

防腐・防虫合板の研究開発の動向*

西 本 孝 一**

Recent Trends in the Research and Development of Preservative-treated Plywood and Insecticide-treated Plywood*

Koichi NISHIMOTO**

は し が き

近年の木造住宅等建築は、工場加工されたプレハブ工法や、枠組壁工法なども多く採用されている。したがって、木質部材も一部加工部材から、モジュール化された工場多量生産型加工部材へと質的变化が起りつつある。さらに建築物の外装用部材としての合板の需要も、年々増加する傾向にある。

合板は材料の厚さが薄いため、一度腐朽・虫害を受けると、わずかな被害でも強度低下は激しく、しかも部分的補修が困難なため、同様な環境に利用されても、板材に比べてその耐久性に高度な性能が要求される場合が多いと考えられる。わが国の合板の大部分は、南洋材から生産されている点、ヒラタキクイムシなどの虫害を受け易いし、比較的比重の小さい樹種が多いため腐朽し易い区分に属する。そのため、無処理のまま外装用に使用して1～2年で使用に耐えなくなる。特に、芯板の木口面からの腐朽例が最も多い。1類合板以上の耐水性を要求するものは、内装、外装に関係なく、すべて水分と関係が深い場所で使用されると考えると、そこでは必ず腐朽またはシロアリ食害が遅かれ早かれ起るものと予想される。また、湿度の少ない場所での使用時には、乾材食害虫の被害を受ける可能性が大きい。したがって、構成している単板が生物によって破壊されてしまえば、いかに接着剤が優良で接着状態が良好であっても、使用に耐えなくなってしまうので、合板の防腐・防虫性能付与は重要な項目となる。

合板工場において製造工程中に保存処理方法を組み入れた時、どのようになるかを示したのが第1図である。原木丸太から単板→接着→成板→製品という形態の変化と製造工程に応じ、実用化しうる段階での組み入れ方をしたもので、当然、それにとまなう障害もあると考えられるので、予想されるものを記載した。

第1図に示すすべての処理方法を説明するのは、時間の都合上不可能であるから、焦点を接着剤への薬剤の混入法にしぼり、現在までの研究成果ならびに製造上での問題点を説明することとする。

1. 防虫合板

建築物における虫害発生実態について調査された結果の一例を第1表に示す。この調査結果を要約すると、(1)建物の構造別による被害発生の差はない。(2)被害は全国的に発生し、地域別の差は見られない。(3)竣工後3年以内の被害発生率は25%である。同様に家具・建具類は購入後3年以内の被害発生率は約29%である。(4)被害の約80%は2年以内に発生している。(5)被害発生が1～2年に集中していることは、ヒラタキクイムシの生態から考えて使用された材料が、すでに被害材であったものと考えられる。(6)虫孔が直線状に

* 本文は1982年5月14日第37回木研公開講演にて講演したものを録音して文章にしたものである。

** 木材防腐防虫実験施設 (Research Facility for Wood Protection)

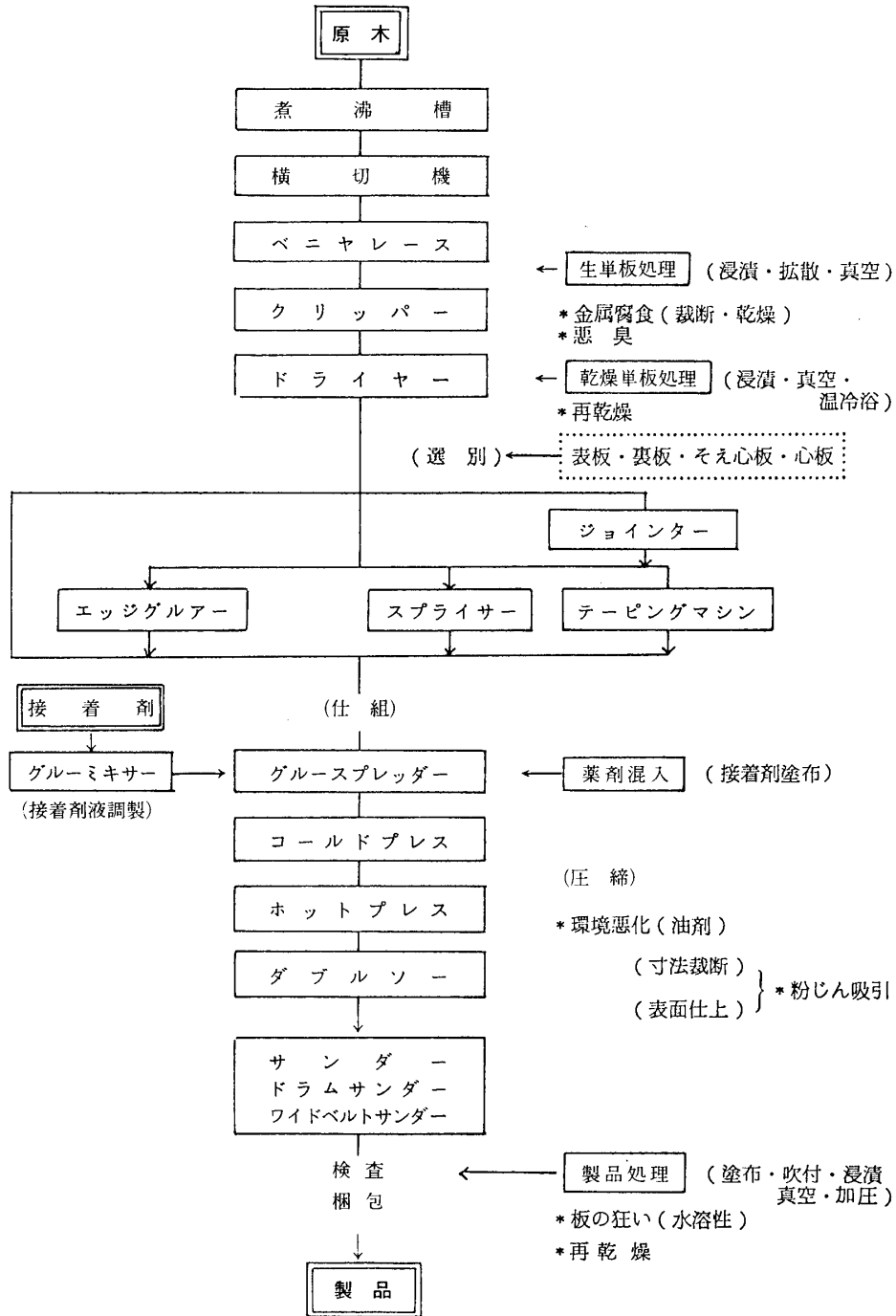


図 1.

見られるものは、パネルやフラッシュドアーなどに使用された桧木の被害を示す。(7)虫孔径 1~2 mm のものが90%を超えていることは、被害の大部分がヒラタキクイムシによることを示している。(8)塗装の有無は被害発生と関係がない。(9)材料別(板材・角材・合板)の被害発生に大きな差はない。(10)ヒラタキクイムシによる被害を防ぐためには、薬剤処理により完全に防虫性能を有する製材品や合板を供給することが肝要である。

防虫合板を製造するにあたり種々問題になる点があるが、最も重要な問題は接着剤に入れた防虫剤が、ど

表1. 虫害発生実態調査

調査票発送数 回収数	2698通 591通		
内訳 被害あり	171通	28.9%	
建物部材	148通	25.0%	
家具建具	121通	20.5%	
	1年以内	1～2年	2年以降
建物部材	58.8	27.0	14.2
家具建具	55.4	25.6	19.0
戸建住宅	37.7	21.1	34.1
共同住宅	2.4	1.7	3.0

へのように、どの程度合板中に分布するか、ということである。このことは直接防虫効力にも、影響してくる問題であるが故に重要である。この問題に関して筆者が行った実験結果について報告する。

本実験では、 C^{14} でラベルしたクロルデンを防虫剤として用い、尿素系接着剤にこれを混合して作製した合板について行ったものである。この合板の単板構成は、 $0.8+1.6+0.8\text{ mm}$ で、接着剤の塗布量は $32\text{ g}/900\text{ cm}^2$ 、冷圧は $10\text{ kg}/\text{cm}^2$ で室温における24時間圧縮、熱圧は 115°C で $10\text{ kg}/\text{cm}^2 \cdot 90\text{ 秒}$ の圧縮である。クロルデンの添加量は $800\text{ g}/\text{m}^3$ 、 $900\text{ g}/\text{m}^3$ 、 $1000\text{ g}/\text{m}^3$ の3段階とした。成板後1週間室内に放置した後、表層ならびに表層に近い部分、さらに接着層、合板の中央部を切断してそれを粉碎し、その部分における放射線の量を測定した。その結果は表2・3に示す。これらの結果から接着層に包埋されている量は約50%であり、熱圧することによって失われる量は約10%であることが明らかとなった。

接着剤に防虫剤を混入して作製した合板が、どの程度の防虫性能を発揮するかということについて、生物試験を行った結果は表4であって、これは等厚単板3プライの合板を用いて、その中央部分の切削面での防虫効力を試験したものである。切削面にヒラタキクイムシの成虫を20匹放ち、経時的に死虫率を測定した。この場合、芯単板の厚みを 2.8 mm 、 3.6 mm 、 4.1 mm という具合に変えて芯単板の厚みによる防虫性能

表2. 合板中の厚さ方向での C^{14} クロルデンの分布

部 位	冷 圧	熱 圧		
	$800\text{ g}/\text{m}^3$	$800\text{ g}/\text{m}^3$	$900\text{ g}/\text{m}^3$	$1000\text{ g}/\text{m}^3$
表 層	$0.01583\text{ }(\mu\text{ci}/\text{g})$	$0.00302\text{ }(\mu\text{ci}/\text{g})$	$0.00732\text{ }(\mu\text{ci}/\text{g})$	$0.00973\text{ }(\mu\text{ci}/\text{g})$
準表層	0.01630	0.01725	—	—
接着層	0.26485	0.28886	0.29385	0.34808
中央層	0.04519	0.00276	0.00368	0.00479

(註) 表 層:合板表面より 0.2 mm 厚さの部分
 準表層:表層から 0.2 mm 厚さの部分
 接着層:表板と心板と境界を中心に 0.4 mm 厚さの部分
 中央層:合板厚さの中央を中心に 0.4 mm 厚さの部分

表3. 合板中の C¹⁴ クロルデンの含有量 ($\mu\text{Ci}/15 \times 15 \text{ cm}^2$)

	冷 圧	熱 圧		
	800g/m ³	800g/m ³	900g/m ³	1000g/m ³
圧縮前の全含有量 (a)	3.8064	3.8064	4.2822	4.7580
圧縮後の全含有量 (b)	3.7232	3.1945	3.5981	3.9023
$\frac{a-b}{a}$ (%)	2.2	16.1	16.0	18.2
接着層の含有量 (c)	1.7480	1.9065	1.9394	2.2974
$\frac{c}{b}$ (%)	46.9	59.7	53.9	59.0

表4. クロルデン接着剤混入合板の防虫性能

No.	心単板の厚み (mm)	添加量 (g/m ²)	分析値 (%)	死 虫 率 (%)		
				24時間	48時間	72時間
A-1	2.8	960	0.031	4	80	96
-2	"	1200	0.042	16	86	98
B-1	3.6	960	0.035	28	78	98
-2	"	1200	0.039	24	96	100
C-1	4.1	960	0.023	22	86	100
-2	"	1200	0.028	0	54	96

表：裏単板 1.0mm, ユリア樹脂接着剤

表5. 心単板の裏割れによるクロルデン含有量への影響

No.	表		裏	
	含量 (μg)	含有率 (%)	含量 (μg)	含有率 (%)
A-1	1025	0.026	1475	0.033
-2	1300	0.026	3900	0.083
B-1	1400	0.038	1950	0.059
-2	1425	0.039	2925	0.067
C-1	1050	0.034	1825	0.054
-2	1375	0.040	1725	0.054

A: $1.0 + 2.8 + 1.0^{\text{mm}}$ B: $1.0 + 3.6 + 1.0^{\text{mm}}$
 C: $1.0 + 4.1 + 1.0^{\text{mm}}$ 1: 960g/m^3 2: 1200g/m^3

の影響についても検討した。それによると、芯単板の厚みによる影響は殆ど認められず、 960g/m^2 添加した場合でも十分な防虫効果は期待できる。接着剤混入法による防虫合板製造時において、単板の厚さ制限という問題が当然起ってくる。その点を正確にしたものが前述の試験であって、4mmの厚い芯単板で構成された合板についても十分防虫性能が期待できることが認められる。また、芯単板の裏割れによるクロルデン分布への影響ということについても表5に示す如く、裏割れ部分に薬剤が浸透し易いことを明白に物語るものである。

接着剤混入法において木部に薬剤がよく拡散し易い接着条件は、いろいろな実験の結果から総合してつぎのようである。(1)接着剤塗布後の放置時間の長短は、大きな影響を与えない。(2)冷圧時間は長い方がよい。(3)冷圧後、熱圧までの放置時間は短い方がよい。(4)接着剤塗布後の放置時間が長くて、冷圧時間も長い方がよい。(5)単板含水率は、接着力の低下が起らない範囲内で高い含水率がよい。10~15%が適当と考えられる。8%以下は避ける方がよい。(6)ユリア系またはフェノール系接着剤にクロルデンを混入し作製した合板中のクロルデンを定量分析した場合ユリア系接着剤の方が定量値は大きい。これは木部に薬剤がより拡散していることを示す。表6は接着剤を異にした場合その合板中のクロルデンを定量した結果である。

実験室的に防虫合板を製造した場合と、実際の工場での製造ラインにのせて製造した場合とでは合板中のクロルデンを定量した場合において、その値が非常に異なってくる。実験室では正確に実行される製造条件

表6. 接着剤のことなる防虫合板のクロルデン定量値

接 着 剤	添加量 (g/m ²)	合板の 比重	定 量 値		検出率 (%)
			含有率(%)	含量(g/m ²)	
ユリア系	800	0.47	0.058	274	34
	960	0.60	0.024	146	15
	1000	0.51	0.073	375	38
	1400	0.54	0.031	167	16
メラミン系	800	0.55	0.039	214	27
	960	0.59	0.030	178	18
	1000	0.53	0.066	348	35
	1780	0.46	0.072	331	19
フェノール系	735	0.63	0.037	233	32
	800	0.53	0.042	223	28
	960	0.60	0.046	276	29
	1000	0.52	0.047	247	25

も、工場規模での生産では必ずしも正確に実行されるとは限らないことが原因であろう。まず接着剤の塗布量である。接着剤の塗布量のばらつきは、1枚の単板の間でも、連続してスプレッダーに通した単板の間にも約20%以内の塗布むらが生じ易い。つぎに熱圧時におけるクロルデンの揮散による損失は約10%と前述したが、それから計算すると、製板された防虫合板中のクロルデン量は最も少いものでは、約 500 g/m³ となる。また、接着剤が熱圧によって硬化すると、その接着層に薬剤が包埋されて定量分析時に溶媒によって抽出されにくい量が50~60%あると考えられる。したがって、分析時に抽出されるクロルデン量は、約220—280 g/m³ となる。さらに定量装置、その他の回収率において、最低80%の回収率があればよいと考ええると、実際の測定値は 176~224 g/m³ の範囲となる。さらに工場規模の生産においては、接着条件の管理、単板の低含水率化、糊液中の薬剤の分散の不安定などがあるから、実験室の結果と大きな差異を生じさせる原因が多数存在するわけである。したがって、実験室における実験結果を、そのまま工場生産品にあてはめるのは、非常に危険で慎重に検討した後にしかるべき処置をするべきであると考えられる。

そこで、現在防虫合板を生産している数工場において、実際例140枚、475個の試験片についてクロルデン

表7. 工場生産の防虫合板中のクロルデン含有量と出現頻度

定量値含有率%	頻 度		定量値g/m ³	頻 度	
	実例数	%		実例数	%
<0.019-	3	0.6			
0.020-0.024	6	1.3			
0.025-0.029	28	5.9			
0.030-0.034	50	10.5	<179	33	23.4
0.035-0.039	63	13.3	180-199	25	17.7
0.040-0.044	73	15.4	200-249	45	31.9
0.045-0.049	78	16.4	250<	38	27.0
0.050-0.054	60	12.6		141	100.0
0.055-0.059	43	9.1			
0.060-0.069	34	7.1			
0.070<	37	7.8			
	475	100.0			

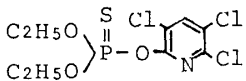
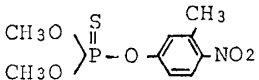
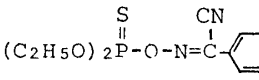
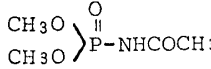
分析測定値を集めてみた。この測定は各工場のクロルデン添加量がまちまちのため、まず各合板の定量値を求め、添加量と定量値との比率を用いて異なる添加量から、すべて 960 g/m^3 の添加量の測定値に換算した。この値について重量比と容積比の出現頻度表を示すと表 7 のとおりである。これによると 0.05% 以上の定量値を得た例は約 37% で、 $0.03 \sim 0.049\%$ の例が約 56% である。また、容積比 (g/m^3) の値で、前述の有効限界量の 960 g/m^3 の混入量から理論的に各種の誤差、損失が重なって得られる定量値の最低値 (150 g/m^3) 以上の値を示した例は約 77% である。このようにクロルデンを 960 g/m^3 になるように接着剤に混入したとして、またその工場生産製品がすべて妥当な製造条件によって製造されたものと仮定して、その出現頻度が約 80% 以上になる値は、重量比で 0.035% 以上であり、容積比では 180 g/m^3 以上である。もしも、これらの定量値をえられた合板が、ヒラタキクイムンに対して有効であるということが明らかにになれば、出現頻度から考えて、これらの値が製品検査の基準値として妥当なものであると考えられる。

接着剤混入防虫合板の防虫剤としてクロルデンを使用することにはその他の種々問題点がある。たとえば有機塩素化合物であるが故に、室内に使用して人体に危険がないかどうかなどの疑問が生じてきている。したがって、1 種類の防虫剤だけでなく、より人畜に安全な薬剤での同様な処理が可能か、どの程度の薬剤量が必要かなどについて、検討を求める声が出てきている。このようなことについての最近の研究例の 2, 3 を紹介する。

クロルデン以外で現在最も有力な化合物は有機リン化合物である。それらの可能性のある薬剤は表 8 に示す。4 種類の有機リン化合物と 1 種類のカーバメイト系化合物である。これらのうち、ホキシムとフェニトロチオンについて行われた研究例を紹介する。

まず、ホキシムを接着剤に混入して作った防虫合板の防虫性能であるが、メラミン-ユリア共縮合樹脂接着剤を用いて、 $1.8+4.0+1.8 \text{ mm}$ のレッドラワンの 3 プライ合板を製造し、それに対する防虫試験を行った。ホキシムの添加量は 160 g/m^3 , 250 g/m^3 , 500 g/m^3 の 3 段階とした。防虫効力試験方法としては、成虫試験と幼虫試験を行った。成虫試験は日本木材保存協会規格第 8 号 (1979) 木材防虫剤の防虫効力試験方法(2)に準じて行った。合板試験片の中央に直径 2.4 mm の穴をあけ、これらの合板を 3 枚重ねて固着し、調湿した後、その穴に人工飼育したヒラタキクイムンの羽化脱出 24 時間以内の健全な成虫の雌雄 5 対を

表 8. 有機リン系化合物のうち木材防虫剤として有効な化合物

一般名	化学名	化学構造式
クロルピリホス	O,O-diethyl O-3,5,6-trichloro-2-pyridyl phosphorothioate	
フェニトロチオン	O,O-dimethyl-O-(3-methyl-4-nitrophenyl) phosphorothioate or O,O-dimethyl O-(4-nitro-m-tolyl) phosphorothioate	
ホキシム	(diaethoxythiophosphoryl oximino)-phenyl-acetonitril	
アセフェート	O,S-dimethyl N-acetylphosphoramidothiolate	

放ち、これを飼育ビンに移し、26℃ 関係湿度70%の恒温器で飼育し、経時的に成虫の生死を観察した。また、幼虫試験は合板試験片の芯板木口面に穴をあけ、試験片の含水率が13%になるように調湿し、その穴に産卵後約2ヶ月を経過した健全な幼虫(約5mg)を投入し、木粉で穴をふさぎ、パラフィンで被覆して、それを飼育ビンに移して、26℃関係湿度70%の恒温器に置き、投入約24時間後、2週間後、4週間後、計3回 soft-X 線で撮影し、幼虫の移動、食害状況の観察をした後、さらにこれをばらして、4週間後の幼虫の生死を観察した。それらの結果は表9に示す。この結果によると、ホキシムは 500 g/m³ の添加量であれば、十分な防虫性能があることがわかった。

つぎにフェニトロチオン添加合板の防虫性能についての実験である。ユリア樹脂接着剤(大鹿レジン #210)を用い 1.6+3.6+1.6 mm の3プライのラワン合板を作る。ただし、これらの単板には、栄養液をあらかじめ注入した。試験方法は日本木材保存協会規格第8号(1979)木材防虫剤の防虫効力試験方法(2)に準じて行った。フェニトロチオンの添加量は 200 g/m³, 400 g/m³, 600 g/m³, 800 g/m³, 1200 g/m³ とし、耐候操作を行った場合と行わない場合についてそれぞれ試験を行った。比較の為にクロルデン 960 g/m³ を添加した合板も試験した。その結果は表10のようで、無処理では3ヶ月後成虫の生んだ卵から幼虫が孵化して、さらに羽化して次世代の成虫となって合板から脱出した成虫数が10~20匹程度ある。これに対して薬剤を添加

表9. ホキシム処理合板の防虫性能

区	幼虫試験結果				成虫試験結果
	食害数/供試虫数	死虫数 ¹⁾	生虫数	不明	成虫投入後の平均寿命 (生存日数)
無処理区	13/30	3	27	0	21
1.6 kg/m ³ ²⁾	4/30	28	1	1	1.5
2.5 kg/m ³	2/30	30	0	0	1.0
5.0 kg/m ³	0/30	29	0	1	1.0

1) 投入4週間後の幼虫の生死

2) 有効成分20%

表10. SMT 添加合板の防虫性能 (1)

添加量 (g/m)	耐候操作 の有無	羽化脱出成虫数		死虫率 (%)
		表面	木口面	
200	ナシ	0	2	85.7
	アリ	0	2	90.0
400	ナシ	0	0	90.0
	アリ	0	0	100
600	ナシ	0	0	100
	アリ	0	0	96.7
800	ナシ	0	0	100
	アリ	0	0	96.7
1000	ナシ	0	0	100
	アリ	0	0	100
1200	ナシ	0	0	100
	アリ	0	0	96.7
クロルデン 960	ナシ	0	0	57.1
	アリ	0	0	67.9
無処理	ナシ	4	5	15.0
	アリ	11	7	21.4

表11. SMT 添加合板の防虫性能 (2)

せん孔防止試験

添加量 (g/m)	せん孔度			
	A	B	C	D
200	36	19	0	0
600	54	16	0	0
1000	55	7	0	0
0	46	6	7	7
クロルデン 1000	41	11	3	0

成虫に対する効力

添加量 (g/m)	試験片の 表面	供試頭数	死虫率
200	研ま面	91	15
	非々	71	66
400	研ま面	84	85
	非々	83	94
600	研ま面	84	84
	非々	85	98
0	非々	74	1

した合板ではフェニトロチオン 200 g/m³ を添加した場合を除き、すべて孵化脱出する成虫はなく、400 g/m³ 以上入れることによって死虫率も90%以上を示し、非常に防虫効力のあることが判明した。クロルデンも同様に孵化脱出する成虫はないが、死虫率において若干劣るところがある。つぎに被害を受けた材に隣接して処理合板を用いた場合、その被害材から脱出してきた成虫が、せん孔するかどうか、あるいはその処理合板の表面に成虫が接近した場合、その成虫はどのような影響を受けるか、といったことを明確にするためつぎのせん孔防止試験を行なった。試験方法としては、すでに十分に産卵された人工飼料において、やがて成虫が孵化脱出してくると思われる時期に、その両面に処理合板を接触させて固定化し、成虫がその処理合板に対しどのような反応を示すかを観察したものである。表11の上表に示す結果は6枚の平均である。せん孔度に示すA, B, C, Dはそれぞれつぎの基準による。Aはわずかな痕跡がある場合、Bはせん孔が接着層までとどいている場合、Cは接着層を貫通している場合、Dは全層を貫通している場合といったように被害度（せん孔度）を4段階に分けた。無処理合板の場合には、接着層を貫通しさらに全層を貫通したものが14個ある。一方、フェニトロチオンを添加した合板の場合には、200 g/m³ 添加においてC, Dの段階の被害は認められず、接着層でせん孔は防止されていた。もちろん 600 g/m³, 1000 g/m³ においては同様な結果であった。しかしながら、クロルデンの場合においては、接着層を貫通していたものが3個あった。また、合板の表面に成虫を接触させる方法で成虫に対する効力を測定した。合板試験片の表面を研磨した場合と、しない場合について行なったのであるが、無処理の場合においては、48時間後の死虫率はわずか1%であったが、フェニトロチオン添加量 400 g/m³ 以上になると全ての条件において死虫率85%をこえた。200 g/m³ においても研磨をしない場合においては66%の効率を示した。したがって、フェニトロチオンを接着剤混入防虫処理防虫合板に適用する場合においては、400 g/m³ の添加量で十分な防虫効力があることが明らかである。

工場生産によるフェニトロチオン混入防虫合板の薬剤の分布を調べた結果を紹介する。表・裏単板をパレピ、中板をレッドメラランチで構成し、1.0+3.7+1.0 mm の3プライ合板を作製した。接着剤はメラミン・ユリア共縮合樹脂接着剤（大鹿レジン）で、接着時の単板含水率は4%である。接着剤塗布量は 30~40 g/900 cm² で冷圧は 14~17 kg/cm² で20分~30分圧縮し、熱圧は 8 kg/cm² で100~120秒圧縮した。なお、

表12. 防虫合板中の SMT の分布（横方向）

添加量 (g/m ³)	比重 (g/cm ³)	含有率 (%)	検出率 (%)
200	0.479 0.0213 102 (51)	0.467 0.0154 72 (36)	0.494 0.0176 87 (44)
400	0.479 0.0444 209 (52)	0.522 0.0271 139 (32)	0.483 0.0353 171 (43)
600	0.482 0.0648 311 (52)	0.488 0.0430 209 (35)	0.449 0.0580 260 (43)

表13. 防虫合板中の SMT の分布（厚さ方向）

添加量	200 g/m ³	400 g/m ³	600 g/m ³
部位			
表面部	0.0012 (%)	0.0026 (%)	0.0037 (%)
接着層部	0.0474	0.0888	0.1233
中央部	0.0004	0.0017	0.0037

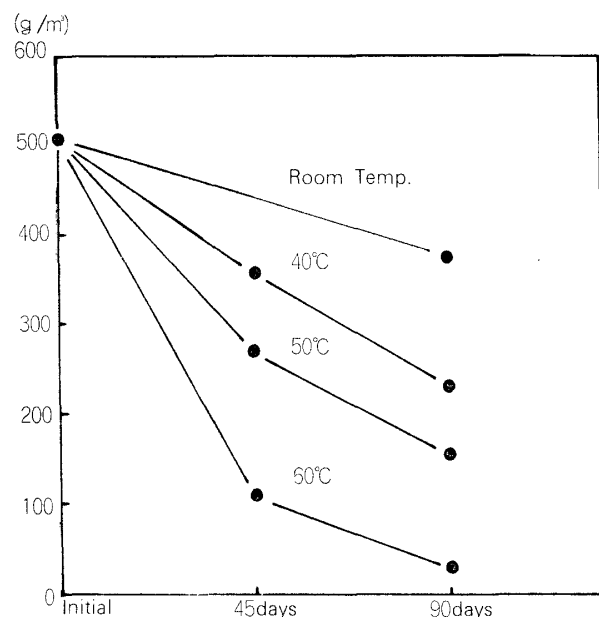


図2. 貯蔵中の SMT の変化合板

表15. 処理材からの薬剤揮散量 ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$)

処 理 薬 剤	処理後の 経過日数	ラワン板塗布		合 板 接着剤混入
		油 剤	乳化液	
クロルデン	直後	10.6	7.6	1.3
	1ヶ月後	4.6	7.9	1.5
ホ キ シ ム	直後	---	---	0.08
	1ヶ月後	---	---	こんせき
フェニトロチオン	直後	---	---	0.04
	1ヶ月後	---	---	0.02

表14. SMT 添加合板中*の定量分析

添加量 g/m^2	分 析 値 (g/m^2)		減少率 (%)
	製作直後	40°C 30日後	
200	162(81)	157(79)	3.1
400	283(71)	255(64)	9.9
600	477(80)	415(69)	13.0
800	765(96)	650(81)	15.0
1000	936(94)	889(90)	5.0

※実験室製作

モデルハウス中での揮散量

クロルデン 0.037-0.032 $\text{mg}/\text{m}^2/1$ ヶ月

フェニトロチオン 0.030-0.096 //

バラピの比重は0.36, レッドメランチの比重は0.42である。このような接着条件で通常の工場生産規模で250枚の合板を作り, それぞれフェニトロチオンの添加量を $200 \text{ g}/\text{m}^2$, $400 \text{ g}/\text{m}^2$, $600 \text{ g}/\text{m}^2$ の3段階として製造した。その合板の横方向のフェニトロチオンの分布は表12に示すとおりである。フェニトロチオンの検出量は合板の中央部において少く, 両端では若干高くほぼ同様の値を示している。しかし, これらの検出率も実験室作製の合板に比べ32~52%と低い値を示した。また, 厚さ方向の分布は表13に示す如くで, 接着層部においては添加量の如何を問わず, 非常に高い値を示し, 中央部が最も少い状態である。このようなフェニトロチオンの分布であるにもかかわらず, 防虫効力においては十分な効力を示すわけである。このような合板の経時的薬剤の変化については図2に示す。これはフェニトロチオンを $600 \text{ g}/\text{m}^2$ 添加して実験室で作製による合板について, 室温から60°Cにいたる温度において90日間放置した場合, その合板に含まれているフェニトロチオンの変化である。添加量を変えた場合, フェニトロチオンの経時の変化を測定した結果は表14のようである。この場合, 添加量が $600 \text{ g}/\text{m}^2 \sim 800 \text{ g}/\text{m}^2$ で減少率が大きく出ている。この理由は明確ではないが, 添加量を多くすることによってフェニトロチオンの揮散は大きくなるのではないかと、いうこ

とが推定される。このような防虫処理合板が内装材料として使われたり家具として使われた場合に、どの程度の薬剤の揮散があるかということは重要な問題である故、検討してみた。適当な大きさに合板を切断し、それをデシケーターに入れて40℃で1週間放置し、そのデシケーターの空気中に揮散する薬剤量を測定した。その結果は表15である。また、当研究所に設置されたモデルハウス内での揮散量も表中に示す。これによると接着剤混入法防虫合板の場合、極めて揮散量が少ないことがわかった。またモデルハウス内での揮散量も非常に微量であるということが明らかになった。以上のようなことから、このような薬剤をそういう場所に使用しても、一応危険性がないということが言えるのではないかと考える次第である。

2. 防腐合板

防腐合板についての考え方をまとめてみると、最近合板を構造部材として利用することが多くなってきているので、当然耐久性の高い性能が要求される。そのため、接着力の耐久性のみでなく、生物劣化に対しても抵抗性の大きい性能が要求され、防腐防蟻性能のある合板の必要性が高まりつつある。防腐合板を作る上においての処理方法としては、表面処理、単板処理など図1に示したようにいろいろな方法がある。表面処理法については、うすい合板や現場施工的な意味では十分効果を発揮し得るが、防腐合板として製品化するには、合板厚さが厚くなる程性能的に不安が多い。また、構造的に利用される場合は厚もの合板が多く、かつ高度の防腐性能の要求も強いので合板全体に薬剤が分布していることが必要となってくる。その為塗布・吹付け・浸漬のような表面処理方法では、とくに厚もの合板の場合内部まで薬剤の浸透が困難であると考えられる。全層に薬剤が分布している合板を経済的に、また技術的に安定して供給し得る処理法としては単板処理、加圧処理、接着剤混入の3法が考えられる。この中で接着剤混入法についてはまだ十分な性能を発揮するものが完成していない。防腐薬剤の選択と剤型を工夫することによって、十分な性能を発揮することが

表16. 防腐合板用（接着剤混入法）防腐剤

一般名	化合物名	急性毒性	溶 媒
IF-1000	4-chlorophenyl-3-iodopropargyl formal	1250 (M)	benzene, toluene, xylene, methanol, acetone, petroleum solv.
TBT-P	tributhyltin-phthalate	167 (M)	all organic solv.
DCFN	N-dichloro-N-phenyl-N'-fluoro-dichloromethyl-thiosulfamide	2500 (R) 1000 (C)	ethylene chloride, ethyl acetate, xylene,
IT-510	N-4-methyl-phenyl maleimide	550 (R)	acetone, DMF, benzene, toluene, xylene
DP-1104	diiodomethyl-p-tolylsulfone	10000 (M) 9400 (R)	DMF, acetone, benzene, xylene, toluene, ethanol
TBP	tribromophenol	5000 (R)	acetone, methanol, benzene, hexane
NCH-A1	N-nitroso-N-cyclohexyl-hydroxylamine-A1	5610 (R) 4000 (D) 1600 (R)	benzene, methylene chloride, methanol, acetone, toluene, chloroform
EBIP	3-ethoxycarbonyloxy-1-bromo-1,2-diiod-1-propene	1000 (M) 1000 (R)	acetone, toluene, kerosene, mineral spirit
BUSAN30	2-(thiocyano-methylthio)-benzo-thiazole	10000 (R) 4790 (R)	ethanol, carbon tetrachloride

可能である。勿論これに関連する実験結果も 2, 3 得られているが、一般製品として誰でもその処理方法で良い性能を付加できるかどうかは非常にむずかしく、未解決の部分が残されている。

現在、生産され利用されている防腐合板では、加圧処理が主たるものであるが、使用されている薬剤は JIS K 1550 または JIS K 1554 に規定されている水溶性防腐剤である。ただ、この場合考慮しなければならないことは、効力の問題よりもむしろ公害および人体に対する安全性の問題である。もし、このような合板が多量に生産され建材として流通した場合に、合板という表面積の広い材料であることを考える時、建築現場または各工場において野積みになると、合板の表面にも多量の雨水がかかることが予想される。この時に合板中に含まれている薬剤が雨水にとけ出して、土壌または下水中に流れ込むと、これらの薬剤中にあるクロム、銅、ヒ素化合物が公害という点から非常に危険性をもたらす可能性が多い。

防腐処理として使用される合板の用途を考えると、建物の下地板、下見板、屋外掲示板、船舶用などで、水に接したり、土に接したりする場所に使用されることが非常に少ない。このように使用環境が比較的生物劣化に対してゆい環境であって、薬剤が全層にわたって分布しているという 2 つの条件を考えると、薬剤吸収量は電柱や杭のように多くする必要はないと考えられる。ただ、合板の用途も今後ますます多様化するものと考えられるので、ゆい環境には少ない吸収量のものを、きびしい環境には吸収量の多いものというように使い分けた方が経済的であろう。

このような意味において、防腐剤を接着剤に混入し、製造する防腐合板について、今まで実験をし、結果が示されている代表的な例を紹介することにする。接着剤混入防腐合板に適用し得ると考えられる防腐剤をあげてみると、表16のようである。

実験 I

7 種類の防腐剤について、添加量を一応 1 kg/m^3 を標準として合板を作製し、その防腐効力性能を JIS K 9302 の試験方法に準じて試験した。表・裏単板は 1.6 mm 、芯ならびにそえ芯単板は 3.1 mm とし、5 プライ、 12 mm のメラランチ合板とカポール合板を作製した。メラランチの表・裏板の含水率は 9.7% 、芯単板は 9.0% 、カポールの表・裏単板の含水率は 11.2% 、芯単板は 8.2% であった。比重はメラランチが 0.40 、カポールは 0.60 である。接着剤としてはメラミン・ユリア共縮合樹脂接着剤（大鹿レジン PWP 8号）を用い、塗布量は 38 g/900 cm^2 、堆積時間 5 分、冷圧時間 10 kg/cm^2 で 30 分、放置時間が 5 分、熱圧条件と

表17. 各種防腐剤による防腐合板の防腐性能 (1)

薬 剤	添加量 (kg/m^3)	含有率 (%)	メラランチ		含有率 (%)	カポール	
			カワラタケ	ヒイロタケ		カワラタケ	ヒイロタケ
無処理	0	---	17.6	12.2	---	11.1	5.1
IF-1000	0.5	0.040	52	74	0.060	51	77
	1.0	0.100	89	86	0.120	64	77
TBT-P	1.0	0.131	50	43	0.154	28	45
DCFN	1.0	0.057	52	52	0.080	55	63
IT-510	1.5	0.086	13	0	0.123	10	16
DP-1104	1.0	---	65	57	---	69	71
TBP	3.0	0.036	43	39	0.036	44	65
NCH-AL	0.5	0.019	26	89	0.028	19	86
	1.0	0.058	55	97	0.108	37	92

- (註) 1. メラミン・ユリア共縮合樹脂接着剤
 2. 表・裏単板 1.6 mm 芯・そえ芯単板 3.1 mm
 5 プライ 12 mm 構成
 3. 単板含水率および比重 メラランチ

しては120℃、10 kg/cm² で5分とした。それぞれの合板について生物試験を行うと同時に、その合板中の薬剤量を定量し、表17にその結果を示した。薬剤によってその定量した場合の検出率は異なるが、おおよそ30～40%の検出率である。表17に示す数値は防腐効力値であって、この実験に関する限りは IF 1000 を1 kg/m³ 入れた場合が、一応 JIS に示す性能基準に合格するものであった。しかしながら、合板の使用場所・目的などを考えると生物劣化の程度は必ずしも激しいものとは限らない。したがって、防腐効力値80以上という JIS 性能基準をそのままあてはめることには疑問である。もう少し低い効力値に基準をおいても実用上差し支えないとするならば、その値をどの程度にするかによっていろいろの考え方が出てくる。仮に効力値60以上で安全であると考えた場合は、IF-1000 および DP 1104 (アミカル48) が合格する。ただし、NCH - Al はカワラタケに対しては効力は低いが、ヒヨロタケに対して抜群の効力があることから、他の薬剤との混合によって十分使用されることを示唆している。

実験Ⅱ

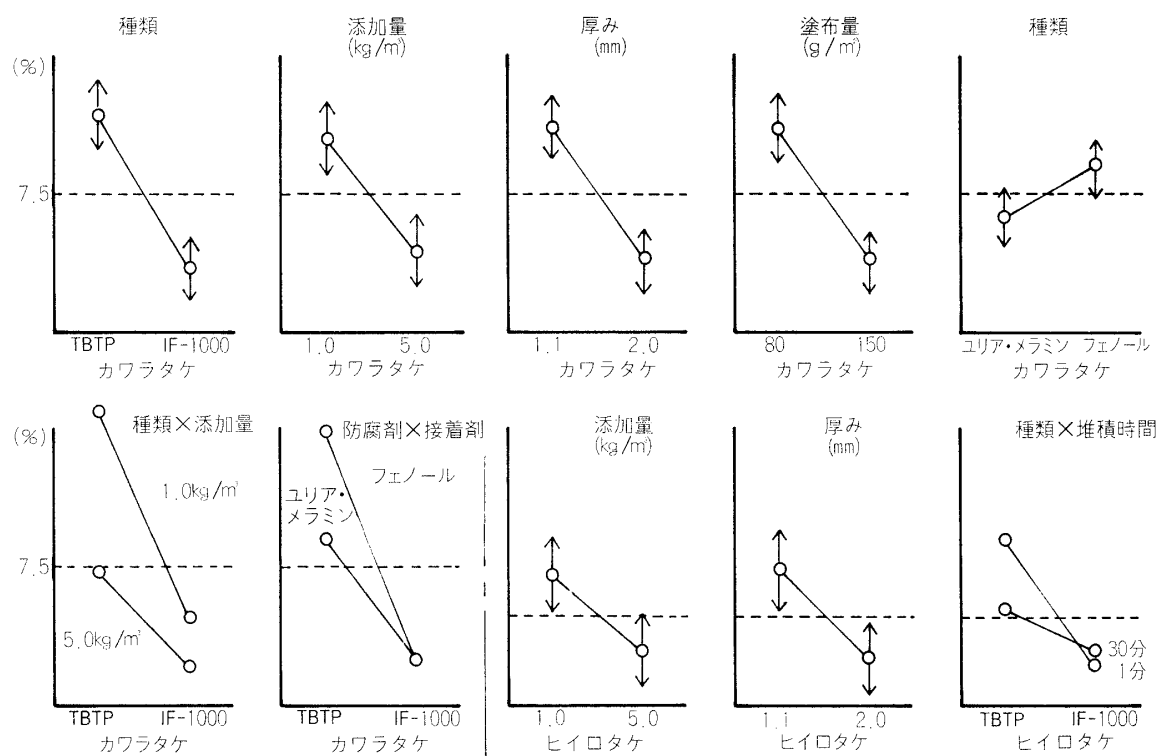
薬剤として、アルボーレン F-22[N-(1, 1, 2- trichloro-2, 2- difleoroethylthio)-methan sulfonanilide], IF-1000, TBT-P, TBP, TBZ [2-(4 thiazol)-benzimidazole] を使い、1 mm 単板、等厚ラワン5 プライ合板をフェノール系接着剤を用いて、塗布量 80 g/900 cm²、熱圧条件140℃で 7.5 kg/cm² 5分間、という接着条件で作製し、二元配置による実験ならびに直交配列表 L₁₆ による実験によって防腐効力を検討した。供試菌としてはカワラタケを用い、薬剤の添加量 1 kg/m³、5 kg/m³、7 kg/m³ については、耐候操作なしの防腐性能を試験し、添加量 3 kg/m³ についてはウェザーメーターによる耐候操作を行った後の防腐性能を試験した。耐候操作の条件としては、ウェザーメーター200時間（天然曝露1年目に相当）、600時間（天然曝露3年に相当）、1000時間（天然曝露5年に相当）とした。その結果は表18に示すとおりである。これによると、アルボーレン F22の 5 kg/m³、7 kg/m³、IF-1000 の 1 kg/m³ 以上、TBTP の 7 kg/m³ 以上は一応効力があると判定し得る。TBP ならびに TBZ、とくに TBZ については防腐効力は非常に低いと考えられる。また、耐候操作を行った場合においても、IF-1000 はすべての場合に効力があるが、アル

表18. 防腐合板の防腐性能 (2) 二元配置による実験

薬 剤	添加量 (kg/m ³)	耐候ナシ ¹⁾ 効力値	耐 候 (月)	効力値 ^{1) 2)}
ABR	1	0	1	73
	5	79	3	67
	7	82	5	61
IF-1000	1	84	1	96
	5	87	3	89
	7	93	5	89
TBT-P	1	59	1	66
	5	59	3	66
	7	75	5	48
TBP	1	43	1	67
	5	56	3	62
	7	67	5	58
TBZ	1	11	1	55
	5	22	3	50
	7	30	5	48
無処理		25.7		46.3

註 1) 供試菌 カワラタケ

2) 添加量: 3kg/m³

図3. 防腐合板の防腐性能 (2) 直交配列表 L_{16} による実験

ボーレン F 22, TBTP はウェザーメーター1000時間で効力の低下がみられた。また, TBTP と IF-1000 についての直交配列表 L_{16} に準拠した条件での実験では, 図3に示す試験条件が95%以上の信頼度において有意な因子である。カワラタケでの試験とヒイロタケでの試験とではその条件は若干異なるが, すべての条件において IF-1000 の方が優秀な防腐剤であり, IF-1000 を添加することによって十分な防腐合板が製造できることを確認した。

実験Ⅲ

防腐剤として IF-1000, EBIP (3-ethoxycarbonyloxy-1-bromo-1, 2-diiod-1-propene), Busan 30 [2-(thiocyanomethylthio) -benzothiazole] ならびに NCH - Al を選び実験した例を紹介する。

本実験は当研究室において計画したものであって, 単板樹種としてはレッド・メランチ (ボルネオサバ産), 単板構成は $0.8+2.4+0.8$ mm, 仕上げ 4.0 mm, および $0.8+3.9+0.8$ mm, 仕上げ 5.6 mm の2種類とした。接着剤としては, メラミン・ユリア共縮合樹脂およびフェノール樹脂の2種類を使った。接着剤の塗布量は, メラミン・ユリア共縮合樹脂接着剤は仕上げ 4.0 mm 合板では 32 g/900 cm^2 , 5.6 mm 合板では 40 g/900 cm^2 , フェノール樹脂接着剤は 4.0 mm 合板では 36 g/900 cm^2 , 5.6 mm 合板では 42 g/900 cm^2 とした。接着条件は一般的な方法であり, 防腐効力試験には供試菌としてオオウズラタケ, カワラタケ, ナミダタケを用いた。腐朽期間は8週間, 12週間とし, 耐候操作としてはつぎの6種類を行なった。すなわち, 60°C の熱風循環式乾燥器に合板試験片を入れ, 薬剤の揮散を促進する操作を3ヶ月, 6ヶ月, 9ヶ月, 12ヶ月間行うこと, 静水に6時間浸漬し, 60°C の乾燥器に18時間入れ揮散する1日1サイクルの乾湿繰返し操作を30回, 90回行うことである。すべての結果はまだでていないが, 現在まで結果の出ている一部を報告すると, 表19のようである。耐候操作をしない時は IF-1000 で $0.8 \sim 1 \text{ kg/m}^3$, EBIP で $1 \sim 1.2 \text{ kg/m}^3$, Busan 30 で 2.4 kg/m^3 , NCH-Al はカワラタケには効力はなかった。この場合1つおも

西本：防腐・防虫合板の研究開発の動向

表19. 各種防腐剤による防腐合板の防腐性能 (3)

薬 剤	添加量 (kg/m ³)	耐候操作なし		耐候操作あり	
		8 週間	12週間	8 週間	12週間
無処理	0	19.5	33.4	25.4	43.1
IF-1000	1.2	85	87	87	94
	1.0	79	86	88	94
	0.8	67	80	71	56
	0.6	40	50	41	26
EBIP	1.2	84	92	93	97
	1.0	58	66	89	92
	0.8	47	70	70	82
	0.6	39	46	74	81
BUSAN-30	2.4	77	77	37	67
	1.0	43	47	22	28
NCH-AL	1.2	14	9	0	0
	1.0	0	0	4	0

表20. 防腐合板の接着力試験結果

薬 剤	添加量 (kg/m ³)	常 態		煮 沸	
		メランチ	カプール	メランチ	カプール
無処理	0	100(90)	100(80)	100(10)	100(15)
IF-1000	1.0	108(25)	117(10)	82(0)	100(10)
	0.5	128(15)	84(55)	89(0)	100(10)
TBR-P	1.0	80(65)	103(30)	92(5)	76(0)
DCFN	1.0	93(90)	110(15)	97(0)	87(5)
IT-510	1.5	104(35)	103(25)	61(0)	50(0)
DP-1104	1.0	93(65)	106(45)	103(10)	103(15)
TBP	3.0	83(20)	94(20)	58(0)	60(0)
NCH-AL	1.0	104(10)	92(15)	58(0)	50(0)
	0.5	111(60)	97(10)	55(5)	77(5)

しろい現象は、耐候操作（静水6時間—60℃ 18時間 30サイクル）を行った場合においては、IF-1000 ならびに EBIP の防腐効力とくに EBIP の防腐効力は非常に上昇した。この理由として60℃に 540 時間曝露することによって、接着層に包埋されている薬剤が一部揮散もするが、その過程で木部に拡散沈着することが考えられる。

以上2・3の防腐合板の実験結果を報告したが、現在のところ決め手になる薬剤の候補としては、有機ヨード系化合物があげられる。この系統の薬剤を用いて正常な条件で製造された場合には、接着剤混入法でも十分な防腐効力を発揮するものと考えられる。

最後に防腐防虫処理合板の必要性を考えてみる。パネル構造においては、外壁パネル、浴室まわりパネル、屋根パネルに被害が多く見られ、老朽した1枚のパネルについての腐朽部分はつぎのように指摘されている。

(1)アンカーボルト穴周囲(2)パネル下枠に打ちこまれた釘の周囲(3)パネル下枠の両木口部分(4)たて枠の足元木口部分(5)パネル足元部分の合板と下枠(6)パネル相互を緊結したときの両パネルたて枠(7)パネル内部の下枠

から 20 cm 以内の木部。

このような状況からも、軸組構造でも、パネル構造、枠組壁構造とも腐朽、蟻害をうける個所は同一個所とみてよく、とくに足元回りの被害が大きい。

合板の構造的利用を計るときは、上下枠ならびにたて枠の見付け面を合板で覆って始めて効果を発揮する。もし、合板の下縁が腐朽していれば、枠は四角形を維持することができず、丁度人間の足のかかとを傷めれば、他の部分が健全であっても立ってられないのに等しい。また、下枠あるいは合板を打ちつける土台が腐朽していても同様のことがいえる。さらに、合板と枠あるいは土台をとめつける釘は、木材以上に腐食が激しく、釘が錆びれば、これら両者をとめつけていないのに等しい。少なくとも構造利用を計るときは、合板、枠、釘が三位一体でなければならない。合板は大きな面を覆うことができ、そのため板で面を覆うのに比較して、継目の総延長は短くてすみ、パネル内へ、また軸組内へ水分の浸透を少なくできるなどの利点があり、枠材を保護することもできる。以上のような理由で、合板の構造的利用上、その耐久性、耐蟻性は、建物の耐久性上重大なかかわりをもっており、処理合板によって骨組が包まれることによって、建物の耐久性が確保されるといっても過言でない。

住宅生産は工業化を指向し、湿式工法から乾式工法へと移行、構成材化、工法の簡易化、現場労務の削減、省力化の方向が求められ、性能の向上に対する要求とともに、部品の多くは工場生産品へと移り変っている。このような状況の中で、工場生産品である合板は、今後の構造的利用面での拡大を考えると、構造材料としての必要性能の一つである耐久性の付与が、従来のように現場で薬剤を塗布するといった姑息な手段がとられている状況は問題が多い。所要の防腐・防蟻防虫効力があり、品質の安定した、信頼性の高い処理合板の出現が強く望まれ、新しい木質建材の方途を示すものと言えるであろう。