

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25292101

研究課題名(和文) スギ辺材腐朽発生に関わる生物学的環境要因の解明

研究課題名(英文) Bio-environmental factors associated with stem sap rot of *Cryptomeria japonica*

研究代表者

服部 力 (HATTORI, Tsutomu)

国立研究開発法人 森林総合研究所・森林微生物研究領域・室長

研究者番号：00353813

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 7,200,000円

研究成果の概要(和文)：近年発生が増加しつつあるスギ辺材腐朽について、その原因となる腐朽菌や被害発生要因の解析を行った。未同定のスギ辺材腐朽菌1種が*Physisporinus*属の未記載種の可能性があることを明らかにした。従来関東地方の一部から知られていた、チャアナタケモドキによるスギ辺材腐朽病を京都から記録した。ヒメカバイロタケモドキ、チャアナタケモドキおよび*Physisporinus* sp.がスギ生立木の辺材内に定着することを接種試験により明らかにした。また夏季の接種によっていずれの腐朽菌も高い定着率を示したことから、夏季の樹幹傷は腐朽に進展するリスクが高いと考えられた。

研究成果の概要(英文)：We investigated the causal fungi and the factors for development of stem saprot of sugi. One of the causal fungi was revealed a possible undescribed *Physisporinus* sp. A stem rot disease caused by *Fomitiporia torreyae* was recorded from Kyoto for the first time that were known only from a restricted part of Kanto Region. We inoculated *Xeromphalina curtipes*, *F. torreyae* and *Physisporinus* sp. onto living stems showing that these fungi frequently colonize into living sapwood of sugi. Stem injury during the summer time is considered a serious risk for sugi stem saprots, because inoculations in summer induce frequent colonization of the inoculated fungi.

研究分野：森林病理学

キーワード：腐朽病害 樹幹傷 樹木病害 ヒメカバイロタケモドキ 辺材腐朽 人工林

### 1. 研究開始当初の背景

従来スギは腐朽被害の少ない樹種とされ、スギの生立木被害に関する研究はこれまで限定的であった。しかし近年各地のスギ造林地において、樹幹傷などに起因すると考えられる辺材腐朽被害が発生している。被害に関与する木材腐朽菌の多くはまだ未同定であり、またどのような条件下において腐朽被害が発生・拡大するかについては明らかにされていない。

### 2. 研究の目的

(1) スギ辺材腐朽の原因となる木材腐朽菌とその生態を明らかにする。

(2) 接種試験により、これら腐朽菌の生立木辺材への定着能を明らかにするとともに、接種条件などの要因と菌の定着状況の関係を明らかにする。

(3) 宿主の状態や他の微生物相との関係から、被害の発生や被害拡大に関わる要因を明らかにする。

### 3. 研究の方法

(1) スギ生立木の辺材腐朽部から木材腐朽菌の分離を行った。これら、およびこれまでに分離したスギ辺材腐朽菌の菌株から DNA を抽出し、核リボソーム ITS、LSU 領域、および必要に応じて *tef*、*rpb2* 領域の解析を行った。現在種名が不明の 1 タイプの腐朽菌は *Physisporinus* 属に属すると考えられたことから、同属もしくは近縁属に属する菌の採取を行い、これらの子実体の形態学的特徴を明らかにするとともに、分離した培養菌株について DNA の解析を行った。辺材腐朽由来菌株の遺伝子塩基配列を、子実体由来菌株やデータベースに登録された塩基配列と比較し、これらの系統的位置を明らかにした。

(2) 東京大学千葉演習林(鴨川市)において、スギ辺材腐朽菌 3 種 [ヒメカバイロタケモドキ (*Xeromphalina curtipes*)、*Physisporinus* sp. およびチャアナタケモドキ (*Fomitiporia torreyae*) ] をスギ生立木樹幹に対して接種した。接種は 2013 年 7 月および 10 月、スギ樹幹に電動ドリルで穿孔後、菌を蔓延させた種駒を埋め込むことによって行った。対照区には穿孔後、滅菌駒を接種した。接種 2 週間後、1、3、6 および 12 ヶ月後に各 5 本の接種木を伐採、解体し、辺材内の反応を観察した。3 および 12 ヶ月後のサンプルについては、菌の分離試験を行った。

2014 年 10 月千葉演習林において、辺材腐朽菌の心材内定着能を明らかにするため、電動ドリルを用いて心材に達する穿孔を行い、ヒメカバイロタケモドキおよび *Physisporinus* sp. の接種を行った。また、傷幅が腐朽長に及ぼす影響を明らかにするため、樹幹に横に 3 連の穿孔を行ってヒメカバ

イロタケモドキの接種を行い、1 孔に同菌を接種した場合との腐朽長の比較を行った。いずれも接種 12 ヶ月後に接種木を伐採後解体して菌の分離を行うとともに、辺材の反応を観察した。

(3) (2) の腐朽菌接種区および対照区について、材変色の大きさや形成層の壊死範囲の測定、比較を行った。また接種した菌が分離されなかった試験区や対照区について、優占して分離された菌がないかを調べた。それぞれの健全辺材、防御組織として形成された移行帯、反応帯および変色辺材から材片を採取し、高速液体クロマトグラフィーによる分析を行った。

### 4. 研究成果

(1) 国内各地で採取された、スギ材および広葉樹材上に子実体が形成された *Physisporinus* 属菌およびその近縁属菌の塩基配列を調べた結果、スギ上に子実体を形成したものには 4 種、広葉樹上に子実体を形成したものには 3 種 (このうち 1 種はスギ上の菌と共通) の計 6 種が含まれていた。これらは担子孢子や菌糸の形状などの形態学的な特徴によっても概ね区別が可能であった。しかし広葉樹上に発生する 1 種を除くと、形態学的特徴が既知種と一致しないことから、今回検出された種には未記載種が含まれる可能性がある。スギ生立木の腐朽部から分離された *Physisporinus* 属菌には、2 種が含まれることが明らかになった。このうち 1 種はスギ上に子実体が形成されたもの (図 1) と一致した。この子実体はスギの倒木上に形成されていた。このことから、本種は腐朽材や腐朽伐根を放置することでこれらの上に子実体を形成し、それが新たな感染源になる可能性が示唆された。なおこれらの菌については現在、海外産標本との比較や文献の検索を行いつつ、種名の決定に努めている。



図 1 . *Physisporinus* sp. の子実体 .

森林総合研究所関西支所実験林 (京都市) 内において発生した、形成層の壊死を伴う辺材腐朽の原因菌がチャアナタケモドキ (*Fomitiporia torreyae*) であることを明らかにした。チャアナタケモドキによる辺材腐朽被害は「非赤枯性溝腐病」と称されており、現在千葉県内のサンプスギを中心とするス

ギ造林木への加害が知られているが、これまで千葉県・茨城県以外からの被害報告はなかった。京都市内の被害木 10 個体から針葉サンプルを採取し、マイクロサテライトを用いてクローン解析を行ったところ、これらはいずれもサンプルスギではなかった。今回見つかった非赤枯性溝腐病は、千葉県下における被害とは発生の要因が異なる可能性もあることから、菌の侵入門戸などについて現在調査を継続している。

また、京都市内の実験林内におけるスギ辺材腐朽症状の一部の原因菌がチャアナタケ (*Fomitiporella umbrinella*) であることを明らかにした。本菌による被害木は形成層の壊死を伴わないものの、数 m に渡って辺材が腐朽することもあり、造林地で発生した場合には問題になる可能性がある。チャアナタケはこれまで広葉樹の生立木腐朽菌であることが知られているが、針葉樹生立木についても腐朽症状を示す可能性があることがわかった。

(2) 接種試験の結果、3 種の菌はいずれも高い頻度で生立木の辺材内に侵入して定着していた。特にヒメカバイロタケモドキは、接種時期に関わらず全接種木から再分離された。チャアナタケモドキおよび *Physisporinus* sp. は 7 月接種区については高率で再分離されたが、10 月接種区では分離頻度が低下した。このことから、夏季に生じた樹幹傷はより広範囲の腐朽菌が侵入する門戸になりうることを示唆された。

心材に達する穿孔を行い腐朽菌を接種した結果、辺材内には比較的高い頻度で接種した菌が再分離されたが、心材内からは再分離されなかった。今回の結果だけでは、辺材腐朽菌が心材に侵入しないとは言えないが、直接心材に侵入する危険性はある程度低いと考えられる。

樹幹に横に 3 連で種駒を接種した区と 1 駒を接種した区で辺材内への菌の定着状況や反応帯長を比較したところ、両区とも接種したヒメカバイロタケモドキの辺材内定着が認められたが、両者間で材変色長に差はなかった。樹幹に幅の広い傷が生じると、巻き込みに時間がかかることから腐朽リスクが高まる可能性がある。一方で今回の結果からは、幅の広い傷により腐朽長が長くなるとは言えなかった。

(3) 3 種の辺材腐朽菌接種区と対照区間の樹体反応を比較した。その結果、7 月接種区では対照区と比較して材変色の広がりがあったが(図 2)、10 月接種区では材変色長、幅ともに菌接種区と対照区とで差がなかった。また形成層の壊死範囲については、形成層を積極的に侵害するチャアナタケモドキでやや大きい傾向があったが、他の 2 種の菌では対照区と大差はなかった。

チャアナタケモドキはスギ非赤枯性溝腐病



図 2 . 上 : ヒメカバイロタケモドキ接種区 . 下 : 対照区 .

と称される、形成層の顕著な壊死を伴う腐朽症状をしばしば起こすことが知られている。今回の接種試験では、他の腐朽菌の接種区と比較してやや形成層の壊死範囲が大きい傾向があったものの、典型的な非赤枯性溝腐病に見られるような顕著な壊死は認められなかった。非赤枯性溝腐病はスギの品種や地域によって発生の頻度が大きく異なることが知られており、接種に用いたスギの品種や樹体の状態が顕著な病徴発症に適していなかった可能性がある。

接種木に形成された移行帯および反応帯からは、スギの抗菌物質として知られるヒノキレジノール以外にも複数の抗菌物質が検出された。現在、物質の同定作業を進めるとともに、各物質の集積パターンの違いや接種した菌や季節との関連について検討を進めている。

接種した菌が再分離されなかった試験区の反応帯内側(接種駒側)からは、しばしば *Pestalotiopsis* sp. をはじめとした糸状菌が分離されたが、一貫して高頻度で分離された菌はなかった。対照区で反応帯が広範囲に進展したサンプルからも、同様の糸状菌が分離された。これらは、接種のために穿孔した際に樹皮などに生息する菌が混入し、辺材への侵入能を有する菌が侵入、定着したものと考えられる。一方で、反応帯が広範囲に進展しなかった対照区のサンプル辺材内からは菌は分離されなかった。また、試験区の反応帯外側(接種駒と逆側)や、接種試験を行っていない健全な辺材からは一部の例外を除き菌は分離されなかった。

健全なスギ辺材内には、分離可能な糸状菌などは通常生息していないと考えられる。また特定の糸状菌などの存在によって、木材腐朽菌の辺材内侵入・定着が阻害されるという

証拠は認められなかった。スギ辺材腐朽菌の感染、定着の成否には、辺材内や受傷部の微生物相よりは、宿主と腐朽菌間の相互作用や宿主の状態が重要と考えられる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

太田祐子、Kimura MK、服部力、Miyuki M、Endo R、First report of trunk rot caused by *Fomitiporia torreyae* in Kyoto prefecture on cultivars of Japanese cedar with no relatedness to 'Sambu-sugi'、Journal of Forest Research、査読有、21巻、2016、pp. 105-109、<http://dx.doi.org/10.1007/s10310-015-0512-3>.

太田祐子、チャアナタケモドキによる樹木病害-サンプスギの非赤枯性溝腐病とその他の樹木の病害について-、森林防疫、査読有、64巻、2015、pp. 111-119

[学会発表](計8件)

服部力、太田祐子、宮下俊一郎、ヒノキ受傷幹に対する殺菌剤塗布の菌侵入阻止効果、第127回日本森林学会大会、2016年3月28日、日本大学(神奈川県・藤沢市)

太田祐子、服部力、Sotome K、Molecular phylogenetic analyses of *Physisporinus* spp. and allied species、Asian Mycological Congress 2015、2015年10月7日、ゴア市(インド)

太田祐子、服部力、早乙女梢、スギ生立木腐朽を引き起こす *Physisporinus* 属菌とその近縁種の分子系統学的解析、日本菌学会第59回大会、2015年5月16日、那覇市ぶんかテンブス館(沖縄県・那覇市)

服部力、太田祐子、早乙女梢、国内産 *Physisporinus* 属菌の形態学的特徴、日本菌学会第59回大会、2015年5月16日、那覇市ぶんかテンブス館(沖縄県・那覇市)

早乙女梢、高本育治、服部力、前川二郎、中桐昭、中村仁、日本産 "*Fomitiporella umbrinella*" の分類学的検討、日本菌学会第59回大会、2015年5月16日、那覇市ぶんかテンブス館(沖縄県・那覇市)

服部力、太田祐子、村川功雄、塚越剛史、山田利博、辺材腐朽菌3種のスギへの接種-接種菌の再分離と分布状況-、第126回日本森林学会大会、2015年3月27日、北海道大学(北海道・札幌市)

山田利博、村川功雄、塚越剛史、太田祐子、服部力、辺材腐朽菌3種のスギへの接種-材変色の比較-、第126回日本森林学会大会、2015年3月27日、北海道大学(北海道・札幌市)

服部力、太田祐子、高本育治、早乙女梢、チャアナタケによるスギ辺材腐朽、第125回日本森林学会大会、2014年3月27日、大宮ソニックシティ(埼玉県・さいたま市)

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

服部力 (HATTORI Tsutomu)

国立研究開発法人森林総合研究所・森林微生物研究領域・室長

研究者番号：00353813

##### (2) 研究分担者

太田祐子 (OTA Yuko)

国立研究開発法人森林総合研究所・森林微生物研究領域・チーム長

研究者番号：60343802

山田利博 (YAMADA Toshihiro)

東京大学・農学生命科学研究科・教授

研究者番号：30332571