

道路法面上の樹林の面積とマツカレハ(*Dendrolimus spectabilis* Butler)密度との関係

誌名	日本林學會誌 = Journal of the Japanese Forestry Society
ISSN	0021485X
著者	古田, 公人
巻/号	67巻2号
掲載ページ	p. 57-62
発行年月	1985年2月

論 文 叢

道路法面上の樹林の面積とマツカレハ (*Dendrolimus spectabilis* BUTLER) 密度との関係

古 田 公 人*

古田公人：道路法面上の樹林の面積とマツカレハ (*Dendrolimus spectabilis* BUTLER) 密度との関係 日林誌 67: 57~62, 1985 東名高速道路、浜松・浜松西間の南面法面上に、600 m² のコードラートを 12 個設定した。そこに出現する樹高 1 m 以上の全樹木の本数、クロマツ本数、ならびに樹種ごとの平均樹冠面積を測定し、マツカレハ卵塊および 3 齢幼虫密度との関係を調査した。その結果、クロマツ 1 本当りのマツカレハ卵塊数は樹木本数の増加に伴って指数級数的に減少することがわかった。しかし、樹林とマツカレハ密度の関係は、樹林の樹冠面積とクロマツ樹冠面積 100 m² 当りの卵塊数、あるいは枝 1 本当りの幼虫個体数で表わすほうが理解されやすいものであった。すなわち、クロマツであるか否かにかかわらず、樹冠面積の割合が高まるにつれて卵塊数は少なくなり、またその割合の小さい樹林では、全樹冠面積に占めるクロマツ樹冠面積の割合が高まるにつれて、卵塊数は多くなった。同数の卵塊が産みつけられている場合には、樹冠面積が大きくなると 3 齢幼虫数は少なくなった。このような結果は、道路法面上という樹林の環境条件に強く支配されたものと思われる。

FURUTA, Kimito: Density-area relationship of the pine moth (*Dendrolimus spectabilis* BUTLER) on pine trees on a roadside slope J. Jap. For. Soc. 67: 57~62, 1985 Twelve quadrats, 40×15 m were established on a roadside slope with a southern exposure on the Tomei Expressway passing through Shizuoka Prefecture, and the relationships between the number of egg masses or of III instar larvae of *Dendrolimus spectabilis* BUTLER and the number of trees (mostly 1~8 m high) or the percentage of the area covered by foliage of the trees were observed. The results were: (1) The mean number of egg masses per pine tree (*Pinus thunbergii* PARL.) decreased almost exponentially with an increase in the number of trees. (2) The number of egg masses per 100 m² of pine foliage decreased exponentially with an increase in the percentage of the area covered by foliage of pines as well as that of all trees. (3) Where less than 30% of the area of a quadrat was covered by foliage, the number of egg masses per 100 m² of pine foliage increased exponentially with an increase in the percentage of the foliage of pines to that of all trees. (4) When the same number of egg masses were laid per 100 m² of pine foliage, the number of III instar larvae per twig 40 cm long decreased with an increase in the percentage of the area covered by foliage.

I. ま え が き

高速道路などの道路法面をすみやかに安定した植生で被うことは、修景上のみならず、騒音や排気ガスの周辺への拡散を防止するうえでも重要な課題である。このため、今日では法面を自然の遷移にまかせるだけでなく、樹木の植栽が広く行われるようになってきている。

ところで、植栽した樹木には、時として害虫が高い密度で発生することがある。害虫の発生に伴う食害は修景上問題があるほか、植栽されている樹木の生長を抑え、

はなはだしい場合には枯損をひきおこす。このため、害虫が発生した場合には殺虫剤の散布など、すみやかな対応を迫られることが少なくない。一般林地の場合と同様、法面上に造成する樹林も害虫の発生しにくいものであることが望まれている。

道路と農地、あるいは住宅地などにはさまれた形の、帯状に続く道路法面上の樹林を害虫の発生しにくいものとするには、害虫のつきにくい樹種の選定の必要はいうまでもないが、それにもまして昆虫個体群の環境抵抗を高めるような林相に造成することが必要である。このた

* 東京大学農学部 Fac. of Agr. Univ. of Tokyo, Tokyo 113

めの基礎資料として、どのような林相のところに昆虫の発生が少ないかを明らかにすることを試みた。

井手(7)によれば道路法面に侵入し、優占した群落をつくる代表的な樹種はアカマツであり、法面上の遷移を考えるうえでアカマツを無視するわけにはいかない。一方、現実に大量に植栽されている樹種はクロマツである。法面上の樹林では、マツ類の害虫がきわめて重要であると考えられる。したがって、アカマツ・クロマツを摂食する代表的な食葉性害虫であるマツカレハについて、林相と発生密度との関係を調査した。その結果、面積の異なるところでマツカレハ密度は異なり、両者の間には明瞭な一定の関係があることがわかった。しかしその関係は、樹種構成の単純な林で昆虫が大発生しやすいという常識的な事実とは、みかけのうえでは必ずしも一致するものではなかった。したがって、ここにその結果を報告する。

II. 調査地と調査の概要

調査地は東名高速道路、浜松・浜松西インターチェンジ間に設定した。この区間は道路が東西に通じているため、法面の方位はほぼ一定している。また、道路が平野に建設されているため、盛土の高さもおよそ8mほどで一定している。道路の周辺は住宅や小規模な工場が点在している農地である。以上のようなことから、樹林の環境条件は比較的均一なものと考えられる。植栽されている樹木のうち、最も多いものはクロマツであるが、そのほかにスギ、ヒノキ、サワラ、ツツジ、ニセアカシアなどがある。

調査に当たり、道路の南側の法面上に東西40m、南北15mのコードラートを12個設定した。コードラートの南端は法面の南端にそろえた。コードラートはクロマツの本数や樹高、混交する他種の樹木との本数比などを考慮し、林相のタイプの異なる場所を選ぶようにして設定した。

調査は1983年9月7～8日に行い、各コードラート内にみられる樹高1m以上の樹木について、樹種ごとに本数と最高樹高を測定した。樹高は2mを単位として測った。また、樹冠の最も大きい木と小さい木を樹種ごとに選び、それらの樹冠の東西方向の直径を測定した。

マツカレハは、コードラート内に1983年に産みつけられた卵塊数と3齢幼虫数を調べた。調査時には、すべての卵塊はすでにふ化し終っており、幼虫は3齢になっていたが、卵塊が産みつけられたところは当年生の針葉が褐変しており、容易に発見できる。これを手掛りとし

て、コードラート内のすべての卵塊数を調べた。3齢幼虫数はサンプリング法で調べた。このため、各コードラート内で40cmのクロマツの枝を任意に100本とり、ここにいる幼虫数を調べた。

III. 結 果

1. 卵 塊

1コードラートに出現した樹木の種類は最高6種、最低1種で、平均2.9($s=1.7$)種である。植栽されている本数は最も多いところで70本、最も少ないところで5本で、平均26.3($s=19.3$)本であった。これをha当りに換算すれば657.5本となり、そのほとんどのものが樹高2～8mであることもあり、きわめて疎な樹林であるといえる。クロマツだけについてみると、最も多いところで70本、最も少ないところで3本、平均15.7($s=18.7$)本であった。

マツカレハの卵塊は12コードラートのうち10に出現しており、1コードラート当り最大27個、最小2個であった。平均は9.8($s=9.6$)個であった。クロマツ1本当りの卵塊数はコードラートによって異なり、最大5.4個、最小0.6個であった。

コードラート内のクロマツ、あるいは全樹木本数とクロマツ1本当り卵塊数の関係を図-1に示した。クロマツ本数、あるいは全樹木本数と卵塊数との間に指数関数をあてはめたところ、相関係数はそれぞれ-0.44、あるいは-0.59であった。マツカレハ卵塊数は、樹木の少ないコードラートで若干多い傾向があるが、クロマツだけについてみると、そのような傾向はほとんど認められないと判断される。

ところで、クロマツその他の樹木の大きさは、植栽時の大きさや植栽後の年数などによって異なり、樹冠の直径で見ると、1～7mと個体によってかなりの差がある。しかし、各コードラート内に出現するものに限ってみると、同じ時期に同じ大きさのものが植栽されているため、樹種ごとには大きさがほぼ揃っている。したがって、各コードラート内で樹冠の最も大きい木と小さい木との直径の平均値をその樹種の平均樹冠直径とみなし、これをもとに平均樹冠面積をもとめ、本数をかけて樹種ごとの総樹冠面積を推定した。

コードラート面積(600m²)に占める全樹木の樹冠面積(全樹冠面積)の割合(A)と、全樹冠面積に占めるクロマツの総樹冠面積の割合(B)に対するクロマツの樹冠面積100m²当りの卵塊数(C)の関係を図-2に示した。それによれば、全樹冠面積と卵塊数の間には負の相関があり、クロマツ100m²当り20個以上の卵塊が

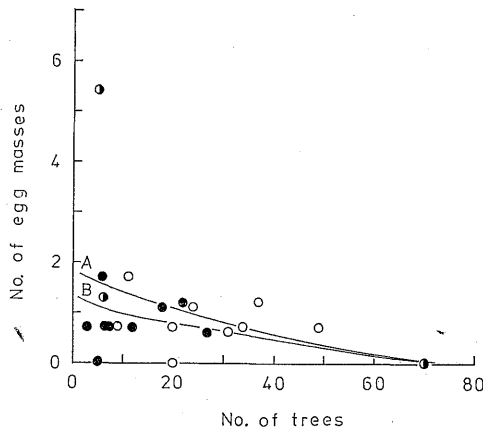


図-1. 1コードラート当り全樹木本数(白)あるいはクロマツ本数(黒)とクロマツ1本当りマツカレハ卵塊数

Relationship between the number of trees in a quadrat of 600 m² and the mean number of *Dendrolimus spectabilis* egg masses per pine tree

White dots and curve A: all trees, black dots and curve B: pine trees

産みつけられているのは、全樹冠面積割合 10% 以下の樹林地のみで、全体としてみると全樹冠面積割合が高まるにつれて、卵塊数は指数級数的に少なくなっている。AとCとの関係は

$$C = 43.383 \cdot e^{-0.046A} - 1$$

で表わされる ($r = -0.789$)。

コードラートごとの、全樹木に占めるクロマツの樹冠の割合Bは最高 100%、最低 20% で、平均 60% である。したがって、全樹冠面積Aの等しいコードラートであっても、Bの値が異なれば林相としては異なり、またマツカレハにとっても生息場所としての環境条件は異なるであろう。このうち、Bの値が 90% 以上の、いわば樹林の大部分がクロマツで占められている 6 コードラートに関してAとCの関係をみると、両者は

$$C = 89.372 \cdot e^{-0.008A} - 1$$

で表わされる ($r = -0.978$)。以上のことから、クロマツであるか否かを問わず、法面を被り樹冠の面積が大きければ大きいほどマツカレハの卵塊は少なくなっていると判断される。

全樹冠面積に占めるクロマツの樹冠面積の割合Bの変化和卵塊数Cの関係を見ると、Aの値が 30% 以上のところではBの値にかかわらず、卵塊数Cは少ない。しかし、Aの値が 30% 未満の 6 コードラートについてみると、

$$C = 0.290 \cdot e^{0.059B} - 1$$

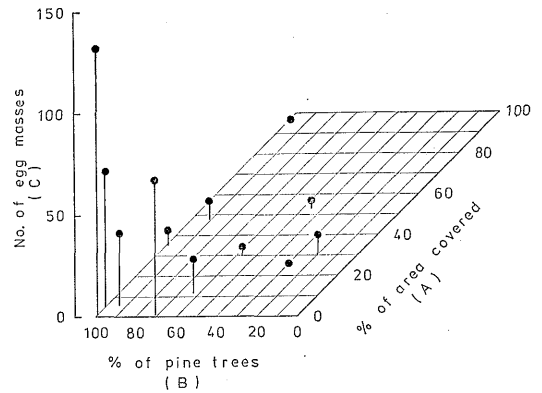


図-2. コードラートに占める全樹木の樹冠面積の割合(A)、全樹冠面積に占めるクロマツ樹冠面積の割合(B)とクロマツ樹冠 100 m² 当りマツカレハ卵塊数(C)

Percentage of a quadrat area covered by trees (A), percentage of the area covered by pine trees to that of all trees (B), and the mean number of *Dendrolimus spectabilis* egg masses per 100 m² of pine stand (C)

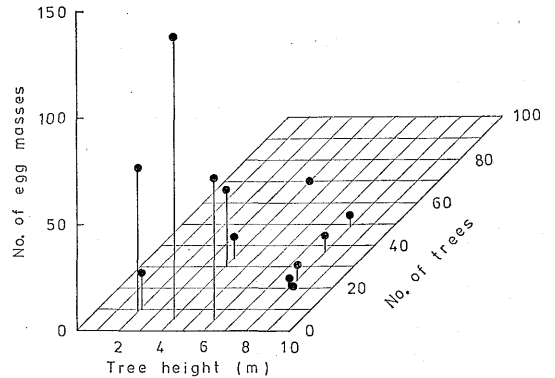


図-3. コードラート当り全樹木本数、最高樹高、クロマツ 100 m² 当りマツカレハ卵塊数
Number of trees in a quadrat, maximum height of the trees, and the number of *Dendrolimus spectabilis* egg masses per 100 m² of pine stand in the quadrat

で表わされる ($r = 0.922$)。したがって、樹冠が法面の 30% 未満しか被っていないような、きわめて疎な樹林に関してみると、クロマツの割合が高くなるにつれて卵塊数は指数級数的に多くなっているといえよう。

全樹冠面積は、樹木の本数と個々の樹木の大きさによって決まる。したがって、各コードラートに出現した全樹木の本数と最大樹高によって、マツ樹冠 100 m² 当りの卵塊数がどのように変化するかをみた(図-3)。それ

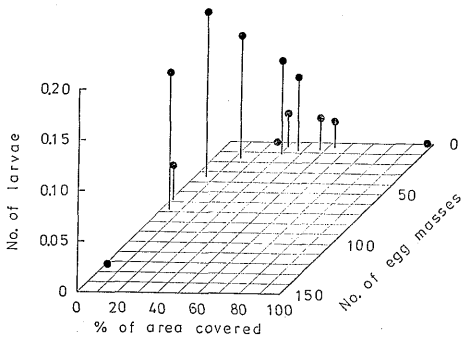


図-4. クロマツ 100 m² 当り卵塊数, コードラートに占める全樹木の樹冠面積の割合, クロマツ 40cm 枝 1 本当りマツカレハ 3 齢幼虫数
Percentage of a quadrat area covered with trees, number of *Dendrolimus spectabilis* egg masses per 100 m² of pine stand, and the mean number of III instar larvae per 40 cm long twig in the quadrat

によれば, 1 コードラート当り 20~40 本の平均的な樹林では, 最高樹高が 8 m になると卵塊数はきわめて少なくなっている。しかし, 樹高が 4 m の樹林では, 本数が増加すると卵塊は少なくなっている。したがって, 樹高の高い木があることと, 法面を被う樹木の本数が増加することとは, ともにマツカレハの卵塊数を少なくする機構の働きやすい環境を形成しているといえよう。言い換えれば, マツカレハの密度は, 樹高の低い木がまばらに植栽されているようなところで高くなりやすいのである。

2. 幼 虫

3 齢幼虫は 9 コードラートでサンプル中にみいだされており, 40 cm の小枝 1 本当りの最大個体数は 0.16 頭であった。なお, 小枝 100 本当り個体数の, コードラート間平均値は 5.67 ($s=5.55$) 頭であった。3 齢幼虫数が各コードラートの全樹冠面積, および産下された卵塊数とどのような関係にあるかを図-4 に示した。それによれば, 3 齢幼虫数が 1 枝当り 0.05 頭を越えているのは, 全樹冠面積がコードラート面積の 40% 以下で, クロマツ 100 m² 当り 7~67 卵塊が産みつけられていたところである。卵塊数が 20 以下のコードラートについてみると, 全樹冠面積の割合が大きくなるほど 3 齢幼虫数は少なくなり, また全樹冠面積の割合が 20% 以下のコードラートについてみると, 産下されていた卵塊数が多くなるほど 3 齢幼虫数は少なくなる傾向が認められる。この調査では卵塊当りふ化数は調べていないが, 同数の卵が産みつけられた場合でも, 樹林の密度によって卵から 3 齢幼虫までの間の死亡率が異なる可能性を示唆

しており, 環境抵抗の働き方が樹林の林相によって異なることを推測させる。一方, 3 齢幼虫数が, 卵塊密度の高かったコードラートで少なくなっていることは, 卵から 3 齢幼虫までの死亡が密度依存的なものであったことを意味するように思える。しかし, とくに多く (133 個) の卵塊が産みつけられているコードラートについてみると, 親世代の老熟幼虫の食害によって針葉は著しく少なくなっていたこともあり, 捕食性あるいは寄生性天敵による密度依存的な死亡であったかどうかはわからない。

IV. 考 察

植物群落の大きさと節足動物相の関係については多くの研究が行われているが, 群落の大きさと個体数の関係について調査したものは少ない。*Chamerion angustifolium* の群落を調べた MACGARVIN(II) によれば, 群落の大きさが大きくなるにつれて種数と全個体数は増加するが, 個々の種の個体数は増加するものも, 減少するものも, また一定した関係のみいだされないものもある。これは種の生活様式, 環境抵抗として働く諸要因の生態的特性などに応じて, 群落と個体群の関係は種ごとに異なるためであろうと考えられる。

マツカレハについては群落の大きさと密度の関係を論じたものは見当たらなかったが, 今回の調査ではコードラートに占めるクロマツの樹冠面積の割合が大きくなるにつれて卵塊数は少なくなっている。ここでいっているものはコードラートごとのクロマツ密度であって, 群落の大きさそのものではないけれども, 基本的には同じものであると考えてよい。そしてこの機構は, クロマツであるか否かを問わず, 樹林が大きくなるほど環境抵抗が強くなることによるのではないかと考えられる。具体的にそれが何であるかを明らかにすることはできないが, 各コードラートから任意に切り取った 40 cm のクロマツの小枝 20 本上に生息していたクモ類の個体数は, 樹林の大きさと環境抵抗の関係を説明する一つの資料であろう。すなわち, マツカレハの調査と同じときに調べたクモ類の 1 枝当り平均個体数は最大 2.4 頭, 最小 0.4 頭であったが, コードラートに占める全樹冠面積, あるいはクロマツ樹冠面積の割合 (x) と 1 枝当りのクモ類個体数 (y) の関係は 1 次回帰式で表わされ, 全樹冠面積の割合 (x_1) に関しては

$$y=0.02x_1+0.45 \quad (r=0.711)$$

クロマツ樹冠面積の割合 (x_2) に関しては

$$y=0.02x_2+0.48 \quad (r=0.828)$$

が当てはめられた。昆虫類の天敵であるクモ類の個体数が, 樹冠面積が大きくなるにつれてわずかながら増加し

ていることは注目される。

今回明らかになった樹冠面積とマツカレハ卵塊数の関係は、マツ類の造林地の規模が大きくなればなるほどマツカレハの密度が低くなることを意味するものではない。調査を行った樹林は帯状に長く続いてはいるが、奥行はせいぜい 20 m ほどしかない。したがって、樹林はそれだけで一つの独立した生態系ではなく、周辺の農地や住宅地、あるいは道路などととも形成する生態系の一要素にすぎない。法面だけを微視的にみるならば、樹木が少なくと草原的要素が強く、樹木が多くなると森林的要素の強い動物群集が存在しているであろう。しかし、そこに生息する昆虫類の天敵についてみれば、クモ、ヒラタアブ、テントウムシ、アシナガバチなどの昆虫や鳥類などのどれもが、法面上以外の場所の植物群落と、その上に生息する動物群集にも依存しながら生活していることは当然であろう。大面積にわたる造林地や森林がそれ自体で独立した生態系を形成し、そのなかで動物群集構造が決定されるのとはまったく異なっているのである。

マツカレハの近縁種である *D. pini* は、ポーランドではマツの単純林のみで大発生し、混交林では決して高い密度にはならないという(10)。また、*D. punctatus* は中国で大規模な大発生を続けており、単純林でも混交林でも高い密度となり強度な食害を加えるが、幼虫密度や食害の程度は単純林のほうが強い(6)。この理由の一つは、混交林のほうが寄生率が高いことで表わされるように、生物的環境抵抗が強く働くことにある。今回の調査地では、平均すれば植栽本数に占めるクロマツの割合はおよそ 60% であった。全コードラートをこみにした卵塊数は ha 当り 177 個となり、3 齢幼虫数は 1 枝当り 0.06 頭となる。調査を行ったコードラートのなかで、卵塊密度が高いのは樹冠面積が小さく、しかもクロマツの割合の高いところであった。草原的要素の強いところに、孤立するような形ではえているクロマツにマツカレハが多かったということになる。

かつて、マツカレハの大発生が激しくひきおこされたのは、原野に大面積に造成された若い造林地であるという(5)。しばしば大発生をくり返しているマツカレハ個体群を調査した小久保(8)と倉永(9)は、卵から越冬にはいるまでの死亡が密度の変動をひきおこす基本要因であると報告している。これに対し、潜伏発生の調査地でマツカレハの死亡要因を解析した松井(12)は、アリ類、クモ類、ヤニサンガメ、カマキリ、鳥類、ブランコヤドリアメバチなどを 1~2 齢幼虫の主要な死亡要因としてあげている。小久保(9)の調査地は、クロマツは密

に植栽されているところであるが林床植生はきわめて単純であり、倉永(8)の調査地は小灌木が点在し、ササやチガヤが密生したところで、樹高はともに約 2~3 m 以下である。このような環境条件下で、マツカレハの密度の高まりを未然に抑える要因が存在しにくいとすれば、樹木の密度の低い法面上の樹林で、マツカレハの密度の上昇を妨げる要因が働かないことは当然であるかもしれない。また、樹冠面積が大きくなるとマツカレハの卵塊密度が指数級数的に低下していることは、樹冠面積が大きくなるに伴い天敵類の樹林への侵入、あるいは繁殖に好適な環境条件が満足されるようになるためではないかと考えられる。こうした点についての調査は行っていないが、クロマツであると否とを問わず、コードラート内の最高樹高が 8 m に達するとマツカレハ密度が低くなっていることも、同じような観点から説明されるのではなからうか。

マツ類を加害する昆虫のなかで、マツカレハは代表的な食葉性害虫であるが、マツカレハ以外に害虫がいないわけではない。したがって、マツカレハについて明らかになったことが他種の昆虫についてどれほど当てはまるかは、最も関心の抱かれる点であろう。しかし、低い密度の昆虫個体群に働く環境抵抗の主体が広食性の天敵類であることは、形態や生態の異なるいくつかの種について、環境条件の異なる場において明らかにされていることである(1~4, 12)。したがって、食物網上の位置の近い種についてみると、ほとんど同じような要因が環境抵抗として働いているのではないと思われる。マツカレハについて明らかになったことは、同じような生活様式をとるいくらかの他種の昆虫についても当てはまるものと考えられる。

なお、道路用地外の環境条件とマツカレハ密度との関係については詳しい解析は行っていないが、農耕地とそれ以外に分けた土地利用形態の違いとマツカレハ卵塊密度との間には一定の傾向は認められていない。

この研究は、日本道路公団が道路緑化保全協会に委託して行った「林地昆虫が沿道農作物等へ及ぼす影響に関する調査研究」の一部分として行った。調査に便宜をはかってくださった関係各位に厚くお礼申しあげます。

調査に当たっては、東京大学農学部安藤祥一氏、寺崎幸夫氏、山岸学氏、ならびに(株)カーターアート社春田章博氏のご協力をいただき、研究の進め方に関して広島大学総合科学部高橋史樹博士、千葉大学園芸学部天野洋博士のご助言をいただいた。感謝いたします。

引用文献

- (1) 古田公人: マツカレハ個体群の潜伏発生期における環境抵抗の実験的解析. 応動昆 12: 129~136, 1968
- (2) ———: マイマイガとトドマツオオアブラの低密度個体群の動態に関する研究. 林試研報 279: 1~85, 1976
- (3) FURUTA, K.: Natural control of *Lymantria dispar* L. population at low density levels in Hokkaido. Z. ang. Ent. 93: 513~522, 1982
- (4) ———: Behavioral response of the Japanese paper wasp (*Polistes jadwigae*) to the gypsy moth (*Lymantria dispar*). Appl. Entomol. Zool. 18: 464~474, 1983
- (5) 日高義実: まつけむし. 林業技術シリーズ 25, 40pp, 林野庁, 東京, 1951
- (6) 彭 建文: 従自然抑制松毛虫作用試談人工促進提高防治効果的弁法. 研究報告選編, 52~65, 中国湖南省林科所, 中国, 1962
- (7) 井手久登: 緑地保全の生態学. 122pp, 東京大学出版会, 東京, 1980
- (8) 小久保醇: 茨城県鹿島地方におけるマツカレハの個体群動態. 日林誌 57: 53~60, 1975
- (9) 倉永善太郎: 九州地方におけるマツカレハの個体群動態. 日林誌 57: 176~183, 1975
- (10) LÉCENIAK, A.: Forest stand and site conditions of a pine moth (*Dendrolimus pini* L.) outbreaks. Ekol. Pol. 24: 549~563, 1976
- (11) MA GARVIN, M.: Species-area relationships of insects on host plants: Herbivores on rosebay willowherb. J. Anim. Ecol. 51: 207~223, 1982
- (12) 松井 均: マツカレハ 1~2 齢幼虫期における死亡要因の評価. 日林誌 60: 375~379, 1978

(1984年1月10日受理)