

機関番号：82105

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20380105

研究課題名（和文） 空中浮遊菌が引き起こす非接地条件下におかれた木材の腐朽リスク解析

研究課題名（英文） Assessment of decay risk of airborne wood-decay fungi

研究代表者

桃原 郁夫（MOMOHARA IKUO）

独立行政法人森林総合研究所・木材改質研究領域・チーム長

研究者番号：60222345

研究成果の概要（和文）：所定体積内に含まれる空中浮遊菌が引き起こす腐朽リスクを、エアサンプラーを用いて解析した。空中浮遊菌は、含水率約 100%に調整したスギ円盤をエアサンプラーにセットし、1,000 リットルの空気に曝露して捕集した。その後スギ円盤を 26℃の湿った容器内に 16-20 週間放置することで、捕集された空中浮遊菌を発芽・成長させた。この培養前後のスギ円盤の質量変化の値と、スギ円盤の性状、サンプリング時の状況、サンプリング地の違いなどのファクターとの関係を解析したところ、スギ円盤の含水率、心材率やサンプリング時の天候がスギ円盤の質量減少率の大小(腐朽リスク)に影響を与えることが明らかとなった。スギ円盤上に生育していた菌糸から抽出した DNA の遺伝子配列から菌種や分類群を検索した結果、つくばでは、空気中に浮遊している *P. sordida* の近縁種が腐朽リスクを高める上で重要な役割を果たしていることが明らかになった。また、札幌における腐朽リスクがつくばの腐朽リスクと差が無いことを明らかにした。本研究の結果、外断熱の住宅などで断熱層内部に木材腐朽菌の胞子が付着した場合、北海道であっても本州と同等の腐朽リスクが発生することを示唆した。

研究成果の概要（英文）：The decay risk of airborne wood-decay fungi was investigated by using an air sampler. Japanese cedar disks with moisture content at about 100 % were placed in a “BIOSAMP” air sampler and exposed to 1,000 liters of air. The disks were then incubated for 16–20 weeks in a damp container kept at 26°C. To investigate factors affecting mass loss %, relationship between wood characteristics and mass loss % were analyzed. Wood moisture content and ratio of heartwood area proved to be significant factors. Disks that were sampled on a cloudy day showed significantly higher mean mass loss % compared to those sampled on a sunny day. Taxa or species were determined from DNA sequences extracted from fungi grown on the cedar disk. Statistical analysis revealed, in the case of Tsukuba, related species of *P. sordida* play an important role in increasing the decay risk caused by airborne wood-decay fungi. It is proved that there was no significant difference between the decay risk of airborne fungi in Tsukuba and in Sapporo. This research reveals that there are same decay risk between the houses with exterior thermal insulation in Hokkaido and other areas.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
2009年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
2010年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
年度			
年度			
総計	11,800,000	3,540,000	15,340,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・木質科学

キーワード：空中浮遊菌、腐朽、腐朽リスク、エアサンプラー、住宅、外断熱、含水率

1. 研究開始当初の背景

木材に腐朽が生じるためには木材腐朽菌が木材に到達する必要がある。この経路の主要なもの、(1)腐朽材から腐朽菌の菌糸が伸び木材に到達する経路と、(2)子実体から脱離した孢子が風などにより湿った木材まで運ばれる経路の2つである。北海道におけるナミダケ被害の様に、過去には床下地面にあった腐朽材から伸びた菌糸が経路(1)により土台などに到達し、そこで甚大な腐朽を引き起こした場合もあったが、近年ではべた基礎の構法が主流となったことから、木材腐朽菌の孢子が風や雨水によって運ばれ湿った木材に付着し、そこで腐朽を発生させる経路(2)による被害が最も多いと考えられる。

また、木製防護柵（ガードレール）や遮音壁の腐朽についても、住宅部材同様、空中に浮遊している木材腐朽菌が木材に付着することによって腐朽が始まる経路が最も重要であると考えられる。

このように、住宅や外構部材における腐朽では経路(2)による腐朽被害が多いにも関わらず、空中に浮遊している孢子が初発となる腐朽現象はほとんど研究されていなかった。

2. 研究の目的

本課題では、空中に浮遊している菌類（空中浮遊菌）が木製ガードレールや木製遮音壁、あるいは住宅の土台や柱など、地面に直接接していない木材（非接地条件下におかれた木材）に付着し、そこで菌類が活動を始めることによって引き起こされる腐朽リスクを解析することを目的に研究をおこなう。

非接地条件下におかれた木材の腐朽リスクの解析にあたっては、空中を浮遊してきた木材腐朽菌の孢子の付着が初発段階となることから、(1)空中浮遊菌の腐朽力やその浮遊時期の解析と(2)空中に浮遊している木材腐朽菌種の同定をおこなう。これらの一連の研究を年間を通して異なる地域でおこなうことで、非接地条件下におかれた木材の各地域・各季節・各樹種別に腐朽リスクを解析する。

3. 研究の方法

厚さ3mm直径約8cmの滅菌したスギ円盤を使用し実験をおこなった。滅菌シャーレに入れたこのスギ円盤に約6mlの滅菌水を滴下し円盤全体を均一に湿らせた後、円盤をシャー

レゴとエアサンプラーにセットし、BIOSAMP MBS-1000を用いて1,000lの空気に暴露した。なお、サンプリングは、札幌、つくば、熊本の地上1メートルでおこなった他、つくばについては3階のベランダ上でもサンプリングをおこなった。その際サンプリング時刻は特に定めず、9時から17時の間の任意の時刻におこなった。

1,000lの空気に曝したスギ円盤を26℃に保ったコンテナ内に16~20週間放置し、前後の質量から質量減少量・減少率を求めた。

さらに、スギ円盤上に認められた菌糸を抗菌成分を加えたPDA培地上で培養・単離し、そこからDNAを抽出した。DNAをプライマーITS4、ITS5で増幅し、増幅産物の遺伝子配列を決定し、GenBankの遺伝子配列データと比較し、菌種や分類群を決定した。

4. 研究成果

腐朽リスクの解析に先立ち、質量減少率、質量減少量のどちらを指標に解析すべきかを確認するため両者の相関を求めたところ、両者の間に高い相関が認められた（図1）。質量減少率、質量減少量のいずれを指標にしても同じ結果が得られると考えられたため、以下に質量減少率を指標として解析した結果を示す。

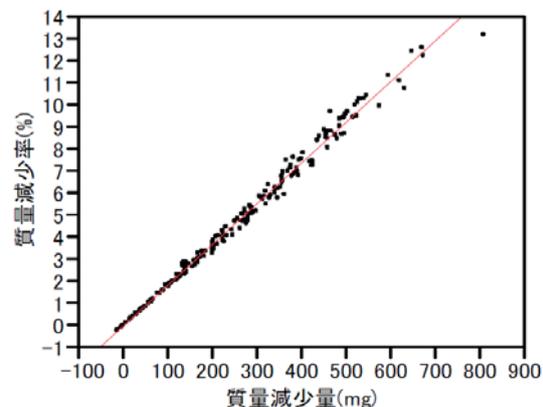


図1 質量減少量と質量減少率との関係

まず、サンプリングに使用したスギ円盤の性状と質量減少率との関係を調べたところ、円盤の心材率と質量減少率との間に弱いながらも有意な負の相関があることが認められた（図2）。

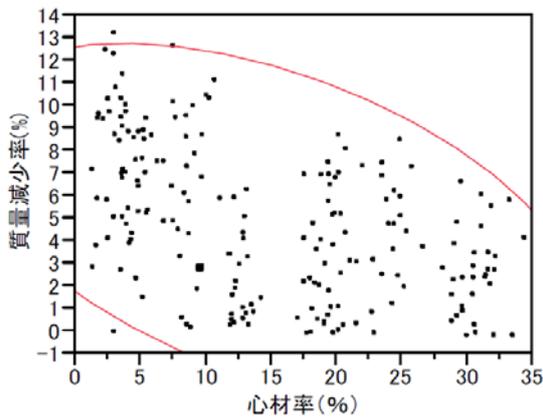


図2 心材率と質量減少率との関係

今回、心材のみを使用した実験はおこなっていないが、様々な樹種の心材のみを用いて実験することにより、各樹種の心材が木材腐朽菌の胞子やそこから伸長してくる菌糸に対し、どの程度の抵抗性を持つかを判定できると考えられた。また、初期含水率と培養終了時含水率との間に強い正の相関があり、初期含水率と質量減少率との間にも有意な正の相関が認められた (図3)。

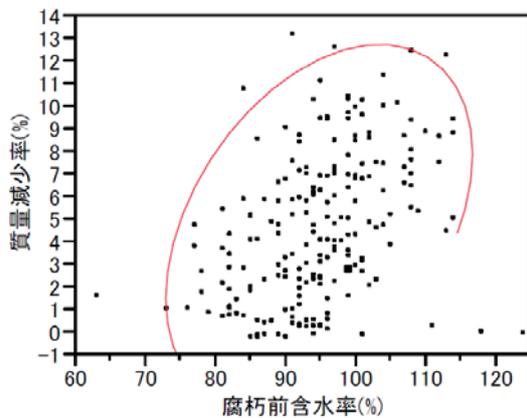


図3 腐朽前含水率と質量減少率との関係

次にサンプリング時期、サンプリング時刻、気象条件と、その時期にサンプリングされた空中浮遊菌が引き起こすスギ材の腐朽との関係について解析した。図4はつくばでサンプリングした場合の、サンプリング週と質量減少率との関係をプロットしたものである。

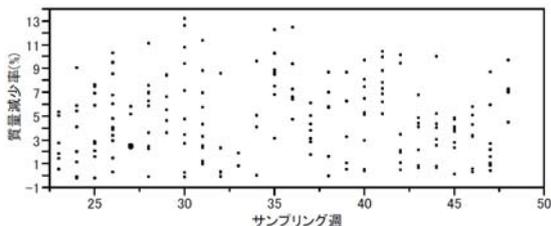


図4 サンプリング週と質量減少率との関係

サンプリング開始から終了まで、サンプリング時期に係わらず円盤に質量減少が生じることが観察されたことから、このサンプリング地点では常に腐朽リスクが存在することが明らかとなった。また、同日のほぼ同じ時刻にサンプリングした円盤であっても質量減少率の大小に大きな差があることから、サンプリングした 1,0001 の中に常に多数の腐朽菌胞子があるのではなく、1,0001 中に存在する少数個の強い腐朽力を持つ木材腐朽菌胞子によって腐朽の有無や速度が決定されると考えられた。

次いでサンプリング時刻と質量減少率との関係を解析した。解析に先立ち、まずサンプリング時刻を午前 (10 時~12 時) と午後 (13 時~15 時) とに分けて、それぞれの時間帯にサンプリングしたスギ円盤の質量減少率を比較した。結果の図 (図5) に示す様に、中央値は午後にサンプリングした場合の方が若干高かったものの、検定の結果、午後と午前とで質量減少率に有意な差は認められなかった。さらに、サンプリング時刻を30分ごとに区切り、それぞれの時間帯における質量減少率を比較したところ、サンプリング時刻と質量減少率との間に有意な差は認められなかった。

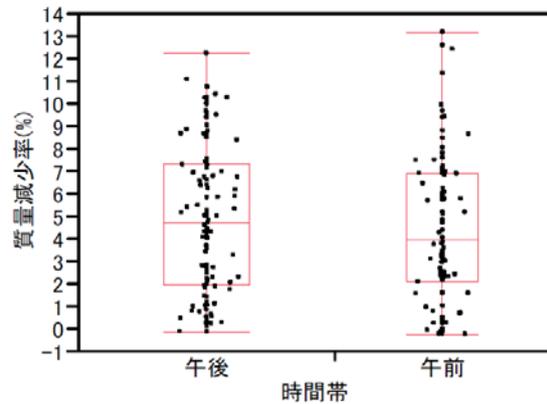


図5 時間帯と質量減少率との関係

次いでサンプリング時刻やサンプリング日、さらにその数日前の気象条件が腐朽リスクに及ぼす影響を解析した。図6はサンプリングをおこなった時の天気を目視で評価し、その時サンプリングに使用した円盤が 16 週間の培養により何%の質量減少率を示したのかをプロットしたものである。晴天時にサンプリングした円盤では、一部高い質量減少率を示したものがあつたものの、全体としては比較的低い質量減少率に集中していた。これに対し曇天時にサンプリングした円盤では全体が比較的高い質量減少率を示しており、晴天時にサンプリングした円盤の質量減少率との間に、有意な差があることが認められた。曇天時に木材腐朽菌の胞子が多数浮遊

しているか、曇天時に高い木材分解能を持つ腐朽菌の胞子が多く浮遊していると考えられた。

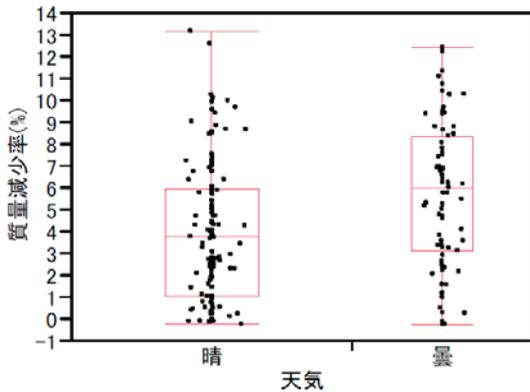


図6 天気と質量減少率との関係

気象条件と腐朽リスクとの関係をより詳細に調べるため、サンプリング時の温度、湿度、気圧や、サンプリング日とその前日の最高、平均、最低温度、湿度、気圧やそれぞれの日較差と円盤の質量減少率との関係を解析した。図7にサンプリング日の因子と質量減少率との関係を解析した例を示す。図7の因子では、当日の平均湿度、最低湿度、日射量、気温の日較差、湿度の日較差がスギ円盤の質量減少率に有意に影響を与えていた ($p < 0.01$)。同様の解析を前日、前々日の気象条件に対してもおこなったところ、有意に影響を与えている因子の数が減少し p 値が増加していくのが認められた。

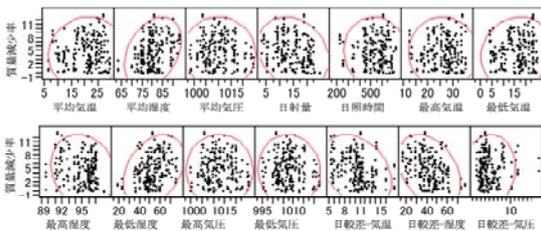


図7 気象因子と質量減少率との関係

一方、スギ円盤上で育成しスギ円盤に腐朽を引き起こした菌種の同定を試みた。スギ円盤上に認められた白色の菌糸を、寒天培地上で継代培養することで木材腐朽菌を単離し、その ITS 領域の遺伝子配列を解析した。得られた遺伝子配列を GenBank に寄託された木材腐朽菌の遺伝子配列と比較することで、単離した菌を以下の 11 の分類群 (*Bjerkandera* sp., *Ceriporia* sp., *Irpex* sp., *Phanerochaete* sp. (A), *Phanerochaete* sp. (B), *Phanerochaete* sp. (C), *Polyporales* sp., *Polyporus arcularius*, *Sistotrema* sp., *Trametes hirusuta*, *Trametes versicolor*) に特定した。これらの菌はいずれも属名などから白色腐朽菌であると判断された。上記分

類群のうち出現数の大きかったものについて、分類群とその分類群が検出された円盤の質量減少率を比較することでこれら分類群の腐朽力を評価したところ、今回サンプリングを実施した場所では *Phanerochaete* および *Polyporales* の胞子が空中浮遊菌による腐朽リスク増加に大きな影響を及ぼしていると考えられた (図8)。

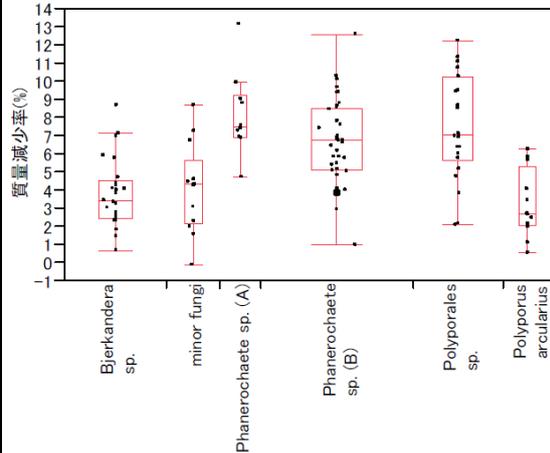


図8 分類群と質量減少率との関係

サンプリング箇所の高さが腐朽リスクに及ぼす影響を調べるために、つくばの地上 1メートルと 3階ベランダとで同日同時刻にサンプリングをおこない腐朽リスクを評価したところ、地上部より 3階ベランダの方が平均質量減少率が有意に高くなることが認められた。木材腐朽菌の胞子は地上付近を漂っているだけでなく、比較的高い位置まで舞い上がっていることがあることが明らかになった。

質量減少率と地域との関係では、札幌でサンプリングしたスギ円盤とつくばでサンプリングしたスギ円盤を培養した際の質量減少率に有意な差が認められなかったことから、北海道であっても断熱層の内側に空中浮遊菌が侵入してしまえば、本州などと同様の速度で腐朽が進行していくことが示唆された。

寒冷地を中心に外断熱をとる住宅が増えているが、そのような住宅の防水層が劣化すると、雨水と共に木材腐朽菌の胞子が木材に侵入し、断熱層の内側の暖かく保たれた構造部材等を速やかに腐朽させていくと考えられる。

住宅の品質確保の促進等に関する法律では、北海道地域および青森の住宅に対する防腐処理の基準が他地域と較べ緩やかになっているが、今回の結果は北海道地域であっても木材腐朽性の空中浮遊菌が木材に付着し暖かい環境に置かれた場合は、関東地方と同程度の腐朽リスクがあることを明らかにした。

寒冷地だからといって防腐対策を怠ることなく、適切な対処をする必要があると考えられた。

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4件)

Ota Y, Kim M-S, Neda H, Klopfenstein NM, Hasegawa E, The phylogenetic position of and *Armillaria* species from Amami-Oshima, a subtropical island of Japan, based on elongation factor and ITS sequences, Mycoscience, 査読有り, 2011, 52:53-58

Momohara I, Ota Y, Sotome K, Nishimura T, Assessment of decay risk of airborne wood-decay fungi II: relation between isolated fungi and decay risk, J Wood Sci, 査読有り, 2011, DOI: 10.1007/s10086-011-1224-8

Momohara I, Ota Y, Nishimura T, Assessment of decay risk of airborne wood-decay fungi, J Wood Sci, 査読有り, 56, 2010, 250-255

Ota Y, Hattori T, Banik MT, Hagedorn G, Sotome K, Tokuda S, Abe Y, The genus *Laetiporus* (Basidiomycota, Polyporales) in East Asia, Mycological Research, 査読有り, 2009, 113:1283-1300

[学会発表] (計4件)

桃原郁夫, エアサンプラーを用いた腐朽リスク解析の試み、日本木材学会 生物劣化研究会 秋期シンポジウム、2011年9月27日、京都大学生存圏研究所 (宇治)

桃原郁夫, 太田祐子, 早乙女梢, 西村健, 空中浮遊菌が引き起こす腐朽リスクの解析(2)、日本木材学会年次大会、2011年3月20日、京都大学 (京都)

桃原郁夫, 太田祐子, 西村健, 空中浮遊菌が引き起こす腐朽リスクの解析、日本木材学会年次大会、2010年3月17日、宮崎市民プラザ (宮崎)

Ota Y, Momohara I, Nishimura T, Evaluation of decay risk by airborne wood decaying fungi, Proceeding of Asia Mycological Conference, 2009年11月、National Museum of Natural Science (Taichung, Taiwan)

[図書] (計3件)

桃原郁夫 他、日本住宅・木材技術センター、最新データによる木材・木造住宅の Q&A、

2011、98、100-102

桃原郁夫 他、エクスナレッジ、この1冊で「木造住宅」が面白いほど分かる!、2010、22-24

桃原郁夫 他、日本集成材工業協同組合、集成材建築物設計の手引き、2012、259-260

6. 研究組織

(1) 研究代表者

桃原 郁夫 (MOMOHARA IKUO)

独立行政法人森林総合研究所・木材改質研究領域・チーム長

研究者番号：60222345

(2) 研究分担者

太田 祐子 (OTA YUKO)

独立行政法人森林総合研究所・男女共同参画室・室長

研究者番号：60343802

西村 健 (NISHIMURA TAKESHI)

独立行政法人森林総合研究所・木材改質研究領域・主任研究員

研究者番号：10353799

高畑 義啓 (TAKAHATA YOSHIHIRO)

独立行政法人森林総合研究所・九州支所・主任研究員

研究者番号：60353752

山口 岳広 (YAMAGUCHI TAKEHIRO)

独立行政法人森林総合研究所・北海道支所・チーム長

研究者番号：00353897