キイロコキクイムシの発育経過と再寄生¹

笹 川 満 広

京都府立大学農学部

(1975 年 6 月 2 日 受領)

Developmental Stages, Behavior and Re-attack Pattern of the Minute Pine Bark Beetle, *Taenioglyptes fulvus* (NIIJIMA), under Laboratory Conditions. Mitsuhiro SASAKAWA (Laboratory of Entomology, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural University, Shimogamo, Kyoto 606). *Jap. J. appl. Ent. Zool.* **19**: 237~242 (1975)

A technique was developed for rearing and continuously observing the adults and immature stages of the minute pine bark beetle. A sheet of bark of the Japanese red pine, *Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC., was placed between two transparent plastic plates which were then sealed with glue around the edges. A pair of parental beetles was introduced through a small entrance hole in the upper plate. Several sets of plates were wrapped in a black vinyl sack when not under observation. The method proved to be very suitable for observing various activities of the adults and their developing broods through the lower plate under a binocular microscope. Female beetles could not usually construct normal egg galleries without feeding during their callow adult stages in the pupal chambers. They laid about twenty eggs cyclically at intervals of several days and the number of eggs deposited correlated significantly with the length of egg galleries and longevity. Hatched larvae began mostly to mine from the ends of the egg gallery. Larvae pass through two instars.

When the density exceeded the optimum level in the initial attack, some of the parental beetles escaped from the host. Female beetles could re-attack and establish a second brood when the fresh logs were supplied at low density of entrance holes. They constructed longer egg galleries and on average laid more eggs than in the first attack. These observations provide further information on the mechanisms of both increase and regulation of population size.

緒 言

キイロコキクイムシ *Taenioglyptes fulvus* (NIIJIMA) は西日本におけるマツ類せん材害虫のなかでの優占種で(村山, 1953), とくにアカマツの衰弱木や風倒木などの平滑ないしはやや粗面な樹皮を有する梢頭部や枝条部に多く寄生する二次的害虫であるが, ときには生立木をも加害する。近年, 京都市近郊のアカマツ植生地帯において, 本種の漸増傾向がみられる実情にかんがみて, われわれの研究室では 1970 年から本害虫管理に関する基礎的研究を続けている。

本種の野外における個体群動態を明らかにするうえ

に, 発育ステージごとの経過や習性を適確に熟知しておくことが必要である。すでに, 石窪(1952), 竹内(1953), 神谷(1956)などによって本種の生活史の概要が報告されているが, いずれも飼育餌木の随時はく皮によって発育経過を調べているので, その精度に欠くところがあると思われる。筆者は, 樹皮サンドウィッチ式飼育装置によって発育全期間にわたって経過および習性を容易に, かつ正確に観察することができたので, 被害木や餌木飼育による調査結果との比較をあわせて行った。

さらに, 本種は寄主内密度が高くなると, その一部個体が母孔形成および産卵を中止して, 寄主から脱出することが知られている (SASAKAWA & KATAYAMA, 1975)

1 松穿材害虫管理に関する基礎的研究 第3報 京都府立大学農学部昆虫学研究室業績第 143 号
本研究の一部は昭和 49 年度文部省科学研究費補助金 (C) No. 956077 による。

この寄主脱出個体について、再寄生の可否、再交尾および産卵の有無を明らかにする目的で餌木による室内実験を試みたので、その結果についてもここに報告する。

この研究を進めるにあたって、マツ材の提供をいただいた本学農学部附属演習林長、実験にあたって協力された丸本文子嬢および角倉寿雄君に厚くお礼を申し上げる。

材料および方法

実験に用いた成虫は、本学農学部附属大枝演習林（京都府右京区）において伐採したアカマツ被害木から羽化脱出したものである。

1. 発育経過実験

アカマツ樹皮は生木丸太のじん皮部に金属製へらを挿入してはく皮し、大きさ 12×22 cm に切断した後、室内で約2時間風乾する。第1図に示したように、2枚の透明塩化ビニール板 $12 \times 20 \times 0.2$ cm で樹皮をサンドウィッチ状にはさみ、樹皮切断面の乾燥を防ぐために周囲を接着剤で封ずる。

被害木から脱出後24時間以内の処女雌を上面塩化ビニール板の所定孔に付したプラスチックチューブ（長さ2cm、径3mm）内に1匹ずつ放らせん孔させる。なお、せん孔を容易にするために、あらかじめ所定孔の中央部にきり先で傷をつけておく。雌のせん孔開始48時間後に未交尾の雄1匹を入れ、交尾を行わせる。

この装置を数枚ずつ積み重ねて、黒色ポリエチレン袋に入れ、 $22 \pm 1^\circ\text{C}$ の恒温器内で保存し、毎日一定時間に母孔の長さを測定するほか、産卵数、幼虫および蛹数を数えた。

2. 再寄生実験

餌木は長さ12cm、樹周20cmのアカマツ健全丸太で両切り口をパラフィンで封じ、 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ の恒温室内で実験開始前10日間放置した。

餌木5本に処女雌を放飼するにあたって、各餌木に48

本のガラス管（長さ2.5cm、径5mm）を一定間隔で所定の位置（樹皮表面積 100cm^2 あたり20侵入孔数となり、以下高密度区という）にのりづけしておき、被害木から脱出後24時間以内の処女雌を1匹ずつ管内に入れ、せん孔させる。そして、恒温器（ $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 、暗黒）で保存48時間後に、それぞれの管内に未交尾雄を1匹ずつ入れ、交尾させる。

脱出個体は雌雄を確認し、脱出雌は導入ガラス管12本を所定位置にのりつけた餌木（5侵入孔/ 100cm^2 、以下低密度区という）に再びせん孔させ、48時間後にそれぞれの管に未交尾雄を1匹ずつ導入した。また、脱出雌は上記と同じ低密度であらかじめ処女雌がせん孔している餌木に順次導入し、再交尾をさせた。4週間後に樹皮をはく皮し、母孔の長さ、卵数および幼虫数を数えた。

結果および考察

1. 発育経過と習性

i) 母孔の形成過程とその長さ

母孔は樹幹軸に対して直角に伸びる横平孔で、その伸長過程の1例を第2図に示してある。すなわち、雌成虫は侵入孔からまず一方向にせん孔した後、反対方向にも順次せん孔していくのが通例である。ちなみに、被害木の樹皮表面積 500cm^2 にみられた母孔112個のうち、94母孔（83.9%）は侵入孔を中心として左右に拡がっており、残りの18孔は侵入孔から一方向にのみ伸長していた。そして、前者の大部分は侵入孔を中心として左右不等長で、左右等長のものはわずかに19母孔にすぎ

第2図 母孔の伸長過程（上図）および異常母孔の例。→印は雌成虫侵入点、Iはせん孔開始2日後の雄導入日、II・III…Xと経日的伸長を示し、XI日目に幼虫孔をみる。

第1図 飼育装置（上面および側面図）。

なかった。

平均母孔長は産卵終了日において、 22°C で $13.8 \pm 8.2\text{ mm}$ 、 26°C で $17.8 \pm 11.1\text{ mm}$ 、さらに幼虫ふ化終了日にはそれぞれ 28.9 ± 11.4 および $32.2 \pm 14.9\text{ mm}$ に達した。一方、上記の被害木での平均母孔長は $14.7 \pm 4.9\text{ mm}$ であった。両者の差は樹皮表面積あたりの生息密度の違いが雌成虫の母孔内残留期間に影響を及ぼしたことによる (SASAKAWA & KATAYAMA, 1975)。すなわち、樹皮表面積あたりの母孔数が多いほど雌成虫は母孔から速く脱出してしまうので、母孔長が短くなる。したがって、この飼育装置では樹皮表面積 100 cm^2 あたり 1.1 母孔であるために、雌成虫が長く樹皮下に残留し、せん孔しつづけたものと解せられる。なお加辺 (1959) のいう母孔長 $10 \sim 12\text{ mm}$ は、きわめて短小な例と思われる。McMULLEN & ATKINS (1961) は *Dendroctonus pseudotsugae* HOPKINS について、生息密度増大に伴う寄主脱出現象の結果、密度と母孔長との間には本種と同じ関係がみられることを報告している。しかし、このような寄主脱出現象のみられない *D. ponderosae* HOPKINS (COLE, 1962)、*D. brevicornis* LeCONTE (DUDLEY, 1971) および *Scolytus ventralis* LeCONTE (BERRYMAN & PIENAAR, 1973) では、上記 2 種とは全く逆の関係がみられるという。

成虫は羽化後、蛹室内で数日間摂食する習性がある。そこで、蛹を取り出してシャーレ内で羽化させ、直ちに樹皮表面積 100 cm^2 あたり 5 侵入孔の割合で餌木にせん孔させたところ、母孔形成に異常がみられた (第 2 図)。すなわち、供試した 36 雌成虫のうち、わずかに 7 匹がほぼ正常な横平孔を作ったが、半数の個体は縦孔を作り残りの 11 個体はせん孔不能であった。この場合、せん孔しやすいように餌木の所定位置にあらかじめ微孔をうがってあった。したがって、雌成虫のかじりつきや本来の定位せん孔のためには、一定期間の後食が必要であることを暗示している。

ii) 交尾

雄成虫は後脚附節で雌成虫の腹端を抱え、中脚附節は雌翅鞘の両側縁近くに接し、前脚を交尾室の壁面に支持した姿勢で交尾する。竹内 (1953) は、雌成虫が侵入孔をうがっているとき (その頭胸部が樹皮内に入りこむ程度) に交尾が行われるといい、神谷 (1956) は交尾室内で行われるというが、後者の観察が正しいようである。

iii) 産卵

雌成虫は 1～9 日の産卵前期間を経て、侵入孔に接する交尾室付近で 2～28 日間にわたって順次産卵し、すべ

ての卵がルーズな卵塊状に集まっている。しかし、雌成虫の孔内移動によって数個ずつ母孔内に散在していることもある。

卵は淡白色、長円形で、長径は $0.57 \pm 0.02\text{ mm}$ 、短径は $0.31 \pm 0.02\text{ mm}$ である (第 3 図)。

1 雌あたりの総産卵数は 5～47 個で、平均産卵数は 22°C で 23.4 個、 26°C では 17.8 個であった (第 1 表)。総産卵数と母孔長との間には正相関がみられ (第 4 図)、 22°C では $y = 0.94x + 5.94$ (x : 母孔長, y : 総産卵数)、 26°C では $y = 0.59x + 12.55$ の回帰直線式が得られた。*Dendroctonus* 属のキクイムシでは、低密度から最適密度までの範囲内で、母孔長が長いほど産卵数が多いという (KNIGHT, 1960, McMULLEN & ATKINS, 1961, REID, 1963)。

平均産卵期間は 22°C で 10.9 日 (最短～最長: 3～28 日)、 26°C で 6.9 日 (2～15 日) であった。また、雌成虫のせん孔開始日からの生存日数と総産卵数との関係が第 5 図に示されるように、 22°C では 34 日目まで

第 3 図 卵の長径・短径 (上図) ならびに 幼虫頭幅測定値のひん度分布。

第 1 表 飼育温度別發育期間と發育率 (平均値±標準偏差)

温 度 ($^{\circ}\text{C}$)	22	26
産卵前期間 (日)	4.38 ± 1.94	2.31 ± 1.10
産卵期間	10.93 ± 6.59	6.90 ± 3.78
卵期間	6.39 ± 2.05	3.75 ± 1.51
幼虫期間	25.81 ± 4.72	17.98 ± 4.95
蛹期間	7.07 ± 2.10	5.01 ± 1.35
産卵数/♀(個)	23.36 ± 12.02	17.81 ± 8.17
ふ化率 (%)	82.67 ± 19.62	92.95 ± 10.81
蛹化率	63.57 ± 17.05	73.55 ± 28.70
羽化率	95.17 ± 11.70	91.52 ± 14.83
性 比 (♀/♀+♂)	0.51	0.51

第4図 母孔の長さや産卵数との関係。図中の*, ***はそれぞれ95%, 99.9%水準で有意。

第5図 雌生存日数と産卵数との関係。図中の右方のプロットは産卵全期間における受精卵も含めたときの卵数。**は99%水準で有意。

には両者の間に $y = 1.22x + 4.66$ (x : 雌成虫の生存日数, y : 総産卵数) の関係式が求められ、生存日数が長くなるほど総産卵数が明らかに多くなることがわかる。雌成虫のなかには、一定数の産卵を終了した後35~58日間生存し、しかもその間に平均17個の卵をかなりの間隔をあけて産みつけるものがあった。それらの卵数を加えて図上にプロット(図の右のほうの黒点)すれば、相関は認められない($r = 0.063$)。しかし、その期間に産みつけられた卵はすべて、受精卵のためかふ化しなかった。一方、26°Cでの両者の相関は顕著でない($y = 0.43x + 13.87$)。

産卵は連日行われるのではなく、2~4回に分けて周期的になされる。いま、22°Cの場合についてみると、1日あたりの最多産卵数は13個であったが、第2表に示したように1日あたり2~6卵を2~4日間にわたっ

第2表 産卵回数、平均産卵日数および平均産卵数(22±1°C)

調査雌数	14	11	4
第1回産卵 日数	2.9±1.4	2.3±1.3	2.8±0.8
卵数*	3.5±1.0	5.1±2.7	5.6±2.2
休止期間(日)	1.8±1.3	1.4±0.6	1.0±0
第2回産卵 日数	2.3±1.2	2.4±1.2	3.0±1.6
卵数	2.9±1.5	5.2±2.4	4.0±1.0
休止期間		1.6±1.6	2.5±1.7
第3回産卵 日数	—	3.9±1.9	1.8±0.4
卵数		2.5±1.5	2.2±0.8
休止期間			2.0±1.0
第4回産卵 日数	—	—	1.8±0.4
卵数			2.1±0.9

* 個/雌/日

て産みつけた後、1~3日間産卵を休止し、再び産卵する。計2~3回産卵の例が多かったが、4回産卵は数例にすぎなかった。どの産卵周期型でも、初期産卵数は後期のそれよりも多いことがわかる。26°Cの場合は、1~2回産卵の例が最も多く、計4回の例はみられなかった。そして、2回産卵周期型での1日あたりの産卵数は第1回目では 5.9 ± 1.7 個(産卵期間: 3.0 ± 1.1 日)、第2回目では 4.6 ± 3.1 個(2.5 ± 1.0 日)で、22°Cでのそれぞれの産卵数よりも明らかに多かった。1日あたりの産卵数が高温になるにつれて多くなることは *Dendroctonus ponderosae* HOPKINS でも知られている(AMMAN, 1972)。

このような産卵習性は雌成虫の成熟卵形成に起因するようである。すなわち、22°Cでせん孔開始後8日目(平均母孔長 6.3 ± 1.2 mm)の雌成虫12匹を解剖したところ、4本の卵巣小管内にみられる長さ0.15~0.25mmのほぼ成熟卵は平均 7.0 ± 1.6 個(最少~最多: 4~10個)であった。この卵数は第1回目の産卵数にほぼ一致している。

iv) 幼虫孔の形成

ふ化幼虫は卵殻を食いつくしたのち、体をくねらせながら母孔の端のほうへ移動し、母孔軸に対してほぼ直角の方向にせん孔を開始するのが普通である(第6図)。もし食入部位が不適当であれば、再び移動して適当な場所を探し求める。まれに2~3匹のふ化幼虫が相接して食入を始めることがあるが、間もなくそれぞれの方向に分かれて進むので、幼虫孔が接触することはないが、ときには他の幼虫孔を横切ることがある。また、遅くふ化した幼虫が先行者の孔内を少し潜孔した後に、他の方向に分枝して進むこともある。

v) 幼虫令期と幼虫期間

幼虫の最大頭幅を対眼マイクロメーターで測定した結果

第6図 幼虫孔伸長の経日的変遷の2例。→印は母孔形成開始点、めは卵塊、△はふ化幼虫、一は幼虫孔。数字は産卵開始日以後の経過日数を示す。

第3図に示したように明らかな2山に分かれたので、2令を経過することが判明した。キクイムシ類の幼虫令数については、ヤツバクイ *Ips typographus japonicus* Nijima の3令のように、3～5令を経過するものが多い(中島・鈴木, 1965)。なお、吉田ら(1974)のいう本種の3令幼虫は2令幼虫を指すことになる。

幼虫期間は 22°C では16～38日要し、平均25.8日、 26°C では10～30日で、平均18.0日であった(第1表)。神谷(1956)は月平均気温 25.3°C での平均幼虫期間は21日であると報告している。

vi) 蛹化と蛹期間

老熟幼虫は幼虫孔の末端に蛹室を作り、蛹化する。加辺(1959)は、幼虫孔の長軸に対して直角に蛹室を作ると記しているが、そのような例はきわめてまれであって、幼虫孔と同方向に位置に形成されるのが通例である。

蛹化率が65～75%という低率であったのは、一部の飼育装置で樹皮の過乾によって樹皮と塩化ビニール底板との間に隙間が生じ、せん孔中の幼虫が致死したために30～40%の低い蛹化率を示したものがあったからである。

蛹期間は 22°C では2～15日要し、平均7.1日、 26°C では2～9日で平均5日であった(第1表)。

2. 成虫の寄主脱出と再寄生

i) 寄主脱出

高密度区の餌木に導入した雌雄それぞれ240匹のうちせん孔開始後24日目までに雌は計92匹(38.3%)と雄112匹(46.7%)が寄主を脱出した。

本種の最適生息密度は樹皮表面積 100cm^2 あたり 10

第3表 寄主脱出雌と非脱出雌の総産卵数

脱出雌	脱出前の産卵数	13.06 ± 7.29
	再寄生後の産卵数	17.88 ± 8.50
	総産卵数/♀	30.82 ± 13.61
非脱出雌	総産卵数/♀	12.77 ± 5.52

母孔である(SASAKAWA & KATAYAMA, 1975)。この実験でも一部個体の寄主脱出後における残留雌の生息密度は 12.5 母孔/ 100cm^2 となり、上述した最適密度に近似した値になる。このことは設定した高密度条件下での一部個体の寄主脱出は寄主内密度調節のひとつの機構になっていることを示唆する。自然個体群では、寄主に飛来した雌成虫による初期攻撃の段階で、雄成虫とのコミュニケーションによってまず第1の密度調節機構が存在することを観察しているが、次報において報告したい。

ii) 再交尾率

脱出雌のうち、高密度区の餌木で産卵したものは32匹で、さらにそのうちの17匹は低密度区の餌木に再寄生後も産卵をくり返した。一方、脱出雄のうちの48匹については高密度区の餌木での交尾済みが確認された。さらに、そのうちの22匹の雄は低密度区の寄主内で再交尾をした。したがって、脱出虫の再交尾率は雌雄ともに約50%になる。

iii) 母孔の長さ

再寄生後も産卵した17雌によって作られた母孔の長さは平均 $21.41 \pm 11.32\text{mm}$ で、それらが高密度区の餌木で脱出前に作ったもの ($13.56 \pm 6.40\text{mm}$) との間には有意な差がみられた ($P < 0.05$)。また、高密度区の餌木内に残留し、産卵した雌が作った母孔の長さは $12.77 \pm 5.52\text{mm}$ であって、前二者のそれぞれとの間には顕著な差が認められなかった。

iv) 産卵数

高密度区の餌木脱出前と低密度区の餌木の再寄生後に産みつけられた卵数ならびに1雌あたりの総産卵数が第3表に示してある。ただし、不受精やその他の原因でふ化しなかったものは卵数に加算していない。

脱出前と再寄生後の産卵数ならびに高密度寄主に残留していた雌の産卵数については、それらの間に有意差がみられなかった。しかし、脱出雌1匹あたりの総産卵数は30.8個で、非脱出雌のそれとの間には明らかな差が認められた ($P < 0.001$)。また、脱出雄の再交尾率を求めるために組み合わせた雌の産卵数については、脱出前の組合せ雌が 10.8 ± 6.1 個、脱出後の組合せ雌は 14.2 ± 6.5 個産卵した。

山口(1959)はヤツバクイムシの再寄生は母孔の形

成状態や気象条件(気温)に支配され、再寄生したときには1雌あたりの総産卵数が増加すると述べている。ここでは気温との関係を調査していないが、総産卵数の増加については同じ結果を得た。本種の場合、寄生密度の影響が大きく、高密度の寄主を脱出したかなりの個体は再寄生時に適当な寄主と密度条件が存在すれば、再交尾の後、産卵を続けることが可能で、ひいては子世代の個体数の増大をもたらすという個体群生態学的意義が確認された。

摘 要

キイロコキクイムシ *Taenioglyphes fulvus* (NIJIMA) の発育経過および習性を適確に観察するために、アカマツ樹皮を2枚の塩化ビニール板で挟みこんだ簡単な飼育装置を用いたところ、全発育期間を通じて生育が可能であった。

まず、雌成虫による母孔形成の過程を経時的に明らかにし、正常な横平孔を形成するためには蛹室内で羽化後数日間の後食が必要であることがわかった。交尾は侵入孔に接した交尾室内で行われ、雌は数日間の産卵前期間を経て、交尾室付近で2~4回に分けて計20個内外の卵をルーズな卵塊として産みつける。産卵数は母孔の長さや雌成虫の生存日数が長いほど多くなる。ふ化幼虫の食入部位は不規則であるが、母孔の両端近くから始まるのが通例である。幼虫は2令を経過し、20日内外で老熟し、蛹室を作る。蛹期間は約1週間である。

最適生息密度よりも高い寄主では、かなりの個体が母孔形成および産卵を中止して寄主から脱出する。そして適当な寄主と密度条件が満たされれば、脱出前よりも長い母孔を作り、再交尾ののち産卵を続けるので、1雌あたりの総産卵数が増加する。したがって、本種の寄主脱出と再寄生現象は寄主内密度調節とともに個体数の増大をもたらすという生態学的意義がある。

引 用 文 献

- AMMAN, G. D. (1972) Some factors affecting oviposition behaviour of the mountain pine beetle. *Envir. Ent.* 1: 691~695.
- BERRYMAN, A. A. and L. V. PIENAAR (1973) Simulation of intraspecific competition and survival of *Scolytus ventralis* broods (Coleoptera: Scolytidae). *Envir. Ent.*

2: 447~459.

- COLE, W. E. (1962) The effects of intraspecific competition within mountain Pine beetle broods under laboratory conditions. *Intermountain For. Range Exp. Stn., Res. Note* 97: 1~4.
- DUDLEY, C. D. (1971) A sampling design for the egg and first instar larval populations of the western pine beetle, *Dendroctonus brevicornis* (Coleoptera: Scolytidae). *Can. Ent.* 103: 1291~1313.
- 石窪 繁 (1952) 南九州の松喰虫の研究 (第1報). 鹿児島大教育研究紀要 4: 83~87.
- 加辺正明 (1959) 日本産キクイムシ類食痕図説. 明文堂, 東京, 290pp.
- 神谷一男 (1956) キイロコキクイムシの生活史. 森防ニュース 5: 47~49.
- KNIGHT, F. B. (1958) The effects of woodpeckers on populations of the Engelmann spruce beetle. *J. econ. Ent.* 51: 603~607.
- McMULLEN, L. H. and M. D. ATKINS (1961) Intraspecific competition as a factor in the natural control of the Douglas-fir beetle. *Forest Sci.* 7: 197~203.
- 中島敏夫・鈴木郁男 (1965) 頭幅測定によるヤツバキクイ (*Ips typographus* L.) 幼虫の令期の推定. 応動昆 9: 66~67.
- REID, R. W. (1963) Biology of the mountain pine beetle, *Dendroctonus monticolae* HOPKINS, in the East Kootenay Region of British Columbia. III. Interaction between the beetle and its host, with emphasis on brood mortality and survival. *Can. Ent.* 95: 225~238.
- SASAKAWA, M. and J. KATAYAMA (1975) The effects of attack density on brood production in the minute pine bark beetle, *Taenioglyphes fulvus* (NIJIMA) (Coleoptera: Scolytidae). *Appl. Ent. Zool.* 10: 172~184.
- 竹内吉蔵 (1953) キイロコキクイムシの生活史に関する研究. 松類穿孔虫防除に関する研究 (村山醸造著). 日本学術振興会, 東京: 49~52.
- 山口博昭 (1959) ヤツバキクイ (*Ips typographus* L. f. *japonicus* NIJIMA) の繁殖, 行動, 分散に関する研究. II. 再寄生について. 林試北海道支場年報 1958: 147~153.
- 吉田忠晴・深見順一・福永一夫・松山 晃 (1974) 放射線照射による木材害虫の防除. 樹皮下穿孔虫キイロコキクイムシの不妊化線量および羽化阻止曲線量について. 応動昆 18: 52~58.