

## 平成9年度研究成果誌上発表会

# トドマツ人工林材を上手に使うために

### はじめに

北海道の森林面積は、約558万haでそのうち152万haが人工林です。人工林ではトドマツが一番多くて79万ha、カラマツが46万haとなっており、2樹種で80%を超えています。

トドマツ人工林の齢級別面積は図1に示すとおりです。26～30年生の 齢級の面積が一番多くなっています。また、林産試験場で行ったトドマツ人工林素材の出材予測は図2のとおりです。これは適度な間伐を行うなど、適切な森林施業を実施すると30cm以上の大径材の出材が増えていくことを示しています。それと同時に中小径材が今後大量に出材することもあらわしています。

径級30cm以上の大径材は、品質的にも天然林材とほとんど変わりなく、同じような用途に利用可能です。しかし、間伐の過程で出てくる大量の中小径材の用途開発を行うことが必要となってきます。

林産試験場では、30年以上前からカラマツ人工林材の研究開発を進めてきましたが、昭和50年代以降並行してトドマツ人工林材の研究も実施してきました。研究の流れを表1に示します。

最近の研究では、高温乾燥技術、枠組壁工法構造用製材（ツーバイフォー材）、油吸着材の開発などがあります。また、平成 8年に構造用集成材のJASが改正になり、新しい規格に沿った構造用集成材の製造技術にも取り組んでいます。

今回の研究成果発表会ではトドマツ人工林中小径材の構造用材としての利用に絞って、

### 製材

### 乾燥

### 製品の性能評価

### 集成材のコスト試算

についてその研究成果を紹介いたします。

トドマツ人工林材について、現在取り組んでいるものに、フランジにトドマツ人工林材を、ウェブにトドマツやカラマツの構造用合板を用いた 型梁の製造技術があります。これは原木事情によってツーバイフォー材の 208以上の材が得にくいので、それに替わる横

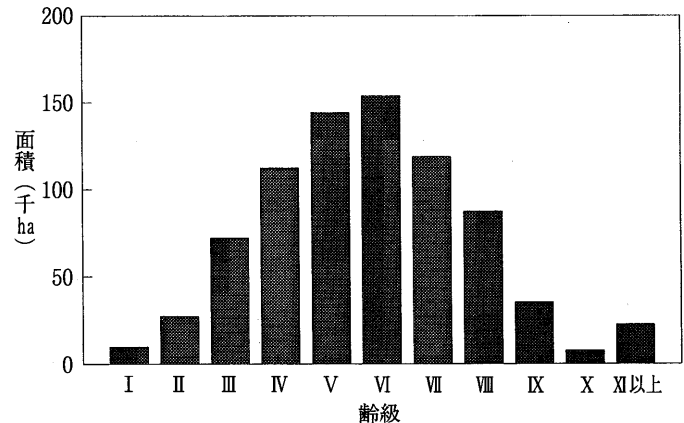


図1 トドマツ人工林齢級別面積

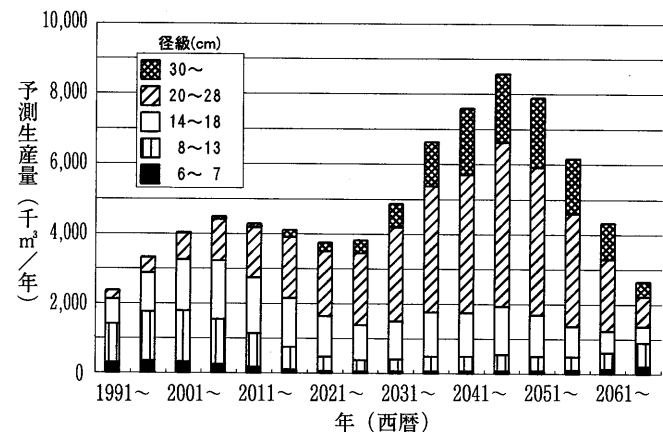


図2 トドマツ素材生産予測 (径級別・5か年平均値)

架材の開発をめざしているものです。また、平成10年度に、構造用合板の規格が改正される予定になっており、これに適合するトドマツやカラマツの構造用合板の製造技術も検討することになっています。

トドマツ人工林材は構造用だけでなく、内装材、合板、エクステリアなど種々の用途があります。これらの用途を組み合わせるとドドマツ材の需要を拡大することが今後の大きな課題となります。

今後とも林産試験場では、民間企業や行政のニーズを踏まえて、トドマツをはじめとする人工林材の製品開発や技術開発を進めていきます。

(林産試験場 性能部長 大久保 勲)

表1 トドマツ人工林材の利用研究の歩み

年度	構 造 材	単板・合板	製 材 ・ 乾 燥	素材・材質調査	内外装材	そ の 他
1974 49			心持ち正角の乾燥			注込性向上試験
1975 50				材質試験		
6 51			乾燥試験			
7 52						
8 53						防腐土台製造試験
9 54				材質試験		
1980 55			心持ち正角の乾燥			
1 56						
2 57		LVL				
3 58		構造用2級合板	人工林材の乾燥			
4 59	大規模集成材構造物			材質評価		
1985 60			帯鋸盤による人工林材の製材試験 画像処理による形状選別技術	正角マイクロ波乾燥 連続水分管理技術	集成厚板 パネルボード	黄変防止材
6 61	自動化ラインに適した大断面通直集成材					
7 62	木質資材の改良	針葉樹合板の製造			立木内部材質の把握	
8 63					内外装材	ホレンガ
9 1	製材の非破壊検査			小径丸太乾燥	有節材羽目板	
1990 2		合板心板への適用				外構部材(防腐)
1 3	ラミナの機械等級区分				精英樹家系の材質評価	
2 4	構造用製材技術(新規格対応)	型枠用合板				多角柱製材
3 5		複合型枠用合板	小径木正角生産技術		立木での材質評価	連続釘式インサイジング装置
4 6	打撃音法 枠組壁工法用部材		高温乾燥技術	高圧水蒸気処理	径級別素材生産予測	住宅用高機能性部材
1995 7		高機能複合合板	心持ち正角利用技術 合わせ柱	実用化		吸音壁パネル
6 8	機械等級区分ラミナ集成材強度試験	ラミナ欠点除去		連続水分測定装置		ユニットハウス
7 9	エンジニアリングウッドの強度性能評価	横架材製造システム	曲り挽き製材	用途適性	精英樹家系の材質評価	
8 10		構造用合板(新規格対応)				河川用材
9 11						
2000 12						

### 製材分野での試験研究

資源として豊富にあるトドマツ人工林材を住宅の構造物に使うことが出来れば需要の拡大につながり、地場の林業・林産業ひいては地域の活性化に直接結びつくものと思われます。北海道では、エゾマツとともにトドマツは古くから広く使われており、なじみの深い樹種です。しかし、ここで取り上げるのは間伐小径材であるため、用途はある程度限られることとなります。

小径材から木取るため梁や大引きなどの大きな断面のものは得られません。試験研究のターゲットとして当面は、断面105mmの正角材(管柱用)とツーバイフォー住宅用の204および206製材(乾燥仕上げり寸法はそれぞれ38×89mm, 38×140mm)を対象にすることとしました。

### 在来構法の管柱としての利用

研究に着手した時点においては心持ち正角材の適正

な乾燥技術がまだ確立されておらず、水分の減少にもなって大きな割れの発生が問題となりました。断面105mm角の一本ものの製材がそのまま使えば、製造に要するエネルギーは少なくコストの面でも有利と思われます。しかしそれには、乾燥技術の向上が必須であり、これらの周辺技術と歩調を合わせながら、研究を進める必要がありました。このため、製材の分野では、心持ち正角材をそのまま使う方法と集成材あるいは集成材として使う方法の二通りについて試験研究を進めました。

### 心持ち正角材をそのまま使う

小径材から心持ちの正角材を一本だけ取る場合、背板や端材はすべてチップに回され、副材として何を木取るかを考える必要はほとんどありません。原木の径と製材寸法が分かれば、歩留まりは計算できることとなります。しかし、実際は原木の曲がり等が歩留まりに大きな影響を及ぼします。これらの関係を明らかに

するため、以下の試験を行いました。

【製材寸法の確定】

平成3年度のJASの改定により、製材寸法が表2に示すように乾燥材と未乾燥材に分けて規定されるようになりました（これまでは、未乾燥材のみが対象）。このことに対応して、林産試験場では適正な寸法の乾燥材を得るための製材木取り（歩増し量の検討）試験を行いました。適正な木取り寸法は、単に収縮率だけで決まるわけではなく、収縮の異方性に起因する断面の変形やねじれ、曲がりなどの狂い、更に表面仕上げの方法にも左右されます。

結論は、以下のようになりました<sup>1)</sup>。

105mm角を対象にすると、プレーナー仕上げなしで使う場合には製材時の寸法を107mmとすることで高い合格率となる。

モルダーによる修正加工仕上げを行う場合、ツーバイフォー材のJASに規定されているように削り残しをある程度許容する（1級以上では30%以下、2級・3級で40%以下）としても110mmは必要となる。

さらにブランド材として削り残しのないものを生産するには、112mm場合によっては115mmとする必要がある。

【原木形状と歩留まりの関係】

丸太の曲がりを0～30%に変化させたモデルを使い一連の試験を行いました。結果の概要は次のとおりです<sup>2)</sup>。

丸太の曲がりが大きくなるに従って材積歩留まりは低下し、曲がりが30%ある丸太は曲がりのないものの約65%の歩留まりとなった。

曲がりの量が同じでも、丸太を回転させて鋸断線の位置を変えることにより材積歩留まりは変化した。曲がりが30%ある丸太は、丸太の回転により材積歩留まりは最大で約30%変化する。

表2 JASの寸法規定

(単位mm)

区 分		表示された寸法と測定した寸法との差	
短辺 及び 長辺	乾 燥 材	90未満 90以上	±1.0 ±1.5
	未乾燥材	36未満 36以上90未満 90以上	+1.0 - 0 +2.0 - 0 +3.0 - 0
材 長		+制限なし - 0	

集成化して使う

断面の大きな角材に比べ薄い板は、比較的容易に乾燥できます。板（ラミナ）を何枚か貼りあわせ集成化した方が当然コスト的には高くなりますが、強度性能の安定など、製品としてのメリットが出てきます。2層のラミナで構成される集成柱を作ることが当初の目的でした。その後、平成8年度に集成材のJASが改正されたことを受けて3層および4層構成についても製品化の可能性を検討しました。最終的な結論は、コストとの関わりで明らかにされますが、製材に関わる範囲での結果は、以下のとおりです。

トドマツ小径材を用いた集成材の製造には、歩留まり向上およびラミナ等級改善のために、たて継ぎの工程は不可欠である。

製造効率や歩留まりの点から、目視よりも機械による等級格付けが有利と認められた。

ツーバイフォー材としての利用

高断熱、高气密化が図りやすく構造的にも信頼できるツーバイフォー工法住宅の人気の高まっています。しかし、使われる部材はほぼ100%北米からの輸入製材（スプルース、パイン、ファー類）で占められてきました。

かつては道内においてもエゾマツ、トドマツを使ってこれらの部材を生産する工場がありました。ただし、価格的にはとても輸入材には太刀打ちできず、生産量も自社関連の建築部門で使う程度にとどまっていた。確かに、原木価格の高い大径材を用い、従来の方式で製材を挽いていたのでは競争になりません。

一方、道内の製材業の中で十勝や網走、上川支庁管内などのカラマツ専門工場では、主として小径材を使ってパレットや木箱などの梱包用資材を生産しています。これらの工場では、早くからツインバンドソーなどを設置し、生産性の向上に努めてきました。

このような実績を背景に株式会社関木材工業（新得町）では、積極的にトドマツ小径材を使ったツーバイフォー材を生産・販売しようと計画し、さまざまな課題を克服しながら我が国で第一号の専門工場を誕生させました。

林産試験場では、適正な製材寸法を見出すための試験、および径級の異なる種々の原木を用いて歩留まりの測定を行うなど、企業化を支援するために幅広くデータを収集しました。

結果の一例を表3に示しますが、95%の材が2級以上に合格することが分かりました。また、価格の面では204および206寸法のたて枠材（スタッド：長さ2336mm）が輸入材に対して十分に競争力があるとの見通しを得ました。

今のところ、同社はスタッドのみを生産していますが、今後は長尺材やたて継ぎ材も手がけて行く予定とのことです。

### これからの製材方式

最近の製材機械の発達には、目覚ましいものがあります。

林産試験場の役割の一つに、試験研究以外に内外の新しい情報の提供があります。ここでは本道製材業の

表3 等級別の本数および比率

等級	本数(本)	比率(%)
特級	268	15.1
1級	978	55.1
2級	439	24.7
3級	47	2.6
格外	10	0.6
長さ切断*	34	1.9
総本数	1,776	100.0

\*乾燥後に狂いが大きく発生し、鉋削前に長さを切断したものを。

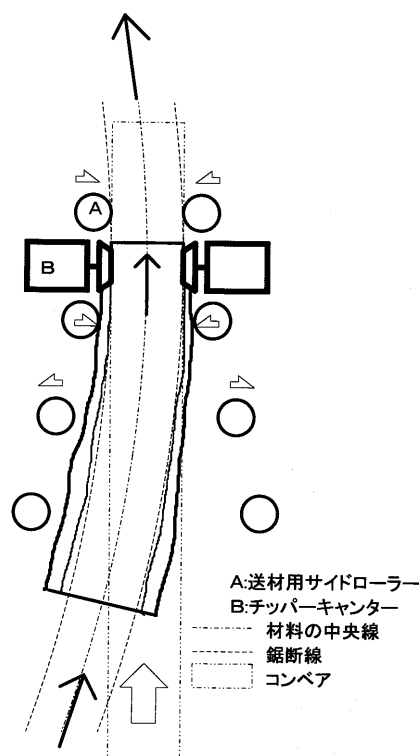


図3 曲がり挽き製材

今後のあり方を示す一つの例として、北欧とカナダの合理的な製材方式を紹介します。

図3に曲がり挽きの例を示します。原木の曲がりに沿って製材し、その後、この曲がった板を乾燥して最終的には平らな状態で使用するものです。目切れのない長尺な製材が得られ、歩留まりや強度性能の向上が期待されます。また、通直な原木はそのまま真っ直ぐに製材できるため汎用性が高く、欧米では製材機の主流になりつつあります<sup>3)</sup>。

小径材の製材工程において生産性を上げるには、諸外国で実践されているように、能率重視で行くことが必要です。それには、例えば製材速度をいかに速めるかと言ったことよりも（装置の能力はほぼ限界）、工程全体におけるムダの除去に特に配慮する必要があります。具体的には停滞・運搬・動作中のムダの徹底的な追求です。今後は、これらの視点に基づいて研究を進めることが必要と考えます。

### 乾燥分野の試験研究

これまで針葉樹製材については、心持ち材を除いて乾燥が比較的容易であるため、人工乾燥に関する試験研究はあまり行われてきませんでした。特に、構造用材は建築中に自然に乾くから、それで十分とされてきました。しかし我々の生活の向上とともに、北海道の住宅建築においても、気密・断熱性を高めることが求められるようになり、構造用材と言えども乾燥材を使うことが必須の条件になりつつあります。そこで問題になるのが心持ち材の乾燥です。

以下、心持ちの正角材とツーバイフォー材を対象とした乾燥分野の試験研究の経緯を述べます。

### 心持ち正角材

丸太を乾かした時に、よく大きなV字型の割れが発生します。もしも、収縮率がどの方向も同じであれば、乾燥にともなって形が一樣に縮むだけで、割れは起らないはずですが。しかし木材は接線方向と半径方向の収縮率が異なり、お互いに影響し合います。すなわち、収縮の大きな接線方向は、収縮の小さな半径方向に拘束されて自由に収縮できず、最終的には割れを生ずることで所定の寸法に落ち着きます。

心持ちの正角材も例えば天然乾燥のように普通に乾燥すると同じような割れが現れます。特に、トドマツは接線/半径の収縮率の比が3~4もあり（他の樹種

では2程度)、最も割れやすい樹種と言えます。

加えて心材部に水食い材と呼ばれる異常に水分の高い部分を含み、乾燥に長時間を要するなど非常にやっかいです。

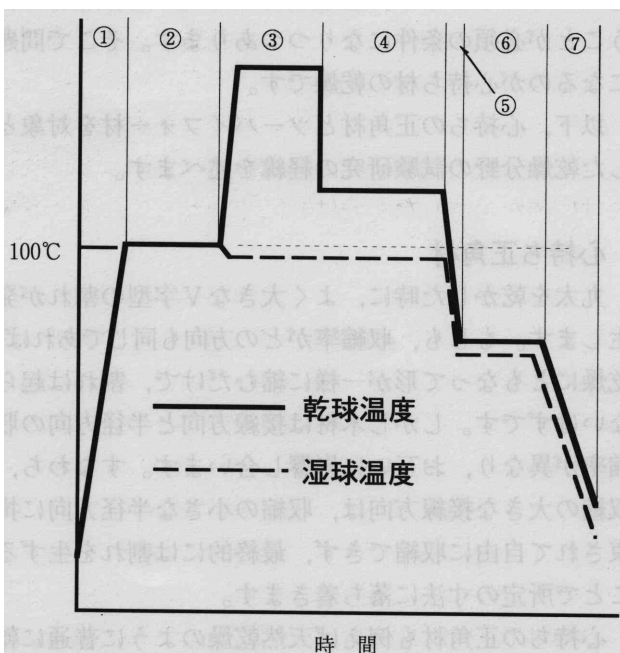
これらのことを解決すべく、熱気乾燥における諸条件の検討に始まり、マイクロ波乾燥、熱盤プレス乾燥などいくつかの方法を試みてきました。また、背割りを入れる方法や狂いを抑えるために棧積み上部におもりを乗せるなど、種々の試験を行いました。この結果、割れ(同時に狂いも)を抑えるには高温高湿度条件を適用した熱気乾燥が最適であると結論するに至りました。

### 高温乾燥について

原理的には、木材の熱可塑性(高温ほど伸びの量が多い)を生かし、表面割れを抑制する方法です。乾燥の初期から高温高湿度を保ち、従来の1/3から1/4の時間で目的の含水率まで乾燥することが可能となりました。変色や若干の強度低下などがありますが、割れの発生を最小に抑え十分に使える乾燥材を得ることができました。

### 高温乾燥スケジュール

高温乾燥スケジュールをモデル化すると図4のようになります。具体的な操作法は以下のとおりです<sup>4)</sup>。



の中の数字は本文に対応

図4 高温乾燥スケジュール

短時間に材温を高めるため、100 の初期蒸煮を約2時間行う。

100 に達した後、引き続き8~12時間蒸煮を続ける。

乾球温度：140 ，湿球温度：99~100 の状態を3~5時間維持する。

乾球温度：120~105 ，湿球温度：99~98 に設定し、25~40時間行う。

乾球温度：98 ，湿球温度：98 に設定し、乾球温度が98 に下がるまで実施する(1~2時間)。

その後、乾球温度：80 ，湿球温度：78 に設定し、乾・湿球温度差が大きく開かないように徐々に降温する。

上記の状態で24~48時間調湿処理を行う。

乾燥終了時は蒸気、送風機を停止し、乾燥室の扉を閉じたままの状態です室内温度が外気温に極力近づくまで放置する。

なお、高温乾燥では棧積みの上部におもりを乗せることが重要なポイントの一つになります。こうするこ



写真1 高温乾燥されたトドマツ心持ち正角材

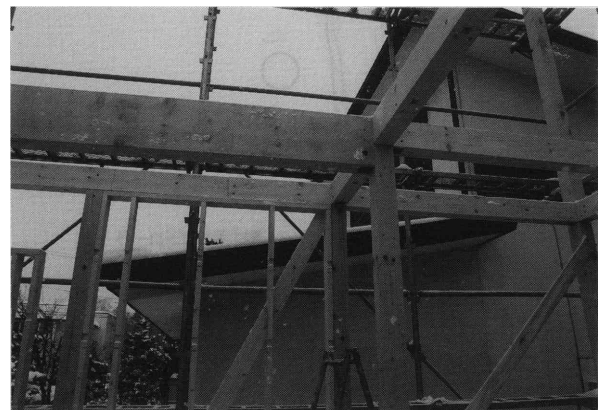


写真2 トドマツ心持ち正角材を使って建築中の住宅

とで材の狂いを抑え、同時に割れの発生も減らすことができます。

乾燥終了後のトドマツ心持ち正角材を写真1に、住宅の柱として使用している例を写真2に示します。建築工務店からは十分に使えるとの評価を得ました。

### ツーバイフォー材

ツーバイフォー材については、変色や内部割れの発生を極力抑え、かつ乾燥時間の短縮を図るため100～110 の高温乾燥条件で行い、次の結果を得ました<sup>5)</sup>。

中温条件(65～80 )に比較し半分以下の時間で乾燥することができた。

乾燥にともなう収縮率は、中温、高温の条件に関わりなく、いずれも約3%程度であった。

割れ、狂いなど損傷の発生程度も乾燥条件による差は認められなかった。

### 今後の研究の方向

乾燥技術の最終的な目的は、欠点を生じることなくできるだけ速やかに木材の含水率を下げることにあります。乾燥の現場においては、初期含水率が大きく異なる材を同一の条件で乾かすことが多々ありますが、その場合には種々の不都合が生じます。すなわち、棧積み全体を代表すると思われる複数のコントロール材の含水率が所定の値に達しても、一般的には初期含水率の高い材は高い値のままにとどまっています。これらの未乾燥材を使うと、使用中に乾燥が進み、割れや狂いが発生してトラブルの元になります。逆に、初期含水率の低い材は必要以上に含水率が落ちてしまい、その分、乾燥中に割れや狂いが大きくなる危険性があります。更に、過乾燥の分だけ不必要なエネルギーを使っていることにもなります。

初期含水率のそろった材料を一緒に乾かすことが出来れば理想的です。それには、棧積み前に含水率の選別を行う必要があります。効率的な仕分け方法を確立することが、今後の研究課題の一つにあげられます。

また、平角や丸太など断面のより大きな材についての適正な乾燥方法を見出すための試験研究も重要と考えます。

### 参考資料

- 1) 山崎亨史, 中村修作, 斎藤光雄: 林産試験場報, 10巻 5号, 6-14 (1996) .

- 2) 中田欣作: 林産試験場報, 2巻2号, 1-9 (1988) .
- 3) 山崎亨史: 木材工業投稿中 (1998) .
- 4) 中嶋 厚: 平成 8～ 9年度中小企業庁技術開発補助事業成果普及講習会用テキスト (1998) .
- 5) 瀧澤忠昭 ほか3名: 林産試験場報, 9巻 5号, 1-7 (1995) .

(林産試験場 主任研究員 米田 昌世)

### 製品の性能評価

#### 心持ち正角材

心持ち正角材の性能評価は製材の日本農林規格(製材JAS)がもとになります。そこで、まず最初に、製材JASについて説明します。

#### 製材JAS

平成3年1月31日に、針葉樹の構造用製材の日本農林規格(農林水産省告示第143号)が制定されました。これにはそれまでの規格と比べて大きく四つの改正ポイントがあります。それは用途別規格、規定寸法、含水率規定、強度等級区分です。

##### 【用途別規格】

旧規格は建築・家具・造作等、多種多様な用途に適用される汎用規格でしたが、新規格は建築構造部材の用途に限られたものになりました。

##### 【規定寸法】

従来は標準寸法が示されていましたが、拘束力がなく、そのため地域・用途によって多数の断面寸法が存在しました。それが規定寸法として定められた断面寸法のみをJASの対象とすることになりました。ただし、設計上必要とする寸法で、個々の事例ごとに登録格付機関が確認したものは認定寸法として、JAS製品と認められます。

##### 【含水率規定】

旧規格には含水率の規定がありませんでしたが、新規格では乾燥材と未乾燥材(生材)とに分かれました。さらに乾燥材はそれを3段階に分けて、D15(含水率15%以下)、D20(含水率20%以下)、D25(含水率25%以下)と表示することになりました。

##### 【等級区分】

製材はその強さに基づいて等級区分しますが、それには人間の目で製材の節や丸身等の欠点を観察し、等級付けをする目視等級区分と機械装置によって製材のヤング係数を測定し、それに基づいて区分する機械等

級区分の方法があります。

目視等級区分製材は、欠点の程度によって1～3級に格付けされます。

機械等級区分製材は、製材の曲げ強さとヤング係数の間に正の相関関係があることから、ヤング係数を測定して製材の強さを推定します。ヤング係数 $40 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 以上の製材を対象とし、 $20 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ ごとに中間値を区分表示します(表4)。なお、丸身・割れ・腐れ等の欠点は目視等級区分製材の乙種構造材3級の基準をおおむね満たさなければなりません。

ここで、乙種構造材とは製材分類の一つの呼び名で、構造用製材は図5に示すように分類されます。この分類に従って個々の用語の説明をします。

**甲種構造材**：主として高い曲げ性能を必要とする場所に使う製材です。土台・大引き・根太・梁・竹筋がい・母屋・タルキ等が該当します。

**乙種構造材**：主として高い圧縮性能を必要とする場所に使うものです。通し柱・管柱・間柱・床束・小屋束等が該当します。

**構造用**：木口の短辺が36mm未満の材および木口の短辺が36mm以上で長辺が90mm未満の材をいいます。

**構造用**：木口の短辺が36mm以上かつ長辺が90mm以上の材をいいます。

なお、参考として記しますが、製材のその他用途別規格として、平成8年7月11日に、針葉樹の造作用製材の日本農林規格(農林水産省告示第1084号)、針葉樹の地下用製材の日本農林規格(農林水産省告示第1085号)、広葉樹製材の日本農林規格(農林水産省告示第1086号)が制定されています。

表4 針葉樹の構造用製材の機械等級区分

等級	曲げヤング係数 ( $10^3 \text{ kgf/cm}^2$ )	
E 50	40以上	60未満
E 70	60以上	80未満
E 90	80以上	100未満
E 110	100以上	120未満
E 130	120以上	140未満
E 150	140以上	

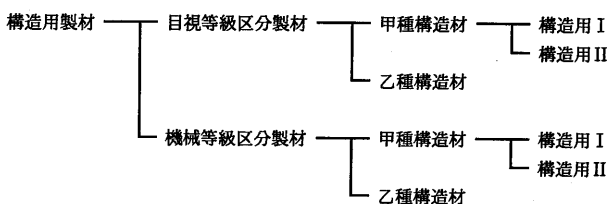


図5 針葉樹の構造用製材の種類

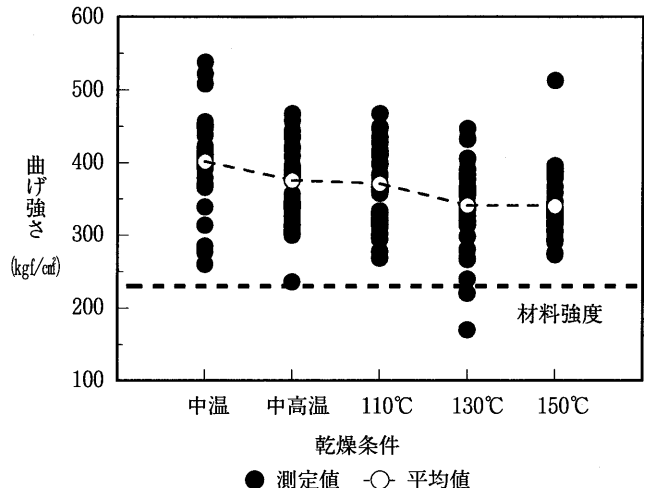


図6 心持ち正角材の乾燥温度と曲げ強さ

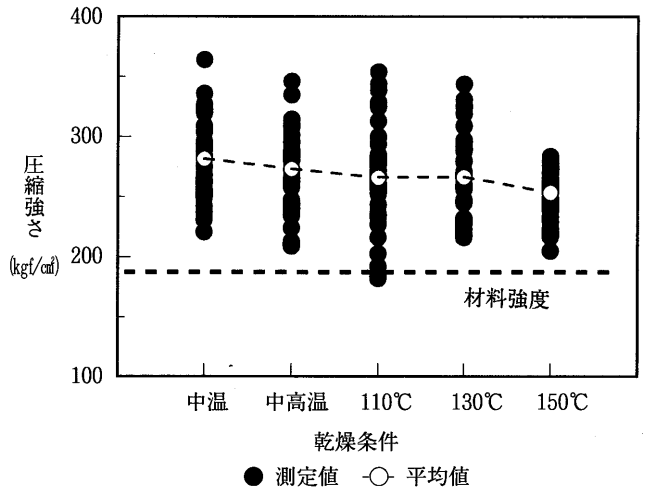


図7 心持ち正角材の乾燥温度と圧縮強さ

### 強度性能および用途

製材の強さを調べるために、一般に曲げ強度試験が行われます。また、圧縮試験を行うこともあります。高温乾燥した心持ち正角材の強度試験結果について、乾燥温度と曲げ強さ、圧縮強さの関係を図6, 7に示します。これまで林産試験場で行ったトドマツ材の強度試験結果と比べると若干、高めの値になっています。その理由としては、木材が天然材料であり、バラツキや産地間の差があることなどが考えられますが、今後、さらに実験を行い、データをふやして検討したいと思います。

全体として、乾燥温度が高くなるに従って、曲げ強さ、圧縮強さが低下する傾向にあります。

建築基準法施行令第95条に示されたトドマツの材料強度は曲げで225kgf/cm<sup>2</sup>、圧縮で180kgf/cm<sup>2</sup>となっています。この数値は、木材が天然材料であり、ばらつきが大きいことから、一般に、強度試験結果を統計処理して、下側5%の値で決定しているものです。今回の試験結果をこれと比較してみると、ほとんどの材がこの基準値をクリアしています。建築構造部材として、心持ち直角材は柱、土台、桁、母屋等に使用することができます。

### 204材

一般にツーバイフォー工法といわれているアメリカ、カナダの住宅工法が、北海道でも需要が大きく伸びてきています。この工法には厚さが約2インチで幅は約4、6、8、10、12インチの製材が主として使われます。このうち、量的に多く使われる厚さ約2インチ、幅約4インチの製材を204材といいます。この製材は枠組壁工法構造用製材の日本農林規格（枠組壁JAS）に基づいて製材し、利用されます。

#### 【枠組壁JAS】

枠組壁JASは昭和49年7月8日に制定（農林省告示第600号）されました。その後、数回の改正が行われ、今日に至っています。

枠組壁工法に使用される製材は甲種枠組材と乙種枠組材に分けられます。甲種枠組材は主として高い曲げ性能を必要とする部分に使用するもので、乙種枠組材はその他のものとなっています。

204材の断面寸法は、未乾燥材（含水率が19%を超えるもの）で厚さ40mm、幅90mm、乾燥材（含水率が19%以下のもの）で厚さ38mm、幅89mmが規定寸法になっています。

等級区分は、目で欠点を測定して行う目視等級区分と、機械装置で曲げ試験を通じて行う機械等級区分（MSR製材という）の二つがあります。目視等級区分製材のうち、甲種枠組材は特級～3級に、乙種枠組材はコンストラクション、スタンダード、ユーティリティに分類されます。MSR製材は曲げ応力等級（曲げ強さFbとヤング係数Eの組み合わせ）によって表示されます。

#### 【強度性能および用途】

林産試験場で直径14～18cmの中径丸太から製材した2級以上の204材について、たて継ぎのないもの

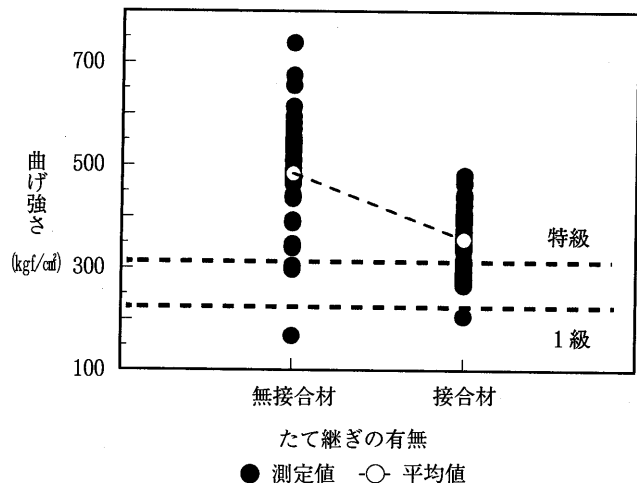


図8 中径丸太から製材した204材の曲げ強さ

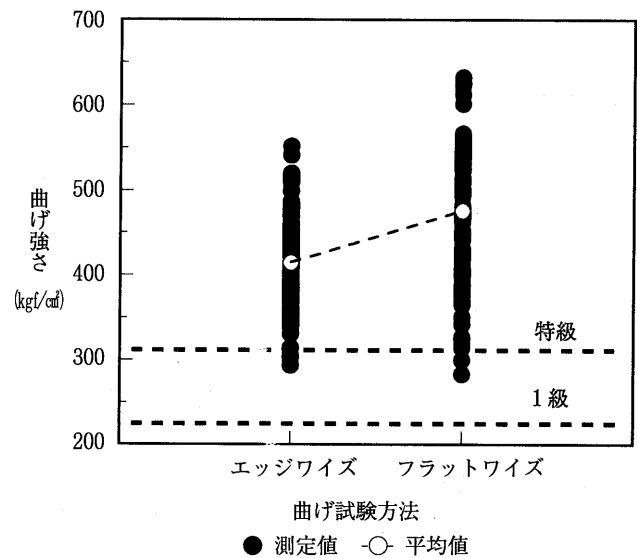


図9 小径丸太から製材した204材の曲げ強さ

（無接合材）とあるもの（接合材）の曲げ試験を実施しました。その結果を図8に示します。特級、1級と記したラインは建設省通達の許容応力度から計算した曲げ強さの基準値を示すものです。接合材は無接合材より曲げ強さが低下しますが、無接合材、接合材ともほとんど1級の基準値を上回っています。

太さ9～13cmの小径丸太から得られた204材の曲げ試験結果を図9に示します。この中には格外科材も一部含まれています。ここで、エッジワイズというのは、幅の広い面を垂直にして曲げ試験を行うことで、フラットワイズというのは、幅の広い面を水平方向にして曲げ試験を行う方法です。エッジワイズの曲げ強さがフラットワイズの曲げ強さより多少低くなっていますが、



両者とも1級の基準値をすべて上回っています。  
トドマツ中小径丸太から製材した204材をツーバイフォー工法の部材としてたて枠（スタッド）、上枠、下枠、頭つなぎ等に使用できます。

**集成材**

平成8年1月29日に、集成材の日本農林規格が大幅

表5 ラミナの機械等級区分

等級	曲げヤング係数 (10 <sup>3</sup> kgf/cm <sup>2</sup> )	
L 50	50以上	60未満
L 60	60以上	70未満
L 70	70以上	80未満
L 80	80以上	90未満
L 90	90以上	100未満
L100	100以上	110未満
L110	110以上	125未満
L125	125以上	140未満
L140	140以上	160未満
L160	160以上	180未満
L180	180以上	200未満
L200	200以上	

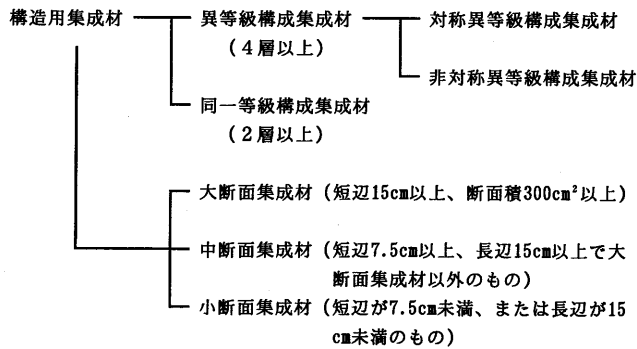


図10 構造用集成材の分類

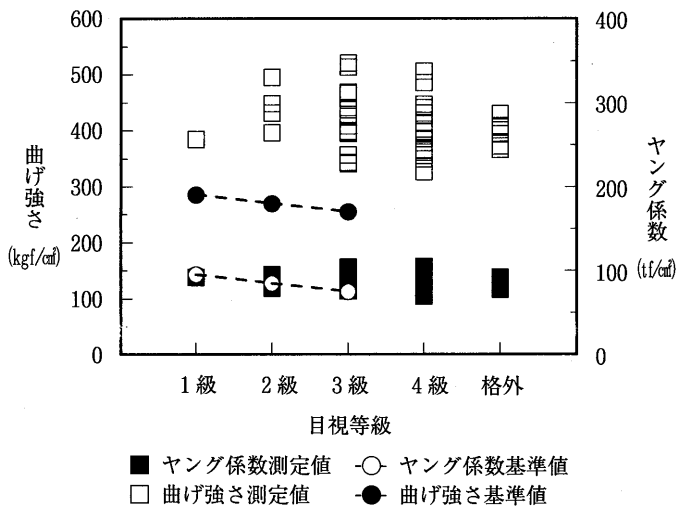


図11 目視等級区分ラミナを用いた3層集成材の曲げ強さ

に改正されました。それまで、積層数が4以上でなけ

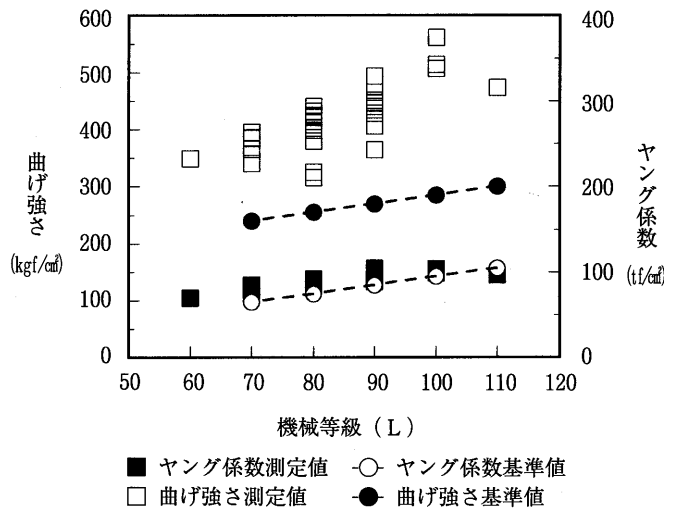


図12 機械等級区分ラミナを用いた3層集成材の曲げ強さ

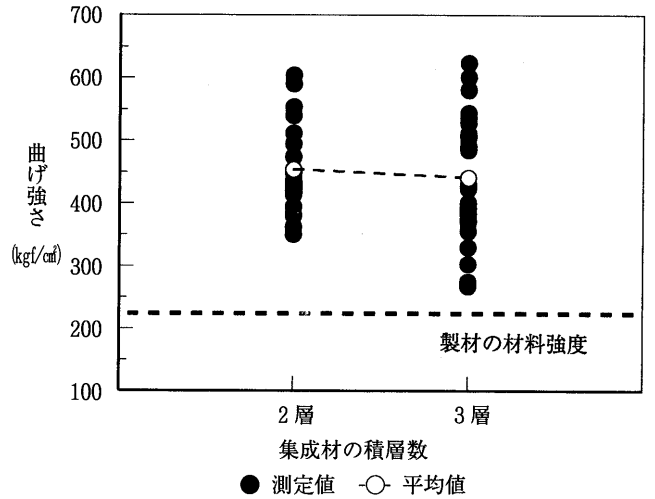


図13 2層,3層集成材の曲げ強さ

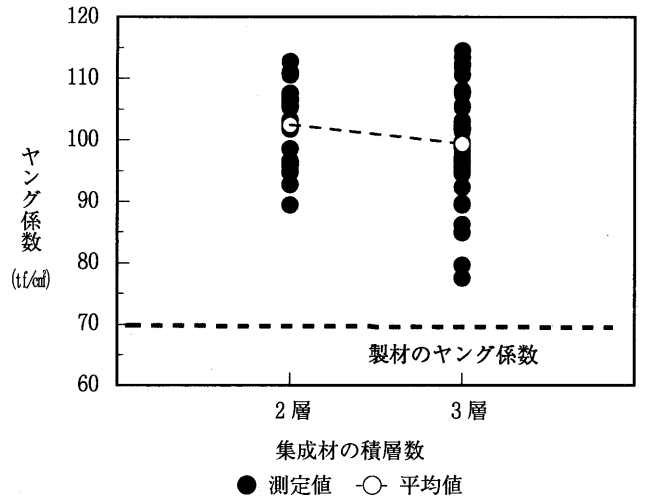


図14 2層,3層集成材のヤング係数

ればならなかったものが、2層、3層のものも可能になりました。以下に、構造用集成材の日本農林規格（構造用集成材JAS、農林水産省告示第111号）の内容を簡単に説明します。

【構造用集成材JAS】

集成材を構成する薄板をラミナといいます。集成材を製造する場合、このラミナの品質管理と組み合わせを正しく行う必要があります。ラミナの品等区分には製材と同様に欠点を目で見て行う目視等級区分と、機械装置でラミナのヤング係数を測定する機械等級区分とがあります。目視等級区分は欠点の程度によって1~4等に、機械等級区分はヤング係数の値によってL50~L200に区分されます。機械等級区分表を表5に示します。

また、この規格に示された集成材の種類を図10に記します。

できあがった集成材の品等区分はヤング係数と曲げ強さの組み合わせで、E100 - F285のように表されます。これは、集成材のヤング係数が $100 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ で、曲げ強さが $285 \text{kgf/cm}^2$ であることを示しています。

【強度性能および用途】

林産試験場で構造用集成材JASに準じて製造した105mm角3層集成材の強度試験結果を図11, 12に示します。これには構造用集成材JASに示された基準値も示しています。また、構造用集成材JASが制定される以前に、製材JASによって等級区分した製材を2層、3層積層し、105mm角にしたものの曲げ強度試験を行いました。その結果を図13, 14に示します。これには建築基準法施行令および日本建築学会の木質構造設計規準に示された材料強度、ヤング係数の値も示しています。

本数が少ないのですが、すべて基準値をクリアしています。構造用集成材JASでは、トドマツの場合、目視等級4等、格外および機械等級L70以下のラミナでは3層集成材を製造することはできません。しかし、これらの集成材でも目視等級3等および機械等級L70の基準値に相当する強さを示しました。

製材JASの等級区分によったラミナから製造した2層、3層集成材も材料強度、ヤング係数ともすべて基準値を上回っています。ここで、2層集成材はラミナの厚さ制限から、構造用集成材JASの規定に当てはまりませんが、強度性能的には建築材料として使用可能な性能をもっています。

これら2層、3層集成材は柱、桁、筋かい等として、また、今回はふれませんでした。断面の大きな異等級構成集成材は一般に梁として用いられます。

(林産試験場 主任研究員 工藤 修)

集成材のコスト試算

林産試験場で試作したトドマツ人工林中小径材を用いた集成梁・管柱について、コスト試算を行ったのでこれについて報告します。試算を進めるに当たり、

工場の考え方

集成材製品生産量

製材工場（原木、木取り・製品生産量）

工場設備および人員配置

これらの前提条件について、説明をします。

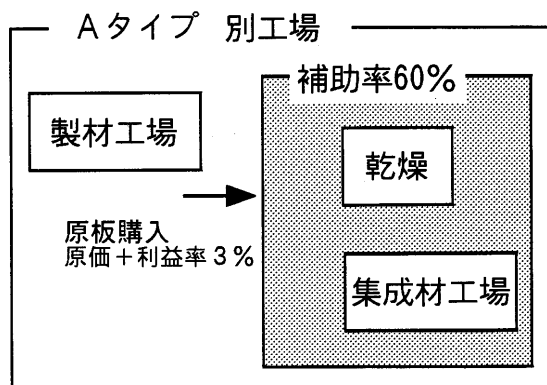
工場の考え方

集成材工場は設備投資額が大きい割には、加工にも手間がかかるため、製材工場のような投資額に見合った生産量の増大は見込めません。その分、付加価値が上がればよいのですが、安価な輸入製品あるいは輸入原板から大量生産する本州製品と対抗していくことは、当初から困難という判断がありました。

集成材の生産に当たっての原料調達、工場の形態を次の二通り設定しました。

Aタイプ

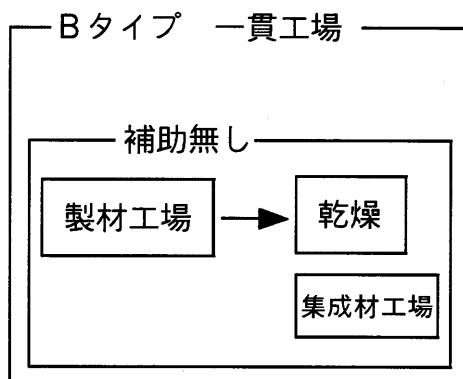
設備投資額を抑えるために、集成材の製造ラインおよび乾燥設備については、何らかの補助（60%）を得ることを前提にすることにしました。また、ラミナ原板についても、協力工場という形の中で、製造原価に3%の利益率を加えた価格で提供してもらうことにしました。



**Bタイプ**

こちらは、製材工場から集成材工場までの一貫製造ラインを造ることとしました。

こうすることで、販売管理費等の製材・集成材共通の経費負担を軽減すること、また、原板については内部振り替えという形で、集成材部門で利益を出し、企業としてトータルにメリットを出していくことにしました。しかし設備投資額としては総額5億円を超える投資に対して、売上は製材部門と合わせても3億円程度ということから、企業としての投資メリットは高くなりません。



よって本試算は主にAタイプでの検討を中心に進めることにします。

**集成材製品生産量**

製品生産量は、道内の同様の集成材工場への聞き取り調査の結果を踏まえ、表6のように設定しました。生産量の割合として梁：柱 = 7：3、製品幅はすべて105mm、梁の長さは4.6m：5.4m = 6：4、管柱は3mとしました。また、ラミナ厚さ別構成比率は、表7とします。

**製材工場**

製材工場では必要量のラミナ製材した余力を、比較的利益率の高く見込める、本州向けタルキを生産することとしました。

**【原木】**

集成梁・管柱用のラミナ原板は14cm上の原木から、タルキ用には、8～13cmのものをを使用することとしました。また、工場に入荷する原木の径級別本数分布は、現状のトドマツ人工林材主体の製材工場での原木入荷状況の調査から、図15の本数分布で設定工場に入荷す

ることとしました。

**【木取り・製品生産量】**

木取りについては、製材工場の生産方法とも関係してきますが、小・中径木専門に挽くことから、ツイン本機・テーブルで能率的に製材することを念頭に、集成材工場の要求を満たし、かつ歩留まりが良くなるように、各原木径級に対し1本取りを決定しました(図16)。

製材寸法は、試験結果から管柱ベースでの3～5層用ラミナとして、それぞれ厚さ27, 32, 41mm×幅115mm、本州向けのタルキは未乾燥のまま出荷することとし、30×40mmとしました。以上から、最終的に製材工場での製品生産量を表8のように設定しました。また、使用する原木の価格は1m<sup>3</sup>当たり、8,100

表6 製品生産量

材せい	生産量	割合
梁	150mm	150m <sup>3</sup> 10.0%
	180	150 10.0
	210	100 6.7
	240	100 6.7
	270	100 6.7
	300	225 15.0
	350	225 15.0
梁計	1,050 70.0	
管柱	450 30.0	
合計	1,500 100.0	

表7 ラミナ厚さ別生産量比率

	厚さ(mm)		生産量比率(%)
	柱	梁	
3層用ラミナ	35.0	33.9	30.4
4層用ラミナ	26.3	26.0	28.4
5層用ラミナ	21.0	20.8	41.2

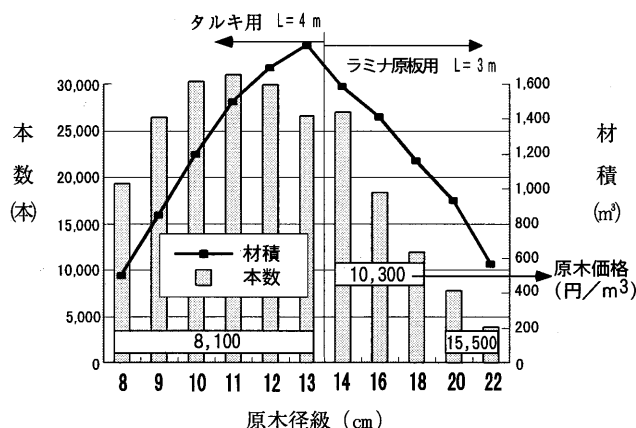


図15 製材工場における原木の諸条件

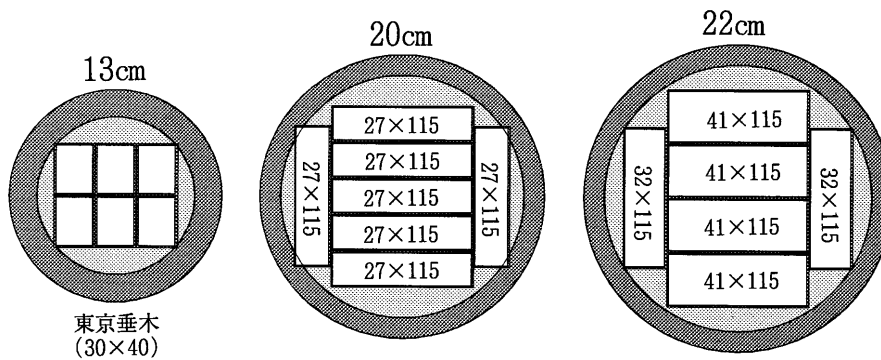


図 16 木取り例

表 8 製材製品生産量

原木径級 (cm)	原木消費量		生産量 (m <sup>3</sup> /年)				歩留まり	
	本数 (本/年)	材積 (m <sup>3</sup> /年)	東京垂木	3層	4層	5層		合計
東京垂木用	8	19,231	492	168			168	34.2%
	9	26,625	863	233			233	27.0%
	10	30,011	1,200	394			394	32.9%
	11	30,710	1,486	538			538	36.2%
	12	29,250	1,685	512			512	30.4%
	13	26,531	1,794	697			697	38.9%
小計	162,358	7,520	2,544			2,544	33.8%	
ラミナ用	14	26,945	1,584			627	627	39.6%
	16	18,323	1,407		607		607	43.1%
	18	11,885	1,155	504			504	43.7%
	20	7,731	928			432	432	46.6%
	22	3,861	561	218	85		304	54.2%
小計	68,745	5,635	723	692	1,060	2,474	43.9%	
合計	231,103	13,155	2,544	723	692	1,060	5,018	38.1%

(8-13cm) , 10 , 300 (14-18cm) , 15 , 500 (20-22cm) 円としました。

表 9 原板価格 (円/m<sup>3</sup>)

厚さ	原板価格
3層	27,000
4層	27,000
5層	33,100

### 工場設備および人員配置

#### 【製材工場】

小・中径材を挽くことから、基本設備としてはツイン本機、ツインテーブル、原木径級選別装置、またタルキを挽き割るためのプレーナギャングリッパーを設備することにしました。これらの機器に1.2億円要します(建物除く)(図17)。また、人員構成としては、男性3名、女性パート4名体制とします。

す。これら設備に建物を含めて約4億円かかりますが、コスト試算では補助を60%受けることで、1.6億円の設備投資と設定しました。これの資金計画は、投資額の20%を自己資金で、残りを長期借入れ(17年償還、利率2.5%)で調達する事にします。人員構成としては男性5名、女性3名で合わせて8名体制としました。

#### 【集成材工場】

集成材工場(図18)ではJAS製品を作ることを前提に工場を設計しました。本ラインの特徴を述べると、グレーディングマシンによるラミナの等級区分を行うこと、高周波プレス導入による納期短縮があげられま

### 試算結果

#### 【ラミナ原板価格】

先の製材工場で得られるラミナ原板について試算したものに利益率3%を加えると、表9になりました。これは、原板に対応する原木代金を除いたすべてのコ

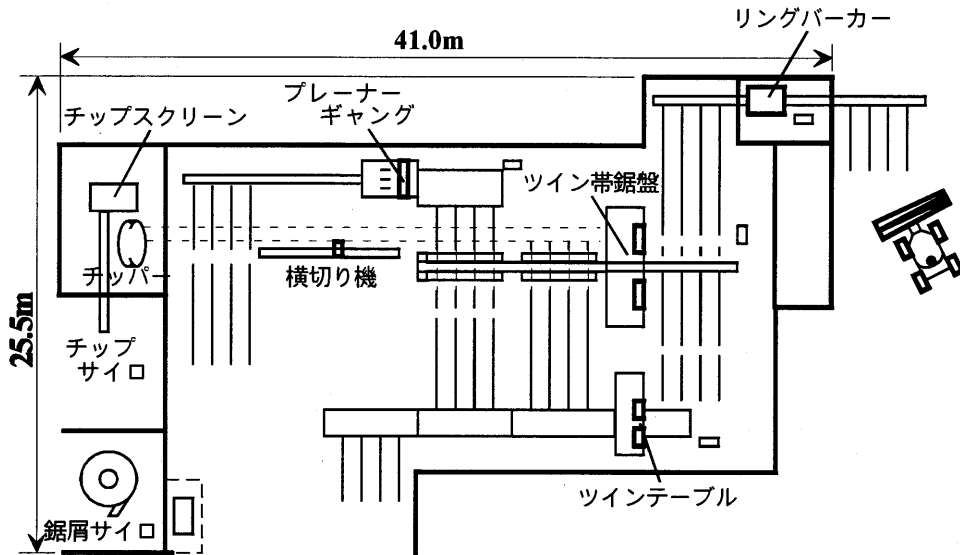


図 17 製材工場機械配置図

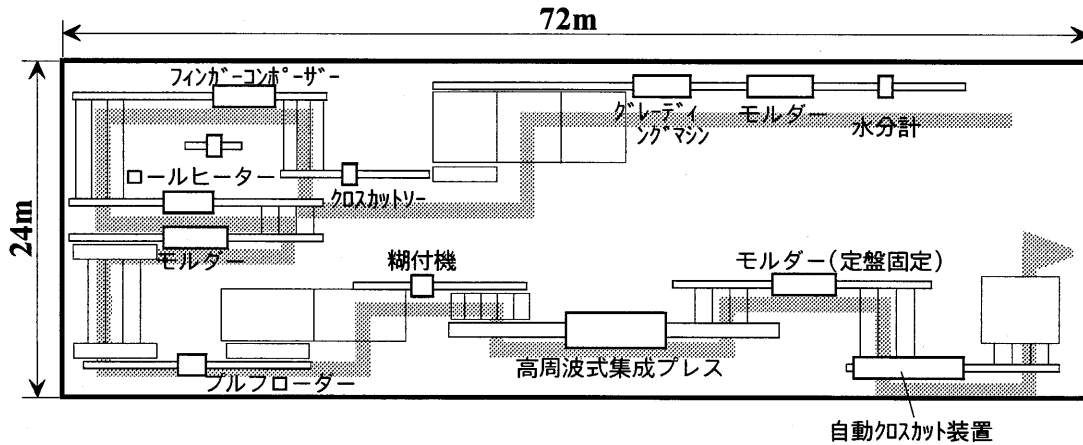


図 18 集成材工場機械配置図

表 10 Aタイプでのラミナ厚さ別原価

	梁		管柱	
	(円/㎡)		(円/本)	
3層用ラミナ	92,211	86,970	2,877	
4層用ラミナ	105,878	102,060	3,376	
5層用ラミナ	131,611	127,572	4,219	
平均	112,359	107,997	2,572	

ストを、各原木・原板が受ける加工（本機・テーブル・一部ギャングリッパー）時間で案分して計算をしています。

【集成材の原価】

表9の原板を得て前掲前提条件の下、集成梁・管柱のコスト試算を行った結果は表10となりました。

この結果からもわかるように、5層用ラミナを用いたものが約13万円に対して、3層用ラミナを用いたものは梁・管柱ともに10万円を切る結果となりました。

これは、

5層用ラミナに比較して、3層用は原板価格が安価に設定できたこと。

接着剤の使用量が積層数が少なくなることから抑えられる。

高周波プレスの加熱時間が、短縮される。

などによります。

道内の集成材の取引事例（地場の工務店向け）から、製品価格を梁13万円、管柱8万円とし、収支計算をまとめると、表11のとおり売上高対営業利益率は3.4%で、本道木材業平均（1.8%）からしても比較的良好

表 11 製造コスト内訳および損益結果

		金額 (円/㎡)	構成比率 (%)	
製造費用	材料費	原板	48,671	48.6
		接着剤	7,785	7.8
		小計	56,456	56.4
	その他製造経費	労務費	18,783	18.8
		電力費	6,962	7.0
		燃料水道費	2,527	2.5
		その他製造経費	15,436	15.4
	小計	24,925	24.9	
	製造経費合計	100,164	100.0	
	販売管理費	人件費	7,667	6.7
その他販売管理費		3,220	2.8	
販売管理費合計		10,887	9.5	
製造費用合計	111,050	96.6		
営業利益	3,950	3.4		
売上高	115,000	100.0		

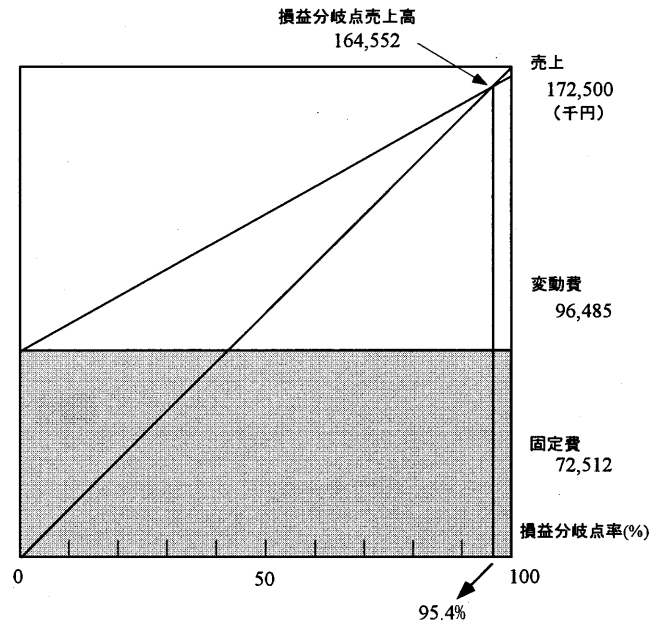


図 19 損益分岐点図

値となります。

次に、所要経費を固定費、変動費に分解し、損益分岐点図で企業の評価をしてみると、図19になります。設定した製品がすべて売れると仮定すると、集成材工場での売上総額は17,250千円であり、損益分岐点売上高（損益が拮抗する売上高）は164,552千円、損益分岐点率（＝損益分岐点売上高÷売上高×100）は95.4%であり、一般的な指標からすれば健全企業とは言えませんが、現在の木材業では平均的な値と考えられます。

### おわりに

現在、コスト試算結果で有利な3層用構成の管柱は、

市場にはほとんど流通していないようですが、林産試験場の試験結果では性能的にも十分な値を示していることから、これからは市場に対するPRも大切になってきます。

在来工法による住宅戸数の内、約3割がプレカット経由の住宅であり、そこで使用される構造材料の多くは集成材です。需要としては今後も見込めることから、安定した品質のものを、市場が要求する「短期に供給」する体制を整えることも一層必要になるでしょう。

最後になりましたが、本試算を行うに当たり集成材工場の設定にご協力を頂いた、株式会社アサヒ旭川営業所長、山下雅行氏にこの場を借り感謝申し上げます。

（林産試験場 経営科長 石河 周平）