

新開発の林産試型LVL製造システム

小倉高規

1. LVLとは？

LVLあるいは単板積層材という言葉が、最近よく話題に上がったり、活字で見られるようになり、また木材関連業界の関心も高まりつつあるようです。

LVLと単板積層材は全く同じ意味の言葉ですが、ここではLVLの方を使うことにいたします。さてLVLと言うのはlaminated veneer lumber(ラミネーティッド・ベニヤ・ランバー)の略で、Veneerすなわち単板を合板のように直交張りにするのではなく、それぞれを平行に数層から数十層重ねて張り合わせた材料のことで、単板の厚さや張り合わせる枚数を加減することによって、いろいろの厚さのものができずし、これを任意の幅に切断して、厚板としても角物ものとしても利用することができます。ちょうど、厚物合板と集成材のあいの子のような材料と考えていただければ、当らずとも遠からずと言えましょう。

2. LVLの二つの流れ

LVLと呼ばれている材料には、その発祥や経過から二つの流れに大別できます。

一つは、起源を明確にたどることができませんが、我が国ではかなり古くから(おそらく欧米でも同じでしょう)家具、楽器製造業で、企業内部またはその下請企業によって、小規模に生産されてきました。これらは、広葉樹(日本では南洋材を含む)または良質の針葉樹の単板を用いた、比較的寸法の小さい板または小角部材です。当初はLVLという言葉はなく、我が国では平行合板と呼ばれていました。その後、昭和47年頃から、この流れの中に大手合板工場数社が参入し、南洋材単板を用いて合板寸法に近い大形の家具、建築用の中しん材あるいは構造材としての用途開発に乗

出し、更に昭和49年頃から官民の研究機関でもLVLの研究が活発に行われるようになりました。こうして、第一の流れも新しい展開を迎えるのですが、昭和53年には試作品が一部のユーザーの手に渡るようになり、これを受けて、同じ年に「単板積層材の日本農林規格」が定められています。

もう一つの流れは、原料として比較的品質の悪い針葉樹単板を用い、主として構造用向けの原板や角材を大量生産しようとするものです。これは20数年前から、カナダ、アメリカなどで研究開発が進められ、既に数年前から実用段階に入っています。現在、日本では“単板を平行に積層して作った材料”をすべて包括してLVLと呼んでいますが、実はLVLというのは、この第2の流れの研究開発にあたって始めてつけられた名称なのです。これを日本では、便宜上広く一般化して使用しているわけで、この点誤解のないようにして下さい。

さて、以上二つの流れは次項でも述べますが、その発生、考え方、製造技術、生産規模など、いろいろな点で根本的な違いがあります。製品の用途についても、前者が多少上質の多種少量生産品であり、多くは特注製品であるのに対し、後者は構造用途で、化粧材または中しん材としての要素はほとんどなく、規格寸法の量産製品と言えましょう。

ただ、第1の流れも、現在は構造材としての用途にも指向し、更に発展的な形で開発が進められています。また、原料を針葉樹造林木の間伐材など中小径材に求める、第3の流れともいべき技術開発が期待され、既に一部で検討が始まっています。話が少し元へ戻りますが、53年に制定された「単板積層材の日本農林規格」には、残念ながら“構造用は除く”と明記されており、将来この面での整備が望まれているところです。

3. LVLの生産, 利用の現況

我が国のLVL生産状況は、主な製造工場14、うちJAS認定工場4、年間生産量約50,000m³、JAS格付け数量4,000~5,000m³と報告されています。生産されている製品の寸法は厚さ9~85mm、幅45~90cmと広範囲ですが、厚さ9~40mmの薄物で家具用材や住宅部材として用いられるものと、厚さ45~85mmの厚物で主に楽器材などに用いられるものとに大別できます。原料は南洋材、北海道産広葉樹、米材などで、構成単板の厚さは道産広葉樹材で0.6~0.7mm、南洋材、米材で1.5~4.0mmと、母体となる合板工場の常用単板厚に近いものが増えてきています。製品価格は6~12万/m³円が多いようです。

アメリカ、カナダにおけるLVLの生産量については、個々の企業のカタログ数字は入手できるものの、全国値は不明です。2~3の著名な企業についての情報によれば、アメリカ、カナダにおけるLVLは、日本が合板工場を母体として生産しているのに対し、全く異なった専門工場で生産されており、その規模も大きく、一工場で年間5万m³という数値も見受けられます。

図-1に開発された製造システムの一例を示しま

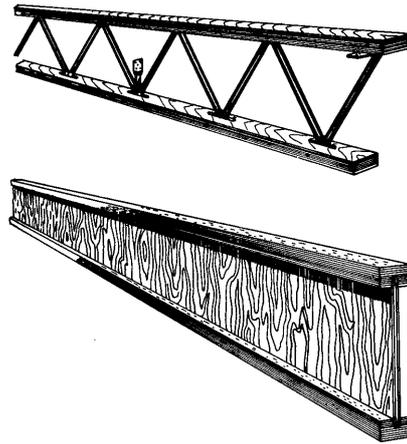


図-2 LVLを用いた建築部材の例(アメリカ)
上: 鋼材との複合ラチス梁, 下: 合板との複合ビーム

す。いずれのシステムも針葉樹丸太を原料とし、単板は厚むきの2.5~6.0mm、製品寸法も厚く長大で、例えば厚さ3.8~16.4cm×幅60cm×長さ24mが標準寸法といったような例が普通です。このため製造装置は、単板予熱方式と連続的な積層加圧接着方式の採用が共通的な特徴となっています。製品用途は図-2に示すような建築部材の部品として、また屋根トラス部材、梁材、床材、トラックのデッキ材、足場板などに用いられているようです。

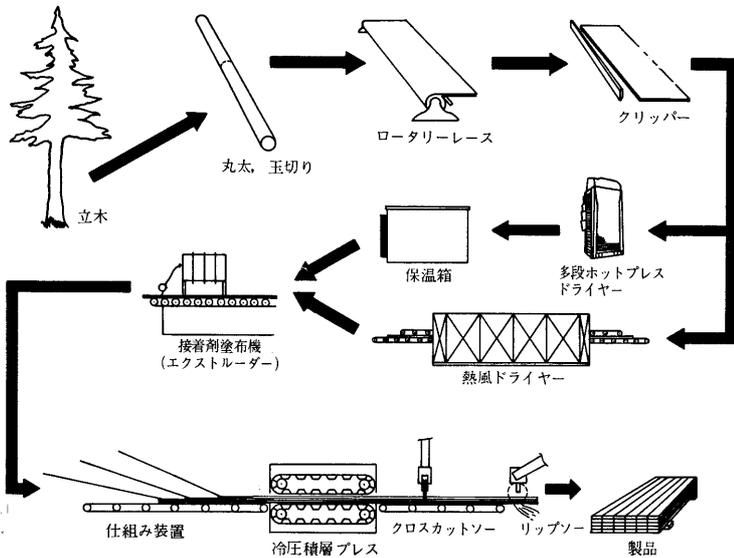


図-1 アメリカで開発されたLVL製造システムの一例
(1977: マジソン林産試提案)

4. 林産試型LVLの開発

林産試験場では数年来LVLについて広い範囲で多面的に研究を進めて来ております、ここでは前に述べた“二つの流れ”とは全く異なる発想のもとに、当場で開発した新しいLVLの生産システムを紹介します。

このシステムの開発は、カラマツなどの造林間伐材の利用開発の一環として進められているもので、原料は、製材、合板用材とパルプ、ボード用材の中間にあたる、径12~24cm程度の

ものがこの対象になります。製品の形状や寸法、強度性能、用途適性などについては、アメリカ、カナダの製品に相当するものを設定していますが、試作試験の結果、既に、製品の断面寸法は更に大きく、化粧性も兼ねた優れた材料を得られる可能性も認められています。

4.1 製造システムの要点

システムを考えるに当たっての要点はつ

ぎの3つに絞られました。

- (1) 細い直径の丸太から能率良く、歩留まり良く、良質の単板をうるための一連の工程及びその自動化
- (2) 従来の合板用単板に比べ小型となり、したがって扱い枚数の多くなる単板、また小径材から得られる割れ、狂い等の発生し易い単板を能率良く最終工程までもってゆくための中間工程の工夫とその自動化
- (3) 能率の良い積層厚の厚いブロックの接着方式の検討

特に全工程にわたって徹底的な人力依存排除が重要なポイントとなっています。

4.2 製造システムの概要

林産試ではこのような要点を課題としてシステムの設計と、そのための一連の機械装置の試作と導入を行い、既にこのシステムのテストプラントが、当場内に完成しています。

目下機器の試運転調整を終り、若干の試験製品を得た段階であり、なお詳細な検討に入るところです。図-3は製造システムの概要をイラスト的に示したものです。以下工程を追って簡単に説明し

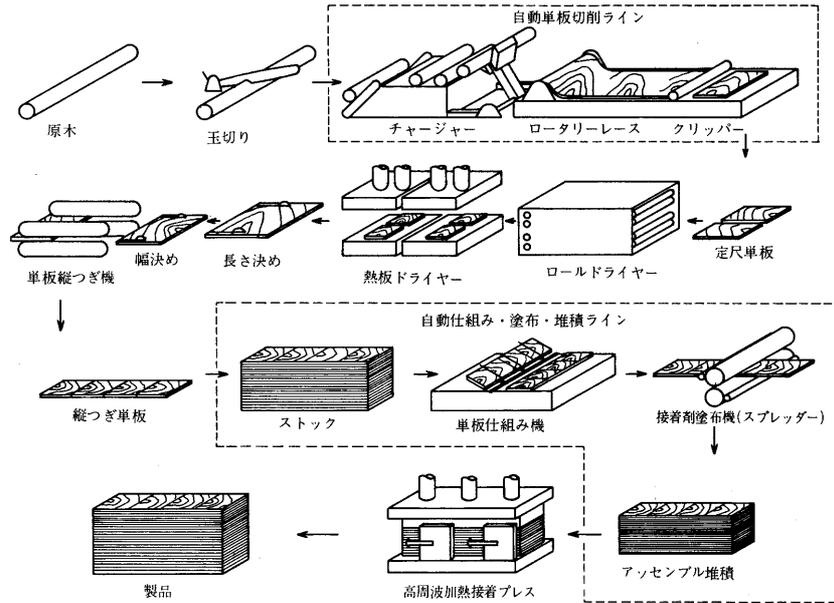


図-3 林産試型VL製造システム

ます。

丸太ははく皮、煮沸などの前処理の後、玉切りされロータリーレース（以下レースと呼びます）で単板にむかれるのですが、原料丸太の径級によって適当な大きさのレースが定まり、玉切り寸法、むき厚さ、むき心径などが決まります。なるべく小型のレースでむき心が細くなるまでむくのが小径材を有効に利用することになるのですが、機械のコスト、能率、歩留まり、原料丸太の価格などを総合して考えると限度があります。いろいろ検討の結果、直径18~24cmを対象として1,100mmレース（合板でいう3尺レース）による場合と、12~18cmを対象として600mmレースによる場合の二つに絞られました。1,100mmレースによる場合は玉切り寸法1,000mm、むき厚は4mmまたは6mm、600mmレースによる場合は玉切り寸法500mm、むき厚は4mmが適当となります。開発に当たり実際に導入した試験機械は、小径原料の限界に挑戦する意味で600mmレースにしました。以下システムの説明は600mmレースを用いた場合について述べます。別にコスト面から1,100mmレースを用いたプラントの検

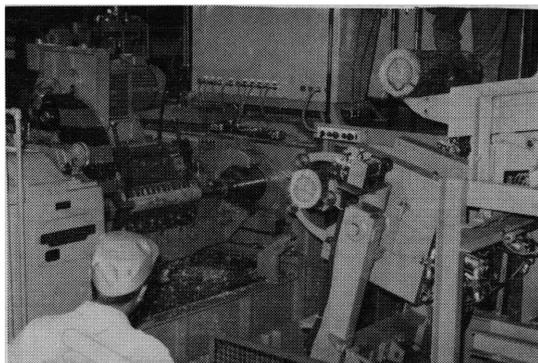


写真-1 単板の自動切削
チャージャーから供給される丸太はサイド
ドライブレースで切削される

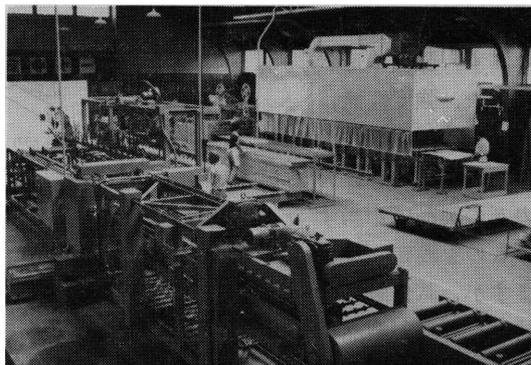


写真-2 自動仕組み・塗布・堆積ラインと
熱板ドライヤー
手前から堆積機、スプレッター、仕組み機
正面向う側に見えるのが熱板ドライヤー

討をおこないますが、単板寸法が倍取りになるだけでシステムの考え方には変わりありません。

レースは小径で短い丸太を大量にこなさなければならぬので、チャージャーという原木供給装置をつけ、チャージャー、レース、クリッパーまでを自動制御し、単板寸法は一種類に単純化します。写真-1にチャージャー付きのレースを示します。レースの切削能力は実験によって1日当たり玉切り材500本程度と確認しましたが、ならし運転が済めば能力アップの余地はあります。むき心を細くまでむくためレースにサイドドライブ装置をつけましたが、実験の結果この装置は不可欠のようです。但し、この装置のため安ければ1千万円で買えるレースが4千万円と非常に高価になるのは現段階の技術では止むを得ないようです。

定尺化された単板は樹心部近くの部分を多く含むため、材質は乾燥によって割れが発生し易く、直径の細い部分から採材されるためカールし易いなど、以後の工程の自動化の障害となる可能性が多いので、予防のため平直な状態に乾燥されるよう熱板乾燥という手法を採用しました。この方法は乾燥効率も高く燃料費の上では有利ですが、現在のところ乾燥機械が高価につくので、一般の合板用ドライヤーと併用して含水率25~30%から5%までの乾燥を受持たせました。導入した装置は一段ホットプレスを利用し単板の搬送は下部熱板の一部に溝を設け、チェーンによる間欠送り方式

としました。写真-2の一部に熱板ドライヤーが示されています。

乾燥した単板は標準製品を製造する場合8枚と1/4枚分で長さ3.65m(12尺)一層分が得られます。あとの扱いに都合のよいよう縦つぎによって1枚につないでしまいますが、これはホットメルト接着剤と糸を併用する現在の合板の中心用横はぎ機の応用で十分です。継ぎ目はいもつぎ(バットジョイント)になりますが8枚と1/4枚ずつ継いで順次裁断してゆくと、この順番で積層すれば隣りの単板同志で継ぎ目の位置は、単板長さの1/4ずつずれてゆくので最終的な製品強度には何の差し障りもありません。また縦つぎ単板は糸でつながれるので一体になってはいますが取り扱い中に折れ曲がります。しかし、次工程の自動仕組み機の吸盤や搬送コンペヤの数、配置によって支障なく搬送することが可能です。

単板を仕組み、接着剤を塗布し、接着して製品となるよう自動制御による装置を開発しました。機構の詳細は省略しますが写真-2・3に異なった方向からの全景が示されています。この装置1ラインで後で述べる標準製品18.1m³/7時間の能力が実証されました。

接着は高周波を用いることにしました。製品は厚物を狙うためにはホットプレスは不適當です。集成材のようにコールドプレスとターンバックルの組み合わせでは能率が上がりません。速乾性接

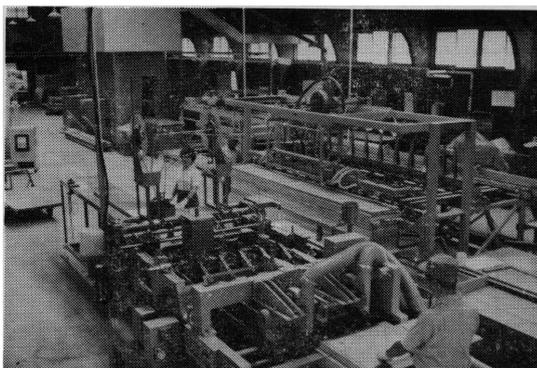


写真-3 単板縦つき機（手前）
自動仕組み・塗布・堆積ライン（中央）と
高周波接着プレス（左後方）

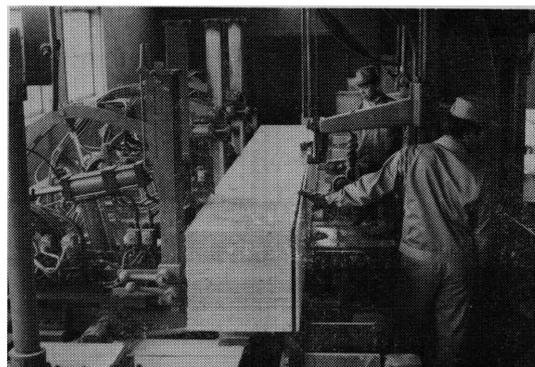


写真-4 製品ブロックの挽き割り作業
送材車式帯のご盤により50×50×365 cmの
ブロックを挽く

着剤による短時間接着も考えられますが、現段階では接着剤と接着操作技術の開発は困難と判断されました。そこで高周波の採用を決定し、高周波プレスの試作を行いました。プレス本体の仕様は50 cm×50 cm×3.8mが加圧できるもので、この寸法が標準製品となるブロックの大きさに相当します。このような大型のブロックの高周波接着に成功した例は未だ世界中にありません。

そのため、高周波回路と同調装置の改良、1回の加熱範囲と出力の限定、被加熱体の寸法に応じた極板の形状寸法の決定、接着する単板の形状および堆積の姿を正しく整えることなどの対策で、高周波加熱の均一性の保持の徹底化を図って高周波加熱接着の適用に成功しました。図-3の高周波プレスの部分に模式的に示されるように、極板は横に移動可能にしておいて分割加熱してゆく訳です。試験機では出力35 kWの極板一対ですが、1回の加熱時間6分でその部分の接着は十分です。図のように極板二対（40 kW×2）を用い横移動1回でプレスを終えれば、このプレスで1プレス全操作時間22分（加熱時間12分）、7時間で19プレス16.38m³の生産が可能です。写真-3に導入したプレスが示されています。なお、このプレスを用いれば接着可能長さに制限なく、仕組み堆積装置の長さの分だけの寸法が得られる訳で、例えば実用的には8 m、12mくらいまでの長物の製造も可能です。また1ブロック全層を接着

せずに何層おきかに非接着層を設け、そこでブロックを分離すれば、同一工程で数種の厚さのブロックを同時に得ることができます。

標準寸法は135プライで仕上がり52.5 cm厚の大型ブロックとなりますが、27プライずつ5段にすれば10.5 cm厚の厚板が5枚となり、これをひき割れば10.5 cm角の柱20本分ができます。このように接着されたブロックは次の工程で、バンドソー等でひき割り、プレーナーやサンダーで仕上げられ最終製品になります。写真-4にひき割りの状況を示します。

5. 企業化のためのプラントと製品コスト

先に述べたようにこのシステムについては、試作機械装置の調整段階で、なお検討すべき問題が多く残っていますが、全体的にみて企業化可能の見通しを持っています。そこで、企業化の場合のプラントの検討と製品コストの試算を大まかにやってみました。

600mmレースまたは1,100mmレースを用いる場合について比較検討しましたが、レースの処理能力の差は大きく、残念ながら現状では原木費、能率、機械施設費を総合考慮すると600mmレースはちょっと無理のようです。高周波プレス1台の能力にバランスさせるには1,100mmレース2台が必要ですが、600mmレースだと5～6台となります。詳細の説明は略しますが1,100mmレ

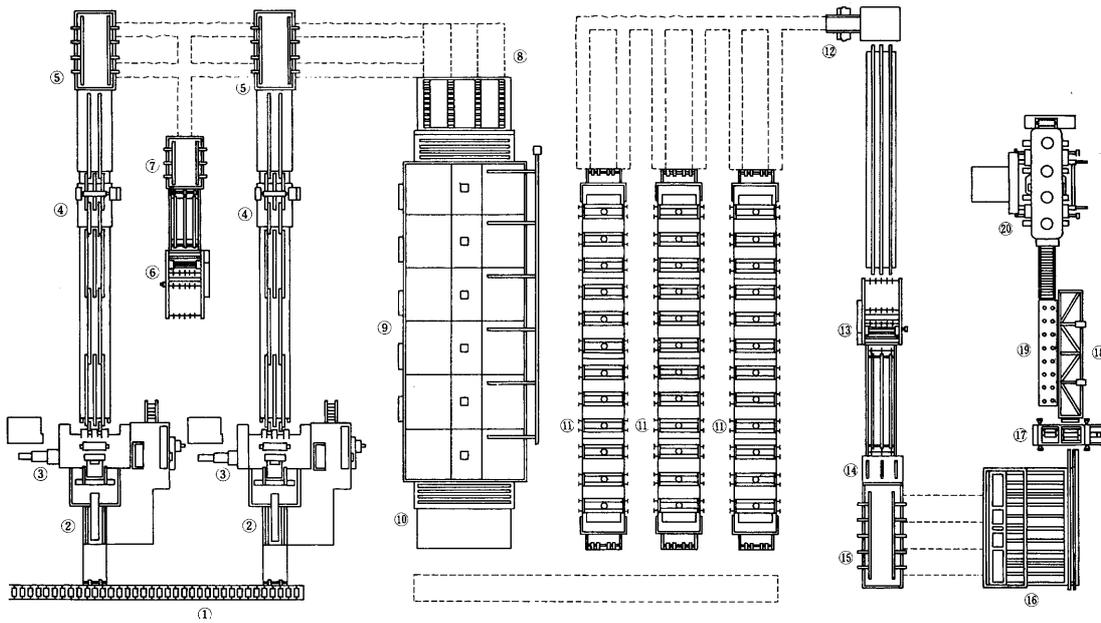


図-4 林産型LVL製造システムのプラント化の1例 (15,000m³/年)

ライブローラー, 原木チャージャー, ロータリーレース, ロータリークリッパー
 スタッカー, 生単板横はぎ機, スタッカー, オートフィーダー, ロールドライ
 ヤー, オートアウトフィーダー, 熱板ドライヤー, ダブルサイザー, 単板縦つぎ機
 トリプルソー, ダブルサイザー, 単板仕組み装置, スプレッター, アッセンブ
 ルスタッカー, テーブルリフター, 高周波加熱接着プレス

表-1 LVL製造原価および合板, 集成材との対比

区 分		普通合板 (ラワン合板) 12mm×90cm×180cm		集成材 (構造用柱心材) 10.5cm×10.5cm×4.0m		
参 考 事 項	調査企業	2社		8社		
	調査期間	S.55.6~56.6		S.54		
	原木消費 (月)	10,177m ³		挽き板 508m ³ (原木換算 1,016m ³)		
	製品生産 (月)	7,017m ³ (360,978枚)		360m ³		
人員	330~360人 (変則2交替)		29人 (一直)			
稼働	1日24時間 年間 294日		1日8時間交替 年間 300日			
売上金額 (円)	491,925千円		46,000千円			
	金額	構成比	備 考	金額	構成比	備 考
主 原 材 料 費	50,436	69.5	原木 35,942円/m ³ 歩留まり 69.5%	97,100	74.4	挽き板 61,000円/m ³ (原木換算 34,000円/m ³) 歩留まり 35%
副 原 材 料 費	6,661	9.2		4,600	3.7	
労 務 費	8,367	11.5		15,100	11.6	
工 場 経 費	7,057	9.7	償却費 1,554円/m ³	13,700	10.5	償却費 3,600円/m ³
計	72,521	100.0		130,700	100.0	

ース2台の1ライン工場を設計すると図-4のようになります。

このプラントの建設費を工場機械装置約5億円，ボイラー，電気等の施設費約1.2億円，建物，車両等約2.6億円となり，土地代を除き合計8.8億円となります。相当大きな投資額ですから24時間操業とすると工場作業員54人(うち女子5人)，工場管理3～4人で，1日の原木処理85m³，製品生産量50m³となります。この場合の製品原価計算を合板および集成材の原価計算の一例と比較して表-1に示します。かなり大ざっぱなつかみ方ですが，およその見当はつきましよう。主原材料費の安いのは原木価格と歩留まりにあります。積層数が多く接着剤比率は大となります。労務費は機械化によって集成材に比べ下がりますが，合板に比べ生産量が少いため高くなります。製品立方メートル当たり原価は構造用接着剤を用いた場合，合板と集成材の間になると思います。

6. 製品の性能と用途

6.1 製品の性能

(単位：金額円/m³，構成比%)

LVL 52.5cm × 45.0cm × 3.65m		
2,122m ³		
1,229m ³		
54人(三直)		
1日24時間 年間300日		
推定 168,000千円～242,000千円(LVL製品)		
金額	構成比	備考
31,099	48.3	原木 18,000円/m ³ 歩留まり 57.9%
7,512 (35,839)	11.7 (38.6)	接着剤はユリヤ (レゾルシノールの場合)
14,438	22.4	
11,331	17.6	償却費 4,629円/m ³
64,380 (92,707)	100.0	(接着剤がレゾルシノール の場合)

LVLは短い単板をすべてバットジョイントでつないでいるため，強度が素材と異なることが心配されますが，試験生産製品について実用寸法材の強度試験を行った結果では，カラマツの素材の強度とほぼ同等かもしくはやや上回る程度の強度があることが確認され，構造材としても十分の性能をもつことが分かりました。

針葉樹の樹心部の材は強度が低い等，低品質であることが知られていますが，なるべく細いむき心径までむいた単板は樹心部の材を多く含むため，外周部の単板とは品質が異なります。したがって樹心部の単板のみで作ったLVLの強度はやや低くなりますが，樹心部と外周部の単板をうまく使い分け，あるいは組み合わせてLVLを作れば，いろいろな品質を持ったLVLを得られる可能性もある訳です。

6.2 製品の用途

前項に述べたように製品は構造用に十分耐えるかと判断されます。しかし，製品の販売価格は立方メートル当たり12～20万円くらいが想定されますので，一般構造用として製材の代わりに使うことは無理ですしもったいない話です。開発製品の特長を生かした使い方，例えば長大寸法ができること，製品が十分乾燥され狂いが発生しないことなどを生かし高度な加工，複合をした建築(例えば複合梁，窓枠，階段)，家具(例えば天板，脚)部材を考えるべきでしょう。試作品はその接着層

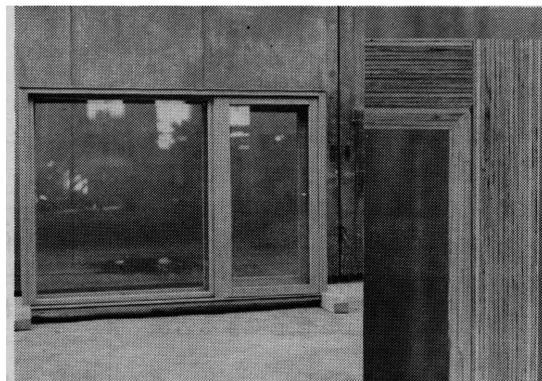


写真-5 LVL加工製品の一部
高断熱木製窓 右側は断面の状況を示す

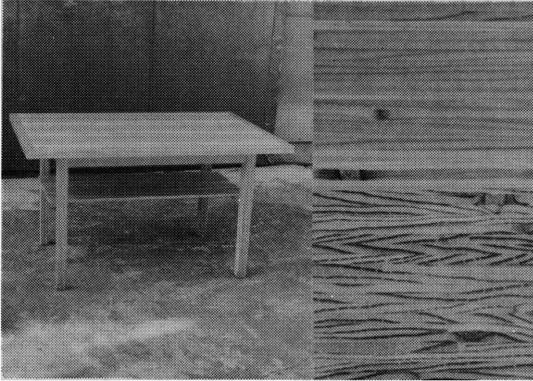


写真 - 6 LVL加工製品の一部
試作テーブル・右側上は天板面の木目模様を拡大、右側下は木口面を利用した場合、それぞれ化粧材としてのデザイン効果も期待される

を見せた断面が大変美しく、化粧的利用も可能と考えられます。製品の用途開発には未だ着手しておりませんので皆様に見ていただき、何か良い知恵を拝借したいものです。試験生産製品による試作品の2～3例を写真 - 5・6に示します。

おわりに

このシステムにはなお検討すべき問題が残っておりますが、間伐材の利用推進に大きく寄与するものと自負致しており、企業化に漕ぎつけたいと考えております。当場のテストプラントを実地に検分いただき、ご助言とご協力をいただければ幸いです。
(林産試験場 副場長)