

建築用木質ボード類の耐朽性向上に関する研究（第2報）

小片前処理削片板における各種低毒性防腐剤の効力比較

元木英生*

Improvement of Decay Resistance of Wood-Based Panels for House Construction Usage II.

Comparison of effectiveness of low-toxic preservatives in flakeboards produced by pretreatment of flakes

MOTOKI, Hideo*

Properties and decay resistance of treated structural flakeboard with several low-toxic preservatives were investigated. Results were obtained as follows:

- 1) Every applied preservative except tributyltinphthalate compound gave hardly any negative effect to the properties of prepared flakeboards.
- 2) Correlation between weight loss and strength loss of treated flakeboards after exposure to fungus was more correlative to internal bond strength loss than screw holding strength loss in both fungi.
- 3) CMDC/NCH-AI mixture and CIF were desirable preservatives which could cover either resistant spectrum of *T. palustris* and *C. versicolor* in this experimental condition such as 1kg/m² addition against flakes (in absolute dry basis), pretreatment of flakes with preservatives before board making, and so on.

各種低毒性防腐剤で処理した木材小片を原料とした建築用削片板を製造したのち、ボード材質への影響と耐朽性を検討した。得られた結果はつぎのとおりである。

- 1) 供試防腐剤のうち、TBTPを除けば、薬剤添加によるボード材質に対する悪影響はほとんど認められなかった。
- 2) 腐朽操作における未処理および防腐処理フレークボードの重量減少率と材質低下率の相関関係は、いずれの供試菌の場合でも材質低下の指標値のうち、剝離強さの方が木ネジ保持力よりも重量減少率との相関が高かった。
- 3) 本実験条件下（原料フレーク前処理、薬剤添加率 1 kg/m²）においては、両供試菌に対する抗菌スペクトルをカバーできる薬剤として、CMDC/NCH-AI 混合物と CIF が有望であった。

1. 緒 言

近年、木質ボード類の建築構造用平面材料としての用途拡大により、多湿、菌類、虫害などによる材質劣化をうける分野への使用例が多くなった。一般に、パーティクルボードの耐朽性は素材よりも勝

るりとされているが、一旦吸湿すると容易に腐朽が進行する^{1,2)}。その対策として、塗料による表面塗装が比較的效果がある³⁾が、恒続的な効力はない。欧米ではかなり以前からパーティクルボードの防腐処理の研究がおこなわれている⁴⁾が、古くは主に Na-

* 木材試験場

PCP を使う⁹⁾のが常法であった。しかし、人畜への有害性の規制が厳しくなった最近では、この種の薬剤に代わる低毒性薬剤を用いた効率的な防腐処理の開発が要求されているが、これに関する既往の報告は Hall らの最近の研究⁹⁾以外には見あたらず、十分とは言えない。

本報は、主として最近開発されすでに市販の、あるいは試作段階の比較的 low 毒性の防腐剤を用いて、間伐スギ辺材小片を原料とした建築用フレックボードを製造し、防腐処理によるボード材質への影響およびわが国の標準木材腐朽菌 2 種に対する各防腐薬剤の効力を比較評価した。

また、ボード類の耐朽性評価には、劣化による重量減少率を指標値として用いるのが一般的であった。建築用途での劣化指標としては剥離強さや木ネジ保持力などの材質低下率が現実的である。この見地から、ここでは簡便で、より実用的な劣化指標を見いだす試みとして、これらの材質低下率と重量減少率との関係を併せて検討した。

2. 実験方法

2.1 フレックボードの製造

下記製造条件により、実験室製フレックボードを製造した。

原料フレック：富山県産間伐スギ樹梢材(厚さ0.4mm

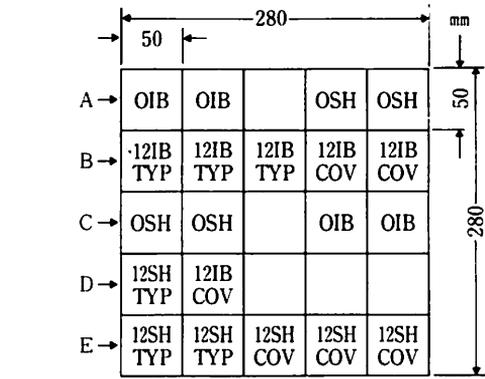


図-1 試験片ダイアグラム

注：A, Cは常態試験片。曲げ試験後、破壊部分を除いて、剥離強さ(IB)および木ネジ保持力(SH)の各試験に供した。

B, D, Eは腐朽試験片。各試験片上の記号は前から順に腐朽期間、測定項目、腐朽菌を示す。例えば、12IB-TYP, 12SH-TYPは12週間オオウズラタケで腐朽操作を行った後、それぞれ剥離強さ、木ネジ保持力の各試験に供したことを示す。

空白部分は試験に供しなかったことを示す。

×幅10mm×長さ40mm)

成板寸法：10mm×300mm×300mm (表面未研削)

目標比重：0.65

ボード構成：単層ランダム配向

結合剤：MUF (オーシカレジ
PWP-8)

含脂率：6%

防腐剤：主に市販の木材用低毒性防腐剤(表-1参照)

防腐処理方法：糊付け前フレックに薬剤噴霧後、48時間密閉静置

薬剤の目標付着量：1 kg/m²(絶乾重量比)

熱圧条件：温度160℃, 初期圧力 40kg f/cm², 圧縮時間, 7 min, 熱板閉鎖時間 1 min 以内。

各製造条件の表面未研削ボード(280mm角)を20℃, 65% RH で約2週間養生した後、主として JIS5908-77 に準じて常態時のプレートせん断弾性係数(以下G), 曲げ性能(以下,

表-1 供試防腐剤

薬剤名	略号	化学名
Velcider	DCB	2,5-dichloro-4-bromphenol
IF-1000	CIF	4-chlorophenyl-3-iodopropagyl formal
Busan 30	TBZ	2-(thiocyanomethylthio)benzothiazole.
CCA 1B	CCA	K ₂ Cr ₂ O ₇ :CuSO ₄ :As ₂ O ₅ = 53:35:12
ABP	ABP	Alkylbenzylphthalate compound.
Xylasan B	CMDC	N-cyclohexyl-N-methoxy-2,5-dimethylfuran-3-carboxylicamide.
TBT-T	TBTP	Tributyltinphthalate
Xylasan Al	NCH-Al	N-nitroso-N-cyclohexylhydroxylamine-Al
Basileum F 571	CMDC/NCH-Al	CMDC/NCH-Al=1/1 mixture

MOE, MOR), 剥離強さ(以下, IB), 木ネジ保持力(以下, SH)を測定した。また, 供試ボードの残存部より図-1に示す50×50mmの試験片を採取し腐朽試験に供した。

また, 同一ボード内で採取した50×50mmの小試片23個による板面方向の比重分布を表-2に示す。いずれも変動係数は約4.5%以内であり, ほぼ均一な比重分布であった。

2.2 腐朽試験方法

腐朽菌として, オオウズラタケ *Tyromyces palustris* Murr. FES 0507 (以下, TYP) およびカワラタケ *Coriolus versicolor* Quél. FES 1030 (以下, COV) を用い, 日本木材腐朽協会規格第3号に準じ, スクリューキャップ付きガラス製培養ビン(直径9cm, 高さ17cm, 約900ml)中に供試菌を十分繁殖させたのち, 菌叢上に直径3mmのV字型ガラス棒を置き, その上に予めエチレンオキシドガスで滅菌した各供試片を1個ずつ水平に設置し, 26~27℃のインキュベーター中で, 12週間腐朽させた。

各腐朽操作後, 各供試片表面への菌糸の付着程度を外観的に評価して, 6ランク(0=全くなし, 1=極小, 2=微小~10%, 3=11~50%, 4=51~99%, 5=100%)に区分したのち, 供試片に付着した菌糸その他を除去し, 60℃通風下で72時間乾燥して重量減少率(6個の平均値, 以下, WL)を求めた。

材質低下率(以下, SL)として, 上記の測定終了後の試験片を20℃, 65%RHで約2週間養生して約6%含水率に調湿したのち, 常態試験と同様にIBおよびSHをそれぞれ3個の平均値として求め, 次式により各々の低下率を算出した。

$$IBsl(\%) = (IB - IB') \times 100 / IB$$

$$SHsl(\%) = (SH - SH') \times 100 / SH$$

ここで, IB, SHは腐朽前の平均値, IB', SH'は腐朽後の平均値である。

また, 各測定項目についての無処理試料に対する各処理試料の効力値は次式により算出した。

$$WL \text{ での効力値}(\%) = (WL - WL') \times 100 / WL$$

表-2 各種防腐処理によるボード材質への影響

薬 剤 名	含脂率 (%)	ボード比重		G ¹⁾ kgf/cm ²	MOE ³⁾ tonf/cm ²	MOR ⁴⁾ kgf/cm ²	剥離強さ kgf/cm ²	SH ⁵⁾ kgf
		平均値	cv ¹⁾					
無処理	6.1	0.642	3.2	19,027 (100) ⁶⁾	45.8 (100)	366 (100)	5.14 (100)	31.5 (100)
DCB	5.7	0.653	4.5	19,707 (109)	48.0 (110)	368 (106)	6.12 (125)	29.0 (97)
CIF	5.7	0.655	3.6	19,397 (107)	48.4 (111)	354 (101)	5.30 (108)	29.2 (97)
TBZ	5.7	0.673	3.3	18,791 (101)	48.4 (108)	372 (104)	5.08 (101)	33.4 (108)
CCA	5.8	0.671	4.0	19,728 (104)	48.4 (106)	394 (108)	5.36 (105)	29.2 (93)
ABP	5.0	0.650	3.8	17,408 (110)	43.7 (115)	343 (113)	5.14 (121)	25.7 (98)
CMCD	5.7	0.673	3.9	20,137 (108)	49.0 (109)	362 (101)	5.83 (116)	32.7 (106)
TBTP	5.6	0.670	2.8	19,177 (105)	47.0 (107)	331 (94)	4.72 (96)	25.2 (84)
CMDC/ NCH-AI	5.2	0.640	3.2	17,901 (111)	45.1 (116)	347 (112)	5.13 (118)	24.6 (92)

注: ¹⁾5cm角に分割した小試片23個の変動係数(%), ²⁾せん断弾性係数, ³⁾曲げ弾性係数, ⁴⁾曲げ強さ, ⁵⁾木ネジ保持力, ⁶⁾括弧内の数字は(無処理ボードの各測定値/含脂率/比重)に対する(処理ボードの各測定値/含脂率/比重)の指数を示す。

$$IBsl \text{ での効力値}(\%) = (IBsl - IBsl') \times 100 / IBsl$$

$$SHsl \text{ での効力値}(\%) = (SHsl - SHsl') \times 100 / SHsl$$

ここで、WL, IBsl, SHslは無処理試片の平均値、WL', IBsl', SHsl'は処理試片の平均値である。

3. 結果と考察

3.1 ボード材質への影響

各種防腐剤を用いて製造したフレックボードの材質を表-2に示した。ボード比重および含脂率条件を考慮して、各処理ボードと無処理ボードの材質を比較すると、有機錫化合物(以下、TBTP)添加ボードのMOR, IB, SHが若干低い値を示したが、それ以外のボードはいずれも無処理ボードの材質と同等かそれを上回った。また、材質特性別に見ると、概して処理ボードのSHが無処理に比較してわずかに低下するが、その他の特性値は同等あるいはそれ以上の値を示す傾向であった。

したがって、TBTP以外の薬剤では防腐処理によるボード材質への影響は殆どないと考えられる。

3.2 防腐効力

TYPおよびCOVにより、いずれも12週間腐朽させたのち外観判定、重量減少率を表-3、剝離強さ低下率を図-2、木ネジ保持力低下率を図-3にそれぞれ示す。

3.2.1 重量減少率(WL)による評価

表-3より、腐朽操作12週間後の外観的観察による菌糸の試験片表面への付着状態およびWLはTYPの方がCOVよりも概ね顕著であった。これは主にスギ辺材部を原料にしたため、針葉樹に対し、より活性のある¹⁾TYPでの腐朽が進行したものと考えられる。菌糸の付着状態とWLは必ずしも一致しなかった。

供試薬剤別に防腐効力を比較すると、TYPに対してはアルキルベンジルフタレート化合物(以下、ABP)、CCA、ハロゲン化フェノール系化合物(以下、DCB)、カルボキシルアミド系化合物単独剤(以下、CMDC)はほとんど効力がなく、確実な効力が認められたのはTBTP、ヒドロキシルアミン塩系化合物とCMDCの混合剤(以下、CMDC/NCH-AI)であり、ついで有機ヨウ素系化合物(以下、CIF)も菌糸付着阻止力は若干劣るが有効であった。ベンゾチアゾール系化合物(以下、TBZ)のWLは僅少(1.4%)であったが、この条件については、試験片に異常な吸水を生じたため腐朽の進行が遅れた形跡がある。効力が認められなかったABP、DCBは、防腐剤メーカーの仕様によるとそれらの最低有効量がCIF、TBZ、CMDC/NCH-AIよりも数倍多くなっている²⁾ので、本実験での設定添加率(1 kg/m²)では不十分であったと考えられる。また、

表-3 カワラタケおよびオオウズラタケによる12週間抗菌操作後の各種薬剤処理ボードの外観性状と腐朽状態

薬剤名	C. versicolor			T. Palustris		
	菌糸の付着状態 ¹⁾	重量減少率(%)	効力値(%)	菌糸の付着状態	重量減少率(%)	効力値(%)
無処理	4	11.26	—	5	15.27	—
DCB	4	0.00	100.0	5	9.57	37.3
CIF	2	0.00	100.0	3	0.00	100.0
TBZ	3	0.99	91.2	5	1.40	90.8
CCA	4	5.64	49.9	5	12.01	21.3
ABP	4	9.01	20.0	5	14.21	6.9
CMDC	1	0.00	100.0	5	7.96	47.9
TBTP	3	3.92	65.2	0	0.00	100.0
CMDC/NCH-AI	1	0.00	100.0	0	0.00	100.0

¹⁾0=全くなし、1=痕跡あり、2=痕跡あり-9%、3=10-49%、4=50-99%、5=100%

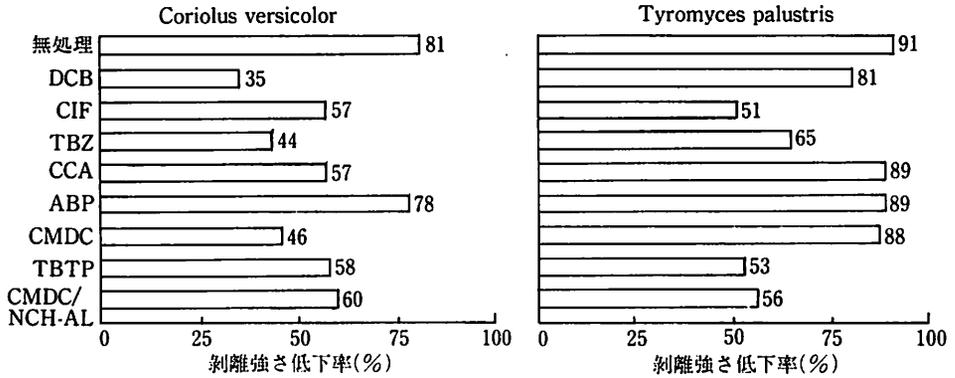


図-2 カワラタケおよびオオウズラタケ12週間抗菌操作による各種薬剤処理ボードの剝離強さ保持力低下率

CCA の場合も素材の加圧注入用の薬剤であり、今回の原料小片への噴霧法では通常の素材への加圧注入量（5～16kg/m²）⁹⁾に比べると添加量が少なすぎること、フレークに噴霧した薬剤が木質内部へ十分に拡散せず、培養液中へ溶脱し易いため、十分な効力が得られなかったと考えられる。因みに、Hallら⁹⁾も本実験の添加量よりも多い約5倍量のCCAを防水剤のパラフィンワックス乳化液と混合してボードを製造したが、その耐朽性は良好ではなかった。

つぎに、COVに対してはDCB、CIF、TBZ、CMDC、CMDC/NCH-ALが有効であり、とりわけDCBはこの菌に対してはメーカー仕様の最低有効量以下でも効力を発現した。一方、TBTPの効力はやや劣り、ABP、CCAでは殆ど効力が期待できないと判定された。上述のように、CMDCはTYPに対し効力が認められなかったが、COVに対しては一般に言われている¹⁰⁾ように、顕著な効力を発現した。但し、有効と判定された薬剤のうち、DCBとTBZは菌糸の付着を阻止する能力が弱いので、再度の認識が必要と考えられる。

3.3.2 材質低下による評価

材質低下の指標としては、IBとSHの低下率を用いた。いずれの供試菌に対してもIBの低下率がSHよりも大きかった。これはボードの腐朽が表層部よりも低比

重の中層部から進行することに加えて、IB試験ではボードの厚さ方向の最弱部を代表値として検出する⁹⁾ため、中層部に局所的な腐朽が発生すると、試験片の著しい材質低下となって鋭敏に検出できることによる。また、両指標値ともWLと同じく、TYPによる腐朽操作の場合に、より大きい低下率を示した。

まず図-2より、供試薬剤別のIB低下率を比較すると、TYPによる腐朽の場合、WLの全くなかったCIF、TBTP、CMDP、CMDC/NCH-AL処理で約50%、CCA、ABP、CMCD、DCBでは無処理ボードと同程度に大きかった。一方、COVの場合、WLが生じなかったもののうち、DCB、TBZ、CMDCは35～45%、CIF、CMCD/NCH-ALは50～

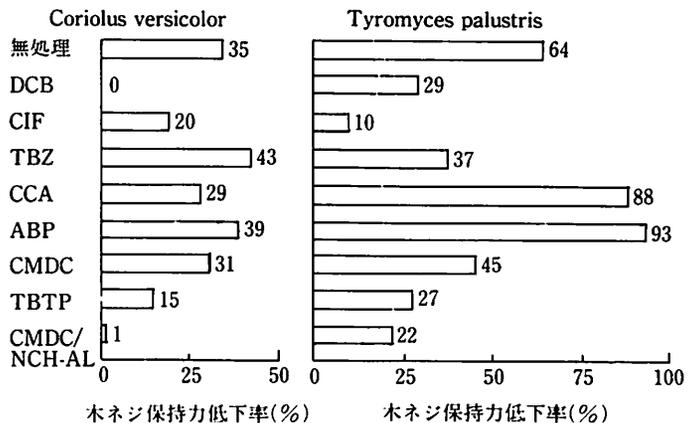


図-3 カワラタケおよびオオウズラタケ12週間抗菌操作による各種薬剤処理ボードの木ネジ保持力低下率

表-4 各抗菌操作における重量減少率と剥離強さ低下率の相関

腐 朽 菌	回 帰 式	相 関 係 数
C. versicolor	$Y=2.92X+47.3$	$r=0.846$
T. palustris	$Y=2.54X+56.6$	$r=0.950$

注：Y=剥離強さ低下率(%), X=重量減少率(%)

表-5 各抗菌操作における重量減少率と木ネジ保持力低下率の相関

腐 朽 菌	回 帰 式	相 関 係 数
C. versicolor	$Y=1.87X+17.3$	$r=0.514$
T. palustris	$Y=3.80X+20.6$	$r=0.832$

注：Y=木ネジ保持力低下率(%), X=重量減少率(%)

60%の2グループに分かれ、必ずしもWLの傾向と一致しなかった。無処理ボードと比較して、ABPは同等の低下率(約80%)を示した。

したがって、MUFボードでは未腐朽状態でも吸湿による中層部の低比重化や一部の接着点の破壊による材質低下が大きく¹¹⁾、この場合も吸湿によるIB低下率は35~60程度になり、これに腐朽による

表-6 防腐処理ボードにおける各薬剤の効力の総合評価

薬剤名	C. versicolor			T. palustris		
	WL	IBL	SHL	WL	IBL	SHL
無処理	0	0	0	0	0	0
DCB	2	2	2	0	0	2
CIF	2	1	1	2	2	2
TBZ	1	1	0	1	1	1
CCA	0	1	0	0	0	0
ABP	0	0	0	0	0	0
CMDC	2	1	0	0	0	1
TBTP	1	1	2	2	1	2
CMDC/NCH-AI	2	1	2	2	1	2

注：WL=無処理ボードに対する各処理ボードの重量減少率についての効力値(0=0-49%, 1=50-99%, 2=100%)

IBL, SHL=無処理ボードに対する各処理ボードの剥離強さ及び木ネジ保持力についての効力値(0=0-19%, 1=20-49%, 2=50-100%)

劣化が加わるとIB低下率は約80~90%程度になった。また、筆者らがすでに行ったイソシアネート樹脂ボードでの同様の実験¹¹⁾の結果からも明らかのように、防腐剤添加ボードの吸湿厚さ膨張に及ぼす影響については、結合剤の添加量は極く微量のため、無視できるものと判断される。したがって、吸湿膨張のより大きいMUFボードにおいては、この程度の防腐剤添加が吸湿膨張によるボード材質低下に大きく影響することはまず考えられない。

つぎに、図-3に示す供試薬剤別のSH低下率を比較すると、TYPによる腐朽の場合、CIF, TBTP, CMCD/NCH-AIは各々10, 37, 20%と小さく、CCA, ABPは無処理ボードと比較すると効力がなく、概ねWLの傾向と一致した。一方、COVによる腐朽の場合、WLが全く生じなかったボードの中でもDCB, CMCD/NCH-AIのSH低下率は僅か1%以下であるが、CIFでは20%となる。また、無処理ボードと同等の低下率(30~40%)を示したものにWLの大きいCCA, ABPのほかにもWLの小さいTBZ, CMDCがあるなどIB低下率の場合に比較すると、両特性値の相関はかなり低いことが予測された。

3.3.3 重量減少率と材質低下率(SL)の相関

WLと各材質指標値の低下率との関係は供試菌の特性などにより一様ではないと考えられるので、それぞれの相関関係を直線回帰とみなし、最小二乗法で計算した結果を表-4および表-5に示す。

これによると、WLとSLとの関係はIB低下率の方がSH低下率よりもWLとの相関が高い。したがって、本実験における強制腐朽試験におけるフレークボードの腐朽性の評価には、指標値としてはWLのほかにIB低下率がより適切であると考えられる。

3.3.4 総合評価による防腐剤の選抜

上記の3指標値のそれぞれについて、無処理ボードの腐朽度を基準として、各薬剤ボードの耐朽度の程度を指標値別に3ランクに区分した結果を表-6に示した。供試菌のいずれにも効力が最も期待できるのはCMDCとNCH-AIの1/1混合物であり、ついでCIFの効菌スペクトルが広がった。

なお、これらの防腐薬剤の中に、添加率を増加させると効力が期待できる低コストの薬剤も想定されるので、各薬剤の添加率水準を変えて検討し、ト一

タルコストを勘案した薬剤の適用条件を見いだす予定である。

謝 辞

本研究の推進にあたり、防腐剤を提供して頂いた日本農薬株式会社、山陽木材防腐株式会社、武田薬品工業株式会社の各位に深謝致します。

文 献

- 1) Toole, E. R. ; H. M. Barnes : Biodeterioration of Particleboard, Forest Prod. J. 24 (10), 55-57 (1974)
- 2) Behr, E. A. : Effect of Pre-wetting of Particleboard in Laboratory Decay Test, Int. Biodeterio. Bull., 13 (1) 9-11 (1977)
- 3) Geimer, R. L. ; B. G. Heebink ; F. V. Hefty: Weathering characteristics of Particleboard, USDA Forest Serv., Res. Pap. FPL 212 (1973)
- 4) 例えば, Huber, H. A. : Preservation of Particleboard and hardboard with pentachlorophenol, Forest Prod. J., 8 (12), 357-360 (1958)
- 5) Hedley, M. E. : Preservative Requirements for Exterior Particleboard Predicted from Accelerated Laboratory Tests, New Zealand Journal of Forest Sci., 6 (3), 455-460 (1976)
- 6) Hall, H. J. et al: Preservative treatment effects on mechanical and thickness swelling properties of Aspen waferboard, ForestProd. J., 32 (11/12), 19-26 (1982)
- 7) 福田清春；原田隆英：木材の耐朽性試験方法の検討, 農工大演習林報告, 14, 39-47 (1977)
- 8) 例えば, Versicol Chemical Corp. : Technical Bulletin
- 9) 林業試験場監修：“改訂3版木材工業ハンドブック”, 丸善, 1982, p.785
- 10) 例えば, Metzner, W. : ヨーロッパとりわけ西ドイツにおける木材保存剤の現況, 「木材保存技術懇話会」講演要旨 (1983)
- 11) 元木英生；鷺岡 雅；坂井正孝：イソシアネート樹脂による建築用削片板の製造と性能 (第5報) 木材学会誌, 31 (3), 193-199 (1985)