。しかも、生存能力の差は好適条件に



第3図 キイロショウジョウバエのいろいろの系統の生存能力と幼虫密度との関係 (Lewontin 1955³²⁾から)

あるよりも種内競争の激しい高い密度において大きい^{14,32,33,47)}。同じことはイエバエにおいてもいえる⁴⁾。はじめにいろいろの系統を混合した個体群では、競争による自然選択で適応値の高い遺伝子型の個体が多く残り、個体群全体としては競争に対する生存能力が高くなるように変化するであろうから、幼虫密度-羽化数曲線の高密度区における降下の傾斜がゆるくなるように変化するであろう。単純ロジスチック式でいうならば、これは r の減少を意味することになる。そして再生産曲線と 45° 線との交点はその変化に応じて上昇するにちがいない。その上昇の程度はヒツジキンバエの場合のようにはじめの曲線が 45° 線に交わる部分の右下りの傾斜の度合の大きいものほどいちじるしい。アズキゾウムシ^{17,75)}やコナマダラメイガ^{61,62)}の再生産曲線ははじめから第2図のCとDの間の形をとるので、交点が上昇したとしてもさほど大きい変化とはなり得ない。その変化は個体群密度の偶然的な変動や固有の振動によっておおいにかされてしまうかもしれない。

Birch⁶⁾は自然選択が増殖率に関してふたつの方向の変化を生ずると述べている。ひとつは実際の増加率 r の増加であり、他のひとつは彼がcritical densityといっているような高い密度に達したときに増加をとどめるような機構の進化で、これは r の減少を意味している。実際にヒョウモンショウジョウバエ *D. busckii* やウスグロショウジョウバエの幼虫と成虫のどちらもが高い密度に保たれている多形的な実験集団では、1年間の自然選択の効果でそれぞれの遺伝子型についての r_m は増加しているけれども、集団全体としての進化の方向は必ずしも r_m の増減とは関係がないように思われる^{14,33)}。実際の平衡密度においてみられる r は r_m と $h'(N)$ とによってきめられるから、たとえ r_m が減少しても $h'(N)$ がより著るしく減少すれば r は大きくなる。だから単に r_m の変化のみならず h' の変化をもはっきりさせることを忘れてはならない。

再生産曲線が第2図のBからDの形へと変化するならば、平衡時の平均密度が増加するとともに個体数の世代間振動がだんだん小さくなってゆくことも期待できる。Pimentel⁶¹⁾のモデルにおいてもそれが示されていて、個体数変動を安定させることになる。多形的 polymorphic な種は単形的 monomorphic な種より絶滅しにくい⁶²⁾。前者は後者よりも進化し易いことを考えれば納得がゆくように思われる。

種の生態的な性質がその環境条件において個体群全体としてはどのような形に実現されるかによって、再生産曲線の形が第2図のBからDの間に変化し得ることが実験的にも示されている^{60,61)}。種内競争の選択作用で、B→Dの方向に変化するならば、種の生態的な性質が選択され易い方向も予想することができる。種個体群の生態的な属性と再生産曲線の形との関係についての例を第1表に示した。たとえば発育の早さのみをとりあげても、単に発育が早くなったりおそくなったりするような変化^{14,64)}ばかりでなく、平衡時における発育速度の個体変異を増大することもその方向のひとつであると考えられる。

b) くうものとくわれるものまたは寄主と寄生虫との相互作用による選択の効果

第1表 個体群の生態的属性と再生産曲線の形 (高橋 1957⁶⁰⁾より)

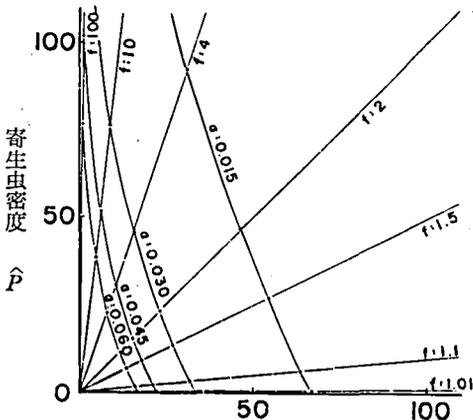
	第2図の再生産曲線の形	
	A ≡ B ≡ C ≡ D ≡ E	
1. 個体群内の年齢構成の変異	小	大
a. 産卵期間	短	長
b. 個体発育の早さ	整一	不整一
2. 食物量の各個体への分配	均一	不均一

寄生虫と寄主あるいは食うものと食われるものとの相互作用によって、両者の個体数変動や個体数の平衡値はどのようになるかという問題については Lotka, Volterra や Nicholson と Bailey が それぞれ数学的なモデルを示して以来いくつかの実験的研究が進められている。これらのモデルには多くの欠点があるとはいっても、変動機構を考えるときの基礎としての価値は失われてはいない。これらのモデルにおいても寄主の増殖能力とともに寄生虫の寄主発見能率は一定と仮定されている。しかし、これまで述べてきたようにこれらの値は寄主と寄生虫との相互作用によって数世代の間に変化してゆく。その変化は個体数の変動の過程に反映されるであろう。

世代が重ならない場合を想定していて取扱いが比較的簡単な Nicholson と Bailey の式⁴⁰⁾を例にとって、寄主の増殖能力 (f) と寄生虫の寄主発見能率をあらわす寄主発見面積 (a) の変化の効果を考えてみよう。この式は世代が進むにつれて個体数の振動が次第に大きくなる性質をもっているから、変動の大きさを云々するよりも、個体数の平衡値にどのような効果を与えるかを考える方が適当と思われる。この寄主と寄生虫のそれぞれの個体数の平衡値 \hat{H} と \hat{P} は次の式で求められる。

$$\hat{H} = \frac{1}{f-1} \hat{P}, \quad \hat{P} = \frac{1}{a} \ln f.$$

寄主によって寄生される前の寄主の密度の平衡値は $f\hat{H}$ によって与えられる。



第4図 Nicholson と Bailey (1935)⁴⁰⁾の式で、いろいろの寄主増殖率 (f) と寄主発見面積 (a) の値をとるときの寄主と寄生虫の平衡密度を交点で示した。

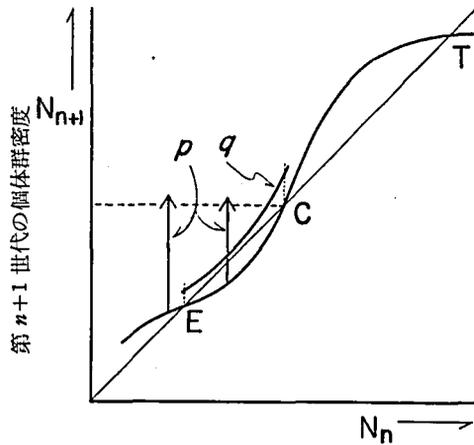
第4図には a と f のいろいろの値を用いて計算した平衡値を示してあるが、平衡密度は a の変化に反比

列して変化することがわかる。寄主についていうならばこれは先に述べた h の変化の場合と同様に考えられる。 f の変化によってほぼ比例的に変化することも先述の r_m の変化と同じ傾向である。

寄主と寄生蜂との相互作用による個体数の世代間の振動形について、内田^{73,75)}は寄生蜂の寄主発見能率と増殖ポテンシャルの面から考察し、第2表のような関係を示した。このような関係は、藤田・内田の式を発展させて理論的にも示され、実験的にも検討されている^{63,73,74,75)}。もし寄主と寄生蜂との相互作用によって寄生蜂の増殖ポテンシャルや寄主発見能率に変化が生ずるならば、個体数変動の振幅や周期にも影響を与えるであろう。もし遺伝的な変化の方向が、その系を安定させ、個体数の変動を少なくするような方向であるならば、振幅が小さく、周期が長くなるような方向であるから、寄生蜂の寄主発見能率や、増殖能力は、以

第2表 寄生蜂の増殖能力と寄主発見能率が寄主と寄生蜂の個体数変動の周期と振幅とにおよぼす影響 (内田 1951⁷³⁾から)

		寄生蜂の増殖ポテンシャル	
		大	小
寄生蜂の寄主発見能率	大	周期は短かく 振幅は大きい	周期は長く 振幅は大きい
	小	周期は短かく 振幅は小さい	周期は長く 振幅は小さい



第5図 2つの平衡点 (E と T) とひとつの離脱点 (C) とをもつ再生産曲線。
 p : ある点で示される個体数が C の高さをこえるように動く個体数の変動。
 q : 曲線が E から C までの範囲にわたって 45° 線より上方に動くような曲線の変動。(高橋 1964⁶⁰⁾より)

上の関係から、どちらも小さくなってゆくことが考えられる。

昆虫の個体数におよぼす天敵の作用については、上述のような個体数の相互の増減についての数の反応 numerical response の関係が強調されてきた。しかし最近天敵の捕食効果のうちの機能の反応 functional response についての研究が進められている²²⁾。そのうち鳥や小哺乳類が森林害虫を捕食するときの捕食作用と害虫密度との間にS字形の機能の反応曲線がみられている^{22, 66)}。アズキゾウムシ⁷²⁾やコナメダメイガの寄生蜂の寄生行動においても同じ関係がみられている。このような関係から求められた再生産曲線には2個以上の平衡密度が期待できる⁶⁶⁾(第5図)。野外での昆虫の個体群に平衡密度が存在するとすれば、それはこのモデルのどの平衡点に相当するのかが問題であるとしても、一応害虫の局地的な小さい個体数変動は低い密度での平衡点(E)を中心としていて、大発生は離脱点(C)を越えての増加と考えることができるだろう。Milne³⁹⁾が昆虫個体数の自然制御に関して示したシエマでいうならば、Eを中心とする平衡は密度の第Ⅱ域にあり、Tを中心とする平衡は密度の第Ⅲ域にあると考えても差し支えない。

害虫個体数がCを越えて増加する過程は、この再生産曲線に確率的な変異や動きを考慮することによって理解できる。それは個体数が事故的にあるいは突発的にCを越える場合(p)のみを考えなくても、EとCの間で曲線全体が45°線の上側に移動し(q)、個体数がEからCまで増加する間(おそらく1ないし数世代)その状態が保たれることによっても生じ得る⁶⁶⁾。

Milne³⁹⁾は第Ⅱ域では密度に依存的な要因と密度に独立な要因とが一緒になって、いいかえれば不完全な密度依存要因 imperfectly density dependent factors によって個体数の平衡が保たれているという。この場合、環境要因の作用が密度に依存するものでもないものであっても、自然選択の効果が期待できるから、それによって個体群の遺伝的な構造が変化し、生存能力や増殖能力が増加するならば、再生産曲線の45°線より上への移行を招き、個体群の漸進大発生のような大きい変動をひき起こす有力な誘因のひとつとなり得ると思われる⁶⁶⁾。

7. む す び

非生物的環境要因のみならず生物的要因の選択作用の効果で、数世代の間に個体群を構成する個体の遺伝的な生態的性質が変化する可能性が非常に高い。しかし、その変化をうけ入れる系の中での害虫個体数変動の機構はいまなお多くの議論のまとなっていて、それに関する多くの説は推測の域を出ないものが多

い。したがって以上に述べたような遺伝的な性質の変化が個体数変動におよぼす効果も推論の域を出ないかもしれない。しかしこのような現象が、ある生態系での害虫個体数の変動機構の中で無視してよいという根拠もない。しかも新しい害虫の出現、作物の抵抗性品種や天敵の導入といった新しい防除方法の導入、あるいは農耕様式の変更は、生態系に大きい変化を伴うので、生態系はそれに応じた新しい平衡状態に移行するであろう。その間に自然選択で個体群の遺伝的な生態的性質は変化するであろう。そのとき個体数の変動におよぼすその効果はとくに注意すべき問題のように思われる。

引用文献

- 1) Andrewartha, H.G. and L.C. Birch: The distribution and abundance of animals. Chicago, 782pp (1954).
- 2) Bakker, K.: *Arch. N.erl. Zool.*, 14, 200~281 (1961).
- 3) Balch, R.E.: *Ann. Rev. Entomol.*, 3, 449~468 (1958).
- 4) Bhalla, S.C. and R.R. Sokal: *Evolution*, 18, 312~330 (1964).
- 5) Birch, L.C.: *Evolution*, 9, 389~399 (1954).
- 6) Birch, L.C.: *Am. Naturalist*, 94, 5~24 (1960).
- 7) Brown, A.W.A.: 防虫科学, 22, 277~282 (1957).
- 8) Brown, A.W.A.: *Bull. Ent. Soc. Amer.*, 7, 6~19 (1961).
- 9) 武梅和雄・福原佳春: 防虫科学 29, 9~14 (1964).
- 10) DeBach, P.: *Proc. 10th Intn. Congr. Entomol. 1956*, 4, 759~768 (1958).
- 11) Dobzhansky, Th.: *Evolution*, 1, 1~16 (1947).
- 12) Dobzhansky, Th.: *Heredity*, 1, 53~64 (1947).
- 13) Dobzhansky, Th., W.W. Anderson, O. Pavlovsky, B. Spassky, and C.J. Wills: *Evolution*, 18, 164~176 (1964).
- 14) Dobzhansky, Th., R.C. Lewontin, and O. Pavlovsky: *Heredity*, 19, 597~614 (1964).
- 15) Ford, H.D. and E.B. Ford: *Trans. Ent. Soc. Lond.*, 78, 345~352 (1930).
- 16) Franz, J.M.: *Zeitsch. Angew. Entomol.*, 31, 228~260 (1950).
- 17) 藤田 博・内田俊郎: 個体群生態学の研究 1, 1~14 (1952).
- 18) 深谷昌次: 農学研究 37, 121~123 (1948).
- 19) 深谷昌次: 松虫 3, 78~80 (1949).
- 20) Hadorn, E. and I. Walker: *Rev. Suisse Zool.*

- 67, 216~225 (1960).
- 21) 平石重太郎: 応動昆 3, 107~113 (1959).
- 22) Holling, C. S.: *Ann. Rev. Entomol.*, 6, 163~182 (1961).
- 23) 伊藤嘉昭: 科学 38, 39~45 (1968).
- 24) 巖 俊一: 植物防疫 21, 228~237 (1967).
- 25) Kettlewell, H. B. D.: *Heredity*, 10, 287~301 (1956).
- 26) Kettlewell, H. B. D.: *Ann. Rev. Entomol.*, 6, 245~262 (1961).
- 27) 木村資生: 集団遺伝学概論, 培風館, 312pp (1960).
- 28) Kiritani, K. and S. Iwao: *Proc. Symp. Intn. Rice Res. Inst. 1964*, 45~101 (1967).
- 29) Leclercq, J.: *Nature*, 198, 106~107 (1963).
- 30) Lejeune, R. R. and V. Hildahl: *Canad. Entomol.*, 86, 337~345 (1954).
- 31) Lerner, J. M. and F. K. Ho: *Am. Naturalist*, 95, 329~343 (1961).
- 32) Lewontin, R. C.: *Evolution*, 9, 27~41 (1955).
- 33) Lewontin, R. C., and Y. Matsuo: *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S.*, 49, 270~278 (1963).
- 34) Masaki, S.: *Bull. Fac. Agr. Mie Univ.*, 13, 29~46 (1956).
- 35) Masaki, S.: 昆虫 34, 277~288 (1966).
- 36) 正木進三: 昆虫 35, 205~220 (1967).
- 37) McDonald, D. J. and N. J. Peer: *Genetics*, 45, 1317~1333 (1960).
- 38) Metcalf, R. L.: *Organic insecticides*, London and New York 392pp (1955).
- 39) Milne, A.: *J. Theoret. Biol.*, 3, 19~50 (1962).
- 40) Moore, J. A.: *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S.*, 38, 813~817 (1952).
- 41) Morris, R. F.: *Canad. Entomol.*, 89, 49~69 (1957).
- 42) Muldrew, J. A.: *Canad. J. Zool.*, 31, 313~332 (1953).
- 43) Nicholson, A. J.: *Cold Spr. Harbor Symp. Quant. Biol.*, 22, 153~173 (1957).
- 44) Nicholson, A. J. and V. A. Bailey: *Proc. Zool. Soc. Lond. 1935*, 3, 551~598 (1935).
- 45) 荻田善一: 防虫科学 23, 188~208 (1958).
- 46) 荻田善一: 防虫科学 26, 7~18 (1961).
- 47) Ohba, S.: *Heredity*, 22, 169~185 (1967).
- 48) 大島長造・平俊丈: 駒井・酒井編 集団遺伝学, 培風館 101~120 (1956).
- 49) 尾崎幸三郎: 防虫科学 27, 81~96 (1962).
- 50) Ozaki, K.: *Appl. Ent. Zool.*, 1, 189~196 (1966).
- 51) Pimentel, D.: *Am. Naturalist*, 95, 65~79 (1961).
- 52) Pimentel, D.: *Canad. Entomol.*, 95, 785~792 (1963).
- 53) Pimentel, D., W. P. Nagel, and J. L. Madden: *Am. Naturalist*, 97, 141~167 (1963).
- 54) Pimentel, D. and R. Al-Hafidh: *Ann. Ent. Soc. Amer.*, 58, 1~6 (1965).
- 55) Pimentel, D., E. H. Feinberg, P. W. Wood, and J. T. Hayes: *Am. Naturalist*, 99, 97~109 (1965).
- 56) Reed, S. C. and E. W. Reed: *Evolution*, 4, 34~42 (1950).
- 57) Sheppard, P. M.: *Natural selection and heredity*, London 212pp (1958).
- 58) Spiess, E. B.: *Evolution*, 11, 84~93 (1957).
- 59) Stern, V. M., R. F. Smith, R. van den Bosch, and K. S. Hagen: *Hilgardia*, 29, 81~101 (1959).
- 60) 高橋史樹: 日生態会誌 7, 145~149 (1957).
- 61) 高橋史樹: 日生態会誌 9, 101~107 (1959).
- 62) 高橋史樹: 応動昆 5, 239~244 (1961).
- 63) 高橋史樹: 日生態会誌 11, 239~245 (1961).
- 64) 高橋史樹: 日生態会誌 12, 166~169 (1962).
- 65) Takahashi, F.: *Res. Popul. Ecol.*, 5, 117~129 (1963).
- 66) Takahashi, F.: *Res. Popul. Ecol.*, 6, 28~36 (1964).
- 67) Takahashi, F. and D. Pimentel: *Ann. Ent. Soc. Amer.*, 60, 623~625 (1967).
- 68) 田村市太郎・岩田俊一・岸野賢一: 応動昆 3, 243~249 (1959).
- 69) Tsuji, H.: 応動昆 4, 173~181 (1960).
- 70) 塚本増久: 防虫科学 31, 1~13 (1965).
- 71) 塚本増久・大垣昌弘: 防虫科学 18, 39~44 (1953).
- 72) 内田俊郎: 生態学研究 9, 40~54 (1943).
- 73) 内田俊郎: 応用昆虫 7, 1~7 (1951).
- 74) Utida, S.: *Mem. Coll. Agr. Kyoto Univ.*, 71, 1~34 (1955).
- 75) Utida, S.: *Cold Spr. Harbor Symp. Quant. Biol.*, 22, 139~151 (1957).
- 76) Utida, S.: *Ecology*, 38, 442~449 (1957).
- 77) Wilbert, von H.: *Zeitsch. Angew. Entomol.*, 52, 185~204 (1963).
- 78) Williamson, M. H.: *Am. Naturalist*, 92, 329~335 (1958).
- 79) Wright, S. and Th. Dobzhansky: *Genetics*, 31, 125~156 (1946).

80) Yanagishima, S.: *Mem. Coll. Sci. Univ. Kyoto B*, 28, 309-329 (1961).

Summary

A change in operating mode of the environmental factors induces an evolution in population when the condition is maintained thereafter for several generations. Some of the ecological characters of an insect change rapidly in a short period of several generations as a result of natural selection by the environmental factors. Such evidences were reviewed in natural populations and in the experimental populations. In some cases the marker genes are helpful to detect the rapid change of ecological character in a short period of time.

The influences of the evolutionary change in an ecological character upon the fluctuation of an insect population were discussed from the stand-

point of several theories on population dynamics. Whether the effect of such evolution is intense enough to raise the eruption of population or not depends on the conception. Any idea of population dynamics is still remained in a maze of controversy and the effect of evolutionary change might also be of speculative.

However, an appearance of new pest insect, an introduction of new control programs such as an introduction of natural enemy and of resistant strain of plant and a modification of horticultural management system accompany a great disturbance in ecosystem. While the ecosystem evolves into a balanced homeostasis the evolutionary change in some ecological characters of an insect pest would also occur possibly exerting its influence on population dynamics. The importance of the study of the hereditary evolution is stressed in population dynamics.

抄 録

ワタアカミムシ雌蛾からの *N, N*-diethyl-*m*-toluamide の単離.

Isolation of *N, N*-Diethyl-*m*-toluamide (Deet) from Female Pink Bollworm Moths. W. A. Jones and M. Jacobson. *Science* 159, 99 (1968).

1966年ワタアカミムシ (*Pectinophora gossypiella* Saunders) の性誘引物質が 10-propyl-*trans*-5,9-tridecadienyl acetate (propylure) と決定された。この物質は実験室的な生物試験では非常に強力であるが、野外試験では効果がない。しかし雌蛾からの塩化メチレン粗抽出物は野外でも誘引性を示す。このことから propylure が性誘引性を発揮するためのなにか賦活剤の存在が予想された。propylure と不活性な雌抽出画分を混合すると活性が発現することから、賦活剤の単離が試みられた。雌蛾抽出物を -20°C でアセトン分画し、可溶部を室温下メタノール抽出して propylure を除き、メタノール不溶部 (1g) を得た。この油分を硝酸銀処理シリカゲルカラムで分離し、25, 50% エーテル含有ヘキサンの溶出分画からガスクロマトグラフィー単一ピークの油分 608mg を得た。IR: 1630cm^{-1} (第三級アミドのカルボニル) $650\sim 900\text{cm}^{-1}$ (メタ置換の芳香族); 分子量 191 (質量分析) 分子式 $\text{C}_{12}\text{H}_{17}\text{NO}$; NMR: $\delta 7.10$ (4個の芳香族水素), $\delta 1.11$ triplet, $\delta 3.31$ quadruplet (2個の等価なエチル基), $\delta 2.33$ (芳香族環のメチル基)。以上の結果から構造は

N, N-diethyl-*m*-toluamide と決定された。なお合成化合物の IR, NMR, 質量分析結果とも一致した。本物質はすぐれた昆虫の忌避剤として知られており、単離された化合物は熱帯シマカ (*Aedes aegypti*) に対して合成物と同様に忌避作用を示す。しかし本物質がワタアカミムシ蛾に対していく分誘引性を示すことは、すでに報告されていた。羽化3~5日後のワタアカミムシ雌蛾に多量含まれ、雌蛹に少量、雄および雌幼虫にはまったく含まれていない。(桑原保正)

ケカビ目菌類の性物質

Sexual Factor of the Mucorales. H. Van Den Ende, *Nature* 215, 211 (1967).

Phycomyces blakesleeanus, *Mucor mucedo* などケカビ目のカビでは接合を生じることから性物質の生成が以前から推定されてきた。著者らは *Blakeslea trispora* をもちい、potato-glucose 培地で振とう培養して性活性をしめす物質を得た。

まず5日間培養の酸性培地を diethylether で抽出、これを Hyflo-supercel の分配クロマトグラフィーにかける。さらに hexane, benzene, diethylether をそそぐと活性物質は溶出した。この分画のペーパークロマトグラムにはすくなくとも5つのUV吸収物質がある。しかし $R_f 0.65$ のみが活性をもつ。このスポットを希アルカリで溶出、ペーパー上で再クロマトグラフ