

東京大学秩父演習林におけるサワラ根株心腐被害の発生状況

Butt-rot damage situation of *Chamaecyparis pisifera* in the University of Tokyo Chichibu Forest

原口竜成^{*1}・平尾聡秀^{*1}・山田利博^{*1}

Ryusei HARAGUCHI^{*1}, Toshihide HIRAO^{*1} and Toshihiro YAMADA^{*1}

* 1 東京大学秩父演習林

The University of Tokyo Chichibu Forest, Chichibu 368-0034

要旨: 東京大学秩父演習林(埼玉県秩父市)の高齢級サワラ人工林で懸念されている根株心腐被害について、非破壊診断法を用いてその実態を明らかにするとともに、採取した腐朽部の材から菌を単離して、病原菌候補の絞り込みを行った。林齢の異なる4つの林分で腐朽診断を実施したところ、林齢の高い2林分において本数率でも材積率でも約50%以上の立木が腐朽被害を受けているという激甚な被害が発生していることが明らかになった。また、単一林分内では立木の径級と被害木の間には明確な関係性は認められず、腐朽被害は立木の径級に関係なく発生していることが明らかになった。腐朽高は最大3.2m以上あった。さらに、主な腐朽菌としてナミダタケモドキが検出された。

キーワード: サワラ・根株心腐・非破壊診断法・ナミダタケモドキ

Abstract: We carried out non-destructive testing of butt-rot in *Chamaecyparis pisifera* stand that was established in the University of Tokyo Chichibu Forest (Chichibu, Saitama, Japan), and tried to isolate butt-rot fungi. Of the four stands with different stand age, serious rot damage has occurred in two older stands. In these two stands, the rates of rotten trees (based on tree number or tree volume) were more than c. 50%. In the individual stands, the occurrence of rot does not depend on the diameter of trees because there is no relation between diameter at breast height and damaged tree. Maximum rot height was up to 3.2 m or more. Further *Serpula himantoides* was detected as the main butt-rot fungi.

Key-word: *Chamaecyparis pisifera*, butt-rot, non-destructive testing, *Serpula himantoides*

はじめに

東京大学秩父演習林(埼玉県秩父市)には、767haの人工林があり、主な樹種はスギ、ヒノキ、カラマツ、サワラ等である。このうち、サワラ(18.7ha)については、林齢70年生以上の比較的高齢級の林分が存在し、これまで、長期的なモニタリングによる間伐効果や林分成長についての研究(3)が行われてきた。

一方、秩父演習林のサワラ林分では、成長の良い個体ほど材の腐朽発生やその程度が大きいとする報告があるほか(4)、腐朽による倒木が見られるなど(図-1)、高齢級の林分を中心に根株心腐被害が進行していることが懸念される。

本研究では、立木を伐採することなく内部の腐朽の有無を診断する手法(非破壊診断法)を用いて、秩父演習林のサワラ林分における腐朽の発生状況とその特徴を明らかにするとともに、腐朽の原因となる病原菌の候補を絞り込み、今後の林分の取り扱いについて考察した。

調査地および調査方法

1. 調査地の概要 調査地は埼玉県秩父市大滝に位置する東京大学秩父演習林の4つのサワラ林分である。

2014年7月~9月の期間に、4林分に方形プロット(プロットA~プロットD)を設定した。2014年時点の林齢はプロットA(7林班)が53年生、プロットB(12林班)が72年生、プロットC(28林班)が78年生、プロットD(31林班)が87年生である。また、プロットの大きさはプロットA・B・Cが20m×20m、プロットCが15m×15mである。これらのプロット内の胸高直径20cm以上のサワラを対象に胸高直径と樹高を測定した。このデータから、haあたり立木本数・平均胸高直径・平均樹高と各立木の材積を算出し、各プロットの林分構造を比較した。なお、材積の算出には林野庁立木幹材積表の「関東中部地方、その他針葉樹の材積式」(6)を用いた。

2. 腐朽診断 腐朽診断には打撃音樹内腐朽簡易診断

装置（ワールド測量設計株式会社製 ぼん太 pro version（以下、ぼん太という。））を用いた。本機器は、立木をハンマーで叩いた打撃音の波形を高速フーリエ変換した周波数のうち、最大ピーク周波数を共振周波数（Fr）として、それを直径の値（D）とかけ合わせた値（DFr）を、樹種毎の健全木の標準的な値（以下、標準 DFr という。）と比較することで内部異常を判定するものである（5）。

サワラの標準 DFr については、メーカーによる設定値がなかったため、秩父演習林のサワラ 13 個体 33 健全部で測定した DFr の平均値 27.6 を標準 DFr として設定した。この場合の標準偏差は 1.76 であるため、健全木が 90% の確からしさで健全である範囲を、 $24.8 \sim 30.5$ ($27.6 - 1.76 \times 1.64 \sim 27.6 + 1.76 \times 1.64$) として設定し、24.8 未満のものを腐朽木とした。なお、この標準 DFr 値を用いた腐朽判定結果とレジストグラフを用いた診断結果を比較したところ、腐朽の有無についての適合率は 90% 以上であった（2）。

腐朽の判定は地上高 1.2 m の位置で行い、腐朽木が全体に占める割合を腐朽木率として本数と材積でそれぞれ算出し、プロット別に比較した。

また、各プロットで測定した DFr 値と胸高直径との間に直線を回帰し、腐朽木と胸高直径との間に相関関係がみられるかどうかを検討した。

さらに、垂直方向への腐朽の進行状況を把握するために、腐朽木については地上高 1.2 m に加え、2.2 m と 3.2 m の位置でも腐朽診断を行った。その際、測定部の幹周囲長が 60 cm 未満となる立木は、ぼん太の測定範囲外になるため解析から除外した。

3. 病原菌候補の絞り込み 4 つのプロットのうち、比較的アクセスの良いプロット D において、腐朽診断により腐朽木として診断された立木を 3 本伐採し、腐朽部の材を採取した。また、プロット A・プロット B・プロット C は、アクセスが悪く急斜面であるため、成長錐を用いて腐朽木として診断された立木から腐朽部の材を各プロット 3 本ずつ採取した。

採取した腐朽部の材をポテトデキストロース寒天培地上で 20・20 日間培養し、材から伸長した菌糸の先端を切り取り、新しい培地に移植して分離菌株を得た後、ゲノム DNA を抽出した。DNA の抽出には、NucleoSpin® Plant II（タカラバイオ社）を使用し、キットが指定するプロトコルにより抽出作業を行った。

分離菌の同定は 18S, 5.8S, 28S rRNA をコードする保存性の高い遺伝子領域を含む rDNA の ITS 領域を、プライマー ITS5 (5'- GGAAGTAAAAGTCGTAACAA GG-3)・ITS4 (5'- TCCTCCGCTTATTGATATGC-3

) を用いて PCR 法により増幅し、決定した塩基配列について塩基配列データベース DDBJ (<http://www.ddbj.nig.ac.jp/index-j.html>) 上の登録配列と照合し、同一性 99% 以上を基準として行った。



秩父演習林 31 林班 原口竜成撮影

図 - 1 . 秩父演習林内で発生したサワラの腐朽倒木
Fig. 1 Decayed tree of *Chamaecyparis pisifera*

結果

1. プロット別の林分構造 ha 当たり立木密度をみると、プロット D、プロット C、プロット A、プロット B の順に立木密度が高かった（表 - 1）。また、ha 当たり材積合計は、プロット D、プロット A、プロット C、プロット B の順に多かった。特に、プロット D では 1699.5 m³/ha と高い結果になった。

平均胸高直径・平均樹高については、プロット D が最も大きい値を示した。また、プロット C は、より林齢が低いプロット A およびプロット B と比較しても、平均胸高直径や平均樹高が低かった。

表 - 1 . 各プロットのエンドロウ構造

	プロットA (7林班)	プロットB (12林班)	プロットC (28林班)	プロットD (31林班)
林齢(2014年時点)	53	72	78	87
立木本数(/ha)	650	533	950	1400
平均胸高直径(cm)	30.8	28.7	25.7	32.5
平均樹高(m)	24.1	20.8	20.3	28.5
材積合計(m ³ /ha)	592.2	398.3	539.8	1699.5

2. プロット別の腐朽木率(本数・材積)および胸高直径とDFr値との関係 本数腐朽木率(表-2)は、プロットDが最も高く67.9%で、プロットCで50.0%、プロットBで33.3%、プロットAで23.1%と、林齢が高い林分ほど腐朽木率が高くなる傾向がみられた。

材積腐朽木率は(表-3)は、本数腐朽木率と同様に、プロットDが最も高く66.0%、プロットCで49.7%、プロットBで25.0%、プロットAで19.7%と、林齢が高い林分ほど腐朽木率が高くなる傾向がみられた。

また、胸高直径とDFr値との間には、どのプロットにおいても有意な相関関係は認められなかった(図2)。

3. 垂直方向への腐朽の進行状況 地上高1.2m、2.2mおよび3.2mでの腐朽診断結果を基に、腐朽が検出された地上高別の立木本数をプロット別に算出した(表-4)。

その結果、全プロットにおいて地上高3.2mまで腐朽が進行している立木がみられた。また、プロットCとプロットDでは、地上高3.2mまで腐朽が進行していると診断された立木本数が最も多く、両プロットのいずれにおいても全体の36.8%を占めていた。

表-2. プロット別の本数腐朽木率

Table 2 The rate of rotten trees based on tree number at each plot

	プロットA 立木本数 (/ha)	プロットB 立木本数 (/ha)	プロットC 立木本数 (/ha)	プロットD 立木本数 (/ha)
腐朽木	150	178	475	950
健全木	500	356	475	450
合計	650	533	950	1400
腐朽木率(%)	23.1	33.3	50.0	67.9

表-3. プロット別の材積腐朽木率

Table 3 The rate of rotten trees based on tree volume at each plot

	プロットA 材積合計 (m ³ /ha)	プロットB 材積合計 (m ³ /ha)	プロットC 材積合計 (m ³ /ha)	プロットD 材積合計 (m ³ /ha)
腐朽木	116.7	99.7	268.1	1121.6
健全木	475.5	298.5	271.7	577.9
合計	592.2	398.3	539.8	1699.5
腐朽木率(%)	19.7	25.0	49.7	66.0

表-4. 腐朽が検出された地上高別の立木本数

Table 4 The number of each the decay height

腐朽が検出された地上高(m)	プロットA 立木本数 (/ha)	プロットB 立木本数 (/ha)	プロットC 立木本数 (/ha)	プロットD 立木本数 (/ha)
1.2	75	0	100	275
2.2	0	0	100	300
3.2	50	44	175	350
測定対象外*	25	133	100	25
合計	150	178	475	950

* 地上高2.2mもしくは3.2mでの周囲長が60cm未満の立木

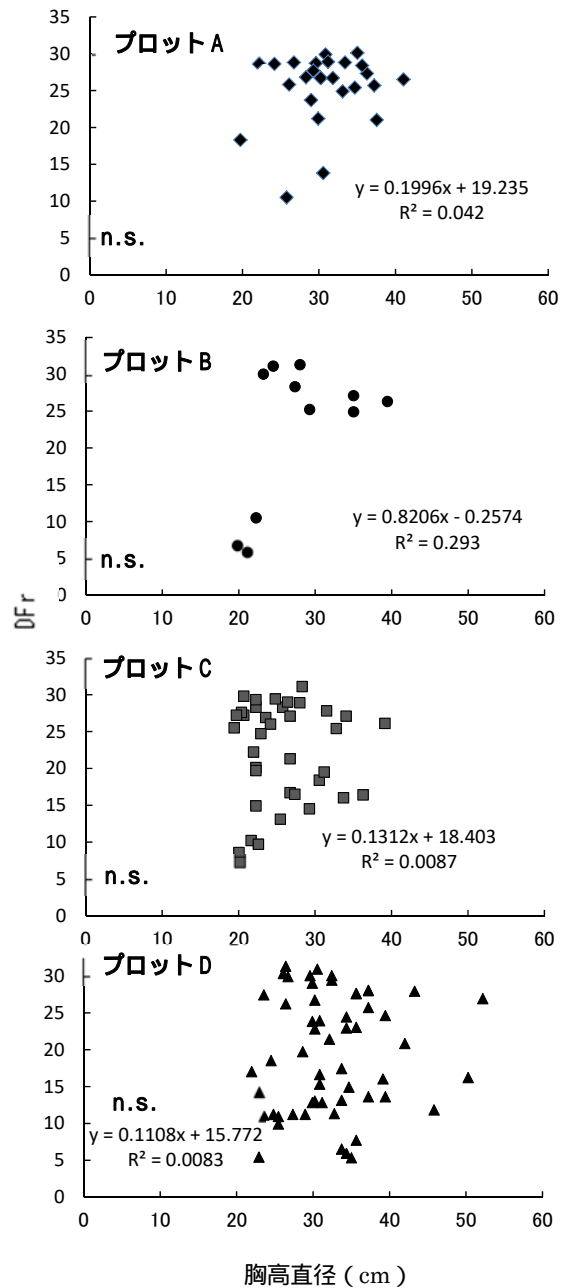


図-2. 胸高直径とDFr値との関係

Fig. 2 Relationships between DBH and DFr

4. 病原菌候補の検出 腐朽部の材から分離した菌から得られたゲノムDNAのITS領域をBLAST検索したところ、プロットDの3本の腐朽木全てにおいてナミダタケモドキ(*Serpula himantioides*)が検出された。また、プロットCではヤケイロタケ(*Bjerkandera adusta*)、ハダイロアナタケモドキ(*Antrodiella albocinnamomea*)がそれぞれ1本の腐朽木から、プロットAでは1本の腐朽木から *Sistotrema brinkmannii* が、プロットBでは

1本の腐朽木から *Scytalidium lignicola* が検出された。

考察

1. 腐朽被害の現状 今回対象とした4つの林分の腐朽診断結果では、林齢が高いプロットC・プロットDで本数腐朽木率・材積腐朽木率ともに約50%以上が腐朽しているという激甚な被害が発生していることが明らかになった。また、比較的林齢の低いプロットA・プロットBにおいても本数腐朽木率で約25~35%・材積腐朽木率では約20~25%が腐朽木と診断されており、今後、林齢が高くなるにつれて、プロットC・プロットDと同様に被害が拡大することが懸念される。

また、同一林分内では胸高直径とDFr値との間に相関関係が認められなかったことから、腐朽被害は成長の良否に関係なく発生していることが明らかになった。

今回算出した材積腐朽木率は、地上高1.2mの位置での腐朽診断結果を基に単木の材積全てを腐朽とみなして算出したものであり、厳密には腐朽木と診断された個体の材積の全てが腐朽しているかどうかは不明である。しかし、林齢の高いプロットC・プロットDでは、被害木のうち腐朽高が最大で3.2m以上ある立木の割合が高いことから、材積の大きい元木の収穫は望めず、林業採算性および木材としての価値は著しく減少していると判断される。

2. 腐朽被害病原菌候補の絞り込み 検出された菌のうち、ナミダタケモドキについては、茨城県でサワラ高齢級林分の被害が報告されており(1)、少なくともプロットDにおける腐朽被害病原菌の有力な候補であると考えられる。その他の3プロットにおいて検出された菌には、サワラでの被害報告が認められず、かつ、腐朽のタイプが不明であり、サンプル数も十分ではないため、腐朽被害病原菌の候補として絞り込むのは困難である。今後、プロットA・プロットB・プロットCにおける腐朽被害病原菌の候補を絞り込むには、プロットDと同様に腐朽木を伐採するか、腐朽材から直接DNA試料を採取する必要がある。

3. 今後の林分の取り扱いについての検討 今後の林分の取り扱いについて検討する際、まずは、今回対象とした4プロット以外のサワラ林分でも被害が発生しているかどうかを明らかにするとともに、4プロット内での被害状況をより詳細に把握していくことが有効であると考えられる。

また、被害の大きかったプロットC・プロットDは過密な林分であるため、過去の施業履歴、立木密度、立地条件等を基にした検討も必要である。

さらに、原因菌の感染経路を明らかにするためには、ナミダタケモドキの種特異的プライマーの開発や、SSRマーカーを用いたクローン性についての検討を加えることも有効であろう。

これらの検討を通じて、被害状況に応じた伐期の設定等の被害対策を確立していくことが望ましい。

謝辞: 本研究の実施に際し、日本大学生物資源科学部の太田祐子教授には、腐朽菌の分離・取扱およびナミダタケモドキに関してのご指導をいただいた。また、秩父演習林の技術職員には、現地調査の際に多大なご協力をいただいた。厚く御礼申し上げます。

本研究は、科学研究費補助金「奨励研究」(課題番号26925015)の助成を受けて行った。

引用文献

- (1)阿部恭久(2002)サワラ根株腐朽菌ナミダタケモドキの諸性質. 日本林学会大会学術講演集 113:87
- (2)原口竜成(2016)非破壊診断法によるサワラの腐朽診断とその精度の検証. 東京大学技術研究会概要集:30
- (3)原口竜成・千嶋武・高德佳絵・丹羽悠二・神塚武一・五十嵐勇治・相川美絵子・吉田弓子・鎌田直人(2012)埼玉県秩父市における間伐強度の異なるサワラ人工林の成長解析. 関東森林研究 63-2:57-60
- (4)五十嵐勇治・斎藤登・大畑茂(1995)65年生 サワラ. ヒノキ間伐木の造林歩止まり. 東大演習林技術官等試験研究・研修会議報告書:21-29
- (5)株式会社ワールド測量設計(2015) ぼん太 Version 2.0 取扱説明書. 株式会社ワールド測量設計, 島根:32pp
- (6)林野庁計画課(2012)立木幹材積表 東日本編. 株式会社 日本林業調査会, 東京:333pp