

桝組壁工法用住宅部材の生産技術開発 ー県産スギ中目材による製材、乾燥および強度測定試験ー

杉山 正典、平岡 厚雄*、臼井 征雄*、長谷川良一、香川紘一郎

目 次

はじめに	42	2.3.1 形質	53
1 試験方法	43	2.3.2 節	53
1 供試立木	43	2.4 等級区分	53
2 供試原木	43	2.4.1 甲種製材品	53
3 製材試験	43	2.4.2 乙種製材品	54
3.1 製材	43	3 人工乾燥試験	55
3.2 製材所要電力量	43	3.1 人工乾燥による乾燥経過	55
3.3 製材品の形質・品質	44	3.1.1 高温乾燥	55
4 人工乾燥試験	44	3.1.2 中温乾燥	55
4.1 人工乾燥	44	3.2 人工乾燥材の形質	56
4.1.1 スケジュール試験材	44	3.2.1 スケジュール試験材	56
4.2 乾燥による形質変化	44	3.2.1.1 水分分布	56
4.2.1 含水率	44	3.2.1.2 収縮率	56
4.2.2 収縮率、割れ等	45	3.2.2 製材品	56
5 仕上げ加工試験	45	3.2.2.1 含水率	56
5.1 供試材の加工経過と測定	45	3.2.2.2 収縮率	57
5.2 仕上げ材の形質・品質の測定 および等級区分	45	3.2.2.3 割れ、そり、曲り およびねじれ	57
6 強度測定試験	45	3.3 乾燥歩止り	58
6.1 供試立木のヤング係数	45	3.4 乾燥材の等級区分	59
6.2 供試原木の曲げヤング係数	46	3.4.1 甲種乾燥材	59
6.3 製材品・乾燥材の曲げヤング係数	47	3.4.2 乙種乾燥材	59
6.4 仕上げ材の曲げヤング係数	47	4 仕上げ加工試験	60
6.5 曲げ強度	47	4.1 形質・品質	60
7 価値歩止り	48	4.2 歩止り	60
II 結果と考察	48	4.3 等級区分	60
1 供試原木	48	4.3.1 甲種仕上げ材の等級区分	60
1.1 供試原木の性状	48	4.3.2 甲種仕上げ材の 等級区分における決定要因	64
1.2 等級区分	49	4.3.3 乙種仕上げ材の等級区分	64
2 製材試験	49	4.3.4 乙種仕上げ材の 等級区分における決定要因	64
2.1 製材所要電力量	49	4.4 製材品、乾燥材および 仕上げ材における等級区分の変化	66
2.2 製材歩止り	50		
2.2.1 採材枚数	50		
2.2.2 製材歩止り	50		
2.2.3 製材寸法型式別材積割合	51		
2.3 製材品の形質	53		

*現林政部自然保護課

4.4.1 等級区分	66	5.4.1 等級区分	76
4.4.2 等級区分における決定要因	66	5.4.2 E_{fr}/ρ と E_{fr} の関係	79
4.5 価値歩止り	68	5.5 仕上げ材の曲げヤング係数	79
5 強度測定試験	69	5.5.1 動的曲げヤング係数	79
5.1 供試立木のヤング係数	69	5.5.2 静的曲げヤング係数	79
5.2 供試原木のヤング係数	69	5.6 曲げ強度	79
5.2.1 剥皮による 曲げヤング係数の変化	69	5.6.1 曲げヤング係数と 曲げ強度との関係	82
5.2.2 E_{fr}/ρ と 曲げヤング係数との関係	69	5.6.1.1 動的ヤング係数と 静的ヤング係数の関係	82
5.2.3 立木と原木との 曲げヤング係数の関係	69	5.6.1.2 動的ヤング係数と 曲げ強度の関係	82
5.3 製材品の曲げヤング係数	69	5.6.2 強度等級区分	82
5.3.1 原木と製材品の ヤング係数の関係	73	5.6.2.1 強度等級区分因子と 曲げ強度との関係	82
5.5.2 曲げヤング係数による 強度等級区割合	73	まとめ	83
5.3.3 E_{fr}/ρ と E_{fr} の関係	76	謝辞	84
5.4 乾燥前後のヤング係数	76	参考文献	84
		引用文献	84

はじめに

前後積極的に造林されてきたスギ人工林は着実に増大し、今後伐期齢を迎えるスギ材の供給増加が見込まれる。このため資源が充実しつつある県産スギ材を有効に利用してその需要拡大を図る必要が出てきた。そのような状況の中で、スギの中目材とよばれる末口径18cm～30cmの利用の1形態として、枠組壁工法用部材としての利用が考えられる。しかし、本県産スギ材による枠組壁工法用部材（以後2×4用部材と呼ぶ）としての利用を検討した事例は少なく(1)、乾燥方法、製材歩止りおよび価値歩止りに関する基礎的研究データも少ない。

そこで、県産スギ中目材より、2×4用部材を採材し、人工乾燥試験、鉋削仕上げを行い、製材歩止り、価値歩止りについて検討し、2×4用部材生産の可能性について検討を行った。

また、採材された2×4用部材を建築用に供するためには、等級区分を行い、強度を保証する必要があるが、現在の等級区分の方法としては、目視により節等の欠点を測定し、区分を行う方法とグレーディング・マシンにより区分を行う方法がある。前者の方法で等級区分を行う場合は、熟練が必要であり、後者の場合は高価で大型の測定機を導入する必要がある。このような状況の中で、最近打撃音によるヤング係数測定方法が比較的安価で操作も容易なため注目されている。そこで、打撃音による曲げヤング係数の測定を原木から最終製品まで継続して行い、曲げ強さとの相関について分析し、より簡易な方法による2×4材におけるヤング係数推定の可能性について分析した。

また、試験実施に先だって今回試験に供した立木30本について、東京大学中村氏、名並氏のデータの提供をうけて、立木の状態でヤング係数の検討を行ったので、その結果についても報告する。

なお、この研究は、財団法人日本住宅・木材技術センターの依頼を受け、森林総合研究所の指導により平成2年度～3年度にかけて実施したものである。

I 試験方法

1 供試立木

供試立木は、岐阜県郡上郡明宝村寒水産の30年生のスギ（アジマノスギ）で83本とした。また、供試立木83本のうち、損傷および欠点等の少ない立木30本を選定し、立木から製材品までヤング係数を継続的に測定するための強度測定用試験木とした。（図-1）

強度測定用試験木の立木におけるヤング係数測定は、応力波伝播時間差の測定法により行った(1)。

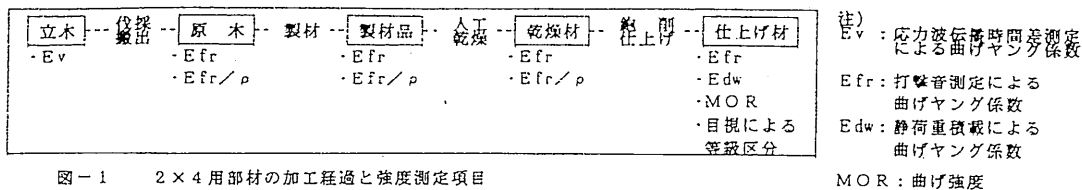


図-1 2×4用部材の加工経過と強度測定項目

2 供試原木

強度測定用試験木のヤング係数を測定した後、供試立木83本を伐採し、材長4mに長さ決めを行い供試原木とした。これらの供試原木はすべて元玉とし、末口径は、18～28cmで一般に市場では並材といわれるものであった。これらの原木を末口径により18～20cm、22～24cmの2径級に区分した。各々の径級の原木本数は、31本、52本の計83本であった。

供試原木83本について末口径、元口径、偏心、心材率、曲り、材長、重量、割れおよびその他の欠点等の測定を行った。また、原木の性状を測定した後、すべての試験原木について剥皮を行い、重量測定後、節の大きさと数を測定し、等級格付けを行った。なお、節は剥皮原木材面上の長径1cm以上の大きさのものについて測定した。

3 製材試験

3.1 製材

製材は、当林業センターにおいて鋸車径1150mmの全自動送材車付帯鋸盤で実施した。製材に用いた帯鋸の性状は仕様は鋸厚0.98mm、アサリ2.15mm、ピッチ31.8mm、鋸巾125mmであった。

木取り方法は図-2に示すように、だら挽きと枠挽きの2種類とした。また、製材に当たっては、供試原木から採材する製材品の寸法型式をできるだけ大きい断面の製品が採れるように、考慮し実施した。

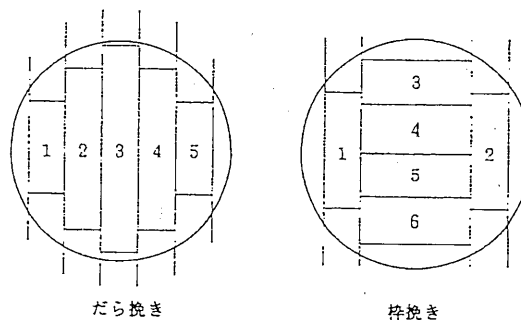


図-2 木取り方法

なお、製材の歩増しは乾燥による収縮を考慮し材巾、材厚とも7mmとした。

製材歩止りの算出に際しては、原木材積は原木の各々の末口径の実測値による末口自乗法による算出、製材品の材積は製材寸法の実測値の平均値による算出とした。

3.2 製材所要電力量

製材に要する経費の算出の基礎資料とするため電力量の測定を行った。帯鋸本機の電力盤にH社製クランプオン電力測定器を取り付け、製材を実施し、電力量の測定を行った。だら挽き、枠挽きそれぞれの製材方法による大割り鋸断電力量、小割り鋸断電力量、送材車電力量を測定し、さらにこれら

に要した時間をストップウォッチで測定し、単位時間あたりの電力量を算出した。

調査本数は、だら挽き10本（末口径18～22cm原木5本、末口径24～28cm原木5本）、杵挽き9本（末口径18～22cm原木2本、末口径24～28cm原木7本）とした。

3.3. 製材品の形質・品質

製材品の形質測定は、重量、含水率計による含水率、材長、巾および厚さ寸法、そり、曲り、巾そり、ねじれ、木口・材面の割れ、年輪巾、繊維傾斜、および節について測定を行った。

なお、曲りおよびそりは材長4m当りの最高矢高をmm単位で測定し、年輪巾は末口と元口の平均値とした。節は材面毎に節の出現位置、大きさおよび個数を測定した。

4. 人工乾燥試験

4.1. 人工乾燥

製材直後の2×4用部材をJAS規格（杵組壁工法構造用の日本農林規格）の乾燥材の基準である含水率19%以下の乾燥材にするため、人工乾燥を行った。乾燥は当林業センターのI F式蒸気乾燥室（容積7m³）で実施した。

表-1に示す2種類のスケジュールにより、だら挽きによる製材品207枚は高温乾燥、杵挽きによる製材品209枚は中温乾燥を行った。

表-1 人工乾燥スケジュール

単位：℃

区分	高温乾燥		中温乾燥		備考
	乾燥温度	乾燥球温度差	乾燥温度	乾燥球温度差	
初期蒸気生材～10%	90	4	70	4	約3時間
中間蒸気10%～30%	95	7	75	7	約3時間
30%～19%	95	15	75	15	

表-2 製材品内訳枚数（枚）

寸法型式	高温乾燥	中温乾燥
203	11	12
204	50	116
206	46	78
208	88	3
210	12	0
合計枚数	207	209
材積	6.2779m ³	4.9173m ³

4.1.1. スケジュール試験材

乾燥試験に使用した材の枚数の内訳は、表-2に示すとおりである。

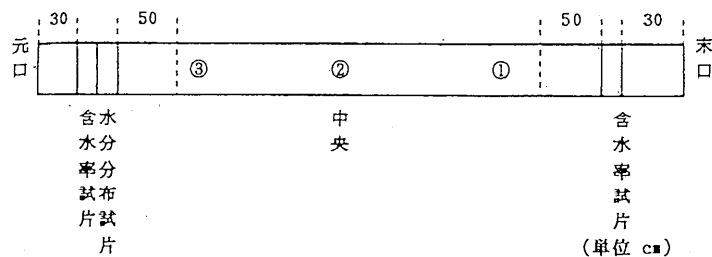
高温乾燥および中温乾燥のそれぞれの乾燥試験ごとに柱目材3枚、板目材3枚計6枚の欠点の少ない製材品を選び、スケジュール試験材とした。このスケジュール試験材のうち最も乾燥の遅れたもの2枚の平均含水率に基づいて乾燥室内の温湿度制御を行った。また、乾燥試験中スケジュール試験材において含水率、収縮率、割れ、そり、曲り、およびねじれについて測定を行った。

4.2. 乾燥による形質変化

4.2.1. 含水率

乾燥開始時に、スケジュール試験材において、図-3に示すように両木口より厚さ3cmの2個の小試験片を採取し重量を測定後、絶乾とし初期含水率を算出した。乾燥終了時には材中央部で1個の小試験片を採取し、重量を測定後、絶乾とし、仕上がり含水率を求めた。

また、高周波式含水率計（デルター5、比重補正



断面寸法及び含水率計は①②③の位置で測定し平均値を採用した。

図-3 スケジュール試験材の生材時の含水率、水分分布

及び乾燥途中の断面寸法および含水率計の測定位置

1.0) を用い、1材面当り3ヶ所、材巾、材厚の2材面において含水率を測定し、絶乾法により算出した含水率と比較分析を行った。

乾燥前後の水分分布状態を調べるために、元口から30cm内側に入った部分より水分分布測定用小試験片を採取し、図-4に示すように7分割し、乾燥前後における表層、内層部の含水率を測定した。

4.2.2. 収縮率、割れ等

製材品の乾燥による収縮を調査するために乾燥前後にスケジュール試験材の中央および両木口から50cm内側の位置において材巾、材厚さの寸法を測定した(図-5)。材巾は、ノギスにより測定し、材厚さは、キャリパゲージを用いて測定した。なお、他品種との比較を行うため、あらかじめ JIS Z 2103の収縮試験法に基づき、小試験体を作成し、恒温器により乾燥を行い、半径方向、接線方向の含水率1%に対する収縮率を求めた。

割れの測定は、乾燥前後にすべての試験材について4材面の木口割れ、材面割れを測定し、本数、長さを測定した。

乾燥材のそり、曲り、ねじれの測定方法は、製材品の形質・品質と同様である。

5 仕上げ加工試験

5.1. 供試材の加工経過と測定

人工乾燥終了後、乾燥後養生を2~3ヶ月間行い、含水率約15%とした試験材について、鉋削仕上げを行った。すべての試験材仕上げ材について、当林業センターにおいて自動一面かん盤を用い、枠組壁工法構造用製材の J A S 規格で定められている乾燥材の寸法に仕上げ加工を行った。以後、この材を仕上げ材と呼ぶ。

5.2. 仕上げ材の形質・品質の測定および等級区分

仕上げ加工後、材長、重量、含水率計による含水率、材巾、材厚寸法、木口割れ材面割れ、曲り、そり、巾そり、ねじれ、および節の測定を行った。仕上げ材の含水率計による含水率測定は4材面において行った。これらの仕上げ材の形質および品質測定結果から J A S 規格に基づき、目視による等級区分を行った。なお、仕上げ材における材積歩止りの算出においては、原木、製材品、乾燥材の材積はそれぞれ仕上げ材に相当する材積について集計した。

6 強度測定試験

6.1. 供試立木の曲げヤング係数

応力波伝播時間差の測定方法を図-6に示す(2)。試験木において地上高1mの樹幹に軽く釘を打ち、地上高50cmの受信側の位置に加速度計を木ネジにより、木材実質に至るよう固定した。釘の頭を加速度計つきハンマにより打撃し、ハンマと加速度計の間を応力波が伝播するのに必要な時間差を日社製デジタルストレージ型オシロスコープで測定した。

応力波伝播時間からヤング係数を算出するに当たっては式1を用いた。

$$E v = v^2 \times \frac{\rho}{g} \quad \text{----- (1)}$$

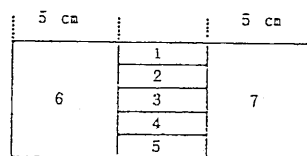
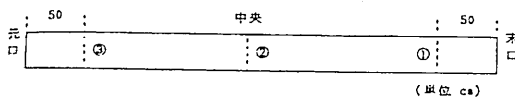


図-4 水分分布測定分割方法



寸法及び含水率計は①②③の位置で測定した。

図-5 スケジュール試験材における断面寸法、含水率計の測定位置

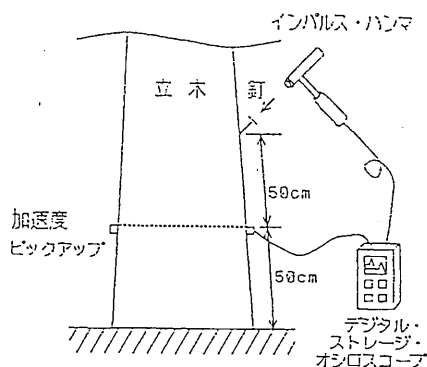


図-6 立木の強度測定方法(2)

E_v : 時間差より算出した動的縦ヤング係数 (kgf/cm²)

ρ : 密度 (kg/cm³)、 g : 重力加速度 (980cm/s²)

なお、密度の算出は、伐採後の元玉の重量および末口径、材長を測定し、算出した。

6.2 供試原木の曲げヤング係数

供試原木の強度を推定するために基本振動周波数測定による曲げヤング係数の測定を行った。供試原木をホイストおよびロードセルにより材長方向中央部で吊り下げ、重量の測定を行った。元口の木口面をハンマーにより打撃し、末口側の木口においてR社製マイクロフォンNK-50により周波数を測定した。測定した周波数をA社製FFTアナライザAD3524により分析し、基本振動周波数を求め、その音圧波形および周波数スペクトルを記録した。(図-7)。基本振動周波数の測定は、1試験体につき3回打撃し、各測定値にばらつきのないのを確認した後、その平均値を測定データとした。なお、動的曲げヤング係数の測定は剥皮前後に行い、剥皮による動的ヤング係数の変化を分析した。

基本振動周波数から動的曲げヤング係数 E_{fr} を求めるに当たっては、式1を用いた。なお、平均密度の算出に当たっては、ロードセルにより測定した原木重量を末口自乗法により求めた原木材積により除して求めた。

$$f = \frac{1}{2L} \times \sqrt{\frac{E_{fr} \cdot g}{\rho}} \quad \text{----- (2)}$$

ただし、 f : 基本振動周波数 (Hz, 1/s)、 g : 重力の加速度 (9.8m/sec²)、 L : 試験体の材長 (cm)、 ρ : 試験体の平均密度 (g/cm³)、 E_{fr} : 基本振動周波数測定によって得られたヤング係数 (t/cm²)
そこで、式1を変形して、式2によりヤング係数(E_{fr})を算出した。

$$E_{fr} = \frac{4L^2 \cdot \rho \cdot f^2}{g} \quad \text{----- (3)}$$

なお、原木のヤング係数 E_{fr} 測定のための重量計測は、ホイストおよびフォークリフト等を用いて作業の簡便化を図った場合でも、面倒な作業であり現場で簡単に実施することことは難しい。そこで、重量測定を省略し、曲げヤング係数を推定する可能性について検討するため、式3により E_{fr}/ρ を算出した。(3)

$$\frac{E_{fr}}{\rho} = \frac{f^2 4L^2}{g} \quad \text{---- (4)}$$

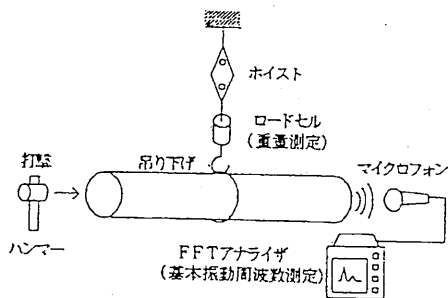


図-7 原木のヤング係数
(基本振動周波数) 測定

表-3 強度等級区分

規格	寸法 型式	等級	曲げ 強度 kgf/cm ²	曲げ ヤング係数 ×10 ³ kgf/cm ²	曲げ 強度比 %
甲種 枠組材	203	特級	422.5	45.5	65
	204				
	206	1級	357.5	38.5	55
	208				
	210	2級	272.5	31.5	45
	212				
乙種 枠組材	404	3級	169.0	18.2	28
	203	コンストラクション (CONST)	221.0	23.8	34
	204	スタンダード (STAND)	123.5	13.3	19
	404	ユーティリティ (UTIL)	58.5	6.3	9

(注) 強度比 = $\frac{\text{欠点をもった構造材の許容応力度}}{\text{基準応力度}} \times 100(\%)$

基準応力度…無地(無欠点)の材が実在するものとして、
樹種ごとに定めた許容応力度
(無欠点) = 100

スギ材の基準応力度…曲げ強度: 850kgf/cm²,
曲げヤング係数: 70×10³kgf/cm²

6.3. 製材品・乾燥材の曲げヤング係数

製材品および乾燥材の基本振動周波数を測定する方法は、試験体を材長方向の中央で支える以外は、原木の基本振動周波数の測定方法と同様に行った。(図-8)

なお、曲げヤング係数による強度等級区分は、表-3に従った。

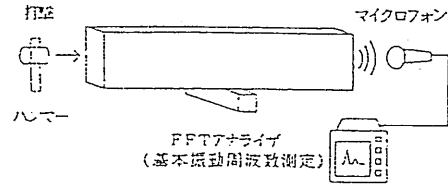


図-8 製材品のヤング係数
(基本振動周波数) 測定方法

6.4. 仕上材の曲げヤング係数

仕上材の約1/3である148枚において、動的曲げヤング係数E_{fr}の測定および静的曲げヤング係数E_{dw}の測定を行った。

動的曲げヤング係数の測定方法は、乾燥材における測定方法と同様である。

静荷重積載による静的曲げヤング係数E_{dw}の測定方法を図-9に示す。試験材の寸法および重量を測定し、試験材をスパン360cmの2つの盤台の上に静置させた。試験材の材巾が10cm以上のものについては、材長方向中央部に10kgの砂袋を1つずつ80kgまで乗せ、その時に発生するたわみ量をダイヤル・ゲージで測定した。また、材巾が10cm未満の試験材については、2kgの重りを材長方向中央部より釣り下げそのときに発生するたわみ量を測定した。

なお、荷重方向については、まず、材厚方向（エッジワイズ）から荷重を行い、続いて、材巾方向（フラットワイズ）から荷重を行い、曲げヤング係数を測定した。

静荷重積載による静的ヤング係数E_{dw}は、式(5)により算出した。

$$E_{dw} = \frac{\Delta P l^3}{4 b h^3 \Delta y} \quad \dots\dots (5)$$

ただし、

- b : 試験材の巾 (cm)、h : 試験材の高さ (cm)
- ΔP : 初期荷重と最終荷重の差 (kg)、l : ロードスパン (cm)
- Δy : ΔPに対応するスパン中央のたわみ (cm)
- E_{dw} : 静荷重積載による曲げヤング係数 (10³kgf/cm²)

6.5. 曲げ強度

曲げヤング係数E_{fr}およびE_{dw}の測定を行なった後、4mの試験材の両木口からそれぞれ約75cm内側に入った箇所まで切断し、2.5mの曲げ破壊用試験材を作成した。また強度試験実施時の、含水率を測定するため両木口より72cm内側に入った位置において厚さ約3cmの試験片を採取し、絶乾法により含水率を求めた。

曲げ破壊試験は、当センターのアムスラー式万能試験機により実施した。3等分点4点荷重とし、スパンは210cmとした。荷重はエッジワイズにより行った(図-10)。なお、曲げ試験実施時に試験材中央上部より垂直に加重するよう治具を作成し、試験を実施した。

曲げ強度MORは(6)式に従って算出した。

$$MOR = \frac{3 P_{max} \cdot l}{b h^2} \quad \dots\dots (6)$$

ただし、P_{max} : 最大荷重 (kg)、l : スパン (cm) b : 試験材の巾 (cm)、h : 試験材の高さ (cm)、
MOR : 曲げ強度 (kgf/cm²)

また、含水率15%時の曲げヤング係数および曲げ強度を算出するため、式7 (ASTM D2915) により含水率補正を行った。

$$P_2 = P_1 \times \frac{\alpha - \beta M_2}{\alpha - \beta M_1} \quad \dots\dots (7)$$

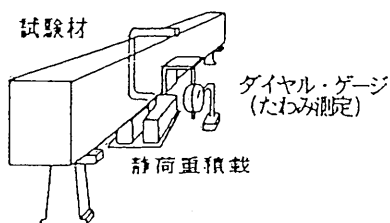


図-9 静荷重積載によるヤング係数 (Edw) の測定方法

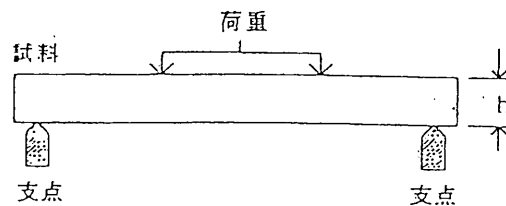


図-10 曲げ強度 (MOR) の測定方法

ただし、

P_1 : 含水率 M_1 % 時の強度性能値, P_2 : 含水率 M_1 % 時の強度性能値

M_1, M_2 : 含水率 (M_1 が 22% を越える時は $M_1=22$ とする)

α : 含水率補正係数 (曲げヤング係数: 1.44, 曲げ強度: 1.75)

β : 含水率補正係数 (曲げヤング係数: 0.0200, 曲げ強度: 0.0333)

7 価値歩止り

仕上げ材について、等級区分を行った結果に基づき、次式により価値歩止りの算出を行った。

$$\text{LOGVi} = d_i^2 \times l_i \times 10,000 \quad \dots (8)$$

$$Y_{\text{val}} = \sum (\text{NOMVi} \times \text{PINDi}) / \text{LOGVi} \quad \dots (9)$$

ここで、LOGVi : 各々の丸太材積 (m^3)

d_i : 各々の丸太の末口径の実測値 (cm)

l_i : 各々の丸太の材長の実測値 (cm)

Y_{val} : 価値歩止り

NOMVi : 断面の規定寸法から求めた製材品の材積 (m^3)

PINDi : 各々の製材品の価値指数

II 結果と考察

1 供試原木

1.1 供試原木の性状

表-4に供試原木の形質測定結果を示す。

心材率の測定を行った結果、平均31.0%であり、測定値のばらつきは小さい。

年輪巾の平均値は、

4.9mmであった。年輪

巾が6.0mm以上の原木

の割合は低い。

末口の偏心率は、

2.5%と低く、ばらつ

きも小さかったが、

元口の偏心率の平均

値は大きく、ばらつ

きも大きかった。こ

表-4 供試原木の形質測定結果

項目	心材率	年輪巾	末口元口		細り	曲り率	節数 ^{※1}	平均	最大
	(%)	(cm)	偏心率	偏心率				節径 ^{※2}	節径 ^{※2}
	(%)	(cm)	(%)	(%)	(cm/m)	(%)		(mm)	(mm)
平均	31.0	0.49	2.5	8.4	2.4	26.6	6.2	13.7	19.5
最小	22.6	0.36	0	0	1.4	0	0	0	0
最大	37.9	0.67	8.2	27.4	4.1	67.7	33	50.0	56.0
標準偏差	3.19	0.07	2.03	6.00	0.51	15.51	8.23	10.40	15.98

※1: 長径が10mm以上の節径

※2: 節の無い原木の節径は0mmとした。

これは、地際近くは偏心成長する傾向が強く、今回用いた供試原木がすべて元玉であったため元口の偏心率が大きくなったと考えられる。また、偏心率の算出方法が、樹心と中心との差により算出されるため、径級が小さいほうが少しの偏心でも大きな偏心率として算出されことになり、ばらつきも大きくなったと考えられる。

伸長方向1mに対する細り量を測定した結果については、平均2.4cm/mと若干大きな値を示した。これは、供試原木が全て元玉であったため、根張りの影響が測定結果に大きく作用したためと考えられる。曲り率を測定した結果、平均値26.6%と大きな値を示した。また、最大値は67.7%であり、非常に大きな値のものも含まれていた。

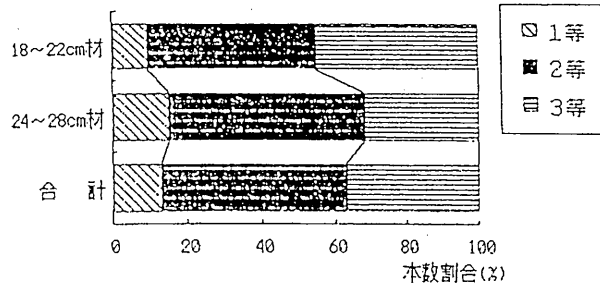


図-1-1 供試原木の等級別本数割合

供試原木1本当たりの平均節数は6.2個と少なかった。無節の原木の割合については約28%であった。また、1個から10個までの有節材が45.2%と全体的には原木すべてが元玉ということもあり節の少ない供試原木と言えるが、節数が33個の原木もありばらつきが大きかった。

平均節径は、13.7mmであり、最大節径の平均値は19.5mmと小さな値であった。節の大きさはそれほど大きくないといえる。

1. 2. 等級区分

供試原木の形質調査の結果を基に、JAS規格により等級格付けを行った。等級の決定要因は調査項目のうち主に曲りと節であったが、特に曲りの要因が最も強く影響していた。

等級格付けの結果を図-11に示す。 →表-5

表-5 木取り別製材所要電力量

末口径18~22cm原木31本のうち、2等材および3等材がそれぞれ14本、本数割合で45.2%を占め、1等材は3本、本数割合で約1割を占めるにすぎなかった。また、24~28cm原木の供試本数は52本で、そのうち2等材が27本、51.9%を占め、次いで3等材が17本、32.7%、1等材が8本、15.4%を占めていた。24~28cm原木の2等材の占める割合は18~22cm原木より多かったものの、どちらも1等材は10~15%と少なかった。

2. 製材試験 →表-6

2. 1. 製材所要電力量

表-5に所要電力の測定結果を示す

作業時間、切削回数は、だら挽きの24~28cm原木の径級が大きか

木取り方法	だら挽き		梓挽き	
	18-22	24-28	18-22	24-28
末口径級 (cm)	18-22	24-28	18-22	24-28
作業時間 (分)	17.8	21.2	17.0	16.1
正味鋸断時間 (分)	3.22	4.88	2.23	2.57
切削回数	16.2	19.6	16.0	15.6
原木1本当り消費電力量 (kWh)	1.984	2.648	1.709	1.853
切削時電力量 (kWh)	0.376	0.462	0.401	0.387
大割り切削時電力量 (kWh)	0.180	0.213	0.292	0.301
小割り切削時電力量 (kWh)	0.196	0.249	0.109	0.086
単位面積当り電力量 (kWh/m ²)	1.368	1.635	1.409	1.168
大割り単位面積当り電力量 (kWh/m ²)	0.323	0.441	0.829	0.710
小割り単位面積当り電力量 (kWh/m ²)	1.044	1.194	0.579	0.457
単位時間当り切削時電力量 (kWh/sec)X10 ⁻³	1.951	1.578	2.993	2.849
単位時間・単位面積当り切削時電力量 (kWh/sec・m ²)	0.064	0.060	0.084	0.075

ったため消費電力量が大きくなった。また、ほぼ同じ切削回数でも、だら挽きと比較し、杵挽きの方が、木取り方法が容易なこともあり正味鋸断時間が短くなった。

挽材面積当りすなわち単位面積当りの電力量については、杵挽きの24～28cm原木が最も電力量も少なく効率が良かった。

だら挽きによる製材は、小割作業での消費電力量の原木1本当りの消費電力量に占める割合が大きいため、小割作業をテーブル帯鋸盤等を使用により原木1本当りの消費電力量を減らすことができると思われる。

単位時間当りの電力量は、だら挽きの正味鋸断時間が長いと大きい値となった。

表-6に送材車の電力量を示す。最小の所要電力は空転時の1.0KWhであり、最大の所要電力は後退時の1.8KWhであった。

なお、試験に使用した製材機は、50HP、変速機付きの製材機であるため、一般の変速機なしの30馬力程度の製材機を使用した場合は、今回の試験より少ない消費電力量で製材が可能である。

2. 2. 製材歩止り

2. 2. 1. 採材枚数

供試原木1本当りの木取り別、径級別の製材品採材枚数割合を図-12に示す。

だら挽きにおける末口径18～22cm原木では、4枚/本の採材つまり丸太1本当りから採材された製材品が4枚であったものの割合が95.8%、3枚/本の採材が4.2%とほとんどが4枚の採材であった。だら挽きの末口径24～28cm原木は4枚/1が56.0%、5枚/本が40.0%、6枚/本が4.0%と多くの枚数が採材された。

杵挽きの末口径18～22cm原木では、5枚/本が42.9%、6枚/本が57.1%であったのに対し、末口径24～28cm原木では、5枚/本が3.6%にすぎず、6枚/本が85.7%、7枚/本が10.7%と、当然ながら径級の大きい原木からの採材枚数が多くなった。

一方、木取り別の平均採材枚数では、だら挽きが4.2枚/本であったのに対し、杵挽きは6.0枚/本と約2枚多く採材でき、木取り方法のちがいにより採材枚数に差が生じた。

2. 2. 2. 製材歩止り

表-7に木取り方法別、径級別製材歩止りを示す。だら挽きをみると、末口径18～22cm原木の製材歩止りは52.4%であるのに対し、末口径24～28cm原木の製材歩止りは55.1%と若干高い値を示した。また、杵挽きでも、末口径18～22cm原木の製材歩止りは52.4%であるのに対し、末口径24～28cm原木の製材歩止りは53.9%とだら挽きと同様に末口径24～28cm原木の方が若干高くなった。

しかし、木取り方法別の平均製材歩止りでは、だら挽きの平均値は53.9%であり、杵挽きの平均値は53.6%とほとんど差がなかった。

表-6 送材車電力量

区 分	前進	鋸断時	後退	空転時
送材車電力量 (KWh)	1.1	1.2	1.8	1.0

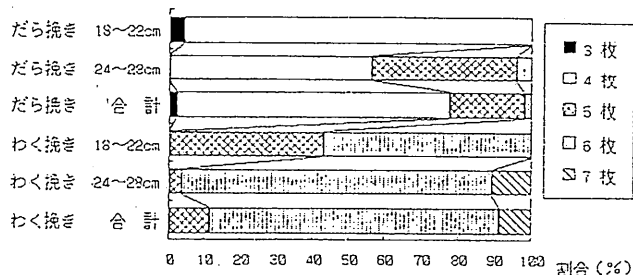


図-12 原木1本当りの製材品採材枚数割合

表-7 木取り別、径級別製材歩止り

末口径区分		18～22cm	24～28cm	合計
だら挽き	原木 本数 (本)	24	25	49
	材積 (m³)	5.136	6.506	11.642
	製材品 枚数 (枚)	95	112	207
	材積 (m³)	2.6935	3.5844	6.2779
製材歩止り (%)		52.4	55.1	53.9
杵挽き	原木 本数 (本)	7	28	35
	材積 (m³)	1.515	7.672	9.187
	製材品 枚数 (枚)	39	170	209
	材積 (m³)	0.7932	4.1325	4.9257
製材歩止り (%)		52.4	53.9	53.6
合計	原木 本数 (本)	31	53	84
	材積 (m³)	6.651	14.178	20.829
	製材品 枚数 (枚)	134	282	416
	材積 (m³)	3.4867	7.7169	11.2036
製材歩止り (%)		52.4	54.4	53.8

一方、径級別では、だら挽き、粹挽きとも末口径24～28cm原木の方が末口径18～22cm原木と比較し、1.5～2.7%の若干高い製材歩止りを示しており、この中でだら挽きの24～28cm原木が最も高い製材歩止りとなった。

図-13に木取り別の製材歩止りの頻度分布を示す。だら挽き、粹挽きともほぼ同様な傾向を示し、製材歩止りの50～60%にピークがあった。

図-14に径級別の製材歩止りの頻度分布を示す。末口径18～22cm原木、末口径24～28cm原木ともほぼ同様な分布をしており、木取り別製材歩止りの場合と同様に歩止り50～60%にピークがあった。

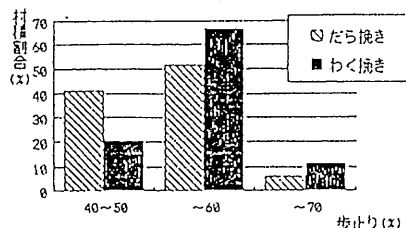


図-13 木取り別製材歩止りの頻度分布

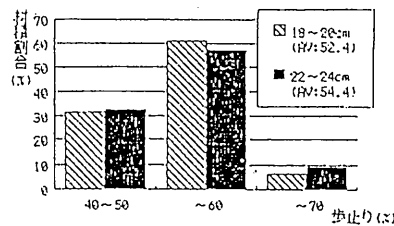


図-14 径級別製材歩止りの頻度分布

2. 2. 3. 製材寸法形式別材積割合

表-8、図-15に製材寸法形式別の材積割合を、木取り別、径級別に示す。だら挽きの径級別製材材積では、末口径18～22cm原木、末口径24～28cm原木とも208材の材積割合が最も多く約52～54%を占めた。206材は末口径18～22cm原木で28.0%と末口径24～28cm原木の14.7%の2倍近く製材された。210材は末口径18～22cm原木からは製材されなかつ

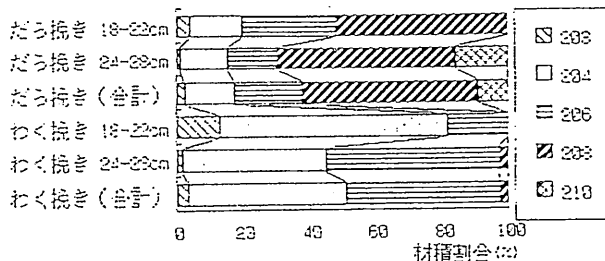


図-15 製材寸法形式別材積割合

表-8 製材寸法形式別材積割合

区分	寸法 型式	18～22cm			24～28cm			合 計		
		枚数	材 積	割 合	枚数	材 積	割 合	枚数	材 積	割 合
		枚	m ³	%	枚	m ³	%	枚	m ³	%
だら挽き	203	8	0.1032	3.8	3	0.0418	1.2	11	0.1450	2.3
	204	23	0.4294	15.9	27	0.5126	14.3	50	0.9420	15.0
	206	27	0.7527	28.0	19	0.5269	14.7	46	1.2796	20.4
	208	37	1.4082	52.3	51	1.9303	53.9	88	3.3385	53.2
	210	0	0	0	12	0.5728	16.0	12	0.5728	9.1
	合計	95	2.6935	100.0	112	3.5844	100.0	207	6.2779	100.0
粹挽き	203	7	0.1002	12.6	5	0.0696	1.7	12	0.1698	3.5
	204	27	0.5456	68.8	89	1.7822	43.1	116	2.3278	47.3
	206	5	0.1474	18.6	73	2.1655	52.4	78	2.3129	47.0
	208	0	0	0	3	0.1152	2.8	3	0.1152	2.3
	210	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合計	39	0.7932	100.0	170	4.1325	100.0	209	4.9257	100.0
合 計	203	15	0.2034	5.8	8	0.1114	1.4	23	0.3148	2.8
	204	50	0.9750	28.0	116	2.2940	29.7	166	3.2690	29.2
	206	32	0.9001	25.8	92	2.6924	34.9	124	3.5925	32.1
	208	37	1.4002	40.4	54	2.0455	26.5	91	3.4537	30.8
	210	0	0	0	12	0.5728	7.4	12	0.5728	5.1
	合計	134	3.4867	100.0	282	7.7169	100.0	416	11.2036	100.0

表-10 製材品の割れの測定結果

区分	径級	寸法型式	木口割れ (mm)			材面割れ (mm)		
			個数	平均長	最大長	個数	平均長	最大長
だ	18	203	0	0	0	0	0	0
	18	204	0	0	0	0	0	0
	22	206	0	0	0	0	0	0
	28	208	0.4	19.5	19.5	0	0	0
ら	18	203	0	0	0	0	0	0
	24	204	0	0	0	0	0	0
	28	206	0.1	2.5	2.5	0	0	0
	28	208	0.3	11.0	13.5	0.1	10.4	14.5
き	18	203	0	0	0	0	0	0
	24	204	0	0	0	0	0	0
	28	206	0.1	2.5	2.5	0	0	0
	28	208	0.2	0~10.0	0~130.0	0~3	0~281.3	0~490.0
枠	18	203	0.1	35.7	35.7	0.7	75.6	84.9
	24	204	0.1	0~250.0	0~250.0	0~2	0~255.0	0~280.0
	28	206	0.1	0~1400.0	0~1400.0	0~4	0~852.5	0~1320.0
	28	208	0.2	0~159.0	0~159.0	0~10	0~558.0	0~1980.0
挽	18	203	0	0	0	0	0	0
	24	204	0	0	0	0	0	0
	28	206	0.1	4.3	4.3	0	0	0
	28	208	0.2	0~159.0	0~159.0	0	0	0

注) 上段は平均値、下段は、最小値~最大値

表-9 製材品の形質測定結果

区分	径級	寸法型式	そり (mm)	曲り (mm)	年輪山 (mm)	傾斜 (mm)
だ	18	203	21.4	8.3	6.3	13.3
	18	204	2.5~38.0	2.5~25.0	5.1~8.1	0.0~33.0
	22	206	18.0	8.2	6.2	14.1
	28	208	6.0~25.5	1.5~11.5	3.9~9.0	2.0~41.0
ら	18	203	13.7	3.8	6.4	12.0
	18	204	2.0~30.0	1.5~15.0	4.2~8.8	0.0~40.0
	22	206	9.2	2.3	6.2	10.2
	28	208	2.0~22.0	1.5~6.0	3.7~9.5	1.0~44.0
挽	18	203	7.3	10.0	6.6	13.7
	18	204	2.0~11.0	3.0~17.0	4.6~10.0	2.0~20.0
	24	206	16.9	2.8	5.9	17.2
	28	208	4.0~35.0	1.5~5.0	3.9~8.6	0.0~43.0
枠	18	203	13.7	2.7	6.2	13.3
	18	204	3.0~30.0	1.5~6.0	4.4~9.0	0.0~33.0
	22	206	10.2	2.8	6.7	11.1
	28	210	1.5~22.0	1.5~7.5	4.4~9.8	1.0~55.0
挽	18	203	5.2	2.0	6.3	11.8
	18	204	2.0~10.0	1.5~3.0	4.9~8.8	2.0~26.0
	24	206	17.5	10.0	5.6	8.8
	28	208	5.0~25.0	3.0~23.0	4.6~6.3	4.0~13.0
挽	18	203	16.5	4.7	6.5	16.5
	22	206	3.0~28.0	1.5~14.5	4.3~8.2	0.0~39.0
	28	208	15.6	2.5	7.3	23.0
	28	210	10.0~23.0	2.0~3.0	6.8~7.6	5.0~55.0
き	18	203	22.6	2.8	5.2	6.2
	18	204	17.0~32.0	2.0~4.0	4.6~5.6	0.0~10.0
	24	206	16.8	5.3	6.6	12.6
	28	208	2.0~39.0	1.2~20.0	4.3~10.4	0.0~39.0
挽	18	203	12.9	1.2	6.7	11.2
	18	204	1.5~27.0	3.8~16.0	4.4~10.5	0.0~51.0
	22	206	13.3	1.5	6.4	19.0
	28	208	12.0~16.5	1.5~2.0	6.0~6.9	11.0~32.0

注) 上段：平均値、下段：範囲

たが、末口径24～28cm原木から製材された210材は16.0%を占めた。

杣挽きでは末口径18～22cm原木においては204材が68.8%と主流の製材品となったが、末口径24～28cm原木においては206材が52.4%、204材が43.1%を占め主な製材品となっていた。

また、木取り別の製材歩止りでは、だら挽きの主な製材品は53.2%をしめる208材であったが、杣挽きでは204材および206材が約47%を占め主な製材品となっており、木取り方法のちがいににより製材された材種に差が生じた。

しかし、今回の木取り方法では製材寸法型式が小さくなると、採材枚数が多くなったため、総材積での製材歩止りにはほとんど差がなかった。

さらに、今回は203材～210材の住宅用部材のみ主製品として製材しており、副製品の製材は行わなかったこともあり全体に製材歩止りは低くなった。

2. 3. 製材品の形質

2. 3. 1. 形質

製材品の形質を測定した結果を表-9に示す。

その量は、だら挽き、杣挽きとも製材寸法型式の大きい製材品ほど小さくなる傾向を示した。

一方、曲り量は、その場合と同様に製材寸法型式が大きいほど小さくなる傾向を示したが、だら挽きの末口径18～22cm原木、末口径24～28cm原木からの製材品と杣挽きの18～22cm原木からの製材品において、また、203材と204材との間に大きな差があった。

平均年輪巾は、木取り別、製材寸法型式別を問わず6.2mm～6.7mmの範囲にほとんどが含まれた。

繊維傾斜については、だら挽きでは、製材寸法型式が大きくなると小さくなる傾向があったが、杣挽きでは反対に製材寸法型式が大きくなると繊維傾斜も大きくなる傾向を示し、木取り方法のちがいによる差がみられた。

製材品の割れ発生状況を測定した結果を表-10に示す。木取りにより原木の随の部分の木口面あるいは材表面に出現したものがあるため、割れ長さが1m以上測定された試験材も多く見られた。

2. 3. 2. 節

節の材面別出現状況を表-11に示す。

製材品1本当たり材巾面の平均節数は25.5個、材厚面の平均節数は5.8個となり、また、節の平均長径は材巾面で19.8mm、材厚面で16.3mmであり、材巾面の節の方が個数、長径とも大きかった。

木取り別では、材巾面の節数はだら挽きで27.8個、杣挽きで23.3個、材厚面の節数はだら挽きで3.6個、杣挽きで8.0個となり、だら挽きでは材巾面に、杣挽きでは材厚面に節が多く出現し、木取りにより節の出現状況に差が生じた。

製材品の節がいくつかの材面に出現したかを製材品の枚数割合で表したのが図-16である。だら挽きでは、節の出現が3材面にわたる製材品が35.3%、4材面にわたる製材品が44.2%であった。

一方、杣挽きでは3材面にわたる製材品が14.5%とだら挽きの半分以下であったが、4材面にわたる製材品は76.3%を占め、だら挽きに比べ著しく多かった。

2. 4. 等級区分

2. 4. 1. 甲種製材品

製材品の形質測定結果によりJ-A S規格に基づいて2×4用製材品の甲種等級区分を行った。製材品の等級別、木取り別材積割合を図-17に示す。3級材がだら挽きで

表-11 節の材面別出現状況

測定項目		枚数	平均節数	平均径(mm)
材巾方向	だら挽き	200	27.8	20.9
	杣挽き	202	23.3	18.5
	合計	402	25.5	19.8
材厚方向	だら挽き	200	3.6	16.6
	杣挽き	202	8.0	16.5
	合計	402	5.8	16.3

72.6%、杵挽きが72.7%とどちらの木取り方法の場合とも最も多い材積割合を占めた。次いで、だら挽きでは2級材が9.9%、等外材が7.5%の順になり特級材と1級材の計が10.1%あったが、杵挽きでは等外材が13.8%と大きな割合を占め、また特級材、1級材の計が4.5%にすぎず、だら挽きより等級が低かった。

等級決定の最大の原因となる要因について分析するため、JAS規格の等級区分により格付けしたときの決定要因となった調査項目を重複集計した。その要因の割合を図-18に示す。

決定要因のうち、そり、節、年輪巾の3項目が最も強く影響しており、それぞれ24.3%、38.1%、36.4%であった。このうち節、年輪巾は木材の生育環境により決定される要因である。

木取り方法別、径級別による等級格付け要因の違いはなかった。

2. 4. 2. 乙種製材品

203材および204材について、乙種製材品としての等級格付けを日本農林規格に基づき行い、等級別、木取り別、材積割合を図-19に示す。

だら挽き、杵挽きともユーティリティの割合が約37%と多かった。またコンストラクション、ユティリティとも約27~29%の割合であった。

図-20に乙種の等級格付けした決定要因の集計結果を示す。乙種等級格付けの場合は、甲種等級格付けの場合よりも曲りの要因とそりの要因が強く影響し、2つの因子の計は75.5%と大部分を占めていた。

木取り別では、だら挽きの製材品はそりの要因が82.6%とほとんどの決定要因となっている。また節の要因は13.0%と影響度はやや低かった。

杵挽きの製材品では、そりの要因が64.2%と最も多いものの、だら挽きの場合に比べ影響度は少し低かった。節の要因は26.6%とだら挽きの場合の約2倍

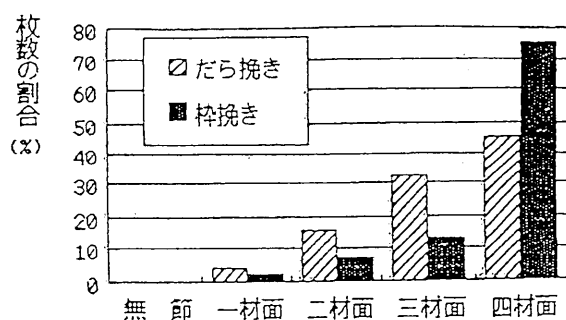


図-16 節の出現材面枚と枚数割合

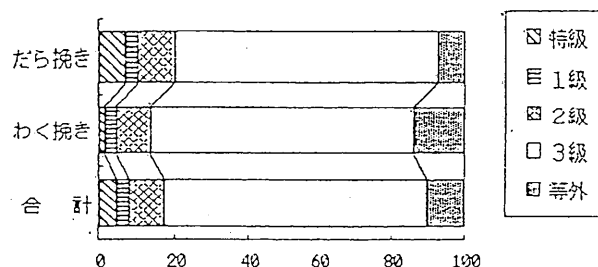


図-17 甲種製材品の等級別材積割合

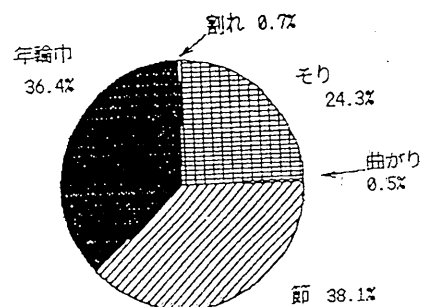


図-18 甲種製材品 (未乾燥材) の等級格付けにおける決定要因について

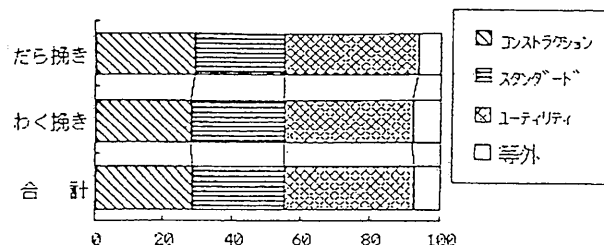


図-19 乙種製材品の等級別材積割合

であったが、曲りの要因については大きな差はみられなかった。また、だら挽きの場合にはなかった割れの要因が、杵挽きの場合に2.8%出現した。

3. 人工乾燥試験

2×4用部材を製材時の未乾燥材から含水率19%以下の乾燥材にするため、人工乾燥をおこない、乾燥に伴ない発生する寸法変化や狂いによる等級の変化を分析した。

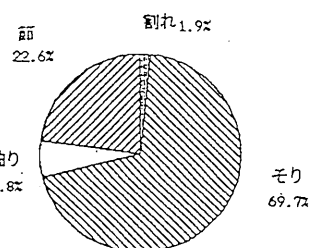


図-20 乙種製材品（未乾燥材）の等級格付けにおける決定要因

3. 1. 人工乾燥による乾燥経過

高温条件および中温条件によるスケジュール試験材の乾燥経過をそれぞれ図-21、22に示す。また、スケジュール試験材の含水率変化を表-12に示す。スケジュール試験材の初期含水率は、70%~134%であった。

3. 1. 1. 高温乾燥

高温乾燥試験においては、乾燥開始時の温湿度設定は、乾球温度90℃、乾湿球温度差4℃とし、最終条件は乾球温度95℃、乾湿球温度差15℃とした。

8日間のボイラー間欠運転、実質運転時間は81時間の乾燥により、全乾法による仕上がり含水率は、スケジュール試験材において柵目材14.7%、板目材12.3%となった。

3. 1. 2. 中温乾燥

中温乾燥試験においては、乾燥開始時の温湿度設定は、乾球温度70℃、乾湿球温度差4℃とし、最終条件は乾球温度75℃、乾湿球温度差15℃とした。スケジュール試験材の初期含水率は、柵目材14.6%、板目材11.5%であった。10日間のボイラー間欠運転、実質運転時間は108時間の乾燥により、全乾法による仕上がり含水率は、スケジュール

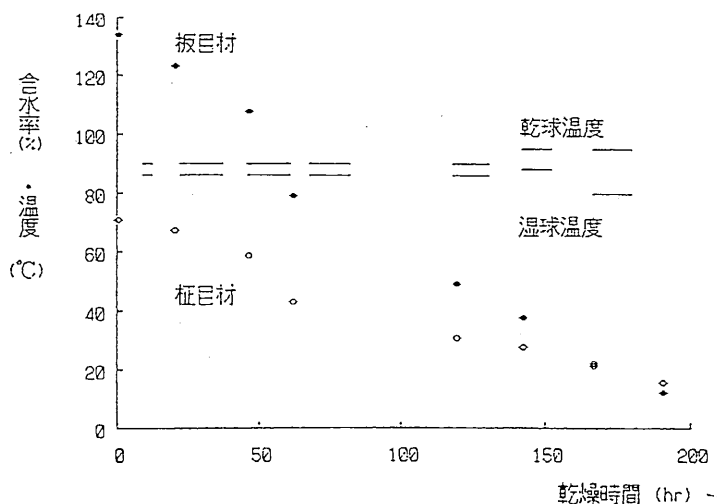


図-21 スケジュール試験材における含水率減少経過（高温乾燥）

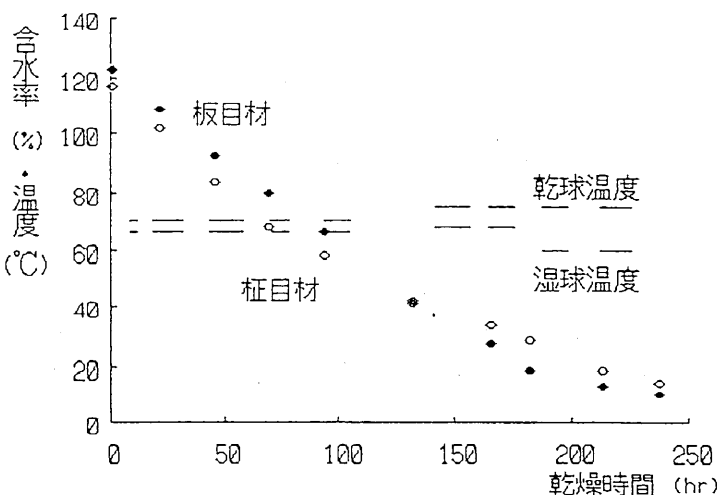


図-22 スケジュール試験材における含水率減少経過（中温乾燥）

試験材において柁目材14.7%、板目材12.3%となった。

含水率計では、全乾法に比べ若干低めに測定されたが、その差は1%以下であった。

高温、中温条件ともに板目材の方が低い仕上り含水率となった。

3. 2. 人工乾燥材の形質

3. 2. 1. スケジュール試験材

3. 2. 1. 1. 水分分布

スケジュール試験材の乾燥前後の水分分布の変化を図-23に示す。乾燥前は両条件の試片とも含水率の高い部分と低い部分では約40%の大きな含水率の差がみられた。乾燥後は、両条件ともに中心部と表層の水分傾斜は、約3%に減少した。

3. 2. 1. 2. 収縮率

小試験体においてJIS Z 2103に従って収縮率測定を行った結果を表-13に示す。含水率1%当りの収縮率は、接線方向0.24%、半径方向0.10%であり、今回使用したアジマノスギは、一般的なスギ材と比較して特に収縮の大きいものではないと考えられる。

スケジュール試験材の収縮率を表-14に示す。板目材においては、巾（接線）方向の収縮率の方が、厚さ（半径）方向の2倍以上を示し材の異方収縮が著しかった。柁目材として採取したスケジュール試験材は、側部が追柁となっていて、巾が接線方向、厚さが半径方向に相当している追柁の板目材と考えられるため、巾（接線）方向の収縮率が板目材より小さい値となっている。

なお、スケジュール試験材においては割れの発生はなかった。

3. 2. 2. 製材品

3. 2. 2. 1. 含水率

人工乾燥実施前後に全製材品の含水率計による含水率測定を行った結果を表-15および図-24に示す。なお、含水率計では100%以上の表示ができないため、100%を越す含水率はすべて100%とし、集計した。

両条件による乾燥とも製材品の含水率計による含水率はおおむね19%以下に仕上がった。中温条件の方が、高温条件より低い含水率に仕上がり、かつ、ばらつきも少なかった。一方、高温条件では、含水率30%以上の乾燥

表-12 スケジュール試験材の含水率 (単位：%)

条 件		全 乾 法		含水率計
		初 期 含水率	仕 上 げ 含水率	仕 上 げ 含水率
高温乾燥	柁目材	70.4	14.7	15.2
	板目材	134.4	12.3	11.4
	全 体	102.4	13.5	13.3
中温乾燥	柁目材	117.4	14.6	14.3
	板目材	123.5	11.5	10.7
	全 体	120.4	13.1	12.5

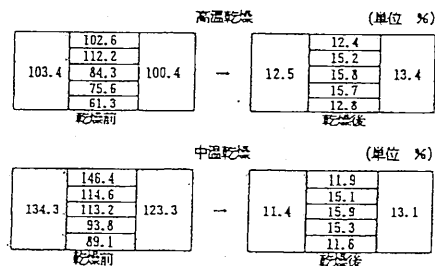


図-23 スケジュール試験材における乾燥前後の水分分布

表-13 アジマノスギの収縮試験結果 (JIS Z 2103) (単位：%)

全収縮率		含水率1%当り収縮率	
接線方向	半径方向	接線方向	半径方向
6.71	2.59	0.24 (0.25)	0.10 (0.10)

カッコ内は木材工業ハンドブックより日本産主要樹種の物理的性質より引用

表-14 スケジュール試験材の収縮率

条 件		幅 (%)		厚 さ (%)		含水率 (%)
		実測	補正值	実測	補正值	
高温乾燥	柁目材	2.62	2.55	1.74	1.71	14.7
	板目材	4.40	3.35	1.84	1.57	12.3
	全 体	3.51	3.15	1.79	1.64	13.5
中温乾燥	柁目材	3.18	3.08	1.58	1.54	14.6
	板目材	4.47	3.63	1.74	1.39	11.5
	全 体	3.82	3.36	1.66	1.47	13.1

注) 補正值は含水率15%時に補正した値

表-15 含水率計による初期及び仕上がり含水率

条件	区 分	平均 (%)	最大 (%)	最小 (%)	標準偏差	試料数 (枚)
高温	乾燥前	99.3	100.0	87.5	1.79	207
	乾燥後	19.6	62.3	10.5	8.56	200
中温	乾燥前	97.7	100.0	82.5	3.85	209
	乾燥後	16.3	23.8	12.8	3.58	202

含水率計：高周波含水率計デルタ-5を使用
比重補正は、1.0

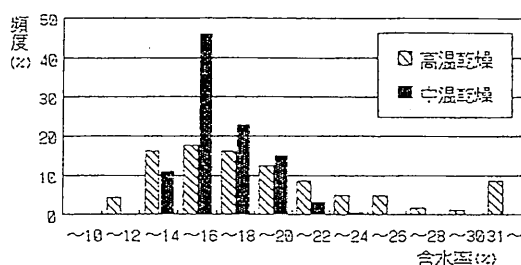


図-24 仕上がり含水率分布

表-16 人工乾燥による含水率の仕上がり状況

条 件	高温乾燥	中温乾燥
枚 数	61	85
平 均 (%)	19.3	23.6
最小値～最大値(%)	11.8～28.9	10.7～46.6
標 準 偏 差	3.75	7.98

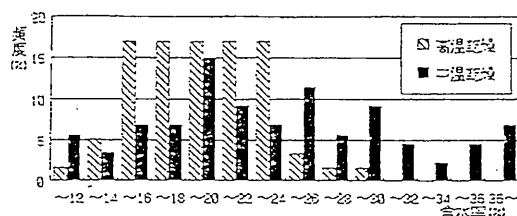


図-25 人工乾燥による含水率の仕上がり状況

不十分と判断される製材品が18枚（全体の8%）あった。

人工乾燥実施後に仕上がり含水率を正確に知るために全試験材の約1/3の試験材について全乾法による含水率測定を行った結果を表-16、図-25に示す。高温乾燥における仕上がり平均含水率は19.3%であり、製材品の半数がJAS規格の19%以下に乾燥できた。

しかし、中温乾燥においては、平均含水率23.6%までしか乾燥しておらず、ばらつきも大きい。また、46.6%と非常に高い含水率のままの試験材も見られた。高温乾燥と同様の仕上がり状態にするためには、乾燥時間を50hr程度延長する必要がある。

3. 2. 2. 2. 収縮率

全製材品における乾燥条件別、方向別の収縮率測定結果を表-17に示す。収縮率は巾方向および厚さ方向の収縮率は、2.5%～3.5%であったが、寸法切れとならないためには6%程度の歩増しを見る必要がある。なお、この結果は板目材、柾目材の区別なく集計を行ったものである。

3. 2. 2. 3. 割れ、そり、曲りおよびねじれ

全製材品の割れを調査した結果を表-18に示す。高温条件では乾燥による木口、材面割れが若干みられたが、中温条件では乾燥不十分であったこともあり割れの増加がみられなかった。

乾燥前後におけるそり、曲り、ねじれの変化を表-19、20、21に示す。そり量は、高温、中温両乾燥ともに減少した。曲りについては、高温・中温乾燥ともに若干増加した。ねじれについては乾燥により両乾燥共に増加し、中温乾燥においては52mmと大変大きなものもみられた。しかし、この結果が、木取りの方法によるものか、乾燥温度によるものかは明確でない。

表-17 乾燥による方向別の収縮率

条件	巾方向				厚さ方向			
	平均 (%)	最大 (%)	最小 (%)	標準偏差	平均 (%)	最大 (%)	最小 (%)	標準偏差
高温	2.78	5.57	0.49	1.253	3.52	6.38	1.24	1.002
中温	3.40	5.93	0.71	0.943	2.68	6.52	1.12	0.811

表-18 乾燥による割れ発生状況

条 件		発生枚数 木口 材面		試料数
高温	乾燥前	23	2	207
	乾燥後	64	32	200
中温	乾燥前	7	30	209
	乾燥後	7	25	202

表-19 乾燥によるそり量の変化

条 件		平均 (%)	最大 (%)	最小 (%)	標準偏差	試料数 (枚)
高温	乾燥前	3.15	9.25	0.00	1.84	207
	乾燥後	2.44	7.91	0.00	1.25	200
中温	乾燥前	3.72	8.87	0.00	1.82	209
	乾燥後	3.12	9.81	0.00	1.49	202

表-20 乾燥前後における曲り量の変化

条件	区 分	平均 (%)	最大 (%)	最小 (%)	標準偏差	試料数 (枚)
高温	乾燥前	0.63	6.13	0.00	0.74	207
	乾燥後	0.88	6.38	0.00	0.78	200
中温	乾燥前	1.13	5.83	0.00	1.02	209
	乾燥後	1.52	7.41	0.00	1.38	202

表-21 乾燥による製材品のねじれ量の変化

条件	区 分	平均 (mm)	最大 (mm)	最小 (mm)	標準偏差	試料数 (枚)
高温	乾燥前	0	0	0	0	207
	乾燥後	2.01	19.0	0	2.60	200
中温	乾燥前	0	0	0	0	209
	乾燥後	3.53	52.1	0	4.74	202

3. 3. 乾燥歩止り

表-22に製材時、乾燥時の歩止りの状況を示す。この表中の材積は、原木、製材品、乾燥材共にスケジュール試験材は含まないで算出した値である。

木取り別の歩止りでは、だら挽きの製材歩止りは53.4%であったが、乾燥により、原木に対して50.2%の乾燥歩止りになり、製材歩止りより3.2%低下した。製材品に対する乾燥歩止りは94.0%であった。

一方、杵挽きの製材歩止りは53.9%、原木に対する乾燥歩止りは50.5%、製材品に対する乾燥歩止りは93.7%とだら挽きの場合とほとんど変わらなかった。

径級別では、末口径18~22cmの原木から製材された製品の原木に対する乾燥歩止りは、だら挽き、杵挽きとも49%前後で大きな差はなかった。また、末口径24~28cmの原木の場合も51%前後と同様であった。さらに、製材品に対する乾燥歩止りは、どの場合も94%前後となっており径級による差はなかった。

表-22 製材時および乾燥時の歩止り

末口径区分		18~22cm	24~28cm	合 計
だら挽き	原木材積 (m³)	4.272	5.736	10.008
	製材品材積 (m³)	2.2082	3.1398	5.3480
	製材歩止り (%)	51.7	54.7	53.4
	乾燥材材積 (m³)	2.0699	2.9551	5.0250
	乾燥材の原木に対する歩止り (%)	48.5	51.5	50.2
	乾燥材の製材品に対する歩止り (%)	93.7	94.1	94.0
わく挽き	原木材積 (m³)	1.315	6.872	8.187
	製材品材積 (m³)	0.6996	3.7147	4.4143
	製材歩止り (%)	53.2	54.1	53.9
	乾燥材材積 (m³)	0.6564	3.4789	4.1353
	乾燥材の原木に対する歩止り (%)	49.9	50.6	50.5
	乾燥材の製材品に対する歩止り (%)	93.8	93.7	93.7

したがって、今回の製材方法による歩止りは木取り方法、径級の違いによらず、製材歩止りが53.5%前後、乾燥歩止りが50%程度、製材品に対して94%程度の歩止りと言える。

3. 4. 乾燥材の等級区分

3. 4. 1. 甲種乾燥材

乾燥材の測定結果をJAS規格に基づき甲種2×4用部材の等級区分を行った。

乾燥材の等級別、木取り別の材積割合を図-26に示す。だら挽きでは3級材が67.4%と最も多かったものの、特級材が6.0%、1級材が4.5%、2級材が13.9%あったが、等外材も8.2%あった。一方、杵挽きでは3級材が66.1%とだら挽きより若干減少したが、等外材が18.4%とだら挽きに比べ2倍以上多くなった。また、特級材、1級材、2級材はだら挽きより減少した。

甲種乾燥材の等級格付けの要因を図-27に示す。

等級格付けを決定した要因の中で節の要因が最も高い割合であり39.1%を占めていた。次いで年輪巾の要因が23.0%、そのの要因が14.0%、巾そのの要因が8.2%、曲りの要因が3.0%となっていた。割れは発生量が少なかったことから影響も少なかった。また、木取り別、径級別による決定要因の差はあまりなかった。

3. 4. 2. 乙種乾燥材

製材時と同様に203材、204材について乙種乾燥材の等級格付けをおこなった。等級別、木取り別材積割合を図-28に示す。

だら挽き、杵挽きともコンストラクションは約23~26%、また等外材も約5.5%とあまり大きな差がなかったが、スタンダードはだら挽きの55.5%に対し、杵挽きでは37.3%と約18%減少した。しかし、ユーティリティではだら挽きの15.8%に対し、杵挽きは31.9%と2倍近く上回り杵挽きの等級度合の方が若干低かった。

乙種乾燥材の等級格付けの決定要因の割合を図-29に示す。それを決定要因とする割合が29.5%を

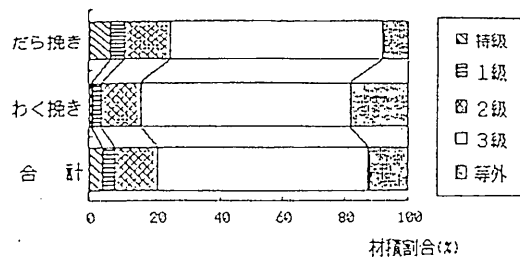


図-26 甲種乾燥材の等級別材積割合

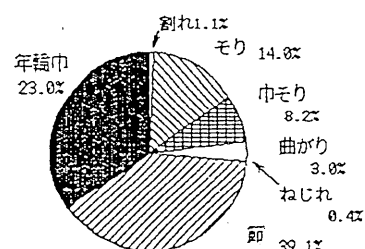


図-27 甲種乾燥材の等級格付けにおける決定要因

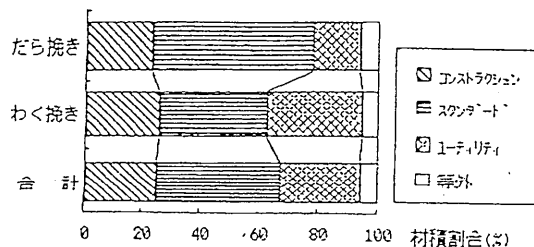


図-28 乙種乾燥材の等級別材積割合

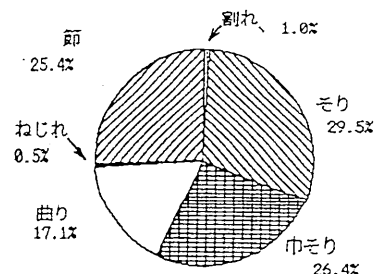


図-29 乙種乾燥材の等級格付けにおける決定要因

占め、これに巾そりの26.4%、曲りの17.1%を含めると73.0%とほとんどが曲り系の決定要因となり、乾燥による曲りの影響が非常に強く表れた結果となった。

また節の決定要因は25.4%であり1/4を占めた。

木取り別の決定要因では、だら挽きにおいて巾そりの要因が54.6%と最も多く、次いでそりの20.0%、曲りの12.7%、節の12.7%であった。

杵挽きではそりが33.3%と多く、また節も30.4%と次いで多くなっており、曲りの18.8%、巾そりの15.2%の順になっていた。

このように、乾燥による影響はだら挽きの方に強く表れる一方、杵挽きでは節による強度低下の影響が強く表れる結果となった。

4 仕上げ加工試験

4.1. 形質・品質

仕上げ加工材の形質測定を行った結果を表-23に示す。

巾そりは仕上げ加工により切削されほとんど測定されなかったが、曲りは、杵挽きの203材で3.2~3.6%とだら挽き203材の0.8~0.9%に比べ約4倍近い大きな値を示していた。割れは杵挽きの末口径18~22cm原木からの仕上げ材の多く発生しており、木取り方法による影響が考えられる。

仕上げ加工材の含水率を測定した結果を表-24に示す。だら挽き約15%、杵挽き約19%であった。

含水率計による測定値は、全乾法による測定値に比べ2~3%低く測定された。

4.2. 歩止り

表-25に製材時、乾燥時および仕上げ時における材積歩止りを示す。この表で原木、製材、乾燥材の材積は仕上げ材に相当する分のみ集計したものである。

製材歩止りは、だら挽きで52.9%、杵挽きで52.3%とほとんど差がなかった。

乾燥歩止りは、対原木で、だら挽きが49.7%、杵挽きで49.1%になった。対製材品では、だら挽きが94.1%、杵挽きが93.9%と乾燥による減少が約6%で、だら挽きと杵挽きに差はなかった。

しかし、仕上げ加工後の歩止りはだら挽きと杵挽きとで、対原木で約3%、対製材品で約6.5%の差が生じた。この仕上げ加工により杵挽きの歩止りが低下したのは、製材時の寸法がだら挽きより大きかったためと考えられる。

また、製材時における歩止りの約52%は低すぎるが、これは、今回の製材が杵組壁工法用住宅部材のみであったためで、実際に製材を行う場合は、副製品の生産を行い製材歩止りを高める必要がある。

4.3. 等級区分

4.3.1. 甲種仕上げ材の等級区分

JAS規格に基づき仕上げ材の測定結果により、甲種の等級格付けを行った。仕上げ材の等級別、木取り別の材積割合を図-30に示す。

だら挽きでは特級材が7.6%、1級材が4.2%、2級材が18.6%、3級材が67.8%あった。

杵挽きは3級材が77.6%と多いものの、特級材は1.6%と少なく、1級材は3.0%、2級材は9.4%とだら挽きよりも低く、さらに等外材が8.3%占めるなど等級が低かった。

木取り別、径級別の材積割合を図-31、32、33、34に示す。

だら挽きの末口径18~22cm原木からの仕上げ材は206材に特級材が7.7%、2級材が30.8%、3級材が61.5%あり、この中では最も等級の度合がよかった。次いで208材の特級材が7.8%、2級材が15.1%あるなど等級がやや高いものの、全体的に3級材の割合が多く等級が低かった。

一方、末口径24~28cm原木からの仕上げ材は全てに等外材がなかった。204材は1級材が14.6%、2級材が14.1%であった。206材はこの中では最も等級が高く、特級材が33.1%、2級材が34.2%、3級材が22.8%を占めていた。208材では、特級材が11.2%、1級材が11.3%、2級材が22.5%と206材に次いで等級がよかった。また210材は、全て3級材であった。

杵挽きの末口径18~22cm原木からの仕上げ材は、204材で2級材が23.9%、3級材が71.4%を占め、こ

表-23 仕上げ材の形質測定結果

区分	径級	寸法、型式	そり (mm)	曲り (mm)	巾そり (mm)	ねじれ (mm)	木口割れ (mm)			材面割れ (mm)		
							個数	平均長	最大長	個数	平均長	最大長
だ	18 cm	203	3.1 2.0~24.5	3.7 1.0~7.0	0.0	0.8 0.0~6.5	0.0	0.0	8.3 2.5~25.0	0.4 0~2	18.3 0.0~91.5	27.0 0.0~135.0
	22 cm	206	10.3 1.5~22.0	6.6 0.0~6.5	0.1 0.0~0.5	1.6 0.0~6.2	0.2 0~1	7.2 0.0~60.0	0.0	0.0	0.0	
												208
挽	24 cm	204	5.2 2.0~15.5	6.0 1.0~8.0	0.0	1.1 0.0~3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
												205
	28 cm	208	9.4 4.0~18.0	4.9 1.5~14.5	0.2 0.0~0.5	1.9 0.0~5.0	0.1 0~1	8.9 0.0~80.0	6.9 0.0~80.0	0.0	0.0	
												210
枠	18 cm	203	9.6 6.5~15.0	13.1 1.5~35.0	0.0	1.3 0.0~3.0	0.3 0~1	45.3 0.0~181.0	45.3 0.0~131.0	2.3 0~11	95.8 0.0~383.2	
												204
	24 cm	206	8.5 2.0~12.0	1.2 0.0~2.0	0.0	5.0 2.0~9.0	0.0	0.0	0.0	6.3 0~10	235.9 0.0~707.7	
												挽
204	11.9 1.0~1.0	6.5 1.0~37.5	0.0	2.8 0.0~18.0	0.0 0~1	1.1 0.0~39.0	1.1 0.0~39.0	0.3 0~4	74.4 0.0~323.5	80.7 0.0~1810.0		
											28 cm	206
208	12.0 12.0~12.0	2.5 2.5~2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		

注) 上段は平均値、下段は最小値~最大値

表-24 製材品の含水率測定結果

含水率 測定実施時		製材直後	乾燥終了時	鉋削直前	仕上げ材 品質測定時	曲げ強度 測定時
高温乾燥	個数(枚)	61	61	61	61	61
	平均値(%)	199.1	19.2	18.0	15.0	14.9
	最小値(%)	130.6	11.8	13.4	9.3	12.3
	最大値(%)	332.5	28.9	27.7	26.9	16.2
	標準偏差	45.46	3.75	3.25	1.92	0.90
中温乾燥	個数(枚)	85	85	85	85	87
	平均値(%)	206.4	23.6	21.8	14.1	14.0
	最小値(%)	97.6	10.7	14.0	11.5	10.9
	最大値(%)	343.7	46.6	35.8	24.0	19.6
	標準偏差	54.6	7.98	4.04	1.55	1.24

注) 含水率の値は全乾法による測定値

表-25 製材品、乾燥材および仕上げ材の歩止り(材積: m³, 歩止り: %)

木取り方法		だら挽き			杵挽き			総合計
、末口径の区分 (cm)		18~22	24~28	計	18~22	24~28	計	計
原木の材積		2.090	1.298	3.388	1.099	2.637	3.736	7.124
製材品	製材品の材積	1.0965	0.6947	1.7912	0.5709	1.3820	1.9529	3.7441
	原木に対する歩止り	52.5	53.5	52.9	52.0	52.4	52.3	52.6
乾燥材	乾燥材の材積	1.0309	0.6544	1.6853	0.5360	1.2981	1.8341	3.5194
	原木に対する歩止り	49.3	50.4	49.7	48.8	49.2	49.1	49.4
	製材品に対する歩止り	94.0	94.2	94.1	93.9	93.9	93.9	94.0
仕上げ材	仕上げ材の材積	0.8278	0.5344	1.3622	0.3955	0.9821	1.3776	2.7398
	原木に対する歩止り	39.6	41.2	40.2	36.0	37.2	36.9	38.5
	製材品に対する歩止り	75.5	76.9	76.1	69.3	71.1	70.5	73.2
	乾燥材に対する歩止り	80.3	81.7	80.8	73.8	75.7	75.1	77.9

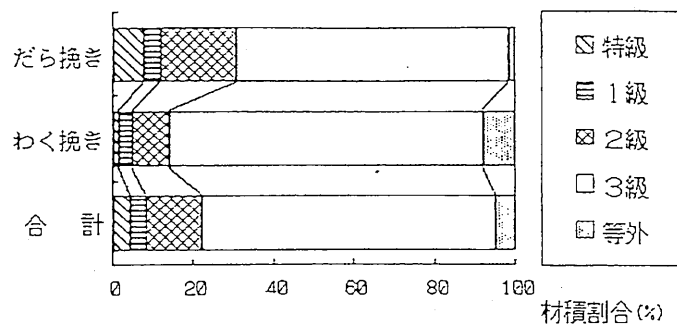


図-30 甲種仕上げ材の等級別材積割合

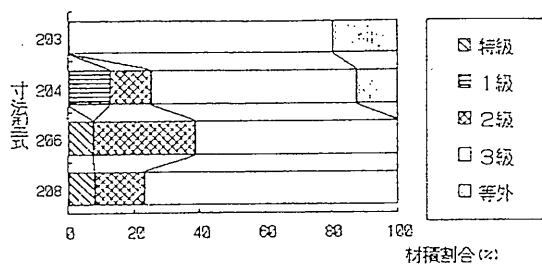


図-31 だら挽き(18~22cm)甲種仕上げ材寸法型式別、等級別材積割合

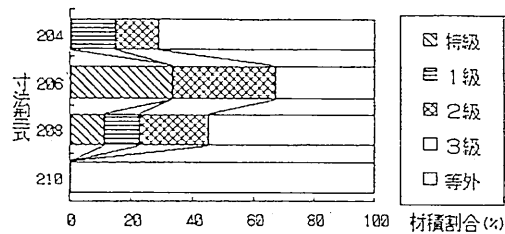


図-32 だら挽き(24~28cm)甲種仕上げ材寸法型式別及び等級別材積割合

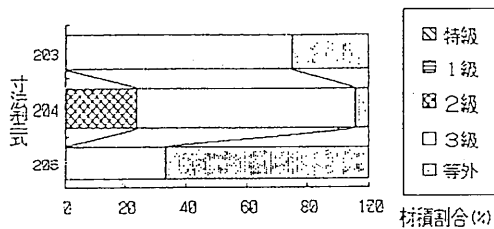


図-33 枠挽き(18~22cm)甲種仕上げ材寸法型式及び等級別材積割合

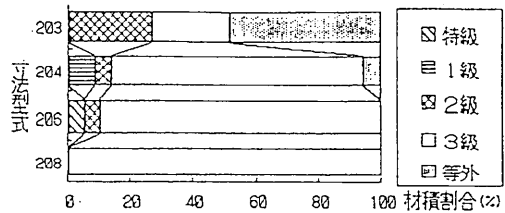


図-34 枠挽き(24~28cm)甲種仕上げ材寸法型式及び等級別材積割合

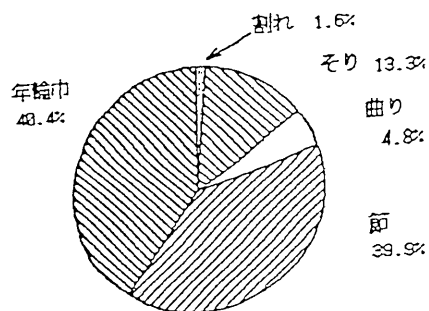


図-35 甲種仕上げ材の等級格付けにおける決定要因

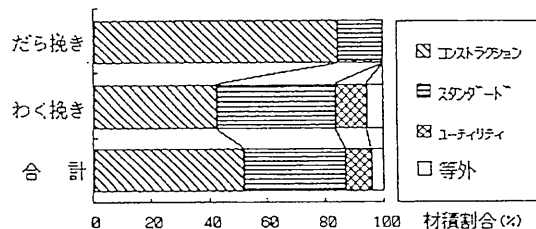


図-36 乙種仕上げ材の等級別材積割合

の中では等級がよかったが、203材は、3級材が74.9%、等外材が25.1%、206材は等外材が66.7%占めており等級が低かった。

末口径24~28cm原木からの仕上げ材の内、208材は今回の調査では1枚であったので考慮しないことにするが、203材では2級材が26.7%、3級材が24.5%あるものの等外材が48.8%と多かった。204材は3級材が80.3%と多かったが、1級材は8.4%、2級材は5.6%、等外材は5.6%と少なかった。206材では特級材が5.2%出現したが、2級材が5.3%と上級材が少なくほとんどが3級材であり全体として等級が低かった。

4. 3. 2. 甲種仕上げ材の等級区分における決定要因

図-35に甲種仕上げ材の等級格付けの要因の割合を示す。曲り系の要因はそりが13.3%、曲りが4.8%の計で18.1%を占めるにすぎなかったが、年輪巾の要因が40.4%、節の要因が39.9%と材自体が生来持っている要因が強く影響していた。

木取り別の等級格付けの要因では、そりおよび節の要因がだら挽きで約2~4%程度高くなっていた。また、杵挽きには割れの要因が2.5%みられた。

4. 3. 3. 乙種仕上げ材の等級区分

図-36に乙種の仕上げ材の等級格付けを行った木取り別材積割合を示す。だら挽きの仕上げ材はコンストラクションが84.1%、スタンダードが15.9%と高い等級を示したが、杵挽きの仕上げ材では、コンストラクションが42.3%、スタンダードが40.9%、ユーティリティが11.2%、等外材が5.5%とだら挽きの仕上げ材に比べ等級のが低かった。

木取り別、径級別の材積割合を図-37、38、39、40に示す。

だら挽きの末口径18~22cm原木からの仕上げ材は、204材にスタンダードが24.9%あるものの、大部分がコンストラクションであった。また、24~28cm原木からの仕上げ材は全て204材であったが、コンストラクションが86.1%、スタンダードが13.9%と高い等級であった。

杵挽きの末口径18~22cm原木からの仕上げ材では、203材でコンストラクションが50.0%、スタンダードが24.9%、また、204材ではコンストラクションが52.4%、スタンダードが38.1%、ユーティリティが9.5%となっていた。

一方、末口径24~28cm原木からの仕上げ材では、203材でコンストラクションが24.5%、スタンダードが51.0%、等外材が24.5%あり、204材では、コンストラクションが37.2%、スタンダードが43.1%、ユーティリティが14.1%、等外材が5.6%の割合になっており、203材の方が低い等級となっていた。

4. 3. 4. 乙種仕上げ材の等級区分における決定要因

図-41に乙種仕上げ材の等級格付けの決定要因の割合を示す。

割れの要因の占める割合は5.4%と低く等級区分においてはほとんど影響はなかった。そりの要因が39.3%、曲りの要因が33.9%と曲り系の要因が73.2%の大部分を占めていた。また、節の要因は19.6%と強い影響を示していた。

木取り別の等級格付けの要因は、だら挽きの仕上げ材で、そりが60.0%、節が40.0%となっており、木材自体が持っている欠点の影響が強いことを示している。また、杵挽きの仕上げ材では、ねじれが

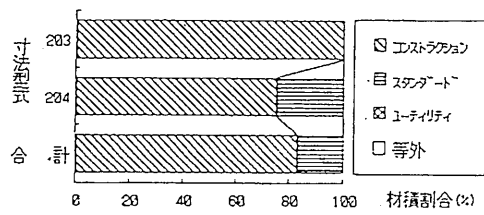


図-37 だら挽き (18~22cm) 乙種仕上げ
材寸法別、等級別材積割合

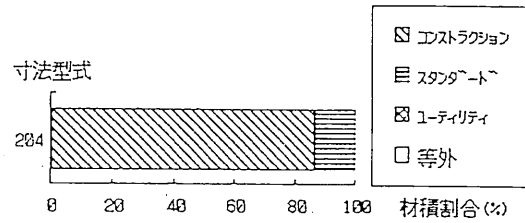


図-38 だら挽き (24~28cm) 乙種仕上げ
材寸法別、等級別材積割合

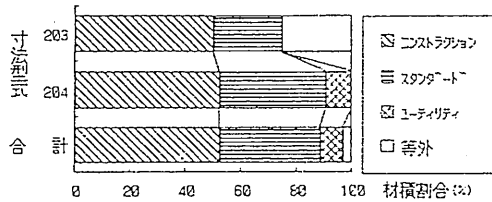


図-39 わく挽き (18~22cm) 乙種仕上げ
材寸法別、等級別材積割合

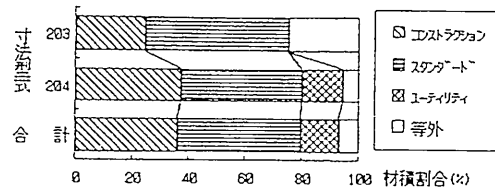


図-40 わく挽き (24~28cm) 乙種仕上げ
材寸法別、等級別材積割合

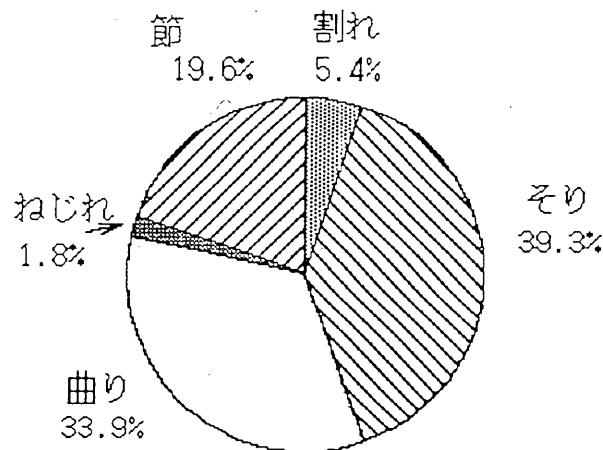


図-41 乙種仕上げ材等級格付けにおける
決定要因

2.0%、割れが5.9%みられたが、そりおよび曲りの要因がともに37.3%と非常に大きく、さらに節の要因も19.6%とおおきなシェアを占めていた。

4. 4. 製材品、乾燥材および仕上げ材における等級区分の変化

4. 4. 1. 等級区分

製材時、乾燥時および仕上げ加工時における甲種製品の等級別材積割合を図-42および表

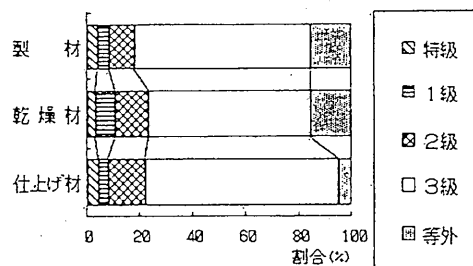


図-42 甲種製品の等級別材積割合

表-26 甲種製品の等級別材積

区分	寸法 型式	特 級		1 級		2 級		3 級		等 外		合 計	
		枚数	材 積	枚数	材 積	枚数	材 積	枚数	材 積	枚数	材 積	枚数	材 積
製材品	203	0		1	0.0143	1	0.0129	6	0.0822	5	0.0692	13	0.1786
	204	0		1	0.0208	4	0.0775	51	1.0256	15	0.3048	71	1.4287
	206	3	0.0824	2	0.0562	5	0.1436	24	0.7131	4	0.1146	38	1.1099
	208	2	0.0729	2	0.0782	3	0.1181	15	0.5797	1	0.0321	23	0.8810
	210	0		0		0		2	0.0975	1	0.0484	3	0.1459
	合計	5	0.1553	6	0.1695	13	0.3521	98	2.4981	26	0.5691	148	3.7441
乾燥材	203	0		1	0.0135	1	0.0123	4	0.0524	7	0.0905	13	0.1687
	204	1	0.0181	0		4	0.0772	52	0.9785	14	0.2656	71	1.3394
	206	1	0.0251	2	0.0558	8	0.2153	23	0.6389	4	0.1074	38	1.0425
	208	2	0.0382	5	0.1849	4	0.1469	11	0.4011	1	0.0299	23	0.8310
	210	0		0		0		2	0.0922	1	0.0456	3	0.1378
	合計	4	0.1114	8	0.2542	17	0.4517	92	2.1631	27	0.5390	148	3.5194
仕上げ材	203	0		0		1	0.0109	8	0.0791	4	0.0397	13	0.1297
	204	0		5	0.0692	9	0.1244	53	0.7411	4	0.0555	71	0.9902
	206	3	0.0649	0		6	0.1310	27	0.5895	2	0.0433	38	0.8287
	208	2	0.0598	1	0.0299	4	0.1177	19	0.4785	0		23	0.6809
	210	0		0		0		3	0.1103	0		3	0.1103
	合計	5	0.1247	6	0.0991	20	0.3840	107	1.9985	10	0.1385	148	2.7898

-26に示す。

製材時から仕上げ加工時にかけて特級材は約3~4%、1級材は乾燥時にやや多くなるが約4%程度と非常に少なかった。しかし、等外材は製材時、乾燥時に約15%であったのが、仕上げ加工時には5.1%と1/3に減少し、2級材、3級材は仕上げ加工時に製材時より約5%の増加がみられた。

このことは、等級格付け要因の変化と合わせてみると、仕上げ加工によりその要因が減少した影響を受け、等級が高くなったためと考えられる。

図-43および表-27に乙種製品の等級別材積割合を示す。

製材時から仕上げ加工時にかけて、等外材はしだいに減少した。また、ユーティリティも製材時に37.3%あったものが、仕上げ加工時には8.7%と約1/4に激減した。スタンダードは35%前後であまり変化しなかったが、コンストラクションは20.4%から51.8%と約2.5倍も激増し等級が著しくよくなった。

4. 4. 2. 等級区分における決定要因

甲種製品の等級決定要因の状況を図-44、表-28に示す。

製材時、乾燥時および仕上げ加工時を通して、年輪巾と節の要因が約74~80%と非常に強い決定要因となっていた。この要因は、木材自体が生来有している要因で人為的に修正出来るものではない。

一方、仕上げ加工等で修正可能なそり、曲り等の要因は約20~25%となっていた。このうち、製材時で24.3%を示したそりは、乾燥時に14.0%になり、仕上げ加工時には13.3%と若干減少したが、仕

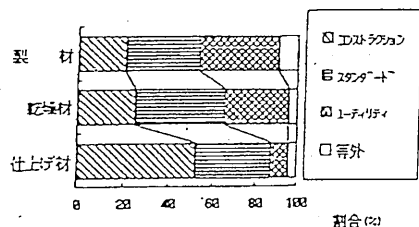


図-4 3 乙種製品の等級別材積割合

表-2 7 乙種製品の等級別材積

区分	寸法 型式	コンクリート		スタンダード		ユニティ		等 外	合 計
		枚数	材 積	枚数	材 積	枚数	材 積		
製材	203	2	0.0263	4	0.0541	5	0.0708	2	0.0274
	204	15	0.3015	24	0.4742	26	0.5281	6	0.1249
	合計	17	0.3278	28	0.5283	31	0.5989	8	0.1523
乾燥材	203	3	0.0390	6	0.0753	3	0.0424	1	0.0120
	204	18	0.3370	28	0.5287	22	0.4155	3	0.0582
	合計	21	0.3760	34	0.6040	25	0.4579	4	0.0702
仕上げ材	203	8	0.0790	3	0.0307	0	0	2	0.0200
	204	36	0.5008	26	0.3642	7	0.0973	2	0.0279
	合計	44	0.5798	29	0.3949	7	0.0973	4	0.0479

表-2 8 甲種製材品の等級格付け要因の決定割合

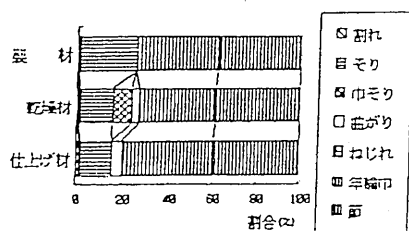


図-4 4 甲種製品等級格付け要因割合

要 因	製 材		乾燥材		仕上げ材	
	出現数 (枚)	割合 (%)	出現数 (枚)	割合 (%)	出現数 (枚)	割合 (%)
傾 斜	0	0	0	0	0	0
割 れ	4	0.7	6	1.1	3	1.6
巾もり	142	24.3	80	14.0	25	13.3
巾もり	0	0	47	8.2	0	0
曲 り	3	0.5	17	3.0	9	4.8
ねじれ	0	0	2	0.4	0	0
年輪巾	213	36.4	197	34.4	76	40.4
節	223	38.1	224	39.1	75	39.9
合 計	585	100	573	100	188	100

表-2 9 乙種製材品の等級格付け要因の決定割合

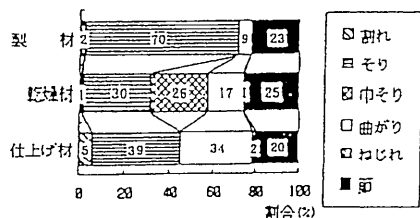


図-4 5 乙種製品等級格付け要因割合

要 因	製 材		乾燥材		仕上げ材	
	出現数 (枚)	割合 (%)	出現数 (枚)	割合 (%)	出現数 (枚)	割合 (%)
傾 斜	0	0	0	0	0	0
割 れ	3	1.9	2	1.0	3	5.4
巾もり	108	69.7	57	29.5	22	39.3
巾もり	0	0	51	26.4	0	0
曲 り	9	5.9	33	17.1	19	33.9
ねじれ	0	0	1	0.5	1	1.8
節	35	22.6	49	25.4	11	19.6
合 計	155	100	193	100	56	100

上げ加工による修正がなされなかったことを示している。また、製材時にはなかった巾そりは、乾燥時に8.2%発生したが、仕上げ加工による修正を受け仕上げ時にはなくなった。しかし、乾燥時に3.0%発生した曲りは、仕上げ加工時には4.8%と増加し仕上げ加工による修正を受けず、むしろ、乾燥の進行により曲りの量が増加したことを示している。

図-45および表-29に乙種製品の等級格付けの要因の状況を示す。

製材時から仕上げ加工時にかけて節の要因が約20~25%程度占め強い影響を示していた。

その要因が製材時には69.7%も占めていたが、乾燥時には29.5%に減少した。しかし、乾燥時に巾そりが26.4%、曲りが17.1%発生し乾燥による影響が表れた。これらのうち、巾そりは仕上げ加工の修正を受け消滅した。

甲、乙製品とも仕上げ加工による巾そりの修正により等級が向上する一方で、等級格付けの要因の変化においては、いままで強く作用していたそれらの要因が、相対的に低くなり、逆に節、年輪巾等の材そのものに含まれる要因が相対的に高くなる傾向が見られる。

また、仕上げ加工によっては、そり、曲りはあまり修正されず、乙種製品では相対的要因割合が高くなる傾向にある。

4. 5. 価値歩止り

仕上げ材について、等級区分を行った結果をもとに価値歩止りの算出を行った。

価値歩止りの算定にあたり過去の販売価格を基準に208材1級(4m)を基準として算出した価値指数を表-30に示す。

原木価格は、192,067円であった。製品価格については208材1級のm³単価を76,000円として表-30に基づき算出した結果、208,225円となった。

製品価格の原木価格

に対する割合は108.4%となったが、人権費および諸経費等に対する出費を考慮すると採算の取れる値として130%以上必要と考えられる。

表-30の価格指数を基に各々製材品の価格指数を求め、原木等級別に集計を行った結果を表-31に示す。

だら挽き木取りにおいては、丸太等級が良いほど、径級が大きなものほど価値歩止りは高くなった。

2級丸太のだら挽き木取り、末口

表-30 製品の価値指数*¹ (4m材)

寸法 型式	特 級	1 級	2 級	3 級	Const.	Stan.	Util.
203	78.9	76.3	73.7	71.1	75.0	72.4	70.0
204	98.7	92.1	78.9	72.3	78.9	76.3	73.7
206	105.3	94.7	85.5	76.3	—	—	—
208	111.8	100.0	89.5	78.9	—	—	—
210	138.2	125.0	118.4	107.9	—	—	—
212	164.5	155.3	127.6	111.8	—	—	—

*1: 208材1級の単価を基準とした。

*2: 203材の特級、2級、3級及びUtil.については、推定値である。

表-31 原木等級別価値歩止り*(%)

木取り	原木等級 径級	1	2	3	全体
だら挽き	18~22cm	33.4	31.6	29.9	31.0
	24~28cm	—	39.3	33.3	35.9
	計	33.4	34.8	31.3	32.9
わく挽き	18~22cm	—	24.9	26.9	26.2
	24~28cm	28.6	28.3	23.6	26.4
	計	28.6	27.4	24.9	26.3
全体	18~22cm	33.4	29.3	28.7	29.3
	24~28cm	28.6	31.5	27.6	29.5
	計	30.9	30.7	28.2	29.4

*: 価値歩止りの算出には、規定寸法より求めた製品材積を使用した。

径24～28cmにおける価値歩止りは、39.3となり、木取りおよび径級による4区分の中でも一番高い値を示した。

杵挽き木取りにおいては、丸太等級と価値歩止りすべての区分において、だら挽きより低い値となった。また、3級丸太の末口径24～28cmにおける価値歩止りは、23.6%とすべての区分の中でも最小値を示した。

供試原木30本の総合価値歩止りは、29.4%となった。一般に製材が経済的に成立するための価値歩止りは、50%前後といわれているが、今回の2×4材を製材したときの価値歩止り23.6%は、非常に低い値となった。従って2×4材と軸組工法用の建築材を同時に製材するなどして、価値歩止りを高くする必要がある。

5 強度測定

5.1. 供試立木の曲げヤング係数

強度測定用供試立木30本の、伸長方向50cmにおける応力波伝播時間差を測定し、比重およびヤング係数を算出した結果を表-32に示す(1)。また、ヤング係数の頻度分布を図-46に示す。

応力波伝播時間差の測定平均値は、165.0 μ sであった。元玉の重量から算出した比重は0.80g/cm³であったので、ヤング係数の平均値は、75.9tf/cm²となった。測定値のばらつきについては、ヤング係数100tf/cm²を越える立木が2本あったため比較的大きな値となった。

5.2. 原木の曲げヤング係数

供試原木の動的曲げヤング係数E_{fr}の頻度分布を図-47に示す。83本のE_{fr}測定値の平均は64.0tf/cm²であった。最大頻度は50～60tf/cm²であり、60～70tf/cm²、70～80tf/cm²、40～50tf/cm²の順に低くなる正規分布となった。

5.2.1. 剥皮による曲げヤング係数の変化

原木の剥皮前の曲げヤング係数E_{fr}の平均値は、64.0tf/cm²、剥皮後の曲げヤング係数E_{fr}の平均値は、62.1tf/cm²であり、若干低い値となった(表-33)。剥皮前後の曲げヤング係数E_{fr}測定値の関係を図-48に示す。剥皮前後の曲げヤング係数E_{fr}の測定値は、非常に高い順相関を示し、相関係数は、0.99であり、回帰直線のX係数は0.97、Y切片は-0.54であった。剥皮により曲げヤング係数はほとんど変化しないといえる。

なお、剥皮前後の1本当たりの重量減少量は、末口径18～20cm原木の平均値は10.1kg、末口径22～24cm原木の平均値は9.4kgであり(表-34)径級による大きな差はみられないが、ばらつきについては、末口径22～24cm原木が18～20cm原木と比較し、若干大きな値を示した。

5.2.2. E_{fr}/ρと曲げヤング係数との関係

重量測定を省略するためE_{fr}/ρを求め、曲げヤング係数E_{fr}との関係を分析した結果を図-49に示す。E_{fr}/ρと曲げヤング係数E_{fr}との相関係数は、0.85であり、強い順相関を示した。したがって、原木の重量測定を省略し、基本振動周波数と材長を測定することで、ヤング係数E_{fr}を推定することが可能といえる。

5.2.3. 立木と原木との曲げヤング係数の比較

立木と原木の曲げヤング係数の頻度分布を比較した結果を図-50に示す。平均値、最大値とも立木の曲げヤング係数の方が高い。この原因としては、打撃音により測定した曲げヤング係数は原木全体の平均的な曲げヤング係数を求めているが、応力波伝播時間差の測定により算出した曲げヤング係数の場合には、材表面の比較的曲げヤング係数の高い部分を測定しているためといえる。

立木の曲げヤング係数E_vと原木の曲げヤング係数E_{fr}との関係を図-51に示す。相関係数0.60となり、回帰直線は0.36X+36.09となった。立木のヤング係数E_vより原木のヤング係数E_{fr}を推定することが可能といえる。

表-32 スギ立木(30本)におけるヤング係数測定結果

測定項目	平均	偏差	最小値~最大値
応力波伝播時間差(μs)*	165.0	11.72	143.1~186.3
比重(g/cm^3)	0.80	0.06	0.69~0.91
ヤング係数(tf/cm^2)	75.9	12.42	57.8~113.1

*立木の伸長方向50cmにおける測定値

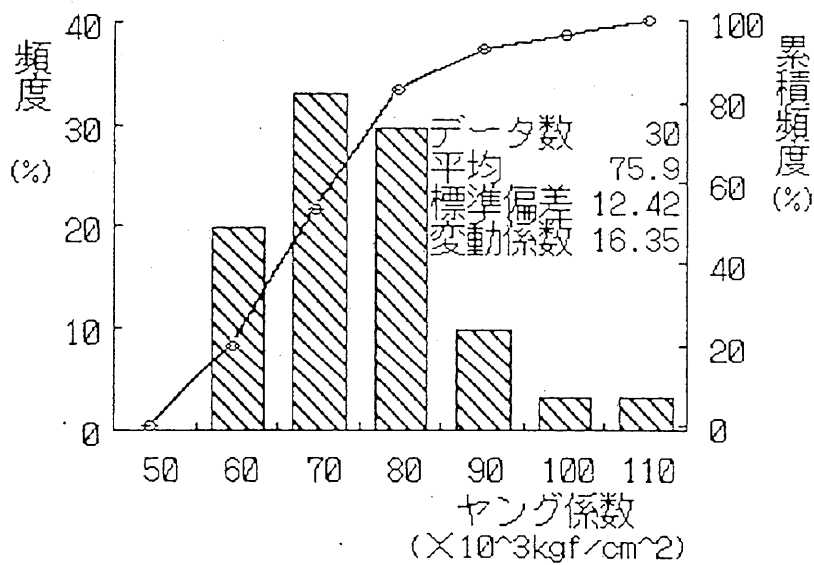


図-46 スギ立木におけるヤング係数 E_r の頻度分布

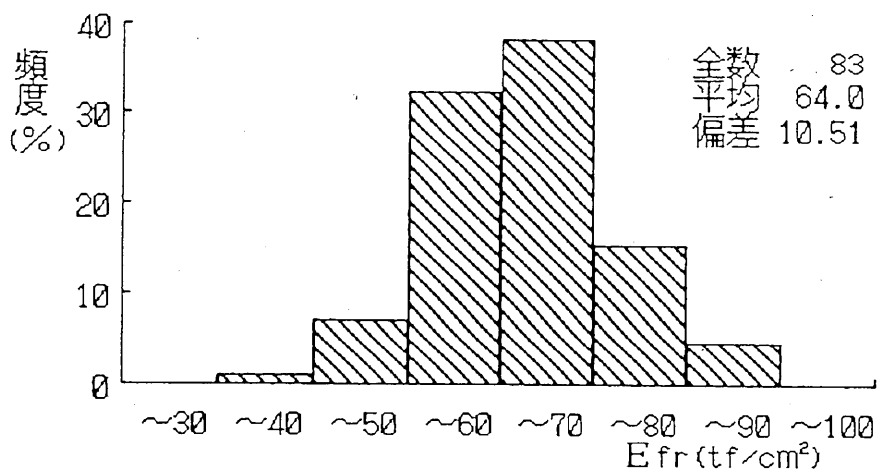


図-47 スギ原木におけるヤング係数 E_{fr} の頻度分布

表-33 剥皮前後における原木のヤング係数
Efrの変化

測定項目	剥皮前	剥皮後
本数(本)	83	83
平均(tf/cm ²)	64.0	62.1
標準偏差	10.51	9.82

表-34 剥皮前後における原木の重量変化

径級区分	18cm~22cm		24cm~28cm		合計	
項目	剥皮前	剥皮後	剥皮前	剥皮後	剥皮前	剥皮後
本数(本)	31	31	52	52	83	83
平均(kg)	188.09	178.77	221.43	211.99	208.98	199.58
標準偏差	18.819	17.341	27.345	24.813	29.339	27.501

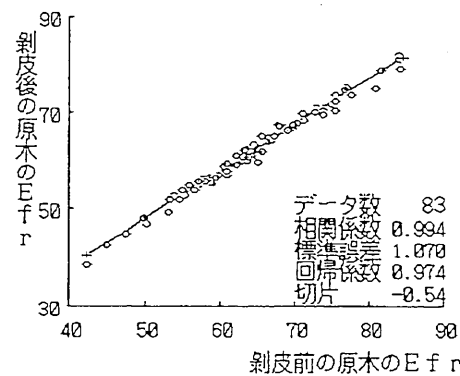


図-48 剥皮前後における原木のEfrの関係
(tf/cm²)

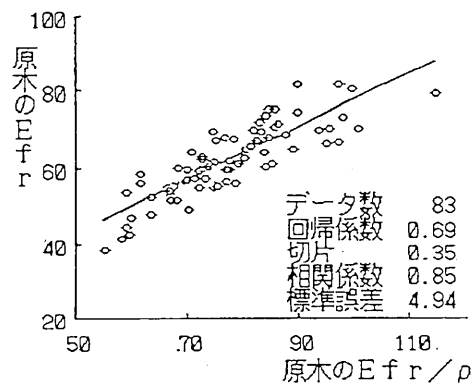


図-49 原木のEfr/pとEfrの関係
(単位: tf/cm²)

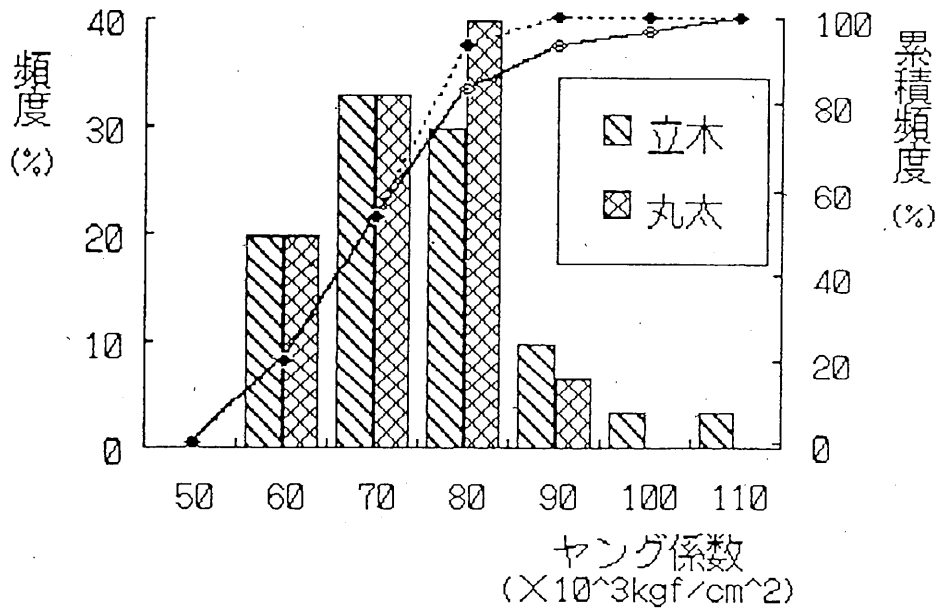


図-50 スギ材の立木および原木におけるヤング係数の頻度分布

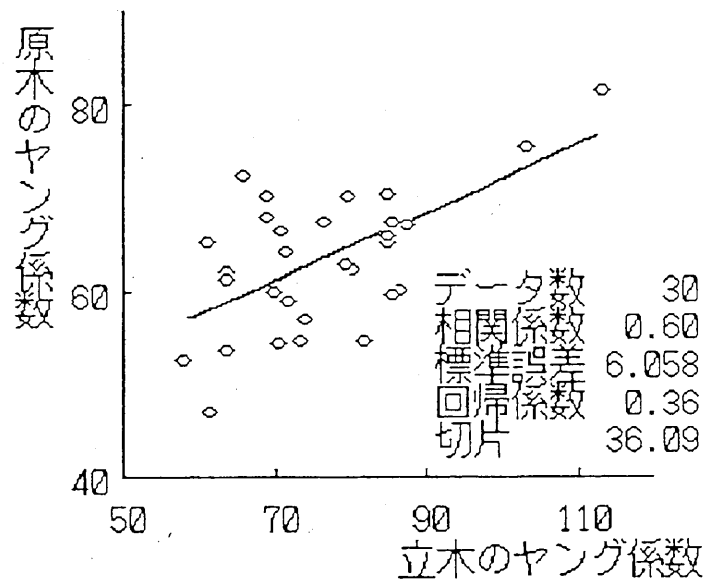


図-51 立木のヤング係数 E_v と原木のヤング係数 E_{fr} の関係
(単位: tf/cm^2)

5. 3. 製材品の曲げヤング係数

製材品の曲げヤング係数 E_{fr} を測定した結果を表-35に示す。末口径18cm~22cm原木から採材した製材品の曲げヤング係数 E_{fr} を測定した結果は、平均63.8tf/cm²であった。末口径22cm~24cm原木から採材した製材品の曲げヤング係数 E_{fr} を測定した結果は、平均60.5tf/cm²であり、末口径18cm~20cm原木に比べ若干低い値であった。ばらつきについてはどちらもほぼ同様の傾向を示した。

製材品の曲げヤング係数 E_{fr} の頻度分布を図-52に示す。最大頻度60~70tf/cm²のほぼ正規分布に近い傾向を示した。製材品（合計）の曲げヤング係数 E_{fr} 測定値は64.0tf/cm²であり、原木の曲げヤング係数 E_{fr} の測定値（平均）64.0tf/cm²と比較し、若干低い値を示した。また、頻度分布については、原木の最大頻度が50~60tf/cm²であったが、製材品は、60~70tf/cm²と高い値を示した。これは、各製材品の（比較的強度の高い）辺材部と（強度の低い）心材部の占める割合が異なるためと考えられる。

5. 3. 1. 原木と製材品の曲げヤング係数の関係

原木の曲げヤング係数 E_{fr} と製材品の曲げヤング係数 E_{fr} を比較するため、製材品の曲げヤング係数 E_{fr} の測定結果を原木別に平均し、両者を比較した。原木81本の曲げヤング係数 E_{fr} を横軸に、各原木より採材した製材品の曲げ E_{fr} の平均値を横軸に取り、各測定値をプロットした結果を図-53に示す。原木の曲げヤング係数と製材品の曲げヤング係数の相関係数0.89の高い単相関が得られた。回帰直線のX係数0.98、Y切片0.43であった。2×4用部材を品等区分する際には、製材品の強度を把握する必要があるが原木時に測定した曲げヤング係数 E_{fr} により製材品の強度をある程度推定することが可能であると考えられる。

供試原木より採材された製材品の曲げヤング係数 E_{fr} における最小値、最大値の出現部位を板目材、追い柵材、柵目材に区分し強度分布を調査した結果、約8割の原木において、柵目材における E_{fr} の値が低く、板目材の曲げヤング係数 E_{fr} の値が高くなった。

柵目材の曲げヤング係数 E_{fr} 測定値が低く、板目材の曲げヤング係数 E_{fr} 測定値が低かった原因としては、柵目材は、板目材と比較し、心材あるいは随等の脆弱な部分の占める割合が高いためと考えられる。

また、各原木より採材した製材品の曲げヤング係数 E_{fr} の分布を調査した結果、曲げヤング係数 E_{fr} の最大値と最小値の差の平均は19.3tf/cm²と大きかった。このため原木の曲げヤング係数 E_{fr} より製材品の E_{fr} を推定する場合、強度の低い製材品が構造用部材として用いられた場合に問題となる。そこで、各原木より採材した製材品の曲げヤング係数 E_{fr} が一番低い値となった試験体の曲げヤング係数 E_{fr} と原木の曲げヤング係数 E_{fr} とを比較分析した。

原木の曲げヤング係数 E_{fr} とその原木に対応する製材品の曲げヤング係数 E_{fr} （最低値）を比較した結果（図-54）、強い順相関を示し相関係数は、0.79であった。回帰直線は $Y = 0.90X - 3.54$ であり、Y評価値の標準誤差は6.54であった。また、信頼限界95%の下限直線は、 $Y = 0.90X - 16.62$ となった。原木の曲げヤング係数 E_{fr} を測定することにより製材品の曲げヤング係数の最小値を推定することも可能といえる。

5. 3. 2. 曲げヤング係数による強度区分割合

2×4製材品について木取りおよび径級別に曲げヤング係数 E_{fr} により強度区分を行った結果を図-55に示す。

4種類の分類の中で70tf/cm²以上の強度を有したものの割合が高いのは、だら挽き木取りの末口径18~22cmの原木から採材された製材品であり、約5割を占めている。低いものは、だら挽き木取りの末口径24~28cmから採材された製材品であり、約1割であった。

製材品の等級区分を表-3に基づき行い、曲げヤング係数 E_{fr} の木取り別等級別材積割合を図-56に示す。

表-35 製材品のEfr測定値 単位: tf/cm²

径級区分	18cm~22cm	24cm~28cm	合 計
枚 数	123	272	395
平均値	63.8	60.5	61.6
標準偏差	12.04	13.48	13.14
最小値	36.3	34.1	34.1
最大値	94.0	113.3	113.3

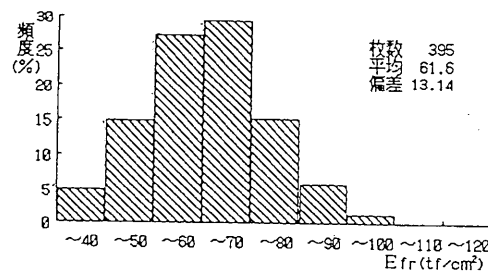


図-52 基本振動周波数による製材品のヤング係数 (Efr) の頻度分布

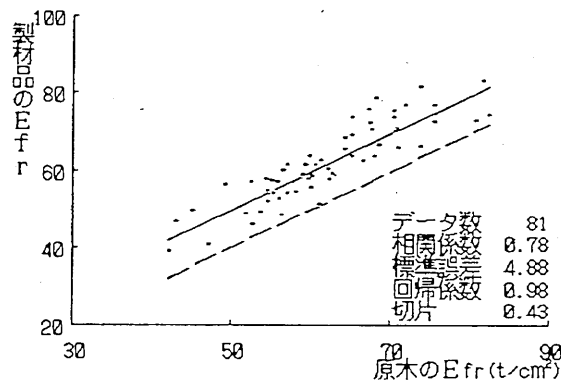


図-53 原木と製材品 (原木1本当りの平均) におけるヤング係数Efrの関係

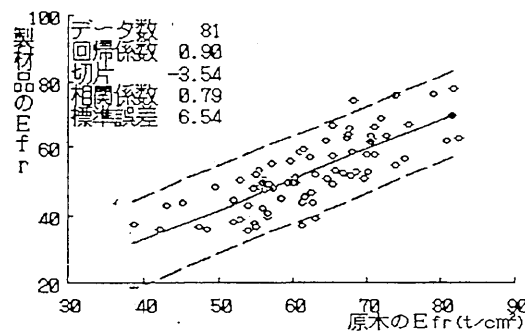


図-54 原木と製材品 (原木1本当りの最小値) におけるヤング係数Efrの関係

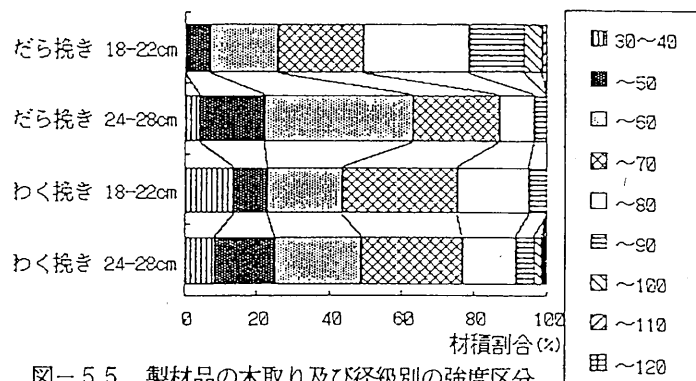


図-55 製材品の木取り及び径級別の強度区分
(Efrによる)割合

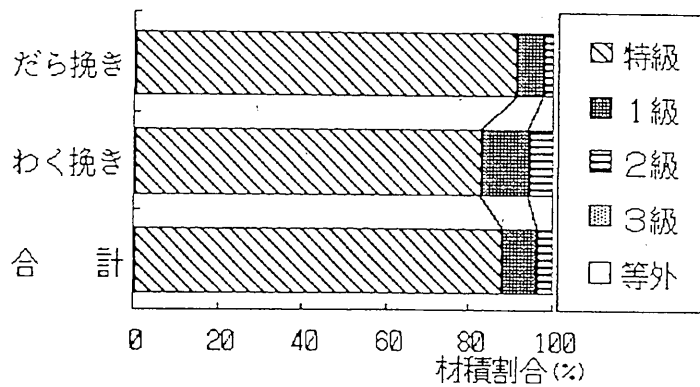


図-56 製材品(乾燥前)のEfrによる木取り別
等級別材積割合

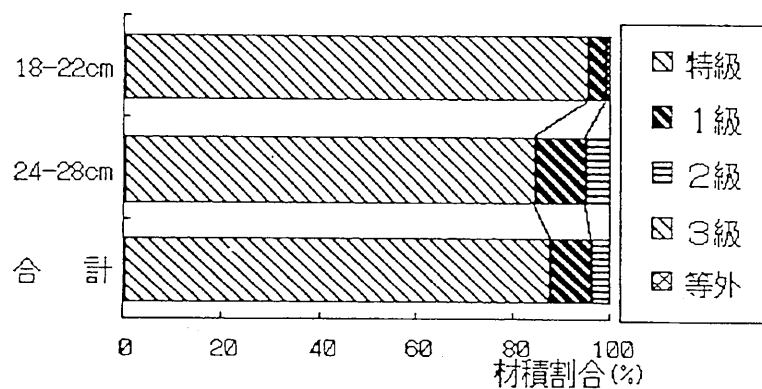


図-57 製材品(乾燥前)のEfrによる径級別
等級別材積割合

だら挽きにおいては、特級の材積は5.7456m³ (91.5%)、1級の材積は0.3933m³ (6.3%)、2級の材積は0.1390m³であった。

わく挽きにおいては、特級の材積は4.0808m³ (83.2%)、1級の材積は0.5449m³ (11.1%)、2級の材積は0.2815m³であり、わく挽きはだら挽きに比べ特級の割合が若干少なくなった。

製材品の曲げヤング係数E_{fr}による径級別等級別材積割合を図-57に示す。

末口径18~22cm原木からの製材品においては、特級の材積は3.327m³ (95.4%)、1級の材積は0.1295m³ (3.7%)、2級は0.0302m³であった。

末口径24~28cm原木からの製材品においては、特級の材積は6.4994m³ (84.4%)、1級の材積割合は0.8087m³ (10.5%)、2級は0.3903m³であり、24~28cm原木は、18~22cm原木と比較し、特級の割合が若干少なくなった。

曲げヤング係数E_{fr}による等級区分結果と目視(製材品の形質測定結果)による等級区分結果との間に著しい差がみられた。この原因については、曲げ強度測定試験の章で述べる。

5.3.3. E_{fr}/ρとE_{fr}の関係

製材直後の杵組部材について、1枚毎にE_{fr}/ρとE_{fr}との関係を調べた結果を図-58に示す。

E_{fr}/ρとE_{fr}の間には、相関係数0.67であった。製材直後における製材品においては含水率が高いため密度の影響についてより検討を加える必要がある。

5.4. 乾燥前後の曲げヤング係数

人工乾燥終了後数日間養生を行い、その後、乾燥材の断面寸法、材長・重量および基本振動周波数を測定し、曲げヤング係数E_{fr}を求めた。測定枚数は236枚であり、その曲げヤング係数E_{fr}測定値の平均は67.1tf/cm²、最小値は33.9tf/cm²、最大値は104.4tf/cm²であった。

乾燥前後における製材品のヤング係数E_{fr}の頻度分布を図-59に示す。

製材品の曲げヤング係数E_{fr}の最大頻度は、50~60tf/cm²であったが、乾燥材の最大頻度は、60~70tf/cm²であり、人工乾燥により若干曲げヤング係数が大きな値を示した。これは、含水率の減少による比重の変化の影響と考えられる。乾燥後の曲げヤング係数E_{fr}の最小値は乾燥前に比べ、最小値は小さく、最大値は大きくなり、ばらつきは大きくなった。

5.4.1. 等級区分

乾燥材の木取りおよび径級別の強度区分割合を図-60に示す。

4種類の木取りおよび径級の中で、だら挽きの末口径18~22cm原木からの乾燥材における70tf/cm²以上の割合が5割と近く高い値を示したが、杵挽きの末口径18~22cm原木からの乾燥材は70tf/cm²以上の割合が約2割と低い値を示した。

乾燥材のE_{fr}による径級別等級別材積割合を図-61に示す。

末口径18~22cm原木からの乾燥材においては、特級の材積は2.8972m³ (93.5%)、1級の材積は0.1322m³ (4.3%)、2級の材積は0.0704m³であった。

末口径24~28cm原木からの乾燥材においては、特級の材積は6.5203m³ (92.5%)、1級の材積は0.4050m³ (5.8%)、2級の材積は0.0373m³、3級の材積は0.0855m³であり、末口径24~28cm丸太は、末口径18~22cm丸太と比較し、特級の割合が若干少なかった。

乾燥材のヤング係数E_{fr}による木取り別等級別材積割合を図-62に示す。

だら挽きにおいては、特級の材積は5.4967m³ (96.5%)、1級の材積は0.1644m³ (2.9%)、2級の材積は0.0373m³であった。

わく挽きにおいては、特級の材積は3.9208m³ (88.1%)、1級の材積割合は0.3728m³ (8.4%)、2級の材積は0.0704m³、3級は0.0855m³であり、わく挽きはだら挽きに比べ特級の割合が若干少なくなった。

5.4.2. E_{fr}/ρとE_{fr}の関係

乾燥後の2×4材についても製材時の場合と同様、1枚毎にE_{fr}/ρとE_{fr}との関係を調べた結果を図-63に示した。

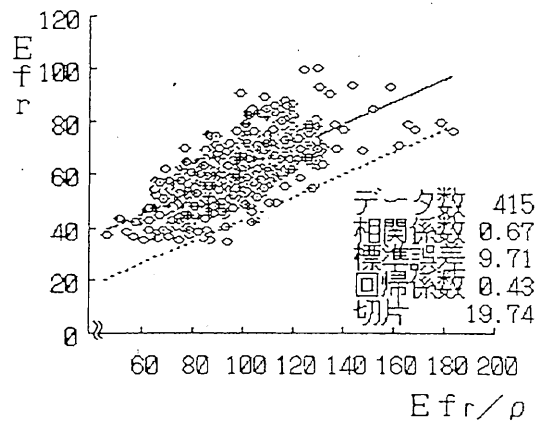


図-58 製材品のEfr/pとEfrの関係 (単位: tf/cm²)

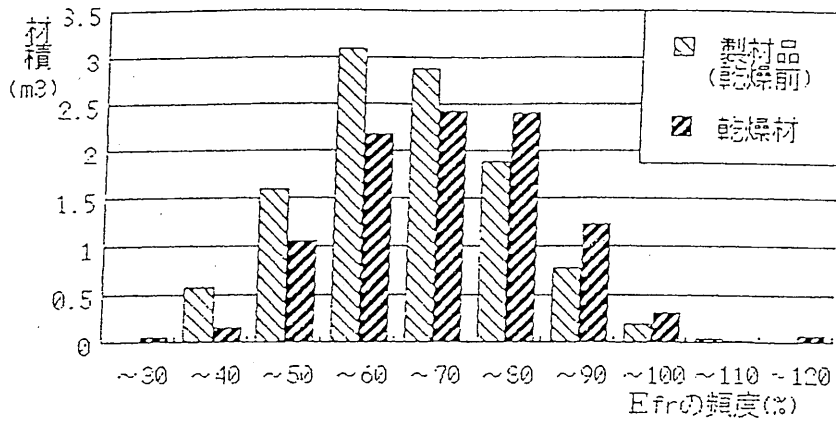


図-59 乾燥前後における製材品のEfr

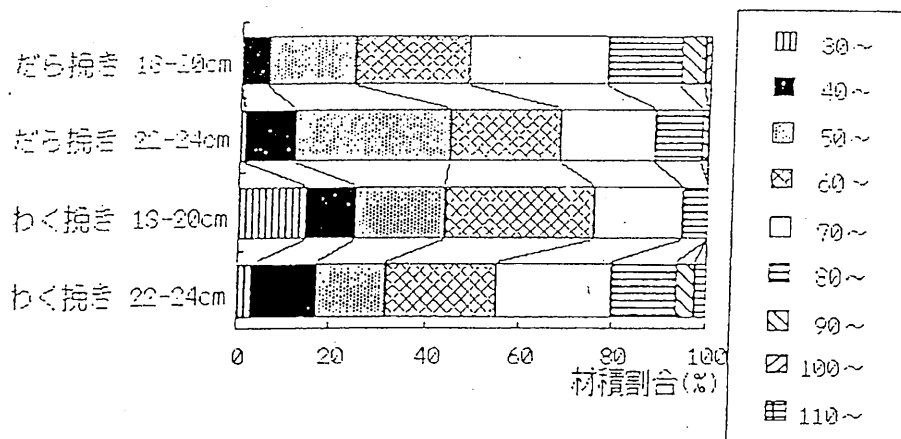


図-60 乾燥材の木取り及び径級別の強度区分 (Efrによる) 割合

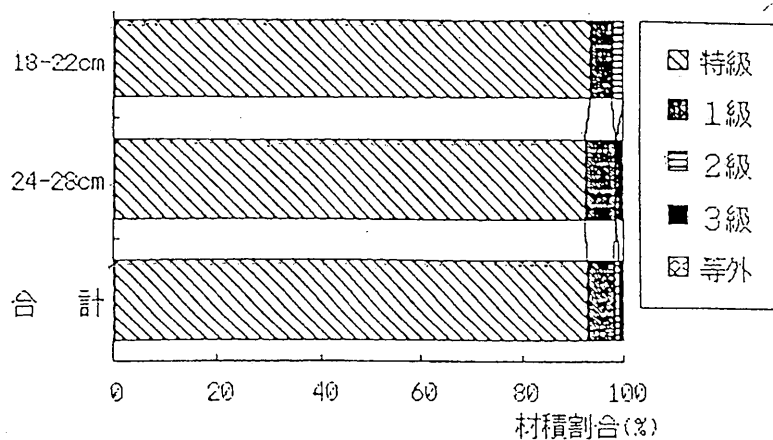


図-6 1 製材品（乾燥後）のEfrによる径級別等級別材積割合

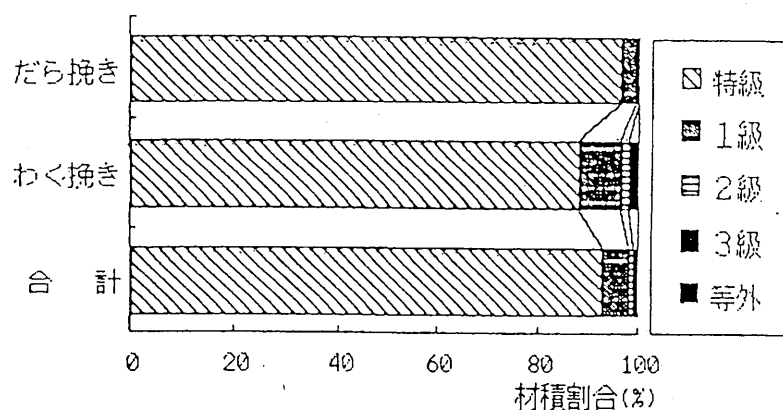


図-6 2 製材品（乾燥後）のEfrによる木取別等級別材積割合

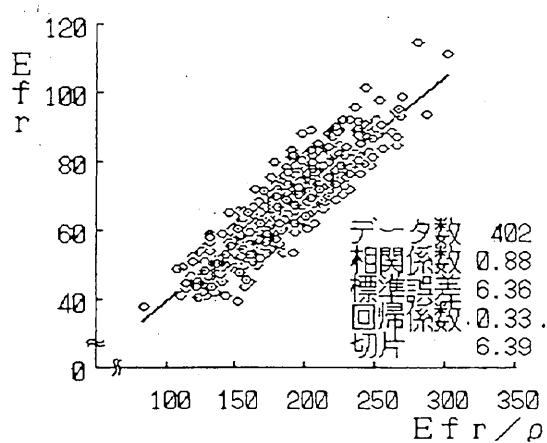


図-6 3 乾燥材のEfr/pとEfrの関係 (単位: tf/cm²)

E_{fr}/ρ と E_{fr} の間には、相関係数 0.88 の強い順相関が得られた。

製材直後における E_{fr}/ρ と E_{fr} の関係と比較して、相関係数が高くなっているが、乾燥材においては、密度のばらつきが減少しているため、より高い相関が得られたものと考えられる。

このように密度のばらつきが少なければ、基本振動周波数と材長によりヤング係数を推定することも可能と考えられる。

5. 5. 仕上げ材の曲げヤング係数

仕上げ材について曲げヤング係数 E_{fr} 、 E_{dw} および曲げ強度 MOR について測定した結果を表-36 に示す。

また、含水率補正を行ない含水率15%時の強度を算出した結果を表-37 に示す。

5. 5. 1. 動的曲げヤング係数

仕上げ材の約1/3である146枚の仕上げ材について曲げヤング係数 E_{fr} の測定を行い、含水率 15% 時の曲げヤング係数に補正した結果を図-64 に示す。

平均値は70.3tf/cm²、偏差は12.6であり、最大頻度は、70~80tf/cm²であった。

5. 5. 2. 静的曲げヤング係数

仕上げ材の145枚について、静荷重積載（エッジワイズ）によるヤング係数 E_{dw} の測定結果（含水率15%に補正）を図-65 に示す。

平均値は75.0tf/cm²、偏差は18.4であり、最大頻度は、70~80tf/cm²であった。

仕上げ材の147枚について静荷重積載（フラットワイズ）によるヤング係数 E_{dw} の測定を行った結果（含水率15%に補正）を図-66 に示す。

平均値は70.1tf/cm²、偏差は13.2であり、最大頻度は60~70tf/cm²で、最小値40~50tf/cm²、最大値90~100tf/cm²の分布を示した。

5. 6. 曲げ強度

曲げヤング係数 E_{dw} の測定を行った試験材について2m50cmに寸法決めし、節等の欠点の測定を行った後、曲げ破壊試験により最大破壊荷重を測定し、破壊強度を算出した。

曲げ強度（含水率15%に補正）の分布は、図-67 に示すように、300kgf/cm²~400kgf/cm²でピークを示し、最小値100~200kgf/cm²、最大値600~700kgf/cm²となった。

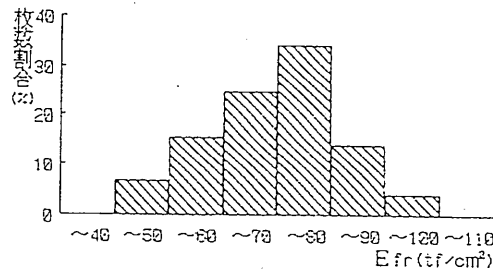


図-64 仕上げ材のヤング係数 E_{fr} の頻度分布

項 目	E_{fr}	E_{dw} エッジワイズ	E_{dw} フラットワイズ	MOR
枚 数	146	145	147	147
平 均	69.2	73.9	69.0	354.7
偏 差	12.36	18.27	12.98	84.59

注：単位、MOR：kgf/cm²、 E_{fr} ・ E_{dw} ：tf/cm²

表-36 仕上げ材のヤング係数及び曲げ強度測定結果

項 目	E_{fr}	E_{dw} エッジワイズ	E_{dw} フラットワイズ	MOR
枚 数	146	145	147	147
平 均	70.3	75.0	70.1	346.2
偏 差	12.58	18.37	13.23	81.31

注：ASTM D2915式により含水率15%時に換算した値

単位、MOR：kgf/cm²、 E_{fr} ・ E_{dw} ：tf/cm²

表-37 含水率15%時における仕上げ材のヤング係数及び曲げ強度測定結果

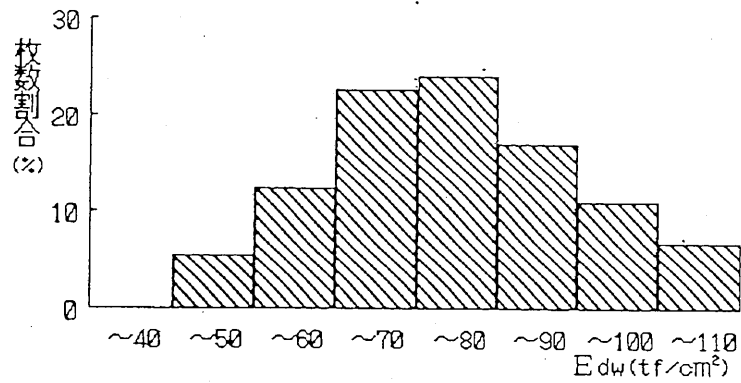


図-6 5 仕上げ材のヤング係数 E_{dw} (I-zigzag)の頻度分布

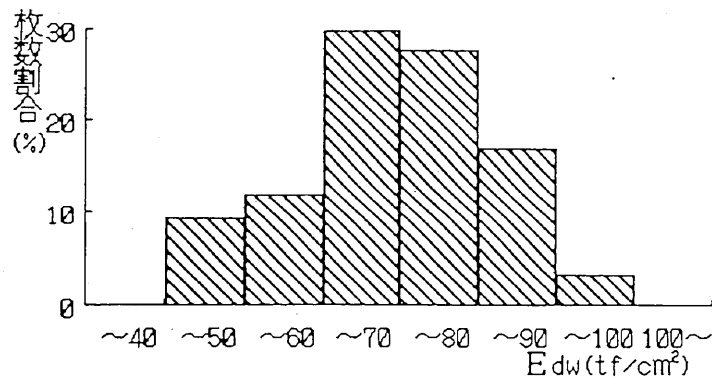


図-6 6 仕上げ材のヤング係数 E_{dw} (flat zigzag)の頻度分布

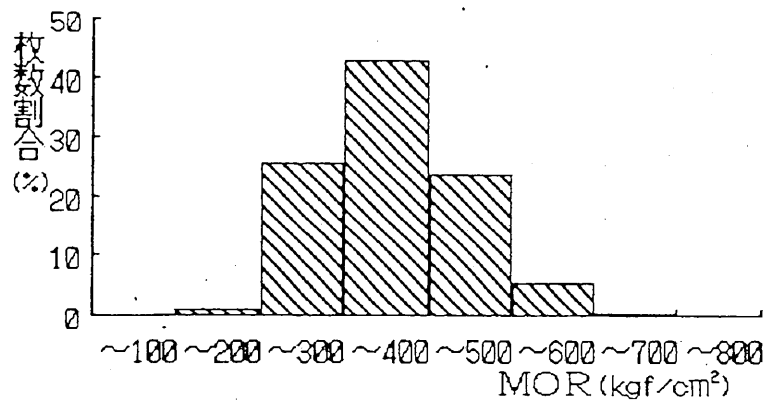


図-6 7 仕上げ材の曲げ強度 MORの頻度分布

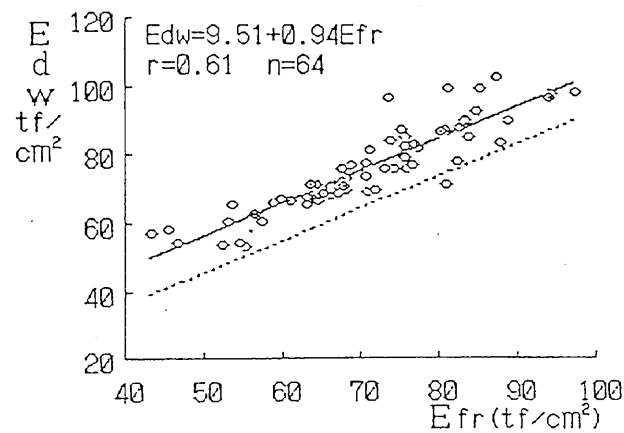


図-68 ヤング係数 E_{fr} と E_{dw} の関係スギ204材 (イジワイス)

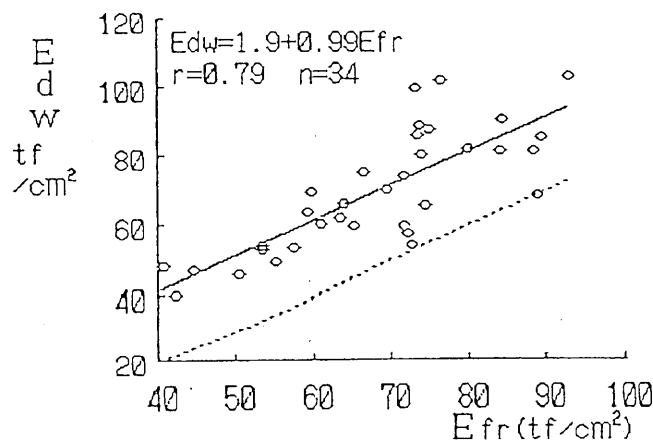


図-69 ヤング係数 E_{fr} と E_{dw} の関係スギ206材 (イジワイス)

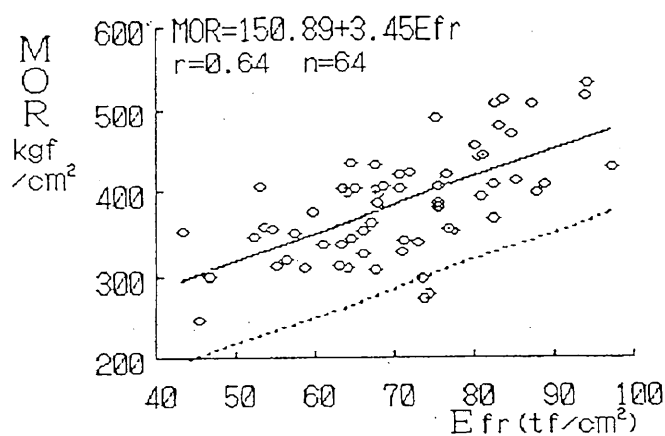


図-70 E_{fr} と MOR の関係スギ204材 (イジワイス)

5. 6. 1. 曲げヤング係数と曲げ強度MORの関係

5. 6. 1. 1. 動的曲げヤング係数と静的曲げヤング係数

204材の64枚の基本振動周波数の測定から求めた曲げヤング係数 E_{fr} と静荷重積載（エッジワイズ）により求めた曲げヤング係数 E_{dw} との関係を図-68に示す。

その結果、動的ヤング係数 E_{fr} と静的ヤング係数 E_{dw} との相関係数は0.91の強い順相関を示し、回帰直線は $E_{dw} = 9.26 + 0.94 E_{fr}$ となった。

206材の34枚における曲げヤング係数 E_{fr} とエッジワイズによる曲げヤング係数 E_{dw} の関係を図-69

に示す。相関係数は0.85であり、

204材の場合より若干弱い、強い順相関を示しており、回帰直線は $E_{dw} = 3.61 + 1.05 E_{fr}$ となった。

5. 6. 1. 2. ヤング係数 E_{fr} と曲げ強度MORの関係

基本振動周波数より求めた動的曲げヤング係数 E_{fr} と曲げ強度MORとの関係を図-70に示す。

204材の64枚における基本振動周波数による動的曲げヤング係数 E_{fr} と曲げ強度MORとの関係は、相関係数が0.64の順相関を示し、回帰直線は $MOR = 135.8 + 3.32 E_{fr}$ となった。

5. 6. 2. 強度等級区分

表-1に従って曲げ強度MORによる強度等級区分を行った。曲げ強度および目視による等級区分を枚数割合で表した結果を図-71に示す。

曲げ強度MORによる等級区分においては、2級における本数割合が一番高く、37.4%であり、次いで1級が25.9%、特級が19.1%、3級が17.0%、等外は0.7%であり、2级以上がほぼ8割を占めた。目視による等級区分においては3級でピークを示し、72.2%であり、次いで2級が13.5%、等外が6.8%、特級と1級の合計が7.5%であり、3級以下が8割強を占めた。

このように強度による等級区分と目視による等級区分との間に著しい等級差が生じた。

目視による等級区分において、3級が7割以上を占めた原因の1つとして、平均年輪巾が上げられる。目視による等級区分においては年輪巾6mm以上の材は3級以下に区分するよう規定されている。ところが、今回曲げ破壊試験に供した仕上げ材の平均年輪巾は、6.2mmであったために、半数以上の仕上げ材が3級以下に区分されてしまい、強度は基準を上回っていても3級以下に区分されてしまったといえる。

5. 6. 2. 1. 強度等級区分因子と曲げ強度との関係

目視による等級区分と強度による等級区分との間に著しい等級差が生じた原因についてさらに解明するため、JAS規格の品等区分における因子である気乾比重、年輪巾（末口面）、繊維傾斜、4材面における最大節径比、集中節径比および曲げヤング係数 E_{fr} 、 E_{dw} について、曲げ強度MORとの相関を調査した。

採材枚数が30枚以上得られた204材（66枚）、206材（36枚）、および2×4部材すべてについて、曲げ強度との単相関係数を調査した結果を表-37に示す。目視による等級区分の因子である気乾比重、年輪巾、繊維傾斜、節径比において求めた結果、気乾比重の206材については、0.54であり、他の因子と比較して、比較的高い相関を示したが、他は平均して曲げ強度との相関係数は0.35程度といえる。

それに比較して、曲げヤング係数と曲げ強度との相関は、 E_{fr} 、 E_{dw} ともに約0.65であり、目視による測定因子と比較して、より高い確率で区分が可能といえる。

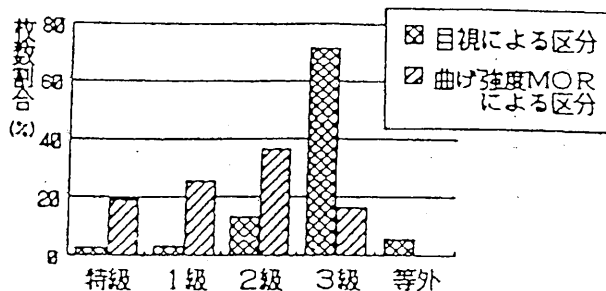


図-71 仕上げ材の等級区分結果

表－３８ 各測定因子と曲げ強さの関係（単相関係数）

寸法 型式	枚数	気乾 比重	年輪巾 (末口)	繊維 傾斜	節径比(4材面)		ヤング係数	
					最 大	集 中	E fr	E dw
204	66	0.33	0.19	0.20	0.20	0.22	0.64	0.60
206	36	0.54	0.38	0.28	0.28	0.10	0.72	0.69
総計	141	0.13	0.32	0.37	0.37	0.33	0.57	0.60

ま と め

岐阜県郡上郡産のスギ中目材（末口径18～28cm）を使用し、枠組壁工法用住宅部材の製材、人工乾燥および仕上げ加工を行い、それぞれの時点で形状変化、強度変化、等級変化等を測定・分析した。また、原木から製材品まで曲げヤング係数を測定し、曲げ強度との相関を調査し、等級区分を行った。これらの結果をまとめると次のようになる。

- (1) 製材はだら挽きと枠挽きの木取りで行ったが、木取りの違いによる材積歩止りについては顕著な差はみられなかった。
- (2) 甲種枠組み材（乾燥材）の等級格付けの決定要因は年輪巾、節が最も強く影響した。
- (3) 乙種枠組み材（乾燥材）の等級格付けの決定要因はそり、曲りが最も強く影響し、節の影響はやや少なかった。
- (4) 人工乾燥により原木に対して約50%の乾燥歩止りとなり、製材歩止りと比較して約3.5%低下した。
- (5) 生材から含水率15%まで乾燥した場合の厚さ方向の収縮率は3.3%、その最大値の平均が約2mmであったので部材の厚さ方向の歩増しは7mm程度は必要である。
- (6) 中目材より採材した甲種2×4仕上げ材を、J A S規格の目視による等級区分により区分した結果、供試材の平均年輪幅が6.2mmであったために、3級以下がほぼ8割を占めた。一方J A S規格の曲げ強度MORによる等級区分により区分した結果、2級以上がほぼ8割を占めた。
- (7) 乙種枠組みの仕上げ材は、コンストラクションとユーティリティが大部分を占め、下級材は少なかった。
- (8) 仕上げ材において価値指数により算出した価値歩止りは、29.4%と非常に低い値となった。また、仕上げ材の予想価格の原木価格に対する割合は、108.4%であった。このため、スギ中目材による2×4部材の生産を行うためには、副製品を効率的に製材し、製材歩止りを上げることが必要である。また、経費や作業能率等の合理的な生産方法を行う必要がある。
- (9) 原木の剥皮前後における動的ヤング係数E frの比較を行なった結果、剥皮後は、剥皮前に比べ若干低い値となったが、非常に高い相関を示した。
- (10) 原木において重量測定を省略し、基本振動周波数と材長により、E frを推定することが可能である。（相関係数：0.85）
- (11) 原木と製材品の動的ヤング係数E frを比較した結果、原木に比べ、製材品の方が若干低い値となった。原木のE frと製材品（最小値）を比較した結果、強い順相関（相関係数：0.79）を示し、原木の曲げヤング係数E frにより製材品の最低強度を保証することも可能と考えられる。
- (12) 乾燥材において重量測定を省略し、基本振動周波数と材長により、E frを推定することが可能である。（相関係数：0.88）
- (13) 204材において動的ヤング係数E frと静荷重積載（エッジワイズ）により求めた静的ヤング係数E dw

とは、相関係数0.91の強い順相関を示した。

- (14) 204材において動的ヤング係数E_{fr}により曲げ強度MORをおおよそ推定することが可能である。(相関係数0.64)
- (15) 甲種2×4仕上げ材において目視による等級区分因子と曲げ強度の相関係数はそれぞれ約0.35と低い値であった。一方、動的、静的曲げヤング係数と曲げ強度の相関係数はともに0.65と高い値を示した。簡易な動的曲げヤング係数による等級区分の有効性が確認された。

謝 辞

試験実施にあたり、ご指導いただき、かつ立木に関する強度測定データを快く提供していただいた東京大学中村昇氏・名並直道氏に、また、種々のご助言を頂いた森林総合研究所西村勝美氏、岐阜県森林組合連合組合野原正人氏に深く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) 池田潔彦ら：応力波伝播を用いたスギ精鋭樹の強度予測、第42回日本木材学会大会研究発表要旨集、p145、1992
- (2) 伊藤一成ら：農林水産業用資材等農山村漁業地域における国産材の需要開発に関する研究—スギ間伐材による発茸舎の試作と性能評価—(2×4工法)、岐阜県林業センター、1986(S62)
- (3) 小玉泰義：音速を用いた立木のヤング係数の推定、木材工業、Vol. 47, No. 12、1992
- (4) 田中俊成ら：各種非破壊試験によるヒノキ正角の曲げ・縦引張り・縦圧縮強度の推定、第40回日本木材学会大会研究発表要旨集、p385、1990
- (5) 中井孝ら：実大材における動的ヤング係数と静的ヤング係数との関係、第40回日本木材学会大会研究発表要旨集、p384、1990
- (6) 中井孝ら：スギ中径丸太の曲げ強度性能に及ぼす含水率の影響、第42回日本木材学会大会研究発表要旨集、p140、1992
- (7) 農林水産省農林水産技術会議事務局、壁工法確立のための建築用木材の強度等級区分法確立に関する研究、財団法人農林弘済会、1977

引 用 文 献

- (1) 大熊幹章：振動による立木材質の測定法の検討と立木材質を基準とする新しい間伐法の開発、1992
- (2) 名波直道ら：応力波の立木の材質測定(第1報)、(第2報)、木材学会誌38巻8号、1992
- (3) 東野正ら：アカマツ材の強度(1) —平角材の曲げ強度—、第40回日本木材学会大会研究発表要旨集、p378、1990