

Jpn. J. Ent., 59 (3): 675-691. September 25, 1991

スギ生立木上におけるスギカミキリ成虫の行動

杉山 隆史*・浦野 弘幸**・市野 隆雄・市川 俊英・岡本 秀俊

香川大学農学部農業生産学科
(〒761-07 香川県木田郡三木町池戸 2393)

Behavior of the Sugi Bark Borer, *Semanotus japonicus* (Coleoptera, Cerambycidae),
on Live Standing Trees of Japanese Cedar in a Wood

Takashi SUGIYAMA, Hiroyuki URANO, Takao ITINO, Toshihide ICHIKAWA,
and Hidetoshi OKAMOTO

Department of Agroindustrial Science, Faculty of Agriculture, Kagawa University,
Ikenobe 2393, Miki-cho, Kita-gun, Kagawa Pref., 761-07 Japan

Abstract Adults of the sugi bark borer, *Semanotus japonicus* LACORDAIRE, were released on live trees of Japanese cedar in a wood in April and the behavior of each individual after the release was observed continuously for 24 hours. Main activities of released adults observed on trees were search for females, mounting and copulation, search for sites of oviposition, oviposition, struggle, and long-time quiescence. Feeding and flight were not observed. Mating, oviposition and struggle were observed concentratedly from dusk to dawn. The long-time quiescence was observed frequently from dawn to dusk. The long-time quiescence was observed mostly on a tree trunk of lower part. Other activities were observed mainly on a tree trunk ranging from its base to near its top. Each of activities excluding the long-time quiescence were observed equally on each side of a tree trunk. The minimum and maximum values of total walking distance within 24 hours were 26 m and 187 m, respectively. The minimum and maximum values of mean walking speed per second during a long time were 0.09 cm and 0.48 cm, respectively, while the highest walking speed during a short time was 1.75 cm.

Key words: Forest pests; Coleoptera; Cerambycidae; adults of sugi bark borer, behavior on live trees.

緒 言

スギカミキリ *Semanotus japonicus* LACORDAIRE (以下、カミキリと略記) は、本邦林業にとっての重要樹種であるスギ *Cryptomeria japonica* D. DON 及びヒノキ *Chamaecyparis obtusa* ENDL. を穿孔加害する害虫として重要視されている。

本種によるスギ及びヒノキの被害、あるいは本種の一般的な生活史については、かなり以前から研究が行われている (小林, 1986; 小林, 1980)。また、バンド法の開発 (柴田, 1981, 1984) によって、林内における成虫個体群密度の季節的変動や移動・分散の研究が行われ、多くの成果が得られている (伊藤・小林, 1983, 1984; SHIBATA, 1983, 1986; SHIBATA *et al.*, 1986; 中村ほか, 1987, 1988,

* 現在, ヤシマ産業(株)研究開発部研究室 (〒303 茨城県下館市大字折本字板堂 540)

** 現在, 農林水産省中国四国農政局香川統計事務所仲多度出張所 (〒763 丸亀市大手町 2-1-32)

1989). しかしながら、本種成虫の林内における生態を理解する上での最も基礎的な事項と考えられる林内のスギあるいはヒノキ立木上での行動の実態については、従来ほとんど研究がなされていないため、不明な点が多かった。

そこで著者らは、林内のスギ生立木にカミキリ成虫を放飼し、放飼成虫の立木上での行動を一定時間連続して観察することによって、カミキリ成虫が生立木上で展開する行動の種類とその展開位置及び行動発生量の日周的变化を明らかにするための研究を行った。その結果をここに報告する。

本文に先立ち、スギカミキリ発生資料の提供及び調査林の選定をして下さった香川県農林部林務課及び香川県林業指導所及び試験地当局、本研究に重要な文献を多数恵与下さった農林水産省森林総合研究所所長小林富士雄博士、所有林を調査林として提供して下さい下さった岡山大学理学部永原賢教授、著者の一人である杉山に対し有益な助言と激励を賜った高知大学農学部教授永森通雄博士に心からお礼申し上げる。香川大学農学部応用昆虫学研究室の三富誠（現在、サンケイ化学株式会社東京生物研究所）、泉進（大塚化学株式会社農薬研究所）、湯原史修（アース環境サービス株式会社）、黒田栄治の諸氏は終始調査に協力された。ご協力を感謝する。なお本研究の経費の一部には、社団法人農林水産航空協会（東京都千代田区永田町 1-11-35）及び香川県林業改良普及協会（高松市番町 4-1-10）による研究費を充当した。ここに記して謝意を表する。

材料および方法

1. 行動調査木設定現地及び調査木

香川県仲多度郡仲南町大字十郷字買田小倉地内のスギ平地林内に調査木を設定した。調査木設定林は標高約 100 m に位置し、面積 0.65 ha、林齢 22 年の人工林であった。生立木の本数は約 700 本、下層植生はあまり発達がなく、カミキリによる被害は 10 年生前後時に初発し、調査木設定時の被害本数率は 100% に近かった。林内の生立木の大きさは平均胸高直径 18 cm、平均樹高 14 m であった。

林縁と林分中央部とのほぼ中間位置のスギ生立木の中から 2 本を行動調査木として選び、それぞれ調査 1 号木、同 2 号木とした。調査木の樹高は 1 号木が 13 m、2 号木は 12.5 m、胸高直径は 1 号木が 22 cm、2 号木は 21 cm であった。両調査木とも幼虫による穿孔加害をすでに受けており、成虫脱出孔も存在した。1985 年、1986 年の兩年とも同一木を調査木とした。

成虫が立木上で展開する行動の種類及び展開位置・部位を記録、表現できるようにするため、調査木樹幹表面に、白色水性ペイントで高さと方位の区画線と区画番号を標識した。なお、このペイントの塗布によるカミキリの行動への影響は全く認められなかった。方位は東西南北の 4 方位、地面からの高さは 50 cm 刻みとした。また、調査木上の種々な部位でカミキリ成虫が展開する行動を、近接位置から観察し確認できるようにするために考案された調査用櫓（OKAMOTO, 1984）と同様な櫓を設定した。この調査用櫓は調査木を櫓の中心位置に取り込み、約 5 m の長さのスギ丸太を継ぎ足した 4 本の柱にコンパネ製の床を層間距離 2.5 m で 4 層設けたもので、層間（上下床間）には上下移動用の梯子と転落防止用の手すりを取り付けた（Fig. 1）。

2. 供試虫

調査木周辺の生立木の中から 50 本前後を選んで供試成虫の捕獲木とした。1985 年の場合は、これらの捕獲木上で夜間に活動中の成虫を捕獲し、含水綿球とスギの若葉を収めたガラスチューブ内で個体別に 1~2 日間、室内飼育した。これらの中から虫体各部に欠損がなく、動作が正常な個体を選抜して供試した。1986 年の場合には、幅 25 cm の遮光ネット（黒色寒冷紗）を調査前日に捕獲木の樹幹胸高部に巻き付けて供試虫捕獲用のトラップとし、調査当日にトラップをはずして得た成虫の中から、前述した 1985 年の場合と同様に、健常個体を選抜して供試した。供試虫には鞘翅表面に、

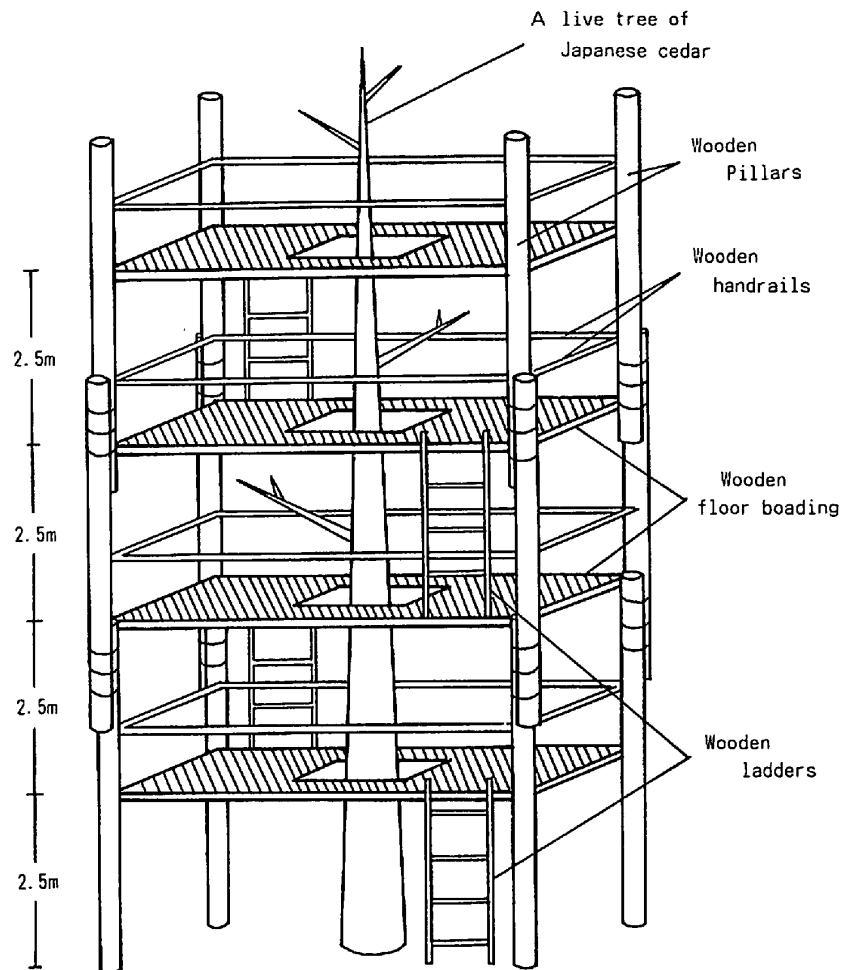


Fig. 1. The scaffold used for observation.

白色の水性ペイントで個体識別マークを施し、調査木の樹幹上に放飼した。放飼時刻は各調査時とも原則として20時であった。樹幹上の放飼位置は地際から5mの高さとし、頭部を頂端部に向け静かに放した。同一個体を反復供試することはしなかった。

3. 調査期日及び調査時刻

調査は1985年と1986年に実施した。1985年の場合、調査時期は4月後半期で、その期日は第1回が4月20日～21日、第2回は4月23日～24日、第3回が4月25日～26日であった。1986年の場合は4月前半期に調査を実施し、その期日は第1回が4月1日～2日、第2回は4月3日～4日、第3回が4月5日～6日、第4回は4月8日～9日、第5回が4月11日～12日であった。観察は毎回供試虫放飼日の20時（放飼直後）に開始し、翌日の20時に終了し、この間の24時間連続して行った。

4. 林内気温と天候

調査1号木と2号木のほぼ中間位置の地上1.2m部に乾湿温度計を設置し、行動調査開始時から終了時まで、1時間間隔で気温を計測した。調査期間中の林内気温は、1986年（行動調査は4月前半に実施）の場合、期間最低と最高及び平均の順に示すと、0.2, 22.1, 11.2°C、1985年（4月後半に

行動調査を実施)の場合, 4.4, 26. 9 及び 15.6°C, であった。

調査日の天候は, 1985 年 4 月 26 日及び 1986 年 4 月 8 日だけが曇り, その他はすべて晴, 風速はどの調査日とも毎秒 1 m 以下であった。

5. 行動調査法

放飼成虫が生立木上で展開する行動を個体別に放飼後 24 時間, 連続的に観察すると同時に, 観察結果を録音テープに入力し, 後日再生して解析した。放飼個体数は毎回調査木 1 本当たり 2 個体とし, 1 個体につき常時 1 名の観察者を配置した。調査全期間中の放飼, 調査総個体数は, 1985 年の場合, 雌が 7 個体, 雄が 5 個体, 1986 年の場合には, 雌雄各 8 個体であった。

日中, 夜間とも, 観察は目視によって行ったが, 夜間には, 赤色セロファン紙で被覆した懐中電灯を用いて赤色光を照射しながら観察した。なお, この様な赤色光下で行動の錯乱がないことは夜間の予備調査によって確認済みであった。観察者は調査木上の供試虫から 50 cm 以上離れた位置から行動観察を行い, 接近による行動の変化が供試虫に発生しないよう, 十分に留意した。

結果および考察

1. スギ生立木上で認められた行動の種類

行動調査木に放飼したカミキリ雌及び雄成虫は, 調査木の樹上及び株元の林床において, 種々な行動を展開した。機能にポイントをおいた類型化(山田ほか, 1977)に従って放飼成虫の諸行動を整理し, 各行動の概要を記述すると共に, 若干の考察を行ってみると次のとおりである。

(1) 配偶行動

i) 雌成虫探索: 雄成虫は両触角を各々体軸と直角または直角よりもやや小さい角度に展開伸長した状態で, 多くの場合は樹幹部表面, 枝部表面及び林床上を歩行移動した(Fig. 2-a)。歩行中の雄成虫は雌成虫に遭遇すると触角で雌成虫に接触した後, 歩行を停止し, 次に述べるマウント及び交尾行動に移った。このため, 雄成虫の歩行移動は雌探索のための行動であることがわかった。このような歩行移動による雌探索はセンノカミキリ *Acalolepta luxuriosa* BATES (阿久津ほか, 1983; 阿久津, 1985) やキボシカミキリ *Psacothoe hilaris* PASCOE (横井, 1989) の場合と同様, 極めて活発であった。樹幹部表面上での移動は生立木の頂端方向(上向き)または株元方向(下向き)に行われたが, 直線的な移動ではなく, マツノマダラカミキリ *Monochamus alternatus* HOPE 成虫において明らかにされた移動(OKAMOTO, 1984)に類似しておりジグザグ歩行をしながら樹幹部表面をらせん状に周回しながらの移動であることが多かった。歩行の持続時間は数分程度の場合が多く, その後, 雄成虫は数秒程度の短時間静止を行い, 雌成虫に遭遇するまでこうした歩行と短時間静止を繰り返した。この短時間静止はマツノマダラカミキリ(岡本ほか, 1980; OKAMOTO, 1984), シロスジカミキリ *Batocera lincolata* CHEVROLAT (阿久津ほか, 1981) 及びキボシカミキリ(横井, 1989)で明らかにされた「待ち伏せ」(静止時間は2~4分)といえる程の長さのものではなかった。

ii) マウント及び交尾: 探索歩行によって雌成虫に遭遇した雄成虫は, 多くの場合, 雌成虫の後背部に回り込み, 左右の前脚と中脚で雌の腹部側面を強く把握し, 背腹部に乗り上げてマウント姿勢をとった(Fig. 2-b)。マウント姿勢をとった雄はほとんどの場合この姿勢で直ちに腹部を曲げ, ペニスを伸長し, 交尾を試みた。ペニス挿入時間は5分を越える場合は少なかった。雄にマウントされた雌は, 交尾をすべて受け入れるとは限らなかったが, 交尾成立の如何にかかわらず, マウント姿勢は10分程度持続することが多く, マウント状態のまま, 雌成虫は産卵部位の探索や産卵を行う場合が多かった。またこの間に, マウント雄が交尾を繰り返す現象も観察された。これらのマウント及び交尾行動の基本的なパターンはマツノマダラカミキリ(OKAMOTO, 1984; FAUZIAH *et al.*,

1987), センノカミキリ (阿久津ほか, 1983; 阿久津, 1985), シロスジカミキリ (阿久津ほか, 1981) 及びキボシカミキリ (横井, 1989) などで知られているのとはほぼ同様である。

(2) 産卵行動

i) 産卵部位探索: 雌成虫は両触角を各々体軸線から外向きに, それぞれ 45~90 度展開するとともに先端部を垂下して樹幹表面 (樹皮) に接触させ, 緩徐な歩行と秒単位の歩行停止を反復しながら, マツノマダラカミキリの場合 (岡本ほか, 1980) と同様, 産卵部位を探索した (Fig. 2-c). この場合, 触角と同様に口器, 特に下唇鬚を樹幹表面に接触させた. 産卵部位を選択決定すると, 垂下状態の触角と口器部分を持ち上げて樹幹表面から離し, 歩行速度を極度に落とした. 次に産卵管を活発に伸縮させながら産卵管挿入の可能な樹皮の隙間あるいは裂け目を産卵管先端部で探って産卵管を挿入し, 挿入した産卵管をさらに伸長し, 口器による産卵加工行動は全く行うことなく, 直ちに産卵姿勢に入った. 以上に述べた観察結果から, 産卵部位の探索には, マツノマダラカミキリと同様, 触角, 下唇鬚及び産卵管先端の感覚器官が重要な役割を果たしているものと考えられる。

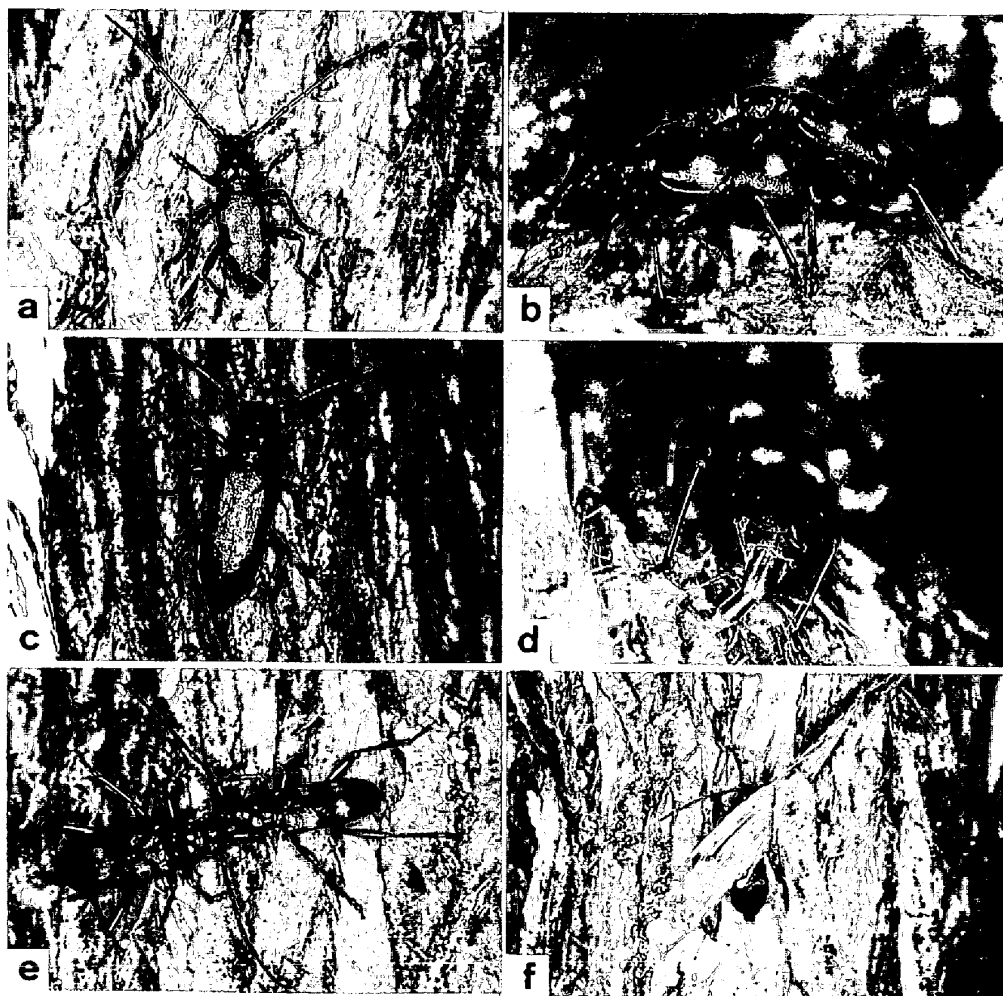


Fig. 2. Behavior of adults on live trees. — a, A male searching for a female; b, copulation; c, a female searching for sites of oviposition; d, oviposition; e, struggle between males; f, long-time quiescence.

ii) 産卵：産卵好適部位を感知し、産卵姿勢に入った雌成虫は、頭部を前後に律動させ、伸長した産卵管を基部から先端に向かって波うたせて産卵した (Fig. 2-d)。しかし、産卵管の最先端部は樹皮の隙間に挿入されているのでどの瞬間に卵が産下されているかは確認できなかった。

カミキリムシ科においては、産卵に際し、産卵加工を行う種と、そうでない種があり、前者はフトカミキリ亜科に属する種だけが行うことが知られている (LINSLEY, 1959; 片桐ほか, 1964; 西村, 1973; OKAMOTO, 1984; WALSH *et al.*, 1985; ADACHI, 1988; 三富, 1989; 阿久津ほか, 1981; 阿久津, 1985; RICE, 1989)。本研究で実施した産卵部位探索から産卵までの行動観察の結果、本種はカミキリ亜科に属する他の種類と同様、産卵加工を全く行わない種であることがわかる。

(3) 闘争

同一調査木に2個体の雄成虫を放飼した場合、雄成虫は雌成虫探索歩行中に雄の他個体と遭遇することがあった (Fig. 2-e)。このような場合、遭遇した雄は相互に触角を相手個体に接触させる動作を示したが、触角接触後の行動としては、二つのパターンがみられた。第1のパターンは直ちに進路を変更して相手個体を回避する行動、第2は触角や前脚で相手個体を押し退ける行動や押し退け行動に続いて大顎で相手個体の触角あるいは脚に噛みつく行動であった。第2のパターンは明瞭な闘争行動であり、この行動の結果、敗者は急速な歩行によって勝者から退避した。このような単独雄間の闘争の他に、木当り密度が高い場合には、マウント状態の雌雄ペアに雌探索中の単独雄が遭遇した場合にも闘争行動が認められている (野巣ほか, 1988) が、本研究では後者の闘争は観察されなかった。闘争行動は雄間に限らず雌間においても発生したが、雄の場合に比べるとその頻度は低く、強度も小さかった。

(4) 長時間静止 (潜伏)

明け方になると、雌雄両成虫とも、雌成虫探索や産卵場所の探索及び産卵行動が弱まり、粗皮の空隙部分に潜入し、歩行・移動を全く停止して夕刻までの長時間、連続的に不活動状態となった (Fig. 2-f)。この場合、触角の前方展開は認められず、体側面に沿わせ後方に伸長した状態であった。

カミキリムシ科の中には羽化脱出後、生殖器官が成熟するまでの間に摂食 (後食) を行う (LINSLEY, 1959) 種が多い。本種については小林 (1976) により、実験条件下で、水飲み行動を行うことが明らかにされているが、本研究では調査期間のどの時期においても全く摂食行動を示さなかった。また、本種成虫が飛翔行動を行うことについては既に報告がある (楨原ほか, 1984; 杉山ほか, 1989) が、本研究の調査においては飛翔行動は全く発生が認められなかった。これは林内気温が余り高くなかった4月前半期及び後半期に調査が行われたことによるのではないかと考えられる。

2. 行動発生量の日内変化

(1) 行動発生の日内変化

前項で述べた諸行動の発生頻度は1日のうちで時刻によって大きく変化した。諸行動の日内変化を明らかにするため、雌については産卵行動 (産卵部位探索と産卵) と静止行動、雄については雌探索行動と静止行動に費やされた時間が調査ごと1時間内でどれだけであったかを算出し、その平均値を求めて時刻別に示すと Fig. 3 のとおりである。

雌成虫の場合、4月前半期では、産卵行動は日没 (18時から19時) から日の出 (5時~6時) までの間に発生した。20時から21時の間と1時から2時の間に二つのピークが認められ、ピークは前者の方が高かった。産卵行動は日の出時刻に近づくにしたがって減衰し、静止行動が頻発した。日の出から日没までの間は産卵行動は全く発生せず、静止行動が連続した。4月後半期では、産卵行動の発生には4月前半期の場合と同様、21時から22時と3時から4時の2回のピークがあり、日の出と共に産卵行動は減少し、静止行動が頻発した。日の出から日没までの間は静止行動が中心

であったが、前半期の場合とはやや異なり、夜間よりはかなり少ないが、産卵行動が認められ、連続的な静止がみられたのは15時から18時までの3時間にすぎなかった。

雄成虫の場合、4月前半期の調査においては、雌探索行動の発生量は日没と共に急激に増加してピークに達し、このピークは21時までの3時間持続した。雌探索行動時間はその後次第に減少し、静止行動時間が増加した。2時から18時までの間は探索行動はほとんど見られず、静止行動が中心であった。4月後半期の調査では、はっきりしたピークは認められなかったが、日没から日の出まで比較的高い頻度で探索行動が発生し、持続した。ところが、この様な状況は日の出と共に一変し、探索行動は急激に減少し、その後皆無となり、18時までの間、静止行動が卓越した。

多数種の研究結果に基づいたものでない点に多少の問題はあるが、LINSLEY (1959) は、カミキリムシ類の配偶行動の日内変化について総括し、ノコギリカミキリ亜科、マルクビカミキリ亜科及びカミキリ亜科のあるグループに属する種のように、配偶行動を夜間に行うものと、例外種はあるものの、ハナカミキリ亜科及びカミキリ亜科のうちのトラカミキリ族及びスギカミキリ族の諸種で見られるように、日中に行うものがあるとしている。IWABUCHI (1988) はカミキリ亜科トラカミキリ族の1種であるブドウトラカミキリ *Xylotrechus pyrrhoderus* BATES が、配偶及び飛翔行動を日中に行うこと、また、MAKIHARA (1984) はカミキリ亜科アカネトラカミキリ族の1種であるスギノアカネトラカミキリ *Anaglyptus subfasciatus* PIC が、配偶及び飛翔行動を日中に行い、夜間は全く活動しないことを明らかにしている。カミキリムシ科のフトカミキリ亜科に属する種については、阿久津ら (1983) によって、センノカミキリが配偶及び後食行動を夜間に行うこと、また、シロスジカミキリは配偶及び摂食行動を夜間に行い、日中はほとんど動かないこと (阿久津ほか, 1981) が報告されている。横井 (1989) はキボシカミキリの配偶行動は終日発生し、そのピークは10時~11時と20時の2回であったが、夜間特に活発化することを明らかにしている。マツノマダラカミキリでは後食、配偶、飛翔、産卵の各行動は夜間に集中するが、後食行動は日中にも行われること (西村,

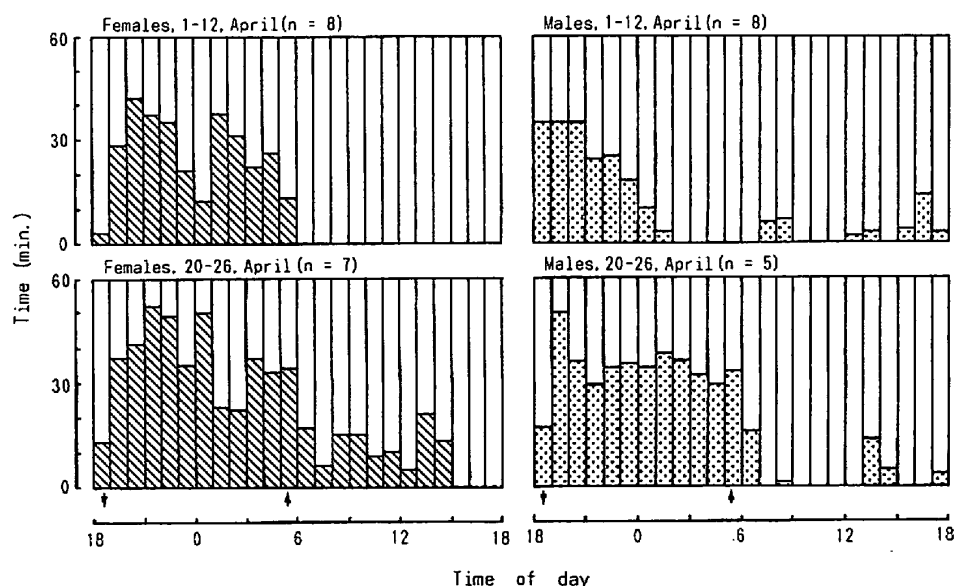


Fig. 3. Diurnal changes in time consumed for each behavior by adults observed. ▨: Search for sites of oviposition and oviposition. ▤: Search for females. □: Quiescence. ↓: Sunset. ↑: Sunrise.

1973; 小林, 1977; 岡本ほか, 1982; 小林ほか, 1984; 岡本, 1985; FAUZIAH *et al.*, 1987) が知られている。このようにカミキリムシ科昆虫の行動の日内変化については、各種の行動のうち、配偶行動について研究した例が多い。そこで、近年における研究例も参照し、カミキリムシ科昆虫の行動の日内変化を配偶行動に視点を置いて整理してみると、(a) 昼間活動性、(b) 夜間活動性、(c) 昼夜間活動性の3つのタイプに類別できるように思われる。この分け方に従うと、ブドウトラカミキリ及びスギノアカネトラカミキリは昼間活動性、センノカミキリ、シロスジカミキリ及びマツノマダラカミキリは夜間活動性、そしてキボンカミキリは昼夜間活動性といえよう。

本研究の供試虫スギカミキリはカミキリ亜科スギカミキリ族に属する。本種の行動の日内変化については静止、歩行、産卵、交尾、水飲みの各行動を取り扱った小林 (1976) の報告がある。これによると、本種は明け方を中心とする約 10 時間はほぼ連続して静止し、夕方を中心とする約 14 時間には短時間静止をはさんだ行動を繰り返す。この結果は著者らが得た結果と一部異なるが、室内に設置した小ケージ (横 25 cm, 奥行き 10 cm, 高さ 19 cm) に放飼した成虫についての観察であったこと、短く切断した材を供試虫の行動の場としたこと、この材には連続静止の際の好適潜伏場所となる粗皮の割れ目があったとは考えにくいことなど若干の問題があり、上述の結論を林内における行動の日内変化と直接結び付けるには多少無理があろう。前述のように、本研究においては同一木に雌雄両成虫を放飼することが少なかったため、マウント・交尾については観察例が僅少であった。しかし、定性的ではあるが、マウント・交尾行動は雄による雌探索行動及び雌による産卵部位探索並びに産卵行動に付随して発生するという結果を得ている。また、他の研究においても、配偶行動が日中に多発することはなかったこと (鴛巢ほか, 1988) から、マウント・交尾行動は主に夜間に発生するとみてよい。したがって、本種は分類学的には昼間活動性種が知られているカミキリ亜科に属しながらも、夜間活動性の色彩が強いカミキリムシであるといえよう。

しかしながら、この様な活動性については、次の2点を留意する必要がある。その一つは、Fig. 3 に示されているとおり、4月後半期の雌成虫は、夜間だけでなく日中においても軽度ながら産卵行動を行っていることである。林内平均気温を4月前半期と4月後半期で比べると、後半期の方が前半期よりも 4.4°C 高い。したがって、本種の産卵行動は林内気温の影響を受け、時期によって行動発生の時間帯が多少変化する可能性がある。他の一つは、飛翔行動の問題である。結果及び考察の1で述べたとおり、本報告の調査においては昼夜間の何れを問わず、飛翔行動は発生しなかった。しかしながら、著者らによる飛翔行動の別途研究 (杉山ほか, 1989) においては、飛翔行動の発生が明瞭に認められた。この場合の飛翔行動は昼間、ほぼ8時から15時までに限られており、夜間には全く発生しなかった。これらの結果から、飛翔行動は昼間に限って発生すると考えられる。したがって、本種が夜間活動性の種であるという言い方は、飛翔を含むすべての行動について当てはまるわけではない。

(2) 存在位置の日内変化

(1)で述べたように、雌成虫による産卵行動、あるいは雄成虫による雌探索行動はその大部分が夜間に集中発生し、日中は静止行動が中心であるなど、時刻によって行動の発生量に変化がみられることがわかった。しかしながら、(1)では、行動の強度 (激しさ、速さ) が日内でどの様に変化するかが明らかにされたわけではない。そこで、次に、行動の強度が時刻によってどの様に変化するかを明らかにするために、各個体の存在位置が時刻によってどう変化したかを検討してみる。個体別に作成した存在位置の変化図の中から、活発に行動した個体と行動が不活発であった個体を各1個体、調査時期別及び性別に選抜して Fig. 4 及び Fig. 5 に示す。全個体についての検討を行った結果からみて、選抜した8個体はいずれも雌雄両成虫の存在位置の日内変化の実態を十分に表していた。

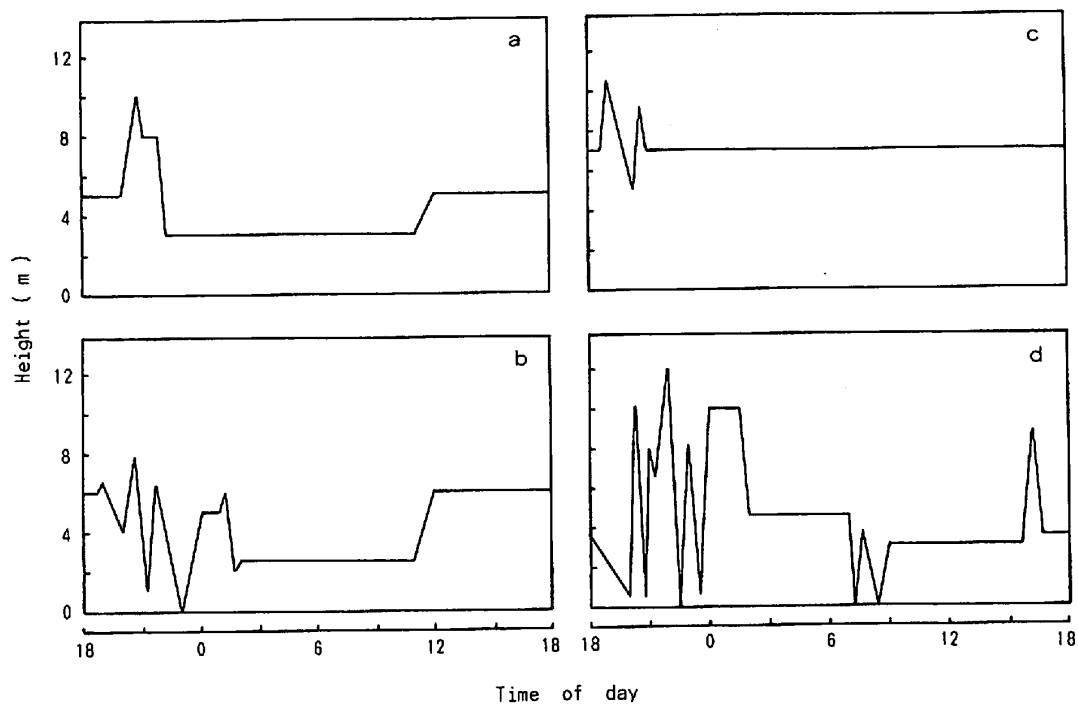


Fig. 4. Diurnal patterns of vertical movement of adults on live trees (1-12, April, 1986). — a, Inactive female; b, active female; c, inactive male; d, active male.

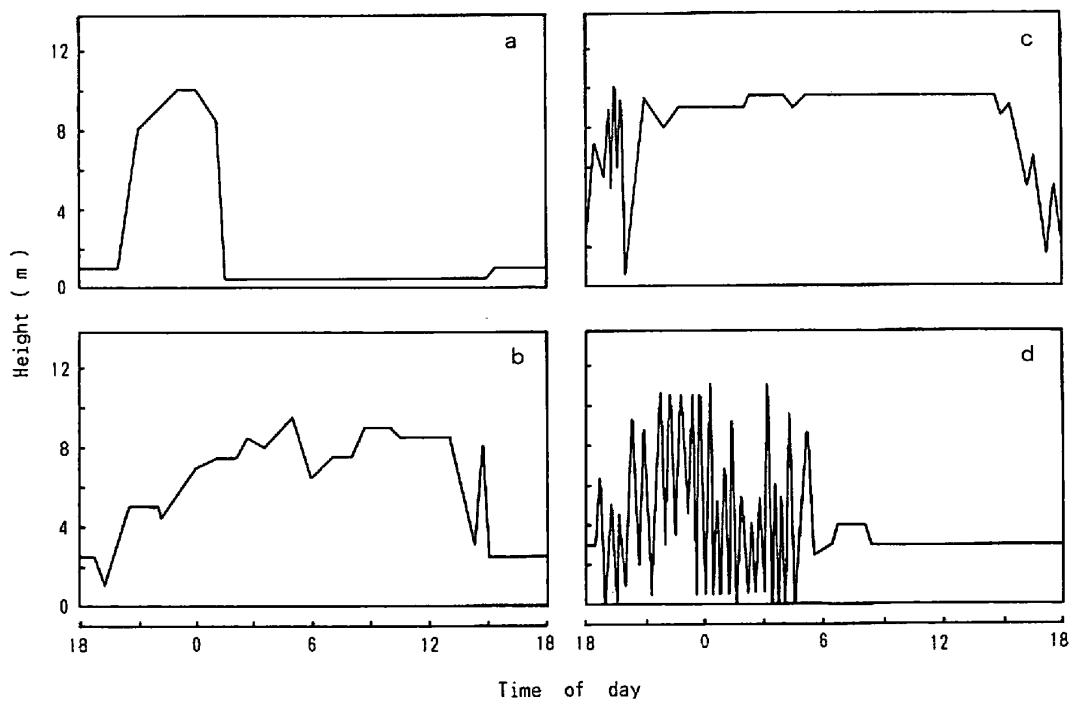


Fig. 5. Diurnal patterns of vertical movement of adults on live trees (20-26, April, 1985). — a, Inactive female; b, active female; c, inactive male; d, active male.

どの図にもみられる共通の傾向として、夜間は日中にくらべて存在位置の変化が激しかったことを挙げることができる。存在位置の変化は、本研究の場合、ある場所から他の場所への歩行による移動が発生したということである。そして、存在位置の急激な変化は急速歩行の発生を意味する。したがって、Fig. 4 及び Fig. 5 から雌雄間でレベルの差はあるものの、夜間は急速歩行を活発に行い、日中はそのような歩行は少ないことがわかる。

(3) 産卵回数の日内変化

結果及び考察の1で述べたように、雌成虫による産卵行動は、産卵管の先端部を樹皮の隙間に挿入して行われるため、その行動を行ったときに果して卵の産下があったかどうか、また行動のどの瞬間に卵が産下されるかを行動あるいは動作で確認することが困難であった。したがってこれから述べる産卵回数とは、雌成虫が産卵管の先端部を樹皮の隙間に挿入してから抜去するまでを産卵回数1回とした値である。供試虫の中で24時間にわたって完全にその行動を追跡することができた個体（4月前半期は7個体、後半期は4個体）について、1時間当りの平均産卵回数の日内変化をFig. 6に示す。図から、産卵回数を前半夜（18時～0時）と後半夜（0時～6時）とで比較すると、時期を問わず、後半夜より前半夜の方が多く、後半夜での産卵回数は時間の経過と共に徐々に減少した。また、4月前半期の場合、日の出から日没までの間で産卵は全く発生しなかったが、4月後半期では回数は非常に少ないものの日中にも産卵がみられた。以上のように、産卵回数の日内変化には、産卵行動時間の日内変化（Fig. 3）とほぼ同様の傾向が認められた。産卵回数は日内時間帯の中で19時～20時に最も多かった。なぜ19時～20時に産卵回数が最大値を示すのかは、本研究の結果

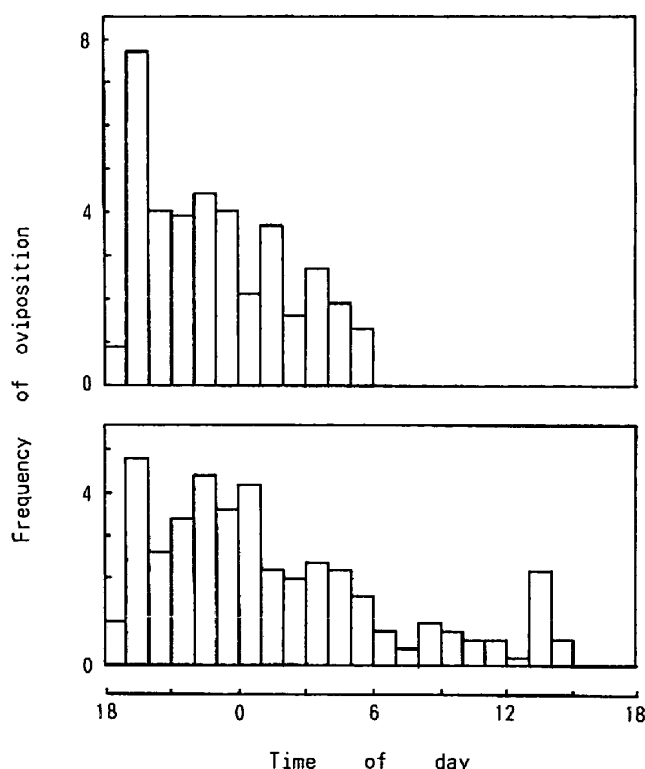


Fig. 6. Diurnal changes of frequency of oviposition. Top: 1-12, April (1986). Bottom: 20-26, April (1985).

からははっきりと述べることはできないが、19時～20時は日没直後の時間帯であることから考えると、日没による照度の急激な変化が産卵行動に強い刺激を与えるのではないと思われる。

3. 調査木上での行動域

(1) 垂直方向の行動域

カミキリ成虫の樹上における行動のうち、垂直方向（調査木の上下方向）での行動域（範囲）を明らかにするため、供試虫の存在位置（居場所）の上限と下限位置を調査した結果を個体別に示すと Fig. 7 のとおりである。本調査においては、頂端での行動展開例は全くなかった。また、枝部あるいは林床で行動した個体もごく少数に過ぎなかった。したがって、この時期における諸行動の展開位置は図から明らかなとおり、雌成虫の場合は樹高の0～88.5%，雄成虫では樹高の0～95%の範囲であることがわかる。

柴田（1981, 1984）は本種成虫個体群の調査のため、バンドトラップ法を考案した。現在、これを基にした各種の製品が開発され、本種の防除法の一つとして実用化されつつある。柴田はバンド（成虫捕獲用トラップ）を使用する場合、その装着位置は樹幹の地上1.2 m程度の部位が適当である

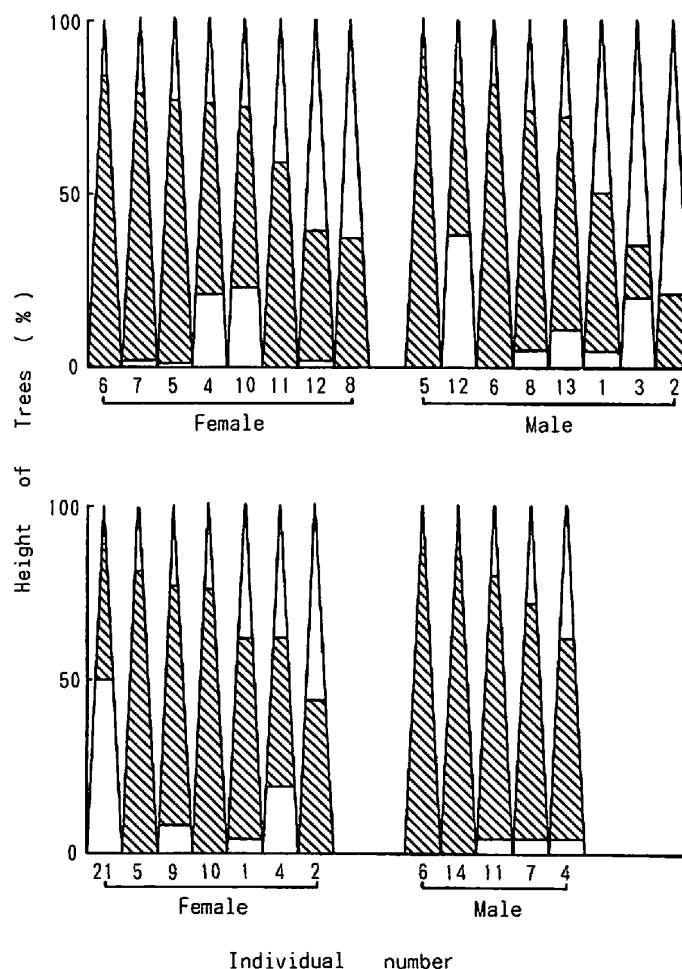


Fig. 7. Vertical ranges of daily activities of adults observed (hatched area). 0 and 100% height indicate base and top of a tree, respectively. Top: 1-12, April (1986). Bottom: 20-26, April (1985).

Table 1. Calculated percentage of adults which passed vertically through the 'Bandtrap-height'.

Sex	No. of adults	No. of times passed				
		1-	2-	3-	4-	5-
Female	15	73.3	53.3	40	33.3	20
Male	13	84.6	69.2	69.2	61.5	61.5

としている。地上 1.2 m の部位は著者らの研究例に適用すると樹高率約 10% の位置に当たる。著者らによる 1985 年及び 1986 年における成虫の行動調査の結果から、この位置を通過した個体の割合を求めて Table 1 に示す。表より、全供試虫の約 73% (雌)~85% (雄) が少なくとも 1 回はトラップ装着相当位置を通過したことになる。また、かなりの個体が 2 回以上通過しており、通過回数 10 回以上の個体は雌では 13.3%、雄では 30.8% となる。したがって、個体群調査法あるいは防除法としてのバンドトラップ法の有効性は、本研究の結果からも明確に証明されているといえよう。

諸行動の発生量の最多範囲を明らかにするため、調査木を地際からの高さに基づいて、下部 (0~4 m)、中部 (4~8 m) そして上部 (8 m 以上) の 3 部位に区分した場合の、部位 (高さ) 別の行動時間を解析した。行動時間は配偶行動、産卵行動、闘争行動、長時間静止 (潜伏) など、行動の種類別にデータを求めてみたが、その一つ一つの表示及び解析はかなり複雑になる。そこで、諸種の行動を動きのある行動 (配偶行動、産卵行動、闘争) と動きのない行動 (長時間静止) の 2 種類にまとめて整理してみた。結果及び考察の 1 で述べたように、静止には短時間静止と長時間静止の 2 種類がある。このうち短時間静止は配偶行動あるいは産卵行動に随伴して発生することが多く、60 分以上持続することはなかった (短時間静止は実際にはその約 65% が 5 分以内で終了するものであった)。そこで解析に当たっては 60 分以上連続した静止を長時間静止、60 分未満を短時間静止とし、短時間静止は動きのある行動に含めることとした。雌については 4 月前半期の調査では 8 個体、後半期のそれは 7 個体、雄については前半期のそれは 8 個体、後半期にあつては 5 個体について、全行動時間に対する動きのある行動の展開時間または動きのない行動の展開時間の割合、つまり行動時間率 (Y) を部位別に求め Fig. 8 に示した。ここでの部位別の行動時間率は次式によって算出したものである。

$$Y(\%) = \frac{t_1 + t_2 + \cdots + t_n}{T_1 + T_2 + \cdots + T_n} \times 100$$

$T_1, T_2, \cdots, T_n$ は各個体の行動観察可能実時間 (調査中に虫体を見失った時間を除いた観察時間)、 $t_1, t_2, \cdots, t_n$ は各個体がある部位で行ったある行動 (動きのある行動または動きのない行動) の展開時間を示す。図から、動きのない行動 (長時間静止) は雌雄を問わず、4 月の前半と後半の何れの時期においても、下部位で最も多かった。中部位と上部位での発生は性別あるいは時期によって多少変動があるが、中部位と上部位間には差がないか、やや中部位の方が多い結果であった。全体的にみると、生立木の地際から 1/3 前後までの樹高位置で発生することが多かった。結果及び考察の 1 で述べたように、本種は長時間の静止を粗皮の隙間部分に潜り込んで行い性質を持っている。生立木の下部は粗皮がめくれ、潜り込みに適した場所が多いため、長時間静止がこのような部位で多く発生するものと考えられる。一方、動きのある行動は動きのない行動の場合とやや異なり、ある部位での発生が突出するという結果ではなかったが、上部位よりも下部位と中部位の方が発生が多かった。下部位と中部位の間ではほとんど差はなかった。生立木の樹幹は上部位では細く、また、

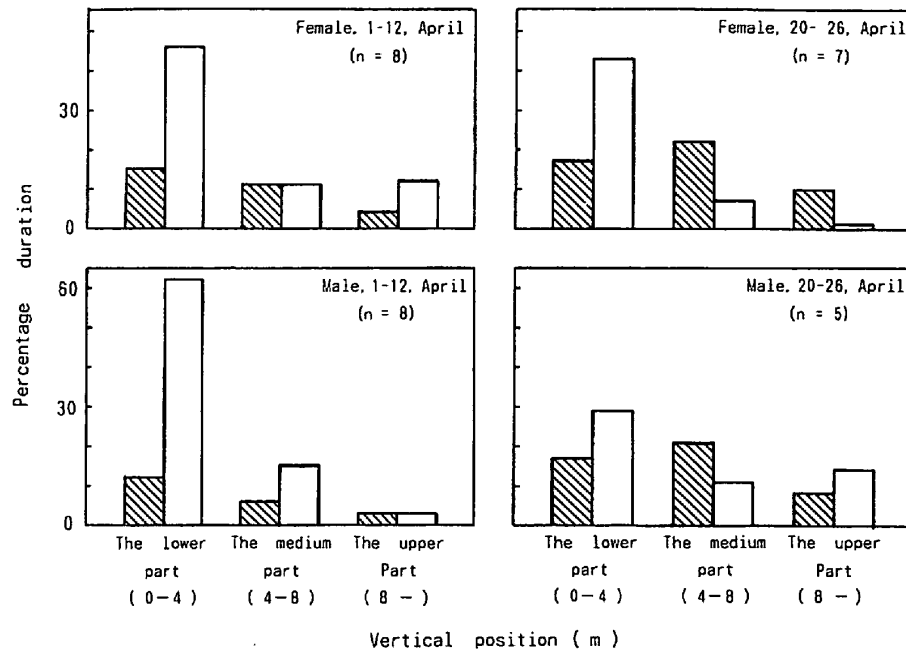


Fig. 8. Vertical differences of the duration of long-time quiescence (□) and the other activities (▨).

粗皮が薄く、めくれも少ない。動きのある行動の発生が上部位で少ないことは、雌成虫はその様な部位を避けて産卵行動を行うためではないかと考えられる。また、動きのある行動の頻発部位は性による違いがほとんど認められなかったことから、雄は雌の動きのある行動の頻発域に合わせて雌探索を行うという、極めて適応的な行動をとっていたといえる。

(2) 円周方向の行動域

雄成虫の雌探索あるいは雌成虫の産卵場所探索などの際の歩行移動は、生立木の頂端方向またはこれと逆の地際方向を指向して行われたが、樹幹表面のある方位面を上あるいは下方向に直線的に歩行することは少なく、樹幹表面を螺旋状に歩行することが多かった。したがって、本種の行動は樹幹の特定方位面で卓越して発生するのではなく、どの方位面でも同じ程度に発生するように思われた。この点を明らかにするため、動きのある行動と動きのない行動のそれぞれについて(1)で述べた行動時間率(全行動時間に対する動きのある行動の展開時間または動きのない行動の展開時間の割合)を方位別に求め Fig. 9 に示した。図から明らかなように、動きのある行動は、4月前半、後半共に、また、雌雄を問わず、特定の方位面に偏って発生したとはいえず、本種成虫は動きのある行動を樹幹表面の特定方位面で行うのではないと考えられる。これに対し、動きのない行動の方位別発生状況は動きのある行動の場合とは異なり、雌成虫の場合、4方位中の北面で多く発生した。雄成虫では雌成虫とは異なり、特定方位面で多いということではなく、東面では発生が極度に少ないという結果であった。動きのない行動の発生の仕方が方位面によって異なることの原因としては、少なくとも次の二つが考えられよう。その第1は樹幹表面部の構造、例えば樹皮の状態、の方位による違いである。これについては行動調査終了後に調査1号木と2号木を含めた生立木12本について樹皮の状態と方位面との関係について調査を行った。データの提示は省略するが、この調査では樹皮の状態が方位によって異なるという結論は得られなかった。したがって樹皮の状態が方位によ

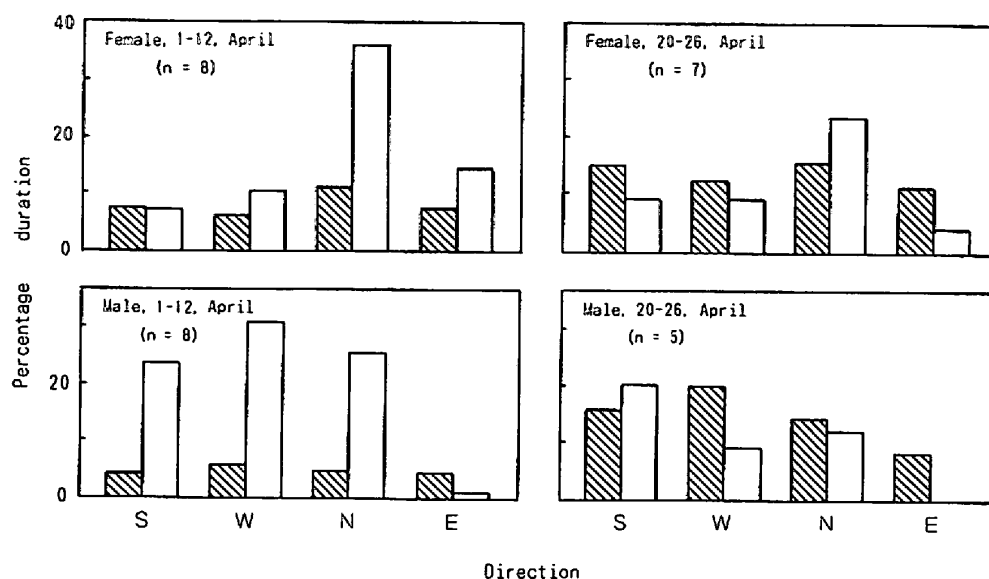


Fig. 9. Directional differences of the duration of long-time quiescence (□) and the other activities (▨).

って異なり、このことが動きのない行動の偏った発生をもたらしたとは考え難い。第2は、成虫が長時間静止（動きのない行動）を開始してから終了するまでの樹幹表面及びその近接空間の微気象条件（気温、湿度、照度）である。これについても1986年における行動調査の終了後の5月15日正午から16日正午までの間、3時間おきに9回、樹幹の北面及び南面の気温、湿度及び照度について微気象の観測を別途に行った。データの提示を省略し、関係部分の結論を述べると、気温と湿度に関しては北面と南面での差はほとんどなかったが、照度に関しては日中に限って北面より南面の方が明らかに高かった。この結果から、雌成虫の場合、動きのない行動が北面で多く発生したのは、雌成虫が明るい南面を避け、暗い北面を選好して潜伏したためと考えられる。雄成虫の場合、動きのない行動の発生がなぜ東面に限って少ないのかについては、東面での微気象観測を行っていないので、検討することができない。しかし、雄成虫の動きのない行動の発生は雌成虫においては差があった北面と南面との間でもほとんど差がないことから、少なくとも照度の影響とは考えにくい。

4. 樹幹部における歩行距離と速度

カミキリの動きを量的に表現、解析するためには、2及び3の結果だけでは不十分であり、歩行距離及び速度についても検討する必要がある。前に述べた樹幹表面部に標識した区画線に基づいて、生立木の展開略図を紙面に描き、カミキリの歩行軌跡をこの略図に図化記入し、軌跡長を計測することによって歩行距離を算出した。調査中に見失い、24時間の完全観測ができなかった個体があったが、歩行距離及び速度を求めるにあたっては、これらの個体は除外した。また、本調査では同一調査木に雌雄を同時に放飼した場合があり、この場合、マウント及び交尾行動を示した個体があったが、これらの個体も除外し、完全観測ができた単独雄及び単独雌個体のみを対象として求めた歩行距離（24時間内の総歩行距離）をTable 2に示した。表から個体の平均歩行距離の最小値は26 m（雌）、最大値が187 m（雄）であった。今ここで生立木の樹高を仮に13 m（本調査の例）とすると、個体の平均歩行距離の最小値と最大値からは、供試虫は生立木の地際部から頂端部までを1日間で1～7回往復歩行したとする数値を算出することができる。本調査林内のスギ生立木におけ

Table 2. Seasonal and sexual variations in total walking distance within 24 hours and mean walking speed during a long time.

Period for observation	Sex	No. of adults	Walking distance (m) (mean $\pm$ S.D.)	Walking speed (cm/sec) (mean $\pm$ S.D.)
1-12, April (1986)	Female	7	30.0 $\pm$ 11.7	0.16 $\pm$ 0.07
	Male	5	66.3 $\pm$ 36.4	0.35 $\pm$ 0.09
20-26, April (1985)	Female	5	25.9 $\pm$ 9.1	0.09 $\pm$ 0.07
	Male	4	187.0 $\pm$ 113.5	0.48 $\pm$ 0.26

るカミキリ成虫の同一木平均滞留日数は約7日と考えられる(中村ほか, 1991)ことから, カミキリはある生立木に滞留中にその生立木上を今述べた数値の何倍にも達する距離歩行することがわかる。このような長距離歩行によって, 雄成虫による雌探索, あるいは雌成虫による産卵部位探索は広範囲にわたり, しかも極めて丹念に行われることとなり, マツノマダラカミキリ(岡本, 1985)と同様に, 本種も生立木の樹幹部を生殖のためにくまなく利用する性質を有すると考えてよからう。

次に本種の歩行速度について検討することにする。調査木に放飼したカミキリ成虫は, 長時間静止(潜伏)時を除くと, 雄成虫の場合は雌成虫, 雌成虫の場合には産卵部位を求めて活発な歩行移動を行った。雌成虫の歩行移動は「点」としての産卵部位の探索であるためか, 雄成虫に比較した場合, その速度は余り大きくはなかった。しかし, 雄成虫の歩行速度はわずかな時間でも目を離すと虫体を見失う場合が生ずるほど大きかった。本研究の場合, 数値としての歩行速度の求め方には少なくとも次の二つの方法が考えられる。その一つは, 先に求めた歩行距離(延距離)をそれに費やした時間(延時間)で除算することによって算出する方法で, この方法によって求めた歩行速度をここでは長時間平均の歩行速度と呼ぶことにする。他の一つは, 活発な歩行移動がみられるある短い時間帯についてそこでの速度を求める方法である。この歩行速度は短時間平均の歩行速度と呼ぶことにする。まず前者の方法にしたがって算出した長時間平均の歩行速度を示すと Table 2 のとおりとなった。平均歩行速度の最小値は 0.09 cm/秒(雌), 最大値が 0.48 cm/秒(雄)であった。長時間平均の歩行速度は雌雄間で比較すると, 4月の前半期と後半期のいずれにおいても雌雄間に有意差が認められ(MANN-WHITNEY の U 検定, 4月前半期: $U_{cal}=1.5$, $P=0.0117$, 4月後半期: $U_{cal}=5$, $P=0.0262$), 雄の方が大であった。雌成虫より雄成虫の方が歩行速度が大きい要因としては, 探索行動が「面」探索であるかそれとも「点」探索であるかの違いによるものと考えられる。

短時間平均の歩行速度を明らかにするため, 結果及び考察の2で既に述べた個体番号14番の雄成虫, すなわち, 雌雄両成虫の中で最も活発に行動した個体について, 最活発行動時間帯を選抜し, 短い時間帯での歩行速度を求めてみた。選抜時間帯は, Fig. 5-d の3時14分から同24分までの10分間である。得られた速度値(最大歩行速度)は 1.75 cm/秒であり, マツノマダラカミキリ(岡本, 1985)の最大歩行速度 1.89 cm/秒よりやや小さい。しかしながら, 本種の虫体サイズはマツノマダラカミキリよりもかなり小型であることからみて, 本種の歩行が極めて活発であることがわかる。また, 本種の活動はマツノマダラカミキリのそれと比べると, 相当低い環境温度下で発生する。このような条件下にありながらマツノマダラカミキリのそれに近い速度で歩行し得ることは, 本種成虫が低温に適応した種であることを意味するように思われる。

要 約

1. スギ生立木上でのスギカミキリ *Semanotus japonicus* LACORDAIRE 成虫の行動を明らかにする

ため、4月前半期(1986年4月1日～4月12日)及び後半期(1985年4月20日～4月26日)に、林内のスギ生立木に雌及び雄成虫を放飼し、放飼後の行動を個体別に24時間連続して観察した。

2. 放飼成虫がスギ生立木上で展開した主要な行動は、雌探索、マウントと交尾、産卵部位の探索、産卵、闘争、長時間の静止または粗皮下での潜伏であった。摂食及び飛翔の両行動は発生しなかった。

3. 配偶、産卵及び闘い行動はいずれも日没から日の出までの間に集中して発生した。長時間の静止または潜伏は日の出から日没までの間に頻発した。

4. 長時間の静止を除いた行動は主に樹幹部で発生し、その範囲は立木の地際から樹高の約95%までの位置であった。長時間の静止は大部分が樹幹の低い部位で発生した。また、長時間静止は、雌の場合、立木樹幹の北側面で多く発生し、雄では特定方位面で発生が多いということとはなかったものの、東側面では極度に少なかった。他の行動ではこのような偏りは認められなかった。

5. 成虫の24時間内の総歩行距離の最小値は26 m(雌)、最大値は187 m(雄)であった。長時間平均の歩行速度の最小値と最大値はそれぞれ0.09 cm/秒(雌)と0.48 cm/秒(雄)であったが、短時間(10分間)平均の歩行速度の最大値は1.75 cm/秒(雄)であった。

引用文献

- ADACHI, I., 1988. Reproductive biology of the white-spotted longicorn beetle, *Anoplophora malasiaca* THOMSON (Coleoptera: Cerambycidae), in citrus trees. *Appl. Ent. Zool.*, 23: 256-264.
- 阿久津喜作, 1985. センノカミキリの生態ならびに防除に関する研究. 東京都農業試験場研究報告, 18: 1-72.
- ・窪木幹夫, 1981. シロスジカミキリ成虫の行動. 応動昆, 25: 156-161.
- ・———, 1983. センノカミキリの配偶行動. 応動昆, 27: 189-196.
- FAUZIAH, B. A., T. HIDAKA & K. TABATA, 1987. The reproductive behavior of *Monochamus alternatus* HOPE (Coleoptera: Cerambycidae). *Appl. Ent. Zool.*, 22: 272-285.
- 伊藤賢介・小林一三, 1983. スギカミキリ成虫個体群の林内移動・分散. 第94回日本林学会大会論文集, 493-494.
- ・———, 1984. スギカミキリ成虫個体群の林内移動・分散—調査第2年目の結果—. 第95回日本林学会大会論文集, 487-490.
- IWABUCHI, K., 1988. Mating behavior of *Xylotrechus pyrrhoderus* BATES (Coleoptera: Cerambycidae) IV. Mating frequency, fecundity, fertility, and longevity. *Appl. Ent. Zool.*, 23: 127-134.
- 片桐一正・越智鬼志夫・宇賀正朗・小島圭三, 1964. マツノマダラカミキリ成虫の行動. げんせい, 14: 3-4.
- 小林富士雄, 1986. スギ・ヒノキのせん孔性害虫, 11-69, 全国林業改良普及協会, 東京.
- KOBAYASHI, F., A. YAMANE & T. IKEDA, 1984. The Japanese pine sawyer beetle as the vector of pine wilt disease. *Ann. Rev. Ent.*, 29: 115-135.
- 小林一三, 1976. 赤外線テレビジョンシステムによるスギカミキリ成虫の行動観察の試み. 第23回日本林学会関西支部大会講演集, 289-292.
- , 1977. 赤外線テレビジョンによるマツノマダラカミキリ成虫の行動観察. 第88回日本林学会大会論文集, 289-290.
- , 1980. スギ・ヒノキ優良材生産を阻害する害虫—スギカミキリを主体として—. 山林, 1157: 1-8.
- LINSLEY, E. G., 1959. Ecology of Cerambycidae. *Ann. Rev. Ent.*, 4: 99-138.
- 槇原 寛・遠田暢男・山崎三郎, 1984. スギカミキリ成虫の生態—交尾行動, 時間, 飛翔行動, 距離, 夜間行動—. 第95回日本林学会大会講演要旨, p.108.
- MAKIHARA, H. & M. HAYASHI, 1984. A study on three species of cryptomeria twing borers,

- Anaglyptus subfaciatus* species group (Coleoptera: Cerambycidae) in Japan and Taiwan, with description of a new species. *Elytra*, 11: 1-8.
- 三富 誠, 1989. ゴマダラカミキリの生態に関する研究. 愛媛大学大学院連合農学研究科(博士課程) 学位論文, 18-27.
- 中村寛志・杉山隆史・岡本秀俊, 1987. スギカミキリの生態に関する研究(Ⅲ) —放逐実験による成虫の移動・分散性—. 第31回応動昆虫大会講演要旨, p.155.
- ・———・———, 1988. スギカミキリの生態に関する研究(V) —成虫の樹間移動—. 第32回応動昆虫大会講演要旨, p.157.
- ・———・———, 1989. スギカミキリ発生林における放逐実験による成虫の移動・分散について. 瀬戸内短期大学紀要, 19: 21-27.
- ・———・———, 1991. スギカミキリ発生林における成虫の樹間異動. 応動昆虫, 35: 123-129.
- 西村正史, 1973. マツノマダラカミキリ成虫の行動の連続観察. 日林誌, 55: 100-104.
- OKAMOTO, H., 1984. Behavior of the adult of Japanese Pine Sawyer, *Monochamus alternatus* HOPE. In DROPKIN, V. H. (ed.), *Proc. US-JAP. Seminar, The Resistance Mechanisms of Pines Against Pine Wilt Disease*, 82-96. Univ. of Missouri, Columbia, USA.
- 岡本秀俊, 1985. マツノマダラカミキリ成虫の行動性. 「環境科学」研究報告集(文部省環境科学特別研究昭和55・56年), 松枯れとその生態系に及ぼす影響, B236-R12-3: 63-72, 佐伯敏郎編, 東京大学理学部, 東京.
- ・市川俊英, 1980. マツノマダラカミキリ成虫の行動について. 第40回日本昆虫学会大会講演要旨, p.22.
- ・———, 1982. バラコート処理マツ生立木に対するマツノマダラカミキリ成虫の夜間における飛来数並びに樹上活動数の概日リズム的变化. 昭和56年度科学研究費補助金(一般研究B)研究成果報告書, 9-11.
- ・椎葉豊文・本田正聡・大平正樹・栗田 章, 1984. マツノマダラカミキリ成虫の生態に関する研究I. 脱出立木上における成虫の行動. 第95回日本林学会講演要旨, p.98.
- RICE, M. E., 1989. Branch girdling and oviposition biology of *Oncideres pustulatus* (Coleoptera: Cerambycidae) on *Acacia farnesiana*. *Annls. ent. Soc. Am.*, 82: 181-186.
- 柴田敬式, 1981. スギ林内におけるスギカミキリ成虫個体群の季節的変動. 第32回日本林学会関西支部大会講演集, 213-215.
- SHIBATA, E., 1983. Seasonal changes and spatial patterns of adult populations of the sugi bark borer, *Semanotus japonicus* LACORDAIRE (Coleoptera: Cerambycidae), in young Japanese cedar stands. *Appl. Ent. Zool.*, 18: 220-224.
- 柴田敬式, 1984. スギカミキリ成虫を捕獲するためのバンド法について. 森林防疫, 33: 30-35.
- SHIBATA, E., 1986. Adult populations of the sugi bark borer, *Semanotus japonicus* LACORDAIRE (Coleoptera: Cerambycidae) in Japanese cedar stands: population parameters, dispersal and spatial distribution. *Res. Popul. Ecol.*, 28: 253-266.
- , K. OKUDA & T. ITO, 1986. Monitoring and sampling adult populations of the sugi bark borer, *Semanotus japonicus* LACORDAIRE (Coleoptera: Cerambycidae), by the sticky trap banding method in Japanese cedar stands. *Appl. Ent. Zool.*, 21: 525-530.
- 杉山隆史・阿南 一・藤井栄一・岡本秀俊, 1989. スギカミキリの生態に関する研究(VI) —林床及び枝部での活動ならびに飛び立ち—. 第100回日本林学会大会講演要旨, p.138.
- WALSH, K. D. & M. J. LINIT, 1985. Oviposition biology of the pine sawyer, *Monochamus carolinensis* (Coleoptera: Cerambycidae). *Annls. ent. Soc. Am.*, 78: 81-85.
- 鷺巣政志・杉山隆史・岡本秀俊, 1988. スギカミキリの生態に関する研究(Ⅱ) —スギカミキリの配偶行動—. 第32回日本応用動物昆虫学会大会講演要旨, p.158.
- 山田常雄・前川文夫・江上不二夫・八杉竜一・小関治男・古谷雅樹・日高敏隆編, 1977. 岩波生物学辞典第2版. 380 pp. 岩波書店, 東京.
- 横井直人, 1989. キボシカミキリの配偶行動. 応動昆虫, 33: 175-179.

(Received November 24, 1990; Accepted December 18, 1990)