

## 鹿児島大学高隈演習林産アスナロ材の材質について

藤田 晋輔・外山 保志  
(森林資源環境学研究室)

### Some Mechanical Properties in Asunaro (*Thujopsis dolabrata* S. et Z.) grown in Takakuma University Forest.

Shinsuke FUJITA and Yasushi TOYAMA  
(Laboratory of Forest Products Technology)

## 緒 言

これまで鹿児島大学農学部高隈演習林に植林されているスギ5品種の機械的性質と比重の関係について報告した<sup>1)-5)</sup>。本報告は同演習林に植林されているアスナロの生長経過とこれの材質特性について検討した。

## 実験材料および実験方法

### 1. アスナロの特徴

アスナロ (ヒバ, *Thujopsis dolabrata* S. et Z.) は通常樹高20~30m, 胸高直径60~80cmに達する日本特産の針葉樹高木 (陰樹) で, 自生地は一般に湿潤地に多く, 稚幼樹は耐陰性に強い樹種である。これの天然分布の北限は青森県 (北緯40°53'), 南限は鹿児島県 (北緯31°31', 高隈山) とされ<sup>6)</sup>, 九州地域における垂直分布は海拔500~1300mの範囲にある。アスナロ天然林分布の密度の大きい地域の土壌の主な母岩は, 石英粗面岩, 安山岩, 粘板岩, 砂岩, 斑岩などである。南限とされている鹿児島県内におけるアスナロの分布は霧島山, 柴尾山, 高隈山などの国有林にあり, 平均の最高気温は28.4℃ (鹿児島県鹿屋市), 26.3℃ (霧島), 年間総雨量は1500~3000mm程度である。

アスナロの肉眼的な特徴を見ると, 心, 辺材の区別はやや不明瞭であるが, それぞれ淡黄褐色, 帯黄白色を呈する。一方, 早, 晩材の推移は比較的緩慢で, 木理は通直, 肌目は精, 材はやや軽軟であり, 加工性は中位, 割裂性, 仕上げは良く, 放香がある。心材の保存性は高いが, 「あて」, 「ねじれ」および「とび腐れ」がしやすい傾向にある。

南九州におけるアスナロの素材生産はない。これの用材としての人工林を含めた生産地域は北海道の江差地方から福島県にわたる広い範囲にある。量的にまとまって生産されている地域は, 青森県の国有林 (天然林), 石川県能登半島 (人工林) などが挙げられる。例えば, 青森県のアスナロの伐採量は昭和30年後半から40年半ばまで40万 m<sup>3</sup>を上回っていたが, 昭和48年以降は年間平均30万 m<sup>3</sup>に減伐され, 2001年以降は14万 m<sup>3</sup>を永続的に供給する計画が立案されている<sup>6)</sup>。

生産量の多い青森, 北陸地方におけるアスナロの主な用途は一般建築用である。一例として, 青森県におけるアスナロ (青森ヒバ) の利用状況 (昭和57年度) を見ると, 柱, 土台角類 (46%), 敷

居, 鴨居, 長押類 (22%), 床板, 野地板類 (22%), 残りは家具, 建具, 枕木などに供給されている。その他, 土台, 柱, 根太, 風呂場や軒回りなど湿気の多い場所やモルタルの下地など通気性の悪い場所, あるいは縁側, ぬれ縁など常に外気にさらされる場所に利用されていることも多い。

## 2. 実験材料の選定と採材

供試したアスナロは鹿児島大学農学部高隈演習林 (鹿児島県垂水市海瀨) の16林班 (ほ小班) に植林されている。この林分で, 平均に近い樹形および胸高直径を持つ3本を伐採した (実験材料伐採日: 平成元年3月1日, 快晴)。

なお, この林分の地位および林況は次の通りである (昭和57年10月調査)。

地位 ○地位 : 2  
 方位傾斜 : N (緩)  
 基岩 : 粘板岩  
 土性結合度: 砂壤土

林況 ○haあたりの蓄積量: 129m<sup>3</sup>  
 連年成長量: 0.5m<sup>3</sup> (成長率 1.2%)

供試したアスナロが植林されている高隈演習林は天然林の南限とされている高隈山の北側に位置し, 海拔530m, 1969年から1983年にわたる15年間の平均の最高気温は22.6℃, 年間総雨量は1723~3763mmである。海拔, 気候条件および土壌条件などから見ると, ほぼ天然分布の気象条件の範囲にあり, 人工林としても生育可能と考えられる地域である。

## 3. 実験方法

供試木は地上高0.2mの位置で伐採した。採材および実験に供するまでの工程 (製材, 試験片の作製, 調湿などの手順) は既報<sup>1)-5)</sup>と同様である。

樹幹解析用円盤 (厚さ5cm) は, 地上高0.2m, 1.2m, 以降2mおきに採材し, 通常の方法にしたがって年輪数を測定し, 樹幹解析を行った。一方, 生材含水率は地上高0.2m直下, 以降, 樹幹解析用円盤の直下より約3cmの厚さの円盤を採取し, それぞれの円盤の髓より樹皮側へ向かって約1cm幅の小片を作製し, 絶乾法により求めた。

アスナロの機械的性質を求める強度試験は, JIS規格に準拠した。強度試験機は島津製作所製DSS-5000D, 荷重の検出は5,000kg, 500kgのロードセルを使用した。試験項目および本報告で求めた機械的性質はつぎの通りである。

1. 曲げ試験: JIS-Z2113-1977 (曲げ破壊係数, 曲げ弾性係数)
2. 衝撃曲げ試験: JIS-Z2116-1977 (衝撃曲げ吸収エネルギー)
3. 圧縮試験: JIS-Z2111-1977 (縦圧縮強さ)
4. せん断試験: JIS-Z2114-1977 (柁目面および板目面のせん断強さ)
5. 割裂試験: JIS-Z2115-1977 (柁目面および板目面の割裂抵抗)

## 実験結果および考察

### 1. 実験材料の概要

供試木アスナロの樹幹の概要はTable 1に示す。供試木の樹齢は地上高0.2mで, 57~59を数えた。植栽年度は保存されている経営簿に正確な記載がないため, 樹幹解析により求めた年輪数から推定すると, この林分は昭和2~3年頃に植林されたものと考えられる。供試木の伐採時の胸高直径,

Table 1 Characteristics of Asunaro-wood sample tree  
(*Thujaopsis dolabrata* S. et Z.)

Number of specimen No.	Age years	Height (m)	D.B.H. (cm)	H/D (%)	Clear length (m)	Annual ring width at D. B. H. (cm)		
						H. W.	S. W.	Ave.
1	58	17.1	27.5	62.2	14	0.28	0.21	0.24
2	57	16.3	25.9	62.9	13	0.27	0.20	0.23
3	59	16.9	25.8	65.5	13	0.29	0.15	0.23

\* H. W.: Heart-wood; S. W.: Sap-Wood; Ave.: Average value

樹高はそれぞれ26~28cm, 16.3~17.1m, 完満度(H/D×100%)は62~66%を示し, 中庸の樹体を示している。胸高位置における心材の平均年輪幅の平均値は, 0.28cm, 辺材のそれは0.19cm, 心辺材をふくめた全平均年輪幅の平均値は0.23cmを示した。天然もしくは人工林のアスナロが生育している東北および北陸地方におけるその平均的な樹齢と樹高および比重は, 樹齢60年で樹高18.5m, 胸高直径26cm, 平均比重0.35が示されている<sup>6)</sup>。これらの値を本報告で取り扱った供試木(Table 1)と比較すれば, 樹高, 胸高直径, 樹形はともに東北, 北海道の天然のアスナロとほとんど変わらない。しかし, 本実験で機械的性質を求めたアスナロの全試験片の比重の平均値は, 0.55(最小値0.37, 最大値0.79)を示し, 東北, 北海道のその標準値よりやや高い。

## 2. 樹幹解析

Fig. 1, 2はそれぞれ供試木 No. 1~No. 3の樹幹解析図および樹高, 胸高直径の総成長量を示した。Fig. 1に見られるように供試木 No. 1および No. 2は円錐状の樹形を示したが, No. 3は地上高9.2m付近より二股となっていたため, 直径は急に減少し, 供試木 No. 1, 2とその形状をやや異にした。Fig. 2に見られるように樹高および胸高直径の総成長量は0~10年の間に急激に増大するが, その後はやや緩慢となる。これより平均および連年成長量を求めると, いずれも15~20年付近で最大値をとり, その後20年以降はともに曲線状に減少したのち安定する。

## 3. 生材含水率の横断面半径および樹軸方向の分布について

Fig. 3に供試木 No. 3の生材含水率(平成元年3月伐採)の横断面および樹軸方向の樹幹内の分布の一例を示した。この図に見られるように, 供試木の横断面半径方向の生材含水率分布は, いずれの地上高においても髓より樹皮側へ向って心, 辺材の境界部分まではほぼ安定し, この付近より樹皮側へ向って急に増大している。地上高0.2, 1.2m, 3.2mにおける心材部の平均含水率は70~80%を示すが, 地上高5.2m以上になると平均含水率50%程度になる。一方, 辺材部の含水率は, 地上高0.2, 1.2mにおいては160%程度を示したが, それ以上の地上高で200%を示し, 地上高が11mを越えると, 180%, 130%と低下している。このようにトドマツで得られている「10mを越えると低下する」としている測定結果<sup>8)</sup>と同様に生材含水率の横断面方向の分布は地上高による影響が見られる。なお, 供試木 No. 3の地上高9.2mの横断面直径はそれの上下よりわずかに大きい, これはすでに述べたように, この地上高に位置する測定円盤の直上で二股となっていることに原因している。

## 4. 気乾比重と機械的性質の関係について

Table 2は, 本実験に供したアスナロ3本の平均年輪幅, 気乾比重, 含水率およびそれぞれの機械

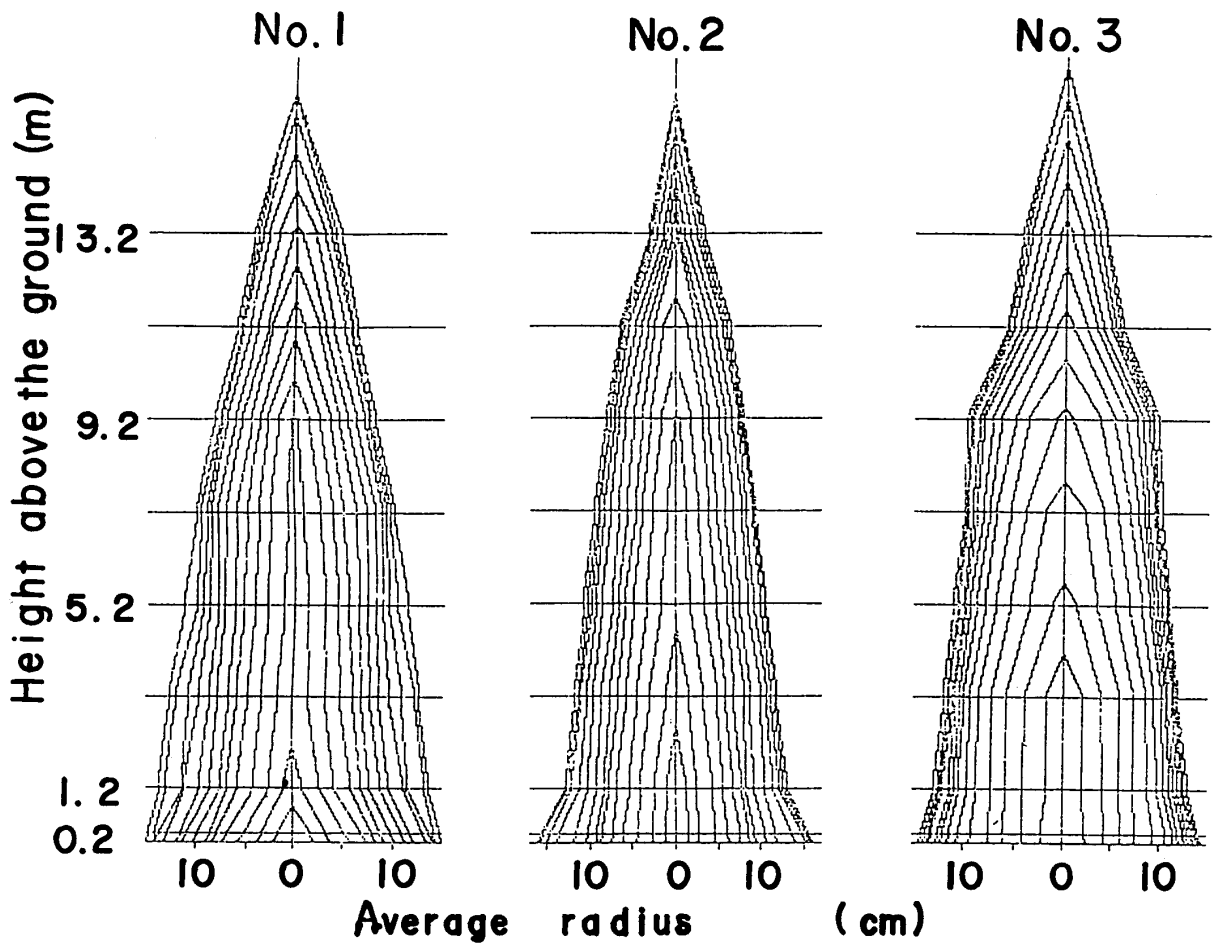


Fig. 1 Basic stem-growth diagram.

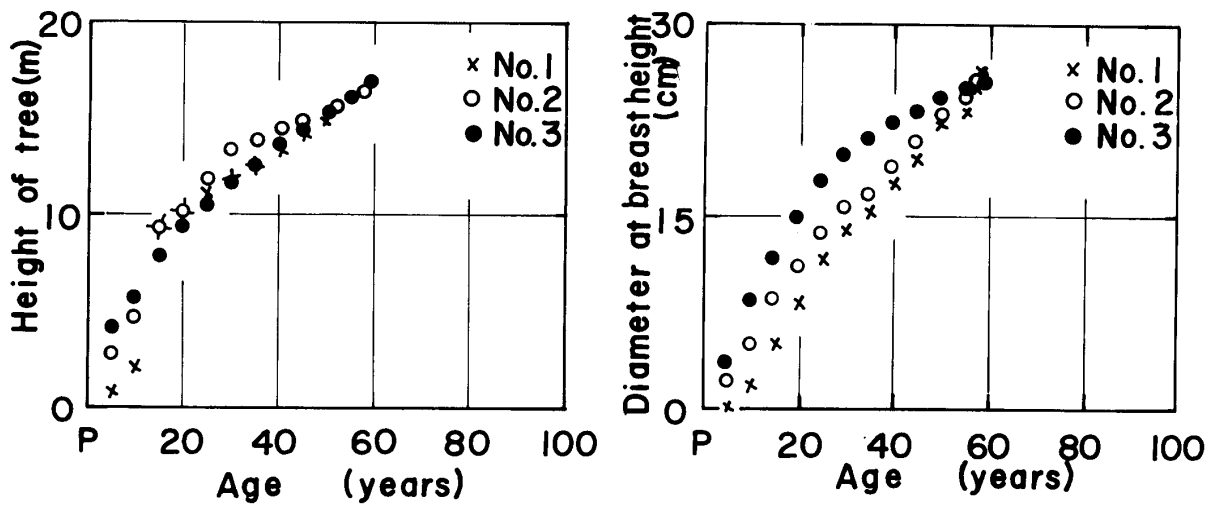


Fig. 2 Growth curves for height of stem and diameter at breast height.

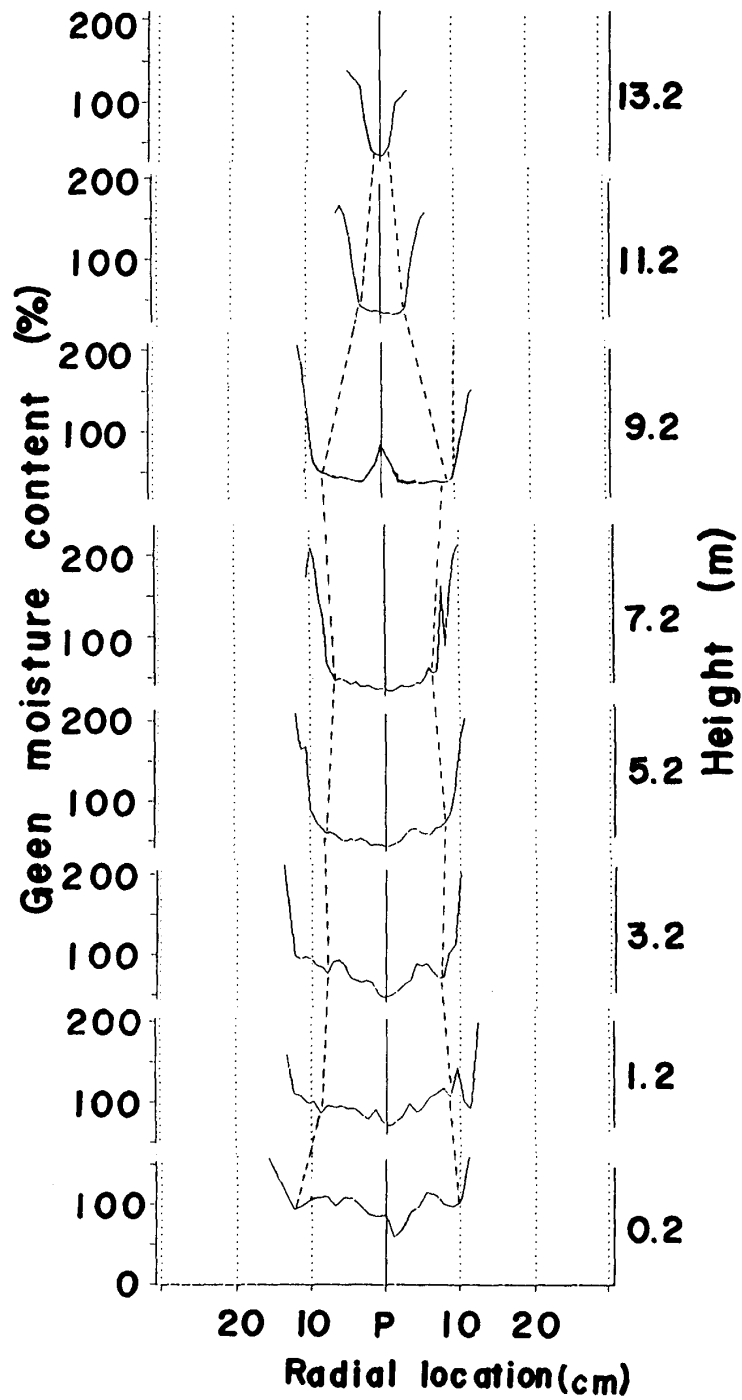


Fig. 3 Profile of moisture content distribution in stem of Specimen No. 3. (Dashed lines indicated boundaries of heartwood and sapwood.)

Table 2 Summary on investigation of mechanical properties of plantation grown Asunaro-wood at Takakuma experimental field in Kagoshima Univ. Forest.

Item		Max.	Ave.	Min.	STD	CV(%)
Average annual ring width (cm)		1.37	0.34	0.25	0.20	58.8
Specific gravity (g/cm <sup>3</sup> )		0.79	0.55	0.37	0.10	10.8
Moisture content (%)		20.0	16.7	12.9	1.90	11.4
Modulus of rupture in Bending (kg/cm <sup>2</sup> )		834	661	506	0.06	10.8
Modulus of elasticity in Bending ( $\times 10^3$ kg/cm <sup>2</sup> )		106	90	38	13.0	17.0
Absorbed energy in Impact Bending (kg·m/cm <sup>2</sup> )		1.55	0.67	0.06	0.27	40.5
Crushing Strength (kg/cm <sup>2</sup> )		433	345	217	35.0	10.2
Shearing strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Radial-cut	201	132	70	34.0	25.8
	Plane-cut	204	130	57	34.0	26.0
Cleavage resistance (kg/cm)	Radial-cut	50	27	8	5.0	20.6
	Plane-cut	41	25	10	6.0	20.6

的性質の平均値，最大値，最小値，標準偏差および変動係数を，Fig. 4-10は供試木3本について求めた5項目の機械的性質と気乾比重の関係を示した。今，それぞれの機械的性質の特徴について述べる。

#### 1) 曲げ試験（曲げ破壊係数，曲げ弾性係数）

曲げ試験に供した全試験片の平均年輪幅は0.33cm，平均含水率17%，気乾比重の平均値は0.56（最大値0.67，最小値0.44）で，標準値（平均値0.45，下限値0.37）より高い値を示している。しかしながら，曲げ破壊係数は506～661～834kg/cm<sup>2</sup>の範囲にある。この平均値662kg/cm<sup>2</sup>は曲げ破壊係数の標準値750kg/cm<sup>2</sup>の88%と低い。この値は試験片の中央部付近（中央1/3の範囲）に節が存在する試験片を除いても標準値の91%であり，下限値は84%と低い値を示した。一方，曲げ弾性係数は38～90～106 $\times 10^3$ kg/cm<sup>2</sup>の範囲にあり，この平均値は標準値（平均）の77%と低い値を示した。

Fig. 4-6はそれぞれ供試木3本に得られた比重と曲げ破壊係数（相関係数=0.44），比重と曲げ弾性係数（相関係数=-0.10）および曲げ破壊係数と曲げ弾性係数（相関係数=0.53）の関係を示した。図中○印は試験片の中央部1/3の範囲に節が存在していない試験片，●印は節が存在しているそれに得られた値を示している。これらの図に見られるように，節が存在する気乾比重0.65以上の試験片で，曲げ引張破壊が節の付近に生じたことから，気乾比重0.65以下の持つ試験片に得られた曲げ弾性係数より低い値を示した。したがって，全体としてこれまでの多くの報告に類似した傾向を示さず，特に気乾比重と曲げ弾性係数の間はずかであるが負の相関を示した。Fig. 6の曲げ破壊係数と曲げ弾性係数の関係はこれまでの多くの報告と同様な結果を示した。

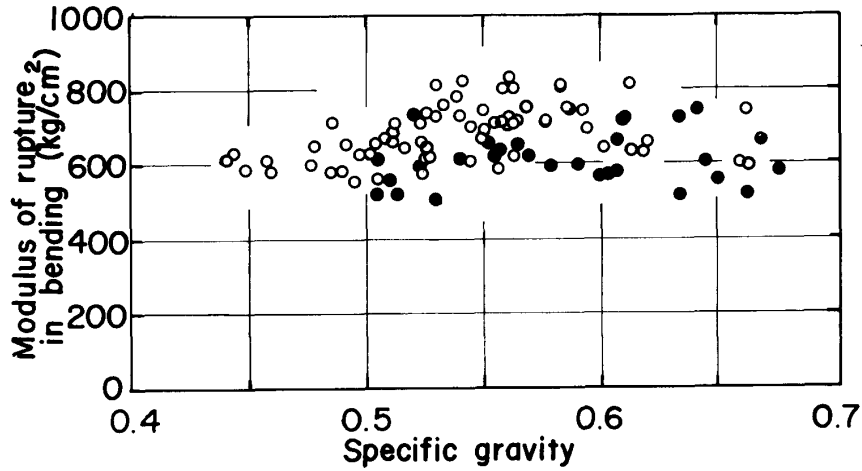


Fig. 4 Relation between specific gravity and modulus of rupture in bending in stem.  
 (○: clear specimen, ●: specimen with knot)

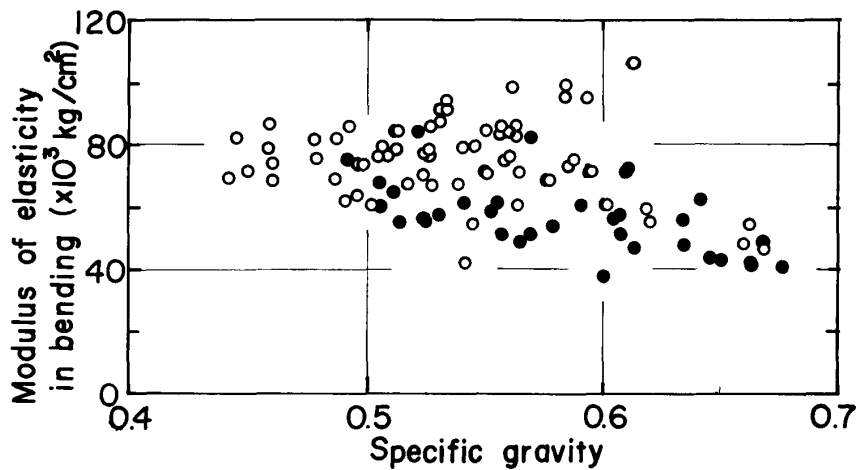


Fig. 5 Relation between specific gravity and modulus of elasticity in bending in stem.  
 (○: clear specimen, ●: specimen with knot)

2) 衝撃曲げ試験 (衝撃曲げ吸収エネルギー)

本試験で用いた試験片の気乾比重の平均値は、0.55(最大値0.69, 最小値0.42), 平均年輪幅は0.34 cm, 平均含水率17%であった。本試験で得られた衝撃曲げ吸収エネルギーは0.66~0.67~1.55 kg・m/cm<sup>2</sup>の範囲にあり, 本実験に得られた平均値はアスナロの標準値(平均値)0.40kg・m/cm<sup>2</sup>よりわずかに大きい値を示した。Fig. 7は気乾比重と衝撃曲げ吸収エネルギーの関係(相関係数=0.69)を示した。図からも明らかなようにバラツキはやや大きい, これまでのスギの衝撃曲げ吸収エネルギーと比較すれば, 比較的バラツキは小さかった。

3) 縦圧縮試験 (縦圧縮強さ)

縦圧縮試験に供した全試験片の気乾比重, 平均年輪幅および含水率は, それぞれ0.54(最大値0.69, 最小値0.41), 0.55cm, 15%を示した。Table 2に見られるように縦圧縮強さの平均値は345

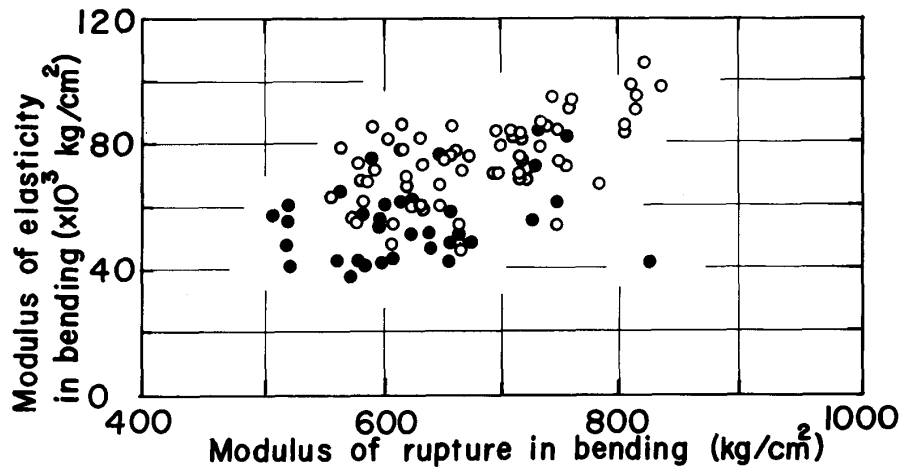


Fig. 6 Relation between specific gravity and modulus of rupture bending modulus of elasticity in bending in stem.  
(○ : clear specimen, ● : specimen with knot)

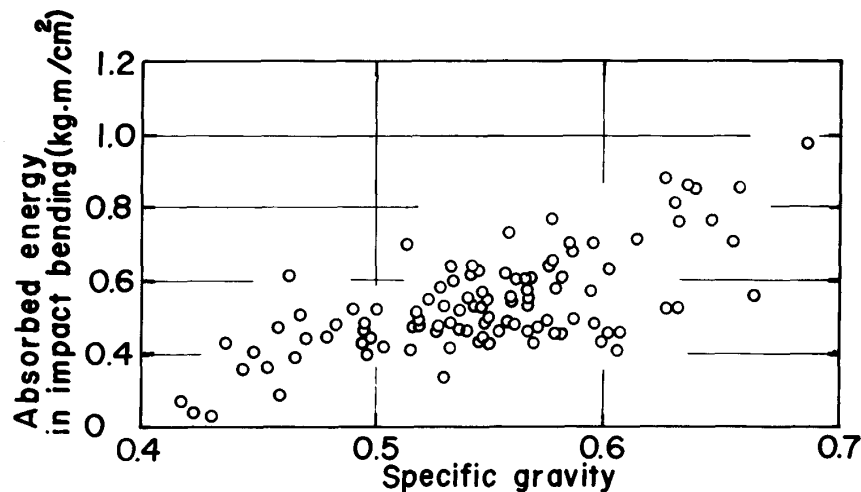


Fig. 7 Relation between specific gravity and absorbed energy in impact bending in stem.

kg/cm<sup>2</sup> (最大値433kg/cm<sup>2</sup>, 最小値217kg/cm<sup>2</sup>) であり, 標準値 (平均値) 250kg/cm<sup>2</sup>の約1.4倍の値を示した。Fig. 8は比重と縦圧縮強さとの関係を示した。この図から明らかなように, 縦圧縮強さはこれまでの報告と同様に気乾比重の増大とともにわずかに増大する傾向が見られる (相関係数=0.40)が, 気乾比重が0.6以上になると, やや低い値が見られた。これは試験片内の流れ節や木理の影響を受けたものと考えられる。

#### 4) せん断試験 (柵目面および板目面のせん断強さ)

柵目面および板目面のせん断試験に使用した全試験片の気乾比重, 平均年輪幅および平均含水率は, それぞれ0.54(最大値0.69, 最小値0.41), 0.35cm, 17%であった。Table 2に示すように柵目面および板目面のせん断強さの平均値はそれぞれ132, 130kg/cm<sup>2</sup>を示し, せん断面の差による平均値の差はほとんどない。これらの値はこれまでに得られている標準値 (平均値) 750kg/cm<sup>2</sup>の1.8倍



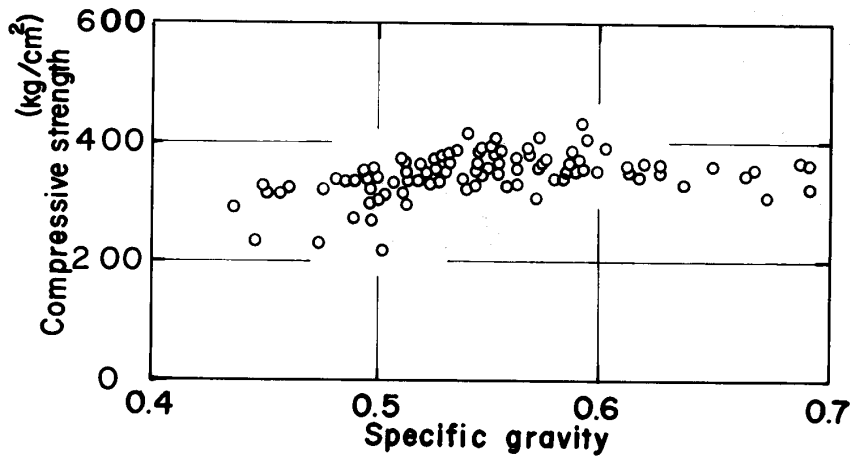


Fig. 8 Relation between specific gravity and compressive strength in stem.

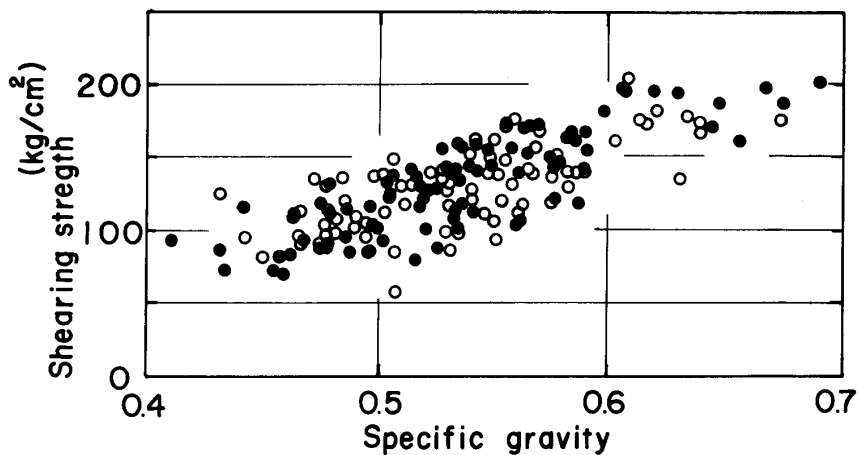


Fig. 9 Relation between specific gravity and shearing strength in stem.  
(○: tangential plane, ●: radial plane)

の値を示した。Fig. 9に柵目面および板目面の比重とせん断強さの関係を示した。それぞれの面のせん断強さは、ともにこれまでの多くの報告と同様に気乾比重の増大に伴って増大し、相関係数は柵目面0.84、板目面0.73と比較的高い値を示した。

#### 5) 割裂試験 (割裂抵抗)

柵目面および板目面の割裂試験に供した全試験片数の気乾比重、平均年輪幅および平均含水率は、それぞれ0.55(最大値0.69, 最小値0.44), 0.52, 0.50cm, 15%であった。Table 2に見られるように、柵目面および板目面の割裂抵抗の平均値はそれぞれ27 kg/cm (最大値 50 kg/cm, 最小値 8 kg/cm), 25kg/cm(最大値41kg/cm, 最小値10kg/cm)と、柵目面の割裂抵抗は板目面のその約80%の値を示した。Fig. 10は柵目面および板目面の比重と割裂抵抗の関係を示した。この図から明らかのように、割裂試験に供する試験片はその作成時の欠陥の発生の影響が非常に大きいため、得られた値のバラツキも大きい。これらの間には相関係数0.48 (柵目面), 0.35 (板目面) と低い

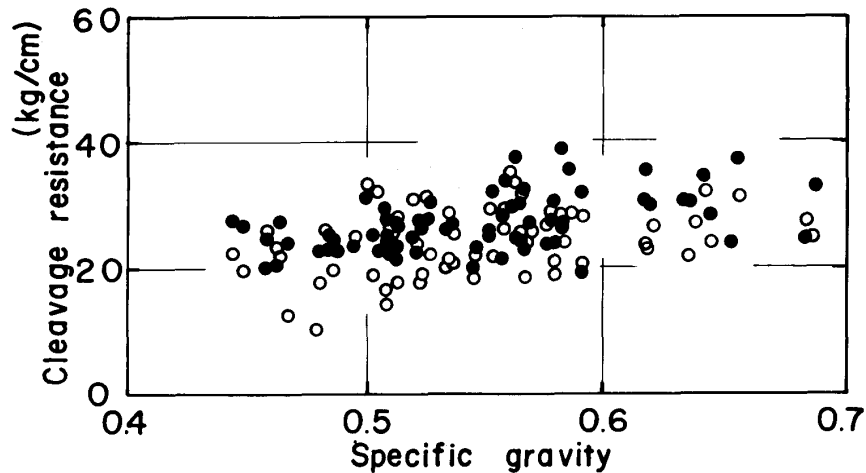


Fig. 10 Relation between specific gravity and cleavage resistance in stem.  
(○ : tangential plane, ● : radial plane)

が、割裂抵抗は比重の増大に伴い、わずかながらも高くなる傾向を示した。

### 要 約

鹿児島大学農学部高隈演習林（鹿児島県垂水市海潟）に植林されている樹齢57～59年生のアスナロ（ヒバ）3本（胸高直径35～40cm）を供試木とし、樹幹解析および生材含水率測定用の円盤を採取後、円盤間の各地上高間の幹材を用いて、JIS規格に準拠した強度試験を行った。これらの実験結果は次のように要約される。

1. 胸高位置における心材および辺材の平均年輪幅はそれぞれ0.28cm, 0.19cmを示した。
2. 供試木3本の機械的性質に供した試験片の実験時の気乾比重の平均値は0.55（最大値0.79, 最小値0.37）、平均年輪幅0.15～0.95cm（平均値0.35cm）を示し、実験時の平均含水率は13～18%（平均値17%）であった。
3. それぞれの機械的性質の平均値を標準値と比較すれば、曲げ破壊係数および曲げ弾性係数は低い値を示したが、衝撃曲げ吸収エネルギー、圧縮強さおよびせん断強さは比較的高い値を得た。

### 引 用 文 献

- 1) 藤田晋輔：鹿児島大学農学部高隈演習林に植林されたスギ材の材質と利用（第1報）ヤクスギ材の機械的性質と比重の関係，鹿大農演報，No. 12, 57-66 (1984)
- 2) 藤田晋輔：鹿児島大学農学部高隈演習林に植林されたスギ材の材質と利用（第2報）サツマメアサスギ材の機械的性質と比重の関係，鹿大農演報 No. 13, 123-133 (1985)
- 3) 藤田晋輔：鹿児島大学農学部高隈演習林に植林されたスギ材の材質と利用（第3報）クモトオシスギ材の機械的性質と比重の関係，鹿大農演報，No. 16, 1-11 (1988)
- 4) 藤田晋輔：鹿児島大学農学部高隈演習林に植林されたスギ材の材質と利用（第4報）ヨシノスギ材の機械的性質と比重の関係，鹿大農演報，No. 16, 13-23 (1988)
- 5) 藤田晋輔：鹿児島大学農学部高隈演習林に植林されたスギ材の材質と利用（第5報）オビアラカワスギ材の機

- 械的性質と比重の関係, 鹿大農演報, No. 18, 1-10 (1990)
- 6) 林 弥栄: 有用樹木図説, p. 129, 誠文堂新光社 (東京) (1969)
- 7) 林業試験場編: 木材工業ハンドブック, p. 132, 丸善 (東京) (1982)
- 8) 蕪木自輔: 木材材質の森林生物学的研究 (第1報), 野幌産トドマツ材の生材含水率・容積密度数及び収縮変形に関する春秋材部別観察, 林業試験場研究報告, No. 45, 37-70 (1950)

### Summary

In this paper, investigations were carried out on to a few fundamental properties in Asunaro-tree (*Thujopsis dolabrata* S. et Z.) grown in Takakuma University Forest.

Some presentative Asunaro trees 26cm to 28cm long in diameter at breast height (57-59 years old) were selected as the materials for analyzing the stem as well as for investigating the physical and mechanical properties.

Measurements were performed on mechanical properties, based on the Japanese Industrial Standards (JIS), using the specimens obtained continuously along and through the stem-diameter direction from a sapwood to another one. The mechanical properties handled were as follows: . . .

- 1) Bending strength (a test to ascertain the modulus of rupture and modulus of elasticity in bending).
- 2) Impact bending test (a test to ascertain the absorbed energy in impact bending).
- 3) Compressive test (a test ascertain the compressive strength parallel to grain).
- 4) Shearing strength (a test to ascertain the shearing strength both in radial and tangential planes).
- 5) Cleavage test (a test to ascertain the cleavage resistance both in radial and tangential planes).

The main results are summarized in Table 1, 2 and Figs. 1-10. Tables shows the characteristics of the samples tree, and physical and mechanical properties handled in this investigation.

The main results are as follows:

- 1) The moisture contents in green state ranged from 150 to 200% (Ave. 140%) in Asunaro-tree.
- 2) At all the heights above the ground in stem, the green moisture contents of the inner-wood (heart-wood) has considerably lower moisture contents than those in the outer-wood (sap-wood). The highest moisture content in green wood was found in a zone near the bark side.
- 3) The specific gravity and average ring width ranged from 0.37 to 0.79 (Ave. 0.55), from 0.25cm to 1.37cm (Ave. 0.34cm), respectively.
- 4) Basing on the statistical discussions about the specific gravity and mechanical properties under the air-conditions, a relativity was confirmed between the specific gravity and some mechanical properties, however, the coefficients correlation between the specific gravity and modulus of rupture, and between that and modulus of elasticity counting over 0.65 for the specific gravity, are not so high.