

## ヒノキ漏脂病の罹病樹齢および 樹脂流出促進要因の解剖学的検討\*<sup>1</sup>

黒田慶子\*<sup>2</sup>

### Anatomical Assessment of Age of Infection with Resinous Stem Canker in Hinoki Cypress (*Chamaecyparis obtusa*) and the Factors Promoting Resinosis\*<sup>1</sup>

Keiko KURODA\*<sup>2</sup>

Highly frequent traumatic resin canal formation in the phloem is characteristic of resinous stem canker disease. A fungus, *Cistella japonica*, was reported as a candidate for causal agent, and some environmental factors may affect extensive and long-term resinosis in tree trunks. At several plantations in Maizuru and Kanazawa in Japan, resin canal formation and resin production appear to be active under conditions that promote tree growth. In the plantations where this disease was frequently observed, even trees without resinosis contained traumatic resin canals. Such trees are not healthy, but 'diseased trees without visible symptoms'. Extensive resinosis is often discovered at mature plantations about 20 years old. However, the onset of this disease was estimated to occur at the very young age of about 5 to 8 years, based on the fact that wound resin canals are not formed in the phloem more than three years old. Disease-promoting factors should therefore be surveyed tracing back to the earlier period. The distribution of resin canals throughout a trunk circumference suggests that the stimuli that induce epithelial cell differentiation affect the entire trunk. Some physiological aspects of trees may relate to the sensitivity to resin canal formation. Partial necrosis of cambium was observed in the specimens with resinosis, except for the youngest of age 11, and was associated with resin pockets. Well-grown trees have a tendency to promote resinosis and cambium necrosis.

**Keywords:** traumatic resin canal, phloem, resinosis, symptom development, physiological factors.

漏脂症状を示す樹幹の師部には傷害樹脂道が多層認められた。被害の多い林分では、漏脂症状の無い個体でも樹脂道が形成されていた。このような個体は健全木ではなく「罹病しているが未発症」と考えるべきであろう。形成から3年以上経過した古い師部には傷害樹脂道は形成されないという知見から、罹病樹齢は5～8年生ごろの若齢期に遡り、発症までに年数がかかることが明らかになった。本病の罹病要因や発生環境を把握するには、若齢時にさかのぼった調査が必要である。発症個体では樹幹全周に樹脂道が認められ、エピセリウム細胞の分化を促す刺激が樹幹全体に加えられていることが示唆された。環境や生理的要因が樹脂道形成促進に影響する可能性がある。金沢の11年生個体を除いて、発症個体には形成層の部分的壊死が認められ、壊死部では樹脂嚢の発達が顕著であった。成長がおう盛な林分で樹脂漏出と形成層壊死が促進される傾向があった。

#### 1. 緒 言

ヒノキ漏脂病の特徴は樹皮に多層の傷害樹脂道が形成され、樹脂漏出が著しく、形成層の部分的壊死による樹幹の変形が起こることである<sup>1)</sup>。材質低下

\*<sup>1</sup> Received May 15, 2000; accepted June 26, 2000.

\*<sup>2</sup> 森林総合研究所関西支所 Kansai Res. Ctr., For. and Forest Prod. Res. Inst., Kyoto 612-0855

につながる病気として大正時代から認識されていた<sup>2)</sup>。本病の原因は長年追求され、近年では糸状菌 *Cistella japonica* の接種による漏脂症状再現が報告された<sup>3,4)</sup>。しかし、地域によっては積雪や寒冷などの気象要因<sup>5)</sup>やヒノキの生理的要因が関与する可能性もあげられ<sup>6)</sup>、罹病時期や罹病を促進する環境についての検討が十分であるとは言えない<sup>7)</sup>。

Kuroda<sup>8)</sup> は、以下の知見から多層の樹脂道は長年かかって形成されることを明らかにした。健全なヒノキは本来樹脂道を持たず、傷害などの刺激により師部の柔細胞がエピセリウム細胞に変化し、細胞間が剝離して樹脂道となる。山中は一度の傷害で多列の樹脂道が形成されたり、繰返し形成されることはないことを明らかにし<sup>9,10)</sup>、Kuroda<sup>8)</sup> は3年以上前に形成された古い師部年輪の師部柔細胞には、エピセリウム細胞に分化する能力がないことを確認した。つまり3年以上経過した師部年輪に樹脂道が何層も認められる個体では、樹脂道形成を促す刺激が継続的にあるいは繰返して樹幹に与えられたことになり、樹脂道の形成された師部年輪の齢から罹病年度を推定することができる。

本病の発生環境について検討するには、罹病時期、すなわち樹脂道形成が開始した時期を特定し、その時期に遡って情報を得ることが重要である。本論文では舞鶴市と金沢市の林分で採取した本病罹病木について、罹病時期を解剖学的手法により推定し<sup>10)</sup>、罹病後の樹脂道形成経過と樹脂流出との関係について報告する。

## 2. 試料と方法

### 2.1 試料採取

これまで漏脂病の被害報告がほとんどなかった京都府では、1991年7月に舞鶴市の4林分を調査の上、漏脂症状発症個体2本(17, 14年生)を伐倒した。漏脂病の発生が多いことで知られる石川県<sup>11)</sup>では、

1997年12月に、金沢市湯涌の16年生林分で高さ約3mまで漏脂症状の見られる個体と発症していない個体を各1本伐倒した。同年夏季の枝打ち後に初めて発症した同市下谷の11年生林分でも、発症個体および未発症個体を各1本伐倒した(Table 1)。長さ1m単位に玉切りして持ち帰り、5cm程度の輪切りにしつつ、漏脂部位を中心として横断面の巨視的観察を行った。

漏脂患部および外見上変化の認められないさまざまな部位について、内樹皮、外樹皮および木部から組織片を取り、FAA(ホルマリン:酢酸:50%エチルアルコール=5:5:90 v/v)で固定した。水洗後、マイクロトームで厚さ30 $\mu$ mの切片を3断面について作成した。一部はナイルブルーにより樹脂類を染色し、その他は無染色のままゴムシロップで封入した。師部横断面の光学顕微鏡観察により傷害樹脂道形成の程度や形成年輪について調べた。また、樹脂道形成の頻度(層数)と枝打ちや樹幹の成長の良否との関連について検討した。

### 2.2 罹病年度の推定と発症要因の検討

ヒノキの樹皮では、春に形成される太い師部繊維(Fig. 3A, F参照)を境界として年輪構造が認められる<sup>1,8)</sup>。傷害による樹脂道形成についてKuroda<sup>8)</sup>が明らかにした以下の知見に基づき、罹病木で樹脂道が形成された年度を推定した。春から夏までに傷害を与えると、1年前に形成された師部年輪と、場合により2年前の年輪(Fig. 3, 年輪番号1と2)にも樹脂道が形成される。夏から翌年春までは当年および1年前の年輪(年輪番号0と1)に樹脂道ができる。形成年輪の移行時期は個体により多少ずれる<sup>8)</sup>。年輪界をはさんで2年輪に形成される場合を考慮に入れ、2年程度の幅で樹脂道の形成年度を推測することができる。たとえば、罹病木で7年前に形成された年輪から内側(形成層側)に向かって多くの年輪に樹脂道が見られるなら(Table 2)、最も古い樹脂

Table 1. Fundamental data on investigated *Chamaecyparis obtusa* trees and their assumed age of infection with resinous stem canker.

Site	Age	Tree No.	Resinosis	DBH (cm)	Oldest annual ring with RC*	Assumed age of infection
Maizuru	17		Yes	16.6	10+?	Before 8-9?
	14		Yes	11.8	8	7-8
Kanazawa	16	1-1	Yes	18.0×15.5	10	7-8
	16	1-2	No	17.5×14.0	9	7-9
	11	2-1	Yes	14.0	7	5-6
	11	2-2	No	10.0	7	5-6

\*Age of phloem annual ring with oldest resin canals. See Figs. 3 and 4.

Table 2. How to estimate the age of oldest resin canals in *C. obtusa*.

Period of injuries	Annual ring number in the phloem*										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6 years before:											
Spring to summer									+	+	
**6 years before:											
Summer to winter of next year									+	+	
**5 years before:											
Spring to summer									+	+	
5 years before:											
Summer to winter									+	+	

+ : Abundant and wide distribution of resin canals.

\* Phloem annual rings counted from current year.

\*\* Injuries in these periods can induce resin canals on seventh annual ring and inward.

道が形成された時期は5年前の春期から6年前の夏頃までである。その個体は5～6年前から何らかの刺激を受けはじめたか、あるいは刺激に対し敏感になったと推測できる。漏脂病罹病木の特徴は多層の樹脂道形成であることから<sup>1)</sup>、多層の樹脂道の最も外側の層が形成された年を供試木の罹病時期とした。また、漏脂症状の未発症個体についても同様に樹脂道形成状況を調べ、漏脂症状発現の要因について検討した。

漏脂病の「感染」あるいは「罹病」から漏脂症状

の発現までに時間差があるという推測から、本報告では「漏脂症状の発現」をもって漏脂病の「発症」とし、「発病」という表現をさけた。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 樹脂道形成程度および形成位置と漏脂症状との関係

舞鶴市と金沢市のいずれの林分でも、供試木の木部の当年輪の幅は5～8 mm あり (Fig. 1), ヒノキとしては特に木部肥大成長が良好であった。師部の

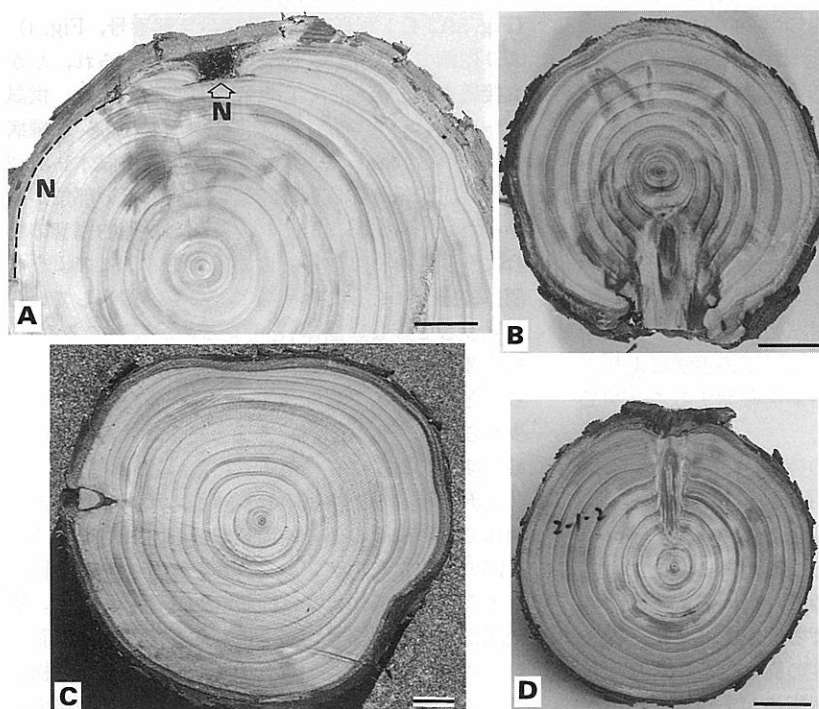


Fig. 1. Cross sections of *Chamaecyparis obtusa* trunks infected with resinous stem canker and indicating resinosis.

(A) (B) 17- and 14-year-old trees from Maizuru, Kyoto Pref. and (C) (D) 16- and 11-year-old trees from Kanazawa, Ishikawa Pref., respectively. N: cambium necrosis. Bar: 2 cm.

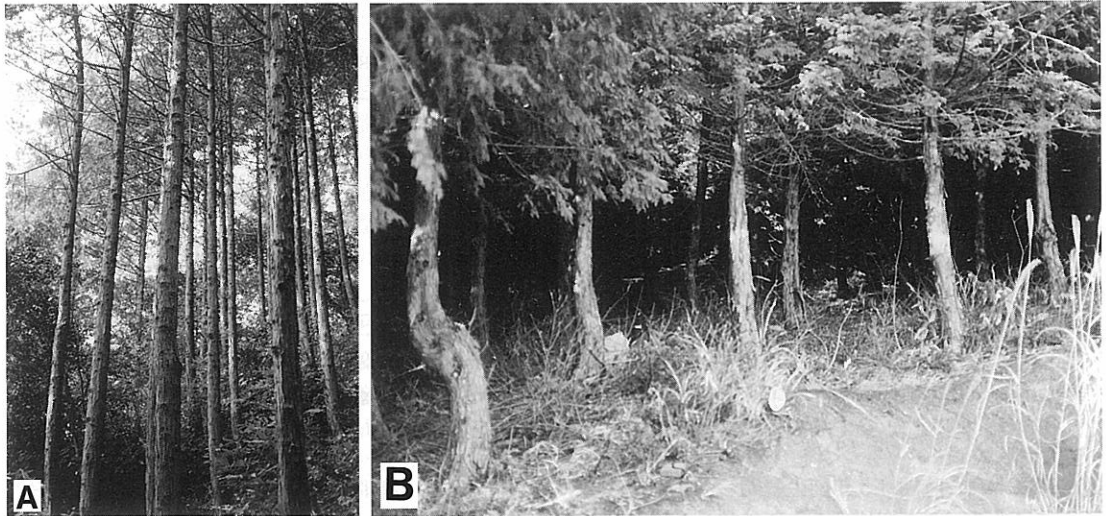


Fig. 2. *C. obtusa* plantations affected seriously with resinous stem canker. (A) Maizuru, 32 years old. (B) Kanazawa, 16 years old.

年輪幅も広がった。また、枝打ち跡が大きく目立つ特徴がみられた (Fig. 1B)。舞鶴市の17年生林分はスギの適地と判断される土壌であり、金沢市の場合は植栽間隔が2mと広く、いずれも肥大成長が促進される環境である (Fig. 2)。漏脂症状の有無に関わらず、両調査地の採取個体すべてに傷害樹脂道が認められた (Figs. 3, 4)。金沢市の無症状の個体にも樹脂道に加えて傷害周皮の形成があり (Fig. 3B, WP)、過去に傷害に相当する刺激があったと推測された。

顕微鏡による観察では、外樹皮の最外層まで年輪数を数えて樹脂道の形成年を推定することができた。しかし樹幹の周囲長増加と共に篩部繊維の配列が乱れ、13~14年以上古い年輪では年輪界の判定がやや困難であった (Fig. 3A)。この点に留意すれば、罹病年度の推定には有用な手法である。さらに病原体候補菌の接種試験においては、この手法により、樹脂道形成が接種によるか否かを確認することができる<sup>8)</sup>。

金沢市で採取した4個体の樹幹のさまざまな部位について樹脂道形成の程度と形成年輪を比較した (Fig. 3, 4)。樹脂道は樹脂漏出部位や枝打ち跡周辺に特に多い傾向があり、傷の痕跡がある部位に目立ったが、肉眼では異常の認められない部位にも認められた。このように部位による差があるため、罹病時期の推定は樹脂道形成頻度の高い部位を含む複数の試料で行う必要がある。樹脂道が多層形成された

部位では木部に樹脂の染みや樹脂囊 (ヤニツボ) の形成もあり、肉眼レベルの観察ではヒノキカワモグリガなど昆虫の食害痕と見分けにくい<sup>12)</sup>。罹病要因について検討するには顕微鏡による確認が不可欠である。

漏脂症状のある供試木1-1, 2-1では、特定の年輪 (Fig. 3A, C: 写真右側の数字は年輪番号, Fig. 4) より内側では大半の年輪に樹脂道が認められ、しかも接線方向に広範囲にわたって分布していた。供試木1-1の14年輪の樹脂道は単発的な形成であり、罹病ではないと判断した。症状を示さない供試木1-2, 2-2では樹脂道の形成は数年輪に1層程度の部位が多かったが (Fig. 3B, Fig. 4)、単純な物理的傷害の場合より明らかに高頻度で広範囲である。このような個体は健全木として扱うのではなく「罹病しているが発症していない個体」と考えるのが妥当であろう。被害多発林分ではこのような潜在的罹病木が存在することに留意する必要がある。Fig. 4の樹脂道の多少から推測すると、漏脂症状の発現には樹脂道形成の頻度も関わるようである。

金沢市の11年生供試木2-1を除き、漏脂症状のある個体では形成層の部分的壊死が観察され (Fig. 1A)、周囲の木部に変色が認められた。亀山ら<sup>13)</sup>が指摘したように壊死部には常に樹脂囊が発達していた。壊死部に接する篩部では樹脂道形成頻度が高く樹脂分泌が活発である。供試木2-1では形成過程にある樹脂囊が顕微鏡下で検出され (Fig. 3C, RP)、隣接する



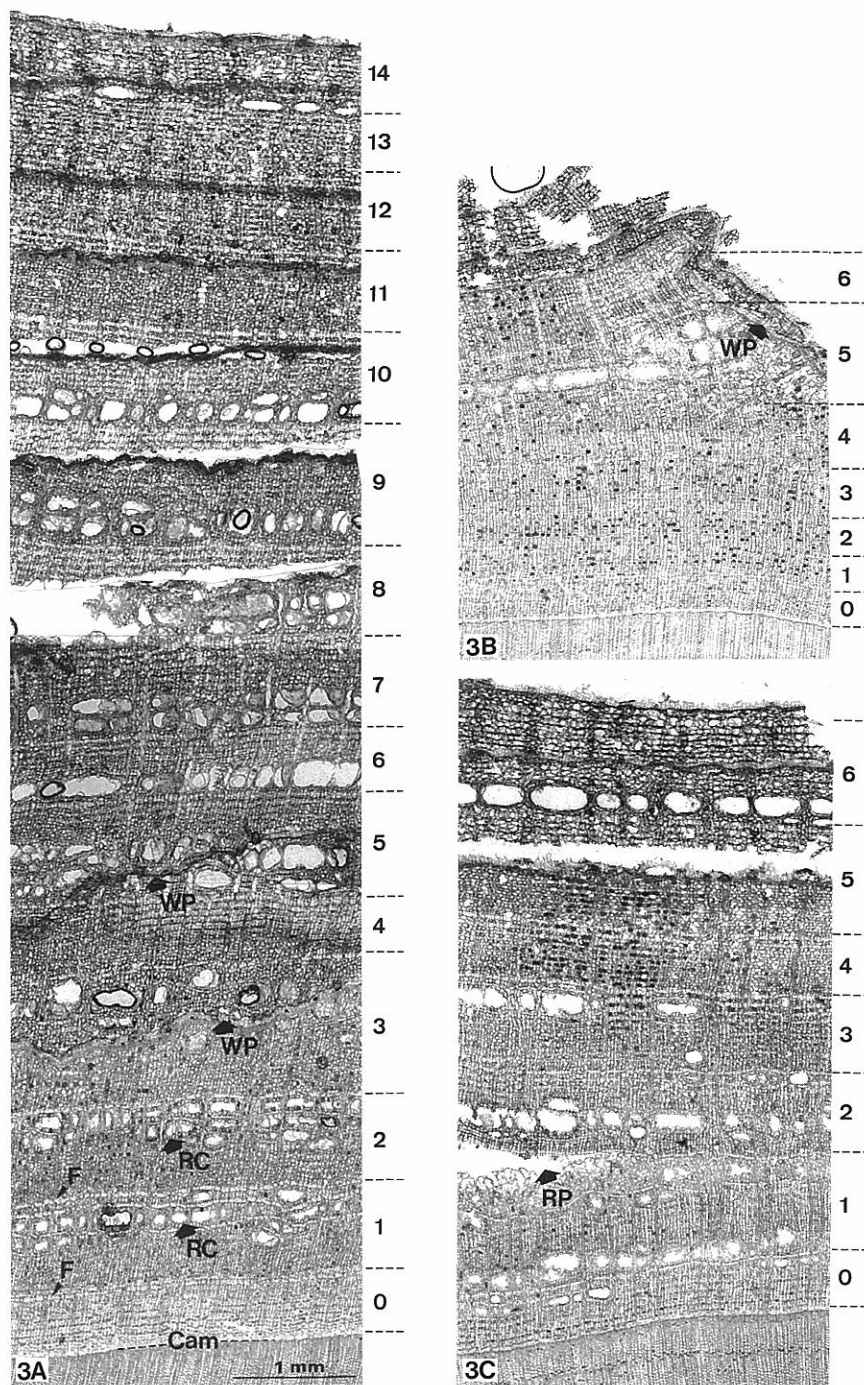


Fig. 3. Microscopic view of traumatic resin canals formed in *C. obtusa* phloem infected with resinous stem canker in Kanazawa. (A) 16-year-old tree with resinosis (No. 1-1), (B) without resinosis (No. 1-2), and (C) 11-year-old tree with resinosis (No. 2-1). Cross-sections without staining. Cam: cambium, RC: traumatic resin canal, WP: wound periderm, RP: resin pocket, F: thick phloem fiber. Annual ring numbers are indicated on the right side of photos. Current annual ring; 0.

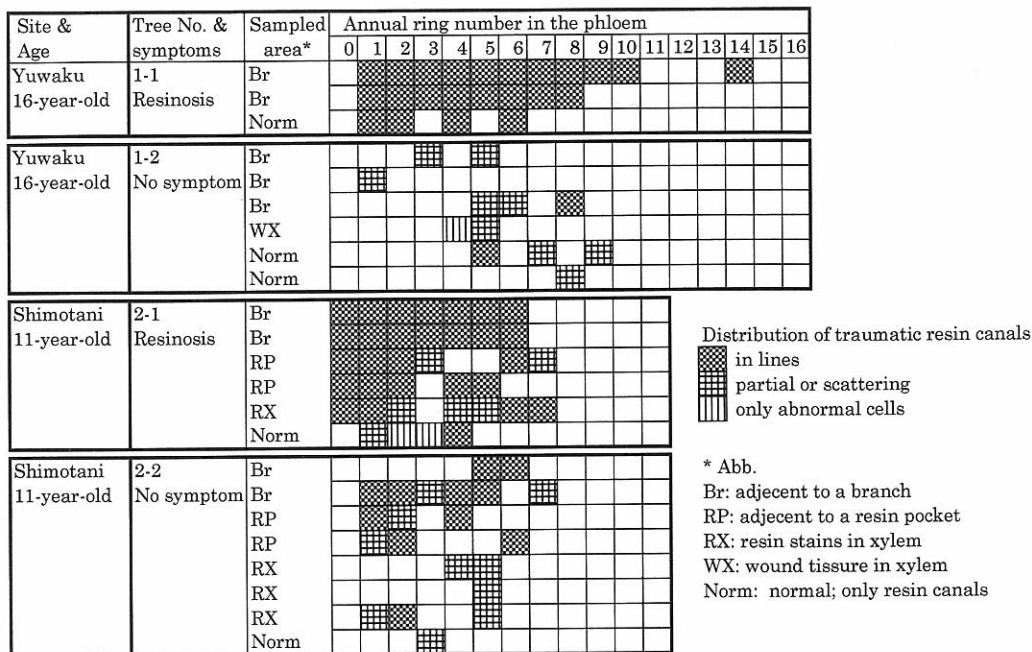


Fig. 4. Resin canal distribution in the phloem annual rings of the trees with and without resinosis at Kanazawa.

柔細胞の黄変が認められたが傷害周皮の形成は伴っていない。このような微生物の活動はないと推測される師部内層では、樹脂囊内の樹脂が、その毒性により周囲の細胞を壊死させている可能性もある。

### 3.2 罹病時期、漏脂症状発現までの期間および発症要因の検討

金沢市の16年生林分の2個体では、継続的な樹脂道形成は第10年輪 (Fig. 3A, 4) からであり、おおよそ8~9年前から樹脂道形成が開始したものと推定した (Table 1)。これは7~8年生時に相当する。11年生林分では第7年輪以降に形成されており、5~6年前から樹脂道形成が開始し、罹病は5~6年生ごろと判断した。2林分ともに発症と未発症の2個体でほぼ同じ時期に樹脂道形成が開始しており、両者の樹脂道形成要因は共通であることを示唆している。舞鶴市の17年生個体では外樹皮の一部が脱落し、11年以前の年輪での樹脂道形成が確認できなかった。罹病時期は樹齢8~9年生ごろかそれ以前の可能性がある。外樹皮は脱落するので、形成開始年度にまでさかのぼれない場合もある。14年生個体は8年前の年輪から内側に樹脂道が分布し、罹病時期は6~7年前、つまり7~8年生ごろの可能性が高いと判断した。

ヒノキの漏脂病罹病率の高い林分は20年生以上であることが多く、若齢の発症例は10年生前後とされる<sup>14)</sup>。本研究の結果、継続的な樹脂道形成が開始した樹齢、つまり罹病時期は5~8年生ごろと非常に若いことが初めて明らかになった。罹病から被害木発見までの期間が長く、場合により10年程度かかることになる。一般に樹木病害の原因究明にあたっては発症後の林分で調査を行うが、本病の場合、罹病要因や被害林の環境要因の検討のためには罹病時期にさかのぼってデータ収集を行う必要がある。本報告に用いた供試木では樹脂道形成開始年度 (罹病樹齢) は同一林分内の個体ではほぼ一致し、罹病要因が林分単位の現象に付随している可能性が示唆された。多数の伐倒を伴う調査を民有林で行うことは困難であったため、今回の報告は少数の試料からの推測であり、今後の調査による確認が必要である。

罹病と傷害との関連を調べるために枝打ち年度とつきあわせてみた。金沢市の2林分では伐倒年度 (1997年) に枝打ちを行っており、さらに16年生林分では一部の個体について5年生時にも行ったと記録されていたが、これらは傷害樹脂道形成開始の年度とは一致しなかった。舞鶴市の林分では枝打ち年度の記録が無いため検討できなかった。解剖学的観察

では、樹脂道形成開始年度に相当する木部と師部に傷害組織は認められず、また菌の侵入口としての間わりが指摘されるヒノキカワモグリガの痕跡<sup>15)</sup>はなかった。金沢市の11年生林分で1997年の夏以降に漏脂症状が初めて発症したのは、すでに数年前から形成された樹脂道が枝打ち時に刺激を受け、樹脂の生産や分泌が促進されたためと考えられる。以上のように枝打ちなど著しい外傷と罹病との対応はなかったが、外傷がきっかけとなって早期の発症につながる例もあることが示された。

本病罹病木では傷のない部位にも樹脂道が形成されている点、通常の傷害樹脂道形成と異なる。発症個体では特に多層の樹脂道が樹幹の周囲全体に形成され、エピセリウム細胞への分化を促す刺激が局部的ではなかったことが示唆される。近年、ヒノキ樹幹でのエチレン生成と樹脂道形成との関連が報告され<sup>6)</sup>、樹脂道形成能力の個体差についての研究が進められている。菌の感染や気象害など広義の傷害に対するヒノキの感受性、つまりエチレン生成量や樹脂道形成能力が個体や品種により異なったり、樹齡により変化することが本研究の結果からも推測される。ヒノキの生理的特性と罹病・発症との関係について今後検討を進める必要がある。

材の利用という観点では、本病は漏出樹脂による木部の汚染だけでなく、形成層の部分的壊死に起因する樹幹の変形、壊死部への菌類感染による変色や腐朽が問題となる。樹脂にはテルペン類など毒性のある物質が含まれており、大量の樹脂との接触がなければ形成層の壊死は起こらない可能性がある。材質劣化を回避する一方法として、発症をできるだけ軽微な段階で押さえることも効果的ではないかと思われる。鈴木ら<sup>16)</sup>は過去の報告から、成長が良好なヒノキに本病による被害が多い例を挙げている。成長が旺盛な林分で樹脂漏出と形成層壊死が促進される傾向に注目すべきであろう。

## 謝 辞

本研究において調査と供試木の伐倒について便宜を図っていただいた、石川県林業試験場の矢田 豊氏ならびに京都府の職員の方々に感謝いたします。

## 文 献

- 1) Kuroda, K., Suzuki, K.: *J. Jpn. For. Soc.* **67**, 63-66 (1985).
- 2) 北島君三: 林学会雑誌 **9**: 34-42 (1927).
- 3) Suto, Y.: *Trans. Mycol. Soc. Japan* **33**, 433-442 (1992).
- 4) Suto, Y: *J. For. Res.* **2**, 59-65 (1997).
- 5) 山谷孝一, 加藤亮助, 森麻須夫, 須藤和秋: 林業試験場研究報告 **325**: 1-96 (1984).
- 6) 楠本 大, 福田健二, 鈴木和夫: 日本林学会論文集 **108**, 359-360 (1997).
- 7) 伊藤進一郎, 窪野高德, 佐橋憲生, 宮沢有希子: 森林総合研究所所報 **123**, 4-5 (1998).
- 8) Kuroda, K.: *IAWA Journal* **19**, 181-189 (1998).
- 9) 山中勝次: 木材学会誌 **30**, 347-353 (1984).
- 10) Yamanaka, K.: *IAWA Bulletin n.s.* **10**, 384-394 (1989).
- 11) 矢田 豊, 石田 清, 杉浦孝蔵, 清水正明: 日本林学会論文集 **99**, 533-534 (1988).
- 12) 山田利博, 長谷川絵里, 宮下俊一郎, 青木 寿: 林学会誌 **82**, 141-147 (2000).
- 13) 亀山統一, 福田健二, 鈴木和夫: 森林防疫 **41**, 151-154 (1992).
- 14) 作山 健, 外館聖八朗: 日本林学会論文集 **100**, 619-620 (1989).
- 15) 小岩俊行, 楠木 学, 宮下俊一郎, 長谷川絵里, 小倉健夫: 林学会誌 **78**, 280-284 (1996).
- 16) 鈴木和夫, 福田健二, 梶 幹男, 紙谷智彦: 東大演習林報告 **80**, 1-23 (1988).