

## 〈論文〉

## 造膜型木材塗料用の防かび剤としてのヒバ精油およびヒノキ精油の有効性

酒井温子・奥田晴啓\*・伊藤貴文・森井良一\*\*

Suppression of mold growth on wood by film forming-type coating including the essential oil

Haruko SAKAI, Haruhiro OKUDA\*, Takafumi ITOH and Ryoiti MORII\*\*

造膜型木材塗料用の防かび剤として、ヒバ精油およびヒノキ精油の有効性について検討を行った。今回は、造膜型木材塗料として太洋塗料（株）製ウッドスキンコートST（WSCST）を使用した。塗膜上へのかびの被覆については、IPBC（有機ヨード系化合物）を0.5%添加した市販品のWSCSTに比べると、ヒバ精油あるいはヒノキ精油を5%添加したWSCSTの防かび効力はやや弱かった。しかし、塗膜の切れ込みから塗膜下への*Aureobasidium*の侵入については、IPBC添加WSCSTとヒバ精油添加WSCSTは、ほぼ同等の侵入阻止効力があつた。また、精油をWSCSTにあらかじめ添加しておく場合の他に、精油をWSCSTの下塗り剤として使用し精油とWSCSTを上下2層構造とする場合についても検討したが、精油が同じ濃度であるならば、前者の方が防かび効力が高かつた。

The resistance of wood finishing against molds was investigated using three kinds of the film forming-type coating including 5% (w/w) essential oil extracted from hinokiasunaro wood (*Thujopsis dolabrata* var. *hondae*) (a), 5% essential oil extracted from hinoki wood (*Chamaecyparis obtusa*) (b) and 0.5% IPBC (c), and one type of the chemical-free coating (d). The coating paints named as "Woodskin Cost" were supplied by Taiyo Toryo Co., LTD. The suppression effects of the finishing on the growth of *Aspergillus niger*, *Penicillium funiculosum*, *Aureobasidium pullulans*, *Gliocladium virens* and *Rhizopus stolonifer* were evaluated by the standard testing method. As the result, the area of specimens covered with the molds became smaller in the order of  $d > b > a > c$ , and the degree of the mold penetration by *Aureobasidium* under the film became less in the order of  $d > b > c \approx a$ . From these results, it is clear that the film forming-type coatings including these essential oils are resistant against the growth of the molds. Two-step finishing of the essential oil and paint coating was also tested, however, one-step treatment of the mixing the oil in the paint showed the higher effect on the mold suppression.

## 1. はじめに

木材には、様々な目的で塗装が施される場合が多い。たとえば、埃や汚れを防ぎ美しい色調を保つため、紫外線劣化から木材を守るため、あるいは木材表面を硬くして傷や摩耗を防ぐため等、塗装により木材表面の改質が図られている。

塗料は、近年、VOC問題等から、有機溶剤系から水系に置き換わりつつあり、それに伴って、塗料としての貯蔵時に細菌やかび等による腐敗や変色等、また塗装後

の塗膜上にかびや藻の発生、あるいは塗膜下の木材へのかびの侵入等が生じやすくなっている<sup>1)</sup>。塗膜下におけるかびの発生メカニズムは、かびの胞子を含んだ雨水等が侵入し、塗膜下で高含水率となった木材にかびが発育すると考えられる。塗膜下のかびは塗膜の浮き上がりや木材の変色を引き起こし、いったん生じると、塗膜および木材表面の除去と再塗装を行うしか策がなく致命的である。図1に木製風呂いすに生じた塗膜下のかびによる汚染を例示した。微生物が関わるこれらの問題を解決するために、多くの塗料には防菌防かび剤が添加されて

\*：現、高等技術専門学校

\*：Nara Prefectural Vocational Training Center

\*\*：太洋塗料（株）

\*\*：Taiyo Toryo Co., LTD.

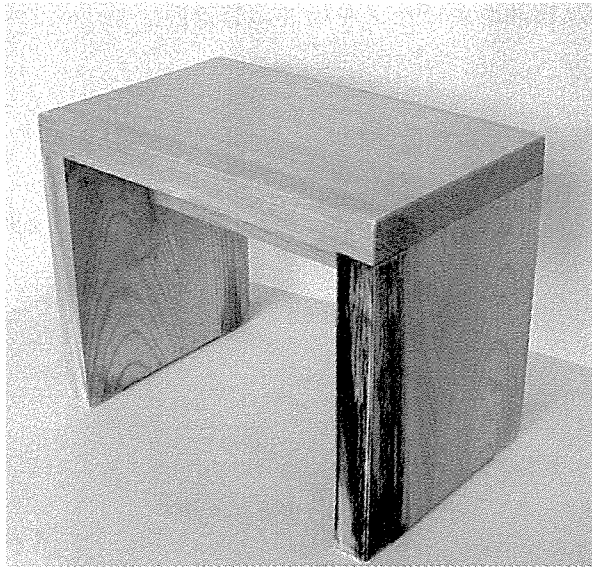


図1 塗膜下で発生したかびによる汚染

風呂いすの足の裏の塗膜がはがれ、そこからかびが侵入したと推定される。

いる<sup>1)</sup>。

今回は、2種類の木材由来の精油が造膜型木材塗料用の防かび剤として有効であるか否かについて、塗膜下におけるかびの発育に注目して検討を行った。

## 2. 材料と方法

### 2.1 供試薬剤

木材由来の精油として、大阪有機化学工業(株)から提供を受けたヒバ精油(トロポロン類を3.77%含有)およびトリスマ集成材(株)から提供を受けたヒノキ精油を使用した。ヒバ精油はヒノキアスナロ材の水蒸気蒸留により、ヒノキ精油はヒノキ材の減圧乾燥時の揮散成分の冷却により、生成したものである。

精油を希釈する際には、溶媒としてエタノールを使用した。

また、造膜型塗料として太洋塗料(株)製ウッドスキンコートSTを使用した。ウッドスキンコートは耐候性に優れているため<sup>2, 3)</sup>、屋外や浴室などのかびの発育しやすい環境でも使用されている。ウッドスキンコートSTの主成分は水系ウレタン樹脂で、現在の市販品には、防かび剤として有機ヨード系薬剤であるIPBCが0.5%添加されている。ウッドスキンコートSTは透明の下塗り用塗料であり、実際の使用では、この上にウッドスキンコートグロスやウッドスキンコートマット等の上塗り用塗料が塗布され、ウッドスキンコートSTが単独で使用されることはない。

今回は、精油が防かび剤として有効であるか否かを検討するために、特記しない限り、IPBCが無添加のウッドスキンコートSTを使用した。以降WSCSTと呼ぶこととする。

WSCSTと上記の精油との組み合わせについては、表1のとおりである。すなわち、精油をWSCSTにあらかじめ添加し混合させた場合(C, D)と、精油をWSCSTの下塗り剤として使用し、精油とWSCSTの上下2層構造とした場合(G, H)について、2種類の精油のもつ防かび効力を比較した。この際、精油の濃度は、CおよびDについてはWSCSTに添加できる最大量である5%とした。また、GおよびHについてはWSCSTと精油の親和性を考慮して5または10%とした。

また、IPBCが0.5%添加されている現在の市販品(E)も、精油を添加したWSCSTとの比較のために使用した。さらに、精油およびWSCSTを単独で使用した場合(A, B, F)についても、防かび効力の確認を行った。

なお、ウッドスキンコートの上塗り用塗料には、紫外線吸収剤が含まれており、木材およびWSCSTの紫外線劣化を防いでいる。精油の中には、たとえばヒノキチオールのように紫外線によって分解される成分が含まれるが、今回のように精油とWSCSTを組み合わせても、実際の使用では、上塗り用塗料により精油成分も保護されると考えられる。

### 2.2 木材試験体

木材試験体は、ブナ辺材で、断面20×3mm、長さ50mmの板目取りとした。1条件1供試菌に対して、試験体数は6体とした。

表1のA~Fについては、試験体を精油溶液、WSCSTあるいは防かび剤が添加されたWSCSTに3分間浸せき後、2日間室内で風乾し試験に供した。また表1のGおよびHについては、試験体を精油溶液に3分間浸せき後1日間風乾してから、WSCSTに3分間浸せきし2日間風乾してから試験に供した。

なお、A, B, IおよびJで処理された試験体については、実験方法2.4.1のみを実施し、C~Hで処理された試験体については、2.4.1と2.4.2の両方を実施した。また、2.4.2の検討では、試験に供する直前に、シャーレ内で試験体の上面となる板目面にカッターナイフの刃で軽く十字に切れ込みを入れた。切れ込みは、塗膜を切断して木材に到達させた。

### 2.3 供試菌

かびは(社)日本木材保存協会規格第2号に定められた以下の5種類を使用した。

表1 供試薬剤と処理方法

	供 試 薬 剤	処 理 方 法
A	ヒバ精油 (5,10,25,50%溶液および100%)	所定濃度の溶液に3分間浸せき後2日間室内で風乾
B	ヒノキ精油 (5,10,25,50%溶液および100%)	〃
C	ヒバ精油5%添加のWSCST	3分間浸せき後2日間室内で風乾
D	ヒノキ精油5%添加のWSCST	〃
E	IPBC0.5%添加のWSCST	〃
F	WSCST	〃
G	ヒバ精油 (5または10%溶液) とWSCST	精油溶液に3分間浸せき後1日間室内で風乾し、次にWSCSTに3分間浸せき後2日間室内で風乾
H	ヒノキ精油 (5または10%溶液) とWSCST	
I	処理薬剤なし	—
J	エタノール (溶媒)	3分間浸せき後2日間室内で風乾

ここで記載されたWSCSTとは、市販のウッドスキンコートSTからIPBCを除いた防かび剤を含まない塗料である。A,B,GおよびHにおいて、精油はエタノールで希釈して所定濃度とした。

- ・ *Aspergillus niger* van Tieghem IFO 6341=ATCC 6275
- ・ *Penicillium funiculosum* Thom IFO 6345=ATCC 9644
- ・ *Aureobasidium pullulans*(de Bary)Arnaud IFO 6353 =IAM F-24 (H. Iizuka)
- ・ *Gliocladium virens* Miller, Giddens & Foster IFO 6355=ATCC 9645
- ・ *Rhizopus stolonifer*(Ehrenberg : Fries)Vuillemin SN 32=IFO 31005

2.4 実験方法

防かび効力試験は、(社)日本木材保存協会規格第2号を参考にして、以下のように実施した。

2.4.1 試験体へのかびの被覆

殺菌したシャーレに蒸気殺菌した2%寒天液を約20ml注加して固化させ、その上に、かびの単一胞子懸濁液、プラスチック製のネット、試験体の順に置いて、28日間27℃湿度75%の恒温恒湿器内に静置した。寒天上で発育したかびが、ネット上の試験体を被覆する様子を実体顕微鏡で観察し、0~3の4段階で評価した。

以降、かびの被覆に注目するこの方法を2.4.2による方法と区別するために、(a)という記号で表わすこととする。評価基準(a)を表2に示した。

表2 試験体へのかびの被覆に注目した評価基準 (a)

評価値(a)	菌体の発育状況
0	試験体にかびの発育が全く認められない
1	試験体の側面にのみかびの発育が認められる
2	試験体の上面の面積の1/3以下にかびの発育が認められる
3	試験体の上面の面積の1/3以上にかびの発育が認められる

28日経過後の各試験体の評価値(a)から6試験体の平均値を求め、菌種ごとの平均評価値(a)の合計(S)から被害値(D)を算出した。

$$D = S_1 / S_0 \times 100$$

ここで、S<sub>0</sub>は無処理試験体(表1のI)のS、S<sub>1</sub>は処理試験体のSである。今回の検討では、いずれの菌種も、無処理試験体および溶媒として使用したエタノールで処理した試験体(表1のJ)の上面を、完全に被覆したため、S<sub>0</sub>は15であった。

2.4.2 塗膜の切れ込みからのかびの侵入

塗膜下におけるかびの発生原因は、塗膜の傷や亀裂部分、あるいは構造的なつなぎ目等で塗膜が不連続となる部分等から、かびの胞子を含んだ雨水等が侵入し、塗膜下でかびが発育するためと考えられる。そこで、強制的に塗膜に切れ込みを入れ、そこから塗膜下へのかびの侵入状況を観察した。

すなわち、2.4.1と同様にシャーレに寒天液を注加して固化させ、その上に、プラスチック製のネット、試験体の順に置き、塗膜の切れ込みに1試験体あたり滅菌水約1mlとかびの単一胞子懸濁液約1mlをピペットにて滴下させた後、28日間27℃湿度75%の恒温恒湿器内に静置した。塗膜の切れ込みおよびそこから塗膜下へのかびの侵入程度を実体顕微鏡で観察し評価した。

以降、切れ込みからのかびの侵入に注目したこの方法を、2.4.1による方法すなわち(a)と区別するために、(b)という記号で表すこととする。

図2に実体顕微鏡で観察したかびの侵入状況を例示した。また評価基準(b)を表3に示した。評価値(b)において、「0」とは、切れ込みの全長70mmの内で、図2①のようにかびの発育が全くみられない部分が60mm以上存在する場合と定義した。「1」とは、切れ込み部分にお

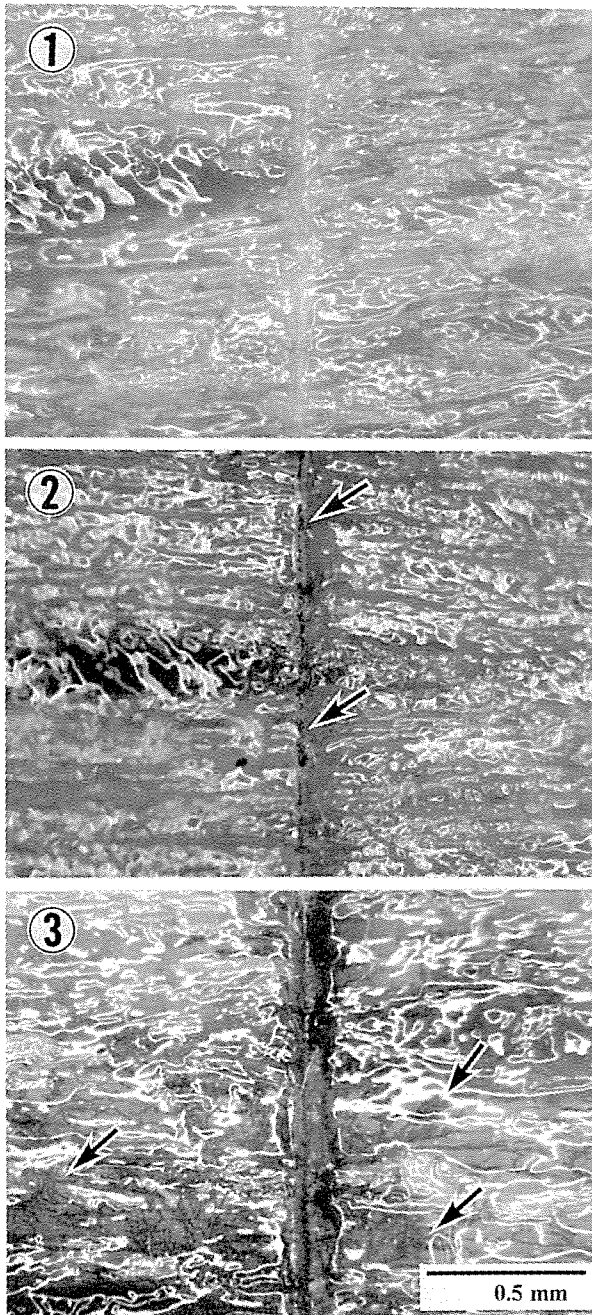


図2 塗膜の切れ込みからのかびの侵入例

- ①かびの発育は認められない。  
 ②切れ込み部分にかびが発育している。  
 ③切れ込みから塗膜下へかびが発育している。  
 矢印は菌糸を示す。

いて図2②のようにかびの発育がみられ、その長さが10mm以上の場合とした。「2および3」とは、図2③のように切れ込みから塗膜下への菌糸の侵入が見られ、侵入した範囲が長さ10mm以上、幅3mm未満であれば「2」、長さ10mm以上、幅3mm以上であれば「3」とした。

表3 塗膜の切れ込みからのかびの侵入に注目した評価基準 (b)

評価値(b)	菌体の発育状況
0	塗膜の切れ込み部分においてかびの発育は、長さ10mm未満
1	塗膜の切れ込み部分においてかびの発育は、長さ10mm以上
2	塗膜の切れ込みから塗膜下へのかびの発育は、長さ10mm以上、幅3mm未満
3	塗膜の切れ込みから塗膜下へのかびの発育は、長さ10mm以上、幅3mm以上

ここで、長さとは切れ込みに平行方向、幅とは切れ込みに垂直方向とする。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 ヒバ精油およびヒノキ精油の防かび効力

エタノールで所定濃度に調整されたヒバ精油溶液またはヒノキ精油溶液で処理された木材試験体について、供試菌ごとに28日経過後のかびの被覆の平均評価値(a)を図3に示した。

どちらの精油も、処理液中の濃度が高くなるにつれて、かびの被覆程度が小さくなったが、いずれの菌種に対しても、処理液の濃度が同じであれば、ヒノキ精油よりもヒバ精油の方が防かび効力が高い傾向にあった。特に、*Aureobasidium*については、今回試みた中で最小濃度である5%でも、ヒバ精油処理試験体にはかびの発育は全く認められなかった。

図4に被害値を示した。いずれの精油も、処理液中の濃度が高くなるにつれて、被害値は小さくなった。もっとも高い防かび効力が認められたのは、ヒバ精油100%および50%溶液で、被害値は10以下であった。しかし、いずれの精油も揮散性が高いため、今回のように閉鎖されたシャーレ内では好成績が得られても、実際に使用した際に、長期間、防かび効力が維持されるかどうかは明らかではない。

なお、溶媒として使用したエタノールは殺菌力を有するが、2.4.1でも述べたように、溶媒のみで処理した試験体に対しては、無処理試験体と同様にいずれの菌種も全面を被覆したことから、今回の検討では、溶媒の影響は無視できるといえる。おそらく、エタノールは薬液処理後の風乾期間に揮散したと考えられる。

#### 3.2 精油あるいはIPBCを添加したWSCSTの防かび効力

##### 3.2.1 塗膜上へのかびの被覆

図5に、精油あるいはIPBCを添加したWSCSTで処理

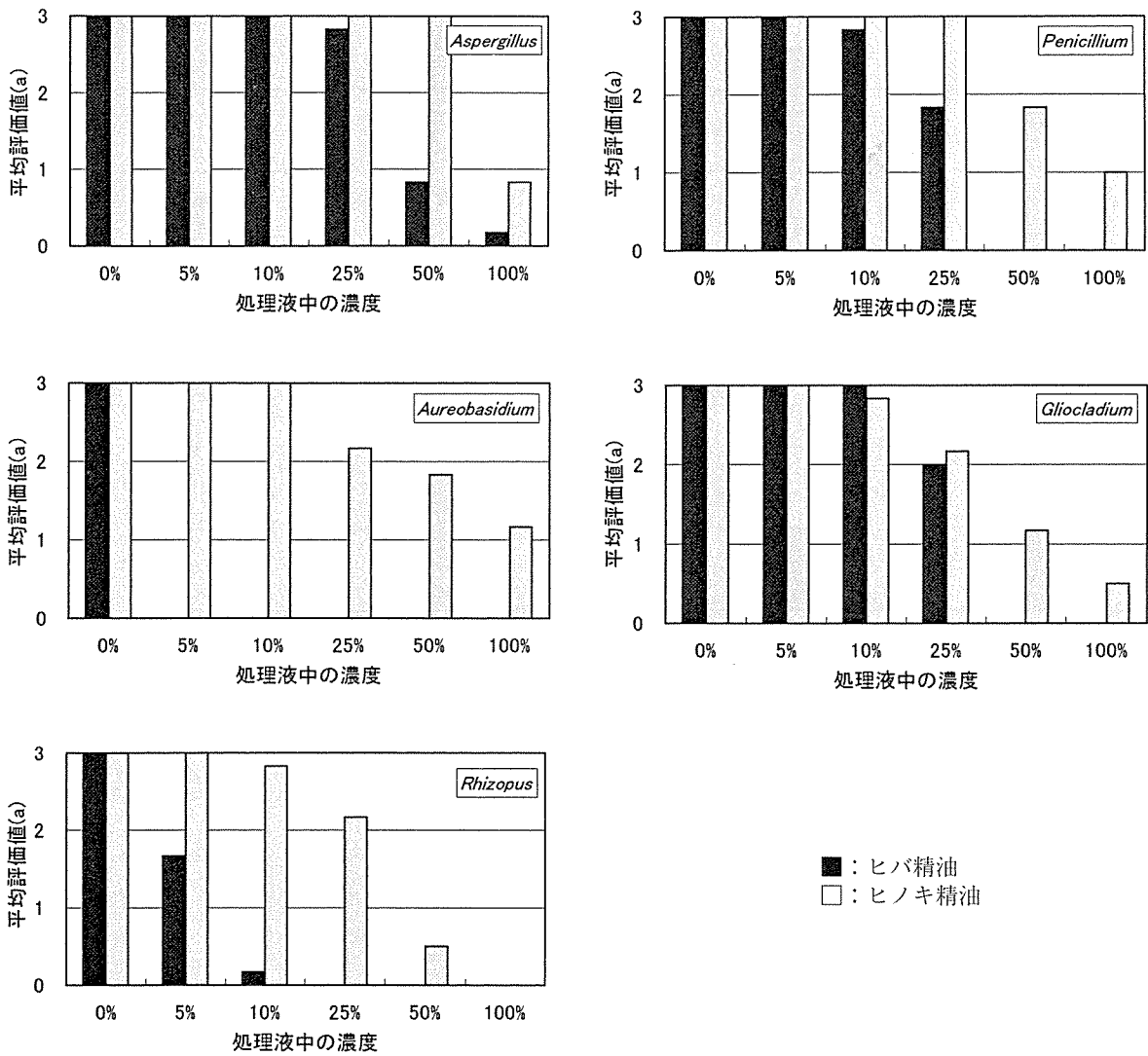


図3 精油エタノール溶液で表面処理された木材試験体へのかびの被覆程度(28日経過後)

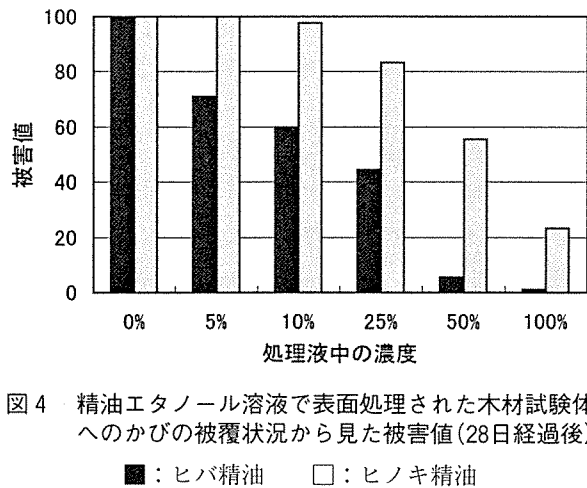


図4 精油エタノール溶液で表面処理された木材試験体へのかびの被覆状況から見た被害値(28日経過後)

された試験体について、菌種ごとに28日経過後のかびの被覆の平均評価値(a)を示した。WSCSTに精油もしくはIPBCを添加することで、すべての菌種において平均評

価値(a)は小さくなり、防かび効力が高くなることが明らかになった。特にIPBCを0.5%添加したWSCSTでは、すべての菌種で平均評価値(a)は0であった。

また、*Aureobasidium*と*Rhizopus*については、ヒバ精油添加WSCSTで数値が0であったが、これは、図3で示したように、ヒバ精油がこれらのかびに対して効力が高いことが影響したと考えられる。

次に、各菌種ごとの平均評価値(a)から算出される被害値を図6に示した。被害値は小さい順に、IPBC添加WSCST、ヒバ精油添加WSCST、ヒノキ精油添加WSCSTで、もっとも被害値が大きいのは防かび剤無添加のWSCSTであった。

ヒバ精油やヒノキ精油の5%エタノール溶液の場合、図4で示したように、被害値は約70あるいは100であり、防かび効力は低かったが、WSCSTに5%添加した場合には、被害値は約20あるいは30と数値はかなり小さく

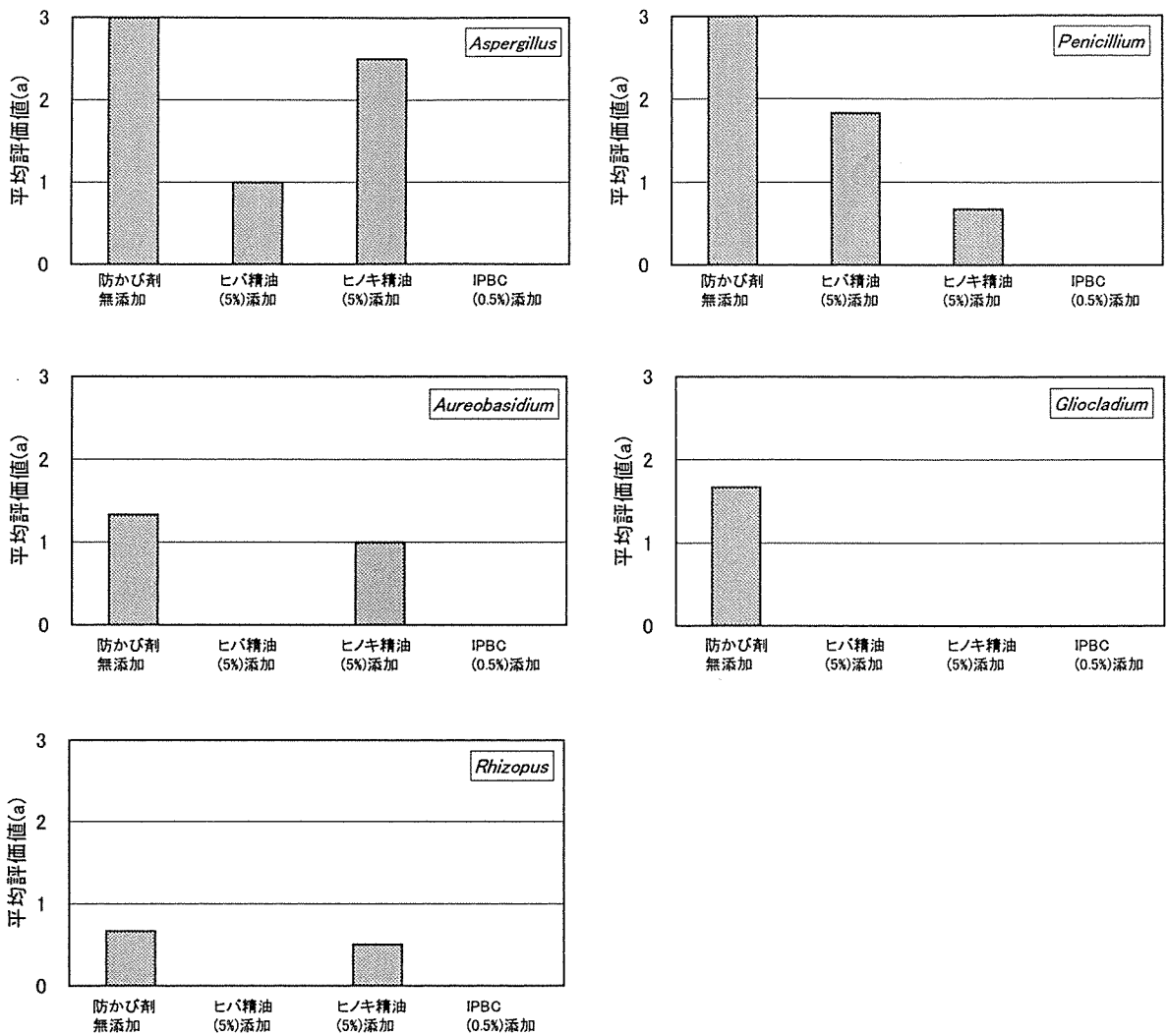


図5 精油またはIPBCを添加したWSCST上へのかびの被覆程度(28日経過後について、防かび剤無添加のWSCSTと比較)

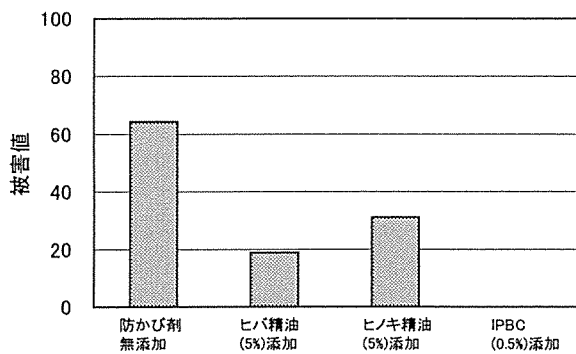


図6 精油またはIPBCを添加したWSCST上へのかびの被覆状況からみた被害値(28日経過後について、防かび剤無添加のWSCSTと比較)

なった。WSCST自体には殺菌力はないが、物理的なバリアの形成や、かびにとって栄養源に乏しいこと等で、かびが発育しにくく、さらに防かび効力を有する精油と

の併用で、精油の濃度が低いにもかかわらず、防かび効力が顕著に認められたと考えられる。また、精油をWSCSTと混ぜ合わせることで、精油の揮散を軽減できた可能性もある。

### 3.2.2 塗膜の切れ込みからのかびの侵入

防かび剤無添加のWSCSTの塗膜の切れ込み部分およびその周辺を実体顕微鏡で観察したところ、使用した5種類の菌種の中で、*Penicillium*と*Aureobasidium*については切れ込みから塗膜下への菌糸の侵入が認められた。しかし、*Penicillium*については、菌糸が無色であるため、実体顕微鏡を用いても塗膜下への侵入程度を表3に従って正確に評価することは極めて困難であった。*Aspergillus*と*Gliocladium*については切れ込み部分を埋めるように菌糸が発育したが、塗膜下への侵入は見られなかった。また、*Rhizopus*については切れ込みとは無関係に菌糸は試験体表面を覆った。このため、図7では、*Aureobasidium*について28日経過後のかびの侵入の平均評価値(b)



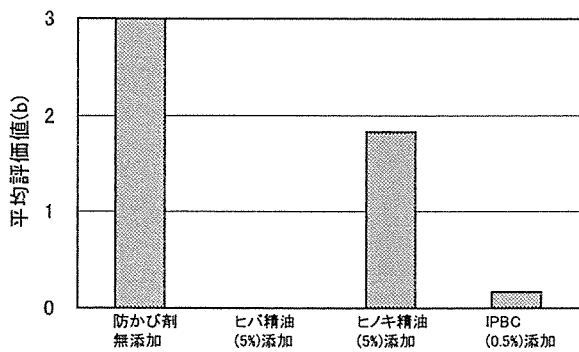


図7 精油またはIPBCを添加したWSCST下への*Aureobasidium*の侵入程度(28日経過後について、防かび剤無添加のWSCSTと比較)

を示した。また、図8に、*Aureobasidium*を接種した場合について、28日経過後の様子を示した。

ヒバ精油添加WSCSTおよびIPBC添加WSCSTについては、塗膜の切れ込みからの*Aureobasidium*の侵入はほとんどなく、目視でも良好な状態が確認できた。一方、ヒ

ノキ精油添加WSCSTおよび防かび剤無添加のWSCSTで処理した場合には、切れ込みからかびの侵入があり、見た目にも黒色に汚れた様子となった。この結果は、図5で示した*Aureobasidium*の試験体への被覆程度と同様の傾向であった。

### 3.3 精油をWSCSTの下塗り剤として使用した場合の防かび効力

#### 3.3.1 塗膜上へのかびの被覆

図9に、精油をWSCSTの下塗り剤として使用した場合について、菌種ごとに28日経過後のかびの被覆の平均評価値(a)を示した。また、図10に被害値を示した。

平均評価値(a)を菌種ごとにみていくと、精油の効果が顕著に見られる場合と明確でない場合があったが、総合的に被害値で判断すると、5%または10%ヒノキ精油溶液を下塗りしても、下塗りなしの場合と大差がなく、ヒノキ精油を下塗りした効果は明確ではなかった。一方、ヒバ精油を下塗りすると、下塗りなしよりも被害値は小さくなり、防かび効力が確認できた。

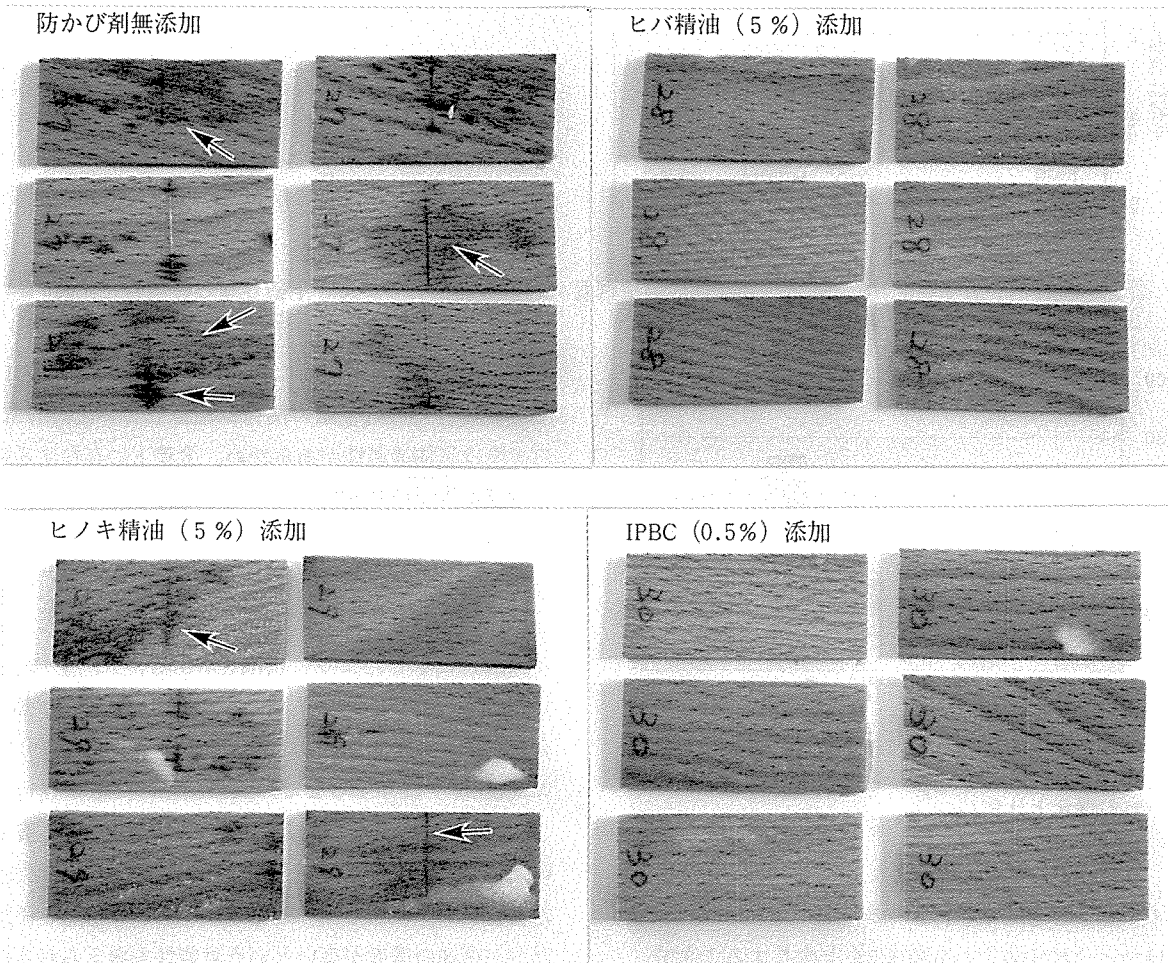


図8 精油またはIPBCを添加したWSCST下への*Aureobasidium*の侵入程度 (28日経過後について、防かび剤無添加のWSCSTと比較) 矢印は*Aureobasidium*による汚染を示す。

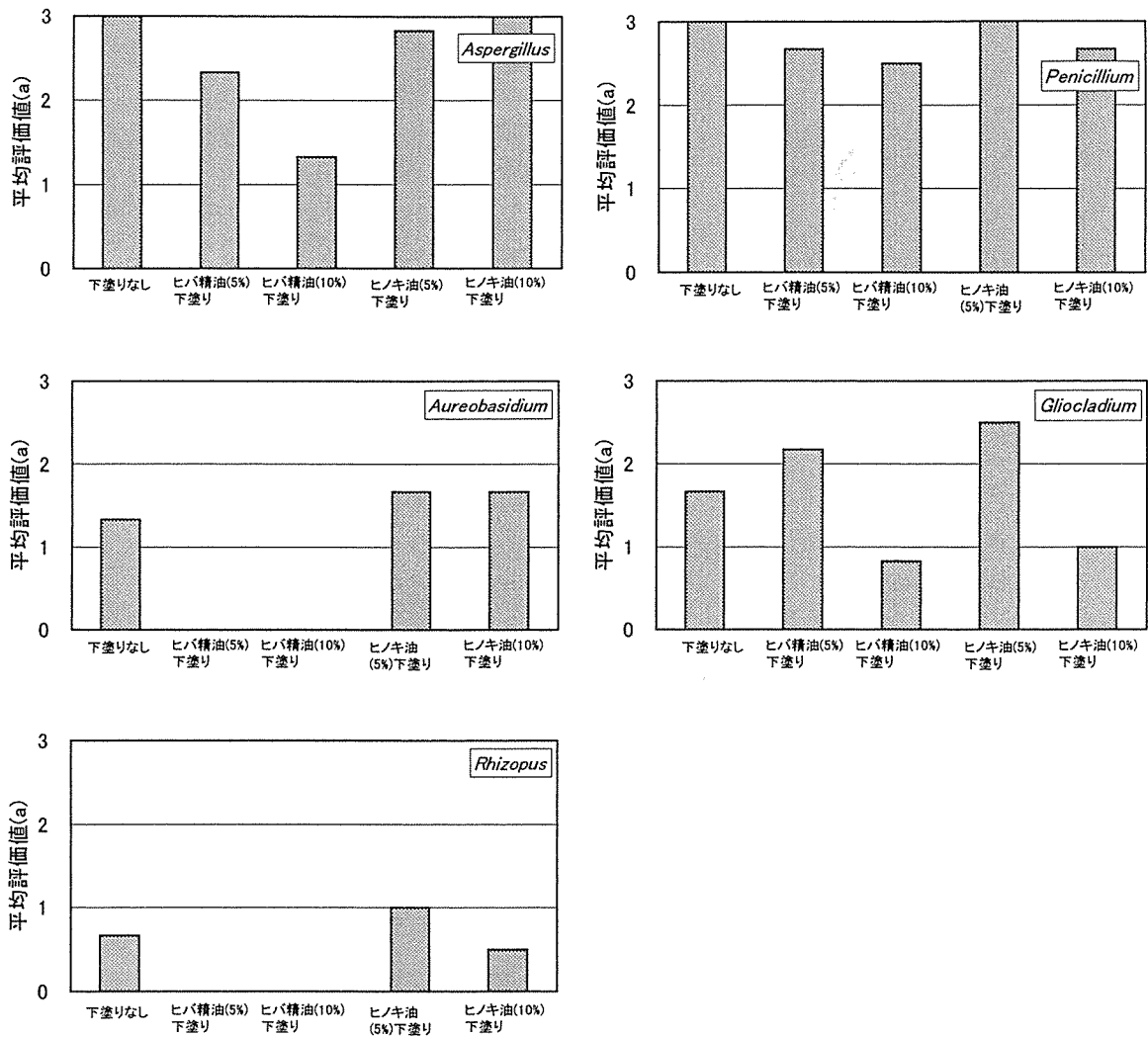


図9 精油を下塗りしたWSCST上へのかびの被覆程度（28日経過後について、下塗りなしの場合と比較）

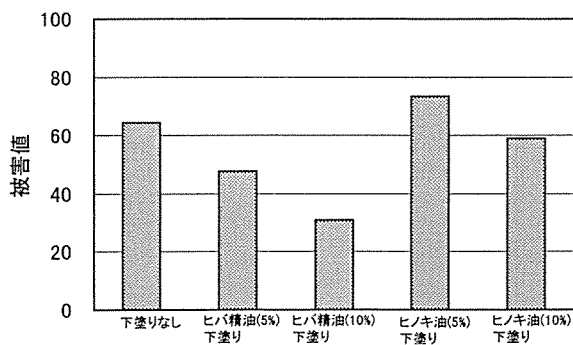


図10 精油を下塗りしたWSCST上へのかびの被覆状況から見た被害値（28日経過後について、下塗りなしの場合と比較）

図4で示した精油のエタノール溶液で処理された試験体の場合と比較すると、WSCSTを上塗りすることで、全体的に被害値は約30低下した。これは、3.2.1で考察したように、WSCSTによる試験体表面のバリア形成等

の影響と考えられる。また、図4と図10において精油の濃度と被害値の低下量の関係は類似していた。WSCSTの塗膜は気体透過性があるため、塗膜下に存在する精油が塗膜上のかびの被覆に対しても効力を発揮したと考えられる。

さらに、精油の使用濃度が5%であるならば、図6に示したように精油をWSCSTにあらかじめ添加した場合と、図10に示したように精油をWSCSTの下塗り剤として使用した場合を比較すると、前者の方が防かび効力が高かった。この理由として、精油を下塗りした場合には、WSCSTを上塗りするまでの間に精油の揮散が進行したことも一因と考えられる。また、下塗りした精油はWSCSTを透過できるがその量はわずかであり、WSCSTの表面においては、WSCSTにあらかじめ精油を添加した方が精油の濃度が高いという可能性も考えられる。

### 3.3.2 塗膜の切れ込みからのかびの侵入

3.2.2で説明した理由により、図11には、*Aureobasi-*



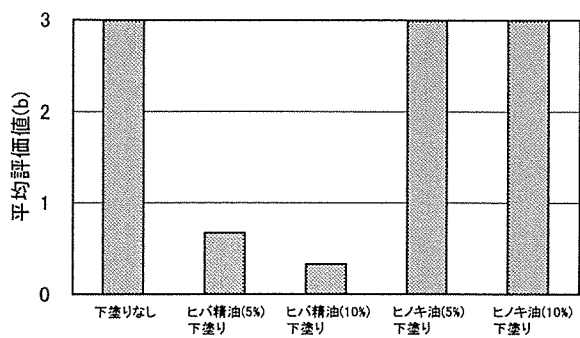


図11 精油を下塗りしたWSCST下への*Aureobasidium*の侵入程度(28日経過後について、下塗りなしの場合と比較)

*dium*に対する28日経過後のかびの侵入の平均評価値(b)を示した。また、図12に、*Aureobasidium*を接種した場合について、28日経過後の様子を示した。

ヒバ精油を下塗りした場合には、塗膜の切れ込みから

の*Aureobasidium*の侵入を防ぐ効力が認められたが、ヒノキ精油については、今回検討した範囲の濃度では、効力は認められなかった。この結果は、図9で示した*Aureobasidium*の試験体への被覆状況と同様の傾向であった。また、精油の使用濃度が5%であるならば、図7に示したように精油をWSCSTにあらかじめ添加した場合と、図11に示したように精油をWSCSTの下塗り剤として使用した場合を比較すると、3.3.1で示した塗膜上へかびが被覆する場合と同じく、前者の方が防かび効力が高かった。

#### 4. まとめ

2種類の木材由来の精油が造膜型木材塗料用の防かび剤として有効であるか否かについて、塗膜上へのかびの被覆および塗膜の切れ込みから塗膜下へのかびの侵入に注目して検討を行った。

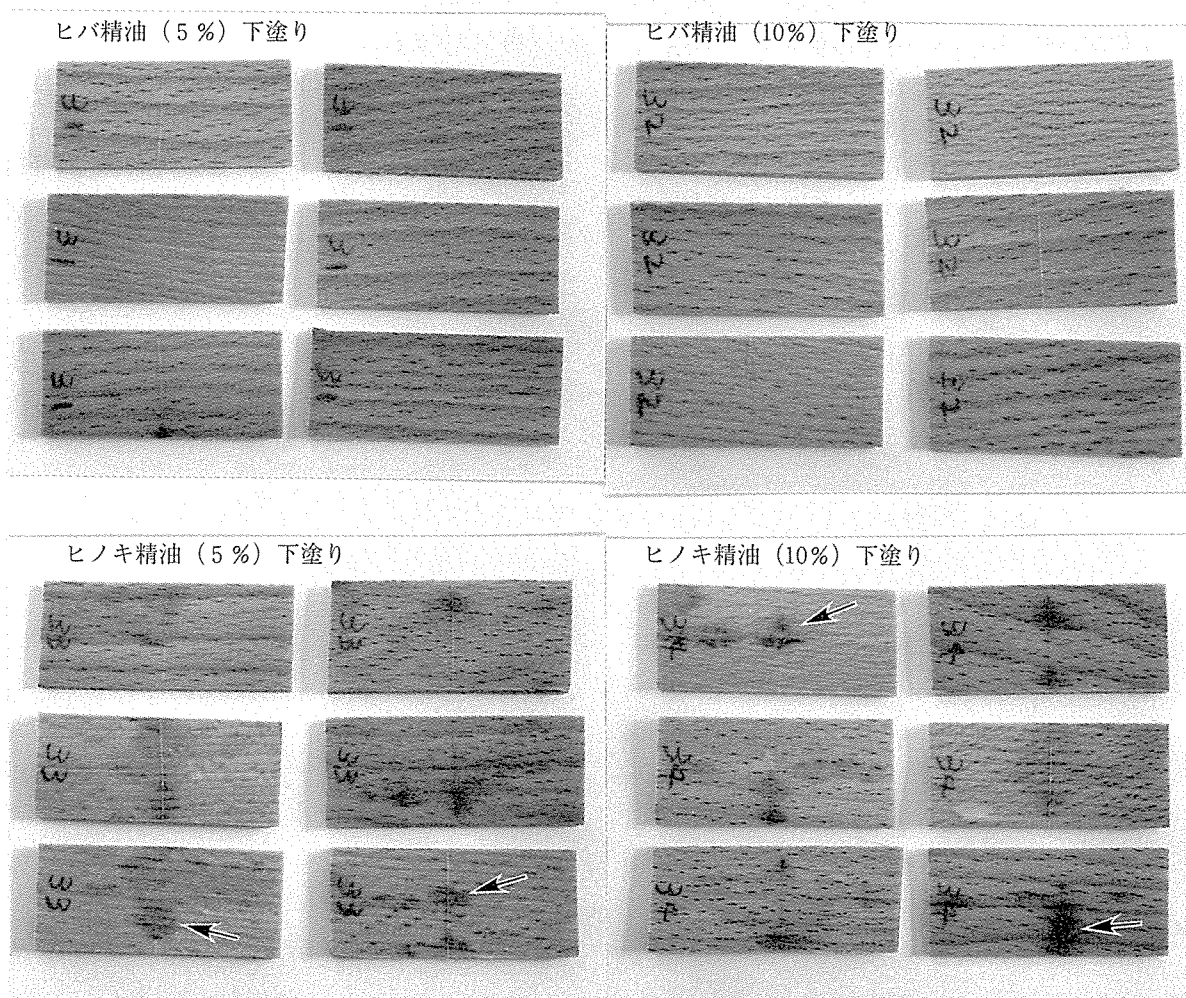


図12 精油を下塗りしたWSCST下への*Aureobasidium*の侵入(28日経過後) 矢印は*Aureobasidium*による汚染を示す。

塗膜上へのかびの被覆については、IPBCを0.5%添加したWSCST（現在の市販品）に比べると、ヒバ精油あるいはヒノキ精油を5%添加したWSCSTの防かび効力はやや弱かった。しかし、塗膜の切れ込みから塗膜下への*Aureobasidium*の侵入については、IPBC添加WSCSTとヒバ精油添加WSCSTは、ほぼ同等の侵入阻止効力があつた。以上から、今回使用した精油、特にヒバ精油は、造膜型木材塗料用の防かび剤として有効であると判断した。

また、精油をWSCSTにあらかじめ添加しておく場合の他に、精油をWSCSTの下塗りとして使用し精油とWSCSTを上下2層構造とする場合についても検討したが、塗膜上へのかびの被覆に対しても、また塗膜の切れ込みから塗膜下への*Aureobasidium*の侵入に対しても、精油が同じ濃度であれば、WSCSTにあらかじめ添加しておく方が防かび効力が高かった。

近年、人々の健康への関心が高まり、薬剤の安全性が強く求められている。精油、特にヒバ精油やヒノキ精油は日本人が古くから親しんできた物質であり、コストが高くても生活空間では安心できる薬剤として受け入れられる可能性がある。

今後は、WSCSTへのヒバ精油およびヒノキ精油の添加量を変えて、それぞれの精油について有効最小濃度を決定するとともに、実用化に向けて、塗膜の密着性等、

他の性能に対する精油の影響を確認する必要がある。最終的には、野外耐候性試験等で、塗料としての総合的な評価を実施することが望まれる。

## 謝辞

大阪有機化学工業（株）およびトリスミ集成材（株）より精油の提供を受けました。ここに、感謝の意を表します。

## 引用文献

- 1) 山本敏：“第4章 防菌防黴剤の応用展開 5 塗料用”. 防菌防黴剤の技術. 井上嘉幸編. 東京, シーエムシー, 2000, 132-141.
- 2) 伊藤貴文, 中村嘉明, 倉田公男, 森井良一：屋外用クリア塗料の耐候性. 奈良県林試木材加工資料. 28, 19-24 (1999)
- 3) 岩本頼子, 酒井温子, 伊藤貴文：造膜タイプの屋外用クリア塗料による防腐効果. 奈良県林試木材加工資料. 29, 19-23 (2000)

(2005年11月14日受理)