

突発性病虫獣害の防除
—スギカミキリ被害発生機構の解明—

(県単課題 平成7年～12年度)

在原登志男

目 次

要 旨	-----	100
はじめに	-----	102
第1章 スギカミキリ幼虫の樹幹内部における摂食様相とその生死	-----	103
第1節 スギ玉切り丸太における幼虫の摂食様相		
第2節 既にスギカミキリ被害のあるスギ生立木における幼虫の摂食様相		
第3節 スギカミキリ未被害のスギ生立木における幼虫の摂食様相と傷害樹脂道の形成状態		
第2章 スギの肥大成長と被害の発生状況	-----	112
第1節 スギの肥大成長に伴う被害の発生状況, および最大内樹皮厚の時期		
第2節 スギの肥大成長低下に伴う傷害樹脂道形成不全と被害の発生状況		
第3節 スギカミキリの被害程度が異なるスギ林における肥大成長と被害の発生状況		
引用文献	-----	120

要 旨

1. スギカミキリ幼虫のスギ樹幹内における生, 死決定の要因を解明する。まず初めに, ほとんど樹脂道の形成がないスギ玉切り丸太における幼虫の食害様相を調査した。その結果, 孵化直後の幼虫は外樹皮を垂直または斜めに食い入り内樹皮に達し, その後比較的短時間で内樹皮の内部(最下層)に潜り食害を続けた。
2. 過去にカミキリの被害を受け, 既に樹脂道が形成されているスギ生立木に幼虫を接種して, 食害の様相を調査した。その結果, 樹脂道の存在が障害となり, 幼虫はこれを避けるため行動を多様に変

受理日 平成13年2月28日

化させた。また、食入から 2 週間ほどたつと内樹皮の内部に新たに樹脂道が形成され、新たな死亡要因となった。成虫となる可能性を持った幼虫を 1 頭観察したが、厚い内樹皮の樹脂浸出の少ない外部を摂食して成育し、樹脂浸出の少ない内部に定着したものであった。

3. カミキリの被害がなく内樹皮にほとんど樹脂道形成のないスギ生立木に幼虫を接種して、その後の摂食の様相を調査した。その結果、カミキリの幼虫は樹脂道が形成されるまでの 2 週間、自由に内樹皮を食害した。樹脂道が形成されると、幼虫は樹脂道の形成のないまたは樹脂浸出の少ない部位を探し回り、内樹皮中央部や上部等の食害を続けた。そして、幾度も内樹皮内部への侵入、定着を図るものの、大部分は樹脂の浸出によって死亡した。しかし、一部の幼虫は厚い内樹皮の樹脂浸出の少ない中央部や外部を摂食して、ある程度の大きさに成育後、樹脂浸出の少ない内樹皮内部に定着した。
4. スギの内樹皮厚は年輪成長に伴い増加することが知られているので、肥大成長に伴う被害の発生状況と最大内樹皮厚の時期を調査した。その結果、従来から言われているように、被害は胸高直径が増すほどすなわち肥大成長に伴って激しくなった。また、被害の多かった個体では、材部年輪数が 10 年輪になると内樹皮の層が 5 年輪となり、その後材部年輪数が増加しても内樹皮年輪数の増加は認められなかった。さらに、材部年輪が 10~12 年輪で内樹皮形成に係わる材部の年輪幅がピークを迎え、内樹皮厚が最大に達するものと推定された。そして、内樹皮厚は樹幹下部ほど厚くなる傾向も認められた。
5. カミキリの被害は肥大成長のよいスギに発生しやすいこと、さらに、極端に成長の低下した被圧状態のスギにも被害が発生することが知られている。そこで、高立木密度下にあるスギ生立木に幼虫を接種して、幼虫の生存条件を検討した。その結果、前年の年輪幅がおおむね 0.6mm を下回るか所が多い個体は、食害に対して樹脂道が形成されにくく、浸出する樹脂量が極端に減少した。このため、カミキリは樹脂にまかれる機会が大幅に減少し、生存できると推定された。
6. 樹幹内でカミキリ幼虫の生死を決定する要因の一つは内樹皮の厚さと推定された。また、樹幹下部で内樹皮厚が最大となる時期は材部年輪で 10 ~ 12 年輪と推定された。ところで、カミキリの被害は地域によって激しさが異なると報告されている。そこで、被害程度が異なるスギ林において肥大成長と被害発生状況の差違を検討した。その結果、激および中・微害林とも高さ 0.5 m 円盤における材部 7 ~ 11 年輪の平均成長幅（材部年輪数が 11 年輪時の内樹皮厚の推定となる値）とカミキリ総脱出孔数は 1 % 水準で有意な関係にあり、いずれも材部年輪幅が広くなるほどすなわち肥大成長に伴って被害（脱出孔数）が増加した。しかし、激害林と中・微害林では被害本数率が異なるだけでなく、同一の年輪成長幅でも前者では被害数の多いことが示唆された。また、いずれの林分においても年輪幅がおおむね 4mm 以下の場合、被害はかなり少なかった。

はじめに

スギカミキリの食害に対するスギの主要な防御手段は、傷害樹脂道を形成し嚙み跡からの樹脂の浸出によって幼虫を死亡させることにある。一般に、産卵され孵化したカミキリ幼虫の90数%は、内樹皮の摂食時に樹脂道から浸出する樹脂に巻かれて死亡する(12)。また、カミキリの林内侵入、定着時期は樹幹下部の肥大成長最盛期直後(16)といわれているが、この時期スギ樹体内にどのような変化が生じるのかは全く不明である。さらに、カミキリの被害は地域によって激しさが異なる(9, 16, 19)とされている。

本研究は、カミキリが樹幹内部をどのように食害し、またどの食害段階で樹脂道が形成され樹脂が浸出して幼虫の生死が決定されるかなどを調査し、被害の発生要因を明らかにすることを目的に実施した。

第1章 スギカミキリ幼虫の樹幹内部における摂食様相とその生死

第1節 スギ玉切り丸太における幼虫の摂食様相^{*)}

I 目的

スギカミキリ（以下、カミキリ）の食害に対するスギの主要な防御手段は、傷害樹脂道（以下、樹脂道）を形成し噛み跡からの樹脂の浸出によって幼虫を死亡させることにある（12）。しかし、樹脂道の形成そして樹脂の浸出および幼虫の生死との関係を詳細に観察した事例は極めて少ない。

そこで、産卵されたカミキリが樹幹内部をどのように食害し、またどの食害段階で樹脂道が形成され樹脂が浸出して幼虫の生死が決定されるかなどを調査し、被害発生の要因を明らかにする。まず初めに、ほとんど樹脂道形成のないスギ玉切り丸太における幼虫食害の様相を調査した。

II 試験方法

供試木は長さ1mのスギ丸太で、胸高直径10～12cm、高さ7～8mのスギ生立木5本を1995年5月8日に伐倒し、玉切って25本を作成した。その後、供試木は室内に立て掛け、5月9日、11日、12日に孵化直後の幼虫をそれぞれ50頭前後、1本あたり6頭を目安に接種した。幼虫の接種は、カッターナイフで供試木の外樹皮に間隙を作り、筆で挿入して行った。

最終の幼虫接種後10日目まではほぼ隔日、そして20日目まではほぼ3日に1度、その後は1週間毎に幼虫が材入するまで、それぞれ6頭ほどの摂食様相を調査した。調査項目は供試木の外、内樹皮厚、そして幼虫の齢期（13）、食害の深さ、長さおよび面積とした。

III 結果と考察

調査時期ごとのカミキリ幼虫の發育経過を表一1に示す。これによると、接種7日目に食害長は4cmをこえて2齢虫が現れ、そして13日目には食害長が9cm、面積が2.3cm²ほどとなって3齢虫が出現した。さらに、35日目には食害長が60cm、面積が30cm²ほどに達して老熟幼虫（5齢虫）が出現し、53日目では食害長が1m、面積が70cm²ほどとなり、全て蛹室内で前蛹態の状態にあった。これらの食害様相は、藤下らの報告（8）とほぼ一致した。

図一1には、調査木の外、内樹皮厚と幼虫の齢期ごとの前胸節の短径（厚さ）を示した。これによると、孵化直後の幼虫は内樹皮の一部を食害するにとどまるが、2齢虫に脱皮する頃には内樹皮とほぼ同じ厚さかそれ以上になることから、食害範囲は辺材部に及び、さらに3齢虫では深さ1～2mm、5齢虫では3mm以上の辺材部が食害されたことになる。

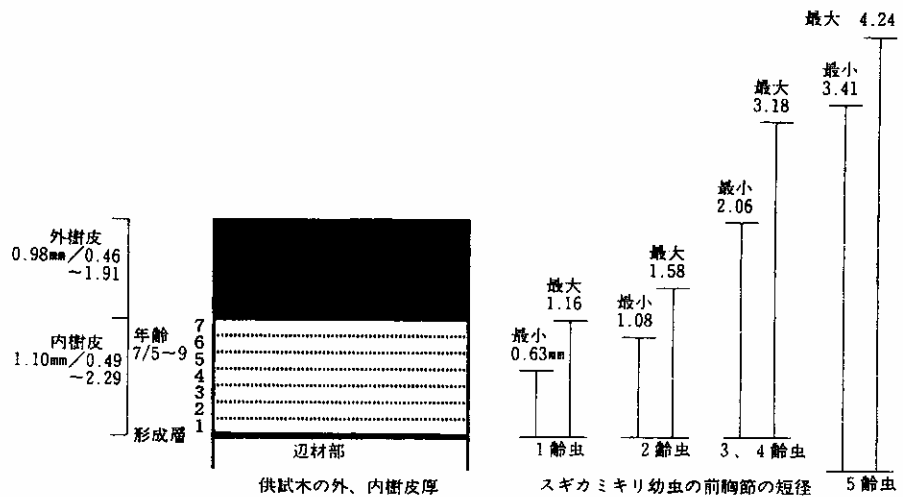
^{*)} 本節は日本林学会東北支部会誌（1）に発表したものである。

表—1 スギカミキリ幼虫の齢期と調査時期

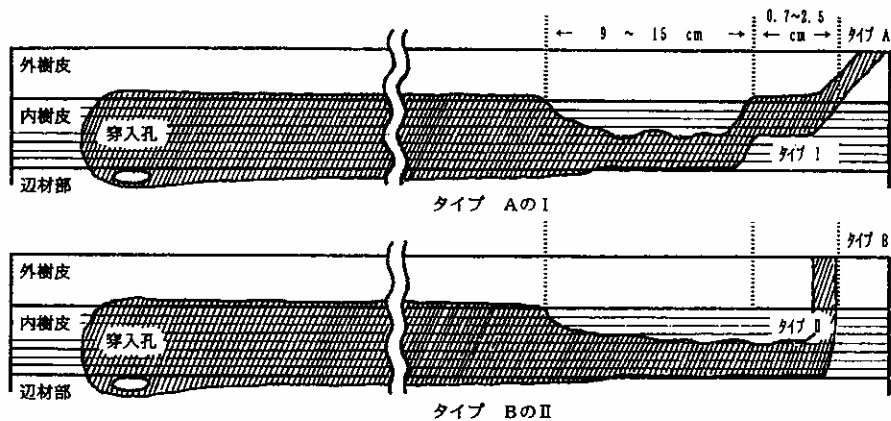
齢期	頭幅 mm	前胸節長 mm	前胸節短径 mm	体長 mm	調査時期ごとの食害長 (Lcm) と面積 (Scm ²)
1 齢	0.81/0.77 ~0.85(15)	0.95 ~1.56	0.63 ~1.16	3.13 ~5.47	1日目(10) : L=0.9/0.7~1.2, S=0.1/0.1~0.2 3日目(6) : L=2.1/0.8~2.6, S=未測定 5日目(6) : L=3.0/2.6~3.3, S=0.7/0.5~1.0 7日目(6) : L=3.4/1.8~4.9, S=未測定
2 齢	1.35/1.27 ~1.45(9)	1.75 ~2.08	1.08 ~1.58	5.12 ~8.57	7日目(3) : L=4.4/4.0~4.6, S=未測定 10日目(4) : L=7.8/6.1~9.3, S=2.1/1.7~2.8 13日目(3) : L=7.6/5.0~9.5, S=2.2/1.6~2.7
3, 4 齢	2.56/2.13 ~3.06(12)	2.64 ~4.57	2.06 ~3.18	8.46 ~18.49	13日目(2) : L=9.1/8.9~9.2, S=2.3 18日目(3) : L=18.3/17.2~19.6, S=6.3/6.1~6.6 20日目(3) : L=18.5/17.1~20.1, S=6.8/6.2~7.4 29日目(5) : L=47.2/35.5~58.5, S=23.6/16.2~32.6
5 齢 (老熟幼虫)	3.69/3.35 ~4.13(12)	4.72 ~6.56	3.41 ~4.24	20.29 ~25.08	35日目(4) : L=57.3/42.4~72.2, S=30.8/24.2~37.7 42日目(4) : L=95.5/72.5~102.2, S=63.0/48.7~77.1 53日目(4)* : L=99.3/82.0~113.5, S=71.5/57.1~87.4

() は調査個体数, 頭 *) 幼虫は全て蛹室で前蛹体となっていた。

次に、カミキリ幼虫の模式的な摂食経過を図—2に示す。接種された幼虫は、まず外樹皮に食入するが、このとき供試木の軸方向に水平距離で2mmほど外樹皮を斜めに摂食し、内樹皮に到達するもの(タイプA)と、ほぼ垂直に外樹皮を摂食し、内樹皮に到達するもの(タイプB)に分けられた。それぞれの出現割合は調査した43件中、Aが41%でBが59%であった。そして、幼虫が内樹皮を食害するときも、外樹皮と内樹皮の一部を摂食するもの(タイプI)と、垂直に内樹皮の最下層に潜り内側から摂食するもの(タイプII)に分けられ、それぞれの出現割合



図—1 外、内樹皮とスギカミキリ幼虫の齢期ごとの前胸節の短径(幼虫の厚さ)



図—2 スギカミキリ幼虫の摂食経過

は調査した 43 件中、I が 77 % で II が 23 % であった。なお、タイプ A の幼虫ではほとんどがタイプ I の摂食を行うが、タイプ B ではほぼ 1 / 3 がタイプ II の摂食、2 / 3 がタイプ I の摂食を行った。

タイプ I での内樹皮外側の食害は長さで 0.7 ~ 2.5cm ほどであった。その後、内部に潜入して第 1 年輪から上部を食害する（タイプ II の食害経過に準じる）が、虫体の発育とともに内樹皮全体を食害するようになり、長さで 9 ~ 15cm ほど摂食してからは辺材部までも食害するようになった。

以上から、樹脂の浸出がほとんどないスギの場合、孵化直後の幼虫は外樹皮を垂直または斜めに食い入り内樹皮に達する。内樹皮の食害は、外樹皮とともに外側から食べるものと、垂直に最下層に潜り内側から食べるものに大別された。なお、前者にあっても 1 ~ 3 日後には後者と同様に、内樹皮の最下層に潜り内側から食害するようになる。これらのことから、幼虫は比較的短時間で内樹皮の最下層に潜り、食害する性質を持つものと推定される。その後は、虫体の発育とともに食害範囲が内樹皮全体そして辺材部へと拡大し、長さで 1 m 前後を食害して材内に穿入するものと思われた。

第 2 節 既にスギカミキリ被害のあるスギ生立木における幼虫の摂食様相^{*)}

I 目的

産卵され孵化したカミキリ幼虫の 90 数%は、通常では内樹皮の摂食時に樹脂道から浸出する樹脂に巻かれて死亡するものと言われている (12)。

本節では、過去にカミキリの被害を受け内樹皮に樹脂道が形成されているスギ生立木に幼虫を接種して、食害の様相と孔道内への樹脂の浸出、そして幼虫の生死状態等を調査した。

II 試験方法

供試木は、平均胸高直径 25cm、樹齢 30 ~ 35 年生で既にカミキリの被害が認められるスギ生立木 6 本であり、1995 年 5 月 16 日にそれぞれ 15 頭前後の孵化幼虫を樹幹下部に接種した。接種は供試木の外樹皮にカッターナイフで間隙を作り、筆で幼虫を挿入して行った。

そして、接種 3 日目とその後おおむね 1, 2, 3, 4, 5, 6 および 9 週目に、外樹皮を剥皮して幼虫の摂食様相、食害孔道への樹脂の浸出程度および孔道周辺の樹脂道形成状態を調査した。なお、内樹皮は 7 ~ 11 年輪が確認されたが、便宜上 1, 2 年輪を内部、3 ~ 5 年輪を中央部、6 年輪以上を外部とし、各部内において 1 か所の年輪にでも樹脂道が形成されていれば、樹脂道ありとした。

III 結果と考察

第 1 章第 1 節によりカミキリ幼虫の摂食は、外樹皮とともに内樹皮の外部を食害し、内部に食入するもの（タイプ I）と、垂直に内樹皮内部に潜って始めから内部を食害するもの（タイプ II）とに分

^{*)} 本節は日本林学会東北支部会誌 (2) に発表したものである。

けられたので、ここではタイプごとに摂食の様相をまとめた。なお、供試木の内樹皮の厚さは、最小が0.92mm、最大が2.33mm、平均が1.57mmであった。

タイプIに属したものは調査件数70件の内64件を占めた。このうち、内樹皮の外、中央部を摂食している段階の40件を調査したところ、生存20頭、死亡19頭、浸出した樹脂に触れて運動のマヒしたものが1頭観察された。さらに、内樹皮の外部を摂食した後内部に食入した6件を調査したところ、生存4頭と死亡2頭が見られた。生存虫には、樹脂浸出を避けて材内に穿入しているものも存在した。死亡虫は内樹皮内部から浸出した樹脂にまかれたものと、材内に穿入したものの内樹皮外部から浸出した樹脂が材内まで達してまかれたものが見られた。

内樹皮の内部を摂食し、しばらく経つと同部位に樹脂道が形成され、これを避けるため摂食は他の部位へ移行した。生存虫は13～24日目の調査で4頭、そして死亡虫は5頭観察された。死亡虫は樹脂道形成のない部位を探し回り摂食を続け、再度内樹皮内部への食入・定着を図ったものの浸出した樹脂にまかれたものであり、孔道内には樹脂溜まりやにじみが見られた(図-3)。ここで、内樹皮内部における樹脂道の形成時期を見ると、接種9日目で11件中0件、13日目で15件中9件、17日目で9件中9件となり、食入後約2週間で形成されたことになる。本結果は金指らの報告(11)に符合した。なお、この時点での幼虫は15件中1齢が12頭、2齢が3頭であった。

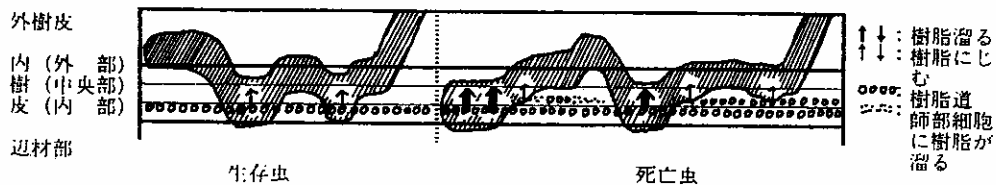


図-3 内樹皮の最下層に潜り内部を食害したスギカミキリ幼虫の孔道(タイプI) - 模式図 -

タイプIの幼虫は、この他に内樹皮の外部を摂食後、内部に潜らず外部で摂食を続けたものが9件観察された(図-4)。いずれも内樹皮の外、中央または内部に樹脂道が存在したもので、内部への食入を果たせなかったものと考えられる。死亡虫は6頭観察されたが、3齢に達したものもあった。

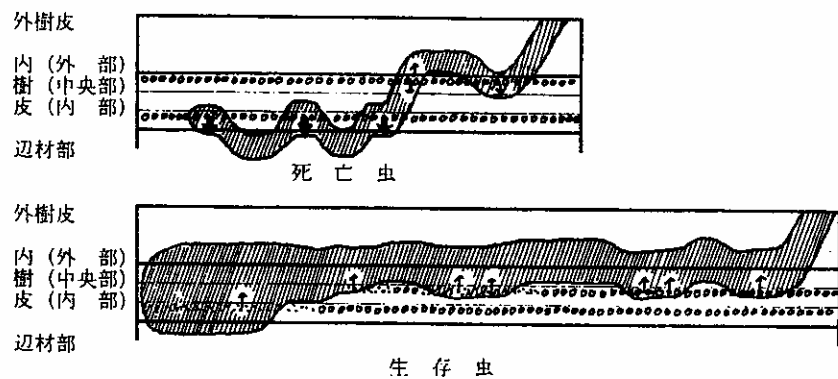
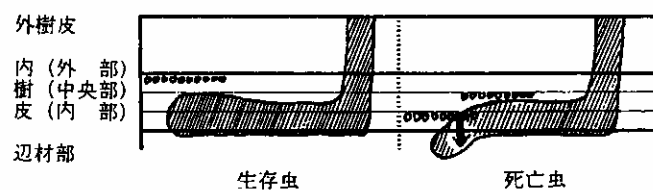


図-4 内樹皮の外部を食害後、直ちに最下層に潜らず食害を続けたスギカミキリ幼虫の孔道(タイプI) - 模式図 -

生存虫の中には厚い内樹皮の外部を摂食後、樹脂のにじむ内部を摂食し 4 齢となり、材入が可能な状態に達したものも存在した。このことは、幼虫の発育がかなり進むと、樹脂道の形成された内樹皮内部を摂食し多少の樹脂浸出がみられても、生存が可能であることを示唆している。

次に、タイプⅡの摂食様相を見てみる。このタイプは調査 70 件のうちの 6 件であった。第 1 章第 1 節の調査では本タイプが 23 % を占めたのに対して、今回 9 % と低下した原因は内樹皮の外、中央部に樹脂道が存在したためと思われる。タイプⅡのうち、内樹皮内部を食害している段階で生存虫が 3 頭、死亡虫が 1 頭観察された。後者は、内樹皮内部への食入時には樹脂道が存在しなかったが、その後樹脂道が形成されて浸出した樹脂にまかれたもの（図—5）であり、孔道内には樹脂溜まりが観察された。なお、生存虫は内樹皮内部に樹脂道が形成されると、摂食部位を樹脂浸出のないか所に移行させた。



図—5 内樹皮の内部を食害中のスギカミキリ幼虫の孔道
(タイプⅡ) - 模式図 -

以上述べたことから、樹脂道の形成が認められるスギ生立木での幼虫

の摂食様相は、基本的には第 1 章第 1 節のパターンを守りながらも樹脂道の存在が障害となり、これを避けるため行動を多様に変化させたといえる。また、食入から 2 週間ほどたって 2 齢虫が出現するようになると、内樹皮の内部においても新たに樹脂道が形成され、新たな死亡要因となった。今回観察した中で、成虫となる可能性を持った幼虫は 1 頭のみであったが、樹脂浸出の少ない厚い内樹皮の外部を摂食して成育し、同様に樹脂浸出の少ない内樹皮内部を摂食したものであった。

第 3 節 スギカミキリ未被害のスギ生立木における幼虫の摂食様相と傷害樹脂道の形成状態^{*)}

I 目的

カミキリの幼虫がスギ樹幹内部をどのように摂食し、またどのような摂食の経過で生死が決定されるかを明らかにして、カミキリの側から見た被害の発生条件を明らかにする。

本節では、カミキリの被害がなく内樹皮にほとんど樹脂道形成のないスギ生立木に幼虫を接種して、摂食の様相を調査した。

II 試験方法

供試木は胸高直径 11 (平均) / 8 ~ 14cm (範囲), 高さ 9 / 5 ~ 10m, 樹齢 20 ~ 25 年生で、過去にカミキリの被害が認められないスギ生立木 14 本である。幼虫の接種は、それぞれの接種の影響が少なく

^{*)} 本節の一部は林木の育種特別号 (6) に発表したものである。

なるように、各供試木を高さ0~70cm、以下70~140、140~210、210~280cmの4ブロックに区切り、各ブロックの中央部あて逆方位に2頭の孵化幼虫を1995年5月16日に接種した。幼虫の接種は、カッターナイフで外樹皮に間隙を作り、筆で挿入して行った。

そして、幼虫接種3日目、その後はほぼ1、2、3、4、5、6および12週目に、供試木1、2本を対象として外樹皮を剥皮し、幼虫の生死、摂食の様相、摂食された孔道内への樹脂の浸出程度（にじむ、溜まる）および孔道付近そして孔道直上または直下の樹脂道の形成状態を調査した。

III 結果と考察

まず、生存していた幼虫の経時的な食害長を図—6に示す。なお、図中には第1章第1節の調査結果も併せて示した。これによると、早いものは接種後2週間で5cmほど食い進み、以下4週間で10cm、6週間で20cm、8週間では30cmほど食い進んだ。なお、幼虫は接種後2週間で2齢虫、そしてほぼ8週間で3、4齢虫が出現した。

次に、各調査時期ごとの幼虫の摂食様相とその生死状況を述べる。なお、調査した供試木の内樹皮の年輪数は7（平均）/5~9年輪（範囲）であったが、ここでは1、2年輪を内部、3~5年輪ほどを中央部、そして6、7年輪ほどを外部と表現した。

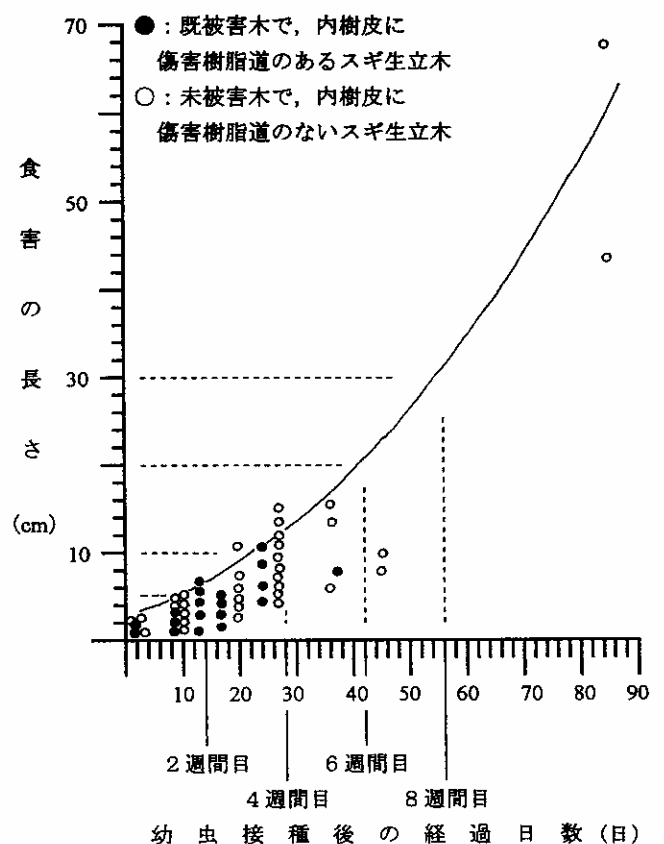
(1) 接種後2週目まで（樹脂道の未形成期）の摂食様相

この段階での観察頭数は21頭であり、いずれも樹脂道の形成がなく全て生存していた。図

一7に幼虫の典型的な摂食様相を示した。内樹皮への食入状況は、外樹皮と内樹皮の外部および中央部の一部を摂食後最下層の内部に潜るものと、垂直に最下層に潜り内部から摂食するもの（第1章第1節）が見られた。

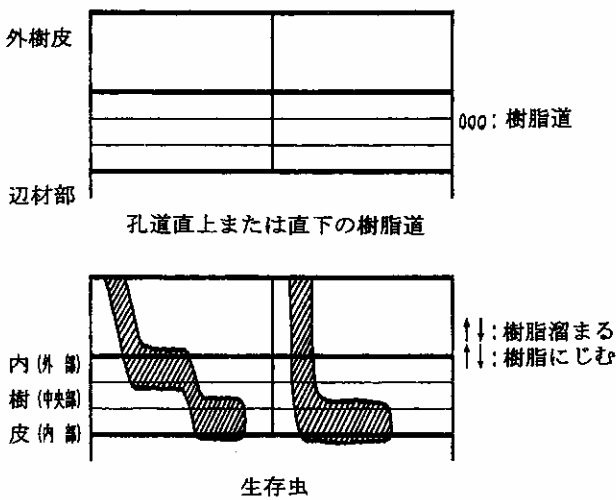
(2) 接種後3週目から4週目まで（樹脂道の形成および2齢虫の出現期）の摂食様相

この段階での観察頭数は24頭であったが、いずれの供試木も内樹皮内部に樹脂道の形成が認められた。生存虫は17頭で、死亡および不明虫は7頭であったが、その後の調査で10cm未満の食害で死亡した幼虫が8頭見られたことから、当該期に死亡した個体は15頭となる。

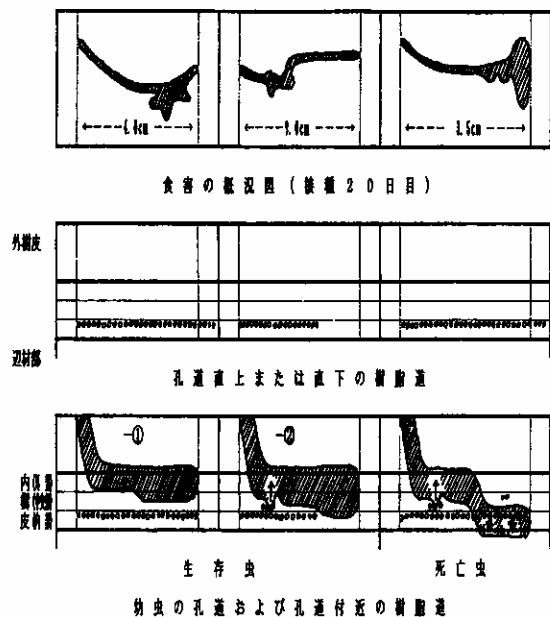


図—6 スギカミキリ幼虫接種後の経時的な食害長

図一8に一部の幼虫孔道の状況と樹脂道の形成状態（内樹皮内部以外の樹脂道はヒノキカワモグリガによる。以下、同様）を示す。生存虫のうち4頭は孔道内に樹脂のにじみや溜まりが観察されず、残り13頭ではにじみが12孔道（図中の生存虫②）で、溜まりが1孔道で観察された。また、死亡虫7頭ではにじみが3孔道、溜まりが4孔道（図中の死亡虫）で見られた。なお、その後の調査において接種後3～4週目に死亡したと思われる8頭は、いずれも孔道内に樹脂溜まりが観察された。



図一7 接種後2週間までのスギカミキリ幼虫の摂食様相と傷害樹脂道の形成状態（模式図）



図一8 接種後3週目から4週目までのスギカミキリ幼虫の摂食様相と傷害樹脂道の形成状態（模式図）

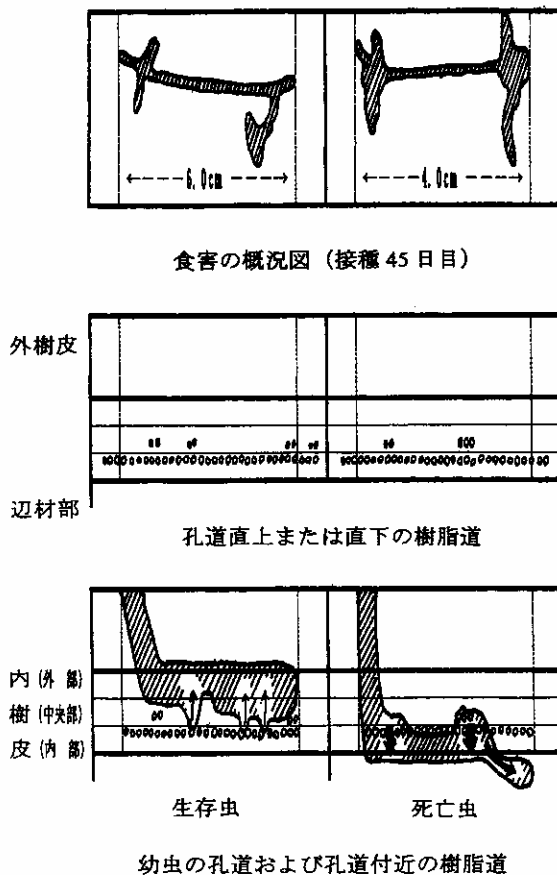
また、図中の生存虫②では、孔道の末端付近で樹脂道の形成が認められなかった。このような事例は、本期間中に観察した24頭の幼虫のうち3孔道で見られた。そして、残り21の孔道では食入部位から末端まで全域で樹脂道の形成が認められた（図中の生存虫①，死亡虫）。孔道の末端付近で樹脂道の形成が認められなかった幼虫は、樹幹部を横方向かつ直線的に食い進んだものであり、全域で樹脂道の形成が認められた幼虫は孔道の末端付近を上，下に食害したものであった。なお、後者にあつては、孔道末端の後方0.5～1.5cmほどまで樹脂道の形成が認められた。さらに、形成された樹脂道は、1本のスギでも部位によって、さらに個体によっても大きさや連続性に变化が見られた（以下、同様）。

(3) 接種後5週目から8週目まで（樹脂道形成後から3，4齢虫の出現期以前）の摂食様相

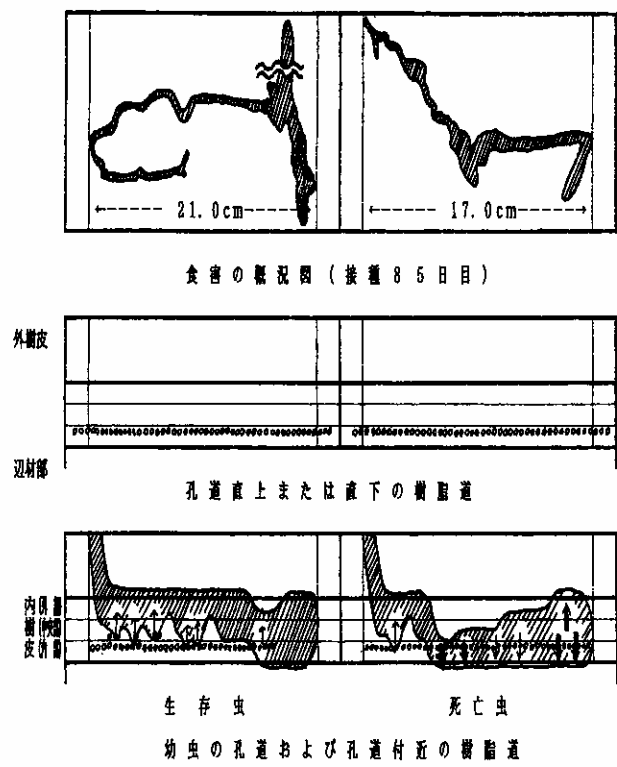
この段階の観察頭数は生存虫が4頭，死亡虫が1頭（この他に死亡虫が4頭見られたが，これらは5週目以前に死亡したものと推定されたので除く）であった。なお，その後の調査で10cm以上，30cm未満の食害で死亡した個体が6頭見られたことから，当該期に死亡したものは全体で7頭となる。

図一9には，調査した一部の幼虫孔道の状況と樹脂道の形成状態を示した。生存虫1頭では孔道の一

部に樹脂溜まりが観察され、残り3頭ではにじみが見られた（図中の生存虫）。一方、死亡虫は全てで樹脂溜まりが観察された（図中の死亡虫）。なお、生存、死亡を問わず全ての被害部位で樹脂道の形成が認められ、それは食入位置の前方0.5~1.5cm、そして孔道末端の後方1.0~2.0cmの範囲までに達していた。



図—9 接種後5週目から8週目までのスギカミキリ幼虫の摂食様相と傷害樹脂道の形成状態（模式図）



図—10 接種後9週目以降のスギカミキリ幼虫の摂食様相と傷害樹脂道の形成状態（模式図）

(4) 接種後9週目（3, 4 齢虫の出現期）以降の摂食様相

この段階の観察頭数は生存虫が2頭、死亡虫が1頭（この他に死亡虫が10頭見られたが、これらは9週目以前に死亡したものと推定されたので除く）であった。

図—10には、調査した一部の幼虫孔道の状況と樹脂道の形成状態を示した。生存虫は2頭とも孔道の一部に樹脂のにじみや溜まりが見られ、度重なる内樹皮内部への侵入、定着の試みがうかがわれたものの、樹脂道が形成されていない厚い内樹皮の中央部や外部を摂食し続けてある程度の大きさに成長後、摂食部位の下方で樹脂浸出の少ない内樹皮内部に定着していた（図中の生存虫）。一方、死亡虫の孔道には樹脂溜まりが観察された（図中の死亡虫）。なお、樹脂道の形成状況は、接種5週目以降の

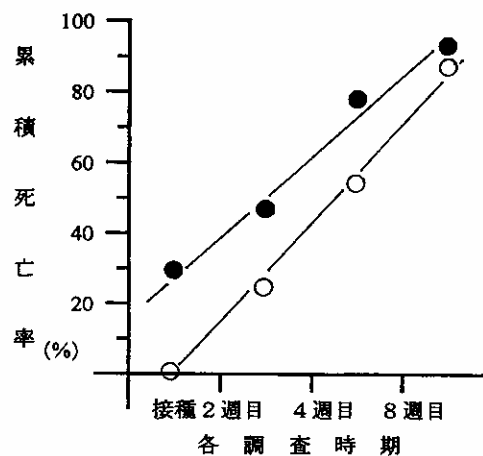
状態に準じていた。

ここで、各調査時期ごとの幼虫の累積死亡率を図—11に示す。図中には第1章第2節の結果も併せて示した。これによると、既に樹脂道を形成しているスギでは、幼虫が内樹皮に到達し摂食を始めるやいなや外、中央部に形成されている樹脂道から樹脂が浸出し、初めの2週間で30%ほどの幼虫が死亡した。食入から2週間ほど経過すると、新たに内樹皮内部に樹脂道がされたが、その後の死亡率はほぼ直線的に増加し、9週目以降では90%ほどに達した。一方、樹脂道の未形成個体では、幼虫が内樹皮に到達しても、当然のことながら樹脂道が形成されるまでは死亡虫が出現しない。2週間ほど経過し樹脂道の形成が始まると死亡虫が出現した。

これ以降、死亡が直線的に増加し、9週目以降の死亡率は前者とほぼ同じ水準に達した。なお、死亡虫の平均摂食長は、既に樹脂道が形成されているスギで6.6cm、未形成のスギで11.1cmであった。両者間の差4.5cmはほぼ2週間の摂食長に相当することから、樹脂道形成後の摂食長は同程度であったことがうかがわれる。

以上述べたことから、カミキリの幼虫は、初めて被害を受けるスギ生立木においては樹脂道が形成されるまでの間自由に内樹皮を食害する。食入から2週間ほど経過し2齢虫が出現する時期に入ると、スギ内樹皮の内部(1, 2年輪)に樹脂道が形成される。これ以降、幼虫は樹脂道の形成のないまたは樹脂浸出の少ない部位を探

し回り、内樹皮中央部や上部等の摂食を続ける。そして、幾度も内樹皮内部への侵入、定着を図るものの、大部分は樹脂の浸出によって死亡する。しかし、一部の幼虫は厚い内樹皮の樹脂浸出の少ない中央部や外部を摂食して、ある程度の大きさに成育後、樹脂浸出の少ない内樹皮内部(17)に定着し、蛹室を穿つものと推定される。



図—11 スギカミキリ幼虫の死亡経過

- ：既被害木で、内樹皮に傷害樹脂道のあるスギ生立木 (総調査頭数、70頭)
- ：未被害木で、内樹皮に傷害樹脂道のないスギ生立木 (総調査頭数、67頭)

第2章 スギの肥大成長と被害の発生状況

第1節 スギの肥大成長に伴う被害の発生状況、および最大内樹皮厚の時期^{*)}

I 目的

第1章ではスギ生立木にカミキリの幼虫を接種し、樹体内で幼虫の生存できる条件を検討した。その結果、最後まで生き残った幼虫は、厚い内樹皮の樹脂浸出の少ないまたは無い外、中央部を摂食してある程度の大きさに成育後、樹脂浸出の少ない内樹皮内部に定着したものであった。

スギの内樹皮厚は年輪成長に伴い増加する(18, 20)ことが知られているので、本節では肥大成長に伴う被害の発生状況、および最大内樹皮厚の時期を調査した。

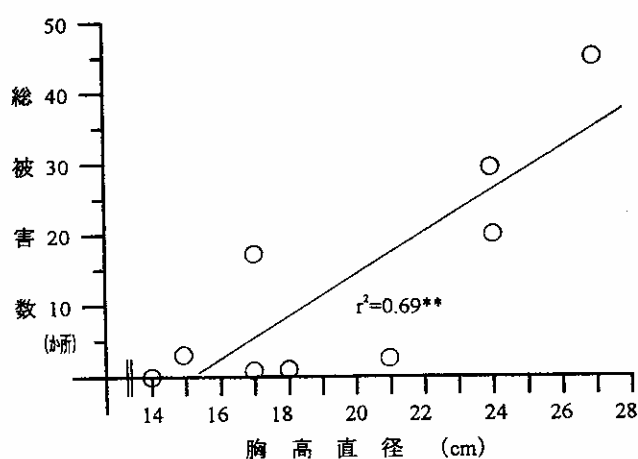
II 試験方法

供試木は福島県林業試験場構内に見本木として孤立状態で植栽されている26年生のスギ9本で、胸高直径が14～27cm、高さが8.5～14mであった。1997年2月中旬、これらの供試木を伐倒して根元から梢端まで1mに玉切り、中央部から円盤を採取して年次ごとの肥大成長、すなわち4方向の年輪幅を0.5mm単位で測定して平均成長幅を算出した。また、3方向から皮層をはぎ取り内樹皮の年輪数を調査した。さらに、各部位におけるカミキリの脱出孔数、脱出孔が不明の場合は脱出の可能性が高い長さ15cm以上の割裂痕(7)数を調査した。

III 結果と考察

各供試木の胸高直径とカミキリの被害か所数を図—12に示す。被害は胸高直径が増すほど激しくなった。

次に、各供試木の円盤における材部年輪数と内樹皮年輪数を図—13に示す。各供試木とも内樹皮の年輪数は、材部年輪数が6年輪時で4年輪と差が認められない。しかし、ある供試木(図中の●、被害か所数が少ない)では材部年輪数が8年輪になると5年輪ほどの内樹皮を形成し、さらに材部年輪数が15年輪以上になると6年輪ほどの内樹皮を形成した。



図—12 胸高直径ごとのスギカミキリ被害か所数

^{*)} 本節は林木の育種特別号(5)に発表したものである。

また、ある供試木（図中の◎，被害か所数が多い）は材部年輪数が10年輪になると5年輪の内樹皮を形成し、その後材部年輪数が増加しても内樹皮年輪数の増加は認められなかった。

また、図—14には全供試木を対象とした高さ0～2（0～1，1～2mの円盤の平均値，以下同様），2～4，4～6m部位における材部年輪形成年次ごとの内樹皮年輪形成に係わる材部の平均年輪幅を示した。なお，ここでは材部年輪数と内樹皮年輪数の関係を被害か所の多いスギ（図—13の◎），すなわち材部年輪数が4年輪で内樹皮年輪数が3年輪，以下材部が6年輪で内樹皮が4年輪，材部が8年輪で内樹皮が4.5年輪，材部が10年輪以上で内樹皮が5年輪として算出した。

これによると，いずれの部位も材部年輪が10～12年輪で内樹皮形成に係わる材部の年輪幅がピークを迎え，内樹皮厚が最大に達するものと推定

された。さらに，内樹皮厚は樹幹下部ほど厚くなる傾向も認められた。

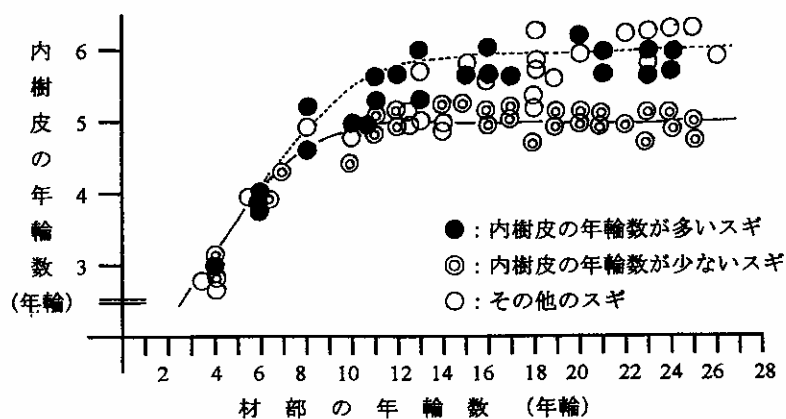
一般に，カミキリの林内侵入，定着期は10年生前後で，樹幹下部の肥大成長最盛期直後（16）といわれている。本結果からも，スギはこの時期に内樹皮の年輪数が増加し，樹幹下部において最大の内樹皮厚形成期に入り，被害を被るものと考えられた。

第2節 スギの肥大成長低下に伴う傷害樹脂道形成不全と被害の発生状況^{*)}

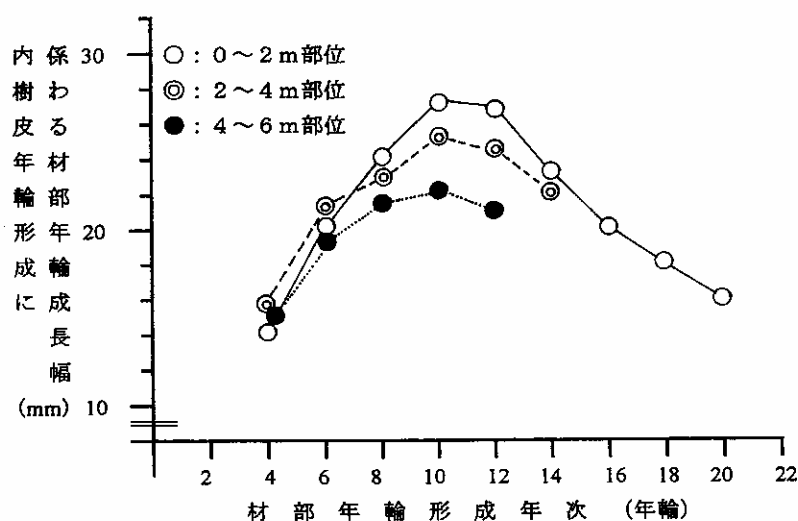
I 目的

第2章第1節により，カミキリの被害は肥大成長のよいスギに発生しやすいといえる。しかし，極

^{*)} 本節は林木の育種（4）に発表したものである。



図—13 材部年輪数と内樹皮年輪数



図—14 材部年輪形成年次ごとの内樹皮年輪形成に係わる材部の年輪形成幅

端に成長の低下した被圧状態のスギにも被害が発生することが知られている。

本節では、高立木密度下にあるスギ生立木に幼虫を接種して、食害面積を測定するとともに材部の肥大成長と、樹脂道の形成および樹脂の浸出量を調査して、幼虫の生存条件を検討した。

II 試験方法

供試木は福島県林業試験場構内に植栽され、1aあたり45本ほどの高立木密度下にある胸高直径15(平均) / 12~19(範囲, 以下同様) cm, 高さ11.3 / 10~13mのスギ生立木4本で、1本が樹齢48年生で、他は26年生であった。1996年5月下旬、各供試木の幹部を高さ0~1, 1~2, 2~3, 3~4mに4区分し、各部位の中央部を避けて外樹皮にカッターナイフで間隙を作り、食害部位が交差しないように6~7頭の孵化幼虫をそれぞれ接種した。また、各部位の中央部では縦横1×4cmの皮層の切除を行い、その後1週目ごとに初回の切除部から上部方向に順に1cmずつずらしながら再度皮層を切除・採取して、樹脂道形成完了までの期間を調査するとともに、切除翌日に幹部の内樹皮第2年輪から浸出する樹脂量を調べた。浸出する樹脂量は樹脂の直径が1mm以上のものを0, 以下1mm未満を-1, 針先程度のものを-2, 全く浸出しないものを-3とした。そして、成長停止期の冬に全ての供試木を伐倒し、各部位における幼虫の生死と食害面積を調査するとともに、それぞれの中央部から円盤を採取し最近4か年間にわたる年次ごとの肥大成長、すなわち4方向の年輪幅を0.1mm単位で測定して各年次の平均成長幅を求めた。

1997年は内樹皮第2年輪の厚さと樹脂道の形成状態、および形成層を中心にそれぞれの内樹皮第2年輪と対応する昨年の材部年輪幅の関係を精査することとした。供試木は昨年と同一林分のスギ生立木8本で、胸高直径が10.4 / 7.5~14cm, 高さが7.3 / 5.9~8.5cmで、樹齢が24 / 20~26年生であった。同年5月中旬、各供試木の幹部を高さ0~1, 1~2, 2~3mに3区分し、中央部において昨年と同様に皮層の切除(内樹皮第2年輪の厚さは

0.01mmで測定)を行い、3, 4, 5週目の樹脂道の発達程度および切断面から浸出する樹脂量を調査した。樹脂道の発達程度は内樹皮横断面にほぼ間断なく樹脂道が形成されている状態を0, 樹脂道列の幅が内樹皮横断面長の約3/4を-1, 以下1/2を-2, 1/4を-3, 樹脂道未完成を-4とした。

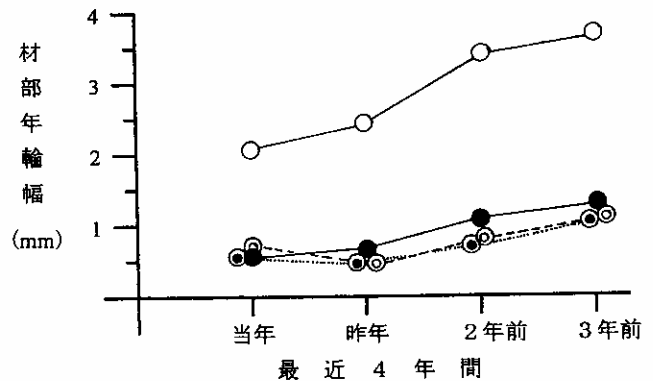


図-15 各供試木の最近4年間にわたる材部年輪平均成長幅

○ : No. 1 (48年生), ● : No. 2 (26年生)
 ○ : No. 3 (26年生), ● : No. 4 (26年生)

III 結果と考察

図-15には、1996年度に調査した最近4

年間の各年次別年輪成長幅を示した。なお、各供試木における年次ごとの成長幅は高さによる差が小さかったので、0～4mの部位をひとまとめにして平均値で表した。48年生であるNo. 1の最近4年間の平均成長幅は2.9mmと最も広く、また、樹脂道が形成された内樹皮第2年輪（樹脂道は第1または第2年輪に形成されるが、5月の傷ではおおむね第2年輪に形成される）と対応した昨年度の材部成長幅も2.5mmと広がった。これに対して、他の供試木の最近4年間の平均成長幅は1mm弱であり、そして昨年の成長幅は0.5mm程度と狭かった。

樹脂道の形成速度および切断面からの樹脂浸出量も各供試木において高さによる差が小さかったので、0～4m部位をひとまとめにして平均値を表一2に示した。各供試木とも樹脂道の形成速度に差は認められなかった。また、No. 2を除くと樹脂の浸出量にも大差はなかった。No. 2では2～3、3～4mの部位で樹脂道の形成が認められなかったため、樹脂の浸出量が-2.3とかなり少ない状態にあった。

表一2 各供試木における傷害樹脂道の形成状態

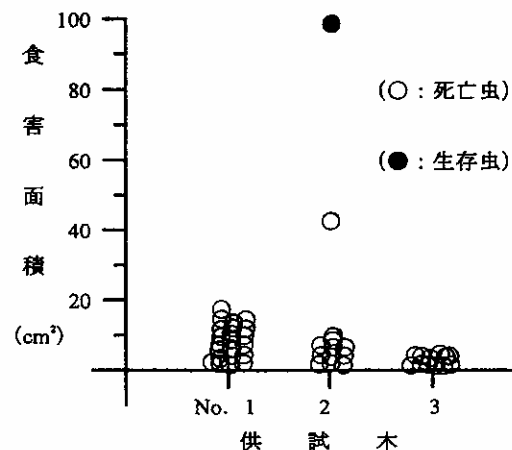
供試木 No.	樹脂道形成完了までの期間(週目)*	樹脂浸出状態
1	3.5	-1
2	3	-2.3
3	3	-0.5
4	3	-0.5

*)樹脂道が形成されない部位は除いた。

図一16には、接種した幼虫の生死と食害面積を0～4m部位をひとまとめにして各供試木ごとに示した。食害面積が大きかったものは、部位によって樹脂道の形成が認められず樹脂浸出のなかったNo. 2のみであり、1頭が材に穿孔し食害面積が100cm²ほどであった。他の1頭は40cm²ほどを食害して死亡していた。

1997年の皮層切除後3～5週目の3時期、0～3mの3か所の部位で調査した樹脂道の形成状況（今年度も高さによる差は小さかった）の平均値を表一3に示す。No. 1および6はほぼ間断なく樹脂道が形成されていたが、No. 7および8は発達程度が-1.2、-1.6と低下が認められた。

また、No. 2、4、5は-2.3から-2.6と更に低下し、No. 3は-3.1と極端に低下していた。なお、樹脂道の発達程度と切断面からの樹脂の浸出量には $r^2=0.74^*$ と正の関係が認められた。

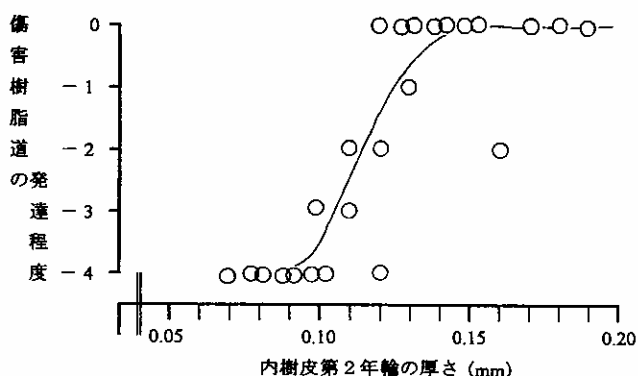


図一16 各供試木におけるスギカミキリの生死と食害面積

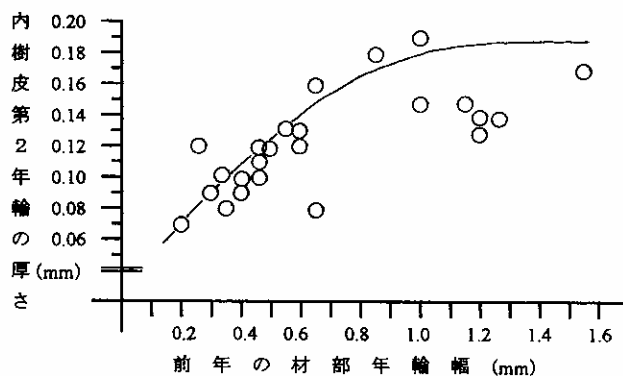
表一3 各供試木における傷害樹脂道の形成状態

供試木 No.	完了した樹脂道の発達程度	樹脂浸出状態
1	0	0
2	-2.3	-1.4
3	-3.1	-2.5
4	-2.6	-2.0
5	-2.3	-1.8
6	0	-1.2
7	-1.2	-1.1
8	-1.6	-1.2

皮層の切除5週目に調査した内樹皮第2年輪の厚さと樹脂道の発達程度を図一17に示す。第2年輪の厚さがおおむね0.15mm以上の場合は、内樹皮横断面にほぼ間断なく樹脂道が形成されていたが、薄くなるほど発達程度が低下し0.10mmを下回ると形成されない傾向にあった。また、内樹皮第2年輪の厚さと対応して形成された前年の材部年輪幅の関係を図一18でみると、かなりのバラツキが見られるものの、材部年輪幅が減少するに従って明らかに内樹皮厚も薄くなる傾向がみられ、内樹皮第2年輪の厚さ0.15mmがおおむね材部年輪幅0.6mm、また同0.10mmがおおむね0.4mmに相当した。



図一17 内樹皮第2年輪の厚さと傷害樹脂道の発達程度



図一18 前年の材部年輪幅と対応して形成された内樹皮第2年輪の厚さ

以上の結果から、かなりの被圧状態にあつて年輪幅がおおむね0.6mmを下回るか所が多く発生しているスギは、食害に対して樹脂道形成が不全となって、浸出する樹脂量が極端に減少する。このため、カミキリは樹脂にまかれる機会が大幅に減少し、生存できるものと推定される。

第3節 スギカミキリの被害程度が異なるスギ林における肥大成長と被害の発生状況^{*)}

I 目的

第1章では、樹幹内でカミキリ幼虫の生死を決定する要因の一つは内樹皮の厚さと推定された。また、第2章第1節では、一般に樹幹下部で内樹皮厚が最大となる時期は材部年輪で10～12年輪と推定された。

ところで、カミキリの被害は地域によって激しさが異なる(9, 16, 19)と報告されている。本節では、カミキリの被害実態を明らかにするとともに、被害程度が異なるスギ林において肥大成長と被害発生状況の差を検討した。

^{*)} 本節は森林防疫に投稿中である。

II 試験方法

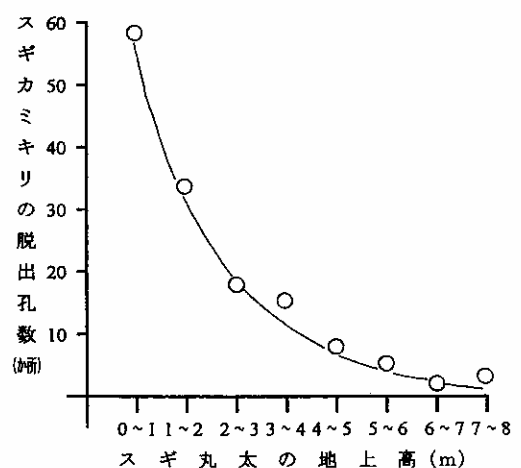
供試木は激害および中・微害林で採取した。激害林（被害本数率 75（平均）／60～95（範囲，以下同様）％）における供試木の採取場所は，福島県の浜通りおよび中通りである。浜通りでは，海拔高が 100 m 以下に位置する 19～25 年生のスギ林 3 か所において，被害の著しいものから無いものまで 16 本を選び，2000 年 2～3 月にかけて伐倒した。伐倒木は 1 m に玉切って幹部に付けられたカミキリの脱出孔，脱出孔の不明な場合は成虫脱出の可能性が高い長さ 15cm 以上の割裂痕数（7）を数えた。また，高さ 0～1m 部位の丸太については，脱出孔の多い 3 本（それぞれの被害か所数は 8，12，13 か所）で 6 か所，6 か所以下の少ない丸太で全ての被害か所について，その発生時期（材部年輪数）を調査した。さらに，高さ 0～1，1～2，2～3m 部位の丸太の中央部から円盤を採取し，ノギスにより 4 方向の年輪幅を 0.1mm 単位で測定した。なお，伐倒木の胸高直径は 15/12～20cm，高さは 11.5/9～14.5m であった。また，中通りにおいては，海拔高が 260m ほどに位置する平坦地に植栽された孤立または林縁木状態の 26～36 年生のスギ 16 本を 1997 と 1998 年の 2 月に伐倒した。伐倒木はカミキリの脱出孔または 15cm 以上の割裂痕数を数えるとともに，高さ 0.5m 部位から円盤を採取し，同様に年輪幅を測定した。なお，伐倒木の胸高直径は 22/14～35cm，高さは 13.0/8.5～16m であった。

一方，中・微害林（被害本数率 18 / 12～30％）における供試木の採取場所は，海拔高が 240～480m に位置する中通りのスギ 19～27 年生林 5 か所で，22 本を 2000 年 12 月に伐倒した。伐倒木はカミキリの脱出孔または 15cm 以上の割裂痕数を数えるとともに，高さ 0.5m 部位から円盤を採取し，激害林と同様に年輪幅を測定した。なお，伐倒木の胸高直径は 19/12～29cm，高さは 14/9～17.5m であった。

III 結果と考察

浜通りの激害林で伐倒した 16 本の高さ別スギ丸太におけるカミキリの脱出孔数（脱出孔と 15cm 以上の割裂痕の合計，以下同様）を図—19 に示す。総脱出孔数は 143 か所であったが，脱出孔数は樹幹の下部ほど多く，高さ 0～2m 部位で全体の約 65％が存在した。被害が樹幹下部に集中する傾向は，これまでの報告（12，16）と一致した。

また，図—20 には同様に浜通りの激害林で伐倒した 16 本の高さ 0～1m 部位におけるカミキリの被害発生時期（材部年輪数）を示した。なお，当該部位における総脱出孔数は 58 か所であり，そのうちの 43 か所について調査を行ったことから，総数に対する調査比率は 74％であった。これによると，被害の



図—19 高さ別スギ丸太におけるスギカミキリの総脱出孔数
(浜通りの激害林)

初期発生は7年輪で、最盛期が12年輪前後、そしてそれ以降は漸減する一山型の被害状況を示した。一般に、カミキリの被害は6～10年生時に始まり、その後最盛期を迎えて20年生頃には沈静化する(14, 16)といわれている。

浜通りの激害林で採取した高さ0～1m部位のスギ丸太におけるカミキリの被害発生時期(材部年輪数)は、供試木によって遅速が見られた。そこで、被害開始の時期を10年輪以前と11年輪以降および被害無しに3つに区分し、平均年輪幅を算出して図-21に示した。区分ごとの肥大成長の特徴は6～11年輪に現れ、被害開始時期の早いものほど成長が良かった。肥大成長のよい個体ほど被害開始時期が早まる傾向は、これまでの報告(14, 16)と一致した。

ところで、樹幹内においてカミキリ幼虫の生死を決定する要因の一つは内樹皮の厚さと推定され(第1章第2, 3節)、内樹皮の厚さは材部の年輪成長幅に伴い増加する(18, 20)ことが知られている。

また、被害の多い個体における内樹皮の年輪数は、材部年輪数が10年輪以上で安定的に5年輪が形成され、内樹皮厚の最大出現期は肥大成長最盛期の直後で材部年輪数が10～12年輪に相当した(第2章第1節)。そこで、内樹皮厚の最大出現期を材部年輪数が10～12年輪の中央値である11年輪と想定する。この場合、内樹皮5年輪は当該期を含む過去5か年間、材部7～11年輪の年輪幅に比例して形成される。すなわち、材部7～11年輪の年輪幅が大きいほど内樹皮が厚く、カミキリの被害を受けやすいことになる。

浜通りの激害林で伐倒した供試木16本を対象として、供試木ごとの高さ0.5, 1.5, 2.5 mの円盤における7～11年輪の平均成長幅とカミキリ脱出孔数との直線回帰(r^2)を求めると、順に0.52**, 0.49**, 0.26* となり、高さ0.5 mで最も適合した。カミキリの被害を受けやすい部位は樹幹の下部であることから、この結果はうなずける。

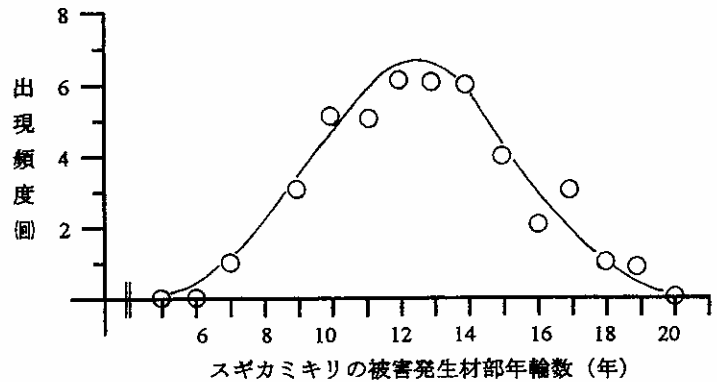


図-20 スギ丸太0～1m部位におけるスギカミキリの被害発生時期(浜通りの激害林)

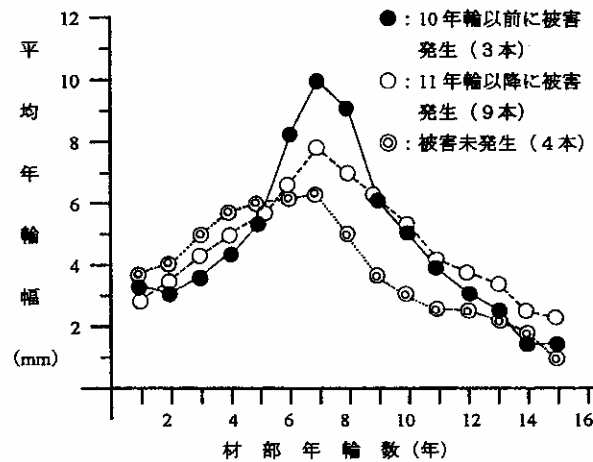


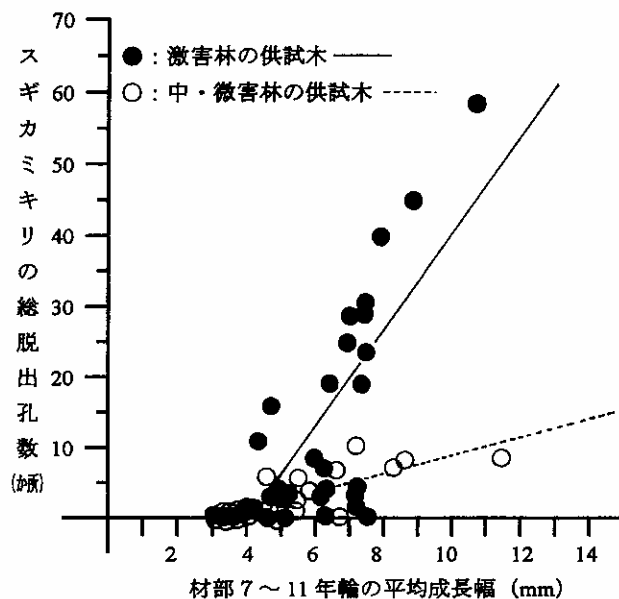
図-21 スギ丸太0～1m部位におけるスギカミキリの被害開始年輪数と平均年輪幅(浜通りの激害林)

激および中・微害林で採取した供試木 32

本および 22 本の高さ 0.5 m 円盤における材部 7～11 年輪の平均成長幅とカミキリ脱出孔数を図一22に示す。激害林 (●, 平均被害本数率 75%) における r^2 は 0.62** で, 中・微害林 (○, 平均被害本数率 18%) は 0.56** となり, いずれも材部年輪幅が広がるほど, すなわち肥大成長に伴って脱出孔数が増加した。しかし, 両者の回帰直線は大いに異なり, 材部年輪成長幅に対して激害林で被害か所数が多かった。ちなみに, 年輪幅が 10mm の場合, 激害林での被害か所数は 40 か所強, 中・微害林では 8 か所前後に相当する。このことは, 激害林と中・微害林では被害本数率が異なるだけでなく, 前者では被害そのものが激

しいことを示唆している。また, いずれの林分においても年輪幅がおおむね 4mm 以下の場合, 被害か所数はかなり少なかった。

カミキリの被害は, 肥大成長と降水量等に関連した海拔高でおおむね決定される (16) との報告がある。被害と肥大成長については前述した通りであった。また, 被害と降水量に関しては, 春から初夏にかけて降水量の少ない地域で被害が多く (9, 10), また春に散水を続け土壌の乾燥を防止すると被害が少ない (15) とも報告されている。これらの報告は, 春から初夏にかけて土壌が乾燥すると, 内樹皮に形成される樹脂道が不全となって幼虫の食害に対して浸出する樹脂量が低下し, 幼虫の生存率が高まることを示唆しているものと思われる。これらのことから, 春期における土壌の乾燥状態によって, 激害林と中・微害林が決定されることも予想されるが, 土壌の乾燥状態と樹脂道形成状況の関係解明は今後の検討課題である。



図一22 高さ0.5m部位における材部7～11年輪の平均成長幅とスギカミキリ脱出孔数

引用文献

- (1) 在原登志男 (1995) スギカミキリに対するスギの抵抗性育種に関する研究 (I) - スギ玉切り丸太における幼虫の摂食状況 -. 日本林学会東北支部会誌 47 : 17 - 19.
- (2) 在原登志男 (1995) スギカミキリに対するスギの抵抗性育種に関する研究 (II) - 既に傷害樹脂道の形成が認められるスギ生立木における幼虫の摂食状況 -. 日本林学会東北支部会誌 47 : 21 - 22.
- (3) 在原登志男 (1998) スギカミキリに対するスギの抵抗性育種に関する研究 (IV) - 抵抗性の異なるクローンの肥大成長と内樹皮の厚さ, そして被害経歴 -. 林木の育種「特別号」: 26 - 29.
- (4) 在原登志男 (1998) 高立木密度状況におけるスギの傷害樹脂道形成と接種したスギカミキリ幼虫の食害状況. 林木の育種 189 : 1 - 6.
- (5) 在原登志男・川上鉄也 (1998) スギカミキリに対するスギの抵抗性育種に関する研究 (IV) - 抵抗性の異なるクローンの肥大成長と内樹皮の厚さ, そして被害経歴 -. 林木の育種「特別号」: 26 - 29.
- (6) 在原登志男・壽田智久 (1996) スギカミキリに対するスギの抵抗性育種に関する研究 (III) - スギカミキリの被害を受けていないスギ生立木における幼虫の接種と傷害樹脂道の形成状態 -. 林木の育種「特別号」: 42 - 45.
- (7) 在原登志男・壽田智久・穴沢義道 (1997) スギ採種園におけるクローンの被害. 林木の育種 183 : 10 - 11.
- (8) 藤下章夫・岡田 剛 (1968) スギのハチカミに関する研究 (IV) スギカミキリの食害様式と林木に及ぼす影響について. 広島県林業試験場研究報告 3 : 104 - 109.
- (9) 萩原幸弘・小河誠司 (1970) 九州におけるスギのはちかみ発生事例とその分布特性. 森林防疫 19 (5) : 118 - 121.
- (10) ハチカミ共同研究班 (1971) スギカミキリによるスギのハチカミに関する研究. 関西地区林業試験研究協議会保護専門部会, 56pp.
- (11) 金指達郎・横山敏孝・勝田 柁 (1988) スギ内樹皮における人為的な傷害樹脂道形成の確認に要する期間と形成年輪. 日本林学会誌 70(12) : 505 - 509.
- (12) 小林富士雄編 (1982) スギ・ヒノキの穿孔性害虫 - その生態と防除序説 -. 166pp, 創文, 東京.
- (13) 小林一三・細田隆治 (1877) スギカミキリ幼虫の齢期と頭幅 (人工飼料による飼育の場合). 日本林学会関西支部講演要旨集 28 : 255 - 258.
- (14) 小林一三・柴田叡弑 (1985) スギカミキリの被害と防除法. 88pp, 林業科学振興所, 東京.
- (15) 西村 勲 (1973) スギのハチカミ. 林業とつとり 49, 2 - 5.

- (16) 西村正史 (1995) スギ林におけるスギカミキリによる被害発生機構の解明に関する研究. 富山県林業技術センター研究報告 9 : 1 - 77.
- (17) 壽田智久・在原登志男 (1996) スギカミキリに対するスギの抵抗性育種に関する研究 (IV) - 人為的傷害による傷害樹脂道の形成状態と樹脂の浸出 -. 107 回日本林学会大会発表論文集 : 239 - 240.
- (18) 田島正啓 (1980) スギザイノタマバエ抵抗性事例調査. 林木の育種 115 : 15 - 17.
- (19) 横堀 誠 (1988) スギカミキリ被害の実態と被害発生危険度の推定. 茨城県林業試験場研究報告 17 : 1 - 77.
- (20) 吉田成章・讃井孝義 (1980) スギザイノタマバエの最近の研究. 林木の育種 115 : 7 - 10.