

小径材等の集成化技術に関する研究(1) — 生材接着による集成材の試作 —

名取 潤・渡辺利一
秋山喜蔵・藤本登留

はじめに

間伐材、樹梢材などの小径材や根曲り材など低質材の安価な集成化の手法として、生材接着による集成化が考えられる。未成熟材やアテ材などは乾燥過程で著しい狂いを生じるが、生材接着するとその狂いが相殺され、歩止りの向上が期待される。また用途によっては、人工乾燥を必要としない場合もあり製造工程の省力化がはかられる。

以上のような観点から筆者は、生材接着した場合の基本的な接着性能を調べるとともに、実大の集成材を何種類か試作してその性能を検討してきた。¹⁾²⁾³⁾

本報では、これまでの基本的接着性に関する研究成果をふまえ、生材接着方法で製造した実大の半柱、間伐ボード、及びヒノキ根曲り材による集成板の試作を行い、集成材の歩止り、変形、接着性能等、実用上の問題点について検討を加えたので報告する。

なお、この研究は国の大型プロジェクト研究「国産材の多用途利用開発に関する総合研究」の一環として実施したもので、その成果の一部をとりまとめたものである。研究に当り種々ご指導を賜った林野庁、国立林試をはじめ関係者の方々に対して、ここに厚くお礼申しあげる。

材料と方法

1. スギ・カラマツ半柱の試作

生材接着を集成化工程に応用する場合は、ラミナの縦つぎや、横はぎなど前接着工程に適用する場合と、積層接着などの後接着工程に適用する場合が考えられる。本試験は、造作用集成材である敷居、鴨居などを想定して、後者の後接着の方法で半柱を製造した場合のラミナの木取方法や、積層接着の組合せ、また乾燥状態と鋸断の時期が、製品の変形や接着性能にどのように影響するのかを検討することを目的としている。

そこで、材料としてスギ、カラマツ丸太から、厚さ2.3 cm、幅11.5 cm、長さ3 mの板目板を採材し5 プライに積層接着したのち、4 材面をプレーナー仕上げして10 cm角とした。接着剤はウレタン系(製品名:GA627)を用いた。試作本数は6本とし、うち半数は解圧直後に、残り半数は解圧後3カ月間室温で乾燥したのち、いずれもラミナの中心線にて半割鋸断して、厚さ4.5 cm、幅

10 cmの半柱に仕上げた。前者をAグループ、後者をBグループとした。一方、これと並行して厚さ2.3 cm、幅5 cm、長さ3 mのラミナを5 プライに積層接着したのち、上記と同様に厚さ4.5 cm、幅10 cmの半柱を各樹種3本ずつ製造した。これをCグループとした(図-1 参照)。

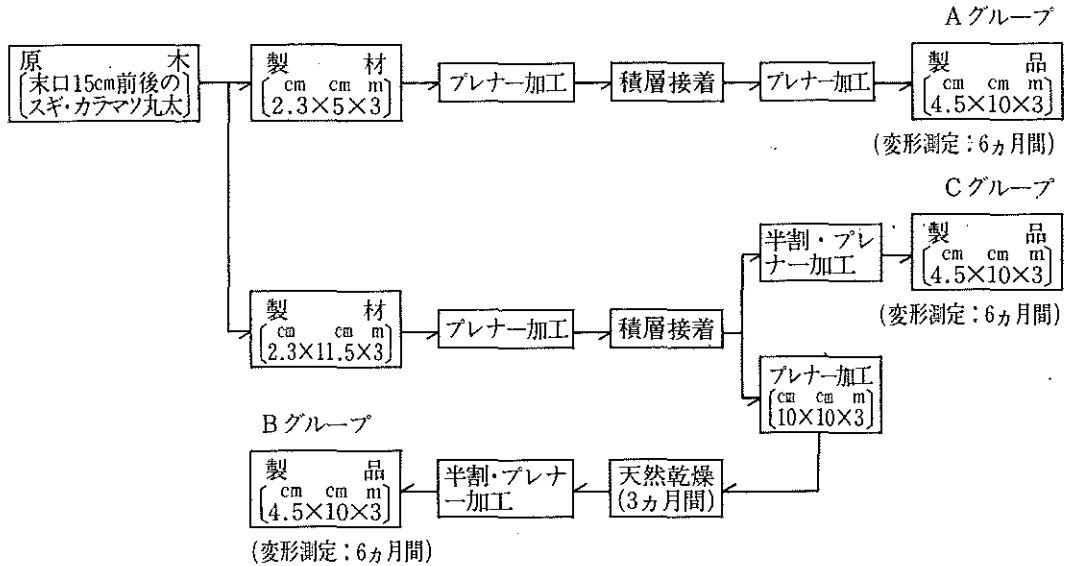


図-1 生材接着による半柱の製造工程

これらの供試材(半柱)について、曲り、反り、ねじれ、及び含水率変化(重量変化)を、最終寸法仕上げ直後と、それ以後1週間、2週間、1ヵ月、3ヵ月、6ヵ月後に測定した。また測定期間中の製品の状態は、室温で栈木を製品長さの3等分点に置いて放置した。



また変形測定後、集成材JAS規格に準じて接着性能を調べた。

2. ヒノキ・カラマツ間伐ボードの試作

本試験は、針葉樹小径材より木取った正割材をベースにして、1本では使用に限界がある小径材を生材時に幅はぎ接着することにより、汎用性のある材料に変えて行くことを目的とした。これを仮に間伐ボードと呼ぶことにした。

まず表-1に示すように、径7~8 cmのヒノキ丸太より心持正割材及び径15 cm前後のカラマツ丸太より心去り正割材を製材して、生材時(ヒノキ:含水率20~35%、カラマツ:含水率20~23%)にそれぞれ集成接着して、5 cm×40 cm×1.8 m程度のボードに仕上げた。なお、接着剤はウレタン系(製品名:GA627)を用いた。

表-1 スギ・カラマツ 間伐ボード積層方法

樹種	木取法	ラミナ寸法 (cm)	間伐ボード		
			積層方法	寸法 (cm)	供試枚数 (枚)
ヒノキ	心持正割	5×5×200		5×40×180	6
カラマツ	心去り正割	#		#	6

これらのボードは各樹種6枚ずつ試作し、半数は圧縮 5kg/cm^2 (幅3cm、長さ40cm)の栈木3本を用いその栈木の部位で)で圧縮、天然乾燥し、残りの半数は通常の栈積み方法で天然乾燥した。1年後に曲り、反り、ねじれなどの変形を測定するとともに、集成材/ASによる接着性能を調べた。

3. 鋸挽材面接着によるスギ間伐ボードの試作

本試験では、鋸挽材面で直接接着するという新しい方法で、スギ間伐材を用いて間伐ボードを試作した。鋸挽材面での接着は、接着剤塗布量が増加するので、レゾルシノールなど水溶性接着剤の水分による希釈防止と、プレナー加工が不要になることによる歩止り向上という2つのメリットが考えられる。製造工程を図-2に示した。

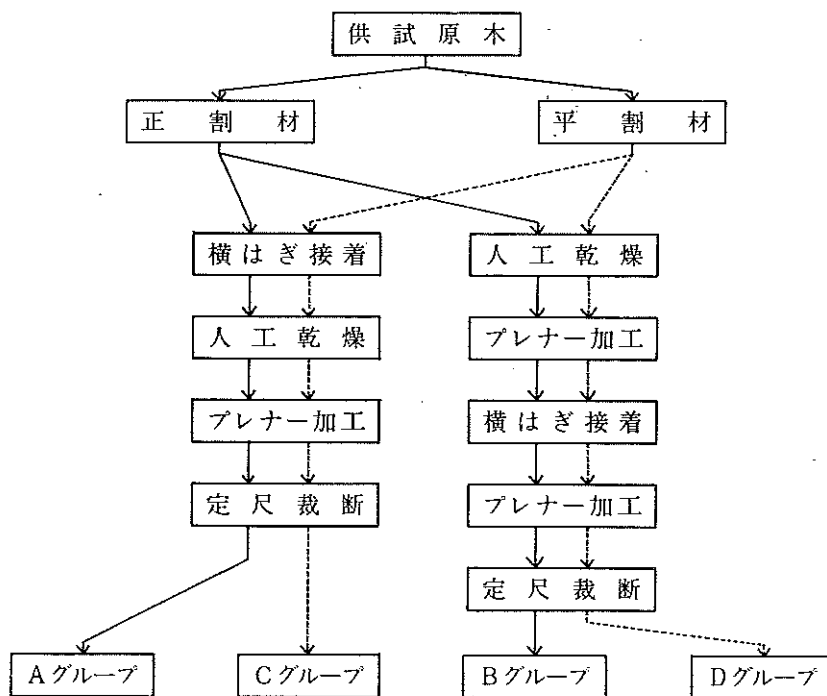


図-2 スギ間伐ボードの製造工程

末口径7~8 cm、材長2 mのスギ小丸太からツインソーにより、5 cm×5 cmの心持正割材、5 cm×2.5 cmの心去り平割材を採材した。これらの一部については、鋸挽きのままレゾルシノール樹脂（高粘度タイプ、製品名：D51）で接着して、5 cm×40 cm×2 mの間伐ボードを試作した。ボードは正割材を集成化したものをAグループ、平割材を集成化したものをCグループとして、各グループ5枚ずつ試作して人工乾燥した。乾燥後プレナー加工して接着層のはく離、ボードの形状変化などの測定をした後、鋸断して挽割時の変形を調べた。挽割材については接着性能試験、曲げ破壊試験を行って性能を評価した。

一方、比較のため残りの正割材、平割材については人工乾燥後その変形を調べたのちプレナー加工して、前記同様な間伐ボード（正割材を集成化したものをBグループ、平割材を集成化したものをDグループとした）を試作した。これらについても同様な性能試験を実施して性能評価を行った。また両製造方法について各段階の歩止りを求め検討した。

4. ヒノキ根曲り材集成板の試作

ヒノキ根曲り材は“あて”を含むものが多く、乾燥過程で異常収縮をおこすため生材時に集成化が可能であれば、歩止りの向上、製造工程の合理化をはかる意味で、生材時に集成化した方が有利であると考えられる。また根曲り材は、節の出現が比較的少なく、“あて”などの接着上の欠点が技術的に解決できれば低コストで付加価値の高い無節の板を製造することができる。このような観点から、ヒノキ根曲り材の生材接着による集成化について検討した。製造工程を図-3に示した。

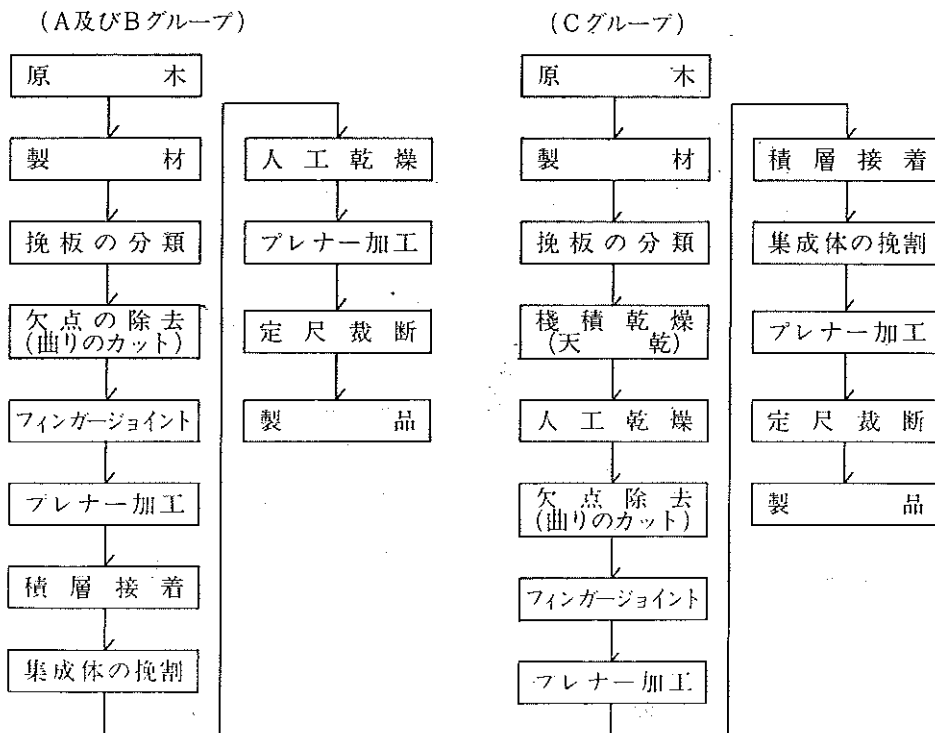


図-3 ヒノキ根曲り材による集成板の製造工程

A及びBグループは、生材時に集成化した。Aグループは、ウレタン系の高粘度タイプの接着剤（製品名：GA659）を使用した。Bグループは従来の低粘度タイプのウレタン系接着剤（製品名：GA1065）を使用した。Cグループは、比較のために従来の集成材の製造方法で集成化した。接着剤は水性ビニールウレタンの硬木用（製品名：PI127）を用いた。挽板は厚さ2.5 cm、材幅7 cm、材長約1 mのものを用いた。また、あらかじめ“あて”や節などの出現状態を考慮して、無節で“あて”を含まないもの、無節で“あて”を含むもの、片面無節で“あて”を含まないもの、片面無節で“あて”を含むもの、両面節で“あて”を含まないもの、両面節で“あて”を含むものに品質を区分して用いた。A、Bグループはフィンガージョイント後プレナー加工して、厚さ7 cm、幅34 cm、材長1.9 mの板に集成接着した。これを製材機で厚さ方向に2つ割りにしてから、通常の乾燥スケジュールで人工乾燥し、プレナー加工して厚さ約3 cm、幅約34 cm、長さ1.85 mの製品に仕上げた。Cグループについては、挽板を人工乾燥してから曲りなどをカットしてフィンガージョイント後積層接着し、製材機で厚さ方向に2つ割りしてA、Bグループとほぼ同様な寸法の製品に仕上げた。

本試験では、各工程ごとの歩止り、挽板の品質、集成接着した製品の寸法安定性、接着層のはく離の有無等の調査、及び集成材JASに準じた接着性能試験を実施した。

結果と考察

1. スギ・カラマツ半柱の試作

(1) 製造工程と歩止り

本試験は試験設計の当初、製造方法による変形の違いを見ることに主眼を置いたため供試材は挽板を購入して行った。したがって、挽板を基準にした工程別歩止りを表-2に示した。A、Bグループは、挽板からの歩止りが71%であったが、Cグループはやや高く73%であった。

表-2 半柱の製造工程別歩止り

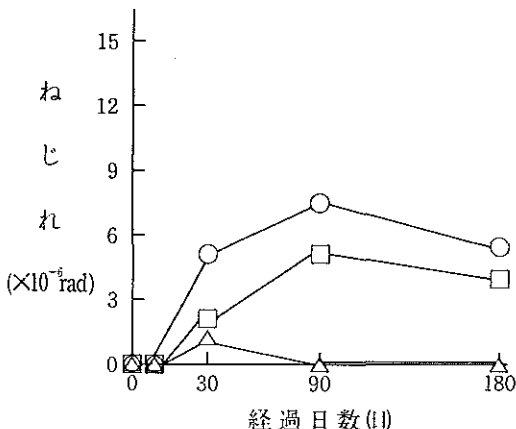
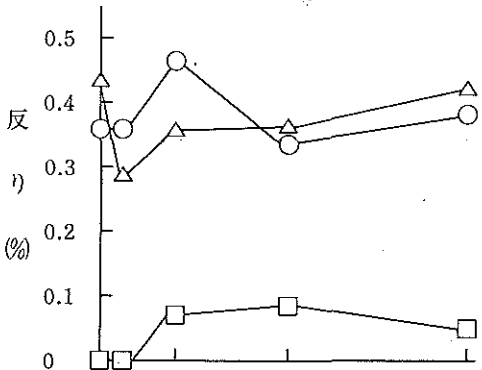
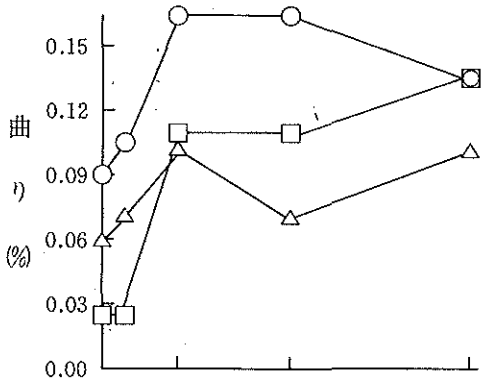
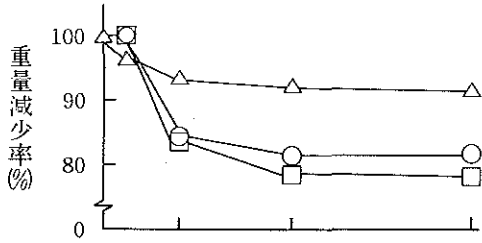
グループ	Aグループ		Bグループ		Cグループ	
	材積 (m ³)	歩止り (%)	材積 (m ³)	歩止り (%)	材積 (m ³)	歩止り (%)
挽板	0.1139	100	0.1139	100	0.0554	100
プレナー加工後	0.1035	90.9	0.1035	90.9	0.0504	91.0
積層接着後	0.1035	90.9	0.1035	90.9	0.0504	91.0
半割後	0.1008	88.5	0.0873	76.6	-	-
最終製品	0.0810	71.1	0.0810	71.1	0.0405	73.1

(2) 半柱の乾燥経過と変形

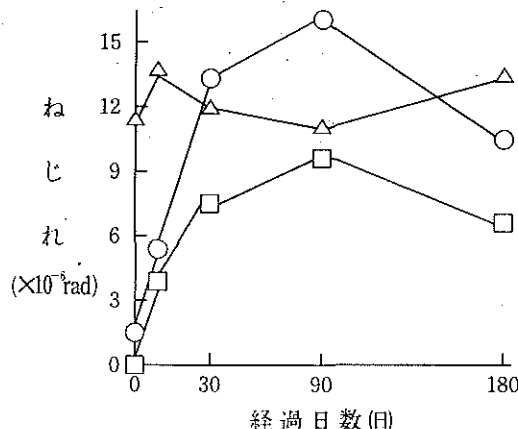
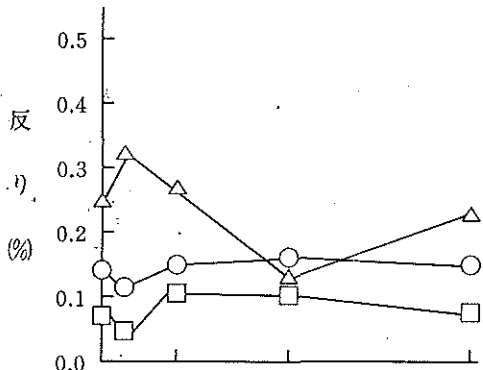
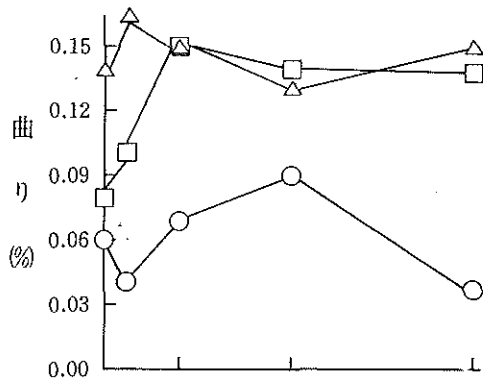
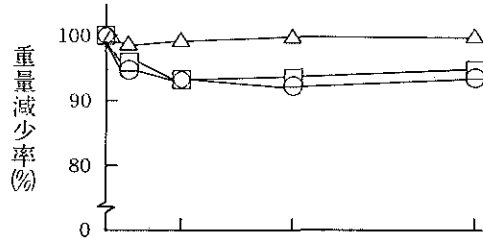
半柱の製造時期はスギが11月中旬であり、接着時の含水率は平均47%であった。A、Cグループは翌年の5月まで、Bグループは8月まで乾燥した。含水率の測定は電気抵抗式含水率計ではうまくいかなかったので、重量チェックのみを行って大略の乾燥経過を調べた。Aグループは90日で気乾状態になった。Bグループは3カ月後に鋸断したのでかなり乾燥した状態にあり、梅雨時に若干含水率が増加した。

カラマツは1月中旬に試作した。接着時の含水率は平均30%で、スギよりもやや乾燥していた。A、Cグループは7月まで、Bグループは10月まで乾燥した。スギと同様ほぼ3カ月で気乾になるが、梅雨時には含水率の増加が認められた。

変形の特徴を見ると、図-4、5に示したように曲りに比べて反りの発生量が大きく、曲りが中央部の矢高で0~5mm程度のもが多いのに、反りは3倍近い10~15mmの矢高を示すものが見られた。また、ねじれはスギに比べてカラマツが大きかった。製造工程別に見ると、半割りしたものを積層接着したCグループが最も変形が小さかった。



○: Aグループ, △: Bグループ, □: Cグループ
 図-4 生材接着による半柱の乾燥にともなう変形 (スギ)



○: Aグループ, △: Bグループ, □: Cグループ
 図-5 生材接着による半柱の乾燥にともなう変形 (カラマツ)

次に変形と木取りとの関係を見ると、反りは製造方法にともなう木取りの影響が認められ、スギについては、Aグループは一様に鋸断直後は外反り（樹心に対して木表側への反り）を示した。6カ月後も同じ傾向であった。また3カ月後に鋸断したBグループについても、外反りの変形を示し、鋸断面の乾燥にともない若干反り量は小さくなるが、乾燥が進むと、また反りは増加して安定した。一方、Cグループは製造直後は反りはなく、乾燥にともなうその後の反りも小さく、いずれも0.1%以下であった。

A、Bグループの反りが大きくなった原因としては、ラミナを小径材より採取したため、樹心を含むラミナが大部分となり、結果的に心持材を樹心で挽き割ったものと同じことになったためと考えられた。一方、Cグループはラミナ幅が半分なうえ、積層の段階でランダムな配置になるので変形が相互に抑制され、反りが小さくなったものと考えられた。

またカラマツについては、Aグループの鋸断直後は、内反り、反りのないものなど、一定の傾向を示さなかったが、乾燥につれて内反りに変形して行く傾向が認められた。最終的にはスギより反り量の小さいものが多かった。一方、Bグループは一様に内反りを示し、乾燥によりやや小さくなるが乾燥後も同様な傾向を示した。Cグループはスギと同様、変形は一定の傾向がなく変形量も小さかった。

以上変形についてみると、小径材よりA、Bグループで行ったような方法で半柱を製造するのは問題であり、Cグループのような変形抑制効果の期待される方法で行う必要がある。しかし、品質的にはCグループの方法で行っても、まだ当初想定した敷居・鴨居には不適當のように思われるので、さらに検討を加える必要がある。

(3) 接着性能

接着性能試験の結果を表-3に示した。

表-3 半柱の接着性能

樹種	接着力 (kgf/cm ²)			木破率 (%)			はく離率 (%)		
	平均	標準偏差	変動係数(%)	平均	標準偏差	変動係数(%)	浸漬方法	最大	平均
スギ	74.4	9.4	12.6	28.3	26.6	94.0	室温水	16.5	2.06
							煮沸	65.3	14.55
カラマツ	84.3	6.0	7.1	24.2	19.8	81.8	室温水	31.3	6.14
							煮沸	26.1	4.20

ブロック剪断強度はこれまでと同様、スギ、カラマツの規準値を上まわるが、木破率はスギが平均28%、カラマツが平均24%と低いものであった。浸漬はく離試験の結果は、スギの煮沸はく離が10%を越えたが、その他は規準値の範囲内であった。乾燥過程で材面に発生したはく離につ

いては、節部などを中心に数cmから20cmくらいの浅いはく離が数か所認められた。

2. ヒノキ・カラマツ間伐ボードの試作

(1) 寸法安定性

表-4に1年後の変形を示した。圧縮乾燥したものと通常の積積み乾燥したものでは、当然圧縮乾燥したものが、ねじれは少なくなっているが、曲り、反りは差がなかった。

表-4 ヒノキ・カラマツ間伐ボードの寸法安定性

		曲り(%)		反り(%)		ねじり($\times 10^{-6}$ rad)		含水率(%)	
		積 積	圧 縮	積 積	圧 縮	積 積	圧 縮	積 積	圧 縮
ヒ ノ キ	平 均	0.10	0.06	0.08	0.05	375	188	105	97
	標準偏差	0.12	0.05	0.05	0.05	108	226	0	0.4
	範 囲	0~0.23	0~0.10	0.05~0.13	0~0.10	3.13~5.00	0~4.38	105	9.4~10.2
	試料数	3	3	3	3	3	3	3	3
カ ラ マ ツ	平 均	0.06	0.07	0.01	0.09	625	334	9.6	8.8
	標準偏差	0.08	0.02	0.02	0.05	438	201	0.2	0.1
	範 囲	0~0.10	0.05~0.08	0~0.03	0.05~0.15	1.25~2.38	1.88~5.63	9.5~9.8	8.7~8.9
	試料数	3	3	3	3	3	3	3	3

注) 1年後の変形

カラマツは心去角を用いているので、通常の積積み乾燥でヒノキ、カラマツとも変形は軽微で実用上で問題ない程度であった。また心持角を用いたヒノキには、材面に割れの発生するものも見られたが、単体の心持角と異なりその発生量は少ないものであった。

(2) 接着性能

接着性能は表-5に示したように、これまでと同様、ブロック剪断強度は高いが木破率は低い値を示した

表-5 ヒノキ・カラマツ間伐ボードの接着性能

樹 種	接着力 (kgf/cm ²)			木 破 率 (%)			は く 離 率 (%)		
	平 均	標準偏差	変動係数(%)	平 均	標準偏差	変動係数(%)	浸漬方法	最 大	平 均
ヒノキ	77.1	13.0	16.9	12.9	21.3	165.1	室温水	74.4	16.0
							煮沸	41.3	9.1
カラマツ	72.8	5.8	8.0	13.6	16.9	124.3	室温水	2.4	0.2
							煮沸	39.9	4.7

また浸漬はく離試験も、カラマツの室温水はく離をのぞいて JAS 規格を満足しなかった。乾燥過程での材面のはく離は、ヒノキの節部に少し見られたが、ほとんど発生しなかった。

3. 鋸挽材面接着によるスギ間伐ボードの試作

(1) 製造工程と歩止り

工程別歩止りの状況を図-6 に示した。最も歩止りの高い A グループの歩止りは 44.9% で、最も歩止りの低い D グループの 28.2% との間には、約 17 ポイントの差が生じた。また、材幅も A グループが 39.6 cm に対し、D グループは 34.7 cm で約 5 cm の差が出た。A と B、C と D について比較して見ると、鋸挽き面の生材接着の歩止りの向上は、約 3 ポイント程度であり、正割材を木取るか平割材を木取るかの木取方法の影響の方が大きかった。これは挽板に丸身などの欠点が発生しないように A、B グループに比べて C、D グループが若干大きめの丸太をあてたことも関係したものと考えられた。結果的には A、B グループの製材歩止りが 52% であるのに対して C、D グループの歩止りは 37.5% にとどまった。そのほかの工程の歩止り低下は、それほど大きいものではなかった。

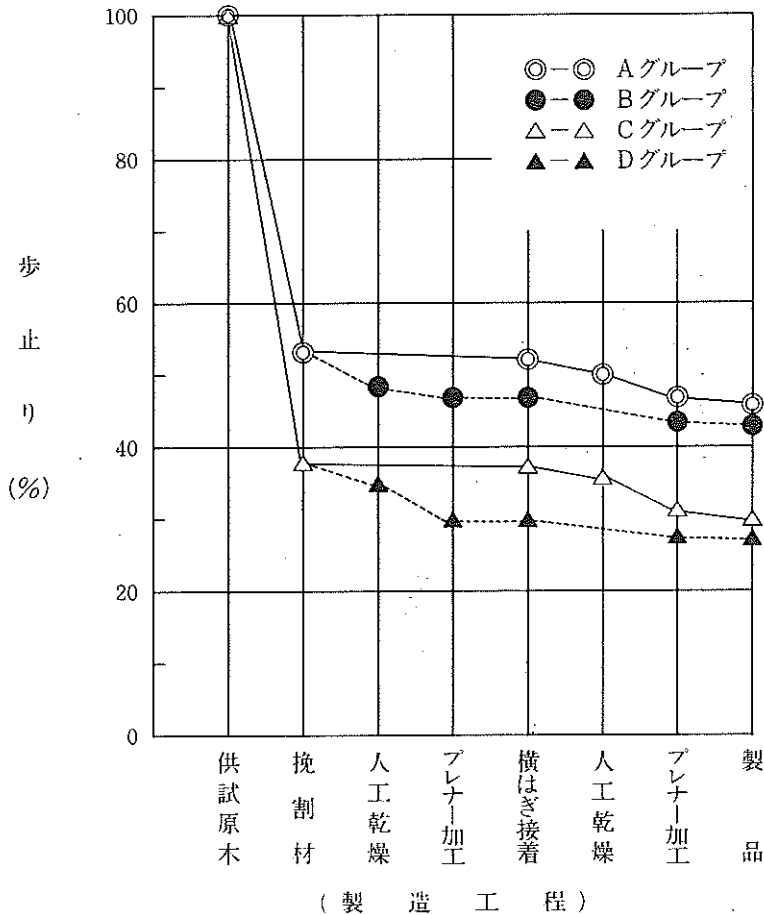


図-6 スギ間伐ボードの製造工程別歩止り

(2) ラミナ（挽板）及び間伐ボードの変形

図-7にラミナの乾燥による材質変化を示した。

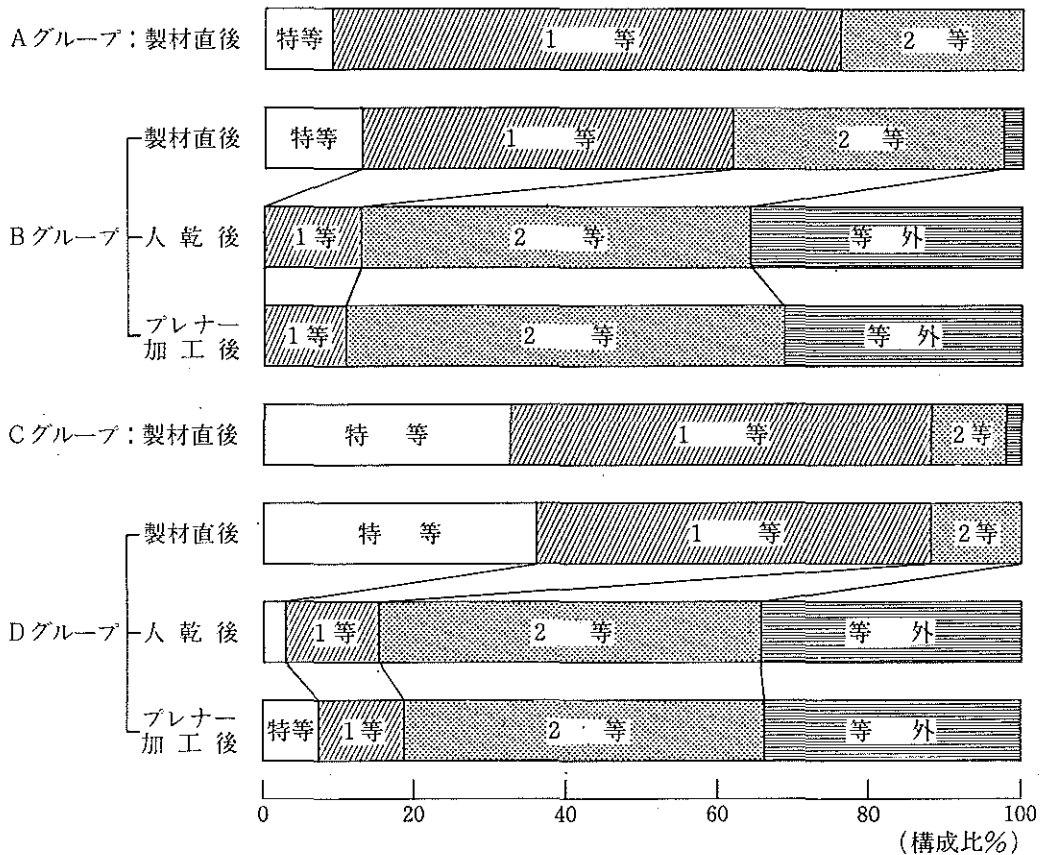
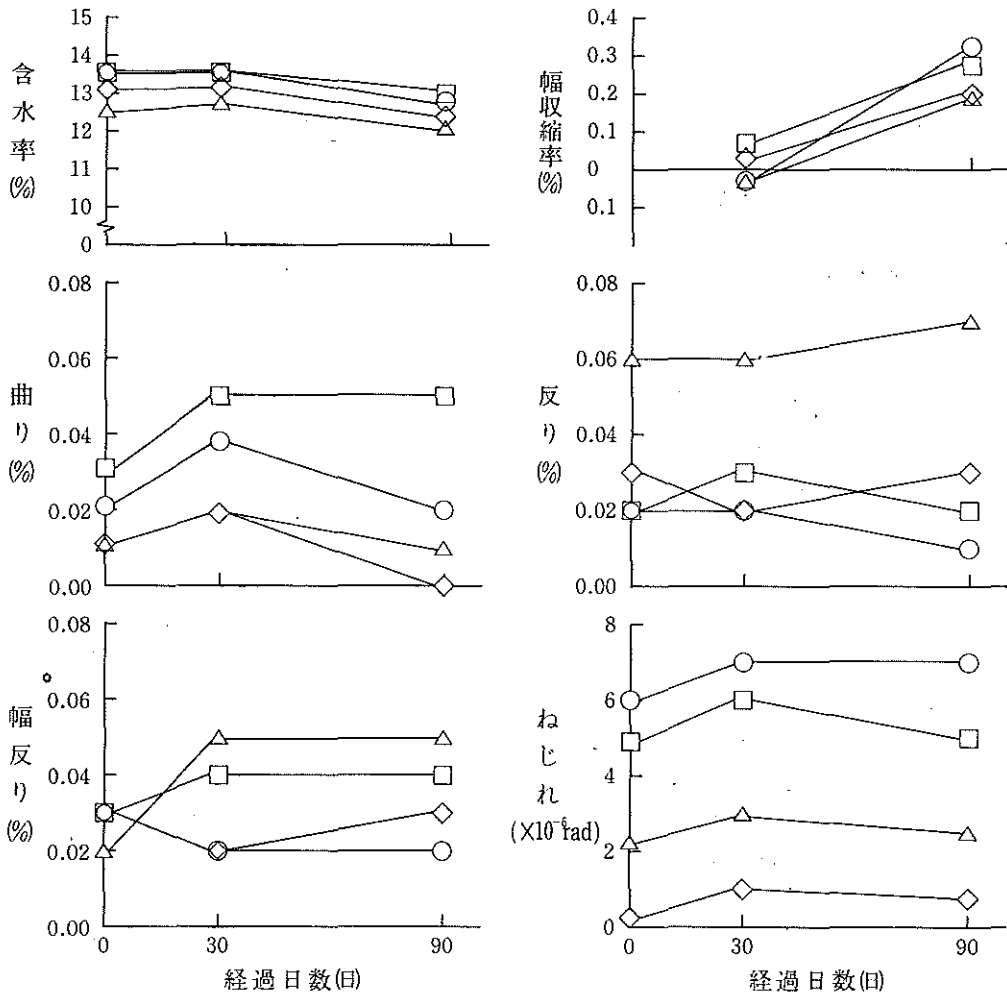


図-7 乾燥によるラミナの材質変化

製材直後のラミナの品質は主として丸身や節などによって左右され、製材のJAS等級の等外に該当するものは数%にすぎない。しかし、人工乾燥後は乾燥にともなう割れ、変形のために正割、平割材とも等外材が約35%、2等と等外を合すると約85%を占めるような状態になった。プレナー加工などの作業性を悪くしたが、曲り材の横切り、フィンガージョイントは行わなかったため、必ずしも歩止りの低下には結びつかなかった。

次に、間伐ボードの寸法安定性について図-8に示した。



注) □: Aグループ, △: Bグループ, ○: Cグループ, ◇: Dグループ

図-8 スギ間伐ボードの寸法安定性

人工乾燥後にプレナー加工、定尺裁断を行なったので、間伐ボードの変形は非常に小さいものであり、実用上問題のない程度と考えられた。また3カ月間放置しても、狂いの増加は認められなかった。製造工程の違いについて見てみると、生材接着したA、Cグループの方がB、Dグループよりやや大きいねじれを生じた。これは乾燥過程で生じたものを、プレナー加工では充分取りきれなかったためと考えられた。Dグループは非常に狂いが小さかった。

また間伐ボードは、一定寸法に鋸断してから使用することもあるため、10mm幅に挽き割った後の内部応力による変形についても調べた。この変形はA、Cグループの方がやや大きく、曲りで平均0.11%、0.09%で、B、Dの0.05%、0.03%より大きい。しかし、これらの変形量は

いずれも製材JASの特等に規定された値以下であり、実用上問題ない程度であった。

(3) 材面の品質

間伐ボードの材面は、接着層のはく離は認められなかった。しかしA、B、Cグループの材面には、割れの発生が認められた。Aグループは1枚当たり平均9.4本、Bグループは8.0本、Cグループは15.2本、Dグループは0.2本であった。Dグループは接着層となった挽板面に割れがかくられたために、材面にはほとんど見られなかった。

(4) 接着性能

接着性能試験の結果を表-6に示した。

表-6 スギ間伐ボードの接着性能

グループ	接着力 (kgf/cm ²)			木破率 (%)			はく離率 (%)		
	平均	標準 偏差	変動 係数 (%)	平均	標準 偏差	変動 係数 (%)	浸漬方法	最大	平均
A	103.7	12.4	12.0	85	27	32	室温水	0	0
							煮沸	10.9	0.8
B	94.0	23.8	25.3	94	11	12	室温水	35.6	3.5
							煮沸	7.2	0.5
C	100.1	12.3	12.3	94	11	12	室温水	5.3	0.2
							煮沸	5.2	0.2
D	103.3	19.7	19.1	94	16	17	室温水	3.7	0.2
							煮沸	9.6	0.6

ブロック剪断強度は平均で100 kgf/cm²前後の値を示し、木破率も90%前後で構造用集成材として十分な強度を示した。また浸漬はく離試験の結果も、A及びCグループとも、はく離率10%以下で充分であった。レゾルシノール樹脂の高粘度タイプでの鋸挽接着は、生材接着の有効な手法であることが明らかになった。

(5) 曲げ強度性能

表-7に間伐ボードを10cmに挽き割った材の曲げ破壊試験の結果を示した。曲げヤング係数は50~60×10³ kgf/cm²程度、曲げ強度400~500 kgf/cm²程度の値で、小径材のため特にヤング係数が低かった。

表-7 スギ間伐ボードの強度性能

グループ	断面寸法		曲げヤング係数 ($\times 10^3$ kgf/cm ²)			比例限度応力 (kgf/cm ²)			曲げ強度 (kgf/cm ²)			試験 材 数 (枚)
	厚 さ (mm)	幅 (mm)	平 均	標 準 偏 差	変 動 係 数 (%)	平 均	標 準 偏 差	変 動 係 数 (%)	平 均	標 準 偏 差	変 動 係 数 (%)	
A	4.6	9.6	50.9	7.0	14	189	29.8	16	437	44.5	10	9
B	#	#	59.6	14.3	24	219	41.4	19	465	78.8	17	9
C	#	#	55.9	8.5	15	176	49.3	28	477	73.6	15	9
D	#	#	54.9	15.6	28	219	41.4	19	461	54.6	12	9

(6) 間伐ボードの用途

スギの小径材を用いた間伐ボードは接着性能面では充分であり、鋸断後の変形も試験設計当初に考えた大引き、根太、間柱などには充分であった。しかし、強度性能が低い点、製品価格が通常の製材品よりは高くなる点などが問題となった。したがって、用途としては広幅で長尺であることなど、集成化することで得られる利点をいかすような方向に用いていくべきであろう。

4. ヒノキ根曲り材集成板の試作

(1) 製造工程と歩止り

表-8に生材を接着したA、Bグループと乾燥材を接着したCグループの工程別の歩止りを示した。

表-8 ヒノキ根曲り材集成板の工程別歩止り

A・Bグループ				Cグループ		
工 程	材 積 (m ³)	歩止り (%)		工 程	材 積 (m ³)	歩止り (%)
供 試 原 木	2.0969	100		供 試 原 木	1.0456	100
製 材	1.1357	54.2		製 材	0.5663	54.2
欠点除去後(曲り材のカット)	1.0907	52.0		天 然 乾 燥 後	0.5476	52.4
縦継ぎプレナー加工後	0.9622	45.9		人 工 乾 燥 後	0.5327	51.0
集 成 材 挽 割 後	0.8377	40.0		欠点除去後(曲り材カット)	0.5078	48.6
人 工 乾 燥 後	0.8120	38.7		縦継ぎプレナー加工後	0.4417	42.2
最 終 製 品	0.7138	34.0		集 成 材 挽 ぎ 割 り 後	0.4134	39.5
	-	-		最 終 製 品	0.3599	34.4

歩止りはA、BグループとCグループの間に大差なく、最終的には両グループともほぼ3.4%であった。これを工程別に見ると、ヒノキ根曲り材の欠点除去の工程では、主として曲り材のカットを主体としたので、両グループともこの工程での歩止り低下はわずかであった。最も大きな差がでたのは集成材の挽割工程で、A、Bグループが前工程に比べて約6%低下したのに対して、Cグループでは2.7%しか低下しなかった。本来ならばA、Bグループのほうが当然歩止りの向上が期待されたが、今回の試験では生材状態で縦継ぎしてから、積層接着まで約2週間の放置期間(12/24~1/8)があった。また、挽板の品質調査を行ったため、製材から積層接着まで約1.5ヵ月かかった。このような放置期間のためにラミナの変形がおこり、積層接着工程でのラミナ間に段差が生じたため、A、Bグループは著しく歩止りが低下したものと考えられた。したがって、本来の生材接着の集成化工程である製材直後の材を集成接着すれば、少なくとも3.4%よりは高い歩止りが期待されるものと考えられる。

(2) ラミナ（挽板）及び集成板の品質

ラミナの品質について述べると、ヒノキ根曲り材より木取ったラミナ808枚のうち、35%に当たる282枚のラミナが多少の程度差こそあれ、“あて”を含む材であった。したがって、根曲り材を集成化する場合“あて”の混入は、ある程度さげられないものと考えられた。

表-9 根曲り材集成板の人工乾燥前後の変形

グループ	測定項目	乾燥前後	
		前	後
A	幅の収縮率 (%)	-	1.28
	厚さの収縮率 (%)	-	1.15
	曲り (%)	0.036	0.111
	反り (%)	0.151	0.165
	振れ ($\times 10^{-6}$ rad)	0.086	4.766
	幅そり (%)	0.086	0.105
B	幅の収縮率 (%)	-	1.52
	厚さの収縮率 (%)	-	1.49
	曲り (%)	0.028	0.080
	反り (%)	0.102	0.170
	振れ ($\times 10^{-6}$ rad)	0.000	4.234
	幅そり (%)	0.072	0.147

注) A:人工乾燥前の含水率平均18%のものが、人工乾燥後9%に低下した時の変形
B:人工乾燥前の含水率平均16%のものが、人工乾燥後9%に低下した時の変形

またもう一つの根曲り材の特徴として、ラミナが目切れ材になることが多く、プレナー加工時に材面に逆目が生じたり、フィンガージョイント部に割れが生じるなどの欠点が目立った。これらについてはサンダー仕上げを行ったり、フィンガージョイントの適正圧について検討する必要がある。

次に表-9にA、Bグループの集成板の人工乾燥前後の変形を示した。ねじれ、幅ぞりなどが増加しているが、著しく歩止りが低下するような変形は生じなかった。

次に表-10に、集成板の寸法安定性について、プレナー加工して2週間放置した変形の測定結果を示した。

表-10 根曲り材集成板の寸法安定性

グループ	測定項目	プレナー加工直後	2週間後
A	幅収縮率 (%)	-	0.07
	厚さ収縮率 (%)	-	-0.15
	曲り (%)	0.085	0.084
	反り (%)	0.123	0.104
	振れ ($\times 10^{-6}$ rad)	3.231	2.384
	幅反り (%)	0.053	0.059
B	幅収縮率 (%)	-	-0.20
	厚さ収縮率 (%)	-	-0.20
	曲り (%)	0.067	0.071
	反り (%)	0.130	0.131
	振れ ($\times 10^{-6}$ rad)	2.951	2.481
	幅反り (%)	0.062	0.065
C	幅収縮率 (%)	-	-0.09
	厚さ収縮率 (%)	-	-0.08
	曲り (%)	0.017	0.023
	反り (%)	0.111	0.050
	振れ ($\times 10^{-6}$ rad)	0.585	1.006
	幅反り (%)	0.118	0.119

人工乾燥後に成形加工しているため、その後の変形は非常に小さい。実用上は、ほとんど問題がないものと考えられた。

(3) 接着性能

表-11に集成材JAS規格による性能試験の結果を示した。

表-11 根曲り材集成板の接着性能

グループ	接着剤	接着力 (kg/cm)			木破率 (%)			はく離率 (%)		
		平均	標準偏差	変動係数(%)	平均	標準偏差	変動係数(%)	浸漬方法	最大	平均
A	ウレタン (高粘度)	1585	16.9	10.7	70.7	16.9	23.9	室温水	0	0
								煮沸	17.2	0.9
B	ウレタン (低粘度)	1224	38.9	31.8	17.9	28.1	1570	室温水	45.2	5.8
								煮沸	100	10.8
C	水性ビニール ウレタン	1586	20.5	12.9	74.3	23.6	31.5	室温水	0	0
								煮沸	3.7	0.1

ウレタン系の高粘度タイプで接着したAグループは、ブロック剪断強度、木破率とも高く、規格上十分な性能を示した。また浸漬はく離試験の結果も良く、構造用としても十分な性能を示した。一方、ウレタン系の低粘度タイプで接着したBグループは、剪断試験の木破率も低く、浸漬はく離試験も不適であった。乾燥材を接着したCグループは、JAS規格上十分な性能を示した。

次に、集成板の材面に発生した接着層のはく離の発生状況を表-12に示した。

表-12 根曲り材集成材の材面はく離出現状況

区分	階段	出現頻度(枚)						
		人工乾燥前		人工乾燥後		プレナー仕上げ製品		
		A	B	A	B	A	B	C
最大はく離率	0%	17	9	17	5	11	3	18
	~1%	2	9	2	7	0	2	1
	~10%	1	2	1	8	8	10	0
	10%~	0	0	0	0	0	4	0
	合計	20	20	20	20	19	19	19
全体はく離率	0%	17	9	17	5	11	3	18
	~0.1%	3	11	3	8	4	3	1
	~1.0%	0	0	0	7	4	9	0
	1.0%~	0	0	0	0	0	4	0
	合計	20	20	20	20	19	19	19

注) 最大はく離率：最も大きいはく離の生じている接着層につき、そのはく離長が接着層の長さに対する割合

全体はく離率：はく離長の合計値が接着層長さの合計値に対する割合

Aグループには明確なはく離は認められなかったが、接着層に気泡が入ってやや層が厚くなったものをはく離と見なして表中に示した。しかし、これらの欠点の発生もごくわずかで、実用上問題になるようなものではなかった。したがって、ウレタン系の高粘度タイプを使用すれば、あて材部でもほぼはく離を生ぜずに接着できることが明らかになった。

一方、ウレタン系の低粘度タイプで接着したBグループは、人工乾燥後にあて材部にはく離の発生するものが認められた。

(4) 根曲り材集成板の用途及び問題点

ヒノキ根曲り材は比較的節が少なく“あて”がおさえられれば、集成接着することにより広幅の板を製造することができる。これらは家具材や建築部材として幅広く利用できるものと考えられる。実際にこれらの集成板で家具を試作した結果、実用上あまり問題はなく家具を作れることが明らかとなった。これらの根曲り材の集成化は当然、乾燥材を用いても可能であるが、Cタイプに見られるようにあて材の曲りなどのために、非常に短尺なものを継ぎ足すことになり、作業性、歩止り向上の上で生材接着の方が、はるかに有利であると考えている。

しかし、このような方法を実用化していくためには、ウレタン系接着剤の鉄への付着性の対応、安価な集成化装置の開発などが当面する問題点となっている。また、歩止り向上をはかるあまり、“あて”の強い材を拾いすぎると、乾燥後の製品にはく離、木部破断などのトラブルの可能性もあるので、軽度のあて材のみを使うよう留意すべきである。

まとめ

付加価値の低い小径材、低質材などの集成化の方法として、生材接着による集成化をとりあげ、具体的な製品試作を行なった結果、次のようなことがわかった。

1. スギ、カラマツで半柱を試作した結果、半割材を集成化したもの（Cグループ）が最も変形が少なかった。しかし、品質的には当初想定した敷居、鴨居などに利用するには問題があった。したがって、生材接着を後接着の方法として用いる場合には、半柱のような小断面のものを最初から製造するよりも、板状に集成化する方法も考えて見る必要がある。
2. 小径材から汎用性のある材料を製造する目的で、ヒノキ、カラマツ間伐ボードを試作した。寸法安定性では、生材接着する方法でヒノキ心持材、カラマツ心持材を用いて、実用上問題ない品質のものを製造することができた。しかし、接着性能面では十分な接着力は得られるが、木破率が低い点、はく離試験を満足しない等の問題が残された。
3. 接着性能並びに歩止りの向上を目的として、新たに鋸挽材面での接着を検討した結果、レゾルシノールの高粘度タイプを用いて、スギ生材をJAS規格を満足する性能で接着できることがほぼ明らかになった。
4. “あて”などの多いヒノキ根曲り材も、その品質と組合せを考えて生材接着すれば、ウレタン系の

高粘度タイプで、十分接着できることが明らかになった。また試作した集成板は、家具材、建築材として十分な品質をそなえていた。

本研究は、生材接着という従来の乾燥材を接着する方法と異なった新しい方法を用いても、実験室的な段階では一定の品質、性能を持った実大の集成材を製造できることを明らかにすることができた。今後この成果を実用化に結びつけていくためには、安価な集成材製造プラントの開発、工場生産する場合の工程管理、品質管理技術の確立、製造原価の試算などを検討していく必要がある。

引用文献

- 1) 名取潤・渡辺利一・秋山喜蔵：小径材等の集成化技術の確立(I) 基本的な接着性能 林技情報 №11, 1985
- 2) 名取潤：生材接着による集成加工 木材工業 36-4, 1981
- 3) 名取潤：生材接着による低質材の高度利用 第6回木材接着研究会討論要旨集 1985