ドウガネブイブイの生態学的研究^{1,2}

III. 初期幼虫密度の生存におよぼす影響

西 垣 定 治 郎

静岡大学農学部応用昆虫学教室

(1973 年 9 月 19 日受領)

Ecological Studies on the Cupreous Chafer, *Anomala cuprea* HOPE (Coleoptera). III. The Effect of Initial Density of Larval Population on Its Survivorship. Jojiro NISHIGAKI (Laboratory of Applied Entomology, Faculty of Agriculture, Shizuoka University, Shizuoka 420). *Jap. J. appl. Ent. Zool.* **18**: 59—64 (1974)

Various population densities of newly-hatched larvae of the cupreous chafer were reared in pots filled with mixture of fallen leaves and natural soil throughout nearly all the larval period and the larval numbers were counted at regular intervals. A remarkable effect of the initial density was observed in the larval survivorship. At lower initial densities, the survival rates of larvae decreased slowly with the time as a straight line in logarithmic scale and they kept still high levels at the end of the experiment. In higher densities, however, the rates decreased rapidly at the early period, and then slowly, reaching extremely low final levels. Larval density seems to converge to a certain density level regardless of the initial density. The fact might be due to the existence of limit of the larval survival for a given space. Furthermore, when examining this converged level, there existed the optimum initial density producing the maximum final density. The high mortalities, occurring in early larval period, were highly density-dependent. This was probably not due to the low temperature in winter, the lack or excess of soil water content, any kind of predators, parasites nor the food shortage, but the fatal injury among the larvae encountered in the soil.

近年日本各地でコガネムシ類の大発生と農作物への被害が報告されている(白浜, 1967; 安藤ら, 1969; 石川・熊倉, 1970; 高井, 1972)。静岡県浜北市の畑作地帯でも 1968 年以来ドウガネブイブイ *Anomala cuprea* HOPE が大発生し、幼虫はサツマイモ、落花生、苗木などの根を、成虫は果樹、庭木などの葉を暴食して甚大な被害をあたえた(吉田ら, 1971; NISHIGAKI, 1971; 深沢ら, 1971; 藤下, 1972)。

これら農作物を加害するコガネムシ類は一般に生活史の大部分を占める幼虫期を土壤中で過し、その間、摂食、発育、また越冬など様々な生活活動を行なうが、その具体的な様相は土壤中であるため簡単にはつかみにくい。そのため、通常時、大発生時を通じて野外における幼虫個体群の組織的調査や実験的解析など基本的研究があまり行なわれていない。

今回、筆者は大発生時のコガネムシ類幼虫の動態についての知見を得るため、ドウガネブイブイ幼虫をいくつかの密度条件下で屋外飼育し、初期密度が幼虫の生存におよぼす影響を調べた。この種の実験はすでに沢・田村(1953)によって、ヒメコガネ *Anomala rufocuprea* MOTSCHULSKY について行なわれているが、取り扱われた対象が 3 令(終令)幼虫のみであり、調査期間も比較的短かい。本実験では、定期的調査を初秋のふ化直後の幼虫から翌年の初夏に至るこの虫のほとんど全幼虫期間に相当する期間にわたって行なった。

本文に入るにさきだち、この研究に終始御指導を賜った静岡大学農学部吉田正義教授ならびに有益な助言をあたえられた京都大学農学部内田俊郎教授に厚く御礼申し上げます。また、実験に使用したコンクリート枠は場の建設に御協力いただいた静岡大学農学部応用昆虫学教室

1 本報告の一部は昭和 46 年度日本応用動物昆虫学会大会で発表した。

2 静岡大学農学部応用昆虫学教室業績第 61 号。

昭和 45 年度在籍の大学院生、学部学生諸君に感謝の意を表する。

材料および方法

実験に用いたドウガネブイブイ幼虫は、ふ化後 2 日目までのものである。これらは、大発生地の静岡県浜北市で採集してきた成虫に実験室内で産卵させ、それからかえたものである。

実験は静岡県磐田市にあった旧静岡大学農学部構内の長さ 2.5m×4m のコンクリート枠ほ場で行なった。その中に、ドウガネブイブイ幼虫が多発生していた畑と同質の砂壤土を深さ約 50cm 入れた。

実験方法はおおむね沢・田村 (1953) の方法にならった。すなわち、このほ場に素焼の 8 寸植木鉢 (上径 24 cm, 下径 15 cm, 深さ 19 cm) を縁まで埋め込み、これを幼虫飼育容器とした。幼虫の餌は吉田・藤山 (1971) の研究結果を参考にし、くだいたサクラの落葉を用い、これを等量の土とよくかきまぜ、植木鉢の上縁まで一杯につめた。この中に、先にのべたふ化直後のドウガネブイブイ幼虫を、それぞれの植木鉢あたり所定の密度になるように放した。その状況は第 1 図の写真に示す。幼虫は土壌平面から約 2 cm 下層に互いにほぼ等間隔に放した。設定した初期幼虫密度、繰り返し (植木鉢) 数、供試幼虫数は第 1 表に示すとおりである。各密度区の植木鉢はほ場内でランダムになるよう配置した。実験開始日は 1970 年 9 月 11 日であった。

調査は、11 月 13 日まではほぼ半月間隔で 4 回、その

第 1 図 コンクリート枠ほ場での実験状況。

第 1 表 実験に設定した初期幼虫密度

	密度 (頭/鉢)							計
	1	2	4	8	16	32	64	
繰り返し数	25	15	10	5	5	5	5	70
供試幼虫数	25	30	40	40	80	160	320	695

後翌年の 5 月 15 日まで 1 カ月間隔で 6 回行なった。その方法は、毎回植木鉢中の土を素手および移植でてで静かに除き、その中に生存する幼虫数をその場で調査し記録した。調査後、幼虫はただちに元の位置に戻し土をかけた。

結果と考察

生存率

毎回の調査で得られた各密度区の幼虫生存数を、実験開始時の幼虫数を 100 とした生存率で示すと、幼虫期のほぼ全体にわたる生存曲線が描ける。その結果を第 2 図の片対数グラフに示す。

第 2 図 ドウガネブイブイ幼虫の生存曲線。
数字：初期幼虫密度

この図をみると、生存曲線の形は、幼虫の初期密度のちがいにによってはっきりと違うことが認められる。すなわち、どの密度区も時間の経過とともに生存率は次第に下ってくるが、その低下の度合いは、初期密度の高い区は低い区よりも生存率が明らかに低くなる傾向がある (ただし、実験後半の 1 月以降の 2 頭区と 4 頭区はその関係が逆転している)。とくに、1 頭区から 8 頭区までの低密度区と、16 頭区から 64 頭区までの高密度区の間には、生存率、生存曲線の形に顕著なちがいが存在する。すなわち、低密度区では、生存率は全期間を通じてほとんど直線的に、しかも、ゆるやかな傾斜で減少してゆき、実験終了の時点においても、最初の個体数の 20～40% という高い生存率を維持しているのに、高密度区では、いずれの区も実験開始半月後の生存率は 15% 程度にまで急激に低下している。高密度区では、その後は比較的ゆるやかな曲線を描いて下降してゆくが、最終的な生存率はわずか 1～4% というきわめて低い値となる。

このような低密度区と高密度区の生存曲線の形のちがいを DEEVEY (1947) の分類した動物の生存曲線の三つの型にあてはめてみると、前者はⅡ型(直線型)、後者はⅢ型(双曲線型)に相当するものと思われる。このように同一種の動物の生存曲線が密度によって変化する例は、自然個体群においても、高等動物の Columbian black-tailed deer, *Odocoileus hemionus columbianus* RICHARDSON (TABER and DASMANN, 1957) で知られている。また、昆虫でもニカメイガ *Chilo suppressalis* WALKER の幼虫など大発生時には、より双曲線型に近付く傾向があるといわれる(内田, 1956)。したがって、このドウガネブイブイの場合も大発生時の高密度条件下では、同様の生存曲線の変化がみられるのではないかと推測される。

なお、本実験での初期幼虫密度は、1頭区から64頭区まで同一の比率で段階的に設定したにもかかわらず、生存曲線が8頭区と16頭区の間で飛躍的に変化したことは、いかなる理由によるものか不明である。

生存密度

次に、各調査時期の幼虫生存数を、飼育に使用した植木鉢1鉢あたりの平均幼虫密度であらわしてみると第3図のようになった。このグラフの縦軸の密度は生存率と同様対数目盛で示した。このグラフにおいても、生存率の場合と同じく、1頭区から8頭区までの低密度区の幼虫密度は終始ゆるやかな傾きをもった直線状に減少してゆくが、16頭区から64頭区までの高密度区は初期に急激な密度低下があった後、ややゆるやかな曲線を描いて減少している。

このように、密度減少を示す曲線の型は生存率のそれと同様、低密度区と高密度区でははっきりと違っているが、さらに密度そのものの値から注目されるのは、両密度区がそれぞれ独自の曲線をたどりながらも、実験終了期には、初期幼虫密度の高低にかかわらず、すべてある一定の幼虫密度に収れんしてゆく傾向があることである。すなわち5月に行なった最終調査では、第2表に示すように1鉢あたり平均密度の最高は8頭区の1.8頭であり、最低は1頭区の0.4頭で、他の密度区の値はすべてこのせまい幅の中に集中している。また、植木鉢ごとの密度の頻度分布をみてもばらつきは少なく、4頭区、8頭区でみられた1鉢あたり3頭生存していた鉢が最高であった。なお、初期に16頭以上放した高密度区では3頭以上生き残っていた鉢はみられなかった。

以上の結果は、コガネムシの幼虫密度が最初はいかに高くても、最終的にはある限界密度以下に減少してしま

第3図 ドウガネブイブイ幼虫の1鉢あたり生存密度。
数字：初期幼虫密度

第2表 最終調査日における幼虫密度(頭/鉢)の頻度分布

最終密度	初 期 密 度						
	1	2	4	8	16	32	64
0	15	8	5	1	2	2	2
1	10	6	2	1	3	2	2
2	—	1	2	1	0	1	1
3	—	—	1	2	0	0	0
平 均	0.4	0.5	0.9	1.8	0.6	0.8	0.8

うという事実が存在するらしいことを示しているように思われる。沢・田村(1958)の実験では初期密度を高くすれば最終密度も高くなり、限界密度の存在は明らかではないが、これは3令幼虫期の比較的短期間のみ観察を行なった結果によるものであろう。

上記の結果からすると最終的な幼虫密度を最高にするためには最適初期幼虫密度が存在するようにも考えられる。すなわち、第4図に示すように横軸に初期密度をとり、各回の平均密度の値を調査時期ごとに線で結んだグラフを描くと、時期を追うにしたがってその線は当然全体に下ってくるが、同時に実験開始時に右上りの直線で示された平均幼虫密度の値が次第に8頭区を頂点とする一山型の曲線に変化してゆく。これは、8頭以下の低密度区の幼虫密度が全調査時期を通じ、ほぼ同じ率で小刻みに減少して行ったのに対し、高密度区ではとくに秋から冬にかけての幼虫発育期に大きな率で減少したために

第4図 ドウガネブイブイ幼虫の各調査時期ごとの生存密度の推移。

a : 9月11日, b : 9月26日, c : 10月11日,
d : 10月30日, e : 11月13日, f : 12月15日,
g : 1月15日, h : 2月15日, i : 3月16日,
j : 4月18日, k : 5月15日調査。

生じた結果であるが、いずれにしても、幼虫の最終密度を最高にする最適初期密度（ここでは1鉢あたり8頭）があり、初期密度をそれ以上高くしても、最終密度はかえって低下してゆく傾向が認められる。このことを野外の自然個体群の動態にそのままあてはめることはできないかも知れないが、少なくとも、この種のコガネムシ類の幼虫期における個体数自己調節機構の一つのあらわれと考へても良いように思う。

なお、今迄のべてきたように、個体群の動態を生存率、生息密度の両面からとらえた場合、それぞれ別の情報が得られる一方、両者は互いに密接な関係があるものと考えられるので、生命表の作製、解析には密度条件も十分考慮に入れるべきであろう。

各期間ごとの死亡率とその原因

先にのべた生存率、密度の変化は各時期の幼虫の死亡がどのように起るかということと、密接なつながりがある。この状態をさぐるため、各密度区につき一定期間ごとに生じた各時期初めの生存数に対する幼虫死亡率を求め、その推移を第5図のグラフに示した。このグラフには1ヵ月間隔の調査で得られた結果もすべて半月ごとの

第5図 ドウガネブイブイ幼虫の半月間の平均死亡率と旬間平均気温。

数字：初期幼虫密度

平均死亡率に換算し縦軸に対数目盛で示した。

この図をみると、各密度区とも最大の死亡率は実験開始直後の半月間にあらわれている。この死亡率は初期幼虫密度の高い区ほど大であることから密度依存的な性格を持つものと思われる。その後、この死亡率の初期密度に依存的な傾向は次第にうすれてゆくが、1月頃までは幾分残っている。全体の死亡率は10月に入ると大きく低下し、12月まではほぼ横ばい状態となる。その後ふたたび低下し、2月以降は最低となり、ほとんど死亡の起らない密度区がみられるようになる。なお、この時期は密度区間、調査時期による死亡率の変動が大きい、これは、この頃になるとどの密度区も生存個体数が少なくなり、たまたま1頭死亡した場合でも、死亡率の値が大きくはね上るためである。

以上、全体の死亡率の時間的推移をまとめると、最大の死亡率は幼虫初期にあらわれ、しかも密度依存性が強い。その後死亡率は次第に低下し、2月以降は最低となった。

次に、このような死亡の生じた原因であるが、今回の実験では詳細な調査検討はできなかった。しかし、実験中の観察事実などから少し考察を加えてみたい。

まず、物理的環境要因としてもっとも重要と思われる温度についてみるならば、第5図に示したように、各時

期の平均気温と死亡率の変化の間にほとんど関連は認められない。また、本実験では調査の都合上、冬の間も幼虫を掘り出して直接寒気にさらさざるを得なかったが、それでも死亡率に変化が見られなかったことから、越冬期間中、地上の大気中よりもはるかに温度変化の少ない土中に深く潜入しているこの種のコガネムシ類幼虫に対し、冬季の気温低下は、その死亡にほとんど影響をおよぼさないものと思われる。

湿度、とくに土壤含水量も土壤昆虫にとっては重要な環境要因の一つであるが、今回の実験でその測定は行なわなかったで、その死亡への影響は不明である。しかし、実験中土壤の極端な乾燥、浸水はみられなかったし、吉田ら (1959) のマメコガネ *Popillia japonica* NEWMAN の実験によれば、2 令幼虫を 20°C で 30 日間飼育して、含水量 19.1~93.1% の広い範囲にわたり死亡率 0% であったことから、温度と同じく死亡に影響をあたえなかったものと推測される。

いずれにしても、今回の実験の最大の死亡率の特徴はその密度依存性の強さにあることから考え、その原因は上にのべた物理的要因よりも、むしろ生物的要因に求めるべきであろう。

そこで問題となるのは捕食者、寄生者の存在である。RITCHER (1958) はコガネムシ類幼虫に昆虫、微生物をはじめ多くの天敵がいることをのべている。しかし、本実験では、これらの天敵を防ぐ処置はとらなかったが、実験開始後最初の調査で、若令幼虫の背面にダニが付着しているのを発見したこと、幼虫の全滅した植木鉢にアリが発生していた事実がわずか各 1 度あった以外は、動物による寄生、捕食の証拠は確認できなかった。また、11 月中旬以降に、微生物の感染によるものと思われる幼虫の身体全体または一部が褐色、黒色に変化し、時には軟化した死体がいくつかみつかったが、発見の時期から考えて、今回の実験でもっとも死亡率の高かった幼虫初期の死亡要因としてどれほど働いたか疑問である。しかし、このことは野外においてこれらが重要な幼虫死亡要因となる可能性を否定するものではない。

次に食物不足も、最大の死亡が実験開始直後のまだ食物量が豊富で、しかも幼虫が小さく多食をしない時期に起っていることから、今回の実験では重要な死亡要因とは考えにくい。

最後にあげられるのは、同種内のいわゆる共食い行動である。コガネムシ類の幼虫は一般に強力なそしゃく口を持ち、互いに接触するとはげしくかみ合って相手を殺傷する事実が知られている (沢・田村, 1953; MILNE,

1956; 吉田, 1961)。LAUGHLIN (1957) はこれが自然界でもコガネムシ類の密度調節の機構として働いているのではないかと考えた。今回の実験で共食いの現場を直接観察する機会にはなかったが、実験開始直後に最大の死亡率が現われ、しかも密度依存的であって、他に有力な原因の見つからなかったこと、実験開始後 1 カ月半の 10 月末までに、しばしば傷を受けた幼虫や身体の一部を失った死亡幼虫を発見したこと、12 月以降の越冬不活動期にそのような個体は、存在しなくなったことなどから、今回の実験で幼虫密度低下の最大の原因は、幼虫個体間の直接干渉、具体的には共食いによるものではないかと推測される。なお、第 3 図によれば、初期幼虫高密度区は、最初の急激な死亡で低密度区と同じ密度段階に下った後も、さらに大きな密度低下が続いているが、このことは初期の共食いによる傷害がこの時期に幼虫の死亡となって現われた一種の密度効果遅延現象かも知れない。

摘 要

ドウガネブイブイのふ化直後の幼虫の密度を変え、屋外の植木鉢中でほとんど全幼虫期間にわたって飼育を行った。その間、定期的に幼虫の個体数の変化を調査した。その結果、初期幼虫密度がその後の幼虫の生存に大きな影響をあたえることが明らかになった。

すなわち、幼虫生存率の経時的変化を見ると、初期密度の低い区では直線状にゆるやかに低下し、実験終了時にも高い生存率を維持していたのに対し、高密度区では実験の初期に急激な生存率の低下が見られ、最終的な値も非常に低かった。

幼虫密度も同様の変化を示したが、実験終了時にはいずれの密度区もほぼ一定の密度に収れんする傾向が認められたことから、幼虫生存限界密度が存在するように思われた。さらに最終時の幼虫密度を最大にする最適初期密度の存在も推測された。

このような生存率、密度の低下を引き起こした最大の死亡要因は幼虫初期にみられる密度依存性の強いものであって、具体的には幼虫間の共食いによるものと考えられた。

引用文献

- 安藤延夫・阿部善三郎・田村光一郎 (1969) サツマイモに発生するアカビロウドコガネ。植物防疫 23: 241~244.
DEEVEY, E. S. Jr. (1947) Life tables for natural populations of animals. Quart. Rev. Biol. 22: 283~314.

- 藤下章男 (1972) 異常発生したコガネムシ類, おもにドウガネブイブイの生態と防除. 静岡林試研究調査資料 8: 1~24.
- 深沢永光・杉野多万司・沢木忠雄・佐野利男・高橋浅夫・山内寅好・浦野春雄・尾崎 丞 (1971) ドウガネブイブイの野外における発生経過および被害の実態. 静岡農試研報 16: 45~61.
- 石川元一・熊倉喜八郎 (1970) 落花生, 陸稲に発生したアカビローコガネの防除. 農業技術 25: 23~24.
- LAUGHLIN, R. (1957) Biology and ecology of the garden chafer, *Phyllopertha horticola* (L.). III. The growth of the larva. Bull. ent. Res. 48: 127~154.
- MILNE, A. (1956) Biology and ecology of the garden chafer, *Phyllopertha horticola* (L.). II. The cycle from egg to adult in the field. Bull. ent. Res. 47: 23~42.
- NISHIGAKI, J. (1970) Ecological studies on the cupreous chafer, *Anomala cuprea* HOPE. II. The relation between the damage of a Japanese cypress seedling bed and the larval density of *A. cuprea* in winter. Bull. Fac. Agr., Shizuoka Univ. 20: 31~36.
- RITCHER, P. O. (1958) Biology of Scarabaeidae. Ann. Rev. Ent. 3: 311~334.
- 沢 良三・田村市太郎 (1953) ヒメコガネの生態に関する研究. 関東東山農試, 213 pp.
- 白浜賢一 (1967) アカビロウドコガネの集中発生とサツマイモの被害. 今月の農業 11: 36~38.
- TABER, R. D. and R. F. DASMAN (1957) The dynamics of three natural populations of the deer, *Odocoileus hemionus columbianus*. Ecology 38: 233~246.
- 高井 昭 (1972) コガネムシ類の発生と問題点. 植物防疫 26: 24~26.
- 内田俊郎 (1956) ニカメイチュウ発生量の年次変動. 応動・応昆 第2回シンポジウム講演要旨 12~17.
- 吉田正義・久保田幸弘・鈴木康徳 (1959) ミカンノネカイガラムシの飼育と防除. 園芸学会誌 28: 6~10.
- 吉田正義 (1961) マルクビクシコメツキの生理生態学的研究. 静大農応昆研特報 1: 1~127.
- 吉田正義・西垣定治郎・浅井秀一 (1971) ドウガネブイブイの生態学的研究 1. 西遠地方における成虫の食餌植物. 関西病虫研究会報 13: 14~20.
- 吉田正義・藤山静雄 (1971) ドウガネブイブイの幼虫期における飼育, 特に餌を中心として. 昆虫学会東海支報 24: 10.

新 刊 紹 介

Regulations of Insect Populations by Micro-organisms L. A. BULLA, Jr. Ed. (1973) Ann. N. Y. Acad. Sci. Vol. 217, 243 pp. New York Academy of Sciences 発行, 10,900 円

1971 年 5 月 2~7 日ミネアポリスで催されたアメリカ微生物学会大会のさいに持たれた Microbial Control に関する小集会の討論に基き, 1972 年 10 月 4~6 日に開かれた Conference on Regulation of Insect Populations by Microorganisms の結果をまとめている。全体は, Theory and Application of Insect Control (5), Means for Insect Regulation (5), Biological Factors that affect the Success of Microbial Insecticides (5), Procedural Factors that affect the Success of Microbial Insecticides (4), Establishing Priorities (2) の 5 部からなる (カッコ内は収録論文数)。

害虫防除の素材として病原微生物への関心が高まり, とくに害虫個体群管理のなかでのその位置付けが注目されるなかで, この集会の意義は大きいように思える。とくに, 害虫個体群の動態における“病気”の生態学的評価は今日の課題であり (p. 45), 本書は真向からそれに答えるのかのように見える。事実, 第

1 部では生物的防除の展望 (ANGUS), 主に病原微生物の残存と不活化を扱った“病原微生物の生態”(YENDOLら)や Enzootic disease に関する詳しい議論 (BURGES) から昆虫個体群のシステム解析 (STARK) まで基礎的問題をとり上げている。また, 第 2 部では各種病原微生物の特性を概論的にとりあげているが, 以下微生物殺虫剤を主体として工業化, 行政の見通しに至るまで技術的問題を論じたものが多い。表題の“Regulation”という術語は (本来適切とは思えないが) 本書中では相当大まかに使われ, むしろ“防除”の云いかえにすぎない場合もあり, 最後の UPHOLT らの論文“Regulation of Microbial Pesticides”ではさらに全く異なる意味に使われている。したがって, 本書は表題から受ける印象, Microbial Control の生態学の理論による分析や検討, よりも, 実用化に向けての広汎な問題に関する総説集の感が強く, その点では個々に有用な論文も多い。前者の観点からは例えば害虫個体群における病気の密度依存性の有無やその機構, 自然個体群での死亡要因間の相互作用と動態といった問題についての生態学に基づく詳細な解析から第 1 部の内容が具体化されることによって問題がより明確化され, そのような努力をへてはじめて, Microbial Control が真に科学的技術となりうることであろう。(果樹試 志賀正和)