

Interaction between a host and its parasite. Syôzi WATANABE (Entomological Laboratory, College of Agriculture, Kyoto University) Received May 6, 1950. *Botyu-Kagaku*, 15: 73 (with English résumé 79.)

## 12. 寄主と寄生蜂の相互作用\*

渡辺昭二(京都大学農学部昆虫学研究室) 25.5.6 受付

### I. 緒言

一般に2種の生物が共存して1つの個体群を形成しているとき、そこに1つの相互作用が生ずる。食うもの(predator)と食われるもの(pre-y)との間に見られる相互作用、特に時間の変化につれて生ずる兩種の個体数の変動は種間競争の一型として生態学上興味ある問題である。更に問題を昆虫類のみに限定しても、害虫の防除を主要目的とする応用昆虫学の中でその将来を期待される生物的防除法の基礎的理論として、害虫とその敵虫との間の相互作用の研究は欠くことが出来ない。

今まで特殊の場合にしか成功していなかつた生物的防除法が果して一般の場合にも成立し得るかどうかは疑問であるが、若し成立つならばそれは如何なる形でなされるべきか、又害虫の化学的、物理的防除法を最も有効な形で実際に適用するにはどのようにすべきかとゆう問題に答えるためには、自然を形成する種々の生物の作りあげている1つの系の靜的な又動的な状態を熟知しなければならない。従つて寄生蜂等のいわゆる天敵が占めている役割は、それが直接に害虫の防除に有効であろうとなかろうと、害虫の発生消長に與える影響の大ききさをはつきりと知るために是非これらの間の相互作用を研究せねばならない。今までになされた食うものと食われるものとの相互作用に関する実験的研究は Gause (1934, 1936) が原生動物やダニを用いて弛緩型の振動 (relaxation oscillation) を発見したこと、DeBach & Smith (1941) がイエバエ *Musca domestica* と *Mormoniella vitripennis* を用いて Nicholson & Bailey (1935) によりたてられた理論を証明しようとした試み、内田 (1938) がより自然に近い実験個体群で寄主・寄生蜂兩種の棲息密度が偶然によるとは思われぬ或消長を示すのを見つけたこと、の3つしか行われていない。

理論的研究としては Lotka, Volterra による完全に世代が重り合つたときの時間に対して連続な変化を考え、微分方程式を用いてその関係を記述しようとしたものや、Nicholson & Bailey の世代の全然重り合わない不連続な場合に対するものがある。昆虫に於ては世代の完全な重り合いは考えられず、Nicholson & Bailey が行つた世代を時間の單位とした不連続の

場合の取扱いの方が実際によく合うと思われる。そのようなわけでこの実験は Nicholson & Bailey の理論の実験的吟味を第一の目的として行われた。

DeBach & Smith も Nicholson & Bailey の理論式の正否を実験的個体群で調査し第7世代までの間ではよく合致したと報告した。然し彼等の実験ではたゞ1つの寄主及寄生蜂密度の組合せの場合を出発点とし、又寄主の増殖力としては任意に2とゆう恒数をとつた場合のみしか行われていない。出発点の密度の組合せや寄主の増殖力を色々に変えてみたらどうなるであろうか、そしてそれらはどのような関係をなしているであろうかを調べようと本論文では DeBach & Smith よりも1歩廣い範囲に踏出した場合の実験的研究を試みた。

この実験の始めから終りまで面倒をみていただいた内田俊郎先生に厚くお礼申し上げます。色々とお世話になつた河野達郎氏外研究室員の皆様へ感謝致します。

### II. 実験材料

実験材料はアズキゾウムシ *Callosobruchus chinensis* (L.) とその老熟幼虫に寄生する寄生蜂コガネコバチ科の1種、*Neocatolaccus manesophagus* Ishii et Nagasawa を用いた。

兩種共当研究室で十年余連続して飼育したもので生理的に1系統とみなされる。これらの材料は飼育するのに大きな空間を必要とせず、又寄主の被寄生期が動かない令期であるため実験にも理論的取扱いにも便利である。

アズキゾウムシは約15%に調濕した大納言とゆう品種の小豆で、又寄生蜂はそのような條件で飼われたアズキゾウムシを寄主として飼育した。飼育温度は  $30^{\circ}$  ( $\pm 1^{\circ}$ )、関係湿度は約75%であつた。

### III. 実験方法

寄主及寄生蜂の第  $n$  世代の密度を  $h_n, p_n$  とし寄主の増殖力を  $f$  とする。  $f$  は寄生を免がれた寄主1匹が次の世代の寄生を受ける令期までに何倍にふえるかとゆうことで、若し寄主の性比が  $1/2$  ならば1♀当り  $2f$  倍にふえることを意味する。

最初  $h_1, p_1$  匹の寄主及寄生蜂をシャーレに入れる。寄生蜂は48時間寄主を探して産卵する。48時間経てば寄生蜂は全部取出してしまふ。其後20日間を經過すれば寄生を免がれた寄主は羽化脱出しており、寄生蜂の

\* 京都大学農学部昆虫学研究室業績 第191号

子孫も全部羽化脱出を終わっている。この時期にはその次の世代の寄主及寄生蜂はまだ幼虫期であるから2つの世代が重ることはない。従つて最初に寄主と寄生蜂を入れた日から20日目に容器内の寄主と寄生蜂の数及びその性比を調べた。

第2世代の寄主及寄生蜂数 ( $h_2, p_2$ ) をきめるには  $p_2$  は20日目に羽化していた寄生蜂数をもつてした。これは普通よりも♀の方が多きが性比の変化をも考えると複雑になるので寄生蜂の性比は常に  $1/2$  とした。 $h_2$  は  $h_1$  から羽化脱出した寄生蜂数  $p_1$  を引きこれを  $f$  倍した。実際には

$$h_2 - p_2 = (\text{羽化脱出寄主数})$$

とはならないが便宜上1つの仮定を設けたのである。

上述のようにして定めた  $h_2, p_2$  は便宜上、寄生蜂は、20匹以下は2匹, 21~50匹は4匹, 51~200匹は10匹, 201匹以上は20匹, 単位とし、寄主は100匹以下は10匹, 101~700匹は20匹, 701~1000匹は30匹, 1001匹以上は50匹を単位として切上げ又は切下げを行つた。この単位は密度が高くなる程大きくなつてゐるが、それは高密度ならばその影響が小さくなると考えたからである。

$h_3, p_3, h_4, p_4, \dots$  は順次このようにしてきめていつた。

$f$  の値は本来ならば親世代の寄主の密度により変化するのであるが、こゝでは実験及び推論の便宜上3つの値を定めた。従つて行つた実験は次の7組である。

Table I. Design of experiments.

| Series                        | I  | II | III | IV  | V   | VI  | VII |
|-------------------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Host density at start         | 80 | 80 | 80  | 160 | 160 | 160 | 240 |
| Parasite density at start     | 2  | 2  | 2   | 2   | 2   | 6   | 20  |
| Power of increase of the host | 2  | 3  | 4   | 2   | 3   | 2   | 2   |

実験はすべて  $30^\circ (\pm 1^\circ)$  に調節された暗黒の恒温器の中で行つた。直径 8.5cm, 高さ 1.8cm のシャーレを Z. wölfer の考案した方法で食塩飽和溶液を用いて関係温度が  $75\%$  内外になるようにした。

一方、大体 1粒が 0.15~0.20gr の小豆をよりわけ、それに相当量のアズキゾウムシを入れて24時間産卵させ其後15日を経過したものを寄主として用いた。15日と定めた理由は、内田 (1943a) によれば寄生蜂 *N. mamezophagus* の寄生率の最も高い時期が寄主の産卵後 15~16日目であるためで、この時期には既に寄主は老熟幼虫、前蛹又は蛹になつてゐる。

次に寄主の密度であるが、寄主の始めの密度とは寄生適期の寄主の数である。然しこれは小豆を割つてみなければ数えられない。そのため寄生適期にまで成育

した寄主は、寄生を受けなければもう羽化するまで死亡しないと考へ、内田 (1942) によつて得られたアズキゾウムシの孵化卵数と羽化脱出成虫数との関係をあらわす実験式

$$y = 11 (1 - e^{-0.0451x})$$

( $y$ :羽化寄主数,  $x$ :孵化卵数,  $e$ :ナピエルの常数) を用いて寄生適期の寄主幼虫数を計算した。

2, 3, 4, のいずれか1つの一定値にきめた管の  $f$  の値が多少変動しているのはこの補正を実験途中で気がついたので、さかのぼつて実施したためである。

このようにして所定数の寄主がついた小豆の粒をとり、常に寄生蜂に対する環境を一定にするため全重量が 30gr になるまで寄主のつかない新しい小豆をつけ加え、シャーレの底が小豆で一重に蔽われるようにしてその中に羽化後48時間以内の所定数の寄生蜂を入れた実験結果は2回の繰返しの平均値である。尚実験の一部は終了後の小豆をアルコール液にしてとつて置き、後で切開いて小豆の中で死んだ寄主及寄生蜂数を調べた。この場合幼虫期に死んだものは判別し難いので成虫にまでなつても、小豆から脱出できずに死んだものだけを数えた。

#### IV. 寄主と寄生蜂の個体数の消長

寄主及寄生蜂の出発点の密度の異なる組合せと寄主の増殖力  $f$  とを交えた7つの場合の実験結果は第2表に示してある。その関係を図表にしたものが第1図で、図中実線は実験値、点線は Nicholson & Bailey (1935) の理論式を用いて計算したものである。

Nicholson & Bailey によれば第  $n$  世代の寄主の終りの密度及び寄生蜂の密度を各々  $h_n, p_n$  とし、寄主の増殖力を  $f$ , 寄生蜂の寄主発見の能率をあらわす係数即ち寄主発見面積を  $a$  としたとき、

$$h_{n+1} = f h_n e^{-p_n a} \dots \dots (1)$$

$$p_{n+1} = f h_n - h_{n+1} \dots \dots (2)$$

が成立する。こゝに  $e$  はナピエルの常数で 2.718 である。

(1) から

$$a = \frac{-\log_e \frac{h_{n+1}}{f h_n}}{p_n} \dots \dots (3)$$

を導き (3) の  $h_{n+1}, p_n, f h_n$  に実験値を入れて  $a$  を計算する。

このようにして得た  $a$  の値を再び (1), (2) に代入して求めた  $f h_n, p_{n+1}$  をつらねたものが図中の点線である。 $a$  の値としては I から VII までの実験を通じて得られた平均値 0.0288 を用いた。

DeBach & Smith の実験ではこの方法で算出された各世代の密度の理論値と実験値とは第7世代迄の間では相当よく一致した。然し本実験では系列 I から VII 迄を通じ全然一致していない。理論値ではどの系

Table II. Results of interaction between populations of parasite and host in successive generations.

| Series                                 | I      |           | II     |           | III    |           | IV     |           | V      |           | VI     |           | VII    |           |     |
|--|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|-----|
|  | Host   | Para-site | Host   | Para-site | Host   | Para-site | Host   | Para-site | Host   | Para-site | Host   | Para-site | Host   | Para-site |     |
| Intensity at start                     | 80     | 2         | 80     | 2         | 80     | 2         | 160    | 2         | 160    | 2         | 160    | 6         | 240    | 20        |     |
| Generation                             | 1      | 130       | 14     | 170       | 14     | 260       | 14     | 280       | 20     | 360       | 20     | 270       | 24     | 290       | 60  |
|  | 2      | 210       | 24     | 430       | 28     | 760       | 70     | 440       | 69     | 630       | 150    | 360       | 70     | 440       | 140 |
|  | 3      | 290       | 60     | 1100      | 150    |           |        | 580       | 150    |           |        | 440       | 150    | 640       | 120 |
|  | 4      | 440       | 140    | 2340      | 320    |           |        | 820       | 170    |           |        | 730       | 130    | 840       | 220 |
|  | 5      | 640       | 120    |           |        |           |        | 910       | 360    |           |        | 1030      | 200    |           |     |
|  | 6      | 840       | 220    |           |        |           |        |           |        |           |        | 1400      | 360    |           |     |
|  | 7      |           |        |           |        |           |        |           |        |           |        | 1750      | 520    |           |     |
| Power of increase of a host (mean)     | 2.152  |           | 3.130  |           | 3.985  |           | 2.004  |           | 2.785  |           | 2.044  |           | 2.163  |           |     |
| Area of discovery of a parasite (mean) | 0.0286 |           | 0.0326 |           | 0.0612 |           | 0.0187 |           | 0.0480 |           | 0.0078 |           | 0.0079 |           |     |

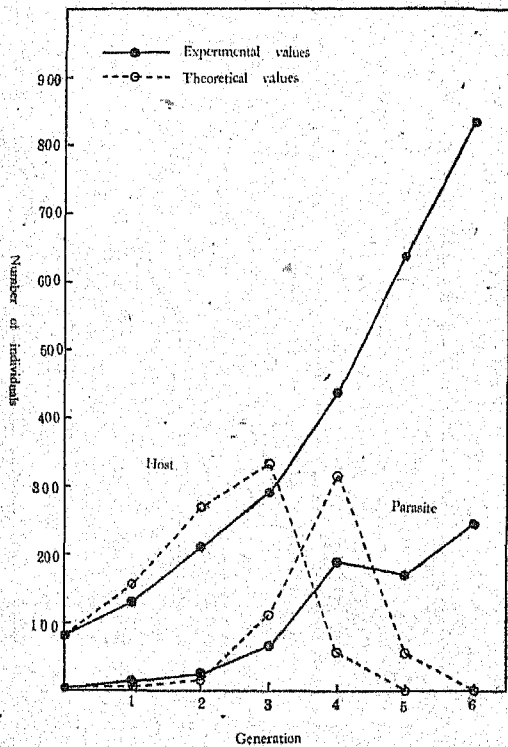


Fig. I. Interaction between populations of parasite and host in successive generations. Host density at start of the experiment; 80, Parasite density at start of the experiment: 2, Power of increase of the host: 2, Area of discovery of a parasite: 0.0286.

列も2~3世代目に寄主がそれに少し遅れて寄生蜂が、最大数に達し4~6世代目に両種とも絶滅する。ところが実験値では両種共増殖を続けて減少の様子は見えない。

このように Nicholson & Bailey の理論と大きく差が出来た理由として寄主発見面積の変化とゆうことが考えられる。彼等の理論では  $a$  は寄主発見の能率をあらわす恒数であるが、D. Bach & Smith も又実験から得た値から  $a$  を定め、これを恒数として理論値を計算した。然し彼等の場合は寄主と寄生蜂の個体数の変動の範囲が狭かつたため、各世代に於ける寄主と寄生蜂の相互作用の状態は略等しく、言換えれば繰返しの実験のそれに近いものであつた。従つて各世代に於ける  $a$  の値が略等しく、その平均値をとつて計算したものが実験値に近くなるのは当然である。然し筆者の実験では各世代毎に計算した  $a$  の値は第3表に見られるように大きく変化している。従つてその平均値を用いて各世代の理論値を計算したならば、それだけでも実験値と合わないのは当然である。

次に寄主と寄生蜂の出発点の密度を変えた場合を第2表について較べてみると、系列 I, IV, VI, VII, は何れも同様な傾向であり、本実験の場合には出発点の密度の違いが寄主と寄生蜂の個体数の変動に及ぼす大きな影響はなさそうである。

寄主の増殖力  $f$  を変えたために生じた影響をみると、若し寄生蜂がいなかつたとすれば、出発点の密度が  $h$ , 第  $n$  世代の寄主の密度が  $h_n$  ならば

$$h_n = f^n h$$

となり、世代から世代へ  $f$  倍ずつふえてゆくと寄生蜂の存在により  $f$  よりも低いところでおさえられる。

Table III. Change of the area of discovery of a parasite at various combinations of host and parasite densities

| Host density | Parasite density | Area of discovery of a parasite |
|--------------|------------------|---------------------------------|
| 80           | 2                | 0.0009                          |
| 100          | 2                | 0.0092                          |
| 360          | 20               | 0.0268                          |
| 160          | 6                | 0.0265                          |
| 260          | 14               | 0.0224                          |
| 430          | 28               | 0.0148                          |
| 130          | 14               | 0.0146                          |
| 240          | 20               | 0.0141                          |
| 170          | 14               | 0.0134                          |
| 210          | 24               | 0.0132                          |
| 280          | 20               | 0.0124                          |
| 290          | 60               | 0.0114                          |
| 270          | 24               | 0.0114                          |
| 360          | 70               | 0.0080                          |
| 440          | 60               | 0.0073                          |
| 640          | 120              | 0.0037                          |
| 820          | 170              | 0.0034                          |
| 730          | 130              | 0.0026                          |
| 440          | 150              | 0.0024                          |
| 440          | 140              | 0.0023                          |
| 1100         | 150              | 0.0023                          |
| 1050         | 200              | 0.0021                          |
| 1400         | 360              | 0.0013                          |

第4表をみると寄主の増殖率 ( $h_{n+1}/h_n$ ) は出発点の寄主密度の如何にかかわらず  $f$  の値によつて大体一定している。又  $f$  と  $h_{n+1}/h_n$  との差即ち寄生蜂による寄主抑制の程度と  $f$  との関係は  $f$  が大きい程  $f - h_{n+1}/h_n$  も大きくなつてゐる。これは寄主の増殖力  $f$  が大きくなる程、寄生蜂の寄主抑制の割合も又大きいことを意味する。然し寄主の絶対数は  $f$  の大きい程世代の経過と共に大きくなつてゐる。

Table IV. Relation between power of increase of the host ( $f$ ) and its reproductive rate ( $\frac{h_{n+1}}{h_n}$ )

| Series | $f$ (mean value) | $\frac{h_{n+1}}{h_n}$ (mean value) | difference ( $f - \frac{h_{n+1}}{h_n}$ ) |
|--------|------------------|------------------------------------|--|
| I      | 2.152            | 1.485                              | 0.667                                    |
| IV     | 2.004            | 1.432                              | 0.572                                    |
| VI     | 2.044            | 1.416                              | 0.628                                    |
| VII    | 2.163            | 1.372                              | 0.791                                    |
| II     | 3.130            | 2.334                              | 0.796                                    |
| V      | 2.785            | 2.000                              | 0.785                                    |
| III    | 3.085            | 3.085                              | 0.900                                    |

V. 寄主と寄生蜂の相互作用

前節に於けるように世代を時間の單位と考へた場合には、寄主数 ( $h_n$ ) と寄生蜂数 ( $p_n$ ) と次世代寄生蜂数 ( $p_{n+1}$ ) の間の一般的な關係がわかれば、どのような場合にも寄主と寄生蜂の個体数の時間的變動がわかる筈である。

親の世代の密度  $h_n, p_n$  を與へればそれに対する次世代の寄生蜂の数 ( $p_{n+1}$ ) は決定されると考へれば、

$$p_{n+1} = \varphi(h_n, p_n)$$

となる。この  $\varphi(h_n, p_n)$  なる函數の形をきめればよい。

Nicholson & Bailey (1935) は幾つかの假定をもとにして (1) 及び (2) 式を導いた。然しこの式は筆者の考へによれば充分だとは思はれない。又寄主の増殖力  $f$  もここでは恒數としたが實際は親世代の寄主の密度により變化するもので、羽化脱出寄生蜂数 ( $p_{n+1}$ ) も始めの寄主密度 ( $fh_n$ ) から羽化寄主数  $h_{n+1}$  を引いたものに等しくはない。そこで  $m$  と實際に適

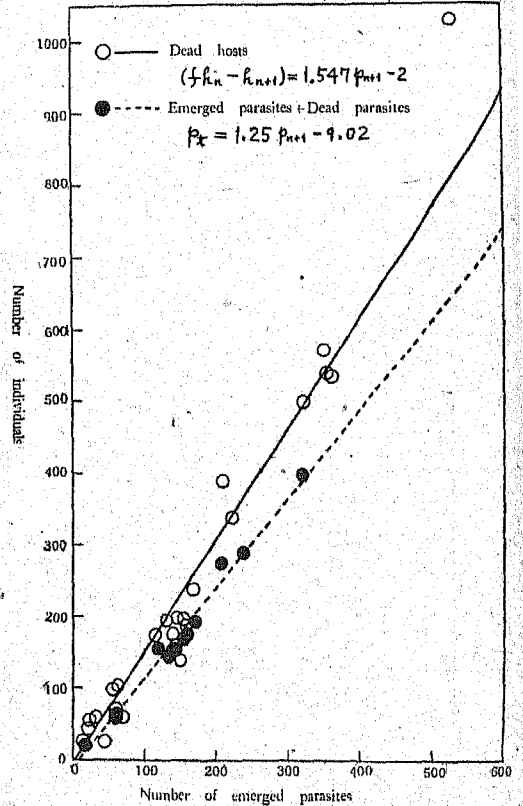


Fig. 2. Relation between dead hosts ( $fh_n - h_{n+1}$ ) and emerged parasites ( $p_{n+1}$ ), and that between total number of parasites ( $p_{n+1} + p_n$ ) and emerged parasites.

Equations in the figure were obtained by the method of averages.

合する關係式を求める第一の段階として  $h_n, h_{n+1}, p_n, p_{n+1}, a$  等の間の關係をしらべてみた。

(1) 寄主と寄生蜂の小豆内死亡数の調査

前節では羽化寄生数は始めの寄主数から羽化脱出寄生蜂数を減じたものに等しいとゆう假定を設けた。然し実験結果をみると両者の間には相当開きがある。この開きの原因を知るために、寄主及寄生蜂が全部羽化脱出した後の小豆を切開いてみた。その結果は第5表に示してある。

羽化脱出寄生蜂数、羽化脱出寄主数、死亡寄主数、死亡寄生蜂数の総和は始めの寄主数の94.6%で大体一致している。不足分5.4%は誤差又は幼虫期で死亡した寄主及び寄生蜂数等であろう。

Table V. Number of emerged and dead hosts and parasites at various combinations of host and parasite densities.

| Initial density of host | Parasite density | Number of emerged parasites | Number of emerged parasites | Number of dead hosts | Number of dead parasites | Total number of emerged and dead individuals of both hosts and parasites |
|-------------------------|------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|--|
| 80                      | 2                | 56.0                        | 14.5                        | 0.5                  | 5.0                      | 76.0   |
| 440                     | 140              | 220.5                       | 121.0                       | 21.0                 | 35.5                     | 398.0  |
| 430                     | 28               | 235.0                       | 145.5                       | 6.5                  | 15.5                     | 402.5  |
| 1100                    | 150              | 599.5                       | 321.0                       | 48.0                 | 78.5                     | 1047.0   |
| 440                     | 60               | 253.0                       | 156.0                       | 33.0                 | 6.0                      | 448.0  |
| 730                     | 130              | 341.0                       | 206.0                       | 24.0                 | 69.0                     | 640.0  |
| 410                     | 150              | 163.0                       | 171.0                       | 5.0                  | 24.0                     | 363.0  |
| 450                     | 60               | 292.0                       | 168.0                       | 6.0                  | 9.0                      | 475.0  |
| 410                     | 120              | 230.0                       | 130.5                       | 14.5                 | 17.0                     | 392.0  |
| 290                     | 60               | 114.5                       | 143.5                       | 6.0                  | 14.0                     | 278.0  |
| 540                     | 150              | 216.0                       | 230.5                       | 10.0                 | 62.0                     | 523.5  |
| 210                     | 24               | 139.5                       | 67.0                        | 3.5                  | 3.5                      | 203.5  |
| 200                     | 48               | 94.0                        | 67.0                        | 8.5                  | 14.5                     | 174.0  |

(2) 羽化脱出寄生蜂数と死亡寄主数との關係

羽化脱出寄生蜂数( $p_{n+1}$ )と死亡寄主数( $fh_n - h_{n+1}$ )との關係は第2圖に示してある。

この両者は略々直線關係をなしているから平均法により方程式を求めると

$$(fh_n - h_{n+1}) = 1.547 p_{n+1} - 2 \dots \dots (4)$$

一方第4表から未成熟死亡寄生蜂数( $p_a$ )と羽化寄生蜂数( $p_{n+1}$ )との關係を求めたところこれもやはり略々直線となりその方程式は

$$p_a = 0.25 p_{n+1} - 9.02 \dots \dots (5)$$

すると寄主幼虫をたおした実際の寄生蜂数( $p_t$ )は

$$p_t = p_{n+1} + p_a = 1.25 p_{n+1} - 9.02 \dots \dots (6)$$

羽化脱出した寄生蜂の約1.25倍のものが寄主をたおしているわけである。

又(4)と(6)とから

$$(fh_n - h_{n+1}) - p_t = 0.297 p_{n+1} + 7.02 \dots \dots (7)$$

すると(7)であらわされる寄主数、即ち第2圖の直線と点線との間の部分は一体如何なる原因で死亡したのであろうか。

その理由としては、

(A) 寄生蜂の幼虫期及び卵期に於ける死亡。

(B) 寄生蜂の産卵管で突きさされたために死亡したもの。

DeBach & Smith はイエバエと *Mormoniella vitripennis* で寄生蜂が実際には産卵をしないうが、寄主を産卵管でつきさして殺すことがあるとのべている。この実験の場合にも同様なことが考えられる。

(C) 実験の誤差。

尚、多寄生とゆう現象を考えれば(7)であらわされ

たものよりもつと多くの寄主が以上の理由で死んでいることになる。

(3) 寄主発見面積の変化

Nicholson & Bailey (1935) は寄生蜂の寄主発見の能率をあらわす係数として寄主発見面積 (area of discovery of a parasite) とゆうものを用いたが、彼等の定義は次のようにあらわすことができる。

$a$ : 寄主発見面積,  $r$ : 寄生蜂の知覚半径,  $t$ : 寄生蜂の運動時間 (普通成虫の壽命を意味する),  $v$ : 寄生蜂の運動速度,  $\eta$ : 寄主発見の効率 (知覚半径内に入った寄主の何%を発見出来るかとゆうこと) とすれば

$$a = 2r \cdot v \cdot t \cdot \eta$$

$r, v, t, \eta$  はすべて一定外界条件の下では種により固有なもので一定値をとると考えているから  $a$  も又種に固有な恒数である。

本実験では物理的に一定の環境下で行われたにもか

かわらず、実験値から(3)式を用いて計算した $a$ の値は第2表に示した通り0.0009から0.0013まで大きく変化している、この変化が実験誤差の範囲をはるかに越えていることは次の例で明らかであろう。

(1) 式で  $a=a'$  のとき  $h_{n+1}=h'_{n+1}$

$a=a''$  のとき  $h_{n+1}=h''_{n+1}$

とし  $a'=0.0013$ ,  $a''=0.0009$  を代入すれば

$p_n=2$  のとき  $h'_{n+1}/h''_{n+1}=1.28$

$p_n=190$  のとき  $h'_{n+1}/h''_{n+1}=26800$

(4) 寄主発見面積と寄主・寄生蜂の数量比との関係

寄主に対する寄生蜂の密度は

$$h_n/p_n = R$$

で單なる数量比 $R$ である。

$R$ のみが等しくて個体数が異なる時の寄生蜂の増殖率が等しくないことは既に内田(1943b)により明らかにされており、 $R$ とゆうものがそれ程意義をもたないことは確かであるが、異つた寄主及び寄生蜂密度で実験した結果を綜合するために適当な指標となるものがみつからないので、この場合も数量比と寄主発見面積との関係を調べてみた。結果は第3図に示してある。

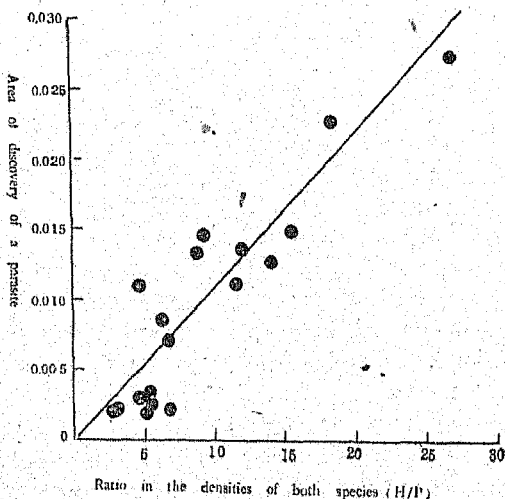


Fig. 3. Relation between the area of discovery of a parasite and the ratio in the densities of both species (H/P).

実験の範囲内では両者は相当高度の相関を示しており略直線関係にあると考えられる。

即ち寄主に対して寄生蜂の密度が低いときは寄主発見の能率はよく、寄主に対して寄生蜂の密度の高いときは寄主発見の能率は悪い。このことは寄生蜂の密度効果がNicholson等が考えたように競争曲線(Competition curve)であらわされるものだけでは説明出来ないことを示している。そのため種により一定値を

とると定義した管の寄主発見面積が寄主と寄生蜂の数量比と共に変化するという矛盾を生じてしまった。

然しここで、もう一つ考えねばならないことは、寄生蜂相互の行動に干渉作用のあることで、DeBach & Smithの実験がよく理論式と一致したのは前記の理由のほかに、空間に対する寄生蜂の密度が低かつたため寄生蜂相互の衝突などによる干渉作用が極めて小さかつたということが考えられる。

本実験ではガラスのシャーレの中で行つたため寄生蜂密度に比して空間が狭く、かなりの干渉作用が働いたのではなからうか。

VI. 要 約

(1) 一定の物理的條件の下でアズキゾウムシとその幼虫の寄生蜂 *Neocatolaccus mamesophagus* の間に起る時間的な個体数の消長を調べた。

(2) 寄主及寄生蜂の出発点の密度の組合せ及び寄主の増殖力を変えて実験を行つたが、いずれの場合にも少くとも7世代の間では兩種共増加を続け減少の傾向はみえなかつた。

(3) Nicholson & Bailey (1935) による理論式から寄生蜂の寄主発見面積を計算し、その平均値0.0288を用いて兩種の密度の消長の理論的な曲線を書いて実験値と比較したが、全然一致しなかつた。

(4) 羽化脱出寄生蜂数と死亡寄主数とは等しくないが、両者の間には比例的な関係があつた。死亡寄主数は羽化脱出寄生蜂数よりも多いため、その原因となつている、小豆の中で脱出出来ずに死んだ寄生蜂の数をしらべた。

死んだ寄生蜂数も又羽化脱出寄生蜂数と比例的な関係があつた。

(5) 死んだ寄生蜂数と羽化脱出寄生蜂数とを加えたものもまた死亡寄主数より少かつたが、その原因は寄生蜂の幼虫期以前の死亡及び寄生蜂が産卵管をつきさして寄主を殺すことなどが考えられる。

(6) Nicholson & Baileyの式が合わなかつた原因の一つに寄生蜂の寄主発見面積の変化とゆうことが考えられた。寄主発見面積と、寄主と寄生蜂の数量比( $h_n/p_n$ )との間の関係をしらべたところ、数量比が大きい程寄主発見面積の値も大きくなることわかつた。

引用文献

DeBach, P. & H.S. Smith (1941) Are population oscillation inherent in the host-parasite relation. *Ecol.*, 22: 863-869

——— (1947) Effects of parasite density on rate of host and parasite populations. *Ecol.*, 28: 290-293

Gause, G.F. (1934) The struggle for existence. Baltimore.

——, N. P. Smaragdova & A. A. Witt (1936) Further studies of interaction between predators and prey. *J. Anim. Ecol.*, 5: 1-18

Nicholson, A. J. (1933) The balance of animal populations. *J. Anim. Ecol.*, 2: 132-178

——, & V. A. Bailey (1935) The balance of animal populations. Pt. I. *Proc. Zool. Soc. London*, Pt. 3: 551-598

Utida, S. (1942) Studies on experimental population of the azuki bean weevil, *Callosobruchus chinensis* (L.) VII, Mem. Coll. Agri, Kyoto Imp. Univ., 53: 19-31

内田俊郎 (1943a) 実験的棲息群内に於けるアズキゾウムシとその寄生蜂の相互関係, I, 寄生蜂の棲息密度が寄主・寄生蜂の増殖に及ぼす影響, 應用昆虫, 4: 117-128

——, (1943b) 実験的棲息群内に於けるアズキゾウムシとその寄生蜂の相互関係, III, 寄主の棲息密度が寄生蜂の増殖に及ぼす影響, 生態学研究, 9: 40-54

——, (1948) 実験的棲息群内に於けるアズキゾウムシとその寄生蜂の相互関係, V, 棲息密度の消長は寄主と寄生蜂の相互作用によつて生ずるか, 生理生態, 2: 1-11

Résumé

In the present paper, the experimental studies of the interaction between host insect, the azuki bean weevil, *Callosobruchus chinensis* and its parasitic wasp, *Neocatolaccus mamezophagus* are described.

1. Population fluctuation caused by host-parasite interaction was examined in the several combinations of the initial density of each species, under a favourable physical condition. For convenience sake of the theoretical implication and the experimental procedures, some simplifications were made in the present experi-

ment, as used by DeBach & Smith (1941). Power of increase of the host was taken three different values 2, 3, 4, arbitrarily.

2. Population densities of both host and parasite increased in all of the series examined and did not show a tendency to decrease. (Fig. 1 and Table II)

3. From the experimental data, "the area of discovery of a parasite" was calculated as 0.0288. The experimental curves of the change of population densities did not agree with the theoretical ones deduced from Nicholson & Bailey (1935), as seen in Fig. 1, in which the calculated value of the area of discovery was used.

4. As the number of parasite progeny was not equal to the number of dead hosts in each generation, the number of parasite dying in a bean was counted by dissecting the inside of the infested beans. There were considerable number of parasite progeny dying in a bean. As shown in Fig. 2, the number of dead host increased in proportional to the number of parasite progeny and the number of parasite dying in a bean was also proportional to it.

5. The relation between the number of parasite progeny and the frequency of encounter between host and parasite was linear one at the low density of host and parasite, but its increase was slowly at the high density.

6. As shown in Fig. 3, the area of discovery of a parasite increased with the increase of the ratio in the densities of both species (H/P). This may be one of the most decisive points by which the Nicholson & Bailey's formulae could not adopt to the present case.

On the Lethal Effect of the Powder of Silicon Carbide to the Adult of the Azuki Bean Weevil (*Callosobruchus chinensis* L.), with Special Reference to the Relation between the Lethal Effect and the Particle Size. (Preliminary Report). Studies on the Lethal Effect of So-called "Inert" Pulverized Dusts to Insects. II. Sumio NAGASAWA (Takei Laboratory, Institute for Chemical Research, Kyoto University, Takatsuki, Ohsaka). Received May 29, 1950. *Botyu-Kugaku* 15: 79. 1950. (With English Resume, 85.)

13. 炭化珪素砥粒のアズキゾウムシにたいする致死作用、とくに粒度との関係について。(予報) いわゆる不活性物質微粉の昆虫にたいする致死作用にかんする研究 第2報 長沢純夫(京都大学化学研究所武居研究室) 25. 5. 29 受理

I. 緒言

いわゆる不活性物質の微粉が、昆虫にたいして致死

作用をもつことは、経験的事実として古くから知られてはいたが、成文としてのこされた最初は Zacher