

研究情報

Research Information

No.151 Feb 2024

辺材腐朽菌による幹の腐朽が風倒木発生に与える影響

生物被害研究グループ長 市原 優

風倒木は、木材腐朽菌が幹を腐朽させることにより発生しやすくなります。立木の腐朽病害と風倒木被害の発生の関係については、森林よりも人の生活の中にある街路樹などの緑化樹で調査が進んでいます。天然林はもとより植林された人工林でも風倒木被害は毎年発生していますが、腐朽病害が風倒木の発生に与える影響についての調査例はわずかです。これまでに、心材腐朽菌によるカラマツとトドマツの根株心材腐朽の関与が明らかになっています。一方、樹木の腐朽菌には心材腐朽菌だけでなく辺材腐朽菌があります。

樹木の幹には通水組織の辺材と中心部の心材があります(図1)。辺材には根から枝葉へと水を通す道管(広葉樹での呼び名、針葉樹では仮道管、細胞としては死んでいる)と共に、辺材を維持する放射柔組織(生きた細胞)があり、放射柔組織には病原体侵入時に抗菌物質を作る防御の役割があります。心材は、放射柔組織が老化と共に抗菌物質を作った死んだ組織なので、それ以上の抗菌

物質は作られません。このような樹木組織に心材腐朽菌が侵入すると、ある程度の抗菌性のある心材が腐朽することになり、幹の中心部が空洞になるまで分解されてしまいます(図2)。その一方で防御機構がある生立木の辺材にはほとんど侵入しません。これに対して辺材腐朽菌は、生きた辺材の防御機構に対抗して侵入し変色を起こすため、生きた組織を殺す病原菌です。さらに、辺材腐朽菌は変色後に腐朽分解する能力をもっているのが特徴です。これとは別に辺材に侵入する菌として、ナラ枯れの病原菌であるナラ菌やキバチ共生菌の *Amylostereum* 属菌などがありますが、辺材の生きた組織を殺し辺材変色を起こすだけで腐朽させることはできません。

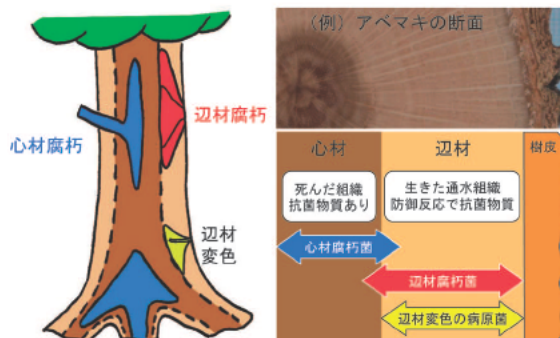


図1 心材と辺材に侵入する菌類の概念図



図2 菌類による腐朽と変色



主要な辺材腐朽菌のチャアナタケモドキのなかまは、スギ非赤枯性溝腐病の病原菌です（図3）。この菌が侵入するとスギ辺材で防御機構により抗菌物質が蓄積して変色域を縁取るように茶色い防御壁ができます。しかし、チャアナタケモドキはこの防御機構を何度も突破して辺材の中に花びら型の模様を幾重にも広げて、変色域をぼろぼろに腐朽させ、さらにその内側で抗菌物質を蓄積した心材をも腐朽させていきます。変色した辺材は通水を阻害するため、拡大すると樹木全体が枯れてしまいます。

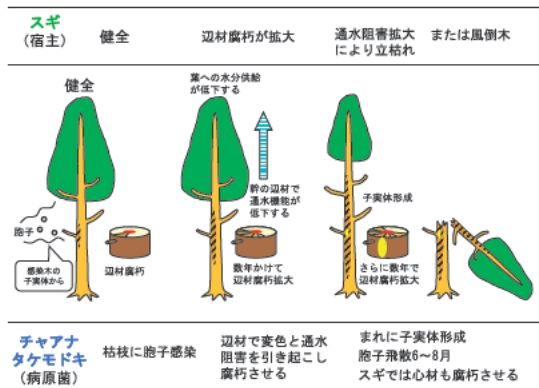


図3 スギ非赤枯性溝腐病の進行

ごく稀な例ですが、チャアナタケモドキの近縁種の *Fomitipolia punctata* (和名はまだありません) によるヒノキアスナロ幹辺材腐朽病が4本だけ見つかっています（市原ら2022）。この組み合わせでは腐朽症状の様相が異なり、辺材腐朽が花びら型に進行していたものの心材部分は全く腐朽していませんでした（図4）。ヒノキアスナロの心材には強い抗菌性のヒノキチオールが含まれるため、この菌は心材へ侵入できなかったと考えられます。

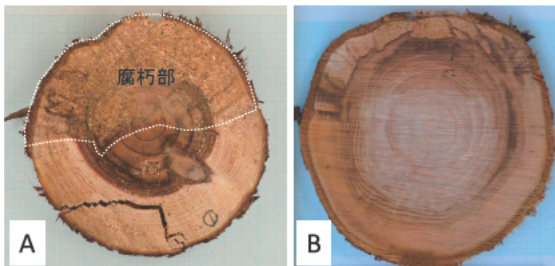


図4 ヒノキアスナロ幹辺材腐朽病との違い
スギ非赤枯性溝腐病(A)では心材まで腐朽が進むが、ヒノキアスナロ幹辺材腐朽病(B)では心材が腐朽していない。

スギ非赤枯性溝腐病では菌の侵入範囲が腐朽して幹の強度が弱まるため、心材腐朽と同様に風倒木になりやすくなると推察されます。しかし、この病害と人工林の風倒木発生との関係については外

観的な調査が一例あるだけです。そこで、風倒被害地で幹内部の辺材腐朽の程度を数値化した実態調査を行いました（市原ら2021）。

チャアナタケモドキによるスギ非赤枯性溝腐病の発生が確認されている林で、2018年8月~9月に風倒木が発生しました（図5）。この風倒木のうち13本に認められた辺材腐朽の原因菌を、子実体または腐朽材から分離した菌株のDNA塩基配列を用いて種同定した結果、チャアナタケモドキ(69.2%)、チャアナタケ(7.7%)、または不明(23.1%)となり、辺材腐朽の原因はスギ非赤枯性溝腐病によるものと判断されました。しかも、幹折れした木では、子実体発生部位（図6）や断面積に占める腐朽部の割合が最大となる箇所周辺で幹折れが発生していました。



図5 スギ風倒木の幹折れと根返り



図6 スギ幹折れ部分にあったチャアナタケモドキ子実体

倒木形態と辺材腐朽の関係を明らかにするため、この林に調査枠(0.046 ha、133本)を設定しました。調査枠内での倒木形態は、幹折れ、根返り、幹曲り、他の倒木の巻き添えの5つに区分され、このうち幹折れ(11本)と根返り(10本)、および倒伏しなかった立木(18本)を比較しました。これらの胸高直径には、差はありませんでした（図7）。その一方で、幹折れのほとんどは辺材腐朽木だったのに対して、根返りと立木にはほとんど腐朽は認められませんでした。腐朽断面積割合は、幹折れが $44.2 \pm 30.2\%$ (平均 \pm 標準偏差) で、根返りの $5.0 \pm 15.9\%$ 、立木の 0% の両者よりも大きくなっていました。幹折れした腐朽断面積割合の最大値は、辺材腐朽木における

97.9%でした。これらの結果から、スギ非赤枯性溝腐病による辺材腐朽が風倒木の幹折れに關与する可能性が示唆されました。辺材腐朽とスギの幹折れの關連に關する報告事例は他にはないため、他の事例でも調査検討する必要があります。とても強い風が吹いた場合には腐朽が無くてもことごとく風倒木になる場合がありますので、今回の調査事例で吹いた強風は、辺材腐朽と幹折れの關係を検出可能な程度だったとも言えるでしょう。

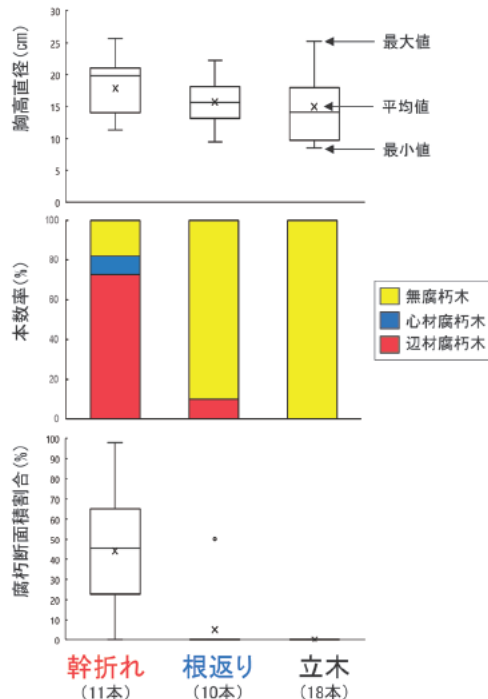


図7 倒木形態別の胸高直径、腐朽形態別の本数率および腐朽断面積割合

幹折れが発生した高さを検討した例として、カラマツとハルニレの根株心材腐朽木で地上高1～2 m以下で多数発生した報告があります。これに対して調査結果では、辺材腐朽部位で幹折れになったスギ(12本)の折損部位の地上高は1.5 m～6.0 mの範囲で 3.2 ± 1.5 m(平均±標準偏差)であり、根株心材腐朽木よりも高い部位で幹折れが発生していました。根株心材腐朽木では根株付近が最大の腐朽面積となるのに対し、スギ非赤枯性溝腐病では高い位置にある枯枝が菌の樹体内への侵入口となることから、この差異により折損高の違いが生じていることが示唆されます。

また幹折れ部位の形態については、ハルニレの根株心材腐朽木では円筒シェルの座屈のような幹折れ形態が多かったと報告されており、調査した森林でも心材腐朽木と竹で類似の幹折れがありました(図8)。心材腐朽木では幹の中心が腐朽し、円筒形に残った樹皮と辺材が空き缶が折れ曲がる

ように幹折れしたと考えられます。これに対して、本調査のスギ非赤枯性溝腐病による辺材腐朽木では、チョークが折れるようにささくれもなく幹折れした形態が多くありました。幹の片面側が樹皮の壊死を伴って腐朽して円筒形にはならないことから、倒木形態に差異が生じた可能性が考えられます。これまでの風倒木発生に關する力学的研究では、主に無腐朽木の樹形や、心材腐朽木の腐朽面積の影響が研究されてきました。今後は、腐朽形状の異なる辺材腐朽や、それによる幹の強度低下が風倒被害形態に与える影響も検討する必要がありますと思われる。

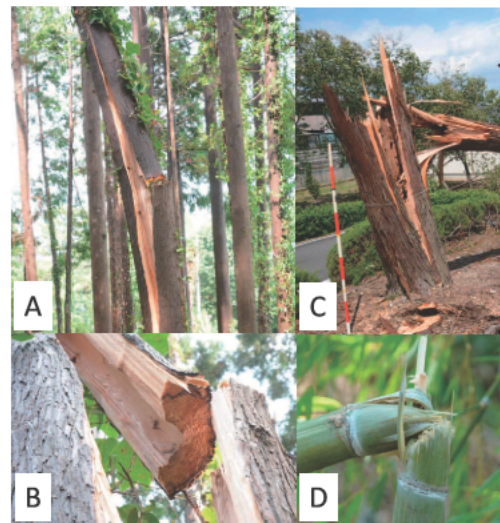


図8 風倒形態の違い (A)辺材腐朽部での幹折れ、(B)ささくれがない辺材腐朽の折損部、(C)心材腐朽の倒木、(D)竹の稈が折れた部分

年輪幅の小さい個体ではスギ非赤枯性溝腐病の壊死によって生じる幹表面の陥没が不明瞭になり、外観からの判別は困難です。しかも、調査した風倒木では腐朽断面積割合が90%を超える個体が複数存在しました。そのため、間伐が遅れた林でスギ非赤枯性溝腐病が発生している場合には幹折れの可能性があり、そのような危険木の存在に留意する必要があると考えます。

詳細は以下の文献をご覧ください。なお全国森林病虫獣害防除協会の森林保護機関誌「森林防疫」は休刊になりましたが、過去の論文や記事については引き続きインターネットで閲覧可能となっています。

市原優・服部力・松永孝治・高橋由紀子(2021)強風によるスギ幹折れ被害における非赤枯性溝腐病による辺材腐朽の状況. 森林防疫 70:91-97
市原優・鳥居正人・相川拓也・服部力(2022) *Fomitiporia punctata* によるヒノキアスナロの幹辺材腐朽被害. 森林防疫 71:131-138

溪流に生息する生き物 その4

落葉と生き物

生物多様性研究グループ長 吉村 真由美

溪畔林から直接溪流にもたらされた落葉は、樹木の一部であったときに葉が保持していたタンニンなどの毒素を含んでいます。そのため、そのままでは溪流に生息する落葉を食べる生き物（シュレッター）の餌にはなりません。

溪流にもたらされた落葉は、生き物の餌になる前に、菌類や細菌類などの微生物に覆われ、セルロースやタンニンなどの葉の成分が分解され、柔らかくなるのです。微生物に覆われることで、落葉は美味しく吸収・消化しやすい餌になります。

シュレッターは葉脈の間の柔らかい部分を噛み砕いていくため、多くの小さな落葉のかけらができます。水の流れの物理的作用によっても落葉は断片化します。こうして落葉は徐々に小さくなります。落葉が小さくなると、落葉の表面積が大きくなるので、微生物がさらに繁殖しやすくなり、落葉の分解が進みます。

落葉に付着した微生物もシュレッターの餌となるため、シュレッターは微生物がたくさん繁殖している葉を好みます。微生物が繁殖している落葉は栄養価が高く、同化する効率も高いからです。しかし、微生物ならどんな種類でもよいというわけではありません。微生物の種類が変わると、その落葉自体への好みも変わります。

微生物だけでなく、葉そのものに対する選好性も生き物によって異なります。ヨコエビやカワゲラ、カゲロウなどの幼虫は、ハンノキ類やカエデ類の葉を好みます。ハンノキ類には比較的多くの窒素分が含まれており、消化しにくい物質がほとんど含まれていないからです。コナラ類の葉はタ

ンニンを多く含む傾向があるため好まれません。例えば、ガガンボ幼虫にコナラ類の落葉を餌として与えてみても、成長は見られず、かえって死亡率が高くなります。

1枚の落葉が持っている栄養量は少ないため、シュレッターは大量の落葉を摂取しなければなりません。そのため、落葉の量が多いとシュレッターの個体数が増えます。そして、落葉やシュレッターが増えると、それらの捕食者も増えるため、生き物の多様度も高くなっていきます。

落葉の種類が異なると、落葉から溪流に溶出する養分も異なってきます。そのため、森林を構成する樹種が異なれば、溪流に供給される落葉の質や量だけでなく、水質も変わることになります。溪流内の落葉によって築かれる空間的構造（生息空間）も変わります。そのため、森の状態が異なれば、そこを流れる溪流内に生息する生き物も異なったものになるのです。

日本では、溪流に供給される落葉の量は季節的に変化します。供給されるタイミングも季節的に決まっています。溪流に生息する多くの生き物は、落葉が溪流に供給される時期をそれぞれの生活史に組み込み、落葉の量が増える秋から春にかけて成長し、初春から初夏にかけて羽化します。

4回にわたって溪流に生息する生き物について紹介してきましたが、もっと詳しく知りたい方は「流されて生きる生き物たちの生存戦略（築地書館）」を手にとってください。



巻頭帯写真について：ジュウガツザクラ（構内にて撮影）

本誌を含む関西支所刊行物は
こちらからご覧になれます。



研究情報 第151号

令和6年2月29日発行

国立研究開発法人 森林研究・整備機構
森林総合研究所関西支所

京都市伏見区桃山町永井久太郎 68 番地

〒612-0855 Tel. 075(611)1201 (代表)

E-mail: contact_fsm@ml.affrc.go.jp

ホームページ <https://www.ffpri.affrc.go.jp/fsm/>