

【研究資料】

ヒノキ漏脂病の防除

ヒノキ林で発生する種々な樹幹変形木の発生防止をめざして

(県単課題 平成13～17年)

在原 登志男
齋藤 直彦

目 次

要 旨	79
はじめに	82
樹脂流出を伴わない樹幹陥没の発生と枯れ枝の付着状況	83
ヒノキ樹幹の変形区分と区分木の発生状況	87
一部ふくれ木および徳利病木の発生と枯れ枝の巻き込みとの係わりおよび樹幹変形木における傷害樹脂道の形成状態	91
ヒノキの枝打ち仕様と漏脂病等の発生状況	102
肥大成長および海拔高の上昇に伴うヒノキ樹幹変形木の出現状況と現行の枝打ち時期による樹幹変形木の出現抑制効果	108
枝打ち仕様ごとの漏脂病の防除効果	114
ヒノキの胸高直径と残枝の付かない初回生枝打ちの関係	118
ヒノキ樹幹の太さと残枝の付かない2回目以降の生枝打ちの関係	121
引用文献	125

要 旨

1 本県のヒノキ林では、樹幹部で激しい樹脂流出を伴う陥没の他に、樹脂流出を伴わない陥没も発生しているため、その発生実態を調べるとともに、陥没箇所を中心部を観察した。

その結果、ヒノキの枯れ枝の巻き込み部位では、数%から数10%の発生頻度で樹脂の流出または点出を伴い、また残りの箇所では樹脂流出を伴わない陥没が多数発生していることが判明した。

2 低海拔地から高海拔地までに位置する、林齢がおおむね10年から20年生ほどの林分を対象として、ヒノキ樹幹下部の変形区分(健全木:陥没等の変形がなく、樹幹はほぼ正円筒形のもの。微害木:樹幹の陥没が小さく、さほど目立たないもの。一部ふくれ木:陥没の深みが大きく溝状となり、隣接する樹幹の一部がふくらんでいるもの。全ふくれ木(徳利病):樹幹下部が満遍なくふくらんでいるもの。激害木:形成層が壊死したためか、陥没の深みが極めて大きく、樹幹が不規則に変形したもの)を試み、区分木の発生状況を調査するとともにその特徴を検討した。

受理日 平成18年2月28日

その結果、胸高直径が6 cm以下の個体は全て健全木であった。しかし、6.1~8 cmの個体では微害木が出現し、さらに胸高直径が増すと様々な変形木の出現割合が高まった。また、形成層が壊死したためか陥没の深みが極めて大きく、樹幹が不規則に変形した激害木や一部の微害木および一部ふくれ木は、20cm以上の多量の樹脂流出を伴ったことから、漏脂病の典型的な症状と判断された。しかし、微害木および一部ふくれ木の大部分は、樹脂流出を伴わない陥没のみを有し、外見上漏脂病と認めがたいものであった。なお、全ふくれ木の発生と陥没発生の係わりは不明であった。

- 3 枯れ枝等の巻き込みによる陥没によって発生すると推定される一部ふくれ木と、陥没発生との係わりが不明な徳利病木の樹体を解析し、病徴発生と枯れ枝等の巻き込みとの係わりを検討した。また、健全木、微害木、一部ふくれ木、漏脂病木（樹脂流出型）および徳利病木における傷害樹脂道の形成状態を調査した。

その結果、一部ふくれは、枯れ枝の巻き込みが誘因となってわずかな樹脂流出を伴いまたは全く樹脂流出を伴わない、かつ形成層の壊死のない陥没（年輪幅の減少）が生じ、陥没箇所隣接する部位で年輪幅が異常に増加する現象と考えられた。また、一部の徳利病は、樹幹下部において多量の枯れ枝の巻き込みが満遍なく起こり、それによってわずかな樹脂流出を伴うまたは樹脂流出を全く伴わない、かつ形成層の壊死を引き起こさない軽微な陥没が数多く発生する。しかし、その後速やかに陥没箇所で年輪幅の回復・増加が図られ、樹体が樹幹断面に均一な応力が掛かるように成長した結果、樹幹下部全体でふくれが生じるものと推定された。なお、徳利病には、枯れ枝の巻き込みが関与しない、一種の生理障害と考えられているものもかなり存在した。

また、傷害樹脂道の形成状況から、漏脂病は枯れ枝の巻き込みが誘因となって *Cistella japonica* の感染を受け、何年にもわたって繰り返し菌の強い刺激を受けて樹脂道が形成され、激しい樹脂流出を伴って年輪幅が減少し、さらには形成層が壊死して病徴が発現する。微害木は枯れ枝の巻き込みが誘因となって、単年度に何らかの強い刺激により樹脂道が形成され、わずかな樹脂流出を伴いまたは全く樹脂流出を伴わない、かつ形成層の壊死のない軽微な陥没（年輪幅の減少）が発生して病徴が発現する。一部ふくれ木は微害木の病徴が進行したもので、陥没の深みが大きく溝状となったため、隣接する部位の一部がふくれて病徴が発現する。そして、一部の徳利病は、枝が樹幹下部で多量にかつ満遍なく発生し、その巻き込みが誘因となって、単年度に何らかの強い刺激により樹脂道が形成され軽微な陥没が発生するが、その後年輪幅が回復・増加して全体のふくれが発現するものと推定された。

- 4 ヒノキの樹幹に樹脂流出を伴った陥没を引き起こす漏脂病と枝打ちの相互関係は、明らかになっていない。そこで、枝打ち時期および仕様の違いによる枝打ち箇所において、樹脂流出および陥没等の発生状況を調査した。

その結果、残枝の全く生じない適正な枝打ちは、樹幹の陥没や漏脂病の発生がみられなかった。そして、長さが2 mm、太さが1 mmであっても、枝打ちによって生じた残枝（死節となる）は、漏脂病の発生誘因になると推定された。

- 5 漏脂病に係わりのあるまたは係わりのない樹幹下部変形木の出現状況と肥大成長および海拔高の上昇との関連性、また現行の初回枝打ち時期による樹幹変形木の出現抑制効果について、健全木と微害木をほぼ健全木として検討した。

その結果、未枝打ち林においては、胸高直径9 cm以下の個体は、全てほぼ健全木であった。ほぼ健全木の出現割合の減少は10cmの直径から始まり、その後胸高直径の増加に伴って急激に減少した。一方、発生誘因が枯れ枝の巻き込みに起因すると推定される一部ふくれ木や漏脂病木は、ほぼ健全木の減少に伴い増加した。なお、発生誘因が枯れ枝の巻き込みのみではないと推定される徳利病木の出現割合は、胸高直径の増加に伴う変化が認められなかった。さらに、各樹幹変形木の海拔高ごとにおける出現状況については、一部ふくれ木と漏脂病木は海拔高が高まるに伴って有意に増加した。これに反して、徳利病木は海拔高の上昇とともにおおむね減少の傾向が伺えた。

また、現行の初回枝打ち時期（8～18年生（平均14年生））により胸高直径13～18cmのヒノキでは、枯れ枝の巻き込みに起因すると推定される漏脂病や一部ふくれ木の発生が、枝打ちを全く行わないヒノキに比べて、おおむね半減することが示された。しかし、枝打ち木でも同直径階における漏脂病や一部ふくれ木の出現割合はおおむね3割を占めた。

- 6 平均胸高直径が5.9、9.5、12.8cm（ただし、後者の枝打ち箇所は、樹幹上部で漏脂病の発生が認められない平均直径10.3cmより上部の部位）と異なるヒノキ3林分において、残枝の生じるまたは生じない枝打ち（残枝なしと0.3、0.6cmおよび1cmの残枝あり）をそれぞれ20本のヒノキに対し各10枝で行い、4年後に枝打ち仕様ごとの漏脂病の防除効果を検討した。

その結果、20cm以上の激しい樹脂流出が多数みられたのは、平均胸高直径が12.8cmと最も太い林分のみで、平均胸高直径が5.9cmの林分では、激しい樹脂流出箇所が皆無であり、また9.5cmの林分でも0.3cmおよび1cmの残枝の生じる処理の2枝のみで認められたにすぎなかった。激しい樹脂流出が多数みられた林分は、明らかに遅れ気味の枝打ち（残枝なしの枝打ちでも枝基部が残って残枝となる）であり、調査木13本、15枝の切断面付近から激しい樹脂流出がみられた。激しい樹脂流出の出現本数割合は、残枝なしおよび0.3cmの残枝ありで7%程度、そして0.6cmおよび1cmの残枝ありで31%程度となり、前者で被害が軽減する傾向が認められた。なお、残枝なしで激しい樹脂流出のみられた箇所では、枝打ちの遅れによって生じた残枝が認められた。

- 7 枝打ちは、漏脂病発生予防のため残枝の生じないように行う必要がある。そこで、ヒノキの胸高直径と初回生枝打ち（高さ0～2m）によって生じる残枝の付着割合を枯れ上がりのみられない2林分、そして枯れ上がりのみられる2林分で調査した。

その結果、残枝の付着割合は、胸高直径がおおむね6cmを超えて太くなるほど高まった。枯れ上がりの見られた林分では、胸高直径が太いものほど調査範囲内に着生している生枝の活力低下が著しく、残枝の付着割合が高まったものと思われる。また、枯れ上がりのみられない林分でも、胸高直径が太いものほど着生している生枝間に活力の差が生じ、残枝の付着割合が高まったものと考えられた。

- 8 肥大成長や立木密度の異なる3林分において高さが10mほどのヒノキを伐倒し、樹幹の太さと着生する枝における枝打ち後の残枝の発生状況を調査し、2回目以降（高さ2m以上）の枝打ちの樹幹の太さを検討した。

その結果、残枝の発生は、幹の太さがおおむね6cmを境にして増加すると考えられた。また、幹の太さに対する残枝の発生状況は、肥大成長のよし悪しや、林分の立木密度に

よって差違が生じるとは考えにくく、個体ごとのバラツキと推定された。ちなみに、高さが10mほどのヒノキでは、樹冠長を3mほどにたもつ枝打ちがおおむね残枝を生じさせないことになると推定された。なお、枯れ枝や枝打ち残枝の巻き込みが、微害木、一部ふくれ木、漏脂病木および一部の徳利病木の発生誘因と推定されることから、残枝の生じない適正な枝打ちは、これら樹幹変形木の発生予防に役立つものと考えられた。

はじめに

ヒノキ漏脂病の病徴は、枝の基部や幹の一部から樹脂が激しく流出するとともに年輪幅が減少し、その後形成層が部分的に壊死してついには縦長の溝を形成することにある^{14, 30}。この病原菌は *Cistella japonica* Suto et Kobayashi^{28, 30} とされている。しかし、発生誘因については、昆虫説^{17, 21, 31} や気象害説^{24, 33} 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³⁷ もあって、十分な結論が得られていなかった。そのため、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た^{1, 5}。その結果、多くの病患部の中心部には粗皮の付着した枯れ枝の巻き込みが認められ、昆虫の食害や凍害の痕跡などは全く認められなかった。さらに、長さ1cmの枝基部を残した枝打ち林では、枝打ち跡の1/4ほどから樹脂の激しい流出が見られた。*Cistella* 菌の子のう盤は、枝の基部などの粗皮に多く認められ^{20, 27}、これが樹体内に巻き込まれて形成層などに接することにより菌に感染して発病すると考えられることから、枯れ枝等の巻き込みは漏脂病発生の主誘因と考えた。

しかし、漏脂病と枝打ちの間には、枝打ちが発病を特に促すことはないとの報告^{22, 23, 38}、また逆に発病を引き起こすとの報告^{16, 19, 29, 35}がある。また、枝打ち時期についても、成長期で発病しやすいとの報告²⁹や、枝打ち時期と発病には関連性がないとする報告²³がある。さらに、枝打ちの遅れた林分では、枯枝の着生部で発病したと報告^{1, 5, 16, 29}され、そして適正な枝打ちは漏脂病の発生を予防するとも報告^{1, 5, 18, 23}されていて、現在のところ相互関係は明らかになっていない。

ところで、福島県のヒノキ林では激しい樹脂流出を伴うまたは樹脂流出を伴わない陥没、さらには樹幹下部の一部または全体のふくれた樹幹変形木がかなりの割合で発生している^{1, 5}。

本報告では、まず、樹脂流出を伴わない陥没の発生実態を調べるとともに、陥没箇所を中心部を観察してその発生誘因を調査した。そして、低海拔地から高海拔地までに位置する林齢がおおむね10年から20年生の林分を対象としてヒノキ樹幹の変形区分を試み、区分木の発生状況を調査するとともにその特徴を把握した。次に、樹幹変形の発生に、枯れ枝または枝打ち残枝等の樹体内への巻き込みがどの様に係わっているかを調査し、これら変形木における傷害樹脂道の形成状態を調査した。さらに、漏脂病の病徴を基にして、本病に係わりのあるまたは係わりのない樹幹下部変形木の出現状況と肥大成長および海拔高との関連性を調査した。

また、枝打ちと漏脂病の相互関係を明らかにするため、枝打ち時期および枝打ち仕様の違いによる漏脂病の発生状況、すなわち枝打ち箇所における樹脂流出および陥没等の発生状況を調査し、枝打ち仕様と本病発生の係わりを検討した。そして、現行の初回枝打ち時期による樹幹変形木の出現抑制効果を調査するとともに、枝打ち仕様ごとの枝打ちを実際

に行き、漏脂病の防除効果を検討した。

さらに、枝打ち仕様とヒノキ漏脂病の発生状況の調査結果から、本病の主な発生誘因は、枯れ枝の巻き込み^{1,5,6,7)}と、生枝打ちによって生じた残枝(死節となる)であると推定された^{6,7)}ので、ヒノキの胸高直径と初回生枝打ちによって生じる残枝の付着割合を調査した。また、高さが10mほどのヒノキを対象として2回目以降の枝打ちについても、幹部の太さと枝打ちによる残枝発生割合の関係などを検討した。

樹脂流出を伴わない樹幹陥没の発生と枯れ枝の付着状況^{2,3,4)}

1 調査目的

本県では激しい樹脂流出を伴う陥没の他に、樹脂流出を伴わない陥没も発生している⁵⁾ので、樹脂流出を伴わない陥没の発生実態を調べるとともに、陥没箇所の中心部を観察した。

2 調査方法

調査は、海拔高が520~660mで阿武隈山系に位置する滝根町(現田村市)、小野町、川内村およびいわき市のヒノキ10林分で行った(表-1)。調査林のうち、高さ0~2mにおける枝打ち林は6林分、残り4林分は未枝打ち林である。林分の林齢は15(平均、以下同様)/13~18(範囲、以下同様)年、平均胸高直径は11.3/7~14cmであった。2001年5月から6月にかけて各林分とも50本の個体を対象として、高さ0~2mの幹部における縦長の陥没箇所数とその縦幅(長さ)を5cm括約で調査した。また、陥没の中央部付近において樹脂流出の有無およびその流出長または跡長を調べた。樹脂流出長または跡長は5cm未満、5cm以上20cm未満、20cm以上に区分して測定した。

陥没箇所中心部の観察は、小野町(表-1の3、平均胸高直径14cm)、川内村(同、7、平均胸高直径11cm)およびいわき市(同、10、平均胸高直径14cm)の3林分で行った。2001年6月、3林分において樹幹陥没木をそれぞれ5本地際部から伐倒し(それぞれ調査木~とする)、高さ2m以下の陥没箇所における樹脂流出の有無を確かめた後、伐倒部位から2cm間隔で玉切りして円盤を採取した。円盤は陥没中心部における枯れ枝巻き込みの有無、およびその周辺での樹脂のう形成や形成層の壊死状態等を実体顕微鏡下で観察するとともに、陥没部等の年輪幅をノギスで測定した。

3 結果と考察

各調査林分における樹脂流出の有無および流出長または流出跡長で区分した陥没箇所の発生状況等を表-1に示す。10林分の合計をみると、陥没木の発生割合はほぼ50%で、433箇所の陥没が見られた。陥没箇所のうち、20cm以上の激しい樹脂流出を伴っていたものは16%、5cm以上20cm未満は13%、そして5cm未満が7%となり、全体の36%から樹脂の流出またはわずかな流出(以下、点出)が認められた。一方、全く樹脂流出または点出が認められない陥没は64%に達した。なお、陥没の長さは、50/5~150cmであった。

林分ごとの樹脂流出状況を表-1で見ると、20cm以上の激しい樹脂流出を伴っていた陥没の発生割合が最も高い林分は、滝根町(1)と滝根町(2)および小野町(3)の3林分で、20~32%の陥没箇所が相当した。また、5cm以上の樹脂流出を含めた樹脂流出の発生割合は、36~45%に相当した。しかし、樹脂流出を全く伴わない陥没箇所がほぼ50%を占めていた。次に、発生割合が高い林分はいわき市(9、10)の2林分で、陥没箇

所の11～14%が20cm以上の激しい樹脂流出を伴う陥没に相当した。そして、5cm以上の樹脂流出を含めた樹脂流出の発生割合は11～25%に相当したが、樹脂流出を全く伴わない陥没箇所が71～89%と大部分を占めた。残りの川内村(4、5、6、7)およびいわき市(8)の5林分は、20cm以上の激しい樹脂流出を伴う陥没箇所の発生が全く認められず、樹脂流出を伴わない陥没がほぼ100%に達した。

表 - 1 樹脂流出の有無および流出長または流出跡長で区分した陥没箇所の発生箇所数など

No.	所在地	平均胸 No. 所在地 海拔高 (m)	平均胸 林齢 (年)	平均胸 高直径 (cm)	陥没発生 木本数 (発生率%)	陥没箇所数				陥没長 (cm)	枝打ち 林齢	
						総数 * 1	樹脂流出あり * 2 * 3		樹脂 流出 なし			
1	滝根町	620	14	13	32(64)	59(100)	19(32)	3(5)	5(8)	32(55)	55/15～150	未実施
2	滝根町	560	14	14	41(82)	85(100)	17(20)	14(16)	13(15)	41(49)	55/10～140	未実施
3	小野町	540	13	14	50(100)	126(100)	25(20)	31(25)	11(8)	59(47)	45/5～120	未実施
4	川内村	600	17	10	31(62)	26(100)		1(4)		25(96)	30/20～45	14年生時
5	川内村	620	14	9	8(16)	10(100)				10(100)	30/15～40	11年生時
6	川内村	520	16	7	3(6)	3(100)				3(100)	30/25～40	未実施
7	川内村	560	17	11	28(56)	53(100)		1(2)		52(98)	45/10～120	16年生時
8	いわき市	600	13	9	6(12)	6(100)				6(100)	35/15～60	12年生時
9	いわき市	660	18	12	17(34)	19(100)	2(11)			17(89)	35/15～55	15年生時
10	いわき市	600	16	14	27(54)	46(100)	7(14)	5(11)	2(4)	32(71)	60/20～110	15年生時
合計					243(49)	433(100)	70(16)	55(13)	31(7)	277(64)	50/5～150	

* 1 : 樹脂流出または流出跡長が20cm以上。 * 2 : 樹脂流出または流出跡長が5cm以上、20cm未満。

* 3 : 樹脂流出または流出跡長が5cm未満。

() は総数を100とした時の発生割合。陥没長は平均 / 範囲で表示。

以上の結果から、陥没箇所における樹脂流出の状況は、激しく流出するものから点出するものまでかなり幅広く認められるといえる。また、樹脂流出を全く伴わない陥没箇所は、林分によってはほぼ50%から100%とかなりの割合で発生していることが示唆された。

採取した樹幹陥没部等の円盤面における年輪成長幅を調査するにあたって、円盤面に現れる特徴を以下のようにとらえた。一般に、ヒノキ樹幹下部における年輪幅は、高くなるにつれて狭まるかあるいは高さによる差がほとんどない。しかし、漏脂病罹病部位では、激しく樹脂を流出しつつ徐々に年輪幅が減少し、ついには形成層が壊死して年輪が形成されなくなる³⁰⁾。そのため、罹病中心部位は上、下の円盤面より年輪数が減少する。また、形成層の壊死まで至っていない場合は、罹病部位より上方の円盤面において年輪幅が広がる(年輪幅の逆転)現象が生じる。以上の考えを基に、樹幹部に発生した陥没の形態を次のように区分した。

a : 樹脂滲出、枯れ枝確認の陥没。陥没箇所の中心部で枯れ枝の巻き込みが認められ、かつ樹脂のう形成が認められる。または、形成された樹脂のうから樹脂が樹体外へ流出または点出する(ここでは、樹脂流出の多少にかかわらず、流出または点出の認められた陥没を便宜上、樹脂滲出が認められたものとする)。そして、枯れ枝の着生部から形成層が壊死、または壊死しないまでも年輪幅が減少し、樹幹上方に向かって年輪幅の逆転現象が認められる。なお、年輪幅の逆転現象が採取した円盤面の最下部に現れて枯れ枝の巻き込みが確認できなかった陥没は、 b : 樹脂滲出、枯れ枝未確認の陥没とした。

a：樹脂なし、枯れ枝確認の陥没。陥没箇所を中心部で枯れ枝の巻き込みが認められるものの、樹脂のうは形成されず、樹脂の滲出が認められない。そして、枯れ枝の着生部から年輪幅が減少し、樹幹上方に向かって年輪幅の逆転現象が認められる。ここでも、上述した理由により枯れ枝の巻き込みが確認できなかった陥没は、 b：樹脂なし、枯れ枝未確認の陥没とした。

：成長の歪みによる陥没。陥没箇所を中心部で枯れ枝の巻き込みおよび樹脂の滲出が認められず、かつ年輪幅の逆転現象も認められない。 aから bの陥没が発生している円盤面では、後述するように隣接する部位で年輪幅が異常に増加する現象が認められた。このため、年輪幅異常増加部に隣接する箇所が、見かけ上陥没して見える現象である。

：原因の特定できる物理的な陥没または隆起。昆虫による食害痕、枝カラーの発達などによる物理的な陥没または隆起箇所原因が特定できるもの。

：原因の特定困難な陥没。

図 - 1 には、いわき市で伐倒した調査木 の地際部に最も近い円盤面（地上高3cm）を示した。Aは樹脂滲出、枯れ枝未確認の陥没 bで、Bは樹脂なし、枯れ枝確認の陥没 aである。Aでは大規模に樹脂のうが形成され、かつ最も外側の4年輪が欠損し、年輪の欠損は最下円盤面より20cm上部の円盤面（以下、高さ20cmの円盤面）まで及んでいた。また、陥没は地際部から始まり、95cmの長さには達していた。そして、最近5カ年間の高さごとの年輪幅は最下円盤面で0.6mm、高さ12cmの円盤面で2.7mm、同30cmの円盤面で6.9mm、同60cmの円盤面で14.1mmとなり、上方に向かって年輪幅が広がる逆転現象が認められた。また、 aの樹脂なし、枯れ枝確認の陥没Bは、年輪の欠損が認められなかったもの（全て樹脂なしのタイプに属するものは、年輪の欠損が認められなかった）、陥没長は65cmに及んでいた。そして、最近5カ年間の高さごとの年輪成長幅は最下円盤面で7.6mm、高さ12cmの円盤面で8.5mm、同60cmの円盤面で21.4mmとなり、Aと同様に上方に向かって年輪幅の逆転が認められた。さらに、AやBに隣接する部位（図中のC、D）では、年輪幅が異常に増加する現象（ふくれ）が発生していた。なお、ふくれは、 aから bの陥没箇所に隣接する部位で普遍的に認められた。

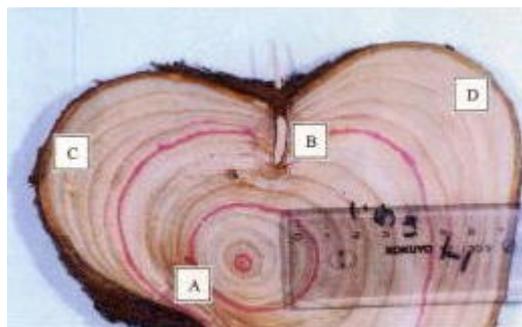


図 - 1 いわき市調査木 の最下円盤面

円盤面の太線は外側から5年輪ごとの年輪。

- A：樹脂滲出、枯れ枝未確認の陥没 b（最も外側の4年輪が欠損し、樹脂のうが形成される）、
B：樹脂なし、枯れ枝確認の陥没 a。C、D：年輪成長幅の異常増加箇所。

図 - 2 には、小野町で伐倒した調査木 の最下円盤面（地上高3cm）の状況を示した。年輪幅の異常増加箇所D、Eに挟まれた陥没箇所Cは、枯れ枝の巻き込みおよび樹脂滲出

のない成長の歪みにより発生した陥没 で、陥没長が25cmに達していた。最近5カ年間の高さごとの年輪幅は最下円盤面で36.3mm、高さ10cmの円盤面で33.8mm、同20cmの円盤面で33.0mmとなり、上方に向かって年輪幅が広がる逆転現象は認められなかった。

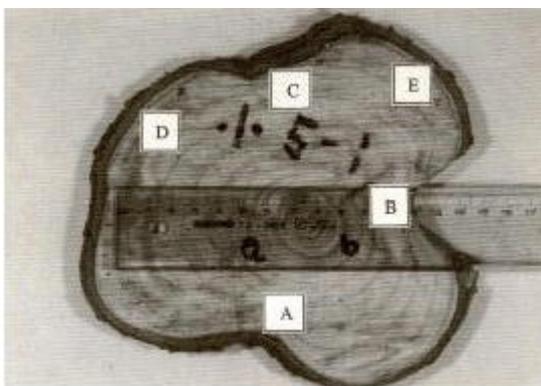


図 - 2 小野町調査木の最下円盤面

- A: 樹脂なし、枯れ枝未確認の陥没 b。
- B: 樹脂なし、枯れ枝確認の陥没 a。
- C: 成長の歪みによる陥没。
- D, E: 年輪成長幅の異常増加箇所。

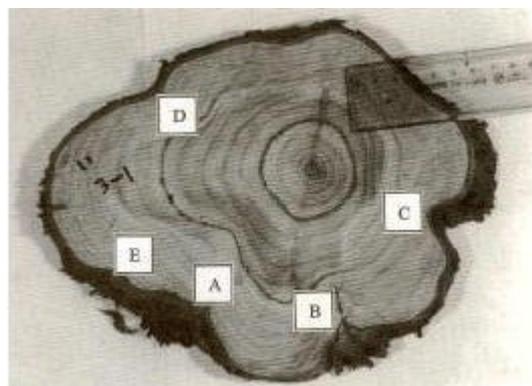


図 - 3 いわき市調査木の最下円盤面

- 円盤面の太線は外側から5年輪ごとの年輪。
- A: 樹脂滲出、枯れ枝未確認の陥没 b (最も外側の1年輪が欠損)。
- B: 樹脂なし、枯れ枝確認の陥没 a。
- C: 樹脂なし、枯れ枝未確認の陥没 b。
- D: 樹脂なし、枯れ枝確認の陥没 a。
- E: 成長の歪みによる陥没。

図 - 3 には、いわき市で伐倒した調査木の最下円盤面(地上高5cm)の状況を示した。陥没箇所Bは樹脂滲出がなく、また巻き込まれた外樹皮は下部で枯れ枝を巻き込んだ痕跡と見られた。すなわち、Bは陥没 aと考えられ、陥没長が40cmに及んでいた。そして、年輪幅に減少が見られた外側2～4年輪間、すなわち1、2年前の年輪幅(当年の年輪幅が異常に増加したため、最近5カ年間の年輪幅では逆転現象は認められない)は、最下円盤面で3.3mm、高さ14cmの円盤面で7.9mm、同30cmの円盤面で9.1mmとなり、上方に向かって年輪幅が広がる逆転現象が認められた。

表 - 2 には、調査した3林分合計15本の調査木に現れた陥没を発生形態区分ごとに示した。これによると、樹脂滲出のあった陥没は計16カ所(全体の24%)であった。これを陥没の発生形態区分ごとに見ると、枯れ枝確認 aが14カ所(滲出のあった陥没の87%)で、残り2カ所(同、13%)が枯れ枝未確認 bであった。なお、原因の特定できる物理的な陥没または隆起、および原因の特定困難な陥没の発生は認められなかった。

また、樹脂なしの陥没は計51カ所(全体の76%)であり、枯れ枝確認 aが34カ所(樹脂なし陥没の66%)と大部分を占めた。そして、成長の歪みが11カ所(同、22%)、枯れ枝未確認 bが6カ所(同、12%)と続いた。ところで、は前述したように aから bの陥没による隣接部位のふくれがもたらす見せかけ上の陥没である。そこで、この見せかけ上の陥没を差し引いて、陥没発生形態を検討する。の陥没を差し引くと樹脂なし陥没は40カ所となり、aの枯れ枝確認が85%、bの枯れ枝未確認が15%となる。ちなみに、bおよび bは、根株付近で枯れ枝の確認される可能性が高いものと予想される。これらのことから、樹脂なしすなわち樹脂流出を伴わない陥没の中心部には、樹脂流出を伴う陥没^{1,5)}と同様で、おおむね枯れ枝の巻き込みが認められるものと推定された。なお、

表 - 2 陥没の発生数とその形態区分

調査 林分	陥没の発生形態箇所数							計
	a		b					
小野 (34)	(42)		(10)		(14)			(100)
町	10	0	12	3	4	0	0	29
いわ (19)	(12)	(45)	(12)	(12)				(100)
き市	3	2	7	2	2	0	0	16
川内 (5)	(67)		(5)		(23)			(100)
村	1	0	15	1	5	0	0	22
合計 (21)	(3)	(51)	(9)	(16)				(100)
	14	2	34	6	11	0	0	67

()内は%。 a: 樹脂滲出、枯れ枝確認の陥没。 b: 樹脂滲出、枯れ枝未確認の陥没。 a: 樹脂なし、枯れ枝確認の陥没。 b: 樹脂なし、枯れ枝未確認の陥没。 : 成長の歪みによる陥没。 : 原因の特定できる物理的な陥没または隆起。 : 原因の特定困難な陥没。



図 - 4 全く樹脂流出を伴わない陥没箇所
内は陥没箇所（地際部の様相）

これらのことから、樹脂なしすなわち樹脂流出を伴わない陥没の中心部には、樹脂流出を伴う陥没^{1,5)}と同様で、おおむね枯れ枝の巻き込みが認められるものと推定された。なお、枯れ枝の巻き込み箇所における陥没の発生割合は、林分によって数%から数10%と開きが見られた。図 - 4 には、樹脂なしすなわち全く樹脂流出の伴わない陥没箇所を示す。陥没箇所の中心付近で枯れ枝が付着していることが分かる。ヒノキ林では、このような陥没がかなりの割合を占めていた。

今回の福島県における調査結果から、ヒノキの枯れ枝の巻き込み部位では、数%から数10%の発生頻度で樹脂の流出または点出を伴い、また残りの箇所では樹脂流出等を伴わない陥没が多数発生していることが判明した。

ヒノキ樹幹の変形区分と区分木の発生状況⁸⁾

1 調査目的

福島県のヒノキ林では、激しい樹脂流出を伴うまたは樹脂流出を伴わない陥没、さらには樹幹下部の一部または全体のふくれた樹幹変形木がかなりの割合で発生している^{2,4)}ので、低海拔地から高海拔地までに位置する林齢がおおむね10~20年生の林分を対象としてヒノキ樹幹の変形区分を試み、区分木の発生状況を調査するとともにその特徴を検討した。

2 調査方法

調査林は、海拔高が100~650mに位置する中・浜通りの林齢が7~23年生のヒノキ22林分で、平均胸高直径が4.8~19.4cmであった。調査林のうち、高さ0~2mにおける枝打ち林は12林分(枝打ち林齢は施業記録から、10~18年生)、残り10林分は未枝打ち林であった。2002年5月から2003年6月にかけて各林分とも、平均的な成長の見られる1区画を選定し、それぞれ50本の個体を対象として胸高直径を測定後、樹幹下部(高さ0~2mの樹幹部)における陥没の発生箇所数とその縦幅(長さ)を5cm括約で調査し、陥没箇所からの樹脂流出または流出跡長を調べた。樹脂流出または流出跡長は、なし、5cm未満、5cm以上10cm未満、10cm以上20cm未満および20cm以上に分けて調査した。

そして、樹幹下部に全く陥没等の変形がなくほぼ正円筒形のものを健全木(図 - 5)とした。また、樹脂流出の有無にかかわらずわずかな陥没がある状態で、変形のさほど目

立たないものを微害木（図 - 6）、陥没の深みが大きく溝状となり、隣接する樹幹の一部



図 - 5 健全木
(陥没等の変形がなく、樹幹はほぼ正円筒形)



図 - 6 微害木
(樹幹下部の枯れ枝付着部に樹脂流出のないわずかな陥没が見られるが、さほど目立たない)

がふくれている⁴⁾ものを一部ふくれ木（図 - 7）とした。次に、樹幹下部が全体的にふくれて徳利病の症状^{15,32)}を呈するものを全ふくれ木（図 - 8）、さらに形成層が壊死したためか陥没の深みが極めて大きく、樹幹が不規則に変形したものを激害木（図 - 9）とし、樹幹の変形状態を5つに区分した。なお、漏脂病罹病木の場合は、多量の樹脂流出を伴い樹幹の変形が、微害から激害症状へと継続的に進行する^{14,30)}ものであり、従って本節での樹幹変形区分は調査時における樹幹の変形状態をとらえたものにすぎない。また、全ふくれと激害症状を併発しているものが全体で4本存在したが、これは激害木の範疇に含めた。



図 - 7 一部ふくれ木
(樹幹下部の枯れ枝付着部に樹脂流出のない大きな陥没が見られ、隣接する樹幹の一部が異常成長してふくれる)



図 - 8 全ふくれ木
(患部に樹脂流出はなく、樹幹下部が全体的にふくれる)



図 - 9 激害木
(形成層が壊死して縦長の溝が形成され、幹が不規則に変形)

3 結果と考察

全調査木の陥没総発生数と樹幹変形区分木1本あたりの陥没発生数およびその樹脂流出または流出跡長等は、表 - 3 に示した。これによると、激害木の発生割合は7.2%、全ふ

くれ木は6.4%、以下一部ふくれ木が22.4%、微害木が28.7%、健全木が35.3%であった。また、陥没の総数は1,555カ所であり、樹脂流出なしがほぼ70%を占め、残り30%ほどで樹脂の流出が見られた。樹脂の流出が見られた491カ所の陥没のうち、242カ所（樹脂流出のみられた陥没の49.3%）で20cm以上の多量の流出または流出跡（以下、流出）が認められ、そして134カ所（同、27.3%）では10cm以上20cm未満の流出が見られた。また、53カ所（同、10.8%）で5cm以上10cm未満の流出、そして62カ所（同、12.6%）で5cm未満の流出が見られた。

樹幹の変形区分ごとに陥没の発生数とその樹脂流出状況を見ると、激害木は樹脂流出の見られた陥没数が1本あたり2.78カ所、また樹脂流出の見られなかった陥没数が2.90カ所で、計5.68カ所の陥没が発生していた。そして、全ふくれ木は1本あたりそれぞれ0.56、1.93、計2.49カ所の陥没が発生していた。以下、一部ふくれ木が0.57、1.47、計2.04カ所、微害木が0.29、1.07、計1.36カ所、健全木がそれぞれ0カ所であった。すなわち、樹脂流出の見られる陥没および樹脂流出なしの陥没は、激害木が最も多く発生し、次いで全ふくれ木および一部ふくれ木、そして微害木と続いた。さらに、樹脂流出なしの陥没数は、健全木を除いたいずれの区分木においても、樹脂流出の見られる陥没より数多く発生していた。

表 - 3 陥没総発生数および樹幹変形区分木1本あたりの陥没発生数とその樹脂流出または流出跡長

変形区分	調査 本数 (本)	陥没数 (カ所)	1本あたりの陥没発生数(カ所)						樹脂流 出なし	合計
			樹脂流出または流出跡長(cm)							
			20	10	<20	5	<10	<5		
激害木	79 (7.2)	449	1.82	0.76	0.06	0.14	2.78	2.90	5.68	
全ふくれ木	70 (6.4)	174	0	0.30	0.13	0.13	0.56	1.93	2.49	
一部ふくれ木	246 (22.4)	503	0.27	0.15	0.07	0.08	0.57	1.47	2.04	
微害木	316 (28.7)	429	0.10	0.05	0.07	0.07	0.29	1.07	1.36	
健全木	389 (35.3)	0	0	0	0	0	0	0	0	
合計	1,100 (100)*	1,555 (100)**	242 (15.6)	134 (8.6)	53 (3.4)	62 (4.0)	491 (31.6)	1,064 (68.4)		

() *は調査総本数に対する発生割合%

() **は陥没総数に対する発生割合%

次に、20cm以上と多量の樹脂流出を伴った陥没箇所数を見ると、激害木が1本あたり1.82カ所と最も多く、次いで一部ふくれ木の0.27カ所、そして微害木で0.10カ所となった。ちなみに、全ふくれ木で20cm以上の樹脂流出を伴ったものは激害症状を呈していたので、前述のとおり激害木の範疇に含めた。また、樹脂流出10cm以上20cm未満では、激害木で1本あたり0.76カ所と最も多く、次いで全ふくれ木の0.30カ所、一部ふくれ木の0.15カ所、そして微害木の0.05カ所と続いた。

表 - 4には、樹幹変形区分木ごとの各個体における陥没箇所のうち、最大樹脂流出長の出現状況を示した。激害木については、20cm以上と多量の樹脂流出を伴う個体の出現割合は100%であり、また一部ふくれ木は21.1%、微害木は9.2%がこれに相当した。これらは樹幹変形区分がまちまちであるが、多量の樹脂流出を伴ったことから漏脂病^{14,30)}の罹病木と考えられる。しかし、一部ふくれ木は樹脂流出なしの個体がほぼ60%を占め、さらに微

表 - 4 樹幹変形区分木ごとの各個体における陥没箇所のうち、最大樹脂流出または流出跡長の出現状況 (本)

変形区分	調査 本数	最大樹脂流出長または流出跡長				樹脂流 出なし	陥没が ない
		20cm	10cm	5cm	0cm <		
激害木	79 (100)	79 (100)	-	-	-	-	-
全ふくれ木	70 (100)	-	18 (25.7)	21 (30.0)	27 (38.6)	41 (58.5)	2 (2.9)
一部ふくれ木	246 (100)	52 (21.1)	72 (29.3)	81 (32.9)	99 (40.2)	147 (59.8)	-
微害木	316 (100)	29 (9.2)	48 (15.2)	57 (18.0)	60 (19.0)	256 (81.0)	-

() は各樹幹変形区分木に占める出現割合%

害木では80%を超えて大部分を占めた。なお、全ふくれ木における樹脂流出なしの個体はほぼ60%を占め、かつ陥没の観察されなかった個体も3%ほど存在した。

ここで、樹幹の陥没の長さを樹脂流出長ごとに算出すると、20cm以上で74.6±4.3(95%信頼度)cm(n=242)、10cm以上20cm未満で55.2±4.4cm(n=134)、5cm以上10cm未満で55.6±8.5cm(n=53)、5cm未満で47.5±5.6cm(n=62)そして樹脂流出なしで45.1±1.4cm(n=1,064)となり、おおむね樹脂流出長が長いもので陥没の長さが大きい傾向が伺えた。しかし、最も長い樹脂流出20cm以上の陥没長が平均で74.6cm、そして最も短い樹脂流出なしの陥没長でも平均45.1cmであり、後者は前者の60%ほどの長さを持ち、かつ発生数がかかり多かった。

最後に、未枝打ち10林分(林齢が7~16年生、平均胸高直径が4.8~14.9cm)の合計500本の個体について、胸高直径ごとの樹幹変形区分木の出現状況を表-5に示す。

表 - 5 未枝打ち10林分における調査個体の胸高直径*(2cm括約)と樹幹変形区分木の出現数

胸高 直径 (cm)	樹 幹 変 形 区 分					計
	健全木	微害木	一部ふくれ木	全ふくれ木	激害木	
3-4	30(100)					30(100)
5-6	71(100)					71(100)
7-8	30(75)	10(25)				40(100)
9-10	17(60.7)	7(25)	4(14.3)			28(100)
11-12	25(32.2)	32(43.8)	14(19.2)	1(1.4)	1(1.4)	73(100)
13-14	17(17.7)	26(27.1)	35(36.4)	7(7.3)	11(11.5)	96(100)
15-16	8(7.6)	20(19)	44(42)	10(9.5)	23(21.9)	105(100)
17-18	2(4.9)	11(26.8)	17(41.5)	3(7.3)	8(19.5)	41(100)
19-20		3(33.3)	4(44.5)	1(11.1)	1(11.1)	9(100)
21-22		2(40)	1(20)	1(20)	1(20)	5(100)
23-24		1(50)	1(50)			2(100)
計	200(40.0)	112(22.4)	120(24.0)	23(4.6)	45(9.0)	500(100)

胸高直径*: 小数点以下を切り上げて、2.1cmから2.0cmの範囲を3cm、3.1cmから4.0cmの範囲を4cmと整数で表示(以下、同様)。() は各直径階ごとの出現割合(%)。

これによると、5~6cmの直径階(胸高直径が4.1~6cm)以下では全てを健全木が占めた。しかし、7~8cmの直径階(同、6.1~8cm)では、健全木の出現割合が75%と低下

し、微害木が25%出現した。また、直径階が9~10cm(同、8.1~10cm)では、健全木が60.7%、微害木が25%で、新たに一部ふくれ木が14.3%出現した。さらに、直径階が17~18cm(同、17.1~18cm)になると、健全木が4.9%、微害木が26.8%、一部ふくれ木が41.5%、全ふくれ木が7.3%、激害木が19.5%出現した。そして、健全木は19~20cm以上の直径階では、見られなくなった。

以上の結果から、福島県の10~20年生前後のヒノキ林においては、健全木の発生割合は35%ほどで、陥没の程度に応じて微害木、一部ふくれ木そして激害木が計58%ほど出現し、さらに陥没発生との係わりは不明だが、全ふくれ木が6%ほど発生していることが判明した。しかし、陥没箇所のうち樹脂流出の認められるものは全体の30%ほどで、残り70%からは樹脂の流出が認められなかった。そして、樹脂流出の認められた全体の30%ほどの陥没のうち、約半数が20cm以上の多量の流出を伴い、また1/4ほどで10cm以上20cm未満の流出を、そして5cm以上10cm未満および5cm未満の流出を伴うものがそれぞれ1/8ほどを占めた。これらの傾向は、前報⁴⁾とおおむね一致した。なお、樹幹変形木は、未枝打ち個体において胸高直径が7~8cmの直径階(胸高直径が6.1~8cm)から微害木として出現し始め、直径階が大きくなるほど一部ふくれや全ふくれそして激害木の出現割合が増加した。

また、各樹幹変形木1本あたりの陥没数は、激害木で5.68カ所と最も多く、次いで全ふくれ木の2.49カ所、一部ふくれ木の2.04カ所、そして微害木の1.36カ所で、激害木で陥没の発生数が多かった。また、20cm以上の多量の樹脂流出を伴う陥没にあっては、激害木で1本あたり1.82カ所とかなりの発生を見たが、その他の変形木では0.27カ所を下回った。また、激害木では、樹脂流出20cm以上の陥没を有する個体が100%であった。しかし、その他の変形木での発生は10~30%ほどで、10cm以上の陥没を有する個体も5~30%ほどしか存在しなかった。なお、樹脂流出の見られなかった陥没は、樹幹変形区分木全てにおいて樹脂流出の見られた陥没より数多く発生していた。

形成層が壊死したためか陥没の深みが極めて大きく、樹幹が不規則に変形した激害木や一部ふくれ木および微害木の一部は、20cm以上の多量の樹脂流出を伴ったことから、漏脂病の典型的な症状^{14,28,30)}と判断される。しかし、微害木および一部ふくれ木の大部分は、樹脂流出を伴わない陥没のみを有するものが多く、外見上漏脂病と認めがたいものと考えられた。なお、徳利病の症状を呈する全ふくれ木の発生と陥没発生との係わりは不明であった。

一部ふくれ木および徳利病木の発生と枯れ枝の巻き込みとの係わりおよび樹幹変形木における傷害樹脂道の形成状態

1 調査目的

本節では、枯れ枝等の巻き込みによる陥没によって発生すると推定される一部ふくれ木と、陥没発生に係わりが不明な徳利病木の樹体を解析し、病徴発生と枯れ枝等の巻き込みとの係わりを検討する。また、健全木、微害木、一部ふくれ木、漏脂病木(樹脂流出型)および徳利病木における傷害樹脂道の形成状態を調査した。

2 調査方法

調査木の採取場所は、いわき市、塙町、川内村、小野町、滝根町(現田村市)、梁川町(現伊達市)および月舘町(現伊達市)のヒノキ7林分で、海拔高が200~560m、林齢が

13～30年生であった。2002年10月から2003年12月にかけて、一部ふくれ木5本（～）と徳利病木5本（～）の計10本を伐倒し、樹幹陥没部からの樹脂流出状況を調査後、高さ1.5mまでの範囲を2cm間隔で玉切って円盤を採取した。そして、円盤面に現れたふくれや陥没の状況および枯れ枝の巻き込み箇所を観察するとともに、髓を中心として22.5度の角度で円盤面を等分し、16カ所の半径を測定した。なお、調査木の胸高直径は17.1（平均、以下同様）/11～23（範囲、以下同様）cm、高さは9.5/7～12.5mであった。



図 - 10 漏脂型の漏脂病木

（患部から長さ20cm以上の樹脂が激しく流出するとともに、肥大成長が停止して樹幹が扁平に変形）

さらに、2004年4月から5月にかけて、上記の林分のうちいわき市、塙町、小野町および滝根町（現田村市）のヒノキ4林分において、スギカミキリ等による傷のない健全木6本、微害木3本、一部ふくれ木3本、漏脂病木（樹脂流出型、図 - 10）6本と徳利病木4本の計22本を選定した。そして、それぞれの病徴を示す部位とその直上部および健全部において、垂直方向に20cm間隔で幅3cmの内樹皮を、1本あたり5枚ほど採取（得られた試料は10%ホルマリン液で保存）し、その後随時実体顕微鏡により傷害樹脂道の形成状態を調べた。試料の内樹皮各年輪に形成された樹脂道は以下の3つに区分した。1：内樹皮の各年輪において樹脂道が存在しない。または3cm幅に連続して分布しない。2：内樹皮のある年輪においてのみ樹脂道が連続して分布する。3：内樹皮の連なる数年輪にわたって、樹脂道が連続して分布する。なお、調査木の胸高直径は17.6/11～24.5cm、高さは10/7.5～13mであった。

3 結果と考察

一部ふくれ木の高さ6cmおよび70cmにおける樹幹の円盤面を図 - 11に示した。高さ6cmの円盤面（左図）をみると、左側面に陥没が生じ、そして右側面でふくれていることが分かる。陥没箇所における年輪幅の減少は11年輪頃から始まっており、高さ2cmの円盤面で陥没部に枯れ枝の巻き込みが認められた。枯れ枝の巻き込み箇所では、形成層の壊死が

認められなかったものの、長さ6cmほどの樹脂流出が観察された。なお、高さ70cmの円盤面（右図）はほぼ正円に近い状態にあったが、左側面でわずかな凹みが見られた。

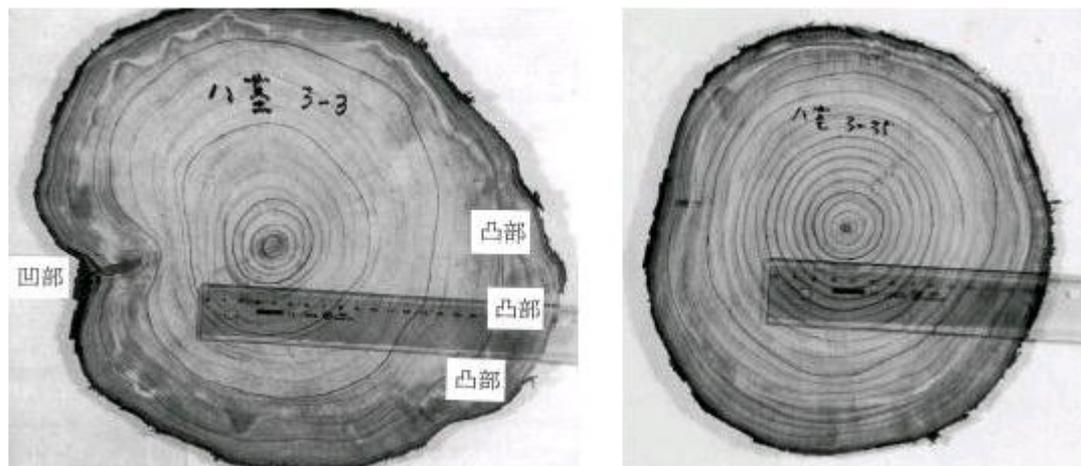


図 - 11 一部ふくれ木の円盤面
 高さ6cmの部位 (左側面に陥没が生じ、そして左側面でふくれる)
 高さ70cmの部位 (ほぼ正円状態にある)

図 - 12には、一部ふくれ木の 高さ別枯れ枝の巻き込み本数と、枯れ枝の巻き込み箇所
 で年輪幅の減少が引き起こされる前の10年輪、および年輪幅の減少発生後の30年輪時にお
 ける平均半径を示した。半径は陥没部として1カ所（図 - 11中の凹部）またふくれ部とし
 て3カ所（図 - 11の凸部）そして残り12カ所はその他として計測した。これによ
 ると、10年輪時の平均半径はふくれ部、陥没部およびその他で差が見られなかつた。し
 かし、30年輪時には、ふくれ部の年輪幅増加が明瞭で、高さ30cm付近の円盤面で最
 もふくれ、そして高さが60cmを超えるとその他とほぼ同様な半径になった。また、
 陥没部の半径は、ほとんど高さごとの差が見られなかつた。なお、高さ40cm
 以下の樹幹に巻き込まれた枯れ枝は13本であった。

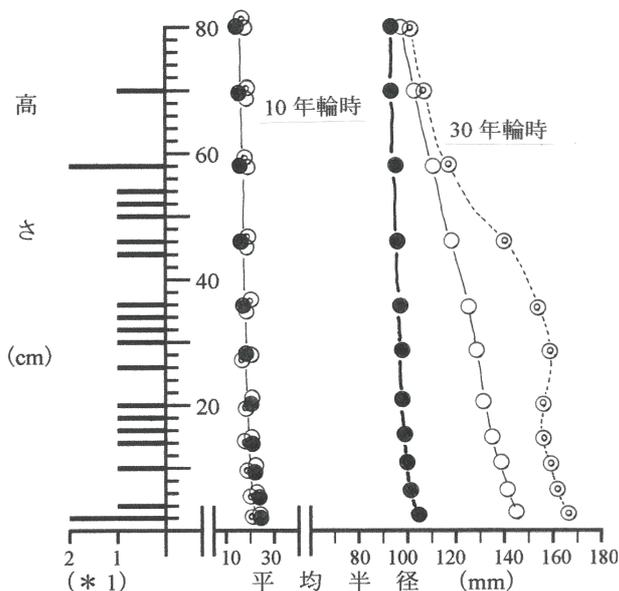


図 - 12 高さ別枯れ枝の巻き込み本数と部位別平均半径（一部ふくれ木）
 (*1): 枯れ枝の巻き込み本数(本)、○: 陥没(凹)部、●: ふくれ(凸)部、■: その他

図 - 13には、一部ふくれ木 における高さ6cmの円盤面に対する高さ40cm以下の樹幹に
 巻き込まれた枯れ枝13本の投影配置分布を示した。枯れ枝の直径は2.0/1.0~2.8mmで、主
 に円盤面の左上半部に分布したが、年輪幅の減少を伴った枯れ枝の巻き込みは、高さ2cm

の円盤面に出現した1本のみであった。なお、当該箇所は前述したように、形成層の壊死が認められなかったものの、長さ6cmほどの樹脂流出がみられた。なお、残り12本の枯れ枝の巻き込み箇所では、樹枝流出を全く伴わずかつ陥没も観察されなかった。

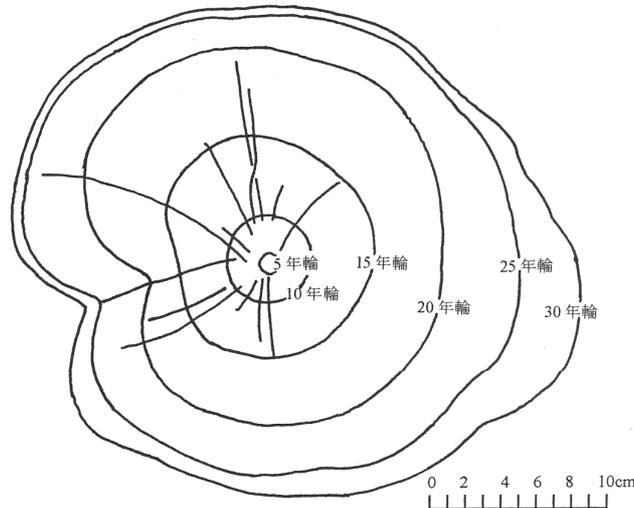


図 - 13 高さ6cmの円盤面に対する40cm以下の樹幹に巻き込まれた枯れ枝13本の投影配置分布（一部ふくれ木）
（陥没部の枯れ枝巻き込み箇所、年輪幅の減少がみられる）

図 - 14には、一部ふくれ木の樹幹下部の様相と枯れ枝着生部位の円盤面を示した。樹幹の陥没は中央面下部（左図）で認められ、その中心部には枯れ枝の巻き込みがみられ、隣接部位でふくれが生じていた。年輪幅のふくれ現象は枯れ枝の巻き込みによる年輪幅の減少時期に符合していた（右図）。また、当該木はこの他に2カ所で樹幹の陥没が生じ、いずれもその中心部で枯れ枝の巻き込みと隣接する部位での樹幹のふくれが認められた。なお、巻き込まれた枯れ枝の直径は1.5～8.6mmで、巻き込み箇所での樹脂流出および形成層の壊死は3カ所とも認められなかった。



図 - 14 一部ふくれ木の樹幹下部の陥没（左図）と枯れ枝着生部位の円盤面（右図）

一部ふくれ木、およびの樹幹下部の様相を図-15に示した。いずれも枯れ枝の巻き込み(印)が誘因となって、樹脂流出や形成層の壊死を伴わない陥没(年輪幅の減少)が発生して、隣接する部位でふくれ症状が引き起こされていた。

これら一部ふくれ木～のふくれの発生誘因は、陥没箇所に隣接する部位で年輪幅が異常に増加する現象⁴⁾と推定される。なお、陥没発生に伴うふくれ現象の出現は、樹木自らが樹幹断面に均一な応力をかける(応力均一化の原理)ように成長する¹²⁾ためと予想されるが、これには具体的な証明が必要である。



一部ふくれ木 一部ふくれ木 一部ふくれ木

図-15 一部ふくれ木、の樹幹下部の様相

図-16には、徳利病木の樹幹下部の様相を示した。樹幹下部が満遍なくふくらんでいることが分かる。また、図-17には、徳利病木の高さ2cmおよび40cmにおける円盤面を示した。高さ2cmの円盤面(右図)をみると、樹幹の軽微な陥没はおおむね15年輪以降に発生しており、その総数は明瞭なものだけでも12カ所に達している。円盤面では、6カ所の年輪幅減少箇所(点)で枯れ枝の巻き込みが観察される。ちなみに、高さ14cmまでの円盤面に5カ所の陥没箇所で枯れ枝の巻き込みが観察されたことから、枯れ枝の巻き込みによって発生した陥没箇所は11カ所であった。そして、枯れ枝を巻き込んで発生した全ての陥没箇所では、樹脂の流出も形成層の壊死もみられず、これに隣接する箇所ではいずれも年輪幅の異常増加が認められた。残り1カ所の陥没は枯れ枝の巻き込みが観察されず、枯れ枝の巻き込み箇所に隣接する年輪増加部の狭間、すなわち成長の歪みによる陥没⁴⁾に相当した。これらから、明瞭な12カ所の樹幹の陥没は全て枯れ枝の巻き込みに起因したものと考えられた。



図-16 徳利病木の樹幹下部の様相
(注) 樹幹下部が満遍なくふくらんでいる

なお、高さ40cmの円盤（左図）は、ほぼ正円に近い状態にあった。ところで、枯れ枝の巻き込みによって樹幹に陥没が生じた箇所での大部分では、その後年輪幅の回復と増加が認められ、回復後の年輪幅は隣接箇所と比較して1.5/1.2~2.8倍に達した。

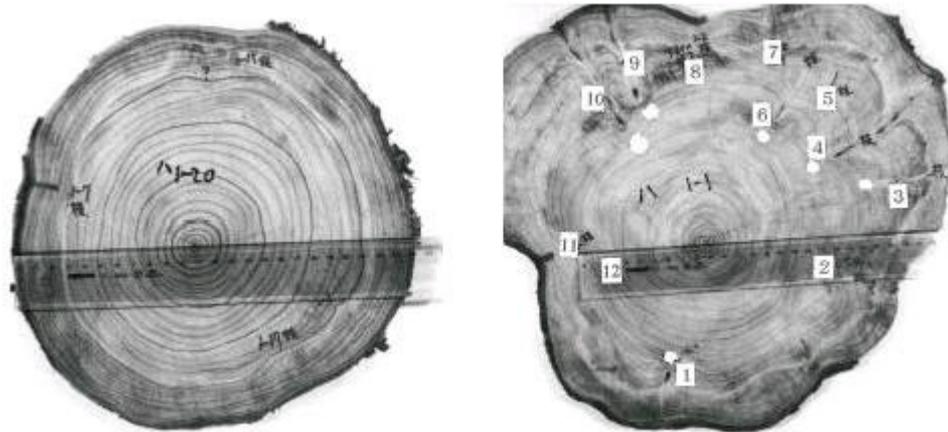


図 - 17 徳利病木 の円盤面

高さ40cmの部位（ほぼ正円状態にある）

高さ2cmの部位（樹幹の変形が大きく、かつ枯れ枝の巻き込み箇所での陥没、年輪幅の減少がみられる）

徳利病木 の高さ別枯れ枝の巻き込み本数と、5年輪ごとの平均直径を図 - 18に示した。枯れ枝の巻き込み箇所での年輪幅の減少が始まったのは、前述のとおりおおむね15年輪以降であった。これによると、15年輪時までの平均半径（ --- 印）は高さごとにほぼ正常な値を示した。しかし、20年輪以降の半径（ — 印）をみると、高さ40cm以下の部位で全体のふくれが始まり、30年輪時点（ — 印）では全体のふくれが大きくなった。なお、高さ20cm以下の樹幹に巻き込まれていた枯れ枝は29本であった。

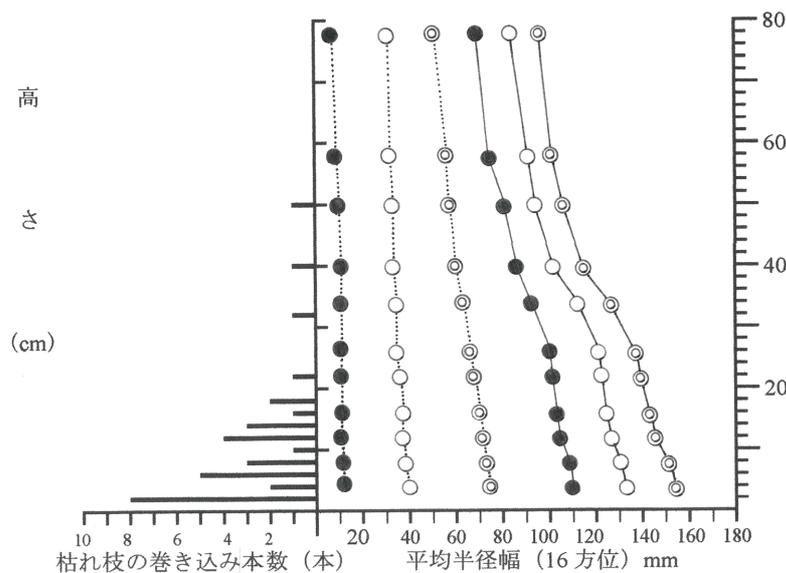


図 - 18 徳利病木 の高さ別枯れ枝の巻き込み本数と5年輪ごとの平均半径

--- : 5年輪時、 - - - : 10年輪時、 - · - · - : 15年輪時（枯れ枝巻き込み箇所での年輪幅減少前）
 — : 20年輪時、 — — — : 25年輪時、 — — — : 30年輪時（枯れ枝巻き込み箇所での年輪幅減少後）

図 - 19には、徳利病木 における高さ2cmの円盤面に対する20cm以下の樹幹に巻き込まれた枯れ枝29本の投影配置分布を示した。枯れ枝の直径は1.7/0.8~2.9mmで、円盤面全体に満遍なく分布し、枯れ枝の巻き込み箇所が多くで軽微な陥没の発生、すなわち年輪幅の減少が読みとれる。

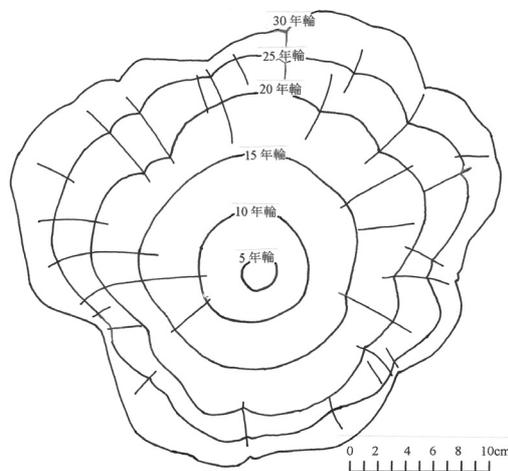


図 - 19 高さ2cmの円盤面に対する20cm以下の樹幹部に巻き込まれた枯れ枝29本の投影配置分布 (徳利病)

(注) 枯れ枝巻き込み箇所が多くで、年輪幅の減少 (軽微な陥没) がみられる。

ここで、徳利病木 の半径および年輪成長幅の変化係数 (ピアソンによる変化係数、標準偏差 / 平均値) を算出し、樹幹にふくれが生じた前後の変異を検討する (図 - 20)。これによると、樹幹にふくれの認められない15年輪時における高さ40cm以下の部位の半径の変化係数 (○印) は、0.09以下であった。また、樹幹にふくれが生じた30年輪時における同部位の変化係数 (●印) は15年輪時よりも若干大きくなったものの、樹幹下部を除くと0.12以下であり大差のない値を示した。これに対して、高さ40cm以下の部位の16~20年輪

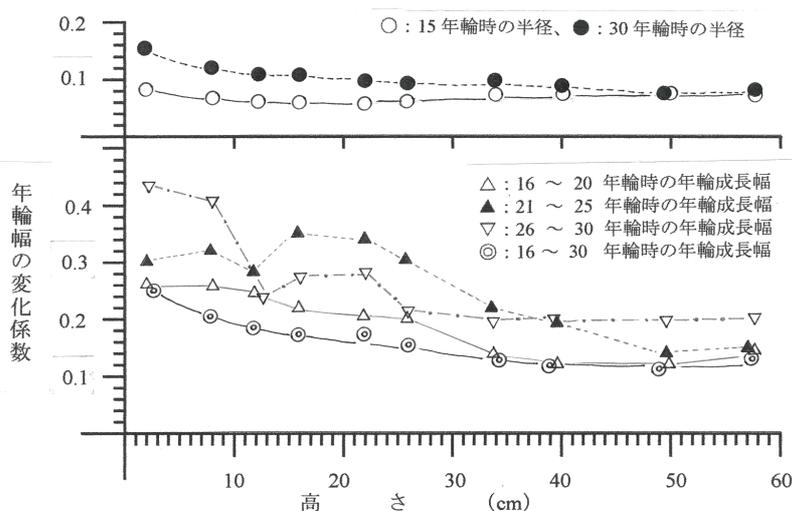


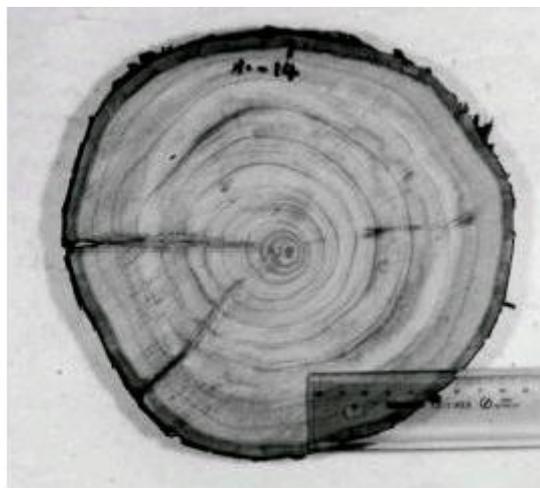
図 - 20 徳利病木 における各成長時期の半径および年輪成長幅の変化係数

(印) 21~25年輪(印)および26~30年輪間(印)における年輪成長幅の変化係数は、樹幹下部を除いてもおおむね0.2~0.4の範囲にあり、それも部位ごとにかなりの変動を示し、明らかに変異を示した。しかし、三者の合計である16~30年輪の成長幅の変化係数(印)は、樹幹下部を除くと0.2以下であり、また部位ごとの変動が認められなかった。すなわち、年輪幅が減少した箇所ではその後増加の傾向が、また増加した箇所ではその後減少の傾向が働き、ついには変異が解消された現象は、樹木の有する応力均一化の原理と考えられる。

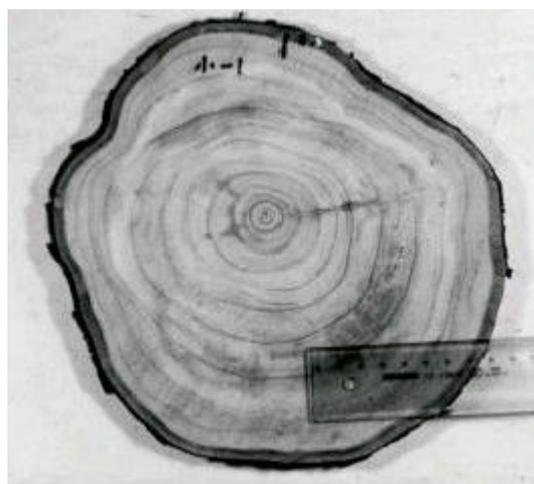
徳利病木の樹幹下部の様相は図-21に示した。徳利病木と同様で、樹幹下部が満遍なくふくれていることが分かる。また、図-22には高さ2cmおよび28cmにおける円盤面を示した。高さ2cmの円盤(下図)をみると、徳利病木でみられたような樹幹の陥没がみられず、樹幹の変形はさほど感じられなかった。高さ28cmの円盤(上図)は、ほぼ正円状態であって、枯れ枝の巻き込み箇所で陥没の発生が認められなかった。



図-21 徳利病木の樹幹下部の様相
(注) 樹幹下部が満遍なくふくれている。



高さ28cmの部位(ほぼ正円状態。枯れ枝の巻き込み箇所で、年輪幅の減少がみられない)



高さ2cmの部位(樹幹の変形が小さい)

図-22 徳利病木の円盤面

次に、徳利病木の 高さ別枯れ枝の巻き込み本数と、2年輪ごとの平均半径を図-23に示した。20cm以下の樹幹に太さが4.2/0.8~7.3mmの枯れ枝が8本巻き込まれていた。樹幹のふくれは4年生時(---印)で認められなかったが、6年生時(○---印)ではわずかに認められ始め、そして14年生時(—印)にはふくれが大きく成長していた。ちなみに、2年輪ごとの年輪成長幅からピアソンによる変化係数を求めたが、ふくれの生じた高さ50cm以下における係数は0.11以下であり、変異はみられなかった。また、徳利病木における高さ2cmの円盤面に対する20cm以下の樹幹に巻き込まれた枯れ枝8本の投影配置分布を図-24に示した。枯れ枝は円盤面の左下側面と右上側面に分布したが、巻き込み箇所での陥没発生が認められなかった。

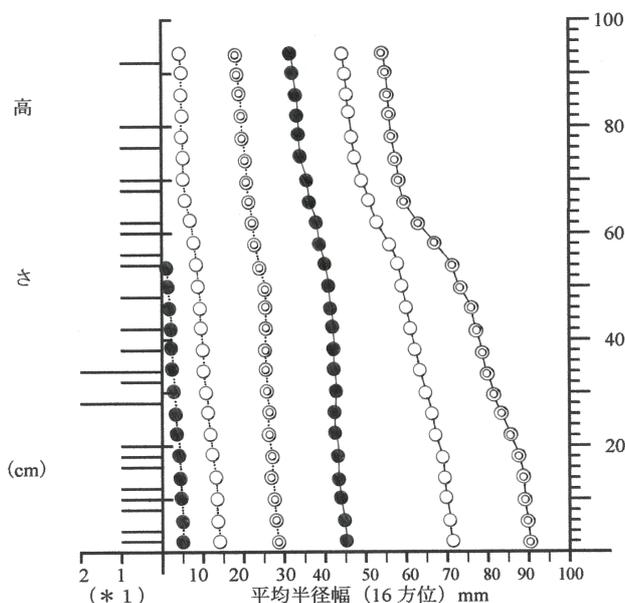


図-23 徳利病木の 高さ別枯れ枝の巻き込み本数と2年輪ごとの平均直径
 (*1): 枯れ枝の巻き込み本数(本)、 --- :4年輪時、 --- :6年輪時、 --- :8年輪時、
 — :10年輪時、 — :12年輪時、 — :14年輪時

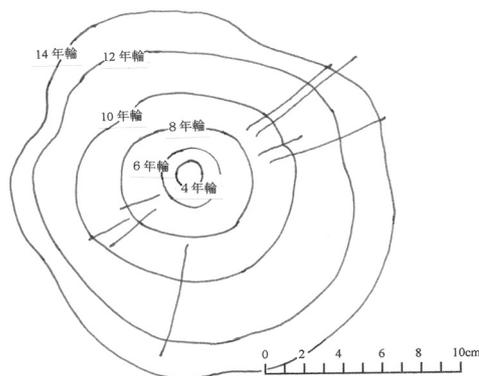


図-24 高さ2cmの円盤面に対する20cm以下の樹幹部に巻き込まれた枯れ枝8本の投影配置分布(徳利病)
 (注) 枯れ枝が巻き込まれても、年輪の減少がみられない。

図 - 25には、徳利病木の樹幹下部の様相を示した。徳利病木、と同様で、樹幹下部が満遍なくふくれていることが分かる。また、高さ2 cmおよび30 cmにおける円盤面を図 - 26に示した。高さ2 cmの円盤(下図)をみると、樹幹の陥没がみられず、樹幹の変形はさほど感じられなかった。高さ30 cmの円盤(上図)は、ほぼ正円状態にあった。なお、いずれの円盤面にも枯れ枝の巻き込みが認められたが、陥没の発生は認められなかった。



図 - 25 徳利病木の樹幹下部の様相
(注) 樹幹下部が満遍なくふくれている



高さ30 cmの部位



高さ2 cmの部位

図 - 26 徳利病木の円盤面
(注) 両円盤面で枯れ枝の巻き込みが認められたが、陥没の発生は認められない

徳利病木 および の樹幹下部の様相は図 - 27に示した。これらも樹幹下部が満遍なくふくれていることが分かる。なお、各箇所から円盤を採取して枯れ枝の巻き込み箇所を観察したが、陥没の発生は認められなかった。

ヒノキの徳利病の病徴は樹幹下部の異常なふくれにあるが、枯れ枝の存在が指摘される事例と指摘されない事例^{14, 15, 34)}がある。徳利病木 は枯れ枝の巻き込みが誘因となって発生したものと推定されることから、前者の事例に相当するものと考えられる。一方、徳利病木 ~ は枯れ枝の巻き込みが誘因となっていないことから、後者の事例に相当する一種の生理障害^{13, 14, 15, 32, 34)}と考えられる。



徳利病木 徳利病木
 図 - 27 徳利病木、の樹幹下部の様相
 (注) 両者とも樹幹下部が満遍なくふくれている

最後に、樹幹変形5区分、すなわち健全木、微害木、一部ふくれ木、漏脂病木および徳利病木の病徴発現部、病徴直上部および健全部での内樹皮各年輪における傷害樹脂道の形成状態を表 - 6 に示す。これによると、健全木は内樹皮の年輪全てで連続して分布する樹脂道が認められなかった。これに対して、微害および一部ふくれ木は病徴発現部、すなわち陥没部において各供試木3本とも内樹皮の一部の年輪で樹脂道が連続して分布した。しかし、病徴直上部では樹脂道が連続して分布しないものもみられた。次に、漏脂病の樹脂流出型木6本は、病徴発現部および直上部でいずれも内樹皮の連なる数年輪にわたって樹脂道が連続して分布した。最後に、徳利病木4本では、病徴発現部において内樹皮の一部の年輪で樹脂道が連続して分布するものとしめないものがみられた。

表 - 6 内樹皮の採取位置と樹脂道の形成状態

種類	供試 本数 (本)	内 樹 皮 の 採 取 位 置									
		病徴発現部			病徴直上部			健全部			
		*1	*2	*3	*1	*2	*3	*1	*2	*3	
健全木	6										6(30)
微害木	3		3(5)		2(2)	1(1)					3(4)
一部ふくれ木	3		3(10)		2(2)	1(1)					3(5)
漏脂病木*4	6			6(6)				6(6)			4(13) 2(5)
徳利病木	4	2(9)	2(8)		4(4)						4(5)

*1: 樹脂道が連続して分布しないもの(本)

*2: 内樹皮の一部の年輪で、樹脂道が連続して分布するもの(本)

*3: 内樹皮の連なる数年輪にわたって、樹脂道が連続して分布するもの(本)

*4: 樹脂流出型

() は検鏡した内樹皮の片数(片)

山田³⁶⁾によると、漏脂病患部では樹脂のうあるいは多層の樹脂道、すなわち連なる数年輪にわたって連続して形成された樹脂道が認められるとしており、本結果と一致した。漏脂病の患部では、何年にもわたって繰り返し何らかの強い刺激が作用して樹脂道が形成され、病徴が発現するものと考えられている^{30,31,36)}。また、微害木および一部ふくれ木は、病徴発現部において内樹皮の一部の年輪で樹脂道が連続して分布した。このことは、単年度に何らかの強い刺激により樹脂道が形成され、病徴が発現したものと推定される。一方、徳利病木の病徴発現部では、樹脂道が連続して分布しないものと分布するものがみられた。前者は枯れ枝の巻き込みが関与しない徳利病の可能性が高く、後者は枯れ枝の関与する徳利病と推定されるが、断定するにはさらに詳しい検討が必要である。

以上の結果から、一部ふくれ木は、枯れ枝の巻き込みが誘因となつてわずかな樹脂流出を伴いまたは全く樹脂流出を伴わない、かつ形成層の壊死のない陥没（年輪幅の減少）が生じ、陥没箇所隣接する部位で年輪幅が異常に増加する現象と推定された。また、徳利病の一部は、樹幹下部において多数の枯れ枝の巻き込みが満遍なく起こり、それによつてわずかな樹脂流出を伴うまたは樹脂流出を全く伴わない、かつ形成層の壊死を引き起こさない軽微な陥没が数多く発生する。しかし、その後速やかに陥没箇所年輪幅の回復・増加が図られ、樹体が樹幹断面に均一な応力が掛かるように成長した結果、樹幹下部全体でふくれが生じたものと推定された。なお、徳利病には、枯れ枝の巻き込みが関与しない、一種の生理傷害と考えられているものもかなり存在した。

また、傷害樹脂道の形成状況から、漏脂病は枯れ枝の巻き込みが誘因^{1,5)}となつて *Cistella japonica* の感染を受け、何年にもわたって繰り返し菌の強い刺激を受けて樹脂道が形成され、激しい樹脂流出を伴つて年輪幅が減少しさらには形成層が壊死して病徴が発現する。微害木は枯れ枝の巻き込みが誘因^{2,4)}となつて、単年度に何らかの強い刺激により樹脂道が形成され、わずかな樹脂流出を伴うまたは樹脂流出を全く伴わない、かつ形成層の壊死のない軽微な陥没が発生して病徴が発現する。一部ふくれ木は、微害木の病徴が進行したもので、陥没の深みが大きく溝状となつたため、隣接する部位の一部がふくれて病徴が発現する。そして、一部の徳利病は、枝が樹幹下部で多量にかつ満遍なく発生し、その巻き込みが誘因となつて、単年度に何らかの強い刺激により樹脂道が形成され軽微な陥没が発生するが、その後年輪幅が回復・増加して全体のふくれが発現するものと推定された。

ヒノキの枝打ち仕様と漏脂病等の発生状況^{6,7)}

1 調査目的

ヒノキの樹幹に樹脂流出を伴つた陥没を引き起こす漏脂病と枝打ちの相互関係は、明らかになっていない。そこで、枝打ち時期および枝打ち仕様の違いによる樹脂流出および陥没等の発生状況を調査した。

2 調査方法

調査林は、船引町（現田村市）に位置する海拔高640mの21年生ヒノキ林で、初回の枝打ちは11年前の6月下旬で10年生時であった。その後、14年生および17年生時の2月下旬に枝を打ち、現在は6mの高さまで枝打ちを完了している。初回の枝打ち（10年生）時に、漏脂病の特徴である樹幹部からの樹脂流出を既に認めていたが、枝打ち後枝打ち痕から激しい樹脂流出のある箇所とない箇所が見られた林分である。

2002年5月中旬、5本の被害木を伐倒した。伐倒したヒノキの胸高直径は12.5（平均、以下同様）/11～14（範囲、以下同様）cm、樹高は11.5/10～12.5mであった。伐倒木は樹脂流出および陥没等の激しい幹部を1.5mの長さに玉切って8本持ち帰り、陥没および樹脂流出箇所をマーク後、2cm間隔で玉切って円盤を採取した。円盤はその面に現れた生枝打ち痕および枯れ枝（枯れ枝の枝打ち痕を含む）の巻き込み状態、そして枝の太さや長さなどを調査した。ところで、ヒノキ漏脂病の病徴は、枝の基部や幹の一部から樹脂が激しく流出するとともに年輪幅が減少し、その後形成層が部分的に壊死してついには縦長の溝（陥没）を形成することにある^{14,30}。しかし、本県で発生している陥没は、全く樹脂流出をまたは激しい樹脂流出を伴わず、かつ年輪の欠損を生じないものが過半を占めていた⁴。そこで、年輪幅の減少のみを伴って欠損を伴わない陥没（本節では以下、凹み）と年輪幅の減少後欠損を伴う陥没（同以下、陥没）に区分し、樹脂の流出状況（本節では、樹脂流出が認められるものを滲出中、わずかに流出痕が認められるものを滲出停止、全く流出が認められないものを滲出なしと3区分）を観察した。

3 結果と考察

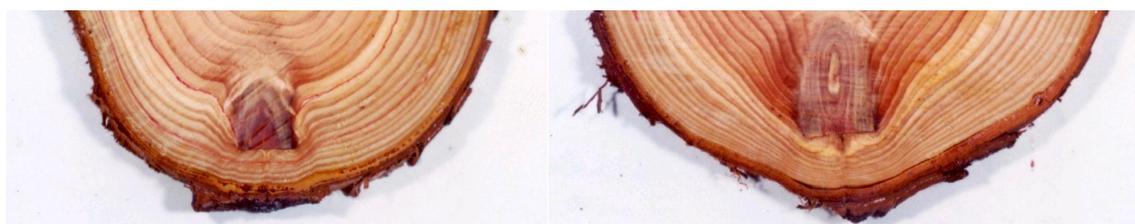
まず、枝打ち箇所と樹幹の凹みまたは陥没の発生状況について述べる。枝の付け根からきれいに打ち落とされた残枝なし（死節の形成がない）の結果を表-7に示す。夏期での枝打ち数は10枝、冬期では6枝を調査したが、いずれの枝打ち痕にも樹幹の凹みや陥没が認められなかった。ただし、夏期は樹脂滲出なし（枝打ち箇所から若干の樹脂滲出があったと思われるが、樹幹部の巻き込み面に滲出の痕跡が認められない）が全てを占めた。これに対して、冬期ではそれが1/3であり、残り2/3は樹脂滲出が停止の状態にあった。すなわち、冬期の枝打ち箇所は、夏期と比べてより多くの樹脂滲出があったようで、樹幹部の巻き込み面に乾燥した樹脂が若干付着しているものが多かった（ $P < 0.01$ 、²-検定）。なお、夏期における枝打ちは樹皮が剥がれやすいものの、これを防止できれば傷口の癒合が早い²⁶）といわれている。

表-7 残枝なしの枝打ちと樹幹の凹みまたは陥没の発生状況

枝打ち 時期	枝打ち 総本数 (本)	枝打ちか所巻き込み部周辺部における				
		樹脂滲出状況			樹幹の凹みまたは陥没	
		なし	停止	滲出中	なし	凹み 陥没
6月下旬 夏期)	10 (100)	10 (100)			10 (100)	
2月下旬 冬期)	6 (100)	2 (33)	4 (67)		6 (100)	
計	16 (100)	12 (75)	4 (25)		16 (100)	

()は枝打ち総本数に対する発生頻度%

図-28には、円盤面に現れた樹脂滲出停止と滲出なしの残枝なし枝打ち痕を示した。両者とも枝打ち木口面は、枝打ち翌年または翌々年には癒合組織で被われていた（全ての残枝なし枝打ち痕はこれに準じた）。なお、左図の停止では幹側面に現れた枝打ち巻き込み面に乾燥した樹脂が若干付着していたが、右図のなしではそれが認められなかった。



樹脂滲出停止、枝の直径14.6mm

樹脂滲出なし、枝の直径17.8mm

図 - 28 円盤面に現れた残枝なしの枝打ち痕

(注) 左図では、幹側面に現れた枝打ちの巻き込み面に乾燥した樹脂が若干付着する。
しかし、右図ではそれが認められない。

枝の付け根からきれいに打ち落とされなかった残枝あり（死節が形成される）の結果を表 - 8 に示した。表中では、樹幹の凹みまたは陥没箇所の樹脂滲出状況が分かるようにそれぞれ行を変えて示した。夏期の枝打ち25本、冬期28本の計53本の枝打ち痕を調査した結果、夏期の樹脂滲出停止または滲出中の発生頻度は68%、冬期で96%となっており、樹脂滲出の割合は冬期が高かった（ $P < 0.01$ 、 χ^2 -検定）。また、樹幹の凹みまたは陥没の発生頻度はそれぞれ12%および43%となり、樹幹の変形も冬期が高かった（ $P < 0.05$ 、 χ^2 -検定）。しかし、樹幹陥没の発生頻度のみを見ると、それぞれ8%および7%で差がなかった。なお、両者の計では、樹幹の凹みが枝打ち箇所の21%（凹みを生じた枝打ち痕11カ所中6カ所で樹脂滲出停止、5カ所で滲出中）、また陥没が8%（陥没を生じた枝打ち痕4カ所全てで滲出中）であった。さらに、凹みまたは陥没発生15カ所のうち樹脂滲出停止は凹み発生の6カ所（40%）で見られたが、これらは年輪幅の減少に留まって今後とも年輪の欠損は伴わないもの⁴⁾と予想される。

表 - 8 残枝ありの枝打ちと樹幹の凹みまたは陥没の発生状況

枝打ち 時期	枝打ち 総本数 (本)	枝打ち箇所巻き込み部周辺部における					
		樹脂滲出状況			樹幹の凹みまたは陥没		
		なし	停止	滲出中	なし	凹み	陥没
6月下旬 (夏期)	25 (100)	8 (32)	14 (56)	1 (2)	2 (8)	1 (4)	2 (8)
2月下旬 (冬期)	28 (100)	1 (4)	14 (71)	6 (25)	5 (2)	1 (36)	4 (7)
計	53 (100)	9 (17)	34 (64)	10 (19)	38 (71)	11 (21)	4 (8)

() は枝打ち総本数に対する発生頻度%

図 - 29には、円盤面に現れた樹脂滲出停止、凹みなしの残枝あり枝打ち痕（左図）と、滲出停止、凹みありの残枝あり枝打ち痕（右図、上から2番目の円盤面）を示した。両者とも、残枝の木口面は枝打ち翌年または翌々年に癒合組織で被われることがなく、また残枝と材部の境目は黒ずんで見えた。左図では樹幹の凹みの現象が見られなかったが、右図では全ての円盤面（上から2番目の残枝あり円盤面から2cm上部より、6cm下の最下円盤面）

で凹みの現象が認められた。

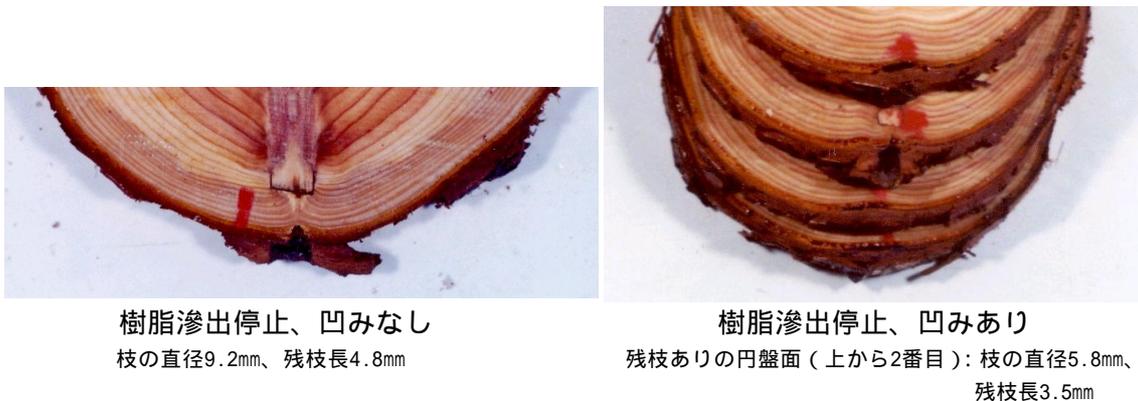


図 - 29 円盤面に現れた残枝ありの枝打ち痕（その1）

また、図 - 30には円盤面に現れた樹脂滲出中、凹みありの残枝あり枝打ち痕（左図、中央円盤面）と、滲出中、陥没あり（2年輪が欠損）の残枝あり枝打ち痕（右図、中央円盤面）を示した。これらも、残枝の木口面は枝打ち翌年または翌々年に癒合組織で被われることがなかった。左図では、中央円盤面の巻き込まれていない枝打ち痕から樹脂が滲出し、凹みは上下2cmの円盤面で認められた。また、右図では、樹脂滲出に加えて中央および最下円盤面において、枝打ち痕から1cmほど離れた左側面で2年輪の欠損が生じていた。

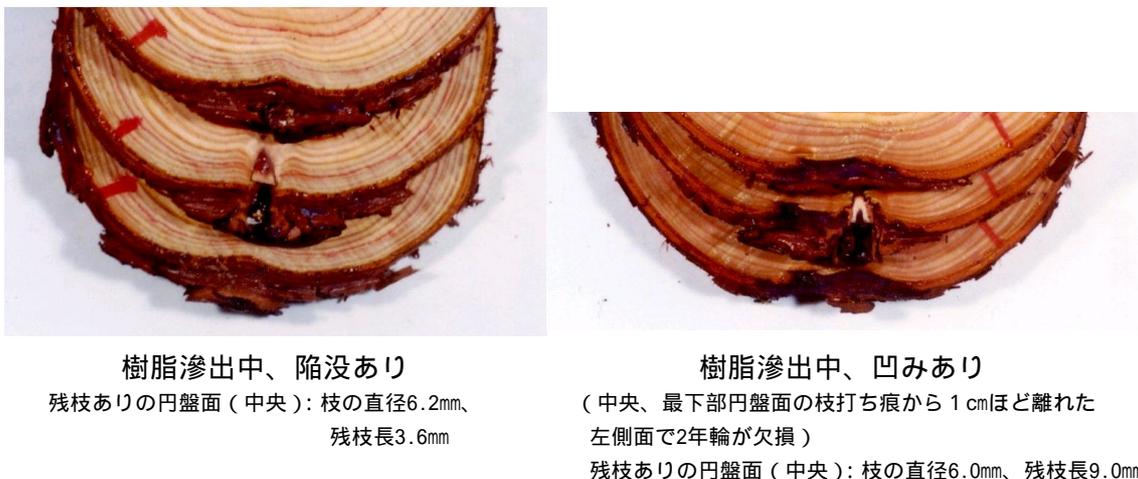


図 - 30 円盤面に現れた残枝ありの枝打ち痕（その2）

ここで、残枝ありの枝打ち木口面が癒合組織で被われるまでの期間を算出する（表 - 9）。調査本数は53本中38本で、残枝あり全体の72%に相当した。また、木口面は未だ癒合組織で被われていないものがあり、それは樹幹の凹みまたは陥没なしで8%、凹みありで50%、そして陥没ありで100%となり、樹幹変形の激しいものほど癒合済みの割合が低かった。癒合が済んだもののみで、枝打ちから癒合完了までの期間を求めると、樹幹変形なしは3.7/2 ~ 7年、凹み発生は7.0/5 ~ 11年となって、両者間には明らかな差が生じた。このことから、残枝ありの枝打ちであっても、樹幹変形の見られない枝打ち木口面は比較的癒合が早く、一方樹幹変形の見られたものは癒合が遅いものと推定される。

表 - 9 残枝あり枝打ち木口面が癒合組織で被われるまでの期間

区 分	樹幹の凹みまたは陥没			計
	なし	凹み	陥没	
調査件数* (本)	26	8	4	38
木口面の癒合未完了本数(本)	2(8)	4(50)	4(100)	10
木口面の癒合完了本数 (本)	24(92)	4(50)	0(0)	28
** (年)	3.7/2 7	7.0/5 11		

*: 夏期および冬期の枝打ち本数それぞれ19本の計38本

(): 調査件数に対する発生頻度(%)

** : 癒合完了箇所における枝打ちから癒合完了までの期間(平均)/(範囲)

図 - 31には枝打ち残枝の長さで樹幹の凹みまたは陥没発生の出現数を示した。横軸の残枝長は0.1~1.0mmを1mm、1.1~2.0mmを2mm、2.1~3.0mmを3mmと小数点以下を切り上げて整数で表示した。これによると、凹みまたは陥没は長さ3mm、すなわち2.1~3.0mmのごくわずかな残枝からも発生していることが分かる。

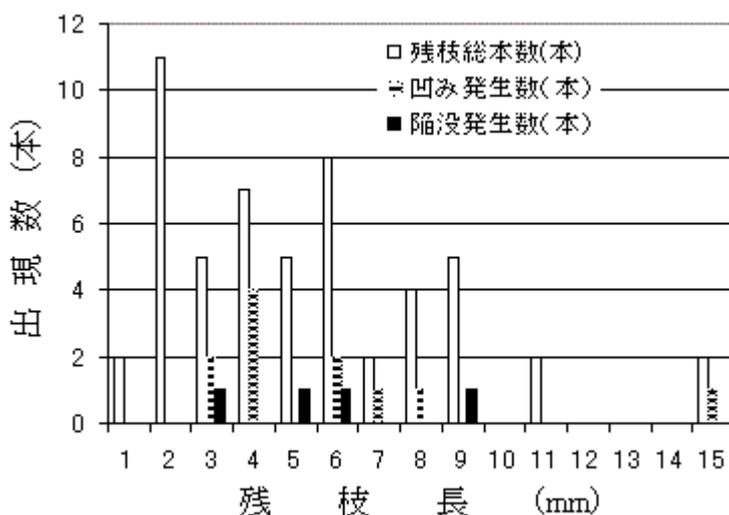


図 - 31 残枝長と樹幹の凹みまたは陥没発生の出現数

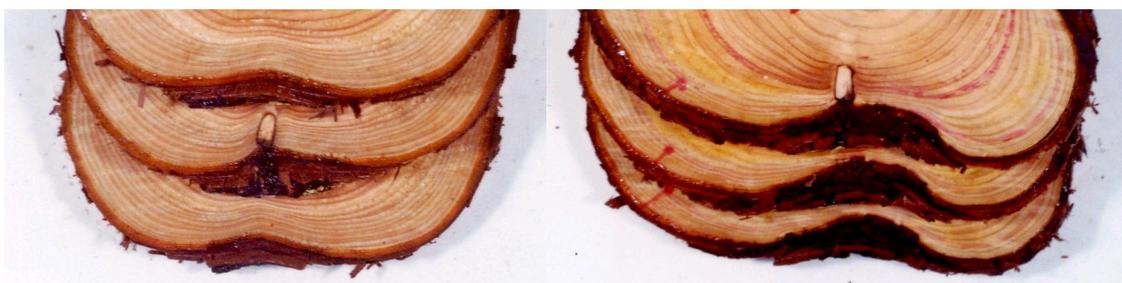
次に、枯れ枝の巻き込み発生状況を表 - 10に示す。調査枝数は48本であり、樹幹の凹みは全体の19% (凹みを生じた枯れ枝の巻き込み9カ所中2カ所で樹脂滲出なし、2カ所で停止、そして5カ所で滲出中)、陥没は8% (陥没を生じた枯れ枝の巻き込み4カ所全てで滲出中)で発生していた。これらの発生頻度は、残枝ありの枝打ちの凹み21%、陥没8%とほぼ同率であった。なお、凹みまたは陥没発生13カ所のうち、樹脂滲出なしおよび滲出停止は凹み発生のものでそれぞれ2カ所、計4カ所(31%)で見られたが、これらは年輪幅の減少に留まって今後とも年輪の欠損は伴わないもの⁴⁾と予想される。

図 - 32には、円盤面に現れた樹脂滲出中、凹みありの枯れ枝の巻き込み(左図、中央円盤面)と、滲出中、陥没あり(3年輪が欠損)の枯れ枝巻き込み(右図、最上円盤面)を示した。左図では、中央円盤面の枯れ枝巻き込み箇所から樹脂が滲出し、そして凹みは上下2cmの円盤面で認められた。また、右図では、それに加えていずれの円盤も巻き込み箇所を中心として3年輪の欠損が生じていた。

表 - 10 枯れ枝の巻き込みと樹幹の凹みまたは陥没の発生状況

枯れ枝巻き込み総本数(本)	枯れ枝巻き込み部周辺部における					
	樹脂滲出状況			樹幹の凹みまたは陥没		
	なし	停止	滲出中	なし	凹み	陥没
48	13	20		33		
	2	2			4	
			7	2	5	
			4		4	
(100)	(27)	(50)	(23)	(73)	(19)	(8)

() は枯れ枝巻き込み総本数に対する発生頻度%



樹脂滲出中、凹みあり
枯れ枝を巻き込んだ円盤面(中央): 材部中の
枯れ枝の直径4.4mm、残枝長11.2mm

樹脂滲出中、陥没あり
(枯れ枝の巻き込み箇所を中心として3年輪が欠損)
枯れ枝を巻き込んだ円盤面(最上): 材部中の
枯れ枝の直径5.0mm、残枝長11.3mm

図 - 32 円盤面に現れた枯れ枝の巻き込み痕

また、図 - 33には巻き込まれた枯れ枝の直径と樹幹の凹みまたは陥没発生の出現数を示した。横軸の直径は0.1~1.0mmを1mm、1.1~2.0mmを2mm、2.1~3.0mmを3mmとして整数で表示した。なお、巻き込まれた枯れ枝の長さは24.4/6.1~56.6mmであった。これによると、凹みまたは陥没は枯れ枝の直径2mm、すなわち1.1~2.0mmのごく細いものから太いものまで発生が認められた。

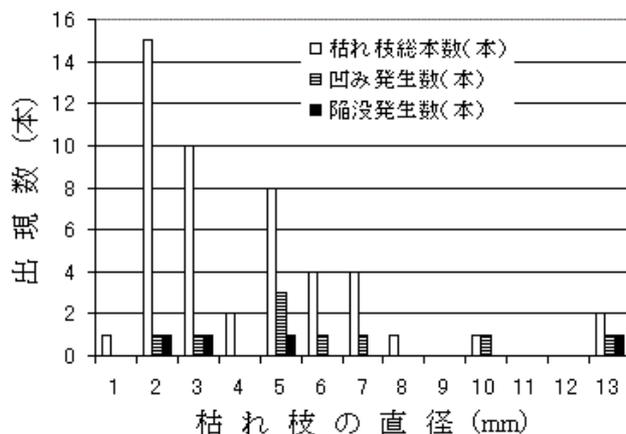


図 - 33 巻き込まれた枯れ枝の直径と樹幹の凹みまたは陥没発生の出現数

以上述べたことから、残枝なしの枝打ちは夏期および冬期であっても時期を問わず木口面の癒合が枝打ち後3年以内と早く、年輪幅の欠損を伴わない樹幹の凹みや欠損を伴う陥没が生じなかったと考えられる。また、残枝ありの枝打ちは癒合が遅く、その内の数10%で樹脂滲出停止さらには滲出を伴い樹幹に凹みを生じ、さらに10%弱で滲出を伴って陥没が引き起こされたものと推定される。これらの異常は、長さ2、3mmのごくわずかな残枝からも発生した。そして、枯れ枝の巻き込み箇所でも残枝ありの枝打ちと同様に、その内の数10%で樹脂滲出なし、または停止さらには滲出を伴って樹幹に凹みを生じ、さらに10%弱で滲出を伴って陥没が引き起こされたものと考えられる。また、これらの異常は、太さ1、2mmほどのごく細い枯れ枝の巻き込みからも発生した。

ここで、樹幹に樹脂流出を伴った陥没を引き起こす漏脂病と枝打ちの相互関係を、報告のあった林分に当てはめて考察する。枝打ちが発病を引き起こした林分^{16, 19, 29, 35}は、枯れ枝の生じる前（発病の要因となる枯れ枝の巻き込みがない）の林分で、残枝あり（死節が形成される）の枝打ちが行われたものと考えられる。枝打ちによって生じた死節が発病の誘因となることから、枝打ちが発病を引き起こすことになる。また、発病を特に促すことのなかった林分^{22, 23, 38}は、枝打ちが遅れたまたは遅れ気味（発病の要因となる枯れ枝の巻き込みが既に始まっている）の林分で、残枝ありおよび残枝なし（死節の形成がない）の枝打ちが同時に行われたものと考えられる。ちなみに、残枝なしの枝打ちのみが行われていれば、枝打ちが発病を予防したことになる^{1, 5, 18, 23}。一方、枝打ち時期については、成長期の枝打ちは樹皮が剥がれやすく、傷口が大きくなって癒合にかなりの期間が必要²⁶となり、これが発病の要因となる可能性が指摘されている²⁹。しかし、成長期であっても樹皮を剥がさず残枝の生じない枝打ちが実行されれば、漏脂病の発生が予防されることになる²³。すなわち、枝打ちは残枝の有無や枝打ち時に生じる傷口の大きさ、つまりその仕様によって、枯れ枝の巻き込みと同様に発病の誘因に、またはきわめて有効な予防手法になるという両面を併せ持つと考えられた。

肥大成長および海拔高の上昇に伴うヒノキ樹幹変形木の出現状況と現行の枝打ち時期による樹幹変形木の出現抑制効果^{9, 10, 11}

1 調査目的

本節では、漏脂病に係わりのあるまたは係わりのない樹幹下部変形木の出現状況と肥大成長および海拔高の上昇との関連性、また現行の初回枝打ち時期による樹幹変形木の出現抑制効果を検討した。

2 調査方法

調査は、海拔高が100～660mに位置する中・浜通りのヒノキ31林分で行った（表-11）。調査林は、本県でヒノキ造林を行っている地域の市町村を網羅するように設けた。調査林のうち、高さ0～2mにおける枝打ち林は21林分（枝打ち林齢は施業記録を参照し、記録不明の4林分を除き8～18年生）、残り10林分は未枝打ち林である。林分の林齢は7～75年生、平均胸高直径は5～43cmであった。2002年5月から2003年8月にかけて各林分とも、平均的な成長が見られる林内の1区画を選定し、それぞれ50本の個体を対象として胸高直径を測定後、樹幹下部（高さ0～2mの樹幹部）の変形状況を以下の4つに区分した。ほぼ健全木：全く陥没の発生がなくほぼ正円筒形のもの（健全木）または樹脂流出がない

か、もしくは激しい樹脂流出を伴わないわずかな陥没がある状態で、変形のさほど目立たないもの(微害木)の2種を含む。2種を含んだ理由は、2003年の調査林(1~9)は、大径木を含み微害木の判定が困難であったためである。一部ふくれ木：樹脂流出がないか、もしくは激しい樹脂流出を伴わない陥没の深みが大きく溝状となり、隣接する樹幹の一部がふくらんでいるもの。漏脂病木：患部から長さ20cm以上の樹脂が激しく流出する(樹脂流出型)とともに、肥大成長が減退または停止し樹幹が扁平に変形するもの(漏脂型)。さらには、縦長の溝が形成されて樹幹が不規則に変形する(溝腐れ型)という漏脂病特有の病徴³⁰⁾を呈するもの。徳利病木：樹脂流出がないか、もしくは激しい樹脂流出を伴わず樹幹下部が全体的にふくらんで徳利病の病徴^{15,32)}を呈するもの。なお、徳利病と漏脂病を併発しているものがみられたが、これは漏脂病の範疇に含めた。

3 結果と考察

調査した31林分における樹幹変形4区分、すなわちほぼ健全木、一部ふくれ木、漏脂病木および徳利病木の出現本数を表-11に示した。林齢が最も高かった林分は1の75年生で、平均胸高直径が43cm強であり、ほぼ健全木が5本(全体の10%、以下同様)と少なく、漏脂病木が19本(38%)出現していた。一方、林齢が最も低かった林分は31の7年生で、

表 11 調査林分の概況と樹幹変形木の出現本数

No.	市町村名	海拔 高 (m)	林齢 (年 生)	平均胸 高直径 (cm)	樹幹変形区分木の出現本数(本)				合計	枝打ち 林齢 (年生)
					ほぼ健 全木	一部ふ くれ木	漏脂病 木	徳利病 木		
1	桑折町	420	75	43.3	5	23	19	3	50	不明
2	福島市	660	55	31.2	12	21	15	2	50	不明
3	川内村	500	41	24.6	8	28	10	4	50	不明
4	郡山市	390	39	22.1	10	27	7	6	50	不明
5	鮫川村	620	31	23.0	14	26	9	1	50	15
6	鮫川村	630	30	24.6	8	18	21	3	50	11
7	安達町	300	25	19.8	33	13	4	0	50	16
8	いわき市	560	25	14.2	40	3	7	0	50	10
9	小野町	530	23	16.2	34	10	6	0	50	8
10	梁川町	200	23	19.4	36	4	3	7	50	18
11	霊山町	360	21	13.6	43	2	4	1	50	18
12	鹿島町	160	21	13.5	46	0	2	2	50	17
13	新地町	140	21	17.6	18	2	17	13	50	17
14	塙町	350	20	14.9	20	17	7	6	50	10
15	原町市	200	19	13.6	34	11	3	2	50	14
16	保原町	100	19	15.3	48	1	1	0	50	15
17	月舘町	380	19	17.1	24	8	12	6	50	13
18	川内村	560	18	13.9	26	23	1	0	50	15
19	月舘町	270	18	18.0	32	14	2	2	50	14
20	新地町	320	17	15.5	30	3	8	9	50	13
21	いわき市	600	17	16.4	20	12	17	1	50	15
22	塙町	430	16	12.6	16	23	6	5	50	未実施
23	鹿島町	180	16	11.9	47	0	1	2	50	未実施
24	滝根町	620	15	14.0	28	1	21	0	50	未実施
25	滝根町	560	15	14.3	28	10	11	1	50	未実施
25	塙町	530	14	14.9	12	28	2	8	50	未実施
27	鮫川村	500	14	7.1	49	1	0	0	50	未実施
28	小野町	540	13	14.9	3	11	34	2	50	未実施
29	鮫川村	510	13	14.2	16	23	8	3	50	未実施
30	いわき市	650	10	5.0	50	0	0	0	50	未実施
31	いわき市	580	7	4.8	50	0	0	0	50	未実施

平均胸高直径が5 cm弱であり、ほぼ健全木が全てを占めた。なお、徳利病と漏脂病を併発している個体は、5、6、13、14および20の5林分で、それぞれ1、1、2、1および1本の計6本がみられ、その出現割合は少なかった。

まず、未枝打ち林（表 - 11の 22～31の10林分）における調査木の胸高直径と樹幹変形4区分の出現状況を図 - 34に示す。なお、直径19cmの個体が4本、以下20cmが6本、21cmが3本、そして23cmが2本出現した。しかし、出現本数の少ない直径では、樹幹変形4区分の出現割合がかなりラフに表示されるため、ここでは出現本数が12本以上の直径（4～18cmまでで、総本数485本）を計算の対象とし、これ以外は対象から外した。

これによると、胸高直径9 cm以下の個体は、全てほぼ健全木であった。ほぼ健全木の出現割合の減少は10cmの直径から始まり、その後胸高直径の増加に伴って急激に減少した。ヒノキは、胸高直径がおおむね6 cmを超えて太くなるほど²⁵⁾、活力の低下した生枝が発生して枝の着生部にくぼみが生じる²⁶⁾。この状態から数cm肥大成長した直径10cmの個体では、生枝または枯れ枝の基部を樹幹内に巻き込み、これが引き金となってほぼ健全木の出現割合が減少し始めた^{1,4,7)}ものと考えられる。ただし、ほぼ健全木を健全木と微害木に分けて、微害木の出現する胸高直径を求めると（節参照）微害木が出現するのは7～8 cmの直径階（胸高直径が6.1～8 cm）となる。一方、枯れ枝の巻き込みに起因すると推定される一部ふくれ木や漏脂病木は、ほぼ健全木の減少に伴い増加した。なお、発生誘因が枯れ枝の巻き込みのみではないと推定される徳利病木の出現割合は、胸高直径の増加に伴う変化が認められなかった。

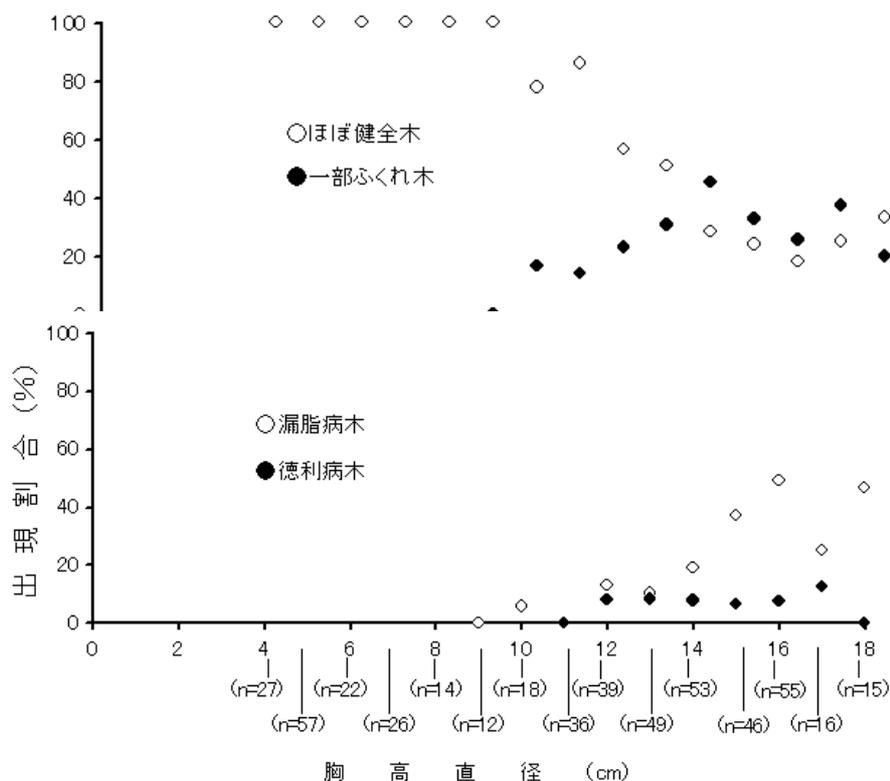


図 - 34 未枝打ち林における調査木の胸高直径とほぼ健全木、一部ふくれ木、漏脂病木および徳利病木の出現割合
() は調査本数、本

次に、調査林分ごとの樹幹変形4区分の出現状況を検討する。表-11中の枝打ち林分および未枝打ち林分の平均胸高直径に対する樹幹変形4区分の出現割合を図-35に示した。これによると、ほぼ健全木の未枝打ち林（印、以下同様）における出現割合は、平均胸高直径の増加に伴って急減し、ほぼ健全木は平均胸高直径が16cmを超えるとほとんどみられなくなった。これに対して、枝打ち林（印、以下同様）では出現割合が漸減する傾向にあり、平均胸高直径が20cm以上の林分であってもほぼ健全木が数10%の割合で出現した。一方、発生誘因が枯れ枝の巻き込みに起因すると推定される一部ふくれ木および漏脂病木の未枝打ち林における出現割合は、平均胸高直径の増加に伴って急増し、枝打ち林で漸増する傾向にあった。しかし、発生誘因が枯れ枝の巻き込みのみではないと推定される徳利病木は、未枝打ち林および枝打ち林とも胸高直径の増加に伴う増減が認めがたく、特定の林分で高い傾向が伺えた。以上から、未枝打ち林およびおおむね14年生前後という現行の枝打ち時期による枝打ち林も、樹幹変形4区分の出現状況は未枝打ち木を胸高直径ごとに

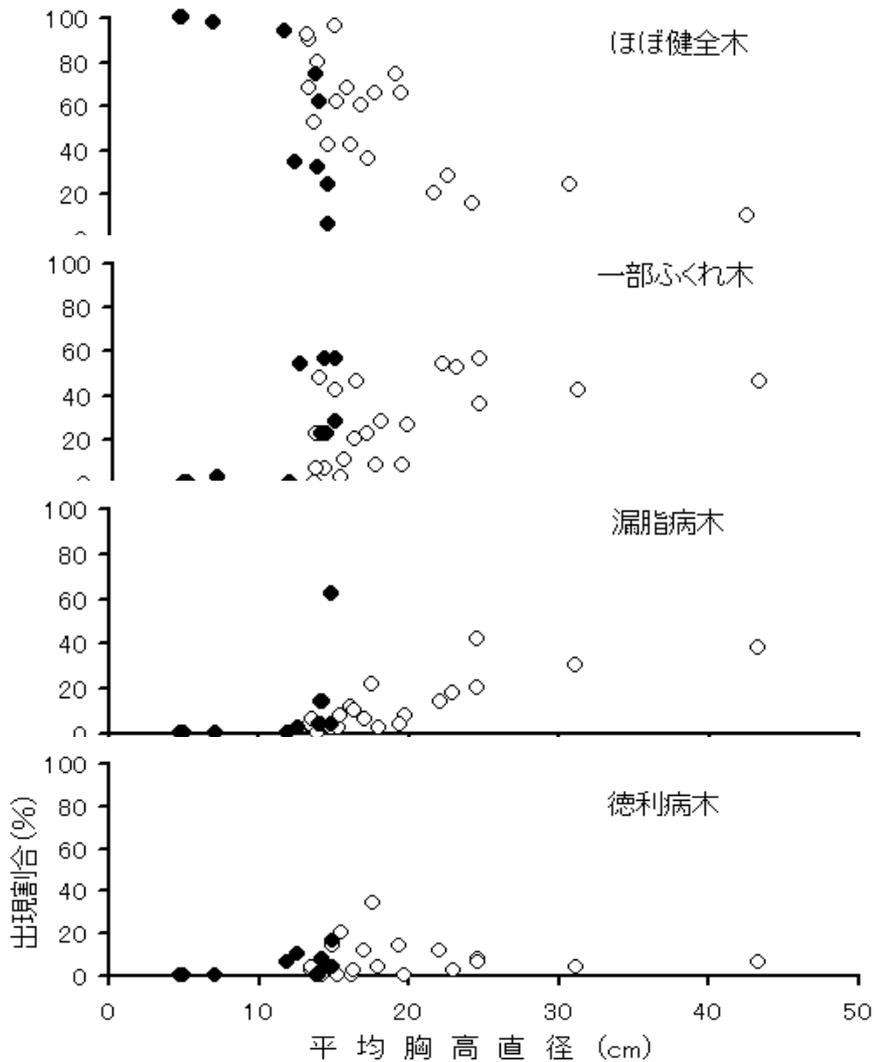


図 - 35 調査林分の平均胸高直径とほぼ健全木、一部ふくれ木、徳利病木および漏脂病木の出現割合
 ○ : 未枝打ち林、 ● : 枝打ち林

みた結果と符合し、平均胸高直径の増加に伴ってほぼ健全木の出現割合が減少し、一部ふくれ木や漏脂病木という樹幹変形木が増加する傾向が示唆された。しかし、枝打ち林では、未枝打ち林と比べて平均胸高直径の増加に対する一部ふくれ木および漏脂病木の増加傾向が緩慢化され、平均胸高直径20cm以上の林分であってもほぼ健全木が数10%の割合で出現していることが伺えた。

枝打ち林と未枝打ち林を比較し、現行の枝打ち時期による樹幹変形木の出現抑制効果を検討する。未枝打ち木が12本以上出現した胸高直径18cmまでの調査木を対象とし、胸高直径を3cm括約で区分した両者の出現割合を図-36に示した。これによると、ほぼ健全木の出現低下は10~12cmの直径階から始まり、当該直径階の枝打ち木（印、以下同様）での出現割合が92.2%、また未枝打ち木（印、以下同様）が72.0%（枝打ち木で20.2ポイント高く、未枝打ち木と比べ出現割合が約1.3倍、以下同様）となった。以下、13~15cmの

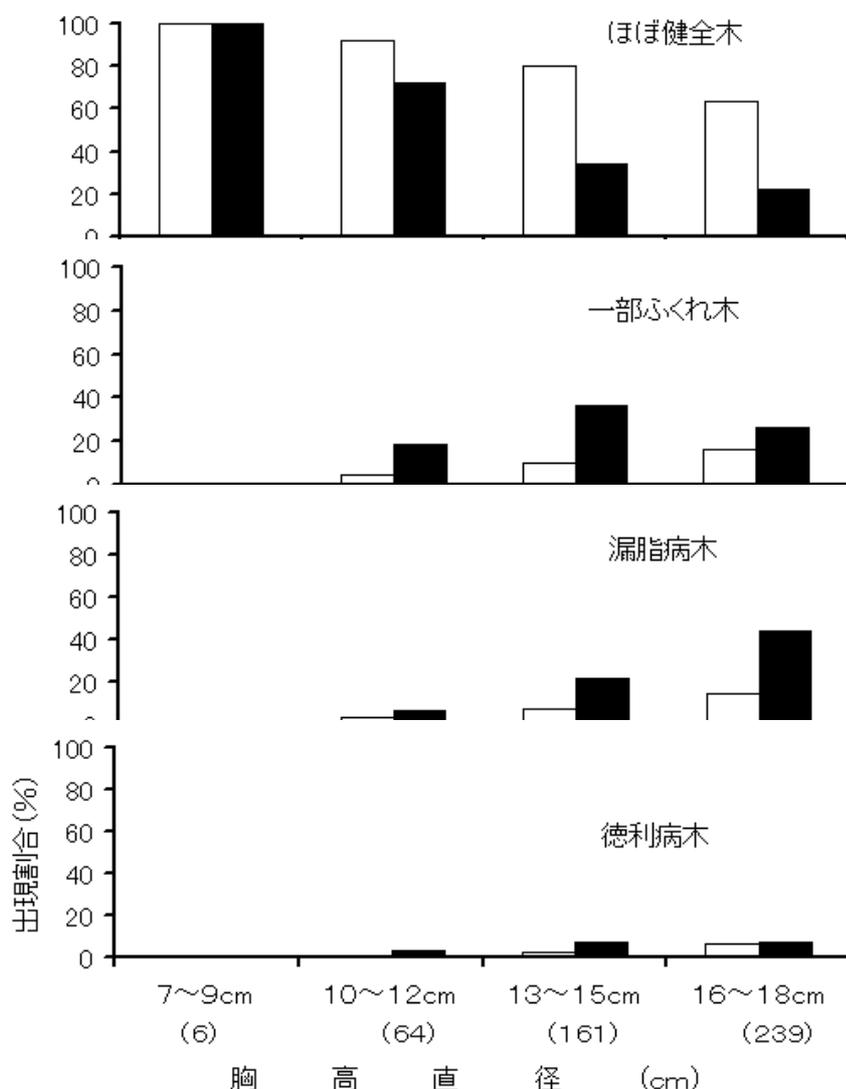


図 - 36 枝打ち林および未枝打ち林における調査木の胸高直径（3cm括約）とほぼ健全木、一部ふくれ木、漏脂病木および徳利病木の出現割合
枝打ち木、未枝打ち木、()は枝打ち木の調査本数。

直径階でそれぞれ80.1、34.5%（枝打ち木で45.6ポイント高く、出現割合が約2.3倍）、16～18cmの直径階でそれぞれ63.2、22.1%（枝打ち木で41.1ポイント高く、出現割合が約2.9倍）となる。すなわち、ほぼ健全木の出現割合が著しく低下した13～18cmまでの直径階において、枝打ち木のほぼ健全木の出現割合は未枝打ち木と比べて倍増したといえる。

これに対して、一部ふくれ木の出現割合は10～12cmの直径階で枝打ち木が4.7%、また未枝打ち木が18.3%（枝打ち木で13.6ポイント低く、未枝打ち木と比べ出現割合が約3割に減少。以下同様）となった。以下、13～15cmの直径階でそれぞれ9.9%、36.5%（枝打ち木で26.6ポイント低く、出現割合が約3割に減少）、16～18cmの直径階でそれぞれ15.9%、26.7%（枝打ち木で10.8ポイント低く、出現割合が約6割に減少）となる。すなわち、13～18cmまでの直径階において、枝打ち木は一部ふくれ木の出現割合が未枝打ち木と比べておおむね半減したといえる。また、漏脂病木の出現割合は、10～12cmの直径階で枝打ち木が3.1%、未枝打ち木が6.5%（枝打ち木で3.4ポイント低く、出現割合が約5割に減少）となった。以下、13～15cmの直径階ではそれぞれ7.5、21.6%（枝打ち木で14.1ポイント低く、出現割合が約3割に減少）そして16～18cmの直径階でそれぞれ14.2、44.2%（枝打ち木で30.0ポイント低く、出現割合が約3割に減少）となり、一部ふくれと同様に枝打ち木で漏脂病木の出現割合が半減した。一方、徳利病木の出現割合は、10～12cmの直径階で枝打ち木が0%、未枝打ち木が3.2%と前者で低かった。また、13～15cmの直径階でもそれぞれ2.5、7.4%と前者で低かったものの、16～18cmの直径階ではそれぞれ6.7、7.0%と大差が認められなかった。

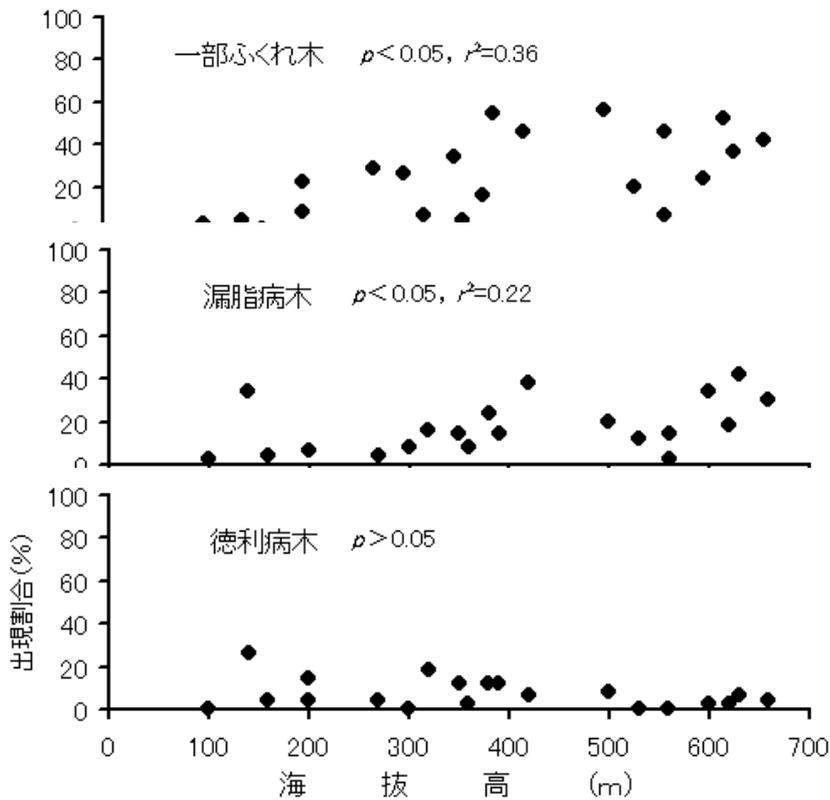


図 - 37 調査林の海拔高と一部ふくれ木、漏脂病木および徳利病木の出現割合

調査林の海拔高と一部ふくれ木、漏脂病木および徳利病木出現割合を図 - 37に示した。調査対象とした林分は、枝打ちが実施された17年生以上の21林分とした(表 - 11の 1 ~ 22)。これによると、一部ふくれ木の出現割合は、海拔高が高まるに伴って増加した(Kendallの順位相関係数： $p < 0.05$ 、相関係数： $r^2 = 0.36$ 、以下同様)。また、漏脂病木も海拔高が高まるに伴って増加した(Kendallの順位相関係数： $p < 0.05$ 、相関係数： $r^2 = 0.22$)。漏脂病が高海拔地で多発する傾向は既に報告^{1, 19, 38)}されている。これに反して、徳利病は海拔高の上昇とともにおおむね減少の傾向が伺えた。

以上述べたことから、本県におけるヒノキ林は、肥大成長に伴い枯れ枝または枝打ち残枝等を樹体内に巻き込んで、一部ふくれや漏脂病という樹幹変形木が増加し⁴⁾、ほぼ健全木の発生割合が減少していると考えられた。また、高海拔の林分では、漏脂病の多発する現象^{1, 19, 38)}が再確認されるとともに、一部ふくれ木も多発していることが判明した。一方、徳利病は黒色土壌や膨軟な土壌という特定の立地条件を有する林分で多発するもの¹³⁾と推定されるが、低海拔の林分ほど発生しやすい傾向にあると考えられた。また、現行の初回枝打ち時期により胸高直径13~18cmのヒノキでは、樹幹の変形すなわち枯れ枝の巻き込みに起因する漏脂病や一部ふくれ木の発生がおおむね半減することが示された。しかし、枝打ち木でも同直径階におけるほぼ健全木の出現割合はおおむね7割であった。ちなみに、今回実施された高さ0~2m部位の初回枝打ち林齢は、記録不明を除き8~18年生時とばらつき、かつ一番若い8年生時であっても成長の良い個体では、活力の弱った生枝の付着部にくぼみが生じ²⁶⁾、幹と平行に生枝を打ったとしても樹幹に残枝が生じやすかった²⁵⁾ことや、15年生頃になると林分がうっ閉することから、既に枯れ枝の巻き込みが始まっている状況で枝打ちを行ったことも考えられる。

枝打ち仕様ごとの漏脂病の防除効果

1 調査目的

漏脂病と枝打ちの間には、残枝の生じない適正な枝打ちで発生が予防され、これに反して残枝が生じると枯れ枝の巻き込みと同様で、発生誘因となる関係が認められた。

本節では、太さの異なるヒノキ3林分において、残枝の生じるまたは生じない枝打ちを実際に行い、枝打ち仕様ごとの漏脂病の防除効果を検討した。

2 調査方法

枝打ち試験林は、海拔高が500mに位置する川内村の16年生ヒノキ林、620mに位置するいわき市の16年生ヒノキ林および540mに位置する小野町の13年生ヒノキ林の計3林分である。いずれの試験林も、近隣の林分で漏脂病の発生が認められた。

2001年10月上旬から11月中旬にかけて、幹に接して幹と平行に鋸で枝打ちを行うものを残枝なし処理とし、この他に0.3、0.6、1cmの残枝が生じる枝打ちを行った(計4処理)。枝打ちは、各処理とも立木1本につき10本の生枝を対象として行い、4処理をもって一つの繰り返し区とし、3林分とも20区を設けた。川内村のヒノキ林は、漏脂病の発生が全く認められず、枝打ちを行ったヒノキの胸高直径が 5.9 ± 1.4 (標準偏差、以下同様)cm、樹高が平均3.9mであった。枝打ちは高さ0.5~1.5mの部位で行った。また、いわき市のヒノキ林でも漏脂病の発生が全く認められず、胸高直径が 9.5 ± 1.6 cm、樹高が平均7.3mであった。枝打ちは高さ0.5~2.0mの部位で行った。一方、小野町のヒノキ林では樹幹下部

で漏脂病が多発している状況にあり、胸高直径が 12.8 ± 2.1 cmと最も太く、樹高が平均7.8mであった。枝打ちは、漏脂病の発生が認められない高さ2～2.5mの部位における幹の直径が12cm（以下、枝打ち幹部の最大直径）以下の個体を対象として、そこから1mほど上部の部位まで、梯子を用いて行った。ところで、残枝を生じさせないためには、幹の太さが8～9cmを越えないように打ち上げる必要がある²⁶⁾とされていることから、幹の太さが12cm以下の部位を対象とした当試験林は、かなり遅れ気味の枝打ちであったといえる。ちなみに、残枝なしの枝打ち下部の幹の直径は 10.3 ± 1.2 cm、中部が 9.5 ± 1.0 cm、上部が 9.1 ± 1.2 cmであった。そして、2002年から2005年の4年間それぞれの秋に、各林分において枝打ち仕様ごとの20cm以上の樹脂流出状況や、枝切断面における癒合状況を目視により調査した。

3 結果と考察

まず、3調査林分の胸高部における4年間の肥大成長を述べる。川内村試験林が 2.7 ± 0.6 cmであり、以下いわき市試験林 2.3 ± 0.4 cm、小野町試験林 4.0 ± 1.0 cmであった。

ところで、川内村試験林では、2005年秋の最終調査で、20cm以上の激しい樹脂流出が見られた箇所が皆無であり、また、いわき市試験林でも0.3cmおよび1cmの残枝を残す処理の2枝のみで認められたにすぎなかった。枝打ち処理で20cm以上の激しい樹脂流出が多数見られたのは、枝打ち時期の遅れた小野町試験林のみであり、調査木13本、15枝の切断面付近から激しい樹脂流出が見られた。

図-38は、枝打ち幹部の最大直径を12cm以下とした枝打ち時期の遅れた小野町試験林(4年後の調査終了時まで、おおむね4cmほど肥大)において、13調査木の15枝切断面付近から20cm以上の激しい樹脂流出を見た初発年を示した。これによると、激しい樹脂流出は

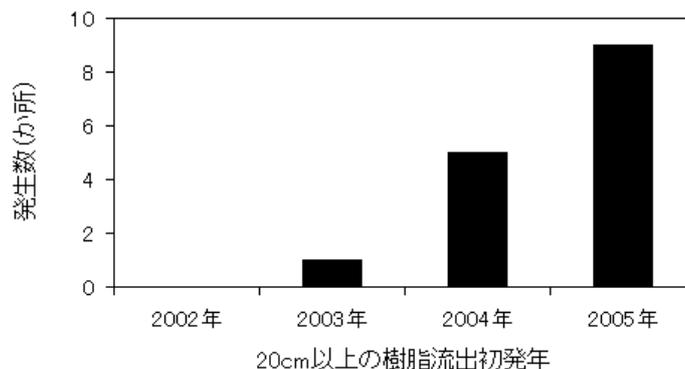


図-38 枝打ち切断面付近からの20cm以上の樹脂流出初発年（小野町試験林）

枝打ち2年後の2003年から始まり、翌年が5カ所、また調査最終年の2005年が9カ所と、年次を経るごとに増加の傾向にあった。ところで、川内村試験林における枝打ち時の胸高直径は平均で5.9cm、4年後の調査最終年の胸高直径が平均で8.6cmとなり、また、いわき市試験林では枝打ち時の胸高直径は平均で9.5cm、4年後の最終年で平均11.8cmとなった。そして、後者では最終年において、0.3cmおよび1cmの残枝を残した2枝で激しい樹脂流出が見られ始めた。このことから、特にいわき市試験林では、試験期間をさらに長く取れ

ば激しい樹脂流出の見られる個体が多発し、枝打ち仕様ごとの漏脂病の防除効果判定に資することができたものと考えられた。

図 - 39は、小野町試験林における残枝なし枝打ち幹部の最大直径と、枝切断面の癒合完了状況を示した。ちなみに、枝打ち総枝数が150本と200本（供試本数、10枝×20区）に達しなかったのは、調査木が除伐により失われたことによる（以下、同様）。これによると、枝打ち幹部の最大直径が9 cm以下の個体に着生していた枝数は10本と少なかったが、いずれの切断面も癒合が完了していた。しかし、最大直径が10cm以下の個体では、4年間で癒合の完了していない切断面が10%ほど現れ、最大直径が増すほどその比率が高まった。太い幹部ほど、生枝を幹に接して幹と平行に切断しても残枝の生じる割合が高まり²⁵⁾、切断面が癒合しづらくなったものと考えられた。なお、0.3、0.6、1 cmの残枝の生じる枝打では、0.6cmの残枝の1切断面を除き、癒合の完了したものがなかった。

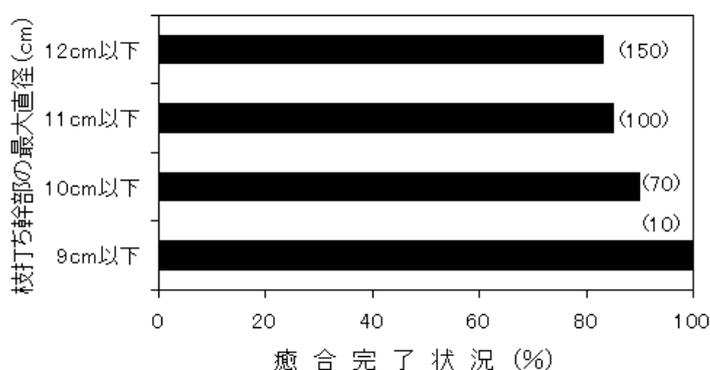


図 - 39 残枝なしにおける枝打ち幹部の最大直径と切断面の癒合状況
（小野町試験林）
（ ）は枝打ち総枝数（本）

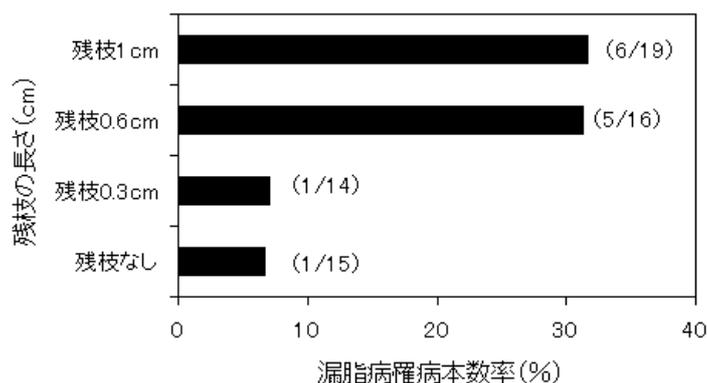


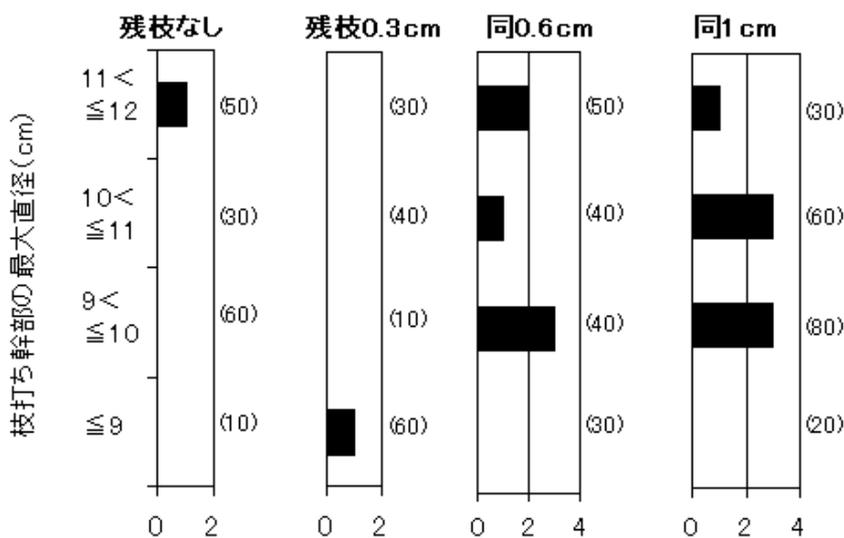
図 - 40 枝打ち残枝の長さとおよび漏脂病罹病本数率（小野町試験林）
（ ）は20cm以上の樹脂流出木本数 / 枝打ち総調査木本数（本）

図 - 40は、小野町試験林において枝打ち仕様ごとに20cm以上の激しい樹脂流出が見られた調査木の本数率を示した。これによると、残枝なしおよび0.3cmの残枝ありの罹病本数は7%程度、そして0.6cmおよび1 cmの残枝ありの罹病本数は31%程度となり、後者で高

い罹病率を示した。ここで、残枝なしと各枝打ち仕様ごとの激しい樹脂流出が見られた調査木の本数、および激しい樹脂流出が見られなかった本数について、有意差の検定を行った。その結果、残枝なしと0.3cmの残枝あり間には差がなかった ($p=0.74$ 、Fisher の直接確率計算法、以下同様)。また、残枝なしと0.6cmの残枝あり間は有意な差が認められなかったものの、出現する確率がかなり低かった ($p=0.10$)。さらに、残枝なしと1cmの残枝あり間にも有意な差が認められなかったものの、同様に出現する確率がかなり低かった ($p=0.09$)。ちなみに、0.3cmと0.6cmおよび1cmの残枝あり間にも有意な差が認められなかったものの、同様に出現する確率がかなり低かった ($p=0.12$ および 0.10)。これらのことから、残枝をなくするかまたは0.3cmと短くした処理は、0.6cmおよび1cmの残枝あり枝打ちと比べ、漏脂病の被害が軽減する傾向にあったものと推定された。

図 - 41には、小野町試験林における枝打ち仕様および枝打ち幹部の最大直径と20cm以上の激しい樹脂流出の発生数を示した。これによると、残枝なしでは最大直径が $11 < \leq 12$ cmの幹部の枝打ちで激しい樹脂流出が見られた。これは、明らかに枝打ち時期の遅れにより生じた残枝により罹病したものであった(図 - 42)。すなわち、幹の太さが6cm以上の部位では、生枝を幹に接して幹と平行に切断しても、枝の付着部に凹みが生じているものが発生して枝基部が残枝となった例²⁵⁾である。また、0.3cmの残枝ありでは、最大直径が9cmの幹部の枝打ちで激しい樹脂流出が見られた。これについては、0.3cmの残枝の影響による激しい樹脂流出なのか、それとも残枝なしで生じた樹脂流出と同様に枝基部が残枝となった現象なのかについては、調査を行わなかった。一方、1cmおよび0.3cmの残枝ありでは、幹部の最大直径が9cm以上の部位で激しい樹脂流出が多発した。

枝打ち幹部の太さを6cm前後、9cm前後そして12cm以下とした3種のヒノキ林において、残枝の生じるまたは生じない枝打ちを実際に行い、枝打ち仕様ごとの漏脂病の防除効果を



20cm以上の激しい樹脂流出箇所の発生数 (箇所)
 図 - 41 枝打ち仕様および枝打ち幹部の最大直径と20cm以上の樹脂流出発生数 (小野町試験林)
 () は枝打ち総枝数 (本)



図 - 42 残枝の生じた残枝なし枝打ち（枝付着部に凹みがあって、枝基部が残枝となる）

検討した。しかし、調査期間が4年間と短かったせい、胸高直径の小さい試験林で漏脂病の発生が少なかった。期間内に枝切断面付近で20cm以上の激しい樹脂流出が多数見られたのは、枝打ち時期の遅れた枝打ち幹部の太さを12cm以下としたヒノキ林のみであった。当該ヒノキ林における枝打ち仕様ごとの漏脂病の発生本数率は、残枝なしと0.3cmの残枝ありでは両者とも7%ほど、そして0.6cmおよび1cmの残枝ありでは両者とも31%ほどとなった。残枝なしと0.3cmの残枝あり間には罹病木の発生数に有意な差がみられなかった。また、これらと0.6cmおよび1cmの残枝あり間には、有意な差が認められなかったものの、出現する確率がかなり低かった ($p=0.09 \sim 0.12$)。このことから、0.6cmおよび1cmの残枝あり枝打ちと比べて、残枝なしと0.3cm残枝ありの枝打ちは、おおむね漏脂病の発生抑制効果があったものと考えられた。残枝なしで漏脂病が発生したのは、枝打ち時期が遅れて一部の枝基部が残枝として残ったためであり、残枝なしの効果が十分に発揮できなかったものと考えられる。なお、0.3cmの残枝ありでは、既に漏脂病の発生を確認している⁷⁾。

ところで、今回は10月上旬から11月中旬にかけて枝打ちを行った。佐藤²⁶⁾によると、枝打ちの最適期は樹液流動開始の直前、すなわち3月中旬ごろとしている。そして、夏の枝打ちは樹皮が剥げやすく、また暑さによって切断面が弱る危険性があり、そして厳冬期の枝打ちも切断面が弱ることが考えられるとしている。しかし、5月中旬から8月下旬までの期間を除けば、切断面に対する影響は大きいものではないとも述べている。

ヒノキの胸高直径と残枝の付かない初回生枝打ちの関係²⁵⁾

1 調査目的

ヒノキ漏脂病は、枯れ枝の巻き込み^{1,5,6,7)}の他に、生枝打ちによって生じた長さ2、3mmほどのごくわずかな残枝（死節が形成される）も発生誘因となることが判明した^{6,7)}。このため、漏脂病発生予防のためにも枝打ちは、残枝の生じないように行う必要がある。

本節では、ヒノキの胸高直径と初回生枝打ちによって生じる残枝の付着割合を調査した。

2 調査方法

調査林は、海拔高が430～520mに位置する阿武隈山地の川内村で1林分、鮫川村で2林

分および塙町で1林分の計ヒノキ4林分で、いずれも未枝打ち林である。林分の林齢は13～16年生で、平均樹高は4～7.5mであった。生枝打ちによる残枝の付着状況調査は、2002年6～7月にかけて行った。林分ごとにおおむね20本の立木を対象とし、胸高直径を測定後、枯れ上がりの見られない林分では太さ1mmほどのきわめて細かい枯れ枝²⁶⁾、そして枯れ上がりの見られる林分では、これに加えて枯死した枝を除く生枝を高さ2mまで落とした。立木1本当たりの枝打ち本数は、13(平均)/8～25(範囲)本であった。枝の切り落としは鋸を用い、幹に接して幹と平行に行って、切り口部における残枝の有無を調査した。残枝の有無にあつては、わずかでも残る場合は有りとし、胸高直径ごとの残枝の付着割合を算出した。

3 結果と考察

図-43は、枯れ上がりの見られない林分で発生したきわめて細かい枯れ枝(a、太さ1mmほど)の付着状況を示した。このきわめて細かい枯れ枝は数多く発生していた。また、図-44に枝打ち切断面に残枝のない状況を、そして図-45には枝の着生部の幹に窪みがあつて切断面に残枝が生じた状況を示した。生枝であっても枝の活力が弱まると、枝の付着部の幹に窪みが生じて幹と平行に枝を打つても切断面に残枝が生じた。また、既に巻き込みが始まった状態の生枝も見られた。



図 - 43 ヒノキに発生したきわめて細かい枯れ枝と細かい生枝
(きわめて細かい枯れ枝a、太さ1mm前後)
(細かい生枝b、太さ2、3mm)



図 - 44 枝打ち切断面に残枝のない状況



図 - 45 枝打ち切断面に残枝の付いた状況

胸高直径ごとの生枝打ちによる残枝の付着割合を図 - 46に示した。枝を打ったヒノキの総本数は75本であった。川内村と鮫川村の計2林分は、枯れ上がりの見られない林分で1mmほどのきわめて細かい枯れ枝を除くと、枯枝の発生が少なかった。しかし、塙町と鮫川村の残り1林分の計2林分は枯れ上がりの見られた林分で、かなりの枯枝が発生していた。

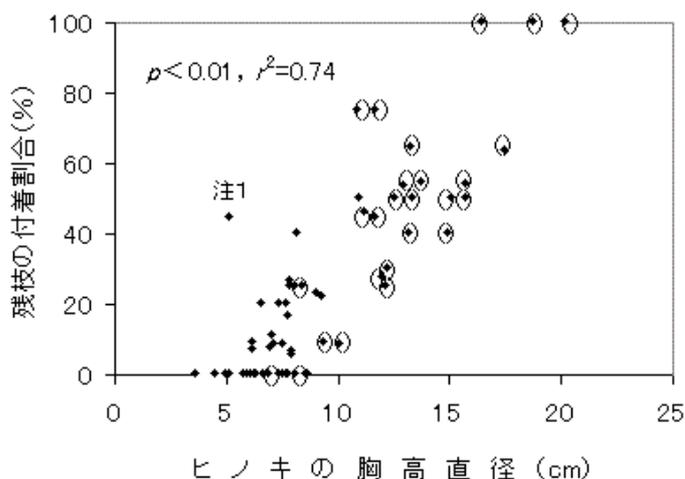


図 46 胸高直径と幹と平行な生枝打ちによる残枝の付着割合

：枯れ上がりの見られないヒノキ、() 枯れ上がりの見られたヒノキ。

注1：胸高直径が5.2cmで、18本の枝打ち。残枝の付着割合44%。太さ2、3mmの細い生枝が多数着生。

これによると、残枝の付着割合は、胸高直径がおおむね6cmを超えて太くなるほど高まった (Kendall の順位相関係数： $p < 0.01$ 、相関係数： $r^2 = 0.74$)。枯れ上がりの見られた林分では、胸高直径が太いものほど調査範囲内に着生している生枝の活力低下が著しく、残枝の付着割合が高まったものと思われる。また、枯れ上がりの見られない林分でも、胸高直径が太いものほど着生している生枝間に活力の差が生じ、残枝の付着割合が高まったものと考えられた。ちなみに、樹幹変形木のうち微害木 (枯れ枝を巻き込んで、樹幹が陥没し始める) の出現する胸高直径は、6.1~8cm (節参照) であり、本結果と符合した。なお、注1のヒノキは胸高直径が5.2cmで、18本の生枝を落としたものであり、残枝の付着割合が44%と高かった。これは、太さ2、3mmの細い生枝が多数着生 (図 - 43のb参照) し、一部で活力の低下が起こり、幹部への巻き込みが始まっていたためである。

佐藤²⁶⁾によると、無節材を生産するためには、植栽後5~6年生頃から生枝打ちを繰り返す必要があると述べている。しかし、現実的には実行が難しく、10年生頃に1回目の枝打ちを行うのが一般的であるとし、樹冠下の幹部直径が8~9cmを超えないように行うべきだとしている。しかし、漏脂病被害発生地においては、10年生時の枝打ちにおける漏脂病被害本数率は10~20%にも達しており、被害の全く発生しない枝打ち時期は5~6年生時であった¹⁾。

これらのことから、残枝の生じない初回の生枝打ちの胸高直径は、胸高直径がおおむね6cmに達する前に行う必要がある。胸高直径が6cmを越えると枝着生部の幹に窪みが生じたり、また生枝の巻き込みが始まって、枝打ち切断面の一部に残枝が生じることになる。残枝が生じた場合は、枝基部を少し深めに削って残枝を取り除く必要があるが、削り取るため大きな傷口が生じると癒合にかなりの期間が必要²⁶⁾となり、癒合の遅れも発生要因と

なる可能性が指摘されている²⁹⁾ので注意を要する。

以上述べたことから、漏脂病の発生を予防するための初回の枝打ちは、ヒノキの直径がおおむね6cmに達する前に成育にさほど支障のない生枝を幹に接して幹と平行に落とすことが必要である。また、枝打ち切断面は、癒合を早めるため出来るだけ小さくすることも大切である。なお、今回は1mmほどのきわめて細い枯れ枝を調査の対象から外したが、これも本病の発生誘因となる^{1,5,6,7)}。このことから、きわめて細い枝も初回の枝打ち時に、残枝の生じないように切り落とす必要がある。

ヒノキ樹幹の太さと残枝の付かない2回目以降の生枝打ちの関係

1 調査目的

初回の枝打ちとして、高さ2mまでの樹幹部に位置する生枝を幹に接して幹と平行に切断することにより、残枝の生じない個体の胸高直径を調べた²⁵⁾。その結果、胸高直径がおおむね6cmを超えて太くなるほど、残枝の発生割合が高まることが判明した。

本節では、肥大成長や立木密度の異なる3林分において高さが10mほどのヒノキを伐倒し、樹幹の太さと着生する枝における枝打ち後の残枝の発生状況を調査し、2回目以降(高さ2m以上)の枝打ちの樹幹の太さなどを検討した。

2 調査方法

調査林は、海拔高が540mに位置する小野町の17年生ヒノキ林(畑地跡に植栽された肥大のよい林分、最近4年間で4cmほど肥大)、500mに位置する川内村の20年生ヒノキ林(山地に植栽された一般的な林分、最近4年間で2.7cmほど肥大)および380mに位置する郡山市の18年生ヒノキ林(平地に植栽された立木密度の疎な林分、立木の疎密度は未調査)である。2005年10月、各林分とも樹高が10mほどの個体をそれぞれ2本(小野町調査木、川内村調査木、および郡山市調査木)選定し、胸高直径を測定後伐倒して樹高を求め、1mごとに玉切って持ち帰った。持ち帰った1mの枝付き丸太は、枝の生死、太さおよび枝着生部の幹の太さを計測後、幹に接して幹と平行に鋸で枝打ちを行い、切り口部における残枝の有無を調査した。残枝の有無によっては、わずかでも生じる場合は有りとした。なお、小野町調査木の胸高直径は16.9cm、樹高は9.9mであり、小野町調査木がそれぞれ19.0cm、8.9mであった。以下、川内村調査木が11.9cm、9.5m、川内村調査木が11.5cm、8.5m、郡山市調査木が14.4cm、10.3m、郡山市調査木が14.6cm、10.8mであった。

3 結果と考察

供試木6本の枝着生部の幹の太さ(1cm括約)と枝打ち後の残枝の累積発生割合を図-47に示した。幹の太さに対する供試木6本の平均的な残枝の発生割合(印)は、4cm以下で数%、5cm以下で10%弱、6cm以下で10%強、7cm以下で20%弱そして10cm以下で30%強となって、おおむね6cmを境にして増加する個体が多かった。また、各林分で選定したヒノキにおける幹の太さごとの残枝の発生割合にはかなりの変動がみられ、林分間ごとの差が認められないようであった。すなわち、小野町調査木(印)は、太さ10cm以下における残枝の累積発生割合が50%弱と平均値よりかなり高かったものの、6cm以下では10%強とほぼ平均的な値を示した。そして、小野町調査木(印)は、前者および後者ともほぼ平均的な値を示した。また、川内村調査木(印)は前者でほぼ平均的な値を

示したが、後者は5%ほどと平均よりかなり低い値を示した。そして、川内村調査木（印）は、前者および後者がそれぞれ45、20%強と、両者とも平均よりかなり高い値を示した。さらに、郡山市調査木（印）は前者がほぼ平均的な値を示したものの、後者は25%ほどと平均よりかなり高い値を示した。そして、郡山市調査木（印）は、前者および後者がそれぞれ5、2%弱と、両者とも平均よりかなり低い値を示した。ちなみに、初回枝打ちの調査においても、うっ閉していない2林分での幹の太さに対する残枝の発生割合にはかなりのバラツキがみられた²⁵⁾。

これらのことから、幹の太さがおおむね6cmを境にして残枝の発生割合は増加すると予想され、また幹の太さに対する残枝の発生状況は、肥大成長の良し悪しや、林分の立木密度によって差が生じるとは考えにくく、個体ごとのバラツキと推定された。

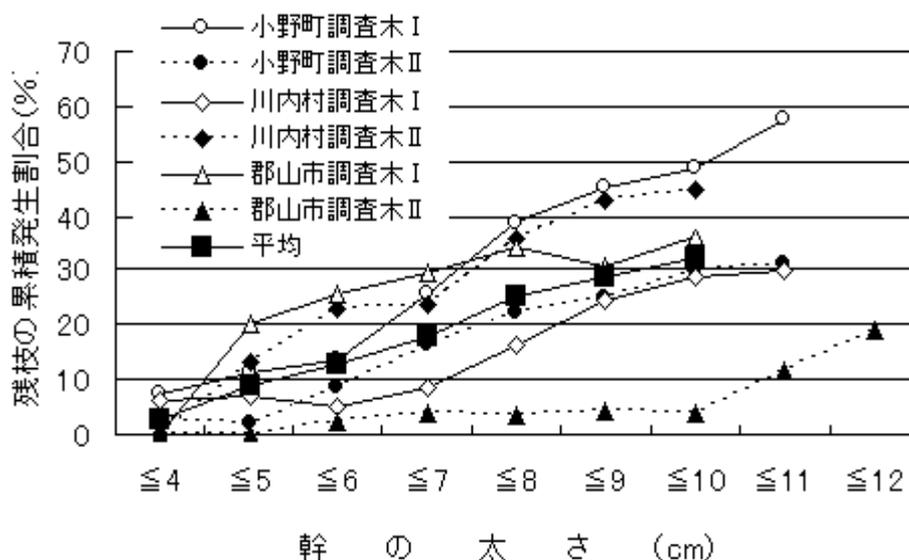


図 - 47 枝着生部の幹の太さと枝打ち後の残枝の累積発生割合

樹幹の太さ10cm以下における残枝の累積発生割合が、平均よりかなり高かった小野町調査木の枝着生部の幹の太さ（2cm括約、以下同様）ごとの枝の生死、根元径（0.5cm括約、以下同様）および枝打ち後における残枝の有無を図-48に示した。これによると、太さ4cm以下の幹部は、0.5cm以下の細い枯枝で枝打ち後2本の残枝が生じたのみであり、また4cm < 6cmの幹部では1cmを超える枝でも枝の付着部に窪みが生じて（図-49）、残枝が4本出現した。そして、6cmを超える幹部では、全ての太さの枝で窪みが生じ、残枝の発生割合が急激に高まった。

また、樹幹の太さ10cm以下および6cm以下でほぼ平均的な残枝の発生割合を示した小野町調査木の枝着生部の幹の太さごとの枝の生死、根元径および枝打ち後における残枝の有無を図-50に示した。これによると、太さ4cm以下の幹部は、0.5cm以下の細い枯枝で枝打ち後1本の残枝が発生したのみであり、また4cm < 6cmの幹部では1cm以下の比較的細い枝の付着部に窪みが生じて、残枝が4本出現した。そして、6cmを超える幹部では1cmを超える枝でも残枝となり始めて残枝が12本発生し、8cmを超えると全ての太さの枝で窪みが生じ、残枝の発生割合が急激に高まった。

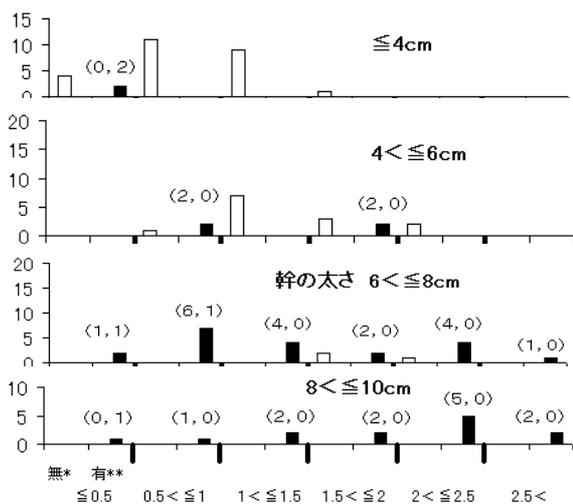


図 - 48 枝着生部の幹の太さごとの枝の生死、根元径および枝打ち後における残枝の有無 (小野町調査木)

無* : 残枝なし、有** : 残枝有り (生枝、枯枝の出現本数、本)



図 - 49 生枝の付着部に生じた幹の窪み (幹の太さ8.4cm、枝の根元径1.4cm)

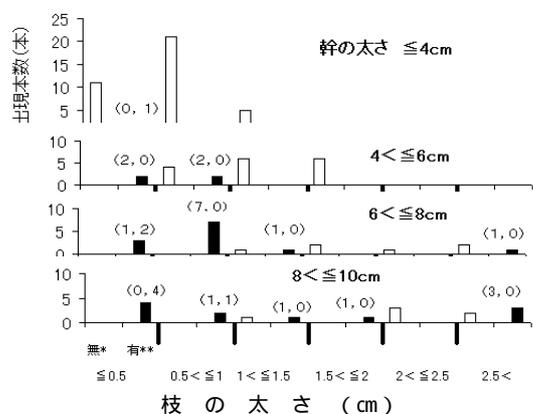


図 - 50 枝着生部の幹の太さごとの枝の生死、根元径および枝打ち後における残枝の有無 (小野町調査木)

無* : 残枝なし、有** : 残枝有り (生枝、枯枝の出現本数、本)

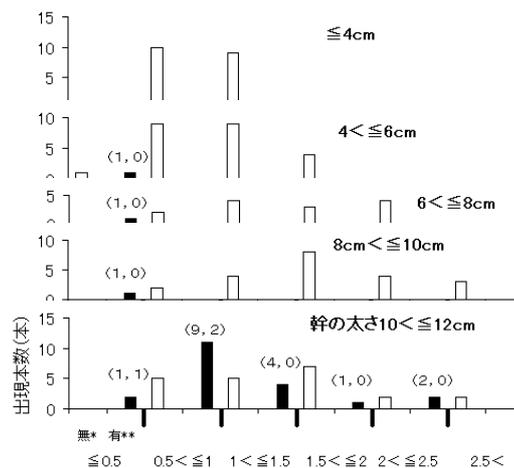


図 - 51 枝着生部の幹の太さごとの枝の生死、根元径および枝打ち後における残枝の有無 (郡山市調査木)

無* : 残枝なし、有** : 残枝有り (生枝、枯枝の出現本数、本)

さらに、樹幹の太さ10cm以下および6cm以下で平均よりかなり低い残枝の発生割合を示した、郡山市調査木の枝着生部の幹の太さごとの枝の生死、根元径および枝打ち後における残枝の有無を図 - 51に示した。これによると、太さ4cm以下の幹部では全く残枝の発生がなく、また4cm < 6cm、6cm < 8cmおよび8cm < 10cmの幹部では1cm以下の比較的細い枝でそれぞれ1本の残枝が発生したのみであった。しかし、10cmを超えると1cmを超える枝でも残枝となって発生割合が急激に高まった。

これらのことから、各個体における残枝の発生は、一部に例外があるものの、幹の太さがおおむね6 cmを境にして急激に増加するものと考えられた。

供試した個体6本の樹幹先端からの位置と幹の太さを図-52に示す。これによると、

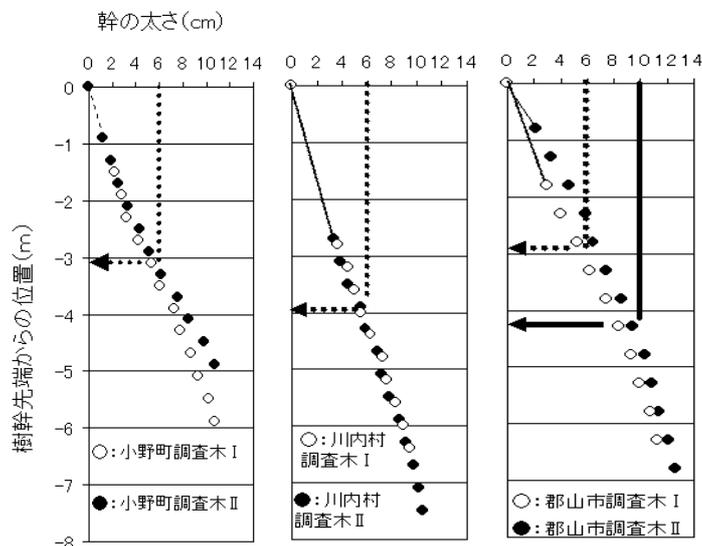


図 - 52 供試木の長さごとの幹の太さ

小野町で選定した2本の樹幹先端から下部2 m位置の幹の太さは、調査木 が約2.7cm、調査木 が約3.1cm、以下3 m位置でそれぞれ5.1、5.4cm、そして4 m位置で7.5、8.2cmであった。それぞれの位置の太さは で0.3~0.7mm太いものの、先端から下部4 mまでの高さごとの幹の太さは、おおむね同じような傾向を示した。また、川内村で選定した2本も、樹幹先端から下部3 m位置で調査木 が約3.8cm、調査木 が約4.1cm、以下4 m位置でそれぞれ5.6、5.5cm、そして5 m位置で7.2、7.5cmとなり、先端から下部5 mまでの幹の太さは、小野町と同様であり調査木 で0.1~0.3mm太いものの、おおむね同じような傾向を示した。しかし、郡山市で選定した2本は、樹幹先端から下部2 m位置で調査木 が約3.5cm、調査木 が約5.3cm、以下3 m位置でそれぞれ5.7、6.9cm、そして4 m位置で7.9、9.0cmとなり、先端から下部4 mまでの幹の太さは、調査木 で1 cmから2 cmほど太かった。次に、幹の太さが6 cm以下を示す部位は、小野町調査木 、 および郡山市調査木 が樹幹先端から3 mほどの位置、また川内村調査木 、 が樹幹先端から4 mほどの位置と推定される。ちなみに、郡山市調査木 では幹の太さが10cm以上で残枝の発生割合が高まったが、幹の太さが10cm以下を示す部位は、樹幹先端から4 mほどの位置に相当した。

以上述べたことから、残枝の生じない第2回目以降の枝打ちは、樹冠下の幹の太さがおおむね6 cmを越えないように打ち上げる必要があるものと考えられる。ちなみに、高さが10mほどのヒノキであれば、樹冠長を3 mほどにたもつ枝打ちがおおむね残枝を生じさせないことになると推定された。なお、枯れ枝や枝打ち残枝の巻き込みが、微害木、一部ふくれ木、漏脂病木および一部の徳利病木の発生誘因と推定されることから、残枝の生じない適正な枝打ちは、これら樹幹変形木の発生予防に役立つものと考えられる。

生物統計についてご指導を賜った森林総合研究所東北支所の地域研究官藤田和幸博士に厚くお礼申し上げます。

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50 : 114 120 .
- 2) 在原登志男 (2002) ヒノキ漏脂病被害林で発生した樹脂流出を伴わない樹幹の陥没 - 樹脂流出を伴わない陥没の発生実態調査 - .第113回日本林学会大会学術講演集 : 678 .
- 3) 在原登志男 (2002) ヒノキ林で発生した樹脂流出を伴わない樹幹陥没の発生誘因 - 海拔高500m以上のヒノキ林における調査事例 - .東北森林科学会第7回大会講演要旨集 : 85 .
- 4) 在原登志男 (2003) ヒノキ漏脂病被害林で発生した樹脂流出を伴わない樹幹陥没の発生と枯れ枝の付着状況 .東北森林科学会誌 8 : 84 87 .
- 5) 在原登志男・川口知穂 (2001) 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 - . 福島県林業研究センター研究報告34 : 44 65 .
- 6) 在原登志男・齋藤直彦 (2003) 枝打ちを行ったヒノキ林における樹幹陥没等の発生状況とその誘因 .第114回日本林学会大会学術講演集 : 573 .
- 7) 在原登志男・齋藤直彦 (2003) ヒノキの枝打ち仕様と漏脂病等の発生状況 . 森林防疫 52 : 264 270 .
- 8) 在原登志男・齋藤直彦 (2003) ヒノキ樹幹の変形区分と区分木の発生状況 .東北森林科学会第8回大会講演要旨集 : 34 .
- 9) 在原登志男・齋藤直彦 (2004) 海拔高および肥大成長に伴うヒノキ樹幹変形木の出現割合 .第115回日本林学会大会学術講演集 : 747 .
- 10) 在原登志男・齋藤直彦 (2004) 現行の枝打ちによるヒノキの樹幹変形木の出現抑制効果 .東北森林科学会第9回大会講演要旨集 : 51 .
- 11) 在原登志男・齋藤直彦 (投稿中) 肥大成長および海拔高の上昇に伴うヒノキ樹幹変形木の出現状況と現行の枝打ち時期による樹幹変形木の出現抑制効果 . 森林防疫 .
- 12) 藤井英二郎・宮越リカ共訳 (1998) 樹木からのメッセージ - 樹木の危険度診断 - . 205pp、誠文堂、東京 .
- 13) 諫本信義 (1989) ヒノキのとっくり病に関する研究 .大分県林業試験場研究報告11 : 125pp .
- 14) 伊藤一雄 (1964) 図説樹病新講 . 344pp、地球出版、東京 .
- 15) 伊藤一雄 (1971) 樹病学大系 . 279pp、農林出版、東京 .
- 16) 川口知穂・橋本正伸・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 .
- 17) 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 - .日林誌78 : 280 284 .
- 18) 小岩俊行・作山健・外館聖八郎 (1994) ヒノキ漏脂病の枝打ち・患部切除による被害回避の試み . 日本林学会東北支部会誌46 : 33 34 .
- 19) 久林高市・灰塚敏郎 (1995) 九州におけるヒノキ漏脂病被害の発生とその要因 . 森林防疫44 : 23 29 .

- 20) 窪野高德・市原優・小岩俊行(2000)ヒノキ漏脂病の発生に關与する *Cistella japonica* の樹体内分布 .東北森林科学会5回大会講演要旨集:46 .
- 21) 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回日林論:523 524 .
- 22) 長島征哉(1995)関東・中部地方におけるヒノキ漏脂病の被害と発生要因 . 森林防疫44:53 61 .
- 23) 小河誠司・後藤晋(1999)福岡県におけるヒノキ漏脂病の被害実態と発生要因 . 福岡県森林林業技術センター研究報告2:1 13 .
- 24) 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 .日林東北誌26:137 138 .
- 25) 齋藤直彦・在原登志男(2003)ヒノキの胸高直径と残枝の付かない初回生枝打ちの關係 .第114回日本林学会大会學術講演集:572 .
- 26) 佐藤敬二(1973)日本のヒノキ - 下巻 - .361pp, 全国林業改良普及協会, 東京 .
- 27) 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回日林論:317 318 .
- 28) 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 . 日林学会関西支部大会論文集4:159 160 .
- 29) 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調査 - 関西ブロックのとりまとめ - . 森林防疫44:46 53 .
- 30) 周藤靖雄(2002)ヒノキ漏脂病(森林を守る - 森林防疫研究50年の成果と今後の展望 - . 全国森林病虫獣害防除協会, 東京), 125 136 .
- 31) 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 .
- 32) 鈴木和夫(1996)非寄生性疾病と大気汚染(新編樹病学概論小林享夫ほか編、養賢堂、東京) 269 285 .
- 33) 玉井幸治・矢田豊・深山貴文・池田武文(2000)漏脂病被害林におけるヒノキ樹体の低温履歴時間の空間変動特性 .日林誌82:200 203 .
- 34) 千葉修(1993)改訂樹病学 .240pp、地球社、東京 .
- 35) 矢田豊(1989)ヒノキ・アテ漏脂病の被害実態に関する研究() - 樹脂流出状況の季節変化 - . 石川県林業試験場研究報告19:13 18 .
- 36) 山田利博(2004)ヒノキ漏脂病の発生機構 - 最近の研究から - . 林業と薬剤 169:5 13 .
- 37) 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關係 .日林誌82:141 147 .
- 38) 柳田範久・小岩俊行(1995)東北地方におけるヒノキ漏脂病の被害と発生要因 . 森林防疫44:30 37 .