

## (研究資料)

*Fomes pini* 腐朽材の性能評価*Fomes pini* 腐朽材研究班<sup>(1)</sup>

Research group for Lumber decayed by *Fomes pini*: Evaluation  
of the performance of Lumber decayed by *Fomes pini*  
(Research note)

**要旨** *Fomes pini* 菌によって腐朽した木材を実用に供した場合に、この菌による障害が生じるか、否か、またその材質評価を行って JAS に関連する資料を得ることを目的とした。

供試材は国産エゾマツとカナダ産ウエスタンヘムロック、ダグラスファー、スプルース等の樹種を使った。

耐朽性については、腐朽度が進むほど多孔質となり、吸水速度が大きくなるためか、健全材に比べて、他の木材腐朽菌によって腐朽し易くなる。温度と湿度が異なる4つの環境下に18か月間放置しても、実用上支障のある強度低下は生じなかった。また、それぞれの環境下に放置された材中の *Fomes pini* 菌は18か月後においても生存しているものが多かった。204実大材の曲げ強さは腐朽度が大きくなるに従って低下し、機械による応力等級区分の必要性が示された。くぎ保持力は腐朽度が大きくなるほど低下するが、目視による腐朽度の等級区分とくぎ保持力とは必ずしも一致しない場合があった。

以上の結果から、この腐朽材を実用に供しても *Fomes pini* 菌による障害は起らないという米国の報告と同じ結論が得られた。しかし、初期腐朽時において *Fomes pini* 菌による腐朽か、他の菌による腐朽かを区別すること、ならびに腐朽度の大小を適切に評価して区分する技術が未だ確立されていないので、今後 JAS 化にあたってはこの点について慎重に検討すべきである。

## 1. ま え が き

我が国における枠組壁工法構造用製材の日本農林規格は昭和49年7月8日農林省告示第600号として制定された。そのなかでは「腐れ」はいかなる腐れも区別せずに取扱っており、腐朽材を構造用製材に含めていない。これに対し北米では *Fomes pini* という立木腐朽菌による腐朽材を White Specks または Honeycomb (合板では White Pockets) と呼び、他の菌による腐れ (Decay) とは区別して評価し、規格の中に *Fomes pini* 菌による腐朽材を含めている。

我が国で使用されている枠組壁工法構造用製材の大部分は米国とカナダから輸入されているので、この両国は *Fomes pini* による腐朽材の取り扱い方を北米の規格と同様にしよう我が国に対して強く要望してきた。

その理由として、① *Fomes pini* 木材腐朽菌<sup>(1)~(5)</sup> は立木に侵入して心腐れを起す菌であるが、製材後、この菌はその材の中で活動せず、腐朽が進行して強度低下を起すことはなく、また他の健全材に蔓延したりすることもない、② *Fomes pini* 菌による腐朽材には多数の小さな穴があいているが、残部の木質部はしっかりしていて、実用上の支障にはならないこと<sup>(6)~(7)</sup> をあげている。

このような腐朽部分をもった製材品に対して、規格に関連する資料を得ることを本研究の目的とし、つ

ぎに示す事項について、検討を加えた。

- (1) *Fomes pini* により腐朽している部分の耐朽性の評価
- (2) 健全材と比較した、腐朽材の吸水性の評価
- (3) 腐朽材を各種の温・湿度条件下で保管し、あるいは使用した場合、時間の経過とともに強度性能が変化するか。また、そのような環境で保管あるいは使用したとき、木材内部の菌の生死はどうか。
- (4) 目視によって腐朽度の大小を定性的に評価し、等級区分したとき、それぞれの等級区分の製材品の強度性能およびくぎ保持力は、それらの等級区分と関連するか。
- (5) 合板張り耐力パネルの枠材や内部の積木にこの腐朽材を使用した場合に、そのパネルは耐力性能上支障を生じるか。

以上の項目について検討を加えた結果、北米で考えているように *Fomes pini* 腐朽菌による腐朽材は製品の段階で正しく評価し、適当な用途に使用すれば、実用上支障がないことが明らかになった。各試験項目ごとにその結果を報告する。

## 2. 研究組織

本研究は、林業試験場内に *Fomes pini* 腐朽材研究班をつくり、各検討項目を次のように分担して実施した。

担当項目	所属	担当者
研究班主査	木材利用部長	雨宮 昭二
耐朽性・吸水性	木材利用部・防腐研究室	松岡昭四郎・鈴木憲太郎
各種環境下における強度変化	同上 材料性能研究室	中井 孝・田中 俊成
204 実大材の曲げ強度	同上 同上	同上
くぎ保持力	同上 性能開発研究室	金谷 紀行
合板張りパネルの耐力性能	同上 構造性能研究室	畑山熾男・平嶋義彦・神谷文夫
菌の同定、生死の判定	保護部・菌類研究室 (現在北海道支場)	林 康夫

## 3. 供試材

この試験に使用した木材は次に示す経過で入手し、あるいは製材したものである。

### a 国産エゾマツ腐朽材

北海道定山溪営林署管内において、*Fomes pini* が侵入したエゾマツ (*Picea jezoensis*) の生立木を 1978 年 12 月に伐採し玉切った丸太と、同時期に同地の土場にあった *Fomes pini* によって腐朽したエゾマツ丸太とを各々一本ずつ入手した。これらの丸太の寸法は末口径 70~80 cm、長さ約 6 m であり、同月中に林業試験場に搬入された。

これらの丸太を枠組壁工法構造用製材規格の寸法型式 204 材 (厚さ 40 mm・幅 90 mm) に製材し、腐朽の程度に応じて、目視により A (健全)、B (腐朽程度小)、C (腐朽程度中)、D (腐朽程度大) の 4 等級に区分した。

## b カナダ産腐朽材

カナダ産の供試材は、2 グループに分けられた。1 グループは断面寸法 30×30 cm、長さ約 3 m のフリッチで入手したものであり、他のグループは 204 材の製材品として入手したものである。

フリッチで入手したグループはダグラスファー (*Pseudotsuga menziesii*) とウエスタンヘムロック (*Tsuga heterophylla*) (以後、単にヘムロックと記す) 各 1 本であり、1979 年 1 月に東京港に、2 月に林業試験場に到着した。いずれのフリッチも *Fomes pini* の菌と、その他の菌の侵入が認められた。これらのフリッチを林業試験場で 204 材に製材し、供試材とした。

製材品として入手したものはスプルース (*Picea* sp.) である。

いずれの材も、前述した国産エゾマツと同一の基準により、腐朽度に応じて 4 階級に区分し、試験に供した。

(雨宮昭二)

## 4. 腐朽材の耐朽性

## 4.1 試験方法

## (1) 試験体の調整

供試樹種はエゾマツ、ダグラスファー、ヘムロックの 3 樹種を用い、腐朽度を A, B, C, D に評価した製材から、下記の寸法の試験体を木取った。試験体に仕上げた後、仕上げられた試験体はこの研究が採用した腐朽度の等級 A, B, C, D に再評価し直し、区分した。

すなわち腐朽度の等級を下記のように定めた。

等級 A：健全な材で *Fomes pini* 菌による腐朽、変色等が認められないもの。

等級 B：*Fomes pini* 菌による初期の変色を示しているが、pocket はほとんど認められないもの。

等級 C：腐朽による pocket が材の一部分に高密度で分布しているもの、あるいは全面に低密度で分布しているもの

等級 D：腐朽による pocket が、材の全面に高密度で分布しているもの

以上の定義にしたがって等級付けをした例を Photo 1 に示した。

試験体の寸法は次の通りである。

エゾマツ	20×20×20 mm
ダグラスファー	} 20×20×10 mm
ヘムロック	

試験体の数：樹種、菌種、腐朽度、各供試板材ごとに 9 個を用いた。

## (2) 供試菌

エゾマツ：オオウズラタケ (*Tyromyces palustris*)

ナミダタケ (*Serpula lacrymans*)

カワラタケ (*Coriolus versicolor*)

ダグラスファー、ヘムロック：オオウズラタケ (*Tyromyces palustris*) のみ

## (3) 耐朽性試験方法

供試菌を培養する培養基、培養びん、培養条件、試験体の設置方法などは、すべて、JIS Z 2119「木材の耐朽性試験方法」に準じた。

腐朽期間は 8 週間で、試験体の重量減少量、重量減少率、比重、年輪幅などを測定した。腐朽材の耐朽性は試験体の重量減少量と、重量減少率の大小によって評価した。

4.2 試験結果

Table 1 に示すように、エゾマツの各腐朽度ごとの気乾比重は A, B, C ではほとんど同じであるが、D のみは小さい値を示した。腐朽による 8 週間後の重量減少量をみると、健全な等級 A に比べて、他の等級 B, C では多少の変動が認められたものの、大差はなかった。これに対し、等級 D の材は、供試体の比重が小さいためか大きな重量減少率を示した。

Table 2 にダグラスファーとヘムロックの腐朽材の試験結果を示した。ここでは等級 C の供試体は試験していない。ダグラスファーの供試体の比重は等級 A, B, D とともにほとんど同じではあるが、重量減少量は等級 A に比べて、等級 B は大きく、等級 D はほとんど同じである。従って重量減少率も等級 B が最も大きく、等級 A, D はほとんど同じであった。

ヘムロックの供試体の比重は等級 A に比べて等級 B, D とともに小さかった。しかも腐朽による重量減少量がこれらの等級では大きな値となっているので、重量減少率は等級 A に比べて、いちじるしく大きな値となっていた。

これらの結果から、腐朽し易さという点で健全材と腐朽材とを比べてみると、エゾマツでは著しい差はないが、ダグラスファーとヘムロックでは腐朽材の方が健全材に比較して腐朽し易いという傾向が認めら

Table 1. *Fomes pini* で腐朽したエゾマツの耐朽性  
Durability of Ezomatsu decayed by *Fomes pini*

菌種 Fungi	腐朽度 Grade of white pocket	平均年輪幅 Mean width of growth ring mm	平均気乾比重 Mean specific gravity at air dry	重量減少 Weight loss			
				mg	SD	%	SD
オオウズラタケ <i>Tyromyces palustris</i>	A	0.7	0.33	1,289	210.1	47.9	2.59
	B	0.8	0.35	1,048	147.7	36.1	5.01
	C	1.5	0.33	1,170	84.7	42.0	3.32
	D	1.1	0.26	1,293	43.4	60.3	2.85
ナミダタケ <i>Serpula lacrymans</i>	A	0.7	0.32	660	222.2	24.9	8.53
	B	0.8	0.35	608	195.0	21.9	6.63
	C	1.4	0.35	660	264.9	23.9	9.22
	D	1.2	0.25	546	69.6	26.5	2.93
カワラタケ <i>Coriolus versicolor</i>	A	0.8	0.33	381	161.0	13.4	5.09
	B	0.8	0.35	304	62.2	10.5	2.21
	C	1.4	0.34	541	111.1	19.8	3.77
	D	1.1	0.27	387	131.0	17.6	5.83

注) SD: 標準偏差  
 Note: Standard deviation  
 試験体の大きさ 20×20×20 mm  
 Size of wood specimen 20×20×20 mm  
 腐朽期間 8 週間  
 Period of fungal attack 8 weeks

Table 2. *Fomes pini* で腐朽したダグラスファーとヘムロックの耐朽性  
Durability of Douglas-fir and Hemlock decayed by *Fomes pini*

樹種 Species	腐朽度 Grade of white pocket	平均年輪幅 Mean width of growth ring mm	平均気乾比重 Mean specific gravity at air dry	重量減少 Weight loss			
				mg	SD	%	SD
ダグラスファー Douglas-fir	A	3.8	0.43	547	95	31.1	5.9
	B	2.4	0.44	659	114	36.0	7.9
	D	2.1	0.43	552	91	30.8	5.2
ヘムロック Hemlock	A	3.9	0.39	494	103	30.2	7.8
	B	2.0	0.36	802	71	53.2	4.5
	D	3.8	0.31	630	134	49.7	10.2

注) SD: 標準偏差  
 Note: Standard deviation  
 菌種 オオウズラタケ  
 Fungus *Tyromyces palustris*  
 試験体の大きさ 20×20×10 mm  
 Size of wood specimen 20×20×10 mm  
 腐朽期間 8 週間  
 Period of fungal attack 8 weeks

れた。米国の報告<sup>6)</sup>でも腐朽材の方が腐朽し易いという結果が得られている。

その理由としては腐朽材に多数の穴があいているため、水の浸透が速く、菌糸も容易に侵入して、短時間に材内部に蔓延しうるので、腐朽速度が速くなるためであると考えられる。

腐朽材の木材実質部分の耐朽性が健全材より低下しているならば、もっとはっきり重量減少量が大きくなるものと考えられる。

以上のことをまとめてみると、腐朽材の木質部の耐朽性は健全材とほとんど差はないが、製材品という材料として比較してみれば、吸水し易いことと、菌の侵入が容易なことから、腐朽材は健全材に比べて腐朽し易いと考えられる。

(松岡 昭四郎)

## 5. 腐朽材の吸水性

### 5.1 試験方法

#### (1) 試験体の作製

樹種として比較的吸水性の大きいダグラスファーと吸水性の小さいヘムロックを用い、腐朽度がほとんど健全な等級A、初期腐朽の段階の等級B、最も腐朽度の大きい等級Dの3等級のものを選んだ。

試験体の数は各樹種、各腐朽程度ごとに2体とした。寸法は厚さ4 cm、幅9 cm、長さ50 cmとし、9 cm幅の面が板目になるように木取った。

#### (2) 吸水試験方法

*Fomes pini* 菌による腐朽材の吸水性を実用的な意味で知るために、寸法型式204材の断面を用い、浸漬法によって板材に吸収される水の量を測定した。

○ 浸漬方法

ステンレスのバットに水を入れ、試験体の板目面が上下面になるよう配し、各試験体の間に 棧木を入れ、試験体相互が密着するのをさけて浸漬を行った。そのときの水温は 10°C であった。

○ 吸水量の測定

浸漬する前の試験体重量を測定した。試験体を水に浸漬した後、各浸漬時間ごとに試験体を取り出し、それらを立てかけることによって表面に付着した水滴を切った後、0.1g 感量の天秤を用いて、重量を測定した。

次に水に浸漬する前の試験体の重量と浸漬後の重量との差を求め、試験体の全表面積 (m<sup>2</sup>) で除した値を単位面積当たりの吸水量 (g/m<sup>2</sup>) とした。

5.2 試験結果

吸水量と浸漬時間との関係を図示すると、Fig. 1 のとおりである。

吸水量と浸漬時間をもとに対数目盛で図示すると両者の関係はほぼ直線で示され、雨宮らの実験結果<sup>8)</sup>と同様な結果をえた。吸水量と浸漬時間との間には次のような実験式がえられた。

$$\log Y = a \log X + \log b \quad \dots\dots\dots(1)$$

Y : 単位面積当たりの吸水量 (g/m<sup>2</sup>), X : 浸漬時間 (hr.)

a : 実験によって得られた係数

b : 最初の 1 時間の単位面積あたりの吸水量 (g/m<sup>2</sup>・hr.)

本実験結果から a, b の値を求め、Table 3 に示した。

以上の結果から、ヘムロックはダグラスファーより吸水しやすく、吸水速度も大きいことが明らかになった。また、両樹種とも腐朽度が大きいものほど、吸水速度も、吸水量も大きくなることが明らかになっ

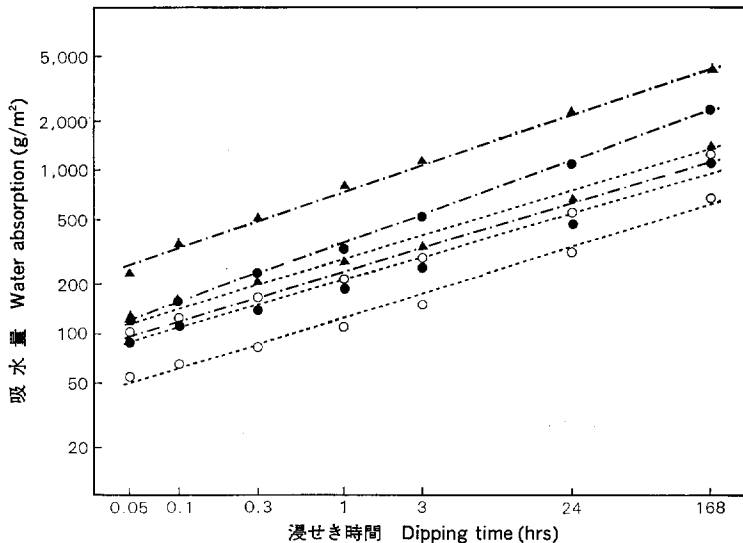


Fig. 1. 浸せき時間と吸水量との関係  
 Relationship between dipping time and water absorption  
 (試験体の大きさ Size of specimen : 40×90×500 mm)  
 樹種 Species : .....ダグラスファー Douglas-fir, - - -ヘムロック Hemlock  
 腐朽度 Grade of white pocket : ○ : A, ● : B, ▲ : D

Table 3. 吸水試験における吸水量と浸漬時間との関係を示す実験式<sup>1)</sup>  
の定数  $a$  と  $b$  の値

Value of the constant  $a$  and  $b$  calculated by the experimental  
formula<sup>1)</sup> in test of water absorption

樹種 Species	腐朽度 Grade of white pocket	$a$	$b$
ダグラスファー Douglas-fir	A	0.29	121
	B	0.30	206
	D	0.28	286
ヘムロック Hemlock	A	0.30	236
	B	0.36	360
	D	0.35	744

1) :  $\log Y = a \log X + \log b$

$X$ : 浸漬時間 (hr.)

Dipping time

$Y$ : 単位面積当たりの吸水量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ )

Water absorption by  $\text{m}^2$

$a$ : 実験によって得られた係数

Coefficient obtained in test

$b$ : 最初の1時間の単位面積当たりの吸水量 ( $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{hr.}$ )

Water absorption in 1 hr.

た。とくに初期吸収量 ( $b$ ) の値は健全な材の場合に比べて2~3倍に達している、腐朽した材は短時間に容易に水が材中へ浸透することを示している。(鈴木 憲太郎)

## 6. 各種環境下における腐朽材の強度性能の経時変化

### 6.1 試験方法

#### (1) 試験項目

次の2種類の強度試験を行った。

- ・静的曲げ試験
- ・衝撃曲げ試験

強度試験を行った各試験体について、比重と試験時の含水率を測定した。

#### (2) 試験体の保管条件

温・湿度条件が異なる下記の4つの環境下に試験体を保管した。

- ① 温度 20°C 相対湿度 75%
- ② 温度 20°C 相対湿度 90%
- ③ 温度 27°C 相対湿度 80%
- ④ 温度 4°C 相対湿度制御せず

#### (3) 試験実施時期

(2)に示した各環境下のもとに保管した試験体を、次の4つの時期にとり出して強度試験を行った。

- ・初期 (保管開始時)
- ・保管開始から 6 か月経過後
- ・同 12 か月経過後

- 同 18 か月経過後

(4) 試験体の作製

○ 供試樹種

次の 3 種樹を試験に供した。

エゾマツ、ダグラスファー、ヘムロック

○ 腐朽度

試験体の腐朽度を表わす等級 A～D のうち、ここでは、等級 A と B とを一つのグループとし、等級 C、等級 D と三グループに分けて考えることとした。

小試験体に木取ったのち、目視により材表面と木口面両者の腐朽度を判定し、試験体を区分した。各腐朽度の境界は必ずしも明瞭ではない場合もあった。

○ 試験体の数と寸法

樹種、腐朽度、試験項目、試験期間ごとに、試験体をそれぞれ 5 本ずつ採取することを目標とした。ただし、サイドマッチングにより同一部位近傍から採取したため、腐朽度が同一区分となる試験体から所定の本数得られず、1 項目 5 本に満たない場合もある。

試験体の寸法は各試験項目ごとに次の通りである。

- 静的曲げ試験……25×25×400 mm
- 衝撃曲げ試験……20×20×300 mm

(5) 強度試験方法

- 静的曲げ試験……JIS Z 2113 により、中央集中荷重方式で試験を行った。試験機はインストロン型材料試験機を、たわみの検出には精度 0.01 mm のデジタルダイヤルゲージを用いた。スパンは 350 mm、変形速度は 3 mm/min とした。
- 衝撃曲げ試験……JIS Z 2116 により能力 10 kg・m のシャルピー型の試験機を用いた。

6.2 試験結果

(1) 静的曲げ試験

各環境下に保管した試験体について、保管開始時（保管期間 0）および保管開始から 6、12、18 か月目に静的曲げ試験を行った。それぞれの保管期間ごとの試験時含水率（MC）、気乾比重（ $r_u$ ）、曲げ破壊係数（ $\sigma_m$ ）、曲げヤング係数（ $E$ ）を Table 4 に示した。

各保管環境における平衡含水率は、①の 20°C、75% RH では 15～16%、②の 20°C、90% RH では 20～26%、③の 27°C、80% RH では 14～16%、④の 4°C、相対湿度なりゆきでは 30～40% の間に分布していた。

気乾比重は、腐朽度が大きいほど小さくなると考えられたが、実測値は必ずしも、そのようになってはいなかった。

Table 4 の結果をもとにして、各環境ごとに、保管期間によって強度値がどのように変化したかを Fig. 2～Fig. 7 に示した。

エゾマツは Fig. 2、Fig. 5 に示したように、全保管期間にわたって、それほど大きな変動はみられなかった。ダグラスファーとヘムロックは、それぞれ Fig. 3、Fig. 6、Fig. 4、Fig. 7 に示したように、期間によって測定値に大きな変動がみられた。この変動は時間の経過につれて、*Fomes pini* 菌が活動し、



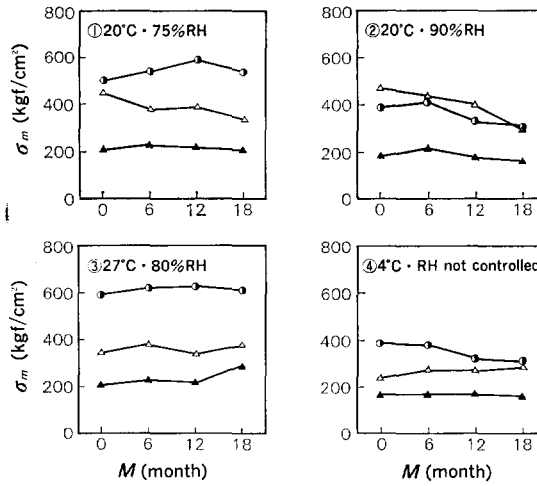


Fig. 2. 保管環境別曲げ破壊係数 ( $\sigma_m$ ) の経時変化  
 Change of modulus of rupture in static bending ( $\sigma_m$ ) with  
 lapse of time in four temperature and humidity conditions  
 —エゾマツ Ezomatsu— ( $M$ : 保管期間 Duration of stock.  
 腐朽度 Grade of white pocket: ●: A·B, △: C, ▲: D)

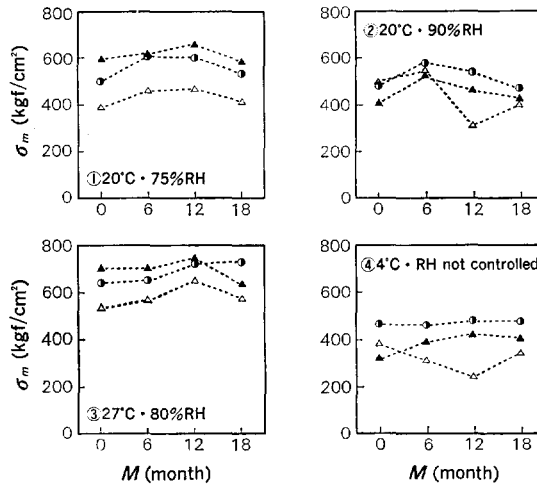


Fig. 3. 保管環境別曲げ破壊係数 ( $\sigma_m$ ) の経時変化  
 Change of modulus of rupture in static bending ( $\sigma_m$ ) with  
 lapse of time in four temperature and humidity conditions  
 —ダグラスファー Douglas-fir— ( $M$ : 保管期間 Duration of stock.  
 腐朽度 Grade of white pocket: ●: A·B, △: C, ▲: D)

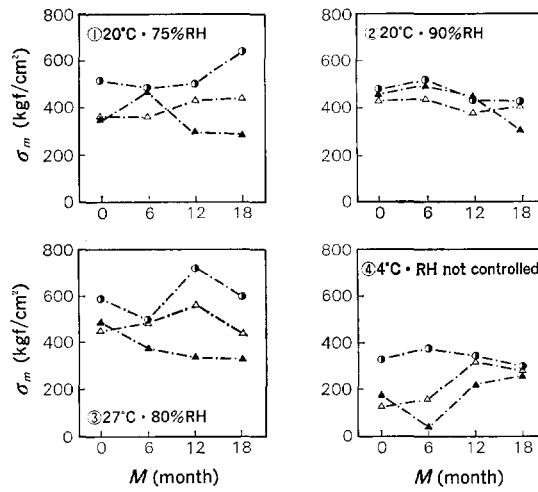


Fig. 4. 保管環境別曲げ破壊係数 ( $\sigma_m$ ) の経時変化  
 Change of modulus of rupture in static bending ( $\sigma_m$ ) with  
 lapse of time in four temperature and humidity conditions  
 —ヘムロック Hemlock— (M: 保管期間 Duration of stock.  
 腐朽度 Grade of white pocket : ● : A•B, △ : C, ▲ : D)

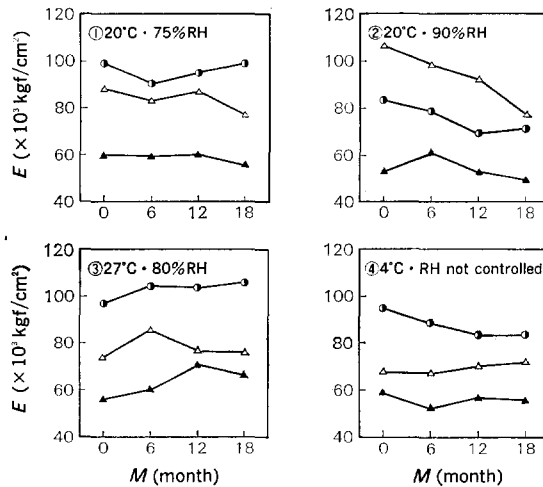


Fig. 5. 保管環境別曲げヤング係数 ( $E$ ) の経時変化  
 Change of Young's modulus in static bending ( $E$ ) with  
 lapse of time in four temperature and humidity conditions  
 —エゾマツ Ezomatsu— (M: 保管期間 Duration of stock.  
 腐朽度 Grade of white pocket : ● : A•B, △ : C, ▲ : D)

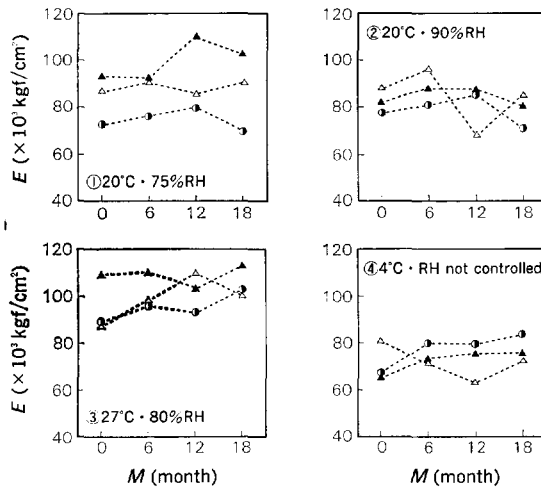


Fig. 6. 保管環境別曲げヤング係数( $E$ )の経時変化  
 Change of Young's modulus in static bending ( $E$ ) with lapse  
 of time in four temperature and humidity conditions  
 —ダグラスファー Douglas-fir— ( $M$ : 保管期間 Duration of stock.  
 腐朽度 Grade of white pocket : ● : A·B, △ : C, ▲ : D)

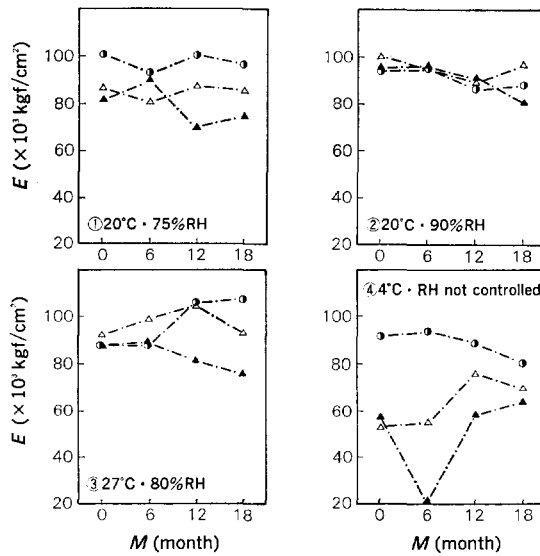


Fig. 7. 保管環境別曲げヤング係数( $E$ )の経時変化  
 Change of Young's modulus in static bending ( $E$ ) with  
 lapse of time in four temperature and humidity conditions  
 —ヘムロック Hemlock— ( $M$ : 保管期間 Duration of stock.  
 腐朽度 Grade of white pocket : ○ : A·B, ● : C, △ : D)

Table 4. 小試験体の  
Results of static bendig

保管環境 Stock condition	樹種 Species	腐朽度 Grade of white pocket	保管期間と含水率・比重・強度値				
			0 month				
			MC	$r_u$	$\sigma_m$	$\sigma_p$	$E$
① 20°C 75% RH (EMC = 15%)	エゾマツ Ezomatsu	A・B	16.5	0.39	500	291	79.2
		C	16.0	0.42	450	273	68.3
		D	16.5	0.32	209	138	39.7
	ダグラスファー Douglas-fir	A・B	14.5	0.41	505	343	72.6
		C	16.0	0.47	393	250	86.5
		D	16.0	0.51	594	427	93.4
	ヘムロック Hemlock	A・B	17.0	0.46	515	329	80.7
		C	16.0	0.40	359	236	67.0
		D	17.5	0.45	349	257	62.4
② 20°C 90% RH (EMC = 21%)	エゾマツ Ezomatsu	A・B	23.0	0.40	388	190	63.6
		C	23.0	0.44	466	233	86.5
		D	22.5	0.31	185	109	32.8
	ダグラスファー Douglas-fir	A・B	23.0	0.46	479	270	77.6
		C	24.0	0.52	488	305	88.0
		D	23.5	0.51	411	238	82.4
	ヘムロック Hemlock	A・B	24.0	0.48	473	250	74.3
		C	24.0	0.43	424	263	81.1
		D	25.5	0.49	455	260	74.8
③ 27°C 80% RH (EMC = 15%)	エゾマツ Ezomatsu	A・B	15.5	0.43	590	326	77.2
		C	15.5	0.40	343	231	53.9
		D	15.0	0.35	206	150	36.5
	ダグラスファー Douglas-fir	A・B	15.0	0.47	638	423	89.0
		C	15.5	0.51	528	375	87.7
		D	15.5	0.55	706	520	108.9
	ヘムロック Hemlock	A・B	16.0	0.44	589	367	67.7
		C	15.5	0.43	450	323	71.7
		D	18.0	0.46	487	300	67.7
④ 4°C RH not controlled	エゾマツ Ezomatsu	A・B	32.0	0.44	389	178	75.1
		C	34.0	0.45	286	142	48.0
		D	33.5	0.38	167	76	38.7
	ダグラスファー Douglas-fir	A・B	31.0	0.53	461	265	67.4
		C	30.0	0.52	378	201	80.7
		D	30.0	0.49	317	163	65.7
	ヘムロック Hemlock	A・B	34.0	0.46	327	184	71.6
		C	43.0	0.47	124	65	33.3
		D	38.0	0.48	178	83	38.2

注 MC : 含水率 (%)  
 Note : Moisture content (%)  
 $r_u$  : 気乾比重  
 Specific gravity at air dry condition  
 $\sigma_m$  : 曲げ破壊係数 (kgf/cm<sup>2</sup>)  
 Modulus of rupture in static bending (kgf/cm<sup>2</sup>)  
 $\sigma_p$  : 曲げ比例限度 (kgf/cm<sup>2</sup>)

静的曲げ試験結果  
test (small specimen)

Duration of stock in month and moisture content, specific gravity, strength										
6 month				12 month			18 month			
MC	$r_u$	$\sigma_m$	$E$	$r_u$	$\sigma_m$	$E$	MC	$r_u$	$\sigma_m$	$E$
16.0	0.40	538	70.4	0.41	588	75.2	15.0	0.39	537	78.8
16.0	0.41	384	63.4	0.41	389	67.6	14.5	0.41	338	57.2
16.0	0.32	226	39.2	0.34	218	40.3	15.0	0.34	207	36.2
16.0	0.44	604	75.8	0.42	600	79.4	15.0	0.41	532	69.5
16.0	0.46	457	90.3	0.47	464	85.6	15.0	0.47	407	90.1
16.0	0.51	607	92.5	0.53	659	110.0	14.5	0.53	583	102.4
16.5	0.44	486	73.1	0.44	500	80.5	15.0	0.44	634	77.1
16.5	0.42	358	60.8	0.41	433	67.9	15.0	0.40	440	66.1
16.5	0.43	469	70.2	0.42	294	50.5	16.0	0.42	290	54.7
20.5	0.39	413	58.4	0.39	333	49.0	21.5	0.37	310	51.2
20.0	0.40	437	78.4	0.44	403	72.2	21.5	0.38	302	56.9
20.0	0.32	221	41.0	0.34	178	32.8	21.0	0.31	159	28.9
19.5	0.45	576	80.9	0.49	533	85.1	21.0	0.44	465	70.4
20.0	0.51	541	96.3	0.53	306	68.6	21.5	0.51	401	85.1
20.0	0.52	529	87.9	0.54	461	86.9	21.5	0.51	425	80.2
21.0	0.45	513	74.9	0.47	435	66.3	23.0	0.45	417	68.1
20.5	0.41	436	—	0.42	375	69.3	22.0	0.42	399	77.0
20.5	0.46	493	75.7	0.48	437	71.3	26.0	0.47	297	61.2
15.0	0.43	618	84.5	0.43	631	83.4	13.5	0.44	609	85.8
15.0	0.40	380	65.8	0.40	342	57.2	13.5	0.38	375	55.8
11.0	0.34	226	40.5	0.34	220	51.0	13.5	0.37	290	46.4
15.0	0.45	644	95.8	0.46	716	92.7	13.5	0.49	723	102.4
15.0	0.50	562	98.2	0.51	647	109.8	13.5	0.49	571	99.9
15.0	0.54	704	110.7	0.53	745	103.4	13.5	0.53	635	112.7
15.5	0.45	499	57.7	0.45	713	86.3	14.0	0.43	595	88.2
15.0	0.41	485	78.7	0.42	558	85.3	14.0	0.40	438	73.8
17.0	0.44	378	69.1	0.46	339	61.8	14.0	0.41	331	55.9
31.0	0.42	381	67.8	0.43	322	63.1	31.5	0.43	313	62.9
30.5	0.43	265	47.1	0.46	272	50.1	30.5	0.47	281	51.5
31.0	0.36	166	32.4	0.38	173	36.6	31.0	0.37	156	34.8
30.5	0.51	460	79.7	0.51	478	79.6	30.5	0.54	475	83.3
31.0	0.52	306	71.7	0.52	241	63.4	31.0	0.54	340	72.4
29.5	0.52	389	73.3	0.55	418	75.8	29.5	0.55	403	76.2
31.0	0.45	375	73.7	0.44	341	68.7	31.0	0.43	290	60.6
31.5	0.47	155	35.1	0.48	311	55.8	31.0	0.57	282	49.5
30.5	0.43	46	2.0	0.45	221	38.3	31.0	0.50	255	44.4

Proportional limit in static bending (kgf/cm<sup>2</sup>)

$E$ : 曲げヤング係数 (10<sup>3</sup> kgf/cm<sup>2</sup>)

Young's modulus in static bending (10<sup>3</sup> kgf/cm<sup>2</sup>)

EMC: 平衡含水率 (%)

Equilibrium moisture content (%)

曲げ試験体の寸法 25×25×400 mm

Size of specimen for static bending 25×25×00 mm

Table 5. 小試験体の衝撃曲げ試験結果  
Results of impact bending test (small specimen)

保管環境 Stock condition	樹種 Species	腐朽度 Grade of white pocket	保管期間と含水率・比重・衝撃曲げ吸収エネルギー Duration of stock in month and moisture content, specific gravity, absorbed energy in impact bending										
			0 month			0 month			12 month		18 month		
			MC	$r_u$	$a$	MC	$r_u$	$a$	$r_u$	$a$	MC	$r_u$	$a$
① 20°C 75% RH (EMC=15%)	エゾマツ Ezomatsu	A・B	16.1	0.38	0.21	15.8	0.37	0.24	0.38	0.24	14.5	0.39	0.27
		C	16.8	0.40	0.22	16.0	0.40	0.31	0.37	0.21	14.5	0.37	0.19
		D	16.3	0.32	0.10	15.7	0.30	0.13	0.29	0.08	14.5	0.28	0.08
	ダグラスファー Douglas-fir	A・B	17.0	0.42	0.23	15.5	0.43	0.13	0.42	0.24	14.5	0.43	0.25
		C・D	17.0	0.50	0.31	15.5	0.50	0.29	0.50	0.38	14.5	0.51	0.34
ヘムロック Hemlock	A・B	17.5	0.48	0.32	16.0	0.46	0.28	0.45	0.25	15.0	0.47	0.32	
	C	17.5	0.41	0.21	16.0	0.39	0.19	0.40	0.20	15.0	0.39	0.20	
	D	18.0	0.43	0.21	16.0	0.44	0.17	0.41	0.14	16.5	0.40	0.08	
② 20°C 90% RH (EMC=21%)	エゾマツ Ezomatsu	A・B	24.4	0.41	0.35	19.8	0.43	0.31	0.45	0.35	20.5	0.45	0.35
		C	23.8	0.35	0.07	19.5	0.35	0.10	0.34	0.12	20.5	0.35	0.08
		D	23.7	0.34	0.11	19.5	0.37	0.12	0.35	0.10	20.5	0.40	0.11
	ダグラスファー Douglas-fir	A・B	24.5	0.48	0.24	19.5	0.48	0.19	0.48	0.27	20.0	0.46	0.31
		C・D	25.0	0.51	0.18	20.0	0.50	0.24	0.53	0.23	20.5	0.52	0.23
	ヘムロック Hemlock	A・B	25.5	0.45	0.32	20.0	0.46	0.29	0.49	0.33	23.0	0.45	0.22
C		25.0	0.41	0.21	20.0	0.40	0.18	0.40	0.15	20.5	0.40	0.16	
D		24.0	0.45	0.09	20.0	0.45	0.16	0.41	0.10	21.0	0.41	0.15	

③ 27°C 80% RH (EMC = 15%)	エゾマツ Ezomatsu	A・B	15.3	0.41	0.26	15.1	0.42	0.28	0.40	0.30	13.5	0.41	0.29
		C	15.0	0.40	0.15	15.5	0.37	0.16	0.37	0.15	14.0	0.35	0.12
		D	15.2	0.32	0.11	15.7	0.32	0.13	0.32	0.10	13.5	0.34	0.10
	ダグラスファー Douglas-fir	A・B	15.5	0.48	0.28	15.5	0.48	0.31	0.48	0.32	13.5	0.47	0.27
		C・D	15.5	0.50	0.26	15.0	0.51	0.30	0.52	0.36	13.5	0.51	0.33
	ヘムロック Hemlock	A・B	15.5	0.47	0.35	15.5	0.47	0.32	0.47	0.33	14.0	0.46	0.30
		C	16.0	0.45	0.16	15.5	0.48	0.24	0.44	0.17	13.5	0.42	0.21
		D	17.0	0.45	0.28	18.5	0.45	0.08	0.39	0.07	16.0	0.41	0.08
④ 4°C RH not controlled	エゾマツ Ezomatsu	A・B	39.6	0.44	0.24	31.4	0.42	0.31	0.42	0.25	29.5	0.41	0.21
		C	35.0	0.36	0.09	32.5	0.40	0.11	0.37	0.10	32.0	0.40	0.08
		D	33.3	0.39	0.10	31.7	0.38	0.09	0.38	0.13	32.0	0.37	0.13
	ダグラスファー Douglas-fir	A・B	31.5	0.54	0.26	32.0	0.55	0.20	0.54	0.33	30.5	0.55	0.37
		C・D	32.0	0.54	0.18	29.5	0.55	0.21	0.53	0.20	29.5	0.53	0.21
	ヘムロック Hemlock	A・B	37.5	0.48	0.27	31.5	0.46	0.21	0.45	0.19	30.5	0.45	0.22
		C	33.0	0.49	0.16	32.0	0.47	0.17	0.51	0.13	31.0	0.41	0.20
		D	124.0	0.81	0.21	34.0	0.48	0.19	0.54	0.20	37.5	0.50	0.16

注 MC : 含水率 (%)

Note : Moisture content (%)

$r_u$  : 気乾比重

Specific gravity at air dry condition

$a$  : 衝撃曲げ吸収エネルギー (kg·m/cm<sup>2</sup>)

Absorbed energy in impact bending (kg·m/cm<sup>2</sup>)

EMC : 平衡含水率 (%)

Equilibrium moisture content (%)

衝撃曲げ試験体の寸法 20×20×320 mm

Size of specimen for impact bending 20×20×320 mm

材質に変化を与えたと考えるより、期間別の試験体間の腐朽度と材質の変動が大きく影響したためと考えられる。

また、腐朽度の区分と強度値との関係についてみると、エゾマツにおいては、Fig. 2, Fig. 5 に示すように腐朽度が小さいものより、腐朽度が大きくなるにしたがって、強度値が低下しており、目視による腐朽度の判定が適切に行われたことを示している。しかしダグラスファーとヘムロックの場合は、Fig. 3, Fig. 4, Fig. 6, Fig. 7 に示すように、必ずしも腐朽度と強度値が対応していない。これは、ダグラスファー、ヘムロックの試験体数が少なかつたため、個々の試験体間の変動が強くあらわれていたと考えられることのほか、曲げ試験を中央集中荷重方式で行ったため、*Fomes pini* 菌による腐朽が局部的に集中していた場合には、その位置の影響が含まれたためと考えられる。

(2) 衝撃曲げ試験

各環境下に保管した試験体について、一定保管期間ごとに取出して、衝撃曲げ試験を行った。各保管期間ごとの含水率 (MC), 気乾比重 ( $r_u$ ), 衝撃曲げ吸収エネルギー ( $a$ ) を Table 5 に示した。

この測定値をもとにして、各環境別に、保管期間によって衝撃曲げ吸収エネルギー ( $a$ ) がどのように変化したかを Fig. 8~Fig. 10 に示した。

エゾマツは、Fig. 8 に示すように、どの環境下においても  $a$  の値は 18 か月間ほとんど変化せず、また、目視によって区分した腐朽度の大小と  $a$  の大小がほぼ対応していた。ダグラスファーとヘムロックは、Fig. 9, Fig. 10 に示すように、保管期間内における  $a$  の変動はエゾマツに比較して大きい、腐朽度の大小と  $a$  の大小とはおおむね対応しているようであった。 $a$  の値が期間によって変動した原因は、静的曲げ試験の場合と同様、菌の活動によるというより、試験体間の変動によるものと考えられる。

静的曲げ試験および衝撃曲げ試験の結果から、本試験における保管環境のような普通の使用環境下であれば、18 か月経過後でも、*Fomes pini* 菌による強度低下は生じないと考えられる。また、*Fomes pini*

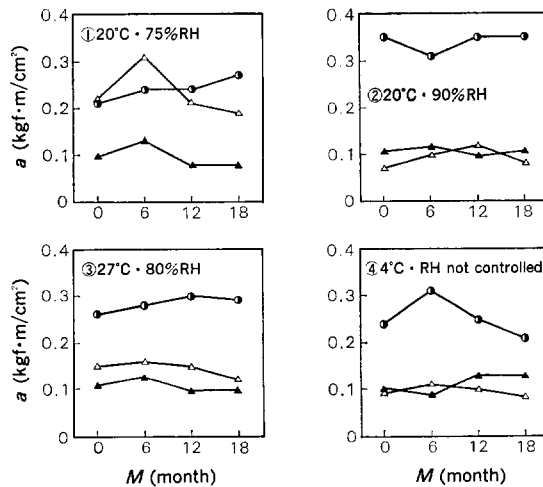


Fig. 8. 保管環境別衝撃曲げ吸収エネルギー ( $a$ ) の経時変化  
 Change of absorbed energy in impact bending ( $a$ ) with  
 lapse of time in four temperature and humidity conditions  
 —エゾマツ Ezomatsu— ( $M$ : 保管期間 Duration of stock,  
 腐朽度 Grade of white pocket: ●: A+B, △: C, ▲: D)



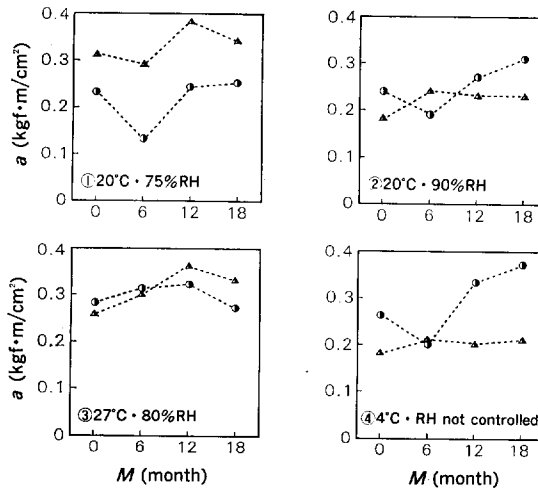


Fig. 9. 保管環境別衝撃曲げ吸収エネルギー( $a$ )の経時変化  
 Change of absorbed energy in impact bending ( $a$ ) with  
 lapse of time in four temperature and humidity conditions  
 —ダグラスファー Douglas-fir— ( $M$ : 保管期間 Duration of stock.  
 腐朽度 Grade of white pocket: ○: A•B, ▲: C•D)

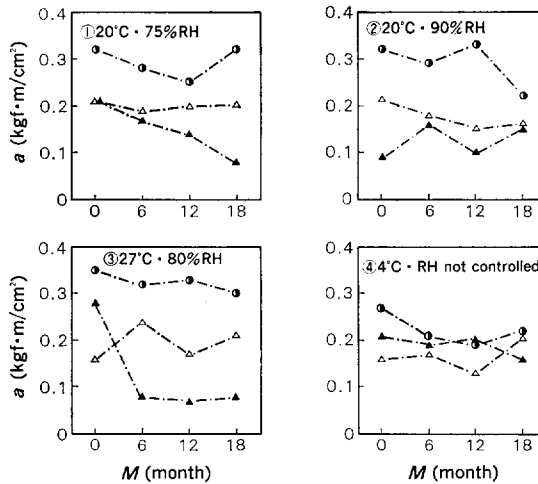


Fig. 10. 保管環境別衝撃曲げ吸収エネルギー( $a$ )の経時変化  
 Change of absorbed energy in impact bending ( $a$ ) with  
 lapse of time in four temperature and humidity conditions  
 —ヘムロック Hemlock— ( $M$ : 保管期間 Duration of stock.  
 腐朽度 Grade of white pocket: ○: A•B, ●: C, △: D)

菌による腐朽部分の分布状態によっては、目視による腐朽度の区分と強度性能との間に必ずしも予期した結果が得られない場合があった。(田中俊成・中井孝)

## 7. 各種環境下におかれた腐朽材中の菌の生死

### 7.1 試験方法

腐朽材中における *Fomes pini* の生死の判定はつぎに示す方法によって行った。

#### (1) 供試培養基

次の2種を用いた。

- a 0.5% タンニン酸加用馬鈴薯寒天培養基
- b 5 ppm ベノミール加用馬鈴薯寒天培養基

#### (2) 分離法

腐朽材表面を火炎殺菌後、2つに割り、新しくあらわれた面を、もう一度火炎殺菌する。この部分より殺菌した三角刃で、3～5 mmの材片を上記種類の試験管斜面培地に、それぞれ2本ずつ分離接種する。

#### (3) 培養条件

材片を接種された試験管は *Fomes pini* の適温である 25°C の定温器に入れて、菌の発育状態を観察する。

#### (4) 生死の判定

生死の判定は、培地に材片を接種してから1か月後に、予備的に第1回の観察を行い、菌糸の発育の有無を記録する。最終判定は2か月後に行う。

菌が生存していると判断する場合には、接種源から発生し、発育した菌糸が寒天培養基上に拡大し、2か月後にほぼ斜面が褐色菌糸によっておおわれるようになる。

#### (5) 供試材

4種の温湿度条件別に保管した試験体で、強度試験が終了した材の一部を用いて *Fomes pini* の分離を行った。

### 7.2 試験結果

各環境別に、放置期間ごとに取り出して、強度試験を行ったあとの試験体を供試したため、試験体が期間ごとに異なっている。すなわち連続して同じ試験体を放置していない。そのため、放置期間0のときに菌が分離できなかったのに、6か月後には菌の発育が確認されたケースがあった。

時間の経過につれて木材中の *Fomes pini* 菌が生存しているか否かの知見を得るためには同一材を用いるべきであったが、今回の目的は強度試験を行った試験材に生きている菌があるか、否かを確認することにあつたので、菌の生死と時間の経過をはっきり促えることはできなかった。

試験の結果を Table 6 に示した。この結果によると腐朽の形跡はあっても、はじめから菌が死んでいたものもあった。とくにヘムロックに多い。その他ははじめに菌が生きていて、後に死んだものもあり、18か月後にも生きていたというものもある。

以上の結果から考えると、18か月の時間経過では、たとえ気乾状態の含水率に乾燥されていても、材中の菌がすべて死滅するとは限らないことが明らかになった。

参考のために、Table 7 エゾマツから分離した *Fomes pini* の温度別の発育状態を、寒天培養基上の菌

Table 6. 腐朽材中における *Fomes pini* 菌の生存率  
Existence of *Fomes pini* in white pocket lumber

放置環境 Environment	樹種 Species	腐朽度 Grade of white pocket	生存率 Percentage of existence number		
			0	6 month	18 month
① 20°C 75% RH (EMC = 15%)	エゾマツ Ezomatsu	A・B	12.5	37.5	25.0
		C	80.0	40.0	50.0
		D	57.1	42.9	28.6
	ダグラスファー Douglas-fir	A・B	50.0	50.0	50.0
		C	100	0	50.0
		D	66.7	66.7	50.0
	ヘムロック Hemlock	A・B	0	0	0
		C	0	0	0
		D	0	0	0
② 20°C 90% RH (EMC = 21%)	エゾマツ Ezomatsu	A・B	0	28.6	28.5
		C	0	25.0	33.3
		D	50.0	0	25.0
	ダグラスファー Douglas-fir	A・B	100	50.0	50.0
		C	100	0	100
		D	33.3	33.3	50.0
	ヘムロック Hemlock	A・B	0	0	0
		C	0	0	0
		D	0	0	0
③ 27°C 80% RH (EMC = 15%)	エゾマツ Ezomatsu	A・B	42.0	0	25.0
		C	40.0	0	33.3
		D	42.9	25.0	28.6
	ダグラスファー Douglas-fir	A・B	100	0	50.0
		C	50.0	0	0
		D	25.0	0	0
	ヘムロック Hemlock	A・B	66.7	0	50.0
		C	50.0	0	25.0
		D	0	0	0
④ 4°C RH : not controlled	エゾマツ Ezomatsu	A・B	14.0	42.9	42.9
		C	0	50.0	75.0
		D	83.3	16.7	66.7
	ダグラスファー Douglas-fir	A・B	100	0	100
		C	100	0	50.0
		D	100	50.0	100
	ヘムロック Hemlock	A・B	0		0
		C	50.0		0
		D	0		0

生存率 = (生存試験数 / 全試験数) × 100 (%)

Percentage of existence number by total number (%)

EMC : 平衡含水率 (%)

Equilibrium moisture content (%)

Table 7. 各温度における *Fomes pini* の生長 (菌叢直径 mm)  
Growth of *Fomes pini* at each temperature (dia. of hyphal ring mm)

培 養 基 Medium	hr.(day) \ °C	°C									
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	
馬 鈴 薯 寒 天 Potato extract agar	168 ( 7)	0	0	4	6	7	12	10	0	0	
	336 (14)	0	0	8	14	18	22	19	0	0	
	504 (21)	0	3	15	24	32	34	26	0	0	
	624 (26)	0	5	20	32	42	44	30	0	0	
マルツ抽出物寒天 Malt extract agar	168 ( 7)	0	0	4	8	8	14	11	0	0	
	336 (14)	0	0	8	14	21	39	31	0	0	
	504 (21)	0	4	14	26	40	69	57	0	0	
	624 (26)	0	7	21	27	56	92	80	0	0	

叢直径で示す。この菌は5°Cでわずかに繁殖し、25°Cが最も生長が速く、35°C以上では発育を停止する。ただ、適温である25°Cでも、菌叢直径が7日間で12 mmまたは14 mm、26日間でも44 mmまたは92 mmであった。これに対し JIS の耐朽性試験で使っているオオウズラタケも25°Cが適温範囲に入るが、7日間の生長長さは約100 mmであるので、*Fomes pini* は非常に生長速度が遅い菌であることがわかる。

また、204材を、乾燥温度60~80°C、乾燥時間48時間とする針葉樹材の普通の乾燥スケジュールによって、含水率15%まで人工乾燥した材と人工乾燥を行わない材のなかの菌の生死を判定したところ、人工乾燥を行った材のなかの菌は完全に死滅しており、人工乾燥を行わない材のなかの菌は生きていた。このことから、腐朽材を人工乾燥して使えば、菌は完全に死滅することがわかった。

(林 康 夫)

## 8. *Fomes pini* 菌の入った204材の曲げ強度

### 8.1 試験方法

#### (1) 供試材

供試材は、林業試験場で丸太から製材した国産エゾマツおよびフリッチから製材したカナダ産ダグラスファーとヘムロック、カナダで製材したシトカスプルースと他のスプルースの各枠組壁工法用製材(寸法形式204)である。製材品の寸法は厚さ4 cm、幅9 cm、長さ240 cmであった。

材面にあらわれている *Fomes pini* による腐朽状態を目視により評価し、健全・腐朽度小・腐朽度中・腐朽度大の4段階に区分し、各々の等級A・等級B・等級C・等級Dと称した。さらに、当场で製材したものについては、隣接位置から腐朽度が同一になるような2本1組の材をとり、1本を生材状態で、他の1本を気乾状態で試験に供した。カナダで製材したものについては、原木丸太が同一とは限らず、丸太における位置も不明であるので、腐朽度が同一であるということだけで、2本を1組として選び出し、1本ずつを生材と気乾材の試験に供した。

試験に供した樹種別の試験体数を腐朽度ごとに示すと Table 8 のとおりである。

#### (8) 曲げ試験方法

前述した供試材について3等分点2点荷重方式で実大曲げ試験を行った。使用した試験機はインストロ

Table 8. 試 験 体 数 (204 材)  
Number of test pieces (2 by 4 lumber)

樹 種 Species	試験体の水分状態 Moisture condition of lumbers	腐 朽 度 Grade of white pocket				合 計 Total
		A	B	C	D	
エゾマツ Ezomatsu	気 乾 材 Air dry lumber	5	11	10	5	31
	生 材 Green lumber	5	11	10	5	31
ダグラスファー Douglas-fir	気 乾 材 Air dry lumber	0	5	10	0	15
	生 材 Green lumber	0	5	10	0	15
ヘムロック Hemlock	気 乾 材 Air dry lumber	0	10	10	0	20
	生 材 Green lumber	0	10	10	0	20
スプルース Spruce	気 乾 材 Air dry lumber	0	5	0	0	5
	生 材 Green lumber	0	5	0	0	5
全 体 Total	気 乾 材 Air dry lumber	5	31	30	5	71
	生 材 Green lumber	5	31	30	5	71

ン型材料試験機で、荷重検出には容量1,000 kgfのロードセルを、たわみ量の測定には精度0.01 mmのデジタルダイヤルゲージを用いた。全支点間距離は210 cmとした。ただし、大きな節がモーメント一定区間に存在する試験体については、腐朽による強度値への影響をみるのが本実験の主目的であるので、その節部分をさけるため、全支点間距離を150 cmにして試験を行った。試験機のクロスヘッドスピードは20 mm/minとした。最大荷重から曲げ破壊係数( $\sigma_m$ )を、全支点間距離に対するたわみ量およびそのたわみを与えた荷重から曲げヤング係数( $E_L$ )を算出した。気乾材については比重を求めた。試験終了直後に、各試験体の破壊部分近傍から厚さ2~5 cmの試片をとり、試験時含水率を測定した。

## 8.2 試 験 結 果

樹種および *Fomes pini* 菌による腐朽の等級別に曲げ試験の結果すなわち試験時含水率・比重・曲げ破壊係数・曲げヤング係数を示すと Table 9 のとおりである。腐朽度と比重、曲げ破壊係数、曲げヤング係数との関係をそれぞれ Fig. 11, Fig. 12, Fig. 13 に示した。

これらの結果から、樹種・腐朽度ごとの平均値で見れば、目視によって評価した腐朽度と気乾材の比重、気乾材および生材の曲げ破壊係数と曲げヤング係数とはほぼ対応していることが示された。

Fig. 14~16 に示したように、本実験値の範囲内においても曲げヤング係数と曲げ破壊係数との間には、エゾマツ、ダグラスファー、ヘムロックの気乾材、生材とも、相関係数が0.67から0.87の範囲を示し、つよい相関が認められた。

以上の結果から、目視による腐朽度の評価によって、実大材の強度性能を区分することがある程度は可

Table 9. 204 材の静的曲げ試験結果  
Results of static bending test (2 by 4 lumber)

樹種 Species	腐朽度 Grade of white pocket		気乾材 Air dry lumber				生材 Green lumber		
			MC	$r_u$	$\sigma_m$	$E_L$	MC	$\sigma_m$	$E_L$
エゾマツ Ezomatsu	A	n	5	5	5	5	5	5	5
		Mean	15.0	0.43	317	80.7	46.5	247	67.5
		SD		0.04	119	9.5		48	13.7
		CV		8.4	37.7	11.8		19.5	20.3
B	n	11	11	11	11	11	11	11	
	Mean	15.5	0.41	229	70.2	70.5	181	58.7	
	SD		0.02	97	18.5		49	14.8	
	CV		4.9	42.5	26.4		27.0	25.3	
C	n	10	10	10	10	10	10	10	
	Mean	15.5	0.37	182	59.3	94.5	122	48.4	
	SD		0.03	67	14.6		41	11.0	
	CV		7.0	37.0	24.6		33.3	22.6	
D	n	5	5	5	5	5	5	5	
	Mean	15.5	0.35	117	50.4	41.0	109	39.7	
	SD		0.05	69	13.5		28	8.1	
	CV		13.7	58.9	26.8		25.4	20.4	
ダグラスファー Douglas-fir	B	n	5	5	5	5	5	5	5
		Mean	15.5	0.50	357	96.6	30.5	272	79.4
		SD		0.02	108	19.8		55	10.0
		CV		3.6	30.1	20.5		20.1	12.6
C	n	10	10	10	10	10	10	10	
	Mean	15.5	0.52	286	96.4	32.0	199	79.5	
	SD		0.02	111	17.4		90	13.6	
	CV		3.6	38.8	18.1		45.0	17.2	
ヘムロック Hemlock	B	n	10	10	10	10	10	10	10
		Mean	16.5	0.46	323	84.5	41.0	228	69.6
		SD		0.03	67	8.9		67	11.4
		CV		5.4	20.6	10.5		29.3	16.3
C	n	10	10	10	10	10	10	10	
	Mean	16.0	0.43	267	77.0	40.5	188	63.8	
	SD		0.04	83	14.1		35	14.7	
	CV		9.0	31.2	18.3		18.5	23.1	
スプリース Spruce	B	n	5	5	5	5	5	5	5
		Mean	15.5	0.47	469	95.6	86.5	231	75.0
		SD		0.03	83	14.8		39	6.6
		CV		6.5	17.7	15.5		16.6	8.8

注 MC : 含水率 (%)  
 Note : Moisture content (%)  
 $r_u$  : 気乾比重  
 Specific gravity at air dry condition  
 $\sigma_m$  : 曲げ破壊係数 (kgf/cm<sup>2</sup>)  
 Modulus of rupture in static bending (kgf/cm<sup>2</sup>)  
 $E_L$  : 曲げヤング係数 (10<sup>3</sup> kgf/cm<sup>2</sup>)  
 Young's modulus in static bending (10<sup>3</sup> kgf/cm<sup>2</sup>)  
 n : 試験体数  
 Number of specimens  
 Mean : 平均値  
 Arithmetic mean value  
 SD : 標準偏差  
 Standard deviation  
 CV : 変動係数  
 Coefficient of variation  
 曲げ試験体の寸法 40×90×2400 mm  
 Size of specimen for static bending 40×90×2400 mm

能であるが、樹種によってはむずかしい場合があり、曲げヤング係数を実測することによって曲げ破壊係数を推測する方法が最も信頼性が高いこと、従って、Fomes pini により腐朽した実大材の場合、機械等による応力等級区分が必要であることが結論として得られた。

さらに、北米 (アメリカ合衆国・カナダ) におけるディメンションランバーの規格 (格付検査規則) にもとづいて区分した (注) 試験材の等級と Fomes pini 菌による腐朽の程度との関係を、気乾材・生材の全試験体についてみると、等級が下位になるほど腐朽度も大であった。

また、北米におけるディメンションランバーの等級と曲げ破壊係数、曲げヤング係数との関係をそれぞれ Fig. 17, Fig. 18 に示した。等級が下位によるほど、これらの強度性能も低下していた。

(中井 孝・田中 俊成)

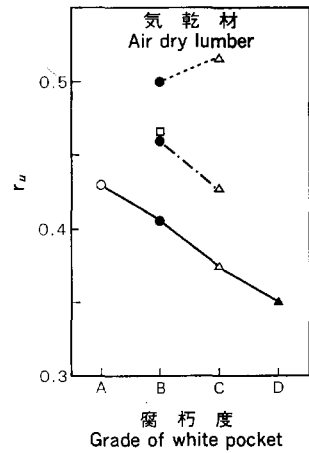


Fig. 11. 腐朽度と気乾比重 ( $r_u$ ) との関係

Relationship between grade of white pocket and specific gravity at air dry ( $r_u$ )

—204材 2 by 4 lumber—

(樹種 Species: — エゾマツ

Ezomatsu, --- ダグラスファー

Douglas-fir, -·-·- ヘムロック

Hemlock, □ スプルース

Spruce)

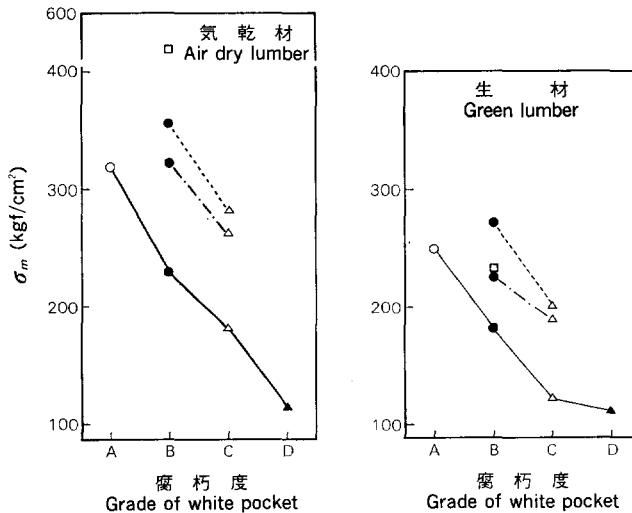


Fig. 12. 腐朽度と曲げ破壊係数 ( $\sigma_m$ ) との関係

Relationship between grade of white pocket and modulus of rupture in static bending ( $\sigma_m$ )

—204材 2 by 4 lumber— (樹種 Species: — エゾマツ Ezomatsu,

--- ダグラスファー Douglas-fir, -·-·- ヘムロック Hemlock,

□ スプルース Spruce)

(注) この等級区分は、NLGA (National Lumber Grades Authority) のグレーディングルールにより COFI (Council of Forest Industries of British Columbia) の藤本義男氏によって行われた。記して謝意を表す。

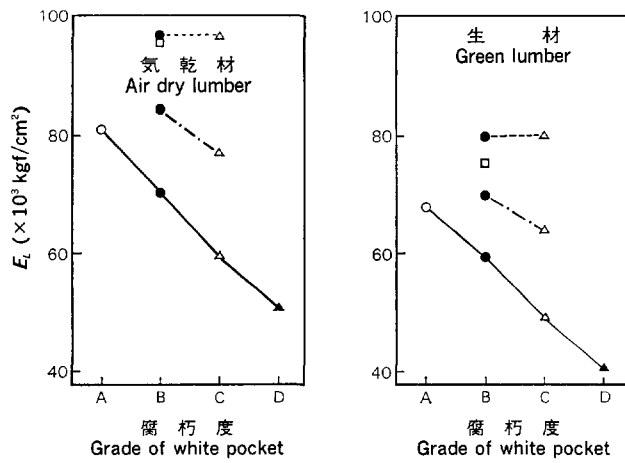


Fig. 13. 腐朽度と全支点間距離に対する曲げヤング係数 ( $E_L$ ) との関係

Relationship between grade of white pocket and Young's modulus in static bending ( $E_L$ )

—204材 2 by 4 lumber— (樹種 Species: — エゾマツ Ezomatsu, — ダグラスファー Douglas-fir, - - - ヘムロック Hemlock, □ スプルース Spruce)

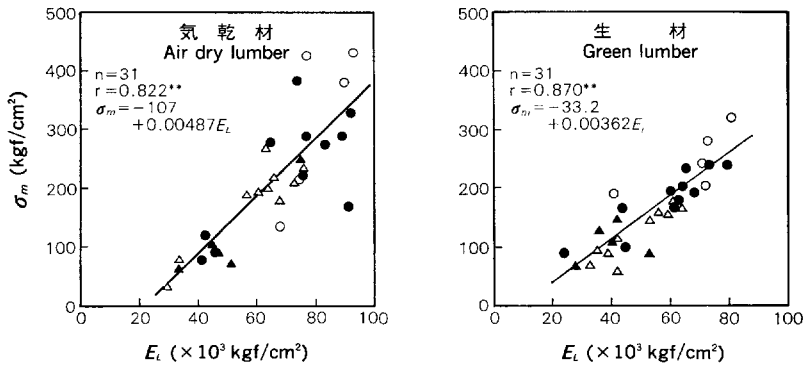


Fig. 14. 全支点間距離に対する曲げヤング係数 ( $E_L$ ) と曲げ破壊係数 ( $\sigma_m$ ) との関係

Relationship between Young's modulus ( $E_L$ ) and modulus of rupture ( $\sigma_m$ ) in static bending

—エゾマツ Ezomatsu, 204材 2 by 4 lumber— (腐朽度 Grade of white pocket: ○: A, ●: B, △: C, ▲: D. \*\*: 有意水準 1% で有意 Significant at 1% Significant level)



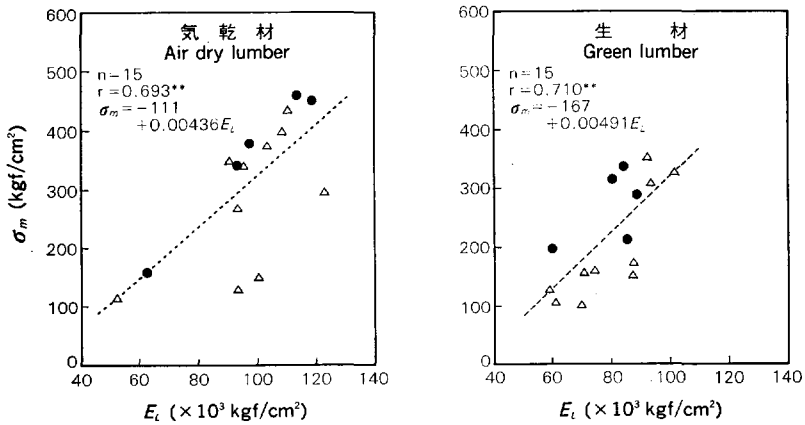


Fig. 15. 全支点間距離に対する曲げヤング係数 ( $E_L$ ) と曲げ破壊係数 ( $\sigma_m$ ) との関係

Relationship between Young's modulus ( $E_L$ ) and modulus of rupture ( $\sigma_m$ ) in static bending

—ダグラスファー Douglas-fir. 204材 2 by 4 lumber— (腐朽度 Grade of white pocket : ● : B, △ : C. \*\* : 有意水準 1% で有意 Significant at 1% Significant level)

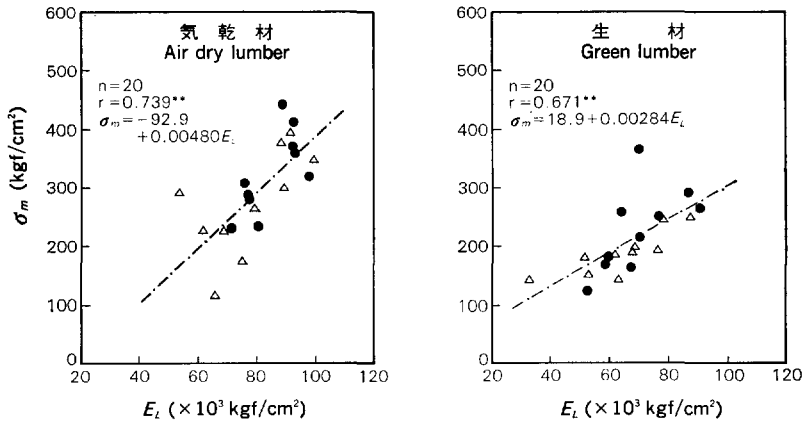


Fig. 16. 全支点間距離に対する曲げヤング係数 ( $E_L$ ) と曲げ破壊係数 ( $\sigma_m$ ) の関係

Relationship between Young's modulus ( $E_L$ ) and modulus of rupture ( $\sigma_m$ ) in static bending

—ヘムロック Hemlock. 204材 2 by 4 lumber— (腐朽度 Grade of white pocket : ● : B, △ : C. \*\* : 有意水準 1% で有意 Significant at 1% Significant level)

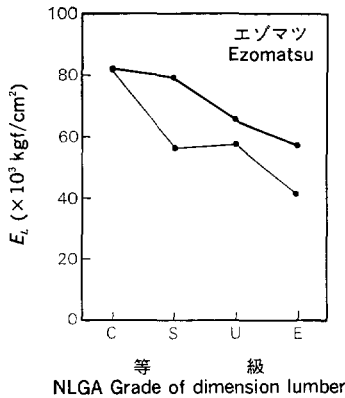


Fig. 17. 北米のデイメンションランバーの規格にもとづく等級と全支点間距離に対する曲げヤング係数 ( $E_L$ ) との関係

Relationship between NLGA grade of dimension lumber and Young's modulus in static bending ( $E_L$ )  
 —204材 2by4 lumber— (—○—生材 Green lumber, —●—気乾材 Air dry lumber. 等級 NLGA Grade of dimension lumber...C: Construction, S: Standard, U: Utility, E: Economy)

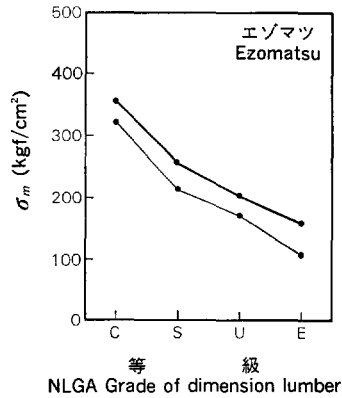


Fig. 18. 北米のデイメンションランバーの規格にもとづく等級と曲げ破壊係数 ( $\sigma_m$ ) との関係

Relationship between NLGA grade of dimension lumber and modulus of rupture in static bending ( $\sigma_m$ )  
 —204材 2by4 lumber— (—○—生材 Green lumber, —●—気乾材 Air dry lumber. 等級 NLGA Grade of dimension lumber...C: Construction, S: Standard, U: Utility, E: Economy)

## 9. 腐朽材のくぎ耐力性能

### 9.1 試験方法

#### (1) 試験体の作製

供試した樹種は国産エゾマツ、カナダ産ダグラスファーとヘムロックであり、枠組壁工法構造用製材の寸法型式 204 材に製材した気乾材を用いた。目視により、腐朽度を等級 A, 等級 B, 等級 C, 等級 D に区分し、これらから Fig. 19 のように所定の寸法の試験体を作るため必要な長さに鋸断してから、さらに目視により等級 A~D に仕分けた。

試験体の寸法：

引抜き試験体；38×85×150 mm

せん断試験体；38×85×180 mm

なお、せん断試験のための添え板は厚さ 9 mm の構造用合板を用いた。

使用したくぎ：

太目鉄丸くぎ C N50 (径 2.87 mm, 長さ 50.8 mm)

#### (2) くぎの引抜き耐力試験

各腐朽度ごとの試験体の材側面または木口面の中心点付近に、C N50 のくぎを 40 mm まで打込み、治具を用いてくぎ頭部を引張り、最大引抜き荷重 ( $P_{max}$  (kgf)) を求め、くぎの引抜き耐力 (kgf/cm) を

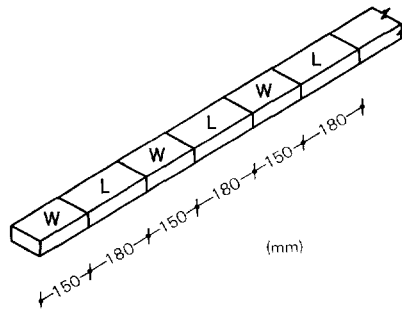


Fig. 19. 試験片の取り方  
 Matching method of specimen for nail tests  
 W: 引抜き試験用 For withdrawal loading test  
 L: せん断試験用 For lateral loading test

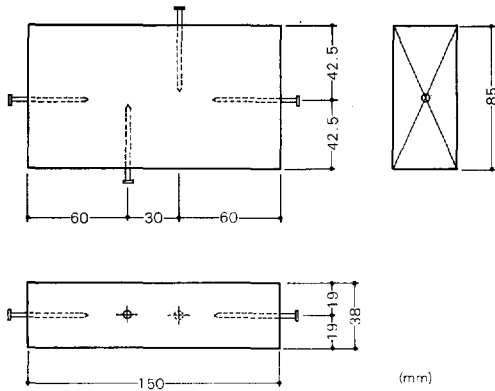


Fig. 20. くぎの引抜き試験片—くぎ打ち位置  
 Specimen for withdrawal loading test of nail—Locations of nail—

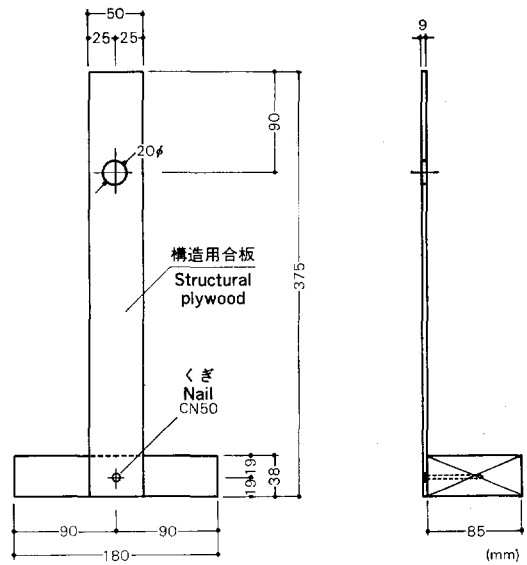


Fig. 21. くぎのせん断試験片  
 Specimen for lateral loading test of nail

計算した。試験体の詳細は Fig. 20 のとおりである。

試験には、東洋ボードウィン社製テンシロン（最大荷重容量 2.5 ton f）を用い、引張速度を 2 mm/min にとり、チャート紙上の記録から最大引抜き荷重を読みとった。

なお、目視による腐朽度と、くぎ引抜き耐力との関係を求める場合には、くぎの打たれた周辺の腐朽度によっている。

(3) くぎの一面せん断試験

各腐朽度ごとのせん断試験用試験体の材側面の midpoint 付近において、Fig. 21 に示すように、試験体と構造用合板とを CN50 のくぎ 1 本を用いて、釘着した。

せん断試験は Photo 2 に示すような方法で、試験体を固定し、治具を介して合板を引張ることにより、くぎの一面せん断試験を行った。

試験体と合板との相対変位はデジタルダイヤルゲージ(20 mm ストローク、最小読取り精度 0.01 mm)を用いて測定した。引張り速度はくぎ引抜き試験と同じ 2 mm/min とした。

Table 10. くぎの引抜き耐力試験結果 (CN 50)  
Results of withdrawal loading test of nail (CN 50)

樹種 Species	腐朽度 Grade of white pocket	気乾比重 Specific gravity at air dry condition 平均 Mean 最小 最大 Min. ~ Max.	引抜き耐力 Withdrawal load (kgf/cm)			
			側面 Side grain		木口面 End grain	
			平均 Mean 最小 最大 Min. ~ Max.	平均 Mean 最小 最大 Min. ~ Max.	平均 Mean 最小 最大 Min. ~ Max.	平均 Mean 最小 最大 Min. ~ Max.
エゾマツ Ezomatsu	A	0.42 0.36 ~ 0.53	26.6 12.0 ~ 41.8	14.4 8.0 ~ 20.5		
	B	0.41 0.35 ~ 0.50	19.0 11.3 ~ 24.5	14.0 11.0 ~ 19.7		
	C	0.38 0.35 ~ 0.46	13.6 7.3 ~ 21.3	11.0 5.2 ~ 16.5		
	D	0.29 0.14 ~ 0.41	7.9 0.5 ~ 17.7	5.6 0.1 ~ 10.0		
ダグラスファー Douglas-fir	A	0.50 0.43 ~ 0.57	31.9 12.8 ~ 44.5	19.9 9.0 ~ 32.3		
	B	0.49 0.41 ~ 0.54	22.0 9.1 ~ 42.5	16.3 9.8 ~ 28.8		
	C	0.49 0.45 ~ 0.55	21.5 16.0 ~ 31.7	11.4 8.0 ~ 14.3		
ヘムロック Hemlock	A	0.43 0.37 ~ 0.53	28.1 16.5 ~ 50.0	15.7 7.0 ~ 28.3		
	B	0.41 0.35 ~ 0.53	22.6 15.3 ~ 45.8	14.3 6.3 ~ 26.0		
	C	0.36 0.31 ~ 0.41	15.6 6.0 ~ 18.0	10.4 7.0 ~ 14.3		
	D	0.31 0.25 ~ 0.33	9.8 4.8 ~ 11.5	6.5 2.5 ~ 11.3		

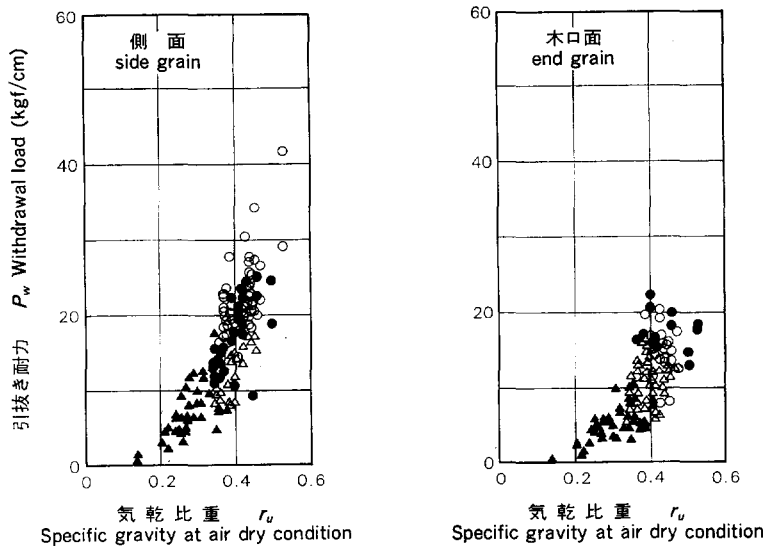


Fig. 22. エゾマツ腐朽材のくぎ引抜き耐力と比重との関係  
Relationship between the withdrawal load of nail (CN 50)  
and the specific gravity of decayed Ezomatsu  
腐朽度 Grade of white pocket ○ : A, ● : B, △ : C, ▲ : D

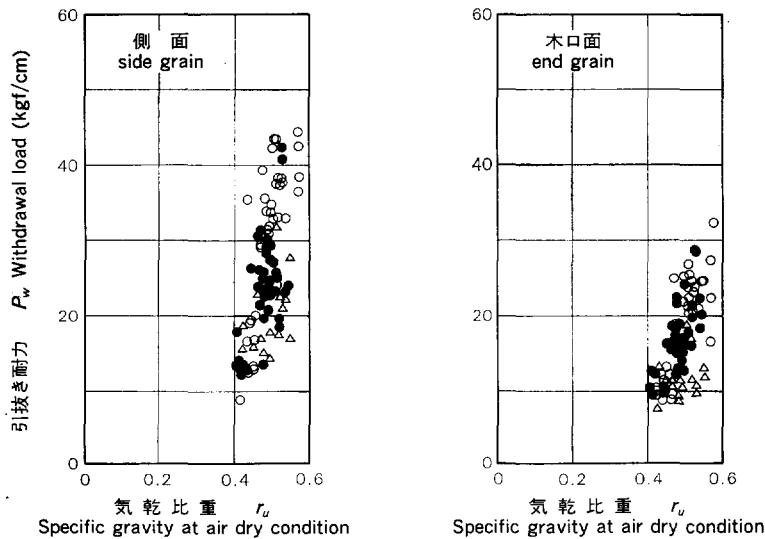


Fig. 23. ダグラスファー腐朽材のくぎ引抜き耐力と比重との関係  
Relationship between the withdrawal load of nail (CN 50)  
and the specific gravity of decayed Douglas-fir  
腐朽度 Grade of white pocket ○ : A, ● : B, △ : C, ▲ : D

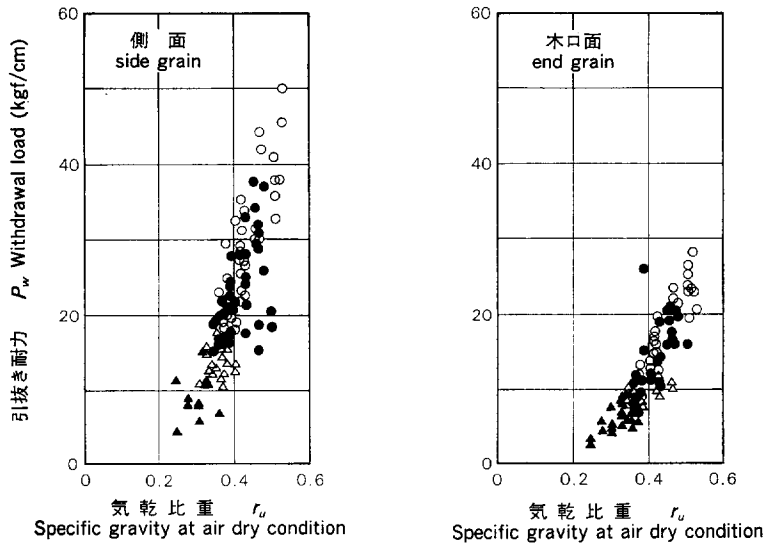


Fig. 24. ヘムロック腐朽材のくぎ引抜き耐力と比重との関係  
Relationship between the withdrawal load of nail (CN 50)  
and the specific gravity of decayed Hemlock

Table 11. くぎの一面せん断耐力試験結果 (CN 50)  
Results of lateral loading test of nail (CN 50)

樹種 Species	腐朽度 Grade of white pocket	気乾比重 Specific gravity at air dry condition		変位一定時の耐力 Lateral load (kgf/nail) at slip (mm) of :			最大耐力 Maximum load $P_{max}$ (kgf/nail)
		木材 Wood	合板 Plywood	0.38 <sup>1)</sup>	1.00	2.00	
エゾマツ Ezomatsu	A	0.39	0.51	62	74	84	114
	B	0.41	0.52	59	69	77	118
	C	0.38	0.51	50	59	67	108
	D	0.26	0.51	33	40	46	76
ダグラスファー Douglas-fir	A	0.47	0.51	62	81	94	126
	B	0.51	0.51	73	93	107	141
	C	0.50	0.51	63	84	103	141
	D	0.50	0.51	75	90	104	144
ヘムロック Hemlock	A	0.42	0.51	67	83	96	137
	B	0.41	0.51	55	71	84	127
	C	0.39	0.51	53	66	77	117
	D	0.34	0.51	36	49	59	105

1) : 0.38 mm はアメリカの許容変位 0.015 インチを意味する  
0.38 mm mean the value (0.015 inch) of slip in USA

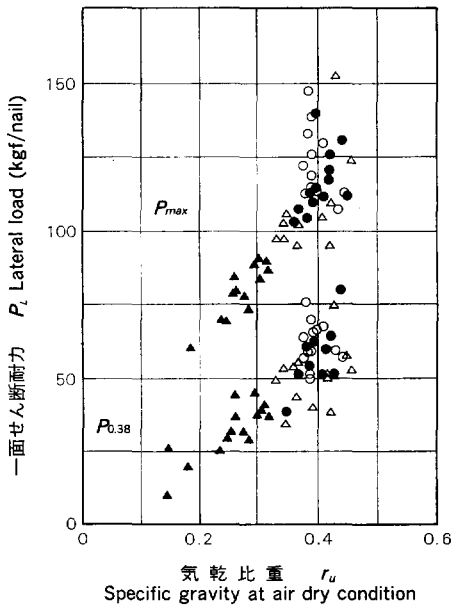


Fig. 25. エゾマツ腐朽材のくぎせん断耐力と比重との関係

Relationship between the lateral load of nail (CN 50) and the specific gravity of decayed Ezomatsu

$P_{max}$ : 最大せん断耐力  
Maximum lateral load  
 $P_{0.38}$ : 0.38 mm 変位時のせん断耐力  
Lateral load at slip of 0.38 mm  
腐朽度 Grade of white pocket  
○: A, ●: B, △: C, ▲: D

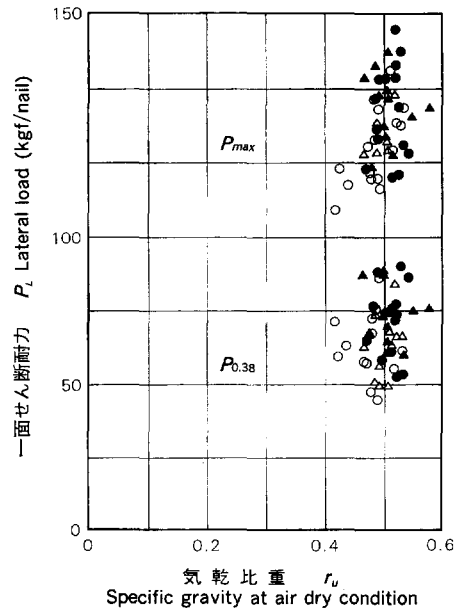


Fig. 26. ダグラスファー腐朽材のくぎせん断耐力と比重との関係

Relationship between the lateral load of nail (CN 50) and the specific gravity of decayed Douglas-fir

$P_{max}$ : 最大せん断耐力  
Maximum lateral load  
 $P_{0.38}$ : 0.38 mm 変位時のせん断耐力  
Lateral load at slip of 0.38 mm  
腐朽度 Grade of white pocket  
○: A, ●: B, △: C, ▲: D

#### (4) その他の試験

各試験体の比重、年輪幅を測定したが、さらに(2)(3)の試験終了後、損傷を受けていない部分から縦圧縮試験体を作製し、圧縮強さを測定して、比重や圧縮強さと引抜き耐力または、一面せん断耐力との関係を求めた。

### 9.2 試験結果

#### (1) くぎ引抜き耐力試験

くぎの引抜き耐力は比重と相関があるから、等級A、等級B、等級C、等級Dと腐朽度が大きくなるにしたがって、比重が小さくなっておれば、くぎ引抜き耐力も等級区分にしたがって小さくなることが予測される。

試験結果を Table 10, Fig. 22~24 に示した。エゾマツとヘムロックは腐朽度と引抜き耐力とがほぼ対応している。これに対しダグラスファーでは、それほど明確な傾向が認められない。

ただ、どの樹種でも腐朽度小である等級Bと腐朽度中である等級Cとの間の区別は困難であった。健全である等級Aと最も腐朽している等級Dのように両極端の区分のものは、比較的妥当な評価が可能である。

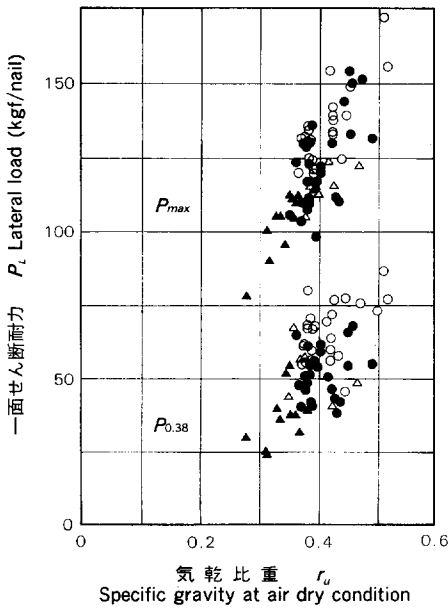


Fig. 27. ヘムロック腐朽材のくぎせん断耐力と比重との関係

Relationship between the lateral load of nail (CN 50) and the specific gravity of decayed Hemlock

$P_{max}$ : 最大せん断耐力

Maximum lateral load

$P_{0.38}$ : 0.38 mm 変位時のせん断耐力

Lateral load at slip of 0.38 mm

腐朽度 Grade of white pocket

○: A, ●: B, △: C, ▲: D

(2) 一面せん断耐力試験

この試験の場合も、くぎの引抜き耐力試験結果と同様、Table 11 に示すように腐朽度の等級区分と比重とがほぼ対応しているエゾマツとヘムロックは、せん断耐力も腐朽度と対応していたが、ダグラスファーの場合には腐朽度と対応していなかった。

せん断耐力と比重との関係を Fig. 25~27, 圧縮強さと比重との関係を Fig. 28, せん断耐力と圧縮強さとの関係を Fig. 29~31 に示す。これら相互の関係から判断すると、腐朽度の評価を目視で行った場合に、その等級区分とくぎ耐力性能とは必ずしも対応しないことが示されている。

以上のように腐朽材について 2 種類のくぎ耐力試験を行ったが、それらの試験結果から次のような問題点が明らかになった。

腐朽材が製材品であっても、合板であっても実用に供される場合、とくに柱組壁工法に使われることを前提とすれば、ほとんどがくぎ接合によって施工される。したがって、材料として材面、材内部の腐朽程度と腐朽面積から腐朽度を評価できたとしても、1 本のくぎが打たれる部分は非常に限られているため、その部分の腐朽度が支配的になることを考

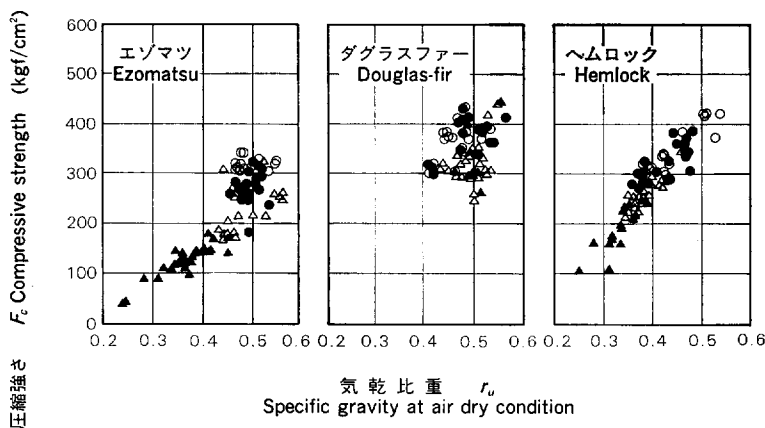


Fig. 28. エゾマツ、ダグラスファー、ヘムロックの腐朽材の圧縮強さと比重との関係

Relationship between the compressive strength and the specific gravity of decayed Ezomatsu, Douglas-fir and Hemlock

腐朽度 Grade of white pocket

○: A, ●: B, △: C, ▲: D



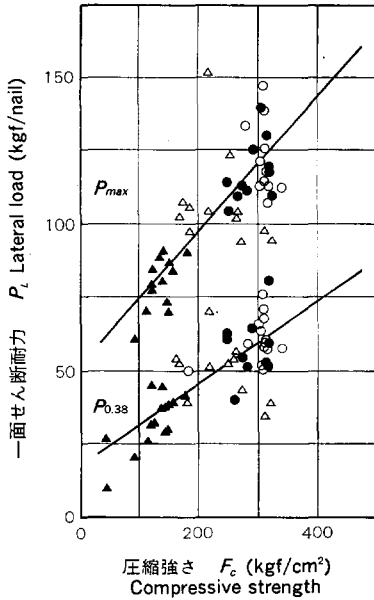


Fig. 29. エゾマツ腐朽材のくぎせん断耐力と圧縮強さとの関係

Relationship between the lateral load of nail (CN 50) and the compressive strength of decayed Ezo-matsu

$P_{max}$ : 最大せん断耐力  
Maximum lateral load  
 $P_{0.38}$ : 0.38 mm 変位時のせん断耐力  
Lateral load at slip of 0.38 mm

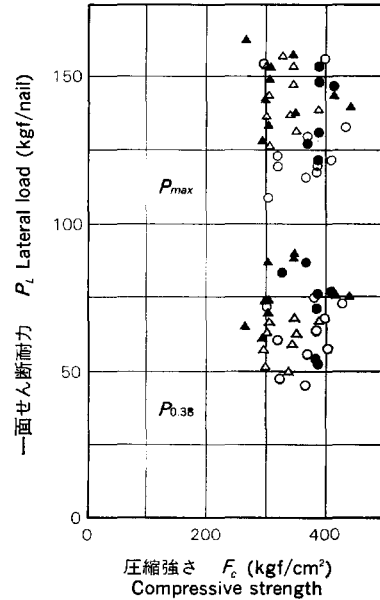


Fig. 30. ダグラスファー腐朽材のくぎせん断耐力と圧縮強さとの関係

Relationship between the lateral load of nail (CN 50) and the compressive strength of decayed Douglas-fir

$P_{max}$ : 最大せん断耐力  
Maximum lateral load  
 $P_{0.38}$ : 0.38 mm 変位時のせん断耐力  
Lateral load at slip of 0.38 mm  
腐朽度 Grade of white pocket  
○: A, ●: B, △: C, ▲: D

えねばならない。とくに接合部として多く使われる材端部に近い部分の腐朽は最も危険である。

以上のことから、仮に腐朽材を使う場合材面の腐朽面積の制限だけではなく、材端に近い部分の腐朽を制限する必要があると考えられる。

(金谷 紀行)

## 10. 腐朽材を使用した合板張り耐力壁パネルの耐力性能

### 10.1 試験方法

#### (1) 試験パネルの作製

合板パネルの枠材として断面の大きさは、204 材に相当するものを用い、樹種はダグラスファーとヘムロック、腐朽度等級 B と C のものを用いた。木材含水率は 20% 以下の比較的乾燥したものである。

合板はラワン 1 級構造用合板特類で厚さ 7.5 mm のものを用いた。たて枠と下枠または上枠との仕口には CN90 のくぎ 2 本を木口打ちとし、枠材と合板との接合には CN50 を用い、くぎの間隔は合板の外周部では 100 mm、中通りでは 200 mm とした。

合板パネルの作製は Fig. 32 に示したように、高さ 2,420 mm、幅 1,820 mm、たて枠間隔 455 mm で、2 枚の合板でパネルの片面を構成する両面張りとした。

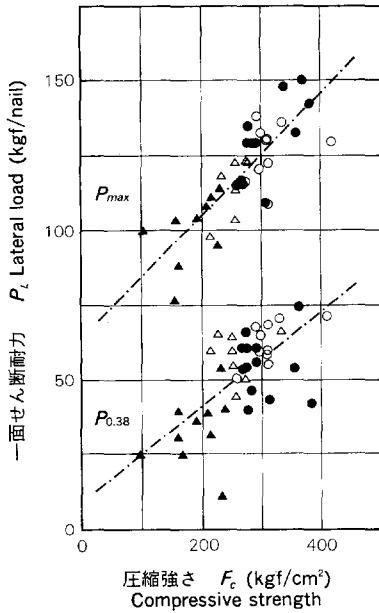


Fig. 31. ヘムロック腐朽材のくぎせん断耐力と圧縮強さとの関係

Relationship between the lateral load of nail (CN 50) and the compressive strength of decayed Hemlock

- $P_{max}$ : 最大せん断耐力  
Maximum lateral load
- $P_{0.38}$ : 0.38 mm 変位時のせん断耐力  
Lateral load at slip of 0.38 mm
- 腐朽度 Grade of white pocket  
○: A, ●: B, △: C, ▲: D

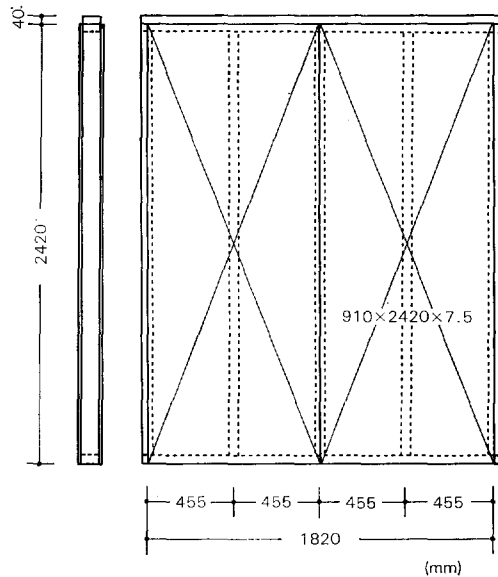


Fig. 32. 耐力壁の形状・寸法  
Test walls

- 面材: ラワン 1 級構造用合板特類,  $t=7.5$  mm
- くぎ: CN 50
- くぎ間隔: 外周 100 mm, 中通り 200 mm
- Sheathing material: JAS Structural Plywood, Class 1, Type special, Lauan,  $t=7.5$  mm
- Nail: CN 50
- Nail spacing: Perimeter 100 mm, interior 200 mm

試験体の数は屋外ばくろ用にダグラスファーとヘムロックの各樹種ごとに、腐朽度等級 B と C のもので、それぞれ 1 体ずつ作り、さらに対照材として、ヘムロックの腐朽度等級 B の材で 1 体作った。

(2) 屋外ばくろ方法

4 体の合板パネルを 1979 年 6 月より 1980 年 7 月まで、高さ 10 m の鉄骨造の建物の北側の外壁に立てかけて置き、1 年 2 か月風雨にさらして、野外の気象条件下にばくろした。この間に 2 度の梅雨時期を経過しているので、パネルの材材がその間に腐朽が進行して、耐力が低下するかどうかを検討した。

(3) パネルの耐力試験方法

パネルの耐力試験方法は A S T M 方式の水平せん断試験方法を用いた。

対照材として屋外にばくろしないヘムロック材のパネル 1 体と、屋外にばくろした 4 体のパネルを同時に試験した。

10.2 試験結果

パネルの水平せん断試験結果と壁倍率などを Table 12 に示した。

試験の結果から次のようなことが明らかになった。

- 1) 1/300 ラジアンのひずみ時の耐力、すなわち、初期剛性を対照パネルと比較してみると、試験時の

Table 12. 耐力壁の水平せん断試験結果  
Results of racking test

No.	試験体の種類 Kind of test frames		試験時の 樺材平均 含水率 <sup>1)</sup> Average moisture content of frames at test %	樺材平均 気乾比重 <sup>2)</sup> Average apparent specific gravity of frames at air dry	一定せん断ひずみ時の荷重 Load corresponding to the indicated shear deformation $P$ kgf				最大荷重 Max. load $P_{max}$ kgf	2/3最大荷重 2/3 Max. load $2/3 P_{max}$ kgf	1/2(最大荷 重時せん断 ひずみ)の 時の荷重 $1/2(\delta P_{max})^{3)}$ kgf	壁倍率 <sup>4)</sup> Shear load Factor <sup>4)</sup> $K$	
	樹種 Species	腐朽度 Grade of white pocket			1/300 rad.	1/200 rad.	1/120 rad.	1/60 rad.					
①	対照材 Control	ヘムロック* Hemlock	B	16.7	0.43	1,692	2,122	2,575	3,231	3,316	2,211	2,856	2.68
②	14か月間	ダグラスファー*	B	20.6	0.50	1,836	2,311	2,926	3,545	3,577	2,385	2,848	2.91
③	屋外ばくろ	Douglas-fir	C	21.1	0.53	1,775	2,255	2,807	3,261	3,286	2,191	2,744	2.81
④	14 months exterior weathering	ヘムロック*	B	22.9	0.43	1,770	2,052	2,420	—	2,583	1,722	2,126	2.69
⑤		Hemlock	C	23.4	0.40	1,576	1,851	2,287	—	2,471	1,647	2,000	2.50
⑥	参考 Reference	ヘムロック** Hemlock		10.5	—	890	1,185	—	—	2,236	1,576	—	2.82

\*: 両面張り      \*\*: 片面張り

- 1) 含水率は電気抵抗式含水率計による。
- 2) 比重は気乾時の重量と容積とによる。
- 3)  $1/2(\delta P_{max})$  はひずみが最大荷重時のせん断ひずみの1/2に相当する時の荷重。
- 4) 壁倍率は次式によって求めた。

$$K = P_{1/300} \times \frac{3}{4} \times \frac{1}{1.82} \times \frac{1}{130} \times \frac{1}{2} \quad (\text{又は } 1)$$

ただし  $K$ : 壁倍率,  $3/4$ : バラツキを考慮したときの低減係数,  $1.82$ : 壁長(m),  $130$ : 基準値,  $1/2$ : 両面張りを片面張りに換算するための係数

\*: Both sides sheathing,      \*\*: One side sheathing

- 1) Measured with electric-resistance moisture meter.
- 2) Specific gravity is based on weight and volume when air dry.
- 3)  $1/2(\delta P_{max})$  means the load corresponding to a half deformation at  $P_{max}$ .
- 4) Calculated value from the following equation

$$K = P_{1/300} \times \frac{3}{4} \times \frac{1}{1.82} \times \frac{1}{130} \times \frac{1}{2} \quad (\text{or } 1)$$

where  $K$  is shear load factor,  $3/4$  is the reduction factor considered the scatter,  $1.82$  is the length of wall (m),  $130$  is the basic shear force.  $1/2$  is coefficient to convert to one side sheathing in case of both sides sheathing.

屋外ばくろパネルの杵材の含水率が、対照パネルの杵材の含水率に比べて少し高いことを考慮すると、長期間、屋外にばくろしておいても、ほとんどせん断耐力に差を生じなかった。

ただ、杵材の腐朽度等級 B より等級 C のパネルの方が、多少耐力が落ちているが、実用上支障があるほどのものではない。

また、ダグラスファーのパネルの方がヘムロックのパネルより耐力は大きく出ている。

2) パネルの強さの安全の保証という意味で、パネルの最大荷重の 2/3 の値をとり対照用のヘムロック杵材のパネル①と屋外ばくろしたヘムロックパネルを比較してみると、杵材の腐朽度が等級 B の④パネルでは対照パネルの 78%、杵材の腐朽度が等級 C の⑤パネルはその 74% になっている。しかし、ばくろパネルの杵材の含水率が試験時に約 23% であり、対照材の約 17% に比べて 6% 高かったことを考慮すると、対照パネルと同一含水率であれば、屋外ばくろしたパネルの最大荷重は、対照パネルの値に近い値を示すであろうと考えられる。

また、④パネルと⑤パネルとを、その耐力について比較してみると、わずかに⑤パネルの方が小さい値を示していた。

屋外ばくろしたダグラスファーの②パネルはヘムロック材の対照①パネルより大きな耐力を示している。ダグラスファーの腐朽度が等級 B の②パネルと等級 C の③パネルとを比べてみると、やはり、腐朽度が初期段階の②パネルの方が、③C パネルより大きな耐力を示している。

3) パネルの荷重時における粘りの確保という意味で、最大荷重時のせん断ひずみの 1/2 の時の耐力について、対照パネルとばくろパネルとで比べてみると、対照パネル①に対して、④パネルはその 74%、⑤パネルは 70% となっている。

しかし、前と同様にばくろパネルの杵材の含水率が対照材と同じであれば、もっと大きな値が期待できよう。

4) 枠組壁工法の構造用合板(厚さ 7.5 mm)を面材として張った耐力壁の壁倍率 2.5 (建設省告示第 1019 号昭和 49 年 7 月)に対して、各試験パネルは測定耐力にばらつきの係数 3/4 をかけても、壁倍率は 2.5 以上を確保していた。ただし、健全材のみを使用したパネルの壁倍率よりは小さな値を示している。

以上のように、腐朽材を杵材にした合板パネルの水平せん断試験の結果、屋外に 1 年間ばくろしても、実用上ほとんど支障のない耐力を示した。

(畑山 蟻 男・平 嶋 義 彦・神 谷 文 夫)

## 11. ま と め

腐朽菌 *Fomes pini* は、立木腐朽菌であるので、伐倒された後に加工されて、製材品または合板などの製品になった後は、活発に発育することはない。したがってこの菌による材質劣化は加工後にはほとんど生じないと米国の報告<sup>6)</sup>に記載されている。

*Fomes pini* による腐朽材(以下腐朽材と称する)をわが国において実用に供するとした場合に、材質劣化が生じないことを確かめておくことが必要であった。このためいろいろな角度から検討を加えた結果が 4~10、の各項目に示されている。それらを総括してみると次のとおりである。

(1) 腐朽材の木質部における菌に対する抵抗性、すなわち耐朽性については健全な正常材とほとんど変化ないと考えてよいであろう。しかし、腐朽した材は多孔質となっているため、吸水速度が大きく、菌糸の侵入も容易となり、短い腐朽期間で、腐朽減量が大きくなり、健全材より速く腐朽する結果が得られ

た。したがって材料としての耐朽性は健全材より小さくなっていると考えた方がよい。

この材料に水の浸透が起った場合、健全材に比べて、吸水速度が大きく、短期間に腐朽に適した環境を作り易いため、他の腐朽菌によって速く攻撃を受けるといった危険性をもっている。それ故、このような腐朽材を使うには、できるだけ、水が浸透するおそれのない部位、部材に使用するなどの用途制限を考える必要がある。

(2) 腐朽材を実用に近い環境下に長期間おいた場合、菌の活動が強度性能に与える影響を検討した。小試験体を18か月間放置した結果をみる限り、多少の変動はあるが、各樹種、各腐朽度とも、4つの環境（20°C：RH75%，20°C：RH90%，27°C：RH80%，4°C：RH無制御）下において、強度低減があるとは認められなかった。

また、腐朽材中に存在している *Fomes pini* 菌が、上記のような温・湿度環境下において生死はどうなるかを調べたが、放置して18か月後においても、生きている菌もあり、死滅した菌もあって、この程度の期間では *Fomes pini* は完全に死滅することはないことが明らかとなった。一方、人工乾燥（条件60～80°C，48時間）を行った材については、明らかに菌は死滅していることが確認された。

以上のことから、腐朽材を建物中の通常起り得る環境条件下で使用した場合に、菌糸が材中に蔓延して、健全材に比べて、強度性能がとくに速く低減することはないと考えられる。

したがって、各腐朽度の評価を適切に行って、それら各腐朽度の材の初期の性能を把握し、その性能に適した部位・部材に利用すれば、実用上支障を生じることはないであろう。

(3) (2)の項で腐朽度を適切に評価して、その初期性能に応じて使い分ければ、実用上支障がないと述べたが腐朽度の評価を行う現実的な手段は、現在のところ、目視しかない。その際、材表面の腐朽面積、腐朽程度、さらに材内部における腐朽度を総合的かつ適切に評価するということは、実際にはかなり難しい問題である。

今回の実験においても、目視によって、腐朽度を評価して、健全・腐朽度小・中・大と4区分した。それらの腐朽度の区分ごとの小試験体・実大材の強度値と、くぎ引抜き耐力や一面せん断耐力を測定した結果、その測定値の平均値は、ほぼ、腐朽度の区分に対応していた。ただ、個々の試験体の測定値をみると、腐朽度とこれらの諸性能とは必ずしも一致していない場合があった。

これらの腐朽材を枠組壁工法用材として使うとするならば、材料の接合はすべてくぎ接合となる。そこで材全体の腐朽度の評価を適切に行うことが難しいことと、くぎ打ち部分の腐朽度は全体の評価と異なる可能性があることが指摘されねばならない。とくに木口面付近に腐朽がある場合は最も危険である。

(4) この腐朽材と健全材を湿度90%以上、温度25～30°Cの高温多湿な環境に数か月保管した場合には、定量値としては得られていないが、実際には、数か月後に、他の腐朽菌が繁殖して、健全材でも、腐朽材でも、同じように腐朽が進行して、実用に供せない状態となった。

これは、腐朽材であろうと、健全材であろうと、このような環境におかれれば耐朽性の小さい樹種では当然起る現象であって、とくに *Fomes pini* の腐朽材だから速く腐朽するというほど顕著な差はみられなかった。

ただ、*Fomes pini* の腐朽材であるという先入観から他の腐朽菌による腐朽が同一材に共存しているものを見落す可能性があるため、その場合は *Fomes pini* のみの腐朽材に比べて速く腐朽する危険がある。

(5) この腐朽材のうち腐朽度小と中のものを枠材に用いた両面ラワン合板張り壁パネルを実用環境下に

一年ばくろした後、耐力試験を行った結果、健全材によって作られた壁パネルに比べれば、耐力は低くなるが、この範囲の腐朽材であれば、合板パネルの壁倍率 2.5 以上を保持していて、実用上支障はないことが明らかになった。

以上各試験項目の結果から、その要点のみをまとめてみたが、全体を通して最も問題となるのは、*Fomes pini* の初期腐朽と他の腐朽菌の初期腐朽とが見分けられるか、どうかという点と、*Fomes pini* による腐朽程度を、検査者がつねに妥当な評価をすることができるかという点である。

この 2 点が適切に行われたという前提で考えれば、普通の使用環境下においては、その初期性能は腐朽材であることによって、短期間の時間経過で、急激に低減するという結果は得られず、この点では米国の報告と同じであった。ただその前提である腐朽度の評価が不正確であり、妥当性を欠く場合もあるとするならば、構造用材として利用する場合において、安全性の点から、不安な要因を内蔵していると言わざるをえない。

もし、今後このような腐朽材を構造用材として強度等級区分して使う必要があるならば、もっと客観性があり、しかも精度の高い評価方法、たとえばグレーディングマシンによる区分方法などを検討する必要があるだろう。

(雨宮昭二)

#### 文 献

- 1) 逸見武雄・赤井重恭：木材腐朽菌学，朝倉書店，p. 381～385，(1945)
- 2) 北島君三：樹病学及木材腐朽論，養賢堂，p. 139～141，(1942)
- 3) 伊藤一雄：木材腐朽，朝倉書店，p. 11，25，(1953)
- 4) 山野義雄：エゾマツ心材白斑腐食菌侵入の経過と其予防に就て，札幌農林学会報，105，135～171，(1931)
- 5) 山野義雄：エゾマツ生育状態と菌実（エゾマツ心材白斑腐食菌）との関係及びその予防法，林学会誌，14，922～933，(1932)
- 6) Wood, L. W. : Properties of white-pocket Douglas-fir lumber, U. S. FPL R No. 2017, (1955)
- 7) West coast Lumbermen's Association : Facts about white pocket lumber
- 8) 雨宮昭二・井上 衛：浸漬法における浸漬時間と吸収量との関係について，林試研報，170，143～160，(1964)

**Evaluation of the Performance of Lumber decayed by *Fomes pini***

**(Research note)**

Research group for Lumber decayed by *Fomes pini*<sup>(1)</sup>

Summary

The purpose of this research was to clarify whether *Fomes pini* could rapidly develop and give further damage to the lumber, whether it could spread over the adjacent part and whether it would cause any trouble in the case of practical use. The following points were tested :

- 1) The durability of white pocket lumber.
- 2) Water absorption of white pocet lumber.
- 3) The change of the strength of white pocket lumber stocked in the different atomospheres.
- 4) The life and death of *Fomes pini* in white pocket lumber.
- 5) The grading of white pocket lumber and its strength or nail withdrawal resistance.

Species used in the test are mainly Ezomatsu (*Picea jezoensis*) in Japan and Western Hemlock (*Tsuga heterophylla*) and Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) from Canada.

The visual grading of white pocket lumber on decay in this study is as follows ;

Grade A : sound

Grade B : light decay

Grade C : medium decay

Grade D : heavy decay

The results obtained were as follows :

- 1) Durability

The resistance to decay was reduced in white pocket lumber compared with that in sound lumber.

- 2) Water absorption

The heavier the decay, the higher the water absorption.

- 3) Mechanical properties

Concerning to the mechanical properties of white pocket lumber stocked in the four different atmosphere for 18 months, no degradation was observed in the static and impact bending test.

- 4) Relationship between visual grading and the bending strength of two by four lumber

The visual grading adopted in this study and NLGA's grading rule showed close similarities. The modulus of rupture and the modulus of elasticity of two by four decayed lumber were obtained for each grade.

A high correlation was observed between the modulus of rupture and the modulus of elasticity.

---

Received December 13, 1985

(1) Wood Utilization • Forest Protection

5) Nail withdrawal and lateral resistance

The performance of withdrawal and lateral resistance was investigated and in average, the resistance decreased from grades A to D.

6) The racking performance of a bearing wall using lumber decayed by *Fomes pini*.

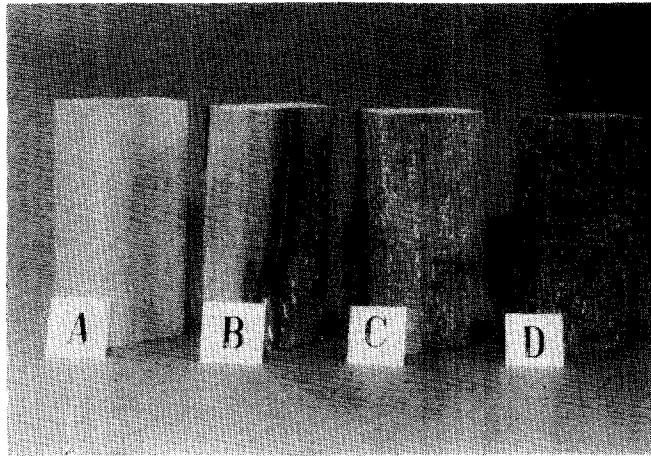
After exposure in service condition for one year, the lauan plywood clad wall panel using grade A and B studs showed reasonable resistance.

7) Others

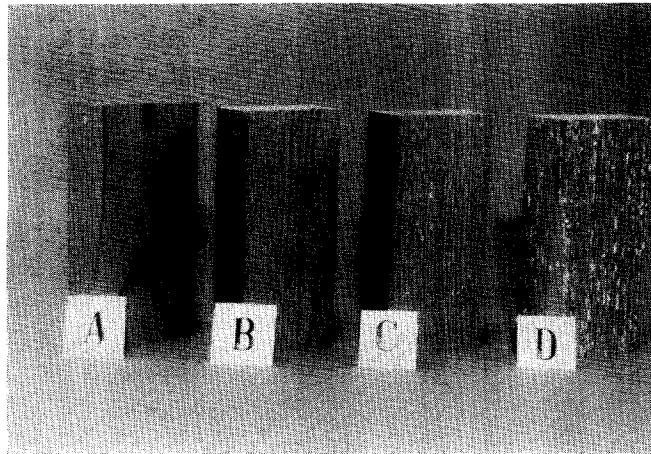
In the incipient stage of decay, it was difficult to distinguish visually between the decay by *Fomes pini* and that by other fungi. It is doubtful whether inspectors are able to give correct grading visually to the decay by *Fomes pini*. As white pocket lumber becomes porous and easily absorbs water, it could possibly accelerate decay. Therefore, the end use placing of white pocket lumber should be carefully considered.



エゾマツ  
Ezomatsu



ダグラスファー  
Douglas-fir



ヘムロック  
Hemlock

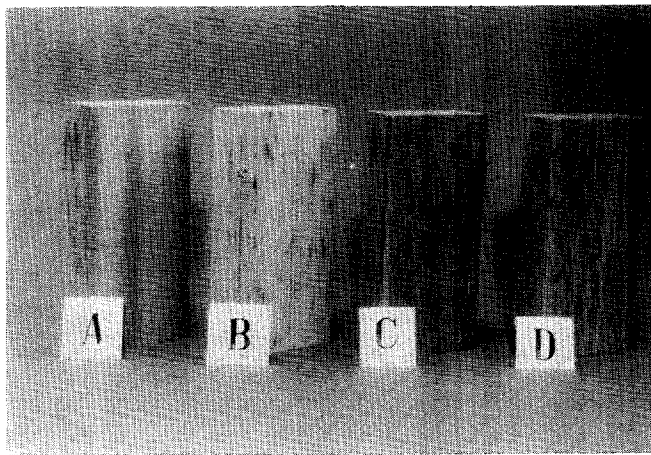


Photo. 1 各樹種の腐朽度の区分  
Visual grading method of white pocket of woods.

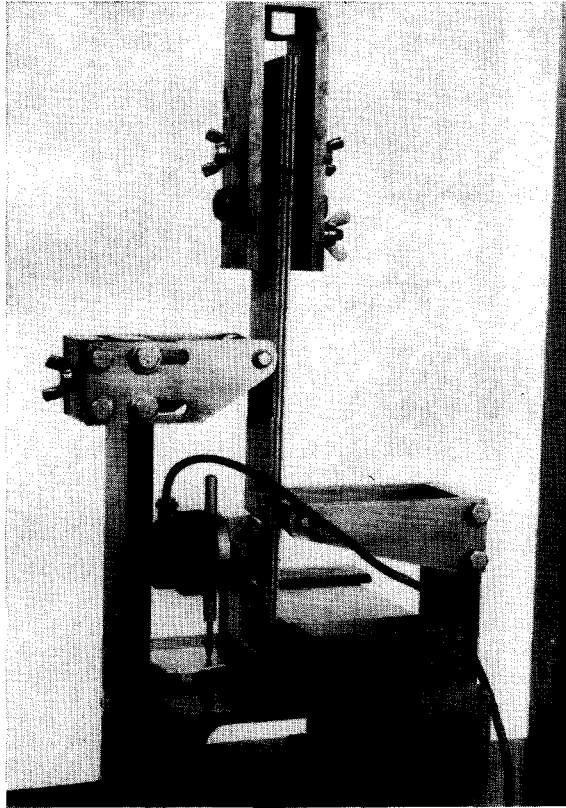


Photo. 2 くぎの一面せん断試験法  
Method of lateral loading test of nail