枝打ちによるスギの非赤枯性溝腐病の発生抑制効果

小林真生子^{*.1}・高橋真秀²

スギの非赤枯性溝腐病の枝打ちによる発生抑制効果を調べるために、同一林分内の同一個体に、枝打ち部と非枝打ち部を設定し、部位ごとの溝数を比較した。また、枝跡に存在する原因菌のチャアナタケモドキの DNA の有無を調べた。さらに、枝打ち時に殺菌剤を塗布することの効果についても調べた。その結果、枝打ち部の溝数は、非枝打ち部よりも有意に少なかったが、殺菌剤を塗布しない通常の枝打ち部位と殺菌剤塗布を行った枝打ち部位では、溝数に有意な差は見られず、枝打ち時に殺菌剤を塗布することの効果は期待できなかった。また、材内の枝跡を調べた結果、非枝打ち部は枝打ち部よりも高い割合で変色が見られ、チャアナタケモドキも存在することが分かった。これらの結果から、枝打ちは非赤枯性溝腐病の発生を抑制するため効果的であり、通常の枝打ちで非赤枯性溝腐病の発生を抑制できると考えられた。

キーワード：非赤枯性溝腐病、枝打ち、殺菌剤、防除、スギ

Makiko Kobayashi^{*,1} Maho Takahashi² (2020) Suppression of the Trunk Rot Disease Pathogen, *Fomitiporia torreyae* by Pruning on *Cryptomeria japonica*. J Jpn For Soc 102: 306-310 This study investigated the application of pruning to suppress the trunk rot disease caused by *Fomitiporia torreyae* in Japanese cedar, *Cryptomeria japonica*. The number of branch bases with *F. torreyae* DNA and the effect of fungicide application following pruning was also studied. The mean number of canker caused by this disease in pruned section was significantly lower than that in non-pruned section. The number of branch bases with wood discoloration in non-pruned sections was greater than in pruned sections. Furthermore, *F. torreyae*, was detected in the wood discoloration zones. The difference in incidence rate in pruned sections with and without application of fungicide was, however, not statistically significant. Our results indicate that pruning, even without the use of fungicide, prevents the invasion of *F. torreyae* from the bases of branches, and effectively reduces trunk rot disease.

Key words: Hiakagaresei-mizogusarebyo, pruning, fungicide, suppression, *Cryptomeria japonica*

I. はじめに

スギ *Cryptomeria japonica* の非赤枯性溝腐病は、植栽後概ね 20 年以上経過してから形成層や辺材が侵されて幹に溝ができる病気で、形成された溝や腐朽により著しく材価を下げるため、林業上問題となっている。古くは 1960 年に茨城県や千葉県で被害が報告され（今関 1960）、近年では京都府や神奈川県からも被害が報告されている（Ota *et al.* 2016; 太田 2019）。非赤枯性溝腐病の病原菌は担子菌の一種であるチャアナタケモドキ *Fomitiporia torreyae*（Ota *et al.* 2014）で、スギだけでなく、サワラ *Chamaecyparis pisifera*、ヒノキ *Chamaecyparis obtusa*、コウヤマキ *Sciadopitys veticillata* などの針葉樹や、ニホンナシ *Pyrus pyrifolia*、ツツジ *Ericaceae* sp. などの広葉樹にも感染し材を腐朽させる（中村 2016）。

千葉県では、挿し木スギの「サンプスギ」を中心に、罹病木が多く存在する。サンプスギは雄花生産量が少なく（福島ら 1995）、成長が早く、通直、完満で材には赤みがあり、挿し木時の発根率も極めてよく、赤枯病に強いといった形質を持ち（榎本 1957）、材質も良いため、多くは建具材として消費されてきた（石崎・福原 1961）。そのため、千葉県では山武地域を中心に、サンプスギが植えられ、サンプスギ林は現在約 9,180 ha あり、その 8 割以上で非赤枯性溝腐病による被害が見られる（千葉県農林総合研究センター 2019a, b）。

本病は、一度感染すると感染部位の腐朽を止める手立は見つかっておらず、感染を防ぐことが被害を減らすうえ

で重要になる。スギでは枯枝から感染し、溝の中心で枝跡が確認される（今関 1960）ことから、本病の感染を防ぐ方法として、侵入口となる枝を除去する枝打ちの有効性がこれまで調べられてきた。中川（2000）は、枯枝ができる前の早期枝打ちの効果を検証するため、植栽後 10 年で枝打ちを行った林分と行わなかった林分を比較し、早期の枝打ちに発病抑止効果があることを明らかにした。また、松原ら（2009）は生枝も含めた強度の枝打ちを行った林分と、自然枯死木の除伐しか行っていない対照林分を比較し、強度の枝打ちにより本病の発生割合が減少することを報告した。しかしながら、非赤枯性溝腐病の罹病率は林分ごとに異なり、環境要因による罹病率への影響が指摘されている（大和久 1969）。また、ケヤキやクスノキでは剪定時に殺菌剤を塗布することで菌の分布範囲を小さくすることが報告されている（羽井佐ら 2015）。

そこで本研究では、同一林分内の同一の個体に枝打ちを行った部位と枝打ちを行わなかった部位が存在するサンプスギを調べ、枝打ちの効果を検討することを目的とした。また、枝打ち時に殺菌剤を塗布することで、殺菌剤を塗布しない枝打ちよりも本病の防除に効果があるかについても検討した。

II. 方 法

1. 調査地概要

調査地は千葉県農林総合研究センター森林研究所内（千葉県山武市埴谷）のサンプスギが 2 m 間隔に植えられてい

* 連絡先著者（Corresponding author）E-mail: m.kbysh150@pref.chiba.lg.jp

¹ 千葉県農林水産部森林課 〒260-8667 千葉県千葉市中央区市場町 1-1（Forest Division, Agriculture, Forestry and Fisheries Department, Chiba Prefectural Government, 1-1 Ichiba-cho, Chuo-ku, Chiba, Chiba 260-8667, Japan）

² 千葉県農林総合研究センター生物工学研究室 〒266-0014 千葉県千葉市緑区大金沢町 180-1（Biotechnology laboratory, Chiba Prefectural Agriculture and Forestry Research Center, 180-1 Ookanezawa-cho, midori-ku, Chiba, Chiba, 266-0014, Japan）
（2019 年 12 月 16 日受付；2020 年 7 月 13 日受理）

図-1. 試験木の概要

る試験林で、傾斜 25 度の南向き斜面に位置する。この試験林は 1988 年 3 月に当時 14 年生のサンプスギ 60 本を対象に、下枝から高さ 1 m までは枝打ちを行わずに枝を残し（図-1, 非枝打ち部 B）、下枝からの高さが 2 m から 3 m（図-1, 枝打ち部 B）は生枝打ちが行われた。下枝の高さは個体ごとに異なり、一番低いもので 205 cm、一番高いもので 413 cm、平均 287 cm だった。

1988 年当時、下枝があった高さよりも下の部分（図-1, 枝打ち部 A）は、7～8 年生時に 1 回、12～13 年生時に 1 回の計 2 回、枯枝ができる前に生枝打ちが行われ、枝打ち時に殺菌剤は塗布されなかった。また、枝打ち部 B の生枝打ちは 1988 年 3 月に 2 種類の方法で行われ、30 本は通常の鋸による殺菌剤を塗布しない枝打ち（図-1, a. 通常枝打ち）、30 本は鋸による枝打ち時に、チオファネートメチル系の殺菌剤トップジン M ペーストが枝跡に塗布された（図-1, b. 殺菌剤塗布）。以下、枝打ち部 B で殺菌剤を塗布しない生枝打ちを行った個体を「通常枝打ち個体」、殺菌剤を塗布した個体を「殺菌剤塗布個体」とする。

また、枝打ち部 B よりも上の枝打ちを行っていない部位には、幹の長さが「枝打ち部 A」の長さと同じになるように「非枝打ち部 A」を設定した（図-1, 非枝打ち部 A）。

2. 枝打ち部と非枝打ち部の溝数

1) 部位ごとの枝跡密度と溝数

1 個体に設定した四つの部位は、樹高が異なるため、菌の侵入口となる枝跡の密度が部位ごとに異なるかを調べるため、2017 年 10 月および 2020 年 2 月に無作為に 6 個体を伐倒し（通常枝打ち個体 3 本、殺菌剤塗布個体 3 本）、樹幹を地際から非枝打ち部 A の高さまで軸方向に厚さ 12 mm で製材し、四つの部位（枝打ち部 A・B、非枝打ち部 A・B）ごとに枝跡の数を調べた。枝跡数は、樹幹長 1 m 当たりの数を計算して Tukey の HSD 検定で多重比較を行った。

また、2017 年 10 月に調査区内に残っていた通常枝打ち個体 13 本と殺菌剤塗布個体 15 本の全ての木を対象に、枝打ち部 A および B と非枝打ち部 A および B の四つの部位ごとに、目視により溝の有無と溝の本数を調べた。溝は、溝の中央で見られる枝跡の高さを測定し、その位置にあるものとして数えた。また、長い溝が複数の部位にまたがって見られる場合は、溝の中央の枝跡の位置にのみ溝があるものとして数えた。

枝打ち時に殺菌剤を塗布することの効果を見るために、部位ごとに 1 m 当たりの平均溝数を求め Wilcoxon 検定を行った。また、各部位ごとの 1 m 当たりの溝数の違いは、Steel-Dwass 検定を用いて多重比較を行った。Tukey の HSD 検定および Wilcoxon 検定には JMP Ver.5.0.1J（SAS Institute Japan 株式会社）を使用し、Steel-Dwass 検定には R.3.6.1（R Core Team 2019）を使用した。

2) チャアナタケモドキ菌の DNA の検出

目視により識別した溝が非赤枯性溝腐病由来のものであるかを調べるために、2017 年 11 月に無作為に調査地内の 6 本のサンプスギ（通常枝打ち個体 3 本、殺菌剤塗布個体 3 本）を伐倒し、樹皮を取り除いて本病の罹病部で特徴的に見られる帯線の有無を確認した。さらに、溝部の腐朽部と変色部を含む材片を 3～5 cm 四方のサイズで切り出し、DNA を抽出した。チャアナタケモドキ DNA の有無を確認するため、鈴木ら（2015）により開発されたチャアナタケモドキ検出プライマーを用いて nested-PCR を行い、アガロースゲル電気泳動法により PCR 反応産物のバンドの有無を確認した。

材片からの DNA の抽出方法は鈴木ら（2015）によるサンドペーパー-PEG 法に従った。滅菌した耐水サンドペーパー上で磨砕バッファー 1 mL と共に材片の罹病部を 100 回擦り、磨砕液を 2 回、遠心分離し、上清を除去した沈殿物に対し、Plant DNA Purification Kit Mag Extractor（東洋紡）を用い DNA を抽出した。なお、プライマーは鈴木ら（2015）により設計されたものを用い、1 回目の PCR プライマーは NSFP-f1（5'-CAACCC CTGTGCACTTTATCAGAG-3'）および NSFP-r2（5'-AGCA GACCCGTCTAAGTAAGCAC-3'）を、2 回目の PCR プライマーは FP-f 2（5'-AGTAATGATAATAATCTTGTTTC-3'）、FP-r1（5'-AAACAGTACCAGCTTGTTGA-3'）を使用した。PCR 反応は、Go Taq Green Master Mix（プロメガ株式会社東京）を使用し、94℃ 2 分間の変性処理後、94℃ 30 秒、55℃ 30 秒、72℃ 30 秒で 40 サイクル行った後、72℃ で 8 分間処理した（鈴木ら 2015）。各プライマー濃度は 0.2 μM、2 回目のテンプレートは 1 回目の PCR 反応液を滅菌水で 50 倍に希釈したものを使用した。ポジティブコントロールには、千葉県山武市の梨園で採取されたナシ萎縮病菌株（*Fitorreyae*）AP165（DDBJ アクセッション番号 AB836749）の菌糸より採取した DNA を用い、同様に PCR を行った。

PCR 反応産物は 1.5% アガロースゲルでポジティブコントロールと共に電気泳動し、バンドの有無を確認した。本プライマーを用いた PCR 産物は 356 bp のサイズと予想される（鈴木ら 2015）ことから、バンドサイズによってチャアナタケモドキの DNA か否かを判断した。

図-2. 通常の枝跡と変色枝跡

a, b の○で囲まれた部分より DNA 用の材片を採取。バーは 1 cm。A, 通常の枝跡; a, DNA 採取用に A を成形したもの; B, 変色枝跡; b, DNA 採取用に B を成形したもの。

表-1. 四つの部位ごとの樹幹長 1 m 当たりの平均枝跡数

部位	平均枝跡数 (個 / m) ± 標準誤差
非枝打ち部 A	16.8 ± 0.9
枝打ち部 B	18.5 ± 1.6
非枝打ち部 B	19.3 ± 1.1
枝打ち部 A	18.7 ± 1.5

グループ間に有意差はなかった (Tukey の HSD 検定, $p < 0.05$)。

表-2. 溝の本数ごとの各部位の発生個所数

溝の本数	部位			
	非枝打ち部 A	枝打ち部 B	非枝打ち部 B	枝打ち部 A
0 本	12	27	23	27
1 本	14	0	4	1
2 本	2	1	1	0

表-3. 伐倒した 6 本のサンプスギの部位ごとの溝の数と帯線の有無

個体番号 No.	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	処理	非枝打ち部 A		枝打ち部 B		非枝打ち部 B		枝打ち部 A	
				溝の数	帯線有の溝数	溝の数	帯線有の溝数	溝の数	帯線有の溝数	溝の数	帯線有の溝数
238	27.8	23.5	殺菌剤塗布	1	0	0	0	1	1	1	1
242*	30.5	20.4	殺菌剤塗布	2	2	0	0	1	1	0	0
243	35.1	22.0	通常枝打ち	0	0	2	2	0	0	0	0
263	25.9	22.8	通常枝打ち	1	1	0	0	1	1	0	0
278	32.5	22.4	殺菌剤塗布	1	1	0	0	0	0	0	0
279	27.0	20.8	通常枝打ち	1	1	0	0	1	1	0	0

*No. 242 は枝跡に存在するチャアナタケモドキおよび枝跡数を調べるために製材。

3. 材内の枝跡に存在するチャアナタケモドキの確認

幹内部に巻き込まれ目視では確認できない材内の枝跡にチャアナタケモドキ菌が存在するかを調べるために、2017 年 11 月に伐採したスギの 1 本 (表-3, No. 242) を地際から高さ 12 m までの樹幹を軸方向に厚さ 12 mm で製材し四つの部位 (枝打ち部 A・B, 非枝打ち部 A・B) ごとに、枝跡を数え枝跡の状態を記録した。サンプスギでは材や枝跡の健全部は赤みがかった白色になり、枝跡の多くも赤みがかった色となる。しかしながら、本病の罹病部の枝跡は黄色や黄土色に変色し腐朽する。そのため、腐朽した枝跡や黄色や黄土色に変色した枝跡 (図-2 (B), b) は変色枝跡とした。変色枝跡は全て 3~5 cm 四方で切り出し (図-2 (B), b), 上記②と同じ方法を用いてチャアナタケモドキの DNA が検出されるかを調べた。また、変色が見られない枝跡 (図-2 (A), a) に関しても無作為に 25 個の枝跡を選び、変色枝跡と同様にチャアナタケモドキの DNA が検出されるかを調べた。

III. 結 果

1. 枝打ち部と非枝打ち部の溝数

1) 部位ごとの枝跡密度と溝数

6 本の製材データから得られた、四つの部位ごとの樹幹長 1 m 当たりの平均枝跡数を表-1 に示す。四つの部位の枝跡数に違いが見られるか Tukey の HSD 検定を行ったところ、統計的に差がなく (表-1), 全体の平均枝跡数は 18.4 個/m だった。

本調査では 28 本の 4 部位, 合計 112 部位のうち, 23 カ所の部位から 27 本の溝が見つかった (表-2)。1 部位で見られた溝数は最大で 2 本であったが, 2 本の溝が見られたのは 4 部位のみと少なかった。枝打ち部 A および B では溝が見られたのはそれぞれ 1 個体, 1 部位のみであったが, 非枝打ち部 A では 16 部位で 18 本, 非枝打ち部 B では 5 部位で 6 本の溝が見られた。

図-3. 溝部からのチャアナタケモドキ DNA の検出

M, マーカ (100 bp DNA Ladder)。数字は各溝から抽出した DNA の PCR 産物：1, No. 238 枝打ち部 A；2, No. 238 非枝打ち部 B；3, No. 238 非枝打ち部 A；4, No. 242 非枝打ち部 B；5, No. 242 非枝打ち部 A1；6, No. 242 非枝打ち部 A2；7, No. 243 枝打ち部 B1；8, No. 243 枝打ち部 B2；9, No. 263 非枝打ち部 B；10, No. 263 非枝打ち部 A；11, No. 278 非枝打ち部 A；12, No. 279 非枝打ち部 B；13, No. 279 非枝打ち部 A；14, 滅菌水 (ネガティブコントロール)；15, チャアナタケモドキ (ナシ萎縮病菌 AP165) の菌糸 DNA (ポジティブコントロール)。

表-4. 通常枝打ち個体と殺菌剤塗布個体の部位ごとの平均溝数

部位	通常枝打ち (本) <i>n</i> =13	殺菌剤塗布 (本) <i>n</i> =15	<i>p</i> *
非枝打ち部 A	0.46	0.80	0.19
枝打ち部 B	0.15	0.00	0.32
非枝打ち部 B	0.31	0.13	0.49
枝打ち部 A	0.00	0.07	0.39

* Wilcoxon 検定。

表-5. 部位ごとの 1 m 当たりの溝数の多重比較

部位	溝の平均本数 / m ± 標準誤差
非枝打ち部 A	0.207 ± 0.043 ^a
枝打ち部 B	0.071 ± 0.071 ^b
非枝打ち部 B	0.214 ± 0.094 ^{a,b}
枝打ち部 A	0.013 ± 0.013 ^b

Steel-Dwass 検定。異なる記号のグループでは $p < 0.05$ 水準で有意に異なる。

2) 溝部のチャアナタケモドキの確認

観察された溝が非赤枯性溝腐病によるものであるかを確認するために伐倒した 6 本のサンプスギの溝部の帯線の有無を確認した結果を表-3 に示す。6 本のスギからは 13 本の溝が見つかり、そのうちの 1 本の溝 (No. 238 の非枝打ち部 A の溝) のみ、帯線は確認できなかったが、それ以外の全ての溝で帯線が見られた (表-3)。また、13 本全ての溝からチャアナタケモドキの DNA が検出された (図-3)。

3) 枝打ち時の殺菌剤の有無による溝数の比較と各部位ごとの溝数

通常枝打ち個体と殺菌剤塗布個体の部位ごとの平均溝数の比較を表-4 に示す。通常枝打ち個体と殺菌剤塗布個体の比較では、2 種類の枝打ちを行った枝打ち部 B を含めてすべての部位で発生した溝数に統計的に有意な差は見られなかった (表-4)。

各部位ごとの 1 m 当たりの溝数の平均を Steel-Dwass 検定を用いて多重比較した結果を表-5 に示す。非枝打ち部 A および B の 1 m 当たりの平均溝数はそれぞれ 0.207, 0.214 本で、枝打ち部 A および B はそれぞれ 0.013, 0.071 本で、非枝打ち部 A と二つの枝打ち部はそれぞれ、 $p < 0.05$ で統計的に有意な差があったが、非枝打ち部 B とそれぞれの枝打ち部では統計的に有意な差が見られなかった (表-5)。

表-6. No. 242 の四つの部位の枝跡に占める変色枝跡とチャアナタケモドキが検出された枝跡の割合

部位*1	枝跡の総数	変色枝跡 (%) *2	溝の腐朽部に含まれる変色枝跡 (%) *3	チャアナタケモドキ検出枝跡 (%) *4
非枝打ち部 A	50	30.0	6.0	10.0
枝打ち部 B	14	50.0	14.3	14.3
非枝打ち部 B	17	58.8	17.6	41.2
枝打ち部 A	42	2.4	0.0	0.0

*1 枝打ち部 B および非枝打ち部 B の樹幹長は 100 cm、枝打ち部 A および非枝打ち部 A の樹幹長は 305 cm。*2 変色枝跡数 / 枝跡総数 × 100。*3 溝の腐朽部に含まれる変色枝跡数 / 枝跡総数 × 100。*4 チャアナタケモドキ存在枝跡数 / 枝跡総数 × 100。

2. 材内の枝跡に存在するチャアナタケモドキ

サンプスギを製材し、各部位ごとの枝跡の総数、変色枝跡の割合、溝の腐朽部に含まれていた変色枝跡の割合、チャアナタケモドキの DNA が検出された枝跡の割合を表-6 に示す。枝打ち部 B では変色枝跡のうち、溝の腐朽部に存在した変色枝跡のみチャアナタケモドキ菌が検出された。非枝打ち部 A および非枝打ち部 B では、溝の腐朽部に存在した変色枝跡以外からもチャアナタケモドキ菌が検出された (表-6)。

変色が見られない枝跡は、枝打ち部 A から 8 個、枝打ち部 B から 9 個、非枝打ち部 A から 3 個、非枝打ち部 B から 5 個選出され、全ての枝跡からチャアナタケモドキの DNA は検出されなかった (J-Stage 電子付録付図-1)。

IV. 考 察

伐倒した 6 本のサンプスギの全ての溝部から、チャアナタケモドキの DNA が検出されたため (図-3)、今回目視によって確認した他のサンプスギの溝も非赤枯性溝腐病由来のものと考えられる。

本研究の四つの部位 (非枝打ち部 A, B および枝打ち部 A, B) は異なる樹高に設けられた部位だが、1 m 当たりの菌の侵入口となりうる枝跡の数、非枝打ち部の発生溝数はほぼ同じであり (表-1, 5)、部位ごとに溝の発生のしやすさに違いはないと考えられる。

通常枝打ち個体と殺菌剤塗布個体の比較では、全ての部位で溝数に有意な差が見られず (表-4)、殺菌剤を使用す

る枝打ちと、使用しない枝打ちは同じ効果があると考えられた。そのため、枝打ち部と非枝打ち部の比較では通常枝打ち個体と殺菌剤塗布個体を区別せずに解析した。

非枝打ち部 A と枝打ち部 A, B では統計的に有意に差があり (表-5), 枝打ち部 A, B で溝が見られた個体はそれぞれ 1 個体のみであったため (表-2), 枝打ちは溝の発生を抑える効果があると考えられる。生枝打ちは、樹齢や枝の樹高が異なっているにもかかわらず非赤枯性溝腐病の発生を抑制する効果があり、枝打ち時に殺菌剤を塗布しない通常の枝打ちでも十分に、非赤枯性溝腐病の発生を抑制できると考えられた。これまでの研究 (中川 2000; 松原ら 2009) 同様、本研究においても、枝打ちの効果が確認された。

本研究では変色枝跡の一部にチャアナタケモドキ菌が存在することが明らかとなった (表-6)。スギの枯死樹皮にはチャアナタケモドキが好むグルコースが含まれ、生枝よりも枯枝には菌に対する防御物質となりうるポリフェノール含有量が少ない (Terashima 2013a; 寺嶋 2016)。そのため、チャアナタケモドキは生枝よりも、餌となる枯死樹皮があり、防御物質の少ない枯枝に付着している可能性が高く、枯枝よりも生枝を枝打ちすることで、菌のいない状態の枝跡が材の中に巻き込まれ、本病に対する予防効果が高くなると考えられる。千葉県北部などの非赤枯性溝腐病の激害地でサンプスギを育林する場合には、枝打ち、特に生枝による枝打ちを行うことで本病による被害を減らすことができると考えられる。

本研究により、溝が形成されず枝跡周辺に腐朽が見られないような材内の変色枝跡にもチャアナタケモドキが感染しているものがあることがわかった。多くの腐朽菌が -3.9 MPa で生育できなくなる (Griffin 1977) が、チャアナタケモドキは -8.3 MPa の浸透ポテンシャルでも僅かではあるが成長することが報告されている (Terashima 2013b)。チャアナタケモドキは、乾燥耐性が強く、枝跡の乾燥が進んでも生育し、保菌している枝跡から時間をかけて材を腐朽させていく可能性がある。長伐期の林が増える中、保菌枝跡があることは、現在溝が見られない幹でも数十年後には非赤枯性溝腐病による溝が増える可能性があり、潜在的な罹病リスクを減らすうえでも、生枝打ちが重要と考えられる。

材の内部の古い変色枝跡の一部では、溝の形成や枝跡周辺の材の腐朽が見られないが、チャアナタケモドキが存在することが今回の調査から明らかになった。また、本研究では枝打ち部 B や他の部位に比べて枝打ち部 A の変色枝跡割合が低かったが、これは枝打ち部 A の近くに溝による腐朽が少なかったことが要因の一つと考えられる。今後、同様の枝跡の調査を行い、こういった部分に変色枝跡が増えるのか、またどれくらいの割合でチャアナタケモドキが存在し、そのうちのどれくらいの割合で溝や材の腐朽が発生するのか、枝跡感染後の菌の成長速度や材の腐朽速度が異なる要因、チャアナタケモドキが存在する枝跡の特性な

どを解明することで、非赤枯性溝腐病の対策に役立てていく必要がある。

謝 辞

本研究を行うにあたり、千葉県農林総合研究センター森林研究所の皆さまにご協力いただきました。特に、現地調査を行うにあたり、同研究所、並木和雄氏、塩入環氏、田島昌代氏に、論文とりまとめに関し、所長岩澤勝巳氏に、DNA の抽出実験にあたり、生物工学研究室、中田葉々子氏、藤平俊子氏、担い手支援課、鈴木健氏にご助言やご協力をいただき、統計解析にあたり病理昆虫研究室清水健氏、森林総合研究所倉本恵生氏、宮本和樹氏にご助言をいただきました。また、元千葉県立中央博物館落合啓二氏には試験地の設定当時のデータ使用の許可を、静岡大学寺嶋芳江特任教授には文献をいただきました。心より厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 千葉県農林総合研究センター (2019a) 非赤枯性溝腐病リーフレット. <https://www.pref.chiba.lg.jp/lab-nourin/nourin/documents/mizogusarehp.pdf> (2019 年 10 月 4 日取得)
- 千葉県農林総合研究センター (2019b) サンプスギリーフレット. <https://www.pref.chiba.lg.jp/lab-nourin/nourin/documents/sanbusugihp.pdf> (2019 年 10 月 4 日取得)
- 榎本善夫 (1957) サンプスギの品種的特性について. 林業技術 188: 30-33
- 福島成樹・小平哲夫・遠藤良太 (1995) スギ花粉抑制に有効なサンプスギ林の雄花生産特性. 47 回日林関東支論: 35-36
- Griffin MD (1977) Water potential and wood-decay fungi. Ann Rev Phytopathol 15: 319-329
- 羽井佐彦彦・楠本 大・山田利博 (2015) ケヤキおよびクスノキ枝剪定後の巻き込みおよび材変色に対する塗布剤や剪定方法の影響. 樹木医学研究 19: 159-160
- 今関六也 (1960) 山武杉の新しい病気、非赤枯性溝腐病とその生態的防除論. 森林防疫 9: 230-235
- 石崎厚美・福原橋勝 (1961) 技術的に見た有名林業その 10 山武林業. 日林技 231: 40-45
- 松原 功・石谷栄次・藤林範子・中川茂子 (2009) 予防を目的に強度に枝打ちを行ったサンプスギ林におけるスギ非赤枯性溝腐病の発現割合. 関東森林研究 60: 215-216
- 中川茂子 (2000) 早期枝打ちによるスギ非赤枯性溝腐病の予防効果. 森林防疫 49: 204-209
- 中村 仁 (2016) 木材腐朽菌チャアナタケモドキによるスギとナシの病害. 森林科学 76: 13-16
- Ota Y, Nakamura H, Terashima Y, Lee S, Miyuki Y, Sotome K (2014) Taxonomy and phylogenetic position of *Fomitiporia torreyae*, a causal agent of trunk rot on Sanbu-sugi, a cultivar of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) in Japan. Mycologia 106: 66-76
- Ota Y, Kimura K. M, Hattori T, Miyuki Y, Endo R (2016) First report of trunk rot caused by *Fomitiporia torreyae* in Kyoto prefecture on cultivars of Japanese cedar with no relatedness to 'Sunbu-sugi'. J For Res 21: 105-109
- 太田祐子 (2019) シリーズ樹木腐朽病害研究のいま (2) スギ非赤枯性溝腐病. 山林 1624: 37-42
- 大和久重義 (1969) サンプスギ林における林内対林縁の非赤枯性みぞ腐れ病罹病率比較. 千葉県林業試験場報告 3: 77-79
- 鈴木 健・塩田あづさ・金子洋平・鈴木達哉 (2015) PCR によるナシ萎縮病菌 *Fomitiporia torreyae* の罹病樹からの検出. 関東東山病虫研報 62: 67-72
- 寺嶋芳江 (2016) 風土病といわれたチャアナタケモドキ *Fomitiporia torreyae* に起因するスギ *Cryptomeria japonica* 非赤枯性溝腐病の発生生態研究史. 日本きのこ学会誌 24: 113-120
- Terashima Y (2013a) Influence of stem rot pathogen *Fomitiporia* sp. On "Sunbu-sugi" cultivar of the Japanese cedar *Cryptomeria japonica*. J Wood Sci 59: 80-87
- Terashima Y (2013b) Physiological characteristics of the trunk sap rot pathogen *Fomitiporia* sp. on the "Sunbu-sugi" cultivar of *Cryptomeria japonica*. Mycoscience 54: 171-177