

### 3. スラウェシー産材の強度特性 Strength Properties of Sulawesi Woods

奥山 剛 伊藤 孝子

Takashi OKUYAMA and Atsuko ITOH

#### 3・1 はじめに

ここでは、スラウェシー産材の強度特性のデータを示す。通常のJIS規格になるべく準拠する方法で各樹種の材質を比較することを目的とした。

試験は全て小試験片で行なったため、実用的（建築用としての）価値は低いものと思われる。しかし、現在のところ、南洋材を建築用強度部材として用いるよりも、家具、合板、造作材などとして用いられることが多いことから考えると各樹種の小試験片でのデータの比較は意味を持つと考えられる。また、他の材質との関連で強度値が必要となる場合も多く、ここでは主として、それに必要な基礎データとなることを心がけた。

各種強度値の中で、ある樹種のものが単に強いか弱いかということだけではなく、ねばり強い、脆いかがある程度推察できるように、級区分の中に最大ひずみを加えた。また、実用的な意味で、樹幹の位置による材質の変動が、その木材の利用効率に大きくかかわると考え樹幹内の各種強度値の樹幹内変動をも級区分した。

いずれにせよ、与えられた樹幹丸太は限られた量であり、その中から強度特性以外の材質測定も行なうため、木取り時にかなり無理がともなった。そのため、ここにあげたデータは各樹種の代表値であるとは考えられない、一面的なデータと考えるべきである。また、南洋材に多い交錯木理のため、特に縦引張試験片などでは各樹種とも同一寸法の試験片を適用したことに対する問題点もある。しかし、各データは、他の材質特性との関連を考えるための基礎データとしては十分な意味を持つため、なるべく単純な処理を行なっただけのデータを多くあげた。

#### 3・2 試験方法

##### 3・2・1 縦引張試験

試験の手順は、JIS Z 2112（木材の引張試験方法）にほぼ順じた。試験機はインストロン型TCM-10,000（新興通信機社製）を主として用いた。荷重はロードセルで、ひずみは試験片の柢目面の両面に貼附したペーパーストレインゲージ（ゲージ長16mm）によって検出し、X-Y記録紙上に記録した。荷重速度は約500kg/minにした。

### 3・2・2 曲げ試験

試験の手順は、JIS Z 2113（木材の曲げ試験方法）に順じた。試験機はインストロン型のTOM 10,000 S.S., TCM-10,000（双方とも新興通信機社製）を用いた。荷重は容量1 tonのロードセル、たわみはクロスヘッドの移動量とし、両者の出力をX-Y記録紙上に記録した。スパン長は28 cmにとり、試験片の断面は2×2 cmとした。試験速度はクロスヘッドの速度で3mm/minとした。

### 3・2・3 縦圧縮試験

実験の手順は、JIS Z 2111（木材の圧縮試験方法）に順じた。試験機は、前述のインストロン型の試験機を主として用いたが、一部にアムスラー型万能試験機（前川試験機製）を用いた。荷重は10 tonロードセルで、ひずみはペーパーストレインゲージ（16 mm）で検出した。試験片の寸法は2.5×2.5×7.5 cmとし、試験速度は破壊まで約3分を要するスピードとした。

### 3・2・4 横引張試験

実験の手順は、JIS Z 2112 にほぼ順じたが、試験片の寸法及び形状は図1に示したものをを用いた。試験機はTCM 500（新興通信機社製）を用い、荷重は500kgロードセル、ひずみは標点間式ひずみ計（米MTS社製、標点間距離2.5 cm）を用いて検出し、X-Y記録紙上に記録した。試験速度は2mm/minとした。

なお、横引張試験片は、T-0°、T-45°、R-0°、R-45°の方向のそれぞれ、気乾、生の二条件で行なった。

### 3・2・5 釘引抜抵抗試験

手順はJIS Z 2121（木材の釘引抜抵抗試験方法）にほぼ順じた。試験機は油圧サーボ型試験機（米、MTS社製、容量5 ton）を用い、試験機に釘引抜治具を取りつけて行なった。釘は市販の鉄丸釘N 45を用い、釘打ち込み治具を用いて、打込み深さが30 mmになるようにした。打込みは、約10回ハンマーでたたき規定の30 mmになる程度の強さでたたいた。釘引抜速度は、0.6 mm/minとし、柾目、板目、木口それぞれについて10ヶ所の引抜抵抗を求めた。なお、ここに用いた釘引抜試験治具及び釘打ち込み治具を図2に示した。

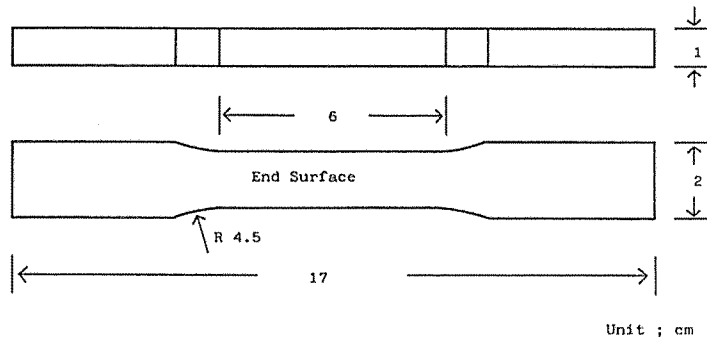


Fig. 1. Testspecimen for tension perpendicular to grain.

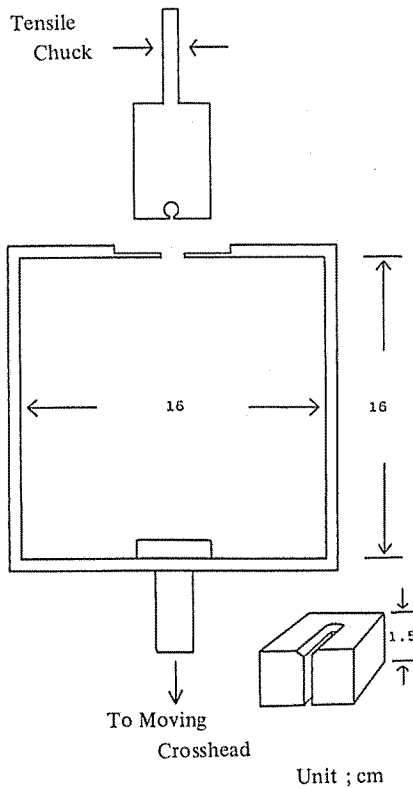


Fig. 2. Attachments for nailwithdrawal testing and the guide for driving the nail.

### 3・2・6 試験片の木取りおよび数

生材丸太から、樹心を通る正柵目板の半径分を1枚、心材で、なるべく辺材に近い部分から正板目板1枚を、樹種によっては異なるが、厚み3~4.5cm、巾20cm以上、長さ3~4mの大きさの板を切り出した。心割れがひどいもの及び節などの欠点のあるもので余裕があるものは予備として上記の柵目、板目の板を余分にもう一枚づつ用意した。

これらの柵目板、板目板をそれぞれ長さ方向に2:1の大きさになる部分で切断し、その短かい方を生材用の試験に供し、他方の長いものについて天然乾燥を含むごくゆるやかな条件の人工乾燥を行ない気乾条件に調整した。

気乾にした正柵目板から、縦引張、曲げ、縦圧縮試験片を、樹心から樹皮側まで等間隔に、なるべく目切れを生じないように木取り、樹幹内の強度値分布が得られるようにした。その残り及び予備に用意した柵目板から釘引抜試験片、横引張試験片(R-0°, R-45°)を木取った。

気乾の正板目板からは横引張試験片(T-0°, T-45°)を木取った。

生材の正柵目板からは、縦引張試験片と横引張試験片(R-0°, R-45°)を木取った。

生材の正板目板からは横引張試験片(T-0°, T-45°)を木取った。

各試験に、最終的に供した試験片の数は樹種によって異なるが、だいたいの数をあげるとつぎのようである。縦引張試験片約10本、曲げ試験片約10本、縦圧縮試験片約6本、横引張試験片は各方向、生材、気乾材ともに各約7本、釘引抜抵抗試験では、板目、柵目、木口とも試験片の数は3~4個であるが、釘の打込みは各10本とした。

### 3・3 試験結果

#### 3・3・1 比重との相関

各種強度値の試験結果を表1, (a), (b), (c)に示す。表1, (a)は、縦引張、曲げ、縦圧縮における一般的なデータである。表中、CVは変動係数であり、標準偏差/標本平均×100(%)を示す。

各データは、ゼイ材部など明らかに欠点部と思われる部分のデータを除いた平均値であり、( )内の数字は欠点をも含めた総平均値である。

表1, (b)は、釘引抜抵抗を示す。比重、含水率は試験時のものである。まさ目面、板目面および木口面でのそれぞれの値を平均値±1%レベルの推定幅で示した。

表1, (c)は横引張試験結果である。T-0, R-0, TL-45, RL-45は、それぞれ接線方向、半径方向と、それぞれ45度方向を示す。値はすべて単純平均であり、Vは変動係数である。また、それぞれの方向の試験結果の上段は気乾材の下段は生材のデータである。T-0及びR-0の気乾時の値につけた\*, \*\*印は、気乾と生材との間の有意差検定の結果であり、それぞれ5%, 1%レベルで差があると認められたことを示す。

ほとんどのデータは比重とよい相関を示した。表2に、それぞれの回帰直線式を示す。rは相関係数を、 $\rho$ ,  $\rho_0$ はそれぞれ気乾比重、全乾比重を示す。最大ひずみを除いて、他は、この試験材料の比重範囲では直線関係があるとみてよい。

Fig. 3 (a), (b)に、接線方向のヤング率と強さについての比重との相関を示す。両方とも比重とよい相関を示すが、図中で比重の高いもの、Koodersiodendron sp. (1), Madhuca sp.などであるが、これらは、ヤング率が生材状態の方が気乾状態より高い値を示した。特にMadhuca sp.では、強さも生材の方が気乾材より非常に高い値を示した。このことから、高比重材では、乾燥によって細胞壁の損傷が生じたものと考えられる。

#### 3・3・2 他産地材との比較

スラウェシー産41樹種について得られた曲げヤング係数、曲げ強さ、縦圧縮強さ、縦引張強さ及び釘引抜抵抗の値と、他産地材についてのそれらの強度値を、比重との相関グラフ上にその範囲を示し比較したのが図4, (a)~(e)である。

他産地材の各データは、木材工業ハンドブック<sup>1)</sup>に掲載されているものを用いた。釘ひきぬき抵抗については、概報の報告書<sup>2)</sup>、林試報<sup>3)</sup>を引用した。それぞれの産地の樹種数は5~28樹種である。図中では、比重との関連で各データをプロットし、その分散図の外側をそれぞれの線で結んだ。釘引抜抵抗は、スラウェシー産材のデータについてはプロットのみで示した。

各種強度値は、産地が異なってもだいたい比重と相関があり、その値の範囲も産地の違いによる差はみられなかった。

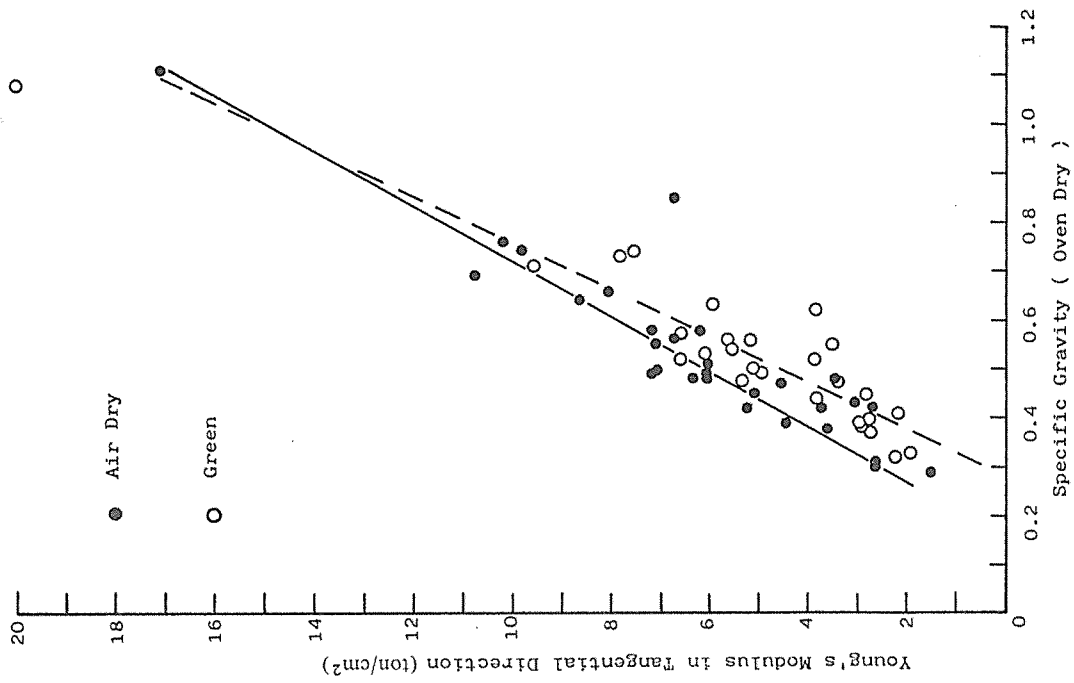


Fig. 3(a) Relationship between young's modulus of tension in tangential direction and specific gravity.

Note; The regression equations are in Table 2.

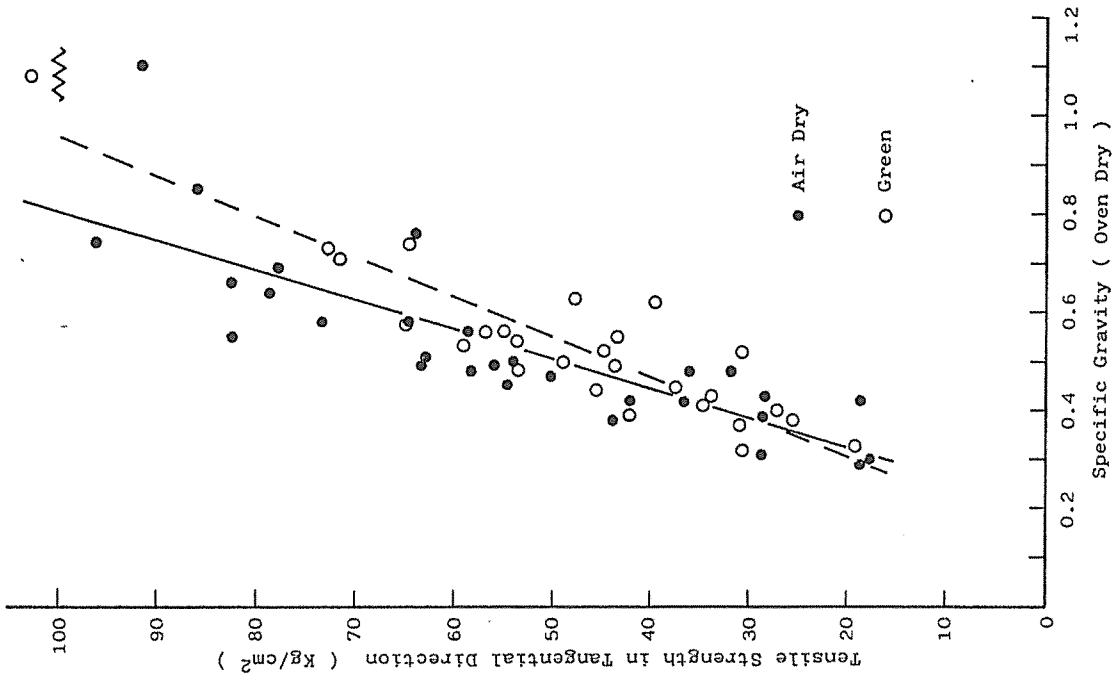


Fig. 3(b) Relationship between tensile strength in tangential direction and specific gravity.

Note; The regression equations are in Table 2.

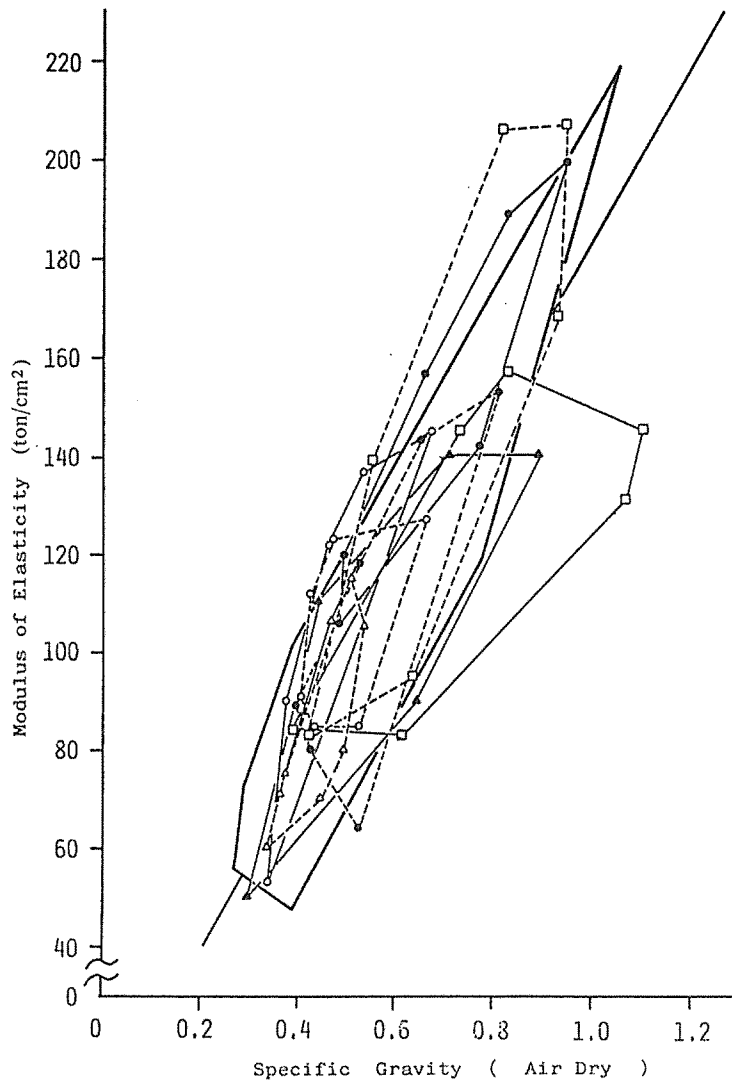


Fig. 4(a). The comparison of modulus of elasticity in bending of species from sulawesi with the ones from other places.

Notes;

- From Sulawesi (Indonesia)
- Soft Wood from North America
- - " USSR & Others
- From Philippines
- - " Sabah & Sarawak
- " Thailand & Cambodian
- - " Malaya
- △- - Domestic Soft Wood
- ▲— " Hard Wood

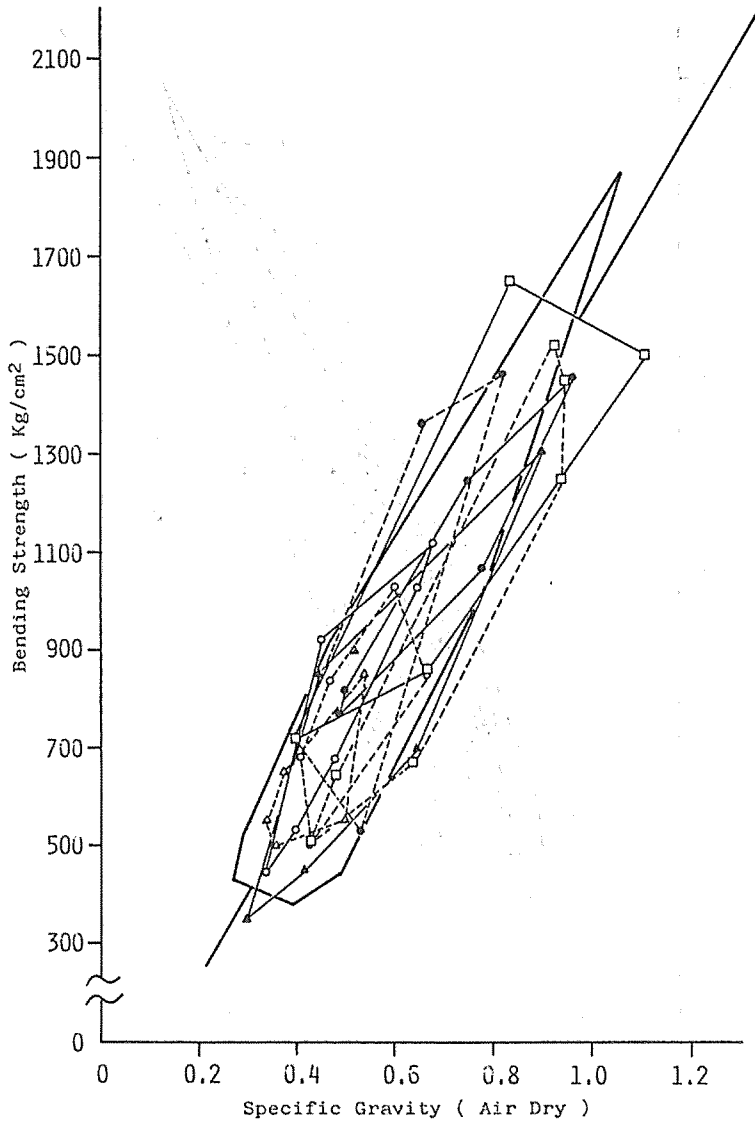


Fig. 4(b). The comparison of bending strength of sulawesi woods with the ones from other places.

Notes;

- From Sulawesi (Indonesia)
- Soft Wood from North America
- -○- - " USSR & Others
- From Philippines
- -●- - " Sabah & Sarawak
- " Thailand & Cambodian
- -□- - " Malaya
- -△- - Domestic Soft Wood
- ▲— " Hard Wood

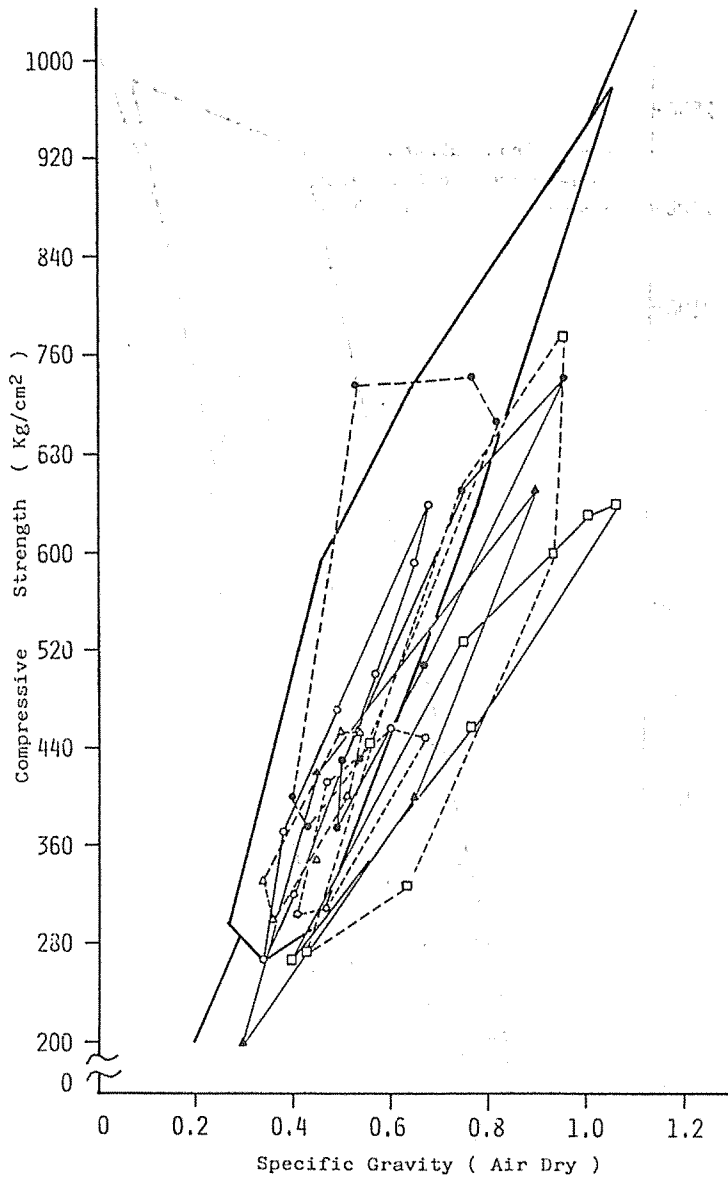


Fig. 4(c). The comparison of compressive strength of sulawesi woods with the ones from other places.

Notes;

- From Sulawesi (Indonesia)
- Soft Wood from North America
- - " USSR & Others
- From Philippines
- - " Sabah & Sarawak
- " Thailand & Cambodian
- - " Malaya
- △- - Domestic Soft Wood
- ▲— " Hard Wood



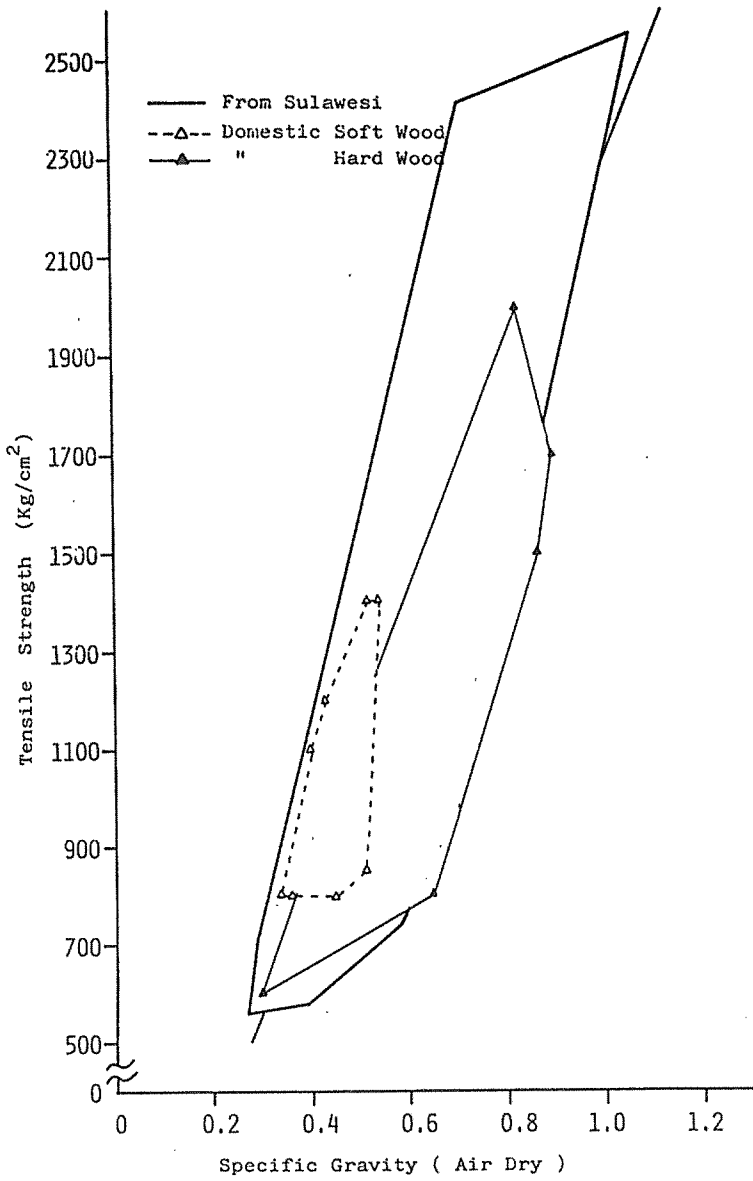


Fig. 4(d). The comparison of tensile strength of sulawesi woods with the ones from other places.

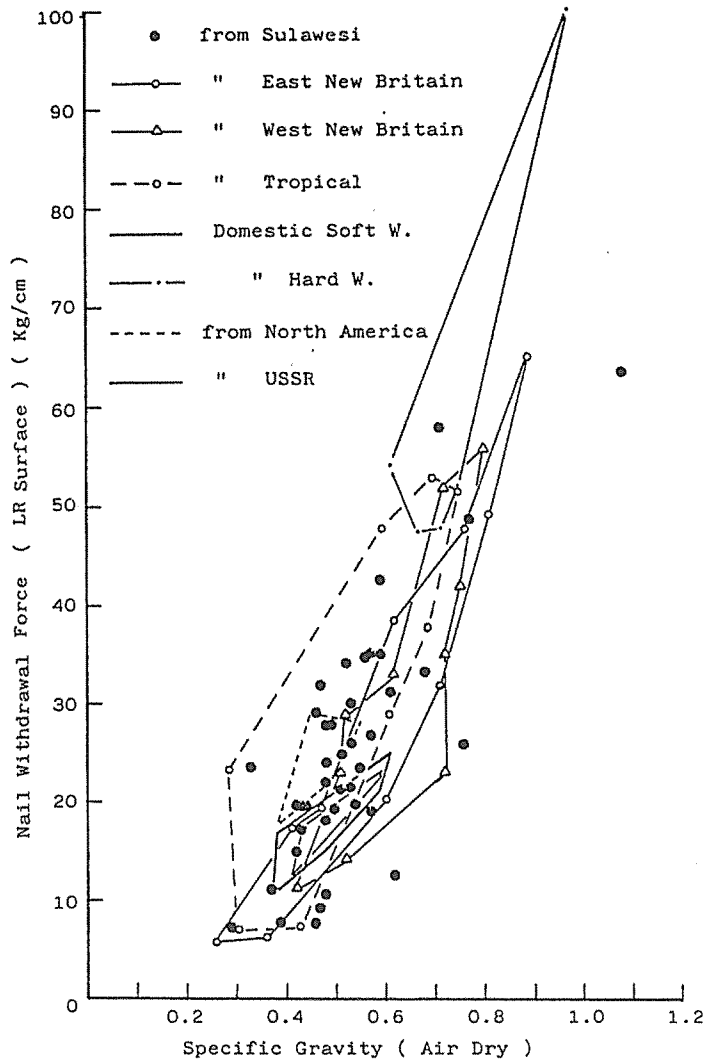


Fig. 4(e). The comparison of nailwithdrawal force of sulawesi woods with the ones from other places.

### 3・3・3 各種強度値の級区分

種々の強度値は表1に示したが、ここではそれぞれの樹種の強度特性の級区分を試みた。

級区分の基準を表3に示す。このうち、曲げヤング係数、曲げ強さ、圧縮強さ及び釘引抜抵抗については従来の級区分基準の値<sup>4)</sup>をそのまま適用した。縦圧縮ヤング率、縦引張ヤング率及び縦引張強さについては、林業試験場研究報告<sup>5)</sup>の手法に従い決定した。すなわち、同報告の気乾比重の級区分値を、表2に示した本試験結果の回帰直線式に代入し、各強度値の級区分基準値を求めた。横引張ヤング率及び強さについても、同様に全乾比重の級区分値と回帰直線から求めた。

以上のほかに、各樹種のねばり強さ又はもろさがある程度推察できるように、縦圧縮及び引張の最大ひずみの区分も試みた。これは全く実験結果から単純に5段階に区分しただけのものである。

樹幹内の強さのばらつきは、利用上に非常に重要であると考えられるので、ここでは、曲げ、圧縮、縦引張の各強さの変動係数を級区分した。なお、この強さのばらつきは、変動係数のみで表現し得ない部分が多いため、後の各論で補促する。

異方性の級区分はI、II、IIIとしたが、それはつぎの計算によった。すなわち、後の異方性の項でくわしく述べるが、各方向の引張ヤング率から、木理傾斜角10度でのヤング率を計算し、その値と繊維に平行方向のヤング率との比で区分した。この比の値が小さいものほど、木理の傾斜によるヤング率低下が大きくなり、従って異方性が強いと評価される。この比はLR面、LT面の両面で求められるが、ここではこの二つの比を平均し、その値で区分した。その比が、0.7以上がIで異方性の弱いもの、0.65~0.69がII、0.64以下がIIIで異方性が強いものである。この基準で異方性をパターンで示したのがFig. 5である。Kollmannのデータ<sup>6)</sup>では、Spruceが0.61とIIIの区分に入り、Ashは0.66でII、Red beechが0.81で最も異方性が低くIに区分される。

表4に、全樹種の強度値級区分表を示す。表の備考欄の中で○印は、曲げ試験において明らかなぜい心による破壊形態が認められたことを示し、△印は、不明確ではあるが、もろい破壊形態がみられたことを示す。これらのものは、曲げ強さか引張強さのばらつきが大きくなっている。W印は、繊維に波うちがみられたもので、特に引張試験片では目切れの原因となり、ばらつきを大きくした因子である。P印は特に辺材にピンホールとそれに伴う変色がみられたことを示す。なお、Podocarpus sp. (I)には、圧縮アテ材が縞状にみられた。

### 3・3・4 異方性およびその生材、気乾材での違い

異方性の強いものは、木理傾斜角の少しの違いもその強さに大きく影響するが、異方性の弱いものはその影響は少ない。また、その生材と気乾材での値は、特に乾燥時の落ち込み性との関連が多いと考えられる。

ここでは、ヤング率、強さおよび最大ひずみの異方性について樹種による相違を検討した。

表1、(c)で横引張に関するデータの全てがわかるが、その異方性の表現を試みる。

ヤング率異方性のパターンによる表現

ヤング率の異方性を比較する場合、L、R、Tの各方向の値の比をとることによるのが簡便である

が、ここでは、木理傾斜角度によるヤング率の変化をパターンで表現することを試みた。

木理傾斜角 ( $\theta$ ) におけるヤング率  $E_\theta$  は、

TL面では、

$$1/E_\theta = 1/E_L \cos^4\theta + 1/E_T \sin^4\theta + \left(4/E_{TL-45} - \frac{1}{E_L} - \frac{1}{E_T}\right) \sin^2\theta \cdot \cos^2\theta$$

RL面では、

$$1/E_\theta = 1/E_R \sin^4\theta + 1/E_L \cos^4\theta + \left(4/E_{RL-45} - \frac{1}{E_L} - \frac{1}{E_R}\right) \sin^2\theta \cdot \cos^2\theta \quad (1)$$

であらわされる。

測定値  $E_L$ ,  $E_T$ ,  $E_R$ ,  $E_{TL-45}$ ,  $E_{RL-45}$  を用いて  $E_\theta$  と  $\theta$  の関係を、各樹種で求めた。樹種間の  $E_\theta$  の値を比較するために、 $E_\theta$  をそれぞれ  $E_L$  で除した値を求め、極座標上にプロットすると、樹種間で比較することのできる円形グラフを得る。

図5は、Kollmannのデータを用いて表示したパターンである。図の縦軸は繊維方向ヤング率で1から始まり、横軸の原点から右側は  $E_T/E_L$ 、左側は  $E_R/E_L$  となる。パターンが細長い型になるほどヤング率異方性は強く、正円に近づくほどヤング率異方性が弱いものとなる。図5のIIIは異方性が強く、Iは異方性の弱い図である。

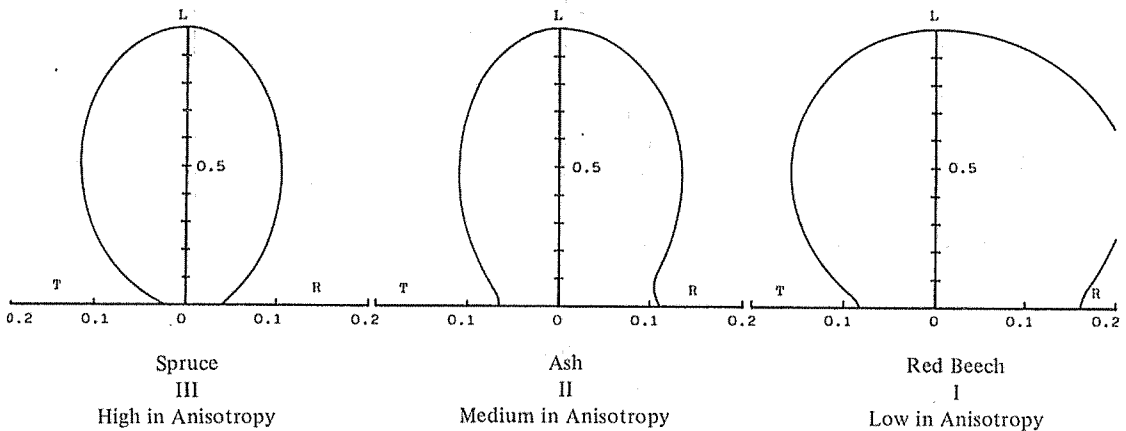


Fig. 5. Principal types of normalized patterns of anisotropy in young's modulus calculated by eq(1) and Kollmann's data.

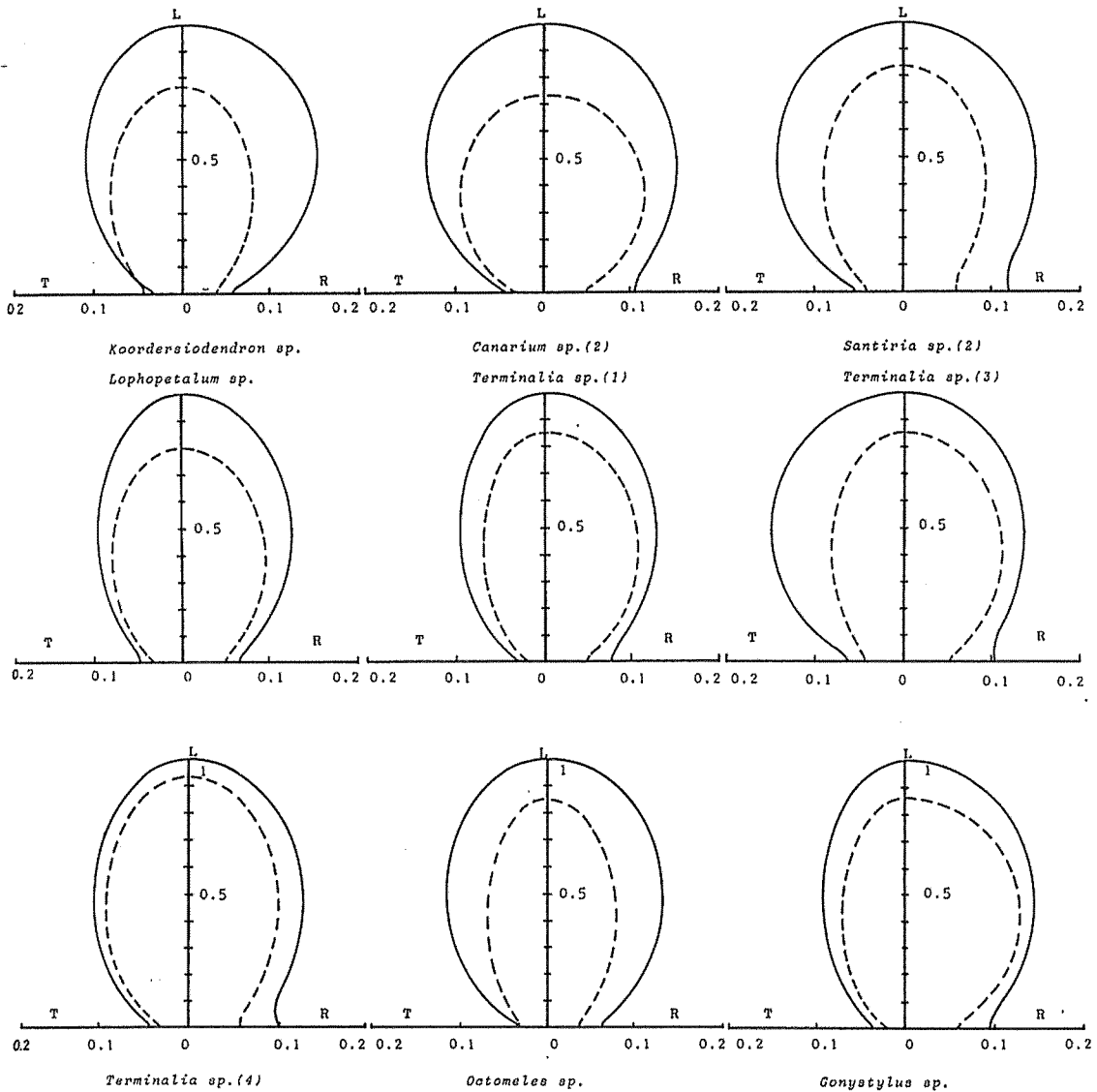
図6は、今回試験した樹種のうち横方向引張試験のデータもそろっているもののパターンである。この中で特に異方性の強いものは *Ficus* sp. (2), *Myristicaceae* (1), *Pometia* sp. (1), *Ailanthus* sp. (2) と *Sterculia* sp. (1) であった。特に異方性の弱いのは *Litsea* sp. (2), (3) であった。

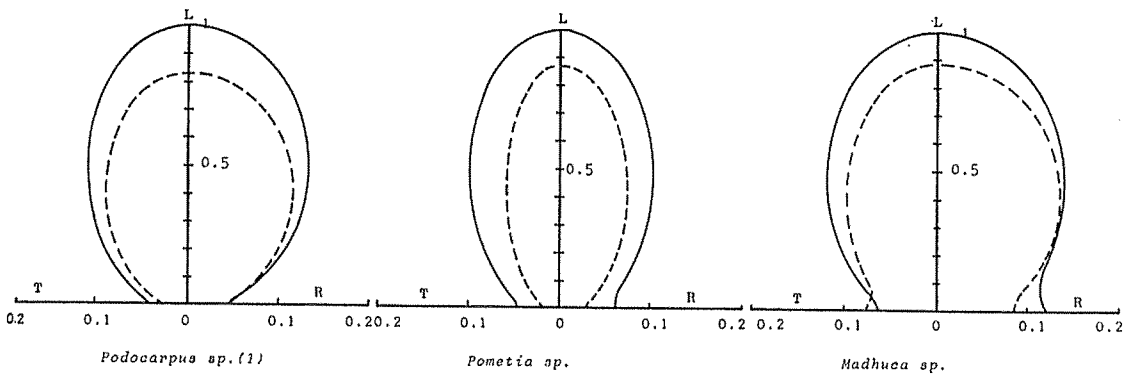
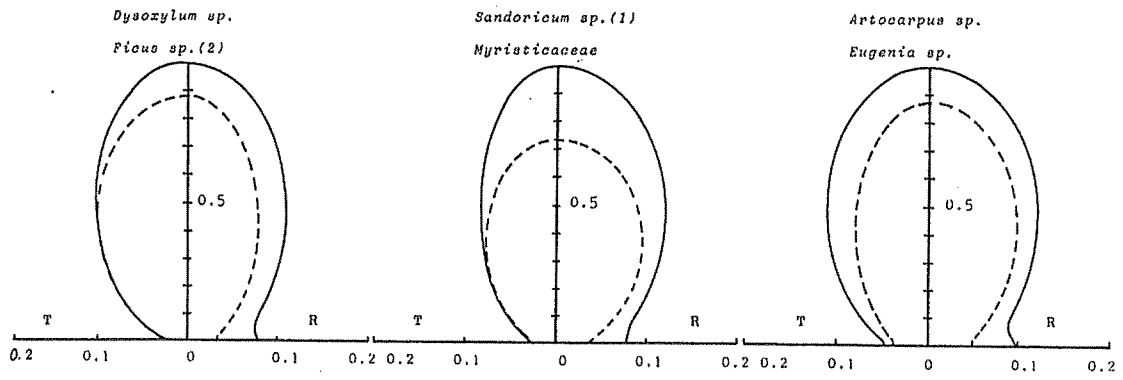
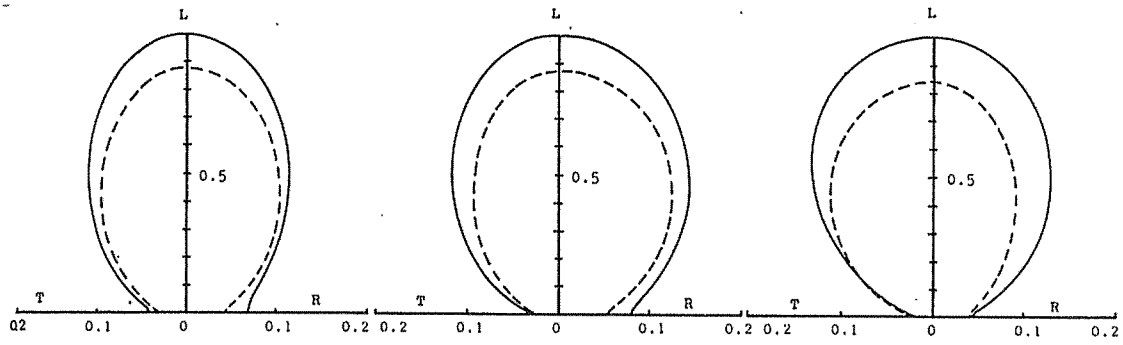
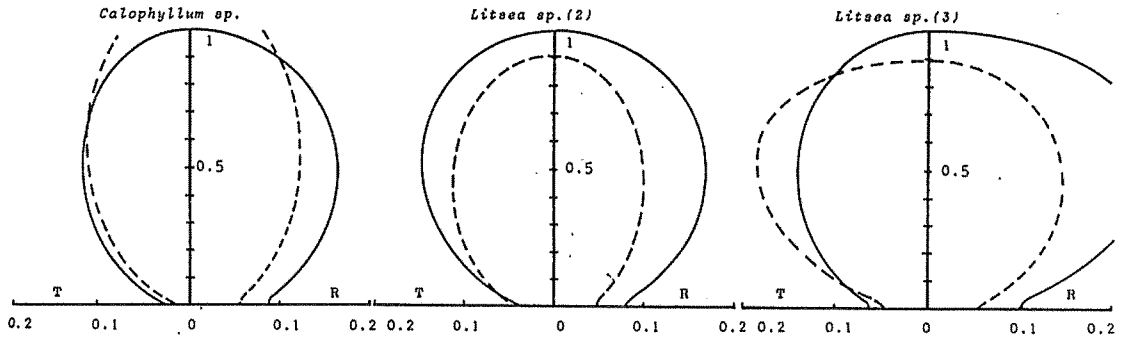
Fig. 6. The patterns showing the anisotropy of each species.

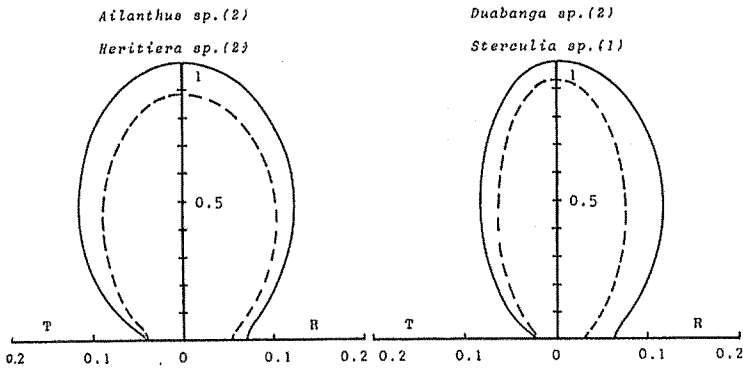
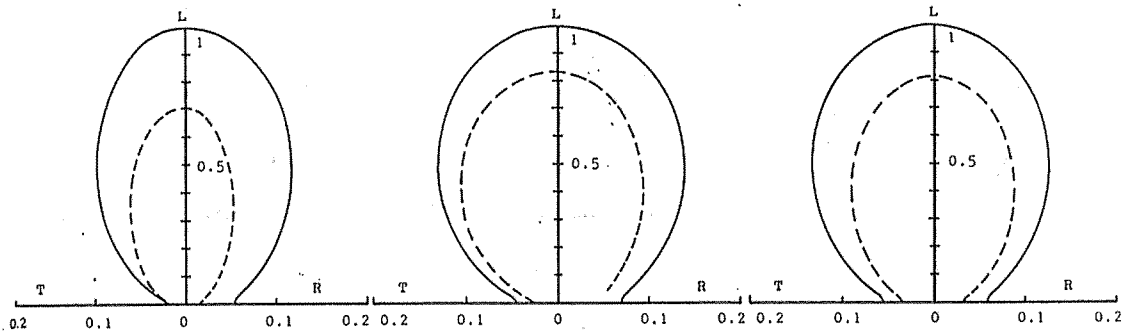
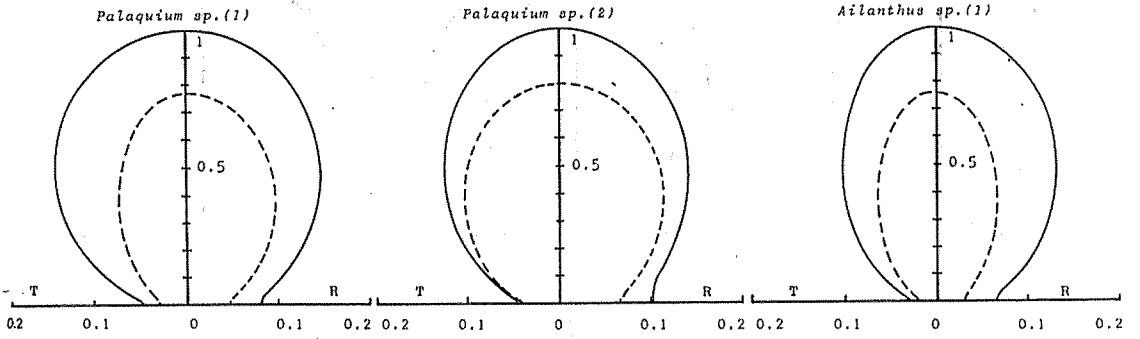
Notes; L, R and T show the longitudinal, radial and tangential directions respectively.

— : Air-dried condition.

- - - : Green condition.







直交三軸のデータからみた異方性及び生、気乾による違い

表5(a), (b), (c)に繊維方向(L)の値を100とした場合のヤング率、強さ、最大ひずみの樹種別比率を示した。

まず、ヤング率について、全平均は、気乾状態でL, R, Tの比が100 : 8.0 : 4.0, 生材では100 : 5.5 : 3.8となった。もちろん、個々に樹種別の考察が必要となる。例えば、*Madhuca sp.*, *Terminalia sp.* (3), (4) などでは、木理の乱れによる繊維方向のヤング率の異常な低下によってR及びT方向のL方向に対するヤング率の大きさが異常に大きくなったものもあり、樹種別には個々の材質の評価法に問題はある。全般的な傾向を分散分析の結果から単純に考えると、R方向のヤング率のL方向に対する比率は生材よりも気乾の方が大きいと言えるし、生材、気乾材ともR方向の値の大きいものはT方向の値も大きい。(生材ではRとTの相関係数は $r = 0.66^{**}$ , 気乾材では $r = 0.61^{**}$ であった。)

表5(a)の中で、各方向のヤング率の生材に対する気乾材の値の比を示したが、全平均はL方向で $1.17 \pm 0.13$  (1%レベルでの推定幅), R方向で $1.76 \pm 0.13$ , T方向で $1.31 \pm 0.13$ であった。

各樹種別にこれらの値をみると材質による違いがわかる。特に横方向の値は興味深い。常識からすれば、生材状態より気乾状態の方がヤング率は大きい。すなわちその値は1より大きくなるはずであるが、特に接線方向では1より小さい値を示すものが多い。これは、乾燥時の落ち込みの影響であるといわれている。すなわち、単純に細胞が引張力をうけた場合、細胞壁そのものがその力に比例した引張ひずみが生じる(細胞の形の変化も含まれる)が、落ち込んで細胞内腔側に変形した細胞壁は、引張力をうけた場合、細胞壁のヤング率効果より、変形をもどすバネ効果の方が試験片全体のヤング率の値に大きく影響すると考えられる。従って、試験片内のひずみの分布と落ち込み部分の分布とが一致した型で変形が進むものと考えられる。この数字の小さいもの、*Koordersiodendron sp.* (1), *Octomeles sp.*, *Artocarpus sp.*, *Madhuca sp.*, *Palaquium sp.* (2)などは落ち込みが大きかったものであろうと思われる。これらの材はしかしR方向のヤング率比は小さくはなく、むしろ大きめの値を有する。このことは、落ち込みが主として放射組織に生じることを考えればもっともなことであると思われる。一方、この数字が大きいものは*Terminalia sp.* (1), *Gonystylus sp.*, *Podocarpus sp.* (1), *Pometia sp.* (1), *Palaquium sp.* (1)などで、これらは落ち込みの影響が少なかったのであろうと思われる。

つぎに、強さ異方性についてみる(表5(b))。L, R, Tの比率の平均値は気乾で100 : 8.9 : 5.0, 生材状態では100 : 7.0 : 5.1となり、その比率は気乾と生材状態とでは差はほとんどない。そして、気乾・生ともR方向とT方向の比率には相関関係がみられ、気乾状態では $r = 0.79^{**}$ , 生材状態では $r = 0.77^{**}$ であった。すなわち、R方向の強さの強いものはT方向も強いといえる。つぎに、生材時の強さに対する気乾時の強さの比率であるが、L方向を除いて、R及びT方向ではヤング率の場合より少し小さい値を示す。しかし、ヤング率の比率とこの強さの比率は相関がありL方向では $r = 0.56^{**}$ , R方向で $r = 0.73^{**}$ , T方向では $r = 0.64^{**}$ であった。すなわち、生材状態から気乾状態になる時、落ち込みの影響でヤング率が大きくならなかつたものは強さも大きくはならないことを示し、やはり落ち込みの影響は、最終的な強さにもあらわれるものと考えられる。



最大ひずみの異方性（表5(c)）については、非常にばらつきが大きい。それでも、最大ひずみは、T方向で最大となることはわかる。しかし、RとT方向による相関はなく、R方向で最大ひずみが大きくなる樹種は、T方向も大きくなるといったことはない。そして、気乾状態の最大ひずみと生材状態の最大ひずみは、平均的にみてL方向ではほぼ同じ、R及びT方向では小さくなる傾向がある。しかし、ヤング率や強さの場合にみられた様に、この値は、材の落ち込みやすさと関連はしないと考えられる。落ち込んだ細胞が引張力によって伸ばされるが、それが破断まで伸ばされるまでに、どこか他の部分で破断が生じるとも考えられる。

### 3・3・5 各種強度値の樹幹内水平方向分布

木材を強度部材として使用する場合、その木材が強度的にいいものかどうかの判断は、強さ、ヤング率などの値が大きな判断因子であるが、さらにその木材の強度値の分布状態が大きな因子となる。特に、南洋材の場合、ぜい心材があるかないかは材料としての信頼性に大きく影響すると考えられる。

図7、図8に、今回測定した樹種全ての繊維方向、曲げ引張に関する各種強度値の樹心から樹皮までの樹幹内水平分布を示す。引張、曲げで、ほとんどの樹種は、同様な分布パターンを示す。特に、引張強さの分布はその樹種の強度値分布を強調して示す傾向がある。ぜい心材部の強さ低下は引張においていちぢるしい。

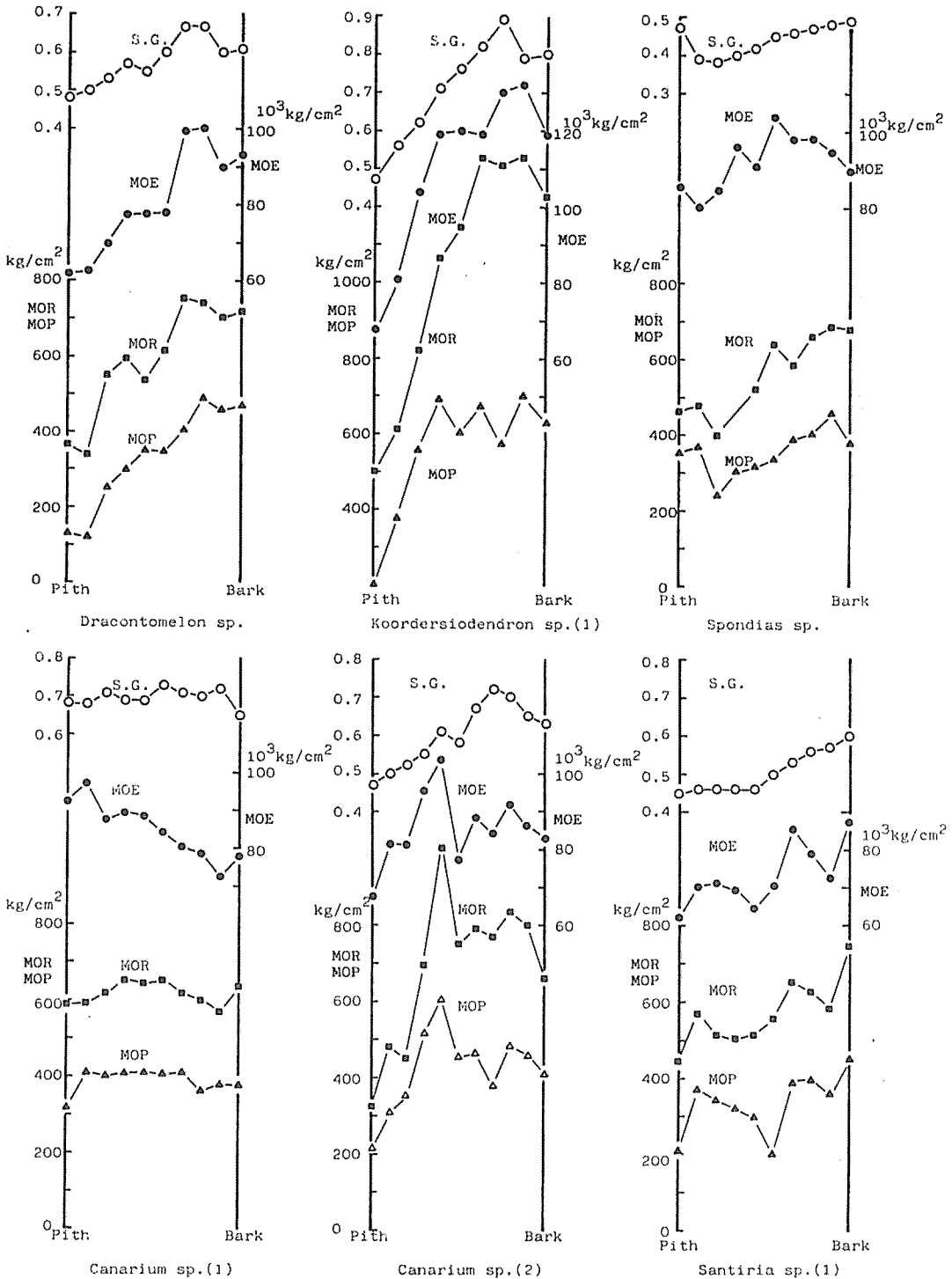
強さについて、全ての樹種の樹幹内分布を大まかにみれば、樹心に向うに従って強さが急激に低くなるもの、樹心と樹皮の近くで強さが低くなるもの、強さの樹幹内変動が少ないものの三つに分けることができる。樹心に向って強さが減少する傾向は程度の差こそあれ全てにみられた。特に変わった例として *Canarium sp. (1)*、*Pometia sp. (1)* のように、樹心近辺で強さは低下するがヤング率が低下しないものがみられた。このことについては、後の各樹種の強度的な所見の項で論じる。

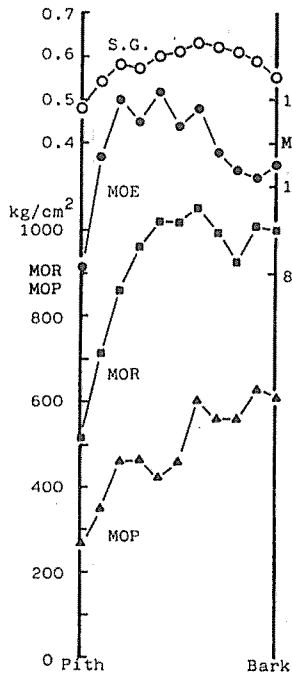
表4、強さの樹幹内変動 (C.V.) は、縦引張、曲げ、縦圧縮の強さについての変動係数を5段階にランク分けしたものである。全体としてみると、縦引張の強さが最も変動が大きく、縦圧縮が小さいといえる。この試験を行なった樹種はぜい心やモメのあるものが多かったため、縦引張破壊に最もその影響が出やすいと言える。ところが逆に縦圧縮では、軽度のモメでは強さにそれほど影響を与えないものと思われる。従って、引張より圧縮の方が強さのばらつきが小さくなると思われる。また、繊維の「波うち」も、このばらつきに影響している。すなわち、*Terminalia sp. (4)*、*Madhuca sp.* などの波うちが大きいものではJIS縦引張試験片の断面、 $2 \times 0.5 \text{ cm}$  では完全な目切れの状態となり、実際の引張強さを正しく評価しえないものと考えられる。

表6に、曲げ強さの樹心側と樹皮側の強さの分布を示すために、樹心から樹皮までの距離を100%とし、樹心から20%の位置の強さと80%の位置の強さの比すなわち  $\sigma_{b20} / \sigma_{b80}$  を示した。この値の小さいものは表4でばらつきの大きいものにランクされたものが多い。すなわち、今回行なった木材の強さの樹幹内のばらつきは、ほとんど芯材部の強さ低下に起因するものであるといえる。

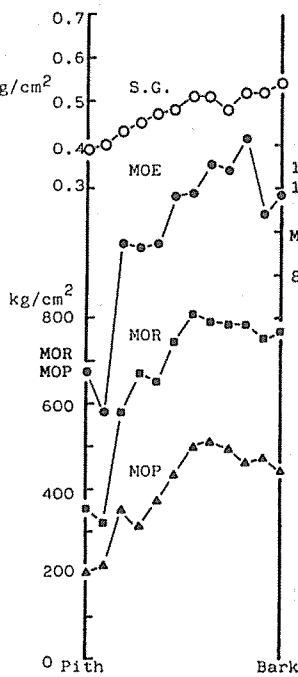
Fig. 7. Distributions of the bending properties in each log.

Notes; ○-○ MOE : Modulus of elasticity.  
 ●-● S.G. : Specific gravity.  
 ■-■ MOR : Modulus of rupture.  
 ▲-▲ MOP : Proportional limit in bending.

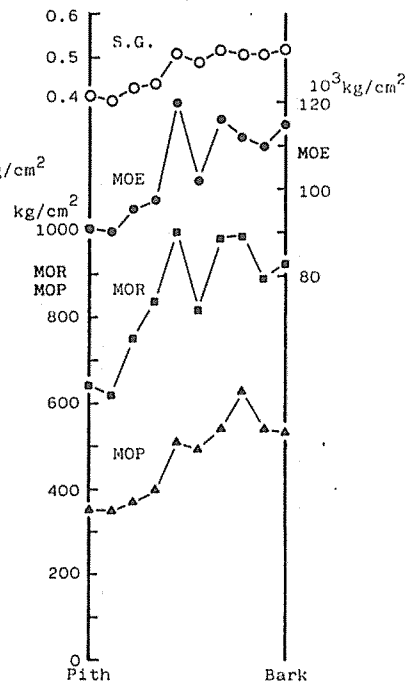




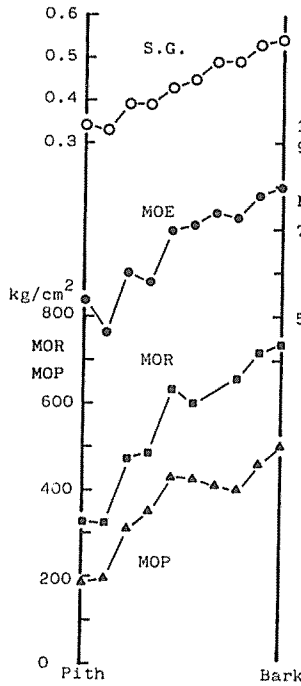
*Santiria sp.(2)*



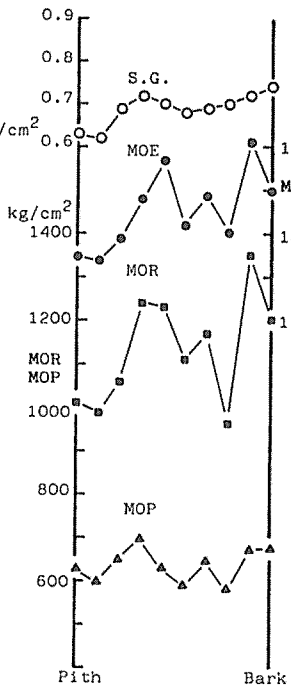
*Lophopetalum sp.*



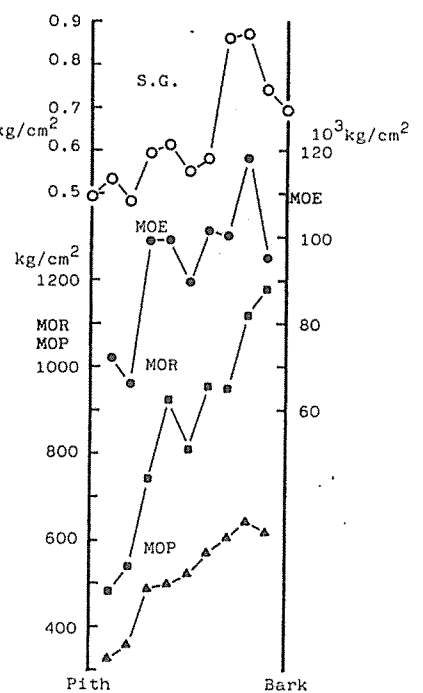
*Terminalia sp.(1)*



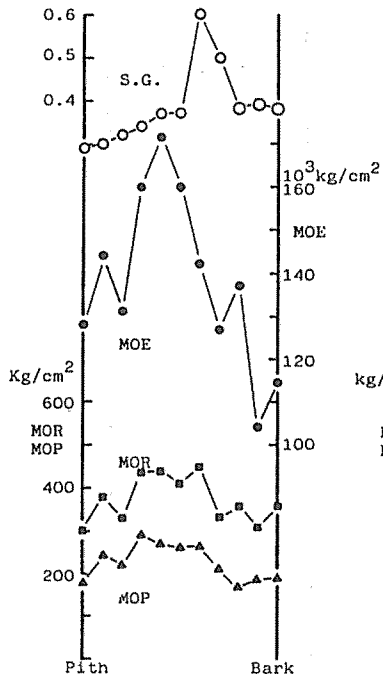
*Terminalia sp.(2)*



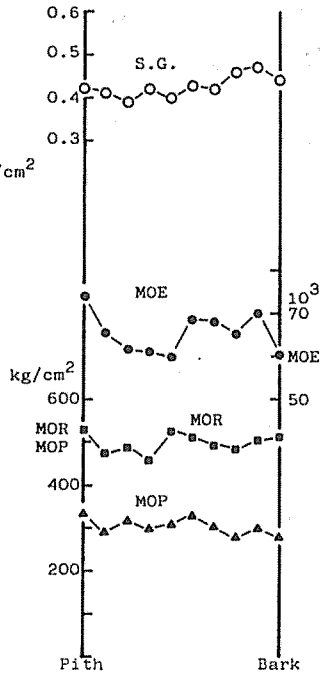
*Terminalia sp.(3)*



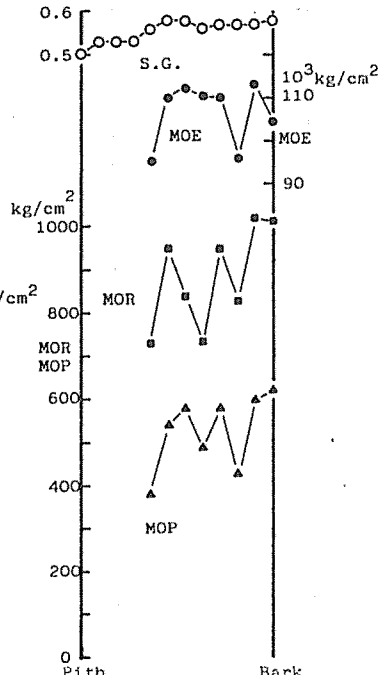
*Terminalia sp.(4)*



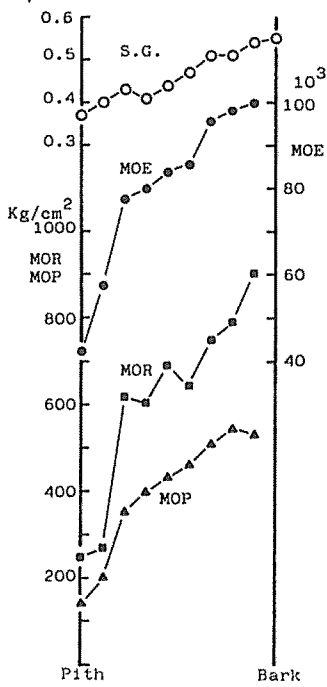
*Octomeles sp.*



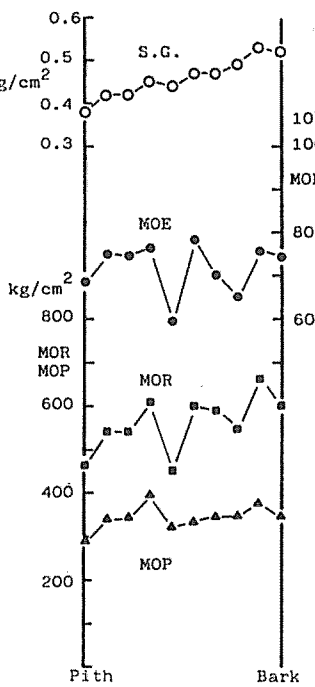
*Sapium sp.(1)*



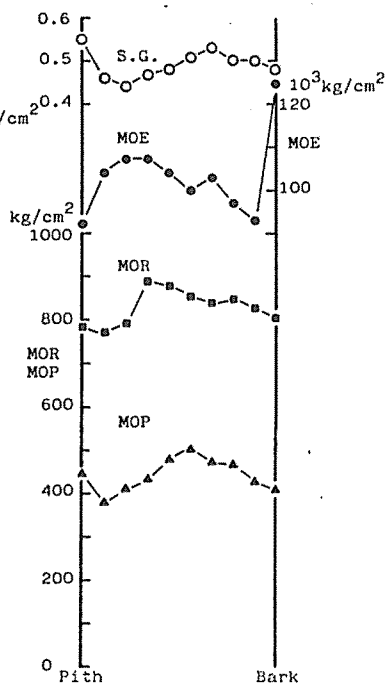
*Gonystylus sp.*



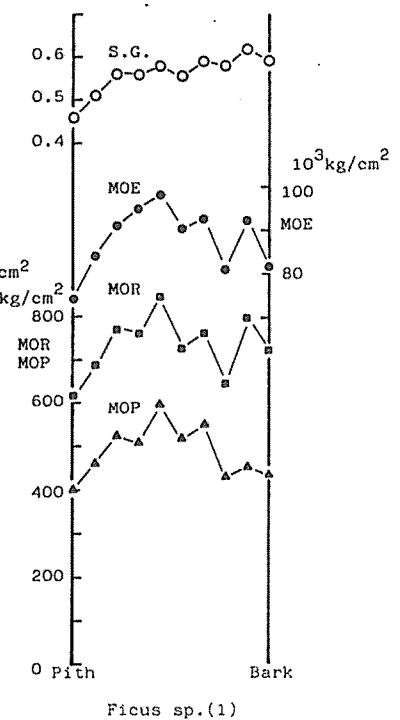
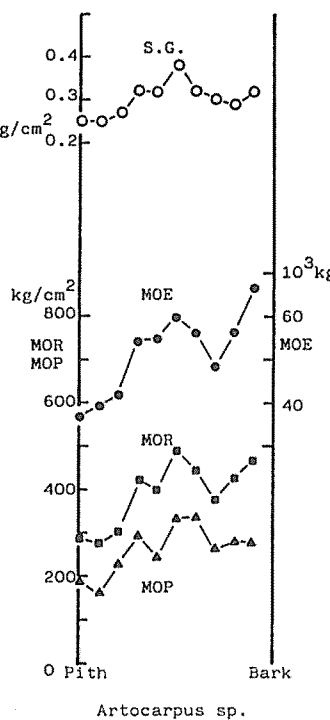
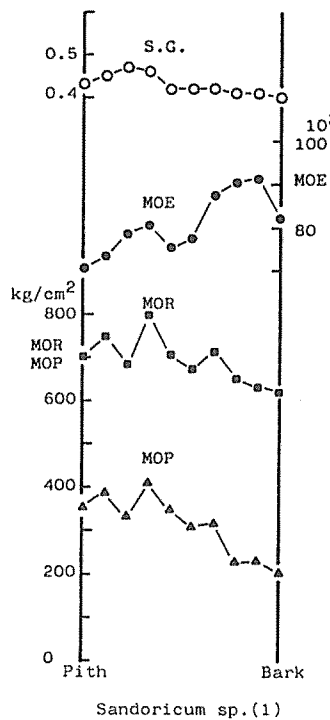
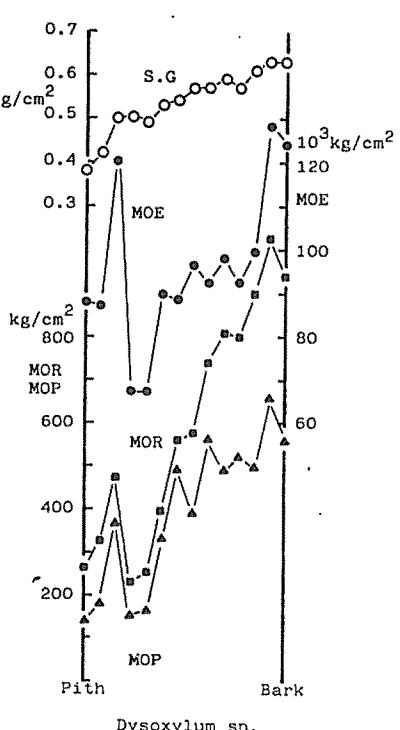
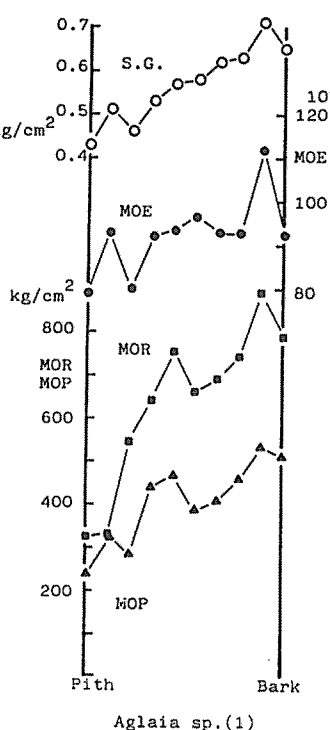
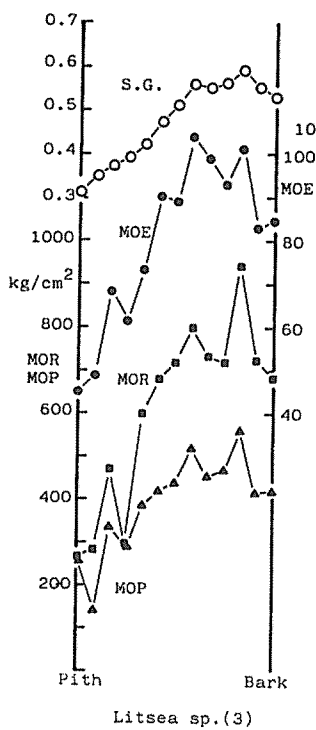
*Calophyllum sp.(1)*

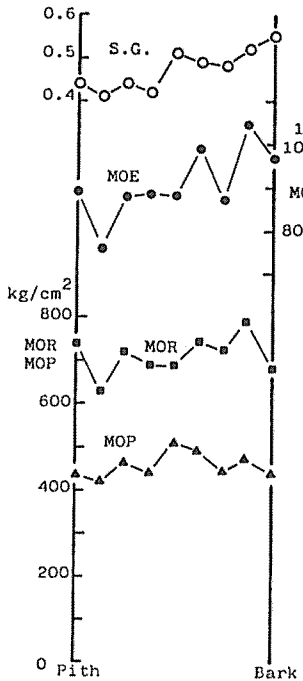


*Litsea sp.(1)*

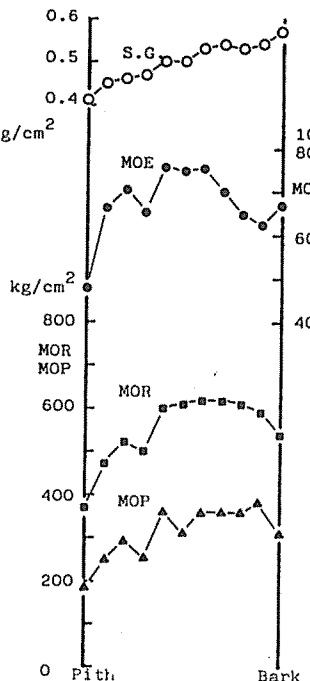


*Litsea sp.(?)*

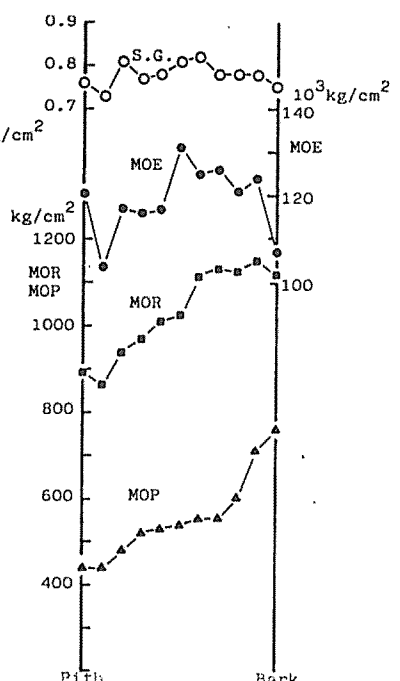




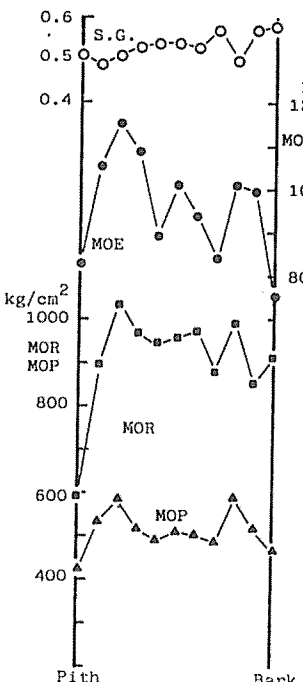
*Ficus sp.(2)*



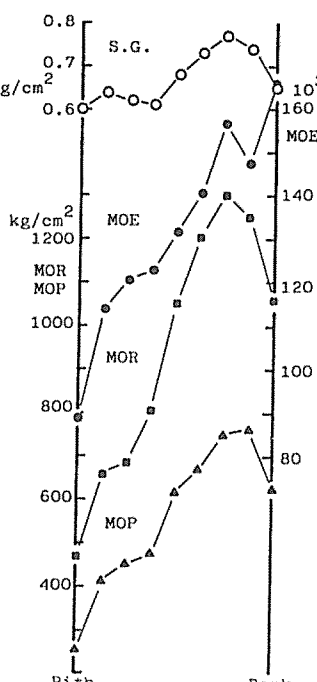
*Myristicaceae(1)*



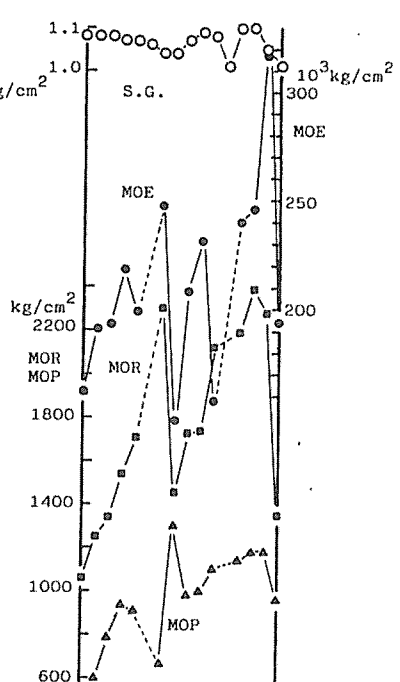
*Eugenia sp.*



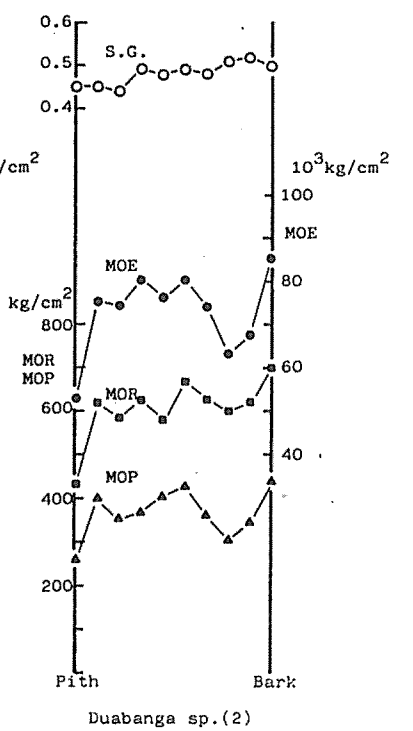
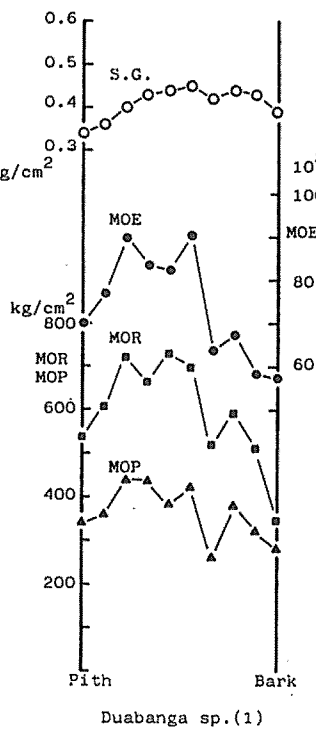
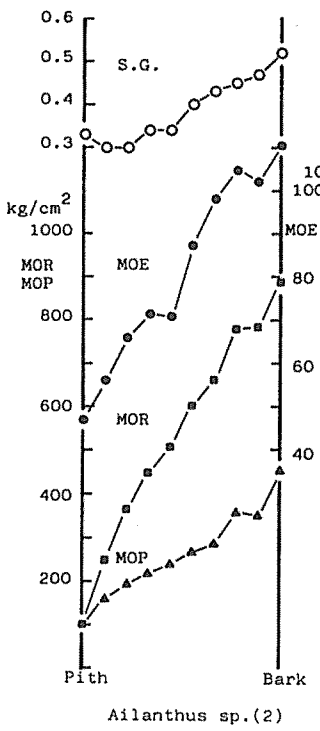
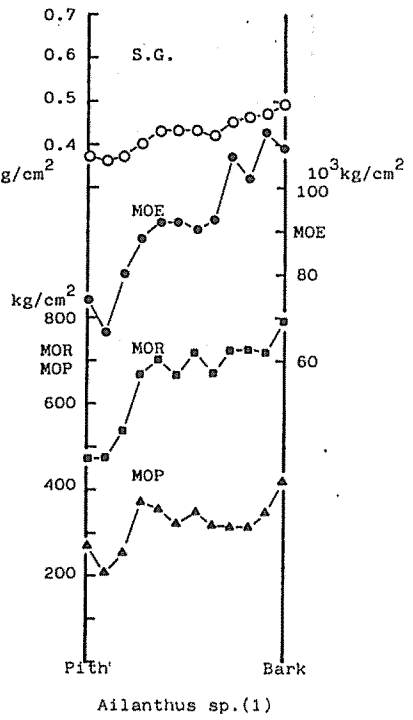
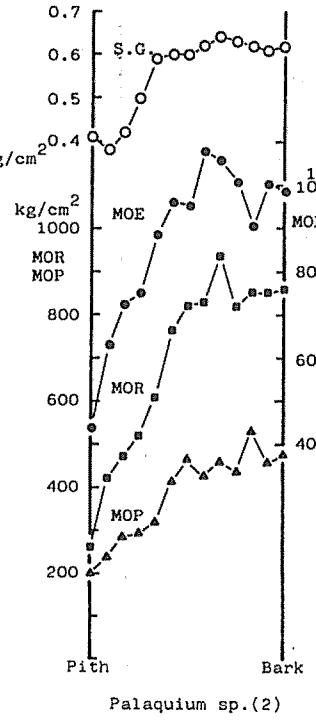
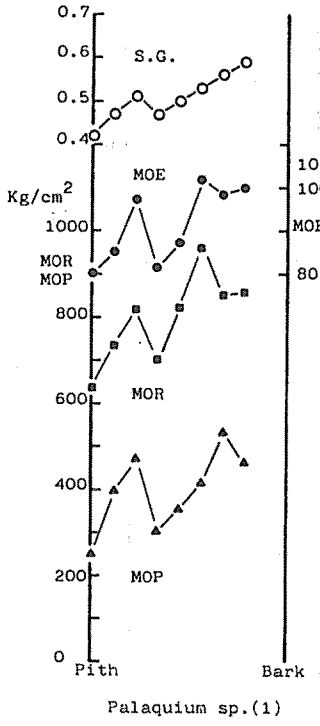
*Podocarpus sp.*

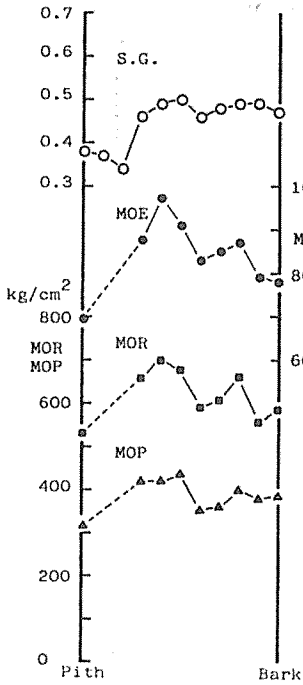


*Pometia sp.(1)*

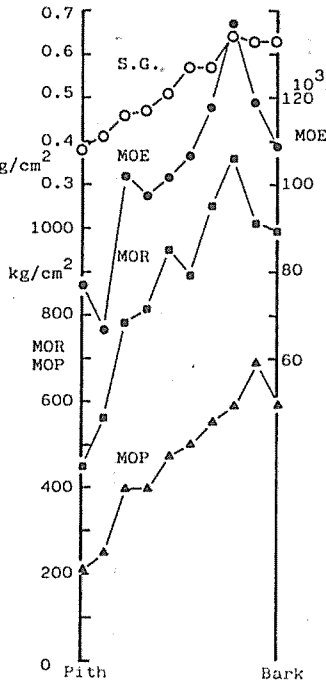


*Madhuca sp.*

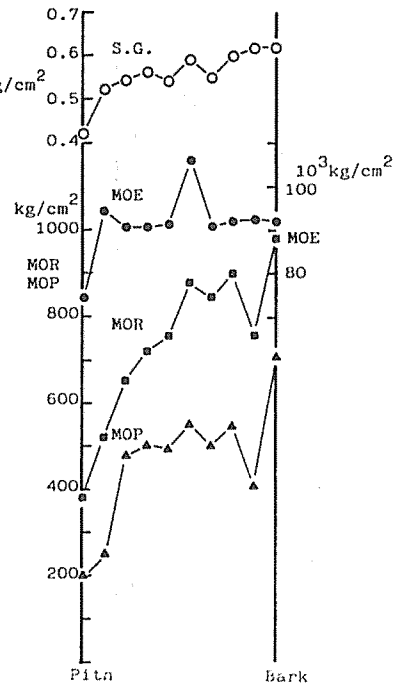




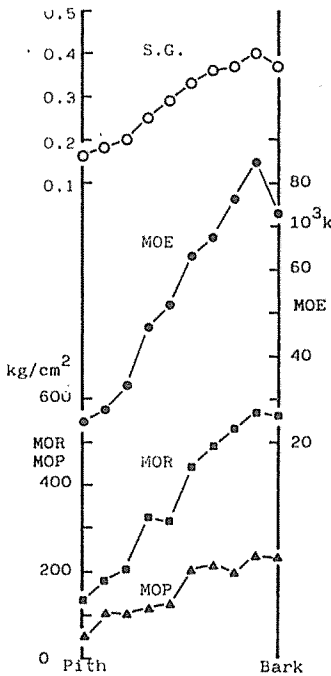
Duabanga sp.(3)



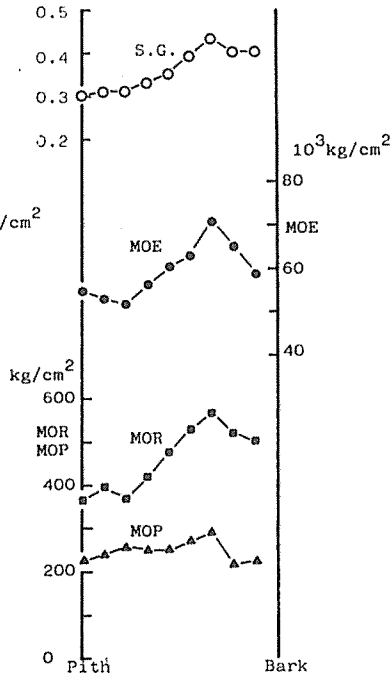
Heritiera sp.(1)



Heritiera sp.(2)



Sterculia sp.(1)

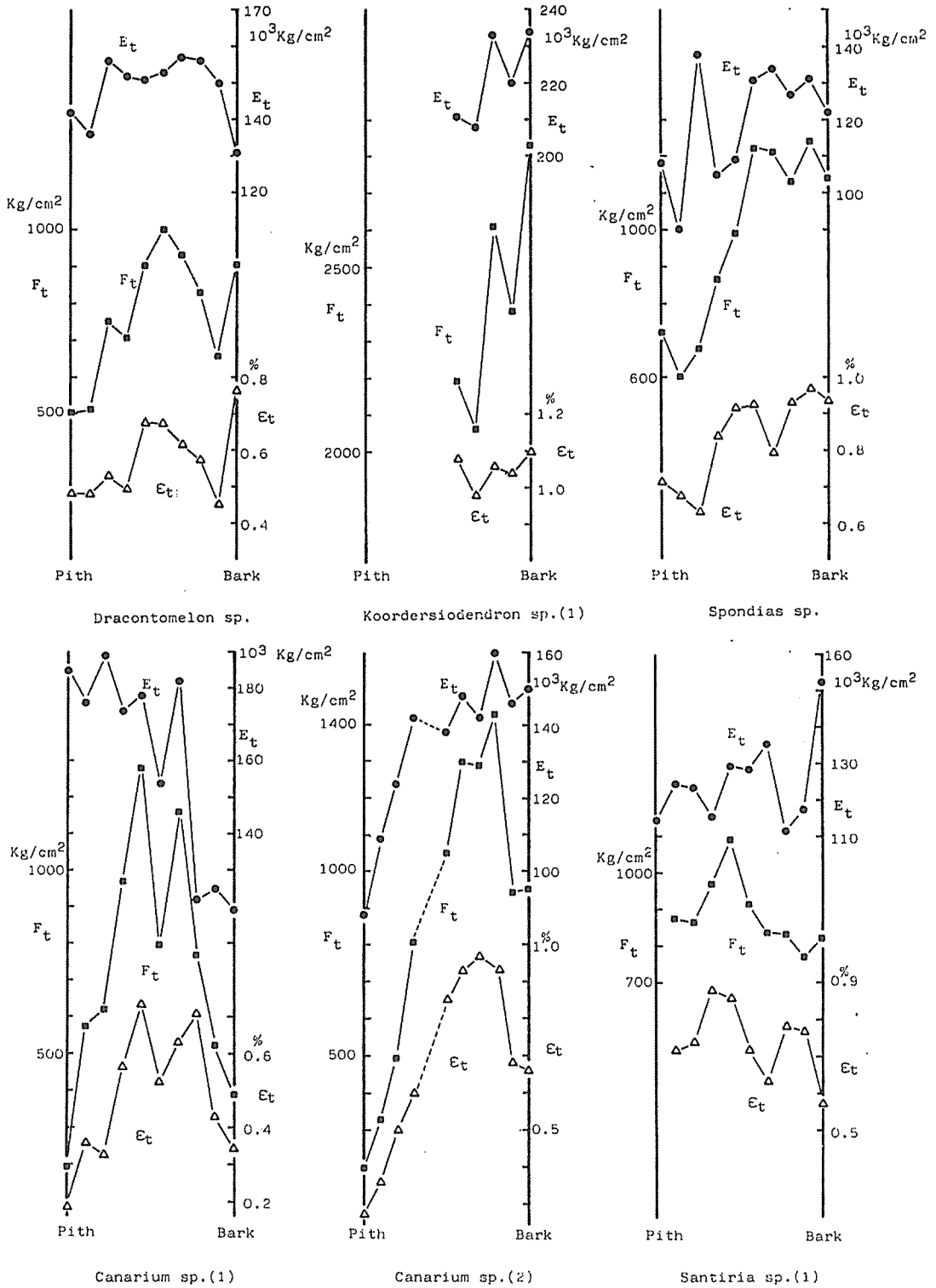


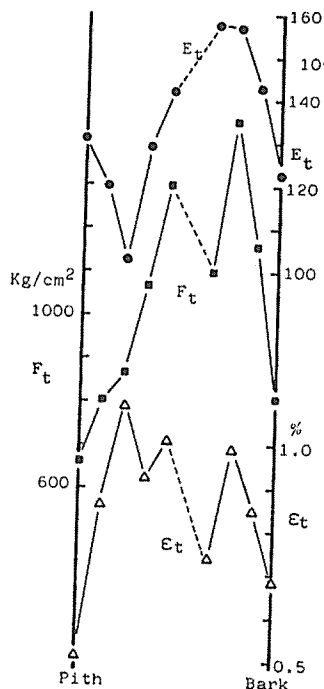
Sterculia sp.(2)



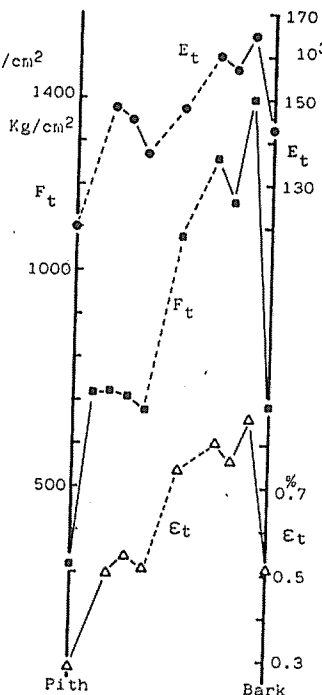
Fig. 8. Distributions of the tensile properties in each log.

Notes; —●—  $E_t$ : Young's modulus.  
 —■—  $F_t$ : Tensile strength.  
 —△—  $\epsilon_t$ : Maximum strain.

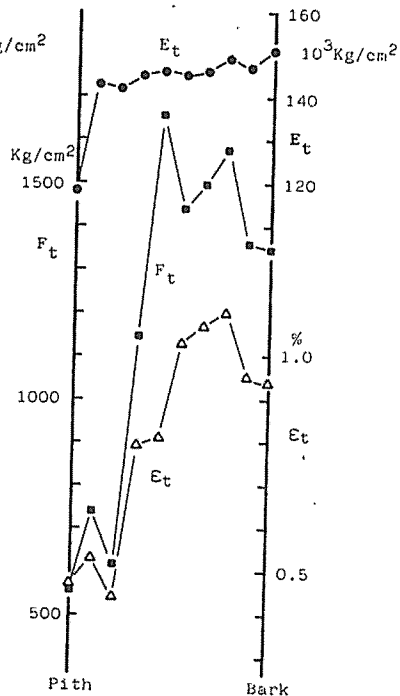




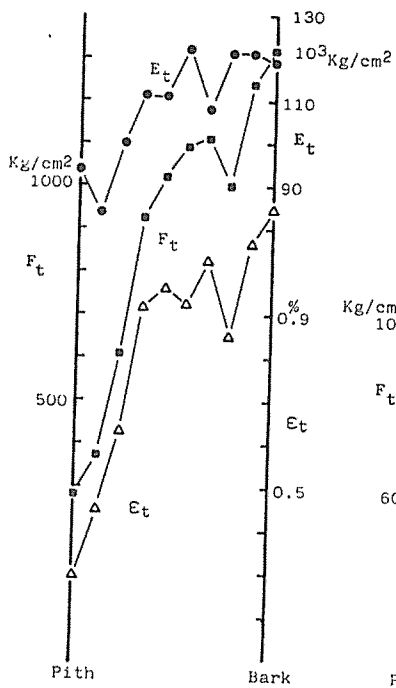
*Santiria sp.(2)*



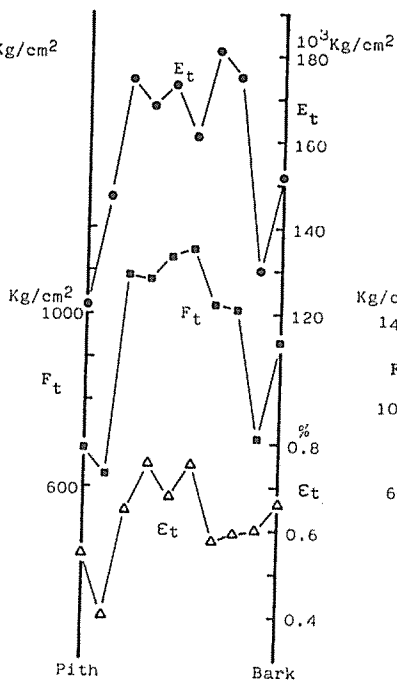
*Lophopetalum sp.*



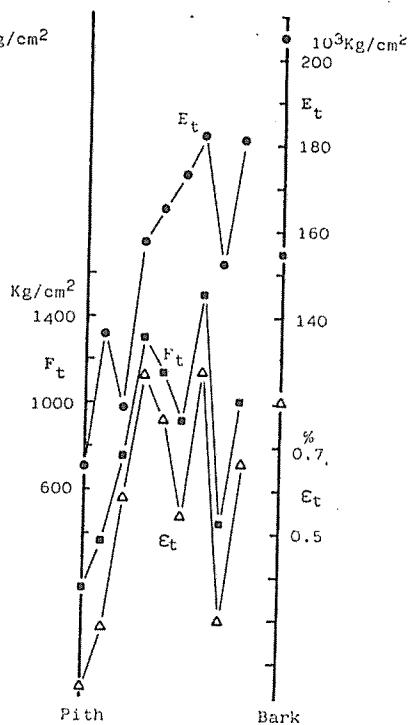
*Terminalia sp.(1)*



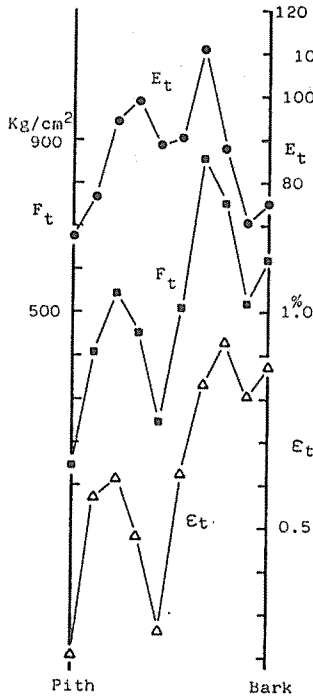
*Terminalia sp.(2)*



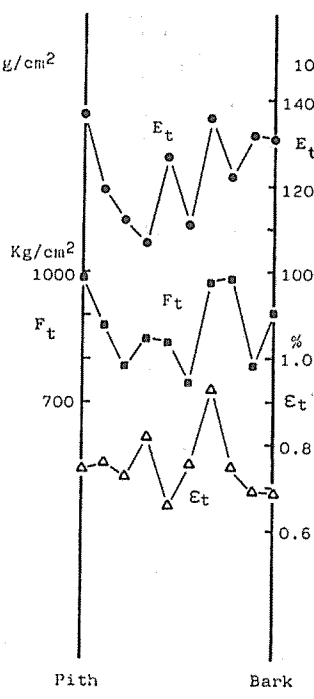
*Terminalia sp.(3)*



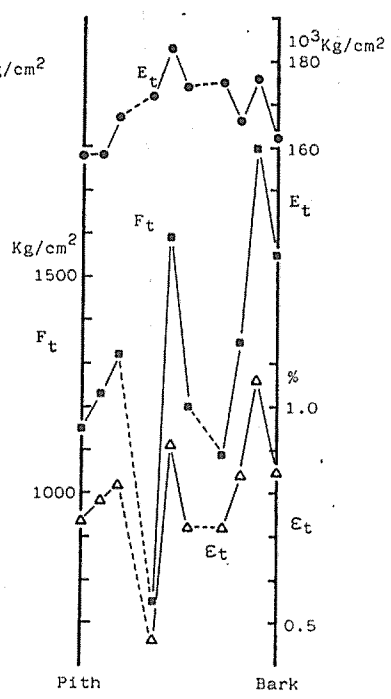
*Terminalia sp.(4)*



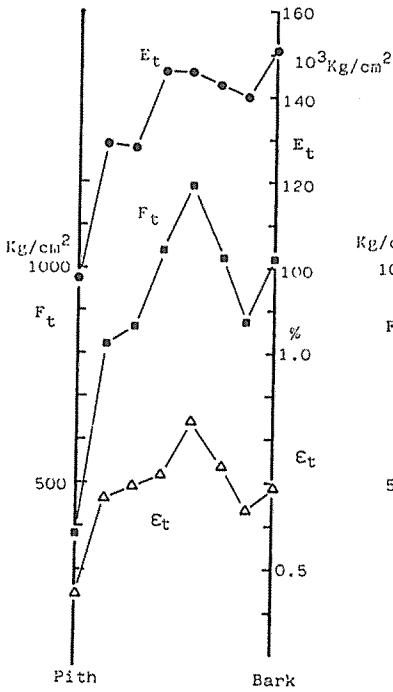
Octomeles sp.



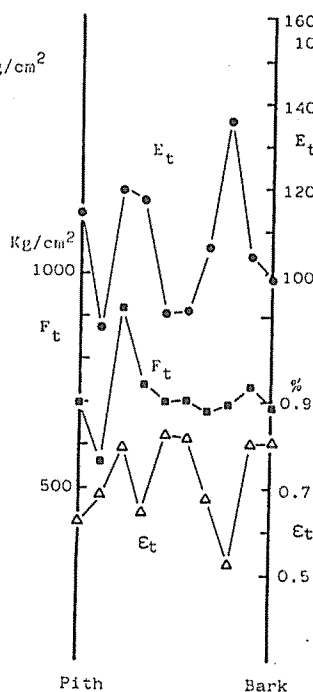
Sapium sp.(1)



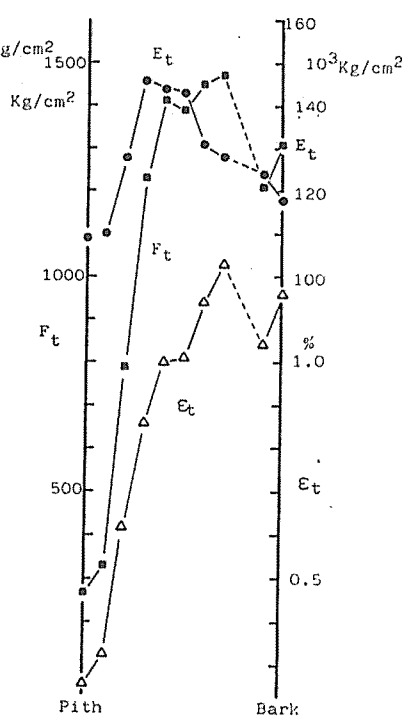
Gonystylus sp.



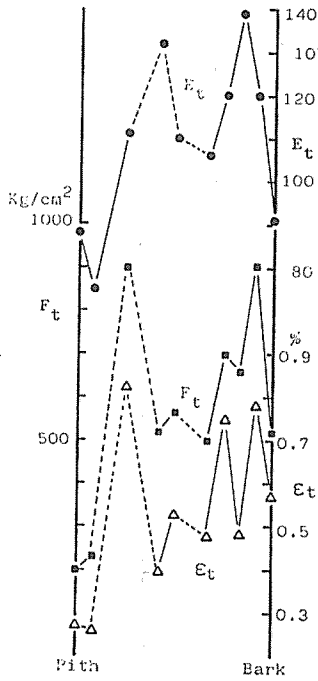
Calophyllum sp.(1)



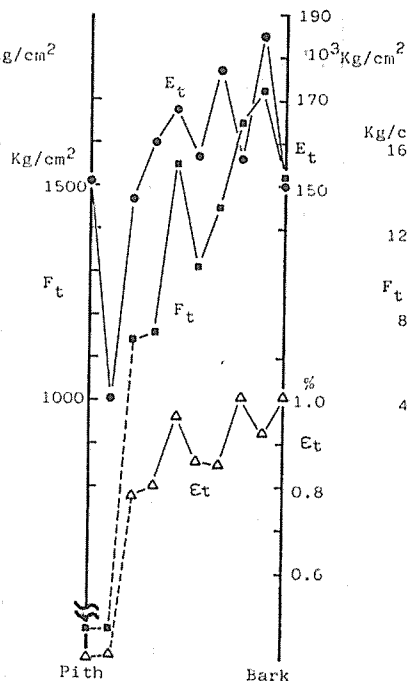
Litsea sp.(1)



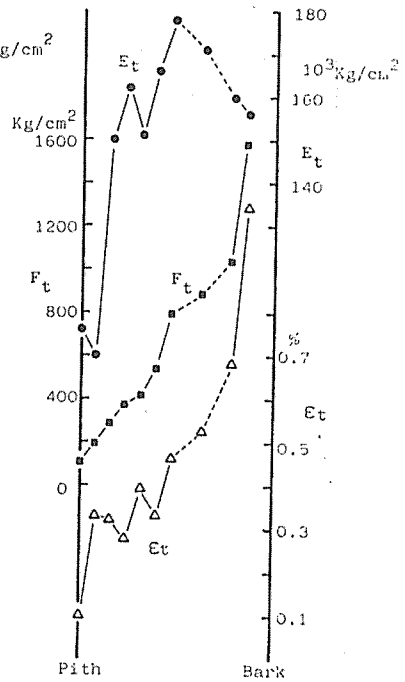
Litsea sp.(2)



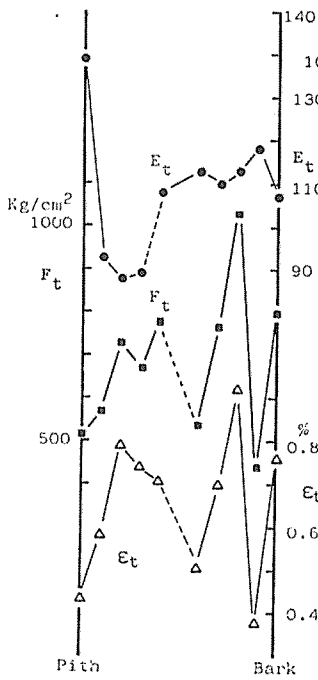
*Litsea sp.(3)*



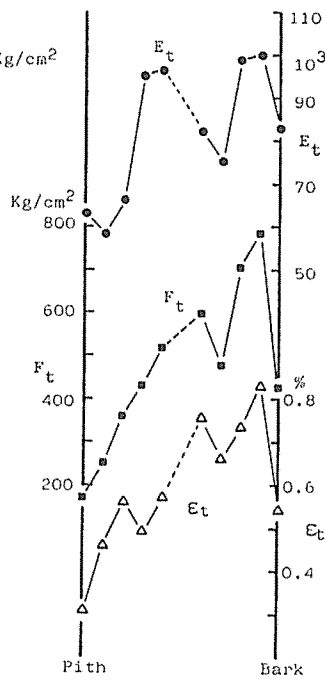
*Aglaia sp.(1)*



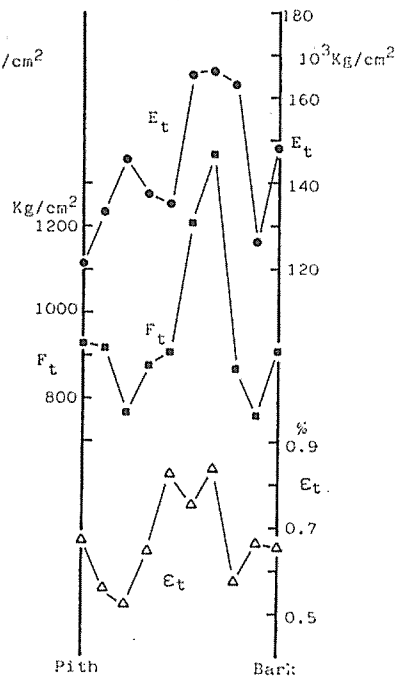
*Dysoxylum sp.*



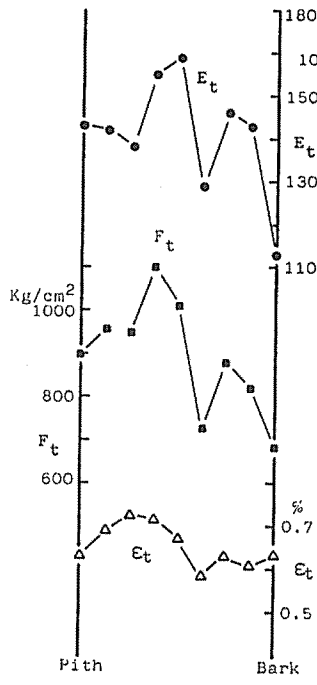
*Sandricum sp.(1)*



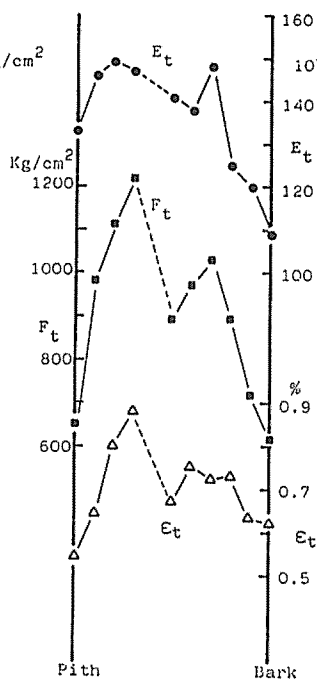
*Artocarpus sp.*



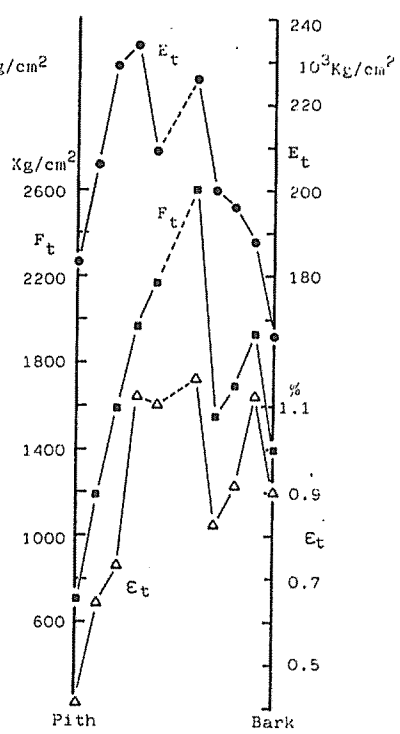
*Ficus sp.(1)*



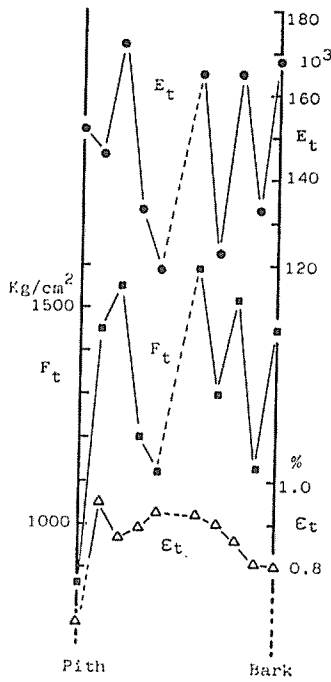
Ficus sp.(2)



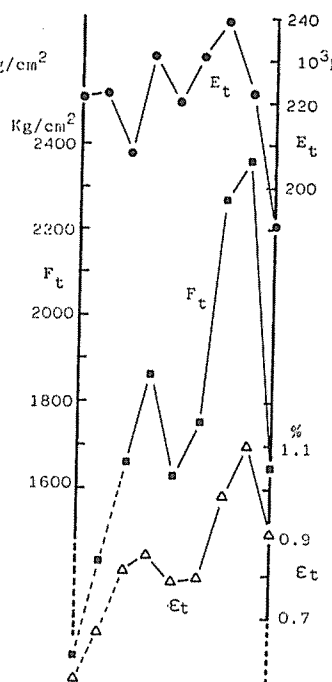
Myristicaceae(1)



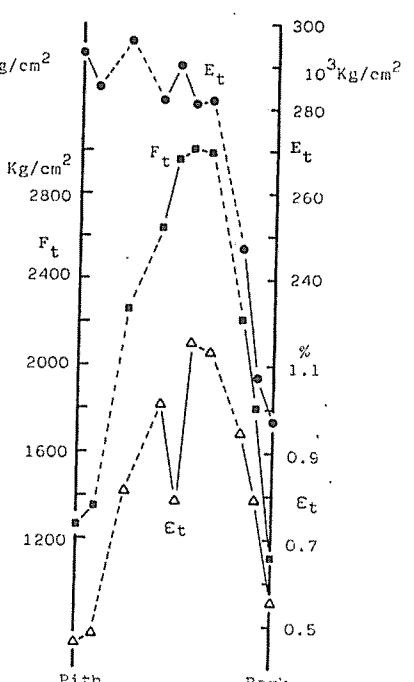
Eugenia sp.



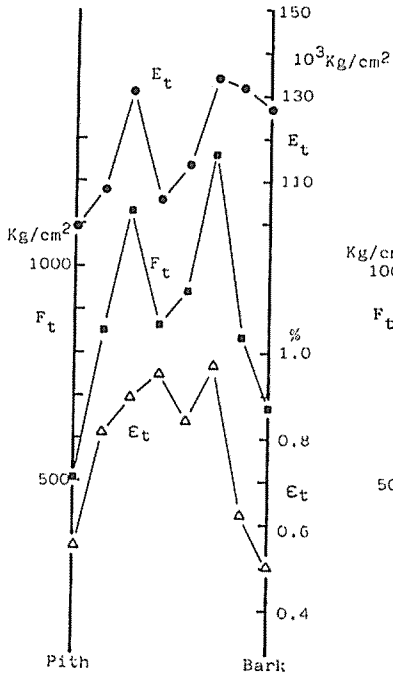
Podocarpus sp.



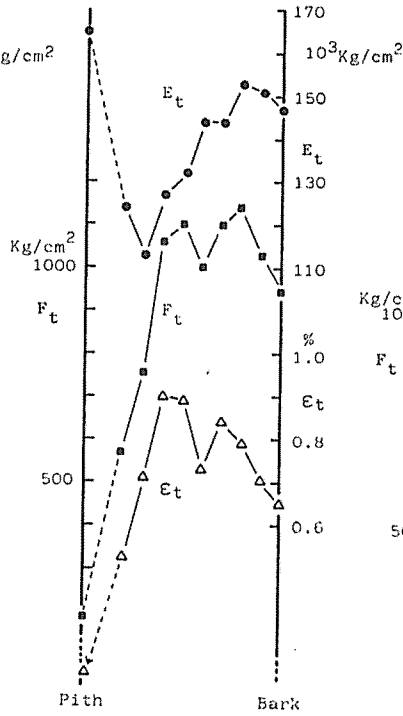
Ponetia sp.



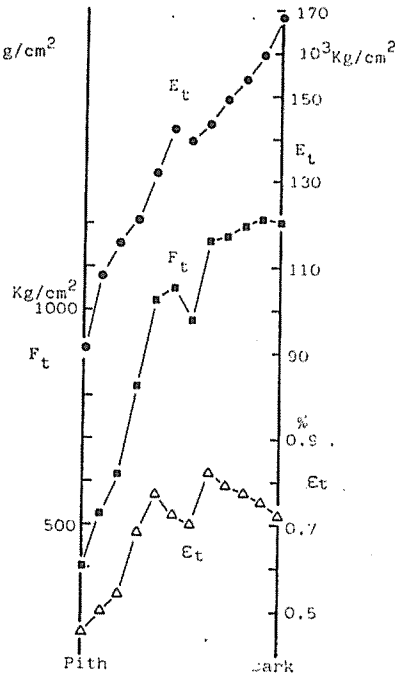
Madhuca sp.



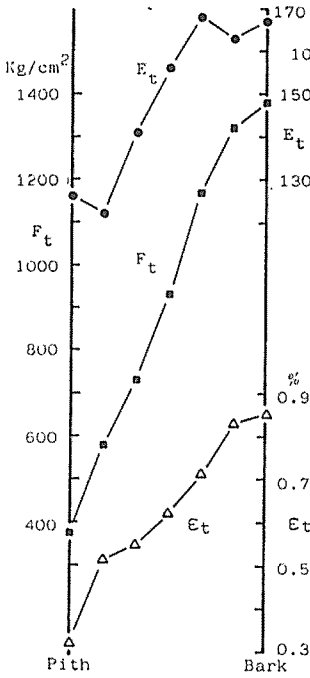
*Palaquium sp.(1)*



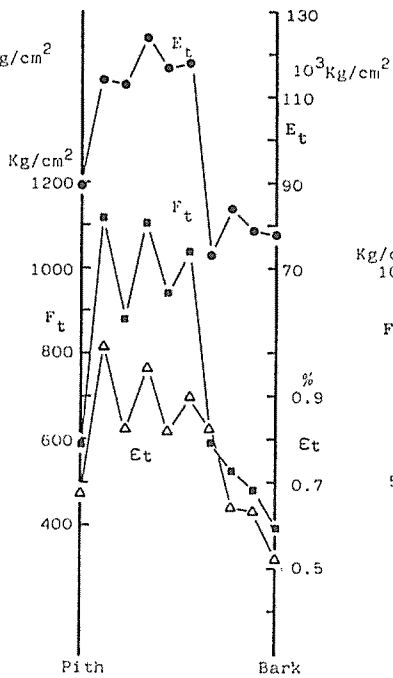
*Palaquium sp.(2)*



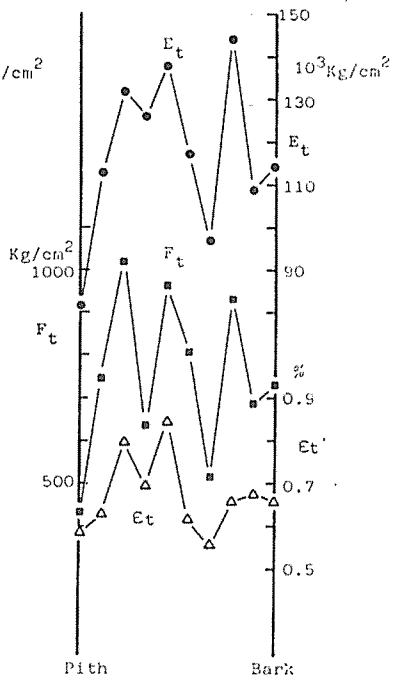
*Ailanthus sp.(1)*



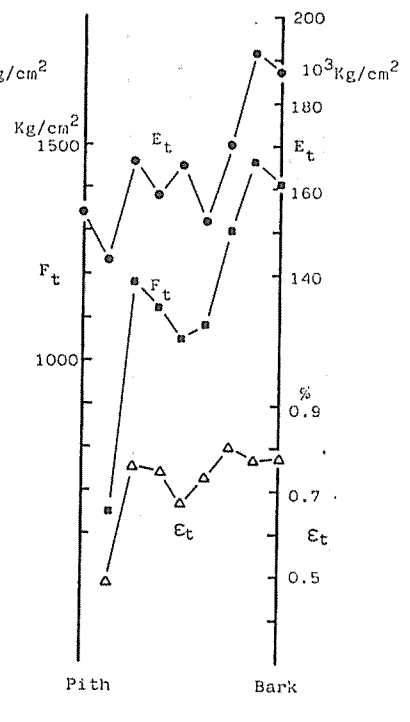
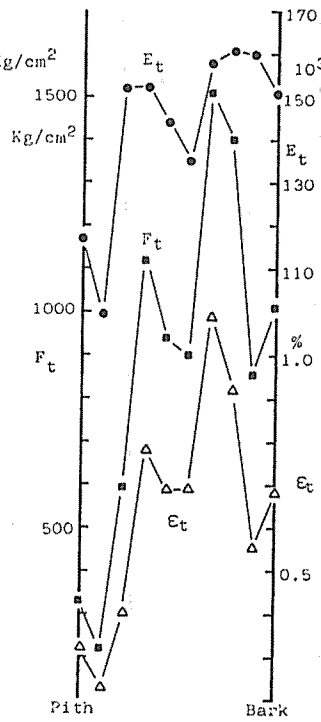
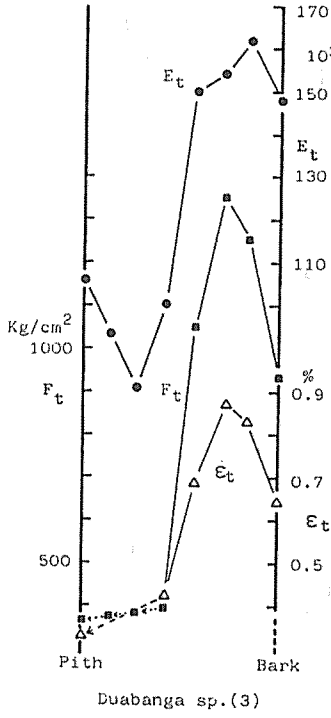
*Ailanthus sp.(2)*



*Duabanga sp.(1)*

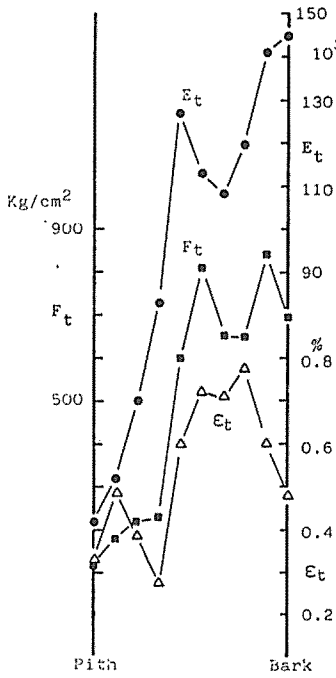


*Duabanga sp.(2)*

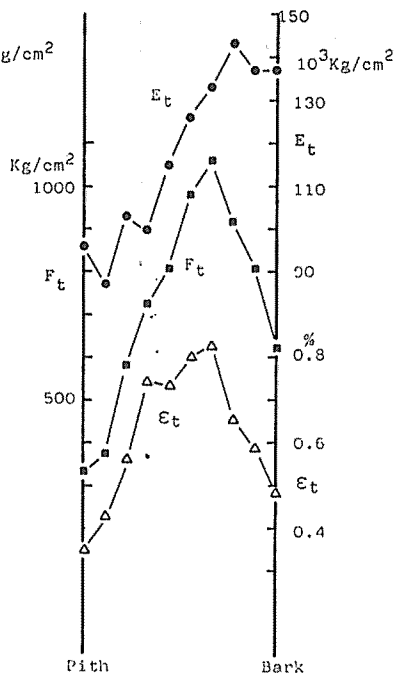


*Heritiera sp.(1)*

*Heritiera sp.(2)*



*Sterculia sp.(1)*



*Sterculia sp.(2)*

### 3・3・6 各樹種の強度的な所見

引張、曲げ、圧縮の強さ、ヤング率などの水平方向分布（樹心から樹皮まで）、曲げ破壊面の特徴、異方性及び接線方向の引張力に対する性質などについて、各樹種の総合的な強度特性の所見をまとめると以下のものである。

#### 1) *Anacardiaceae Dracontomelon sp.*

比重、強度ともに樹心と樹皮の間で最大となるパターンを示す。強度値は、どの試験についても、比重のわりに小さい値を示す。これは、繊維の波うちが大きいため、目切れの影響が出たものと考えられる。曲げ破壊の状況などから芯材部に特徴的なぜい心がみられる。

#### 2) *Anacardiaceae Koordersiodendron sp. (1)*

比重分布は急であり、樹心から樹皮に向かって直線的に大きくなる。そして、各種の強さ分布も比重分布によく対応した分布を示す。この樹幹は心割れがひどく、樹心周辺での引張試験片を作ることができなかった。ごく芯の近くには肉眼的にもモメがみられたが、強度値の分布から想像されるほどの強いぜい心はみられない。ヤング率の異方性は普通であり、接線方向には、ねばり強いといえる。

#### 3) *Anacardiaceae Spondias sp.*

比重分布に対応して、各強度値は樹心から樹皮に向かって大きくなる。ぜい心の特徴はみられない。

#### 4) *Burseraceae Canarium sp. (1)*

比重は樹心から樹皮まではほぼ一定であるが、ヤング率は、曲げ、引張とも外に向かって減少し、強さは中間で最大となっている。すなわち、芯付近では、ヤング率が高いが強さは低いという結果が得られ、引張試験片の破壊型からみて、芯付近にぜい心が存在すると考えられる。

この原因については、Photo 1, 2から明らかである。すなわち、Photo 1は *Sonneratiaceae Duabanga sp. (3)* の典型的なぜい心材部の木口面である。(A)は、正常材部、(B)はぜい心材部であるが、両者の細胞壁の厚さは明らかに異なり、ぜい心材部ではヤング率、強さともに低いことは簡単に想像され、しかも、(C)に示すようなはっきりしたモメも存在する。このようなぜい心材は、比重、強さ、ヤング率ともに正常材よりも低く、大部分の南洋材のぜい心材部にはこのような特徴があらわれる。

一方、Photo 2は、*Canarium sp. (1)* であり少し様子が異なる。すなわち、(A)の正常材部と(B)のぜい心材部の細胞壁の厚さには、はっきりした差はなく、肉眼的なモメもみあたらない。しかし、(C)にみられる様な木繊維にスリップラインがわずかにみられる。このことから、正常材部とぜい心材部では、ヤング率はそうかわらないが、引張負荷に対しては、このスリップラインが破断のイニシアルファクターとなり、低い負荷で破断するものと考えられる。

#### 5) *Burseraceae Canarium sp. (2)*

比重分布、強度値分布ともに急であり、両者はよく対応する。そして、*Canarium sp. (1)* にみられたような、樹心周辺でのヤング率分布と強さ分布の不一致はみられない。曲げ破壊の状況から、芯周辺は典型的なぜい心と考えられる。ヤング率異方性は小さい。

#### 6) *Burseraceae Santiria sp. (1)*

樹心から樹皮まではほぼ一定の強さ、ヤング率を示し、非常に均質であるといえる。比重に対する



強さの大きさも普通である。樹心のごく限られた部分でぜい心の特徴を示す。

7) *Burseraceae Santiria sp. (2)*

比重、強さとともに、樹心と樹皮の中間で最大となる分布を示す。ヤング率異方性は弱い。

8) *Celastraceae Lophopetalum sp.*

比重分布はなだらかに、樹心から樹皮に向かって大きくなる。各種強度値は、比重分布によく対応を示し、その分布は非常に急である。曲げ試験片では、樹芯からおよそ半径の $\frac{1}{2}$ 付近まで肉眼で認められるモメが入り、典型的なぜい心を示す。ヤング率異方性も非常に強く、接線方向の引張強さも大きく、破断ひずみも大きい。ねばり強いと言える。

9) *Combretaceae Terminalia sp. (1)*

比重のわりに強さは大きい。樹心から樹皮に向かい漸増する比重によく対応し、各強度値とも樹皮に向かって上昇する。引張強さの分布図をみると、樹芯部での極端な強さの低下がみられるとともに、曲げ試験片の折れ方についても樹心部でぜい心特有の状況を示した。ヤング率異方性は強い。

10) *Combretaceae Terminalia sp. (2)*

今回行った樹種には、*Terminalia*の属のものは4種類含まれていたが、その4種類の中で最も強度値は低く、比重のわりにも強度値は低い。分布型は、*Terminalia (1)*と同じであった。ぜい心についても、上と同じである。

11) *Combretaceae Terminalia sp. (3)*

上述の *Terminalia sp. (1), (2)* とは異なり、比重も高く、強さは樹心と樹皮の中間部で最大となる分布型を示す。この材は、繊維の波うちがみられ、JISの引張試験片の小さな断面積のものでは、目ぎれが大きく影響し、引張強さがかなり小さな値を示している。ぜい心の特徴はなく、異方性も小さい。接線方向の引張強さは大きい、最大ひずみは小さい。すなわち、もろい性質をもつと言える。

12) *Combretaceae Terminalia sp. (4)*

比重分布、強度値分布ともに急であり、ばらつきも大きい。ぜい心はみられないが繊維のうねりが大きく、特に引張強さのばらつきが大きいのは、*Terminalia (3)*と同様である。このばらつきには、試験片に多くあらわれたピンホールも影響しているものと思われる。ヤング率異方性は強く、接線方向横引張強さは強いといえる。

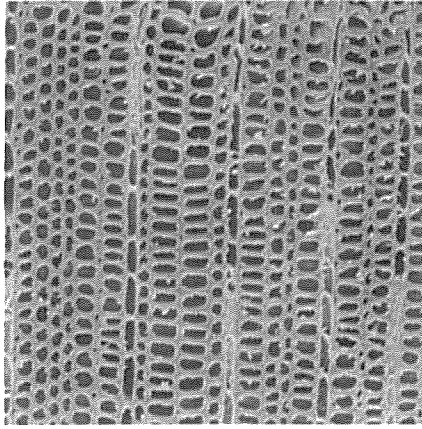
13) *Datisceae Octomeles sp.*

比重は小さく、また比強度も低い。半径のまん中あたりに、入皮状の割れがあり、各種試験片はこの部分をさけて作られた。この入皮の付近で比重が極端に高くなる部分があり、ほぼそれに対応した強度値の分布がみられる。曲げ、圧縮では比較的強度値のばらつきは少ない。ぜい心を有する。異方性は普通であり、接線方向引張強さは弱いが、最大ひずみは大きい。延性に富むといえる。

14) *Euphorbiaceae Sapium sp. (1)*

半径方向における強さの分布型は、曲げ、引張で類似している。樹心部は比重のわりに強さが大きく、分布はなだらかである。辺材に縞状のくされがありピンホールがあるが、ぜい心の特徴はみられない。

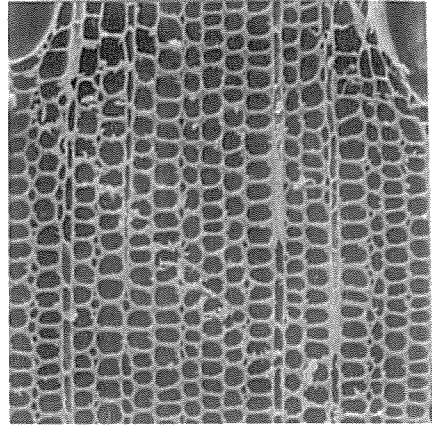
( A )



0.1mm

Normal Wood

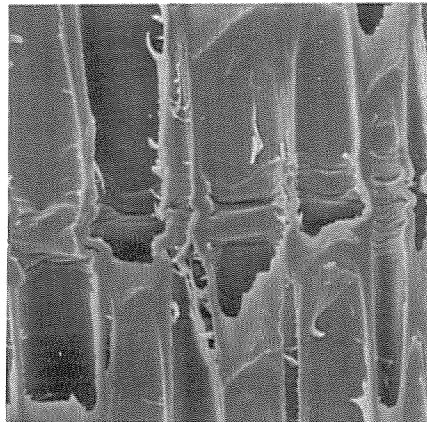
( B )



0.1mm

Brittle Heart

( C )

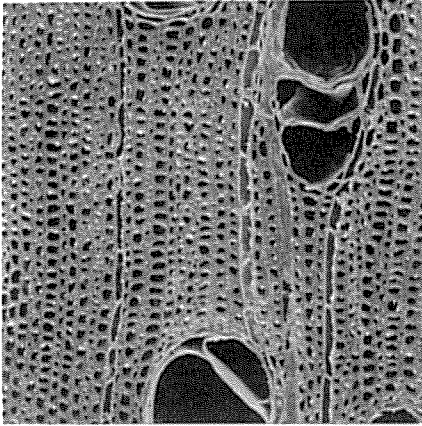


0.01mm

Compression Failure

Photo. 1. Brittle heart and normal wood in *Sonneratinaceae Duabanga sp. (3)*.

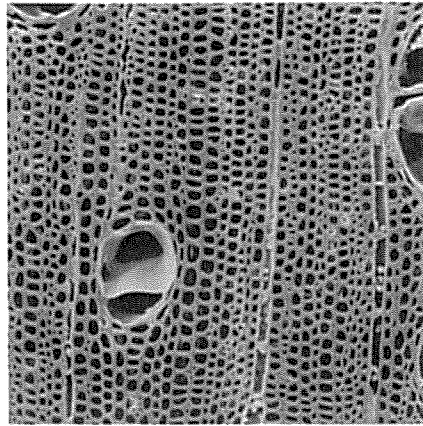
( A )



0.1mm

Normal Wood

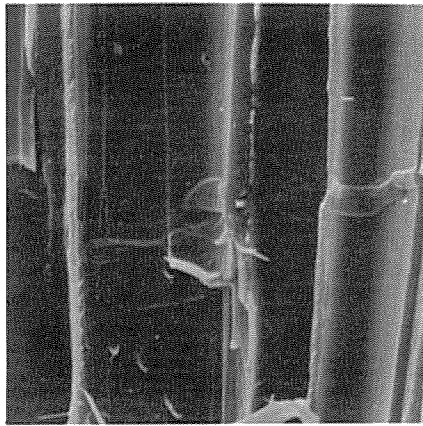
( B )



0.1mm

Brittle Heart

( C )



0.01mm

Compression Failure

Photo. 2. Brittle heart and normal wood in *Burseraceae Canarium sp.* (1).

15) *Gonystylaceae* *Gonystylus* sp.

心割れがひどく、樹心に近い部分からの試験片には、繊維方向に割れが含むものも使わざるを得ず、そのため比重分布が比較的少ないのに強度値のばらつきが大きくなったものと考えられる。異方性は強い。

16) *Guttiferae* *Calophyllum* sp. (1)

比重分布は急で、それに対応して強度値分布も大きい。肉眼的にモメはみられないが、樹心部では明らかにぜい心とみられる曲げ破壊を示した。異方性は弱く、接線方向の強さは低いが延性に富むといえる。

17) *Lauraceae* *Litsea* sp. (1)

比重は樹心から樹皮に向い大きくなっているが、各種強さは、それほど変化しない。引張ヤング率は比重のわりに低い値を示す。ぜい心の特徴はみられない。

18) *Lauraceae* *Litsea* sp. (2)

引張強さは、樹心部においてはげしい低下を示すが、曲げ破壊にぜい心の特徴はみられない。*Lauraceae* の3種に共通しているが、各種強さと比較して釘引抜抵抗が異常に低く含有樹脂の影響が考えられる。異方性は弱く、接線方向引張強さは普通である。

19) *Lauraceae* *Litsea* sp. (3)

比重、強度値とも、その分布は急激である。半径方向全般にモメがみられ、そのための強度値のばらつきは、他の2種類の *Litsea* よりも大きい。異方性は弱く、接線方向強さも普通である。

20) *Meliaceae* *Aglaiia* sp. (1)

比重、強度値ともに、樹心から樹皮へと高くなるが、その差は少ない。樹心部では、強さは極端に低く、特徴的なぜい心破壊がみられた。

21) *Meliaceae* *Dysoxylum* sp.

比重分布、強度値分布ともに非常に急であり、半径の $\frac{1}{2}$ から樹心側では多くのモメがみられた。異方性も強い。

22) *Meliaceae* *Sandoricum* sp. (1)

比重が樹心から樹皮方向に向って減少している特殊な分布を示す。しかし、各種ヤング率は逆に樹皮方向に向って上昇する。曲げについてのみ、強さ、比例限度は比重に対応した変化を示す。ぜい心の特徴はみられない。接線方向引張強さは、延性に富むといえる。

23) *Moraceae* *Artocarpus* sp.

辺材と心材が明瞭に区別でき、比重分布は辺材、心材の境で最大となる分布を示す。全体的にみて比重の分布は平坦であると言えるが強度値の分布は急である。芯周辺ではモメを有する典型的なぜい心を有する。全ての強さは低く、異方性も弱い。接線方向引張強さは弱いがよく伸びる。

24) *Moraceae* *Ficus* sp. (1)

比重分布は比較的平坦で、強度値分布も平坦である。辺材部で強度値が低下する。つぎの *Ficus* sp. (2) と全く同様な分布型である。

25) *Moraceae* *Ficus* sp. (2)

*Ficus sp. (1)*と同じ分布である。異方性は強い。均質な木材といえる。

26) *Myristicaceae (1)*

比重分布は比較的なだらかに樹心から樹皮側に変化する。曲げ強さ、圧縮強さの分布は比較的平坦であるが、引張強さは辺材部と樹心で小さい値を示す。異方性は強く、接線方向には延性に富むが弱いといえる。

27) *Myrtaceae Eugenia sp.*

比重分布は平坦で、曲げ、圧縮の強度値もその分布は平坦である。しかし引張強さは、比較的急な分布を示す。異方性は強く、接線方向引張強さもかなり強い。

28) *Podocarpaceae Podocarpus sp. (1)*

本試験木材で唯一の針葉樹であり、比重、強度値の分布は針葉樹特有で平坦である。しかし、樹心から樹皮側まで、ひどい圧縮アテ材が縞状に分布し、このため、曲げ、引張ともヤング率、強さのばらつきがみられる。しかし、そのばらつきの程度は、広葉樹に比べて小さい。異方性の程度は普通で、接線方向引張強さは弱い。

29) *Sapindaceae Pometia sp. (1)*

比重は高く、比強度も高い。辺材部で比重は低下する。芯周辺では肉眼的にモメがみられるが引張ヤング率は低下しない。しかし引張強さは非常に低くなる。この傾向は、*Canarium sp. (1)*でみられたものと同様であり、この場合も同じタイプのぜい心があると考えられる。ヤング率異方性は強い。

30) *Sapotaceae Madhuca sp.*

比重は、今回の試験材料の中で最大であり、それに比例して強さも最大である。比重分布も最も平坦である。しかし、強度値の分布は急であり、ばらつきも非常に大きい。繊維の波うちがみられ、そのために特に引張試験片では目切れの影響が大きく、それが強度値のばらつきの原因となったと思われる。接線方向の強さは大きいが非常にもろいと言える。

31) *Sapotaceae Palaquium sp. (1)*

強度値分布は比重分布に対応している。各試験の強度値は比重のわりには小さい。樹心のごく限られた部分でぜい心の特徴を示す。異方性は弱い。

32) *Sapotaceae Palaquium sp. (2)*

比重は、樹心から樹皮に向かって $\frac{1}{3}$ 程度の部分まで低い。これに対応して、その部分では強度値は低い。肉眼的にはモメはみられなかったが、曲げ破壊は特徴的なぜい心の破壊を示した。異方性は弱い。

33) *Simarubaceae Ailanthus sp. (1)*

樹皮に向かって比重が増加する傾向に対応して強さも大きくなるが、比重の増加の度合いがゆるやかなわりに、どの強度値の分布も急である。辺材部にピンホールと、それに伴う黒変がみられた。このピンホールによる辺材の強さ低下はみられない。接線方向は非常に弱い。異方性は強い。

34) *Simarubaceae Ailanthus sp. (2)*

比重のわりには強度値が非常に高い。比重分布、強度値分布ともに、*Ailanthus sp. (1)*と全く同

様な分布型である。辺材部は黒変していたが、強度値には影響していない。強度値の分布は非常に急であり、ぜい心の特徴がみられる破壊状態を示した。異方性は強く、接線方向強さは弱い。

35) *Sonneratiaceae Duabanga sp. (1)*

ヤング率、強さは比重の変化に対応して変化する。辺材に黄色でその部分で強さは低下する。異方性は弱く、接線方向の強さも弱い。

36) *Sonneratiaceae Duabanga sp. (2)*

辺材の外周で比重と強さの分布の違いがみられるが、それ以外の場所では、比重分布に対応して、強度値は変化する。強さはおおむね低く、ばらつきも少ない。

37) *Sonneratiaceae Duabanga sp. (3)*

樹幹内の比重分布は、平坦であり強度値の分布も平坦である。比重のわりに強さは大きい。辺材に近い心材部分でモメがみられ、比重、強さともにその部分で低下している。

38) *Sterculiaceae Heritiera sp. (1)*

比重のわりには強さが大きい。比重分布、強度値分布ともに急である。異方性は普通程度であり接線方向引張強さは強くねばり強い。ぜい心材に特徴的な曲げ破壊がみられる。

39) *Sterculiaceae Heritiera sp. (2)*

樹心から樹皮までほぼ一定の強さ、ヤング率の分布を示す。樹心にごく近い位置でぜい心の特徴がみられた。異方性は普通で、接線方向は強くねばり強い。

40) *Sterculiaceae Sterculia sp. (1)*

比重は、今回の実験材料中で最も低いものに入るが、そのわりに強さ、ヤング率が大きな値を示す。比重分布、強度値分布ともに急である。放射組織がよく発達しており、引張破断面には放射組織がめだつ。異方性は強く、接線方向引張強さは弱い。曲げ破壊の様子から、多少ぜい心の気がみられる。

41) *Sterculiaceae Sterculia sp. (2)*

強度値は比重と対応した分布を示すが、その分布は *Sterculia sp. (1)* ほど急ではない。辺材部に腐朽がみられ、強さが低下している。樹心部にぜい心の傾向がみられる。

## 引用文献

- (1) 林業試験場編：木材工業ハンドブック，丸善，1973
- (2) 科学技術庁研究調整局：未利用樹種の利用技術に関する総合研究報告書，昭和53年2月
- (3) 小西千代治：林試研報248号，1972  
" " 291号，1977  
" " 297号，1977
- (4) 林業試験場木材部編：「世界の有用木材300種」，日本木材加工技術協会，1975
- (5) 林業試験場木材部，林産化学部：林試研報277号，87，1975
- (6) Kollmaun F.F.P., W.A. Coté, Jr : Principles of Wood Science and Technology, 294, 1968

### 3.4 Summary

#### Strength Properties

In this chapter, the strength properties are summarized. Testing items were tensile tests in parallel and perpendicular to grain, bending, compression parallel to grain and nailwithdrawal tests.

All of the data were not only listed up but were classified and analyzed experimentally for the purpose of good understanding of the species.

The procedure of preparation of testing pieces is as follows. Quarter sawn boards of 3-4.5 cm in thickness and over 20 cm in width were cut from diametral direction of the each green log and the flat sawn boards in the same dimension as the quarter sawn board were cut from the boundary between heart wood and sap wood of each green log.

Green boards were crosscut into two longitudinal parts. The one of them was prepared for tests in green condition and the other one was dried by mean of low temperature condition.

Test specimens of tension parallel to grain, bending and compression test were cut out at regular intervals from pith to bark side of the quarter sawn board to be able to know the distribution of each strength in a log. The remaining parts of the quarter sawn boards were used for the nailwithdrawal test.

The tensile test specimens were prepared from the all conditions of the boards of each species. Namely, the tensile test specimens in radial and in 45 degree directions were cut from green and air dried quarter sawn boards. The other ones in tangential and in 45 degree directions were cut from flat sawn boards in green and dried conditions. Longitudinal tensile test specimens were also cut from the green and dried boards.

The number of the specimen of each test varies with the species. The round numbers of the specimens are ten for longitudinal tension, ten for bending, six for compression and seven for tension in perpendicular to grain under each condition. For the nailwithdrawal testing, ten nails were used for flatsawn, quartersawn and cross sections respectively.

#### Testing Method

All tests were carried out in conformity with the Japan Industrial Standard.

The outline of the testing methods are as follows.

Tension parallel to grain; Instron type universal testing machine (Shinko TCM-10000) was used. Load was detected by a load cell and strain was measured by using the wire strain gage (16 mm in gage length). Testing speed was 500 kg/min.

Bending; The central loaded simple bending was carried out by the same machine mentioned above. The length of span was 28 cm. The cross section of the specimen was 2 x 2 cm. Load was measured by load cell and the movement of cross head of the machine was used for measuring the deflection. The crosshead speed was selected in 3 mm/min.

Compression parallel to grain; The dimension of the specimen was 2.5 x 2.5 x 7.5 (length) cm. Load and strain were measured by mean of the load cell and the strain gage respectively. Testing speed was about 1000 kg/min.

Tension perpendicular to grain; The dimension of the specimen is shown in Fig. 1. Testing





Table 1. (b) Nailwithdrawal data

		Specific Gravity	Moisture Content at Test (%)	(kg/cm)		
				LR	LT	RT
<i>Anacardiaceae</i>	<i>Dracontomelon sp.</i>	0.55	14.0	23.4 ± 3.07	20.0 ± 3.07	16.4 ± 3.07
"	<i>Koordersiodendron sp. (1)</i>	0.76	11.0	25.9 ± 17.0	23.3 ± 17.0	19.1 ± 17.0
"	<i>Spondias sp.</i>	0.49	15.0	27.9 ± 1.70	28.8 ± 1.70	17.7 ± 1.70
<i>Burseraceae</i>	<i>Canarium sp. (1)</i>	0.62	11.0	12.5 ± 0.97	11.2 ± 1.12	10.8 ± 1.06
"	<i>Canarium sp. (2)</i>	0.57	10.5	19.0 ± 6.20	29.7 ± 6.20	16.7 ± 6.20
"	<i>Santiria sp. (1)</i>	0.53	15.5	30.2 ± 4.12	26.1 ± 4.12	18.0 ± 3.91
"	<i>Santiria sp. (2)</i>	0.48	12.5	27.8 ± 2.78	29.5 ± 2.78	22.5 ± 2.78
<i>Celastraceae</i>	<i>Lophopetalum sp.</i>	0.51	10.0	21.3 ± 3.17	24.4 ± 3.17	16.8 ± 3.17
<i>Combretaceae</i>	<i>Terminalia sp. (1)</i>	0.48	12.5	27.8 ± 2.78	29.5 ± 2.78	22.5 ± 2.78
"	" (2)	0.47	16.5	32.9 ± 3.10	31.9 ± 3.10	19.7 ± 3.10
"	" (3)	0.71	13.0	58.0 ± 5.47	51.3 ± 5.47	33.7 ± 5.47
"	" (4)	0.61	10.5	32.4 ± 13.6	34.5 ± 13.6	28.4 ± 13.6
<i>Datisceae</i>	<i>Octomeles sp.</i>	0.39	10.5	7.77 ± 2.33	7.65 ± 2.34	6.35 ± 2.34
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Sapium sp. (1)</i>	0.42	15.0	19.7 ± 1.74	22.1 ± 1.74	12.0 ± 1.74
<i>Gonystylaceae</i>	<i>Gonystylus sp.</i>	0.57	9.50	26.7 ± 2.58	26.6 ± 2.58	21.5 ± 2.58
<i>Guttiferae</i>	<i>Calophyllum sp. (1)</i>	0.48	10.0	24.0 ± 5.52	23.8 ± 5.52	18.0 ± 5.52
<i>Lauraceae</i>	<i>Litsea sp. (1)</i>	0.46	15.0	7.64 ± 0.80	7.53 ± 0.80	5.37 ± 0.80
"	" (2)	0.47	12.5	9.21 ± 2.08	8.14 ± 1.98	10.8 ± 2.08
"	" (3)	0.50	10.0	19.3 ± 2.88	17.1 ± 2.88	15.5 ± 2.88
<i>Meliaceae</i>	<i>Aglaia sp. (1)</i>	0.51	16.0	24.8 ± 2.61	22.7 ± 2.61	15.7 ± 2.48
"	<i>Dysoxylum sp.</i>	0.53	10.5	21.5 ± 5.55	22.0 ± 5.55	18.0 ± 5.55
"	<i>Sandoricum sp. (1)</i>	0.42	12.5	14.9 ± 1.14	17.2 ± 1.14	12.1 ± 1.14
<i>Moraceae</i>	<i>Artocarpus sp.</i>	0.29	9.00	7.21 ± 1.49	8.35 ± 1.49	5.05 ± 1.49
"	<i>Ficus sp. (1)</i>	0.59	15.0	35.1 ± 2.43	29.3 ± 2.43	24.7 ± 2.43
"	" (2)	0.48	10.0	18.2 ± 3.34	20.5 ± 3.34	11.7 ± 3.34
<i>Myristicaceae (1)</i>		0.48	10.5	10.5 ± 2.84	13.2 ± 2.84	9.25 ± 2.84
<i>Myrtaceae</i>	<i>Eugenia sp.</i>	0.77	12.5	48.8 ± 6.62	47.8 ± 6.62	34.7 ± 6.62
<i>Podocarpaceae</i>	<i>Podocarpus sp. (1)</i>	0.53	10.0	26.0 ± 4.55	26.7 ± 4.55	20.2 ± 4.55
<i>Sapindaceae</i>	<i>Pometia sp. (1)</i>	0.68	11.5	33.2 ± 9.28	40.8 ± 9.28	31.1 ± 9.28
<i>Sapotaceae</i>	<i>Madhuca sp.</i> *	1.08	12.5	63.7 ± 6.25	58.3 ± 5.59	41.3 ± 5.10
"	<i>Palaquium sp. (1)</i>	0.57	12.5	35.0 ± 4.25	35.1 ± 4.24	19.3 ± 4.24
"	" (2)	0.56	9.50	34.7 ± 4.92	34.3 ± 4.92	22.9 ± 4.92
<i>Simarubaceae</i>	<i>Ailanthus sp. (1)</i>	0.44	11.5	19.5 ± 2.67	25.5 ± 2.67	13.2 ± 2.67
"	" (2)	0.43	10.5	17.1 ± 3.76	17.0 ± 4.12	9.81 ± 3.26
<i>Sonneratiaceae</i>	<i>Duabanga sp. (1)</i>	0.43	12.5	19.5 ± 2.55	18.1 ± 2.55	13.2 ± 2.55
"	" (2)	0.48	15.5	21.9 ± 1.78	26.1 ± 1.78	13.7 ± 1.78
"	" (3)	0.46	17.0	29.1 ± 3.35	27.8 ± 3.35	14.9 ± 3.35
<i>Sterculiaceae</i>	<i>Heritiera sp. (1)</i>	0.52	12.5	34.1 ± 3.00	38.4 ± 3.00	24.6 ± 3.00
"	" (2)	0.54	10.0	19.8 ± 7.70	21.8 ± 6.67	16.9 ± 7.70
"	<i>Sterculia sp. (1)</i>	0.37	12.0	11.1 ± 2.41	13.8 ± 2.41	10.2 ± 2.41
"	" (2)	0.33	13.5	23.5 ± 2.33	15.2 ± 2.33	10.4 ± 2.33

Note: Mean ± estimated value in 1% level.

\*Drilled 2 mm diameter and 10 mm in depth before nail driving.

machine was Instron type one (Shinko TCM-500). The load and the strain were measured by load cell and extensometer respectively. Testing speed was 2 mm/min.

Nailwithdrawal test; Testing machine was the electroservo hydraulic testing machine (MTS 810). The attachments shown in Fig. 2 were used for the test. The iron nail (N 45) was driven into the specimen until 3 cm in thickness by a hammer and the withdrawal speed was 0.6 mm/min.

## Result

### 1. List up of the data

All of the data are listed up in Table 1(a), (b), (c). The numbers in Table 1(a) are the data which were given from the clear specimens which didn't contain the defects, like brittle heart and sloping grain. The bracketed data are the simple mean values of the all data.

Table 1(b) shows the nail withdrawal data in respective sections. The numbers represented the estimated values in 1% level of the mean value.

Table 1(c) shows the tensile data in perpendicular to grain. The marks T, R and L represent the tangential, radial and longitudinal directions respectively. Subscriptions TL-45 and RL-45 indicate the 45 degree directions to the tangential and radial directions.

The numbers written in the upper column of each direction show the data in air dried condition and the lower ones are the data in green condition.

### 2. Correlation between strength properties and specific gravity.

Almost all of the data shows good correlation with specific gravity. Table 2 shows the regression equations in the relation between strength properties and specific gravity. Almost all of the equations excepting the maximum strain show the significance in 1% level.

### 3. The comparison of the data of Sulawesi woods to the ones from other place of production.

Some mechanical properties were compared with the other tropical or domestic woods in Fig 4(a)-(e).

### 4. Classification of the strength properties.

Table 4 shows the classification of some strength properties of the all species.

The numbers I-V are based on the criteria predicted in Table 3. The principal criteria were determined in conformity to the method of Japan Government Forest Experimental Station.

### 5. Anisotropy of Young's modulus.

The young's moduli at arbitrary grain angle can be estimated from the equation (1) and the measured young's moduli  $E_L$ ,  $E_T$ ,  $E_R$ ,  $E_{LT-45}$  and  $E_{LR-45}$ . The value  $E_\theta/E_L$  can be drawn on the polar co-ordinate as shown in Fig. 5. The pattern in Fig. 5 shows the example showing the degree of anisotropy of young's modulus. Those were used for the decision of the criteria in the anisotropic degree of the species.

Fig. 6 shows the patterns of individual species. In the figure, the pattern shown by broken line is the anisotropy under green condition.

### 6. Radial distribution of strength properties.

Fig. 7 shows the distribution of the bending properties from pith to bark, while Fig. 8 shows the one for tensile properties.

Table 1. (c) Tensile strength in perpendicular to grain

Direction	Specific Gravity (Oven-dry)	Moisture Content at Testing (%)	Young's modulus		Strength		Proportional limit		Maximum strain		Strain at proportional limit		Energy to fracture	
			$E_t$ (ton/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	$\sigma_t$ (kg/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	$\sigma_p$ (kg/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	$\epsilon_m$ (%)	CV (%)	$\epsilon_p$ (%)	CV (%)	S (kg-cm/cm <sup>2</sup> )	CV (%)
<i>Anacardiaceae Koordersiodendron sp. (1)</i>														
T-0	0.85	11.0	6.76**	8.27	85.8**	3.64	28.2	23.5	4.20**	8.91	0.433	21.7	2.21**	11.0
"	0.71	9.5	9.59	6.07	71.6	4.20	26.9	4.51	1.76	2.72	0.300	10.9	0.758	5.72
TL-45	0.85	11.0	15.6	9.35	178	5.02	57.8	25.3	2.95	5.14	0.387	29.7		
"	0.69	93.0	15.7	10.8	133	1.42	61.6	6.44	1.51	10.3	0.411	13.5		
R-0	0.58	10.5	12.2*	18.6	130*	12.6	59.4	28.2	1.61	34.3	0.53	40.1	1.23	46.3
"	0.67	79.0	8.44	6.81	91.1	10.8	46.6	4.10	1.77	19.0	0.567	8.80	0.981	29.5
RL-45	0.58	10.5	28.3	4.52	280	-	91.3	27.1	2.00	21.3	0.335	31.3		
"	0.67	79.0	14.7	3.38	139	6.22	86.7	8.94	1.29	21.3	0.607	11.7		
<i>Burseraceae Canarium sp. (2)</i>														
T-0	0.48	10.0	6.34	3.38	58.3*	2.49	26.4	2.47	1.22	6.56	0.425	5.88	0.394	9.28
"	0.49	124	4.98	17.4	43.5	14.2	24.5	22.6	1.31	6.50	0.501	20.6	0.339	20.5
TL-45	0.48	11.0	14.6	-	138	-	101	-	1.08	-	0.710	-	-	-
"	0.53	75.0	10.8	8.75	94.2	8.66	61.5	17.1	1.18	3.82	0.583	9.25		
R-0	0.66	10.5	15.5**	7.80	142**	6.62	67.3**	18.6	1.12*	8.55	0.440	15.7	0.860**	12.6
"	0.52	89.5	7.14	7.87	65.8	4.81	29.5	15.6	1.36	5.12	0.420	11.7	0.509	10.6
RL-45	0.66	10.5	25.0	21.3	256	15.8	134	16.3	1.29	0.733	0.553	11.9		
"	0.52	89.5	15.6	1.81	121	17.0	64.2	9.43	1.24	27.2	0.401	3.67		
<i>Santiria sp. (2)</i>														
T-0	0.66	13.0	8.07**	4.92	82.6**	6.57	36.0**	7.12	1.75**	13.2	0.466	7.72	0.846**	18.3
"	0.63	45.0	5.91	5.70	47.6	10.7	25.0	18.2	1.21	23.4	0.424	19.6	0.343	34.4
TL-45	0.66	13.0	17.9	5.98	139	6.89	49.2	7.48	1.38	5.76	0.269	10.7		
"	0.61	49.0	10.9	5.40	88.2	5.83	47.1	6.16	1.22	12.0	0.383	7.56		
R-0	0.58	12.5	18.0**	7.21	133**	7.98	57.2**	18.9	0.903	13.5	0.335	22.1	0.642**	22.6
"	0.63	44.0	8.99	7.12	74.5	7.02	35.6	36.2	1.02	12.9	0.404	44.1	0.417	21.8
RL-45	0.57	12.0	26.4	4.93	230	6.65	123	10.8	1.08	13.2	0.456	20.3		
"	0.57	46.0	13.5	5.57	116	9.76	63.8	12.9	1.20	23.1	0.463	8.38		
<i>Celastraceae Lophopetalum sp.</i>														
T-0	0.50	11.0	7.05**	5.77	54.0**	1.07	23.4	18.3	1.00**	6.22	0.343	24.1	0.296**	9.31
"	0.50	62.0	5.12	6.00	48.8	1.00	23.7	7.96	1.69	3.83	0.480	13.6	0.495	4.27
TL-45	0.50	11.0	11.3	6.11	87.9	13.5	58.8	7.12	0.90	14.3	0.530	8.58		
"	0.48	72.5	9.12	8.07	81.8	0.601	44.4	7.70	1.20	9.21	0.507	16.0		
R-0	0.47	10.0	10.0	0.879	103	3.11	29.6	10.4	1.61	3.83	0.300	9.43	0.916	2.76
"	0.47	60.0	7.51	-	67.7	-	41.2	-	1.37	-	0.560	-	0.556	-
RL-45	0.47	10.0	17.6	9.39	171	3.73	65.2	11.3	1.36	4.98	0.380	13.7		
"	0.47	60	13.1	11.1	147	0.321	84.1	9.09	1.31	28.4	0.643	5.13		
<i>Combretaceae Terminalia sp. (1)</i>														
T-0	0.47	10.5	4.55**	4.33	50.3**	5.27	34.6**	9.23	1.20**	7.10	0.783**	13.0	0.314**	12.3
"	0.45	43.0	2.81	4.06	37.3	2.65	13.9	5.81	2.44	7.21	0.493	20.9	0.534	9.88

Direction	Specific Gravity (Oven-dry)	Moisture Content at Testing (%)	Young's modulus		Strength		Proportional limit		Maximum strain		Strain at proportional limit		Energy to fracture			
			$E_t$ (ton/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	$\sigma_t$ (kg/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	$\sigma_p$ (kg/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	$\epsilon_m$ (%)	CV (%)	$\epsilon_p$ (%)	CV (%)	$S$ (kg-cm/cm <sup>2</sup> )	CV (%)		
Combreteaceae	<i>Terminalia</i> sp. (1)	TL-45	0.46	11.0	9.25	4.74	87.6	8.20	48.5	7.09	1.05	12.1	0.507	9.56		
		"	0.45	44.0	5.80	6.30	57.6	8.44	27.2	8.20	1.30	15.6	0.451	11.4		
		R-0	0.44	11.0	11.2**	6.58	75.2**	5.41	53.5**	9.84	0.711**	6.62	0.486	14.3	0.276*	11.0
		"	0.48	46.0	6.96	6.67	62.0	6.89	39.2	5.20	1.04	12.3	0.553	7.09	0.357	20.0
		RL-45	0.45	10.5	18.6	10.6	138	8.78	93.4	20.3	0.778	8.00	0.481	29.2		
		"	0.45	54.0	13.6	5.57	105	3.67	62.4	11.5	0.911	7.37	0.461	9.38		
		T-0	0.69	11.0	10.8**	5.00	77.8	19.8	43.5**	8.08	0.884**	27.3	0.411	12.4	0.392	44.0
		"	0.73	39.0	7.84	5.57	72.7	14.2	29.7	20.9	1.22	9.51	0.374	22.4	0.485	16.3
		TL-45	0.67	11.5	23.1	15.0	157	15.7	77.5	8.37	0.790	11.4	0.307	10.0		
		"	0.74	44.0	11.9	6.97	95.3	5.41	48.0	18.9	1.29	11.8	0.378	20.4		
" "	" "	R-0	0.66	12.0	17.9**	11.1	157**	5.48	94.7**	25.7	0.983**	11.4	0.530**	29.4	0.827	18.2
		"	0.65	37.0	9.16	7.69	91.6	3.84	26.5	27.1	1.52	10.8	0.289	34.0	0.765	13.3
		RL-45	0.64	12.0	26.1	6.93	247	6.26	164	8.47	1.07	12.4	0.636	16.0		
		"	0.69	40.0	17.5	9.30	172	4.90	88.1	16.1	1.38	11.4	0.468	23.4		
		T-0	0.55	11.0	7.10**	1.01	82.3**	0.729	40.1**	3.37	1.54**	0.326	0.590	6.78	0.696	1.72
		"	0.56	42.0	5.18	8.87	56.7	2.50	27.0	5.84	2.06	5.03	0.598	10.6	0.692	7.16
		TL-45	0.55	11.0	13.6	2.21	154	4.71	86.7	7.34	1.46	4.35	0.650	6.53		
		"	0.56	43.0	10.7	8.18	106	3.53	48.1	11.3	1.56	12.7	0.455	5.20		
		R-0	0.44	10.5	17.3**	6.38	102	18.5	55.9	19.9	0.660**	18.1	0.330**	21.9	0.365*	38.3
		"	0.64	46.0	9.77	9.02	92.0	3.47	53.8	7.53	1.21	13.3	0.564	6.10	0.623	16.3
Datisceae	<i>Octomeles</i> sp.	RL-45	0.44	10.5	23.8	3.52	189	5.84	156	10.2	0.833	5.74	0.673	12.9		
		"	0.64	46.0	15.5	2.91	170	5.60	122	6.56	1.37	9.89	0.813	8.98		
		T-0	0.31	11.5	2.70	6.92	28.7	7.11	12.7	11.3	2.23	23.1	0.477	5.51	0.397	30.9
		"	0.37	87.0	2.75	0.171	30.8	8.90	11.0	10.0	1.95	13.2	0.417	8.84	0.346	19.9
		TL-45	0.31	11.5	6.57	3.37	65.2	5.05	21.2	3.57	1.71	13.1	0.330	6.55		
		"	0.31	87.0	4.27	3.88	43.1	5.50	20.0	5.96	1.54	13.0	0.481	3.74		
		R-0	0.46	11.5	5.54**	9.12	50.9**	6.78	20.5**	8.05	1.21*	14.6	0.380*	10.7	0.338	20.4
		"	0.33	83.0	3.22	10.1	37.9	7.97	15.1	2.43	1.95	23.6	0.483	11.0	0.431	31.7
		RL-45	0.46	11.5	10.8	1.42	92.5	3.54	50.6	7.55	1.12	6.50	0.480	6.59		
		"	0.33	83.0	5.41	16.2	57.4	8.92	32.7	15.7	1.44	35.1	0.629	10.9		
Gonystylaceae	<i>Gonystylus</i> sp.	T-0	0.49	10.0	6.07**	4.41	56.1**	6.56	37.5*	30.0	0.960**	2.95	0.633	30.0	0.273*	9.67
		"	0.55	57.0	3.50	3.42	43.3	5.77	19.5	9.59	2.11	18.2	0.572	9.19	0.542	24.9
		TL-45	0.49	10.0	11.1	3.75	93.9	18.8	50.7	9.51	0.930	23.3	0.463	7.12		
		"	0.55	59.5	7.11	8.57	74.8	6.47	45.6	6.80	1.59	12.2	0.355	7.04		
		R-0	0.54	8.0	15.9**	5.66	122**	2.41	69.7	19.5	0.860	6.64	0.453	24.0	0.549	9.98
		"	0.52	60.0	9.85	1.96	85.8	8.52	52.7	5.58	1.06	13.5	0.547	7.52	0.505	23.0

Direction	Specific Gravity (Over-dry)	Moisture Content at Testing (%)	Young's modulus		Strength		Proportional limit		Maximum strain		Strain at proportional limit		Energy to fracture	
			E <sub>t</sub> (ton/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	σ <sub>t</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	σ <sub>p</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	ε <sub>m</sub> (%)	CV (%)	ε <sub>p</sub> (%)	CV (%)	S (kg-cm/cm <sup>3</sup> )	CV (%)
<i>Gorystylaceae</i> <i>Gorystylus sp.</i>	RL-45	0.54	26.4	3.58	206	3.77	176	14.4	0.810	0.580	0.677	12.2		
	"	0.52	60.0	6.79	167	2.69	99.3	7.09	1.22	5.80	0.498	1.83		
	T-0	0.42	10.5	3.75**	42.0**	4.10	18.5	11.7	1.45**	7.40	0.503**	8.25	0.333*	10.4
	"	0.41	63.5	2.19	6.43	34.5	6.38	22.0	2.44	10.7	1.06	13.6	0.510	17.8
	TL-45	0.42	9.5	0.697	92.8	4.77	46.9	11.0	1.22	8.00	0.500	11.8		
<i>Guttiferae</i>	R-0	0.42	64.5	6.33	4.58	57.5	8.05	33.1	1.21	16.5	0.551	24.3		
	"	0.38	10.5	12.2	--	88.7	--	28.7	--	0.990	--	0.240	--	0.240
	"	0.45	62.5	7.72	6.17	75.4	0.761	50.0	10.3	1.18	10.1	0.660	6.55	0.490
	RL-45	0.38	10.5	23.7	6.70	(66.3)	(15.9)	--	0.265	17.0	--	--	--	--
	"	0.45	62.5	14.2	7.18	138	9.42	81.3	1.14	1.26	9.14	0.583	6.25	
<i>Lauraceae</i> <i>Litsea sp. (2)</i>	T-0	0.45	10.0	5.10**	6.68	54.7**	5.42	26.6**	4.28	1.44	13.2	0.537**	8.30	0.438
	"	0.52	60.0	6.58	10.8	44.7	3.56	19.6	1.19	1.41	13.6	0.300	27.5	0.389
	TL-45	0.46	10.5	13.5	8.05	116	10.4	45.6	5.28	1.30	13.4	0.330	7.63	
	"	0.50	56.0	12.9	6.72	91.7	6.05	46.0	3.08	1.25	20.8	0.353	9.58	
	R-0	0.45	11.0	11.0**	6.37	88.5**	6.03	56.1**	5.75	0.891**	10.9	0.514	10.5	0.418
"	R-0	0.44	56.0	6.45	6.45	58.0	7.84	32.9	8.75	1.14	15.4	0.483	16.4	0.382
	RL-45	0.46	11.0	22.9	2.42	152	12.3	71.0	13.7	0.759	15.0	0.287	14.3	
	"	0.45	54.0	11.5	6.11	109	2.35	58.7	8.97	1.30	7.84	0.485	11.1	
	T-0	0.49	10.0	7.20**	5.70	63.3**	4.22	39.1**	14.5	1.00**	9.09	0.550	17.2	0.336**
	"	0.48	136	5.31	5.78	53.5	1.28	21.1	7.11	2.37	4.64	0.429	10.0	0.769
"	TL-45	0.49	10.0	14.6	4.67	124	7.17	92.4	11.2	1.57	63.0	0.647	11.4	
	"	0.47	138	15.7	10.2	116	3.17	49.2	12.3	1.35	11.9	0.332	12.5	
	R-0	0.52	10.5	11.4**	3.28	98.7*	14.0	52.8	23.4	0.995*	19.4	0.470	22.2	0.532
	"	0.37	146	6.66	1.26	69.0	0.615	39.5	7.98	1.49	10.8	0.603	6.68	0.596
	RL-45	0.52	10.5	28.7	--	175	6.69	123	--	0.950	9.30	0.307	--	
<i>Meliaceae</i> <i>Dysoxylum sp.</i>	"	0.37	146	15.1	4.43	132	3.27	71.3	8.83	1.54	19.6	0.494	8.47	
	T-0	0.56	10.0	6.77**	1.21	58.6	2.24	29.0	17.3	1.13**	2.61	0.437	17.4	0.367**
	"	0.56	79.0	5.63	5.65	54.9	4.56	18.8	37.1	2.04	9.22	0.347	31.4	0.648
	TL-45	0.56	11.0	13.8	3.64	117	9.45	75.0	10.3	0.973	8.97	0.553	7.57	
	"	0.54	85.0	11.7	20.5	90.8	23.6	48.4	11.6	1.03	16.1	0.437	8.84	
"	R-0	0.61	10.5	11.7**	6.46	82.4**	8.52	31.4**	7.20	1.42**	5.92	0.273**	7.52	0.695**
	"	0.45	98.0	7.49	1.35	66.9	6.78	38.2	4.17	1.15	12.5	0.520	5.44	0.431
	RL-45	0.61	10.5	18.0	2.27	146	3.42	72.1	7.21	1.14	5.26	0.410	4.88	20.5
	"	0.45	98.0	14.5	7.66	146	5.53	84.5	4.17	1.43	13.3	0.602	4.48	
	T-0	0.38	10.5	3.60**	7.60	43.9	8.13	17.4**	7.51	2.14**	15.8	0.516**	15.9	0.550**
"	"	0.39	89.0	2.98	3.62	42.0	4.00	20.7	5.75	3.33	9.91	0.673	7.10	0.905
	"													

Direction	Specific Gravity (Oven-dry)	Moisture Content at Testing (%)	Young's modulus		Strength		Proportional limit		Maximum strain		Strain at proportional limit		Energy to fracture	
			$E_t$ (ton/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	$\sigma_t$ (kg/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	$\sigma_p$ (kg/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	$\epsilon_m$ (%)	CV (%)	$\epsilon_p$ (%)	CV (%)	S (kg-cm/cm <sup>3</sup> )	CV (%)
<i>Sandoricum sp. (1)</i>														
TL-45	0.38	10.5	8.58	8.07	82.8	8.03	30.4	7.62	1.86	9.04	0.336	1.27		
"	0.38	94.0	6.77	9.82	72.8	3.32	36.9	10.9	2.11	19.2	0.522	6.58		
R-0	0.39	11.5	9.12**	3.42	82.3**	5.95	36.0	5.20	1.11**	5.36	0.401**	6.35	0.491	10.7
"	0.39	83.0	6.20	8.76	65.4	7.98	35.9	8.97	1.64	23.0	0.594	15.4	0.641	31.5
RL-45	0.39	11.0	16.3	4.58	140	4.51	64.2	9.13	0.972	5.97	0.344	12.9		
"	0.39	99.0	12.7	11.1	114	7.90	61.8	8.10	1.28	18.2	0.492	8.78		
<i>Artocarpus sp.</i>														
T-0	0.29	9.5	1.55	17.2	18.8**	8.68	8.73	20.0	1.75	17.8	0.573	4.35	0.181**	11.5
"	0.32	190	2.27	20.9	30.6	13.1	13.2	19.5	2.36	13.6	0.613	22.2	0.422	18.1
TL-45	0.29	8.5	4.95	9.07	46.3	5.28	25.5	0.314	1.37	21.2	0.530	9.43		
"	0.30	198	6.14	22.3	49.5	30.5	27.5	45.0	0.908	6.16	0.448	21.7		
R-0	0.21	9.0	3.98	18.6	43.0*	3.61	18.3*	6.07	1.39*	11.9	0.490	24.9	0.321	9.99
"	0.29	208	3.71	3.44	31.8	14.5	24.0	6.67	0.955	15.2	0.660	3.03	0.166	31.1
RL-45	0.21	9.0	8.98	10.2	68.7	5.35	47.4	17.8	0.848	12.4	0.540	16.0		
"	0.29	208	6.73	9.90	49.5	6.85	31.2	5.74	0.867	18.6	0.476	12.0		
<i>Ficus sp. (2)</i>														
T-0	0.43	11.0	3.02	24.8	28.3*	12.0	12.8**	28.0	1.47	28.0	0.427**	4.42	0.227	18.4
"	0.43	99.5	2.95	17.8	36.4	7.43	23.9	12.1	1.68	16.7	0.895	29.2	0.347	20.8
TL-45	0.43	9.5	7.71	8.98	65.9	7.36	32.0	51.9	1.15	14.0	0.420	48.9		
"	0.42	102	7.84	5.81	56.7	7.46	30.2	14.2	0.907	4.93	0.381	21.1		
R-0	0.53	10.0	11.1**	1.88	60.7**	7.81	32.1	13.4	0.637*	8.25	0.293**	14.0	0.207	16.1
"	0.40	95.0	4.47	5.31	43.2	10.2	30.2	14.7	1.10	17.9	0.690	14.3	0.257	28.1
RL-45	0.53	10.0	15.2	10.2	84.7	6.89	60.7	13.0	0.627	2.71	0.417	22.5		
"	0.40	94.5	7.89	4.89	63.7	7.25	32.8	6.41	1.12	8.28	0.433	7.18		
<i>Myrtaceae (1)</i>														
T-0	0.48	9.0	3.44	7.57	36.0	11.7	14.3	7.29	2.05	25.4	0.427	11.0	0.446	32.4
"	0.47	100	3.43	6.58	35.8	5.15	16.4	18.2	1.59	13.0	0.505	21.9	0.329	19.4
TL-45	0.48	9.0	6.99	4.61	67.2	20.7	20.6	33.8	1.56	19.4	0.307	35.4		
"	0.46	95.0	7.26	4.70	45.9	13.0	28.4	8.37	0.761	23.8	0.403	4.16		
R-0	0.49	10.5	11.1**	3.11	81.0**	2.89	32.2	19.7	0.927**	6.49	0.293**	16.1	0.403**	5.94
"	0.46	115	5.27	9.48	60.0	1.17	26.9	9.50	1.65	8.21	0.520	-	0.557	6.02
RL-45	0.49	10.5	16.8	10.5	130	8.31	75.4	4.13	0.873	8.84	0.460	6.15		
"	0.46	115	11.0	2.61	107	5.34	72.1	3.26	1.21	6.44	0.680	4.80		
<i>Eugenia sp.</i>														
T-0	0.74	11.0	9.82**	9.80	96.2**	8.77	39.7*	19.0	1.28**	8.06	0.420	25.4	0.673	15.9
"	0.74	97.0	7.57	4.95	64.5	5.75	24.5	16.9	2.05	4.39	0.273	22.8	0.820	6.80
TL-45	0.74	11.5	18.5	2.08	173	10.4	114	6.83	1.00	8.49	0.627	5.27		
"	0.70	140	12.4	1.32	115	1.48	60.8	10.2	1.50	2.69	0.507	11.3		
R-0	0.76	11.5	19.7**	6.35	157**	4.03	59.5	15.9	1.25*	10.4	0.307	12.3	1.11*	12.5
"	0.73	81.5	10.2	4.86	96.0	2.32	45.5	17.5	1.49	5.69	0.460	21.5	0.831	6.34

Direction	Specific Gravity (Oven-dry)	Moisture Content at Testings (%)	Young's modulus		Strength		Proportional limit		Maximum strain		Strain at proportional limit		Energy to fracture		
			$E_t$ (tonf/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	$\sigma_t$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	$\sigma_p$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	$\epsilon_m$ (%)	CV (%)	$\epsilon_p$ (%)	CV (%)	S (kg-cm/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	
<i>Myrtaceae</i>	<i>Eugenia sp.</i>	RL-45	26.4	4.69	245	6.33	112	9.49	1.25	6.30	0.433	5.76			
		"	17.6	0.707	175	4.07	104	4.80	1.55	6.19	0.607	5.51			
	<i>Podocarpaceae</i>	T-0	6.04**	2.81	31.7	17.5	21.5*	12.1	0.570**	18.7	0.363	13.5	0.097**	33.8	
		"	3.89	22.1	30.6	9.03	15.0	12.3	1.06	5.96	0.425	22.4	0.178	11.4	
	TL-45	"	12.1	2.10	74.4	10.0	65.9	9.17	0.633	9.68	0.557	11.0			
		"	8.72	1.16	56.3	8.45	31.2	9.14	0.802	10.6	0.372	8.41			
	R-0	0.51	11.0	6.59	5.74	50.4	10.3	34.2	6.75	0.813	17.5	0.530	2.67	0.213	29.1
	"	0.47	45.5	6.81	6.76	51.9	5.21	26.7	39.8	0.957	15.0	0.393	37.4	0.268	19.7
	RL-45	0.51	11.0	15.2	6.48	115	6.07	98.7	7.82	0.813	5.52	0.663	9.40		
	"	0.47	45.5	14.6	17.3	95.0	6.14	65.3	22.2	1.798	27.2	0.459	8.50		
<i>Sapotaceae</i>	<i>Pometia sp. (1)</i>	T-0	10.2**	1.00	63.8**	1.10	42.0**	8.70	0.870**	1.15	0.420	9.52	0.326	0.15	
		"	3.86	1.81	39.4	2.28	18.1	9.70	2.07	6.76	0.485	7.22	0.501	11.7	
	TL-45	11.0	17.4	1.85	167	1.11	75.9	0.074	1.07	32.7	0.450	1.12			
	"	6.94	12.5	61.8	5.12	27.8	11.5	1.77	14.7	0.419	4.77				
	R-0	0.56	10.0	14.2**	12.3	136**	3.43	48.7*	14.1	1.67	7.14	0.363	28.7	1.30**	9.75
	"	0.67	51.5	6.76	6.60	65.2	11.4	35.3	17.5	1.44	23.4	0.540	23.6	0.561	35.8
	RL-45	0.56	10.0	20.8	7.30	229	2.99	86.0	4.46	1.65	10.9	0.423	6.77		
	"	0.67	51.5	11.8	5.90	118	7.63	58.2	1.59	1.71	16.4	0.514	7.27		
	<i>Sapotaceae</i>	<i>Madhuca sp.</i>	T-0	17.1	2.25	91.5**	3.49	70.4	5.70	0.580**	7.45	0.420*	6.73	0.278*	12.9
			"	20.4	11.3	136	3.68	73.1	26.9	0.965	8.81	0.505	3.37	0.676	27.2
TL-45		11.1	11.5	29.4	17.2	159	14.1	91.6	21.9	0.663	17.2	0.340	40.4		
"		26.5	4.47	180	0.525	130	6.37	0.800	2.70	0.504	9.55				
R-0		1.09	11.0	32.5**	9.20	123**	4.72	52.4**	15.3	0.547*	12.7	0.617**	20.3	0.380*	19.4
"		23.0	4.43	161	5.87	131	7.63	0.803	15.3	0.595	4.20	0.694	24.9		
RL-45		1.09	11.0	44.1	4.83	290	6.05	139	1.88	0.840	6.73	0.323	6.36		
"		1.03	42.5	39.6	13.0	264	4.12	148	14.2	0.931	9.21	0.408	27.1		
<i>Palaquium sp. (1)</i>		T-0	6.04**	3.32	63.0**	12.2	47.8**	6.53	1.12**	16.7	0.808**	5.56	0.371**	29.6	
		"	3.85	10.9	45.4	1.75	17.6	25.3	2.35	4.98	0.462	33.5	0.636	7.20	
	TL-45	10.0	14.2	4.45	114	6.09	59.5	16.4	0.929	8.16	0.413	20.3			
	"	6.88	5.94	70.5	7.27	33.2	4.13	1.81	19.7	0.456	7.00				
	R-0	0.47	11.0	10.5**	3.29	95.2**	7.11	47.0**	9.15	1.11	10.9	0.449*	7.94	0.576**	18.1
	"	5.92	6.79	49.8	13.6	22.6	9.51	1.16	23.3	0.390	12.9	0.329	32.1		
	RL-45	0.47	10.5	19.2	8.27	158	6.26	72.4	7.87	1.01	10.9	0.348	11.9		
	"	0.41	69.0	11.3	8.62	96.0	6.08	48.0	10.3	1.11	14.2	0.416	21.0		
	..	T-0	6.20	4.24	64.5*	3.92	29.9	21.1	1.58**	7.96	0.497	24.6	0.588**	13.8	
		"	6.07	3.44	59.2	2.61	24.0	9.48	2.24	3.69	0.417	7.92	0.806	3.27	

(Cont'd)

Direction	Specific Gravity (Oven-dry)	Moisture Content at Testing (%)	Young's modulus		Strength		Proportional limit		Maximum strain		Strain at proportional limit		Energy to fracture	
			$E_t$ (ton/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	$\sigma_t$ (kg/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	$\sigma_p$ (kg/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	$\epsilon_m$ (%)	CV (%)	$\epsilon_p$ (%)	CV (%)	S (kg-cm/cm <sup>2</sup> )	CV (%)
"	0.58	10.5	13.4	9.18	129	5.90	72.0	9.64	1.39	15.0	0.560	19.1		
"	0.55	78.5	12.3	2.52	105	7.14	51.7	6.04	1.30	12.9	0.436	5.85		
R-0	0.55	11.0	14.3*	7.78	123**	4.49	50.8	17.3	1.40	8.81	0.370	24.3	1.01*	14.2
"	0.42	73.0	9.44	1.99	79.4	7.71	48.1	9.73	1.15	11.9	0.520	9.42	0.534	21.3
RL-45	0.55	11.0	21.6	10.5	218	5.10	95.4	8.78	1.62	8.23	0.455	13.0		
"	0.42	73.0	16.4	3.49	101	86.5	15.0	17.1	16.7	16.7	0.554	17.1		
<i>Simarubaceae Ailanthus sp. (1)</i>														
T-0	0.39	10.0	4.44**	3.83	28.6	10.5	27.4**	10.5	0.661**	13.8	0.629**	10.7	0.096**	24.6
"	0.40	79.0	2.75	8.44	27.0	13.7	13.9	13.5	1.35	13.9	0.494	11.0	0.213	26.0
TL-45	0.38	10.0	9.81	8.11	55.3	12.3	34.9	19.7	0.584	12.6	0.346	23.2		
"	0.41	79.0	5.65	8.68	38.2	8.88	16.9	7.27	0.847	18.5	0.293	14.3		
R-0	0.40	10.5	9.92**	4.82	67.0**	7.47	53.0**	14.9	0.706**	6.24	0.545**	16.7	0.242*	13.1
"	0.40	90.0	4.72	7.44	45.3	6.93	30.3	11.9	1.21	12.1	0.660	11.1	0.309	18.9
RL-45	0.39	10.4	18.5	6.32	80.8	7.38	46.8	12.1	0.467	10.3	0.248	14.0		
"	0.42	77.0	7.67	3.28	73.2	3.40	46.7	9.20	1.14	6.58	0.571	11.1		
T-0	0.42	10.5	2.69*	8.27	18.5**	12.7	8.61**	11.9	0.893**	10.4	0.327**	11.5	0.092**	23.8
"	0.43	100	3.17	4.81	33.8	2.30	15.6	1.60	1.63	4.18	0.504	9.00	0.317	5.89
TL-45	0.42	10.5	7.15	3.33	44.6	7.27	23.1	15.9	0.713	8.04	0.330	16.2		
"	0.42	99.5	6.06	11.1	45.9	10.6	31.2	17.1	0.915	14.2	0.547	27.1		
R-0	0.46	10.5	8.19**	5.44	46.5**	10.6	21.2*	16.0	0.613*	13.3	0.267*	21.5	0.148	21.7
"	0.33	88.0	2.45	6.05	18.4	11.4	11.5	2.18	0.870	5.75	0.480	8.33	0.0867	16.5
RL-45	0.46	10.5	15.2	10.1	70.9	3.31	56.3	22.0	0.507	6.10	0.390	30.4		
"	0.33	88.0	4.73	3.49	37.7	3.59	25.7	25.5	0.999	13.1	0.558	21.9		
<i>Sonneratiaceae Duabanga sp. (1)</i>														
T-0	0.42	11.0	5.23**	5.39	36.7**	10.6	29.6**	7.80	0.753**	12.3	0.585**	7.30	0.144*	22.8
"	0.38	56.0	2.94	2.00	25.6	8.75	12.3	15.3	1.37	17.1	0.407	12.8	0.210	24.5
TL-45	0.41	11.0	11.7	5.65	71.9	11.0	45.0	9.38	0.681	13.8	0.384	11.6		
"	0.39	54.0	7.67	5.09	55.6	5.58	28.9	8.27	0.965	12.6	0.337	8.25		
R-0	0.38	11.5	8.05**	3.80	48.0**	7.08	31.6**	6.44	0.632	8.59	0.390	10.2	0.159**	15.5
"	0.39	80.0	5.59	7.41	32.8	7.50	22.3	6.05	0.613	11.9	0.402	9.13	0.103	19.2
RL-45	0.39	11.0	15.4	9.49	79.2	9.67	44.3	9.49	0.526	12.9	0.251	13.4		
"	0.40	110	9.63	8.71	61.6	9.58	44.0	10.7	0.657	8.20	0.425	10.1		
<i>Sterculiaceae Heritiera sp. (1)</i>														
T-0	0.64	11.5	8.69**	7.92	78.6**	9.42	42.7**	6.88	1.36	10.8	0.512	6.55	0.627**	19.5
"	0.54	62.0	5.57	4.51	53.6	5.62	29.6	10.5	1.30	13.5	0.525	12.8	0.402	19.8
TL-45	0.61	11.0	17.9	11.3	148	6.53	66.0	10.5	1.26	14.0	0.359	19.3		
"	0.57	66.0	11.0	6.74	87.1	5.85	44.2	8.86	1.04	12.6	0.402	14.2		
R-0	0.58	11.5	9.32**	6.71	88.0**	4.83	36.8*	10.8	1.22	7.59	0.394**	10.5	0.507	48.0
"	0.51	64.0	5.13	3.66	51.8	6.99	32.8	8.05	1.14	13.1	0.622	11.4	0.323	21.3



(Cont'd)

Direction	Specific Gravity (Oven-dry)	Moisture Content at Testing	Young's modulus		Strength		Proportional limit		Maximum strain		Strain at proportional limit		Energy to fracture	
			$E_t$ (ton/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	$\sigma_t$ (kg/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	$\sigma_p$ (kg/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	$\epsilon_m$ (%)	CV (%)	$\epsilon_p$ (%)	CV (%)	S (kg-cm/cm <sup>2</sup> )	CV (%)
<i>Sterculiaceae</i>														
RL-45	0.55	12.0	17.8	4.46	148	6.53	67.0	13.7	1.03	13.9	0.377	14.1		
"	0.54	66.0	10.6	9.33	100	4.92	50.4	15.8	1.19	14.0	0.460	17.2		
T-0	0.58	11.0	7.19	11.7	73.4**	3.29	30.4	17.7	1.64*	5.97	0.445	29.0	0.688*	8.87
"	0.57	46.5	6.59	4.14	64.9	3.90	31.8	8.11	1.41	8.63	0.529	10.5	0.510	16.2
TL-45	0.58	11.0	14.9	9.69	147	10.1	84.2	3.89	1.33	9.87	0.580	14.3		
"	0.56	49.0	11.5	0.950	121	3.01	77.9	5.49	1.35	4.31	0.706	5.79		
R-0	0.56	10.0	11.7*	9.51	97.4*	3.12	54.5*	3.52	0.918**	7.72	0.478**	7.31	0.464**	8.07
"	0.55	50.0	9.05	4.55	104	2.98	61.1	4.01	1.56	4.09	0.697	6.66	0.924	5.84
RL-45	0.56	10.0	19.5	4.07	161	6.73	88.2	8.62	0.960	8.23	0.468	8.59		
"	0.55	50.0	15.6	4.58	162	1.54	103	4.00	1.37	3.82	0.686	8.04		
<i>Sterculia sp.</i>														
T-0	0.30	9.0	2.63**	18.7	17.7*	5.33	17.7**	5.33	0.697**	11.7	0.697**	11.7	0.061	11.0
"	0.33	92.0	1.92	3.49	19.1	7.70	8.28	11.7	1.48	11.0	0.416	17.0	0.163	17.7
TL-45	0.28	9.5	5.67	9.92	32.7	8.03	24.1	21.8	0.607	11.8	0.424	17.6		
"	0.35	91.0	3.91	5.00	26.6	20.0	12.4	11.2	0.901	29.2	0.324	10.5		
R-0	0.32	9.5	7.79**	5.90	50.7**	9.50	39.4**	14.9	0.685**	10.2	0.516*	20.0	0.180	18.2
"	0.32	89.0	4.04	4.48	33.7	13.4	23.8	4.24	0.975	20.0	0.612	7.45	0.181	35.2
RL-45	0.32	9.0	13.2	7.94	98.3	6.68	55.0	16.3	0.791	11.1	0.391	13.7		
"	0.35	90.0	6.58	2.74	52.3	4.40	32.1	11.8	0.891	7.94	0.440	17.2		

Note: \*\*; significant at 1% level between parameter in air dry and one in green.

\*; " " 5%

CV; coefficient of variance (Standard deviation/mean x 100)

Table 2. Regression Equations in relation between strength properties and specific gravity.

○ Parallel to Grain

Young's Modulus in Tension	(ton/cm <sup>2</sup> )	$E_t = 215\rho + 33.4$	$r = 0.84^{**}$
Tension Strength	(kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_t = 2460\rho - 180$	$r = 0.78^{**}$
Maximum Strain in Tension	(%)	-----	-----
Modulus of Elasticity in Bending	(ton/cm <sup>2</sup> )	$E_b = 179\rho + 3.00$	$r = 0.87^{**}$
Bending Strength	(kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_b = 1740\rho - 120$	$r = 0.90^{**}$
Proportional Limit in Bending	(kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{bp} = 983\rho - 54.2$	$r = 0.92^{**}$
Young's Modulus in Compression	(ton/cm <sup>2</sup> )	$E_c = 230\rho + 20.9$	$r = 0.88^{**}$
Compressive Strength	(kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_c = 931\rho + 14.5$	$r = 0.85^{**}$
Proportional Limit in Compression	(kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{cp} = 607\rho + 80.8$	$r = 0.77^{**}$
Maximum Strain in Compression	(%)	$\epsilon_c = 0.527\rho + 0.174$	$r = 0.62^*$

○ Tension Perpendicular to Grain (1) Tangential Direction

		Air Dry		Green	
Young's Modulus	(ton/cm <sup>2</sup> )	$E_T = 18.4\rho_0 - 3.41$	$r = 0.96^{**}$	$E_T = 21.0\rho_0 - 5.88$	$r = 0.92^{**}$
Strength	(kg/cm <sup>2</sup> )	$E_{T45} = 27.2\rho_0 - 1.45$	$r = 0.89^{**}$	$E_{T45} = 25.1\rho_0 - 3.30$	$r = 0.86^{**}$
		$\sigma_T = 165\rho_0 - 33.5$	$r = 0.90^{**}$	$\sigma_T = 130\rho_0 - 20.2$	$r = 0.92^{**}$
Proportional Limit	(kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{T45} = 199\rho_0 + 2.79$	$r = 0.82^{**}$	$\sigma_{T45} = 181\rho_0 - 13.3$	$r = 0.83^{**}$
		$\sigma_{Rp} = 60.2\rho_0 - 2.51$	$r = 0.78^{**}$	$\sigma_{Tp} = 63.6\rho_0 - 11.1$	$r = 0.85^{**}$
Maximum Strain	(%)	$\sigma_{Rp45} = 93.8\rho_0 + 8.23$	$r = 0.64^{**}$	$\sigma_{Tp45} = 124\rho_0 - 20.8$	$r = 0.85^{**}$
		-----	-----	$\epsilon_T = -1.30\rho_0 + 2.48$	$r = -0.37^{**}$
Strain at Proportional Limit	(%)	-----	-----	-----	-----

○ Tension Perpendicular to Grain (2) Radial Direction

		Air Dry		Green	
Young's Modulus	(ton/cm <sup>2</sup> )	$E_R = 29.8\rho_0 - 3.10$	$r = 0.86^{**}$	$E_R = 20.9\rho_0 - 3.08$	$r = 0.86^{**}$
Strength	(kg/cm <sup>2</sup> )	$E_{R45} = 35.4\rho_0 + 2.36$	$r = 0.80^{**}$	$E_{R45} = 34.0\rho_0 - 3.49$	$r = 0.82^{**}$
		$\sigma_R = 142\rho_0 + 20.4$	$r = 0.65^{**}$	$\sigma_R = 161\rho_0 - 13.7$	$r = 0.87^{**}$
Proportional Limit	(kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{R45} = 316\rho_0 - 1.03$	$r = 0.74^{**}$	$\sigma_{R45} = 262\rho_0 - 12.3$	$r = 0.83^{**}$
		$\sigma_{Tp} = 50.2\rho_0 + 19.6$	$r = 0.46^*$	$\sigma_{Rp} = 107\rho_0 - 14.7$	$r = 0.75^{**}$
Maximum Strain	(%)	$\sigma_{Tp45} = 133\rho_0 + 20.8$	$r = 0.55^{**}$	$\sigma_{Rp45} = 148\rho_0 - 4.25$	$r = 0.78^{**}$
		-----	-----	-----	-----
Strain at Proportional Limit	(%)	$\epsilon_{Rp} = -0.262\rho_0 + 0.534$	$r = -0.40^*$	-----	-----

○ Nail Withdrawal Stress (kg/cm)

LR Surface	$N = 69.3\rho + 11.5$	$r = 0.76^{**}$
LT Surface	$N = 63.6\rho + 8.24$	$r = 0.75^{**}$
RT Surface	$N = 48.8\rho + 7.98$	$r = 0.82^{**}$

Note;  $\rho$  : Specific gravity at testing.  
 $\rho_0$  : Specific gravity at oven dry.

Table 3. Criteria for Classification of Strength Properties.

Items	I	II	III	IV	V
1. Modulus of Elasticity in Bending	$E_b$	76-105	106-135	136-165	166-
2. Bending Strength	$\sigma_b$	601-840	841-1090	1091-1330	1331-
3. Young's Modulus in Compression Parallel to Grain	$E_c$	111-145	146-180	181-220	221-
4. Compressive Strength Parallel to Grain	$\sigma_c$	311-440	441-570	571-700	701-
5. Maximum Strain in Compression Parallel to Grain	$\epsilon_c$	0.35-0.39	0.40-0.44	0.45-0.49	0.50-
6. Young's Modulus in Tension Parallel to Grain	$E_t$	116-150	151-185	186-220	221-
7. Tensile Strength Parallel to Grain	$\sigma_t$	751-1150	1151-1540	1541-1940	1941-
8. Maximum Strain in Tension Parallel to Grain	$\epsilon_t$	0.70-0.79	0.80-0.89	0.90-0.99	1.0-
9. Withdrawal Resistance of Nail, LT plane	N	-25	-35	-45	46-
10. Young's Modulus in Tension in Tangential Direction	$E_T$	4.0-6.0	7.0-9.0	10-12	13-
11. Tensile Strength in Tangential Direction	$\sigma_T$	26-50	51-80	81-100	101-
12. Maximum Strain in Tension in Tangential Direction	$\epsilon_t$	0.70-0.99	1.0-1.29	1.3-1.59	1.6-
13. Young's Modulus in Tension in Radial Direction	$E_R$	8.0-12	13-17	18-22	23-
14. Tensile Strength in Radial Direction	$\sigma_R$	71-90	91-115	116-140	141-
15. Maximum Strain in Tension in Radial Direction	$\epsilon_R$	0.90-1.09	1.1-1.29	1.3-1.49	1.5-
16. Coefficient of Variance in Strength	CV	11-20	21-30	31-35	36-
17. Anisotropy of Young's Modulus	A	Low	Medium	High	



Table 5 (a). Ratios of Young's Moduli in Tension in Three Directions

Species	Air Dried			Green			Air Dried/Green				
	L	R	T	R/T	L	R	T	R/T	L	R	T
<i>Anacardiaceae</i>	100	7.0	4.3	1.6	100	6.1	4.4	1.4	1.13	1.29	1.09
<i>Koordersiodendron</i> sp. (1)											
<i>Burseraceae</i>	100	10.5	4.3	2.4	100	6.6	4.6	1.4	1.36	2.17	1.27
"	100	13.4	6.0	2.2	100	7.1	4.7	1.5	0.98	2.00	1.37
<i>Santiria</i> sp. (2)											
<i>Celastraceae</i>	100	6.7	4.7	1.3	100	6.3	4.3	1.5	1.25	1.33	1.38
<i>Lophopetalum</i> sp.											
<i>Combretaceae</i>	100	6.3	3.1	2.5	100	5.6	2.2	2.5	1.18	1.61	1.62
<i>Terminalia</i> sp. (1)											
"	100	11.3	6.8	1.7	100	6.2	5.3	1.2	1.07	1.95	1.38
"	100	10.2	4.2	2.4	100	6.2	3.3	1.9	1.07	1.77	1.37
"	100	10.2	4.2	2.4	100	6.2	3.3	1.9	1.07	1.77	1.37
<i>Datisaceae</i>	100	6.3	3.1	2.0	100	4.3	3.7	1.2	1.18	1.72	0.98
<i>Octomeles</i> sp.											
<i>Gonystylaceae</i>	100	9.4	3.6	2.6	100	6.8	2.4	4.7	1.17	1.61	1.73
<i>Gonystylus</i> sp.											
<i>Guttiferae</i>	100	8.7	2.7	3.2	100	4.9	1.4	3.5	0.88	1.58	1.71
<i>Calophyllum</i> sp. (1)											
<i>Lauraceae</i>	100	8.3	3.8	2.2	100	5.2	5.3	0.98	1.07	1.71	0.78
"	100	9.8	6.2	1.6	100	6.4	5.1	1.3	1.12	1.71	1.36
"	100	7.0	4.1	1.7	100	5.1	3.9	1.3	1.14	1.56	1.20
<i>Meliaceae</i>	100	8.4	3.3	2.5	100	6.3	3.0	2.1	1.10	1.47	1.21
<i>Dysoxylum</i> sp.											
<i>Sandoricum</i> sp. (1)											
<i>Momaceae</i>	100	4.4	1.7	2.6	100	4.9	3.0	1.6	1.19	1.07	0.68
"	100	7.9	2.1	3.8	100	3.6	2.4	1.5	1.14	2.48	1.02
<i>Artocarpus</i> sp.											
<i>Ficus</i> sp. (2)											
<i>Myristicaceae</i> (1)	100	8.0	2.5	3.2	100	5.2	3.4	1.5	1.36	2.11	1.00
<i>Myrtaceae</i>	100	9.6	4.8	2.0	100	5.7	4.2	1.4	1.14	1.93	1.30
<i>Eugenia</i> sp.											
<i>Podocarpaceae</i>	100	4.5	4.1	1.1	100	5.5	3.2	1.7	1.20	0.97	1.55
<i>Podocarpus</i> sp. (1)											
<i>Sapindaceae</i>	100	6.4	4.6	1.4	100	3.5	2.0	1.8	1.15	2.10	2.64
<i>Pometia</i> sp. (1)											
<i>Sapotaceae</i>	100	12.0	6.3	1.9	100	9.6	8.5	1.1	1.13	1.41	0.84
<i>Madhuca</i> sp.											
"	100	8.8	5.1	1.7	100	5.9	3.8	1.5	1.18	1.77	1.56
<i>Falaquium</i> sp. (1)											
"	100	10.3	4.5	2.3	100	8.5	5.5	1.5	1.25	1.51	1.02
"	100	6.7	3.0	2.2	100	4.1	2.4	1.7	1.30	2.10	1.61
<i>Simarubaceae</i>	100	5.4	1.8	3.0	100	2.3	2.9	0.77	1.42	3.34	0.85
<i>Ailanthus</i> sp. (1)											
"	100	6.9	4.5	1.5	100	5.7	3.0	1.9	1.20	1.44	1.78
<i>Sonneratiaceae</i>	100	6.1	5.7	1.1	100	3.9	4.3	0.92	1.17	1.82	1.56
<i>Diabanga</i> sp. (1)											
<i>Sterculiaceae</i>	100	7.0	4.3	1.6	100	6.1	4.4	1.4	1.13	1.29	1.09
"	100	6.3	2.1	3.0	100	3.4	1.7	2.1	1.07	1.92	1.37
<i>Sterculia</i> sp. (1)											
Av.	100	8.0	4.0	2.2	100	5.5	3.8	1.7	1.17	1.76	1.31

Table 5 (b). Ratios of Tensile Strengths in Three Directions

Species	Air Dried			Green			Air Dried/Green			
	L	R	T	L	R	T	L	R	T	
			R/T			R/T			R/T	
Anacardiaceae	100	7.8	5.9	1.3	100	8.3	5.2	0.99	0.94	1.13
Burseraceae	100	12.8	5.3	2.4	100	6.3	4.2	1.07	2.16	1.34
"	100	13.0	8.0	1.6	100	8.0	5.1	1.10	1.80	1.70
Celastraceae	100	11.0	5.8	1.9	100	8.3	6.0	1.14	1.52	1.11
Combretaceae	100	5.3	3.5	1.5	100	6.7	4.0	1.55	1.20	1.30
"	100	16.6	8.2	2.0	100	11.0	8.6	1.12	1.70	1.07
"	100	8.6	6.9	1.2	100	7.4	4.5	0.95	1.11	1.45
Datiaceae	100	8.8	4.9	1.8	100	7.0	5.7	1.08	1.34	0.93
Gonystylaceae	100	9.0	4.1	2.2	100	7.1	3.6	1.12	1.42	1.29
Guttiferae	100	9.1	4.3	2.1	100	5.8	2.7	0.75	1.18	1.22
Lauraceae	100	6.6	4.1	1.6	100	5.7	4.4	1.34	1.50	1.20
"	100	15.0	9.6	1.6	100	8.9	6.9	0.85	1.43	1.18
"	100	7.6	5.4	1.4	100	6.0	4.9	0.96	1.23	1.07
Meliaceae	100	12.0	6.4	1.9	100	6.5	4.2	0.68	1.30	1.05
"	100	7.6	3.3	2.3	100	6.7	6.4	1.19	1.35	0.61
Moraceae	100	6.8	3.2	2.1	100	5.1	4.3	1.05	1.41	0.78
"	100	8.4	3.7	2.3	100	7.9	5.5	1.47	1.35	1.01
Myristicaceae (1)	100	8.8	5.4	1.6	100	7.1	4.7	1.32	1.64	1.49
Myrtaceae	100	3.7	2.3	1.6	100	4.0	2.4	1.06	0.97	1.04
Podocarpaceae	100	7.2	3.4	2.1	100	6.1	3.7	1.76	2.09	1.62
Sapindaceae	100	11.3	3.6	3.2	100	8.1	6.8	1.28	0.76	0.67
Sapotaceae	100	10.8	7.1	1.5	100	6.0	6.2	1.28	1.70	1.50
"	100	12.1	6.3	1.9	100	8.7	6.5	1.12	1.55	1.09
"	100	6.0	3.8	2.3	100	6.8	4.1	1.69	1.50	1.10
Simarubaceae	100	4.6	1.8	2.5	100	-	5.4	1.63	-	-
"	100	6.3	4.8	1.3	100	5.5	4.3	1.27	1.50	1.40
Sonneratiaceae	100	7.9	7.1	1.1	100	6.0	6.2	1.28	1.70	1.50
Sterculiaceae	100	7.8	5.9	1.3	100	8.3	5.2	0.99	0.94	1.13
"	100	7.1	2.5	2.9	100	-	-	-	1.50	0.93
Av.	100	8.9	5.0	1.9	100	7.0	5.1	1.20	1.42	1.17

Table 5 (c). Ratios of Maximum Tensile Strains in Three Directions

Species	Air Dried			Green			Air Dried/Green				
	L	R	T	L	R	T	L	R	T		
	R/T			R/T			R/T				
<i>Anacardiaceae</i>	100	123	219	0.56	100	169	153	1.11	0.81	0.59	1.16
<i>Burseraceae</i>	100	210	167	1.26	100	138	245	0.56	0.82	1.23	0.55
"	100	106	205	0.75	100	126	149	0.84	1.10	0.89	1.40
<i>Celastraceae</i>	100	246	153	1.61	100	190	132	1.44	0.91	1.18	0.59
<i>Combretaceae</i>	100	74	125	0.29	100	135	316	0.43	1.20	0.68	0.49
"	100	160	140	0.81	100	240	193	1.25	0.98	0.65	0.72
"	100	90	210	0.43	100	142	242	0.59	0.86	0.55	0.75
"	100	169	311	0.54	100	246	246	0.90	0.94	0.85	0.54
<i>Datiaceae</i>	100	104	116	0.90	100	115	229	0.50	0.90	0.81	0.45
<i>Gonystylaceae</i>	100	139	204	0.68	100	140	290	0.48	0.85	1.01	0.59
<i>Guttiferae</i>	100	84	136	0.63	100	134	166	0.81	1.30	0.78	1.00
<i>Lauraceae</i>	100	166	167	0.99	100	158	252	0.62	0.64	0.67	0.42
"	100	210	167	1.26	100	138	245	0.56	0.82	1.23	0.55
<i>Meliaceae</i>	100	170	330	0.33	100	150	305	0.49	0.60	0.68	0.64
<i>Moraceae</i>	100	212	267	0.79	100	177	437	0.41	1.21	1.46	0.74
"	100	97	224	0.43	100	150	230	0.66	0.90	0.58	0.88
<i>Ficus</i> sp. (2)	100	127	280	0.45	100	238	225	1.06	1.04	0.56	1.29
<i>Myristicaceae</i> (1)	100	132	135	0.98	100	181	249	0.73	1.15	0.83	0.62
<i>Myrtaceae</i>	100	83	58	1.43	100	92	102	0.90	0.94	0.85	0.54
<i>Eugenia</i> sp.	100	188	98	1.92	100	222	320	0.70	1.37	0.86	0.42
<i>Podocarpaceae</i>	100	57	60	0.94	100	86	104	0.83	1.03	0.68	0.60
<i>Sapindaceae</i>	100	140	146	0.47	100	140	280	0.49	0.92	0.96	0.48
<i>Sapotaceae</i>	100	180	203	0.88	100	134	261	0.51	0.91	1.22	0.70
"	100	93	87	0.52	100	190	210	0.89	1.20	1.30	0.49
"	100	90	132	0.69	100	173	324	0.53	1.35	0.70	0.55
<i>Simarubaceae</i>	100	70	83	0.46	100	92	205	0.45	1.4	1.00	0.42
<i>Ailanthus</i> sp. (1)	100	160	176	0.94	100	155	177	0.87	1.10	1.10	1.00
<i>Sonneratiaceae</i>	100	123	219	0.56	100	169	153	1.11	0.81	0.59	1.16
<i>Heritiera</i> sp. (1)	100	106	108	0.46	100	158	227	0.76	1.20	0.70	0.47
"	100	133	175	0.77	100	158	227	0.76	1.02	0.86	0.77
<i>Sterculia</i> sp. (1)											
AV.	100	133	175	0.77	100	158	227	0.76	1.02	0.86	0.77

Table 6. Ratio of bending strength at inner position in trunk to it outer position.

No.	Species	$\rho_{20}/\rho_{80}$	$\sigma_{b20}/\sigma_{b80}$
1.	<i>Anacardiaceae</i> <i>Dracontomelon</i> sp.	0.79	0.74
2.	" <i>Koordersiodendron</i> sp. (1)	0.63	0.47
3.	" <i>Spondias</i> sp.	0.81	0.61
4.	<i>Burseraceae</i> <i>Canarium</i> sp. (1)	1.01	1.03
5.	" <i>Canarium</i> sp. (2)	0.74	0.54
6.	" <i>Santiria</i> sp. (1)	0.82	0.82
7.	" <i>Santiria</i> sp. (2)	0.95	0.92
8.	<i>Celastraceae</i> <i>Lophopetalum</i> sp.	0.83	0.74
9.	<i>Combretaceae</i> <i>Terminalia</i> sp. (1)	0.84	0.76
10.	" " (2)	0.80	0.72
11.	" " (3)	0.99	1.11
12.	" " (4)	0.55	0.48
13.	<i>Datisceaeae</i> <i>Octomeles</i> sp.	0.84	0.93
14.	<i>Euphorbiaceae</i> <i>Sapium</i> sp. (1)	0.85	0.99
15.	<i>Gonystylaceae</i> <i>Gonystylus</i> sp.	0.93	—
16.	<i>Guttiferae</i> <i>Calophyllum</i> sp. (1)	0.84	0.78
17.	<i>Lauraceae</i> <i>Litsea</i> sp. (1)	0.86	0.99
18.	" " (2)	0.88	0.94
19.	" " (3)	0.63	0.50
20.	<i>Meliaceae</i> <i>Aglaia</i> sp. (1)	0.73	0.73
21.	" <i>Dysoxylum</i> sp.	0.88	0.29
22.	" <i>Sandoricum</i> sp. (1)	1.15	1.05
23.	<i>Moraceae</i> <i>Artocarpus</i> sp.	0.93	0.71
24.	" <i>Ficus</i> sp. (1)	0.97	1.19
25.	" " (2)	0.85	0.91
26.	<i>Myristicaceae</i> (1) —	0.87	0.86
27.	<i>Myrtaceae</i> <i>Eugenia</i> sp.	1.04	0.83
28.	<i>Podocarpaceae</i> <i>Podocarpus</i> sp. (1)	1.02	1.04
29.	<i>Sapindaceae</i> <i>Pometia</i> sp. (1)	0.83	0.51
30.	<i>Sapotaceae</i> <i>Madhuca</i> sp.	0.97	0.70
31.	" <i>Palaquium</i> sp. (1)	0.86	0.95
32.	" " (2)	0.67	0.58
33.	<i>Simarubaceae</i> <i>Ailanthus</i> sp. (1)	0.95	1.08
34.	" " (2)	0.67	0.47
35.	<i>Sonneratiaceae</i> <i>Duabanga</i> sp. (1)	0.91	1.21
36.	" " (2)	0.86	1.17
37.	" " (3)	0.69	1.45
38.	<i>Sterculiaceae</i> <i>Heritiera</i> sp. (1)	0.72	0.68
39.	" " (2)	0.90	0.72
40.	" <i>Sterculia</i> sp. (1)	0.54	0.38
41.	" " (2)	0.78	0.72

Note;  $\rho_{20}$ : Specific gravity at 20% radial position from pith.  
 $\rho_{80}$ : Specific gravity at 80% radial position from pith.  
 $\sigma_{b20}$ : Bending strength at 20% radial position from pith.  
 $\sigma_{b80}$ : Bending strength at 80% radial position from pith.