

E-1 熱帯林生態系の環境及び構造解析に関する研究

(4) 昆虫相の群集動態に関する研究

研究代表者 森林総合研究所北海道支所 福山研二

農林水産省 森林総合研究所

北海道支所 昆虫研究室 福山研二

森林生物部 昆虫管理研究室 前藤 薫

農林水産省 国際農林水産業研究センター

林業部 大角泰夫

平成5-7年度合計予算額 23,972千円

(平成7年度予算額 7,413千円)

[要旨]

孤島化した熱帯林において、送粉者である訪花性甲虫類と分解者であるキクイムシ類のコアーから林縁にかけての水平的分布と林冠部における垂直的分布を、おもに誘引トラップを用いて調査した。キクイムシ類の林冠部での役割について検討した。また、調査に先立ち、林冠部の昆虫調査のためのバルーンシステムの開発と訪花性甲虫類に有効な誘引剤の比較試験を実施した。その結果、バルーンを用いることにより、地表付近では捕獲することが出来ない昆虫類を比較的容易に捕獲できることがわかった。花の匂い成分であるリナロール、オイゲノール、ベンジルアセテート、メチルベンゾエートの4種類を誘引トラップで比較したところ、リナロールが最も多くの種類と個体数の訪花性甲虫類を誘引した。誘引トラップは、訪花性甲虫類の調査に極めて有用であることがわかった。キクイムシ類の垂直分布をみると、材食性の養菌性キクイムシ類では、地表から林冠上部にまで広く分布しており、サクキクイムシは地表部に多く、生きた組織を食害するキクイムシ類は林冠部に集中していた。訪花性コガネムシ類は主に林冠中央部に多かったが、種によって分布域が異なっていた。水平分布では、サクキクイが林外のヤシ園から1km以上も流入していることが明らかとなったほか、コガネムシ類では林縁に行くほどやや多くなる傾向が見られた。落下した枯れ枝の折れ口には、キクイムシの食害痕が認められるものが多く、林冠に付着していた枯れ枝の基部にもキクイムシが加害していた。キクイムシに基部を食害されている枝は容易に落下することから、林冠部で活動するキクイムシ類が熱帯の樹木の枯れ枝を早期に落下させ、物質循環を促進していることが予想された。

[キーワード] : 甲虫類・送粉者・分解者・林冠生物・孤立林・空間分布

I. バルーントラップを用いた熱帯林の林冠部における昆虫類の調査法の開発

1. はじめに

訪花性昆虫類や穿孔性昆虫類は、熱帯林においては植物の繁殖や有機物の分解過程などを通じて重要な働きをしている。しかし、それらの昆虫類の多くは林冠層で活動しているものが多い。し

かし、熱帯林は樹高が60mときわめて高いため、その調査は非常に困難であった。これまでタワーやクレーン等、薫煙法、登はん法などの様々な方法が試みられている。さらに飛行船につけたいかだを林冠に軟着陸させる方法も開発されている。しかし、これらは経費がかかったり危険であったり、環境に悪影響を与えるなどの問題があった。そこで、比較的経費がかからず林冠層の昆虫を調査でき、なおかつ移動可能な方法として気球にトラップを係留するという方法の開発を試みた。

2. 調査地および調査方法

使用した気球は、商業用のアドバルーンで、白色軟質ビニール製で直径が2.5mある。これにヘリウムガスを充填して使用した。トラップには訪花性甲虫を効率よく捕獲できるとされているサンケイ化学社製水盤付き衝突板トラップ（白色）を用い、誘引剤としては、多様な訪花性甲虫類を誘引するベンジルアセテートを用いた。さらに穿孔性昆虫用として、サンケイ化学社製水盤付き衝突板トラップ（黒色）にエタノールを誘引剤としたものを用いた（図-1）。

調査地は、半島マレーシアのパソーにあるフタバガキ科の高木が優占する低地熱帯降雨林の保護林に設定した。林の入り口から約800m入った地点に互いに100mほど離れた2カ所の調査地点（A,B）を設定し、各地点にバルーンを1つずつあげた。両地点の最高樹高は約30mであった。

バルーンには、原則として2器のトラップをとりつけ、高さやトラップの種類を変えながら10日間調査を行った。トラップの高さは1.5m（地表付近）、7m（林冠下部）、15m（林冠中部）、21m、25m（林冠上部）とした。なお、高さ21mの調査はB地点のみ、25mについてはA地点のみでそれぞれ1日しか実施しなかった。調査は1992年1月14日から25日まで行い、回収は中間の3日間を除き原則として毎日行った。

3. 結果と考察

熱帯林でのバルーントラップの係留状況

調査期間中、いずれの高さにおいてもバルーンは安定して係留され、トラップもほとんど振動しなかった。心配された風の影響はほとんどなく、午後のスコールの時を除けば無風状態であった。調査期間中の最大風速は14.4 km/hであり、この地域の年間の最大風速が14.4 km/hを越えるのは10日前後しかないこと、最大でも19 km/hにしかないことなどから、この地域においては年間を通じて調査が可能であると思われる。また、ガスの漏洩もわずかで10日間継続して係留することができた。3人（少なくとも2人）いればバルーンの設置が行えトラップの回収のための上げ下げは1人でも容易にできることがわかった。

トラップに誘引捕獲された甲虫類

調査期間中に合わせて13科（1上科を含む）の甲虫類が捕獲された。最も個体数が多かったのがScarabaeidae（コガネムシ科）で約64%を占めた。次いTrogoxipidae（コクヌスト科）、Curculionidae（ゾウムシ科）、Carabidae（オサムシ科）、Chrysomelidae（ハムシ科）、Staphylinidae（ハネカクシ上科）、Elateridae（コメツキムシ科）、Mordellidae（ハナノミ科）、Nitidulidae（ケシキスイ科）、Anthribidae（ヒゲナガゾウムシ科）、Erotylidae（オオキノコムシ科）、Cerambycidae（カミキリムシ科）、Scolytidae（キクイムシ科）の順であり、主な訪花

性甲虫のグループは捕獲できた。

ベンジルアセテートに誘引されたものとしてはコガネムシ科のハナムグリ類 *Dasyvalgus* 3 種、*Mecinonota* 1 種が優占しており、エタノールでは、キクイムシ科の *Xylosandrus crassiusculus* が優占した。

高さによる捕獲傾向の違いをみると、全体ではトラップをあげた地点での林冠中層にあたる 15m 付近でもっとも多く、地表付近では、きわめて少なかった（図-2）。ただし、この傾向は種類によって異なり、最優占種である *Dasyvalgus* 3 種は林冠中層に多く地表付近ではまったく捕獲されなかったのに対して同じコガネムシ科の *Mecinonota* の 1 種は地表付近でも捕獲されている。また、花や新梢、葉などを食べていると思われる *Endaeus* 2 種は、林冠の上部で最も多くとれている（図-2 のゾウムシ類）。2 つの調査地点の間では、捕獲された甲虫の種類組成はほとんど変わらないが、*Endaeus* 属のゾウムシは B 地点の方が明らかに多かった。*Endaeus* が林冠表層に集中して活動していると仮定すると、トラップを設置した場所の林冠の立体的な構造の違いが敏感に反映されているのかもしれない。

コガネムシ類の活動消長

優占群であるコガネムシ類の捕獲経過を調査期間中の温度や降水量と比較したところ、回収前日の気温が低く降水量が多いほど捕獲数が多くなるという傾向が認められた。

これらのコガネムシ類は、幼虫は朽ち木に生息していると思われる。近似属の *Valgus canaliculatus* や *V. seticollis* などではシロアリの巣からよく発見されており、シロアリの巣の壁などを生息場所としていることから、本属もシロアリが利用した朽ち木あるいは巣を生活場所としている可能性が高く、おそらく朽ち木か土中で蛹化すると思われる。この場合、前日の降水により土壌が湿り成虫が脱出しやすくなるのかもしれない。このことは、捕獲された成虫のかなりの個体に泥が付着していることから裏付けられる。また、わずかの低温が刺激となり訪花活動を活発にし、同種の出会う確率を高めている可能性もある。ただし、訪花昆虫の多くが、雄と雌共に花を訪れ、交尾のための出合の場としているものが多いのに対して、この属は雄しか花を訪れない。トラップにも雄しか捕獲されないため、雌の行動習性は不明であり、今後の詳細な調査が必要である。

4. まとめ

気球を使って林冠の昆虫を調査するという一見、突飛な方法も、熱帯林のような風の弱いところでは、十分可能であり有用な方法であることがわかった。この方法の、利点は、タワーやウオークウェイのように設置場所が限定されることがないため、対象とする樹木などの近くに直接トラップを上げることができることであろう。そのため、そのとき開花している樹木を対象に訪花昆虫を調査したり、林縁から林内にかけての群集の変化を解析したりでき、熱帯林の昆虫群集を水平的および垂直的に解析ができる。特に、コガネムシ類のように生活史の大部分を土壌表層で過ごし、成虫のみが一時的に林冠を訪れるものを短期間で調査するには適している。

さらに、通常の樹木に懸垂させる方法に比べて、林内の小さなギャップに上げたり、林冠の上部にまで上げることができるため、トラップの選択によって、かなりきめ細かな調査も可能となる。また、飛行船やタワークレーンのように多大な経費も必要ではなく（気球 1 個当たり 4 万円、

ガス代が1回に約2万円)、要員もわずかですみ、森林環境にもほとんど影響をあたえることがない。これまでの方法に比べ、コストパフォーマンスがはるかに高いと思われる。

欠点としては、1) 気球であるため、風の影響に弱いこと、2) 破損しやすい薄いビニール製であるため、長期間のメンテナンスなしの継続使用にはむかないこと、3) 直接観察や採集ができないので、より高度な生態調査などには利用できないことやトラップに制限を受けるため特定の昆虫群集にしか利用できない点などがある。ただし、ビデオカメラなどを係留することは可能なので、不十分ながら間接的な観察は可能であるし、かなり広範囲の昆虫をあつめるライトトラップやマレーズトラップを利用することもできる。また、マーク再捕獲法などにより、成虫の移動などの調査にも応用ができると思われる。

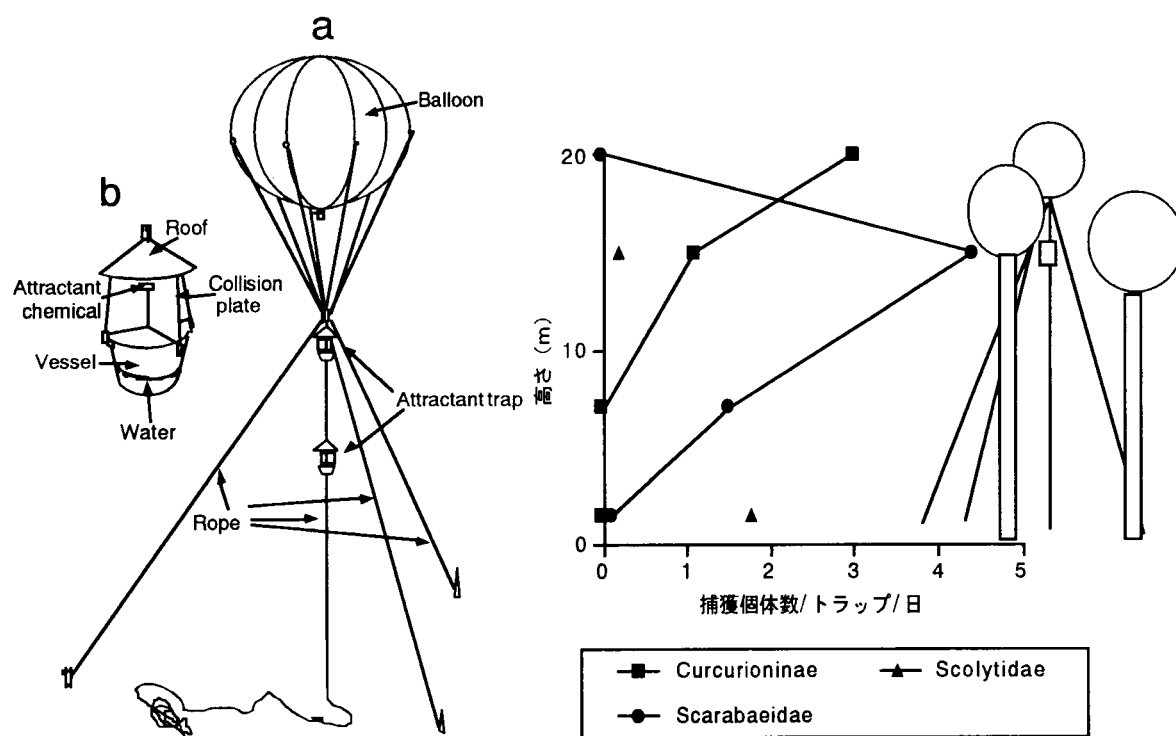


図-2 主要訪花甲虫の捕獲状況

図-1 気球トラップ

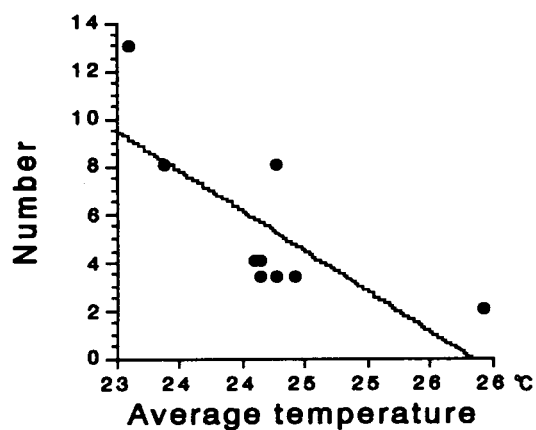


図-3 気温と捕獲数の関係

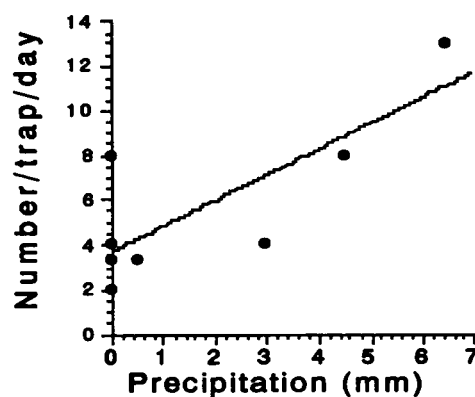


図-4 降水量と捕獲数の関係

II. 花の香成分による訪花性甲虫類の誘引特性

1. はじめに

ハナムグリ類やハナノミ類などの訪花性甲虫は、熱帯林樹木の花粉媒介者として重要な機能を果たしていると考えられている。森林の断片化などによって、それら花粉媒介昆虫の生息密度や種類構成が変化すれば、やがては樹木の繁殖・更新にもさまざまな影響が及ぶものと予想される。しかしながら、これまで有効なサンプリング方法がなかったため、熱帯林の訪花性甲虫にかかわる調査・研究はきわめて限定的なものであった。熱帯林の保全を図るためには、訪花性甲虫の多様性と機能を明らかにするとともに、簡便なモニタリング法を確立することが急務である。そのためには、まず、生息密度の低い訪花性甲虫を効率的に捕獲・サンプリングできる手法を開発することが必要である。

いくつかの訪花性甲虫は、花の香成分に誘引されることが知られている。この習性を利用できれば、一般に訪花性昆虫の捕獲調査が難しい熱帯雨林においても、簡便でしかも定量的なサンプリング調査が可能になるものと期待される。我々は、誘引効率の高い香成分を明らかにするため、花の香成分のなかでも代表的な4種類の芳香物質について野外実験によって誘引特性を比較した。

2. 調査地および調査方法

4種類の揮発性芳香物質（Linalool, Methyl benzoate, Benzyl acetate, Eugenol）の誘引特性を森林内での誘引実験によって比較した。実験は、セランゴール州にあるマレーシア農科大学のAir Hitam実験林で行った。実験林は択伐後約20年を経た低地雨林である。林内に一辺10mの方形区を4箇所設定し、各方形区の四角に誘引トラップを1器ずつ設置した。それぞれの誘引器には1種類の芳香物質を割り当て、各方形区で1セット4種類の芳香物質が比較できるよう設定した。

誘引実験は、2月、5月、8月、11月の4回、それぞれ2週間ずつ行った。

トラップにはサンケイ化学社製の水盤付き衝突板トラップ（白色）を用いた。25mlの芳香物質を脱脂綿に含ませ、樹脂容器に入れ、トラップの中央上部に取り付けた。水盤には、界面活性剤と防腐剤を添加した水を注いだ。

捕獲された甲虫サンプルは乾燥標本にし形態種に分類した。種名の同定は専門家に依頼した。

3. 結果および考察

図-5のように、誘引された甲虫の個体数は芳香物質の種類によって大きく違っていた。多くの種について芳香物質間の誘引力に違いが認められた。テストした芳香物質のうち、比較的広範な誘引特性を示したのはLinaloolとMethyl benzoateであった。一部のゾウムシを除くと、Benzyl acetateの誘引力は小さかった。

誘引された甲虫類の多くが、花粉や花の蜜を食べるもの（糞虫をのぞくコガネムシ科、ハナノミ科、カミキリ科の一部）か産卵のために花を訪れるもの（ゾウムシ科）であった。これらは、樹木の花粉媒介に何らかの役割を担っていると思われる。誘引剤を利用するサンプリング法によって、これら訪花性昆虫の定量的なセンサスが可能になるほか、誘引した甲虫の虫体から花粉を採取することによって花粉媒介者としての働きを調べるができる。

温帯林では、Benzyl acetate が広範な訪花性甲虫を誘引することが確かめられている。しかし、

マレー半島の低地熱帯雨林では、Benzyl acetate はあまり有効な誘引物質ではなかった。この地域の森林では、LinaloolやMethyl benzoateの方がBenzyl acetateよりも訪花性甲虫に対する誘引効果が高いと考えられる。温帯と熱帯の樹種では花の香成分の組成が異なるのかもしれない。もっとも特定の物質にはほとんど誘引されない甲虫種もあるので、広範な種を誘引するには複数の誘引剤を併用した方がよいだろう。一方、Eugenolは花よりもむしろ葉や茎に多く含まれる成分であり、一部のコガネムシ類を除くと訪花性甲虫はあまり誘引されなかった。特異的に誘引されたフトカミキリ類も訪花性とは考えにくい。

今回の実験では、芳香物質の違いだけに考慮し、すべて白色のトラップを用いた。しかし、訪花性甲虫の誘引効率にはトラップの色も影響するという報告がある。黄色あるいは黒色トラップを使うと捕獲される甲虫の種類が変わる可能性もある。

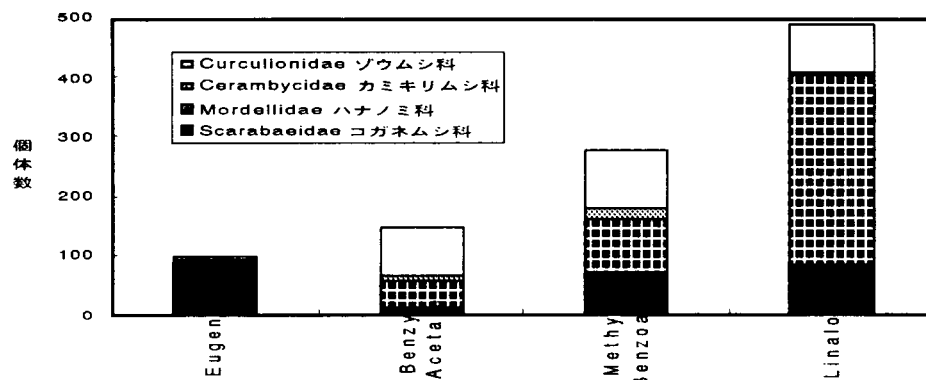


図-5 4種類の花の香成分に誘引された甲虫類.

4. まとめ

- ・花の香成分を誘引源とする誘引トラップは、熱帯林における主要な花粉媒介者である訪花性甲虫類の生態調査に役立つ。
- ・熱帯林で用いる誘引剤としては、LinaloolあるいはMethyl benzoateの効果が高い。

III. アンブロシア甲虫類の垂直分布構造

1. はじめに

アンブロシア（養菌性）甲虫とは、新鮮な倒木や枯れ枝、落枝に穿入し、孔道内に共生菌を持ち込んで繁殖させ、それを餌にして幼虫を育てる材食性昆虫の総称であり、キクイムシ科の一部とナガキクイムシ科がこれに含まれる。一般の材食性昆虫はかなり腐朽の進んだ材しか利用できないが、アンブロシア甲虫は共生菌の働きによって、衰弱した枝や枯れたばかりの材を最初利用することができる。温帯林にも分布するが、圧倒的に多くの種が熱帯雨林に生息している。種の豊富さと樹木への強い依存性から、アンブロシア甲虫は熱帯林をもっともよく代表する昆虫群のひとつと言える。熱帯雨林は、林床から林冠表面まで40mから70mにも達し、その間に重層化した複雑な空間構造が発達する。きわめて豊富な種を含むアンブロシア甲虫は、この階層化した森林空間をどのように利用しているのだろうか。

熱帯林の林冠に生息する甲虫の調査は、殺虫剤を林冠に散布し、落下する甲虫を拾う方法で行

われることが多い。しかし、いつも樹体表面で活動しているゴキムシ類などとは違い、アンブロシア甲虫は材内で過ごす時間が長く、飛翔する時間帯が限られるため、殺虫剤散布によって調査することは難しい。しかも、殺虫剤散布法では林冠内部の群集構造（垂直分布パターン）などを知ることにはできない。幸い、アンブロシア甲虫はエタノールによく誘引される。本調査では、アンブロシア甲虫の空間利用パターンを明らかにするため、林冠タワーに多数のエタノールを用いた誘引トラップを設置して捕殺調査を行った。

2. 調査地および調査方法

パソー保護林の林冠タワーにエタノールトラップを設置し、アンブロシア甲虫類を捕殺した。林冠タワーは20m間隔で建てられた3本のタワーからなる。各タワーには、9器のサンケイ化学社製水盤付き衝突板トラップ（黒色）を、地上高1mから31mまで等間隔で設置した。

タワー周辺には高さ45m前後の突出木があるため、地上高30mでも相対照度は30%程度であった。相対照度はほぼ一定の割合で低下し、地上1mではほぼ1%にまで減衰した。

誘引源として99%エタノール25mlを脱脂綿に含ませ、直径1mmの放出口を4箇所開けた樹脂容器に入れ、トラップの中央上部に取り付けた。エタノールは毎週10mlずつ補給した。水盤には、界面活性剤と防腐剤を添加した水を注いだ。誘引調査は、1993年11-12月と1995年7-8月の2回、それぞれ3週間ずつ行った。捕獲サンプルは毎週回収し、いったんエタノール浸にしたものを、乾燥標本にした。形態種に分類し、種ごとに個体数を計数した。種の同定は、専門家に依頼した。

3. 結果と考察

48種のアンブロシア甲虫（ナガキクイムシ科Platypodidaeおよびキクイムシ科Scolytidaeの3族Xyleborini、Webbini、Eccoptopterini）が誘引・捕獲された。林床から林冠上部（地上高31m）にかけて広く誘引されたが、個体数、種数ともに林冠の下層（地上高15m前後）ではやや少なかった（図-6-A、B）。誘引個体の多かった数種について、高度と誘引数の関係をプロットしたところ、図-7のようになった。サクキクイムシ*Xylosandrus crassiusculus*は林床付近に、*Platypus* sp.と*Xylebus* sp.aは林冠の上部ほど多いことが分かる。また、*Xyleborus exiguus*のように林冠の中層に多い種もあった。

このように種によって誘引される高度が異なることから、種ごとに誘引高度の中央値を算出し、その頻度分布を求めた（図-6-C）。1/4ほどの種が林床付近に、半数以上の種が地上高20mを超える林冠上部に分布の中心を持っていた。

アンブロシア甲虫が種に固有な垂直分布プロファイルを持つことは、すでに西アフリカの熱帯季節林における研究で指摘されている。われわれの調査結果は、この指摘を支持するとともに、東南アジアの熱帯雨林では大半のアンブロシア甲虫が、林冠の中・上部を利用する「林冠生物」であることを示している。これは「アンブロシア甲虫は、倒木や落枝を利用する、どちらかと言えば林床性の昆虫」、という温帯林で確立された従来の常識を大きくくつがえす結果である。林床のリター分解者としてはシロアリ類の働きが非常に大きいためか、他の材食昆虫の機能はこれまでほとんど省みられてこなかった。しかし今後は、林冠における材分解者として、アンブロシア甲虫などの働きにも注目する必要がある。

東南アジア熱帯雨林のアンブロシア甲虫相は、世界で最も豊富だとされている。西アフリカの熱帯季節林には、東南アジアの熱帯雨林ほど多くのアンブロシア甲虫が生息しておらず、その大部分は林床付近に垂直分布のピークを持っていた。より種数の少ない温帯落葉広葉樹林では、ごく一部の種だけが林冠で捕獲されるという。

アンブロシア甲虫は利用する樹種をほとんど選ばないので、熱帯雨林の樹種の多さがアンブロシア甲虫相を豊富にしているわけではない。アンブロシア甲虫が種に特異な垂直分布域をもち、林冠に広く生息しているという事実は、むしろ、熱帯雨林の幾重にも階層化した空間構造が豊富な種の共存を可能にしていることを示唆している。

今回の調査結果は、また、林床付近に生息するアンブロシア甲虫に限れば、林床レベルの誘引調査によって群集構造の変化（例えば、人為的な攪乱による構成種の変動）を検出することが可能であることを示している。

4. まとめ

- ・材を食べる昆虫の代表であるアンブロシア甲虫は、種ごとに固有な垂直分布パターンをもつ。
- ・マレーシアの熱帯林では、その多くが、林冠に分布の中心をもつ、林冠生物である。
- ・アンブロシア甲虫の種の豊富さは、熱帯雨林の階層化した林冠構造に依存しているらしい。
- ・林床付近に生息するアンブロシア甲虫群集に限れば、林床レベルのセンサスが可能である。

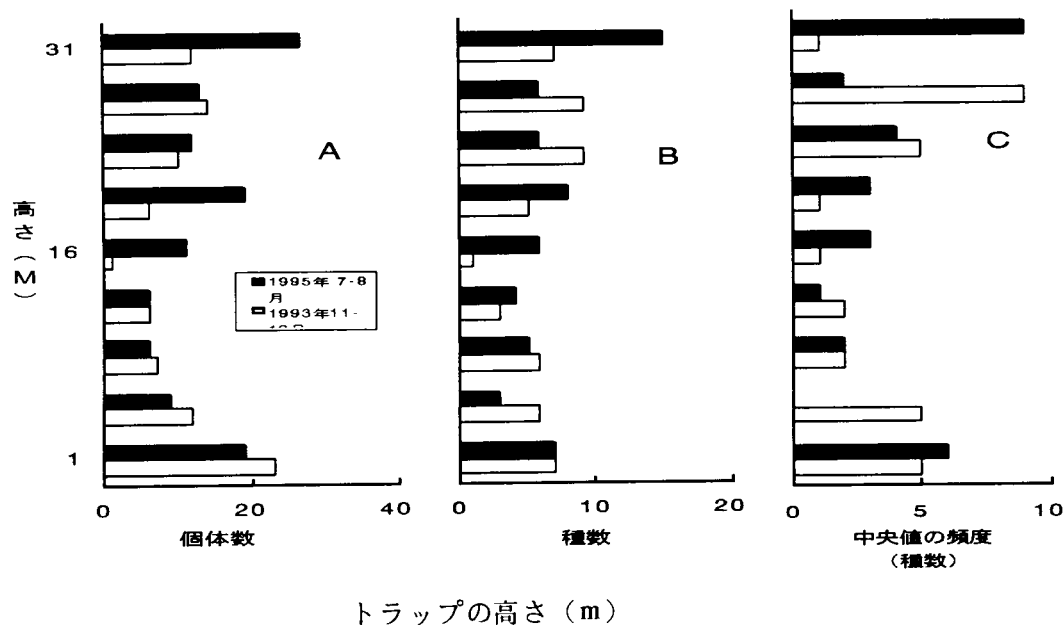


図-6 林冠タワーに設置したエタノールトラップに誘引されたアンブロシア甲虫の総個体数 (A)、種数 (B) および誘引高度の中央値の頻度 (C)。

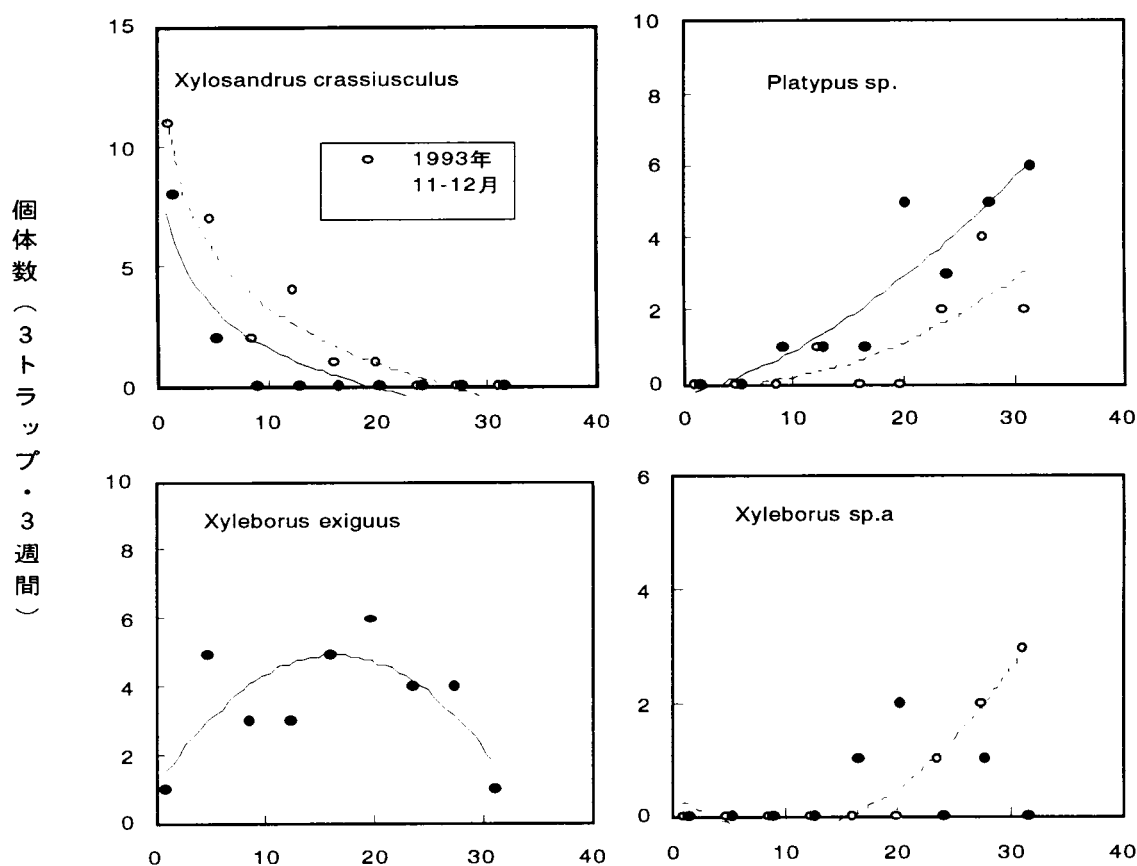


図-7 トラップの高さと誘引個体数の関係 (代表的な4種について)。

IV. 訪花性甲虫類 (コガネムシ類) の熱帯林における垂直分布

1. はじめに

熱帯林樹木の花粉媒介者として重要な機能を果たしていると考えられているハナムグリ類やハナノミ類などの訪花性甲虫は、多くが林冠層で活動していることが予想されるが、樹高60 m にもなる熱帯林においては、調査が困難なこともあってその実態の把握が遅れていた。そこで、新たに開発した訪花性昆虫用の誘引トラップを林冠タワーに設置することによって林冠部における活動状況を調査した。

2. 調査地と調査方法

訪花性昆虫誘引物質としては、特にハナムグリ類に有効であったリナロールを用い、改良型のサンケイ化学社製白色衝突板トラップを用いた。改良点としては、花粉の付着状況を調査するため、水盤に水抜きを作り粘着版をリング状に設置したほか、衝突板の上部にも粘着版を設置し、雨よけのためビニール製の傘をとりつけた。調査はPasoh保護林内に建設された林冠タワー3本にそれぞれ、1m, 10m, 18m と26mの位置にトラップを設置して行った。調査は1993年11月28日から12月10日まで毎日正午前後に捕殺虫の回収を行った。

3. 結果と考察

バルーン調査同様、優占グループはコガネムシ類の *Dasyvalgus* と *Mecynonota* であったが、確認された *Dasyvalgus* の種数は7種であった（図-8）。垂直的な分布をみるとバルーンの調査と同様に優占グループは林冠中層の18mで最も多く、林冠下層、上層では減少し、地表付近では全く捕獲されなかった。さらに、種によって活動域は異なっていた（図-8）。特に *Mecynonota* は10mに多くやや低い層で活動しているが、*D. dohlnei* は26mで最も多くなった。種数は18mが最も多かったが種の均衡係数 (J') は26mで最も高く多様度指数 (H') はあまり高さによる違いはなかった（図-9）。種類ごとの捕獲個体数を順位ごとに並べると、元村の等比級数則によく一致した（図-10）。また、捕獲消長は、バルーンと同様前日の気温や降水量と関連がみられたが、全体では日を追って減少して行く傾向があった（図-11）。捕りつくしが起こっている可能性があり、これは、このグループの移動性が小さいことを示唆しているのかもしれない。

回収されたコガネムシに花粉が付着している個体も認められたことから、これらの甲虫類が花粉の媒介になんらかの役割を果たしている可能性があることが確かめられた。ただし、花粉が付着した個体は少なく、これは、タワー付近に開花している植物がほとんどなかったことによると思われた。

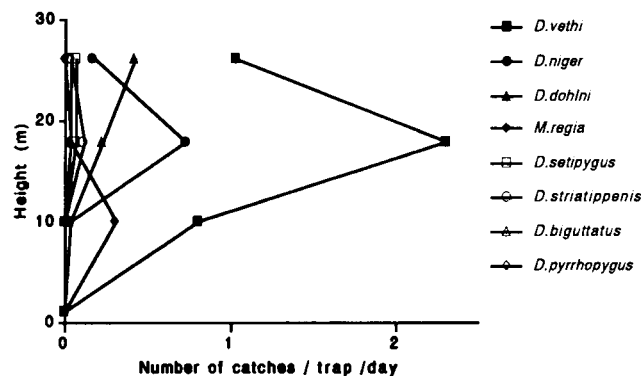


図-8 ハナムグリ類の垂直分布

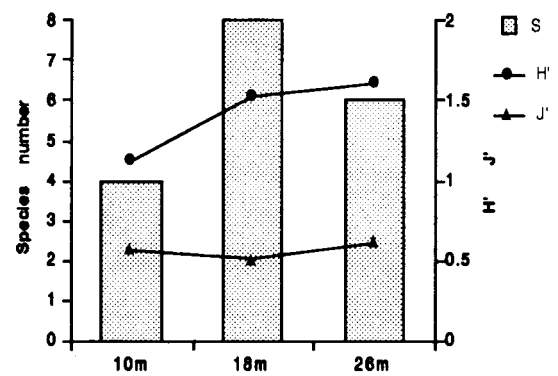
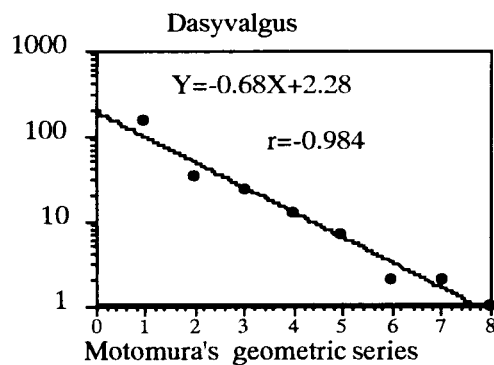


図-9 高さごとの多様性



（種の順位、個体数関係）

図-10 *Dasyvalgus*における元村の等比級数関係

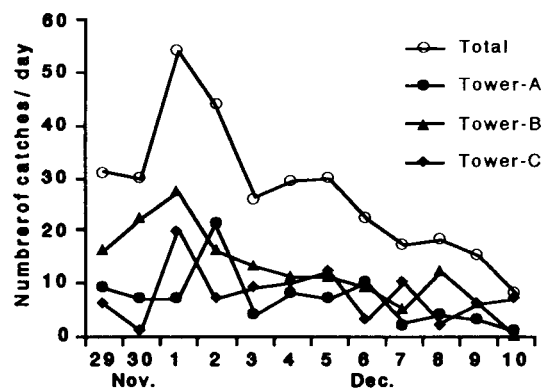


図-11 捕獲数の日変動

V. アンブロシア甲虫類の水平構造（とくに周辺人工林からの影響に注目して）

1. はじめに

人間活動の結果として断片化し、周辺を二次植生によって囲まれた森林では、周囲からの物理的および生物的影響によって森林の生物群集にさまざまな変化の生じること（エッジ効果）が知られている。保護林の設定やバッファゾーンの管理を適切に行うためには、さまざまな状況で生じるエッジ効果を理解しておく必要がある。しかし、熱帯林の昆虫群集についてエッジ効果を検討した研究例はごくわずかである。

アンブロシア甲虫は、衰弱した枝や実生、倒木、落枝などに依存する昆虫である。したがって、さまざまな人為的攪乱に晒されている自然林で生じている微妙な森林構造の変化を反映する指標として利用できる可能性がある。また、共生菌などさまざまな微生物を運ぶ、ベクターとしての挙動にも注目しておく必要がある。

本調査では、自然林が周辺の人工林から受けるエッジ効果を評価するため、周縁を人工林に囲まれているパソー保護林に調査地を設定し、林床レベルの誘引・捕殺調査を行ってアンブロシア甲虫の群集構造の違いを比較した。このパソー保護林は、面積約2,450ha、中心部には手つかずの低地雨林（約600ha）が遺されており、バッファゾーンは1960年代に幅数百メートルにわたって択伐された。保護林の外周（北東側を除く）は、1970年代に皆伐され、アブラヤシの一斉人工林に転換されている。

2. 調査地と調査方法

パソー保護林の中心部から林縁部にかけて5箇所の調査区（Site 1-5）を設定した。1993年4月、各調査区にエタノール誘引トラップ18器を10m間隔で設置し（地上1-1.5m）、3週間の誘引調査を行った。1993年11-12月には、保護林の林縁とアブラヤシ人工林内にも新たに調査区を設定して、補足的な調査を行った。両調査には、「3. アンブロシア甲虫類の垂直分布構造」と同じトラップおよび誘引源を用いた。サンプルは形態種にまで分類し、種の同定は専門家に依頼した。

3. 結果と考察

5属31種のXyleborini族キクイムシが誘引・捕獲された。種の豊富さ（種数）は、保護林内の調査区間でほとんど変わらなかった。種の順位・個体数関係も、最優占種のサクキクイムシ *Xylosandrus crassiusculus*を除くと違いがなかった（図-12）。しかし、林縁部では主としてサクキクイムシの割合が増加することによって、Berger-ParkerあるいはSimpson'sといった特定種の優占度合いを示す係数が著しく上昇し（すなわち個体数の種間均衡性が低下し）、保護林の中心部とは異なる群集構造を呈した（図-12）。

サクキクイムシの誘引個体数は、林縁とアブラヤシ人工林で高く、保護林では指数級数的に減少した。個体数の密度勾配は、林縁から1 km程度林内に入ってもなお認められた（図-13）。また、アブラヤシ人工林のアブラヤシの落枝（定期的に切り落とされる）で、サクキクイムシの繁殖が観察された。

鳥や糞虫の種構成は、パソー保護林の中心部と林縁部で違うことが報告されている。しかし、

アンブロシア甲虫の種数や種組成については、保護林内の調査区間で顕著な違いが認められなかった。この点だけ見ると、保護林周辺の開発（自然林からアブラヤシ人工林への転換）はアンブロシア甲虫に影響を与えていないように思える。しかし、サクキクイムシと呼ばれる優占種の個体数は、隣接する人工林からの林縁効果を強く受けていた。アブラヤシ人工林と林縁にきわめて多く保護林内ではしだいに減少するという事実、そしてアブラヤシの落枝で繁殖しているという観察から、このキクイムシはアブラヤシ人工林で繁殖し、保護林内に大量に飛び込んでいると考えるのが妥当であろう。林縁から1 km程度林内に入ってもなお密度勾配が認められることから、キクイムシの流入はさらに長距離に及ぶものと推測される。

サクキクイムシは西アフリカから、東南アジアを経て、大洋州、日本にまで分布する広域分布種である。サモア島の調査でも、自然林よりも人為攪乱を受けた疎林に多いキクイムシとされており、安定した森林よりも攪乱された環境を好む種らしい。多くのアンブロシア甲虫がそうであるように寄生樹種の選択範囲は広く、30を超える科がサクキクイムシの寄主として記録されている。「II. アンブロシア甲虫類の垂直分布構造」でも示されたように林床付近に多い種であり、比較的細い落枝や衰弱した実生に穿孔する。植栽された稚樹を攻撃して枯死させることもあるという。

ある種のアンブロシア甲虫が周辺の人工林からパソー保護林に流入することによって、パソーの原生生態系が周辺の開発によって何らかの悪影響をこうむっているという明らかな証拠は今のところない。しかし、アンブロシア甲虫が、生育した材に由来するさまざまな微生物を体表に付着させて（あるいは体内に取り込んで）新しい材に運ぶ、微生物の運び屋であることを忘れてはならないだろう。運ばれる微生物は、材を分解する共生菌（アンブロシア菌）にとどまらず、植物病原菌であることもある。

アンブロシア甲虫に限らず、昆虫はしばしば高い飛翔能力をもつため、外的な生物要素を自然林に導き入れる「運び屋」になる恐れがある。保護林の原生状態を保つためには、周辺からの多少の昆虫の飛び込みにも耐えられる幅広い（本研究の結果から、1 kmでは不十分）バッファージョンを、厳格に管理する必要がある。あらためて、注意を喚起したい。

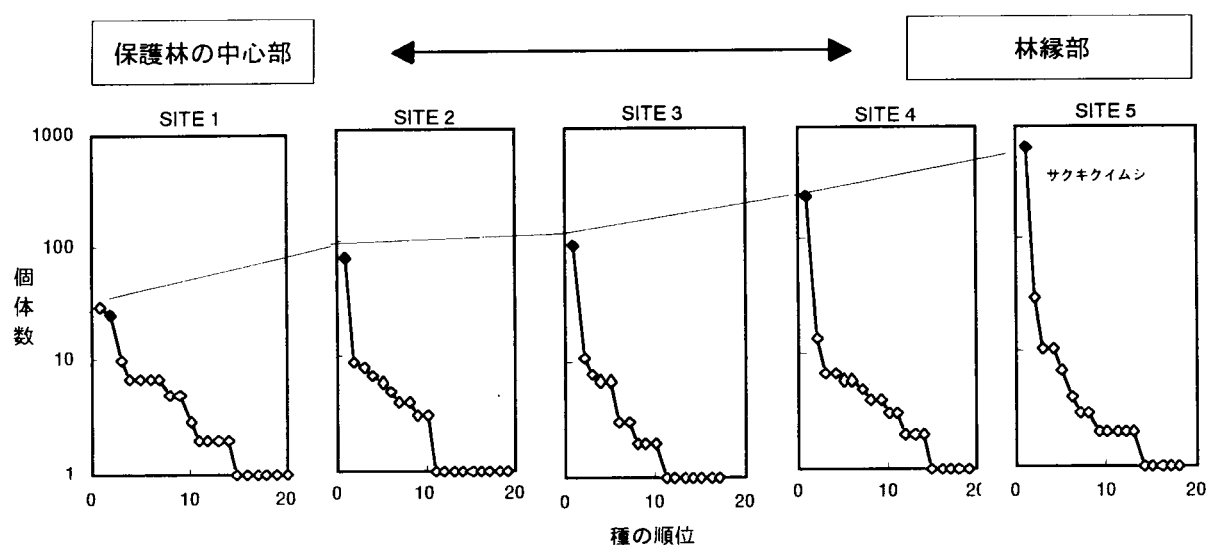


図-12 Xyleborini族キクイムシ群集の種の順位・個体数関係。

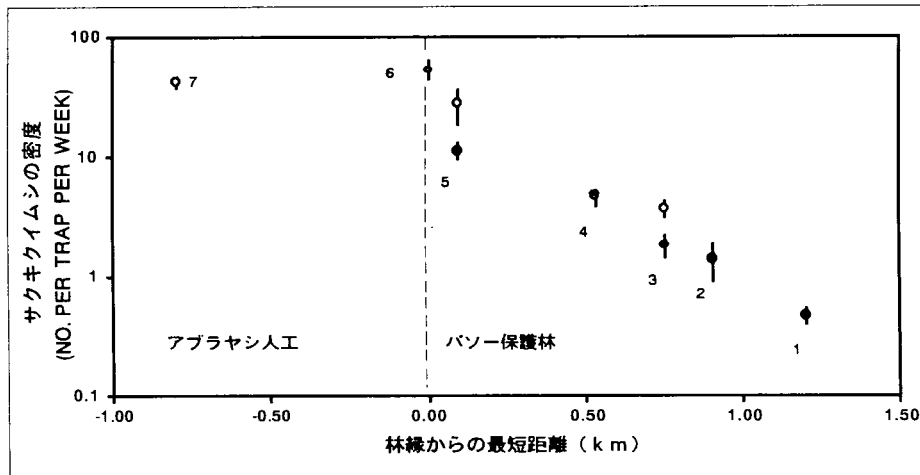


図-13 林縁からの距離とサクキクイムシの誘引数の関係。

IV. まとめ

- ・パソ保護林では、エッジ効果によるアンブロシア甲虫の種組成の変化は認められなかった。
- ・しかし、攪乱環境を好むアンブロシア甲虫の一種が、周辺のアブラヤシ人工林から保護林の内部に大量に流入しているらしい。
- ・アンブロシア甲虫の人為的な外環境からの流入は、保護林の原生環境を蝕む恐れがある。
- ・原生環境を保持するには、人為環境に由来する昆虫の飛び込みに配慮した幅広いバッファゾーンを設定し、厳格に管理すべきである。

VI. バルーントラップを用いた林冠部における訪花性甲虫類の水平分布調査

1. はじめに

訪花性甲虫についても、熱帯林の孤立化の影響を評価するために「I.」で開発したバルーントラップを用いてコアーから林縁にかけて調査を行った。

2. 調査地および調査方法

調査地はコアー（1）、バッファーとの境界（2）、バッファー中心（3）、樹木園（4）および林縁（5）とした。気球は直径2.1mの白色を用い、各調査地点の林冠層の中央にあげた。トラップは3.と同じくサンケイ化学社製白色衝突板の改良型を用い、誘引剤としてリナロールを使用した。トラップは7月31日から8月1日にかけて設置し、毎日回収を行い8月19日まで継続した。

3. 結果と考察

訪花性コガネムシ類として *Mecinonota* が2種、*Dasyvalgus* が6種類捕獲された。それぞれの調査地点での捕獲種数は2から4種類でありコアーより林縁のほうが多い傾向が認められた。個体数も林縁で多い向が見られるが、変動が大きく有意性は認められなかった。捕獲されたコガネムシ類を種類ごとに個体数の順位で並べると、元村の等比級数則によく一致した。

VII. 林冠部において枯れ枝の落下を促進するキクイムシ類の働き

1. はじめに

熱帯林は土壌における有機物の分解速度が速いため、大部分の有機物は樹木として地上部に存在している。これらの樹木は成長速度が高いが土壌に養分が不足していることから、不要になった葉や枝を早期に落下させる必要がある。そのために、葉や細い枝では自切作用によって落下させている。しかし、2 cm以上の枝については、自切作用は有効には働かない。しかし、落枝の折れ口の観察から、アンブロシア甲虫類が枯れ枝の早期落下に寄与しているらしいことが示唆された。そこで、これらアンブロシア甲虫の枯れ枝落下促進効果を評価するため、以下の調査を実施した。

2. 調査地と調査方法

Pasoh保護林内の歩道沿いに一定面積の調査ベルトを2本(A,B)を設置し、毎月落下してくる直径1 cm以上の枯れ枝について、その太さと長さ、枝の形、折れ口へのキクイムシの被害痕の有無等を1年間にわたって調査した。また、試験地周辺の林冠部に付着している枯れ枝100本を採取し樹種、付着高、基部直径、長さ、折れ口のキクイムシの被害の有無を調査した。枯れ枝の湿重量を概推するため55本の枯れ枝について太さと長さで湿重量を測定した結果、

$$\text{湿重量} = 0.001229 \times \text{長さ} \times \text{太さ}^2 \quad \text{で求められることがわかった。}$$

3. 結果と考察

落枝量は季節により大きく変動するものの、明瞭なピークは認められなかった(図-14)。落枝の内折れ口から3 cm以内にキクイムシの被害痕があるものは半数以上有り、折れ口直径が大きいものほど加害率が高まる傾向が認められた。太さと長さから換算した重量でみると、キクイムシの加害率は70%以上に達した(図-16)。付着していた枯れ枝の地上高については、樹種による大差なく、2.5mから40mにわたって広く加害が認められた。落下枝と同じく折れ口が太いものほど加害率が高まる傾向が認められ、重量に換算するとやはり80%に達することがわかった(図-15)。付着していた枯れ枝は、80%が基部から折れた。また典型的な加害を受けているものは、わずかな力で落下した。

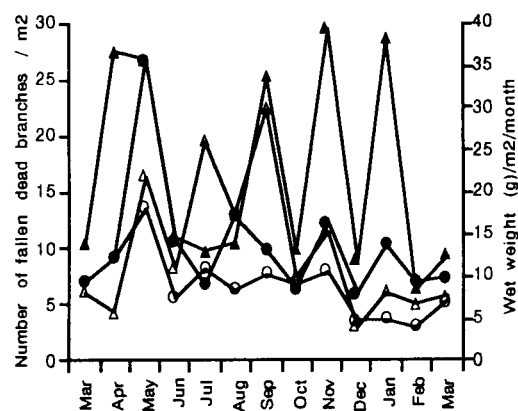


図-14 落下した枯れ枝の数と湿重量

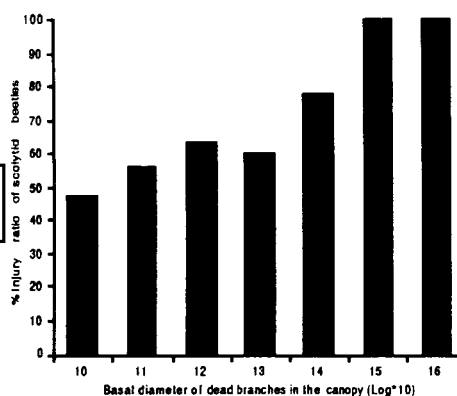


図-15 太さごとのキクイムシ加害率(付着枝)

これらのことから、落下しにくい太い枯れ枝は、基部をアンブロシア甲虫類に加害されることにより落下が促進されている可能性が高いことがわかった。キクイムシ類は樹木の害虫や材の分解者として位置づけられていたが、熱帯林生態系の中では、枯れ枝の落下促進に寄与することにより林冠部に残存する有機物量にも大きな影響を与えているようである。林冠の着生植物は限られた林冠の有機物や無機物を利用して生活していることからキクイムシ類は間接的に着生植物にも影響を与えていることになる。また、枯れ枝は往々にして病害性微生物や腐朽菌の侵入場所になることが多く、樹木の生存にとっても有利に働いている可能性が高い。

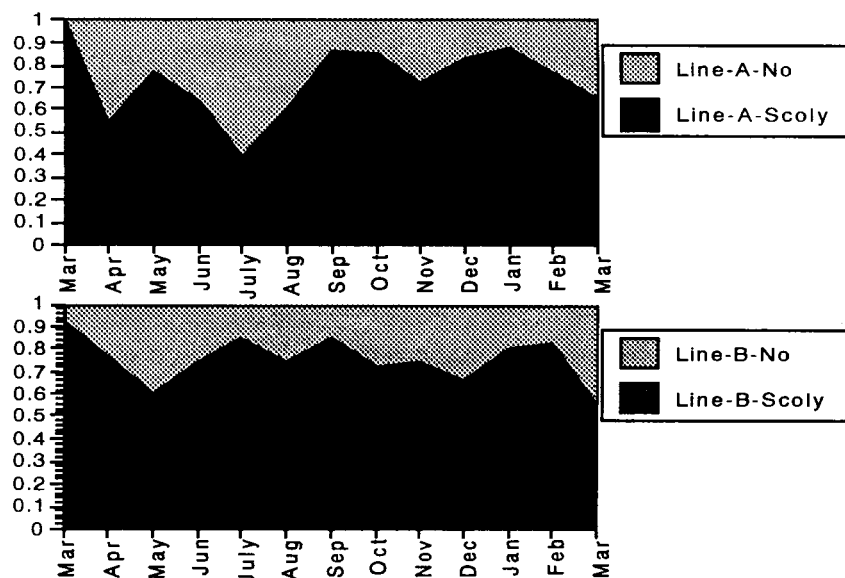


図-16 各月ごとの湿重量に換算したキクイムシ加害率の変動

VIII. 成果のまとめ

- ・熱帯林における林冠部昆虫の有効な調査法が開発され今後の研究の発展に寄与する。
- ・熱帯林における昆虫類の垂直構造が明らかとなり、熱帯林の樹高の高さが、昆虫群集の多様性を保証していることが明らかとなった。
- ・周辺から特異な昆虫類が保護林内に1 km以上も侵入することが明らかとなり、今後の保護林の管理技術開発に有効な指針を与えた。
- ・林冠におけるキクイムシ類やコガネムシ類の重要な働きが明らかとなり、熱帯林生態系解明に役立った。
- ・訪花性昆虫類の活動状況の一部が明らかとなり、熱帯林における花粉媒介者の役割解明に寄与した。

5. 国際共同研究等の状況

マレーシアの森林研究所及び農科大学のカウンターパートと共同で研究が進められており、良好な関係を維持している。すでに共著で成果も発表されている。