木材腐朽菌と立木の木材腐朽

山　口　岳　広

（（独）森林総合研究所北海道支所）

1. はじめに

立木の材質腐朽病害（材質腐朽病）は、樹木の機械的支持を担っている材に微生物が侵入・生育し、材が分解され組織構造が脆弱化・崩壊する現象である。この病害は外見からの判別が難しい上、腐朽が原因で倒木や落枝が発生すると大きな損害を生じやすいので、緑化樹や街路樹・庭園樹などの管理を行う方々にとってはやっかいな病害である。これを引き起こす主役が木材腐朽菌と呼ばれる菌類の仲間であるが、意外とその実態が正しく理解されていないことが多い。本稿では、この木材腐朽菌の分類や生態について簡単に概要を説明したい。

2. 腐朽菌類の生物分類上の位置づけ

先述したように腐朽菌類は「菌類」（あるいは「真菌」「糸状菌」とも呼ばれる）の仲間で、身近な言葉で言えば「かび・きのこ」の仲間である。かつては生物を大きく植物界と動物界とに二分し（生物二界説）、そのうちの「植物」の範疇に入れられていた。しかし、現在では五つ（生物五界説）あるいはそれ以上の大きな生物群に分ける考え方が受け入れられ、「菌類」は植物や動物とは独立した生物群（菌界）として認知されるようになってきた。

一般的な菌類の特徴は、生活細胞が糸状の細長い細胞（菌糸）で（**写真 1**）、この細胞の先端が分裂して成長していく多細胞生物であり、細胞内の核に核膜を有している（真核細胞という）。また、菌類の基本的な栄養の摂取は外界の有機物（主に動植物遺体や排泄物）を自分の細胞から出す酵素により分解・吸収する方法であり（腐生菌と呼ばれる）、生態系の中では「分解者」の役割を担っている。しかし、中には生きている植物（まれに動物）に寄生する（寄生菌）、あるいは動植物などと共生関係を築く種類（共生菌）もある。

菌類はさらに粘菌門と真菌門の仲間に二分され、そのうち真菌類は有性世代の胞子の形成方法や胞子形成細胞の形態、生活史の違いなどによって鞭毛菌・接合菌・子のう菌・担子菌・不完全菌の仲間に分けられている（**図 1**）。菌類のうちで有性世代の胞子をつくる器官（子実体）が非常に大きくなり、人間の肉眼でも認識できるような種類を「きのこ」と称しており、担子菌類の大部分と子のう菌類の一部が該

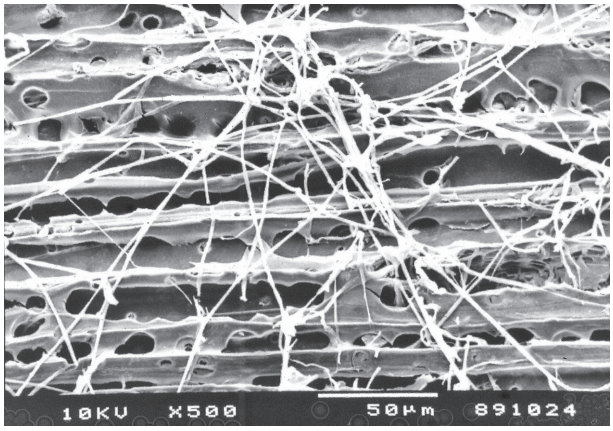
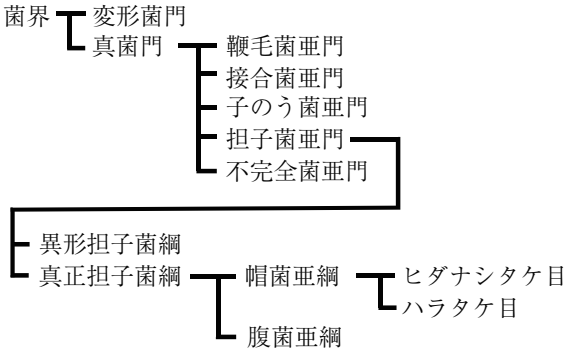


写真1　カラマツ腐朽材内のニセカイメンタケ菌糸の走査電子顕微鏡写真。白い糸状のものが菌糸，仮道管の細胞壁が分解され孔が開いている。

図1　菌類の分類体系



木材腐朽菌に関係のない部分は省略した。

当する。したがって「きのこ」という呼称は、実は生物分類上の区分ではない。また、子のう菌は「子のう」と呼ばれる袋の中に有性胞子を作るのが特徴で、担子菌類とは基本的構造が違うが大型の子実体をつくる種類もあり、これらが「きのこ」として認識されている。

3. 材質腐朽菌類の一般的な特徴

担子菌類には、異型担子菌綱と真正担子菌綱があり、後者の中にヒダナシタケ目とハラタケ目が含まれている（図1）。生立木に材質腐朽を引き起こすのは、担子菌類のヒダナシタケ目に属する菌類が大部分を占めている。担子菌類のハラタケ目や子のう菌類で生立木の腐朽を引き起こす種類もある。いずれにしろ、基本的には樹木の材という植物由来の難分解性有機物を栄養として生きているのだが、一部の種は生きている立木の材内に侵入して独占的に栄養分を確保しようとする方向に進化してきたと考えられる。

ヒダナシタケ目の子実体の多くは、栄養を摂取している木材（基質）の表面（あるいはその上の樹皮上）に発生するが、根株腐朽菌（後述）の場合は腐朽している樹木の根元付近の土壌から発生する種類もある。多くはいわゆる「きのこ」と呼ぶような大型の胞子生産器官（子実体）をつくるが、非常に目立たない子実体をつくる種類もある。1年のある時期（多くは夏～秋）に子実体を形成し胞子を飛散したあとはそれでおしまいとなる種（一年生）と、翌年以降も古い子実層（胞子が形成される部位）の表面に新たな子実層を形成していく種類（多年生）がある。後者はいわゆる「さるのこしかけ」と呼ばれることが多いが、これは樹上に硬質で多年生の子実体をつくる種類の総称、あるいは通称として使われる言葉である。したがって、「何々サルノコシカケ」という和名の菌類はあるが、単に「サルノコシカケ」という名称の菌類は存在しない。

子実体は非常に多様な形態をしており、単に薄平たく貼り付くだけ（背着生）の種類、この状態から子実体の一端がわずかに反転して水平方向にかさをつくる種類（半背着生、写真2）、そして基質から離れ水平方向に半円状ないし棚状のかさをつくる種類

写真2　チウロコタケモドキの子実体。背着生～半背着生の腐朽菌で子実層は平滑状。

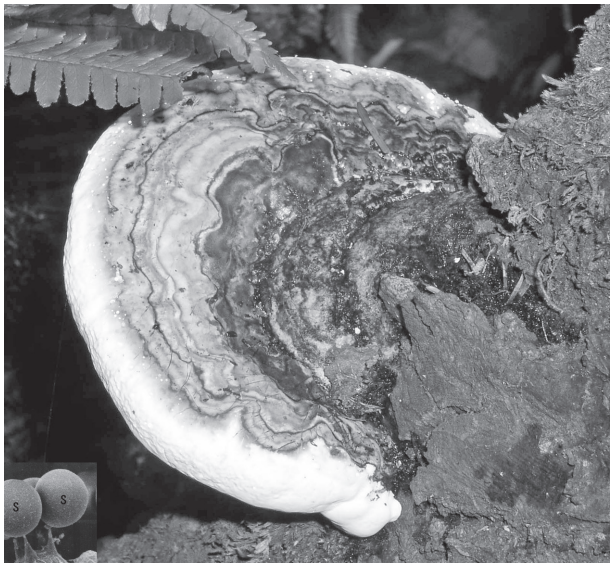


写真3　コフキサルノコシカケの子実体。裏面の子実層には管孔が形成される。

がある（**写真 3**）。柄を形成し、そこからかさをつくる種類もある。胞子が形成される部分（子実層）は、背着生の種類ではほぼ全表面につくられるが、かさを形成する子実体では、上下の区別が生じて、かさの下側にのみ子実層が形成される。その形状は、平滑なものから、しわ状、いぼ状あるいは窪み状になる種類があり、さらに、針状、ひだ状、管孔状と非常に変化に富んだ複雑な構造を持っている。子実層には胞子（担子胞子）を形成するための器官である担子器（基）が多数形成される（**写真 4**）。担子器はその頂上に突起を出し、そこに胞子を形成する。胞子の大きさや形状、色などは種に固有である。子実層には担子器の他に、「嚢状体」、「粘嚢体」「剛毛体」などと呼ばれる異形細胞が形成されることがある。

子実体の組織は、機能の異なる 3 種類の菌糸、つまり①生殖菌糸、②骨格菌糸、③結合菌糸で構成されるが、それぞれの種によって、①のみ、①と②の 2 種類、3 種類すべてをもつものがある。この組み合わせによって、子実体を形成する組織は非常に軟質なものから、革質、肉質、コルク（木栓）質、木質のようにかなり堅固なものまで様々である。胞子や異形細胞、菌糸構成は種を判別するための重要な基準となっている。

ハラタケ目にも木材腐朽性を有する種類が多くあり、数は少ないもののそのうちのいくつかは生立木の木材腐朽を引き起こすことが知られている。ハラタケ目の子実体の一般的な形態は、傘と柄（茎）があり傘の下面にヒダを持つ、いわゆるキノコの形状が一般的である。傘や柄の形状、色などは種によって様々である。ヒダに子実層が形成され、担子胞子がつくられるが、胞子の大きさや色、形、異形細胞の有無と形、子実体を構成する菌糸の種類などが種の分類上重要な手がかりとなることは、ヒダナシタケ目の菌類と同様である。

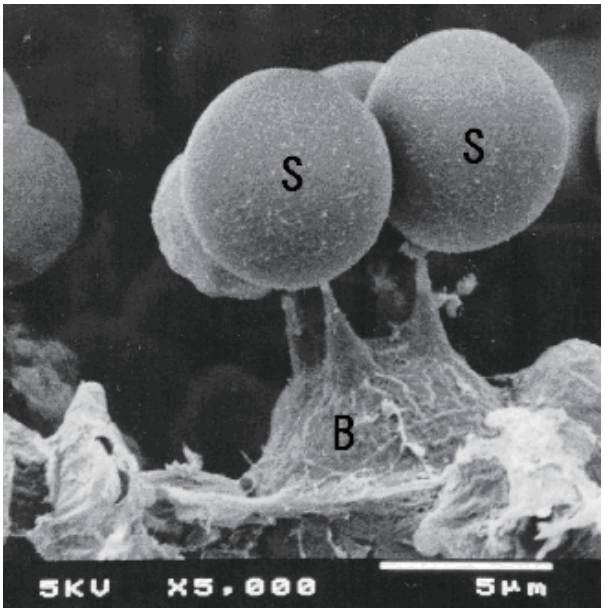


写真4　モミサルノコシカケ子実体の担子胞子 (S) と担子器 (B)

4. 材質腐朽の形態と特徴

(1) 白色腐朽と褐色腐朽

腐朽菌によって腐朽が生じるとその菌に特有な腐朽の型が生じる。菌類による木材の腐朽型には大別して褐色腐朽、白色腐朽および軟腐朽に分けられ、それぞれの腐朽を起こす菌類を褐色腐朽菌、白色腐朽菌、軟腐朽菌と呼んでいる。これらの腐朽型は、腐朽菌の種類によって決まることが知られている。このうち軟腐朽は、高含水率の木材に発生することが多く、それを起因する軟腐朽菌は主に子のう菌類、不完全菌類、細菌類、放線菌類で生立木の腐朽とは関係ないものが多いとされていた。しかし、白色腐朽菌とされていた菌でも軟腐朽型に類似した腐朽を起こす種類があることが近年判ってきた。

褐色腐朽菌と白色腐朽菌では木材の分解のしかたがまったく違っている。褐色腐朽菌は木材の細胞壁を構成するセルロースとヘミセルロースをほぼ同じ割合で分解し、リグニンはある程度まで低分子化されるが完全に分解されることは少ない。そのため腐朽末期では材にはリグニンが多く残存し、腐朽材は褐色になる。また乾燥した腐朽材は収縮し立方状の亀裂を生じることが多い。褐色腐朽は針葉樹に多く見られる。一方、白色腐朽菌はセルロース、ヘミセルロースとリグニンを同時に分解する。白色腐朽と呼ばれるのは、リグニンの分解・消失によって腐朽材が白っぽくなったり退色するためである。白色腐朽は広葉樹に多く発生している。腐朽菌の種類によって褐色腐朽か白色腐朽かは決まっており、腐朽菌の分類上属や科の単位で腐朽型を統一していること

があるため、褐色腐朽か白色腐朽であるかは、菌の分類上の大きな手がかりとなっている。

（2）根株腐朽と幹腐朽

生立木における腐朽の侵入・進展のタイプには大きく２種類に分けられる。腐朽菌が根系から侵入して根株から樹幹へと上方向に進展していくものは「根株腐朽」、樹幹にある枯枝や折れた枝、あるいは種々の傷から腐朽菌が侵入し、そこから樹幹の上下方向へと腐朽が進展していくタイプは「幹腐朽」と呼ばれる（図２）。それぞれの腐朽を起こす菌類を根株腐朽菌、幹腐朽菌という。腐朽菌が根株腐朽か幹腐朽であるかは、その種によって異なるが、双方が分類上同属に入っていることもある。

（3）心材腐朽と辺材腐朽

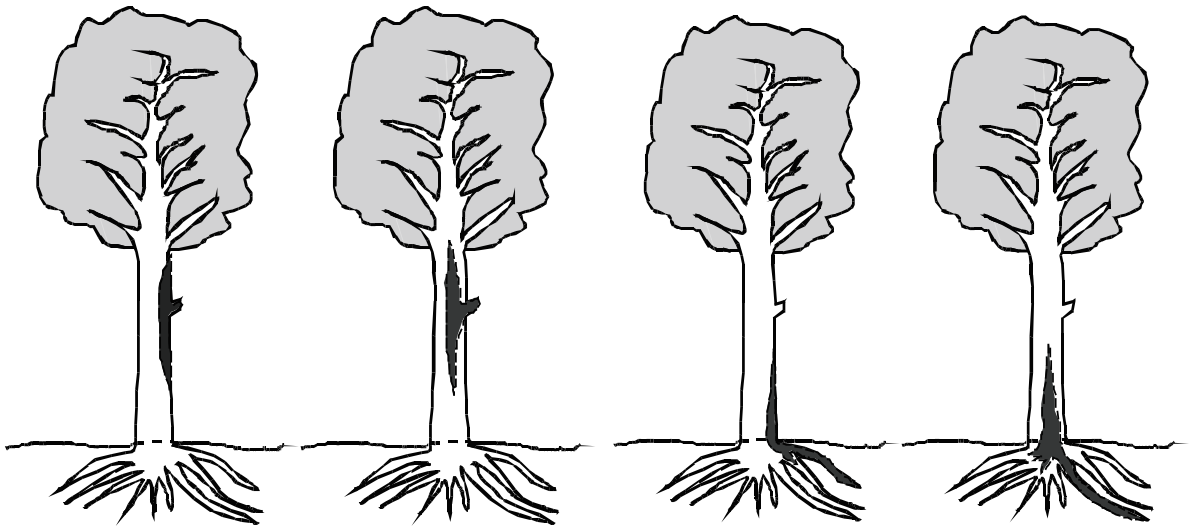
生立木に侵入する腐朽菌が心材を侵すかあるいは辺材を侵すかによってさらに「心材腐朽」と「辺材腐朽」に区分され（図２）、それぞれを起因する腐朽菌を心材腐朽菌、辺材腐朽菌という。生立木では心材腐朽のほうが辺材腐朽より多い。その理由としては、①辺材が水分通導のため高含水率、無酸素状態で腐朽菌の生育に不適当、②辺材には柔細胞などの生きている細胞が多く特に形成層付近では菌の侵入に対する強い防御反応が生ずること、③枝は樹幹中心部から発生しているので枯枝や枝折れ跡から腐朽菌が侵入すると心材へと到達しやすいこと、④心材である樹幹の中心部は最も古い細胞であり抗菌性物質が存在していても活性が低下していることが多いこと、が考えられている。

一方、辺材腐朽菌は、辺材の腐朽とともに形成層も侵すために、被害木はその部分の肥大成長が止まって陥没した形状になることがある。樹幹表面が軸方向に陥没して溝状になると溝腐病と呼ばれる。また辺材腐朽菌の侵入に反応して樹脂の漏出が見られることがある。

以上のように、生立木の材質腐朽病は白色腐朽と褐色腐朽、あるいは根株腐朽と幹腐朽、心材腐朽と辺材腐朽とに大きく分けられ、これらの組み合わせによって、例えば「褐色心材腐朽」、「根株心材腐朽」、「白色幹腐朽」のように大きくタイプ分けされて呼ばれることが多い（図２）。また腐朽の形状を表すのに、立方状、孔状、輪状、羽毛状、繊維状、粉状、海綿状など肉眼的に観察される特徴的な表現と組み合わせて、例えば「立方状褐色腐朽」「孔状白色腐朽」などという名称で分類されることもある。

5. 腐朽菌の生態と生活環

腐朽菌類の生態や詳しい生活環については、一部を除いてほとんど知られていないのが実情である。腐朽菌類特に幹腐朽を引き起こす菌類は、基本的に子実体（キノコ）で生産された胞子を空気中に飛散



A：幹辺材腐朽　　B：幹心材腐朽　　C：根株辺材腐朽　　D：根株辺材腐朽

図2　立木腐朽の状態を示す模式図. 黒塗りは腐朽部分を示す。

させて健全木に感染していく。いわゆる「サルノコシカケ」と呼ばれる硬質で多年生の大型の子実体を形成する担子菌類には幹腐朽菌が多い。枝折れ跡や材の露出した傷口などに胞子が付着し発芽して材の中へ侵入・定着することにより感染が成立する。胞子の発芽に関しては、水分があれば速やかに発芽する種類、なかなか発芽せず長時間を必要とする種類、高温で発芽が阻害される、あるいは促進される種類など、各々の種によって様々な特徴がある。腐朽菌は材を分解して栄養分を得ながら材の中を進展し、やがて子実体を形成して、有性胞子を空気中に放出する。根株腐朽菌類は、土壌生息性であるため、長距離の移動・分散は胞子によって、比較的近距離の移動・分散は土壌中を菌糸や菌糸束によって移動し伝染するようであるが、詳しい生態についてはほとんどわかっていないものが多い。またシマサルノコシカケ、マツノネクチタケやエゾノサビイロアナタケは、健全な樹木の根系と隣接する腐朽木根系の接触によって伝染することが知られている。また胞子による分散では、有性胞子である担子胞子のほかに、厚膜胞子をつくる種類（例えばベッコウタケ・ヒラフスベなど）もある。厚膜胞子は耐久性もありベッコウタケでは菌糸付近の土壌中にも形成され、これが伝染源となっている可能性もあるが詳しいことはわかっていない。

6. おわりに

以上、木材腐朽菌の概要について簡単に述べたが、木材腐朽菌は種類も多様であり、分類についてもまだ完全に整理されていない。また、腐朽菌の生態に関しては未解明の点がたくさん残されているが、被害の軽減・抑制のためにもこれらが解明されるよう今後の研究の発展を期待したいと思う。

キーワード：木材腐朽菌，糸状菌類，菌類の分類，腐朽の種類，腐朽菌の生態

平成19年度樹木医研修生の募集

日本緑化センターでは平成３年度に「樹木医制度」を実施して以来、平成 18 年度（16 期）までに 1,484 名（33 名死去）、うち女性 64 名の樹木医を認定、登録した。樹木医によせる期待は大きく、毎年 600 名をこえる応募者があり、その倍率も高い。平成 14 年度からは樹木医研修受講者を 120 名（それまでは 80 名）に、研修は１期、２期、各 60 名に分けて実施してきたものである。

①応募資格。樹木の保護、樹勢回復等に関する研究、実務に従事した期間が７年以上の者。樹木医補は認定後の業務経験が１年以上の者。

②応募受付期間。平成 19 年５月７日～６月 11 日。応募書類は募集案内の様式で申込む。なお、受験手数料は 18,000 円である。

③受講者選抜試験。平成 19 年７月 22 日、午前 10 時 30 分～午後３時、全国５会場で行う。①仙台会場 KKR ホテル仙台、②東京会場東京農業大学、③名古屋会場愛知県産業貿易館、④大阪会場大阪マーチャンダイズマート、⑤福岡会場西日本短期大学。午前筆記試験（選択）、午後論述試験。

④樹木医研修。第１期平成 19 年 10 月１日～13 日。第２期 10 月 15 日～ 27 日。研修場所は筑波研修センター等。研修費用は 65,000 円、テキストは「最新・樹木医の手引き改訂３版」。研修科目（講義と実習）は、樹木の分類、樹木の生理、樹木・樹林の生態、樹木の構造と機能、樹木保護に関する制度、土壌の診断、病害・虫害の診断と防除、腐朽病害の診断と対策、大気汚染害の診断と対策、気象害の診断と対策、後継樹木の育成と遺伝子保存、幹の外科技術と機器による診断、樹木の移植法、土壌改良と発根促進、総合診断。研修期間中に各科目ごとに試験、最終日に面接、樹木医としての合格者（11 月下旬）を決定する。合格者には「樹木医認定証」が交付される。「募集案内」は日本緑化センターのホームページからダウンロードできる。

日本緑化センター／電話 03（3585）3561