

集成材からの厚単板切削技術の開発

昭和61年度技術開発研究費補助事業

山角達也 遠矢良太郎 森田慎一 福留重人

ヒノキ低質材から無欠点（無節）部分を選び出し集成化を行い、それから良質な厚単板の製造技術を確立することを目標とし、集成ブロック製造試験、単板切削試験、単板の性能試験などを実施した。その結果、接着条件（使用接着剤など）、前処理としての煮沸処理条件およびバイアス角などの切削条件においてひとつの指標を見出した。また、得られた単板の性能試験などを行い表面材用の単板として利用可能なことがわかった。

1. 研究の概要

《資源的背景》

昨今の木材資源状況は、内外を問わず良質材が減少しつつある。本県においても、戦後積極的に造林された針葉樹材は主伐期を迎え、その蓄積量は多量に供給される規模に達している。しかし、品質的、材質的に劣ったものが多くこれらの材の有効利用がひとつの課題である。

《業界の実態》 フローリング製造業の場合

一方、業界においてもこれらの材を利用している企業が存在し、また今後利用しようとする企業が出現している。しかし、その製造工程のなかの集成ブロックの製造技術や単板切削技術の確立がいまだなされず、生産コストの高騰化などの問題をかかえ、そのことが他県との競争力低下を招いている。

《研究目標》

本研究ではヒノキの低質材（小径木・根曲がり材）を対象とし、それから無欠点（無節）部分を選別し集成化を行い、良質の表面材用スライス厚単板の製造技術を確立することを目的とする。

《研究内容》

- (1) 集成ブロックの製造条件の検討
- (2) 良質な単板を得るための切削条件の検討
- (3) 単板の性能試験

以上の3点を中心に研究をすすめた。以下において報告する。

2. ヒノキの形状別歩どまり

根張り（末口短径26～38cm）、曲がり（同12～24cm）および通直（同14～24cm）な3種類の形状のヒノキについて製材歩どまり、無節割合などを調べた。

製材方法は現在フローリング製造工場で行われている太鼓挽きとし、末口短径の大きさによって根張り材は図-1に示す木取り法I、曲がり・通直材は木取り法IIで行った。そして得られた板材について下記の選別

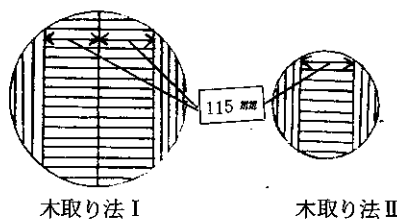
I・IIの水準で無節部分を選びだした。

選別 I 製材した板幅で無節部分の長さ250mm以上のものだけを選ぶ。

選別 II 無節部分を優先した選別で、選別 I で選んだ板材の他に無節部分が幅45mm、長さ250mm以上あるものを選ぶ。

原木材積はスマリアン式で計算した。製材歩どまり並びに無節部分の割合は原木材積に対する百分率で表した（図-2）。

ただし、スマリアン式は根張り材の材積算出には過少値として表れやすい。そのため製材歩どまりなどが大きくなる傾向がある。



木取り法 I

木取り法 II

図-1 製材方法

今回調べた3種類の形状のヒノキの製材歩どまりは、根張り材77%、曲がり材45%、通直材52%であった。研究対象となる小径および曲がり材の製材段階での歩どまりは約5割程度までおちることがわかった。

また、製材した板材について選別別別に無節割合（原木材積比）を調べると選別 I において根張り材48%、曲がり材15%、通直材23%、選別 II では根張り材60%、曲がり材20%通直材36%となった。選別 II になると、無節割合は原木の部位、形状などによって異なるが、選別 I に比べ5～20%増加した。

選別 II を採用した場合製造工程が増え、より高度な加工技術が要求される反面、無節部分の有効な利用法により、付加価値を高めることが可能である。本研究ではその無節部分を集成化し、それを単板化し利用するものである。

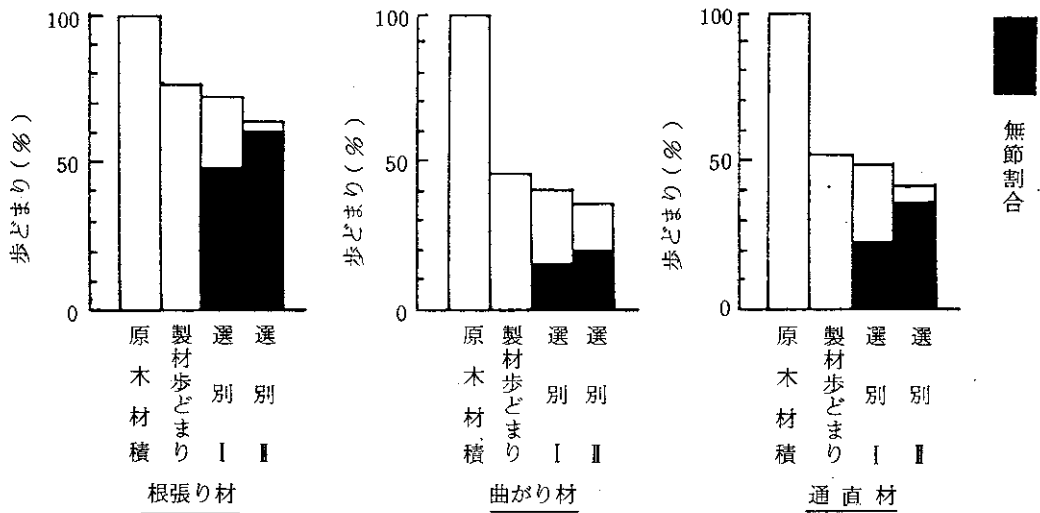


図-2 ヒノキの形状別歩どまり

3. 集成ブロック製造試験

＜目的＞集成材を製造しこれを煮沸して軟化させ、スライス単板を得るためには接着の性能が十分に維持されていることが必要である。最近の接着剤には用途にあった性能の優れたものがいろいろあり、これらのなかから今回の使用目的に適すると思われる接着剤を選び、接着性能の把握を行った。

3.1 試験方法

接着剤はO製のもので、含水率20%以下の気乾材には水性ビニールウレタン系の接着剤のピーアイボンド127 (PI) を含水率30%以上の材にはウレタン系の接着剤のオオシカダイン7057 (ウレタン) を用いた。

PIは架橋剤を10部 (PI-10)、15部 (PI-15)、20部 (PI-20)、25部 (PI-25)、30部 (PI-30) と変化させた。塗布量はPI: 200 g / m²、ウレタン: 300 g / m²とした。圧締圧は10kg / cm²、圧締時間は24時間とし、組合わせた2枚の被着材の平均比重が同じよう

になるように配慮した。試験は集成材の煮沸処理を考慮してJIS-K6852に従い常態、耐温水、煮繰り返し試験を実施した。

3.2 試験結果

1) 常態試験

表-1に常態試験結果を示す。PIの接着力は架橋剤が10部から30部と増加するにつれて低下し、変動係数も大きくなりバラツキも大きく架橋剤割合の小さいほうが接着力は高くなっている。この試験の範囲では架橋剤10部のとき常態の接着力は最も高い。

ウレタンは生材用接着剤であり、被着材の平均含水率は30%であることから接着力は乾燥材に用いたPIより低い。しかし、接着力は100kg / cm²でPIの架橋剤25部30部の117kg / cm²と比べて大差はないといえる。しかもその木破率は75%で、PIのどの木破率より大きいことからウレタンは含水率30%以上の材に対して常態での接着力は大きいといえる。

表-1 常態試験結果

接着剤の種類		PI-10	PI-15	PI-20	PI-25	PI-30	ウレタン
接着力 kg / cm ²	平均	152	138	135	117	117	100
	範囲	135~163	170~150	117~150	86~153	66~143	76~128
	標準偏差	10	18	11	19	25	14
	変動係数 (%)	6.6	12.8	10.2	16.2	21.7	14.5
木破率 (%)		70	54	66	31	56	75

2) 耐温水試験

温水60°Cに3時間浸せきし室温の水中に冷えるまで浸し、ぬれたままの状態です試験した。耐温水試験の結果を表-2に示す。

PIは架橋剤10部のときが最も接着力が大きくバラツ

キも少ない。しかし、木破率は常態に比べて小さい。

ウレタンの耐温水における接着力と木破率はPIより大きく、常態に比べて接着力や木破率の低下はPIより少ない。

表-2 耐温水試験結果

接着剤の種類		PI-10	PI-15	PI-20	PI-25	PI-30	ウレタン
接着力 kg/cm ²	平均	83	81	70	71	74	87
	範囲	77~93	61~87	43~82	42~88	41~106	70~96
	標準偏差	5	7	11	12	20	8
	変動係数(%)	5.4	8.5	15.8	16.3	26.4	8.8
木破率(%)		20	14	10	14	36	45

3) 煮沸繰り返し試験

沸騰水中に4時間浸せきした後、60°Cの空气中で20時間乾燥し、再び沸騰水中に4時間浸せきする。その後室温の水中に冷えるまで浸しぬれたままの状態です試験した。その結果を表-3に示す。

PIの接着力は常態および耐温水試験と同様架橋剤割合が少ないほど大きい傾向を示している。耐温水試験に比べて接着力と木破率は小さくなっている。ウレタンもPIと同様耐温水試験に比べて接着力と木破率は小さく

なっている。

水性高分子-イソシアネート系木材接着剤(JISK-6806)における接着力の適合規定は常態で100kg/cm²以上となっている。今回行った試験ではPIは架橋剤10部~30部のどれにおいても、また、ウレタンにおいてもJISで示されている接着力以上であった。従ってヒノキを用いて集成材を製造し、これを煮沸スライス単板を得る工程に用いる接着剤としてPIとウレタンはこれに必要とされる接着性能を有していることを確認した。

表-3 煮沸繰り返し試験結果

接着剤の種類		PI-10	PI-15	PI-20	PI-25	PI-30	ウレタン
接着力 kg/cm ²	平均	78	79	69	66	62	73
	範囲	68~90	71~86	54~77	48~83	5~104	63~82
	標準偏差	6	6	7	9	23	6
	変動係数(%)	8.2	5.6	9.8	13.0	37.7	7.7
木破率(%)		17	3	3	6	39	36

4. 単板切削試験

4.1 試験方法

1) 供試材

気乾材	寸法	100 × 100 × 1,900 mm (18mm厚板の6プライ)
	接着条件 圧縮条件	水性ビニールウレタン系接着剤(架橋剤25%、塗布量200g/m ²) 18~20kg/cm ²
生材	寸法	100 × 100 × 900 mm (18mm厚板の6プライ)
	接着条件 圧縮条件	ウレタン系接着剤(塗布量300g/m ²) 18~20kg/cm ²

2) 煮沸処理

単板切削の前処理として煮沸処理を行った。生材は未処理と60°C-24、48hr処理したものを試験に用いた。気乾材はすべて煮沸処理を行い、その条件は処理温度別には45°C、60°C、75°C-24hr（8hr×3の間欠）処理、処理時間別には60°C-24、72、120、160hr（連続）処理を行い切削試験に供した。

また、気乾材については煮沸効果を知るひとつの目安として処理材の含水率変化を調べた。処理材の中央部断面の含水率分布は、全条件の処理材についてまた、中央部長さ方向の含水率分布は60°C-120、160hr処理材についてのみ測定した。その方法は前者の場合試験ピースを25分割し、それぞれ含水率を測定し表層部、中間部、内部別の含水率の傾向をつかみ、後者は木口より10cmごとに70cmまでの含水率を測定し、長さ方向への変化を調べた（図-3）。

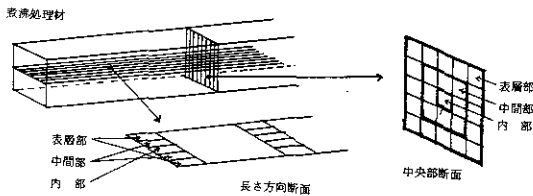


図-3 含水率の測定箇所

3) 切削条件

表-4に掲げる切削条件で試験を行った。刃先の欠け・摩耗による単板品質への影響をできるだけ少なくするために、どの条件においても刃物は研磨直後のものを用いた。

表-4 切削条件

単板厚さ	3 mm
刃先角	20°
バイアス角	72°、76°、82°
刃物材質	SKH 9
送り速度	40m/min 一定

4) 品質評価

諸切削条件で得られた単板について以下の項目を調べた。

a) 単板厚さ

得られた単板ごとに図-4に示す12点をダイヤルゲージ（1/100mm）で測定し、平均、範囲などを算出した。

b) 単板の反り・ネジレ

単板を定盤上におき図-5、6に示す方法で幅方向矢高とネジレ角度について測定した。ネジレ角度は1mあたりに換算した。

c) 単板の裏われ

単板の裏面にインクを浸透させ乾燥後鋸断し、割れの発生形態を万態投影機（x10）で観察し、裏われ率（厚さに対するわれ深さ）などを調べた。

d) 単板の面粗さ

触針式粗さ計を用い、最大粗さを測定しその平均を単板の粗さとした。測定方向は繊維方向に対し直交とし、測定長5cm、測定倍率100倍とした。あわせて目視による評価も行った。

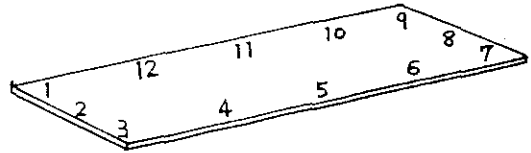


図-4 単板厚さの測定箇所

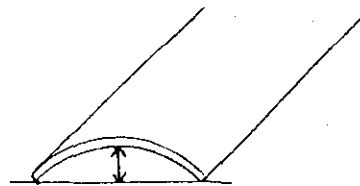


図-5 矢高の測定方法

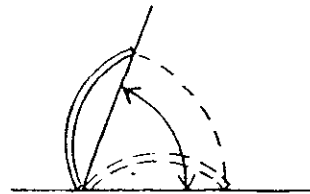


図-6 ネジレ角度の測定方法

4.2 煮沸処理材の含水率分布

60°C-168hr処理材の中央部断面と中央部長さ方向の含水率分布を図-7、8に示した。中央部断面の表層部の含水率は集成したラミナの層で異なるが、そのほとんどが30%以上であり処理前の含水率に比べ15~40%高くなった。中間部および内部の平均含水率は約20%であり、処理前の含水率に比べ約5%増加した。また、ここに図示していないが60°C-120hr処理材の含水率分布も60°C-168hr処理材とほぼ同様の傾向を示した。

中央部長さ方向への含水率分布をみると木口から20cmまでは部位間の差もみられず、その含水率は30%以上と高い値を示した。木口から30cm以上離れたと、表層部の含水率は30%前後で、また、中間部および内部の含水率は20%前後で移行しそれ以降の長さ方向への含水率は変わらなかった。煮沸処理した材の含水率変化は表層部まわりで顕著にあらわれ、内部ではあまり変化のないことがわかった。

44.3	29.2	26.8	28.3	49.3
43.5	17.9	16.9	17.5	41.7
55.1	21.8	20.2	21.3	52.4
47.7	23.1	23.5	24.5	51.3
56.4	30.6	32.9	31.7	49.5

図-7 中央部断面の含水率分布(%)
(気乾材 60°C-168hr処理)

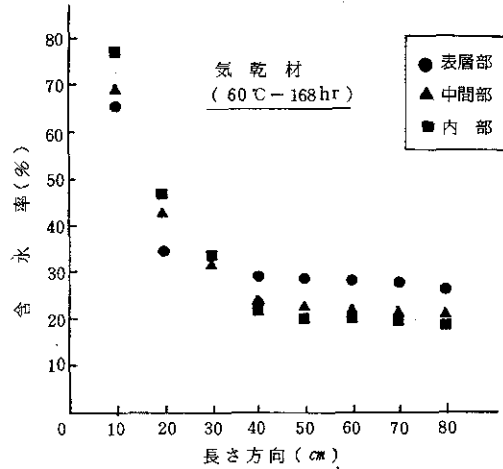


図-8 処理材の部位別含水率

4.3 単板厚さ

諸条件で得られた単板の厚さの平均、範囲などを表-5に示す。厚さの平均は呼称単板厚さよりやや大きな値となった。これは刃口のセット状態や送りローラー圧な

どの影響によると思われる。厚さの範囲は各条件ともに0.3~0.6mm、その変動係数も3%前後と、どの条件においてもほぼ同様のバラツキの単板が得られた。

表-5 単板厚さ (上段:気乾材、下段:生材)

条件	個数	平均 (mm)	範囲	標準偏差	変動係数
60°C-24 hr	108	3.21~3.53~4.00	0.79	0.1426	4.0
60°C-72 hr	144	3.06~3.33~3.61	0.55	0.1379	4.1
60°C-120 hr	180	3.08~3.33~3.74	0.68	0.1188	3.6
60°C-168 hr	180	3.09~3.36~3.67	0.58	0.1098	3.3
45°C-24 hr	120	3.02~3.30~3.57	0.55	0.1002	3.0
60°C-24 hr	144	3.03~3.26~3.47	0.44	0.0955	2.9
75°C-24 hr	192	3.26~3.44~3.72	0.46	0.0951	2.8
未処理	120	3.10~3.30~3.70	0.60	0.1294	3.9
60°C-24 hr	102	3.20~3.44~3.68	0.48	0.0956	2.8
60°C-48 hr	120	3.13~3.37~3.70	0.63	0.1250	3.7

4.4 単板の反り・ネジレ

煮沸時間別ネジレ角度と部位別ネジレ角度をそれぞれ図-9、10に示した。

気乾材のネジレ角度を処理時間別にみると、バイアス角82°における60°C-24hr処理材の単板のネジレ角度は129°であったが、同一168hr処理材になるとネジレ角

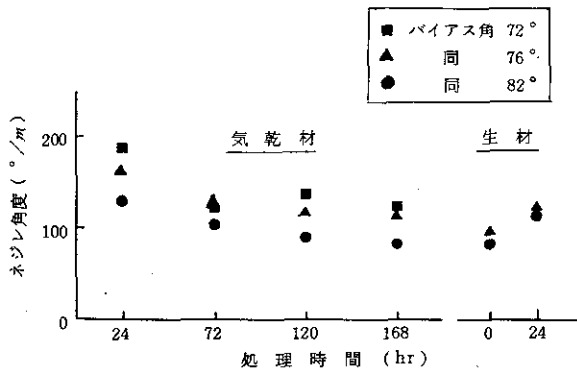


図-9 処理時間別ネジレ角度

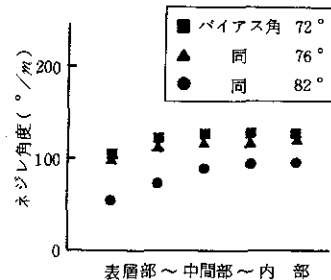


図-10 部位別ネジレ角度

(気乾材60°C-168hr処理)

度は80°まで減少した。バイアス角が72°、76°の場合も同様に減少した。このことからネジレ角度は処理時間が長くなるほど小さくなる傾向にあると言える。

ネジレ角度をバイアス角別にみると、60°C-24hr処理材でバイアス角が72°の場合ネジレ角度186°、バイアス角76°で163°、バイアス角82°で129°とバイアス角が大きくなる程ネジレ角度は小さくなった。長時間処理の場合も同様の傾向がみられた。

処理材の部位別ネジレ角度をみるといずれのバイアス角でも、ネジレ角度は表層部、中間部、内部の順に大きい傾向を示した。

生材から得られる単板のネジレ角度はバイアス角が大きい方がネジレ角度はわずかではあるが小さかった。未処理（生剥き）材はバイアス角82°でネジレ角度95°、60°C-24hr処理材のネジレ角度は112°であり、気乾材

の長時間処理材（60°C-120hr以上）のネジレ角度とはほぼ同等の値を示した。

次に図-11に煮沸時間別の幅方向矢高を示した。

気乾材の幅方向矢高は60°C処理の場合120hrまではほぼ同様の値で推移し、168hr処理するとやや低くなった。60°C-168hr処理材の幅方向矢高はバイアス角72°で7.9mm、バイアス角76°で9.8mm、バイアス角82°で11.9mmであった。幅方向矢高はバイアス角別にみるとバイアス角が大きいほど高くなる傾向がみられた。

幅方向矢高を部位別にみると、含水率の高い端部のほうが低い傾向を示した（図-12）。

生材の幅方向矢高は未処理（生剥き）の場合、バイアス角76°で11.6mm、バイアス角82°で14mm、60°C-24hr処理の場合バイアス角76°で13.8mm、バイアス角82°で12.9mmであった。

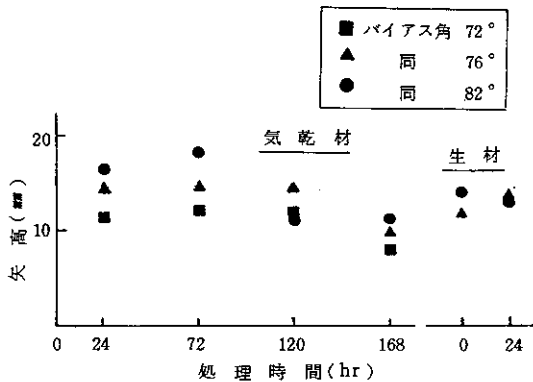


図-11 処理時間別幅方向矢高（処理温度60°C）

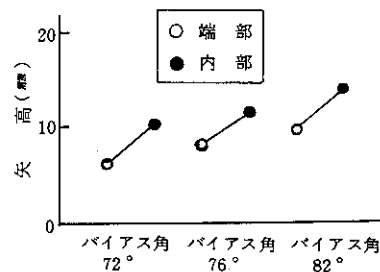


図-12 部位別幅方向矢高（気乾材60°C-168hr処理）

4.5 単板の裏われ

裏われの発生形態は複雑でありその傾向は読みとりにくい。今回は各条件において表層部、中間部、内部から1枚ずつ抜きとり、それぞれ両端部、中央部の3ヶ所の裏われ深さを測定しそれらの平均を裏われ率とした。図-13に煮沸時間別の裏われ率を示した。

気乾材の裏われ率は処理時間が長くなるほど小さくなる傾向がみられ、処理時間が120hr以上になるとほぼ一定の値を示し、その値は約40%であった。

また、裏われ率を部位別にみると表層部およびその付近の裏われ率が小さかった。裏われ率は含水率の比較的高い部位ほど小さい傾向がみられた。

生材の裏われ率は未処理（生剥き）の場合、バイアス角82°で46.9%、60°C-24hr処理の場合バイアス角82°で41.1%であった。生材の場合、気乾材に比べ処理時間が短くても処理効果が顕著にあらわれ、処理温度60°Cにおける生材の24hr処理材の裏われ率は、気乾材の60°C-

120hr処理材のそれとはほぼ同等であった。

裏われ率と幅方向矢高の関係を図-14に示した。裏われ率と幅方向矢高の間には正の相関が認められた。また分散分析の結果、危険率1%水準で有意な差が認められた。

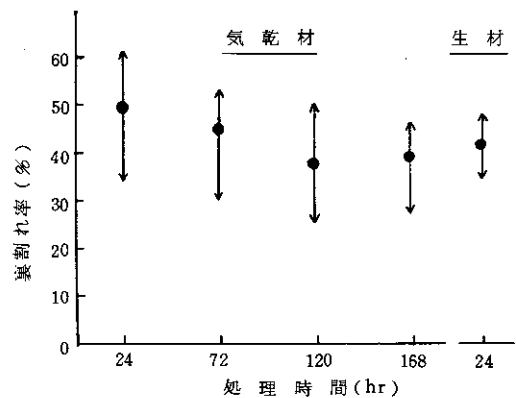


図-13 処理時間別裏割れ率（処理温度60°C）

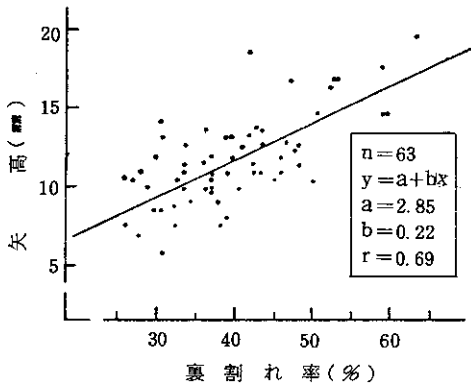


図-14 裏割れ率と矢高の関係

4.6 単板の面あらし

諸条件から得られた単板について条件ごとに粗い部分、比較的粗い部分、平均的な部分、良好な部分を選び出し、それらを触針式あらさ計で測定しそれをもとに粗さの評価基準として“極めて粗い”、“粗い”“やや粗い”、“や

や良”、“良”の5段階を設け、目視評価を主に面粗さを判定した(表-6、7)。

<気乾材>面あらしはバイアス角82°から得られる単板並びに表層部分から得られる単板に良好な部分が多い。処理時間が72hr以下の単板の面あらしはバイアス角別、部位別の差が大きいが、即ちバイアス角が小さいほど、またより内部から得られる単板に不良なものが多い。処理時間が120hr以上になるとバイアス角別及び部位間の差は目立たなくなり、面あらしはおおむね良好な単板の割合が増加した。

<生材>未処理(生剥き)から得られた単板の面あらしは目ぼれ、剥離が目立ち様に粗い部分が多い。60°C-24hr処理材から得られた単板の面あらしは良好な部分が大半を占めた。

ただし、今回の供試材は6枚のラミナを集成したものであるから部分的に逆目切削になることは避け難い。単板の面あらしは処理条件別の影響に加え、ラミナの方性も影響していることを考慮する必要がある。

表-6 煮沸時間別単板の面のあらし(単位: μm)

	生材		気乾材			
	未処理	60°C-24 hr	60°C-24 hr	同- 74 hr	同- 120 hr	同- 168 hr
粗い部分	240	138	147	167	132	207
比較的粗い	126	85	107	90	85	86
平均的あらし	81	20	70	68	58	40
良好な部分	33	15	29	33	29	26

バイアス角別面あらし

	60°C- 120 hr		同- 168 hr	
	バイアス角72°	150	60	
同 76°	116	66		
同 82°	78	64		

部位別面あらし

	60°C- 120 hr	
	表層部	44
中間部	96	
内部	156	

方向性別面あらし

	60°C- 168 hr	
	順目	38
逆目	142	

表-7 処理時間別単板の面あらし

処理時間	気乾材												生材					
	60°C-24hr			同- 72hr			同- 120hr			同- 168hr			未処理			60°C-24hr		
	表	中	内	表	中	内	表	中	内	表	中	内	表	中	内	表	中	内
バイ72°	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	±						
バイ76°	±	+	+	±	±	±	-	-	-	-	-	-	±	±	±	○	-	-
バイ82°	-	±	±	○	-	±	○	○	-	○	○	-	±	±	±	○	-	○

表:表層部、中:中間部、内:内層部

○:良、 -:やや良、 ±:やや粗い、 +:粗い、 ++:極めて粗い

5. 単板の性能試験

5.1 試験方法

1) 単板の摩耗試験

フローリングの摩耗A試験（JAS）を単板で行った。これはテーバー型摩耗試験機で行うもので試料に荷重をかけ500回転した試料に表面材料が残っており、かつ100回転あたりの摩耗減量が0.15g以下であることとしている。

2) 浸せきはく離試験

フローリングのJASの試験方法に基づき単板を台板に張り、それを70±3℃の温水中に2時間浸せきした後、60±3℃の恒温乾燥機に入れ試料の含水率が8%以下になるように乾燥し、はく離した部分の長さがそれぞれの側面において1/2以下であるかどうか調べた。

5.2 試験結果

1) 単板の摩耗試験

厚さ3mmの単板について摩耗試験した結果を図-15に

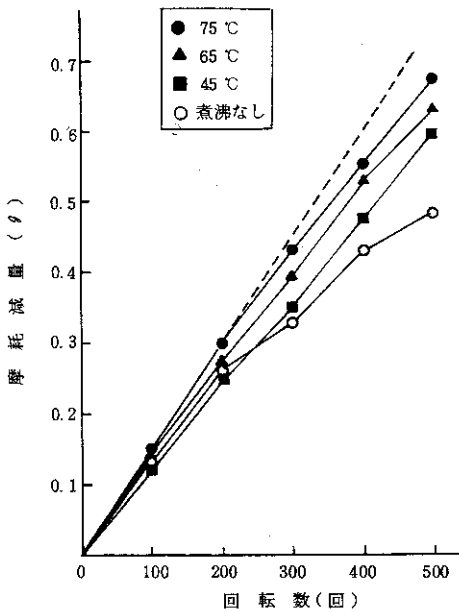


図-15 処理温度別単板の摩耗度

に示す。単板の摩耗減量は、いずれの処理条件においてもほぼ直線的に増大し、煮沸温度の高い処理材から得られた単板ほど摩耗減量は大きい傾向がみられた。100回転あたりの摩耗減量は、75℃処理の単板で0.13g、60℃処理で0.13g、45℃処理で0.12gと、いずれもJASの基準値（0.15g）以下であった。単板表面摩耗深さは摩耗減量と同様の傾向を示している。

煮沸時間別（60℃-24,72,120,168hr）に得られた単板の摩耗減量は処理時間が長くなるほど漸増傾向にあるが、100回転あたりの摩耗減量はいずれもJASの基準値以下である。単板表面の摩耗深さも処理時間が長くなるほど漸増傾向にある（図-16）。

2) 浸せきはく離試験

試験に供したいずれの条件の単板にも、はく離は認められなかった。

以上の結果より、今回得られた単板はヒノキ単層フローリングの化粧単板としての性能を有している。

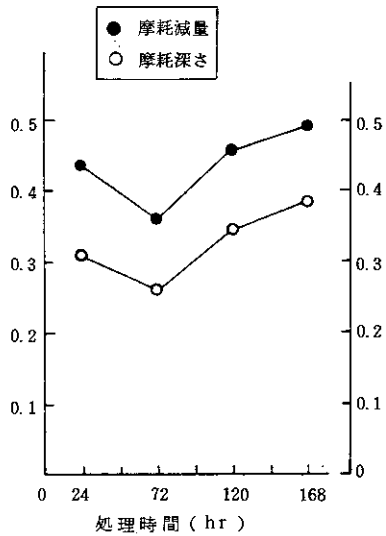


図-16 処理時間別単板の摩耗

6. まとめ

今回行った試験から得られた結果は以下のとおりである。

- (1) 本研究は生材と気乾材の両方から試み、今回集成ブロックの製造に使用した接着剤の性能は十分なものであった。
- (2) 今回行った単板切削試験の範囲では、生材を用いた場合煮沸処理60℃-24hrで、気乾材の場合60℃-120hr

以上で良好な結果が得られた。またバイアス角は大きいほど良質な単板が得られた。

- (3) 単板の製品化に際しては各種性能試験の結果、表面材用として利用可能であることがわかった。
- (4) 研究対象とした小径材および曲がり材の製材歩どまりは約5割、またその無節割合は2割から4割であるが、それらを集成化し単板利用すれば有効利用・高付加価値化が期待できる。