

林内におけるカシノナガクイムシの被害発生状況と被害木の空間分布様式

曾根 晃一・牛島 豪・森 健・井手 正道・馬田 英隆*
(森林育種・保護研究室)

Incidence and Spatial Distribution Pattern of Trees Infested by the Oak Borer, *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera : Platypodidae), in a Stand.

Koichi SONÉ, Tsuyoshi USHIJIMA, Takeshi MORI, Masamichi IDE,
and Hidetaka UMATA*
(Laboratory of Forest Genetics and Protection)

はじめに

今日の人々の森林に対する要求と期待は、単に木材供給にとどまらず、水源涵養、国土保全、レクリエーション、さらには遺伝資源の保存の場など多岐にわたっている。それにともなって、広葉樹や広葉樹林の森林資源としての重要性が見直されている。このような状況のなか、近年再び九州南部、本州日本海側において、カシノナガクイムシ (*Platypus quercivorus*) などの養菌性クイムシが関与していると考えられるナラ・カシ類の集団枯損が発生している (末吉, 1990 a, b; 佐藤ら, 1992; 石山, 1993; 布川, 1993; 佐藤ら, 1993)。これまでに、カシノナガクイムシによる穿孔がミズナラ、コナラ、マテバシイ、ウラジロガシ、シイなどにみられること (末吉, 1990 a; 石山, 1993; 布川, 1993)、穿孔は樹幹上部より下部に集中していること (末吉, 1990 b; 佐藤ら, 1993)、7月中旬から8月上旬にかけて成虫の羽化脱出がピークを迎え、性比はほぼ1 : 1で発生期間に雄雌間の差はあまりないこと (佐藤ら, 1993)、胸高直径の大きい林木ほど被害率が高いこと (末吉, 1990 b; 石山, 1993)、NCSによる防除は効果が高いこと (石山, 1993) などが明らかにされているが、本種の大発生の原因、加害木の枯損のメカニズムは解明されていない。

今後本種の害虫としての重要性も増すことが予想されるが、有効な被害の防除手段の確立のためには、本種の生活史、生態、本種の穿孔にともなう枯死のメカニズムの解明とともに、被害の林間、林内での拡散の特性を明らかにすることが不可欠である。そこで今回、鹿児島大学農学部附属高隈演習林内 (鹿児島県垂水市) に本種の被害を長期追跡するための調査地を設置し、本種による被害の形態、分布状況について調査した。

* 高隈演習林

調査地の概要および調査方法

調査は1994年9月12日から16日、10月4日から7日にかけて、鹿児島県垂水市に位置する鹿児島大学農学部附属高隈演習林の4林班の小班とお小班にまたがる尾根筋の広葉樹林で行った。その尾根は東西に走り、北側が谷になっており、南側でスギ・ヒノキの人工林と接している。調査林の上層はマテバシイが優占し、イタジイ、イスノキ、アカガシ、ウラジロガシ、タブ、シロダモなどの常緑広葉樹とヤマザクラ、ケヤキ、ウリハダカエデ、ヤマボウシなどの少数の落葉広葉樹が混交し、林冠はほぼ閉鎖している。下層はツバキ、サカキ、サザンカ、シキミ等から成っている。

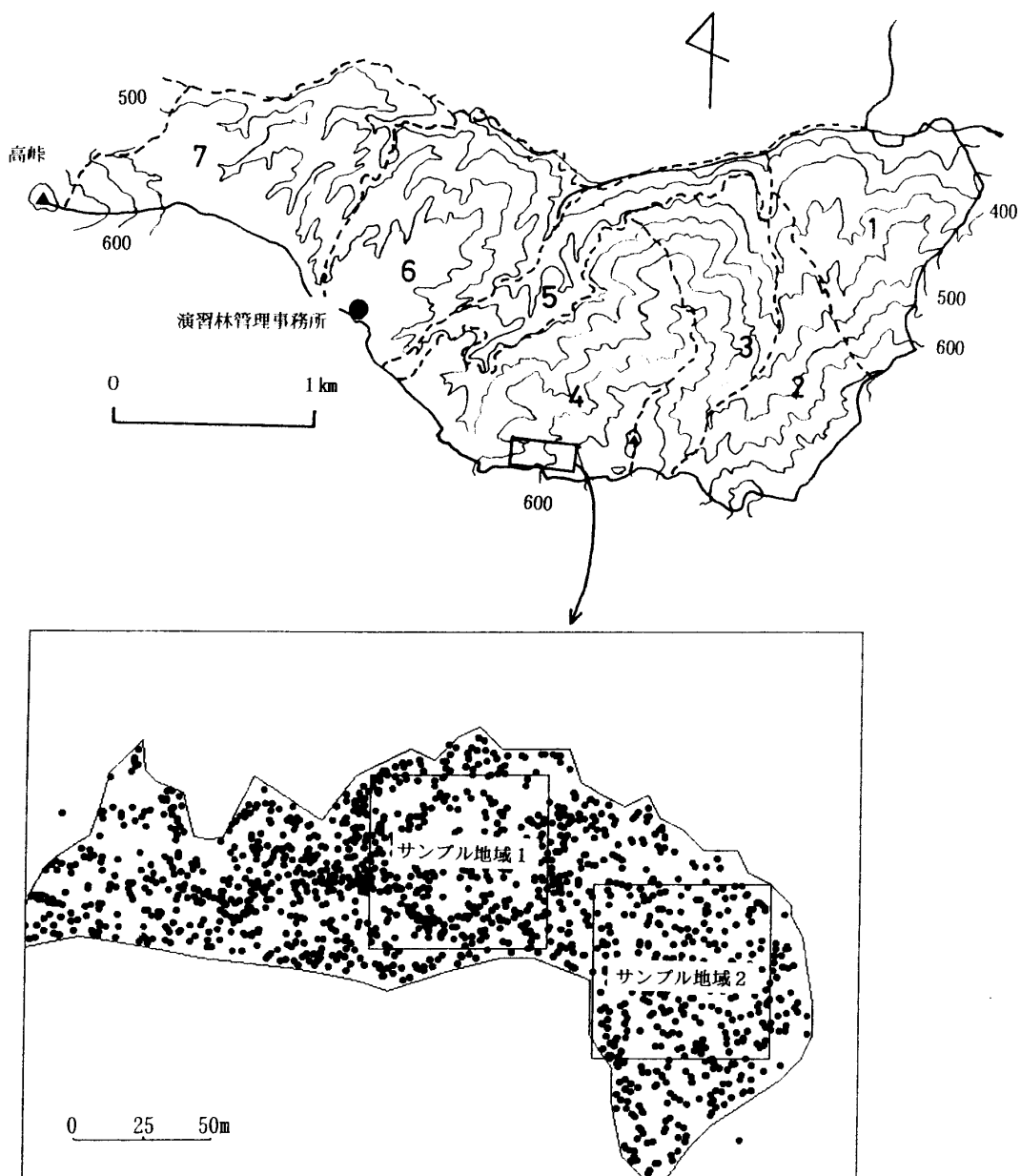


図1 調査地の位置図

上図内の番号は林班番号、下図の丸印は調査木を示す。

そこに、南北200m、東西300mの長方形の調査地域を設定し、その中の小川沿いの歩道とスギの人工林との間の約21150m²の範囲を調査地とした(図1)。調査地内の胸高部位の樹幹の周囲が30cm以上の全ての林木について、その樹種、胸高直径、被害レベルを記録し、コンパス測量によってその位置を求めた。マテバシイ等で一株から複数の幹が萌芽したもの(以下株立ち個体と記す)については、それぞれの幹について各項目を測定し、一群の株立ち個体の位置はその中心とした。被害レベルは、胸高以下の穿孔数を目測し、穿孔数1以上30未満をレベルⅠ(軽度)、30以上100未満をレベルⅡ(中度)、100以上をレベルⅢ(激度)とした。

調査地内での被害木の空間分布様式を解析するため、全てのレベルの被害木が存在し、かつできるだけ大きい方形区のとれる2カ所の地点に64×64mのサンプル地域を設定した(図1)。それぞれのサンプル地域を1、4、16、32、64、256、1024m²の6つのサイズの方形区に細分し、その中に存在する全ての個体と各レベルの被害個体についてLloyd(1967)の平均こみ合い度を計算した。平均こみ合い度(\bar{m}^*)は、

$$\bar{m}^* = \frac{\sum_{i=1}^n x_i(x_i - 1)}{\sum_{i=1}^n x_i} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{\sum_{i=1}^n x_i} - 1$$

で計算される。ただし、 x_i は*i*番目の方形区内の個体数、*n*は総方形区数である。

結 果

(1) 調査地内の樹種構成

表1に調査地内での樹種構成を示す。全部で50種類2350本の調査対象木が存在したが、そのうちの約44%はマテバシイが占め、次いでタブが15%、イタジイが7.5%を占めた。常緑のカシ類はウラジロガシ、アカガシ、シラカシ、アラカシの4種類が生息していたが、これらは合わせて全体の6%を占めた。このように、調査地内ではこれまで本種による被害が高頻度に報告されているシイ・カシ類は調査木の約60%を占めていたことがわかる。いずれの樹種も胸高直径の比較的小さい個体が多く、全体の約90%が胸高直径32cm以下の個体であった。胸高直径が40cmを越える個体がみられたのは、マテバシイ、タブ、イタジイ、ウラジロガシなどに限られていた。

表1 調査プロット内の樹種構成

| 樹種 | 本数 | 樹種 | 本数 | 樹種 | 本数 | 樹種 | 本数 |
|--------|------|------|----|------|----|----|------|
| マテバシイ | 1032 | クロキ | 11 | ナクミ | 2 | ノキ | 1 |
| タブ | 343 | サカキ | 11 | クスノギ | 1 | イリ | 1 |
| イタジイ | 177 | ヒサカキ | 10 | イケボ | 1 | ナシ | 1 |
| シラカシ | 79 | ヤマグシ | 9 | サザン | 1 | カシ | 1 |
| ウラジロガシ | 77 | アラカシ | 8 | ネズミ | 1 | モチ | 1 |
| アカガシ | 62 | ミヤマモ | 8 | ノリウ | 1 | ギ | 1 |
| ヤブツバキ | 58 | カクノ | 6 | ハマク | 1 | サギ | 1 |
| ヤブニッケイ | 51 | イヌガシ | 5 | バリ | 1 | ノキ | 1 |
| エリカ | 45 | ヤマハシ | 5 | フジ | 1 | カツ | 1 |
| ウリハダカエ | 42 | アサヒ | 4 | アカマ | 2 | ツギ | 1 |
| ヤマボウシ | 39 | ネマ | 4 | スビ | 1 | ギ | 12 |
| シシミ | 37 | ヤシ | 4 | ノ | 63 | 明 | 14 |
| ヤマザクラ | 29 | マシ | 3 | | | | |
| ヤマザクラ | 18 | ヤシ | 3 | | | | |
| イヌシ | 16 | ヤマモ | 3 | | | | |
| ホソバ | 13 | オガ | 2 | | | | |
| カクレ | 13 | カラス | 2 | | | | |
| シラカシ | 12 | ヒメユズ | 2 | 合 | | 計 | 2350 |

(2) 被害の樹種間比較

表2に調査地内の樹種別の被害率（1994年度穿孔が認められた個体の割合）を示す。今回、本調査地内に存在した50種類の樹木の内、マテバシイ、ウラジロガシ、アラカシ、アカガシ、イタジイ、ホソバタブ、タブ、シロダモ、アカシデ、ヤマハゼの10種に1994年度の穿孔がみられた。このうち、アカシデとヤマハゼはこれまでに被害の報告がなく、今回初めての記録である。このほかに、イヌガシで数年前の穿孔跡がみられた。そして、マテバシイは全被害木の約90%を占めた。

表2 樹種別被害状況

| 樹種 | 総本数 | 被害本数 | 被害率 (%) | 内 訳 (%) | | |
|--------|------|------|------------|---------|--------|---------|
| | | | | レベル I | レベル II | レベル III |
| マテバシイ | 1032 | 507 | 49.1 | 47.3 | 45.6 | 7.1 |
| タブ | 343 | 4 | 1.2 | 100 | — | — |
| イタジイ | 177 | 13 | 7.3 | 61.5 | 38.5 | — |
| シロダモ | 77 | 1 | 1.3 | 100 | — | — |
| ウラジロガシ | 62 | 15 | 24.2 | 33.3 | 60.0 | 6.7 |
| アカガシ | 58 | 13 | 22.4 | 38.5 | 61.5 | — |
| ホソバタブ | 13 | 1 | 7.7 | 100 | — | — |
| アラカシ | 8 | 5 | 62.5 | — | 100 | — |
| ヤマハゼ | 5 | 1 | 20.0 | 100 | — | — |
| アカシデ | 4 | 1 | 25.0 | 100 | — | — |

被害率は高い順に、アラカシで62.5%、マテバシイで49.1%、アカシデで25.0%、ウラジロガシで24.2%、アカガシで22.4%、ヤマハゼで20.0%、ホソバタブで7.7%、イタジイで7.3%、タブで1.2%であった。被害のみられた樹種のうち総個体数が50個体以上の樹種について、被害率を樹種間で比較したところ、シイ・カシ類の被害率の平均（25.8%）は、タブやシロダモに比べ有意に高かった（対タブ $\chi^2 = 102.10$, 対シロダモ $\chi^2 = 22.64$, いずれも $P < 0.001$ ）。また、4種類のシイ・カシ類の樹種間では、マテバシイの被害率は他の樹種に比べて有意に高かった（対ウラジロガシ $\chi^2 = 15.36$, 対アカガシ $\chi^2 = 16.57$, 対イタジイ $\chi^2 = 123.46$, いずれの場合も $P < 0.001$ ）。

被害程度は、マテバシイに比べイタジイではレベル I の割合が高く、ウラジロガシ、アカガシ、アラカシではレベル II の割合が高かったが、有意差は認められなかった（対イタジイ $\chi^2 = 1.06$, 対ウラジロガシ $\chi^2 = 1.18$, 対アカガシ $\chi^2 = 0.41$, 対カシ3種 $\chi^2 = 3.83$, いずれも $P > 0.05$ ）。

(3) 被害率と胸高直径

マテバシイでのみ、被害率と胸高直径の関係を解析するのに十分なデータが得られた。図2にマテバシイについて、胸高直径階別の被害率と被害程度の内訳を示す。被害率は、胸高直径が8-16cmのもので33%と低かったが、16-24cmでピークに達し（65.4%）、その後24-32cm、32-40cmでそれぞれ60.9%と54.8%を高いレベルを維持した後、急激に減少した。胸高直径40cmまでは、直径の小さい個体はレベル I の割合が多いが、直径が大きくなるにつれてレベル II、IIIのもの割合が増加し、被害は直径とともに激しくなっていることがわかる。

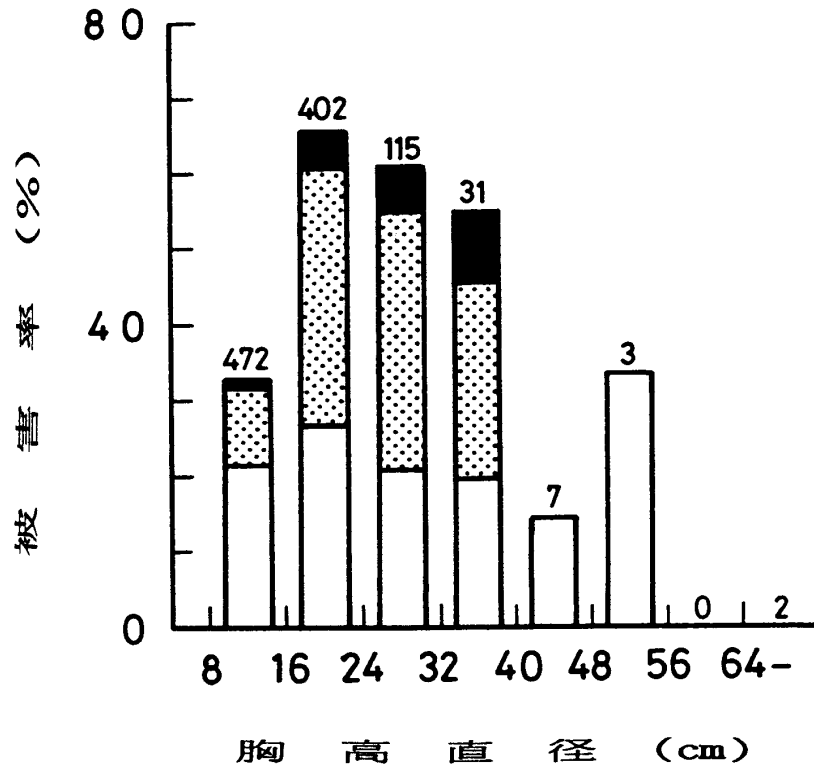


図2 胸高直径階別被害率と被害状況

□：レベル I，▨：レベル II，■：レベル III

図内の数字は各直径階に属するマテバシイの全個体数を示す。

(4) 被害の空間分布様式

今回被害木の90%近くはマテバシイで占められ、その被害率も他の樹種に比べ著しく高かった(表2)。このことは、林内での被害の空間分布様式は、マテバシイの被害により著しく影響されることを示唆する。そこで今回は、被害の空間分布様式の解析は、十分な個体数が得られたマテバシイについてのみ行った。

図3に調査地内での被害レベル別のマテバシイ個体の空間分布を示す。各レベルの被害木は調査地全域に分布していることがわかる。ただし、被害木は図中のA、B、C、Dの付近にいくらか集中して分布しているように思われる。レベルIII木からのレベルIII、レベルII、レベルI木までの最隣接個体間距離の平均と標準偏差は、それぞれ $7.4 \pm 7.1\text{m}$ ($n=37$)、 $4.0 \pm 2.9\text{m}$ ($n=37$)、 $5.8 \pm \text{m}$ ($n=37$)であった。

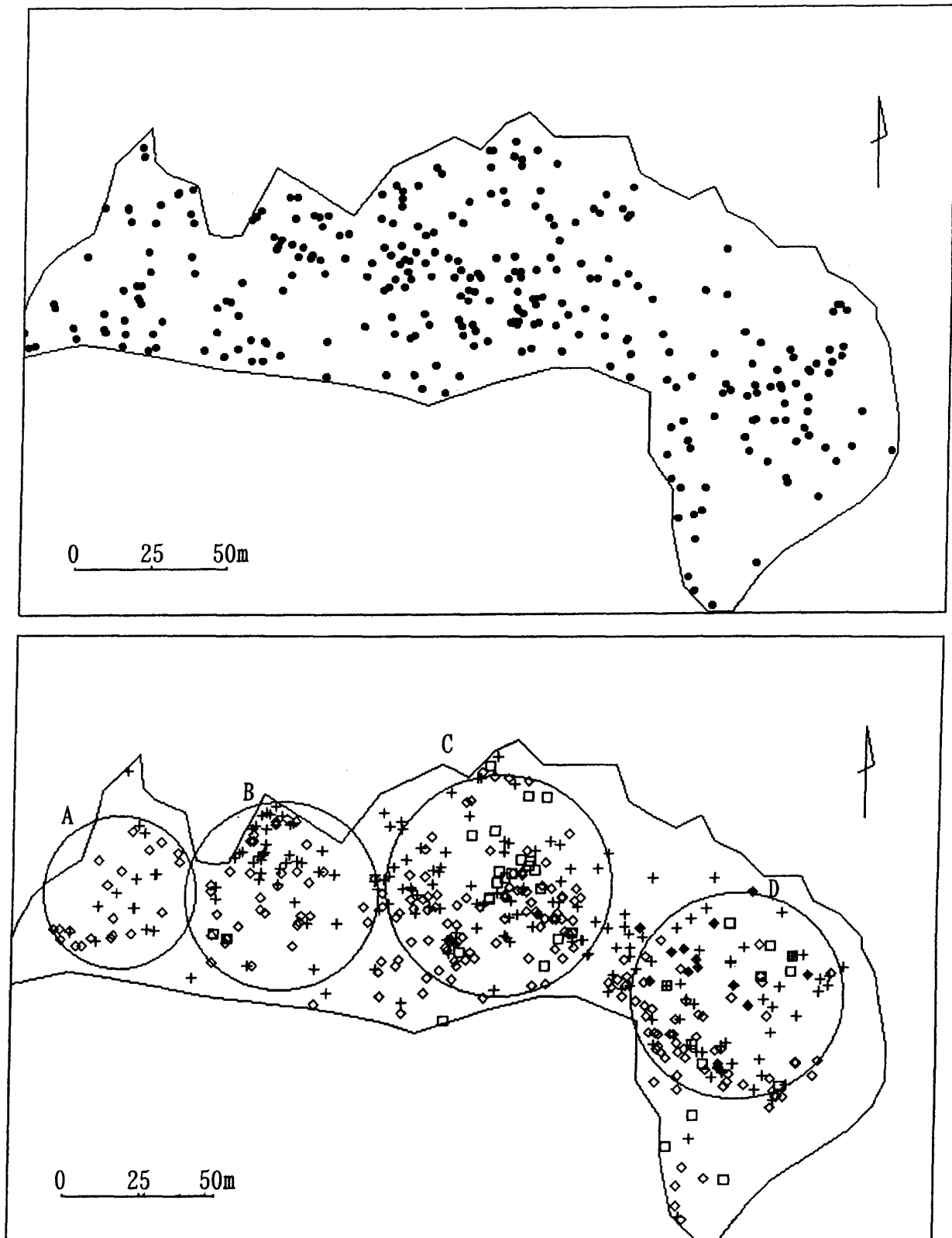


図3 マテバシイの調査地内での無被害木と被害木の分布

●：無被害木，＋：レベルⅠ，◇：レベルⅡ，□：レベルⅢ

図4にサンプル地域内での被害木の分布を、そして表3に各サンプル地域での異なった方形区サイズについて計算された全木、被害木の平均こみ合い度指数（平均と平均こみ合い度の比： m^*/m ）を示す。平均こみ合い度指数は、個体の分布がランダム分布している時は1、一様な分布傾向を示す時は1未満、集中分布傾向を示すとき1以上の値をとる。また、集中傾向が激しいほど平均こみ合い度指数は大きくなる。いずれのサンプル地域でも全木と全被害木の平均こみ合い度指数は1以上で、全木、全被害木ともに空間分布様式は集中的であったことがわかる。ほとんどの場合、全被害木について計算された平均こみ合い度指数は全木について計算されたものより大きく、被害はより集中的に生じていたと推察される。各レベルの被害木の空間分布様式は、サンプル地域間で多少の差がみられた。

サンプル地域1

サンプル地域2

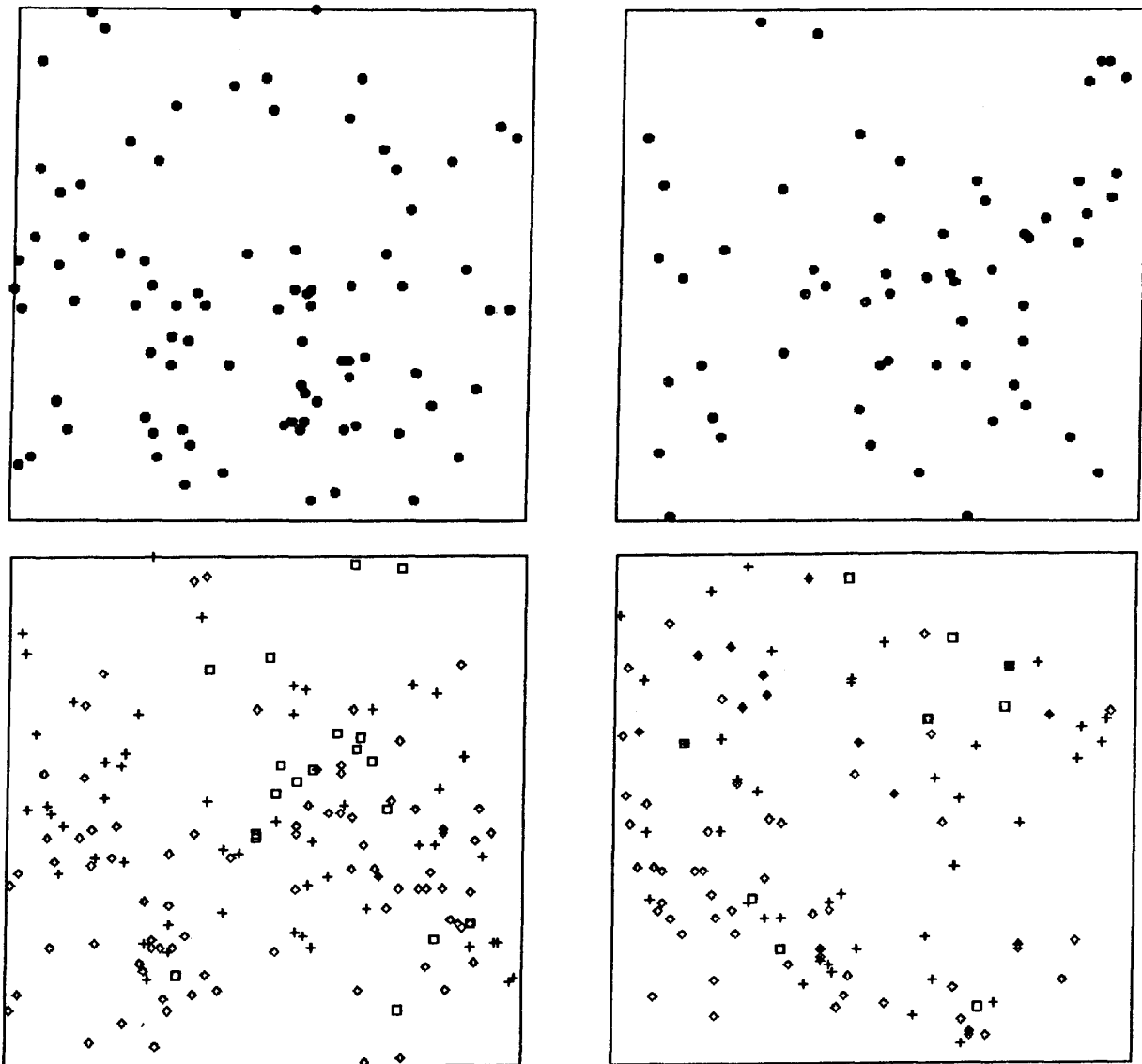


図4 マテバシイのサンプル地域内での無被害木と被害木の分布

●：無被害木，＋：レベルⅠ，◇：レベルⅡ，□：レベルⅢ

サンプル地域1では、16m²以下の方形区ではレベルⅠの値が最も高く、微害木の分布が最も集中的であったが、64m²以上の大きい方形区ではレベルⅢの値が最も高く、激害木の分布集中度が高かったことがわかる。サンプル地域2では、平均こみ合い度指数は256m²と1024m²のレベルⅢで1以下で、大きい方形区ではレベルⅢの木は一様な分布傾向を示したと考えられる。レベルⅡの値は全木の値とほとんど変わらなかったが、レベルⅠの値はいずれのサイズについても最も高く、微害木の分布は最も集中的であったと考えられる。

表3 サンプル地域内の被害木の平均こみ合い度指数と方形区サイズの関係

サンプル地域 1

| 項 目 | 方 形 区 サ イ ズ (m ²) | | | | | |
|---------|-------------------------------|-------|------|------|------|------|
| | 1 | 4 | 16 | 64 | 256 | 1024 |
| 全 木 | 14.73 | 4.88 | 1.89 | 1.44 | 1.18 | 1.08 |
| 全 被 害 木 | 13.32 | 5.24 | 2.36 | 1.82 | 1.43 | 1.17 |
| レ ベ ル Ⅰ | 70.33 | 21.31 | 5.99 | 2.86 | 1.48 | 1.05 |
| レ ベ ル Ⅱ | 10.82 | 5.95 | 2.50 | 2.05 | 1.69 | 1.36 |
| レ ベ ル Ⅲ | 22.69 | 5.67 | 2.84 | 3.90 | 3.46 | 1.60 |

サンプル地域 2

| 項 目 | 方 形 区 サ イ ズ (m ²) | | | | | |
|---------|-------------------------------|-------|------|------|------|------|
| | 1 | 4 | 16 | 64 | 256 | 1024 |
| 全 木 | 41.22 | 10.75 | 3.05 | 1.48 | 1.27 | 1.01 |
| 全 被 害 木 | 51.01 | 13.53 | 4.03 | 1.77 | 1.43 | 1.15 |
| レ ベ ル Ⅰ | 136.16 | 34.04 | 8.85 | 3.08 | 1.83 | 1.33 |
| レ ベ ル Ⅱ | 39.68 | 10.24 | 3.76 | 1.44 | 1.33 | 1.09 |
| レ ベ ル Ⅲ | 135.41 | 33.85 | 8.46 | 2.12 | 0.53 | 0.93 |

樹木の集団の占める面積を、Morisita (1959) の $I_s(s)/I_s(4s)$ - 方形区サイズ関係を用いて解析した。 I_s 指数は、

$$I_s = n \times \frac{\sum_{i=0}^n x_i (x_i - 1)}{N(N-1)}$$

より計算される。ただし、 n はサンプル数、 N は総個体数、 x_i は i 番目のサンプルの個体数である。この時折れ線のピークが示す方形区サイズが、個体の集団が占める面積を示す。

図5に $I_{\delta}(s)/I_{\delta}(4s)$ - 方形区サイズ曲線を示す。全木と全被害木の値はいずれのサンプル地域でも方形区サイズの増加とともに一方的に減少し、4 m²未満の集団を形成していたと推察される。各被害レベルでは、サンプル地域1でレベル I, IIの値が16 m²でピークを示した。レベル IIIの値は64 m²まで減少後1024 m²まで再び増加した。しかし、その他の場合は全て値は方形区サイズの増加とともに一方的に減少した。これらのことから、サンプル地域1では、レベル I, IIは4 から16 m²の集団で分布し、レベル IIIは4 m²未満と1024 m²以上の集団を形成していたと考えられる。またサンプル地域2では、いずれも4 m²未満の集団を形成していたと推測される。

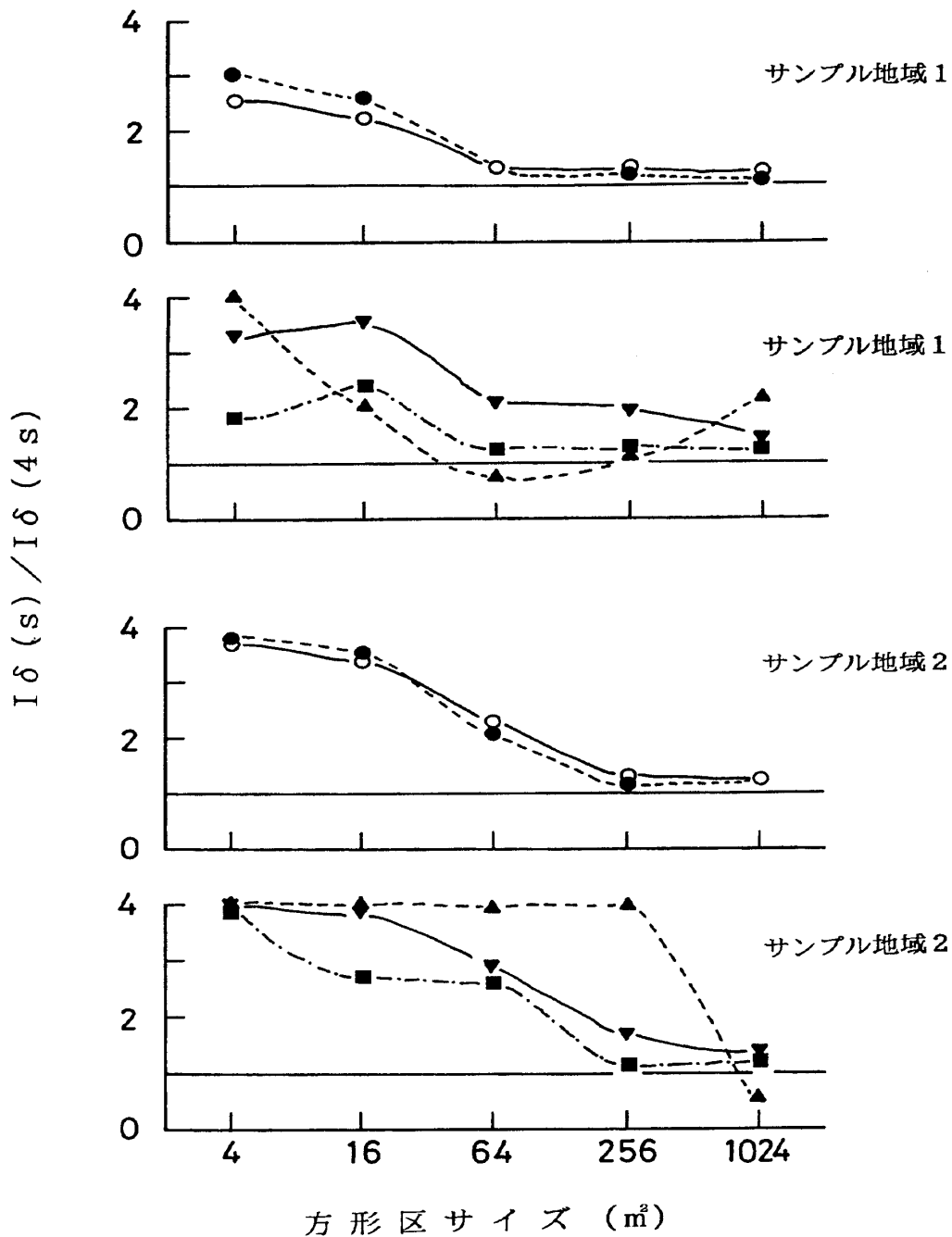


図5 $I_{\delta}(s)/I_{\delta}(4s)$ - 方形区サイズ曲線

● : 全木, ○ : 全被害木, ▼ : レベル I, ■ : レベル II, ▲ : レベル III

考 察

今回の調査結果から、カシノナガキクイムシに対しシイ・カシ類は加害されやすく、特にマテバシイはその傾向が著しいことがわかる。これは末吉（1990 a）らの結果と一致した。しかし、森ら（1995）は高隈演習林4林班と7林班で合計83本のマテバシイ、ウラジログシ、アカガシ、イタジイの被害状況を調査し、樹種間で被害率の有意差はなかったと報告している。この差の原因の一つとして、森ら（1995）の調査本数が今回に比べ著しく少なかったことや、7林班において胸高直径が比較的大きい個体を調査対象木に選定していたことがあげられる。

これまで大径木ほど本種による被害を受けやすいということが報告されている（斎藤，1959；石山，1993；末吉，1993 a）。今回被害率は、胸高直径8-16cmの個体に比べ16-40cmの個体が高かったが、16-24cmの個体で最も高く、それより太い個体ではわずかながら減少した。調査林分では胸高直径が40cm以上の個体が少なかったため、これまで報告されている大径木のほうが被害率が高いという点については確かめることができなかった。ただし、被害程度（穿孔密度）は胸高直径とともに増加する傾向がみられ、これらの結果からも胸高直径の大きい個体ほど被害を受けやすいことが推測される。

被害木は林内のほぼ全域に分布していた。同様のことは牧野（1994）が宮崎県下綾国有林で報告している。そして、林内での被害木の空間分布様式の概要は、被害木の約90%を占めるマテバシイの空間分布様式により決定されていたと考えられた。今回、いずれのサンプル地域でもマテバシイは集中的に分布していた。これは、マテバシイの分布の地域的な偏りのほかに、マテバシイの約45%は2本から10数本の個体からなる株立ち個体であったことが重要な原因であると考えられる。 $I_0(s)/I_0(4s)$ - 方形区サイズ関係からマテバシイの個体の集団の占める面積は4 m²未満であったと推察されたこともこのことを支持する。被害木の分布集中度は全木について計算されたものよりも高く、被害は集中的に生じていたことがわかる。激害木からの中害木、微害木の最隣接個体間距離の比較から、被害は激害木の周囲に中害木と微害木が分布していると考えられた。この傾向は、調査地内の2つのサンプル地域では激害木の多かったサンプル地域1の方が著しいと思われた（図4）。サンプル地域1においては、レベルⅢの木の集団の占める面積は4 m²未満であったのに対し、レベルⅡとⅠの集団の占める面積が4-16 m²と推定されたことも、このことを支持すると考えられる。これらのことから、カシノナガキクイムシの林内での被害は激害地（木）を中心に周辺地域に拡散していく可能性が示唆される。

今回サンプル地域間で被害の基本的な空間分布様式（被害は集中的に発生する、激害木の周辺に中害木、微害木が発生する）は一致していたが、個々の被害レベルの分布様式には差がみられた。すなわち、レベルⅢはサンプル地域1では64 m²以上の方形区での分布集中度は他の被害レベルより高かったが、サンプル地域2では256 m²以上の方形区での分布は一様な傾向を示した。また、レベルⅠとⅡの被害木の集団の占める面積はサンプル地域1では4-16 m²であると推定されたのに対し、サンプル地域2では4 m²未満であると推定された。被害の空間分布様式を決定している要因として、前年度までの被害（カシノナガキクイムシ）の分布とそこでの本種の繁殖成功、寄主植物の分布、本種の林内での移動・分散、穿孔活動などが考えられるが、今回の被害の空間分布様式の地域差の最も重要な要因は明らかにできなかった。今後は、シイ・カシ類の枯死のメカニズムの解明とともに、本種のこれらの分散、穿孔活動や再生産活動についての情報の収集が、有効な被害防除手段の確立に必要であると思われる。

摘 要

1994年9月と10月に、鹿児島大学農学部附属高隈演習林内の常緑広葉樹林で、カシノナガキクイムシによる被害状況を調査した。被害は調査地内の50種類の樹木のうちマテバシイ、アカガシ、ウラジロガシ、イタジイなど11種類の広葉樹にみられた。被害率はマテバシイやその他のシイ・カシ類で高く(7-49%)、クスノキ科のホソバタブ、タブ、シロダモで低かった(1-8%)。マテバシイの被害率は他のシイ・カシ類に比べ有意に高かったが、被害程度に差はみられなかった。マテバシイの被害率は胸高直径が16-24cmの個体で最も高く、8-16cmの個体では低かった。胸高直径とともに被害程度は増加した。林内ではマテバシイの被害木は全域に分布していたが、被害木の空間分布様式は集中的であった。激害木の周辺に中害木や微害木が分布し、被害は激害木を中心に同心円状に広がっていた。しかし様々なレベルの被害木の分布様式は、林内で多少とも地域差がみられた。

謝 辞

今回の調査の便を図って頂いた鹿児島大学農学部附属高隈演習林の職員の方々と、野外調査に協力して頂いた鹿児島大学農学部生物生産学科森林育種・保護学研究室の皆様へ深く感謝します。

引 用 文 献

- 1) 石山新一郎：山形県朝日村におけるナラ類の枯損実態について。森林防疫 42, 236-241 (1993)
- 2) Lloyd, M.: Mean crowding. *J. Anim. Ecol.* 36, 1-30 (1967)
- 3) 牧野俊一：ナガキクイムシと森林更新。九州の森と林業 29, 1-3 (1994)
- 4) 森 健・曾根晃一・井手正道・馬田英隆：高隈演習林におけるカシノナガキクイムシの生立木へのアタック。鹿大演報 23, 23-32 (1995)
- 5) Morisita, M.: Measuring of the dispersal of individuals and analysis of the distribution patterns. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser. E(Biol.)* 2, 215-235 (1959)
- 6) 布川耕市：新潟県におけるカシノナガキクイムシの被害とその分布について。森林防疫 42, 210-212 (1993)
- 7) 齊藤孝蔵：カシノナガキクイムシの大発生について。森林防疫 8, 101-102 (1959)
- 8) 佐藤千恵子・荒井正美・衣浦晴生：山形県におけるナラ類集団枯損 -カシノナガキクイムシの発生消長-。104回日林論, 647-648 (1993)
- 9) 佐藤重穂・吉田成章・岡部貴美子：綾国有林部内におけるカシノナガキクイムシの加害実態。日林九支研論 45, 133-134 (1992)
- 10) 末吉政秋：広葉樹に発生したカシノナガキクイムシ被害(第1報)。森林防疫 39, 58-61 (1990a)
- 11) 末吉政秋：広葉樹に発生したカシノナガキクイムシ被害(第2報)。森林防疫 39, 242-245 (1990b)

Summary

We studied the spatial distribution pattern of broad-leaved trees infested by the oak borer, *Platypus quercivorus* (MURAYAMA) (Coleoptera: Platypodidae), in an evergreen broad-leaved forest of the Takakuma Experimental Forest, Kagoshima University, in September and October, 1994. We censused the degree of infestation for a total of 2350 trees whose DBH were larger than 9.5cm. The attack of the borer were observed on trunks of 11 out of 50 species of trees in the forest. The percentage of infested trees was high for *Pasania edulis* (49.1%) and other oak trees (7.3–62.5%) and low for *Machilus japonica* (7.7%), *M. Thunbergii* (1.2%), and *Neolitsea sericea* (1.3%). About 90% of infested trees were occupied by *P. edulis*. Oak trees whose DBH were 16–40cm were infested more frequently than those whose DBH were 9.5–16cm. The degree of infestation increased with DBH. The spatial distribution pattern of infested *P. edulis* trees was examined by the $\frac{m^*}{m}$ method. They showed an aggregative tendency. Oak trees infested slightly and moderately by the borer were distributed around the heavily infested trees.