

## スギカミキリの被害とその防除法に関する研究

### I. スギ精英樹クローン集植林における被害の解析

林 親生\*・橋詰隼人\*\*・近藤芳五郎\*\*

昭和61年5月31日受付

## Studies on the Damage of Sugi Bark Borers and its Prevention

### I. Analysis of Injury in a Clone Plantation of

#### *Cryptomeria japonica* Plus Trees

Chikao HAYASHI\*, Hayato HASHIZUME\*\* and Yoshigoro KONDO\*\*

An investigation of damage by Sugi bark borers (*Semanotus japonica*) was carried out in a plantation of 16-year-old plus tree clones of *Cryptomeria japonica* on 24 clones, and the difference of injury according to clones was analyzed.

The percentage of injured trees by bark borers varied according to clones, from 17% to 84%. In regard to the relation between tree size and injury, there was a tendency that injured trees were larger in average d. b. h. and smaller in the coefficient of variation of d. b. h. as compared with uninjured trees of the same clone, but this tendency was not recognized in comparison among clones.

Next, the pattern of distribution of injury in each clone was examined by using the  $I\delta$ -index and the mean crowding ( $m^*$ ). As the result, it was proved that the  $I\delta$ -index decreased with the increase of the percentage of injured trees and the type of distribution of injury changed from the contagious distribution type to the uniform distribution type. The percentage of injured trees within a clone when changed from contagious distribution to uniform distribution is estimated to be about 30%.

#### 緒 言

近年スギカミキリの被害が全国的に拡大し、大きな問題になっている。スギカミキリはスギの材部を食害して被害を与えるが、スギが枯死することはないとされてい

た。しかし、最近鳥取県の平地部ではスギの枯死が目立つようになってきた。このまま放置しておく被害は一層拡大するものと思われ、何らかの対策を講ずる必要がある。スギカミキリの被害および被害防除については、1960年代の後半から関西地区を中心にして各県及び国の

\* 鳥取県八頭地方農林振興局

Yazu District Agriculture and Forest Office, Tottori Prefecture

\*\* 鳥取大学農学部林学科造林学研究室

Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Tottori University

研究機関で調査研究が進められ、被害の実態が明らかにされ、防除法も精力的に研究されているが、いまだ対策について決め手がない状況にある<sup>2,8)</sup>

スギカミキリの被害はスギの比較的幼齢林に発生し、環境条件や品種によって被害状況が異なることが報告されている。特に品種による違いは重要で、これをもとにして抵抗性育種事業が現在進められているが<sup>3,5,10,12-15)</sup>品種間の加害様式の違いなど基本的な問題はまた十分に明らかにされていない。抵抗性育種を進めるにあたっては、被害発生メカニズム、品種間の被害様式の違いなどを明らかにしておく必要がある。本研究は、このような意味で精英樹クローン集植林における被害の発現と被害の分布様式のクローン間差異について研究した。

## 材料と方法

### 1. 調査林分

調査林分は、鳥取県岩美町大字峠清水、鳥取県林業試験場蒲生スギ精英樹採穂園で、標高300~330m、西向緩斜面である。調査林分は昭和43年度植栽で調査時の林齢は16年生である。当初採穂園として計画されたが、その後放置されて現在は精英樹の集植林になっている。1クローン当たり100~150本、列状に植栽し、植栽密度は3,000本/haである、16年生時の平均胸高直径は16~19cm、平均樹高は12~13mである。調査対象クローンは八頭系11クローン、東伯系3クローン、日野系10クローン、計24クローンである。

### 2. 調査方法

1クローンにつき100本以上、100本に満たないクローンは全数を毎木調査した。調査項目は、①胸高直径、地際直径(地上0.1m)、②樹皮の粗密度(粗, 中, 密の3段階に分類, 判定困難な場合には粗~中, 中~密に区分)、③根元曲がり、不定芽の有無、④雪害の状態(梢折れ、幹折れ、幹割れ、幹曲がりなど)、⑤スギカミキリの被害形態(第1表参照)、⑥脱出孔の有無、被害の新旧別区分、上部加害の有無(当年を含めて1~2シーズン前までの加害を新被害、それ以前のを旧被害とする。胸高位置から上の部分の被害を上部加害とする)、⑦樹皮の割裂数(胸高部位における幹周10cm当たりの樹皮割裂数)、である。

### 3. 調査結果の解析法

#### (1) スギカミキリの被害形態の解析

スギカミキリの被害形態は第1表の分類にしたがって分類した。スギカミキリの被害率は各クローン毎に本数被害率(DP)で示した。次に無被害、微害、中害、激

第1表 スギカミキリ被害形態の分類

|       |  |
|-------|--|
| 無被害   | スギカミキリの被害が、認められないもの。   |
| 微害    | 1) 樹脂の流出の認められるもの。<br>2) 過去に被害を受けたが、ハチカミ状にならず、僅かに古い食痕が認められるもの。                        |
| 微~中害  | 1) 被害部にふくらみのあるもの。<br>2) 古い食痕の範囲、数が多く、ハチカミに移行しそうなもの。                                  |
| 中害    | 1) 樹皮に亀裂が生じ、カルスが形成されているもの。<br>2) 幹が溝状に陥没し、脱出孔の認められるもの <sup>注1)</sup> または、虫糞が認められるもの。 |
| 中~激害  | 1) 上記の害が連年にわたって進行し、強度のハチカミに進行しそうなもの。   |
| 激害    | 1) 食痕(被害部)が大きく、幹が変形し、ハチカミが、かなり進行しているもの。<br>2) 被害部が腐朽し、木部が露出しているもの。                   |
| 集中加害木 | 1) 中~激害のうちで、集中的にスギカミキリの加害を受けたもの <sup>注2)</sup><br>2) 被害により枯死に至ったもの。                  |

注1) 新脱出孔のみの加害で、外見上、健全木と変わらないものは、微害木とした。

注2) 主として、脱出孔、ハチカミ数により判断した。

害にそれぞれ0, 1, 2, 3の点数を与え、中間的な被害には0.5点を加算して、単木当たりの被害度を算出し、これをクローン毎に集計して調査本数で除したものをクローン被害指数(DN)とし、更に被害本数で除したものを平均被害程度(Dn)とした。計算式は次のとおりである。

$$DP = n/N \times 100 (\%)$$

$$DN = \sum di / N$$

$$Dn = \sum di / n$$

n: スギカミキリ被害本数, N: 各クローンの調査本数, di: 単木当たりの被害度

## (2) 被害の分布型の判定

Iδ指数<sup>11)</sup>平均こみあい度 ( $m^*$ )<sup>6)</sup>を算出し、被害率、被害度との関係のみた。算出方法は次式のとおりでである。

$$I\delta = n \frac{\sum_{i=0}^n x_i(x_i - 1)}{(N - 1)} = n \frac{\sum_{i=0}^n f_i^2 - N}{(N - 1)}$$

n : サンプル数, N : 総個体数 ( $\sum x_i$ )。xiはi番目のサンプル数で、単木当たりの被害度を示す。

$$\text{平均こみあい度 } m^* = \frac{\sum_{i=0}^n x_i(x_i - 1)}{\sum_{i=1}^n x_i} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{\sum_{i=1}^n x_i} - 1$$

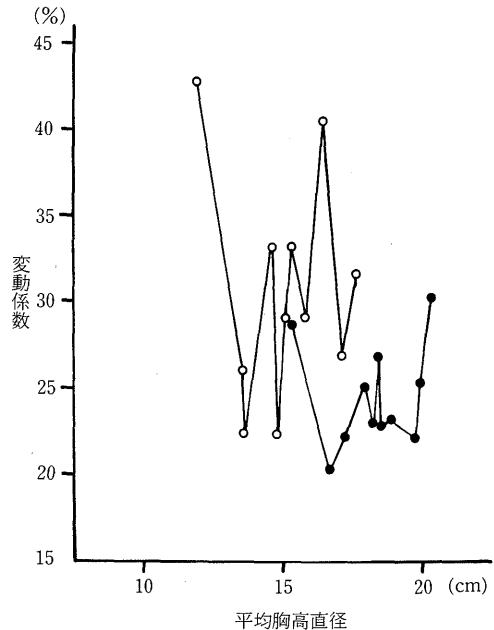
Iδ指数については、スギカミキリの生息密度から被害分布を推定した例はある<sup>2,9)</sup>が、今回はスギカミキリの生息密度を単木当たりの被害度で代表させて、被害度から推定する方法をとった。その理由は、①スギカミキリの加害は単年度のものではなく累積的であること、②伐倒、割材調査をせずにこれらの加害回数や寄生数をすべての被害木について調査することは不可能であること、③スギカミキリの寄生は、表面被害形態（ハチカミ）に比較的顕著に反映すること、④本調査林分は若齢林分で、これらの被害が消失せず、表面に比較的良好に現れている、などのことから既往の研究とはやり方を変えて推定した。

## 結果と考察

## 1. 胸高直径、地際直径及び地際部膨大率と被害との関係

クローン別に平均胸高直径、平均地際部直径、平均地際部膨大率 ( $D_{0.1}/D_{1.2} \times 100$ ) 及びそれらの標準偏差と変動係数を計算して生長の優劣を比較した。平均胸高直径は八頭系、東伯系、日野系がそれぞれ19.9cm, 16.0cm, 16.3cm, 平均地際直径はそれぞれ28.0cm, 20.5cm, 20.7cmで、八頭系が最も成長が良く、東伯系が最も成長が劣っていた。また地際部膨大率はクローン間に大きな差が認められなかった。

次に健全木と被害木の成長を比較した。一般にスギカミキリの被害は成長の良い木に多いといわれているが<sup>2,4,8)</sup>本調査林分においてもこのような傾向がみられた。各クローン毎に健全木と被害木の胸高直径、地際部直径及び地際部膨大率を別々に計算し、平均値の差をT検定によって検定した。その結果、胸高直径及び地際部直径については、八頭系では八頭3号を除くすべてのクローンで、日野系では日野4号、5号を除くすべてのクローンで、東伯系では東伯1号で有意差が認められ、被害木が健全

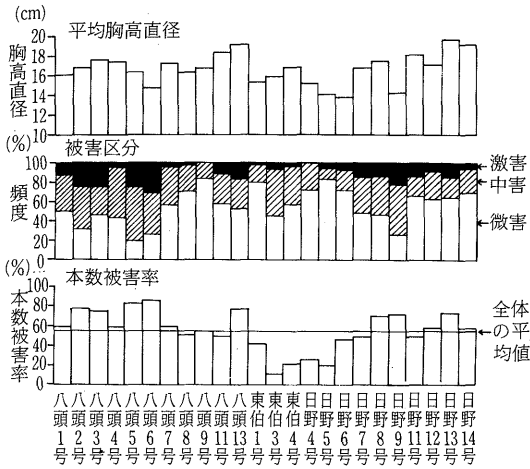


第1図 八頭系クローンにおける健全木と被害木の平均胸高直径と変動係数との関係 (○健全木, ●被害木)

木よりも成長が良かった。しかし、地際部膨大率についてほとんどのクローンで有意差が認められず、被害木と健全木では膨大率に差はないようであった。次に健全木と被害木の平均胸高直径と変動係数との関係を調べたところ(第1図)、いずれのクローンにおいても平均値は被害木の方が健全木よりも大きいにもかかわらず、変動係数は逆に被害木の方が小さい傾向がみられた。すなわち、スギカミキリの被害木は、健全木よりも直径の変動が小さく、スギカミキリがある一定の大きさのものに集中して被害を与える傾向がみられた。

## 2. クローンによる被害の違い

クローン別平均胸高直径、被害区分及び本数被害率(以下単に被害率という)を第2図に示した。本数被害率は八頭系>日野系>東伯系の順に高く、またクローンによって被害率に大きな差がみられた。八頭系では最も被害率の高いクローンは八頭6号の84%で、最も低いものは八頭11号の50%であった。八頭系の平均被害率は66.2%であった。日野系では、日野13号の71%が最も高く、日野5号の22%が最も低く、平均被害率は52.6%であった。東伯系は全般的に被害率が低く、最も高い東伯1号で42%、最も低い東伯3号で13%で、平均被害率は25.1%で

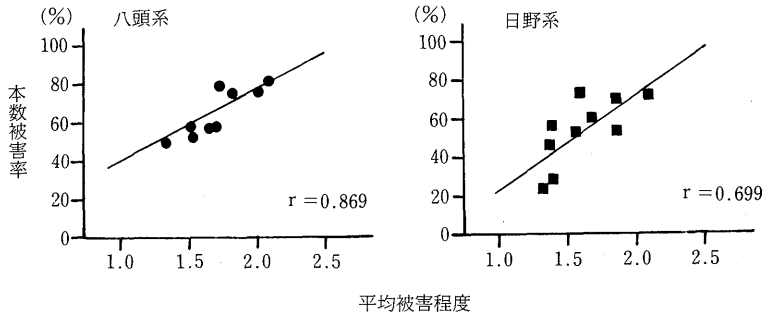


第2図 クローン別平均胸高直径、被害区分及び本数被害率

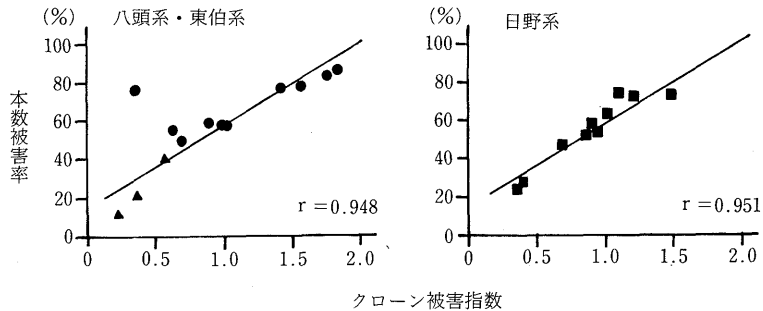
あった。

次に被害区分についてみると、激害木が多いクローンほど本数被害率が高い傾向がみられた。そこで、各クローンの本数被害率と被害指数及び平均被害程度との関係を調べた(第3～4図)。八頭系、日野系とも本数被害率が増加するにしたがって平均被害程度及びクローン被害指数が増加した。このことは、被害率が高くなると被害木1本当たりの被害度も高くなることを示している。

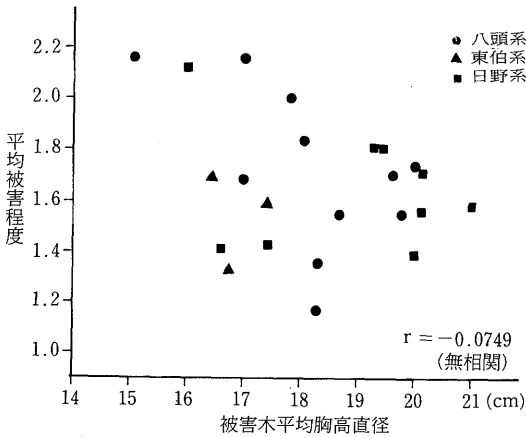
次に各クローンの平均胸高直径と平均被害程度との関係について調べたが、有意な相関は認められなかった。また各クローンにおける被害木の平均胸高直径と平均被害程度との関係についても両者は無相関であった(第5図)。クローン被害指数についても同様に調べたが、相関は認められなかった。以上のことから、スギカミキリの被害は同一クローン内では成長の良い木に発生するが、クローン間で比較すると成長の良し悪しと被害程度とは関係がないようであった。



第3図 スギカミキリ被害率と被害程度との関係



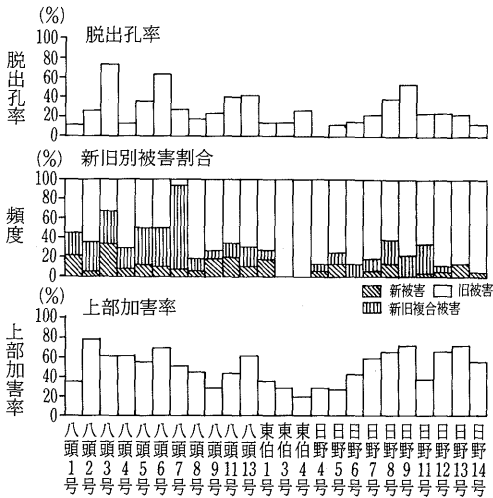
第4図 スギカミキリ被害率と被害指数との関係



第5図 被害木の平均胸高直径と平均被害程度との関係

3. 脱出孔率, 新旧別被害割合, 上部加害率

クローン別脱出孔率, 新旧別被害割合, 上部加害率を第6図に示した。まず脱出孔率についてみると, クローンによって差があり, 脱出孔を形成しやすいクローンとそうでないものがあった。脱出孔率の高かったクロー



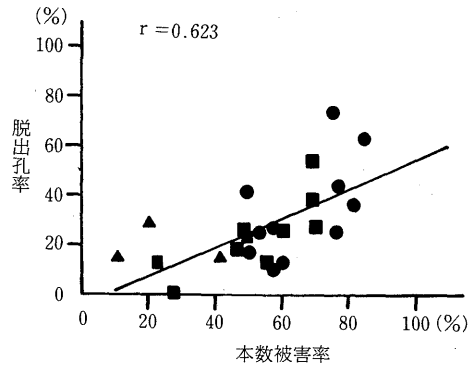
第6図 クローン別脱出孔率, 新旧別被害割合及び上部加害率

脱出孔率: 脱出孔の認められた被害木数/被害木総数×100 (%)

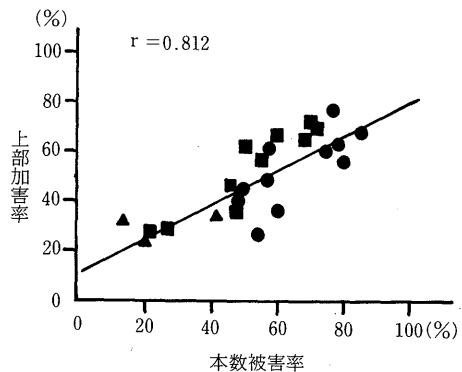
上部加害率: 上部加害木数/被害木総数×100 (%)

ンは, 八頭系では八頭3号, 6号, 11号, 13号, 日野系では日野8号, 9号であった。被害率の比較的高かった八頭1号, 4号は脱出孔率が低く, これらのクローンはスギカミキリの侵入(寄生)に対して弱い, 幼虫の食害に対する抵抗性は強く, 幼虫が羽化脱出できずに死亡するものが多いのではないかと考えられる。脱出孔率は被害率と相関が高く, 被害率が高まるにつれて脱出孔率が増加した(第7図)。

次に被害の新旧別割合についてみると, 東伯系と日野系では旧被害の占める割合が多かったが, 八頭系では新被害の割合の多いものがあり, 加害がまだ続いているも



第7図 スギカミキリ被害率と脱出孔率との関係 (●八頭系, ▲東伯系, ■日野系)



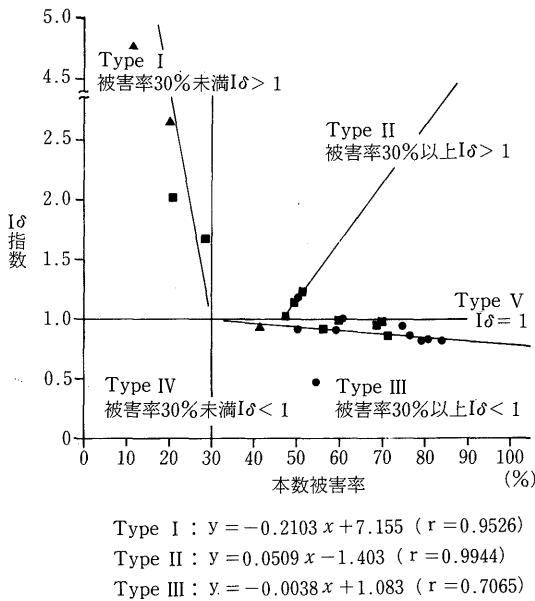
第8図 スギカミキリ被害率と上部加害率との関係 (●八頭系, ▲東伯系, ■日野系)

のがかなり多くみられた。一般にスギカミキリの被害は2 齢級の頃から始まり、3~4 齢級で著しく増加し、5 齢級になると少なくなるといわれているが<sup>9)</sup>、新旧別被害割合からみると、本調査では、八頭系のクローンの被害は進行中のものが多く、東伯系、日野系では終息傾向にあるものが多いといえることができる。

スギカミキリは被害発生初期には胸高以下の低い位置に加害するが、林木が大きくなるにしたがって加害位置が上方に移動するといわれている。<sup>2)</sup>幼齢林における上方への移行の度合は虫の生息密度と関係があると考え、スギカミキリ被害率と上部(胸高部位より上の部分)加害率との関係のみた(第8 図)。上部加害率は各クローンにおける本数被害率が増加するにつれて直線的に増加した。このことから、スギカミキリは幼齢林では最初胸高以下の低い位置に加害するが、クローン内の成虫密度が高まって被害率が著しく増加すると、加害部が上方に移行し上部加害率が増加することがわかった。

4. 被害発生分布型

スギカミキリが林内にどのように定着し、その後どのように被害を増加させていくかを知ることは、被害の動向を予測し、今後の防除法を講ずる上に大変重要である。



第9 図 各クローンにおけるスギカミキリ被害率とIδ 指数の分布  
 (●: 八頭系 ▲: 東伯系 ■: 日野系)

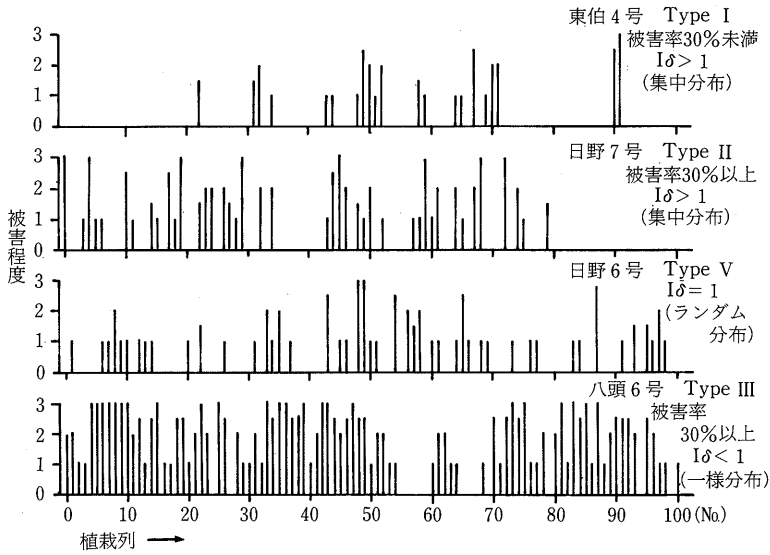
そこで動物の分布様式を判断するのに利用されているIδ 指数<sup>11)</sup>を用いて被害の分布様式を調べた。Iδ 指数は、その個体群がランダム分布であれば= 1, 集中分布であれば> 1, 一様分布であれば< 1 を示す。Iδ 指数は単木の被害度をもって算出した。各クローン毎のIδ 指数とスギカミキリ被害率との関係についてみると(第9 図)、大部分のクローンがIδ = 1 付近に分布しており、調査地全体としてはランダム分布型に近い分布を示すことがわかった。しかし、各クローン毎にみると被害率が低ければIδ 指数が高く、集中分布型になり、逆に被害率が高ければIδ 指数は低く、一様分布型になる傾向がみられ、Iδ 指数と被害率との間には高い相関 ( $r = 0.879^{**}$ ) が認められた。このことから各クローンの被害の分布型を判定するためには、Iδ 指数と被害率の双方から判断することが可能であると思われる。

そこで各クローンの被害率とIδ 指数を用いて被害のタイプを次のように分類した。

- (1) タイプI 被害率30%未満, Iδ > 1 集中分布
- (2) タイプII 被害率30%以上, Iδ > 1 集中分布
- (3) タイプIII 被害率30%以上, Iδ < 1 一様分布
- (4) タイプIV 被害率30%未満, Iδ < 1 一様分布
- (5) タイプV Iδ = 1 ランダム分布

被害率30%を基準にした理由は、被害率30%付近でIδ 指数が大きく変動し分布型が変わるので、被害のタイプ分けに都合がよいと考えたからである。タイプI には、東伯3, 4 号, 日野4, 5 号の4 クローンが、タイプII には八頭11号, 日野7号, 11号の3 クローンが、タイプIII には八頭2~8, 13号, 日野8, 9, 13, 14号, 東伯1号の計13 クローンが、タイプV には八頭1号, 日野6, 12号の3 クローンが属し、タイプIV はみられなかった。

各タイプ毎に被害率とIδ 指数との関係のみると(第9 図)、いずれのタイプにおいても高い相関がみられた。タイプI では被害率が低いほどIδ 指数が高くなり、著しい集中分布型を示した。タイプII は被害率が高まるにつれて集中分布型を示した。タイプIII はほぼ一定のIδ 指数を示し一様分布型となったが、被害率が低いほどランダム分布型に近づいた。タイプV は被害率に関係なくランダム分布型を示した。すなわち、本数被害率が増加するにつれてタイプI (集中型) →タイプII (集中型) →タイプV (ランダム型) →タイプIII (一様型) に移行することがわかる。第10 図は各タイプにおける加害状況を模式化したものである。スギカミキリの被害とIδ 指数との関係について、既往の研究<sup>2,9)</sup>によるとIδ 指数は1 よりも大き



第10図 被害発生タイプ別スギカミキリ加害状況

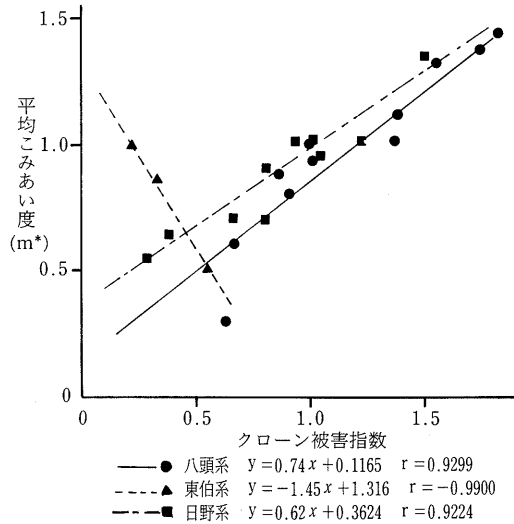
く、被害木は集中型分布をするということが報告されているが、これは被害率の比較的低い林分での調査例で、激害林分では前述のような移行を示すものと思われる。

次にクローン毎の単木当たり、被害程度当たりの平均被害程度を、平均こみあい度(m\*)<sup>6)</sup>により推定した。巖<sup>6,7)</sup>は数多くの分布型モデルから、平均こみあい度と平均値の間に直線関係のあることを見だし、両者の関係を用いて個体の分布型を研究する新しい解析法を提出している。巖の分布型が今回の被害の発現とその分布型に直接あてはまるかどうかなお検討の余地があるが、これを用いることによって、スギカミキリの被害の分布が、集団を単位としているか、個体を単位としているか、またその被害の発現が単木に集中しているか、分散的であるかなどを解析する、1つの目安になると考えて検討することにした。

クローン被害指数と平均こみあい度との関係は第11図のとおりで、ほぼ直線関係が示された。すなわち回帰式は  $m^* = \alpha + \beta m$  で与えられる。

ここでmはクローン被害指数、 $\alpha$ はm\*軸における切片、 $\beta$ は直線の傾きである。

巖によると、 $\alpha$ は各個体独立の分布では0、集合性があるときには $> 0$ 、さけあいがあるときには $-1 < \alpha < 0$ となり、種の集合性のあり方を示している。一方、 $\beta$ は個体のグループとしての分布様式を規定し、ランダム分布で



第11図 クローン被害指数と平均こみあい度(m\*)との関係

は1、一様分布では $0 \leq \beta < 1$ 、集中分布では $> 1$ となる<sup>8)</sup>。これらのことから、八頭系、日野系におけるスギカミキリの加害分布様式を推定すると、いずれも $\alpha > 0$ 、 $\beta < 1$ であり、単木的には被害が集中して集合性が認められる

が、林分としてみた場合には一様分布型を示しているものと考えられる。次に八頭系と日野系の $\alpha$ 値を比較すると、八頭系の方が低い値を示している。これは、日野系よりもスギカミキリの集中度が低く、クローンの被害率が高まると被害が分散していくことを示している。このことは八頭系に1より小さいI $\delta$ 指数を示した一様分布型のクローンが多かったこととも一致している。東伯系については他と異なる回帰直線 ( $\alpha > 0, \beta < 0$ ) をえたが、資料が少ないのでここでは検討はさぶく。

叢の分布型からすれば $m^*/m$ (平均こみあい度/クローン被害指数)が1であればランダム分布、 $< 1$ では一様分布、 $> 1$ では集中分布となる。そこでI $\delta$ 指数と $m^*/m$ との関係をみたところ、すべてのクローンが $y = x$ の直線上に位置し、I $\delta$ 指数と $m^*/m$ を用いて各クローンにおけるスギカミキリの被害の分布型を判定することが可能であることが示唆された。

以上のことから、スギカミキリの被害は、被害発生の初期には著しい集中型を示すが、被害が拡大するにつれて一様分布型に分散することがわかった。このことは、スギカミキリの密度増加がスギカミキリの持つ寄生(餌木)選択性を失わせることを示しており、その限界値は本数被害率で30%程度であることが示唆された。したがって、被害率が30%以上の林分は激害林分とみなし、早急に被害の拡大防止の措置を講ずる必要がある。また被害率が30%未満の林分では、集中加害木を除去することによって被害の拡大をある程度防ぐことができるものと思われる。

## 総 括

16年生のスギ精英樹集植林で24クローンについてスギカミキリの被害調査を行い、被害状態の解析を行った。本研究の結果を要約すると次のとおりである。

1. スギカミキリの被害はクローンによって差があった。本数被害率は八頭系>日野系>東伯系の順に高く、最高は八頭6号の84.3%、最低は東伯3号の12.7%であった。

2. 林木の成長の良否と被害との関係については、同一クローン内では被害木が健全木よりも平均胸高直径が大きく、かつ胸高直径の変動係数が小さい傾向がみられた。しかし、クローン間で比較すると、平均胸高直径と被害程度との間には相関が認められなかった。

3. 各クローンにおけるスギカミキリ被害木の被害程度を平均被害程度及び被害指数で示し、本数被害率との関係を調べた。平均被害程度が低いクローンほど本数被害

率が低く、また被害指数の増加につれて本数被害率も増加することがわかった。

4. スギカミキリの本数被害率と上部加害率との関係については、本数被害率が増加するにしたがって上部加害率が直線的に増加した。また成虫の脱出孔についても、本数被害率が増加するにしたがって脱出孔率が増加する傾向がみられた。

5. スギカミキリの被害発生の分布型をI $\delta$ 指数と平均こみあい度により検討した。その結果、本数被害率が増加するにつれて集中分布型→ランダム分布型→一様分布型に移行することがわかった。集中分布型から一様分布型に移行する時のスギカミキリの被害率は、本数被害率で30%前後であることが示唆された。本数被害率が30%以上の林分を激害林とみなすことができる。

## 謝 辞

本研究に際し、鳥取県林業試験場井上牧雄研究員にお世話になった。厚くお礼を申し上げる。

## 文 献

- 1) 古越隆信：精英樹クローンのスギカミキリ抵抗性。林木の育種, 131 18~22 (1984)
- 2) ハチカミ共同研究班：スギカミキリによるスギのハチカミに関する研究。関西地区林試協保護部会, pp. 1~58 (1971)
- 3) 原田顕憲：スギカミキリ抵抗性育種調査。林木の育種, 119 23~24 (1981)
- 4) 橋詰単人：鳥取大学蒜山演習林のスギ造林地におけるスギカミキリの被害と雪害について。鳥大農演報, 13 71~77 (1981)
- 5) 糸屋吉彦：スギカミキリ被害の家系間差。林木の育種, 特別号, 40~44 (1982)
- 6) 伊藤嘉昭・法橋信彦：動物の個体群と群集。東海大学出版会, pp. 34~37 (1980)
- 7) Iwao, S.: A new regression method for analyzing the aggregation pattern in animal populations. *Res. Popul. Ecol.*, 10 1~20 (1968)
- 8) 小林一三・柴田勲式：スギカミキリの被害と防除。林業科学技術振興所, pp. 1~88 (1985)
- 9) 小林一三ほか：「ハチカミ」被害のスギとヒノキにおける比較。林試関西支場年報, 20 64~68 (1979)
- 10) 前田千秋・吉野 豊・前田雅量：兵庫県におけるスギカミキリ抵抗性育種の現状。林木の育種, 119 25~29 (1981)



- 11) Morishita, M. : Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser. E (Biol.)*, 12 215~235 (1959)
- 12) 武藤 惇：スギカミキリ抵抗性育種—研究の動行と今後の話題—。林木の育種, 特別号, pp. 24~32(1984)
- 13) 岡田 滋・小林慎一：スギ在来品種のスギカミキリ抵抗性について。林木の育種, 119 30~34 (1981)
- 14) 滝尻富士雄・奥田清貴：スギ在来品種におけるスギカミキリ被害状況。94回日林論, 257~258 (1983)
- 15) 植月充孝ほか：スギクローンのスギカミキリ抵抗性に関する人工接種検定方法。林育研報, 1 93~107 (1983)