

# 技術開発推進事業報告書

## 性能標準

### 木質材料等級区分

平成2年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター

## 平成元年度技術開発推進事業・性能標準木質材料等級区分委員会

木質材料等級区分委員会の委員構成（平成元年度）

	氏 名	所 属
委員長	有馬 孝禮	東京大学農学部林産学科助教授
委 員	中村 昇	東京大学農学部林産学科
”	丸山 則義	静岡大学農学部森林資源科学科
”	小松 幸平	森林総合研究所木材利用部接合研究室長
”	飯島 泰男	富山県林業技術センター木材試験場主任研究員
”	浜田 宗男	日本木材青壮年団体連合会事務局長
協力委員	春川 真一	林野庁林産課住宅木材技術専門官
事務局	倉田 久敬	(財)日本住宅・木材技術センター試験研究部長
”	篤海 四郎	(財)日本住宅・木材技術センター主任研究員

# 目 次

はじめに

1. 国産材の付加価値向上と等級区分 .....	1
2. 丸太のグレーディングと製材木取り .....	7
3. スギ丸太の等級区分と集成材の製造 .....	13
4. 打撃音分析を利用した木材のヤング係数と 水分変化の評価の基礎的実験 .....	29
5. スギラミナのオープン市場 .....	40

## はじめに

世に国産材時代と叫ばれてから久しい。しかし、実際には国内需要の約70%の木材は、未だに外国に頼っているのが実状であり、国産材利用のための突出した決め手がないのが現実である。

わが国の代表的材料であるスギ材に関しては、これまでは、間伐小径材が問題とされてきたが、今では俗に云う”スギ並材”が大きくクローズアップされている。スギ並材とは、平たく云えば成長期での山の手入れが十分でなかったために、多くの節などの欠点を含む材で、いわゆる「役物」の採材の可能性が極めて少ない材で、末口径が14、5～27、8cmのものをいう。柱材を採材するには径が大きく、梁材を取るには径が小さく、柱材+板材または板材で採材すること等が最適と考えられるが、板材ではその需要が問題となる。

国産材が普及しない大きな要因として、経済性、川下と川上の問題などがよく指摘されるが、いま世界で大きく叫ばれているのが地球の温暖化や熱帯雨林などの地球環境問題であり、再生可能な人工林の針葉樹をどのように利用して行くかが大きな課題である。品質が悪いから、性能が悪いから、価格が高いからといって安易に海外の木材を輸入し、国産材を放置しておくようでは、世界から取り残され、非難を浴び、先進国とも言えまい。

このような状況を踏まえた上で、国産材、特にスギ並材を建築材料として利用するための方法論、システムなりを検討するには、わが国の山を知り、山元との関係をもっと身近に感じ取ることが必要であろう。

スギ材といっても、地域、種類、場所等によりそれぞれ特性を持っており、構造材として利用するには、強度等級区分が重要な要因となろう。

本プロジェクトでは、代表的国産材であるスギ並材を対象として、丸太での等級区分、製材木取りの問題、製材強度の等級区分、特に厚さ45mmの板材は”ラミナ45”と称し、集成材のラミナ、製材品のどちらにも転用可能な市場流通性の高い寸法材との認識に立ち、建築材としての利用について検討を行った。

平成2年3月31日

# 1. 国産材の付加価値向上と等級区分

## 1. 1 目的

針葉樹の国産化時代をひかえ供給の増大が予想されるスギ並材の需要開発を図るためには、生産性の向上や付加価値の高い製品の開発が必要となってくる。ここでは丸太段階での強度区分の導入や市場流通性の高い規格寸法材の製材による生産性の向上、乾燥、集成、複合化等による付加価値の向上を併せることにより、スギ並材の需要開発を図ることを目的とする。

## 1. 2 システム案

システム案を図1に示す。ここでは、市場で一括して扱われているスギ中目材を想定している。

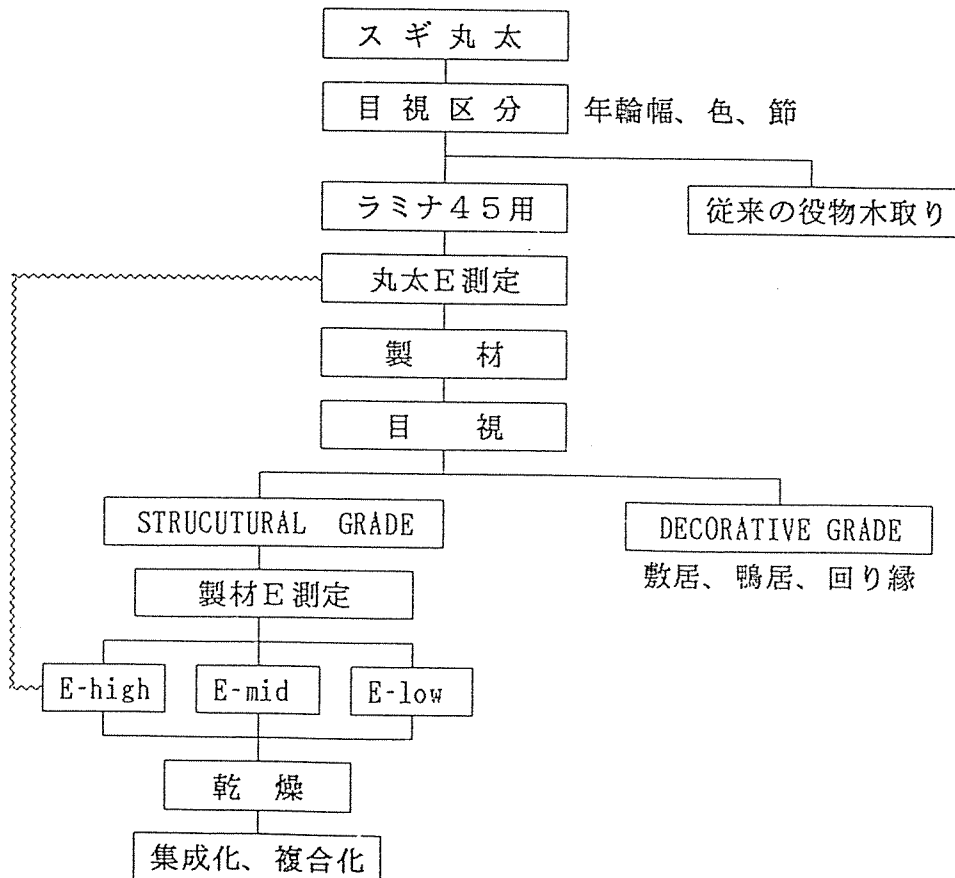


図1. システム案フロー

この考え方は以下のとおりである。

①まず、いわゆる「役物」が採材可能な形質良好丸太を事前に選別し、従来の役物木取りにより付加価値の高い材を採材する。

②残された丸太は、従来の手法では板材中心に製材されるため、低価格で取引されているが、ここでは汎用性の高い45mm厚さに製材する。幅については90、120、150mm等いくつかの規格寸法材に固定して木取りパターンを決定し、製材効率を上げるのが妥当と考えられる。

③製材品は目視により、鴨居、敷居等の造作材として利用できるものを選別する。残されたものは強度等級区分を行い構造用材として利用する。この状態での出荷も可能であるが、さらに乾燥、集成化などにより、付加価値の高い製品を開発することも考えられる。

④集成材を例にとればラミナが厚いため積層数の軽減、歩留まりの向上により製造価格の低下が期待できる。また、外層、内層用ラミナとして適正な比率でラミナが生産されない場合、一般材として市場へ出荷あるいは市場流通品の使用により調整が可能であり、さらには丸太段階での強度等級区分を導入すれば効率的なラミナの生産が可能となる。

### 1. 3 本年度実験内容

本年度は上記システムの中での問題点について検討を加えた。

#### 1. 3. 1 シミュレーションによる合理的木取り法の検討

スギ中目材各直径について、シミュレーションにより45mm厚で90、120、150mm幅材の歩留まりが最も高い木取り法を、丸太直径による選別を加えた場合も含めて検討した。

##### ・条件

製材幅：90、120、150mmの3種

採材寸法：厚さ－50mm、幅－仕上がり＋10mm

丸身をかなり許容

括約幅：2、4、6cmの3種とし、最小径級の採材方法を基準とする

##### ・結果（図2～5参照、表の（）内は製材歩留まり）

現場では中径丸太は一括して取り扱うことが大部分である。結果から見る限り、中径丸太から厚さ45mmの材を採材する場合、丸太の径級選別をどう行うかによって多少異なるようであるが、括約を2cmとしたときには若干の歩留まり上昇が期待できるものの、4cm以上としたときは一括した場合と大差はなく、歩留まりは概ね50%程度と考えられる。

したがって、径18～28cmの中径材ではこれを一括し、幅120mmの材を中心に採材するのが最も現実的といえる。この場合、目視上良質の製材品は敷居、鴨居等に流

用可能であり、目視ではねたもののみを構造用のルートにのせ、適当なグレイディングを行うのが、一般的といえる。

表1. 丸太仕分け条件による製材歩留まりシミュレーション結果

径級 (cm)	丸太仕分け条件					
	2 cm括約		4 cm括約		6 cm括約	
2.8	150:7	(60.3)	150:2,120:5	(51.7)	150:2,120:5	(51.7)
2.6	150:2,120:5	(59.9)	150:2,120:5	(59.9)	150:2,120:5	(59.9)
2.4	120:6	(56.2)	150:2, 90:4	(51.6)	120:6	(56.2)
2.2	120:2, 90:4	(55.6)	120:2, 90:4	(55.6)	120:4	(44.6)
2.0	150:3	(50.6)	120:3	(40.5)	120:3	(40.5)
1.8	120:3	(50.0)	120:3	(50.0)	120:3	(50.0)
平均		(55.4)		(51.6)		(50.5)

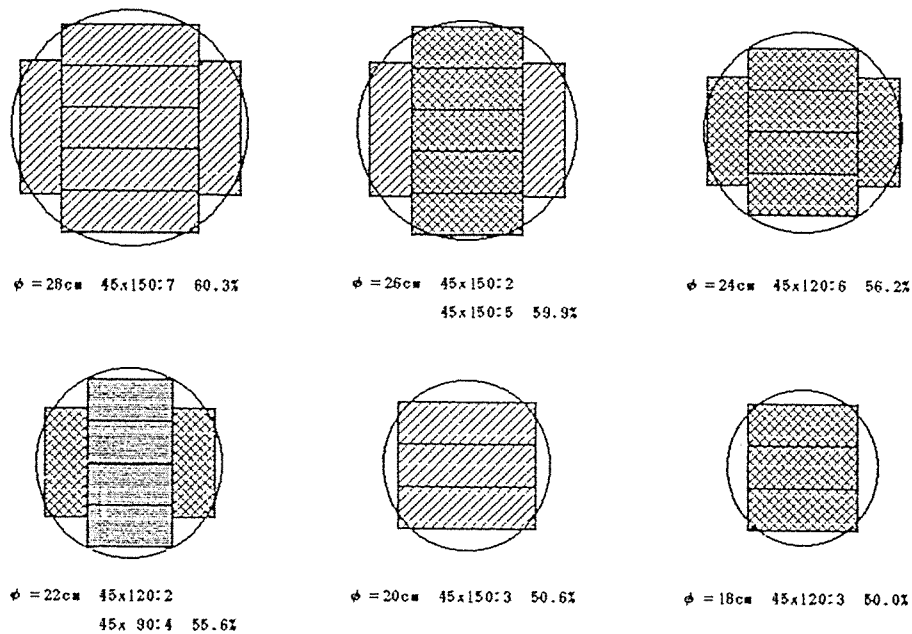


図2. 丸太仕分け 2 cm括約時の結果 (製材寸法は図5 参照)

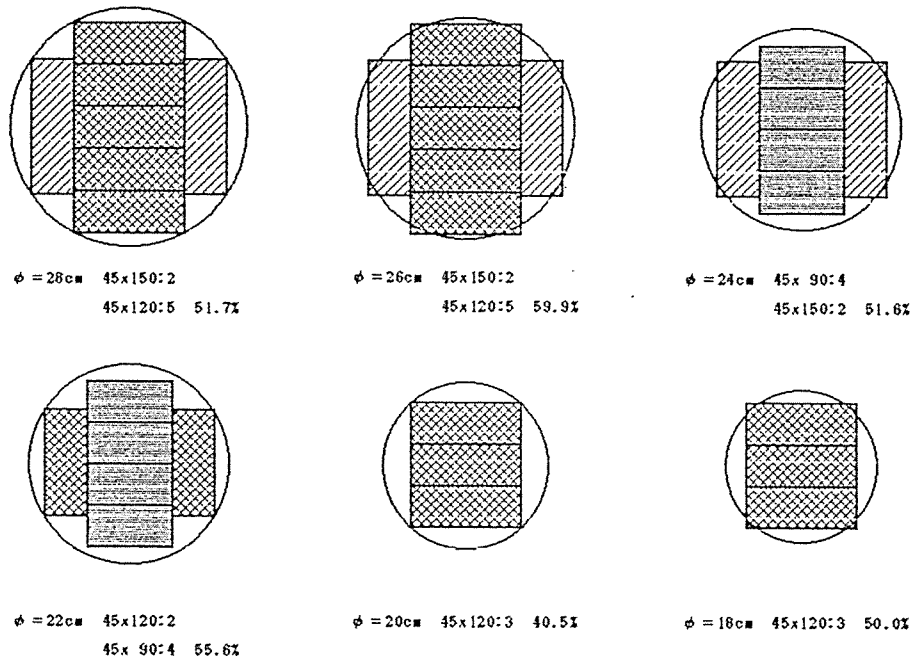


図3. 丸太仕分け4 cm括約時の結果 (製材寸法は図5参照)

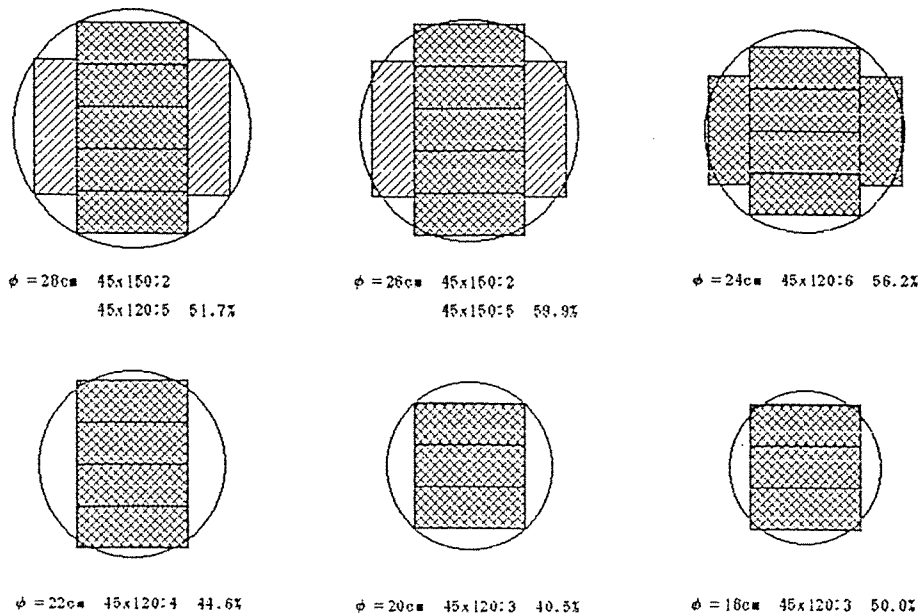


図4. 丸太仕分け6 cm括約時の結果 (製材寸法は図5参照)

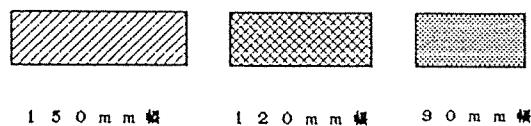


図5. 製材の断面寸法



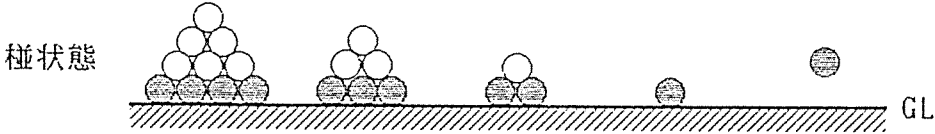
1. 3. 2 強度等級区分

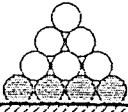




丸太のヤング率を縦振動法により測定する方法について検討した。

1) 樁積み状態での丸太基本周波数の変化

丸太の強度等級区分をどの時点で行うか、は一考を要する。そこで、市場（土場）における樁積み状態時を想定し、10本の丸太（長さ4m）を種々の条件においたときに得られる基本振動周波数を測定した。結果は表2に示すとおりであり、この条件（当センター場内、コンクリート道路上）による限り、基本周波数に位置による大きな差はないようである。なお、表では材が最下段にある場合のみを示したが、上中段にある場合でもほぼ同様の結果を示しており、4段10本程度の樁積みでは、その状態のまま、縦振動法によって測定しても大過はないといえる。

表2. 樁積み条件による基本振動周波数（Hz）の変化



樁状態					
N51	360	359	364	357	355
N50	415	422	415	411	410
N42	420	420	414	410	405
N46	390	388	387	384	390
N47	295	291	279	275	270
N45	408	417	422	415	410
N49	-	370	371	367	360
N44	-	390	395	392	385
N48	-	428	430	427	415

●：測定原木位置

2) 縦振動法におけるヤング率（E）計算の簡略化に関して

縦振動法では、Eを計算する式には材の密度 $\rho$ が含まれている。すなわち、

$$Et = (2Lf)^2 \cdot \rho / g$$

ここで、Et：縦振動法によるE

L：材長

f：固有振動数

$\rho$ ：容積重

g：重力加速度

である。しかし、実用上、 $\rho$ の測定は樁積み状態では不可能であり、かりに可能であったとしても材の重さと容積を測定しなければならないため、最も時間を要す

ることになる。したがって、 $\rho$ の測定の簡略化が振動法を実用化するための鍵になるように思われる。

そこで、 $\rho$ を丸太全体の平均値0.79として丸太の縦振動E (Ed-a) を計算し、これと比重を測定したときの丸太のE値 (Ed)、およびこれから採材した平角材の曲げヤング率 (Eb) との比較を行った (図6)。丸太は数カ月に亘って集荷されたものであり、含水率もかなりの変動幅を持っているものと思われるが、Ed-aはEdおよびEbとほぼ対応していることが窺える。しかし、 $\rho = 0.79$ のとき、 $E_b = 0.75E_d - a$ 、程度となり、 $\rho$ には多少低め (0.60程度) の値を代入すると実態と適合するようである。

### 3) 現場における丸太の等級区分

現場において丸太を効率よく等級区分する方法としては、縦振動法によってEを測定し、これを基準にするのが最も現実的と考えられる。この場合、以上の検討結果から、桎積み状態で、比重を一定値とみなして行うことによって、大幅に測定を簡略化することが可能と思われる。

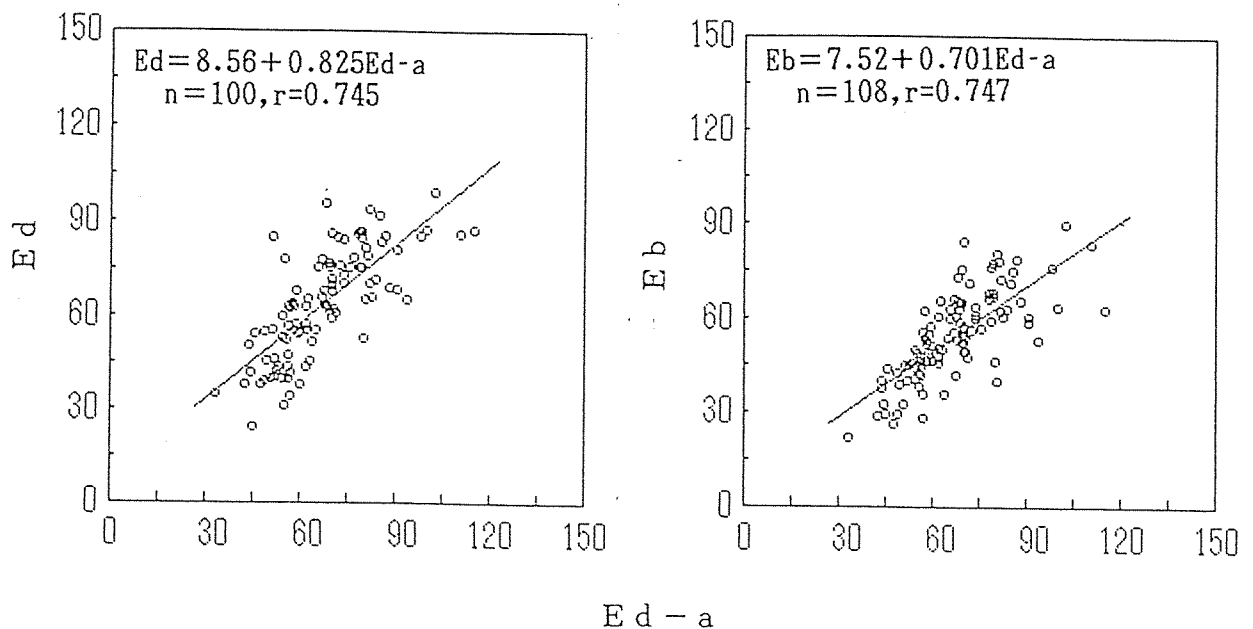


図6. 比重測定を省略した場合の丸太の縦振動ヤング係数 (Ed-a、 $\rho = 0.79$ ) と丸太の縦振動ヤング係数 (Ed) および平角材の曲げヤング係数 (Eb) の関係 (単位:  $10^3 \text{ kgf/cm}^2$ )

## 2. 丸太のグレーディングと製材木取り

### 2. 1 丸太材の等級区分

トラス部材や集成材ラミナなどのように要求される強度性能が予め設定されているものを丸太から効率よく製材するためには、その性能に応じた丸太の区分が必要である。丸太等級区分の指標としては、丸太材面に現れる節の大きさや年輪幅、容積重などが考えられるが、施業により必ずしも材表面に節が現れない場合もあり、また、節径と強度の相関、いわゆる目視等級区分の精度は木取り法に関連して高くないことが考えられる。さらに、年輪幅は、同一樹種内で強度とある程度の相関が認められるものの、十分な区分精度がないことが実験的に明らかとなっている。さらに、丸太の段階では含水率が極めて高く、含水率分布が一様でないことから、容積重は区分指標にはなり得ない。

製材品の強度等級区分においては、ヤング係数を用いた機械的等級区分が優れていることが明かとなっている。製材品では荷重とたわみの線形関係を用いた曲げヤング係数が用いられているが、丸太材においては断面が一様でないために、曲げヤング係数の測定が困難である。ヤング係数測定は、この他に、応力波の伝播を用いた動的な方法がある。応力波を用いるヤング係数測定は、断面形状による影響が少ないため、丸太材のヤング係数測定には適している。この応力波の伝播を用いたヤング係数測定のうち、応力波の共振周波数を音としてとらえる打撃音法は、測定が簡便であり、測定環境に左右され難く、丸太のヤング係数測定に適しているものと判断される。以下データをもとに丸太のヤング係数測定と丸太より得られる製材品のヤング係数および曲げ強度の関係について検討する。

### 2. 2 丸太とそれより製材される平角材および母屋角材のヤング係数の関係

供試丸太および製材の寸法を表2-1に示す。丸太の末口および元口寸法、材長、重量を測定し、丸太の平均的容積重を求める。丸太木口を打撃して得られる音をマイクロフォンで収録し、FFTアナライザーにより基本振動数を求め、次

式により打撃音法によるヤング係数  $E_t$  を求める。

$$E_t = 4 L^2 f^2 \rho / g \quad (1-1)$$

ここで、 $E_t$  : ヤング係数 (kgf/cm<sup>2</sup>)

$L$  : 材長 (cm)

$f$  : 共振周波数 (Hz)

$\rho$  : 容積重 (g/cm<sup>3</sup>)

$g$  : 重力加速度 (cm/s<sup>2</sup>)

それぞれの寸法に製材した後、製材品の打撃音法によるヤング係数  $E_t$  を求め比較した。

表 2 - 1 供試丸太および製材寸法

製材品	樹種	丸太末口径	本数	製材寸法
母屋角	スギ	11~12	20	9x9x400
	ヒノキ	11~12	20	9x9x400
平角	スギ	24~28	6	10.5x21x600
	ベイマツ	27~34	8	12x24x400

( cm )

丸太の打撃法によるヤング係数  $E_t$  と製材の  $E_t$  の関係を図 2-1 に示す。丸太の  $E_t$  と製材の  $E_t$  の相関は、ヤング係数のレンジが大きいこともあって、極めて高い結果が得られた。この回帰式は、

$$\text{製材の } E_t = 0.909 (\text{丸太の } E_t) - 5.68 \quad (\times 10^3 \text{ kgf/cm}^2) \quad (1-2)$$

として得られ、回帰推定誤差は、 $7.27 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$  である。この回帰推定誤差をもとに、打撃音法による丸太のヤング係数  $E_t$  は、 $20 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$  の区分間隔で丸太より得られる製材のヤング係数を精度良く区分できることを示している。

図 2-1 は、樹種、寸法をまとめた回帰として求めた結果であるが、当然、樹種や丸太寸法、樹齢あるいは丸太断面寸法に対する製材断面寸法の比率 (木取り) により回帰式は異なることも予想される。データ数が少ないので断定的なことはいえないが、樹種別に回帰を求めると、ヒノキとベイマツはほぼ同一の回帰式で

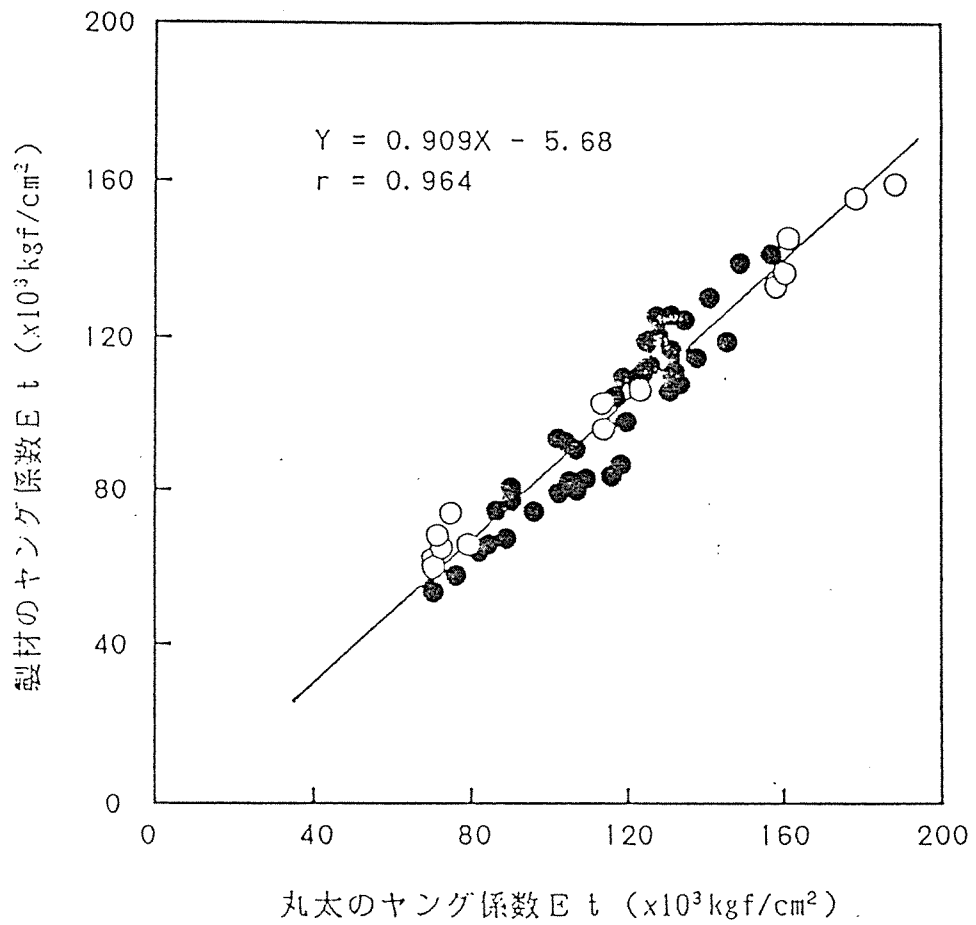


図 2-1 丸太のヤング係数とそれより得られる製材のヤング係数の関係  
 (○：スギ、バイマツ平角      ●：スギ、ヒノキ母屋角)

あったのに対し、スギは他よりやや傾きが小さいものとなった。

今回の断面寸法の比率は、母屋角で0.72、平角ではスギ、ベイマツいずれも平均で0.42であった。樹幹内のヤング係数分布が予め明らかであれば、木取りによる影響が明らかとなると思われる。

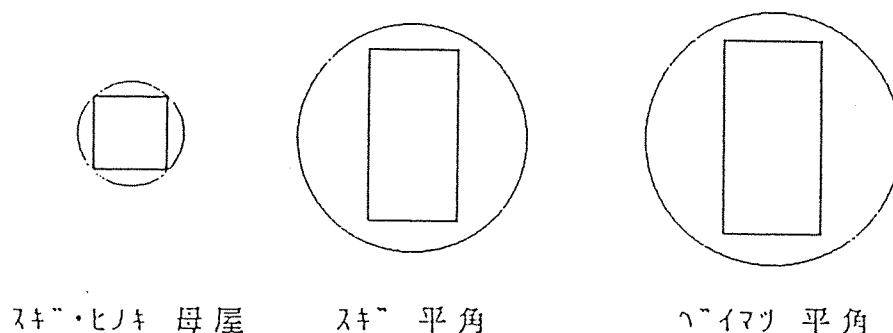


図2-2 丸太断面寸法と製材断面寸法

樹幹内のヤング係数分布は、一般に、樹心部で低く、樹皮側に移行するに従い高くなる傾向にあるといわれているが、これに関するデータはほとんど無い。

図2-3は、末口径24cm、材長2mのスギ丸太を厚さ35mmに製材し、打撃音法によるヤング係数 $E_t$ を測定後、幅2cmに製材して $E_t$ を求めた結果の一例である。したがって、この図はスギ樹幹内のヤング係数分布をおよそ示すものと考えられる。この図から、樹心部でヤング係数が低く、樹皮側に移行するに従ってヤング係数が高くなる傾向を示しているものの、個々の値を見ると異にするものもあり、樹幹内でヤング係数は同心円状に、あるパターンで移行すると仮定するにはより多くのデータ蓄積が必要である。

### 2.3 丸太の強度等級区分

丸太の段階でそれより得られる製材の強度を推定区分することは極めて重要である。先に述べたスギおよびヒノキ母屋角の曲げ試験を行い、丸太ヤング係数との関係について検討した。

製材後、気乾状態になったことを確認して、スパン270cm3等分4点荷重で曲げ試験を行を行った。母屋角の曲げ強さと打撃音法による丸太ヤング係数の関

換板のEt

換板のEt

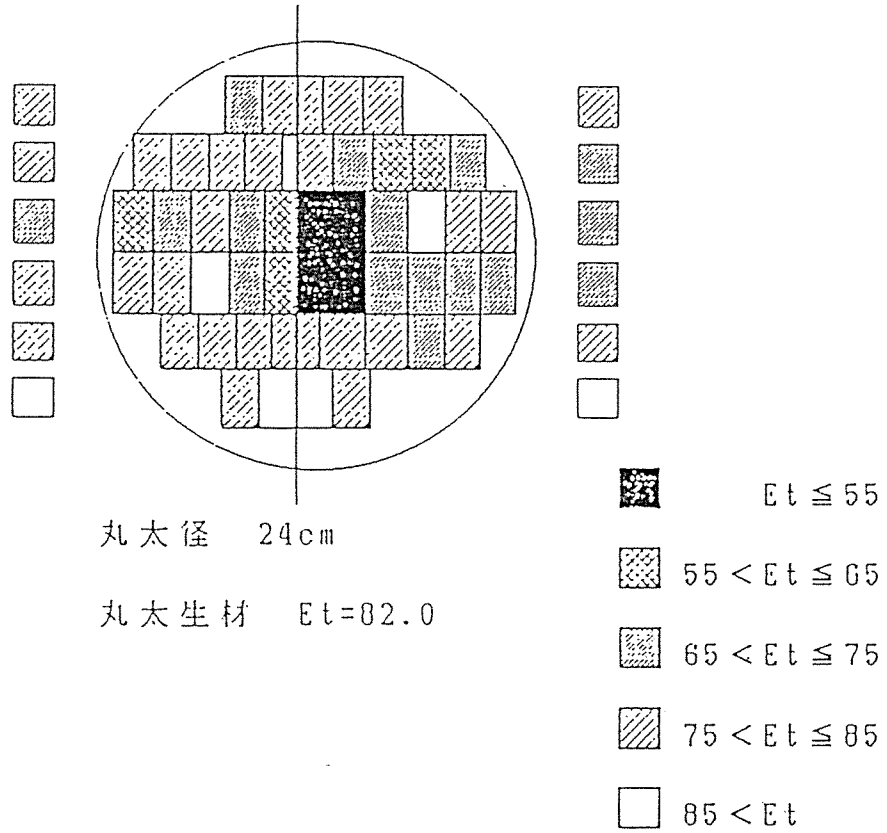


図2-3 丸太内のヤング係数分布の一例

係を図2-4に示す。スギおよびヒノキを含めた結果であるが、相関は極めて高く、製材の曲げヤング係数を用いた強度等級区分に匹敵する結果となった。この結果より、樹種および丸太寸法と製材寸法についてそれぞれこのような関係を予め用意しておけば、打撃法による丸太ヤング係数は、それより得られる製材の曲げ強さを高い精度で等級区分することが可能と思われる。

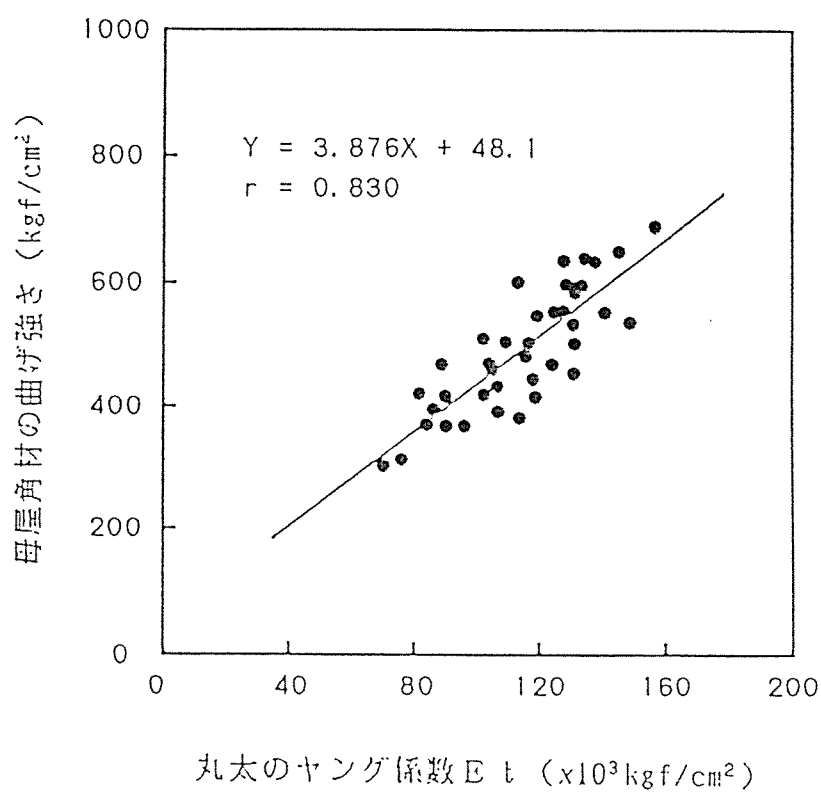


図2-4 丸太ヤング係数と母屋角材の曲げ強さの関係



### 3. スギ丸太の等級区分と集成材の製造

#### 3. 1 はじめに

等級区分は一般に強度等級区分を意味することが多いが、本来的な意味としては、ある性能ないしは性質に応じていくつかに分類することといえる。従って、対象とする材料と性能により等級区分はその内容を異にする。ここでは、スギ通直構造用集成材を製造する過程で、今後必要とされるであろう等級区分に付いて実験的結果を含めて検討する。

#### 3. 2 スギ通直構造用集成材製造における問題点

ここで、あえて通直構造用集成材と限定した理由は、構造用集成材の内でも比較的安価で、量産が要求されるまぐさ材や床梁材等に使用する構造用集成材を対象とするためである。

スギ材は、国産造林木の蓄積量の過半を占めているが、建築需要の質的变化にともないスギ材の需要は停滞し、新たな需要の掘興が必要とされている。スギ丸太は比較的中径材が多く、構造用集成材の材料としての利用が考えられているが、集成材製造にあたって解決しなければならない問題がいくつかある。その中で最も大きな要因は価格であり、スギ材の性能ないしは性質のバラツキの大きいことも挙げられる。したがって、比較的安価で、性能の保証されたスギ集成材を量産するに要求される手法およびそれを実現するために解決しなければならない問題点を整理する必要がある。その中には当然いくつかの等級区分があり、これらについて以下述べる。

#### 3. 3 スギ通直構造用集成材の製造コスト低減と性能向上手法

スギ通直構造用集成材の製造コスト低減と性能向上に要求される等級区分とその問題点を図3-1に示す。

## 7. 丸太の等級区分

スギ材に限らず、わが国における集成材製造で使用される挽板の厚さは、20～25mmのものが多く、一般流通製材寸法と異にしている。また、先に述べたように、スギ材は個々の丸太で強度性能を大きく異にし、製材された挽板が全て集成材に使用できる訳ではない。集成材に使用できる挽板の性能は規定されており、規定される性能を満たさない材が多く得られた場合は、歩留まりの低下を生じて価格に跳ね返ることになる。したがって、丸太の段階では集成材原木としての適正を区分する必要がある、この区分法の確立が丸太利用効率の向上、ひいてはコスト低減に寄与するものと考えられる。

丸太の段階での等級区分として、役物用丸太と並材用の丸太を区分する等級区分と、並材用丸太の中で強度性能を区分する丸太の機械的等級区分が考えられる（図中のC1およびC2）。集成材に必要とされる性能以上あるいは以下の丸太を区分できれば、それらを丸太市場に還流して丸太利用効率を上げることができる。

役物丸太の区分（選別）指標は、目が詰んでいる（年輪幅が狭い）、通直である、表面が滑らかである（節が見えない）、材色（スギ材の場合特に問題となる）等が最低限の指標と考えられるが、それぞれの製材工場における長年の経験と感によるところが大きく、指標の確立はかなり困難である。しかしながら、役物丸太は並材丸太と価格体系を異にしているため、区分指標が確立すればその効果は極めて大きい。

スギ材のヤング係数は40～120 tonf/cm<sup>2</sup>程度の範囲にあるといわれ、丸太によっては4等の挽板のみが製材される危険があり、丸太利用効率の向上の上からも丸太の機械的等級区分は必要であると思われる。丸太の機械的等級区分のデータ蓄積も徐々になされているが、これを誰がどの様にして行い、品質を保証するかというシステムの確立が早急に整備される必要がある。

## 4. 集成材用挽板の断面寸法

先に述べたように、現在一般的に使用されている集成材挽板の厚さは、20～25mmで流通製材寸法と異にしている。このことは、一度、集成材用挽板として製材された材は、要求される性能を満たさない材が多く製材されても、他への流用は出来ないことを意味し、また、製材市場から集成材用挽板を入手できないこ

とを意味する。製材寸法は等級区分とは直接関連しないが、集成材の製造コスト低減の上からは大きな意味を持つ。ここではまぐさ材や床梁材に使用する通直集成材を想定して、挽板断面寸法を一般流通製材寸法である45 x 105 mmと考えた。この様な流通寸法材であれば、①挽板を製材市場から入手できる、②要求性能以下の挽板を製材市場に還流できる、③上級ラミナの市場形成が行えるなどのメリットが考えられる。さらに、副次的には材の厚さを厚くしたことにより接着工程の軽減、加工歩留まりの向上などもあるであろう。挽板の厚さを厚くしたことによるデメリットとして、特にスギ材においては、乾燥コストの増加が考えられる。

#### ウ. 挽板の等級区分

強度ないしはヤング係数を区分する方法として、機械的等級区分および視覚的等級区分がある。視覚的等級区分は、基本的には節の大きさに応じて強度等級区分するもので、機械的等級区分との併用が区分精度を高める上から望ましい。視覚的等級区分法には、肉眼による他、工業用テレビカメラを用いた自動計測なども研究が開始されてきている。機械的等級区分は強度とヤング係数の高い相関をもとにしている。ヤング係数測定には重錘載荷法やグレーディング・マシーン（CLTマシーン）の様に曲げヤング係数を測定するもの、打撃音法のように応力波の縦振動を用いたもの、Eコンピュータといわれる横振動を用いたものまで多岐に渡っている。それぞれ研究としてはかなりのデータ蓄積がなされてきているが、工場への導入には、検査に手間がかかる、設備投資がいるなどそれぞれの理由からわが国では機械的等級区分の導入が遅れている。いずれの方法を採用するにしろ、計測時間の短縮、手間の軽減の上から、挽板の加工精度の向上は機械的等級区分を導入するに必要な条件であろう。

#### I. 乾燥性難易の区分

スギ材の乾燥は難しいといわれている。その原因は明確でないが、①心材含水率が高い、②含水率の幅が大きい（60～200%）、③乾燥速度に差がある等が上げられている。乾燥性を区分しないで乾燥を行うと、乾燥ムラをおこし易く、結果として乾燥コストを上昇させることになる。集成材用挽板の厚さを厚くする

このメリットについては先にふれたが、乾燥においては板厚が2倍になると乾燥に要する時間は2～4倍になるといわれる。従って、乾燥性の難易を区分する指標の確立は、集成材に限らず、スギ材を利用するにあたって重要なことである。乾燥性と言いつてもその内容は、初期含水率、乾燥速度、乾燥による障害の発生が上げられるであろう。スギ材の人工乾燥についての検討は著に付いたばかりであるが、乾燥性の区分指標の確立と乾燥法（スケジュールを含めて）の確立が必要である。

#### オ. 曲げ保証荷重検査

フィンガージョイント等による縦継ぎ材の性能保証は、材料に要求されるレベルの保証荷重を加え、破損しない材を使用することが最も確実な方法である。縦継ぎラミナの保証荷重検査には、曲げ応力を負荷するものと引張応力を負荷するものがあるが、曲げ応力を負荷する検査法は、材料の移動を連続的に行える利点があり、有効な方法と考えられる。しかしながら、わが国では保証荷重検査法が確立しておらず、要求される性能と負荷すべき荷重の関係、検査合格の判定基準について実験的検討を早急に行う必要がある。

### 3. 4 スギ集成材挽板の等級区分に関する実験的検討

先に述べたスギ通直集成材を製造するにあたって今後必要と考えられる等級区分の可能性を実験的に確認するために、スギ丸太を供試して集成材用挽板を製材し、いくつかの等級区分について検討した結果を述べる。

#### 7. 丸太の機械的等級区分

材長4 m、末口径約22 cmの静岡県産スギ丸太50本を供試した。末口、元口径および年輪数、材長、丸太重量、木口の色差を測定した。丸太重量測定は、写真1に示す三又を用いて、丸太にロープを掛け、チェンブロックで昇降させてチェンブロックにとりつけたロードセルで測定した。釣り下げた丸太の木口をハンマーで打撃して得られる打撃音をマイクロフォンで収録し、これを周波数分析して得られる丸太の縦振動固有周波数から打撃音法による縦振動ヤング係数を

求めた。

ヤング係数測定後、直ちに図3-2に示すように、厚さ45mm x 幅105mmの挽板を3本製材した。このうち中央の1本は心持ち材となるように木取りした。また、比較のために集成材挽板寸法としてよく用いられる25mm厚の材も併せて製材した。製材後、それぞれ打撃音法によるヤング係数を測定し、丸太ヤング係数との関係を求め、丸太の機械的等級区分の可能性とその推定精度について検討した。

丸太ヤング係数と材厚45mmの挽板のヤング係数の関係を図3-3に示す。今回供試した丸太のヤング係数は、50～120 tonf/cm<sup>2</sup>と広い範囲にあり、等級区分の必要性がこの結果からも伺える。挽板のヤング係数との相関係数は、0.77と高く、丸太の機械的等級区分は精度良く行えることが明きらかとなった。また、回帰式はほぼ原点を通る直線で、回帰式の傾きは0.93が得られた。回帰推定誤差は10.7 tonf/cm<sup>2</sup>であり、製材のヤング係数の区分間隔を20 tonf/cm<sup>2</sup>とすれば、今回供試した丸太では大凡4等級に区分できるといえる。

回帰推定誤差は、丸太寸法や製材する挽板の寸法等により大きく異なることが予想され、データ蓄積を早急に行う必要がある。

今回心持ちの挽板をあえて木取りしたが、これは心持ちラミナの適正利用を検討する目的がある。現行の製造基準にあっては、心持ちラミナは4等にランクされ、集成材の内層用挽板として使用することが許されているにすぎない（正しくは2級の集成材であれば中間層用挽板としても使用できる）。スギ材のように比較的丸太径の小さい材を集成材に使用する場合は心持ちラミナの性能に応じた利用を考えないと歩留まりの低下をおこすことになる。3本製材した挽板の中では心持ち材のヤング係数は低い傾向が認められる。丸太のヤング係数が高い場合、心持ち材のヤング係数もそれに比例して高くなり、85 tonf/cm<sup>2</sup>（測定は生材時のヤング係数：2等材）を上回るものも見られ、機械的等級区分の有効性がここにも認められる（図3-4）。

#### 1. 乾燥性難易の区分

スギ材は乾燥が難しい材といわれる。その原因として、心材含水率が高い、含水率のばらつきが大きい、乾燥速度が遅い等が上げられるであろう。特に、黒心

といわれる材の心材含水率は著しく高いといわれているが、その原因については不明である。

製材直後の挽板材面の表面色差をL a b表色系で測定した。製材時の挽板の容積重をもとに含水率を以下の式により求めた。

$$U(\%) = ( 100 + 0.84 * R0 * Ufsp ) * Ru / R0 - 100 \quad \text{Eq. 2.1}$$

ここで、R0 : 全乾容積重 = 0.38

Ufsp : 繊維飽和点の含水率 = 30 %

Ru : 測定時の容積重

これより算出した含水率とL a b表色系のL値との関係を図3-5に示す。L値は表色系の内明度を示し、L値が大きくなると白く、低くなるにしたがい黒さを増すことを意味する。赤色を示す指標はa値（aの+の領域）であるが、スギ材についてのいくつかの測定結果から、a値を用いるよりL値を用いる方が評価が容易であることがわかっている。材色としてはL値が大きくなるほど赤からピンクを呈し、L値が小さいほど黒心材といえる。結果をみると、L値と含水率の関係における相関係数は高く、L値が増加するにともない含水率は直線的に減少している。この結果からも一般にいわれているように、黒心材の初期含水率は高く、赤心材の初期含水率は低いことがいえ、心材色による初期含水率の差は著しい。したがって、丸太木口の色差は、初期含水率の大まかな区分には有効である。当然、玉切りしてからの経過日数や保管状況によって含水率は大きく異にし、ロットが違えば比較することは難しい。その場合は、容積重を用いて初期含水率を区分する必要がある。

材厚45mmおよび25mmの挽板を人工乾燥した。乾燥スケジュールを図3-6に示す。乾燥は1日11時間の間欠運転で行った。材厚25mmの挽板の含水率が約12%となった時点でそれぞれ乾燥室より取りだし、含水率、反り（カップ）を測定した。材厚45mmの乾燥時の含水率を容積重をもとに計算した結果を図3-7に示す。L値が低い材においても乾燥がかなり進んでいる材とそうでない材があり、材色のみでは乾燥速度を評価し得ないといえる。乾燥性を評価するにあたっては、初期含水率、乾燥速度、乾燥時の障害発生の難易が考えられるが、そのな

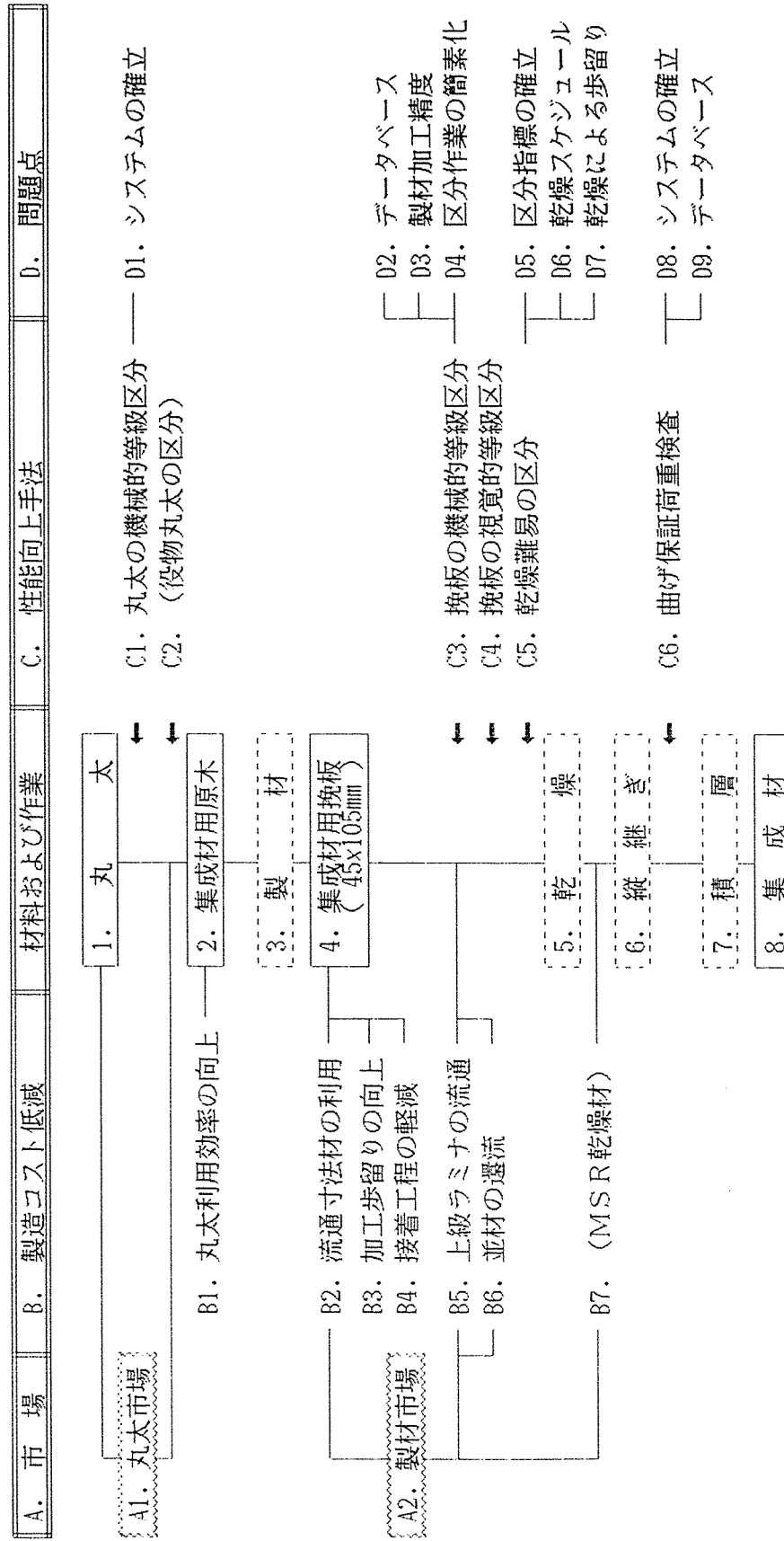
かで、材の色調は初期含水率を区分するには有効であるが、乾燥速度を評価するには別の指標を加える必要がある。

板目板材の乾燥にともなうカップ量は加工歩留まりに著しく影響する。材厚25mmの挽板の平均カップ量は、0.70mmあり、最大のもは1.50mmであった（図3-8）。これをプレーナ削りして材表面を一律に平滑にするには表裏2mmずつ削る必要がある。材厚45mmの挽板の含水率はかなり高いので比較することに問題があるが、もし、材厚25mmの挽板と同程度のカップ量であるとすれば厚さ当たりの加工歩留まりが上がることになる。

#### ウ. まとめ

スギ材を集成材用材として利用するにあたっては、それぞれの目的に応じた等級区分を行うことが経済性と強度性能を兼ね備えるために必要である。その中で、丸太の機械的等級区分および乾燥性の等級区分を行った。その結果、上記の成果が得られたが、他の項目については、引き続き実験を継続して行う予定にしている。

図 3-1 スギ通直構造用集成材の製造コスト低減と性能向上フロー





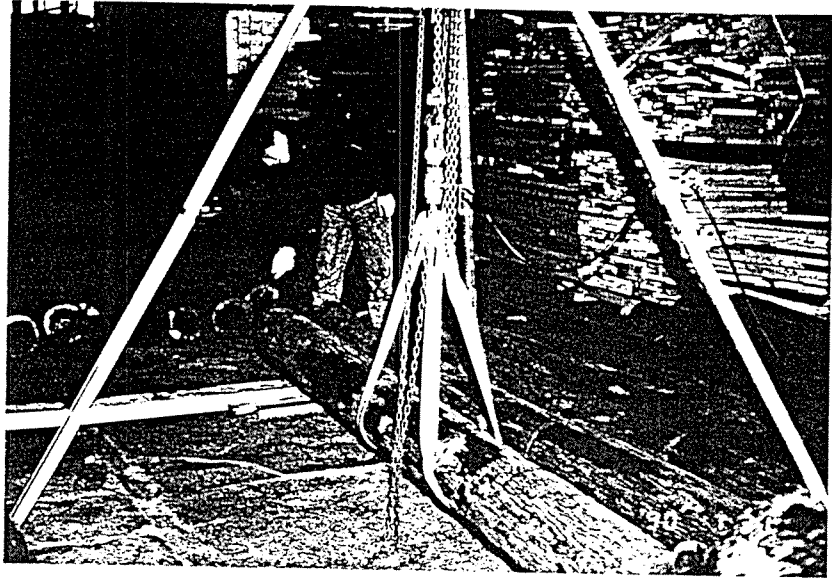


写真1 丸太重量測定

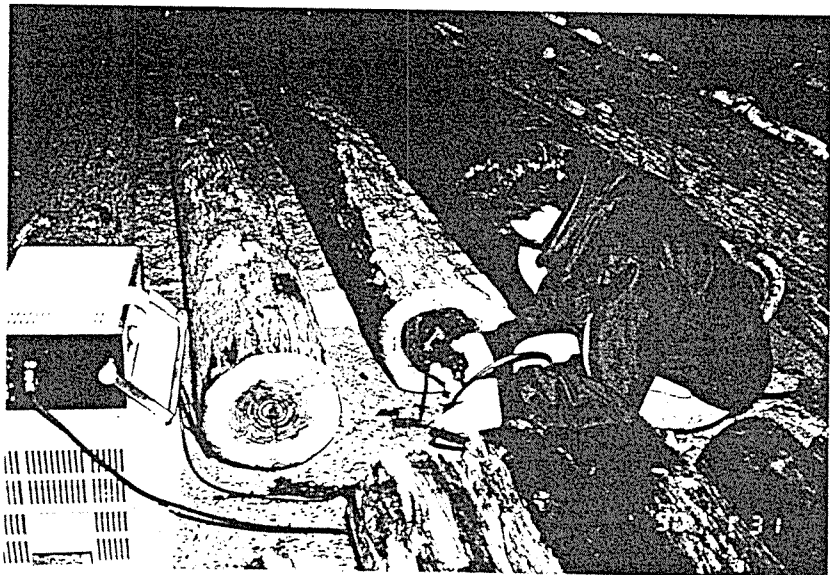


写真2 丸太木口の色差測定

表3-1 45 x 105 mm スギ挽き板用原木の性状

コード	L	d	ARN	SG	Et	コード	L	d	ARN	SG	Et
S01	402	20.9	23	0.92	76.6	S26	409	20.6	30	0.89	73.9
S02	419	20.9	26	0.78	80.6	S07	404	20.8	33	0.87	102.1
S03	404	20.8	29	0.88	88.9	S28	408	22.1	32	0.85	79.5
S04	408	22.2	21	0.84	82.1	S29	405	22.0	33	0.77	86.0
S05	405	21.0	40	0.98	69.1	S30	405	22.2	21	0.94	68.3
S06	406	21.1	25	0.96	92.8	S31	403	21.1	31	0.86	84.3
S07	406	20.9	24	0.87	68.0	S32	406	20.4	29	0.62	86.5
S08	405	20.8	26	0.81	82.9	S33	405	21.0	31	0.78	77.5
S09	427	21.5	28	0.86	78.6	S34	421	21.5	26	0.63	57.3
S10	406	21.7	25	0.87	80.3	S35	423	20.0	27	0.87	53.7
S11	408	22.4	21	0.85	69.1	S36	422	21.0	27	0.79	72.4
S12	405	20.2	27	0.90	82.3	S37	408	19.7	22	0.76	68.4
S13	403	21.5	29	0.79	75.5	S38	403	20.2	33	0.88	82.4
S14	427	21.2	27	0.66	76.4	S39	403	22.0	36	0.74	88.7
S15	404	20.7	33	0.74	81.1	S40	419	21.8	32	0.83	92.7
S16	423	21.8	29	0.80	83.7	S41	407	21.2	28	0.69	66.9
S17	404	21.1	24	0.76	68.9	S42	407	21.2	23	0.88	102.0
S18	411	22.5	27	0.81	80.9	S43	405	22.8	42	0.84	99.1
S19	405	21.0	30	0.92	75.5	S44	407	21.0	20	0.96	79.4
S20	424	23.2	27	0.85	67.7	S45	404	21.5	19	0.88	62.0
S21	405	22.4	45	0.79	80.9	S46	403	21.1	43	0.79	122.8
S22	405	21.6	26	0.85	69.2	S47	430	22.8	27	0.77	63.0
S23	407	21.3	25	0.63	82.8	S48	408	18.8	31	0.89	106.1
S24	404	19.8	37	0.73	68.8	S49	407	21.7	26	0.83	94.3
S25	405	21.3	35	0.84	118.3	S50	403	20.7	32	0.82	96.0

L : 材長 (cm)

SG : 容積重

d : 末口径 (cm)

Et : 打撃音法によるヤング係数 (ton/cm<sup>2</sup>)

ARN: 末口年輪数

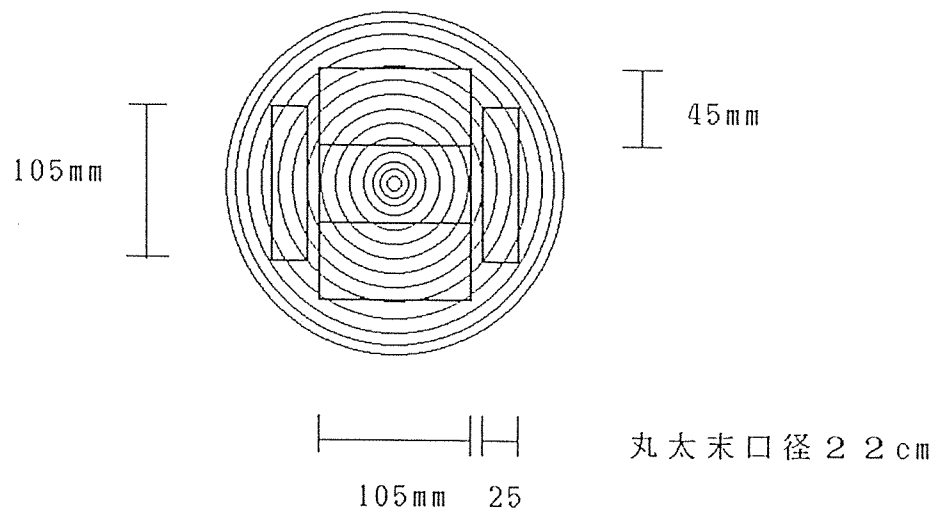


図3-2 挽板の木取り

2:HIKIITD3

2:HIKIITD3

$$Y = A \cdot X + B$$

$$A = 0.928$$

$$B = 0.33$$

$$r = 0.773$$

$$U_{yx} = 10.6727$$

換板のヤング係数

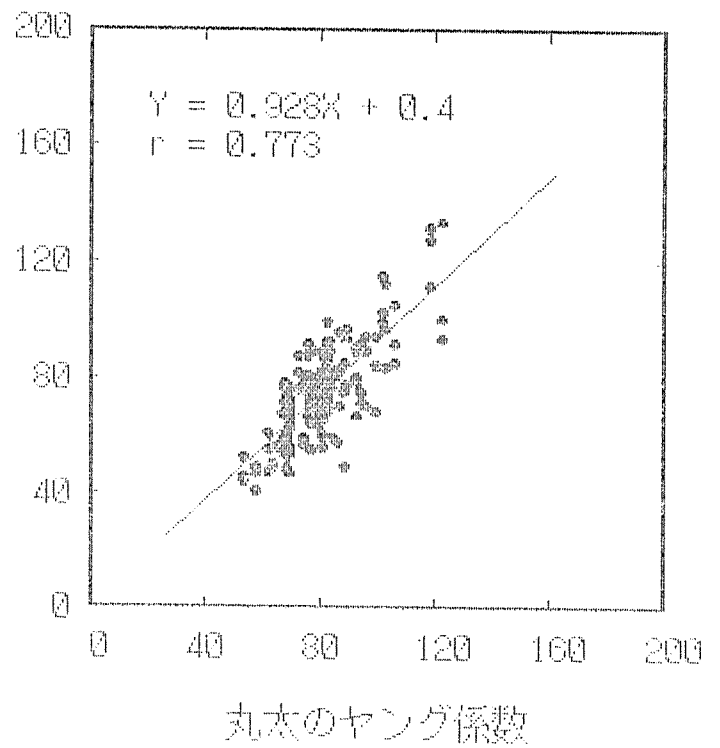


図3-3 丸太のヤング係数と換板（45x105mm）のヤング係数の関係

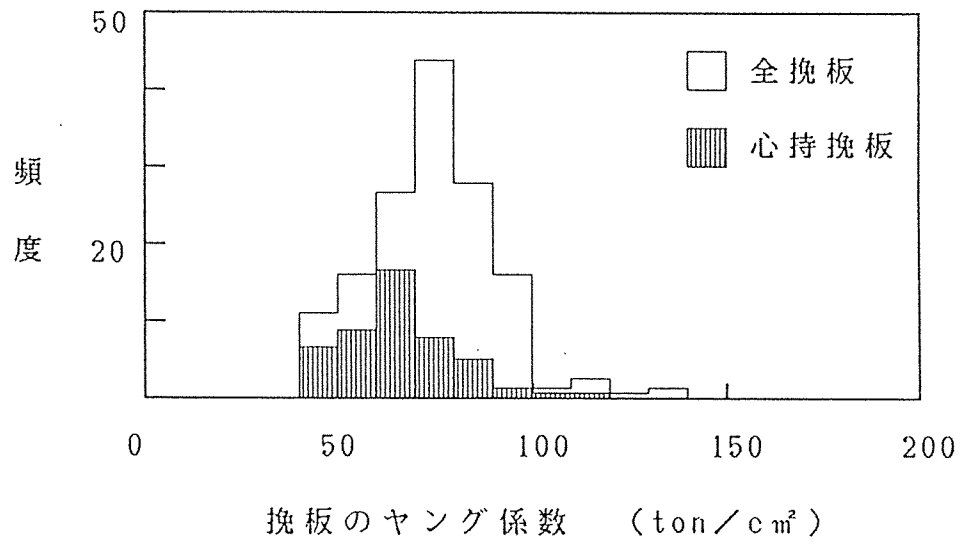


図3-4 挽板のヤング係数の分布

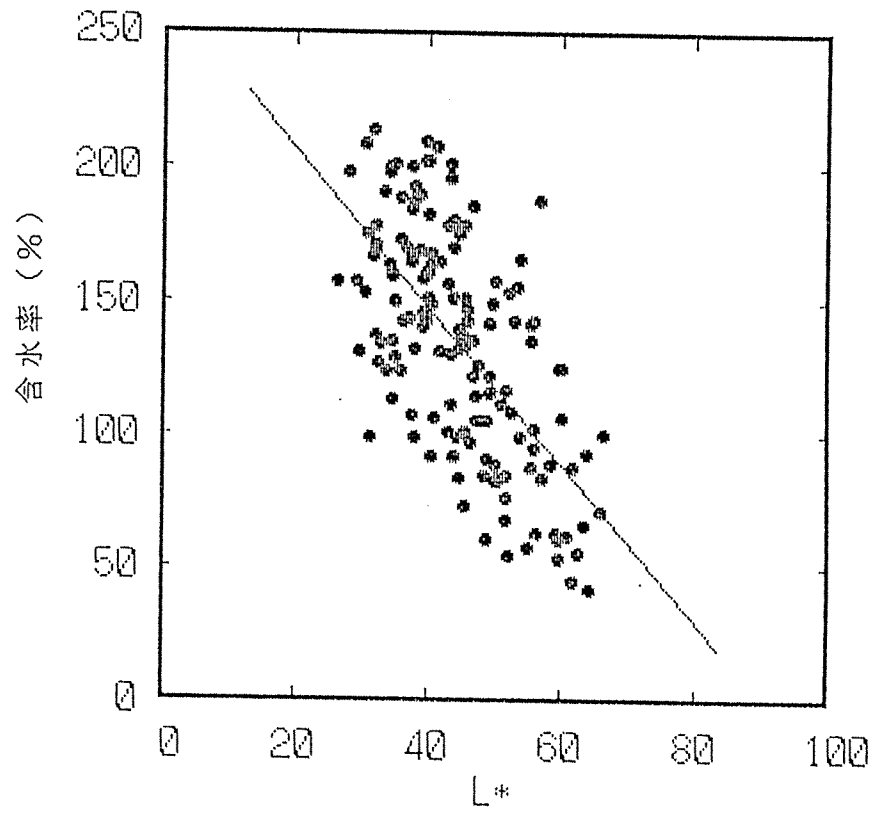


図3-5 材の色差 (L\*値) と容積重より求めた含水率の関係

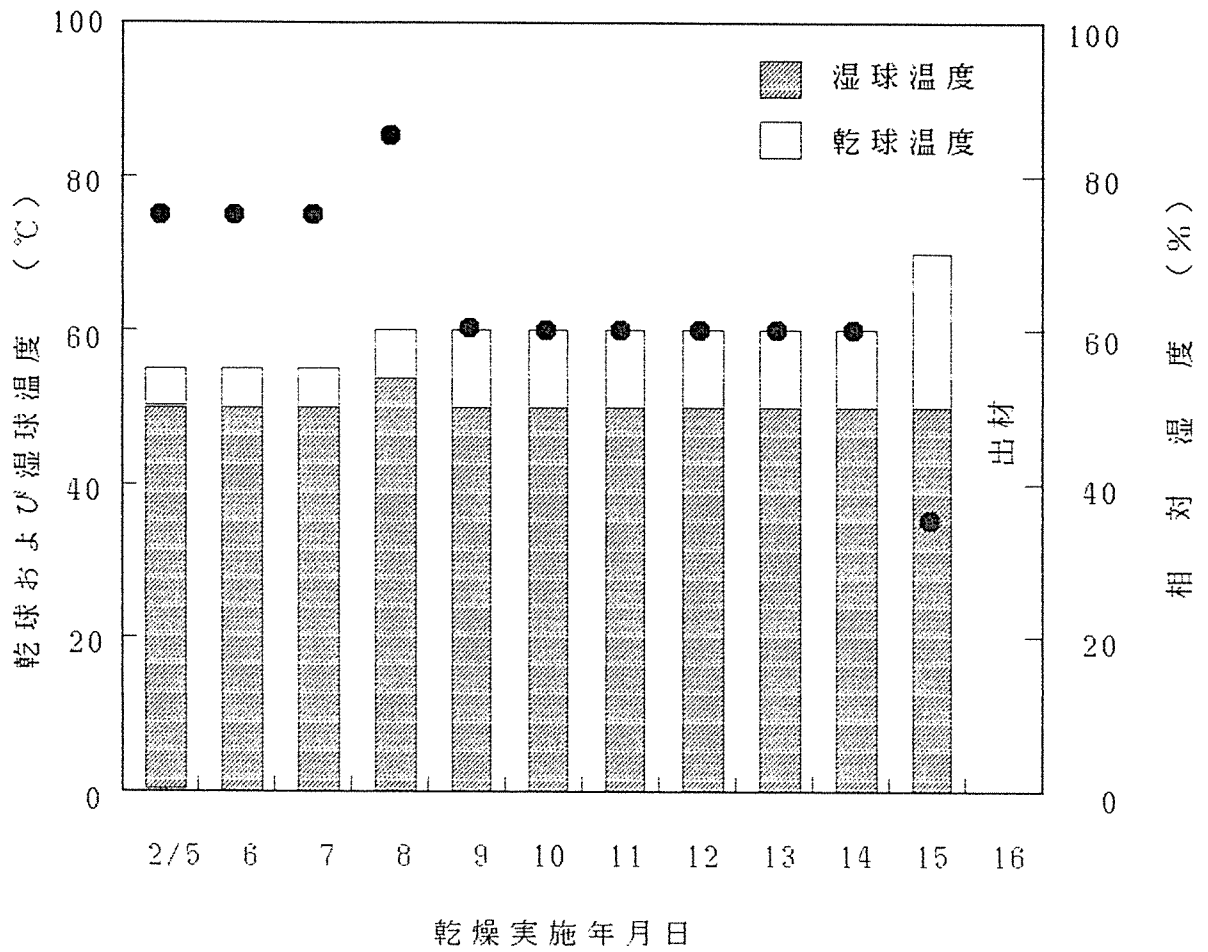


図3-6 スギ挽板の乾燥スケジュール  
 (毎日8時～19時までの間欠運転)

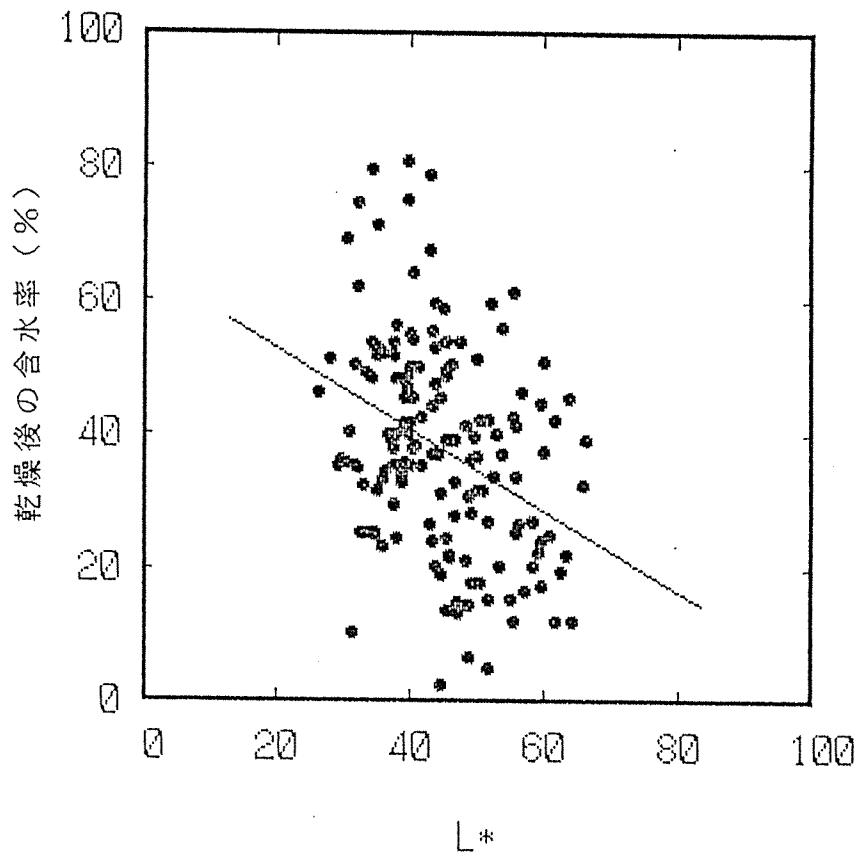


図3-7 製材時のL値と容積重より求めた乾燥後の挽板含水率

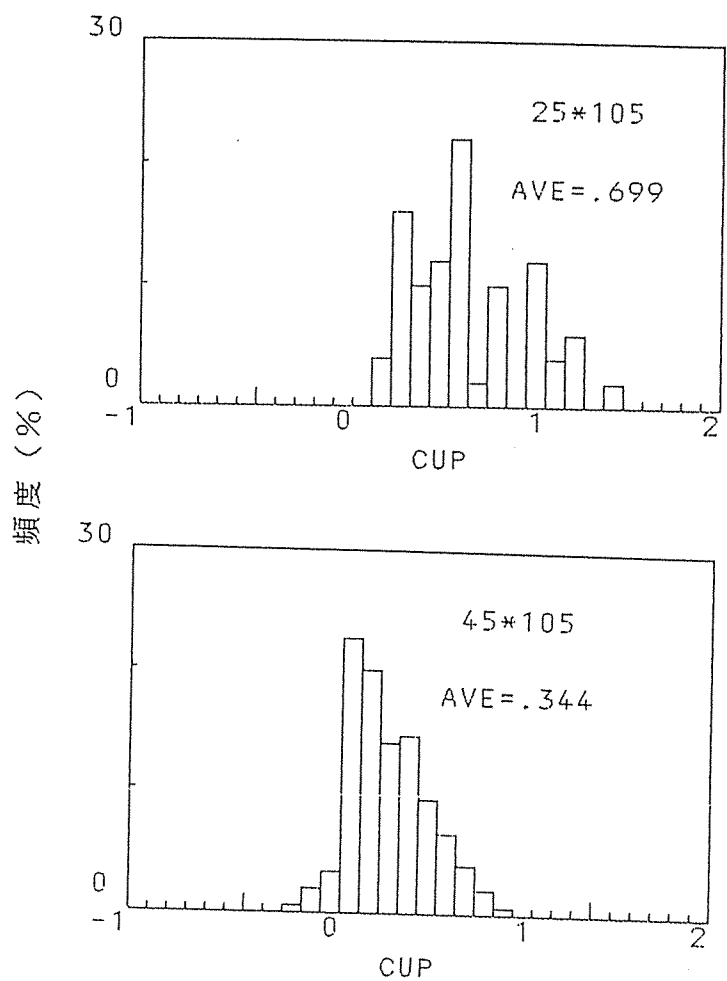


図3-8 乾燥後の挽板のカップ量 (mm)



## 4. 打撃音分析を利用した木材のヤング係数と水分変化の評価の基礎的実験

### 4. 1 はじめに

木材の木口面の打撃音の固有振動数から求めた縦振動ヤング係数は静的な曲げヤング係数と高い相関があり、多くの要素を含んだ比較的大きな実大材でも比較的容易に測定が可能であることが示されている<sup>1) 2) 3) 5) 6)</sup>。とくに、打撃による縦振動の固有周波数はヤング係数と重量に依存しているために、製材時の強度区分と乾燥の管理を組合わせた手法として有効なこともあると考えられる。従来より木材中の水分は含水率で評価され、全乾法によるものが基本であるが、建築部材そのものを計測するには非現実的であり、電気抵抗や誘電率による計測器は慎重な配慮がないと正確さが確保できないことが指摘されてきた。したがってとくに断面の大きい部材では水分分布や形状の大きさからみて、評価が比較的ラフであっても、品質管理の条件によっては十分なことも考えられる。しかしながら実大材における打撃による縦振動のデータは少ないため現場での応用にどのような展開が可能か十分明らかになっていない。本章では各種実大材の打撃による縦振動の固有周波数を計測し、縦振動ヤング係数と静的曲げヤング係数との関係、乾燥に関連する重量減少、さらに現場に適用したときの積積みの影響などの検討を行った。

### 4. 2 供試材および試験方法

供試した材は断面寸法の異なるスギ、ヒノキ、ベイツガの製材品、種々のヤング係数を組合わせた縦継ぎラミナおよびスギ集成材などである。柱材などの一部製材品については含水率の変化をみるために製材直後の生材から重量変化の追跡を行った。

縦振動は材の木口面をハンマーで打撃し、反対側の木口面付近に設置したマイクロフォンで材中を伝播した弾性波をとらえ、FFTアナライザーでスペクトル解析し、基本振動数を求めた。縦振動による固有振動数  $f$  と縦振動ヤング係数  $E_t$  の関係は次式のようなになる。

$$f = 1 / (2 \cdot l) \cdot \sqrt{E_t \cdot g / \rho} \quad \dots \dots (1)$$

$l$  : 長さ、 $g$  : 重力加速度、 $\rho$  : 密度

なお、密度は木材の全乾状態の値でなく水分を含んだ状態のものである。すなわち重量を体積で除したものである。

また、小荷重を中央集中で作用させ、静的曲げヤング係数を測定した。

#### 4. 3 試験結果

##### 4. 3. 1 縦振動ヤング係数 $E_t$ と静的曲げヤング係数 $E_s$ の関係

図4-1は垂木、根太、梁、足場板、たいこ材などの各種断面寸法、含水率の異なった実大材の  $E_t$  と  $E_s$  の関係をまとめて示したものである。広い範囲にわたって高い相関が認められており、製材品については寸法、重量、固有振動数を測定すれば、縦振動ヤング係数から静的曲げヤング係数をかなりの精度で推定できる。

##### 4. 3. 2 試験体寸法の影響

図4-2 は同一材を用いて長さを変化させたときの  $E_t$  と  $E_s$  を比較したものである。 $E_t$  は材長による変化が少ないのに対して、 $E_s$  はスパンの影響をある点から大きく受け、変化の波が明確に認められる。それは曲げ試験では短いスパンでせん断変形の影響を受けることと、短くするときに除去された部分の節などの寄与する比率が大きいためと推測されるがその寄与の定量的な評価については今後検討すべき課題であろう。したがって縦振動ヤング係数は静的曲げヤング係数と異なり、材の寸法が短くても容易にヤング係数を求めることが可能であり、集成材の比較的短い縦継ぎ用のラミナの区分などにも適用できる利点がある。

##### 4. 3. 3 ヤング係数の異なる材の組み合わせの影響

木材は組織的にも一様でなく、とくに実大材は節などを含むヤング係数が異なる組織の集合体である。そのように複合化した材の縦振動ヤング係数はどのような評価を与えるのか、縦継ぎラミナや集成材などを対象とし、実験的な評価の検討した。すなわち(1)ヤング係数の異なるラミナを縦継ぎした直列モデル(2)ヤング係数の異なるラミナを積層した集成材の並列モデルで検討した。

図4-3は2本の部材によって縦継ぎされた材のヤング係数とそれを構成する左右のラミナの個々のヤング係数とそれらを算術平均したヤング係数との関係を示した。

縦の線の上限と下限が左右のラミナのヤング係数を表している。左右平均のヤング係数と縦継ぎラミナのヤング係数の関係の傾きはほぼ1になっている。なお、左右いずれの面を打撃しても固有振動数はほぼ同じ値が得られている。

図4-4 は13層のラミナからなる梁せい30cmのスギ集成材を用い、順次表層のラミナを切り出してラミナ（小丸）と残った部分のヤング係数（大丸）をそれぞれ測定したものである。切り出す前のヤング係数は両者の間に位置しており、占める体積の大きい方に寄っている。そこで体積比で重みづけをして平均値を求めたのが $E_{t,c}$ である。実測値 $E_{t,exp}$ との関係は図4-5のようになり、極端に比重が異なる限り平均的な扱いで実用上は支障がない。

図4-6 は3本の母屋角材を90cm間隔で両面からラグボルトで圧着した複合重ね梁の結果で、接着による集成材と同じように縦振動ヤング係数は構成材の平均値を示している。

以上の結果から縦振動の一次固有振動数から得られるヤング係数は各層のラミナの平均的な値となるので、表層ラミナが一般に剛性が大きい集成材や未成熟材など含む芯持ち材などで、縦振動ヤング係数から曲げヤング係数を直接推定するときには状況に応じたなんらかの調整が必要である。すなわち、そのような材で、縦振動ヤング係数を持ちいるのは一般には安全サイドの評価となるといえよう。

#### 4. 3. 4 含水率の影響

図4-7 は生材、乾燥途中および気乾状態における $E_t$ と $E_s$ の関係を示したものであるが、次のような傾向が認められる。（1）いずれの状態でも $E_t$ と $E_s$ の相関は高いが、乾燥途中が他に比較してやや分布が広がっている。それは乾燥途中では個々の材によって含水率の状況に差異があり、当然それに伴うヤング係数が変動するからであろう。（2）静的ヤング係数の縦ヤング係数に対する比率 $E_s/E_t$ は乾燥に伴い増加する傾向にあり、表面層でのヤング係数の寄与が曲げで大きいことが推測される。

図4-8 は母屋角材の生材に対する乾燥材の関係をそれぞれ $E_t$ と $E_s$ で比較したものであるが、相関は高い。なお乾燥材の全乾法による含水率は求めているが、誘電率および抵抗式の含水率計の指示値で15～20%の範囲である。

表4-1 は各実大材の生材ヤング係数に対する乾燥材の比率を示した。縦振動ヤング係数の方が静的曲げヤング係数よりも含水率低下による増加がやや少ない。

表 4 - 1 各実大材の生材ヤング係数に対する乾燥材ヤング係数の比率

部材名称	寸法 (mm)	$E_{s,dry}/E_{s,wet}$	$E_{t,dry}/E_{t,wet}$	$E_{d,dry}/E_{d,wet}$
Joist	45×45×4000	1.079	1.065	1.047
Lumber	240×37×4000 105×45×4000	1.090	1.071	1.089
Column	90×90×4000	1.123	1.061	1.051
Taiko	80×45×4000 100	1.005	1.018	1.021

$E_{s,dry}$ 、 $E_{s,wet}$ : 静的曲げヤング係数  
 $E_{t,dry}$ 、 $E_{t,wet}$ : 縦振動ヤング係数  
 $E_{d,dry}$ 、 $E_{d,wet}$ : 動的曲げヤング係数

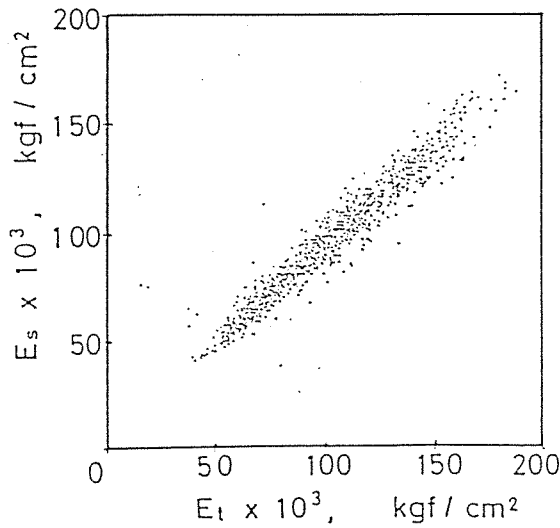


図 4 - 1 縦振動ヤング係数  $E_t$  と静的曲げヤング係数  $E_s$  の関係  
 (垂木、根太、梁、足場板、たいこ材など)

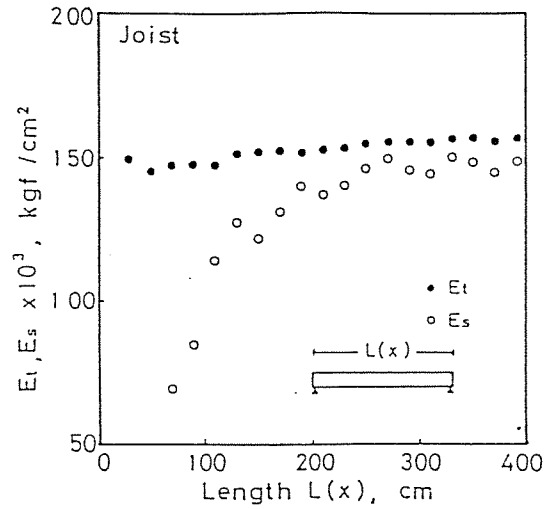


図 4 - 2  $E_t$  と  $E_s$  における同一材の長さの影響  
 (Joist: 45×45×4000)

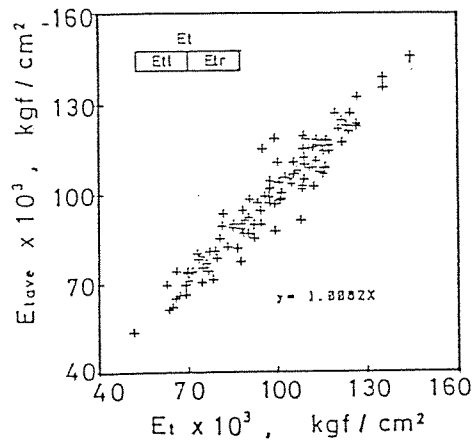
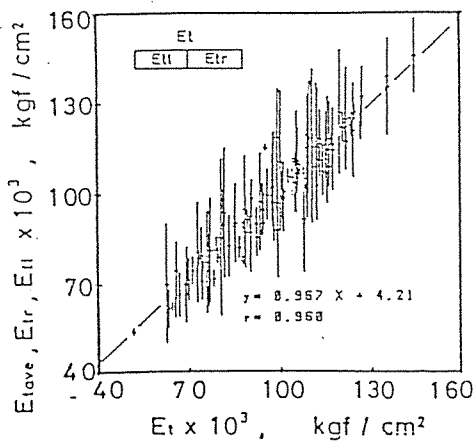
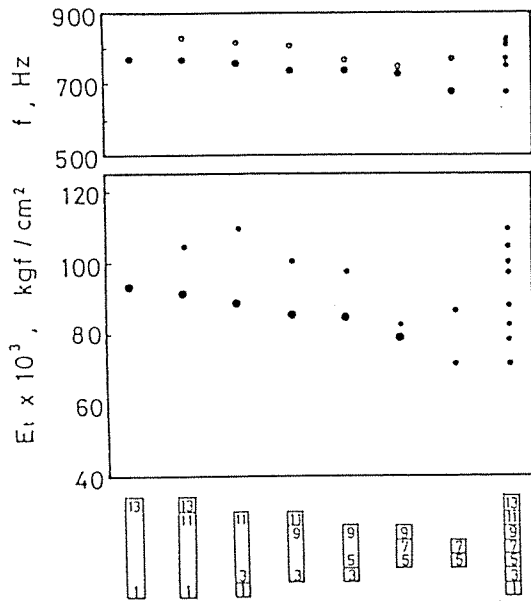


図 4 - 3 縦継材のヤング係数と構成ラミナのヤング係数の関係  
 (Etave: average value of components)



Number of lamination  
 図 4-4 集成材と構成ラミナのヤング係数

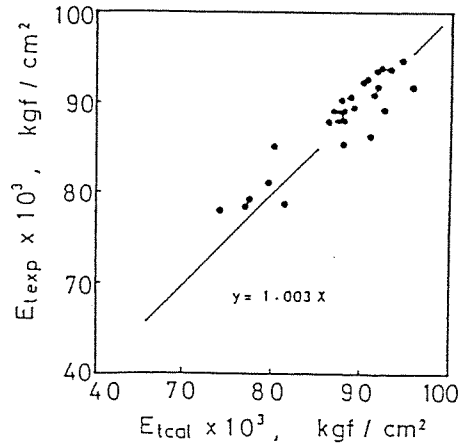


図 4-5 集成材の実測ヤング係数と構成部材から算出されたヤング係数との関係

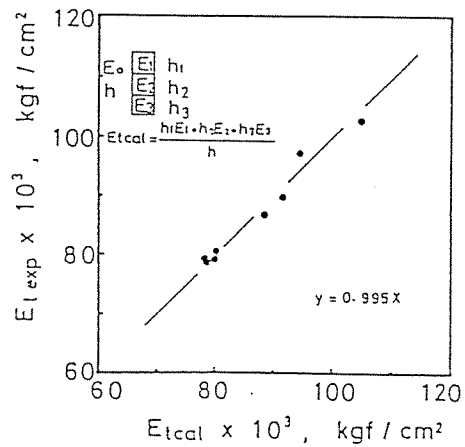
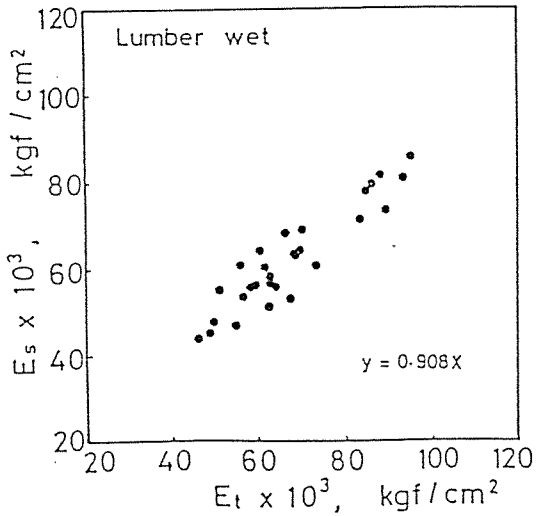


図 4-6 複合重ね梁の実測ヤング係数と構成母屋角材から算出されたヤング係数

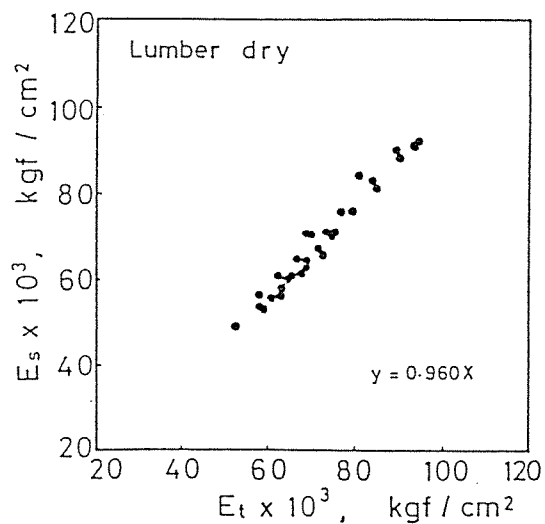
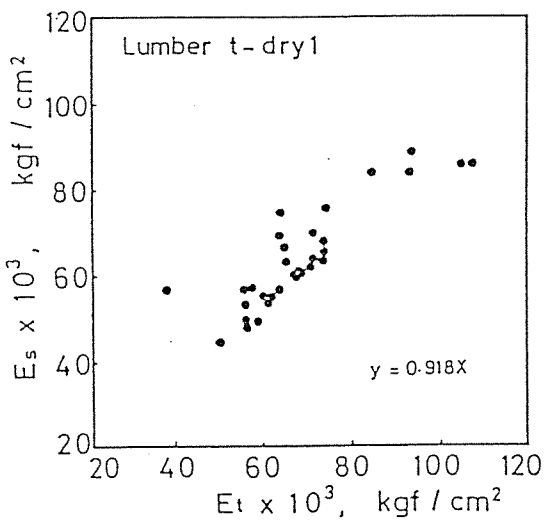


図 4-7 生材、乾燥途中および気乾状態における  $E_t$  と  $E_s$  の関係  
 (wet:) 50%, dry1: 35-50%, dry: 10-17%)

#### 4. 4 打撃音の固有振動数を用いたヤング係数と重量変化の簡易評価

打撃による縦振動でヤング係数を求めるにはすでに述べたように寸法、重量、固有振動数の3条件を測定すればよい。しかしながら現場では計測項目を減らしたいときや、それほど精度を要求しない区分もありうる。すなわち、ある制限された条件下では固有振動数のみで評価できる範囲が示されればよいことがある。そのような可能性について実験例を示す。

図4-9 はディメンションランバー204材の静的曲げヤング係数と固有振動数の関係を示したものである。このように寸法、重量や乾燥状態などがある範囲内にあるときなどは周波数のみでおおざっぱに3区分程度には分類できることを示している。

図4-10 はスギ足場板の生材から気乾になるまでの比重（すなわち、水分を含んだ密度）と縦振動の固有振動数の関係を示したものである。

図4-11 はそれを含水率と固有周波数の関係に書き直したものである。含水率は重量あるいは比重に関連しており、固有周波数の広がりやヤング係数の分布を意味している。このヤング係数の分布を明らかにしておけば周波数から材中の大まかな含水状態が推測できる。また、乾燥前に重量と固有周波数を求めておけば、乾燥過程で変化する固有周波数から水分減少のチェックでき、おおまかな水分管理に使える可能性がある。

#### 4. 5 打撃音の周波数分析によるヤング係数と乾燥を組合わせた計測システム

製材の機械的等級区分はヤング係数を基本にするが、製材直後に打撃音によるヤング係数の計測をしておくことで乾燥経過をモニターできる。図4-12のような簡易な計測システムができる。製材直後に重量計測してヤング係数を求めておくと打撃音の周波数の変化によって重量の変化をとらえることができる。すなわち、表4-1に示したようにある乾燥状態を想定すればそれに伴うヤング係数の上昇を定めることができるので、重量の変化は次式のように固有振動数の変化から算出できることになる<sup>7)</sup>。

$$W_d = k \cdot W_w \cdot (f_w / f_d)^2 \quad \dots \dots \dots (2)$$

$W_d$ 、 $W_w$ ：乾燥および生材の重量、 $k$ ：乾燥材のヤング係数の生材のヤング係数に対する比、 $f_d$ 、 $f_w$ ：乾燥および生材の固有振動数。

図4-13 は在来構法住宅の工場における除湿乾燥されたスギ柱材について、生材時のヤング係数を計測したのちヤング係数の上昇を  $k = 1.05$  と仮定して (2)

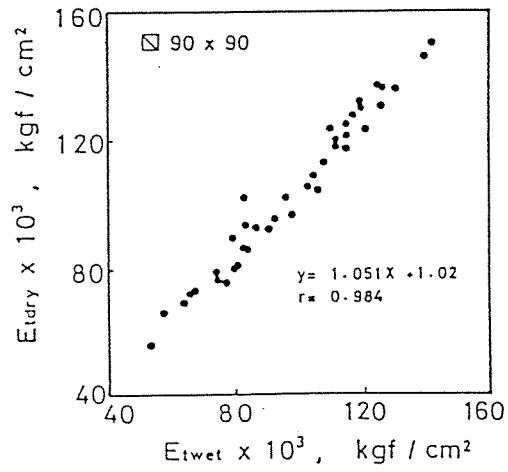
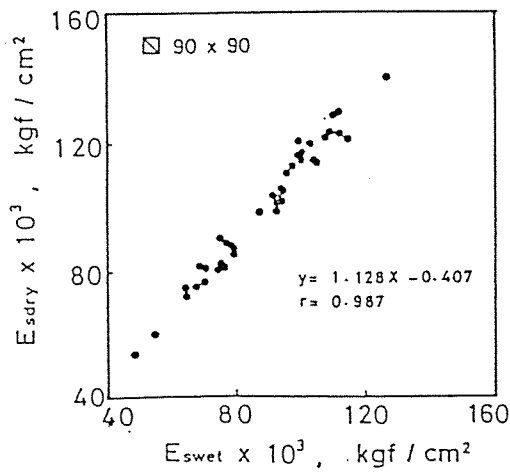


図 4-8 母屋角材の生材に対する乾燥材の関係

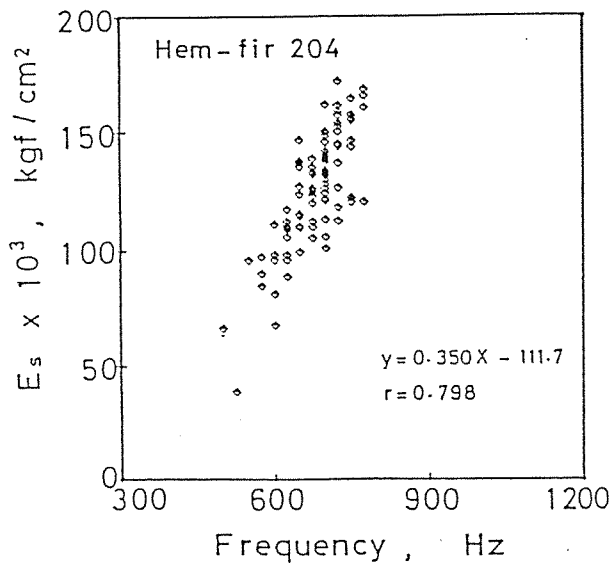


図 4-9 ディメンションランバー 204 材の静的曲げヤング係数と固有振動数の関係

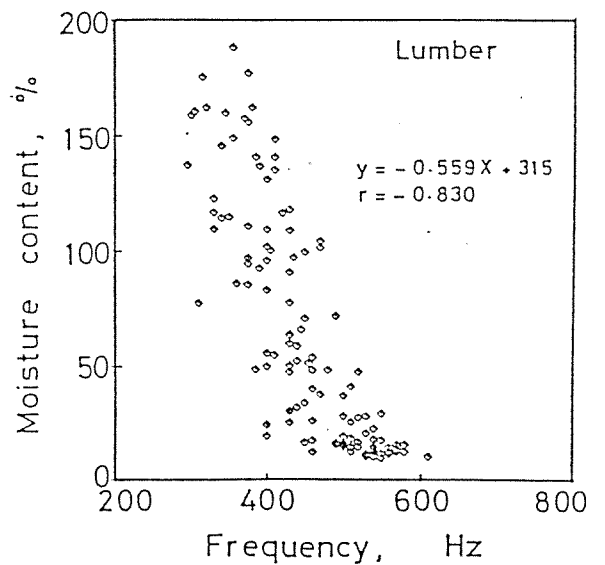
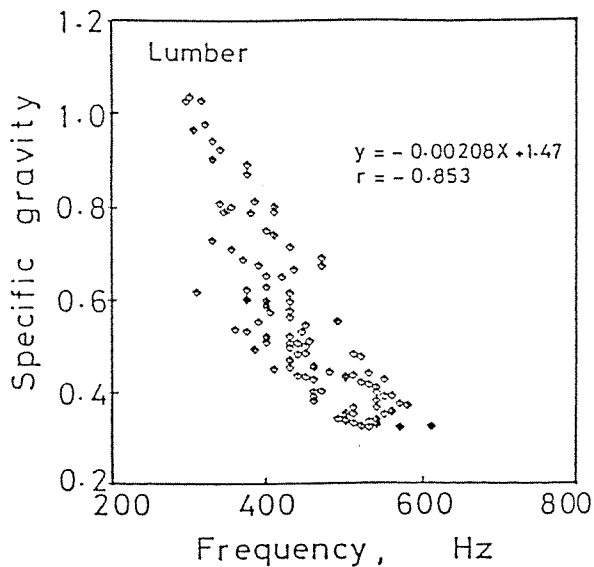


図 4-10 スギ足場板の生材から気乾になるまでの比重と縦振動の固有振動数の関係

図 4-11 含水率と固有周波数の関係

式を用いて周波数から求めた重量の計算値と実測の重量の関係を示したものである。このように経験的に生材と乾燥材のヤング係数の比率を求めておけば比較的正確な評価が可能である。もちろん、もっとラフな評価として安全サイドのヤング係数を設定し、周波数のみによる区分もありえるであろう。

図4-14は製材品などがストックヤードや乾燥室のように棧積みされている状態で周波数を測定したときの振動次数の影響をみたものである。横軸は振動の拘束のない状態で一本ずつ測定したときの固有周波数、縦軸は棧積みされたときの固有周波数で、それぞれ一次、二次、三次の振動次数で比較した。棧積みされたときでも両者の相関は高いが、次数の低い方が高い方よりバラツキが大きくなるので、高次の固有振動数を用いた方が精度がよい。この結果は棧積みの乾燥むらなどの簡易なチェックとして有用性を示している。

#### 4.6 まとめ

木材の木口面を打撃したときに発生した音の固有振動数からヤング係数および重量変化を求め、現場における適用の検討を行った。結果をまとめると次のようになる。

(1) 製材品の打撃音の周波数分析から得られた縦振動ヤング係数は静的曲げヤング係数と断面寸法、含有率などによらず高い相関が認められる。

(2) 縦振動ヤング係数は短い材でもヤング係数の測定が可能で、曲げヤング係数と異なり、スパンと断面寸法の影響が少ない。

(3) 縦振動ヤング係数はその材を構成する要素のヤング係数の平均的な数値になる。

(4) 木材中に含まれる水分は木材実質の重量と同じに扱えるので、重量、寸法、周波数から縦振動ヤング係数が得られる。水分の変動幅や寸法が一定であるようなときには、縦振動の周波数のみで、おおまかな静的曲げヤング係数の区分が可能である。

(5) 棧積みされた状態で測定した縦振動固有振動数は個々に求めたものと比較すると相関は高く、三次のように高次になると差異がほとんどなくなる。

(6) 含水率の変動によるヤング係数の変化が既知のときには固有周波数をはかることによって、水分の減少をある程度推定でき、製材直後のヤング係数の計測と組み合わせた計測システムができると思われる。



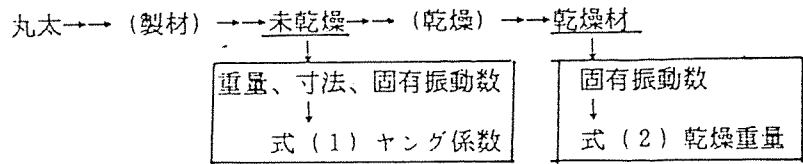


図 4-1-2 打撃音の周波数の変化を用いたヤング係数と乾燥重量計測システム

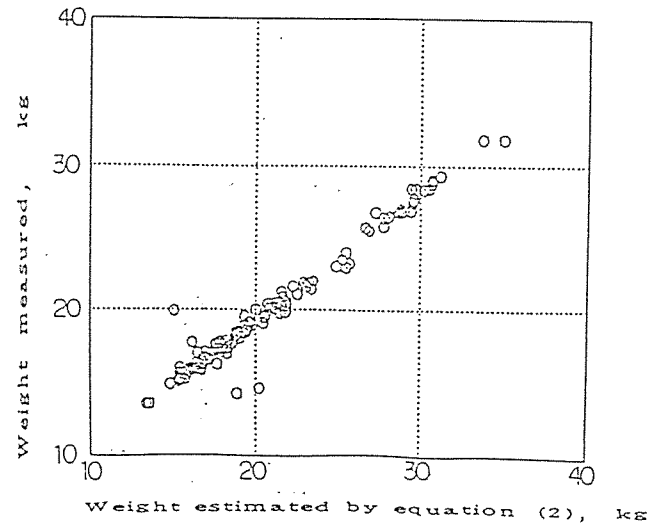


図 4-1-3 スギ柱材の周波数から求めた重量の計算値と実測の重量の関係 (105×105×3000)

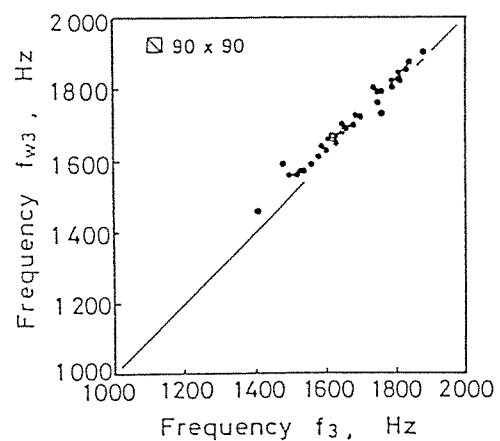
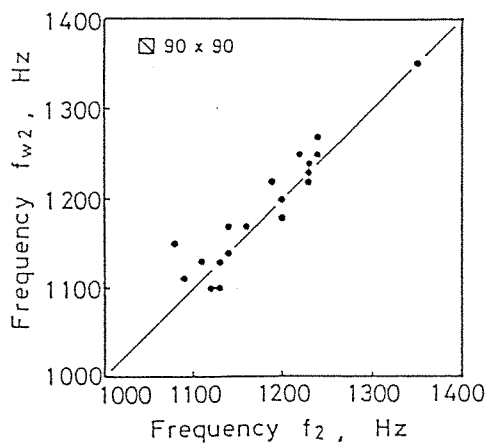
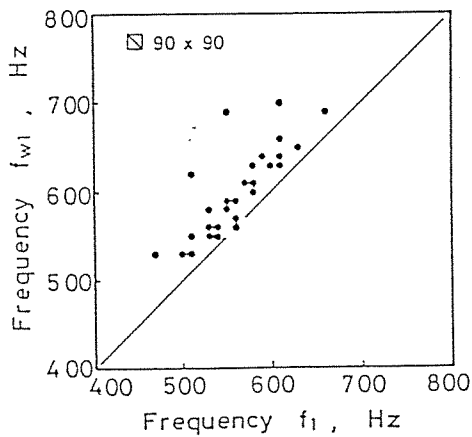


図 4-1-4 振動の拘束のない状態での固有周波数と積み重ねられたときの固有周波数の関係

## 引用文献

- 1) 丸山則義、有馬孝礼、早村俊二：日本木材学会大会要旨集、106 (1987)
- 2) 早村俊二、丸山則義、有馬孝礼：日本木材学会大会要旨集、107 (1987)
- 3) 丸山則義、有馬孝礼：日本建築学会関東支部研究報告集、349～352 (1987)
- 4) 有馬孝礼、丸山則義：日本建築学会関東支部研究報告集、353～356 (1987)
- 5) 祖父江信夫：木材工業、42、415～417 (1987)
- 6) 田中俊成：木材工業、43、68～73 (1988)
- 7) 古沢信、有馬孝礼、中村昇：日本建築学会大会学術講演梗概集、457～458 (1989)

## 5. スギ・ラミナのオープン市場

はじめに

木材の強度は、秋材率とか年輪幅の程度によって判断するものであるとの経験則は、誰もが教えられ継承されてきたところである。ところが秋材率とか年輪幅の程度といっても、同一産地同一樹種でもその現われかたは同一ではないから、文字どおり経験を積重ねるほかなく、マニュアルを作成して学習すれば体得が出来るという具合にはいかない。打撃音を用いた丸太（または製材品）の機械的な強度等級区分は、そのような主観的判断に依存してきた部分を機械的測定に置換えることによって客観性（社会的共通性）をもたせる仕組みにするものだが、そのような測定システムが現場に定着するには、そのシステムを受け入れる現場の経済的、技術的実態に適応したものでなければ、対象とする測定技術が設計（もくろみ）どおりの効果を発揮しないであろう。

そこで、ここでは測定システムのねらいが、現場の経済的、技術的実態に適応した効果を発揮するうえでの、考慮したい問題点を略述する。

### 5.1 背景

西暦 2,000年を想定した木材工業の姿に関するアンケート調査結果をまとめた「森林資源有効活用促進調査事業」報告書（1989年 3月, (財)日本住宅・木材技術センター）によると、1)木材工業の中心を占めてきた製材業、合板工業の将来について悲観的な見方が一般的である。2)国産材（とくにスギ）の供給や利用をめぐる問題についての考え方に、行政と民間の間で大きなギャップがあるとし、期待される分野として集成材工業、部品部材産業及び木質ボード工業などがあげられている。

ここでいうスギをめぐるギャップというのは、供給や利用について行政は積極的、民間は冷淡な評価をしているというもので、このような対照的な傾向自体、わが国木材工業の特異性を理解するうえで一つの鍵を提供しているように思えるが、本題ではないのでふれないでおきたい。

次にこの報告書では、わが国の木材工業が従来とは同じように外材には依存しつづけられず、その一方で成熟しつつある国産材の供給や利用にも冷淡な産業界について、次のように指摘している。「…製材を中心として旧態依然たる供給体制を見直し、将来にわたって効率的かつ安定した体制を作り上げるこ

とであり、他方で、技術革新により新材料、新製品の開発を実現することである。このためには基幹となる切削、乾燥、接着技術の大幅な革新が必要とされる。」(218頁-下)。また集成材工業が期待されるキーワードとして、大規模木造建築の急増、これに伴う大断面集成材などがあげられているが、一方スギの供給、利用に民間は冷淡となると、スギと集成材は「この分野を代表する識者の“勘と経験”」では、木材工業の未来像として結びつかず、浮かび上がってこないことになる。

もっとも、この報告書はアンケート調査結果であり、「関連データから理論的に構築されたものではなく」「未来を理論的に予測すること自体、極めて困難」(222頁-下)とも注釈がついている。

## 5.2 丸太を強度等級区分する意義

数学も物理学も、ましてや力学や金属学も学問として成立していなかった徳川時代に、中国から伝わった2人挽のオガ(大鋸)は広くつかわれたが1人挽のマエビキ(前挽)の普及によって“幻の鋸”に終わってしまった。オガこそ縦鋸へと発展する機構上の原型であったが、どうしたわけかわが国ではマエビキという手前鋸に鋸は統一されてきたのである。しかし外来、在来2種類の縦挽鋸によって、わが国の木材利用は急速にすすみ、木造建築は精巧をきわめるようになった。知恵としての技術の時代である。次の時代は幕末からの外来技術、つまり機械製材が普及する時代で、帯鋸、円鋸が全国的に増加していくが、帯鋸機械の帯鋸は戦前まで輸入鋼に依存していた。伝統技術から様式技術の時代である。そして戦後の学術に裏付けられた技術、科学技術時代にはいるが、この時代の特徴はよく知られるように薄鋸が競って導入された時代である。この背景には原木不足と電力事情があり、つづいて挽材作業中の非鋸断時間の短縮や工場内の搬送作業の省力化、丸太剥皮の機械化などが浸透していくが、生産手段は進歩、発展がみられても加工対象の原木は工業原料化への有効な手段はとられなかったのである。

輸入材時代は製材業にとって生産性とか量産効果を経営内部にビルトインする刺激になった。そのため製材原木も均一、大量、連続という機械生産に適合する形、つまり工業原料の要件を備えて供給されたが、それは製材工場が自らの原木調達機能の一環として行ったのではなく、商社がその主要な機能として原木代金と系列取引を保証させる形で代行したのである。

以上から製材工場が自らの機能として、消費する原木の強度等級区分を担当

することは、あるいはそのような原木の製材工場への供給者は、輸入材における商社機能の一部を、国産材において実現するものといえるであろう。つまり製材過程に投入される原木が強度等級区分されているということは、強度という工業材料にとって不可欠な均一性の一部を満足させる手段と評価ができるからである。

### 5.3 原料調達組織化・計画化の条件

工場生産によって製品がつくられるときには、まづ設計からスタートする。原料や部品の調達、製造、検査、出荷などという過程を通して商品化するが、新材料、新製品の場合はいかに設計が優れていても、設計どおりの製品をつくれないうのがつねである。原料が悪かったり組織的、計画的に調達ができなかったり、製作・加工・組立などの過程が設計どおりにすすまないと、よい製品はつukれない。つまりここでは原料調達の仕組みと製造の技術水準が総合されて、初めて設計どおりの製品化が実現するのである。

いかなる産業分野でも、新材料、新製品の生産は、その産業が保有する技術水準できまるのではなく、むしろ最も低いところできまり、次第に改良が加えられて高い水準に達するのである。しかも自然の有機的生産に依存する木材、小規模分散性を特徴とするわが国の木材生産は、原料調達の組織化、計画化の条件をつくるのが、前提になる。この視点から本項でいうスギ構造用集成材のラミナを調達する一つの条件として、ラミナの自由取引ができるオープン市場が考えられる。

### 5.4 ラミナのオープン市場

わが国で流通している製材品は、丸太が製材過程に投入された段階で構造用と造作用に分けられ、用途によって木取寸法がきまっており、断面寸法は多岐にわたっている。したがって製材過程から出た製材品は用途変更が難しく、その程度は寸法が小になるほど増加する。

そのため断面寸法の整理はつねに指摘されているが、その実現は容易ではない。そこで第一段階としては市場流通品と互換性のあるラミナ寸法を定め、強度等級区分が表示されたラミナが入手しやすい市場を形成していく必要がある。つまりスギをはじめとしたラミナのオープン市場である。

ここでいうオープン市場とは、現物取引の「場」としての市場（いちば）を

指すのではなく、売手と買手によって取引が成立し、価格が形成される市場機能を内容としている。集成材にとってラミナは主要な原材料であるので、その供給や調達が自由な競争の展開できる市場が存在することによって、品質・性能の向上やコストダウンが実現する方向へと近づくのである。しかも構造用集成材といいながらも、既成観念に捉われない多様な用途をターゲットにした製品開発は可能であり、製造からマーケティングの手法も画一性に捉われないならば、集成材そのものの市場拡大にも期待がかけられるであろう。