

東北地方におけるマツカレハ被害の発生と被害予測 のための幼虫密度推定法に関する研究

山 家 敏 雄⁽¹⁾

YANBE, Toshio : Studies on Pine Defoliation by *Dendrolimus spectabilis* (BUTLER)
and Estimation of the Larval Density in Tohoku District

要 旨 : 東北地方におけるマツカレハの発生は、1955 年頃が最も多く、その後減少したが、1975、1985 年には再び増加した。特に、1985 年岩手県で大量の枯損を伴う被害が発生した。そこで、その原因を明らかにし、被害予測を可能にするための調査を行った。その結果、最近の被害増加の原因の一つとして黄僵病の発生率の低下が考えられた。また、被害予測をするために生息密度を推定する最適時期は、ソメイヨシノの開花日の頃であることが分かった。しかし、東北地方における越冬明け後の幼虫の発育速度のばらつきや、2 化地帯の幼虫の発育速度の地理的変異についてはまだ未解明の部分が残された。これらが解明されれば、さらに高い精度の密度推定が可能となり、被害発生予測法の確立に至ると考えられる。

1 は じ め に

マツカレハ *Dendrolimus spectabilis* (BUTLER) はマツ林にしばしば大発生して針葉を食害する重要な森林害虫の一種で、古くからその生活史や生理的性質、あるいは被害解析や防除試験など数多くの研究結果が報告されている(五十嵐, 1982)。しかし、本種の大発生を予測するための発生消長に関する研究は、林分内の生息個体数を正確に把握することが困難であることから、これが障害となってあまり進んでいない現状にある。

森林を虫害から保護するためには、まず害虫を早期に発見し、被害に至る前に予防対策をたてなくてはならない。そのためには対象害虫の発生する時期と発生量を的確に把握しておくことが大切である。また、害虫の発生状態を知るには適切なサンプリング法の確立も必要となる。そのうえで森林を定期的に巡回し、それぞれの対象害虫ごとの発生状態を観察記録する。しかし、これらの仕事は大変手数と労力がかかることから、これまで2~3の害虫について試みられているにすぎない。

最近東北地方においてはマツカレハの大発生が目立ち、岩手県でも大量の枯死木が発生する被害が報告されている(佐藤ほか, 1987 a, b)。このような状況のなかで、1975 年に東北地方では初めて宮城県下で発生が確認されたマツ材線虫病の被害が、福島・岩手・山形そして秋田県へと年々拡大してきた。そして、本病の未発生地へのまん延定着において、マツカレハに食害された衰弱、枯死木が材線虫病の媒介者マツノマダラカミキリの好適な産卵対象として重要な役割を果たしていることが明らかになった

(佐藤ほか, 1985)。そのため、マツカレハの被害は食害による成長量の減退という経済的な損失だけでなく、マツ材線虫病の感染源としても重視する必要が生じてきた。

著者はマツカレハの発生活動に関する研究として、マツ類の針葉を食害する本種の幼虫期の生息密度を推定する方法をこれまで検討してきた(山家, 1984・1987)。マツカレハ幼虫(Photo 1, 2)の生息密度の推定は、樹高の低い幼齢林においては幼虫を直接肉眼で観察し、計測することができるが、樹高の高い壮齢林などでは、直接肉眼による観察は不可能である。ただし、東北地方のような寒冷地帯においては、秋期に越冬のため幼虫が樹幹を下降する習性を利用した樹幹紙巻法によって、越冬期の生息密度を推定することが可能である。本論では、最近における東北地方のマツカレハの発生活動、被害解析結果を述べたあと、越冬明け幼虫の密度推定法、被害許容水準の判定などについて報告する。

この研究を行うにあたり、供試虫の採集にご協力をいただいた森林総合研究所森林生物部森林動物科長滝沢幸雄氏、同生物管理科昆虫管理研究室長吉田成章氏、同東北支所保護部昆虫研究室主任研究官五十嵐豊氏、同元関西支所主任研究官奥田素男氏、東京大学北海道演習林芝野伸策氏、宮城県林業試験場研修部主任主査小松利昭氏、元山形県林業試験場経営環境部長斉藤 諦氏、福島県林業指導課主任専門技術員在原登志男氏、富山県林業試験場主任研究員西村正史氏、長崎県総合農林試験場育林科長宮崎徹氏、鹿児島県林業試験場主任研究員谷口 明氏に深く謝意を表す。また、被害地の調査では岩手県林業試験場林産部長佐藤平典氏、岩手県自然保護課鳥獣保護係長小林光憲氏にご協力をいただいた。ここに深く感謝する。本報告の公表にあたり、ご助言とご校閲を賜った森林総合研究所東北支所保護部長由井正敏博士、並びにご指導とご校閲を賜った同保護部昆虫研究室長楢原 寛氏に深く感謝する。また、同昆虫研究室研究員鎌田直人氏にはつねにご協力いただき深く謝意を表す。

2 東北地方におけるマツカレハの発生活動

2.1 東北地方における大発生の推移

東北地方におけるマツカレハの大発生の記録は古く、宮下(1961)によると1886年福島県下から初めて報告されている。その後岩手県に1912年、1928年、1932年、1934～1935年と続いて発生が記録されている。しかし、組織的に調査が行われるようになったのは第二次世界大戦後のことで、1950年に「松くい虫等その他森林病虫害の駆除予防に関する法律」が施行されてからである。この法律は1952年「森林病虫害等防除法」と改められ、マツカレハなど9種が政令で定める森林病虫害となり、いわゆる法定害虫として本格的な防除措置がとられるようになった。従って、1950年以降はマツカレハの発生の推移が全国的に記録されるようになった。

東北地方の発生の推移を、1950年度「森林害虫被害調査報告」、1951～1960年度までの「森林有害動物被害報告」、1961～1979年度までの「森林病虫害等被害報告」(いずれも林野庁発行)、1980～1990年度までは東北各県報告の資料によって(ただし、福島県を除く)まとめるとFig. 1に示すとおりである。被害面積は1954年が最も多く10000 haに達し、その後は増減を繰り返しながら1965年には1600 haまで減少した。1965年以降は1000 ha前後で推移し、1975年に突発的に5000 haに増加するが、その後は再び1000 ha以下となった。しかし、1982年以降増加の傾向を示し、1986年には

5 000 ha に達したが、現在は 1 000 ha 以下まで減少している。

大発生がどのような環境下で起きたかをこの資料から推測することは困難であるが、神谷（1953）や近藤ら（1953, 1963）はマツカレハの発生環境は、丘陵地のマツ単純林で、周囲の林況もマツの単純林か広葉樹との混交林の場合が多いこと、また樹齢は 20 年生以内が多く、被害は若齢林ほど甚だしいと述べている。木村（1952）は東北地方における大発生のピーク前の 1951 年に宮城・岩手両県の大発生を報告しているが、そのほとんどが 15～40 年生の官行造林地であった。このことから比較的原野状態に近い公有林野に造林されたアカマツが、1955 年ころには 20 年生前後の林分となり、マツカレハの発生しやすい条件が備わったため、被害面積が拡大したと考えられる。

一方、東北地方で被害の最も激しかった 1955 年から 1962 年までの大発生地を Fig. 2 に示した。これによると最も被害発生の広汎な地域は太平洋側では、宮城県北部を中心に岩手県南部の北上川流域のアカマツ林（A）、次いで青森県東部のアカマツ林と海岸クロマツ林（B）である。日本海側では青森、秋田、山形各県の海岸クロマツ（C, D, E）及び内陸部の秋田県横手盆地（F）と山形県米沢盆地（G）である。これらの地域は神谷（1953）や近藤ら（1953, 1963）の指摘する丘陵のアカマツ単純林や海岸クロマツ林であることが多い。これら過去に被害経歴のある地域では今後十分に警戒すべきである。

2.2 最近のマツカレハ被害発生の特徴

最近のマツカレハの大発生による被害の特徴として、大面積にわたる枯損被害があげられる（佐藤ほか, 1987）（Photo 3, 4, 5）。従来はマツが枯死するような被害が起こる以前に、マツカレハの発生が終息する例が多かった。

第二次世界大戦後、全国的なマツカレハの大発生が続いたため、1955 年になって林野庁並びに林業試験場（現 森林総合研究所）はマツカレハの発生消長調査を始めた（藍野, 1957）。この調査の目的にはマツカレハの発生量の変動要因として黄蘗病菌* がどの程度の因子として作用しているかを知ると同時に、これを応用面に生かす技術の向上のための基礎研究も含まれていた。そこで、この調査期間中に林業試験場の本・支場が行った越冬幼虫の飼育と、著者が最近各地産の幼虫の個体飼育を行った資料に基づいて、この黄蘗病の罹病率を示すと Table 1 のとおりである。

この結果によると 1955～1967 年ころまでは 0% はほとんどなく、最高 37.6% とかなり寄生率が高い地域が多かった。これに対し、最近の飼育結果によると青梅産と利府産を除くとほとんど発病は皆無である。このように以前は生息密度が高まるにつれて、黄蘗病の罹病率も高まり、密度上昇を抑える環境抵抗の一つの要因となっていたのではないかと考えられる。最近は黄蘗病の罹病率の低下により、密度制御要因としての作用が弱まったため、大発生を引き起こし、これが枯損被害の発生につながっているのではないかと推測された。

以上のように、マツカレハの発生は、一次的にはマツの単純林が大面積に造成されることによって拡大されることになるが、これと併せて環境抵抗の一要因であった黄蘗病の罹病率の低下が、激害型被害

* 黄蘗病菌は従来、我が国では学名を *Isaria (Spicaria) farinosafa* Fr. にしていたのが通例であった。しかし、青木ら（1975）は黄蘗病症状を呈している各種の野外昆虫から分離した菌を同定した結果 *Beauveria bassiana* (BALS.) VUILL が圧倒的に多いことを報告した。従って、マツカレハの黄蘗病もこの *Beauveria bassiana* によるものと推定される。

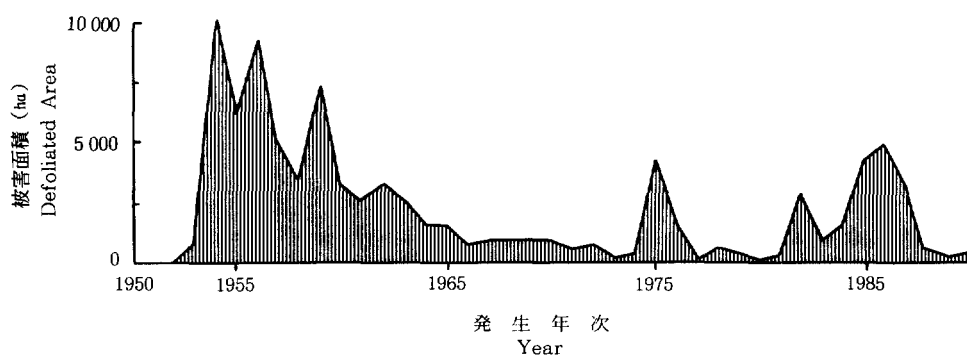


Fig. 1 東北地方におけるマツカレハ被害発

生面積の推移（福島県を除く．1950-1990）

Annual changes of the area of pine forest defoliated by *Dendrolimus spectabilis* (BUTLER) in Tohoku District except for Fukushima Prefecture from 1950 to 1990.

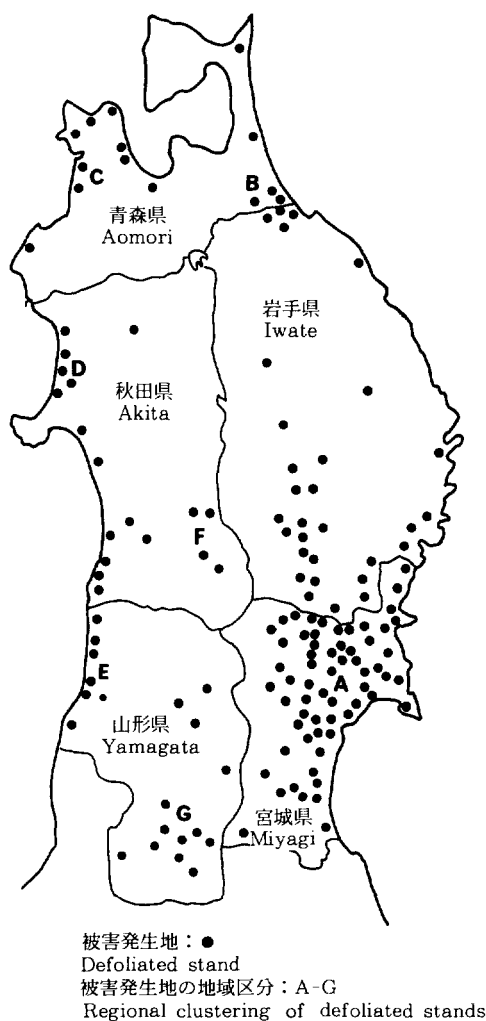


Fig. 2. 東北地方におけるマツカレハ被害発
生地の分布（福島県を除く．1955-1962）

Distribution of pine forests defoliated by *Dendrolimus spectabilis* (BUTLER) in Tohoku District except for Fukushima Prefecture from 1955 to 1962.

Table 1. 越冬幼虫の黄蘗病罹病率

Percentage of *Dendrolimus spectabilis* larvae infested by *Beauveria bassiana* after overwintering.

No.	供試虫の 採集地		飼育年月	飼育頭数	黄蘗病の 罹病率
	Location		Date	No. of Larvae	Percentage of larvae infested by <i>B. bassiana</i>
1	熊本 立田山	Tatsutayama	1952. Jun.	45	2.0
2	佐賀 大 浦	Ooura	1958. Mar~1964. May	52~481	0~28.9
3	熊本 金峰山	Kinpoosan	1958. Mar~1964. May	92~156	1.1~36.4
4	岩手 江 刺	Esashi	1959. May	156	2.0
5	岩手 江 刺	Esashi	1960. May	196	2.1
6	熊本 金峰山	Kinpoosan	1960. Jun.	51	15.7
7	茨城 村 松	Muramatsu	1960. Jun.	100	3.0
8	青森 三 沢	Misawa	1961. May	283	2.1
9	岩手 江 刺	Esashi	1963. Mar.	106	11.3
10	岩手 江 刺	Esashi	1964. Mar.	152	11.8
11	岩手 江 刺	Esashi	1967. Apr.	77	37.6
12	青森 三 沢	Misawa	1978. Apr.	120	0.0
13	岩手 滝 沢	Takizawa	1978. Apr.	120	0.0
14	宮城 築 館	Tsukidate	1978. Apr.	120	0.0
15	東京 青 梅	Oome	1978. Apr.	120	1.7
16	岩手 好 摩	Kooma	1981. Apr.	120	0.0
17	秋田 能 代	Noshiro	1983. Jun.	50	0.0
18	宮城 利 府	Rifu	1985. Apr.	120	5.0
19	福島 白 河	Shirakawa	1986. Apr.	120	0.0
20	北海道 富良野	Furano	1986. Apr.	120	0.0

No. 1, 2, 3, 6は倉永善太郎（1975）

1, 2, 3, and 6 are from Z. KURANAGA (1975)

につながり、これがマツの大量枯損を招いたものと考えられる。そのため、これまでの被害発生地やマツの単純林の広がる地域にあっては、マツカレハの発消長を常に予測しておくことが大切である。特にマツ材線虫病の発生地とその周辺では、マツカレハの被害が本病の感染源となることが実証されていることから（佐藤ほか前出）、この面からの監視が必要である。

3 被害の実態解析

3.1 幼虫の食害によるアカマツ林の被害解析

従来、東北地方に於いてはマツカレハ幼虫の食害によって、枯死木が発生する例は希であった。しかし、1985年岩手県胆沢郡衣川村の衣川県行造林地（Ploto 3）において、本種の幼虫による針葉の食害が原因となって、集団枯死が大面積にわたって発生した。こうした被害は材の経済的な損失のみならず、前述したようにマツ材線虫病の発生地域においては、本病の媒介者であるマツノマダラカミキリの増殖

にもつながり、被害拡大が懸念された。そこで、マツカレハによる被害と穿孔性害虫との関係を探るために、この林分の一部に調査地を設けて、被害程度と枯死木を加害した害虫の種構成について調査した(山家ほか, 1986 b, 1987 b)。

3.1.1 調査地

調査地は岩手県胆沢郡衣川村国見山の東面(標高 400~600 m)に広がる県行造林地の約 30 年生のアカマツ林である。調査区は 1985 年 9 月 25 日に、激害林(約 50% 枯損)と微害林(約 10% 枯損)にそれぞれ設けた。林況は Table 2 に示した。

3.1.2 調査方法

(1) 着葉量の調査

1985 年 9 月 25 日調査区内の全立木について、樹冠部を上, 中, 下別に、マツカレハの幼虫の食害後の着葉量を、着葉の比率で表し、0% は 0, 1% 以下を 0.3, 1~10% を 1, 10~30% を 3, 30% 以上を 9 という評点を与え、単木ごとに上, 中, 下それぞれの評点を加えて記録した。このようにすると最も着葉量が少ない木が 0, 最も多い木が 27 となる。この際枯死木の判定も併せて行った。

(2) 枯死木の樹幹加害虫の調査

調査は 1985 年 9 月, 1986 年 10 月, 1987 年 7 月の 3 回、被害発生後 3 年目まで行った。各年とも調査区内の枯死木を伐倒し、樹幹基部、樹幹中央部、樹幹枝下部、樹冠中央幹部の 4 か所について 50~100 cm の長さで剥皮して、樹皮下の加害虫の種類と占有程度を記録した。占有程度は剥皮部の 10% 以下の占有を 1, 10~30% の占有を 3, 30% 以上の占有を 9 という評点を与え、単木ごとに部位別を合計した数値を占有度とした。

3.1.3 調査結果及び考察

(1) 着葉量

調査区内の全立木を対象にマツカレハ幼虫の食害による着葉量の変化を示したのが Figs. 3, 4 である。

これによると激害林区では、被害当年の食害程度別本数が着葉量 0~21 までの間に分布し、そのほとんどが 7 以下である。このうち、枯死した立木の着葉量は 0~6 で、着葉量 0 では全部の立木が枯死した。その後の枯死木の発生は少なかったが、立木の枯死は 3 年目まで続いた。また、微害林区では被害当年はやはり激害林区と同じく、食害程度別本数が着葉量 0~21 までの間にあり、そのほとんどは 10 以下であった。枯死木は着葉量 0 と 1 の立木の一部に発生した。枯死木の発生はその後被害 2 年目では着葉量 0~4 までは、被害 3 年目では同 1~5 までは拡大した。このように微害林の枯死木の発生が激害林区より長く続いたのは、微害林区の枯死木は下層の衰弱木が多かったことによる。

(2) 枯死木の樹幹加害虫

枯死木の樹幹に穿入した害虫について、樹幹の部位別の占有度の最も大きい種を優占種とした。

激害林区では 1985 年に優占種として最も多かった種は調査全本数 46 本のうち、54.3% で優占であったマツノムツバキクイムシ、次いで 28.3% のマツキボシゾウムシ, 10.9% のシラホシゾウムシ属, 4.3% のニトベキバチ, 2.2% のキイロコキクイムシであった。マツノムツバキクイムシが優占種であ

Table 2. 調査区の林況
Study plots in pine forests

調査区 Plots	区の大きさ Area of quadrat (m)	成立本数 No. of standing trees (本)	胸高直径 D. B. H. (cm)	樹高 Tree height (m)
激害林 Heavily injured stand (ca. 50% of pine trees died)	30×30	130	14.7	11.5
微害林 Moderately injured stand (ca. 10% of pine trees died)	20×70	219	13.1	10.5

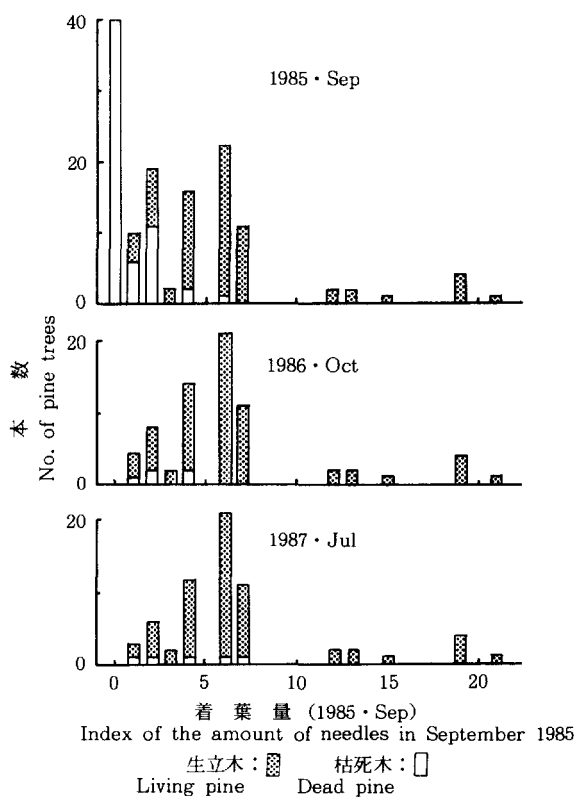


Fig. 3. 幼虫による食害程度別本数（激害林）

Histogram of defoliation level by *Dendrolimus spectabilis* (BUTLER) in the heavily injured stand where ca. 50% of pine trees died.

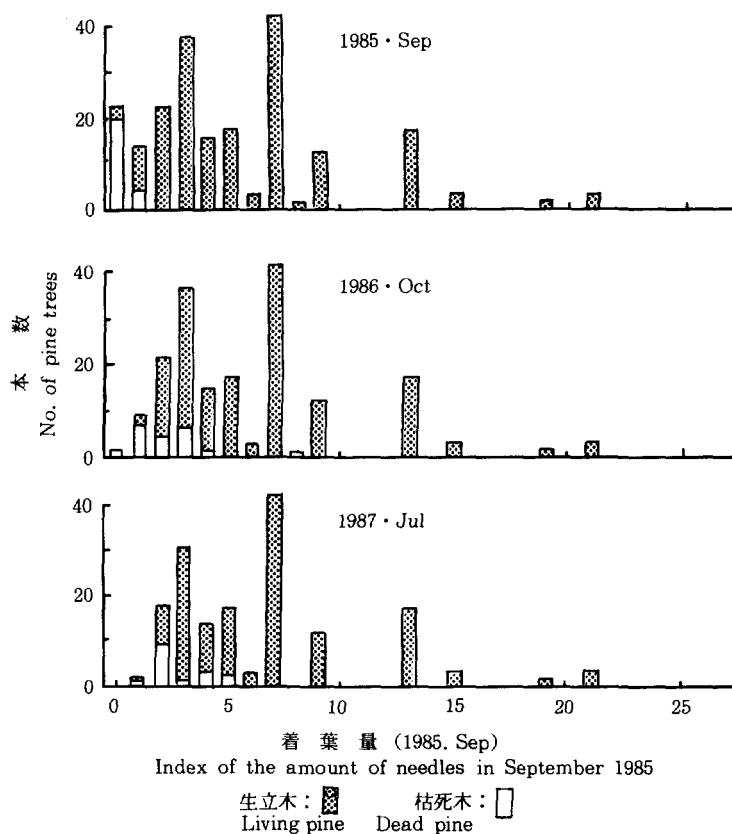


Fig. 4. 幼虫による食害程度別本数 (微害林)
Histogram of defoliation level by *Dendrolimus spectabilis* (BUTLER)
in the moderately injured stand where ca. 10% of pine trees died.

った単木では次に多い種はマツキボシゾウムシ, シラホシゾウムシ属, ヒゲナガモモフトカミキリ, クロキボシゾウムシであった。マツキボシゾウムシが優占種であった単木では次に多い種はマツノキクイムシ, シラホシゾウムシ属, ヒゲナガモモフトカミキリ, キイロコキクイムシであった (Table 3)。激害林区 1986 年ではわずか 5 本の枯損木であったが, 優占種として最も多かった種は調査全本数の 40.0% で優占であったマツキボシゾウムシとクロキボシゾウムシで, 続いてマツノキクイムシの 3 種であった (Table 4)。被害 3 年目の 1987 年は優占種がニトベキバチの 100.0% とさらに加害種は少なくなった (Table 5)。このことは針葉の食害による衰弱木は被害 2 年目までに加害虫によって枯死してしまい, 残りの立木は健全木に移行したためと推測される。なお, この調査ではマツ材線虫病を媒介するマツノマダラカミキリは確認されなかった。

このように枯死木を加害した穿孔虫の種構成から, 小田ら (1964) の枯損型の分類に従って枯損時期を検討してみると, 優占種のマツノムツバキクイムシやシラホシゾウムシ属は夏期の衰弱木に寄生した

Table 3. 幼虫の食害による枯死木に対する加害虫 (1985)

Fauna of borers infesting pine trees which died after defoliation by *Dendrolimus spectabilis* (BUTLER) (1985).

激 害 林

Heavily injured stand (ca. 50% of pine trees died)

優 占 種 Dominant species in a pine tree マツノムツバクイムシ <i>Ips acuminatus</i> (GYLLENHAL)				次ぎに多い種 Subdominant species				
本 数 No. of trees (構成比%)	胸高直径 D.B.H. (cm)	着 葉 量 Index of the amount of needles	占有度 Index of species dominancy	占有度 Index of species dominancy	占有度 Index of species dominancy	占有度 Index of species dominancy	占有度 Index of species dominancy	占有度 Index of species dominancy
9	12.4	0.6	20.0(± 8.7)	10.6(± 4.0)				
8	18.0	1.6	24.1(± 6.5)		9.4(± 5.2)			
4	14.8	1.3	30.3(± 7.2)			7.3(± 4.1)		
1	14.0	2.0	36.0(—)					3.0(—)
3	13.3	1.7	33.0(± 5.2)					
計25(54.3)	平均14.5	1.4	28.7(± 6.5)					
マツキボシゾウムシ <i>Pissodes nilidus</i> (ROELOFS)				マツノキ クイムシ <i>Tomicus piniperda</i> (LINNÉ)	シラホシ ゾウムシ属 <i>Shiraho- shizo</i>	ヒゲナガモモ ブトカミキリ <i>Acanthoci- nus griseus</i> (FABRICIUS)	クロキボシ ゾウムシ <i>Pissodes obscurus</i> (ROELOFS)	
5	14.4	0.8	28.8(± 4.0)	7.8(± 2.7)				
3	15.3	0	20.0(± 7.5)		5.0(± 3.5)			
3	11.3	0.3	18.3(± 8.5)			7.0(± 3.5)		
2	13.0	0.5	10.5(± 2.1)					10.5(± 2.1)
計13(28.3)	平均13.5	0.4	19.4(± 7.5)					
シラホシゾウムシ属 <i>Shirahoshizo</i>				ニトベキバチ <i>Sirex nitobei</i> (MATSUMURA)	キイロコキ クイムシ <i>Cryphalus fulvus</i> (NIIJIMA)			
4	17.0	2.0	14.5(± 10.6)	5.8(± 8.2)				
1	15.0	4.0	9.0(—)		3.0(—)			
計 5 (11.8)	平均16.0	3.0	11.8(± 9.5)					
ニトベキバチ <i>Sirex nitobei</i> (MATSUMURA)				シラホシ ゾウムシ属 <i>Shiraho- shizo</i>				
計 2 (4.3)	平均16.0	1.0	8.0(± 7.1)	1.0(—)				
キイロコキクイムシ <i>Cryphalus fulvus</i> (NIIJIMA)				マツキボシ ゾウムシ <i>Pissodes nilidus</i> (ROELOFS)				
計 1 (2.2)	平均16.0	0	27.0(—)	9.0(—)				

Table 4. 幼虫の食害による枯死木に対する加害虫 (1986)

Fauna of borers infesting pine trees which died after defoliation by *Dendrolimus spectabilis* (BUTLER) (1986)

激 害 林

Heavily injured stand (ca. 50% of pine trees died)

優 占 種 Dominant species in a pine tree				次ぎに多い種 Subdominant species			
マツキボシゾウムシ <i>Pissodes nilidus</i> (ROELOFS)				マツノキ クイムシ <i>Tomicus piniperda</i> (LINNÉ)			
本 数 No. of trees (構成比%)	胸高直径 D.B.H. (cm)	着 葉 量 Index of the amount of needles	占 有 度 Index of species dominancy	占 有 度 Index of species dominancy	占 有 度 Index of species dominancy	占 有 度 Index of species dominancy	占 有 度 Index of species dominancy
1	19.0	2.0	27.0(—)	9.0(—)			
1	11.0	1.0	2.0(—)		1.0(—)		
計 2(40.0)	平均15.0	1.5	14.5(±17.7)	9.0(—)	1.0(—)		
クロキボシゾウムシ <i>Pissodes obscurus</i> (ROELOFS)				マツキボシ ゾウムシ <i>Pissodes nilidus</i> (ROELOFS)			
				マツノキ クイムシ <i>Tomicus piniperda</i> (LINNÉ)			
				マツノムツバ クイムシ <i>Ips acuminatus</i> (GYLLENHAL)			
				ニトベキバチ <i>Sirex nitobei</i> (MATSUMURA)			
1	20.0	2.0	19.0(—)	9.0(—)	9.0(—)		
1	16.0	4.0	18.0(—)	1.0(—)	9.0(—)	10.0(—)	2.0(—)
計 2(40.0)	平均18.0	3.0	18.5(± 0.7)	5.0(±5.6)	9.0(—)	10.0(—)	2.0(—)
マツノキクイムシ <i>Tomicus piniperda</i> (LINNÉ)				マツキボシ ゾウムシ <i>Pissodes nilidus</i> (ROELOFS)			
				シラホシ ゾウムシ属 <i>Shirahoshizo</i>			
計 1(20.0)	平均11.0	4.0	18.0(—)	12.0(—)	1.0(—)		

Table 5. 幼虫の食害による枯死木に対する加害虫 (1987)

Fauna of borers infesting pine trees which died after defoliation by *Dendrolimus spectabilis* (BUTLER) (1987).

激 害 林

Heavily injured stand (ca. 50% of pine trees died)

優 占 種 Dominant species in a pine tree				次ぎに多い種 Subdominant species	
ニトベキバチ <i>Sirex nitobei</i> (MATSUMURA)				クロキボシゾウムシ <i>Pissodes obscurus</i> (ROELOFS)	
本 数 No. of trees (構成比%)	胸高直径 D.B.H. (cm)	着 葉 量 Index of the amount of needles	占 有 度 Index of species dominancy	占 有 度 Index of species dominancy	
計 5 (100.0)	平均 11.2	4.0	21.8 (±11.6)	1.0 (—)	

ものであり、マツキボシゾウムシは前者よりも早い春期の衰弱木に寄生したものであって、ニトベキバチはこれらよりさらに早い前年秋の衰弱木に寄生したものと推定される。以上のことから、この激害林は1984年秋以前からマツカレハ幼虫の食害が、激しくなり、翌1985年に越冬した幼虫の食害がさらに衰弱木を増す結果になったものと考えられる。

一方、微害林をみると、被害当年の1985年に優占種として最も多かった種は調査全本数22本の27.3%で優占であったマツキボシゾウムシ、続いてキイロコキクイムシとサビカミキリの18.2%、シラホシゾウムシ属とクロコブゾウムシの13.6%、マツノムツバキクイムシ、マツノキクイムシのそれぞれ4.5%である（Table 6）。このように優占種の種類数が多いことは枯死木が比較的下層木であったことから衰弱が徐々に進み枯死の時期がそろわなかったためと考えられる。被害2年目も枯死木の数は減らず21本で、優占種として最も多かった種もやはりマツキボシゾウムシで42.8%であった。次いでサビカミキリとマツノキクイムシが14.3%、クロキボシゾウムシ、キイロコキクイムシが9.5%、シラホシゾウムシ属、マツノムツバキクイムシが4.8%であった（Table 7）。このように前年に続いてマツキボシゾウムシの占める割合の大きかったことは、着葉量の少ない衰弱木が冬の間にさらに弱って、春型のマツキボシゾウムシの寄生を受けて枯死したものと考えられる。また、被害3年目をみると枯死木は15本でまだかなり多く、優占種はニトベキバチが80.0%と多く、ヒゲナガモモブトカミキリ、サビカミキリ、シラホシゾウムシ属がそれぞれ6.6%であった（Table 8）。これは最終年の優占種がニトベキバチで特に多いという点において、激害林の結果と一致した。

従って、両林区とも枯損に至るような衰弱木の発生は被害2年目までにおさまったものと考えられるが、微害林ほど枯損の終息は遅いようである。

3.2 摘葉による枯損時期の判定

マツカレハの幼虫の食害に起因する衰弱木に対する加害穿孔虫の種構成によって、おおよそ、その枯損時期の判定は可能であるが、どの程度の食害量と食害時期が衰弱枯死を引き起こしたかを摘葉によるモデル試験で確かめた。

3.2.1 試験方法

試験は森林総合研究所東北支所の苗畑に植栽された12年生アカマツ林（平均胸高直径7cm、平均樹高7.5m）で行った。この林より試験木をランダムに選び、Fig. 5, 6に示す時期に摘葉を行った。すなわち、Fig. 5-IB, Cは春被害を、Fig. 5-IC'は春被害に加えて、ふ化幼虫による秋被害を想定して摘葉を行った。Fig. 6-II A, Bは秋被害を、そしてFig. 6-II A', B'はそれに翌年の春被害が加わった場合、また、Fig. 6-II Cは秋被害のみをそれぞれ想定して摘葉した。摘葉後における樹体衰弱の経過を樹脂の流出量の変化によって観察するため、小田（日塔ほか、1966）の基準に従って調査した。

3.2.2 試験結果及び考察

試験結果はTable 9, 10に示すとおりである。

まず、IA, IB及びICの春被害のみを想定して摘葉した各区は、摘葉の程度にかかわらず、翌春まで樹脂の流出に変化はなかった。しかし、春被害に加えて秋被害を想定したIC'区では、翌年6月には全供試木が樹脂流出量は0となり、枯死したことを確認した。一方、II A, II A', II B, II B'の

Table 6. 幼虫の食害による枯死木に対する加害虫 (1985)
 Fauna of borers infesting pine trees which died after defoliation by *Dendrolimus spectabilis* (BUTLER) (1985).

微 害 林

Moderately injured stand (ca. 10% of pine trees died)

優 占 種 Dominant species in a pine tree マツキボシゾウムシ <i>Pissodes nilidus</i> (ROELOFS)				次ぎに多い種 Subdominant species キイロコキクイムシ <i>Cryphalus fulvus</i> (NIIJIMA) シラホシゾウムシ属 <i>Shirahoshizo</i> ヒゲナガモモブ トカミキリ <i>Acanthocinus griseus</i> (FABRICIUS)		
本 数 No. of trees (構成比%)	胸高直径 D.B.H. (cm)	着 葉 量 Index of the amount of needles	占 有 度 Index of species dominancy	占 有 度 Index of species dominancy	占 有 度 Index of species dominancy	占 有 度 Index of species dominancy
2	6.5	0.5	6.0(± 3.0)	6.0(± 3.0)		
1	20.0	0	18.0(—)		9.0 (—)	
1	7.0	0	3.0(—)			1.0 (—)
2	7.0	0	9.5(—)			
計 6(27.3)	平均10.1	0.1	9.1(± 7.0)			
キイロコキクイムシ <i>Cryphalus fulvus</i> (NIIJIMA)				マツキボシゾウムシ <i>Pissodes nilidus</i> (ROELOFS) シラホシ ゾウムシ属 <i>Shirahoshizo</i>		
3	6.0	0	4.7(± 3.1)	1.0(—)		
1	6.0	0	3.0(—)		1.0 (—)	
計 4(18.2)	平均 6.0	0	3.9(± 2.8)			
サビカミキリ <i>Arhopalus rusticus</i> (LINNÉ)				キイロコキ クイムシ <i>Cryphalus fulvus</i> (NIIJIMA) マツキボシ ゾウムシ <i>Pissodes nilidus</i> (ROELOFS) シラホシ ゾウムシ属 <i>Shirahoshizo</i>		
2	10.5	0	6.0(± 3.0)	4.0(± 2.0)		
1	9.0	0	9.0(—)		3.0 (—)	
1	14.0	0	9.0(—)			1.0 (—)
計 4(18.2)	平均11.2	0	8.0(± 2.8)			
シラホシゾウムシ属 <i>Shirahoshizo</i>				マツキボシゾウムシ <i>Pissodes nilidus</i> (ROELOFS) ニトベキバチ <i>Sirex nitobei</i> (MATSUMURA)		
1	7.0	0	9.0(—)	3.0(—)		
1	10.0	0	9.0(—)		2.0 (—)	
1	12.0	0.9	9.0(—)			
計 3(13.6)	平均 9.7	0.3	9.0(—)			
クロコブゾウムシ <i>Niphades variegatus</i> (ROELOFS)				キイロコキクイムシ <i>Cryphalus fulvus</i> (NIIJIMA)		
2	7.0	0	6.0(± 3.0)	3.0(± 1.0)		
1	7.0	0	9.0(—)			
計 3(13.6)	平均 7.0	0	7.0(± 2.8)			
マツノムツバキクイムシ <i>Ips acuminatus</i> (GYLLENHAL)				マツノキクイムシ <i>Tomicus piniperda</i> (LINNÉ)		
計 1(4.5)	平均11.0	0	27.0(—)	9.0(—)		
マツノキクイムシ <i>Tomicus piniperda</i> (LINNÉ)				マツキボシゾウムシ <i>Pissodes nilidus</i> (ROELOFS)		
計 1(4.5)	平均10.0	0	3.0(—)	1.0(—)		

Table 7. 幼虫の食害による枯死木に対する加害虫 (1986)
 Fauna of borers infesting pine trees which died after defoliation by *Dendrolimus spectabilis* (BUTLER) (1986).

微 害 林

Moderately injured stand (ca. 10% of pine trees died)

優 占 種 Dominant species in a pine tree マツキボシゾウムシ <i>Pissodes nilidus</i> (ROELOFS)				次ぎに多い種 Subdominant species			
本 数 No. of trees (構成比%)	胸高直径 D.B.H. (cm)	着 葉 量 Index of the amount of needles	占 有 度 Index of species dominancy	クロキボシ ゾウムシ <i>Pissodes obscurus</i> (ROELOFS) 占 有 度 Index of species dominancy	シラホシ ゾウムシ属 <i>Shirahoshizo</i> 占 有 度 Index of species dominancy	サビカミキリ <i>Arhopalus rusticus</i> (LINNÉ) 占 有 度 Index of species dominancy	トドマツオオ キクイムシ <i>Xyleborus validus</i> (EICHHOFF) 占 有 度 Index of species dominancy
5	10.8	2.0	10.6(± 4.9)	5.0(± 2.8)			
2	8.5	4.0	3.0(± 1.0)		1.0(—)		
1	10.0	1.3	6.0(—)			1.0(—)	
1	9.0	0.6	6.0(—)				4.0(—)
計 9(42.8)	平均 9.6	2.0	6.9(± 4.8)				
サビカミキリ <i>Arhopalus rusticus</i> (LINNÉ)				マツキボシ ゾウムシ <i>Pissodes nilidus</i> (ROELOFS)			
計 3(14.3)	平均 10.3	0.6	9.0(0)	3.0(± 0.8)			
マツノキクイムシ <i>Tomicus piniperda</i> (LINNÉ)				クロキボシ ゾウムシ <i>Pissodes obscurus</i> (ROELOFS) 6.0(—)	キイロコキ クイムシ <i>Cryphalus fulvus</i> (NIJIMA) 2.0(—)		
1	14.0	0	9.0(—)				
1	9.0	0.6	3.0(—)				
1	7.0	0.3	1.0(—)				
計 3(14.3)	平均 10.0	0.3	4.3(± 3.4)				
クロキボシゾウムシ <i>Pissodes obscurus</i> (ROELOFS)				マツキボシ ゾウムシ <i>Pissodes nilidus</i> (ROELOFS)			
計 2(9.5)	平均 8.5	2.2	7.5(± 1.5)	4.5(± 1.5)			
キイロコキクイムシ <i>Cryphalus fulvus</i> (NIJIMA)				クロキボシ ゾウムシ <i>Pissodes obscurus</i> (ROELOFS) 3.0(—)	サビカミキリ <i>Arhopalus rusticus</i> (LINNÉ) 1.0(—)		
1	9.0	2.3	7.0(—)				
1	9.0	0.6	3.0(—)				
計 2(9.5)	平均 9.0	1.5	5.0(± 2.0)				
シラホシゾウムシ属 <i>Shirahoshizo</i>				ニトベキバチ <i>Sirex nitobei</i> (MATSUMURA)			
計 1(4.8)	平均 14.0	1.6	9.0(—)	3.0(—)			
マツノムツバキクイムシ <i>Ips acuminatus</i> (GYLLENHAL)				マツノキ クイムシ <i>Tomicus piniperda</i> (LINNÉ)			
計 1(4.8)	平均 14.0	3.0	18.0(—)	9.0(—)			

Table 8. 幼虫の食害による枯死木に対する加害虫 (1987)

Fauna of borers infesting pine trees which died after defoliation by *Dendrolimus spectabilis* (BUTLER) (1987).

微 害 林

Moderately injured stand (ca. 10% of pine trees died)

優 占 種 Dominant species in a pine tree ニトベキバチ <i>Sirex nitobei</i> (MATSUMURA)				次ぎに多い種 Subdominant species			
本 数 No. of tress (構成比%)	胸高直径 D.B.H. (cm)	着 葉 量 Index of the amount of needles	占 有 度 Index of species dominancy	占 有 度 Index of species dominancy	占 有 度 Index of species dominancy	占 有 度 Index of species dominancy	占 有 度 Index of species dominancy
3	11.3	2.2	11.0(±11.3)	2.0(±0.8)			
2	10.5	3.2	15.0(±12.0)		1.0(0)		
1	14.0	1.3	21.0(—)			10.0(—)	
1	11.0	1.3	27.0(—)				1.0(—)
5	9.6	2.1	12.2(± 9.1)				
計12(80.0)	平均11.3	2.0	17.2(±10.3)				
ヒゲナガモモブトカミキリ <i>Aeanthocinus griseus</i> (FABRICIUS)				クロキボシ ゾウムシ <i>Pissodes obscurus</i> (ROELOFS)			
計 1(6.6)	平均14.0	2.0	9.0(—)	3.0(—)			
サビカミキリ <i>Arhopalus rusticus</i> (LINNÉ)				ニトベキバチ <i>Sirex nitobei</i> (MATSUMURA)			
計 1(6.6)	平均10.0	2.0	9.0(—)	3.0(—)			
シラホシゾウムシ属 <i>Shirahoshizo</i>							
計 1(6.6)	平均 7.0	4.0	1.0(—)				

秋被害と春被害を想定した各区は、翌春まで樹脂流出に変化はなかった。しかし、秋の激害を想定して全葉を摘葉した II C 区は摘葉後から樹脂流出に異常が現れて、翌春にはすべての供試木は樹脂流出量 0 となり枯死を確認した。

以上の IC', II C 区のように秋期に全葉が摘葉されると、翌春には樹脂の流出が停止して枯死することが分かった。全葉が摘葉されても IC 及び II A', II B' のように、その時期が春期であれば樹脂の流出に異常は起こらず、しかも、新芽が伸長し開葉することから枯死には至らなかった。従って、前項の被害解析を行った両林分の衰弱、枯死木の発生は、ほとんどが 1984 年秋期までに全葉が食害されたことによって起きた現象と考えられる。

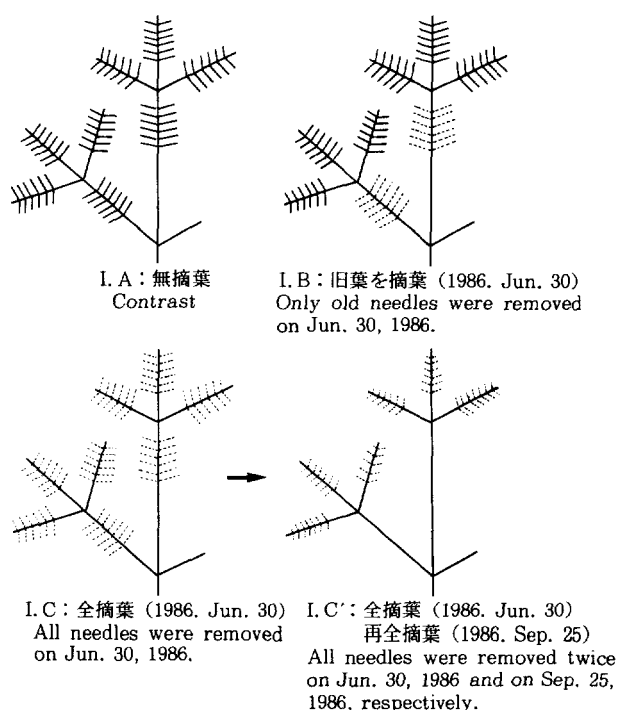
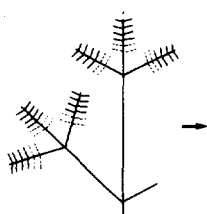
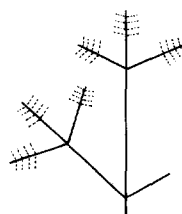


Fig. 5. 摘葉程度の模式図 (その 1)

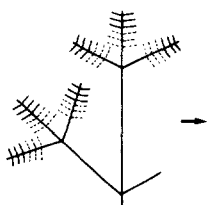
Scheme for arrangement of needle removal (No. 1)



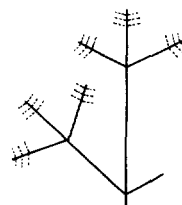
II. A : 1/3 摘葉 (1986. Sep. 25)
1/3 of new needles and all of the
old needles were removed on
Sep. 25, 1986.



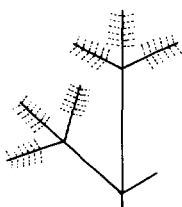
II. A' : 残りを全摘葉 (1987. May. 27)
The rest of the needles were
removed on May 27, 1987.



II. B : 1/2 摘葉 (1986. Sep. 25)
1/2 of new needles and all of the
old needles were removed on
Sep. 25, 1986.



II. B' : 残り全摘葉 (1987. May. 27)
The rest of the needles were
removed on May 27, 1987.



II. C : 全摘葉 (1986. Sep. 25)
All needles were removed on Sep.
25, 1986.

Fig. 6. 摘葉程度の模式図 (その 2)

Scheme for arrangement of needle removal (No. 2)

Table 9. アカマツの摘葉による樹脂流出量の変化 (その1)
Changes in resin flow of *Pinus densiflora* after removing needles (No.1)

摘葉程度 Removal method	立木 No. Tree No.	樹脂流出量調査年月日 Date of investigation				備 考 Notes
		1986 Jul. 4	Jul. 24	Oct. 15	1987 Jun. 12	
I. A	1	卅	卅	卅	卅	
	2	卅	卅	卅	卅	
	3	卅	卅	卅	卅	
	4	卅	卅	卅	卅	
	5	卅	卅	卅	卅	
I. B	1	卅	卅	卅	卅	
	2	卅	卅	卅	卅	
	3	卅	卅	卅	卅	
	4	卅	卅	卅	卅	
	5	卅	卅	卅	卅	
I. C	1	卅	卅	卅	卅	
	2	卅	卅	卅	卅	
I. C'	1	卅	卅	卅	0	1987. Jun. 12, 枯死 Died on Jun. 12, 1987.
	2	卅	卅	卅	0	"
	3	卅	卅	卅	0	"

樹脂流出量の判定は小田氏の基準に従った。

Judgement of resin flow followed Oda (1964).

Removal method was referred to in Fig. 5

Table 10. アカマツの摘葉による樹脂流出量の変化 (その2)
Changes in resin flow of *Pinus densiflora* after removing needles (No.2)

摘葉程度 Removal method	立木 No. Tree No.	樹脂流出量調査年月日 Date of investigation			備 考 Notes
		1986 Oct. 15	1987 May. 27	Jun. 12	
II. A	1	卅	卅	卅	
	2	卅	卅	卅	
	3	卅	卅	卅	
II. A'	1	卅	卅	卅	
	2	卅	卅	卅	
	3	卅	卅	卅	
	4	卅	卅	卅	
II. B	1	卅	卅	卅	
	2	+	卅	卅	
	3	卅	卅	卅	
II. B'	1	卅	卅	卅	
	2	卅	卅	卅	
	3	卅	卅	卅	
II. C	1	+	0	0	1987. Jun. 12, 枯死 Died on Jun. 12, 1987.
	2	卅	0	0	"
	3	+	0	0	"
	4	卅	0	0	"
	5	卅	0	0	"
	6	+	0	0	"
	7	卅	0	0	"

樹脂の流出量の判定は小田氏の基準に従った。

Judgement of resin flow followed Oda (1964).

Removal method was referred to in Fig. 6.

4 落下糞数による林内幼虫密度の推定

マツ林内におけるマツカレハ幼虫の生息数を調べることは、マツカレハ被害の発生を予測し、被害防除を図るうえで必要なことをすでに述べた。この項では、樹冠内幼虫の排糞落下消長、幼虫の発育経過と排糞数、密度推定の時期、防除基準の判定などについて述べる。

4.1 林内幼虫の排糞の落下消長

幼虫の排糞数から生息密度を推定するためには、まず、マツ林内で排糞の落下消長の季節的変動を知る必要がある。そこで、岩手県岩手郡滝沢村巣子の約60年生のアカマツ林内で1978年に調査を行った(山家, 1981)。

4.1.1 調査方法

調査は林内に一辺10mの方形区を設け、5m間隔の格子の各交点に、一辺37.8cmの正方形で深さ3cmのトタン製の受け皿を1枚ずつ、計9枚配置し、4月14~29日まで調査した。その後、引き続き、同じ場所に1m²の布製受枠(Fig. 7)を6個設置し、4月30日より7月30日まで毎日ほぼ午前9時に林内の気温、落下糞数、幼虫の脱皮した頭殻の落下数を観測記録した。

4.1.2 調査結果及び考察

林内における落下糞数と脱皮頭殻の調査時期別消長はFig. 8に示すとおりである。排糞の落下は4月16日に始まり7月19日に終了したが、この間に落下糞数のピークが二つみられた。第1回目は5月4日の1m²当たり900個、第2回目は5月17日の1417個であって、ともに脱皮前の発育のそろった時期と思われた。それぞれは、このあと脱皮期にさしかかり5月8~9日と5月23日頃に大きく減少している。これは越冬後第1回目と第2回目の脱皮期と一致する。しかし、第3回目は脱皮期がそろわなかったため、落下糞数の減少はみられず、1m²当たり600個前後で推移した。

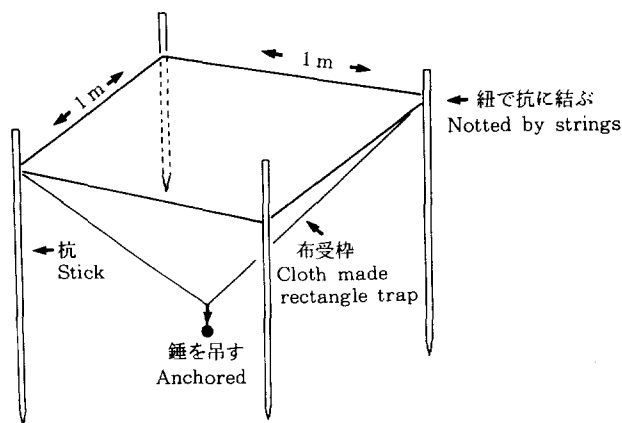


Fig. 7. 落下糞トラップの模式図
Cloth made traps for collecting fallen frass

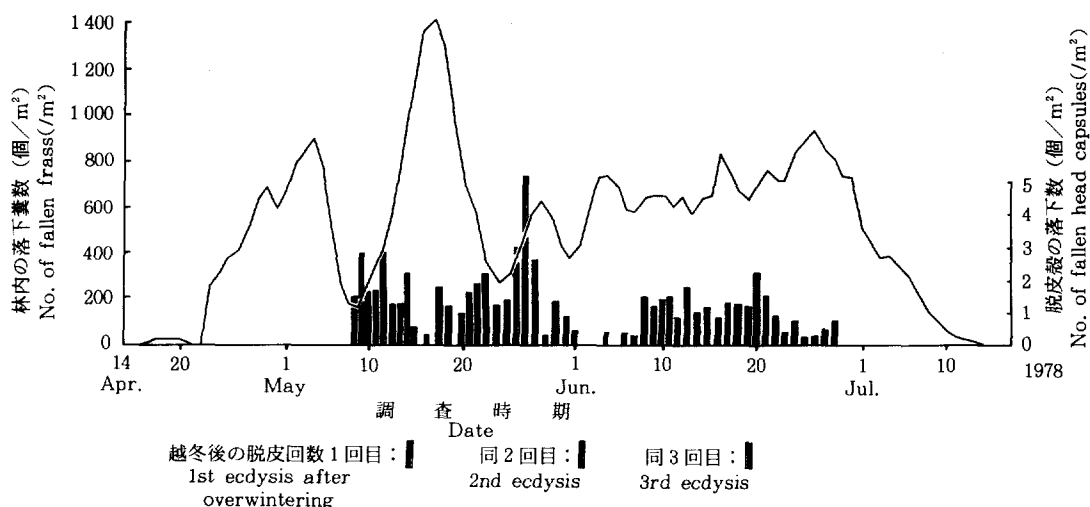


Fig. 8. アカマツ林内における落下糞数と脱皮殻の時期別変化
Daily changes of falling frass and head capsules in a red pine forest

この結果によると越冬後、第3回脱皮の5月下旬から6月上旬以降では比較的落下糞数の変動が少なくなる。しかし、この時期は幼虫の発育がかなり進んでおり、生息密度推定の時期としては、防除を目的とした場合に適当でない。防除措置などを考慮すると密度推定はできるだけ早い時期に行う必要がある。従って、越冬後第1回脱皮前の落下糞数のピーク時が最も適しているものと考えられた。

4.2 越冬後幼虫の発育経過と排糞数

林内の落下糞数を調査するには、まず幼虫の排糞習性を知っておく必要がある。しかし、マツカレハ幼虫の発育に、地理的変異のあることが知られている(土生, 1976)。そこで東北地方を中心に各地産の越冬後幼虫の発育経過と排糞数の関係を調査した(山家, 1981, 1984, 1988, 1989, 1990 a, 1990 b, 1991, 1992; 山家ほか, 1985, 1986 a, 1987 c, 1988)。

4.2.1 調査方法

供試虫は Fig. 9 に示した東北地方12産地、東北地方以外から11産地の計23産地のものについて、温度段階別に飼育を行った。供試虫の採集時期及び飼育開始時期は Table 11 に示した。なお、採集から飼育開始までは0~3℃の低温室に保存した。飼育は飼育温度を15, 18, 21, 24℃の4段階に調整した16時間照明の恒温槽内で、200 ml 入りポリカップを用い1処理30頭ずつ個体飼育を行った。ただし、玉山及び北上産幼虫は飼育温度を16, 19, 22, 25℃とした。また竜ヶ崎、波崎、小値賀及び熊本産幼虫の供試数は1処理50頭ずつとした。餌は新鮮なアカマツ針葉を3~4日ごとに与えた。調査は毎日ほぼ定時に行い、排糞数と脱皮の有無について記録した。

4.2.2 調査結果及び考察

(1) 発育経過

各産地とも供試虫のうち営繭まで完了した個体について、越冬後の発育経過を示すと Table 12 のと

おりである。この幼虫期間から発育速度をもとめ、飼育温度に対する発育速度の回帰式を Table 13 に、回帰直線は Fig. 10 に示した。この図から、年1化地帯では東北地方太平洋側、東北地方日本海側、竜ヶ崎、青梅、富山の順に発育速度が遅くなることが分かった。年2化出現地帯（主として関東以西の太平洋側及び近畿地方の一部など）では東北地方太平洋側の産地と青梅や富山産の中間にばらついて、緯度の低いほど発育速度は早まった。

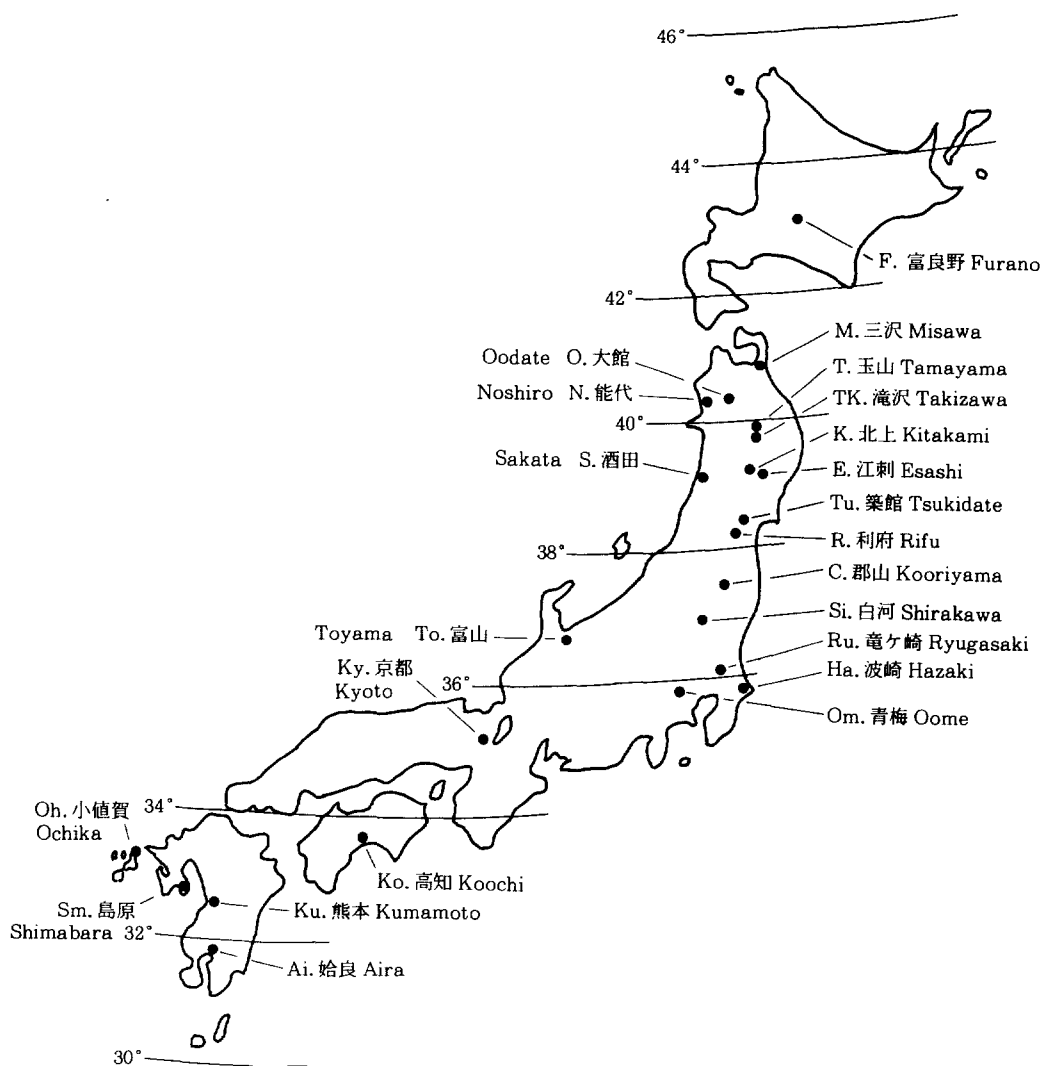


Fig. 9. 供試虫の採集地

Location map of collecting sites of *Dendrolimus spectabilis* (BUTLER) for experiments

Table 11. 供試虫の採集地及び採集, 飼育年月日
Dendrolimus spectabilis (BUTLER) for laboratory experiment.

採 集 地 Location	採集年月日 Collecting date	飼育開始年月日 Starting date for laboratory experiment
北海道富良野市山部町 Furano	1986. Apr. 11	1986. Apr. 29
青森県三沢市織笠 Misawa	1977. Dec. 13	1978. Apr. 24
秋田県大館市四羽出 Oodate	1987. Dec. 10	1988. Apr. 8
秋田県能代市向能代 Noshiro	1982. Dec. 11	1983. Apr. 19
岩手県岩手郡玉山村好摩 Tamayama	1981. Dec. 1	1982. Apr. 15
岩手県岩手郡滝沢村菓子 Takizawa	1976. Dec. 18	1977. Apr. 13
岩手県北上市相去 Kitakami	1979. Nov. 20	1980. Apr. 23
岩手県江刺市藤里 Esashi	1981. Dec. 15	1982. Apr. 15
山形県酒田市黒森 Sakata	1986. Dec. 15	1987. Apr. 9
宮城県栗原郡築館町宮野 Tsukidate	1978. Mar. 7	1978. Apr. 26
宮城県宮城郡利府町 Rifu	1984. Dec. 10	1985. Apr. 3
福島県郡山市湖南町 Kooriyama	1984. Dec. 13	1985. Apr. 3
福島県白河市鬼越 Shirakawa	1984. Dec. 15	1985. Apr. 14
富山県富山市三郷 Toyama	1986. Dec. 8	1987. Apr. 9
茨城県竜ヶ崎市板橋 Ryugasaki	1989. Apr. 4	1989. Apr. 6
茨城県鹿島郡波崎町 Hazaki	1989. Apr. 5	1989. Apr. 6
東京都青梅市富岡 Oome	1977. Dec. 14	1978. Apr. 1
京都府京都市左京区 Kyoto	1991. Feb. 26	1991. Apr. 6
高知県高知市朝倉 Koochi	1978. Dec. 20	1979. May. 8
長崎県北松浦郡小値賀町 Ochika	1990. Feb. 15	1990. Feb. 27
熊本県熊本市黒髪 Kumamoto	(1989. Oct. 7)	1990. May. 1
長崎県島原市瓢箪畑 Shimabara	1977. Nov. 29	1978. Feb. 28
鹿児島県姶良郡始良町 Aira	1989. Dec. 15	1990. Feb. 28

() 内は卵塊を採集, 当支所でふ化幼虫を越冬

Larvae of *Dendrolimus spectabilis* (BUTLER) were collected in the field. Parenthesis indicates *Dendrolimus spectabilis* (BUTLER) were collected in an egg stage, and overwintered in the laboratory.

(2) 発育零点

越冬後幼虫の発育速度より求めた発育零点を Table 13 に, また発育零点と緯度との関係は Fig. 11 に示した。この図をみると年 1 化地帯ではやはり北海道富良野産が 10.0°C で最も高く, 京都産が 6.4°C で最も低い。そして竜ヶ崎や波崎産を除くと, 高緯度から低緯度に行くほど低くなる関係にある。ただし, 東北地域内では平均が 9.1°C でどちらの関係にも一定の傾向はみられなかった。また, 年 2 化地帯では京都産の 2 世代目の幼虫が 12.1°C で最も高く, 始良産が 6.9°C で最も低い。こちらも高緯度ほど高く, 低緯度ほど低いというように, 年 1 化地帯と同様の傾向がみられた。

(3) 発育有効積算温量

各地域の越冬後幼虫の発育零点を基礎に越冬後営繭までの幼虫期間の発育有効積算温量を求め (Table 13), それと緯度との関係 (Fig. 12) をみた。発育零点と同様東北地域内では, どちらの関係

Table 12. 採集地別越冬幼虫の發育経過

Development after overwintering of *Dedrolimus spectabilis* (BUTLER) larvae collected from different locations.

採集地 Location	飼育温度 Temperature (°C)	宮繭虫数 (頭) No. of individuals Pupated	幼虫期間(日) Developmental period in larval stage (days)				發育速度 (1/M) Developmental rate
			最小	最大	平均 (M)	M±	
			MIN.	MAX.	MEAN	S. D.	
富良野 Furano	15	3	75	85	80.0	4.08	0.0125
	18	4	48	57	51.8	3.56	0.0193
	21	2	39	40	39.5	0.50	0.0253
	24	3	28	32	29.7	1.70	0.0337
三沢 Misawa	15	12	83	112	91.8	10.43	0.0109
	18	16	48	60	52.4	3.78	0.0191
	21	10	36	48	41.9	4.23	0.0239
	24	13	29	37	31.9	2.72	0.0313
大館 Oodate	15	23	90	133	114.5	12.45	0.0084
	18	30	53	84	71.4	7.73	0.0140
	21	26	50	77	64.7	7.52	0.0155
	24	31	35	62	47.8	7.75	0.0209
能代 Noshiro	15	21	74	92	84.8	6.28	0.0118
	18	20	46	60	52.6	4.22	0.0190
	21	21	36	49	42.3	3.79	0.0236
	24	20	27	39	34.8	2.99	0.0287
玉山 Tamayama	16	26	73	107	82.1	8.85	0.0122
	19	25	45	65	49.8	4.06	0.0201
	22	27	34	47	39.9	3.19	0.0251
	25	28	30	37	33.4	1.91	0.0299
滝沢 Takizawa	15	13	75	92	84.9	5.61	0.0118
	18	15	49	61	55.0	3.53	0.0182
	21	11	35	50	44.2	4.67	0.0226
	24	16	32	53	36.5	5.20	0.0274
北上 Kitakami	16	15	65	85	77.0	5.20	0.0130
	19	14	47	53	50.0	2.25	0.0200
	22	13	33	42	38.3	2.69	0.0261
	25	16	29	36	32.7	2.12	0.0306
江刺 Esashi	15	22	74	97	84.3	5.37	0.0119
	18	19	43	59	49.4	4.32	0.0203
	21	25	37	49	41.6	2.84	0.0240
	24	20	27	33	30.6	1.73	0.0327

Table 12. (つづき) (Continued)

採集地 Location	飼育温度 Temperature (°C)	営繭虫数 (頭) No. of individuals Pupated	幼虫期間(日) Developmental period in larval stage (days)				發育速度 (1/M) Developmental rate
			最小 MIN.	最大 MAX.	平均 (M) MEAN	M± S.D.	
酒田 Sakata	15	15	108	154	134.3	11.13	0.0074
	18	26	62	99	78.2	7.81	0.0128
	21	21	52	79	62.1	8.19	0.0161
	24	21	37	55	47.1	4.73	0.0212
築館 Tsukidate	15	8	86	102	93.5	5.45	0.0107
	18	12	50	79	58.8	7.96	0.0170
	21	9	37	53	42.6	5.00	0.0235
	24	14	29	41	33.7	3.67	0.0297
利府 Rifu	15	6	76	93	85.5	6.30	0.0117
	18	9	51	64	56.2	4.24	0.0178
	21	4	37	57	43.5	9.15	0.0229
	24	14	32	42	35.6	2.65	0.0281
郡山 Kooriyama	15	12	71	100	87.4	10.33	0.0114
	18	11	44	65	55.4	6.48	0.0181
	21	15	36	56	44.1	5.52	0.0227
	24	19	28	50	34.1	5.37	0.0290
白河 Shirakawa	15	2	87	98	92.5	5.50	0.0108
	18	7	57	81	67.1	9.03	0.0149
	21	13	38	64	46.0	5.96	0.0217
	24	21	29	45	35.9	3.45	0.0279
富山 Toyama	15	10	138	191	166.2	16.01	0.0060
	18	22	93	121	103.4	7.25	0.0097
	21	20	75	103	86.7	7.75	0.0115
	24	11	61	83	72.2	7.05	0.0139
竜ヶ崎 Ryugasaki	15	15	95	223	143.8	30.41	0.0069
	18	25	63	98	86.7	8.34	0.0115
	21	31	46	81	65.0	7.67	0.0154
	24	24	40	56	51.6	4.12	0.0194
波崎 Hazaki	15	38	65	125	118.8	12.44	0.0084
	18	40	52	81	77.5	7.33	0.0129
	21	42	29	61	59.6	6.60	0.0168
	24	39	29	51	47.5	5.09	0.0211

Table 12. (つづき) (Continued)

採集地 Location	飼育温度 Temperature (°C)	営繭虫数 (頭) No. of individuals Pupated	幼虫期間(日) Developmental period in larval stage (days)				发育速度 (1/M) Developmental rate
			最小 MIN.	最大 MAX.	平均 (M) MEAN	M± S. D.	
青梅 Oome	15	5	140	173	152.3	12.27	0.0066
	18	3	101	110	104.7	4.73	0.0096
	21	5	73	100	85.3	9.95	0.0117
	24	7	58	79	70.2	9.20	0.0143
京都 Kyoto	15						
	18	1			116.0		0.0086
	21	5	72	91	82.0	7.18	0.0122
	24	4	65	96	75.3	14.13	0.0133
(京都) (Kyoto)	15						
	18	1			42.0		0.0238
	21	2	36	39	37.5	1.50	0.0267
	24	2	20	24	22.0	2.00	0.0455
高知 Koochi	15	7	102	181	140.6	25.69	0.0071
	18	9	85	111	98.7	11.24	0.0101
	21	8	65	81	71.6	5.56	0.0140
	24	8	34	77	57.9	12.98	0.0173
小値賀 Ochika	15	11	106	173	142.8	19.15	0.0071
	18	38	69	106	90.1	9.38	0.0111
	21	33	50	85	68.3	7.98	0.0146
	24	26	41	65	55.8	5.54	0.0179
熊本 Kumamoto	15	15	138	176	146.7	12.21	0.0068
	18	31	77	113	93.0	8.34	0.0108
	21	27	65	92	76.5	7.46	0.0131
	24	33	51	71	58.9	4.48	0.0169
島原 Shimabara	15	12	86	158	127.8	21.06	0.0078
	18	8	70	96	78.5	8.44	0.0127
	21	17	43	74	59.6	7.83	0.0168
	24	11	37	58	48.8	6.60	0.0205
始良 Aira	15	22	75	139	105.2	19.66	0.0095
	18	22	46	105	67.7	14.52	0.0147
	21	26	36	70	55.6	10.26	0.0179
	24	28	34	61	47.7	7.87	0.0209

() は 2 化性個体の 1 化期

Parenthesis indicates the 1st voltinism of biroltine strain.

Table 13. 幼虫の飼育温度に対する发育速度の回帰式，发育零点及び发育有効積算温度
Developmental zero point, total effective temperature index, and regression line for
larval development of *Dendrolimus spectabilis* (BUTLER).

採 集 地 Location	回 帰 式 Regression line	发育零点 Developmental zero point (°C)	发育有効積算温度 Total effective temperature index (°C day)
富良野 Furano	$Y=0.0023X-0.0230$	10.0	421.2
三 沢 Misawa	$Y=0.0022X-0.0217$	9.8	457.4
大 館 Oodate	$Y=0.00127X-0.0099$	7.9	787.8
能 代 Noshiro	$Y=0.00180X-0.0143$	7.9	556.1
玉 山 Tamayama	$Y=0.00195X-0.0183$	9.3	511.0
滝 沢 Takizawa	$Y=0.00170X-0.0132$	7.8	588.4
北 上 Kitakami	$Y=0.00200X-0.0185$	9.3	500.0
江 刺 Esashi	$Y=0.00221X-0.0209$	9.5	452.3
酒 田 Sakata	$Y=0.00146X-0.0142$	9.7	684.0
築 館 Tsukidate	$Y=0.00210X-0.0207$	9.8	476.0
利 府 Rifu	$Y=0.00178X-0.0145$	8.2	562.8
郡 山 Kooriyama	$Y=0.00191X-0.0170$	8.9	522.5
白 河 Shirakawa	$Y=0.00194X-0.0189$	9.8	514.0
富 山 Toyama	$Y=0.00085X-0.0067$	7.4	1 184.2
竜ヶ崎 Ryugasaki	$Y=0.00137X-0.0134$	9.8	730.6
波 崎 Hazaki	$Y=0.00139X-0.0124$	8.9	718.6
青 梅 Oome	$Y=0.00084X-0.0059$	7.0	1 190.9
京 都 Kyoto	$Y=0.00078X-0.0049$	6.4	1 289.4
“ (Kyoto)	$(Y=0.00361X-0.0438$	12.1	281.1)
高 知 Koochi	$Y=0.00113X-0.0099$	8.7	883.1
小値賀 Ochika	$Y=0.00109X-0.0093$	9.1	822.2
熊 本 Kumamoto	$Y=0.00121X-0.0109$	8.5	926.6
島 原 Shimabara	$Y=0.00140X-0.0128$	9.1	714.5
始 良 Aira	$Y=0.00125X-0.0086$	6.9	800.8

() は 2 化性個体の 1 化期

Parenthesis indicates the 1st voltinism of bivoltine strain.

にもはっきりした傾向はないが，ほかの年 1 化地帯も含めてみると緯度との関係がみられる。また，年 2 化地帯でもやはりはっきりしないが，发育零点の係数にみられたような関係がある。

越冬後幼虫の发育速度，发育零点及び发育有効積算温度は東北地域内においてはばらつきが大きい。この原因については今後の検討課題である。しかし，年 1 化地帯でみるといずれも気温との関係が考えられ，暖かい地域の個体群ほど发育が遅い傾向にある。年 2 化地帯のものは，年 1 化のものとは異質と考えられ，地理的変異を考える際には区別する必要がある。

(4) 发育有効積算温度と排糞数

前項で述べたように发育速度，发育零点及び发育有効積算温度には，地理的な変異があり，年 1 化地帯の東北地方産の間においてもばらつきがあった。そこで，各産地ごとに发育有効積算温度と排糞数の

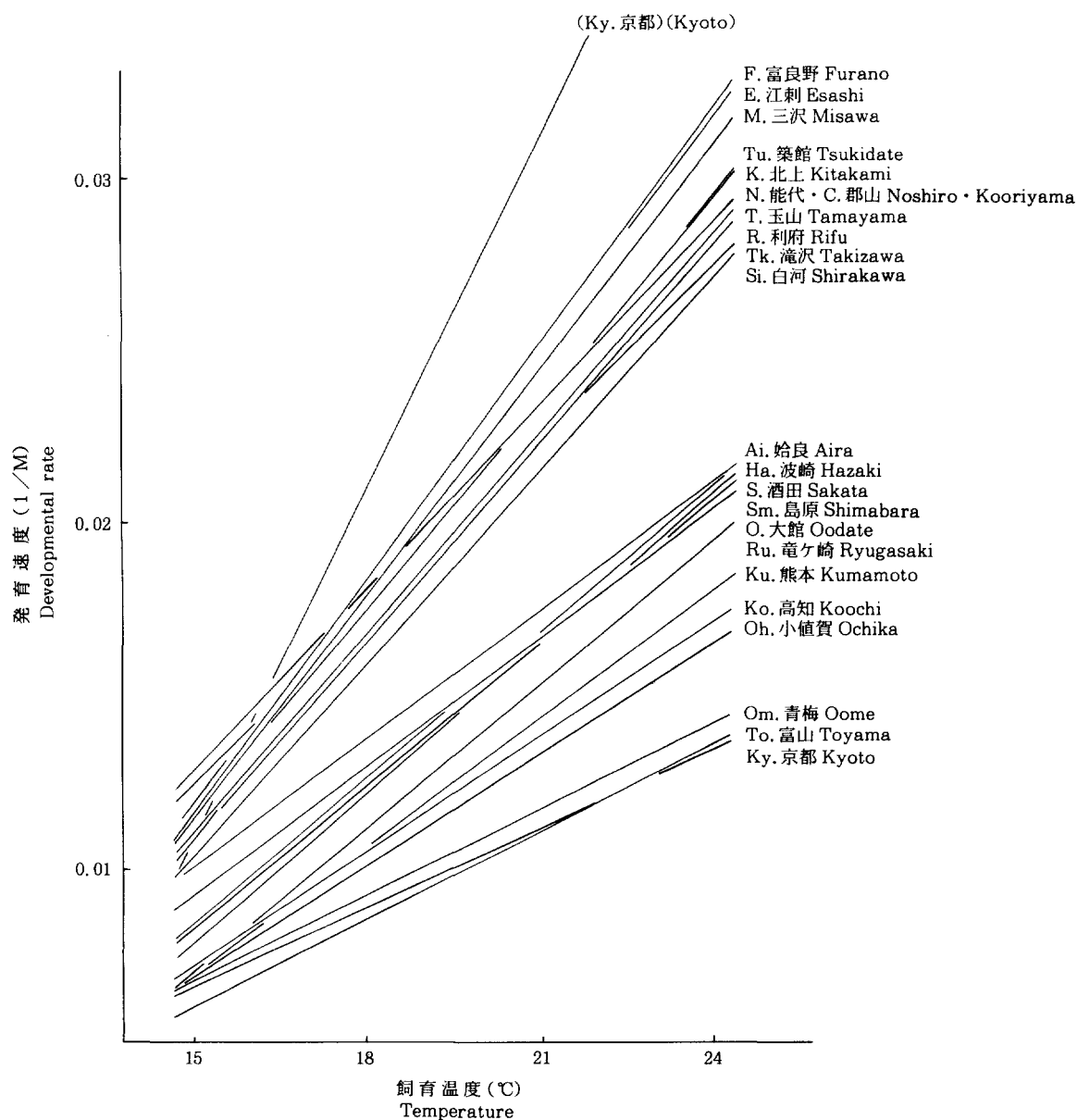


Fig. 10. 越冬後幼虫の發育速度の回帰直線

Regression line of developmental rate for *Dendrolimus spectabilis* (BUTLER) larva after overwintering

() 内は2化虫

Parenthesis indicates the 2nd generation of bivoltine strain

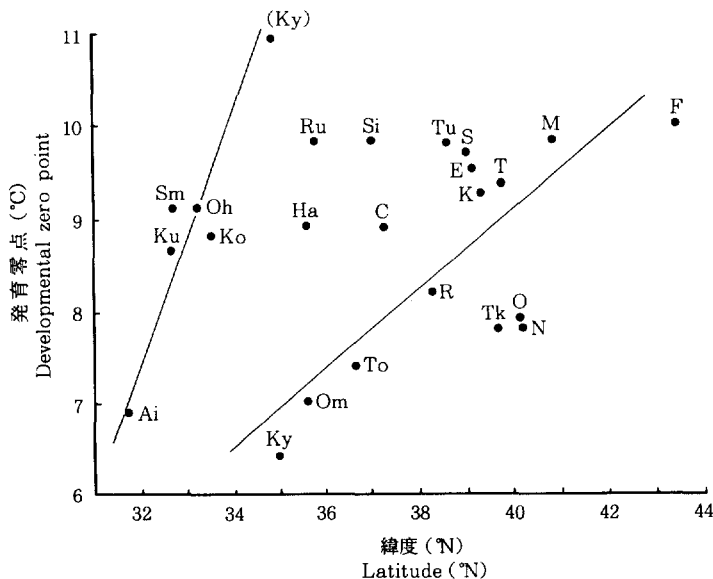


Fig. 11. 越冬後幼虫の発育零点と緯度との関係

Relationship between latitude and developmental zero point after overwintering of *Dendrolimus spectabilis* (BUTLER) larvae

() 内は2化虫, 記号は Fig. 9 に同じ

Parenthesis indicates the 2nd generation of bivoltine strain. Abbreviations are same as shown in Fig. 9

関係を示すと Fig. 13, 14 のようになる。東北地方における発育有効積算温度は大館産が 800 日度と長い、ほかの産地では 500~600 日度である。この間にはほぼ 3 回の脱皮があり、1 日度当たりの排糞数は 1~5 個の間で変動し、大きく四つのピークができた。また、東北地方以外の産地のものは発育有効積算温度は、東北地方産よりは長く 800~1300 日度に及び、脱皮期はそろわず排糞数は 1 日度当たり 2 個前後で変動した。

排糞数から生息密度を推定する時期として、越冬後第 1 回脱皮前のピーク時が適当であると前に述べたが、東北各地産のこの時期をみるとおおよそ 50~80 日度前後にあたる。そこで越冬後 150 日度までの平均を求めると Fig. 15 のようになった。この図をみると越冬後 60 日度の排糞数がピークとなり、標準偏差も小さくなることから、東北地方ではやはりこの時期が落下糞数の調査時期として最も適当と考える。この時期の 1 頭 1 日度当たりの排糞数は 2.48 個である。

4.3 落下糞数による生息密度の推定

林内で幼虫の排糞数を調査するのに適した時期は、排糞数が多く、比較的産地間の誤差の少ない、発育有効積算温度 60 日度の頃であることが分かった。この 60 日度の日を決めるには、調査林地の気温の観測資料が必要となる。そこで東北地方各地の過去 10 年 (1971~1980) の平均気温から、それぞれの地域の発育零点をもとに、その調査時期を推定すると Fig. 16 に示すとおりである。これによる

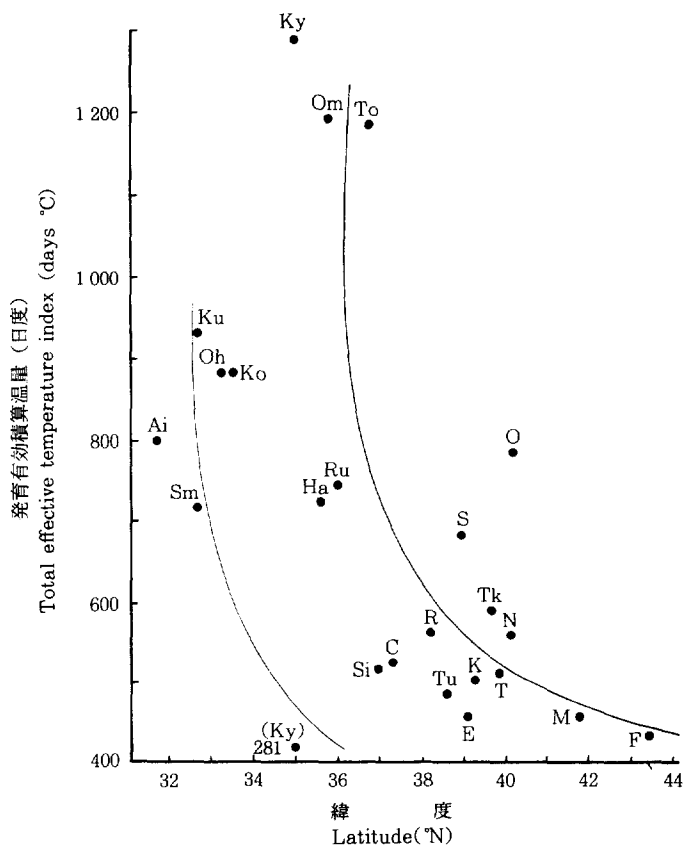


Fig. 12. 越冬後営繭までの発育有効積算温度と緯度との関係

Relationship between latitude and total effective temperature index after overwintering until pupation of *Dendrolimus spectabilis* (BUTLER)

() 内は2化虫, 記号は Fig. 9 に同じ

Parenthesis indicates the 2nd generation of bivoltine strain. Abbreviations are same as shown in Fig. 9

と東北地方では最も南の勿来が4月10日、仙台が4月18日、盛岡は4月28日、青森は5月5日と北に進むにつれて遅れ、下北半島の大間では5月15日となった。これは平年値で一応調査時期の目安になる。しかし、実際現地においてこの時期を正しく決定するには、各調査年ごとの気温の観測資料がないと困難である。

そこで、より実用的に60日度に達する日を予測する手法として、生物季節で最も良く知られているソメイヨシノの開花日を利用する方法を開発した(山家, 1987a)。東北地方の16か所の気象官署が観測した1984~1986年までの3か年のソメイヨシノの開花日とマツカレハ越冬幼虫が発育有効積算温度で60日度に達する日との関係は Fig. 17 のようになる。開花日(x)と60日度に達する日(y)との間には $y = 1.0029x - 2.269$ の関係があり、有意な相関が認められた。従って、越冬後幼虫の落下糞数

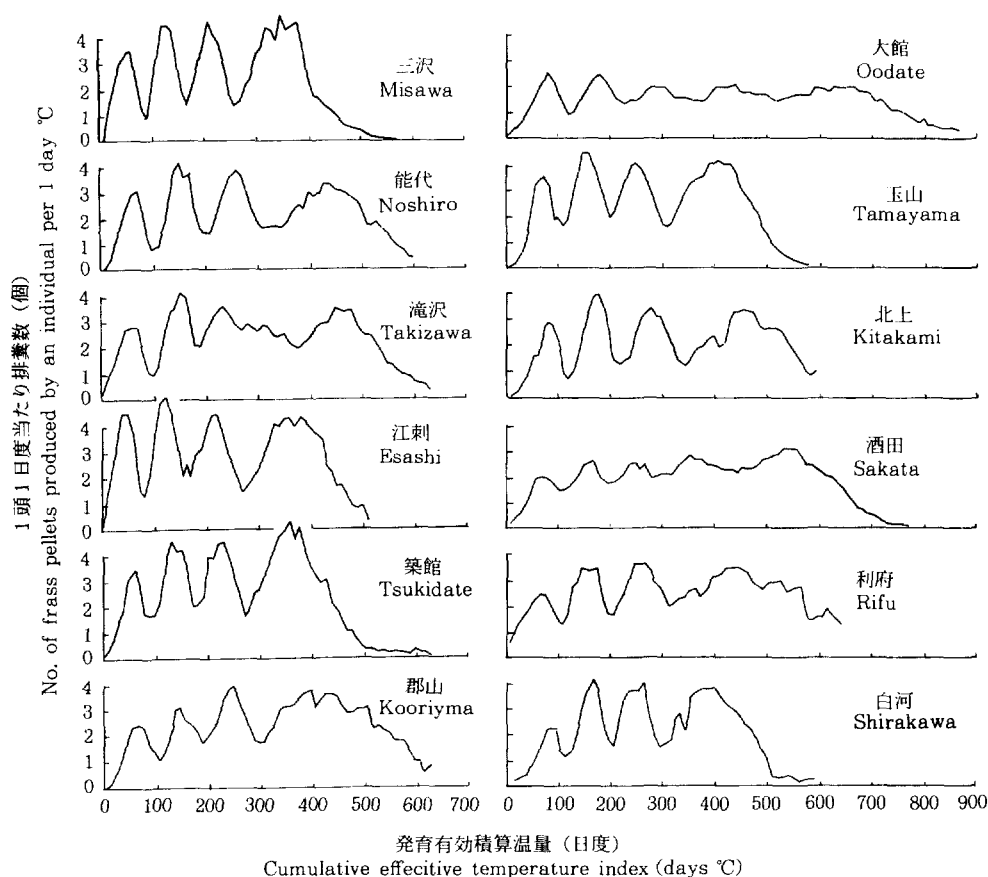


Fig. 13. 越冬後幼虫の排糞経過（東北地方）

Seasonal change of frass production by *Dendrolimus spectabilis* (BUTLER) after overwintering in Tohoku District

調査は、ソメイヨシノの開花日を基準に行い、その落下糞数から生息密度を推定する。落下糞数を調査するため、樹上から落下してくる糞の受皿として、前述した白い布の受枠（1×1 m）（Fig. 7）を用いると便利である。この単位面積当たりの落下糞数を、1頭1日度当たりの糞数2.48個に調査日の有効温度を乗じた数値で除すことによって、生息数が推定できる。すなわち、生息密度（D）は m² 当たりの落下糞数（N）を1頭1日度当たりの糞数2.48個に調査日の有効温度（T）を乗じた数値で除した、次の式から求められる。

$$D = N / 2.48 \times T$$

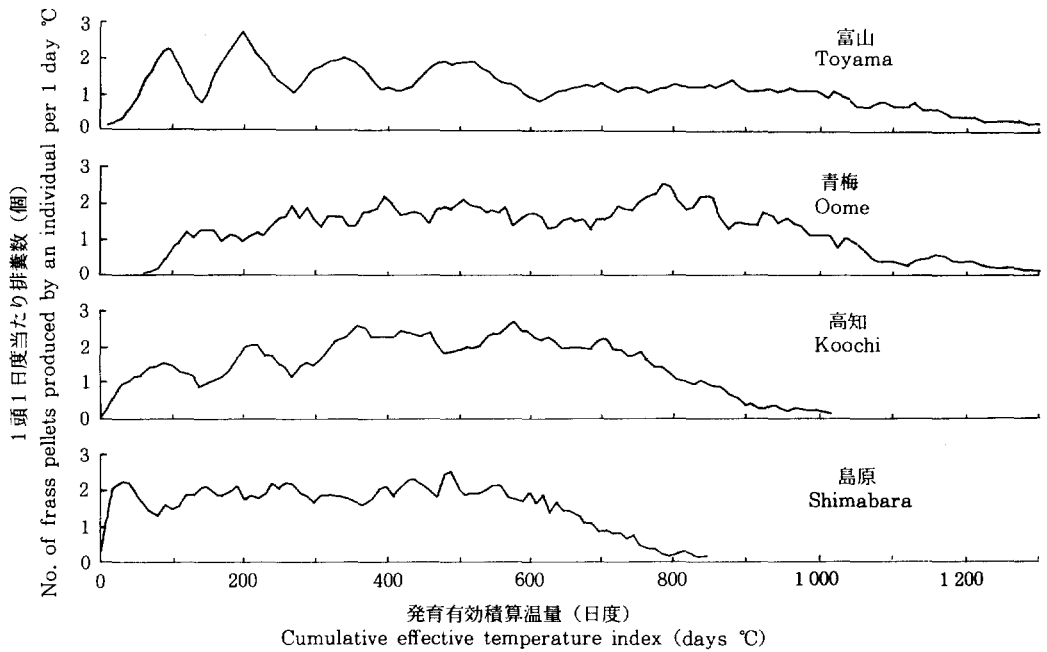


Fig. 14. 越冬後幼虫の排糞経過 (東北地方以外)

Seasonal change of frass production by *Dendrolimus spectabilis* (BUTLER) after overwintering in Japan except for Tohoku District

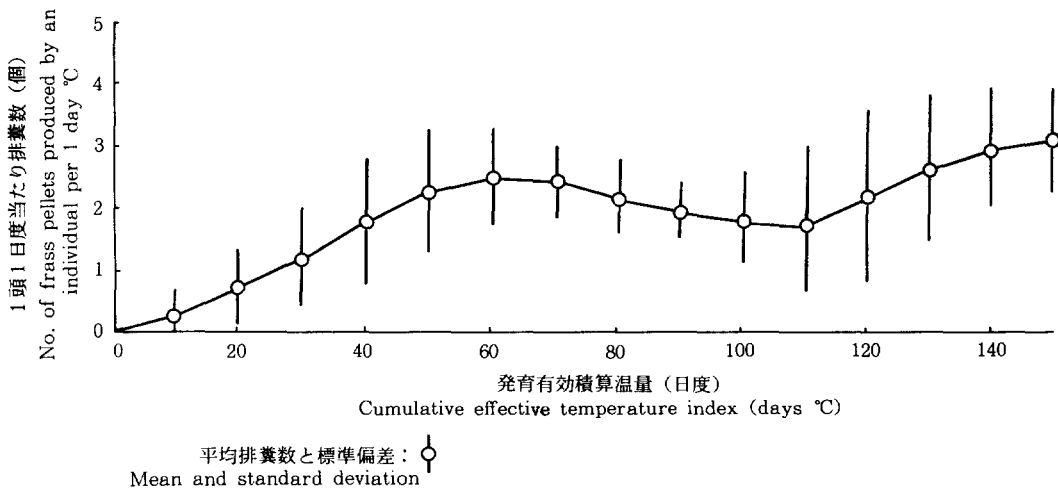


Fig. 15. 東北地方12産地の越冬後150日度までの平均排糞数

Average frass production after overwintering until 150 day °C of cumulative effective temperature index for *Dendrolimus spectabilis* (BUTLER) from 12 different locations in Tohoku District

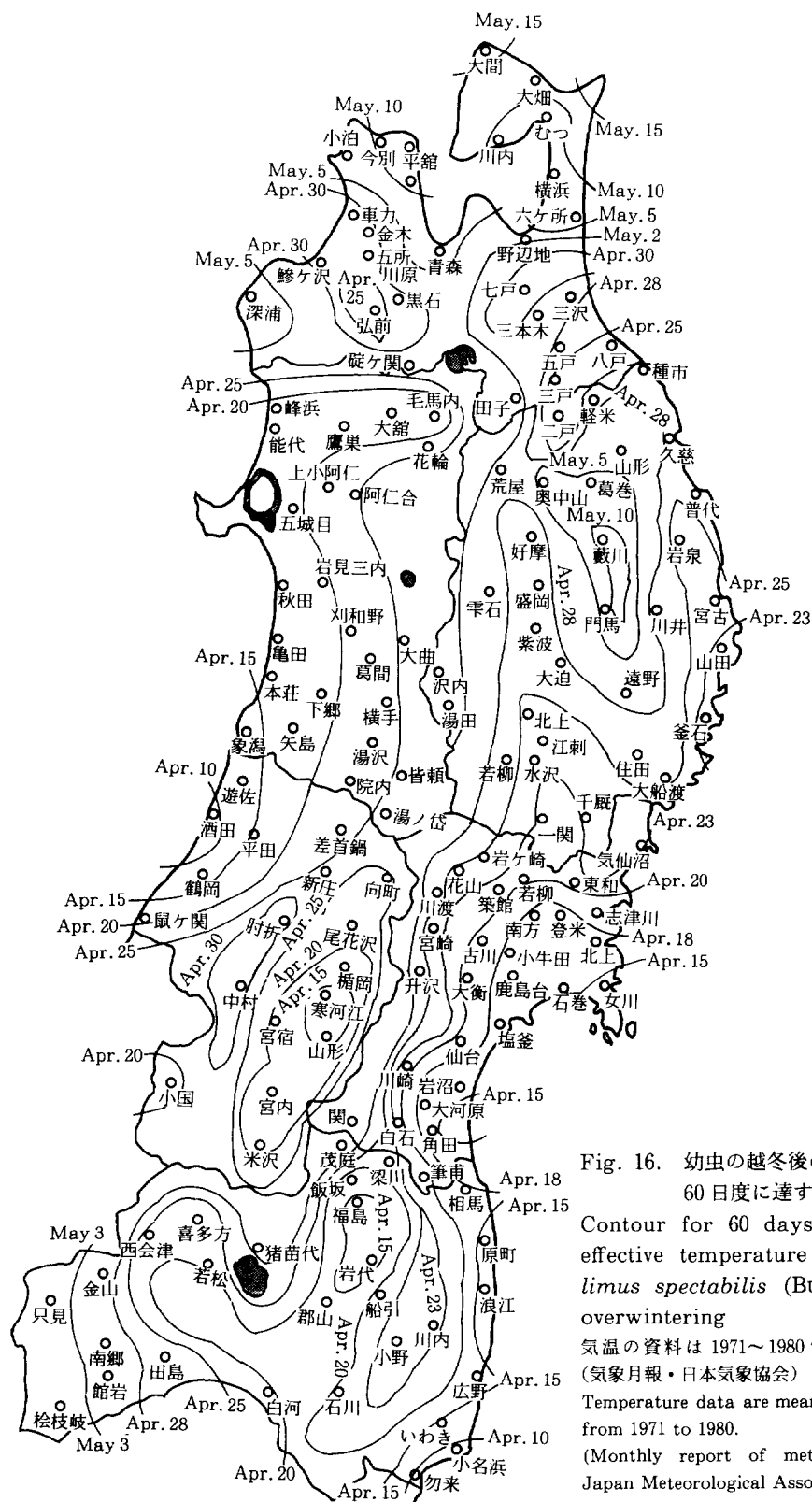


Fig. 16. 幼虫の越冬後の發育有効積算温量が60日度に達する等日線

Contour for 60 days °C of cumulative effective temperature index of *Dendrolimus spectabilis* (BUTLER) larvae after overwintering

気温の資料は1971~1980年までの10か年平均値（気象月報・日本気象協会）

Temperature data are mean value for the ten years from 1971 to 1980.

(Monthly report of meteorology published by Japan Meteorological Association)

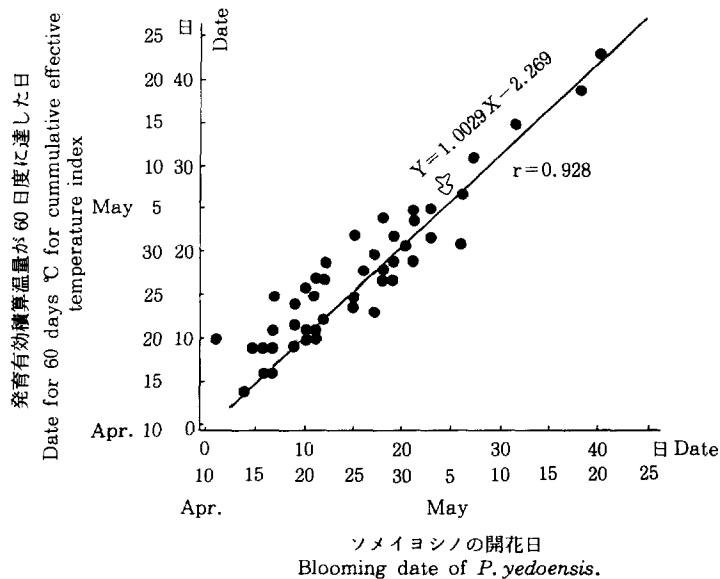


Fig. 17. ソメイヨシノの開花日とマツカレハ幼虫の越冬後の發育有効積算温度が 60 日度に関連した日との関係 (東北 6 県の気象月報, 1984~1986 より)

Relationship between date for blooming cherry blossoms and date for 60 days °C for cumulative effective temperature index of *Dendrolimus spectabilis* (BUTLER) after overwintering. (Data from monthly reports of meteorology in 6 Prefectures in Tohoku District: 1984-1986)

5 防除基準としての被害許容水準

マツカレハ幼虫による被害の程度は、加害虫数と被害林の葉量によって決まる。只木ら (1974) はマツ林の葉乾重量は $6.8 \pm 1.8 \text{ t/ha}$ と報告している。また、著者が 1983 年 10 月当支所苗畑の 9 年生アカマツ幼齢林 (平均胸高直径 4.0 cm, 平均樹高 3.3 m, 植栽本数 8300 本/ha) で調べた葉量は、1 本当たり乾重量で 2 年葉が 282 g, 当年葉が 613 g で合計 895 g であった。この数値は ha 換算すると只木らの結果とほぼ一致する。以上の結果をもとに植栽本数を仮に 8 年生で 8000 本/ha, 60 年生で 1000 本/ha とモデル的に算出すると、単木当たりの平均葉乾重量は Fig. 18 の○印で示す曲線となる。

古野ら (1971) によるとマツカレハ幼虫の摂食量はアカマツ針葉を食餌としたとき、幼虫 1 頭当たり全餌食量は雌雄平均で 11.75 g である。一方、産地別の越冬後宮葉までの平均排糞重量は 1 頭当たり三沢産が 6.54 g, 滝沢産が 7.98 g, 築館産が 6.69 g, 青梅産 9.10 g, 長崎産は 8.28 g で平均では 7.72 g となる。古野 (1963) は針葉の餌食量は排糞量の 1.25~1.38 倍にあたると述べている。この排糞重量 7.72 g は越冬後の数値であるため、越冬前も含めて考えると古野ら (1971) のいう幼虫 1 頭当たりの全餌食量 11.75 g にほぼ一致する。この摂食量を基準にして樹齢に対応した単木ごとの葉乾重

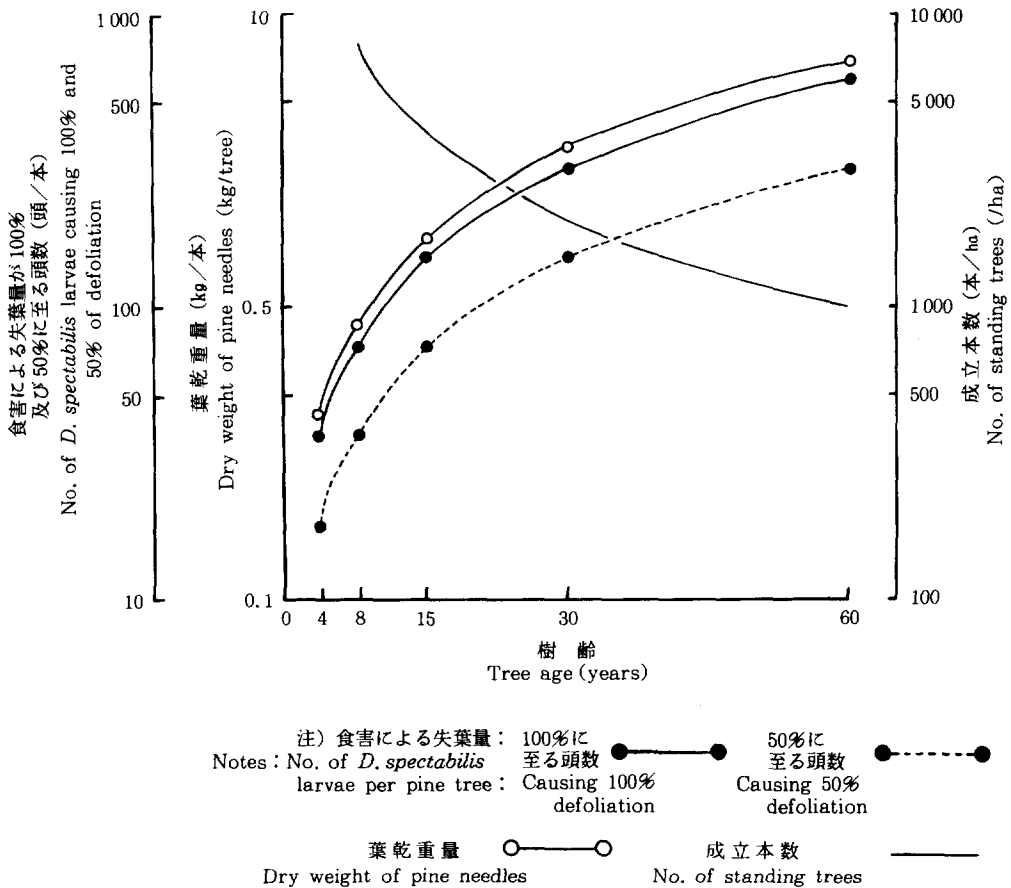


Fig. 18. アカマツの樹齢ごとの成立本数と葉乾重量及び食害による失葉量が100%, 50%に至る頭数との関係

Relationship between tree age and the number of trees in red pine stands, and relationship between tree age and the number of *Dendrolimus spectabilis* (BUTLER) larvae causing 100% and 50% defoliation, respectively

量から摂食可能な頭数を、食害による失葉量にして100%に至る頭数と50%に至る頭数に分けて求めると、それぞれ Fig. 18 の黒丸で結んだ線のようになる。

古野、四手井(1963)はアカマツの摘葉量が50~60%では25%前後の成長減退が起こると報告している。

著者は1982年6月岩手県胆沢郡胆沢町において、アカマツ9年生林(樹高1.0~2.0 m)に1本平均33頭、12年生林(樹高2.0~3.0 m)に1本平均62頭の幼虫が加害しているのを観測したが、2年葉及び1年葉ともほとんど食害されて枯死した立木もみられた。また、岩手県岩手郡滝沢村のアカマツ60年生林(胸高直径26.0 cm, 樹高21 m)で樹幹紙巻法によって越冬幼虫を調査し、1本当たり平均

約 308 頭を捕獲した。この林分で越冬後から営繭開始期までの排糞量を調査し、1.8 t/ha の落下量が観測された（山家，1984）。この落下量は越冬時の推定幼虫数 308 000 頭/ha の排糞量 2.37 t（1 頭平均 7.72 g）に比較するとやや少ない数値であったが、実際の被害としては 2 年葉がほとんど被害された。

以上の例からも分かるように、単木の失葉量で 100% あるいは 50% に至る頭類として表した Fig. 18 の曲線は、野外林分にもあてはまるものと考えている。一方、調査時の気温と 1 m² 当たりの落下した糞数がどのくらいなら、被害が 50% あるいは 100% に達するかを Fig. 18 に基づいて試算したのが Table 14 である。これは先に述べたように葉乾重量を 6.8 t/ha、幼虫の摂食量を 11.75 g/ 頭とすると、100% 被害に要する推定頭数は 578 723 頭/ha になる。幼虫の発育零点は東北地方の平均値が 9.1℃ であることから、平均気温 10℃ のときの発育有効積算温量は 0.9℃、このときの 1 頭 1 日の排糞数は 2.23 個である。従って、100% 被害されるとき 1 m² 当たりの推定頭数は 57.87 頭になることから落下糞数は 129 個となる。古野・四手井（1963）はアカマツの摘葉量が 50～60% では 25% の成長減退を起こすとしている。これを超えた場合を要防除水準とすると、平均気温 10℃ では 65 個/m²/日以上であれば防除を必要とすることになる。

Table 14. 推定被害量が 50% 及び 100% となる時の落下糞数（個/m²）
No. of frass pellets causing 50% and 100% defoliation respectively.

調査時の平均気温 Temperature (°C)	推定被害量が 50%に達する落下糞数 個 No. of frass pellets causing 50% defoliation	推定被害量が 100%に達する落下糞数 個 No. of frass pellets causing 100% defoliation
10	65	129
11	137	272
12	209	416
13	281	560
14	353	703
15	425	847
16	497	990
17	569	1 134
18	641	1 277
19	713	1 421
20	785	1 564

6 お わ り に

東北地方におけるマツカレハ被害発生の動向、その被害の実態解析、越冬後幼虫の発育経過と排糞数、林内幼虫の落下糞数による生息密度の推定、及び防除基準としての被害許容水準などについて述べた。しかし、東北地方における越冬後幼虫の発育速度のばらつきや、2化地帯の幼虫の発育速度の地理的変異についてはまだ未解明の部分が残された。これらが解決されることによってさらに高い精度の密度推定ができるものと考ええる。

一方、マツカレハの被害は枯損木の発生を伴うなど激害化している。特にマツ材線虫病発生地とその周辺では、被害木が本病の感染源となることに十分警戒する必要がある。こうしたことから、特にマツ単純林が集団を形成しているような地域では、マツカレハの生息数の推移を調査して、要防除水準に達した場合には速やかに防除措置をとることが、枯損木の発生やマツ材線虫病の侵入、拡大防止の面からも望ましいと考える。

7 摘 要

本論文では、東北地方におけるマツカレハ被害の発生とその生息密度の推定法について調査解析した結果を報告した。

(1) 東北地方におけるマツカレハ大発生の推移と最近の被害の特徴 (Fig. 1, 2)

東北地方におけるマツカレハの大発生の記録は古く、1886年福島県下で初めて報告されている。その後岩手県に1912年、1928年、1932年、1934～1935年と続いて大発生が記録されている。第二次世界大戦後の被害は1954年が最も多く、その後は増減を繰り返しながら1965年より減少し、低密度で推移し、1975年に突発的に増加するが、その後は再び低密度となった。しかし、1982年以降増加傾向を示し、1986年には再び増加し、現在は低密度である。

これまでの調査から被害発生地は、丘陵のアカマツ単純林や海岸クロマツ林であることが多い。このような地域では今後十分に警戒すべきである。最近のマツカレハの大発生による被害の特徴は、大面積にわたる枯損被害が起こることである。この原因の一つとして黄蘗病の罹病率の低下が考えられた。

(2) 被害実態の解析 (Fig. 3, 4; Table 3-8)

1985年岩手県胆沢郡衣川村造林地において発生したマツカレハによる被害と被害枯死木における穿孔性害虫の生息状況について調査を行った。穿孔性害虫の主要種はマツノムツバキクイムシ、マツキボシゾウムシ、シラホシゾウムシ属、ニトベキバチ、キイロコキクイムシであった。穿孔性害虫の種構成から、枯損経過を検討してみると、激害林では1984年秋以前からマツカレハ幼虫の食害が激しくなり、翌1985年には越冬した幼虫の食害がさらに衰弱木を増やす結果になったものと考えられた。微害林では被害2年目も枯死木の数は減らず、被害3年目もまだかなり多かった。これは枯死木が比較的下層木であったことから衰弱が徐々に進み枯死の時期がそろわなかったためと考えられた。また、両林区とも枯損に至るような衰弱木の発生は被害2年目までにおさまったものと考えられた。

(3) 摘葉による枯死時期の判定 (Fig. 5, 6; Table 9, 10)

幼虫の食害程度と食害時期が衰弱枯死にどう影響するかを、針葉の摘葉のモデル試験で確めた。その結果、衰弱、枯死木の発生は、秋期までに全葉が食害されることによって起こることが示された。

(4) 林内幼虫の排糞落下消長からみた生息密度推定の時期 (Fig. 8)

幼虫の排糞数から生息密度を推定するため、アカマツ林内で排糞の落下消長を調査した。生息密度推定の時期としては、防除措置などを考慮すると、越冬後第 1 回脱皮前のピーク時が最も適当であることが分かった。

(5) 越冬幼虫の生息密度推定の時期の排糞数 (Fig. 15)

生息密度推定の時期として最適と思われる越冬後第 1 回脱皮前のピーク時の 1 頭 1 日度当たりの排糞数は 2.48 個であった。

(6) 落下糞数による生息密度の推定 (Fig. 17)

林内の幼虫の排糞数を調査する時期は、ソメイヨシノの開花時期が最適であることが分かった。従って、この開花日を基準に単位面積当たり落下糞数を、1 頭 1 日度当たりの排糞数 2.48 個に調査日の有効温量を乗じた数値で除すことによって、生息数が推定できた。

(7) 防除基準としての被害許容水準 (Fig. 18; Table 14)

食害量が 50% を超すと成長が減退するといわれていることから、これを基準に防除を考慮する必要がある。そこで、食害量が全針葉の 50% に達するような、マツカレハ幼虫の密度を、単位面積 (m^2) 当たりの落下糞数から推定する方法を示した。

引用文献

藍野祐久：マツカレハ発生消長調査，森林防疫ニュース，**6**，178～180（1957）

青木襄児ほか：黄蘗病症状を現わす数種昆虫病原糸状菌の蚕に対する病原性とその和名，日本蚕糸学会雑誌，**44**，365～370（1975）

古野東洲：マツカレハ幼虫の餌食量について，日林誌，**45**，368～374（1963）

———ほか：アカマツの生育におよぼす摘葉の影響，74 回日林論，336～338（1963）

———ほか：マツ属の食葉性昆虫，とくにマツカレハの餌食量と脱糞量の関係について，京大演報，**42**，27～36（1971）

土生昶毅：マツカレハの生活環の地理的変異，応動昆，**20**，55～60（1976）

五十嵐豊：マツカレハ，林業と薬剤，**82**，1～20（1982）

神谷一男：松枯死の発生と環境との関係（予報）応動，**7**，53～55（1953）

木村重義：昭和 26，27 年管内に発生した森林害虫（1），林業試験場青森支場だより，**24**（1952）

近藤秀明ほか：マツカレハの発生と林分構成状態，森林防疫ニュース，**10**，123～126（1953）

———ほか：マツカレハの発生量の変動と環境因子，森林防疫ニュース，**12**，253～257（1963）

倉永喜太郎：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）

宮下和喜：害虫の大発生年報，植物防疫，**15**，75～81（1961）

日塔正俊ほか：マツ類の穿孔虫に関する研究-穿孔虫の産卵加害虫の対象木についての考察-，77 回日林論，376～379（1966）

- 小田久五ほか：松くい虫発生消長調査について，森林防疫ニュース，13，293～305（1964）
- 佐藤平典ほか：マツカレハ発生後のマツ枯損及びマツ材線虫病とのかかわり，日林東北支誌，37，223～224（1985）
- ほか：岩手県におけるマツカレハの大発生（1）-被害経過と防除-，森林防疫，36，13～17（1987 a）
- ほか：岩手県におけるマツカレハの大発生（2），-被害の予察と枯死木の発生-，森林防疫，36，44～49（1987 b）
- 只木良也ほか：森-そのしくみとはたらき-，p. 68, 260 pp.，共立出版，東京（1974）
- 山家敏雄：排糞数によるマツカレハ幼虫の密度推定（予報）-産地の異なるマツカレハ幼虫の越冬後の発育経過と排糞数並びに林内における排糞落下消長-林試東北支場発表会記録（支場年報 No. 22），129～135（1981）
- ：マツカレハ幼虫の生息密度の推定とその被害許容水準の判定，林試東北支場たより，267，1～4（1984）
- ：東北地方におけるマツカレハの発生動向とその生息密度の調べ方，林試東北支場たより，306，1～4（1987）
- ：マツカレハの生息密度推定に関する研究（IV）-秋田県産幼虫の発育速度と落下糞数の調査-，日林東北支誌，40，193～194（1988）
- ：マツカレハ幼虫の越冬後の発育速度と発育零点および発育有効積算温量の地理的変異-，100 回日林論，593～594（1989）
- ：茨城県産マツカレハ幼虫の越冬後の発育速度，発育零点，発育有効積算温量および光周性，101 回日林論，517～518（1990 a）
- ：マツカレハの生息密度推定に関する研究（V）-青森県産幼虫の発育速度と落下糞数の関係からみた適切な調査時期-，日林東北支誌，42，164～165（1990 b）
- ：九州産マツカレハ幼虫の越冬後の発育速度，発育零点，発育有効積算温量および光周性，102 回日林論，297～298（1991）
- ：京都産マツカレハ幼虫の越冬後の発育速度，発育零点，発育有効積算温量および光周性，103 回日林論，投稿中（1992）
- ほか：マツカレハの生息密度推定に関する研究（I）-宮城県産幼虫の発育速度と落下糞数の調査時期-，日林東北支誌，37，225～227（1985）
- ほか：同上（II）-福島県産幼虫の発育速度と落下糞数の調査時期-，日林東北支誌，38，184～186（1986 a）
- ほか：マツカレハ幼虫の食害によるアカマツ林の被害解析（I）-激害林分における枯死木の発生とその樹幹加害虫の種構成-，日林東北支誌，38，187～189（1986 b）
- ：北海道のストロブマツ林に大発生したマツカレハ（I）-幼虫の発育速度及び光周反応-，98 回日林論，481～483（1987 a）
- ほか：マツカレハ幼虫の食害によるアカマツ林の被害解析（II）-微害林分における枯死木の発生とその樹幹加害虫の種構成-，日林東北支誌，39，（1987 b）
- ほか：マツカレハの生息密度推定に関する研究（III）-山形県産幼虫の発育速度と落下糞数の調査時期-，日林東北支誌，39，189～190（1987 c）
- ほか：富山県産マツカレハ幼虫の発育速度と発育有効積算温量ごとの排糞数，99 回日林論，487～488（1988）

Studies on Pine Defoliation by *Dendrolimus spectabilis* (BUTLER) and Estimation of the Larval Density in Tohoku District

YANBE, Toshio⁽¹⁾

Summary

This paper first analyzed certain characteristics of *Dendrolimus spectabilis* outbreaks, then investigated the dying process of pine trees after defoliation by the species, and finally developed a method for estimating the larval density and determined a tolerable injury level.

(1) Annual changes of defoliated areas and characteristics of recent outbreaks

The outbreak in Tohoku District was first recorded in Fukushima Prefecture in 1886. Before World War II, outbreaks occurred in Iwate Prefecture in 1912, 1928, 1932, and 1934-1935. After 1945 the annual defoliated areas in Tohoku District have changed as follows: the areas after 1965 were smaller than those recorded earlier and three conspicuous peaks were observed in 1954, 1975 and 1986.

The outbreaks have a tendency to occur in pure stands of Japanese red pine, *Pinus densiflora* (SIEB. et ZUCC.), on moderate slopes and those of Japanese black pine, *P. thunbergii* (PARLATORE), along the coast.

Many defoliated pine trees died in recent outbreaks although it had been reported that pine had seldom died from the defoliation. One possible reason is that the parasitic fungus, *Bauveria bassiana*, is not so prevalent during outbreak periods as in the past.

(2) Defoliation and death

In 1985, I investigated defoliation by *D. spectabilis* and the community of insect borers in dead pine trees at Koromogawa, Iwate Pref.. The defoliation continued for two years; young larvae defoliated trees in the autumn of 1984 and they further defoliated them after overwintering in 1985. Predominant species of the community were *Ips acuminatus* (GYLLENHAL), *Pissodes nitidus* (ROELOFS), *Shirahoshizo* spp., *Sirex nitobei* (MATSUMURA), and *Cryphalus fulvus* (NIJIMA). The community structure differed greatly according to the defoliation level. Defoliated pine trees weakened very rapidly in heavily infested stands, and hence almost all of the weakened pines died in 1985. Defoliated pines however weakened slowly in the moderately infested stands. Almost the same number of pines died in 1986 as in 1985, and some pine died even in 1987.

(3) Experiment of artificial defoliation

Experiments of removing pine needles proved that the complete defoliation in the autumn of 1984 weakened the pine trees and caused their death.

(4) Method for estimating larval density from fallen frasses

Seasonal changes of the frass of *D. spectabilis* in the Japanese red pine stands were

Received March 26, 1992

(1) Tohoku Research Center

investigated. With regard to control, the optimum timing for density estimation should be at the peak of frass production before the first ecdysis after overwintering. The peak coincided with the blooming period of cherry blossoms, *Prunu yedoensis*. The number of frass pellets produced at the peak was 2.48 per day degree per individual. The following equation gives the larval density.

$$\text{Density} = \frac{\text{No. of fallen pellets per m}^2}{2.48T}$$

, where T is a cumulative effective temperature index.

(5) Tolerable injury level

Pine growth began to reduce when the defoliation exceeds 50% of all needles, therefore 50% defoliation should be a tolerable injury level for control treatment. Method for estimating larval density level which caused 50% defoliation was developed based on number of fallen pellets.



Photo 1. 越冬前の幼虫
A larva before overwintering

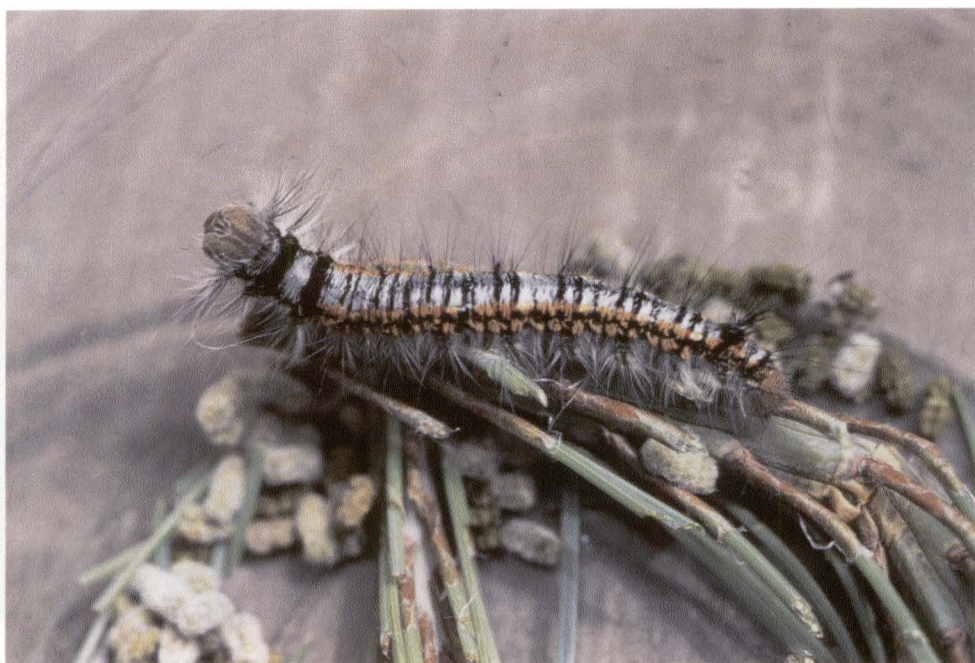


Photo 2. 終令幼虫
A last instar larva

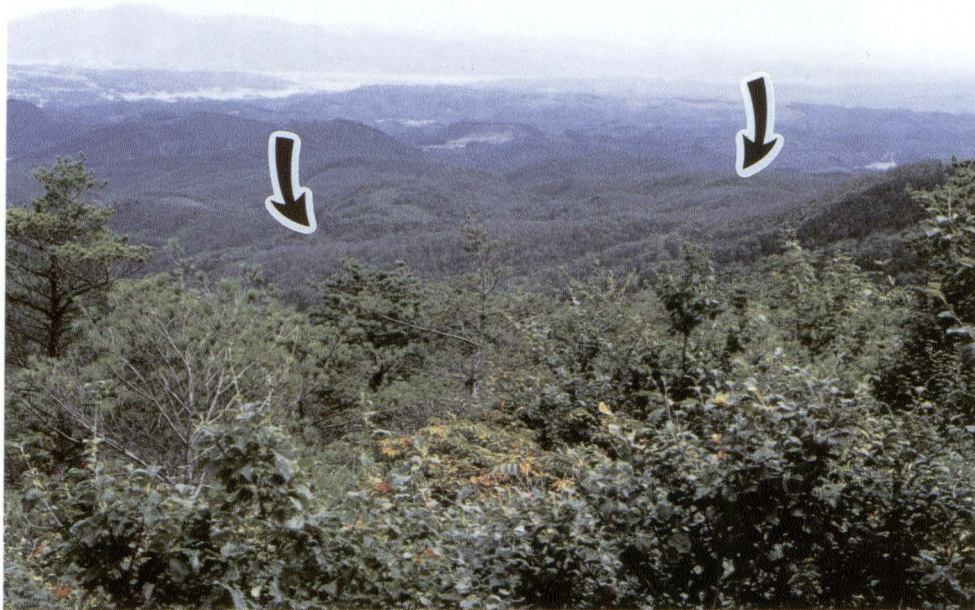


Photo 3. 衣川村の大発生地（矢印は激害地）
Outbreaks in Koromogawa
(Arrows indicate the heavily infested stands)



Photo 4. 幼虫の食害を受けた激害林 (1)
Heavily infested stand (1)



Photo 5. 幼虫の食害を受けた激害林 (2)
Moderately infested stand (2)