防腐処理アスペンウェハーボードの腐朽と強度減少

Biodeterioration and strength reductions in preservative
treated aspen Waferboard

E.L.Schmidt, H.J.Hall, R.O.Gertjejansen

(IRG/WP Document No.2195:1983)

(訳) 田 村 彰*

1. 要 約

液状又は、粉末状フェノールホルムアルデヒド樹脂で接着した実験用アスペンウェハーボードを、各種の薬剤と処理方法を組み合わせて作成した試験体について室内腐朽試験を行い重量減少と、強度減少及び、表面のカビの発生を測定した。

試験の全般にわたっての平均では、強度減少と重量減少には、かなりの相関関係がある。なお効果の認められたものについては野外試験を実施中である。

2. 序 文

ウェハーボードは、住宅建築や、商業建築に適した構造用パネル材料としてますます重要になるであろう。

カナダには、数社のウェハーボード工場があり、アメリカにおいても、現在は若干の生産工場があり非常に近い将来、多くのウェハーボード、フレックボード、OSBタイプの工場が建設されようとしている。

アスペンウェハーボードについての予想される用途には、水分や菌類及び昆虫類の生物劣化に対する耐久性が要求される。水分の影響を最小限にする目的で行われる建築方法、塗装あるいは、サイジングは、生物劣化を効果的に防ぐため、使用期間中厳密に保守されなければならないので、この方法は永久的保護方法として、完全に信頼することはできない。その上、ウェハーボードの構

造用パネルの一部で腐朽がおけると、取替えに多額の費用を伴うはずである。

合板以外の構造用木質複合材料の保存について、オーストラリアやアメリカでは、あまり関心がもたれていないが、西ドイツやニュージーランドではこのような材料の防腐処理についての基準がつけられてきている。従って、いろいろな劣化環境で使用する場合の可能な耐用期間を査定するための資料を得る目的で、各種防腐剤で処理したアスペン (*Populus tremuloides* Michx.) ウェハーボードの性能を野外や実験室内試験で評価することは重要なことである。

耐朽性のすぐれたウェハーボードや合板以外の他の構造用複合材料は、広範な用途の開発が可能と考えられる。

この研究は、薬剤処理したアスペン・ウェハーボードの実験室的促進試験による腐朽重量減少率と強度低下を知る目的で行ったものである。

3. 材料と方法

(1) 劣化に関する研究

腐朽試験は強度試験を可能にするため、試験体のサイズを大きくした。また無処理試験体は腐朽を確実にするため予め含水処理をした。これは適切な水分がなければ、無処理ボードは腐朽しないかもしれないからである。

土壌ブロック方法 (ASTM D-1413) ウェハーボードが最も多く使用される場所で遭遇する以上の厳しい腐朽環境で試験することになっている。

* (財) 日本合板検査会

この試験方法の価値は、対象とする防腐剤の性能比較があまり時間と材料を多く消費しないで、評価できるということである。結果は処理試験体の重量減少で評価されるがここでは、対照及び試験体について、重量減少率のほか内部接着強度を反映する断面圧縮強度が測定された。

4×4cmの試験体は、減圧注入により含水率を約40%（全乾重量による。）に調湿した後、蒸気滅菌を行い褐色腐朽菌 [*Gloeophyllum trabeum* (Pers, ex Fr.) Murr. (Madison 617) と *Poria placenta* (Fr.) cooke, (Madison 698)] を培養した0.5ℓのSoil block chambers内に設置された。

切断面を保護した対照試験体と劣化促進処理を行った試験体（ASTM, D1037）について試験した。（処理法と樹脂タイプの組み合わせについて4個ずつ試験された）。

腐朽した試験体は、重量減少率を測定した後、同様に防腐剤処理を行い、予め湿潤させ、滅菌した試験体との比較で比例限界値（PL）の減少を評価するため、断面を0.13cm/minで圧縮した。

さらに大きな土壌パレット容器が、対照及び浸漬処理した曲げ試験用試験体と同じ腐朽菌の純粋培養したものに曝露するために用いられた。

試験体は、毎日水を交換して、2週間浸漬処理された。処理ウェハーボードの地上におけるより緩やかな劣化環境での耐朽性評価のためにnon-soil試験（接触ブロック試験）が、この種の試験方法について公表されたガイドに沿って設計された。

前記した褐色腐朽菌のいずれか一方を十分に繁殖させたアスペンブロック（3cm²×0.5cm厚さ）に、ぬらして蒸気滅菌した4cm×4cmのウェハーボード（対照あるいはAA）をゴムバンドで固定した。

供試薬剤と菌種の組み合わせによる4組の試験体は、密閉した広口ビン内の水の上に3ヶ月間つるし、重量減少率を求めた。

湿潤な使用環境で劣化するフェノール接着のパーティクルボードは、しばしば激しく菌に侵されている。又、湿潤環境で使用した、処理パネル材料は、塗料がはがれたり、表面にカビが発生して

臭気やアレルギー問題の原因となりうる。そのため、ウェハーボードの商業的な処理には、いかなる場合にも対照及び劣化促進試験体について汚染及びカビ抵抗性の評価を含めるべきである。

処理したウェハーボード（5×5cm）は沸騰水に2秒間浸漬して表面殺菌し、供試菌 [*Penicillium* sp. *Cladosporium* sp. と *Aureobasidium pullulans* (de Bary) Arnaud] の孢子懸濁液に浸漬した後、密閉ガラス広口ビン内の水の上につるした。6週間後、試験体を取り出して表面の菌糸繁殖状態を評価した（0=繁殖無し、5=100%全面繁殖）。

4. 供試菌と強度試験の結果

(1) カビ抵抗性及び汚染試験（図-1, A~F）

Penicillium sp. 表面処理（表-1, T-7, 8), ACA処理及びCCA/wax (T-13)を除いたCCA処理（T-10, 11, 12, 14）試験体において、生育が阻止された。

TBTO処理（T-15, 16）は、Cu/FI処理（T-17, 18）よりも性能がすぐれていた。劣化促進処理は、薬剤の効力を減少させたが、しかしいくつかの無機塩類処理（T-10, 11, 14）及び、高濃度のTBTO処理（T-15）は、カビ生育阻止力を保った。

パイン・チップボードに加えたCCAの量を増加させることにより、防カビ性能が増強することが報告されている。

Cladosporium sp. (CCA処理MS製材から出たカビをあらかじめ分離した。) 老化促進材料においては、いずれの処理法でも生育が阻止されなかった。

屋外曝露した木材において、一般に、*Aureobasidium pullulans*による汚染は、劣化促進処理を行わない試験体では、処理法5, 6, 7, 8, 10, 11, 12及び13が生育を抑制した。

興味深いことに、粉末状樹脂で接着した劣化促進材料で、この菌の成長は終始一貫して低く、そして2つのケース（T-1, 14）では、液状樹脂で接着したボードあるいは、非劣化試験体よりも著しく小さかった。

表-1

アスペンウェハーボードパネルのタイプ：処理方法についてのコード

- T-1, 無処理, 粉末状樹脂, 樹脂分3%
 2, 無処理, 液状樹脂, 樹脂分3%
 3, 防腐剤, 接着剤混入処理
 2-(チオシアノメチルチオ) ベンゾチアゾール (TCMTB) 0.11% 活性成分含有。液状樹脂, 樹脂分3%
 4, 防腐剤, 接着剤混入処理
 2-(チオシアノメチルチオ) ベンゾチアゾール (TCMTB) 0.15% 活性成分含有。液状樹脂, 樹脂分3%
 5, 防腐剤, 接着剤混入処理
 シス-N-[1,1,2,2-テトラクロロエチル・チオ]-4-クロロヘキサ-1,2-ジカルボキシド (Difolatan) 0.25% 活性成分含有。
 粉末状樹脂, 樹脂分3%
 6, ガス状ホルムアルデヒド及び亜硫酸ガスでウェハーを前処理。正味重量約1%増加。
 粉末状樹脂, 樹脂分3%
 7, 完成したパネルを浸漬処理。
 3-ヨード-2-プロフェニル・ブチルカーバメイト 0.03% 活性成分含有。粉末状樹脂, 樹脂分3%
 8, 完成したパネルを浸漬処理。
 銅-8-キノリノレート 0.03% 活性成分含有。
 粉末状樹脂, 樹脂分3%
 9, 防腐剤は, ワックスエマルジョンに混合し接着剤混入処理。水溶性銅, フッ素化合物 0.98% 活性成分含有。粉末状樹脂, 樹脂分3%

- 10, アンモニア性亜ヒ酸銅でウェハーを処理。
 0.98% 活性成分含有 (0.40 pcf. に相当)。
 粉末状樹脂, 樹脂分3%
 11, 完成したパネルを加圧処理
 アンモニア性亜ヒ酸銅 (ACA) 0.57% pcf. 活性成分含有量は, 分析測定値。
 粉末状樹脂, 樹脂分4%
 12, 防腐剤はワックスエマルジョンに混合し, 接着剤混入処理。
 アンモニア性亜ヒ酸銅 0.61% 活性成分含有。
 (0.25 pcf. に相当)。粉末状樹脂, 樹脂分3%
 13, 防腐剤は, ワックスエマルジョンに混合し, 接着剤混入処理
 クロム, 銅, ヒ素, (CCA) 0.98% 活性成分含有 (0.40 pcf. に相当)。粉末状樹脂, 樹脂分3%
 14, 完成したパネルを加圧処理。
 クロム, 銅, ヒ素, 0.62 pcf. 活性成分は分析測定値。粉末状樹脂, 樹脂分4%
 15, 防腐剤, 接着剤混入処理。
 モノクロルナフタリン及びトリブチルスズオキシド (TBTO) 1.4% 標準溶液。
 液状樹脂, 樹脂分3%
 16, 防腐剤, 接着剤混入処理。
 モノクロルナフタリン及びトリブチルスズオキシド (TBTO) 1.0% 標準溶液
 液状樹脂, 樹脂分3%
 17, 防腐剤, 接着剤混入処理。
 水溶性, 銅, フッ素化合物 0.70% 活性成分含有。
 液状樹脂, 樹脂分3%
 18, 防腐剤, 接着剤混入処理。
 水溶性, 銅, フッ素化合物 0.98% 活性成分含有。
 液状樹脂, 樹脂分3%

図-1. 防カビ試験 (4個の平均値)

Penicillium sp.-A, B *Cladosporium* sp.-C, D *Aureobasidium pullulans*-E, F

これについて考えられるひとつの説明は、劣化処理中の熱と水分のサイクルが遊離のフェノールを凝固させて、表面での菌類の成長防止をより効果的にするという、及びこの作用が液状樹脂からよりも粉末状樹脂で接着したボードにおいてより大きい度合で生じるということである。又、フェノールは、粉末状樹脂システムの場合、乾燥中により大きな度合で試験体表面へ再分配されるであろうということである。

(2) 接触ブロック試験 (図-2, A, B)

この試験は、処理材料の耐朽性を、実験室内において、地上での使用状態でのそれと同調させるために、設定したものである。

G.trabeum は、地中部以外の木材の腐朽の原因となる菌であるが、処理法 9~18を除いたすべての試験体を実験体表面に近い水準にまで腐朽させた。

薬剤浸漬処理サンプル (T-7, 8) は、TBTO (T-15, 16) を含んでいる物と同様に劣化促進後に著しい程度に腐朽した。

この試験での *P.placenta* の腐朽は、液状樹脂で接着した無処理ボード (T-2) 及び *G.trabeum* の影響をより受けやすい TCMTB (T-3, 4) を含んだものを除いて、*G.trabeum* の結果と全く同様であった。

薬剤処理ウェハーボードの地上での使用について、この試験の結果は、無処理の材料がより著しく腐朽する過酷な腐朽試験 (soil-block, soilpan) を行うよりも防腐剤の性能をよく予測させるもの

図-2. (A, B)

接触ブロック試験 (4個の平均値)

('A' -延長線は、劣化促進試験体の重量減少率)

のようである。

(3) 土壌ブロック試験 / 断面圧縮試験 (図-3, A, B; 図-4, A, B; 表-2)

処理法 10~18によるアスペンウェハーボードは、無処理ボード (T-1, 2) の平均重量減少率が 30% であるのに対して、褐色腐朽菌に対しては、大きな抵抗性を有した。(重量減少率 10% 以下)

劣化促進試験での保護レベル (棒グラフでの "A" 延長線あるいは、棒グラフの側線) は、ACA, CCA

試験体(T-10~14)においてわずかに低下したが、他の薬剤-樹脂の組み合わせ、とりわけ、TBTO(T-15, 16)においては、低下の幅が大きかった。

断面圧縮試験は、素材の腐朽を評価するためと、防腐剤処理しない健全なパーティクルボードの内部強度の調査のために使用されている。

この試験は、腐朽試験では、ウェハーボードの木材質を腐朽から保護するかもしれない(重量減少は、全然無しかあるいはほとんどない。)が、木材と接着剤との接着力を著しく減少させるような防腐剤を見出すために、用いられた。

市販パーティクルボードの内部接着力の値(IB)と比例限界値(PL)との比較は、よい相関[$r^2 > 0.8$]を示した。そして、接着性とIBの試験を直接に複雑にしているかもしれない腐朽試験中での表面崩壊は、この試験方法にとって障害とはならない。

重量減少率(%)とPLの減少率(%)間との全体的な回帰方程式と相関係数は、表-2に示した。

重量減少率とPLの減少率との相関関係は、データを結んだ線とよく一致し、最小の相関係数(0.82)は、*P. placenta* で試験した劣化試験体で得られた。

処理法6, 10, 11, 12, 13, 14及び18は、部分的に増加した横断面積が、断面圧縮を受けやすいために(大きな厚みは、推測では構成部材が膨脹している。), この菌に、曝露した劣化試験体においては、PL減少が低くなっていた。

全ての処理法にわたって平均すると、褐色腐朽菌は、木材と接着剤との接着力をほとんどそこなわずに、試験体を腐らせる能力に比例して、ウェハーボードの内部接着強度を低下(湿潤で滅菌した試験体との比較でのPLロスを測定して)させた。

図-3. (A, B) 土壌ブロック試験。(ASTMD 1413一部変更)

(4個の平均値)

(‘A’-延長線あるいは横線は、劣化促進試験体の重量減少率)

図-4. (A, B) 無菌湿潤対照試験体と比較するため、土壌ブロック試験後、断面を圧縮した処理試験体の比例限界(PL)値の減少率(PL)(4個の平均値)

(‘A’-延長線あるいは、横線は劣化促進試験体のPL減少率)

表-2 Soil Block/On-Edge Crushing Tests

% PL Loss (y)	% Weight Loss (x)	Regression Equation	Correlation Coefficient
1. <i>Gloeophyllum trabeum</i> controls		$y = 2x - 1.8$	$r = 0.86$
2. <i>Gloeophyllum trabeum</i> accelerated aged		$y = 1.6x + 10.9$	$r = 0.84$
3. <i>Poria placenta</i> controls		$y = 1.5x + 13.4$	$r = 0.93$
4. <i>Poria placenta</i> accelerated aged		$y = 1.6x - 3.2$	$r = 0.82$

(4) 土壌パレット腐朽試験及び静的曲げ特性
(図-5,A,B; 図-6,A,B; 図-7,A-C; 表-3)

長さ43cm×幅7.6cmに切断したウェハーボードの静的曲げ試験体は、土壌とアスペンの削りくずに繁殖させた菌そう上で3ヶ月間腐朽させた。

平衡状態(50%RH, 22.2C)にした後に、破壊係数(MORs)と弾性係数(MOE)と重量減少を測定した。

菌そうに最も近く接している試験体表面を引張側として試験した。

強度試験の目的は、わずかの重量減少率でもこれら重要な特性において、実質的な減少をおこすかもしれない処理法を見出すことである。

回帰方程式と、それに対応する相関係数は、表-3に示した。

土壌ブロック試験と、断面圧縮試験の場合と同様に、これらの重量減少と強度減少との比較のデータは、方程式で定められる回帰線にうまく適合している。

ある種の処理法(例.T-10~18)では、重量減少が無いかあるいは、ほとんど無かったにもかかわらず、MOR減少率が滅菌した湿潤対照試験体と比較して、30から80%あったことはみとめなければならない。

これらの減少率は、一部はポリプロピレン皿での腐朽菌の多量繁殖により生成した有機酸のせいであると思われる。

3ヶ月間腐朽後では、これらの皿を被覆しているアルミニウムフォイルに、酸凝集により生じたと考えられる小さな穴を見つけることはまれでない。

たとえ、ほとんど重量減少が生じないとしてもその様な加水分解の環境では、ウェハーボードストリップのMOR値を大いに下げることはいずれ得る。重量減少率が15%を越えた試験体(T-1~9)では、MOR減少は70%かあるいはそれ以上にも及んだ。

同様な強度減少率は、素材の場合に5~10%重量減少でおこると報告されている。その様な結果は、厳しい腐朽環境での構造用ウェハーボードの使用においては、使用期間中に強度が維持されるように、腐朽に対して十分に保護(重量減少がほとんどないか、又は全くないように)されなければならないことを示している。腐朽試験した曲げ試験ストリップからのMOE値は、腐朽(例.T-1~9)による減少と、浸漬処理(例,*G. trabeum* T-15,16)の影響を反映している。

図-5. (A, B)

土壌パレット試験による静的曲げ試験試験体の重量減少率。(4個の平均値)
(‘L’-延長線あるいは、横線は浸漬処理試験体の重量減少率)

図-6. (A, B)

土壌パレット腐朽試験後の静的曲げ試験体の破壊係数(MOR)。(無菌湿潤対照試験体と比較するため。)
(4個の平均値)
(‘L’-延長線あるいは横線は浸漬処理した試験体のMOR減少率)

図-7. (A, B, C)

土壌パレット腐朽試験後の静的曲げ試験体の弾性係数(MOE)。(3個の平均値)
(対照試験体は、湿潤で無菌サンプルはそうでない。)
(‘L’-延長線は、浸漬処理試験体のMOE)。
(処理法5, 6, 及び7による試験体を *Poria placenta* で腐朽させた場合のMOEsは、試験速度の誤りのため、削除した。)

表-3 Soil Pan/Static Bending Tests

% MOR Loss (y)	% Weight Loss (x)	Regression Equation	Correlation Coefficient
1. <i>Gloeophyllum trabeum</i> controls		$y = 2.4x + 26.5$	$r = 0.87$
2. <i>Gloeophyllum trabeum</i> leached		$y = 2.2x + 19.9$	$r = 0.93$
3. <i>Poria placenta</i> controls		$y = 3.9x + 12.9$	$r = 0.92$
4. <i>Poria placenta</i> leached		$y = 2.1x + 21.3$	$r = 0.84$

5. 考 察

① 概括すると、全体的な防菌の面で、ACA/CCAグループ(T-10~14)よりすぐれた防腐剤処理システムはなかった。これらの塩類は、複合ボードを菌類や昆虫類(例, 5, 19, 22)から守ることが知られている。

② Waxに加えたCCA(T-13)は、このグループの中で最も激しい菌の攻撃を許し、*G. trabeum* に対しては、土壌ブロック試験での劣化促進試験体における重量減少が最大13%であった。又、CCA/wax処理したボードでの機械的性質は、他の方法で処理したボードよりも劣っていた。

ボードの機械的性質に対して、これら防腐剤塩類の添加の影響がほとんど無い事はいくつかの研究で示されているが、しかし内部接着力は減少し、煮沸乾燥耐候試験後には、著しく強度減少したという報告もある。

③ 処理ウェハーボードの製造中に、これら水溶性塩類処理の1つを組み合わせることに関しては、ワックスエマルジョンへのACA添加が、別処理操作(例, 前処理あるいは、加圧処理)によるコスト増加を最小限にしつつ、菌に対する保護ができる。ACA/wax吹付添加中に回転しているドラムの余分なアンモニアを吸取ることによって汚染問題は最小限にすることができる。

使用するACA溶液は、プレス時に水蒸気の排出によるボードのはく離をさけるため、ウェハーの再乾燥を必要とする余分な水の添加無しでボードへ供給するためには、添加レベルは、 4 kg/m^3 (0.25 pcf)までにとどめなければならない。

恐らく、ACA-wax共存システムについての今後の研究によって、地面に接して使用される場合に必要となる、より含有量の多くなる方式が開発されるであろう。

常時湿潤でない(例えば、屋根下地)の場合には、TBTO及び、Cu/FIの処方(T-9, 15, 16, 17, 18)が接触ブロック試験において成績がよかった。Cu/FIは、TBTOよりも幾分溶脱性が小さい。。又、TBTOに適した溶剤は、かなりの臭気(3ヶ

月間試験後も同じ)を保有しており、住民環境上の障害になるかもしれない。

④ 表面薬剤処理(T-7, 8)は、いくらかのカビ抵抗性をもたらし、接触ブロック試験でもわずかに(無処理試験体の約10%以下)の効力を示したが、劣化促進処理では失われた。

⑤ ホルムアルデヒド/亜硫酸ガス処理(T-6)は、褐色腐朽菌に対して効果がなく、フェノールホルムアルデヒド樹脂(PF)の耐水性に有害な影響があった(湿潤状態における極端な厚みの膨脹)。

⑥ TCMTB/PF混合処理(T-3, 4)は、ほとんど効果を示さなかった。これは恐らく、これらの樹脂の高いPHがこの化合物の殺菌性機能を破壊しているためであると考えられる。

⑦ Difolatan処理(T-5)は、農業面での利用においては、すばらしい殺菌剤として立証されているので、その性能のよくなかったことは意外であった。

しかしながらこの薬剤は、パインにおいては十分に効果があるのに対して、イエローポプラ(*Liriodendron tulipifera* L.)の様な腐朽し易い広葉樹材において効果が小さいので、対象樹種の特定制が問題である。

⑧ 液状PF樹脂で接着した無処理ボードは、一般に、粉末状樹脂で接着したボードよりも腐朽に対する抵抗性があったが、溶出ということでは、明らかな差はなかった。

なお、ACA, TBTO及びCu/FIで、処理した(T-7, 8)パネルの野外曝露試験が、ミネソタとミシシッピーで実施中である。又、フェンスと端部を半分土壤中に埋めたパネルについての強度減少及び生物劣化のタイプについての調査も行われることになっている。

(1985. 7. 10受理)