

環境調和型森林病害制御技術に関する調査

—ヒノキ漏脂病被害発生の推移と発生誘因調査および防除法の検討—

(情報活動システム化事業 平成10年～12年度)

在原登志男

川口 知穂*

目 次

要 旨	44
はじめに	46
第1章 被害発生状況の推移と被害木の玉切り調査	47
第1節 被害発生状況の推移調査	
第2節 被害木の玉切り調査	
第2章 樹勢を変えたヒノキに対する病原菌の接種と罹病および非罹病部位の観察	53
第1節 樹勢を変えたヒノキに対する病原菌の接種	
第2節 病原菌の接種による罹病および非罹病部位の観察	
第3章 防除法の検討	60
第1節 枝打ち跡からの発病防止	
第2節 枝打ち時期と被害の発生状況	
引用文献	65

要 旨

1. ヒノキ漏脂病の発生状況を経時的に把握するため、調査林を設定して病徴の推移等を調査した。その結果、樹幹に縦長の溝を形成する被害の発生形態には2通り存在することが示唆された。1つ目は、いわゆる漏脂病の発生経過で、枝の基部や幹の一部から樹脂が激しく流出する(樹脂流出型)とともに、形成層が壊死して扁平(漏脂型)となり、ついには縦長の溝を形成する(溝腐れ型)形態である。2つ目は目視的に明らかな樹脂流出を伴うことなく年輪の成長減退が引き起こされ、その後形成層が壊死して縦長の溝を形成する形態であった。また、明らかに樹幹の変形を伴う病徴の

受理日 平成13年2月28日

*現、福島県森林整備課

発生は、10 数年生以降に現れ始め、高さ 5 m までに限れば 30 年生後半に入ると増加傾向が鈍化した。

2. 病患部を細かく玉切って円盤を採取し、樹脂のう、すなわちヤニ溜まり形成または形成層壊死部のほぼ中心に位置する部位を観察し、発病の誘因を検討した。その結果、病患部における樹脂のう形成および形成層壊死部のほぼ中心に位置する全ての円盤において、罹病方向に向かって粗皮の付着した枯れ枝の巻き込みが認められた。枯れ枝の巻き込み開始年は、樹幹の年輪数で 4 ~ 16 年輪（平均、10 年輪）であり、年輪幅の減少が見られたのは 7 ~ 25 年輪（同、13 年輪）、そして年輪幅の減少から年輪の欠損までの期間は 0 ~ 13 年で平均が 5 年ほどであった。
3. ヒノキ漏脂病の病原菌（*Cistella* 菌）の発病要因をヒノキの樹勢面から検討するため、枝葉を除去し樹勢を変えた個体で接種試験を行った。その結果、樹脂流出の見られた処理は葉を除去しない（対照）か、あるいは少ない除去（60 % 除去）区であった。このことから、葉の除去すなわち樹勢の衰退は漏脂病を引き起こす要因とはならないものと考えられた。
4. *Cistella* 菌接種後 2 年を経過した個体を伐倒し、接種部位を剥皮して罹病および非罹病の様相を観察した。その結果、樹脂流出の激しくない接種か所であっても、大部分では傷の癒合が進まず、さらに樹体内にヤニ溜まりが生じており、接種菌の影響をかなり受けていることが判明した。また、激しく樹脂流出を起こしているか所でも、ヤニ溜まりの大きさはまちまちであり、小さなものから大きなものまで見られた。さらに、ヤニ溜まりの形成位置は接種穴を中心とするものと、中心が接種穴を外れたものが観察された。
5. 野外において生枝打ち跡から *Cistella* 菌が侵入し発病するかどうかを調査した。その結果、枝打ち跡から樹脂の流出は観察されなかった。このことから、生枝打ちの切り口が *Cistella* 菌の侵入口となる可能性は低いものと思われた。
6. 枯れ枝の巻き込みが本病発生誘因の一つと推定されるので、枝打ちの実施時期と被害の発生状況を調査した。その結果、枝打ち時期と被害率には有意な直線関係が認められ、早めに枝打ちするほど被害率が低かった。また、樹高がどの程度に達すると枯れ枝が生じ、漏脂病が発生したかを見た結果、4 m ほどに達すると枯れ枝が生じる状態となり、これを越すと被害が発生しやすいことが判明した。

はじめに

枝の基部や幹の一部から樹脂が流出するとともに年輪幅が減少し、ついには形成層が壊死して縦長の溝を形成するヒノキ漏脂病の発生原因は、*Cistella japonica* Suto et Kobayashi とされている (9, 10, 12)。しかし、発生誘因については、昆虫説 (3, 6, 13) や気象害説 (8, 14) などが唱えられているものの、昆虫による加害は主要な誘因ではないという見解 (15) もあって、現在のところ、十分な結論が得られていない。また、*Cistella* 菌の病原性は菌株、接種時期および供試木などにより、樹脂流出程度に差が生じる (2) などまちまちであった。

本研究では、まず漏脂病の発生経過、すなわち樹脂流出から樹幹の変形 (漏脂あるいは溝腐れ症状) に移行する病徴の進展経過等を経時的に把握することとした。次に、発生誘因をヒノキの樹勢面から検討するため、枝葉を除去し樹勢を変えた個体に対する病原菌の接種を実施した。また、病患部を細かく玉切って円盤を採取し、樹脂のう、すなわちヤニ溜まり形成または形成層壊死部のほぼ中心に位置する部位を観察し、発病の誘因を検討した。さらに、枝打ち跡から *Cistella* 菌が侵入し発病するかどうか、また枝打ちの実施時期と被害の発生状況等を検討した。

第1章 被害発生状況の推移と被害木の玉切り調査

第1節 被害発生状況の推移調査

I 目的

枝の基部や幹の一部から樹脂が流出するとともに年輪幅が減少し、ついには形成層が壊死して縦長の溝を形成するヒノキ漏脂病の発生原因は、*Cistella japonica* Suto et Kobayashi とされている (9, 10, 12)。

ここでは、漏脂病の発生経過、すなわち樹脂流出から樹幹の変形（漏脂あるいは溝腐れ症状）に移行する病徴の進展経過等を経時的に把握するため、調査林を設定して被害の発生状況および病徴の推移を調査した。

II 試験方法

ヒノキ漏脂病の病徴推移調査林として1993年に設定された多田野（郡山市多田野）、川内（川内村下川内）および安達（安達町吉倉）の3か所のヒノキ林（2）において、新たな被害の発生状況や病徴の推移（樹脂流出型：外観上樹幹に何ら変形が認められないが、樹脂を流出しているもの→漏脂型：形成層が壊死して、樹幹が扁平になったもの→溝腐れ型：樹幹に縦長の凹み、溝腐れ、が生じたもの）を1998年から2000年までの3か年間調査した。各調査林の概況を表一1に示す。1993年当時の調査本数は多田野、川内および安達でそれぞれ63、110、106本であったが、最終調査の2000年ではそれぞれ39、79、73本に減少した。調査木の減少は、間伐や調査木としての伐採によるものであった。調査は、地際から高さ5mまでの樹幹に形成された病患部の病徴数や大きさなどを測定することとし、毎年10月から11月にかけて実施した。

表一1 調査林の概況

項目	多田野			川内			安達		
	1993年	1997年	2000年	1993年	1997年	2000年	1993年	1997年	2000年
林齢(年)	30	34	37	32	36	39	16	20	23
平均胸高直径(cm)	12.6	17	17.9	16	20	20.9	12.2	14.8	17.1
調査本数(本)	63	44	39	110	82	79	106	106	73
海拔高(m)		390			470			280	
傾斜方位		NE			NE			E	
傾斜度(°)		35			35			31	
土壌型		BD			BD			BD	

III 結果と考察

各調査林における病徴ごとの被害発生か所数を表一2に示した。表中には1993年から1997年までの調査結果（2）も併せて示した。なお、樹脂流出型は大部分がヒノキカワモグリガの食害痕であることが多いので、ここでは割愛した。さらに、各林とも間伐などにより調査木が減少したが、これら

伐倒木の被害か所数については削除せずにそのまま掲載した。すなわち、間伐等が行われなかったと仮定すると、各林とも調査後期の被害か所数は若干増加したことも考えられる。

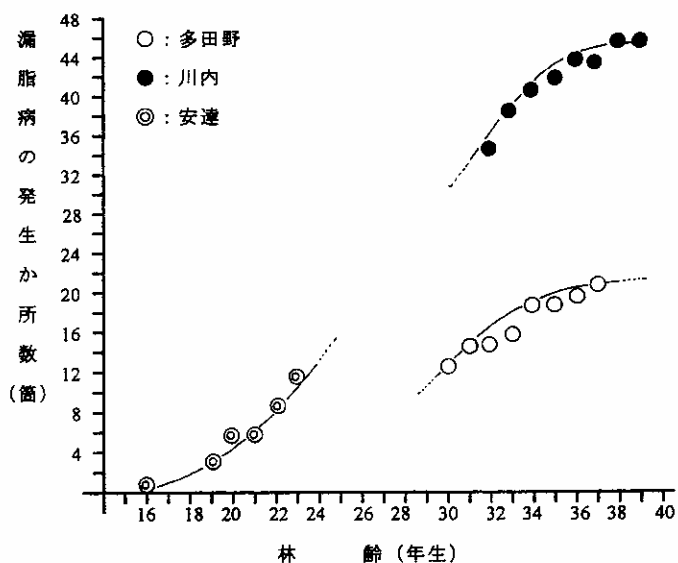
表—2 各調査林における被害形態の経年変化

調査林	病徴	(か所数)							
		1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年
多田野	溝腐れ型	11	13	13	13	15(+4)	15	16	16(+1)
	漏脂型	2	2	3	3	4(+2)	4	4	5(+1)
	林齢(年)	30	31	32	33	34	35	36	37
川内	溝腐れ型	25	25	25	25	26(+1)	26	27	27(+1)
	漏脂型	10	14	16	17	18(+8)	18	19	19(+1)
	林齢(年)	32	33	34	35	36	37	38	39
安達	溝腐れ型	0	—	—	1	1(+1)	1	2	4(+3)
	漏脂型	1	—	—	2	5(+4)	5	7	8(+3)
	林齢(年)	16	17	18	19	20	21	22	23
合計	溝腐れ型	36	—	—	39	42(+6)	42	45	47(+5)
	漏脂型	13	—	—	22	27(+14)	27	30	32(+5)

溝腐れ型: 樹幹に縦長の凹み(溝腐れ)が生じたもの。
漏脂型: 形成層が壊死して、樹幹が扁平になったもの。

これによると、1998年から2000年までの3か年間に溝腐れ型が合計5か所増加した。多田野の増加分1か所と安達の増加分2か所の計3か所は、樹脂を激しく流出し樹幹が扁平となった漏脂型からの病徴の移行であった。しかし、川内および安達の増加分計2か所は樹脂流出を伴う漏脂型からの移行ではなく、目視的には明らかな樹脂流出を伴わず突如樹幹に縦長の凹みが生じたものであった。また、漏脂型も3か年間で合計5か所増加したが、多田野および安達のそれぞれ1か所計2か所は樹脂流出型からの移行であったが、川内および安達の残り3か所は目視的に樹脂流出を伴わず発生したものであった。なお、1993年から1997年間の溝腐れ型の増加は合計6か所であったが、全てが樹脂流出を伴う漏脂型からの移行ではなく、目視的には樹脂流出を伴わず突如樹幹に凹みが生じたものであった。また、漏脂型の増加14か所は半数が樹脂流出型からの移行であったもの、残り半数は目視的には樹脂流出を伴わず発生したものであった(2)。

図—1には、各調査林における樹幹変形(溝腐れおよび漏脂症状)の発生状況の推移を示した。なお、前述したように各林では間伐などにより調査本数が減少しているため、調査後期の被害発生数は過少評価の嫌いがある。これによると、



図—1 各調査林における樹幹変形(溝腐れおよび漏脂症状)の発生状況の推移

目視的な被害の発生は 10 数年生頃から始まり、林齢が増すに従って増加した。また、高さ 5 m までの樹幹に形成される病患部数は、30 年生後半に入ると増加傾向が鈍化した。漏脂病の発生時期は、10 年生前後 (4, 11) とされており、本結果もおおむね一致した。

以上の結果から、樹幹に縦長の溝を形成する病害の発生形態には 2 通り存在することが示唆された。1 つ目は、いわゆる漏脂病の発生経過で、枝の基部や幹の一部から樹脂が激しく流出する（樹脂流出型）とともに、形成層が壊死して扁平（漏脂型）となり、ついには縦長の溝を形成する（溝腐れ型）形態である。2 つ目は目視的に明らかな樹脂流出を伴うことなく年輪の成長減退が引き起こされ、その後形成層が壊死して縦長の溝を形成する形態である。これら 2 つの発病形態が同一の病原菌または別種の菌 (12) によって引き起こされるのか、さらには両形態の林分における発生頻度などについては、今後とも検討する必要がある。また、明らかに樹幹の変形を伴う漏脂および溝腐れ症状の発生は、目視的には 10 数年生以降に現れ始め、高さ 5 m までに限って言えば 30 年生後半に入ると増加傾向が鈍化した。

第 2 節 被害木の玉切り調査^{*)}

I 目的

ヒノキ漏脂病の発生誘因については、昆虫説 (3, 6, 13) や気象害説 (8, 14) などが唱えられているものの、昆虫による加害は主要な誘因ではないという見解 (15) もあって、現在のところ、十分な結論が得られていない。

本節では、病患部を細かく玉切って円盤を採取し、樹脂のう、すなわちヤニ溜まり形成または形成層壊死部のほぼ中心に位置する部位を観察し、発病の誘因を検討した。

II 試験方法

海拔高が 300 ~ 500m に位置する郡山市、川内村および安達町のヒノキ林 (2) において、計 11 本の罹病木を 2000 年 5, 6 月に伐倒した。伐倒木の樹齢は 33 (平均) / 23 ~ 39 (範囲) 年、樹高は 14 / 12 ~ 16m、胸高直径は 18 / 15 ~ 26cm であった。伐倒した罹病木には、激しく樹脂流出を起こしているまたは形成層の壊死した溝状の病患部が計 18 か所見られた。それらの病患部は一連の No. を付して 1.5 ~ 2.0cm 間隔で玉切りし、円盤を採取した。円盤は、樹脂のう形成または形成層壊死状態等を顕微鏡で詳細に観察するとともに、罹病方向と隣接する非罹病方向の年輪成長幅をノギスで測定した。

III 結果と考察

病患部における樹脂のう形成および形成層壊死部のほぼ中心に位置する円盤の観察結果は表一3に示した。全ての円盤において、罹病方向に向かって粗皮の付着した枯れ枝の巻き込みが認められた。現れた枯れ枝の直径は 7.7 (平均) / 0.8 ~ 16.8 (範囲) mm であった。また、枯れ枝の巻き込み状況はほぼ水平な枝を基部から巻き込む場合と、直立した枝を抱き込むように巻き込む場合とが見られた。

^{*)} 本節は森林防疫 (1) に発表したものである。

枯れ枝の巻き込み開始年は当該円盤の年輪数で4~16年輪、平均が10年輪ほどであったが、年輪幅の減少が見られたのは7~25年輪で平均が13年輪ほどとなり、おおむね枯れ枝の巻き込み後3~4年で年輪幅の減少が見られた。そして、年輪の欠損が見られなかった病患部No. 8を除くと、年輪幅の減少から年輪の欠損（形成層の壊死）までの期間は0~13年で平均が5年ほどとなった（図一2）。なお、病患

表一3 樹脂のう形成、形成層壊死部のほぼ中心に位置する円盤の観察結果

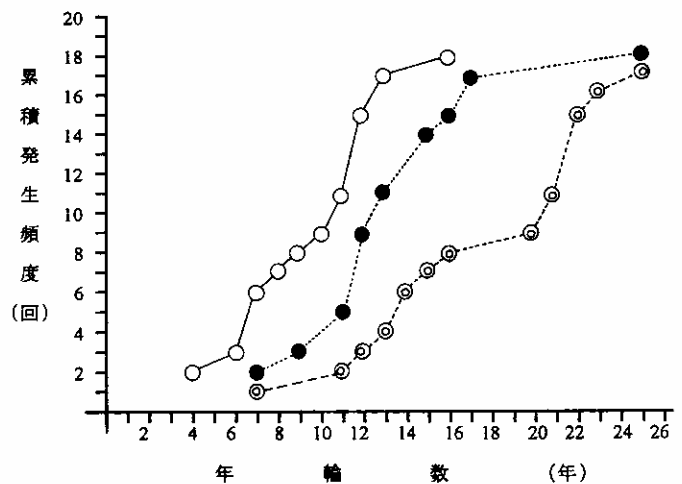
調査木 No.	胸高直径 (cm)	病患部 No.	罹病方向に出現した枯れ枝(粗皮が付着)の巻き込み				正常な年輪数 (年輪)	※2 (年輪)	※3 (年輪)	※4 (年輪)	※5 (年輪)	外観上の凹みまたは扁平の最大幅×溝の長さ(cm)			
			直径 長さ		※1										
			(mm)	(mm)	開始年 (※年輪)	終了年 (年輪)									
1	18	1	2.1	36.1	12	21	9	水平	22	15	22	7	1	8×120 ※6	
			8.5	12.4	13	—	—	水平	21	13	21	8	1	—	
2	20	3	2.8	44	10	—	—	水平	22	17	22	5	1	10×50	
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	20	4	11.6	28.2	12	—	—	水平	23	12	14	2	10	18×120 ※6	
			8.4	29.2	12	—	—	水平	22	12	15	3	8	—	
4	16	6	9.6	14.3	13	—	—	水平	35	15	23	8	13	3×10	
			16.8	不明	4	—	—	直立	35	9	22	13	13	6×70	
5	16	8	9.4	7.3	16	30	14	水平	34	25	—	—	0	2×10	
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
6	26	9	8.7	不明	7	—	—	直立	37	7	11	4	27	5×15	
			10	0.8	8.3	12	17	5	水平	32	12	25	13	8	15×140
			11	1.8	17.2	9	18	7	水平	28	15	21	6	8	18×220
7	18	12	12.8	不明	6	—	—	直立	22	7	7	0	16	7×20	
			13	10.6	不明	11	—	—	直立	21	11	14	3	8	8×40
8	16	14	3.5	30.4	4	14	5	水平	20	13	16	3	5	9×30	
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
9	15	15	7.8	不明	7	—	—	直立	21	17	20	3	2	6×35	
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10	18	16	3.7	21.3	11	—	—	水平	23	16	22	6	2	8×30	
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
11	15	17	11.6	36.7	7	—	—	水平	17	11	12	1	6	6×20	
			7.8	38.8	8	—	—	水平	16	12	13	1	4	5×35	

※年輪:円盤の中心から数えた年輪数
 ※1:枯れ枝の巻き込み形態;水平(ほぼ水平な枝の巻き込み)、直立(ほぼ直立した枝の巻き込み)
 ※2:年輪幅の減少
 ※3:年輪幅の欠損
 ※4:年輪幅の減少から欠損までの期間
 ※5:罹病方向の欠損年輪数(外側から数えた年輪)
 ※6:次の被害か所と同一側面に発生、両者の計

部No. 11では樹幹に最大幅18cmの凹みと、長さ2mを越える溝が形成されていた。

図一3には、病患部 No.2 における樹脂のう形成部のほぼ中心に位置する円盤の様相と罹病および非罹病方向の年輪幅を示した。巻き込まれている枝はほぼ水平な状態にあり、そして粗皮の付着した枝が見られるのは13年輪以降で、未だ巻き込みが終了していない。年輪幅の減少は13年輪から始まり8年後には年輪の欠損が認められた。

また、図一4には、病患部 No.11 におけ

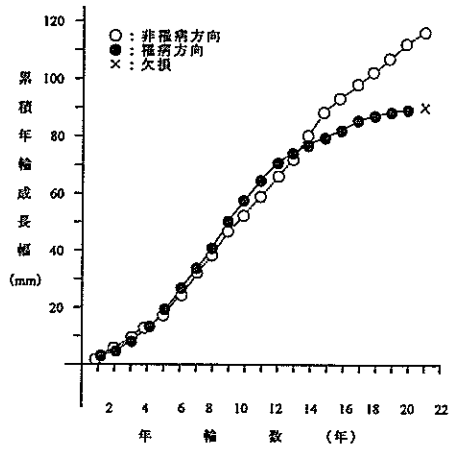


図一2 枯れ枝の巻き込み、年輪幅の減少および欠損開始年の累積発生頻度

○: 枯れ枝の巻き込み開始年, ●: 年輪幅の減少開始年, ⊙: 年輪の欠損開始年

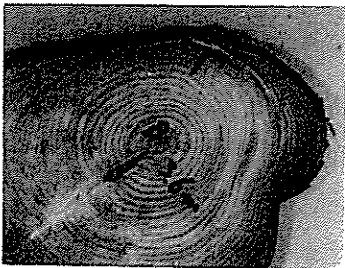


円盤の様相

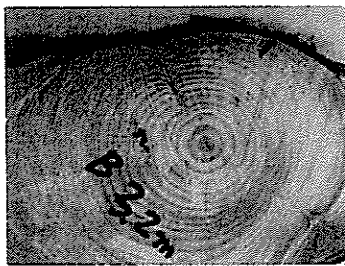
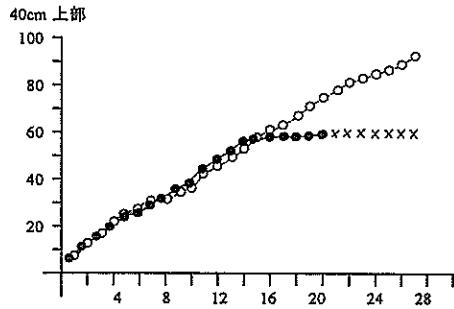


罹病および非罹病方向における累積年輪成長幅

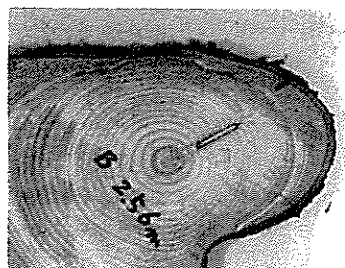
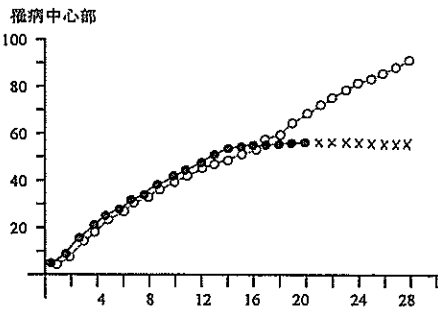
図—3 病患部No. 2の罹病中心部における円盤の様相と年輪幅の減少そして欠損までの経過



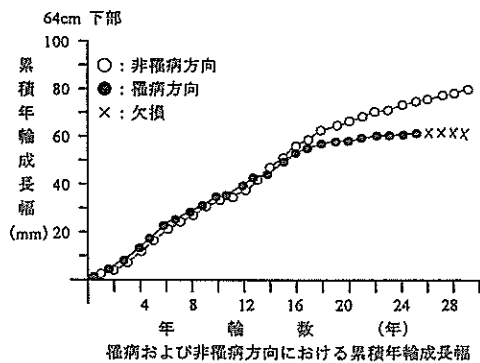
注：中心左下の枯れ枝では未発病



注：中心上部の枯れ枝から発病（推定）



注：中心右上の枯れ枝では未発病
円盤の様相



罹病および非罹病方向における累積年輪成長幅

図—4 病患部No. 11の罹病中心部とその上下における円盤の様相と年輪幅の減少そして欠損までの経過

る形成層壊死部のほぼ中心部とその上下の円盤の様相と年輪幅を示した。罹病中心の円盤（正常な年輪数、28）においては、粗皮の付いたほぼ水平な枯れ枝の巻き込みが9～16年輪に出現していた。年輪数の減少は15年輪から始まって、6年後には形成層が壊死し年輪が欠損した。そして、中心から40cm上部（正常な年輪数、27）においては、年輪の減少が15年輪すなわち中心部より1年遅れて発生し、6年後には年輪の欠損が生じた。一方、64cm下部（正常な年輪数、29）においては、年輪幅の減少が18年輪すなわち中心部より2年遅れて発生し、8年後には年輪の欠損が生じた。

病患部における樹脂のう形成および形成層壊死部のほぼ中心に位置する全ての円盤において、罹病方向に向かって粗皮の付着した枯れ枝の巻き込みが認められた。Cistella 菌の子のう盤は、枝の基部などの粗皮に多く認められる（5, 9）といわれており、これが巻き込まれて樹体内の形成層などに接触することにより発病することも考えられることから、枯れ枝の巻き込みは漏脂病発生誘因の一つと推定される。また、枯れ枝の巻き込み開始年は、樹幹の年輪数で4～16年輪（平均、10年輪）であったが、年輪幅の減少が見られたのは7～25年輪（同、13年輪）、そして年輪幅の減少から年輪の欠損までの期間は0～13年で平均が5年ほどであった。これらの結果は、1章1節の目視による調査結果、すなわち樹幹の変形を伴う病徴の発現は10数年生以降であった事実に符合する。

第2章 樹勢を変えたヒノキに対する病原菌の接種と罹病および非罹病部位の観察

第1節 樹勢を変えたヒノキに対する病原菌の接種

I 目的

ヒノキ漏脂病の発生原因は *Cistella* 菌とされているが、病原性の発現は菌株、接種時期および供試木などにより、樹脂流出程度に差が生じる(2)などまちまちであった。

ここでは、*Cistella* 菌の発病要因をヒノキの樹勢面から検討するため、枝葉を除去し樹勢を変えた個体に対する接種試験を行った。

II 試験方法

1998年6月中旬、林業研究センター構内の24年生ヒノキ林において20本を選定した。そして、おおむね枝葉の60%、80%、および95%をそれぞれ5本、計15本について除去した。残りの5本は枝葉の除去を行わず対照木とした。供試木の平均樹高は11.2m、胸高直径は8.5cm、樹冠長は5.4mであった。これらの供試木に対して、同年7月上旬に *Cistella* 菌の接種を行った。供試菌はこれまでの試験(2)で樹脂浸出の最も著しかった3菌株(表—4)

とし、無接種の計4処理を1単位として1本あたり4回反復で接種した。接種は、接種部にポンチで形成層に達する径10mmの穴を穿ち、米糠・ふすま(100g:100gに水200

mlを添加)で培養した接種源を、詰めて行った。その後、接種部の穴は剥ぎ取った樹皮でふたをし、殺菌水を含ませた

滅菌処理後の脱脂綿で覆い、パラフィルムを巻き付けた後ガムテープで固定した。テープの除去は接種2か月後に行った。

接種部の樹脂流出状況は1999年1月中旬、11月上旬および2000年9月上旬に調査した。また、1999年11月上旬には各処理木1本を伐倒し、接種菌の再分離を行った。再分離は、接種部周辺の内樹皮7か所をアルコール消毒したハサミで大きさ約5mm角に切り取り、分離片として行った。分離片は常法(70%アルコール、1%次亜塩素酸ナトリウム)で殺菌し、滅菌濾紙上で水分を除いた後、シャーレ内のPDA培地上に7片ずつ等分の間隔を置いて並べた。そして、10℃インキュベーター内で約2週間培養後、伸長した菌糸を試験管に移し、室内の明所において孢子形成を図り、伸長した菌叢によって同定した。

表—4 接種菌とその分離源

接種菌	菌株	分離源
<i>Cistella</i> 菌	C1	ヒノキ(島根県)
	C2	ヒバ(青森県)
	C4	アテ(石川県)

III 結果と考察

2000年9月上旬の最終調査時における各処理ごとの樹脂流出(流出長10cm以上)状況を表—5に示す。なお、1999年11月に各処理とも1本を伐採したので、最終調査の対象本数は各々4本であっ

表—5 樹勢を変えたヒノキにおける樹脂流出か所数 (2000年9月調査)

接種菌	95%葉量 除去木	80%葉量 除去木				60%葉量 除去木				対照木				計
	No.1	No.1	No.2	No.3	No.4	No.1	No.2	No.3	No.4	No.1	No.2	No.3	No.4	
C1	4(0)*	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	4(2)	4(0)	4(0)	4(0)	52(2)
C2	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	4(1)	4(0)	4(0)	4(0)	4(1)	4(0)	4(0)	4(0)	52(2)
C4	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	4(1)	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	52(1)
菌無接種	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	4(0)	52(0)
計	16(0)	16(0)	16(0)	16(0)	16(0)	16(2)	16(0)	16(0)	16(0)	16(3)	16(0)	16(0)	16(0)	208(5)

*、接種か所数(樹脂流出か所数)

た。これによると、樹脂流出は95%葉量除去木(4本中3本が枯死)1本および80%除去木4本では起こらず、60%除去木および対照木各々4本中1本で認められた。また、接種菌株ごとの樹脂流出か所数を見ると、C1、C2がそれぞれ2か所、C4が1か所であった。これらの樹脂流出経過を表—6に示す。樹脂流出は菌接種の年内に始まったもの(C2のNo.1、C4のNo.1)と、翌年以降のもの(C1のNo.1および2、C2のNo.2)が見られた。さらに、流出が停止するもの(C4のNo.1)と、継続するもの(C1のNo.1および2、C2のNo.1および2)があった。

表—6 接種菌株ごとの樹脂流出経過

接種菌	No.	(流出長, cm)		
		1999年		2000年
		1月中旬	11月上旬	9月上旬
C1	1	3	3	17
	2	0	15	70
C2	1	62	62	62
	2	0	0.5	24.5
C4	1	30	30	停止

接種菌の再分離結果を表—7に示す。菌は80%葉量除去木で3片からのみ分離された。

Cistella菌の接種により、樹脂流出の見られた処理は葉を除去しない(対照)か、あるいは少ない除去(60%除去)区であったことから、葉の除去すなわち樹勢の衰退は漏脂病を引き起こす要因とはならないものと考えられる。

なお、Cistella菌の接種による樹脂流出は、同

一菌株でありながら接種年内に始まるものや、翌年および翌々年に始まるものが見られた。さらに、樹脂流出は停止するものと継続するものが見られた。これらの樹脂流出経過は既に報告されている(12)。一方、接種部からの菌の再分離は、供試片数336片のうち3片とかなり少なかった。接種期が7月で、発病に適さない時期(12)であったのかもしれない。

表—7 接種菌の再分離結果

検出菌名	95%葉量 除去木	80%葉量 除去木	60%葉量 除去木	対照木
システラ	0	3	0	0
トリコデルマ	108	97	105	78
その他	3	5	3	8
未検出	1	7	4	26
供試片数	112	112	112	112

第2節 病原菌の接種による罹病および非罹病部位の観察

I 目的

ヒノキ漏脂病は、枝の基部や幹の一部から樹脂を流出させるとともに年輪幅の減少を引き起こし、ついには形成層を壊死させて縦長の溝を形成する。

本節では、Cistella 菌接種後 2 年を経過した個体を伐倒し、接種部位を剥皮して罹病および非罹病の様相を観察した。

II 試験方法

供試材料は、第 2 章第 1 節の 60 %葉量除去木 No. 1 (以下、調査木 A) と対照木 No. 1 (以下、調査木 B) である。両調査木は 2000 年 9 月上旬に樹脂流出状況を観察後伐倒し、罹病および非罹病を問わず特徴的な菌接種部位を小刀で剥皮して、その様相を観察するとともに樹体内にヤニ溜まりを形成している場合は面積をプランメーターで測定した。さらに、接種部位近辺から円盤を採取し、罹病方向と隣接する非罹病方向の年輪成長幅をノギスで測定した。

III 結果と考察

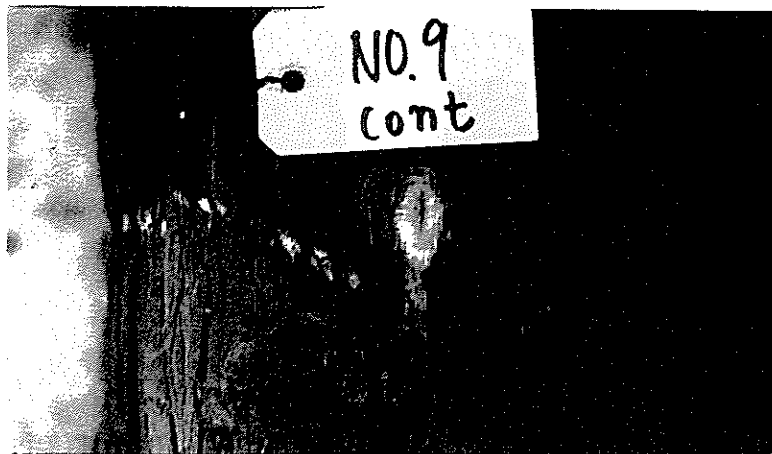
調査木 A, B の調査か所数

とヤニ溜まり面積および 2000 年 9 月上旬時点での樹脂流出状況等は表—8 に示した。まず、Cistella 菌無接種の部位 3 か所 (調査木 A の No. 10 ~12) を見ると、いずれも樹脂の流出は認められなかった。また、直径 10mm のポンチであけた傷は癒合組織で塞がっていた (図—5)。

次に、Cistella 菌を接種したものの全く樹脂流出が認められず、またヤニ溜まりの形成もなかった調査木 B の No. 16 およ

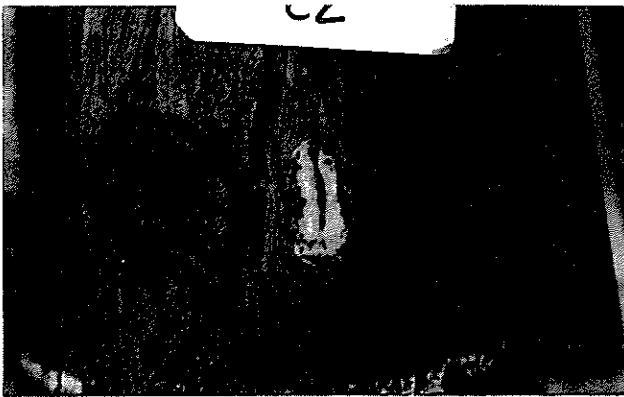
表—8 調査か所数とヤニ溜まりの面積など

調査木	調査部位No	Cistella 菌の菌株	ヤニ溜まりの面積 (cm ²)	樹脂流出状況 流出長cm(流出状態)	年輪幅の減少 もしくは欠損	
A	1	C2	5.2	24.5(流出)	欠損	
	2	C4	1.4	30(停止)	なし	
	3	C2	0.7	8(停止)	なし	
	4	C1	2.5	4(停止)	なし	
	5	C1	2.2	なし	なし	
	6	C2	0.8	なし	なし	
	7	C1	0.7	なし	なし	
	8	C4	0.7	なし	なし	
	9	C1	0.6	なし	なし	
	平均面積			1.64 cm ²		
	10	なし	0	なし	なし	
	11	なし	0	なし	なし	
12	なし	0	なし	なし		
平均面積			0 cm ²			
B	13	C1	0.2	70(流出)	減少	
	14	C2	2.5	62(流出)	減少	
	15	C1	0.1	17(流出)	なし	
	16	C2	0	なし	なし	
	17	C4	0	なし	なし	
平均面積			0.56 cm ²			

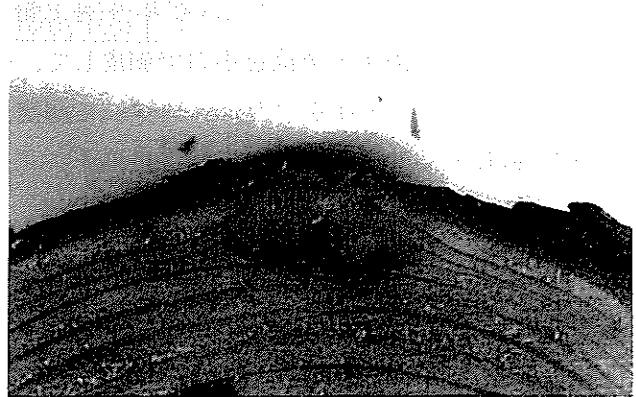


図—5 菌無接種No. 12の剥皮結果 (傷は癒合組織で塞がっている)

び 17 のうち No. 16 を見ると、傷は癒合組織で塞がっており (図一6)、また当年および 1 年前の年輪幅に減少は認められない (図一7)。なお、菌の接種は 2 年前の年輪成長に影響を与えていることから、接種穴が形成層まで達したことがうかがえた。



図一6 菌接種No. 16の剥皮結果
(傷は癒合組織で塞がっている)



図一7 菌接種No. 16の円盤の状況
(年輪幅の減少はない)

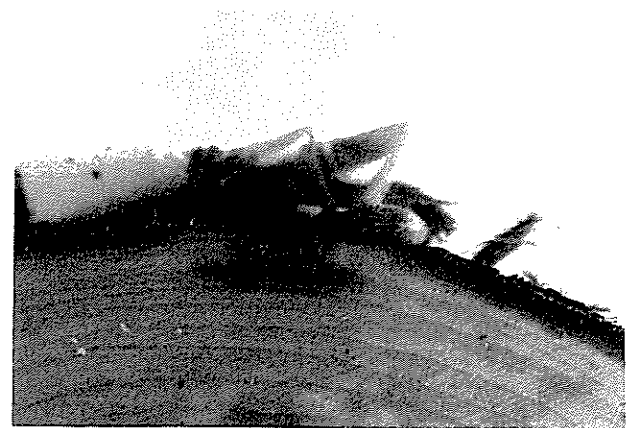


図一8 菌接種No. 7の剥皮結果
(傷の癒合は進まず、穴内で樹脂が噴出)



図一9 菌接種No. 9の剥皮結果
(傷の癒合は進まず)

同じく、樹脂流出が認められなかったものの、ヤニ溜まりの形成が認められた調査木 A の No. 5から 9 のうち No. 7および 9 を見ると、両者とも傷口の癒合が進まず (図一8, 9)、前者では穴内に樹脂が噴出し (図一8)、いずれも接種菌の影響が観察された。また、当年および 1 年前の年輪幅に減少は認められなかった (図一10)。なお、2 年前の年輪成長に影響がなかったことから、接種穴は形成層まで達せず、内樹皮に止まったものと思われた。



図一10 菌接種No. 7の円盤の状況
(年輪幅の減少はない)

若干の樹脂流出があってその後停止した調査木 A の No. 3 および 4 のうち No. 4 を見ると、ヤニ溜まりは面積が 2.5cm^2 (表—8) で、菌を接種した傷より下方に向かって紡錘形状に広がっていた (図—11)。なお、円盤には年輪幅の減少は認められずまた 2 年前の年輪成長に影響がなかったことから、接種穴は内樹皮に止まったものと考えられた。



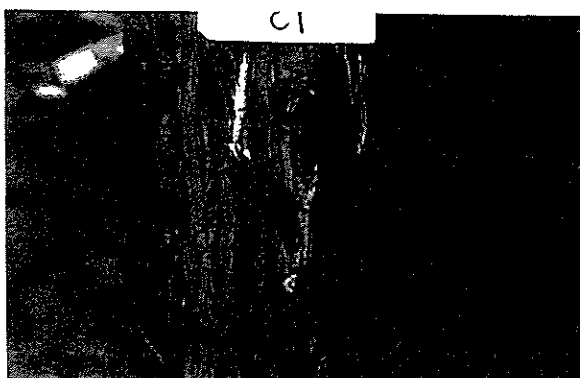
図—11 菌接種No. 4の剥皮結果
(ヤニ溜まりが紡錘形状に広がる)



図—12 菌接種No. 2の剥皮結果
(ヤニ溜まりが紡錘形状に広がる)

激しい樹脂流出をきたし、その後停止した調査木 A の No. 2 を見ると、ヤニ溜まりは面積が 1.4cm^2 (表—8) で樹脂流出の少なかった No. 4 より小さく、接種位置より下方に向かって紡錘形状に広がっていた (図—12)。なお、接種穴は内樹皮に止まっていた。

最後に、継続的にかつ激しく樹脂流出をきたした調査木 A の No. 1 および B の No. 13 から 15 のうち、年輪幅の減少が認められた調査木 B の No. 13 と、年輪の欠損が認められた調査木 A の No. 1 を見る。両者とも激しく樹脂流出が認められた (図—13, 16) が、材内に形成されたヤニ溜まりの大きさが多に異なり、前者が 0.2cm^2 と小さく (図—14)、後者が 5.2cm^2 と大きかった (図—17)。また、その位置は前者が接種穴の中心に存在した (図—14) のに対して、後者は接種穴より上部に存在し、内樹皮の変質が接種穴より上部につながっていた (図—17)。No. 13 の年輪の減少は当年度の年輪成長幅、すなわち接種 2 年後に認められ (図—15)、さらに No. 1 の年輪の欠損は当年度の年



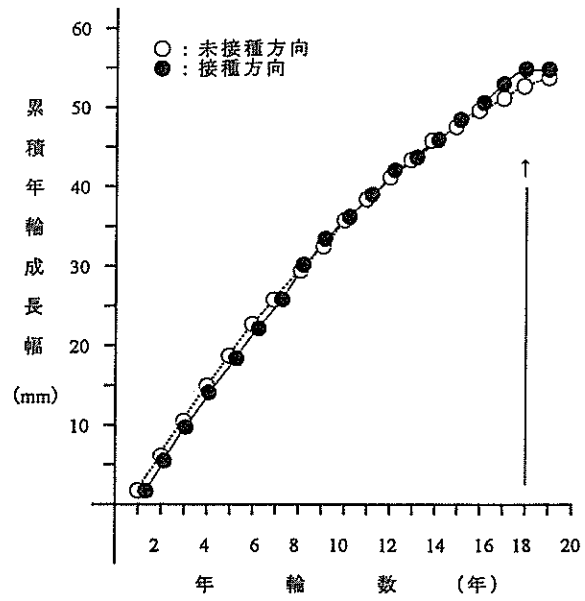
図—13 菌接種No. 13の樹脂流出状況
(接種穴から激しく流出)



図—14 菌接種No. 13の剥皮結果
(樹脂は接種穴中心にある 0.2cm^2 の傷から激しく流出)



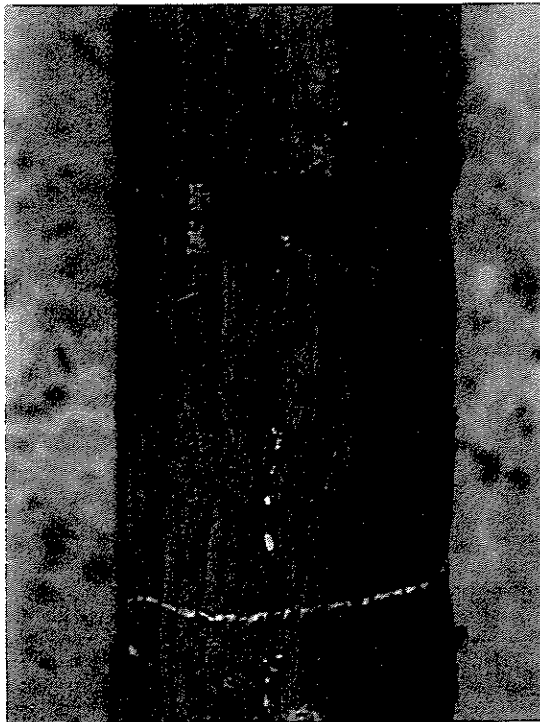
円盤の様相



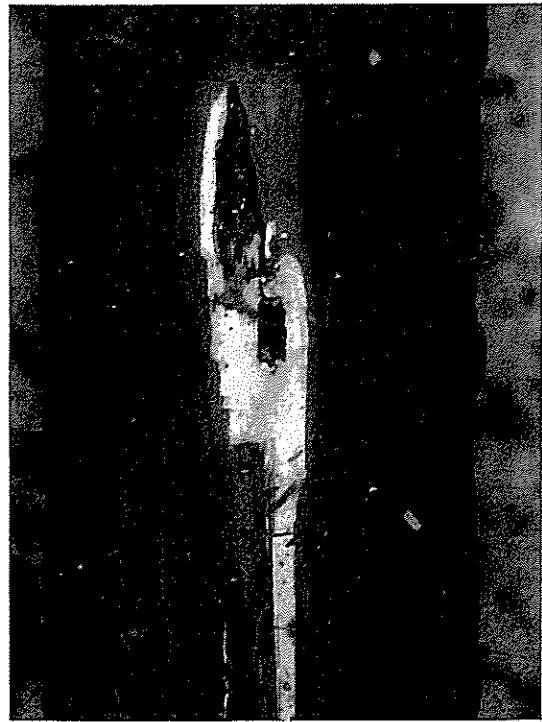
罹病および非罹病方向における累積年輪成長幅

図一15 菌接種No. 13における円盤の様相と年輪幅の減少

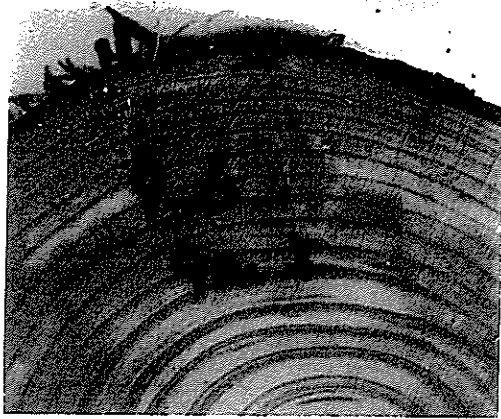
輪で認められた (図一 18)。なお、菌の接種穴は前者が内樹皮に止まっていたのに対して、後者では形成層まで達していた。



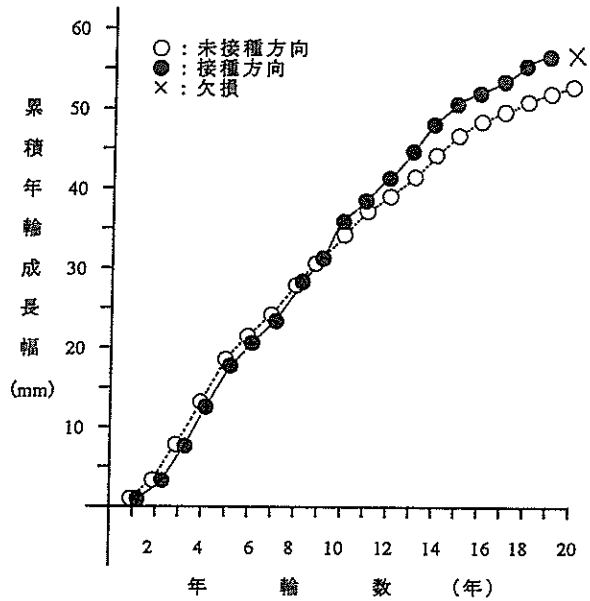
図一16 菌接種No. 1の樹脂流出状況
(接種穴の上部から激しく流出)



図一17 菌接種No. 1の剥皮結果
(ヤニ溜まりが接種穴の上部に形成)



接種部位から 4 cm 上部の円盤の様相



罹病および非罹病方向における累積年輪成長幅

図一八 菌接種No. 1における円盤の様相と年輪幅の欠損

ここで、供試木 A および B における菌の接種位置を検討すると、A ではいずれも内樹皮内に止まったのに対して、B では形成層まで達していた。A と B のヤニ溜まり平均面積を求めると (表一八)、前者が 1.64cm^2 で後者が 0.56cm^2 となり、内樹皮内に菌を接種した A で面積が大きかった。

Cistella 菌の接種時期が 7 月と発病に適さない時期 (12) であったためか、接種部位からの樹脂流出件数は少ない傾向が見られた (第 2 章第 1 節)。しかし、激しい樹脂流出の見られないか所であっても、大部分では傷の癒合が進まずさらに樹体内にヤニ溜まりが生じており、接種菌の影響をかなり受けていることが判明した。これら樹脂流出の少ない患部が、第 1 章第 1 節で見られた樹脂流出を伴わない樹幹の変形に進展するかどうかは今後の検討課題である。また、激しく樹脂流出を起こしているか所であっても、ヤニ溜まりの大きさはまちまちであり、 0.1 および 0.2cm^2 と小さなもの (No. 15, 13) や 2.5 および 5.2cm^2 と大きなもの (No. 14, 1) が見られた。そして、ヤニ溜まりの形成位置は接種穴を中心とするもの (No. 13, 14, 15) と、中心が接種穴を外れたもの (No. 1) とが観察された。さらに、菌が内樹皮に接種された場合は菌の刺激が内樹皮に強く働くためか大きなヤニ溜まりを形成し、一方形成層に接種された場合は前者より小さなヤニ溜まりを形成することがうかがえたが、今後とも検討する必要がある。

第3章 防除法の検討

第1節 枝打ち跡からの発病防止

I 目的

ヒノキ漏脂病の発病には、Cistella 菌が樹体内の組織すなわち内樹皮や形成層に接触する必要がある。

本節では、野外において生枝打ち跡から菌が侵入し発病するかどうか、またどのような予防法が適当かを検討する。

II 試験方法

第1章第1節で調査に供した川内のヒノキ林（林齢30年生，平均胸高直径15cm，平均樹高11m）において，1992年1月に2本を対象として高さ2mまでの生枝，計20本を枝の付け根から切り落とした。なお，別の1本については高さ2mまでの生枝12本を落とし，切断面にチオファネートメチル剤を塗布した（16）。また，1993年2月には，第1章第1節で同様に調査に供した安達のヒノキ林（林齢16年生，平均胸高直径12cm，平均樹高9m）において，18本を対象として1本あたりおおむね20本の生枝を落とした（2）。

さらに，1999年7月，9月および11月には，多田野（郡山市多田野）の16年生ヒノキ林（平均胸高直径12cm，平均樹高9m）において，各々10本を対象として1本あたり10本の生枝を落とした。なお，隣接するヒノキ10本を対象としてそれぞれ10本の調査生枝を設けた。これら3時期の枝打ち実施林において，2000年10月上旬枝打ち跡からの樹脂流出，または点出状況を調査した。

III 結果と考察

川内の調査結果は表—9に，また安達の結果は表—10に示した。なお，表中には1994年および1997年の調査結果（2）も併せて示した。川内では生枝打ち20か所および薬剤塗布12か所とも，処理8年を経過した2000年の時点で，樹脂の流出が認められなかった（表—9）。一方，安達では処理1年後の1994年に生枝打ちか所270本中6か所で樹脂の点出が認められたが，それから3年を経過すると点出か所は1か所となり，7年を経過した2000年時点においては点出および流出は全く認められなかった（表—10）。

表—9 生枝打ち^{*)}跡からの樹脂流出状況（川内）

処理区	樹脂流出か所数／生枝打ちか所数		
	調査時期		
	1994年7月	1997年11月	2000年10月
枝打ち区	0／20	0／20	0／20
枝打ち+薬剤塗布区	0／12	0／12	0／12

^{*)} 1992年1月実施

表—10 生枝打ち^{*)}跡からの樹脂流出または点出状況（安達）

処理区	樹脂流出(点出)か所数／生枝打ちか所数		
	調査時期		
	1994年11月	1997年11月	2000年10月
枝打ち区	0(6)／370	0(1)／370	0(0)／370

^{*)} 1993年3月実施

最後に、多田野の結果を表—11に示す。当林は処理1年目の調査となったが、いずれの枝打ち時期であっても樹脂の流出が認められなかった。ただし、樹脂の点出件数は9月>7月>11月の順に多かった。

以上述べたように、3か所のヒノキ林で生枝打ちを行ったが、枝打ち跡から樹脂の流出は観察されなかった。このことから、生枝打ちの切り口が *Cistella* 菌の侵入口となる可能性は低いものと思われる。

表—11 生枝打ち^{*)}跡からの樹脂流出
または点出状況(多田野)

枝打ち時期	樹脂流出(点出)か所数 /生枝打ちか所数
7月	0(3) / 100
9月	0(6) / 100
11月	0(1) / 100
対照	0(0) / 100

^{*)} 1999年実施

第2節 枝打ち時期と被害の発生状況^{*)}

I 目的

第1章第1節では、ヒノキ漏脂病の病患部を細かく玉切って円盤を採取し、ヤニ溜まり形成または形成層壊死部のほぼ中心に位置する部位18か所を観察した。その結果、全ての円盤において罹病方向に向かって粗皮の付着した枯れ枝の巻き込みが認められ、枯れ枝の巻き込みが本病発生誘因の一つと推定された。

以上の結果を受けて、本節では枝打ちの実施時期と被害の発生状況を検討した。

II 試験方法

海拔高が100~670mに位置する中・浜通りのヒノキ33林分において、漏脂病の被害調査を2000年5~7月にかけて行った。調査は、1林分あたり50~100本の生立木を対象として高さ0~2mの幹部における病患部のか所数を計数することとし、併せて林分の地況および林況を調べた。なお、ヒノキ林は通常枝打ちが実施されており、林分の施業経歴についても調査した。

III 結果と考察

ヒノキ漏脂病の被害実態調査結果を表—12に示す。ここで、特筆したいのは18年生のNo.16林分で、9および12年生時にそれぞれ0~2、2~4mの高さまで枝打ちが行われた。しかし、枝打ちは長さ1cm弱の枝基部を残して行われ、すなわち枯れ枝を人為的に作った状態にあって、枝打ち跡の1/4ほどから樹脂の流出が認められた。残りの枝打ち林では、全て枝が残らないように打たれており、枝の付け根から樹脂が流出する現象はほとんど認められなかった(図—19)。

表—12の枝打ち時期と被害本数率の関係を図—20に示した。なお、東北地方においては海拔高が高くなるにしたがって被害率が高まる傾向が認められ、特に500m以上では激害林が多いと報告(16)されていることから、海拔高を500m未満と500m以上の林分に分けて示した。また、林分の成長が極端に悪いと、閉鎖までの期間がかなり長引きかつ樹幹長当たりの枝数が増すことも考えられることから、地位5等級の林分はデータから外した。さらに、No.16林分は1cm弱の枝が残る枝打ちであっ

^{*)} 本節は森林防疫(1)に発表したものである。

表—12 ヒノキ漏脂病の被害実態調査結果

(調査対象:高さ0~2mの幹部)

No. (林分)	海拔高 (m)	林齢 (年)	樹高 (m)	枝打時期 (年)	被害本数 率(%)	平均被害 か所数/本	備 考
1	560	23	13	16	49	0.86	①
2	580	20	9.5	11	50	0.86	③
3	530	20	9	8	20	0.24	③
4	520	13	7	枝打ちなし	30	0.38	③
5	260	21	11	4	0	0	②
6	160	20	8.5	18	10.8	0.12	③
7	260	15	11	13	11.7	0.13	①
8	240	19	11.5	15	19.6	0.47	②
9	240	10	5.5	枝打ちなし	9.3	0.09	④
10	500	37	16	19	30	0.45	②
11	400	33	14	26	33.3	0.43	③
12	300	22	12	16	7.4	0.09	②
13	400	24	14.5	17	28	0.46	①
14	380	23	16.5	枝打ちなし	34	0.48	①
15	560	22	13	10	12	0.14	①
16	540	18	10.5	9	66.7	1.71	②1cm弱の残枝あり
17	410	15	9.5	11	8	0.08	②
18	370	28	9.5	13	50.9	0.92	⑤
19	425	29	10	22	28	0.38	⑤
20	420	14	6.5	11	10	0.1	④
21	650	12	3.5	枝打ちなし	0	0	⑤下枝が枯れ出す
22	670	15	4.5	13	6	0.06	⑤
23	370	17	11	8	8	0.12	①
24	580	7	4.5	枝打ちなし	0	0	②下枝が枯れ出す
25	270	38	18	枝打ちなし	50	0.86	①
26	340	30	16	15	24	0.3	①
27	480	25	11	13	6	0.16	③
28	40	19	11.5	12	5.8	0.1	①
29	60	12	9.5	10	7.8	0.08	①
30	200	17	9	14	18	0.22	③
31	430	17	7	16	20.8	0.26	④
32	510	17	9.5	16	48	0.62	②
33	430	18	7.5	17	28.9	0.37	④

※備考欄の①・②・③・④・⑤は地位(等級)。
枝打ち時期はいずれも成長停止期であった。



No.16 林分:長さ1cm弱の枝を残して枝打ちを行う。
枝の付け根から樹脂の流出が認められる。



No.15 林分:枝が残らないように枝打ちを行う。
枝の付け根からは樹脂の流出が認められない。

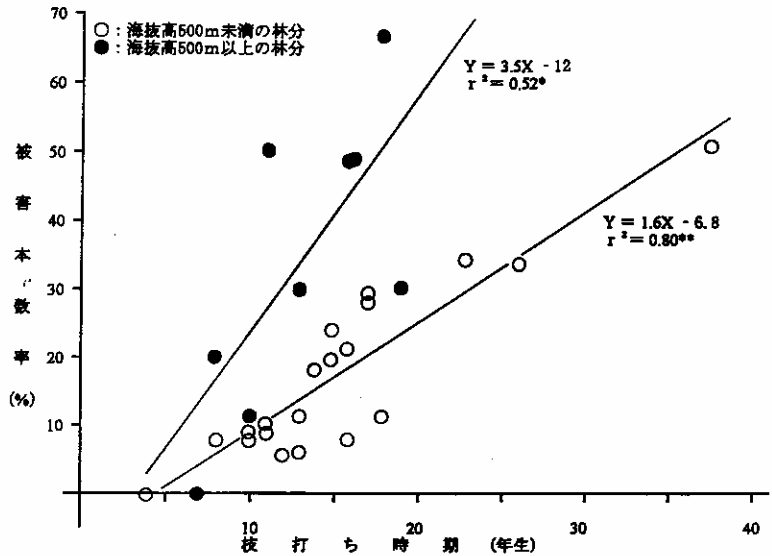
図—19 枝打ちの実施法と樹脂の流出

たことから、枝打ち未実施林として取り扱った。枝打ち未実施林は、調査時に枝を打ったと想定して、現在の林齢を枝打ち時期とした。これによると、500 m未満の林分においては枝打ち時期と被害率の間に $r^2 = 0.80^{**}$ の回帰が認められ、早めに枝打ちするほど明らかに被害率が減少した。また、500m以上の林分においても両者は $r^2 = 0.52^*$ の関係にあって、同様な傾向が見られた。さらに、500m以上と未満の林分を比較すると、同じ枝打ち時期であっても前者の被害率が高い傾向にあった。これは、Cistella 菌が好低温性 (7) で、高海拔地ほど子のう盤の形成がよく、かつ胞子の形成期間が長いためと推定される。

図一21には、枝打ち時期と各林分における生立木1本当たりの平均被害か所数の関係を示した。海拔高500 m未満の林分では両者間に $r^2 = 0.77^{**}$ の回帰が認められ、早めに枝打ちするほど被害か所数が少なかった。また、500 m以上の林分では $r^2 = 0.42$ の関係にあって、統計的に有意ではないが、同様な傾向が見られた。

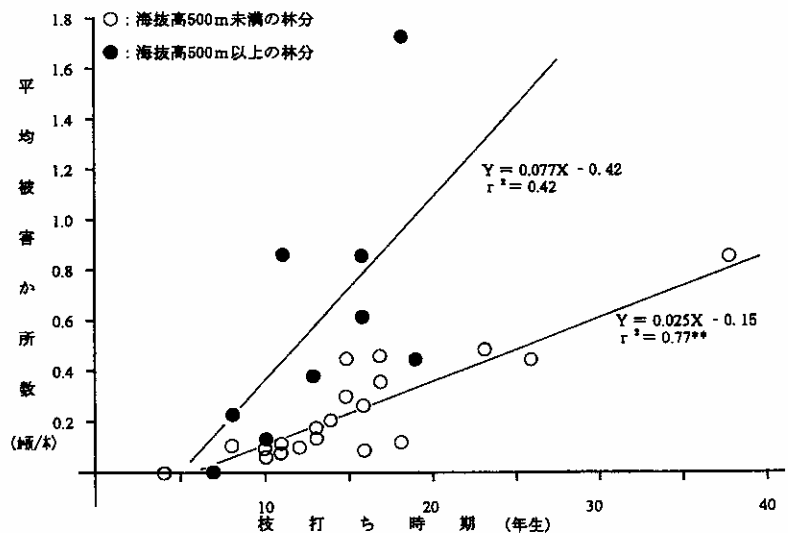
漏脂病は早期に枝打ちするほど発生率が低く、かつ発生数も少なかった。これは、林齢が増すほど枯れ枝の巻き込みが進むためと考えられる。

図一22には、枝打ち前の樹齢13年生の林分 (No. 4) において、樹幹下部に付いた太さ 1mm ほどの枯れ枝の付け根から樹脂が流出する状況を示した。13年生の林分では、樹幹下部において枯れ枝の巻き込みが相当進んでいるものと思われる。ちなみに、海拔高が500 m未満の林分を例にとると、枝打ちが実施されていない場合の被害本数率は10年生でおおむね10%，20年生で25%，そして40年生になると50%以上に達するものと推定される (図一20)。なお、ここでは、高さ0~2mの幹部における被害のみを調査しているの



図一20 枝打ちの時期と被害本数率

(注) 地位5等級の林分は割愛。No.16林分は枝打ち未実施として取り扱う。



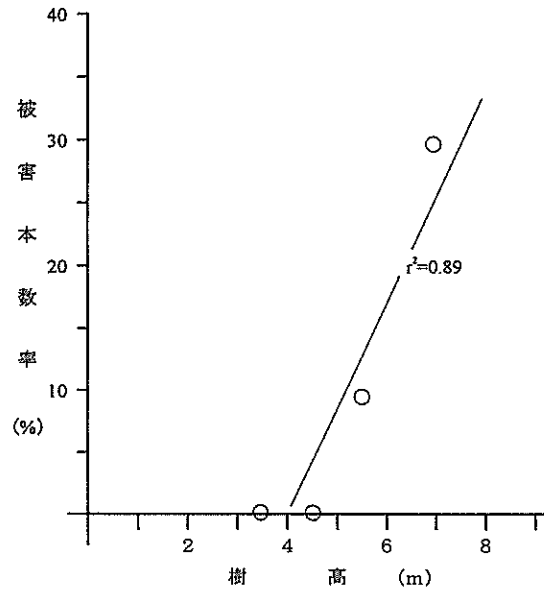
図一21 枝打ちの時期と平均被害か所数

(注) 地位5等級の林分は割愛。No.16林分は枝打ち未実施として取り扱う。

で、樹幹全体を対象として調査すれば、さらに被害率が高まることは言うまでもない。



図—22 No. 4林分 (13年生) における被害状況
(高さ 20cm ほどの幹部に経 1mm ほどの枯れ枝が
付着—中央部一し、付け根から樹脂が流出)



図—23 樹高と被害本数率

ここで、樹高がどの程度に達すると枯れ枝が生じ、漏脂病が発生したか見てみる (図—23)。用いたデータは、表—12で高さが 7 m 以下でかつ枝打ちなしの No. 4, 9, 21 および 24 の 4 林分である。これによると、樹高が 4 m ほどに達すると枯れ枝が生じる状態となり、これを越すと被害が発生したことが分かる。

枝打ちと被害発生との関連については、枝打ちが遅れた場合や成長期の枝打ち、また不適切な方法での枝打ちで激しく発病したとする報告 (11) や、両者の関係は明らかでないとの報告 (16) などがある。枝打ちには、枯れ枝を打つこと (既に病菌に感染している可能性もある) もあるし、生枝を打つこともある。また、生枝を打つにあたっては、残枝を作らないように枝基部から丁寧に打つ場合と、結果的に残枝が生じる (枯れ枝を人為的に作った状態になる) 場合もある。実施された枝打ちがどのようなものであったかが明らかでなければ、枝打ちが被害防止に有効であったか否かの判断はつかないということであろう。

以上の結果から、樹高が 4 m ほどに達した時点から残枝を付けないように枝基部から丁寧に生枝打ちを開始し、枯れ枝すなわち粗皮の巻き込みを防ぐことで、漏脂病の発生はかなり防止できるものと推定される。

引用文献

- (1) 在原登志男 (2001) ヒノキ漏脂病の発生誘因としての枯れ枝の巻き込み. 森林防疫 VOL50 : 114 - 120.
- (2) 川口知穂・橋本正伸・柳田範久 (1998) ヒノキ漏脂病の発生に関与する要因の解明と被害回避法の開発に関する調査. 福島県林業試験場研究報告 31 : 63 - 70.
- (3) 小岩俊行・楠木 学・宮下俊一郎・長谷川絵里・小倉健夫 (1996) 隣接するスギ林がヒノキ漏脂病発生に及ぼす影響 - 特にヒノキカワモグリガの食害傷の影響について -. 日本林学会誌 78 (3) : 280-284.
- (4) 久林高市・灰塚敏郎 (1995) 九州地方におけるヒノキ漏脂病の発生とその要因. 森林防疫 VOL44 : 23 - 29.
- (5) 窪野高德・市原 優・小岩俊行 (2000) ヒノキ漏脂病の発生に関与する *Cistella japonica* の樹体内分布. 東北森林科学会第5回大会講演要旨集 : 46.
- (6) 楠木 学・河辺祐嗣・清原友也・堂園安生・橋本平一・倉永善太郎 (1987) ヒノキに漏脂性病害を起こす1要因について. 98回日本林学会大会発表論文集 : 523-524.
- (7) 楠木 学 (2000) 見えてきたヒノキ漏脂病. 山林 1394 : 60 - 68.
- (8) 大関昌平・橋本忠雄 (1974) 会津地方におけるヒノキの漏脂病について. 日本林学会東北支部会誌 26 : 137-138.
- (9) 周藤靖雄 (1991) ヒノキ漏脂病患部から分離した *Cistella* sp. とその病原性. 102回日本林学会大会発表論文集 : 317-318.
- (10) 周藤靖雄 (1995) ヒノキ漏脂病発病木と *Cistella japonica* 接種発病木の患部組織解剖. 日本林学会関西支部大会論文集 4 : 159-160.
- (11) 周藤靖雄 (1995) ヒノキ漏脂病の被害実態と防除技術に関する研究 - 関西ブロックのとりまとめ -. 森林防疫 VOL. 44 : 46 - 53.
- (12) 周藤靖雄 (2000) ヒノキ漏脂病の病理学的研究 - 患部形成に関与する糸状菌についての研究の経緯 -. 日本林学会誌 82 (4) : 397 - 406.
- (13) 周藤靖雄・金森弘樹 (1990) 島根県におけるヒノキ漏脂病の被害解析と病因究明. 島根県林業技術センター研究報告 41 : 31-50.
- (14) 玉井幸治・矢田 豊・深山貴文・池田武文 (2000) 漏脂病被害林分におけるヒノキ樹体の低温履歴時間の空間変動特性. 日本林学会誌 82 (2) : 200-203.
- (15) 山田利博・長谷川絵里・宮下俊一郎・青木 寿 (2000) ヒノキ, ヒノキアスナロ漏脂病罹病木における漏脂病患部と食害との関係. 日本林学会誌 82 (2) : 141-147.
- (16) 柳田範久・須田俊雄 (1994) ヒノキ漏脂病の被害実態と防除技術に関する調査. 福島県林業試験場研究報告 26 : 99 - 119.