

奈良県産スギ材の生物劣化抵抗性 (第1報)

増田 勝則・伊藤 貴文・有山 麻衣子・愛須 未紀

Resistance of Biodegradation of *Cryptomeria japonica* from Nara prefecture (I)

Katsunori MASUDA・Takafumi ITOH・Maiko ARIYAMA・Miki AISU

吉野スギを含む奈良県産材の生物劣化抵抗性評価の一環として、奈良県産スギの野外耐蟻性試験および室内耐朽性試験を開始した。耐蟻性については年輪幅に着目し、奈良県産スギと産地不明のスギ一個体中の辺材部の年輪幅が狭い部位と広い部位、奈良県産スギ心材部の年輪幅の広い部位から試験体を採取し、野外耐蟻性試験を行った。その結果、年輪幅の狭いスギは奈良県産、産地不明のものとも広いスギに比較して、イエシロアリの食害による質量減少率が小さい傾向にあった。一方、心材部については、ほとんど食害が見られなかった。

耐朽性については、奈良県産スギの心材部と辺材部を対象に、流水中での浸せきと60℃温風乾燥を繰り返す耐候操作の有無による耐朽性の違いを室内耐朽性試験により検討した。その結果、オオウズラタケでは耐候操作を行なった心材試験体の質量減少率は同一個体で比較すると有意に上昇した。カワラタケでは耐候操作を行わなかったすべての心材試験体の質量減少率がJIS K1571:2010の5.2防腐蚀性5.2.1室内試験の基準を満たした。このことから、今回の実験で使用した奈良県産スギの心材に存在した耐朽性能を発揮する有効成分の効力は大きく、乾燥と降雨による濡れを繰り返すような屋外環境下では失われてしまうが、屋内環境下ではその効力を持続させる可能性があった。

1. はじめに

吉野林業、すなわち密植、多間伐、長伐期を特徴とする施業体系により生産されるスギ(以下吉野スギという)を含む奈良県産スギの有する諸物性の検討を開始した。奈良県産スギの諸物性のうち、吉野スギの強度性能については当センターの既往の研究で、試験結果のデータが公表¹⁾されている。強度性能以外に、吉野スギの特性が確認できる可能性がある物性として、生物劣化抵抗性が考えられる。特に耐蟻性能について着目すると、イエシロアリやヤマトシロアリ(以下両種を合わせてシロアリという)の食害傾向として木材の早材部を食害し、晩材部を残すことが広く知られているが、この習性を鑑みると、吉野スギの特徴である年輪幅の細かさが耐蟻性能に関して有効ではないかと推測される。しかしこの習性に着目した年輪幅と食害度の関係についての研究はほとんど見当たらない。

吉野スギの耐蟻性に関しては、これまでの当センターの報告で、吉野スギを含む各地のいわゆる銘木とされるスギの心材を対象に野外耐蟻性試験の結果が報告²⁾されている。その報告ではスギ銘木の心材は同時に実験に供したヒノキ心材以上の耐蟻性を示しており、スギ心材には高い耐蟻性能を有する有効成分が含まれる可能性が考

えられた。

一方、スギ全般の耐朽性について着目すると、一般に耐朽性能を有する部位は心材であるが、室内耐朽性試験において抗菌操作の前処理としての耐候操作を行わない等、スギ心材中の耐朽性能に寄与する有効成分の流出および揮散が少ない試験方法によれば耐朽性能が確保される可能性がある。このことは耐候性能に対する要求度が少ない家屋内でのスギ材の使用において、その用途が広がる可能性につながる。

本研究の最終的は、吉野スギを含む奈良県産材の耐蟻性および耐朽性を評価し、その特性を明らかにすることであるが、そのためには、できるだけ多くの標本数について、試験が行われることが必要である。今回は奈良県産スギと産地不明のスギおよびベイツガを対象に、野外耐蟻性試験を行い、年輪幅がシロアリの食害傾向に及ぼす影響について検討を開始した。また、奈良県産スギの心材と辺材を対象に室内耐朽性試験を行い、耐候操作の有無がその耐朽性に及ぼす影響の検討を開始したので、その結果を報告する。

2. 方法

2.1 野外耐蟻性試験

2.1.1 材料

実験に供した試験体の属性を表1に示す。材料は奈良県吉野郡天川村に位置する鳴川山国有林の林分内で伐採された樹齢56年の1本のスギ材から採取された繊維方向に約120mmの輪切り材2枚を使用した。これら輪切り材は室内で1年以上放置され天然乾燥されていた。試験体は一方の輪切り材の辺材部外層付近の年輪幅が狭い部分と、心材部の年輪幅が広い部分から、接線方向25mm、放射方向20mm、繊維方向に約80mmとなるよう6体ずつ採取した。さらにこれを繊維方向に40mmとなるよう2等分した。以下辺材部の年輪幅が狭い部分から採取した試験体を鳴川辺狭、心材部の年輪幅が広い部分から採取した試験体を鳴川心広という。同様にしてもう一方の輪切り材辺材部の年輪幅の広い部分からも試験体を採取した（以下鳴川辺広という）。これら試験体は以下に示す2カ所の試験地に、繊維方向に2等分したそれぞれが分かれるように6体ずつ設置した。この他に、産地が不明の年輪幅が狭いスギ製材の辺材部（以下不明辺狭という）と年輪幅が広い辺材部（以下不明辺広という）、辺心材の区別は不明で年輪幅が狭いベイツガ製材（以下ベイツガ狭という）からそれぞれ接線方向25mm、放射方向20mmで、繊維方向に連続して40mmの試験体を12体採取し、6体ずつを同様に以下に示す2カ所の試験地に分けて設置した。スギ製材は木口断面が接線方向35mm、放射方向35mmの角材で、1年以上天然乾燥されていた。ベイツガ材は乾燥履歴は不明であるが、輸入時に人工乾燥されていたものと考えられる。

表1 野外耐蟻性試験で使用した材の属性

略称	産地	平均年輪幅 mm	気乾密度 g/cm ³	乾燥法
鳴川辺狭	鳴川山国有林	1.06	0.43	天然乾燥
鳴川辺広	鳴川山国有林	1.70	0.38	天然乾燥
鳴川心広	鳴川山国有林	3.10	0.41	天然乾燥
不明辺狭	不明	0.87	0.49	天然乾燥
不明辺広	不明	2.25	0.41	天然乾燥
ベイツガ狭	外材	0.47	0.42	人工乾燥

2.1.2 試験方法

試験体は鹿児島県日置郡吹上町の海岸林にある京大大学生存圏研究所の吹上浜LSFフィールドの試験地内、および和歌山県内の海岸林の林床に設置した。これら試験地にはいずれもイエシロアリとヤマトシロアリが生息している。設置の状況を図1に示す。前述の試験体と木口断面の寸法が同じで繊維方向の長さが350mmのスプルス材の誘蟻杭を、側面が接するよう束状にして、垂直方向に立てた状態で地面と同じ高さまで埋設した。この束から、隣接しない6本の誘蟻杭を地面から50mmの

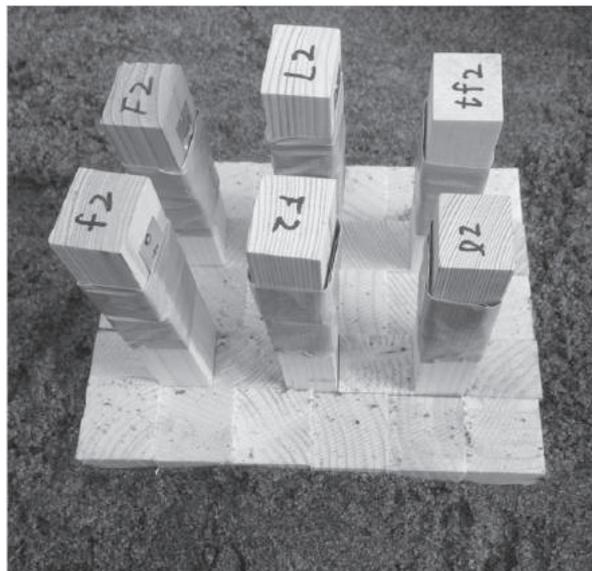


図1 野外耐蟻性試験の試験体設置状況

高さまで出して、その上に前述の6種類の試験体を木口面を合わせて置き、接する部分をガムテープで包んだ。その上から全体を植木鉢で覆った。同様の試験区を吹上浜と和歌山県内の海岸林にそれぞれ6区設定した。吹上浜に設置した試験体については、試験前後の試験体の70℃恒量の差を試験前の70℃恒量で除して質量減少率を求め、被害率とした。和歌山県内の海岸林に設置した試験体の試験前の70℃恒量については、吹上浜に設置した試験体で求めた試験前の70℃恒量から計算によって推定値を求めた。吹上浜では平成26年12月から1年間、和歌山県内の海岸林においては平成27年6月から2ヶ月間設置した。

2.2 室内耐朽性試験

2.2.1 材料

今回の試験で使用した材料と設定した条件を表2に示

表2 室内耐朽性試験で使用了奈良県産スギの属性と設定条件

個体 No.	産地	気乾密度 g/cm ³	耐候操作	部位
1	鳴川山国有林	0.43	無し	心材
2	鳴川山国有林	0.39		
3	川上村高原	0.43		
1	鳴川山国有林	0.43	有り	辺材
2	鳴川山国有林	0.39		
3	川上村高原	0.43		
1	鳴川山国有林	0.41	無し	辺材
2	鳴川山国有林	0.39		
3	川上村高原	0.40		
1	鳴川山国有林	0.41	有り	辺材
2	鳴川山国有林	0.39		
3	川上村高原	0.40		

※乾燥方法はすべて天然乾燥

す。材料は野外耐蟻性試験で使用した鳴川山国有林の林分内で伐採された樹齢56年のスギ2個体と、奈良県吉野郡川上村高原地内で伐採された樹齢約50年の吉野スギ1個体から1枚ずつ採取された繊維方向に120mmまたは140mmの輪切り材を合計3枚使用した。試験体はまず1枚の輪切り材の辺材部から、木口面の接線方向20mm、放射方向20mm、繊維方向は輪切り材の繊維方向の長さそのままとなるよう角柱を6本ずつ採取し、この1本の角柱から木口面の寸法はそのままにして繊維方向に10mmの長さで8体ずつ、合計48体採取した。同様に同じ輪切り材の心材部から合計48体採取した。そして他の2個体から採取した輪切り材についても同様に心材部と辺材部に分けて48体ずつ試験体を採取した。

2.2.2 試験方法

1つの個体の心材部から採取した48体の試験体を2分して一方の24体を耐候操作、他方を耐候操作を行わないものとし、さらにそれぞれを2分して一方の12体をオオウズラタケ、他方をカワラタケによる抗菌操作に供試した。辺材から得た48体も同様とし、他の2個体についても心材、辺材ごとに同様に区分した。

これら試験体をJIS K1571:2010「木材保存剤-性能基準及びその試験方法」5.2防腐性能5.2.1室内試験5.2.1.1注入処理用に準拠して、以下の方法で室内耐朽性試験に供した。耐候操作を行う試験体については、流水中に8時間浸せきし、60℃の庫内で16時間乾燥させる操作を1サイクルとし、これを10サイクル繰り返した。これらの試験体を、エチレンオキサイドで滅菌処理した後、褐色腐朽菌の1種であるオオウズラタケ、および白色腐朽菌の1種であるカワラタケをあらかじめ培養しておいた培養ビン内に3体ずつ入れ、27℃相対湿度75%雰囲気下で、抗菌操作に供した。この抗菌操作の前後に各試験体の60℃恒量を測定し、算出される質量減少率から耐朽性を評価した。

3. 結果と考察

3.1 野外耐蟻性試験

3.1.1 年輪幅

鹿児島県内の吹上浜に設置した試験区は1年後もシロアリの食害は見られなかった。一方、和歌山県内の海岸林に設置した試験区は6区すべてに図2に示すようなイエシロアリの著しい食害があった。よってここでは和歌山県で行った試験の結果を示す。図3に野外耐蟻性試験における食害率と年輪幅の平均値を示す。鳴川山国有林の辺材の食害率は年輪幅の狭いものが1.99%、広いもの

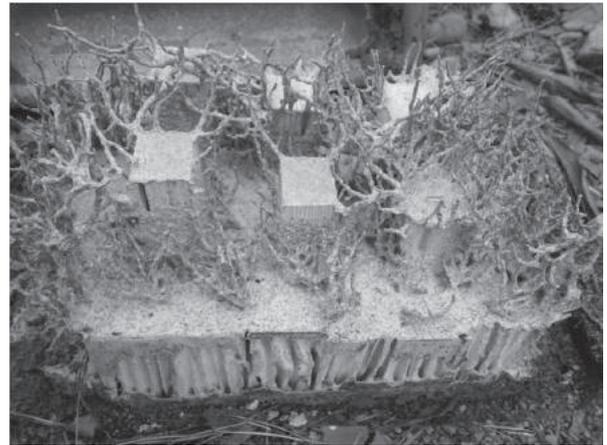


図2 和歌山県内の海岸林に設置後2ヶ月経過した試験体のイエシロアリの活性状況

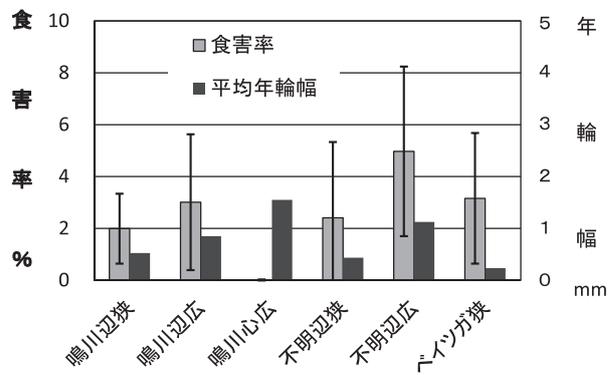


図3 野外耐蟻性試験におけるスギとベイツガの平均食害率と平均年輪幅 (バーは標準偏差)

が3.01%、産地不明の辺材の食害率は年輪幅の狭いものが2.41%、広いものが4.91%で、ともに年輪幅の狭い方が食害率が低い傾向にあった。しかし、図4に示すように全試験体の食害率をみると試験体間のばらつきが大きく、鳴川辺狭と鳴川辺広、不明辺狭と不明辺広の間に t

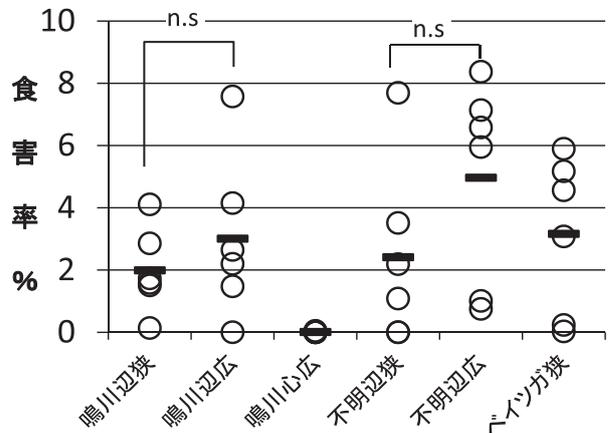


図4 野外耐蟻性試験におけるスギとベイツガの全試験体の食害率 (n.s: 有意差無し)

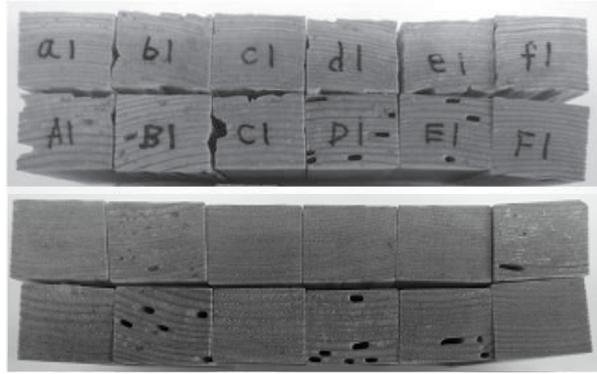


図5 野外耐蟻性試験後の試験体の食害状況
(最上段：鳴川辺狭の上面、2段目：鳴川辺広の上面、3段目：鳴川辺狭の下面 4段目：鳴川辺広の下面)

検定による有意差は無かった（鳴川辺狭と鳴川辺広：P=0.531、不明辺狭と不明辺広：P=0.053）。

一方、辺材の食害痕を目視で詳しく観察すると、鳴川山国有林材、産地不明製材ともに年輪幅の広い材には繊維方向に両木口を貫通する食害痕が見られたが、幅の狭い材に同様の食害痕は見られなかった。図5に鳴川山国有林産材の例を示す。年輪幅の狭い材、広い材ともに多くは晩材部を残し早材部を繊維方向に進む食害形態が観察されたが、晩材を食害した食害痕も散見された。また、ベイツガ材は最も年輪幅が狭かったが、食害率は鳴川辺広と同程度であった。よって、イエシロアリの食害率には年輪幅だけでなくそれ以外の要因も関与しているものと推測された。

3.1.2 心材の耐蟻性

前述のように辺材は食害を受けたが、心材は蟻土の被覆が激しかったにもかかわらずほとんど食害されなかった。はじめに示したように、これまで当センターでは、吉野スギを含む各地のいわゆる銘木とされるスギの心材を対象に野外耐蟻性試験を行った。その報告²⁾においても、スギ銘木の心材は同時に実験に供したヒノキ心材以上の耐蟻性を示しており、スギ心材には高い耐蟻性能を有する有効成分が含まれる可能性が考えられたが、今回の実験もこれを裏付ける結果となった。

3.2 室内耐朽性試験

3.2.1 心材の耐朽性

カワラタケによる抗菌操作後の全試験体の質量減少率を図6に、オオウズラタケによる抗菌操作後の全試験体の質量減少率を図7に示す。カワラタケ、オオウズラタケともに心材から採取した試験体は辺材から採取した試験体より質量減少率が低かった。またすべての条件で、カワラタケの方がオオウズラタケより質量減少率が低

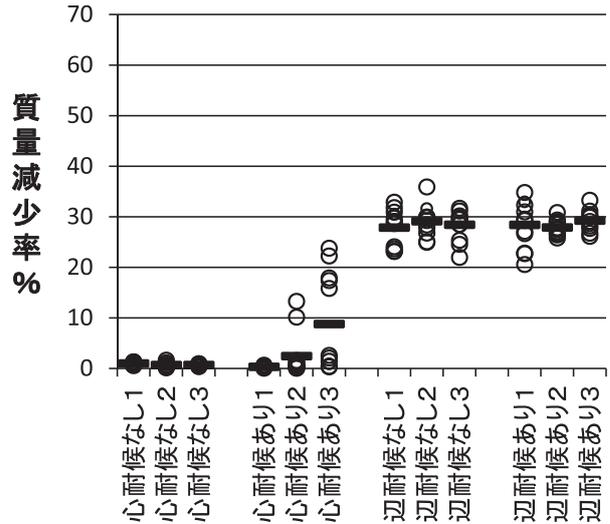


図6 カワラタケによる室内耐朽性試験におけるスギ試験体の質量減少（図中のバーは平均値）

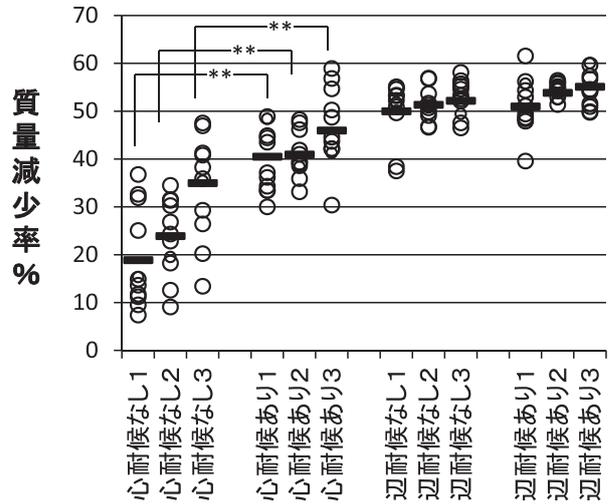


図7 オオウズラタケによる室内耐朽性試験におけるスギ試験体の質量減少 (** 1%水準で有意)

かった。特にカワラタケの場合、耐候操作を行わないそのままの心材では、すべての試験体で質量減少率が1%以下で、JIS K1571:2010の5.2防腐性能5.2.1室内試験の基準を満たした。オオウズラタケの質量減少率は、カワラタケの場合より高く、試験体間でのバラツキも大きい、辺材に比べ、明らかに低い値であった。

3.2.2 耐候操作の有無

心材では、カワラタケ、オオウズラタケともに耐候操作を行うことにより質量減少率が上昇した。先に述べたようにカワラタケでは耐候操作を行わない場合、すべての試験体で質量減少率が1%以下であったが、行うことで上昇し、うち1個体で平均値が10%まで上昇した。オオウズラタケにおいても同一個体間で比較すると、3個体とも耐候操作を行うことで有意に質量減少率が上昇し

た ($P<0.01$)。一方、辺材は両菌種とも耐候操作を行っても質量減少率に変動は無かった。

以上のことから、今回実験に供したスギ心材には耐朽性を有する有効成分が存在し、特にカワラタケに対して高い効力を有すると考えられた。スギ心材に多く存在する抽出成分はこれまでに明らかにされたものが各種文献^{3,4)}に記載されているが、これらの中には生物劣化抵抗性を有するとされるものが多い^{5,6)}。また、今回の実験と同様にスギ心材に耐候操作を行うと耐朽性能が大きく低下するという報告⁷⁾もあり、スギ心材に存在すると考えられる耐朽性を有する成分は耐候操作を行うことによって、失われる成分であることがわかる。ただし、腐朽やシロアリの食害による質量減少率は個体間、同一個体内の部位などによってもバラツキが大きいため今後もさらに実験を継続し、標本数を高めて評価する必要がある。

4. おわりに

本研究は京大生存圏研究所DOL（居住圏劣化生物飼育棟）／LSF（生活・森林圏シミュレーションフィールド）全国・国際共同利用研究に採択され、吹上浜に試験地の提供を受けて行った。

引用文献

- 1) 中田欣作・杉本英明：川上村産スギ製材品の曲げ強度試験. 奈良県林試木材加工資料,28,41-49 (1999)
- 2) 伊藤貴文,他2名：スギ材の耐蟻性について. 奈良県森林技術センター研究報告. 37,37-41 (2008)
- 3) 独立行政法人森林総合研究所監修：木材工業ハンドブック. 丸善株式会社,2004,168.
- 4) 今村博之,他5名編：木材利用の化学. 共立出版株式会社,1983,390.
- 5) 在原重信,他8名：スギ(*Crypromeria japonica* D.Don) 黒心材の殺蟻成分. 木材学会誌. 50,413-421 (2004)
- 6) 大谷慶人,他2名：スギ根株腐朽菌と心材ノルリグナン組成との関係. 木材学会誌. 55,92-100 (2009)
- 7) 栗崎宏,他2名：地域産スギ主要3品種の耐朽性と薬剤注入性比較. 日本木材学会中部支部大会講演要旨集,5,64-65 (1995)

(2016年 4月20日 受理)