

スギ、ヒノキ材の環境調和型木材保存技術の開発

2005年度～2007年度

尾崎健一朗・鴨下直史・山本高也*・大林育志

要 旨

スギの赤心材と黒心材の耐久性を明らかにするとともに、ヒノキ葉はじめ18種類の植物の抽出物とヒノキ油はじめ12種類の市販材料について、室内試験と野外試験によって木材保存効果を調査した。また、環境負荷の小さい保存処理方法について検討した。その結果、黒心材は腐朽菌の種類によっては赤心材より耐久性が高いことが示唆された。また、ヒノキ油にタナリスCY同等の高い木材保存性能が認められた。太陽熱を利用した温浴法は常温での浸漬処理と比較して、8日後の薬剤注入量が2倍程度となったが、温冷浴法の約75%であった。

I はじめに

木材を野外で利用する際には劣化が生じやすいため、保存処理によって耐久性が付与されている。近年、木材保存剤はクロム化ヒ酸銅系（CCA系）保存剤など毒性の高い薬剤から低毒性の銅系薬剤等に代替されているが、これら薬剤についても廃棄問題や健康に与える影響が危惧される。そのため、効率的な保存剤の使用法やより安全性の高い保存剤の開発が必要である。そこで、スギの赤心材と黒心材の耐久性について調査するとともに、天然材料の抽出液による安全性や耐久性に優れた環境低負荷型木材保存技術を開発する。

II 方法

1. スギの材質別の耐久性

森林・林業技術センター内で2005年10月に伐採したスギ45～55年生のスギ丸太26本を1ヵ月間葉枯らした後造材し、4m材から厚さ20cmの円盤を採取した。この材の木口面の心材色を目視

により赤心と黒心に区分し、赤心と黒心の材各5本について、JIS K1571に準じる室内強制腐朽試験を行った。供試菌には木材腐朽菌のオオウズラタケ（以下Typ）、カワラタケ（以下Cov）の2種類を用いた。各個体の心材部と辺材部から試験片（20×20×20mm）を6個ずつ調整し、供試菌を接種して、温度27℃、湿度70%に設定した恒温恒湿機で8週間培養した後、試験片の質量減少率を求めた。培養基は、容量500mlのマヨネーズ瓶に石英砂300gと培養液100mlを入れた後、オートクレーブで滅菌した。培養液はD-グルコース無水4%、ペプトン0.3%、マルトエキス1.5%とした。

2. 環境低負荷型木材保存方法の検討

（1）天然成分による木材保存効果

ア 寒天希釈法による抗菌効力試験

ヒバ油はじめ11種類の市販品に対照として35倍希釈のタナリスCYを加えた12種類の材料と、ヒノキ葉はじめ18種類の植物の抽出液について、抗菌

Ken'ichiro OSAKI, Naofumi KAMOSHITA, Takaya YAMAMOTO, Yasuyuki OHBAYASHI: Wood preservation techniques for Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) and Hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa*) with less environmental load

* 現新城設楽農林水産事務所

性を寒天希釈法（福田ら，1991）により調査した（表－1、2）。抽出液は材料を気乾状態で約2mmに粉砕した後、表－3に示した4法で作成した（以下エタノール抽出はE、メタノール抽出はMと表記）。市販材料及び抽出液は原液のまま使用し、PDA培地に体積比5%で混入攪拌し、20mlずつシャーレに分注した。この培地の中央にTyp、Covを移植し、恒温恒湿機で5～6日培養した後、菌糸の生育コロニーの直径を測定し、無処理培地との差から生育阻止率を求めた。

表－1 市販材料

材料の種類	市販材料名
植物油	亜麻仁油、椰子油、大豆油、紅花油、荳の油
その他加工品	ヒバ油、木酢液、竹酢液、柿渋、柿酢、墨汁

表－2 抽出植物材料

材料の種類	植物材料名
木本（材部）	スギ赤心材、スギ黒心材、ヒノキ心材、クスノキ心材、モウソウチク
木本（その他部位）	スギ葉、ヒノキ葉、クスノキ葉、スギ皮、ヒノキ皮
草本	ドクダミ葉、ヨモギ
食品	ニンニク、ショウガ、トウガラシ、ローズマリー、セージ、タイム

表－3 抽出方法

抽出名	抽出方法
水抽出	試料の8倍の重量の水で2週間浸漬
沸騰抽出	試料の8倍の重量の水で24時間煮沸
エタノール抽出	試料の8倍の重量の無水エタノールで2週間浸漬
メタノール抽出	試料の8倍の重量の無水メタノールで2週間浸漬

イ 室内強制腐朽試験による抗菌力試験

室内強制腐朽試験をアで使用した市販材料及び抽出液のうち、抗菌性が高かった12種類に対して実施した（表－4）。試験片はスギ辺材の気乾材（20×20×10mm）を用い、真空デシケータで30分間減圧処理を行って供試液を吸収させた。その他

表－4 室内強制腐朽試験の供試液

木酢液、竹酢液、ヒバ油、タナリスCY、ヒノキ葉E、スギ黒心E、クスノキ葉E・M、ヒノキ心材E・M、トウガラシM、ヨモギM
--

の手順は1と同様に行い、質量減少率を求めた。

（2）木材保存処理材の耐久性評価

ヒノキ心材E、クスノキ葉E、タナリスCYにヒノキ油を加えた4種類で、野外杭試験を実施した。ヒノキ心材とクスノキ葉の抽出には未乾燥の材料を用い、約2mmに粉砕した後、材料の風乾重量の4倍の無水エタノールで2週間浸漬した。試験杭は20×20×400mmのヒノキ辺材、スギ辺材、スギ赤心材、スギ黒心材の4種類で、処理ごとに5本ずつ供した。供試液は減圧処理によって、材の表面1mmまで含浸させた。処理後の杭は、屋内で1ヵ月間乾燥後、重量を測定し、当センター苗畑へ半分の長さまで埋設した。埋設は2007年6月上旬に行い、9ヵ月後に抜き取って風乾後、重量を測定して質量減少率を求めた。

3. 木材保存処理方法の検討

太陽熱を利用した温浴法（以下太陽熱温浴法）、浸漬処理法、拡散処理法、温冷浴処理法を実施した。試験は2007年8月中旬から9月上旬に行った。試験体として20×20×100mmのスギ辺材を用い、両木口を建築用シリコンでシールして105℃で絶乾重量を測定した後、各処理7本ずつを供した。注入液は35倍に希釈したタナリスCYを用いた。太陽熱温浴法は試験体をタナリスに浸し、ガラス温室内で一定期間放置した。浸漬処理法は、太陽熱温浴法と同様の処理を常温の室内で行った。拡散処理法は、減圧処理によって試験体を飽水状態とした後、浸漬処理法と同様の処理を施した。これら3種類の処理法は、タナリスへの浸漬期間を1、2、4、8日とした。温冷浴法は水道水で試験体を2時間煮沸した後、ただちに常温のタナリス中に浸して一定期間放置した。タナリスへの浸漬期間は2、4、8、16時間とした。処理後の絶乾重量と処理前の重量の差分を薬剤注入量として評価した。

Ⅲ 結果と考察

1. スギの材質別の耐久性

赤心材と黒心材の室内強制腐朽試験の結果を図-1に示した。Typによる質量減少率は赤心材、黒心材ともに辺材よりも心材で有意に小さく (Two-way ANOVA, $p < 0.001$)、赤心材よりも黒心材において有意に小さかった ($p = 0.043$)。一方、Covによる質量減少率は赤心材、黒心材ともに辺材よりも心材で有意に小さかったが (Two-way ANOVA, $p < 0.001$)、心材色の違いによる差は認められなかった ($p = 0.30$)。黒心材がTypに対して赤心材より高い耐久性を示したことは栗崎ら (1996) や橋本 (2002) など既往の研究と一致しており、黒心材の特性であると考えられた。また、Covに対する耐久性は黒心材と赤心材とで差が認められなかったことから、耐久性の差は腐朽菌の種類によって異なるものと推察された。これらのことから、利用が低迷している黒心材は、耐久性を活かした用途の開発が可能であると考えられた。

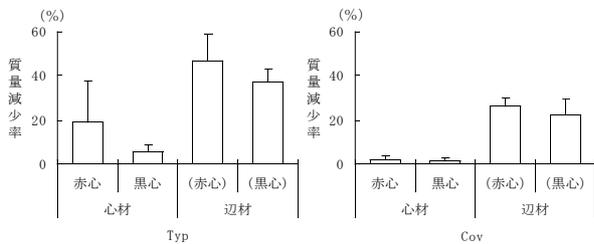


図-1 赤心材と黒心材の質量減少率

2. 環境低負荷型木材保存方法の検討

(1) 天然成分による木材保存効果

ア 寒天希釈法による抗菌効力試験

図-2にヒバ油始め12種類の市販材料及び抽出液とコントロールの質量減少率の比率を図-4に示した。ヒバ油とタナリスは、TypとCovの両方に対して生育阻止率100%と高い抗菌性を示した。また、木酢液と竹酢液もCovに対する生育阻止率が100%と高い抗菌性を示した。これらのことから、ヒバ油、木酢液、竹酢液は木材保存剤と

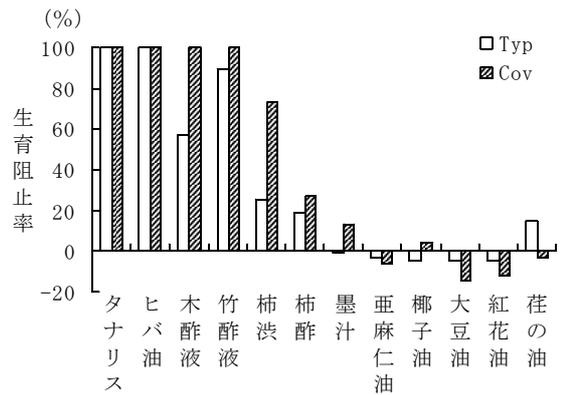
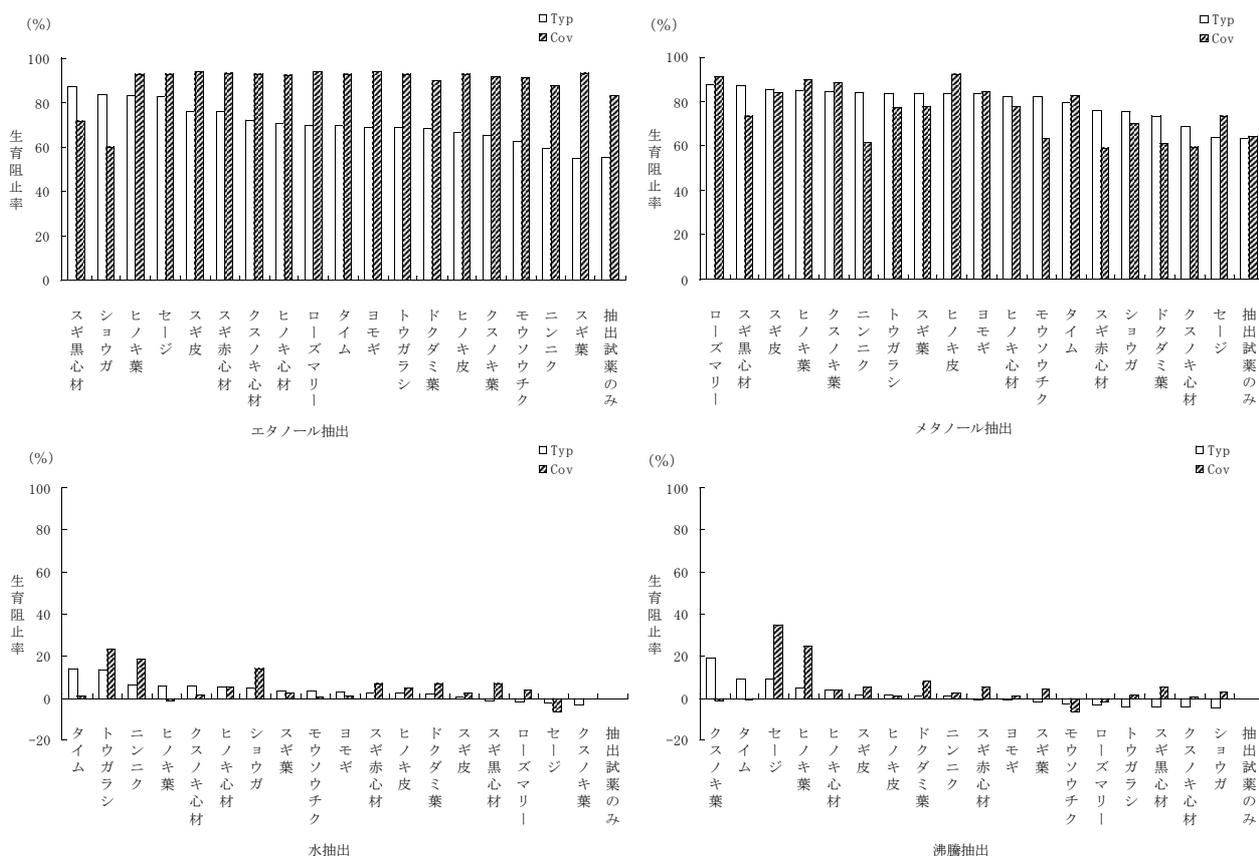


図-2 市販材料の抗菌性

して利用できる可能性が示された。図-3に植物抽出液の生育阻止率を示した。エタノール抽出では、スギ黒心材、ショウガ、ヒノキ葉、セージがTypに対して80%以上、スギ皮、ローズマリー、ヨモギ、スギ赤心材、スギ葉、タイム、ヒノキ葉、セージ、クスノキ心材、トウガラシ、ヒノキ皮、ヒノキ心材、クスノキ葉、モウソウチクがCovに対して90%以上の高い生育阻止率を示した。メタノール抽出では、ローズマリー、スギ黒心材、スギ皮、ヒノキ葉、クスノキ葉がTypに対して85%以上、ヒノキ皮、ローズマリー、ヒノキ葉、クスノキ葉がCovに対して85%以上と高い生育阻止率を示した。一方、水抽出及び沸騰抽出は生育阻止率が最高で35%と低く、エタノール抽出やメタノール抽出に比べ、Typ、Covともに抗菌性は低かった。このことから、ヒノキ葉やクスノキ葉は抗菌性の活用によって利用が図られるものと考えられた。

イ 室内強制腐朽試験による抗菌力試験

ヒノキ葉始め12種類の市販材料及び抽出液とコントロールの質量減少率の比率を図-4に示した。ヒバ油とタナリスは、TypとCovの両方に対してコントロール比20%未満と高い抗菌性を示した。また、Typに対してはスギ黒心Eやヒノキ心材Eがコントロール比30~60%と比較的高い抗菌性を示した。Covに対しては、クスノキ葉E及びM、



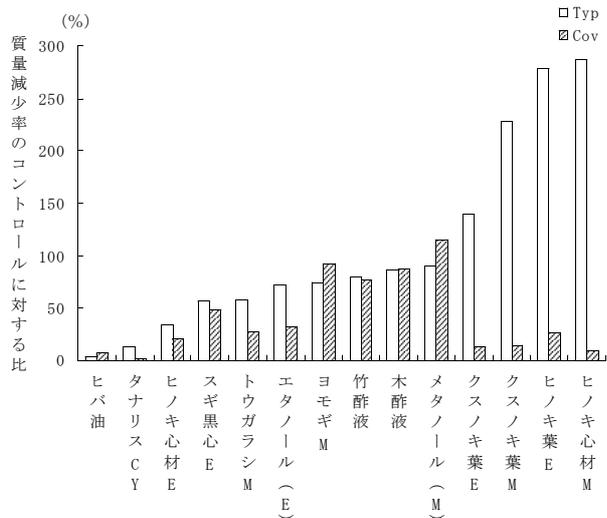
図－3 植物抽出液の抗菌性

ヒノキ心材Mなどがコントロール比10～20%の高い抗菌性を示した。木酢液と竹酢液は、僅かな抗菌性しか認められなかった。これらのことから、ヒバ油は木材保存剤として利用可能であると考え

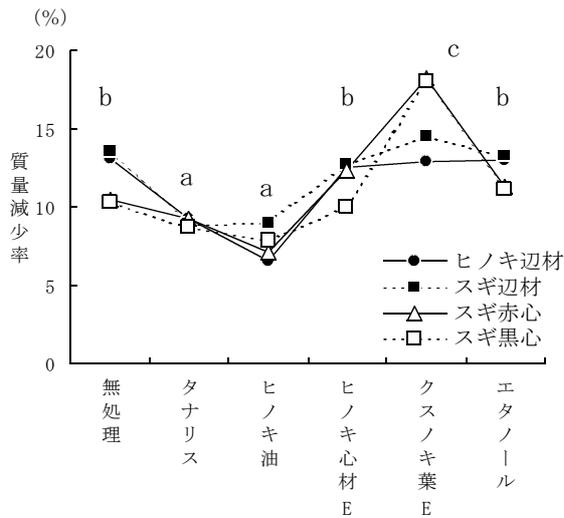
られた。また、ヒノキ心材やスギ黒心材、クスノキ葉の抽出液はヒバ油と比べて効果は高くないものの、環境負荷の小さい木材保存剤として利用できると考えられた。また、福田ら（1995）は木酢液の抗菌効力は溶脱操作によって失われることを指摘しており、強制腐朽試験では培養液中に木酢液が溶脱して抗菌性が得られなかった可能性があると考えられた。

(2) 木材保存処理材の耐久性評価

野外における杭の質量減少率を図－5に示した。杭の材種と薬剤の効果には交互作用がみられ（Two-way ANOVA, $p < 0.001$ ）、クスノキ葉Eで処理した杭では赤心材、黒心材の質量減少率が大きく、無処理の赤心材、黒心材の質量減少率が小さかった。薬剤の種類でも有意な差がみられ（ $p < 0.001$ ）、タナリスCYとヒノキ油の処理材で



図－4 室内強制腐朽試験の質量減少率比



(異なる文字は薬剤間で有意な差があることを示す)

図-5 野外杭試験の質量減少率

有意に質量減少率が小さかった (Multiple t-test with Holm's correction, $p < 0.001$)。ヒノキ心材Eは無処理と比べて差が認められず ($p = 1.0$)、クスノキ葉Eは他の処理よりも質量減少率が有意に大きかった ($p < 0.001$)。これらの結果から、ヒノキ油にはタナリスCYと同等の木材保存効果があることが認められた。一方、ヒノキ心材Eやクスノキ葉Eを木材保存剤として利用することは困難であると考えられた。

3. 木材保存処理方法の検討

各処理法ごとの処理期間と注入量の関係を図-6に示した。温冷浴法以外の処理別の注入量は、

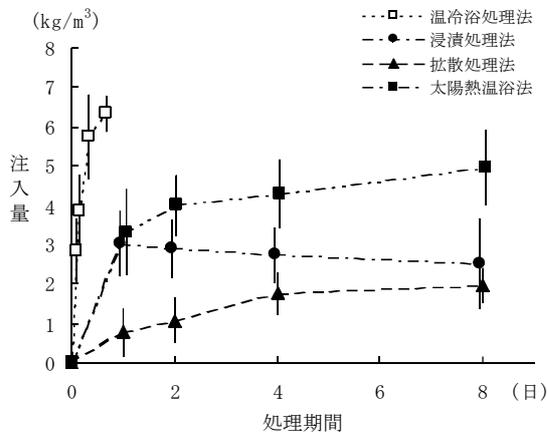


図-6 木材保存処理ごとの薬剤注入量

1日では拡散処理法で他の2法と比較して有意に少なく (ANOVA and multiple t-test with Holm's correction, $p < 0.001$)、8日では太陽熱温浴法が他の2法よりも有意に多かった ($p < 0.001$)。最長の期間における注入量は平均で太陽熱温浴法 5.0 kg/m^3 、浸漬処理法 2.5 kg/m^3 、拡散処理法 2.0 kg/m^3 、温冷浴処理法 6.3 kg/m^3 であり、太陽熱温浴法は浸漬処理法の約2倍の注入量が得られたが、温冷浴法の約75%であった。太陽熱温浴法、浸漬処理法および拡散処理法の実験期間中の気温、液温と太陽熱温浴法実施時の天候を図-7に示した。太陽熱温浴法において液温は最高で 64.1°C まで上昇し、液温の日較差は $18.6 \sim 33.5^\circ\text{C}$ だった。浸漬処理法と拡散処理法の液温は $26.7 \sim 28.7^\circ\text{C}$ の間で安定していた。太陽熱温浴法では浸漬処理法と比べて、気温の変化にともなって大きな液温の較差が生じており、これによって生じる材内の負圧によって大きな注入量が得られたものと考えられた。このことから、太陽熱温浴法は夏場に処理することにより注入量が増加し、低コスト化が図れると考えられた。今回は夏期に試験を実施したが、通年同様な結果が得られるかは、さらに試験を行って検証する必要がある。

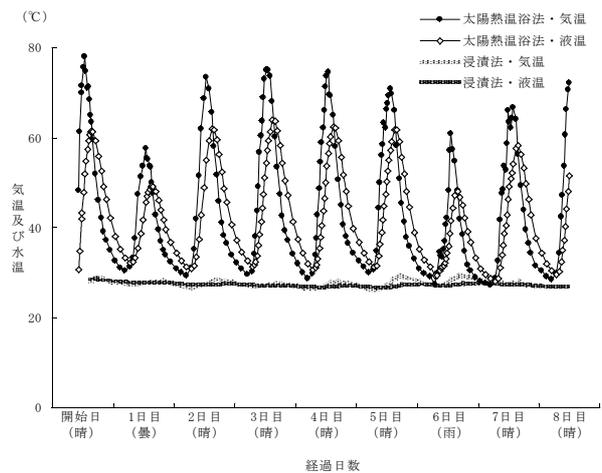


図-7 浸漬処理法等実施時の気温、液温および天候

引用文献

福田清春・金子明裕・原口隆英（1991）樹木精油の抗菌性. 木材保存17(3) : 109-114.

福田清春・上村卓史（1995）木酢液の木材防腐効果. 木材保存21(5) : 236-238.

橋本茂（2002）徳島スギの実態特性とその利用シ

ステムの可能性試験. 平成13年度徳島森林研
業務年報 : 51-52.

栗崎宏・田近克司・塚本英子・鷺岡雅（1996）地
域産スギの、品種間における耐久性、及び薬
剤注入性比較. 日本木材学会大会研究発表要
旨集46 : 429.