

# 公共建築部材製造方法の手引き

－ 品質・性能の確保された構造用製材を供給するために －



地方独立行政法人青森県産業技術センター林業研究所

令和元年(2019年)7月

# この資料について

---

## <目的>

公共建築物に使う木材は、官庁営繕事業における統一的な基準として位置づけられる「公共建築木造工事標準仕様書」の規定により、日本農林規格（JAS）に基づく材料を標準とし、品質・性能が明確である木材を使うこととされています。

このため、木材の製造者には、適切な品質管理や検査への対応が求められ、構造用製材においては、強度や含水率などの基準を満たすことが必要となります。また、多様なサイズ、特に断面寸法・材長の大きな材が必要とされる場合や、供給する製品の量が多い場合があり、一般住宅への木材供給に比べて対応の難しさがあります。

そこで、青森県内でスギやアカマツなどの県産材を生産・供給する事業者に向けて、公共建築物に使う構造用製材を製造するときの強度や乾燥、品質管理などの技術的な情報を提供するため、本手引きを作成しました。

本手引きの利用は、主に、木材加工部門を持つ森林組合をはじめとする製材事業者への技術普及のために使うことを想定しています。

## <内容・構成>

内容は、製材に適用される基準や品質管理、効率的に製造するために有効と考えられる強度選別や乾燥の方法、大断面・長尺材の製造及び強度に関する情報について、既存の文献等を参考にしながら、当研究所が調査・研究したことをまとめています。

構成は、目次にある項目毎に、技術等のポイントとその補足説明を記載し、続いて、その技術等に参考となる図表やデータなどの情報を掲載しています。

## <留意事項>

本手引きでは、技術等のポイントを掲載していますが、品質・性能における基準や管理方法、検査方法は、個別の建築物件によって異なりますので、実際の受注案件に際しては、設計監理者や工事施工者等と協議しながら進めるようお願いいたします。

また、木材の強度は、丸太の材質や挽き方、乾燥状態などの条件によっても異なるため、強度選別の方法や大断面・長尺材の強度特性については、さらにデータの蓄積が必要と考えています。このため、特に数値の判断に当たっては十分注意していただき、疑問がある場合は、当研究所に相談していただくようお願いいたします。

そのほか、内容に関して疑問などお気づきの点がございましたら、当研究所までお問い合わせください。

公共建築物の材料として品質・性能が明確で、信頼性の高い県産材製品を供給していくために、本手引きを参考にいただければ幸いです。

# 目次

	ページ
1 公共建築で求められる品質と性能	3～4
2 製造工程と品質管理	5～8
3 強度選別技術	9～18
4 乾燥技術	19～24
5 大断面・長尺材の情報	25～29
参考文献	30



県産材の構造用製材が多く使われた八戸市立西白山台小学校

## <県内製材工場におけるJAS規格材の供給について>

青森県内の製材工場では、現時点で、目視等級区分や人工乾燥の認定工場はありますが、機械等級区分の認定工場はありません。このため、機械等級区分材を供給することはできません。しかし、曲げヤング係数の測定等により機械等級区分材と同じように強度等級E〇〇に相当する製品を製造することはできます。この場合、械等級区分材に相当する材としての品質管理が必要となります。本手引きの内容は、このような材（強度管理材）の製造を想定して作成しています。

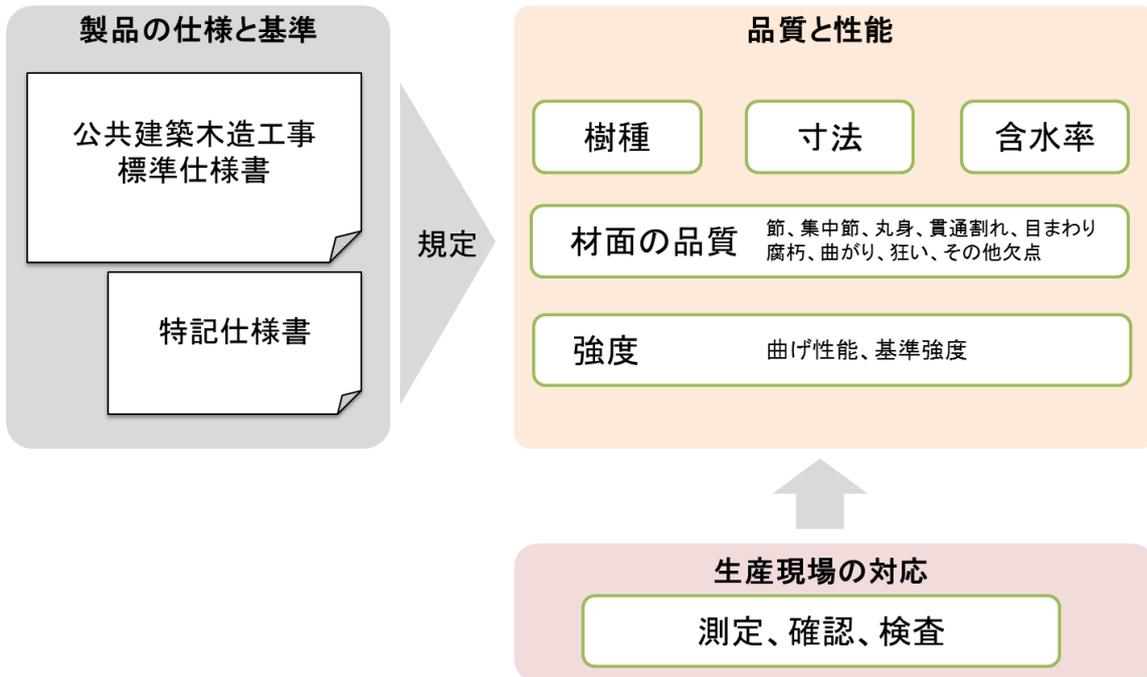
# 1 公共建築で求められる品質と性能

- ◆ 公共建築では、「公共建築木造工事標準仕様書」の規定により、製材 J A S を標準とし、目視等級または機械等級の品質と性能が求められます。
- ◆ 品質では、材面の品質（節、丸身、貫通割れ、曲がり等）、含水率、寸法等についての管理が求められます。
- ◆ 性能では、曲げヤング係数を基準とした強度等級や、基準強度を満たすことの確認が求められます。

## 《説明》

- 公共建築では、標準的な仕様を取りまとめた「公共建築木造工事標準仕様書」（以下、「木造標準仕様書」という。）が統一的な基準として用いられています。
- 木造標準仕様書には、「製材の日本農林規格」（以下、「製材 J A S」という。）の「目視等級区分構造用製材」、「機械等級区分構造用製材」、「広葉樹製材」のほか、製材 J A S 以外のものとして「無等級材」が規定され、その適用は特記によるものとされています。
- 品質は、製材 J A S の規格として、材面の品質、含水率、寸法等が定められています。
- 性能は、製材 J A S の機械等級区分構造用製材において、曲げヤング係数を基準とした強度等級が曲げ性能として定められています。
- 基準強度は、「木材の基準強度  $F_c$ 、 $F_t$ 、 $F_b$  及び  $F_s$  を定める件」（平成 12 年 5 月 31 日 建設省告示第 1452 号）において、目視等級区分材、機械等級区分材、無等級材ごとに定められています。

## 品質・性能の規定



## 強度等級（製材 J A S の機械等級区分）の基準

等級	曲げヤング係数 (GPa または kN/mm <sup>2</sup> )	
E50	3.9以上	5.9未満
E70	5.9以上	7.8未満
E90	7.8以上	9.8未満
E110	9.8以上	11.8未満
E130	11.8以上	13.7未満
E150	13.7以上	

## 2 製造工程と品質管理

---

- ◆ 製材工場では、原木（丸太）の受け入れから製材、乾燥、仕上げ、検査、出荷までの各工程をフロー図等で管理します。
- ◆ 建築工事における設計監理者、工事施工者、木材供給者（商社・販売店等）と、設計内容（木材の使われ方、仕様）、納品場所、納期、検査方法、提出書類について確認して進める必要があります。
- ◆ 提出書類では、品質管理が適切に行われたことを示す記録とともに出荷証明書を提出する必要があります。

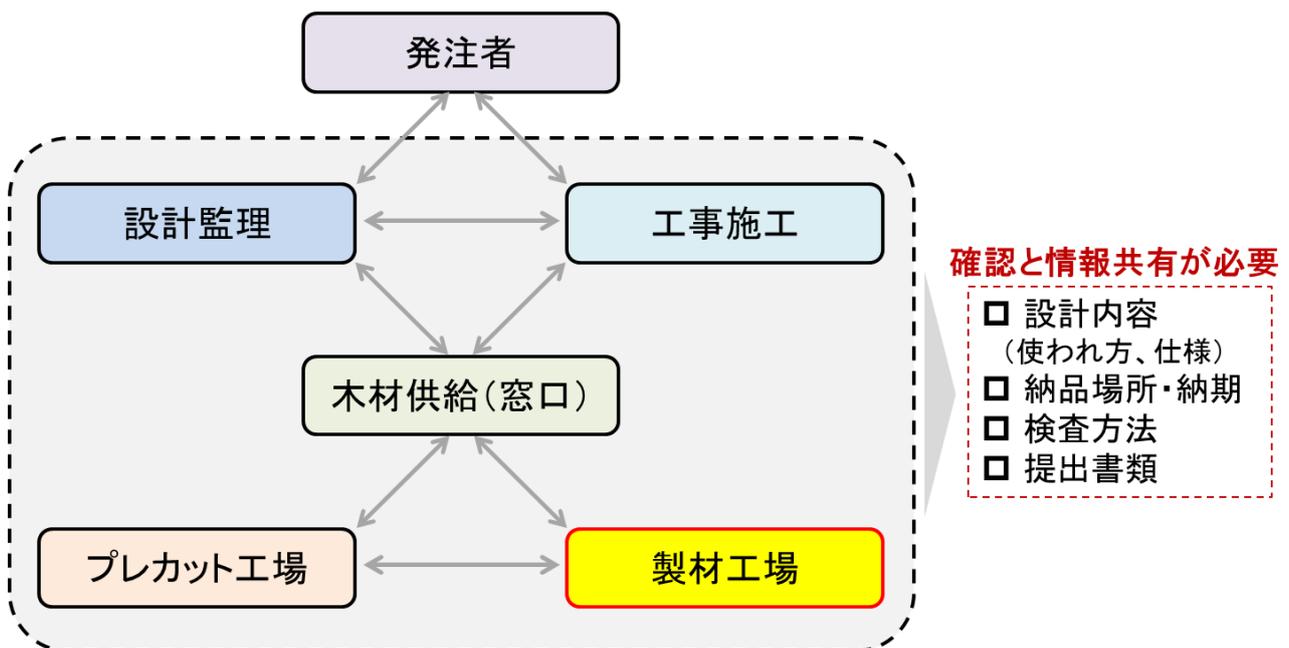
### 《説明》

- 木造標準仕様書では、木材の品質、出荷量等を記録した出荷証明書を工事施工者が発注者（監督職員）に提出することになっています。
- 出荷証明書は、製造元である製材工場が作成し、木材供給者（商社・販売店等）を通して工事施工者に提出されます。
- 品質管理の記録として、出荷材のうち主要な構造材の全数について、寸法、含水率、縦振動ヤング係数などの測定記録の提出を求められる場合があります。
- 木造標準仕様書では、無等級材のうち特記で求める対象部材について、「加工前に縦振動ヤング係数を測定し、基準強度を満たしていることを確認し、報告書を監督職員に提出する」こととなっています。

## 製造工程



## 施工体制



## 検査方法（製材工場の自主検査）

材面の品質	<ul style="list-style-type: none"> <li>● JAS目視等級区分構造用製材の規格による。</li> <li>● 原則、全数を検査する。</li> </ul>
強度等級 (ヤング係数)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 機械等級区分装置(グレーディングマシン)または縦振動法(打撃音法)によるヤング係数(縦振動ヤング係数)を測定する。</li> <li>● 横架材等の主要な構造材については、原則、全数を検査する。</li> <li>● 設計(特記仕様書、木材調書)で示された強度等級以上のものが合格となるが、縦振動ヤング係数は曲げヤング係数より高めに出ることがあるので、その差を考慮して、現場の判断基準を高めにして合否を判断する。</li> </ul>
含水率	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 測定は、携帯型の含水率計(公益財団法人日本住宅・木材センター認定品)、据付け型のマイクロ波含水率計を用いて行う。</li> <li>● 横架材等の主要な構造材については、原則、全数を検査する。</li> <li>● 設計(特記仕様書、木材調書)で示された含水率を満たすもの(例えば20%以下)が合格となる。</li> </ul>

※検査の内容は、設計監理者、工事施工者等と協議して決める必要があります。

## 検査方法（施工者等による受入れ検査）

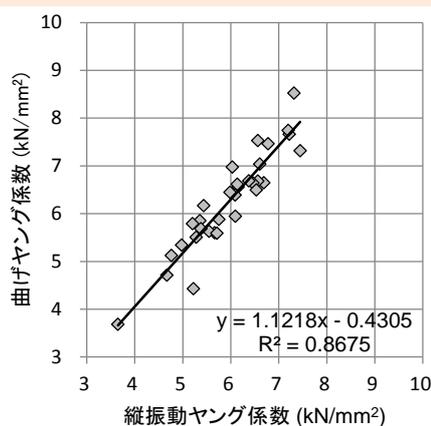
目視・寸法確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 目視で材面の品質を確認する。</li> <li>● 検尺で寸法を確認する。</li> </ul>
強度等級 (ヤング係数)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 自主検査の記録表(全数)から、検査する材を選んで(抜き取りして)測定する。</li> <li>● 測定は、機械等級区分装置(グレーディングマシン)または縦振動法(打撃音法)による。</li> <li>● 必要に応じて、曲げ破壊試験を抽出で行う。試験本数は、材種や産地(ロット)を考慮し、例えばロット当たり3本のように決める。</li> <li>● 曲げ破壊試験では、縦振動ヤング係数と曲げヤング係数の相関、曲げ強さ(基準強度以上か)を確認する。</li> <li>● 曲げ破壊試験は、青森県産業技術センター林業研究所で行うことができる。</li> </ul>
含水率	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 自主検査の記録表(全数)から、検査する材を選んで(抜き取りして)測定する。</li> <li>● 測定は、携帯型の含水率計(公益財団法人日本住宅・木材センター認定品)を用いて行う。</li> <li>● 曲げ破壊試験を行った場合、破壊後に測定する全乾法による含水率との相関を確認する。</li> </ul>

※検査の内容は、設計監理者、工事施工者等と協議して決める必要があります。

## 縦振動ヤング係数による強度等級の推定

- 強度等級の基準は曲げ試験による曲げヤング係数ですが、非破壊で簡便な縦振動ヤング係数から曲げヤング係数を推定して強度等級を推定することができます。  
※この場合の強度等級は、あくまで推定したものであって、基準に従って算出されたものにはなりません。
- その推定は、曲げヤング係数が縦振動ヤング係数と高い相関性があることを利用するものです。相関性の例を下図に示します。
- この相関性は、樹種、材種、産地などで異なりますので、推定の判断にあたっては林業研究所にご相談ください。

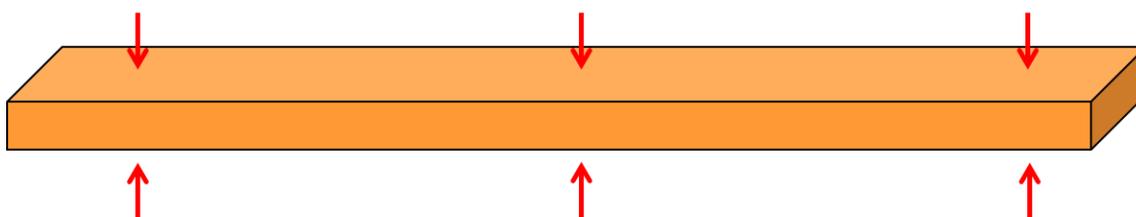
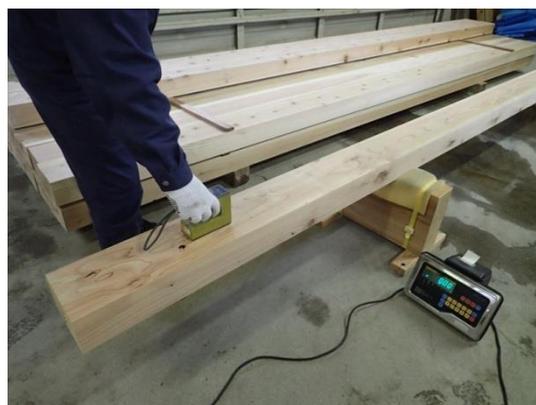
縦振動ヤング係数と曲げヤング係数の相関性の例



《データ》  
スギ 心持ち材 32本  
断面 120×300~360mm 材長 6~7m

## 携帯型の含水率計による測定方法

- 測定箇所は、1本の製材につき異なる2面について、両木口から30cm以上離れた2か所と中央部1か所の計6か所とし、含水率は、6か所の平均値とします。
- 異なる2面の取り方は、材幅面と材せい面、あるいは、心去り材の場合に木表側と木裏側を取ります。
- 含水率計の当て方は、節を避けて、しっかりと材面に押し付けるようにします。



### 3 強度選別技術

---

- ◆ 強度選別技術は、建築設計で求められる強度等級を満たす製品を効率的に製造するための技術です。
- ◆ その方法は、丸太段階や製材過程で縦振動ヤング係数を測定し、強度の高いものを選別していくものです。
- ◆ 強度選別をすることにより、出荷時の検査で強度不足による不合格品の出るリスクを軽減し、見通しを立てながら製材作業を進めることができます。

#### 《説明》

- 製材品は丸太の材質を反映して強度にバラツキがあるため、製材した後に実際に測定してみなければ、設計で求められる強度等級があるかどうか分かりません。このため、製材工場では、製品検査で強度不足による不合格品（製品ロス）が出るリスクがあります。
- 強度選別は、強度の指標となる動的ヤング係数（縦振動ヤング係数）が丸太と製材後の製品の間で正の相関があるという既知の知見を利用し、丸太段階や製材後の工程（粗挽き後の生材、乾燥後）で縦振動ヤング係数を測定し、強度の高い材を選んで（弱い材を除外して）、次の工程に進めるものです。
- 林業研究所では、実際の公共建築物案件で製材工場が対応した現場において、強度選別技術の方法を検討しながら、効果を実証しました。

## 強度選別の方法（概要）

### 丸太段階の選別

- ◆丸太を簡易強度測定器で測定。
- ◆縦振動ヤング係数の高いものを大まかに選別する。

### 製材過程の選別

- ◆生材や乾燥材を縦振動法で測定。
- ◆仕上がり材の縦振動ヤング係数を予測して選別する。

目標とする強度等級を持つ製材品

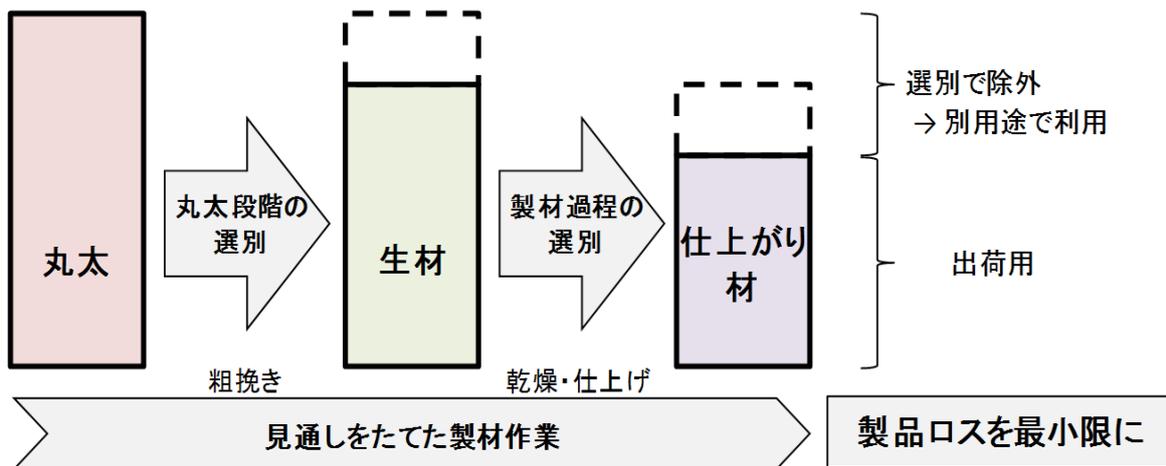


簡易強度測定器（エーティーエー社製の「簡易型原木強度検査器HG-2020」）



縦振動法による測定

## 強度選別の効果



## 強度の指標

### 曲げ強さ (曲げ強度)

- 外力(荷重)に対する最大応力(破壊加重)から計算
- 単位  $\text{N}/\text{mm}^2$  または $\text{MPa}$

### ヤング係数 (ヤング率、弾性係数)

- 変形しにくさを表す
- 単位  $\text{kN}/\text{mm}^2$  または $\text{GPa}$

### 曲げヤング係数

- 曲げ試験で測定
- JAS機械等級の基準

### 動的ヤング係数

- 縦振動法で測定  
→ **縦振動ヤング係数**

曲げ強さ～曲げヤング係数～動的ヤング係数には正の相関がある

## 縦振動法 (打撃音法)



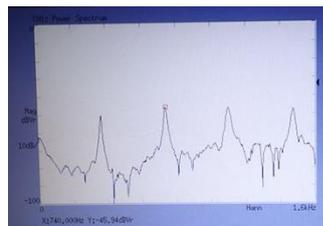
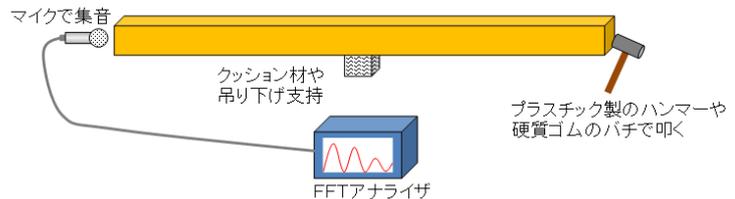
丸太の測定状況



製材品の測定状況

### <手順>

- ①寸法、重量を測定
- ②ハンマーで木口を打撃
- ③FFTアナライザを使用して打撃音から固有振動数を測定
- ④計算式で縦振動ヤング係数を算出



FFTアナライザが捉えた振動数の波形

### <計算式>

縦振動ヤング係数  $E_{\text{r}} = (2f_n l / n)^2 \rho$  ( $\text{kN}/\text{mm}^2$ )

$f_n$  : 固有振動数 (共振周波数) (Hz)

$l$  : 試験体の長さ (m)

$n$  : 振動モードの次数

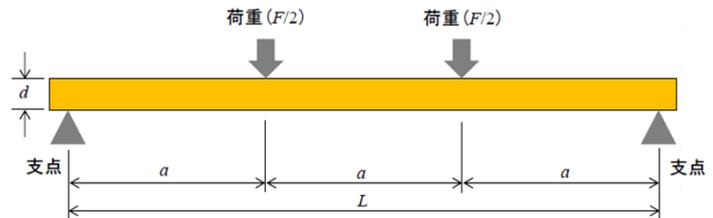
$\rho$  : 材の密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

## 曲げ試験（実大木材試験機）



試験体の設置状況

- 荷重を加えたときのたわみ量を測定し、曲げヤング係数を求める。
- 破壊時の荷重から曲げ強さを求める。



たわみ量を測定する変位計

### <計算式>

曲げヤング係数  $E_m = a \Delta F (3L^2 - 4a^2) / (48I \Delta w)$  (kN/mm<sup>2</sup> または GPa)

$L$  : スパン (mm)

$a$  : 支点-荷重点間の距離 (mm)

$d$  : 試験体の梁せい (長辺寸法) (mm)

$I$  : 断面2次モーメント  $bd^3/12$   $b$  : 試験体の短辺寸法

$\Delta F$  : 荷重変形曲線の直線部分の荷重の増分 (kN)

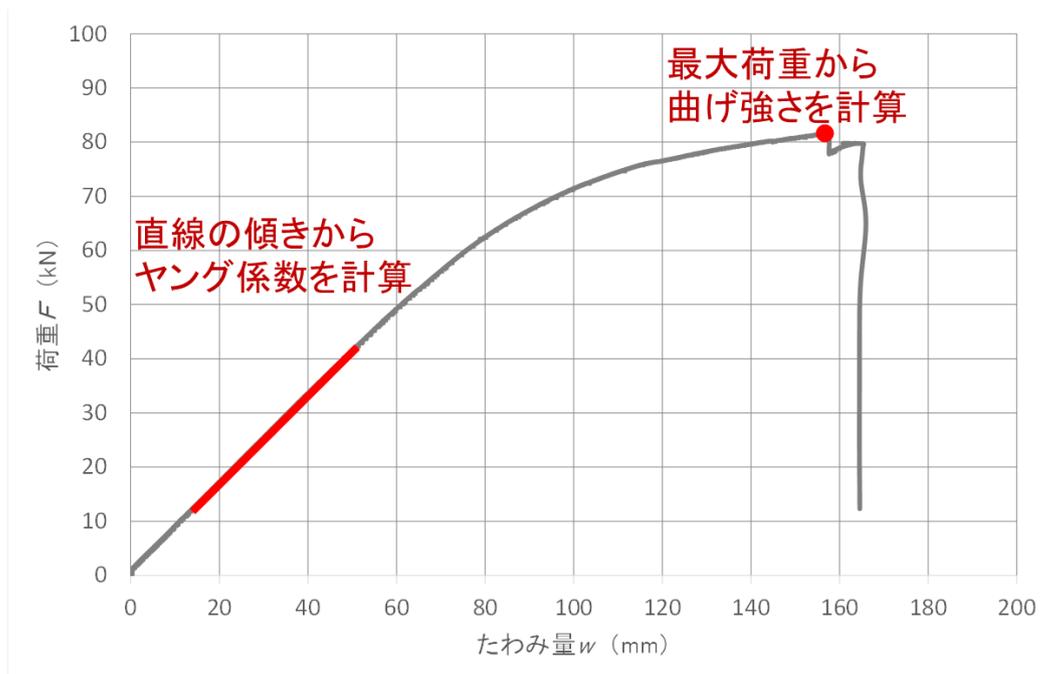
$\Delta w$  :  $\Delta F$  に対応する変形の増分 (mm)

曲げ強さ  $f_m = a F_{ult} / 2Z$  (N/mm<sup>2</sup> または MPa)

$F_{ult}$  : 最大荷重 (kN)

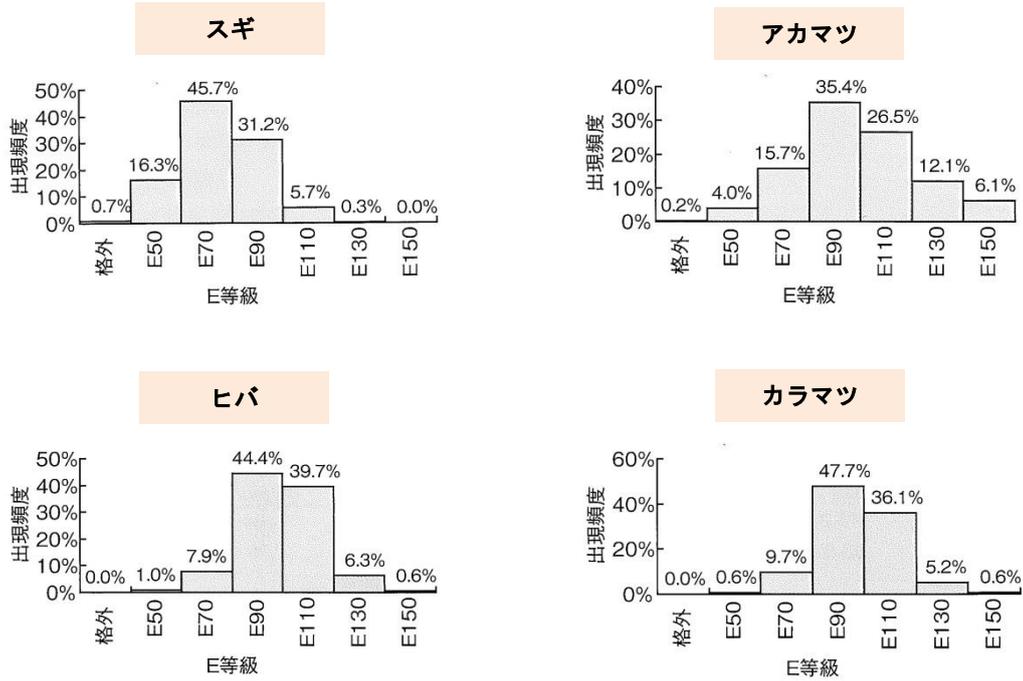
$Z$  : 断面係数  $bd^2/6$   $b$  : 試験体の短辺寸法

## 試験データ例（荷重—たわみ量）



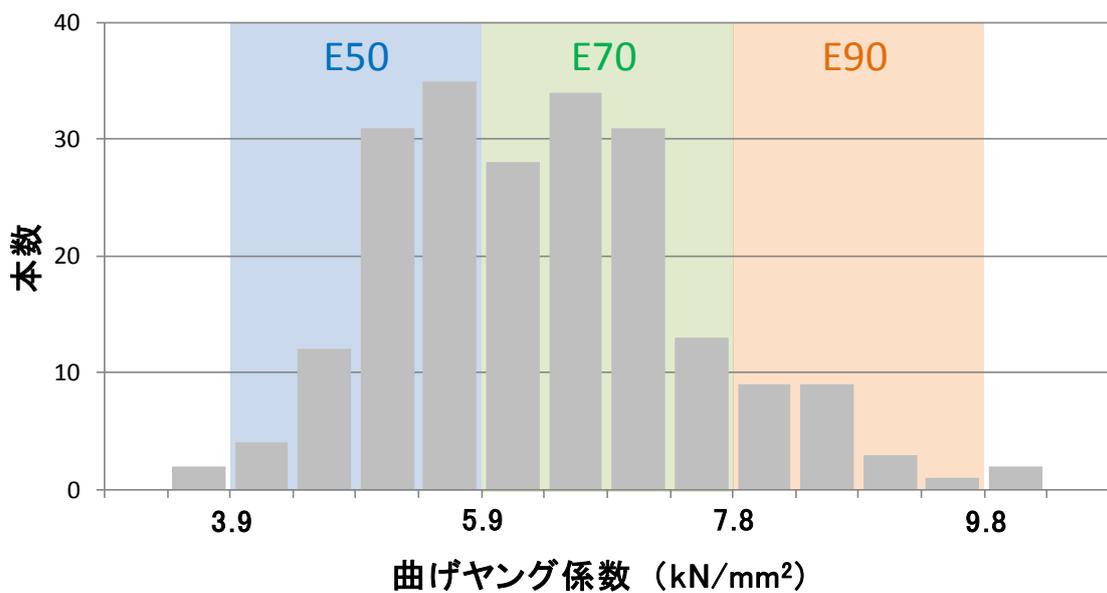
《データ》 スギ 心持ち材 断面 120×330mm 材長 6m スパン 5400mm

## 樹種別の強度等級分布（全国データ）



引用：“木材の強度等データおよび解説”. 2011. 木構造振興株式会社

## 曲げヤング係数の分布の例（県産材）

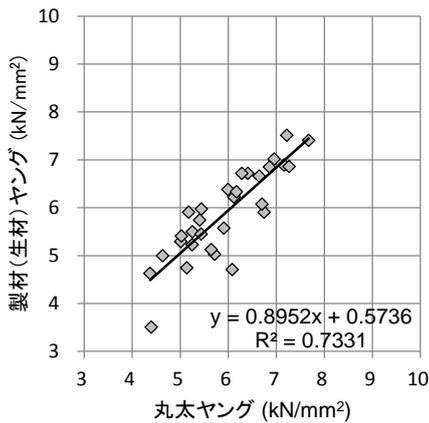


《データ》 スギ 断面 120×240mm 材長 4m 214 本

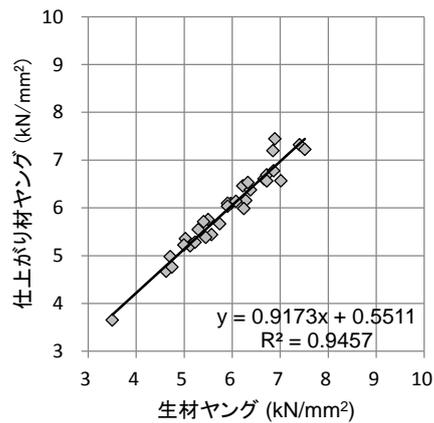
## 丸太と製材の縦振動ヤング係数の相関

- 丸太のヤング係数と製材のヤング係数には正の相関があります（下左図）。この相関性を利用し、丸太から製材のヤング係数を推定します。
- 粗挽きした生材（乾燥前）のヤング係数と乾燥して修正挽きした仕上がり材のヤング係数には正の相関があります（下右図）。この相関性を利用し、生材から仕上がり材のヤング係数を推定します。
- 相関性（推定の精度） …… [丸太と製材] < [生材と仕上がり材]

丸太と製材（生材）の相関性の例



製材後の生材と仕上がり材の相関性の例

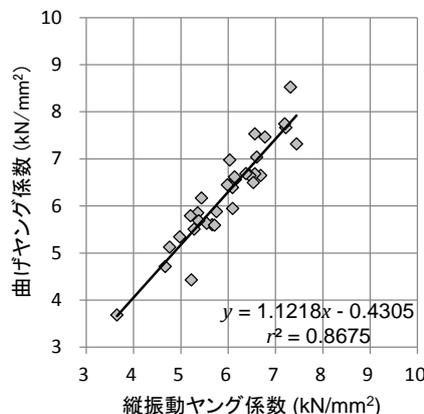


《データ》 スギ 心持ち材 仕上がり断面 120×300~360mm 材長 6~7m 32本

## 縦振動ヤング係数と曲げヤング係数の相関

- 製材品の縦振動ヤング係数（動的ヤング係数）と曲げヤング係数には正の相関があります（下図）。
- この相関性を利用し、縦振動ヤング係数から曲げヤング係数を推定します。
- 相関性は、樹種や材種、産地などで異なります。

縦振動ヤング係数と曲げヤング係数の相関性の例



《データ》  
スギ 心持ち材 32本  
断面 120×300~360mm 材長 6~7m

## 丸太の測定と選別（手順）

製材工場土場または伐採地土場で測定



製材工場土場の丸太

簡易強度測定器で測定し、用紙に記録、丸太に表示

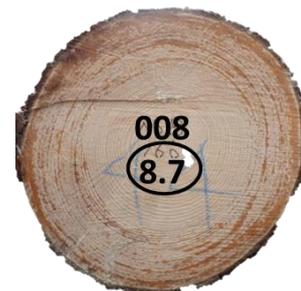


簡易強度測定器で丸太を測定している状況

測定値（ヤング係数）が一定以上のものを製材に向ける

## 簡易強度測定器による測定（手順）

丸太に番号を付ける（木口に書く）



丸太に番号とヤング係数を記すイメージ

簡易強度測定器で測定する

- 簡易強度測定器（エーティーエー社製の「簡易型原木強度検査器 HG-2020」）は、携帯型のもので、木口を打撃すると共振周波数やヤング係数が表示される。
- 有効な打撃で3回測定する。同じくらいの数値が2回出ればOK。

測定結果を記録用紙に書き、丸太にも書く

NO.	長さ	径級	NO.	1回目	2回目	3回目	E 評価
	8/00	36	NO.	410.5	410.4	415.5	110
			ヤング係数	10.8	11.5	11.5	
			周波数	219.7	224.6	224.6	
NO.	長さ	径級	NO.	1回目	2回目	3回目	E 評価
	3	36	NO.	415.6	415.7	415.8	90
			ヤング係数	9.4	9.4	9.9	
			周波数	205.0	205.0	205.4	
NO.	長さ	径級	NO.	1回目	2回目	3回目	E 評価
	8/60	36	NO.	413.7	416.0	416.1	110
			ヤング係数	10.3	10.5	10.7	
			周波数	214.8	219.8	219.8	
NO.	長さ	径級	NO.	1回目	2回目	3回目	E 評価
	8/00	36	NO.	416.2	416.7	416.4	110
			ヤング係数	9.8	9.8	9.8	
			周波数	209.4	209.4	209.9	

記録用紙の例

## 丸太選別の目安

### 丸太の測定値はおおまかな目安として見る

- 簡易強度測定器で表示されるヤング係数（簡易丸太ヤング）や等級は、実際よりも高めに出る傾向があることに注意する。

### 強いほうは構造材向け、弱いほうはそれ以外へ

- 簡易丸太ヤングが強いほう（一定以上のもの）は、構造材に向け、弱いほうは、強度を必要としない下地材等に向ける。

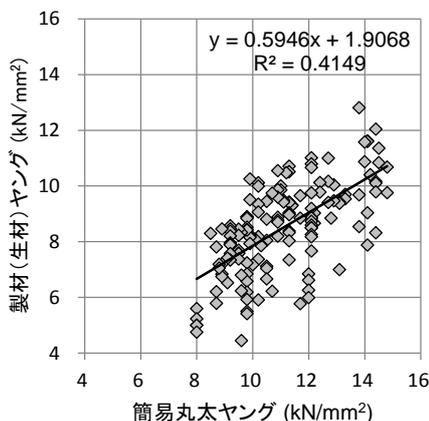
### 選別の目安は、簡易ヤングで 7～8GPa

- 簡易丸太ヤングで 8GPa 以上の丸太では、製材後に E 7 0 以上を得る確率は、おおむね 90%。
- 振り落とされる（弱いほうの）丸太の割合は、  
7GPa を目安にすると約 3 割      ※スギの場合  
8GPa を目安にすると約 4 割

## 丸太選別の精度

- 簡易強度測定器の計測精度は、縦振動法に比べて高くありません。また、縦振動法によるヤング係数より数値が高く出る傾向が見られます。
- 簡易強度測定器で 8GPa を目安にして選別して製材したときの、丸太のヤング係数（簡易丸太ヤング）と製材後（生材）のヤング係数の相関性の例を図に示します。
- 図から、簡易丸太ヤングと製材（生材）ヤングは相関があるもののバラツキが大きいことが分かります。

簡易丸太ヤングと製材（生材）ヤングの相関性の例



丸太段階では  
おおまかな選別

《データ》

スギ 心去り材 155 本

粗挽き断面 120×200mm 材長 6～7.5m

## 製材過程の測定と選別（手順）

生材（粗挽き・乾燥前）や乾燥後（仕上げ前）に測定

縦振動法でヤング係数を測定

仕上げ後のヤング係数を予測して、次の工程へ



縦振動法で測定している状況

## 縦振動法による測定（手順）

寸法と重量を測定する

- コンベックスを用いて、材長、断面（長辺、短辺）を mm 単位で測定する。
- 台秤または吊り秤を用いて、重量を測定する。

木口を打撃して固有振動数を測定する

- 集音マイクとFFTアナライザをセットし、木口をハンマーで打撃する。
- FFTアナライザで固有振動数（共振周波数）と次数を見る。

パソコンでヤング係数を計算する

- 測定値は記録用紙に書く。
- パソコンには計算プログラム（エクセルシート）を準備しておく。
- 記録した測定値をパソコンに入力し、ヤング係数を計算する。

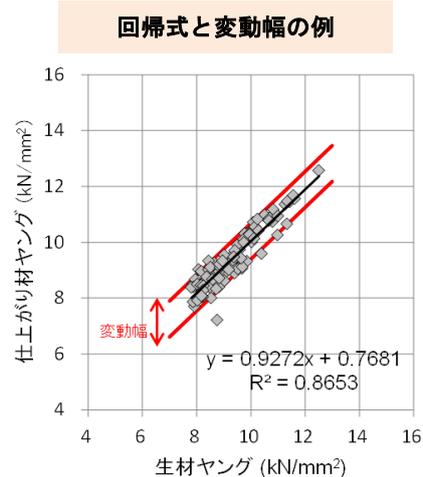
作業しやすくするために

- 寸法→重量→打撃まで、一連の流れができるように機材をセットする。
- 記録する者1名、材を動かしたり打撃したりする者が2名の、最低3名以上で作業する。

## 仕上がり材のヤング予測と目安

- 生材（粗挽き・乾燥前）の縦振動ヤング係数（生材ヤング）を測定し、樹種・断面寸法・木取り（心持ち・心去りの別）などが同じデータセットの回帰式から仕上がり材（乾燥後・修正挽き後）の縦振動ヤング係数（仕上がり材ヤング）を予測します。 ※データセットは林業研究所に御相談ください。
- このとき、予測値の誤差（変動幅）を勘案して、仕上げ後にヤング係数が下がっても必要な数値以上が見込めるラインを目安に選別します。
- スギ心去り材、断面 105×180mm から 120×270mm までのデータセットをいくつか分析したところ、変動幅は±0.5～0.7kN/mm<sup>2</sup> でした。これを参考にすると、例えば仕上がり材ヤングで 8.0kN/mm<sup>2</sup> を得ようとすれば、生材ヤングで 8.5～8.7kN/mm<sup>2</sup> を目安に選別すれば良いと考えられます。

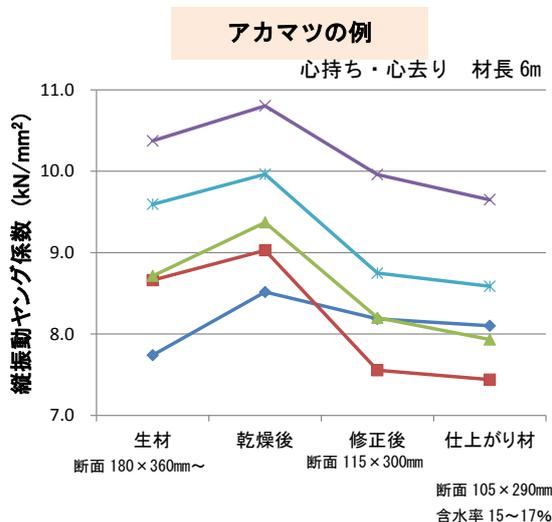
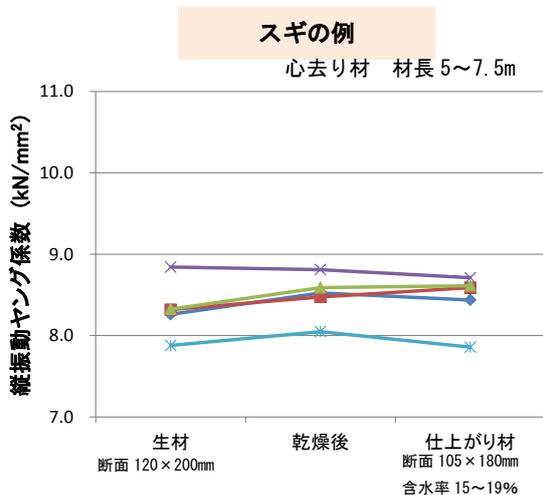
※右図の例では、変動幅を回帰分析による予測値の予測区間で表し、予測区間の下限及び上限のラインは、90%信頼度としています。



《データ》 スギ 心去り材 仕上がり断面 105×180mm 材長 5～7.5m 99本

## ヤング係数の変動のようす（例）

- スギとアカマツについて、生材（乾燥前）から乾燥後（粗挽き）、仕上がり材（プレーナー仕上げ後）にかけての縦振動ヤング係数の変動のようすを図に示します。
- このデータでは、スギは変動が小さく、生材を測定すれば仕上がり材のヤング係数を精度良く推定できると考えられます。
- アカマツでは、生材から修正挽き後にかけて大きく変動しますので、修正挽き後に測定したほうが、仕上がり材のヤング係数を精度良く推定できると考えられます。



## 4 乾燥技術

- ◆ 樹種や断面寸法、木取り（心持ち・心去り）に応じた乾燥スケジュールの構築が必要です。
- ◆ 求められる含水率（例えば 20%以下）を満たすためには、丸太段階や生材段階（乾燥前）の重量または含水率で選別し、選別後の材に合わせて乾燥スケジュールを組むことが有効と考えられます。
- ◆ ここでは、高温セット処理によるスギ心持ち平角の乾燥と、天然乾燥の組み合わせによるスギ心去り平角の乾燥について紹介します。

### 《説明》

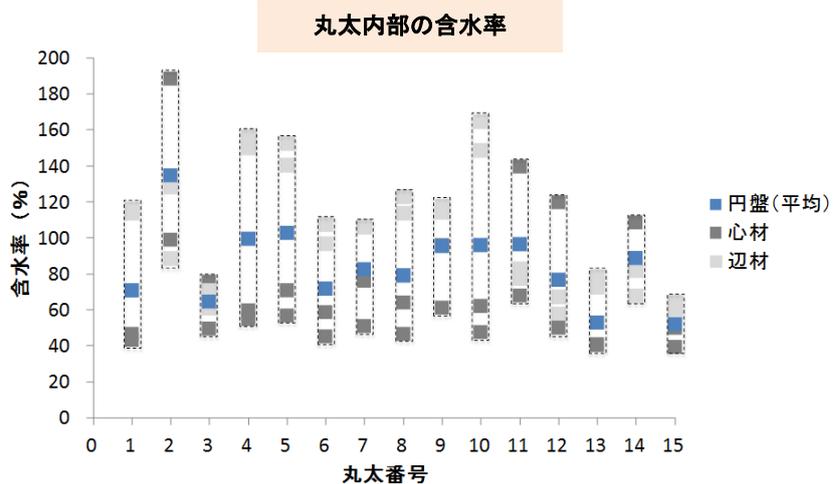
- 乾燥方法は、樹種や材種（心持ち・心去り、平角・正角）、初期含水率で異なり、乾燥機の種類や性能、乾燥時期によっても異なります。
- 県内製材工場の主な乾燥機は、高温蒸気タイプ（上北森林組合、東通村森林組合ほか）、中温蒸気タイプ、減圧・加圧機能付きタイプ（三八地方森林組合）などがあります。
- 人工乾燥機の運転スケジュール（乾燥スケジュール）は、乾燥機メーカーから標準が示され、製材工場の各現場では経験に基づいて運用されています。
- 人工乾燥処理は各製材工場で行っていますが、木材は初期含水率のバラツキが大きく、また、乾燥しやすさに個体差もあることから、含水率を一様に下げることが容易ではありません。また、燃料代（経費）や時間（例えば1週間以上）がかかるため、製品価格や納期に影響します。
- 丸太の重量選別（含水率選別）は、現場で運用できるような技術がまだ確立されていません。重量測定が困難なことなどの課題があります。
- 林業研究所では、大断面のスギ平角材の乾燥技術（高温セット処理によるスギ心持ち平角、天然乾燥組み合わせによるスギ心去り平角）を検討しています。

## 丸太の含水率

- スギ4 m丸太 15 本について、元口側と末口側から円盤を採取し、心材と辺材に分けて含水率を測定した結果を示します。
- 丸太の含水率は、約 50%から約 130%までバラツキがあることが分かります。
- また、1 本の丸太でも心材と辺材、元口側と末口側で差があり、材内部の含水率に大きな差があることが分かります。



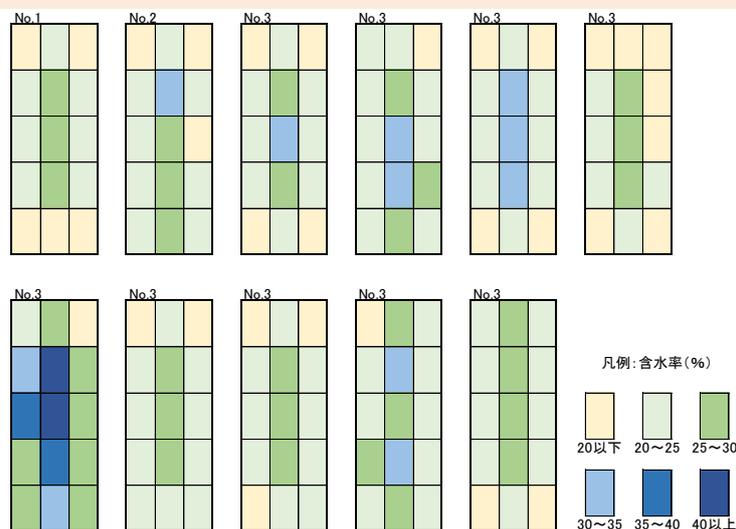
丸太から採取した円盤（心材と辺材に分割して含水率を測定）



## 製品内部の含水率

- スギ心持ち平角を乾燥し、修正挽きした後（断面 120×300mm）の材内部の含水率を測定した結果を示します。
- 含水率 20%を目標に、高温セット処理の後、中温乾燥させていますが、20%を基準値と考えますと、十分に乾いていないと判断されます。
- 材内部を見ますと、外側は乾いていますが、内側の含水率は高く、中央部付近は特に水分が抜け切れていないことが分かります。

スギ平角材（人工乾燥後）の断面を 15 分割して測定したときの含水率



## 高温セット処理によるスギ心持ち平角の乾燥

- 心持ち平角材の乾燥には、高温セット処理と中温乾燥を組み合わせた方法が適していると考えられます。
- 林業研究所では、断面 120×300mm の試験体を用い、温度設定を変えて試験を行うことにより、材面割れの少ない乾燥方法を検討しました。
- その検討結果を踏まえ、スギ横架材製造指針を作成しています。



平成25年度作成  
(林業研究所ホームページ掲載)

## 高温セット処理

- 高温セット処理は、心持ちの構造用針葉樹材の蒸気式乾燥法などで材面割れ軽減のため乾燥初期に行う熱処理です。
- 材の表面にドラインセットを意図的に作ることがねらいで、適度に高い温度と水分があると作りやすく、通常 100℃ 以上で木材に十分な水分がある乾燥初期に行います。

※ドラインセット：乾燥中に加えられた力によって生じる本来とは異なる収縮変形、またはそのような変形が生じる現象。

### <長所>

- 割れやすい心持ち無背割り材の材面割れを軽減できる。
- 高温セット処理によって、ある程度の水分を除去することができる。
- 高温セット処理を、他の乾燥法における割れ防止のための前処理として使うことができる。

### <短所>

- 処理条件が厳しすぎると、内部割れを生じることがある。

## 乾燥スケジュール

- 推奨されるスケジュールを以下に示します。
  - ・ 材種 スギ心持ち平角(仕上げ寸法 4,000×120×～300mm)
  - ・ 乾燥方法 高温蒸気式乾燥
  - ・ 仕上がり規格 SD20

工程	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	時間 (h)	備考
1	95	95	8	蒸煮
2	120	90	24	高温セット
3	90	60	184～384	乾燥

- 表面割れを防ぐには、伐採・製材から乾燥機に入れるまで、表面が乾いてくる時間を少なくすることです。
- 内部割れをできるだけ少なくするためには、2 の工程を必要以上に長くしたり、3 の工程の乾球温度を高くしないように注意します。
- 所定の含水率になるためには、初期含水率に応じて3 の工程を調整します。



乾燥試験で作成した割れのないスギ平角材

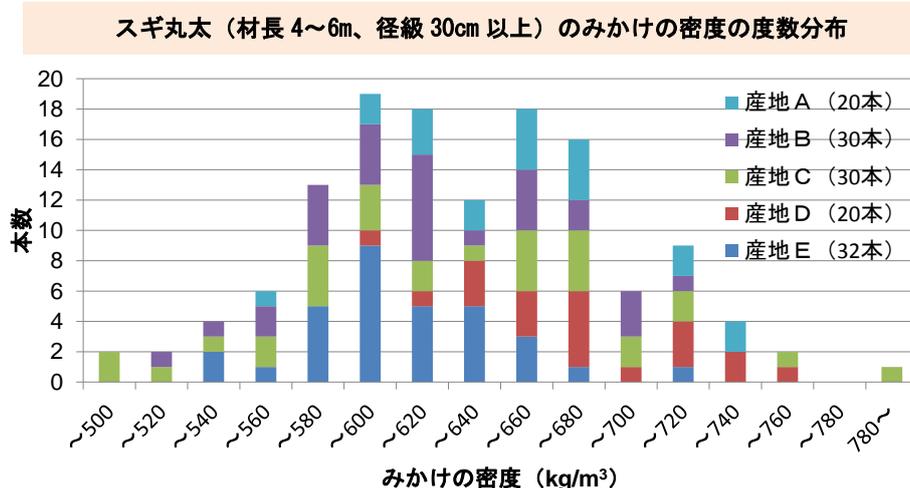
## 天乾組合せによるスギ心去り平角の乾燥

- 製材品は、乾燥前の含水率（初期含水率）のバラツキが大きいものです。
- このため、初期含水率をある程度揃えるために、原木丸太の段階で重量を測定し、密度が高いもの（含水率が高いもの）と小さいもの（含水率が低いもの）を分けて乾燥スケジュールを組むことが有効です。
- 密度が高いほうの丸太は、大きめに粗挽きした後、一旦天然乾燥を行って、含水率を概ね 50%程度に下げること、その後の人工乾燥によって含水率を基準（例えば 20%）以下に下げやすくなります。
- 心去り材は心持ち材に比べて乾燥による表面割れのリスクが少ないことから、大きめに粗挽きして、天然乾燥を行う方法が有効と考えられます。



## 原木丸太の重量のバラツキ

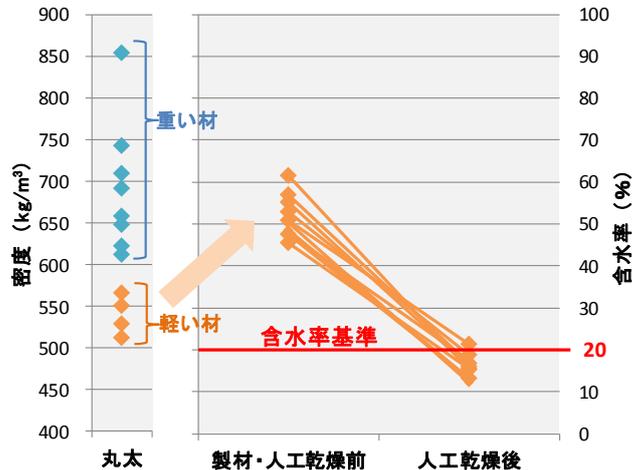
- スギ丸太（材長 4～6m、径級 30cm 以上）を調査したときの密度の度数分布を示します。
- 分布を見ますと、560～680kg/m<sup>3</sup>が多いところですが、軽いものでは 500kg/m<sup>3</sup> 以下、重いものでは 780kg/m<sup>3</sup> を超えるものまであり、差が大きいことが分かります。
- 産地別でも度数分布に違いが見られます。図では産地別に色分けしていますが、それぞれの産地で伐採時期や径級も異なります。



## 重量選別を行って乾燥した例

- 丸太の重量を測定し、軽いほうの材（密度が小さいもの）を分けて人工乾燥した結果、10本中1本を除き、含水率20%以下となりました。

密度が小さい丸太から挽いた平角材を人工乾燥したときの含水率変化

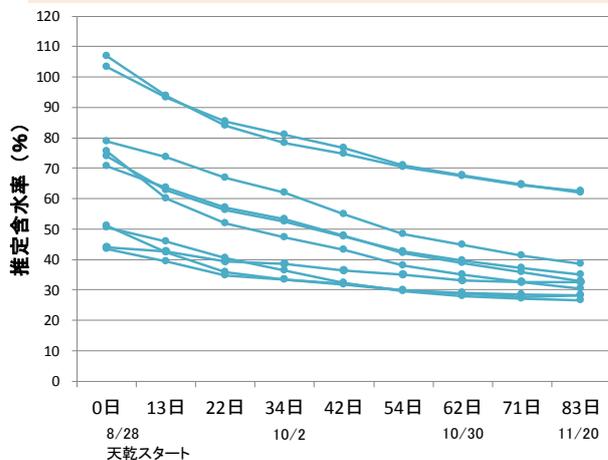


- 《データ》
- ・ スギ（材長4m、末口径45cm）15本を測定 → 軽いほうの材5本を重量選別。
  - ・ 丸太から心去り平角を2丁取り → 粗挽き寸法145×310～385mm×10本
  - ・ 高温セット処理＋中温乾燥

## 天然乾燥試験

- 心去り平角材を天然乾燥し、含水率の経過を調査したところ、約30日経過後に含水率は乾燥スタート時の約7割、約60日経過後に約6割まで減少しました。
- 含水率が概ね50～60%になりますと、その後の人工乾燥で含水率20%以下に仕上がる確率が高くなると考えられます。

天然乾燥したときの含水率変化



屋外に栈積みし、天然乾燥を行っている様子。雨よけの屋根を乗せ、高床状にし、ビニルで側面を囲って雨よけと下からの熱の対流を促す工夫をしている。

- 《データ》
- ・ スギの丸太（材長4m、末口径45cm）5本から2丁取りした心去り平角
  - ・ 粗挽き寸法145×310～385mm×10本

## 5 大断面・長尺材の情報

- ◆ 公共建築物では、一般住宅より広い室内空間を有する場合が多く、その広い空間を支えるため、ロングスパン部材（製材においては大断面・長尺材）が使われます。
- ◆ 県内の製材工場で製造・供給できる大断面・長尺材の大きさは、スギで材長7mくらいまで、アカマツで6mくらいまでが実用的と考えられます。
- ◆ 林業研究所では、スギとアカマツについて、材長6m以上、梁せい270mm以上の平角材を製造し、強度特性を調査しています。

### 《説明》

#### ロングスパン部材について

- 本手引きでは、梁・桁のような強度を必要とする部材（横架材）で、材長が製材の一般流通材（概ね4m）より長い製品と考えています。
- 製材でロングスパン部材を製造する場合、大径・長尺丸太から挽くこと（大断面・長尺材の製造）になり、丸太の調達や製材機の限界などから、製造可能な大きさが限られてきます。また、集成材などの木質材料と競合することになるため、製造特性や木材強度を理解して製造することが必要です。

#### 製造特性

- 製材で供給できる実用的な材長は、主な製材工場における製材機や乾燥機のサイズの限界、丸太の入手しやすさ、コスト面（特殊過ぎないこと）を勘案しました。

#### 強度特性

- 丸太と製材の縦振動ヤング係数、製材の曲げヤング係数と曲げ強さを測定し、各ヤング係数間の相関性や強度等級を把握しました。

## 公共建築物の横架材 (ロングスパン部材のイメージ)

- 広い空間を支える構造に使う材料は、スパンや設計強度に応じて集成材や製材などが選択されます。また、トラス梁を使う場合もあります。



集成材や製材で架構が組まれている事例



トラス梁の事例（写真は地組み中のもの）



教室の空間を支える梁（アカマツ製材 材長6m）

## 製材で供給できる実用的な材長

- 丸太の製材は、送材車付き帯鋸などの製材機で行います。その製材機に入る丸太サイズによって、材長が制約されます。また、乾燥機のサイズにもよります。
- 一般流通材より材長の長い材については、丸太の調達が難しくなり、単価（丸太、製材コスト）が高くなります。
- 製品単価（販売価格）で見ると、材長が長くなれば、競合する集成材のほうが有利になってきます。単価や強度性能で比べると、スギで7m、アカマツで6mくらいまでは製材を選択できると考えられます。



送材車付き帯鋸に投入される丸太



材長9mのサイズまで入る乾燥機



アカマツは曲がりや節の出方によっても、採取できる丸太の長さが制約される。

# スギ平角材（心持ち材）の試験結果

- 丸太 32 本から心持ち平角材を製造し、強度特性を調査したデータを示します。
- 乾燥は、高温セット+中温乾燥で、目標含水率 20%としています。



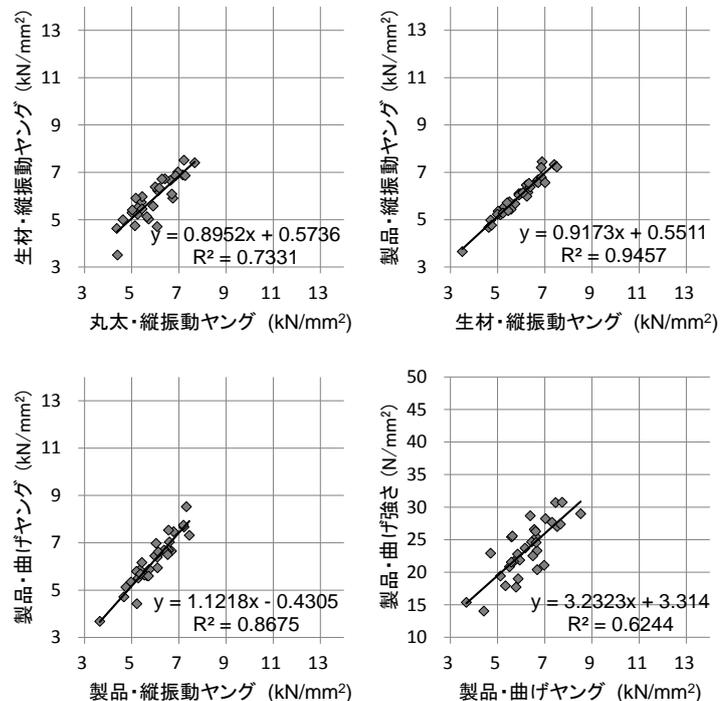
仕上がり材の測定（縦振動法）



- 丸太ー生材ー製品を追跡して縦振動ヤング係数を測定し、製品では曲げ試験による曲げヤング係数と曲げ強さを測定しました。
- 右のグラフでは、ヤング係数等の出現範囲や相関性・バラツキ具合が分かります。
- 曲げヤング係数による等級区分結果は次のとおりでした。

E50 : 10 本、E70 : 20 本  
E90 : 1 本、等級外 1 本

丸太-生材-製品の各段階における縦振動ヤング係数等の相関  
(スギ平角材 1番玉・心持ち材 32本のデータ)



※詳細は、「スギの大径・長尺材から得られた平角材の強度特性」平成 27 年度林業研究所報告に掲載しています。

# アカマツ平角材の試験結果

- 丸太 12 本から心持ち材 11 本、心去り材 2 本を製造し、強度特性を調査したデータを示します。
- 乾燥は、高温セット+中温乾燥で、目標含水率 20%としています。



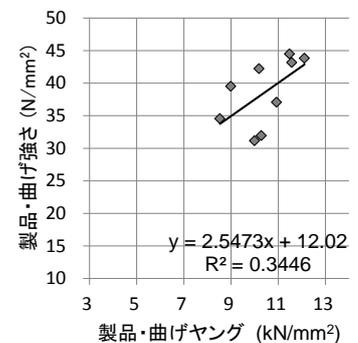
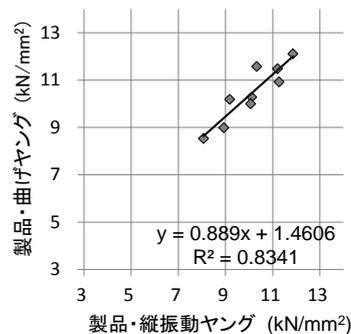
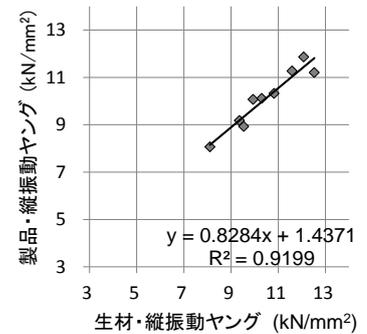
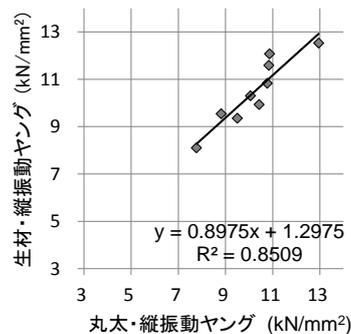
曲げ破壊試験



- 丸太ー生材ー製品を追跡して縦振動ヤング係数を測定し、製品では曲げ試験による曲げヤング係数と曲げ強さを測定しました。
- グラフには、1番玉・心持ち材 9 本のデータを示します。
- 右のグラフでは、ヤング係数等の出現範囲や相関性・バラツキ具合が分かります。
- 曲げヤング係数による等級区分結果は次のとおりでした。

E90 : 2 本、E110 : 6 本  
E130 以上 : 1 本

丸太-生材-製品の各段階における縦振動ヤング係数等の相関  
(アカマツ平角材 1番玉・心持ち材 9本のデータ)



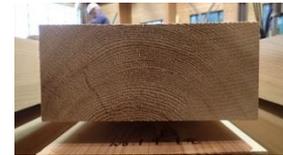
※詳細は、「アカマツ大断面・長尺材の製造過程と強度特性」平成 28 年度林業研究所報告に掲載しています。

# スギ平角材 心持ち材と心去り材の比較試験結果

- 丸太 10本から心持ち材 5本、心去り材 10本を製造し、強度特性を調査したデータを示します。
- 丸太は、末口径と縦振動ヤング係数を揃えるようにして調達しています。
- 心去り材は、丸太 1本から側面定規挽で2丁取りしています。
- 乾燥は、高温セット+中温乾燥で、目標含水率 20%としています。



心持ち材



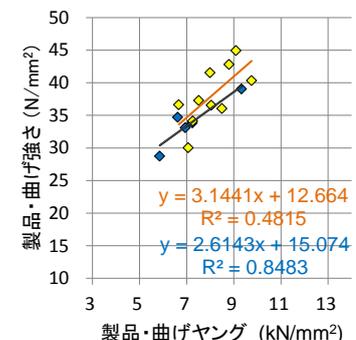
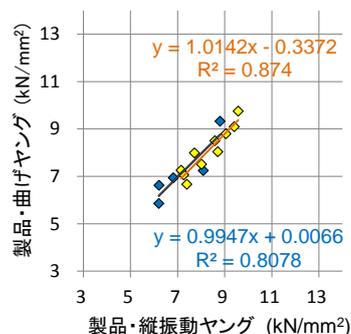
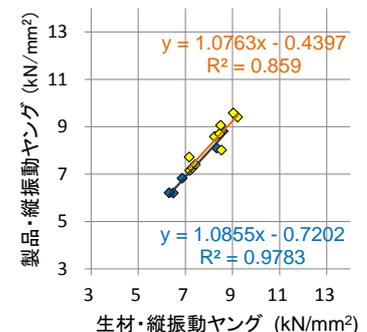
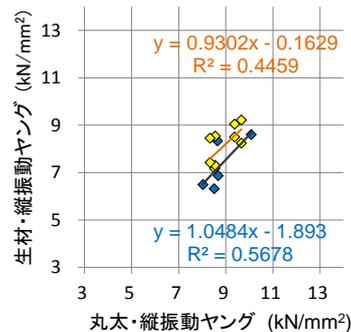
心去り材



- 心去り材も心持ち材と同様に、丸太と製品の縦振動ヤングの相関があり、また、製品における縦振動ヤング係数と曲げヤング係数、曲げヤング係数と曲げ強さに相関がありました。
- 縦振動ヤング係数、曲げヤング係数、曲げ強さのいずれも心去り材と心持ち材に明らかな差は見られませんでした。

今回の試験では、ヤング係数や曲げ強さで心持ち材と心去り材に明らかな差は見られませんでした。心去り材は、挽き曲がりが生じやすいことや、節の出方、乾燥特性など、心持ち材と異なる特性が知られていません。

丸太-生材-製品の各段階における縦振動ヤング係数等の相関  
(スギ平角材 1番玉・心持ち材 5本・心去り材 10本のデータ)

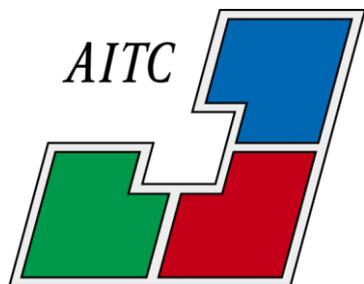


◆ 心持ち ◆ 心去り

## 参考文献

---

- ・ 国土交通省大臣官房官庁営繕部（2019）公共工事木造工事標準仕様書平成 31 年版.
- ・ 公益財団法人日本住宅木材・技術センター（2011）構造用木材の強度試験マニュアル.
- ・ 一般社団法人木を活かす建築推進協議会（2018）平成 29 年度林野庁補助事業設計段階からの技術支援報告書.
- ・ 木構造振興株式会社（2011）木材の強度等データおよび解説. 木構造振興株式会社.
- ・ 製材の日本農林規格. 最終改正平成 25 年 6 月 12 日農林水産省告示第 1920 号.
- ・ 地方独立行政法人青森県産業技術センター林業研究所（2014）スギ横架材製造指針.
- ・ 上野文明, 守田託満（2016）スギの大径・長尺材から得られた平角材の強度特性. 青森県産業技術センター林業研究所報告 66 : 11-28.
- ・ 上野文明（2017）アカマツ大断面・長尺材の製造過程と強度特性の調査. 青森県産業技術センター林業研究所報告 67 : 5-22.
- ・ 上野文明（2017）製材工場における製材品の強度選別事例. 青森県産業技術センター林業研究所報告 67 : 23-31.



あおもりの未来  
技術でサポート

**青森産技**

地方独立行政法人青森県産業技術センター林業研究所

〒039-3321 青森県東津軽郡平内町大字小湊字新道 46-56

TEL:017-755-3257 FAX:017-755-4494

E-mail: nou\_ringyou@aomori-itc.or.jp