

### 3. 集成材に関する研究

研究員 松田 健一

#### I 研究目的

当試験場の研究方針の一環である「集成材に関する研究」を現在の基礎研究の段階より、更に進捗させ、応用を主体とした集成材製造への第二次研究に着手する計画であるが、それらの準備と対策を検討する意図のもとに集成材先進工場の視察をも含め、国立研究機関に出向き指導を受けてきたので報告いたします。

#### II 集成材工業の概要

##### 1. 集成材の現況と将来性

挽板を互いに組み合わせて、接着した加工材料の事を集成材 (Laminated wood) と称している。

この集成材が最近、建築界に進出し、今までの木構造では考えも及ばなかつた様な工法で、新しい建築が次々と生まれている。集成材建築は欧米では30年前から行われていたが、とくに第二次世界大戦を契機として、木材の有効利用の点から発達してきた。我が国でも、次に記す様な性質を有する集成材が製造工程の複数化によつて価格が割高とみなされていたが、木材資源の窮迫に伴う値上り現象を示すに至り、相対的に低下してきた等の事情に依つて世間の注目を浴び、接着剤の品質の向上なども相まつて、本格的に企業化されるに至つて、全国各地に集成材工場が24~30近く誕生して「日本集成材工業会」と称する生産者の団体が結成されるに至つた。

#### 記

集成材のもつ商品の特徴

- (1) 木材の完全利用
- (2) 品質が均一で、規格化した製品が量産できる。
- (3) 木材特有の欠点が除かれる(割れ、腐れ、目切れ)
- (4) 自由な断面が得られる。
- (5) 任意の曲り材を造りうる。
- (6) 完全な乾燥品なので、自然木に比べて強い。
- (7) 現場施工の手間を節約できる。

##### 2. 集成材需要の今後の見通し

集成材には、その利用目的に依つて、構造用と造作用の二つに大別される。

構造用集成材は、その持つ意義からも、受註による製造と、その生産に制限を受けるので、大量生産を望

めないというのが現状であつて、他の材質にはない長所も十分あるので、これを応用した建築物も採入れられると考えられるので、比較的緩慢なテンポではあるが需要は増加してゆくのではないかとと思われる。

これに対して、造成集成材(集荷造作)の見通しは我國の木材資源の窮迫化の傾向と、それに伴う価格の上昇によつて、即ち33~34年度頃に比べて、37年度で平均25%前後の値上りを示している。最近になつて外材の輸入が急増し、木材需要の緩和が図られてはいるが、高級建築材、とくに銘木の需給にはあまり響いてこない。集成造作材のねらう需要分野に影響を及ぼす外材は、米檜の良材位である。

殊に無節の高級角材の入手困難となり、集成材造作一の需要は今後、次第に有利に展開してゆくとみられ明るい将来であろう。

集成造作材の価格については競争材とみられる銘木、柱、杉檜の無節、柁目ものものと比べると、集成角材の価格は無節の銘木級に比して安い、一般製材品の規格一等品とくらべるとかなり高くつく。従つて銘木角材の分野に喰い入る事は比較的簡単で問題はないが、更に充分な需要を開拓する為には、一等角材級との競争を予想しなくてはならず生産コストの引下げが重大な factor となる。

##### 3. 本県の集成材工業化に関する考察

集成材には前述の通り、現在利用目的によつて構造用、内部造作用とに別けられているが、本県の産業として育成してゆく何れが適当であるかを技術の面から検討してみたい。

i 本県の木材工業の規模及び地域性を考慮すると、プレハブ建築、公共住宅等の規格された建築様式の内部造作と提携して規格等一された寸法の化粧集成柱、長押、敷居、鴨居などの量産形態に結びつけることの出来る内部造作用集成材に重点を置き、この研究、施設の開発につとめることが妥当かと思われる。

更に本県の事情によくマッチした対策を十分に検討する必要がある。

ii Laminated Wood は木材資源の高度利用とはいえ、芯材には平角、内系、それに近い大きさが必要で、全くの腐材を利用するわけにはゆかない。

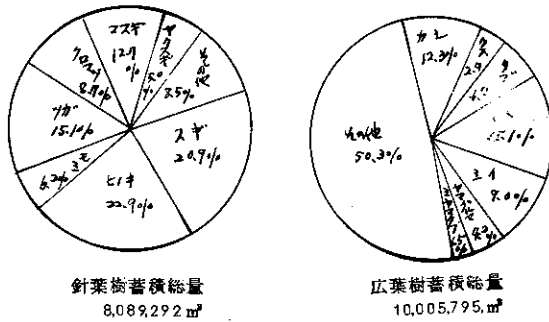
この点が particle board や hard board とは異なる点である。製材の端材の利用が有効でも、

大量集荷がむずかしい現状では、小径木など雑木の低級丸太あるいは南洋材が使われている。

集成材の生産は原木コストが大きく、その問題が重要な決め手となると云われているので、輸入材を使用する以外は、原料地立地が一番有利な産業と云える。

鹿児島県は原木立地に恵まれており、スギ、ヒノキ、モミ、ツガ等の集成用芯材に活用しうる針葉樹の蓄積が多く樹林面積で全国第14位、素材生産量は全国第9位の上位に位置しており、これらの原料を利用すれば企業としても育成は悲観的資料ではないであろう。

鹿児島県の原木事情 (国有林種別蓄積量)



iii 本県特産樹には、李の美麗な樹種が多く、内部造作集成材の化粧材として十分に利用価値あるヤクスギ、イス、クスなどが揃っているので現在の課題である南九州特産樹の開発にも大きく寄与するものと思われ、又接着剤の発達によつて技術的諸問題も解決できると信じる。

### III 集成造作材について

#### 1. 集成造作材の種類

集成造作材には、角柱、長押、鴨居、敷居、廻縁、手摺、ササラ桁、段板などがある。

##### i) 集成角柱

集成造作材といえば、この角柱と考えて差つかえない。造作材の中で生産量の利用率も多く広いものである。

##### a 化粧柱

完全な内部造作材を意味し、集成造作材製造の趣旨を代表するもので、材には力学的考慮が払われていない。

銘木の代替材として内部造作の半柱、方立、飾棚で、主として公団住宅、プレハブ、旅館、ホテルの鉄筋コンクリート、鉄骨、ブロック造りの内

部造作柱に消費されている。

##### b 化粧柱+構造柱

これは、一般大工が手がける木造建築に真壁構造の造作材として適しており、これについては、接着が完全で、素材柱と同等以上の性能を備えていなければならない。

##### c 構造柱

造作用の趣旨には反するが、完全な接着と適正な設計と技術によつて製造される集成柱は、構造的にも素材と同等及それ以上の耐久性があり、構造柱としても十分に信頼のおけるものである。

#### ii) 長押、鴨居、敷居、廻縁、フローリング

集成角材に次ぐ造作材で、自然木にない特徴を備えている製品として仕上げられているので加工手間が節約できる。

長押、廻縁、鴨居は完全な化粧材なので、うすい化粧単板を見え掛りに貼付けるだけで充分効果をあげることができる。

#### iii) 階段、手摺、ササラ桁、段板

集成材の特質、曲材の効果的利用によつて湾曲した自由な断面形の手摺、ササラ桁を思いのままに設計製造することが可能です。

以上が本県の集成材工業化に関する一般的考察である。

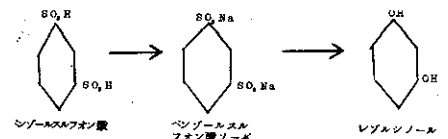
## IV 集成材の性能試験

### 1. 接着剤

集成材の生命は、接着部の信頼度と耐久性にある。ゆえに十分な初期接着力をもつと共に使用される環境条件に応じて、十分な接着耐久力を有することが要される。

初期接着力試験に於て、高度の木部破断率を示すレジンとして尿素樹脂系、石炭酸樹脂系及レゾルシノール樹脂系の接着剤の内、レゾルシノール樹脂接着剤が最も信頼性がありしかも高度の耐水性を有するので、これを使用する事は望ましい。

レゾルシノール樹脂はレゾルシノールとフォルマリンとの縮合物の一般名称である。



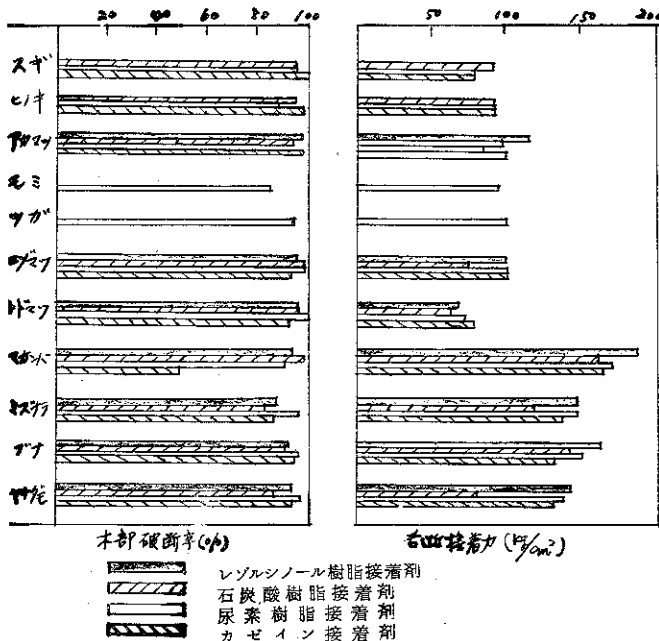
レゾルシノール (Resolusinol) はフェノールの場合よりも、フォルマリンとの反応性が著しく激しく触

媒なしに反応する。

レゾルシノール接着剤には

Plyohen 6000 主剤  
 Plyohen 6002 硬化剤 } がある。

樹種と接着剤の接着力



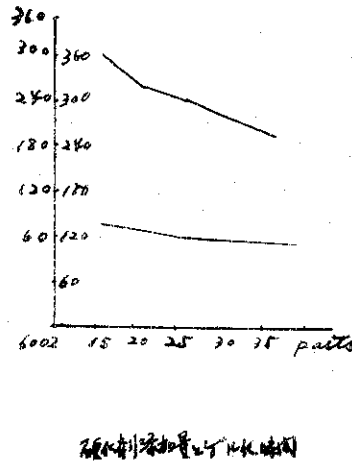
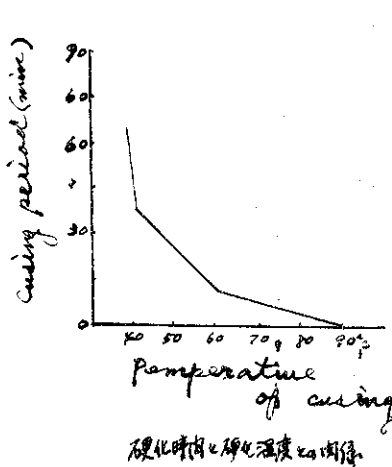
1) Plyohen No 6000 の性質

The properties of resolusinol-formaldehyde resin adhesive

Properties	Temperature at measuse	Pare adhesive or mixed harden	Measured value
Specific gravity	20 °C	plyohen 6000	1.1285 g/cm <sup>3</sup>
"	20 °C	100 parts (ply 6000) 20 parts (ply 6002)	1.2050 "
"	25 °C	plyohen 6000	1.1255 "
"	25 °C	100 parts (ply 6000) 20 parts (ply 6002)	1.1160 "
Viscosity	20 °C	plyohen 6000	6.51 pois
"	20 °C	100 parts (ply 6000) 20 parts (ply 6002)	10.45 "
"	25 °C	plyohen 6000	4.89 "
"	25 °C	100 parts (ply 6000) 20 parts (ply 6002)	8.88 "
PH	20 °C	plyohen 6000	7.35
"	20 °C	100 parts (ply 6000) 20 parts (ply 6002)	7.80
Resin Percentage			57.15 %
Surface Tension	20 °C	plyohen 6000	26.93 dyne/cm
"	20 °C	100 parts (ply 6000) 20 parts (ply 6002)	38.59 "

Plyphen 6000は普通の触媒と充填剤の混合物である硬化剤を使用時に配合する。

中間温度硬化用の硬化剤として Plyphen 6002 が奨励される。添加量 20% が基準でゲル化に要する時間が極めて長く集成材用には適切である。



ii) 硬化温度を異にする集成材の接着性能

Adhesion factoly of laminated wood cured by each setting-temperature

		Room-temeara -ture-setting	40°C-setting	50°C-setting	60°C-setting
black-shear - test	Sheustrength kg/cm	101.4±13.5	104.2±9.7	108.2±10.7	120.8±13.5
	Wood failure %	45.8	74.4	86.0	95.0
	Moisture content %	12.9±0.8	13.0±0.8	12.5±1.0	12.0±0.5
Delamination - test	Number of specimens	30	30	30	30
	Percentage of delamination	18.2	4.8	7.5	0.5
	Namber ofspeciemens	3	3	3	3

2. 接着加工

i) 調整ビームの寸法と挽板準備

調整ビーム寸法は、巾は挽板巾(10~12cm) 厚さ約20mm, 厚挽板5枚合せの厚さ(10cm), 長さは280~290cmとして、挽板組み方は、木表と木表、木裏と木裏が相対向して接着される様にし各挽板について所定の測定を行つてから、あらかじめ挽板の側面に積層順序と接着方向を明示する符号をつけて、1本毎に結束し、含水率の変化を防ぐ為にビニールシートに包んで準備をした。

ii) 接着剤の調整

配合

Plyphen 6000 100部  
Plyphen 6002 20部

の重量比とした。

混合攪拌

接着剤の混合攪拌には、5ℓホローびきピーカーと攪拌棒を用い粉末状硬化剤6002の所定の全量をピーカーにとり、つぎに樹脂液状6000の所定量の約1/2量を加え、攪拌してペースト状によく混和してから残りの全量を加え、再びよく攪拌して配合接着剤を調整をしました方がよい。

iii) 接着剤の塗布

両面塗布で、一面当りの塗布量は30g/30cm

iv) 挽板の堆積

接着剤塗布の終つた挽板は photo 1に示す様に堆積し、ビーム6本分を同一のクランプ内で圧縮した。

V) 接着圧縮

圧縮力は10~16kg/cm<sup>2</sup>が妥当

VI) 加熱硬化

圧縮を終了した積層物は、治具をのせた台車で、加熱硬化室に入れ加熱硬化を行った。

加熱硬化室としては20石入IF型乾燥室を使用し、バルブの開閉とファンの切り換えによつて室内湿度を調整した。

VII) 調整ビームの仕上げ加工

接着加工の全工程を終了した材料は、7日間以上室内に放置してから、接着層からはみ出した接着剤を除去する為に両側面をうすく挽き出し、自動鉋盤で平滑に仕上げ削りをした。

VIII) 供試材

トドマツ、エゾマツ、アカエゾマツ、ヤチダモ、ミズナラ、ブナ、マカンバ

3. 接着性能試験

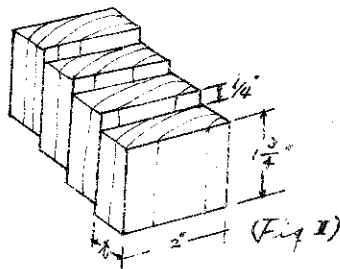
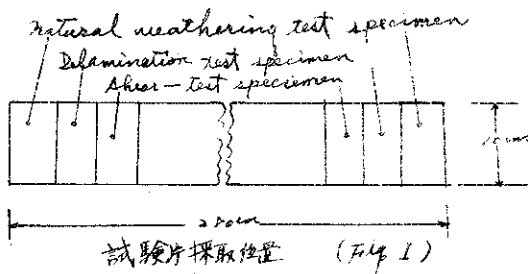
I) ブロック剪断試験

接着したビームの初期接着力を試験する為に、各ビームから採取した試験片についてASTMD805-52に準拠して次の試験を行った。

(1) 試験片の採取位置と形状寸法

各ビームの両端の位置から、それぞれ下図に示す階段状のブロック剪断試験片を採取した。

寸法は挽板の厚さを厚さとし剪断面の巾をビームの寸法と採取方法によつて約48mm or 51mmとした。



II) 試験方法

剪断試験 (前頁 Fig. 1 を参照)

$$\sigma G = \frac{P}{b \times h}$$

p...破壊時の荷重  
b...剪断面の巾  
h...剪断面の高さ  
荷重速度 毎分 40kg/cm<sup>2</sup>以下  
破壊時の荷重 p として上式より剪断接着力  $\sigma G$  を計算した。

尚、破壊後の試験について、それぞれの木部破壊率を観測し、又全乾法によつて試験時の試験片の含水率を測定計算した。

4. 試験結果

I) 剪断接着力

剪断力を機種別に大きさの順に並べると、マカンバ>ブナ>ミズナラ>ヤチダモ>エゾマツ>トドマツとなる。

比重の順をみると、マカンバ>ミズナラ>ブナ>ヤチダモ>エゾマツ>トドマツとなつている。

この結果から、比重の大きいものほど、剪断力も大きくなつている。

II) 木部破壊率

ミズナラ、マカンバが88~92%、ヤチダモ、ブナ、トドマツ、エゾマツが98~100%を示している。

III) 接着耐久性試験

製作ビームの接着耐久性を知る為にブロック剪断試験によつて初期接着力を試験すると同時に、長期戸外の自然暴露条件に匹敵する接着力の促進試験をASTMD1191-55に準じて行つたが、研修期間短期の為に、この頃は試験法と前期試験結果の資料を引用する。

1) 試験片の採取位置と形状寸法

試験片の採取位置をFig. 1に示した。寸法は断面を製品断面とし、長さを70mmとした。

2) 試験片の処理法

注水処理

試験片を金網と隔離棒によつて、一定間隔に隔離しながら圧力容器中にならべ、試験片の木口面が容器中の空気あるいは、水と完全に接触する様にしてから容器に密閉し、750mm以上の真空にして1時間排気処理したのちに、真空状態を維持しながら、容器中に水を充填させ、

樹種毎の接着性能試験結果

		Species		MIZUNARA Q	MIZUNARA QE	MAKANBA	YATIDAMO	BUN A	TODOMATU	EZOMATU YJ	EZOMATU YG
Block Shear Test	Shear Strength	Average kg/cm <sup>2</sup>	131.1	141.6	183.2	108.7	153.3	77.9	83.2	78.2	
		Standard deviation ± kg/cm <sup>2</sup>	48.2	15.5	21.6	12.4	13.3	14.0	7.5	11.1	
		Coefficient of variation %	36.7	11.0	11.8	11.4	8.7	18.0	9.0	14.2	
	Wood failure average %	89	88	92	99	98	100	99	99		
Moisture Content	Average %	11.7	13.0	12.5	12.9	12.8	12.9	13.6	13.7		
	Standard deviation ± %	0.2	0.5	0.4	0.6	0.5	0.5	0.5	0.7		
	Coefficient of variation %	1.7	3.8	3.2	4.7	3.9	3.9	3.7	5.1		
Number of measurement		76	48	48	80	24	64	32	32		
Delamination Test	Percentage of delamination average %		2.5	13.0	3.8	0.5	0.2	10.7	12.2	4.4	
	Specific gravity average		0.65	0.63	0.70	0.53	0.62	0.39	0.41	0.40	
	Number of measurement		19	6	6	10	3	8	4	4	

The result of adhesion faculty test on each species

次に空気圧搾器を用いて4.8kg/cm<sup>2</sup>~5.2kg/cm<sup>2</sup>の圧力を加えこの状態を2時間持続して試験片中に水を加圧注入する。これを再度繰返す。

乾燥処理

注入処理によつて飽水状態に達した試験片を恒温恒湿の室内に入れ金網上に配置し、吹込み側の空気温湿度条件を温度28~29℃、関係湿度25~30%に維持し、室内換気扇によつて1m/sec以上の材間風速を与えて3日間と18時間乾燥を行う。

乾湿の繰返し回数

注水、乾燥処理を一循環とし、同じ操作を三循環合計12日間連続繰返して行う。

測定計算法

接着耐久度の判定は接着層の剝離率によるとし、上記の処理全工程を経過した試験片について、両木口面の接着層の長さを剝離の長さとして竹製スケールを用いて1mmの単位まで読み、下式により剝離率を示した。

$$D_1 = \frac{dt}{Dt} \times 100 (\%)$$

D<sub>1</sub> ...剝離率

dt ...両木口面に生じた剝り長の合計

Dt ...両木口面の接着層長さの合計

剝離率は広葉樹ではヤチダモ、ブナが1%以下で最小で、ミズナラ、マカンバが5%以下、ミズナラRQが13.0%で最大であつた。

針葉樹では、アカエゾマツが最小(4.4%)、クロマツmaxの12.0%で一般に広葉樹の剝離が小さく、反対に針葉樹の剝離が大きくなつている。

V 接着性能試験結果の総括

今回の試験で採用した集成材の製作工程で、本邦木材工業分野に於て、技術水準の高い工場ならば、これを生産工程の中に組み入れることが不可能な程、厳密な条件とは考えられないが、より広く、一般化しやすい。即ち本県等にて行う集成材工業として、その製造工程を考えると、接着性能に影響を及ぼす諸因子の条件巾をひろげ、これが製品の接着性能に及ぼすいきよを検討して、実用的な集成材製造基準をはやく確立することが今後の課題であらう。

a 集成材接着加工工程で、特異な点は、接着硬化条件として、レゾルシノール樹脂接着剤に60℃の中間温硬化を採用した点にあるが、これはまだこの系統の接着剤が、我国では研究途上のものであり、大量生産がなされていないが、それゆえにまだ未完成品とも云えるので、諸因子が適正でなかつた関係上、やむをえず接着剤の化学的欠陥を物理的加熱処理で補つたのである。

現在の接着剤で十分、製品の接着性能の高さを保つてはいるが、将来はレゾルシノール接着剤本来の常温硬化にもとづく必要がある。

この系統の接着剤は将来、木材工業に於けるとくに集成材工業のもとで尿素樹脂と併せて主要なものになつてくることは疑いなくであろう。

b このビームの初期接着力に於て、充分満足すべき状態と考えられる。これを構造部材として考えられる場合、接着層が材料の弱点部になつて破壊を導く様を現象は認められず。

c 接着性能は樹種と比重に影響され、マカンバ、ブナが接着良好な特性を示している。

鹿県特産材であるイス、タブは比重は本邦産の中でも、極重に位するがこれらには特殊成分が多く、接着不良をきたすおそれがあるので、十分に前処理を必要とするものである。

d 木部破断の結果はトドマツ、エゾマツにおいては、硬化接着剤の表面に極めてうすい生毛の様な木繊維層の付着する傾向がみられた。

マカンバ、ミズナラの木破状況は凹凸の密な波状の破断を示しヤチダモ、ブナは破断面が比較的平面状をなしている。

全試験片を通じて、硬化接着層自体の凝集力(Fc)の破壊は殆んど認められなかつた。

以上はレゾルシノール接着剤を使つて集成材ピースをつくり、ブロック剪断試験による接着力と木部破断から接着性能を検討したものである。

## C 異樹種集成材の接着に関する試験

木材には繊維に方向性があり、樹種によつて異り、その結果、材質の変化量が互いにちがうので、接着工程が困難である。ゆえに異樹種と申しても、広葉樹同志しかも収縮率の近似値をもつ材同志とかに抑えるべきで、広葉樹と針葉樹の集成材というのは極力さけるべきである

う。どうしても異樹種の接着が要求される時は、十分に乾燥して、材の外的条件による変動を抑制することである。詳細は省略する。

## D 工場視察に関する事項

既設集成材工場を二工場を見学したが、その施設に特記すべき点も見当らなかつたので省略いたします。

### あとがき

僅か二日間の短期間で、十分なる研修を授講することは出来なかつたが、今後の当試に於ける集成材研究に対する方針を把握できただけでも収穫であつたと思ひ。

以上をもつて研修報告といたします。

## 4. 県特産材のスライス加工について

主任研究員 鎌田正義

### 1 目的

国産材及び海外有名材のスライス加工については、既に高度の研究がなされ、その利用面に於ても、多大の効果があげられているが、最近化粧材として、プリント紙塗装合板、合成樹脂化粧板等が既製家具の中に多く使用されている現状である。

しかし、本県産のイス、ヤクスギ材は、これ等に劣らぬ優秀材であるにもかかわらず、特殊な性質があるためその利用効果が僅か一部に限られているので、当场としては、木材資源の高度利用をはかる目的で、本研究を実施した。

### 2 概要

国内随一の硬質材イスと、樹脂分の多いヤクスギについて下記要項に基いて試験したので次に述べることにする。

#### (1) 試験要項

- (イ) 製材、木取りについて
- (ロ) スライス前処理について
- (ハ) ナイフの性質とセッティング
- (ニ) 研磨及び刃物の耐久性について

#### (2) 材の一般的性質

(イ) イス材、心材は紅褐色又は紫褐色を帯び、時には縞状の濃淡がある。辺材は紅黄褐色であり、比重0.89。肌目は極めて細く重硬な材の一つであり、フローリング、算盤玉挽物加工による工芸品以外はあまり利用されていない。

(ロ) ヤクスギ材、心材、辺材共に淡紅色で外の杉材に比べ脂気が多い。木理が密であり、独得の杢目を有