

# 山梨県産スギおよびヒノキ柱材の強度および材質特性

三枝 茂 鈴木泰仁 上野梅男

Strength and Material Characteristics of Sugi (Japanese cedar) and Hinoki (Japanese cypress) Posts from Yamanashi-Prefecture

Shigeru SAIGUSA, Yasuhito SUZUKI and Umeo UENO

**Summary :** The strength and material characteristics of 200 Sugi (Japanese cedar) and Hinoki (Japanese cypress) posts from a model forestry zone in Yamanashi Prefecture were examined. The average value of Young's modulus in bending was 7.2 GPa for Sugi, and 9.5 GPa for Hinoki. The average value of bending strength was 37.0 MPa for Sugi, and 48.5 MPa for Hinoki.

**要旨 :** 山梨県内の代表的な林業地帯で生産されているスギおよびヒノキ柱材各 200 本の強度特性と材質特性を調査した。曲げヤング係数の平均値は、スギで 7.2 GPa、ヒノキで 9.5 GPa であった。曲げ強さの平均値は、スギで 37.0 MPa、ヒノキで 48.5 MPa であった。

## 1 はじめに

山梨県では南西部と東部で林業が盛んである。南西部は富士川流域に沿って鵜沢町・早川町・身延町・南部町に繋がる地帯で、東部は都留市・大月市・上野原市に繋がる地帯である。これらの地帯ではスギやヒノキが生産され県内外に出荷されている。そこで、これらの地帯で生産されているスギおよびヒノキの製材品の中から柱材を対象に「針葉樹の構造用製材の日本農林規格（機械等級区分製材の規格）」により強度特性と材質特性を調査したので報告する。

## 2 試験方法

### 2.1 産地、試験材、試験本数、試験項目

産地の区分は Fig. 1 に示すように、南西部では県内でも最も林業が盛んな南部町を中心とした産地を「南部」とし、それ以外の鵜沢町とその周辺の産地を「峡南」とした。東部周辺の産地はそのまま「東部」とした。

#### ①試験材の種類と寸法

柱材	10.5cm×10.5cm×3m
----	------------------

#### ②樹種別・産地別の試験本数

樹種	南部	東部	峡南	合計
スギ	100本		100本	200本
ヒノキ	100本	100本		200本



#### ③試験項目

強度関係	曲げヤング係数		曲げ性能の等級		曲げ強さ
	節径比	集中節径比	丸身	貫通割れ	目まわり
材質関係	腐朽	曲り	その他の欠点	含水率	

Fig. 1 試験材・産地・試験本数・試験項目

試験材は南部、峡南、東部の人工林で産出されたスギおよびヒノキを製材し、人工乾燥後、仕上げ寸法が 10.5cm×10.5cm×3m の柱材を使用した。試験材の柱材は各産地で普通に流通し、容易に入手できる材料を用いた。

試験材の数は、南部および峡南のスギ柱材を産地別に各 100 本、南部および東部のヒノキ柱材を産地別に各 100 本とした。

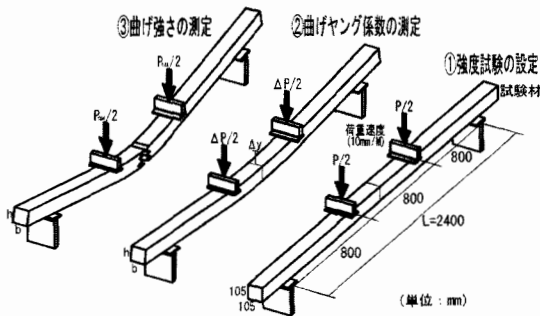
試験項目は強度関係が曲げヤング係数、曲げ性能の等級、曲げ強さを測定した。材質関係は節径比、集中節径

比、丸身、貫通割れ、目まわり、腐朽、曲り、その他の欠点(狂いなど)、含水率を測定した。曲げヤング係数、曲げ性能の等級、節径比、集中節径比、丸身、貫通割れ、目まわり、腐朽、曲り、その他の欠点(狂いなど)は「針葉樹の構造用製材の日本農林規格(機械等級区分製材の規格)」に準じて測定した。

## 2.2 強度試験方法

### (1) 強度試験機の設定

強度試験は Fig. 2 の①に示すようにスパン L=2400 mm、ロードスパン 800 mm、シェアスパン 800 mm の 4 点荷重に強度試験機を設定して行った。荷重速度は 10 mm/M とした。



$$\text{曲げヤング係数 } MOE = \alpha \frac{23L^3 \Delta P}{108bh^3 \Delta y} \quad (\text{MPa又はN/mm}^2)$$

- L: スパン(mm)
- b: 木口の幅(mm)
- h: 木口の高さ(mm)
- P: 荷重(N)
- ΔP: 初期荷重と最終荷重との差(N)
- Δy: ΔPに対するたわみ(mm)
- α: 0.983 (L/h=22.9に対する係数)

$$\text{曲げ強さ } MOR = \frac{P_{max} L}{bh^2} \quad (\text{MPa又はN/mm}^2)$$

P<sub>max</sub>: 最大荷重(N)

Fig. 2 強度試験方法

### (2) 曲げヤング係数の測定方法

曲げヤング係数の測定は Fig. 2 の②に示すように比例限荷重内においてスギの場合 ΔP=2940 N (300 kgf)、ヒノキの場合 ΔP=3920 N (400 kgf) の荷重を負荷し、その際の試験材の中心部のたわみ Δy を測定し、計算により求めた。木口の幅 b および高さ h は実測値を用いた。スパンの試験試料の木口の短辺に対する比 L/h=22.9 の係数は 0.983 を使用した。実際の曲げヤング係数の測定風景を Fig. 3 に示す。

### (3) 曲げ性能の等級の算出方法

曲げ性能の等級は試験材の曲げヤング係数を用いて Fig. 4 の曲げ性能等級区分に従い算出した。

### (4) 曲げ強さの測定方法

曲げ強さの測定は Fig. 2 の③に示すように試験材が破壊するまでの最大荷重を測定し、計算により求めた。実際の曲げ強さの測定風景を Fig. 5 に示す。

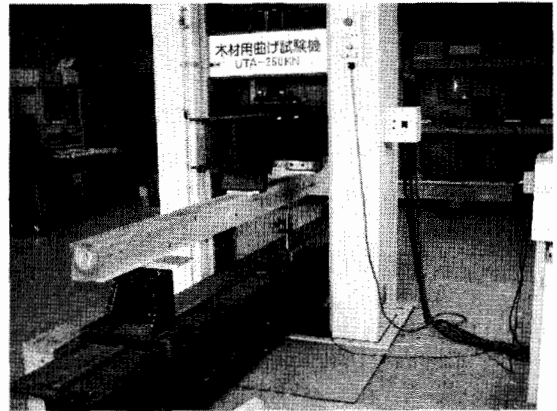


Fig. 3 曲げヤング係数の測定風景

針葉樹の構造用製材の日本農林規格		建築基準法告示	
機械等級区分		木材の曲げ基準強度	
等級	曲げヤング係数 (GPa又は10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup> )	スギ	ヒノキ
	(MPa又はN/mm <sup>2</sup> )	(MPa又はN/mm <sup>2</sup> )	
E 50	3.9以上 5.9未満	24.0	13.8
E 70	5.9以上 7.8未満	29.4	22.2
E 90	7.8以上 9.8未満	34.8	30.6
E110	9.8以上 11.8未満	40.8	38.4
E130	11.8以上 13.7未満	46.2	46.8
E150	13.7以上	51.6	55.2

Fig. 4 曲げ性能の等級区分と建築基準法告示



Fig. 5 曲げ強さの測定風景

## 2.3 材質の測定方法

### (1) 節径比および集中節径比の測定方法

節径比の測定は Fig. 6 の左図に示すように節の径 d

その存する材面の幅  $b$  に対する百分率 (節径比  $=d/b \times 100$ ) を求め、柱材の 4 側面で最大の節径比を採用した。機械等級区分製材の規格では、適合基準は節径比  $\leq 70\%$  である。

集中節径比の測定は Fig. 6 の右図に示すように 15 cm の長さの材面に存する節に係る径比の合計のその存する材面の幅  $b$  に対する百分率 (Fig. 6 の場合は集中節径比  $= (d_1+d_2+d_3)/b \times 100$  となる) を求め、柱材の 4 側面で最大の集中節径比を採用した。機械等級区分製材の規格では、適合基準は集中節径比  $\leq 90\%$  である。

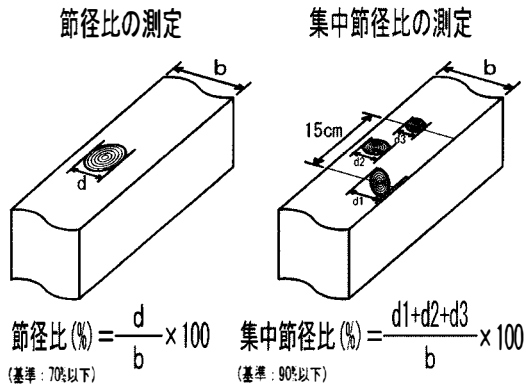


Fig. 6 節径比および集中節径比の測定方法

(2) 丸身の測定方法

丸身の測定方法は Fig. 7 に示すように丸身  $x+y$  の存する材面の幅  $b$  に対する丸身の幅の比 (Fig. 7 では  $(x+y)/b \times 100$  となる) を求め、柱材の 4 側面で最大の丸身を採用した。機械等級区分製材の規格では、適合基準は丸身  $\leq 30\%$  である。

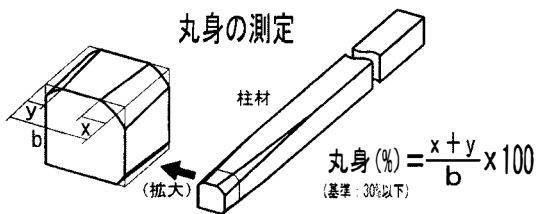


Fig. 7 丸身の測定方法

(3) 貫通割れの測定方法

木口貫通割れの測定方法は Fig. 8 の左図に示すように柱材の元口および末口に存する最長の貫通割れ  $x$  と材面の幅  $b$  を測定して求めた。断面が正方形の柱材の場合機械等級区分製材の規格では、適合基準は木口貫通割れ  $\leq 2b$  である。

材面貫通割れの測定方法は Fig. 8 の右図に示すように柱材の材面に存する最長の貫通割れ  $y$  と材長  $L$  を測定して求めた。機械等級区分製材の規格では、適合基準は

材面貫通割れ  $\leq L/3$  である。

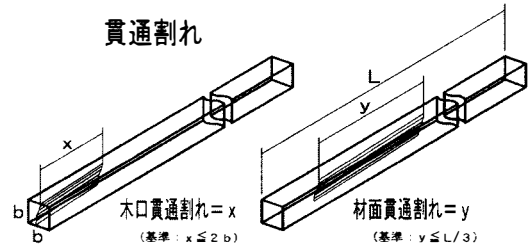


Fig. 8 貫通割れの測定方法

(4) 目まわりの測定方法

目まわりの測定方法は Fig. 9 に示すように柱材の元口および末口に存する最長の目まわりの割れの深さ  $y$  と材面の幅  $b$  を測定し求めた。機械等級区分製材の規格では、適合基準は「利用上支障のないこと」であるが、 $b/2$  以下とした。

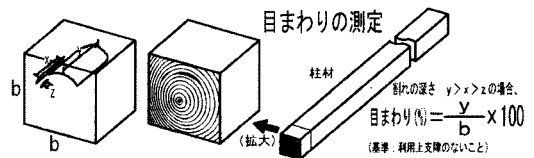


Fig. 9 目まわりの測定方法

(5) 腐朽の測定方法

柱材両木口および 4 側面を目視により観察した。機械等級区分製材の規格では、適合基準は「局所的な腐朽は、顕著でないこと」である。

(6) 曲がりの測定方法

曲がりの測定方法は柱材の材長方向に沿う内曲面内の最大矢高の弦の長さに対する割合である。本試験では Fig. 10 に示すように柱材の両木口を支点として水糸を張り、材面と水糸の最大の隙間を直尺で測定し、4 側面で最大の値を用いた。機械等級区分製材の規格では、適合基準は「顕著で無い」ことであるが、 $2\%$  (材長 3 m の場合 6 mm) 以下とした。

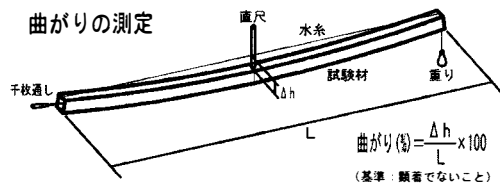


Fig. 10 曲がりの測定方法

(7) 含水率の測定方法

強度試験を終了した後の試験材より厚さ 3 cm 程度の木片を採取し、全乾法で含水率を測定した。

### 3 試験結果

#### 3.1 曲げヤング係数の分布

スギおよびヒノキの産地別および産地を合算した曲げヤング係数の分布を Fig.11 に示す。曲げヤング係数の平均値は、スギの場合、南部 7.1 GPa、峡南 7.4 GPa、南部・峡南合算が 7.2 GPa であった。ヒノキの場合、南部 9.5 GPa、東部 9.6 GPa、南部・東部合算が 9.5 GPa であった。

#### 3.2 曲げ性能等級の分布

スギおよびヒノキの産地別および産地を合算した曲げ性能等級の分布を Fig.12 に示す。曲げ性能等級の平均値は、スギの場合、南部 E 73、峡南 E 76、南部・峡南合算が E 74 であった。ヒノキの場合、南部 E 97、東部 E 99、南部・東部合算が E 98 であった。

#### 3.3 曲げ強さの分布

スギおよびヒノキの産地別および産地を合算した曲げ強さの分布を Fig.13 に示す。曲げ強さの平均値は、スギの場合、南部 36.4 MPa、峡南 37.6 MPa、南部・峡南合算が 37.0 MPa であった。ヒノキの場合、南部 48.9 MPa、東部 48.0 MPa、南部・東部合算が 48.5 MPa であった。

#### 3.4 曲げヤング係数と曲げ強さの関係

スギおよびヒノキの産地別および産地を合算した曲げヤング係数と曲げ強さの関係を Fig.14 に示す。相関係数「r」は、スギの場合、南部 0.76、峡南 0.79、南部・峡南合算が 0.78 であった。ヒノキの場合、南部 0.64、東部 0.55、南部・東部合算が 0.59 であった。

#### 3.5 曲げ性能等級と曲げ強さの分布と基準強度

スギおよびヒノキの産地別および産地を合算した曲げ性能等級と曲げ強さの分布と Fig. 4 の建築基準法告示木材の曲げ基準強度の関係を Fig.15 に示す。スギの場合、基準強度を下回った本数は南部で 100 本中 12 本、峡南で 100 本中 6 本、南部・峡南合算が 200 本中 18 本存在した。ヒノキの場合、基準強度を下回った本数は南部で無く、東部で 100 本中 1 本、南部・東部が 200 本中 1 本であった。

#### 3.6 材質特性

スギおよびヒノキの産地別および産地を合算した材質特性を Fig.16 と Fig.17 に示す。峡南スギの 1 本が集中節径比 95% となり、基準に不適合となったが、他は全て基準に適合していた。

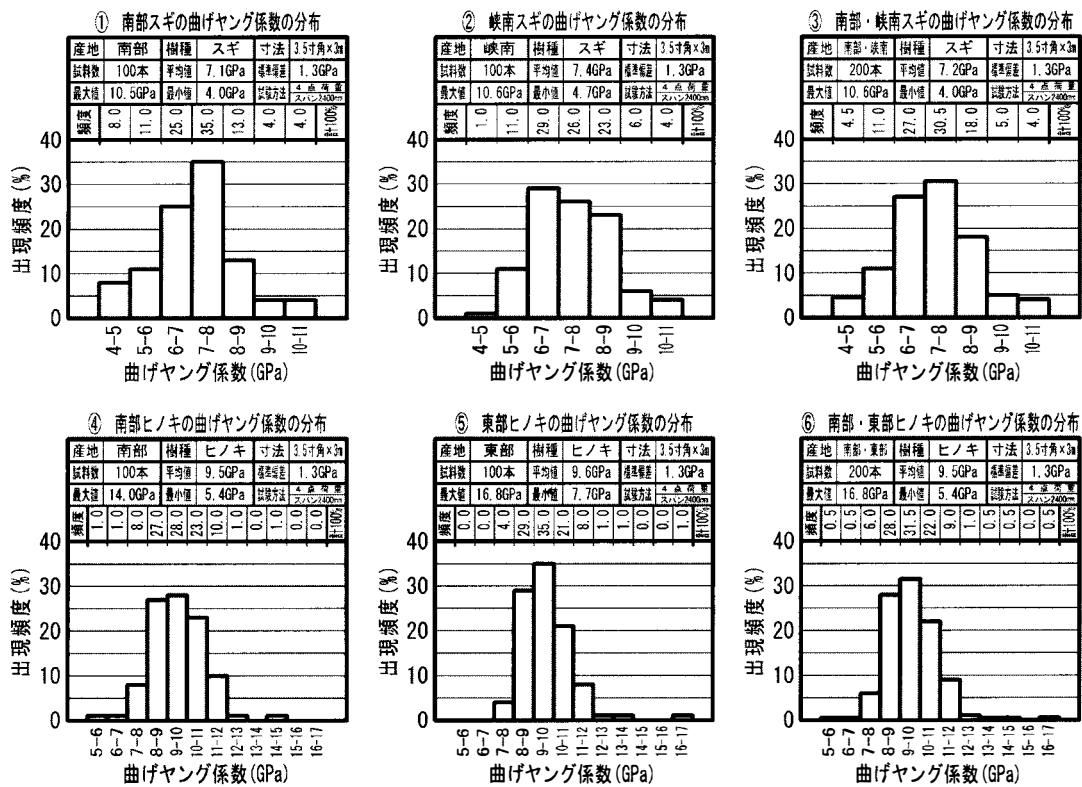


Fig. 11 曲げヤング係数の分布

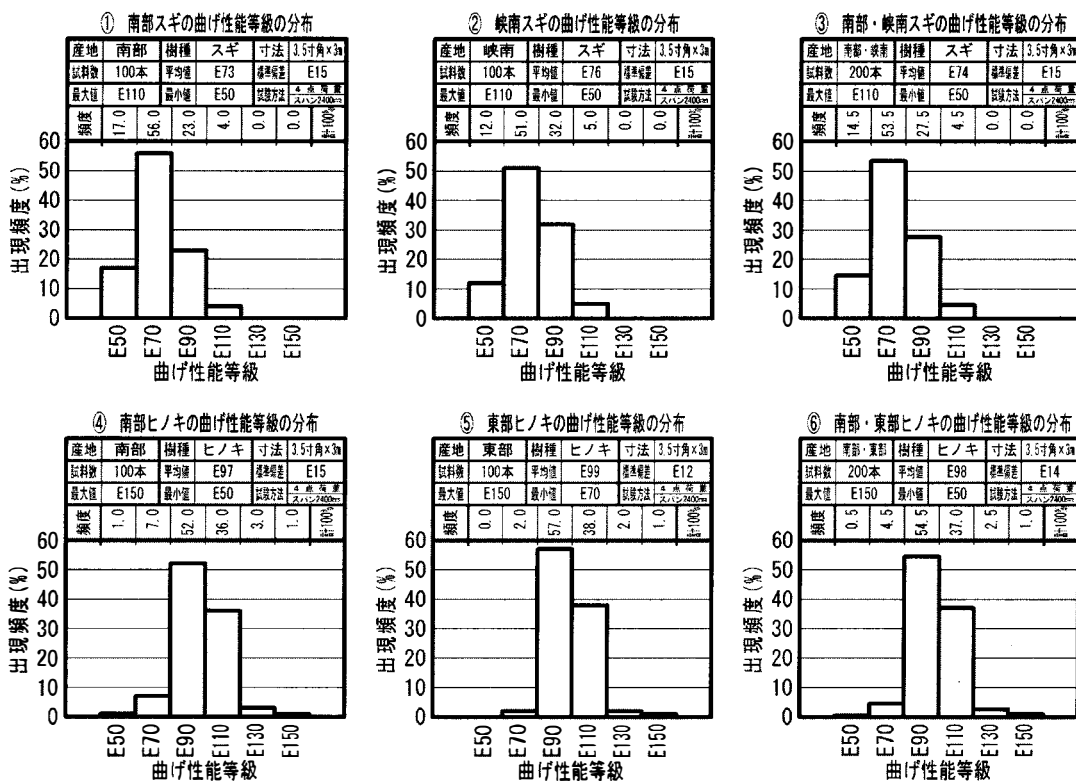


Fig. 12 曲げ性能等級の分布

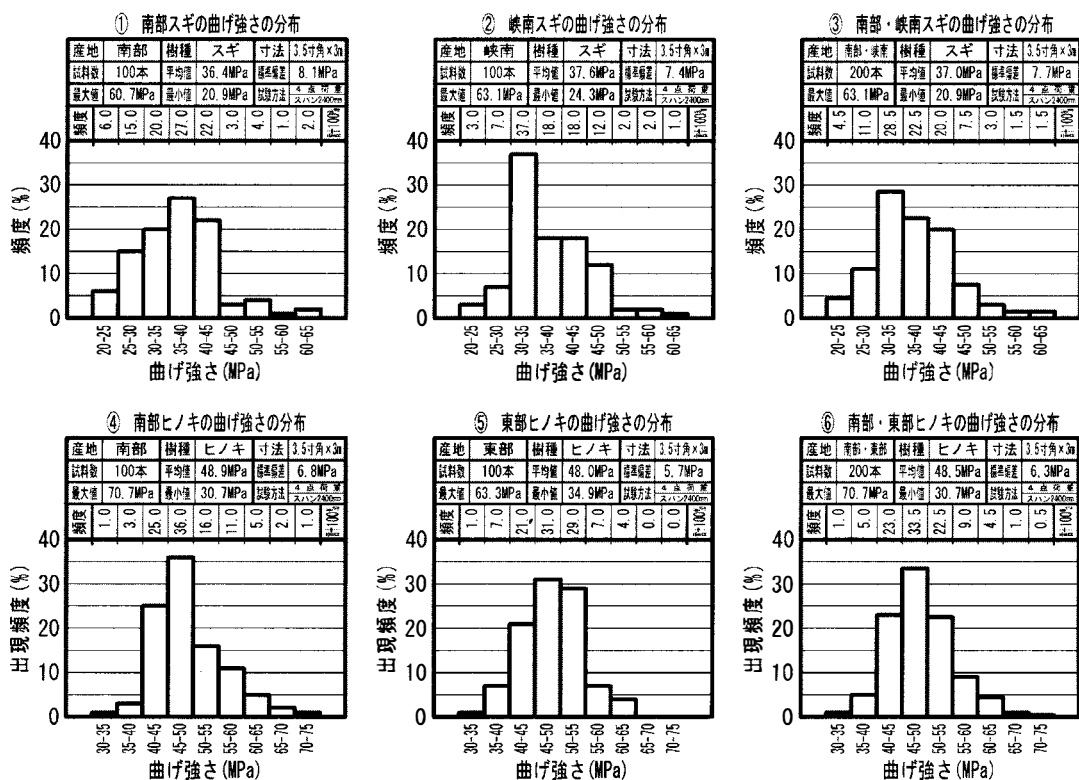


Fig. 13 曲げ強さの分布

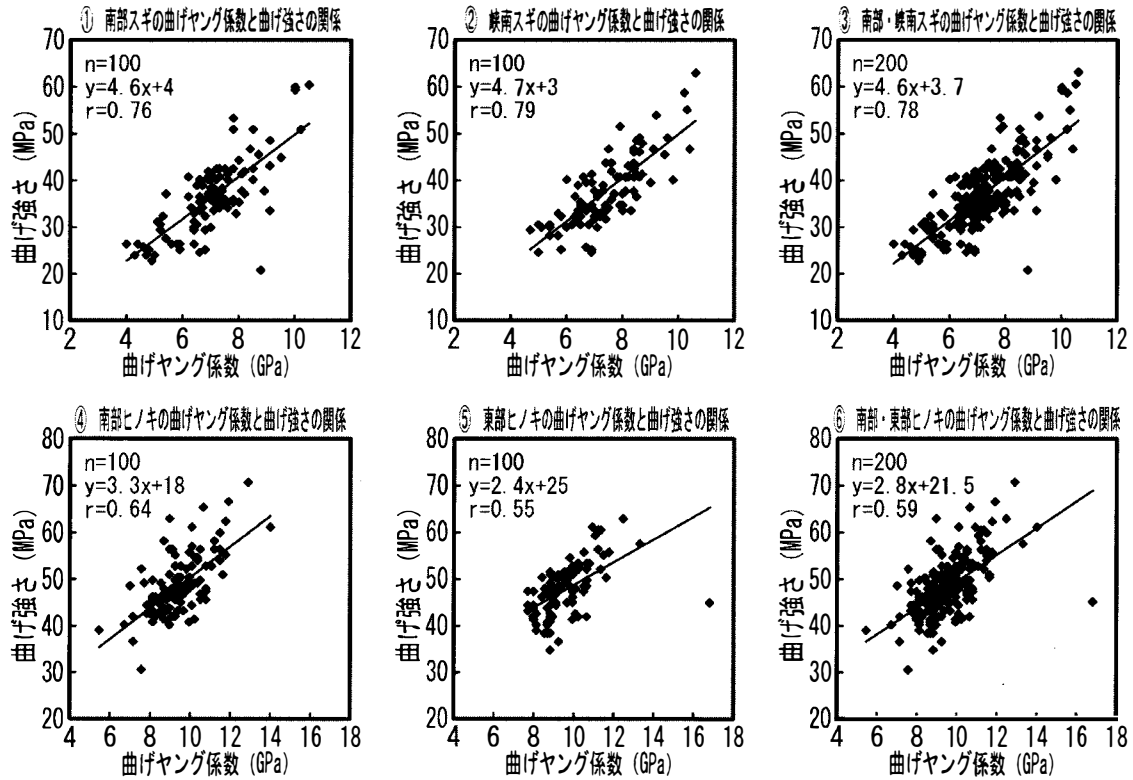


Fig. 14 曲げヤング係数と曲げ強さの関係

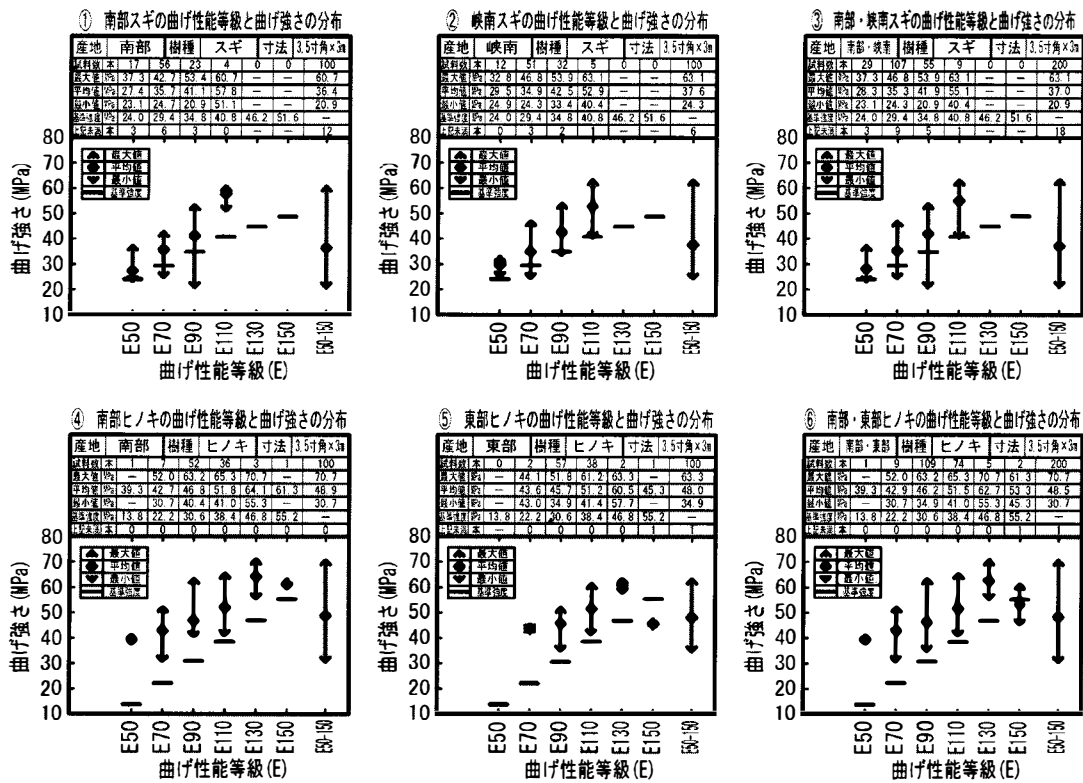


Fig. 15 曲げ性能等級と曲げ強さの分布と基準強度

樹種	産地	項目	節径比	集中節径比	丸身	木口貫通割れ	材面貫通割れ	目まわり	腐朽	曲り	その他の欠点	含水率	
		スギ	南部	平均	30%	52%	4.1%	0.00倍	0.00倍	0	0	0.02%	0
最大	50%			84%	20.0%	0.00倍	0.00倍	0	0	0.20%	0	39.1%	
最小	17%			8%	0.0%	0.00倍	0.00倍	0	0	0.00%	0	7.1%	
標準偏差	4%			15%	5.8%	0.00倍	0.00倍	0	0	0.04%	0	7.8%	
基準	70%以下			90%以下	30%以下	幅の2倍以下	材長の1/3以下	利用上支障のないこと	局所的な腐朽は顕著でないこと	顕著でないこと	利用上支障のないこと		
試料数	100本			100本	100本	100本	100本	100本	100本	100本	100本		
不適合数	0本			0本	0本	0本	0本	0本	0本	0本	0本		
産地	項目		節径比	集中節径比	丸身	木口貫通割れ	材面貫通割れ	目まわり	腐朽	曲り	その他の欠点	含水率	
峡南	平均		27%	49%	0.5%	0.00倍	0.00倍	0	0	0.03%	0	11.8%	
	最大		59%	95%	16.2%	0.00倍	0.00倍	0	0	0.12%	0	28.4%	
	最小		11%	0%	0.0%	0.00倍	0.00倍	0	0	0.00%	0	6.1%	
	標準偏差		8%	17%	2.0%	0.00倍	0.00倍	0	0	0.03%	0	4.6%	
	基準	70%以下	90%以下	30%以下	幅の2倍以下	材長の1/3以下	利用上支障のないこと	局所的な腐朽は顕著でないこと	顕著でないこと	利用上支障のないこと			
	試料数	100本	100本	100本	100本	100本	100本	100本	100本	100本			
	不適合数	0本	1本	0本	0本	0本	0本	0本	0本	0本			
産地	項目	節径比	集中節径比	丸身	木口貫通割れ	材面貫通割れ	目まわり	腐朽	曲り	その他の欠点	含水率		
南部・峡南	平均	29%	50%	2.3%	0.00倍	0.00倍	0	0	0.02%	0	15.1%		
	最大	59%	95%	20.0%	0.00倍	0.07倍	0	0	0.20%	0	39.1%		
	最小	11%	0%	0.0%	0.00倍	0.00倍	0	0	0.00%	0	6.1%		
	標準偏差	7%	16%	4.7%	0.00倍	0.01倍	0	0	0.03%	0	7.2%		
	基準	70%以下	90%以下	30%以下	幅の2倍以下	材長の1/3以下	利用上支障のないこと	局所的な腐朽は顕著でないこと	顕著でないこと	利用上支障のないこと			
	試料数	200本	200本	200本	200本	200本	200本	200本	200本	200本			
	不適合数	0本	1本	0本	0本	0本	0本	0本	0本	0本			

Fig. 16 スギの材質特性

樹種	産地	項目	節径比	集中節径比	丸身	木口貫通割れ	材面貫通割れ	目まわり	腐朽	曲り	その他の欠点	含水率	
		ヒノキ	南部	平均	22%	41%	1.8%	0.05倍	0.00倍	0	0	0.05%	0
最大	40%			78%	13.3%	1.77倍	0.07倍	0	0	0.20%	0	26.6%	
最小	0%			0%	0.0%	0.00倍	0.00倍	0	0	0.00%	0	14.6%	
標準偏差	7%			17%	3.0%	0.25倍	0.01倍	0	0	0.05%	0	2.1%	
基準	70%以下			90%以下	30%以下	幅の2倍以下	材長の1/3以下	利用上支障のないこと	局所的な腐朽は顕著でないこと	顕著でないこと	利用上支障のないこと		
試料数	100本			100本	100本	100本	100本	100本	100本	100本	100本		
不適合数	0本			0本	0本	0本	0本	0本	0本	0本	0本		
産地	項目		節径比	集中節径比	丸身	木口貫通割れ	材面貫通割れ	目まわり	腐朽	曲り	その他の欠点	含水率	
東部	平均		28%	57%	0.0%	0.00倍	0.00倍	0	0	0.01%	0	17.9%	
	最大		41%	82%	1.9%	0.00倍	0.00倍	0	0	0.07%	0	20.2%	
	最小		14%	8%	0.0%	0.00倍	0.00倍	0	0	0.00%	0	15.8%	
	標準偏差		5%	12%	0.3%	0.00倍	0.00倍	0	0	0.01%	0	1.0%	
	基準	70%以下	90%以下	30%以下	幅の2倍以下	材長の1/3以下	利用上支障のないこと	局所的な腐朽は顕著でないこと	顕著でないこと	利用上支障のないこと			
	試料数	100本	100本	100本	100本	100本	100本	100本	100本	100本			
	不適合数	0本	0本	0本	0本	0本	0本	0本	0本	0本			
産地	項目	節径比	集中節径比	丸身	木口貫通割れ	材面貫通割れ	目まわり	腐朽	曲り	その他の欠点	含水率		
南部・東部	平均	25%	49%	0.9%	0.03倍	0.00倍	0	0	0.03%	0	18.6%		
	最大	41%	82%	13.3%	1.77倍	0.07倍	0	0	0.20%	0	26.6%		
	最小	0%	0%	0.0%	0.00倍	0.00倍	0	0	0.00%	0	14.6%		
	標準偏差	7%	17%	2.3%	0.18倍	0.01倍	0	0	0.04%	0	1.8%		
	基準	70%以下	90%以下	30%以下	幅の2倍以下	材長の1/3以下	利用上支障のないこと	局所的な腐朽は顕著でないこと	顕著でないこと	利用上支障のないこと			
	試料数	200本	200本	200本	200本	200本	200本	200本	200本	200本			
	不適合数	0本	0本	0本	0本	0本	0本	0本	0本	0本			

Fig. 17 ヒノキの材質特性

#### 4 おわりに

今回、山梨県内の代表的な林業地帯で生産されているスギとヒノキの柱材の強度特性と材質特性を調査した。これらの産地ではまだ製材前の丸太の段階での強度特性の測定は行っていない。今後、丸太の段階で強度特性を測定し、強度特性が優れた丸太のみから柱材を生産すれば一層の品質の向上が期待できると言える。