

ココナツの幹の解剖学的性質と二、三の材質指標との関係

とくにパルプ用材としての適性に関連して

須 藤 彰 司⁽¹⁾Syoji Sudo: Variations in Some Important Anatomical Properties
and Density in the Stem of Coconut Palm (*Cocos nucifera*)

要 旨: フィジー産の幼齡, 成熟, 老齡の3個体のココナツを用い幹の解剖学的性質, とくに, 繊維細胞および基本組織の細胞などの形態の変動を検討した。

幹の内部ならびに年齢の異なる個体間にみられる比重の変動と解剖学的性質との間には密接な関係があることがわかった。しかし, 繊維におけるスクロシスは, 水平方向には, 幹の外側から中心へ, また, 軸方向には地際から先端へむかって進行するのであるが, これらの繊維を含む維管束の面積比率が, 水平方向には幹の外側から中心へむかって減少するのに対し, 軸方向にはスクロシスの進行とは逆に, 地際から先端へむかって増加するため, 比重を繊維の品質を示すための直接的な指標とすることが難しいことがわかった。

パルプの品質と関連が深いと考えられる繊維細胞の形態を示す指標として, 細胞壁の2倍を細胞腔の直径で割った値(ルンケル比)と細胞壁の2倍を細胞の直径で割った値(ミュールステップの比)を選び, それらの幹の中での放射ならびに軸方向の変動, ならびに年齢の異なる3個体間の変動などに基づいて木材解剖学的立場から, 良質のパルプ原料として用いることのできる幹内での部位を示した。

1. はじめに

ココナツの幹は, 材料として非常に特異なものであるため, わが国で研究対象として話題にされることは筆者の知る限りではなかった。はじめにこの研究課題をとり上げた背景を述べてみたい。

ココナツ (*Cocos nucifera* L.) は, その果実採取の目的で, 広くアジア, 太平洋地域の熱帯の海岸地帯に植栽されてきており, 生産諸国での重要な産物となっている。元来ココナツは果実採取を目的とし, それによって十分採算がとれてきていることから, 幹を利用することは民芸品, 細工物, さらに丸太のままでの利用などはあっても大規模な木材工業の材料とされることはなかった。したがって加工技術について系統的な研究が行われることも少なかった。最近になって, 植栽されてから長期間経過したものの面積が目立って多くなってきたため, 老齡のココナツの処分が問題になるようになってきた。ココナツはほぼ70~80年に達すると, 果実の生産が衰えるので, その生産を増大させるためには, 老齡のものを新しく開発された果実の生産性の高い品種の苗に植えかえていく必要がある。ココナツが経済性の高いことから, 熱帯地域では植栽に積極的であるのは当然で, 植栽面積は増大し続けており, 今後もこの傾向が衰えることはないだろう。したがって伐採を必要とする老齡のココナツ林の面積は遠い将来にわたって増大し続ける筈である。

この老齡のココナツ更新の必要性が高い典型的な例としてフィジーを挙げてみると, この点が明らかになる。フィジーにおけるココナツの植栽面積, 本数, 齡階分布をみると以下の通りである⁽²⁾。

年齢	面積 (エーカー)	本数	%
10年未満	52,000	2,600,000	23.7
10 ~ 22	5,000	250,000	2.3
22 ~ 30	13,480	674,000	6.1
30 ~ 42	21,220	1,061,000	9.7
42 ~ 57	34,860	1,743,000	15.9
57 ~ 72	41,540	2,077,000	18.9
73 以上	51,540	2,577,000	23.5
計	219,640	10,982,000	

これらの内ではほぼ75年生以上のものを老齡と考え、その面積はほぼ50,000エーカーとなり、さらにエーカー当り50本植栽され、1本当りの材積を40cftとすると50,000エーカーの面積には、1億cftの蓄積があることになる。これは1975年にフィジーで伐採された木材の材積の20倍に当るとされている²⁾。このような傾向は、太平洋諸島はもちろん東南アジアの諸国においても多かれ少なかれ同じと考えよう。

このような状況であるから老齡になったココナツの更新を円滑に行うためには、幹をどのように処分するかが現在から将来へむけての重要な問題となってくる。しかし、大面積にわたる老齡のココナツを単に廃棄あるいは焼却の方法では処分しきれないことは環境汚染の点からも明らかである。さらに、ココナツの幹を伐採して放置すると虫害³⁾ (Rhinceros beetle による) が発生することも知られている。

上述したようなことを背景として、ココナツの幹の利用について、産地諸国での関心が高まり、種々の研究が取上げられるようになってきた。1976年にトンガで「ココナツの利用」に関する国際的なセミナーが開かれたのもこのような情勢を反映しているものといえる¹⁾。

さらに1976年、フィジー政府の要請により、国際協力事業団から派遣された林業開発調査団の調査項目の一つにココナツの幹のパルプ化が含まれていたのも、この間の事情を反映しているものである。筆者は、この調査団の一員としてフィジーを訪問した際、同国の木材利用担当者より、木材解剖学的性質から、ココナツの幹がパルプの良質な材料となるかどうか検討することを要請された。

よく知られているように、ココナツの幹の材には淡色で軽軟なものと濃色で重硬なものがある²⁾³⁾⁵⁾⁶⁾¹⁴⁾。したがって、比重の変動の幅は広く、変動係数が40%を越えることが報告されている⁶⁾。さらにこの比重の変動には一定の傾向があり、幹の中心部から外側へむかって増加し、幹の基部から先端へむかって減少することが知られている⁵⁾¹⁴⁾。UPRICHARD⁹⁾ はパルプ製造試験に用いた試料の比重が0.227~0.724であったことを示している。

また、解剖学的性質についてはKLOOT⁶⁾、TOMLINSON⁷⁾⁸⁾ およびMENIADO⁴⁾ らなどが検討を行っており、またRICHOLSON⁵⁾ によればCOUSINS¹⁾ らも電子顕微鏡的な観察の報告も行っている。さらにTAMOLANG^ら³⁾¹³⁾ はココナツの繊維の形態について報告している。

材料を大量に必要とする点で、最も期待のできる用途の一つとしてパルプ用原料が考えられ、大きな期待が寄せられているものの一つであろう。TAMOLANG^ら³⁾ はクラフト法により、42.8%の収量が得られ、その点では、ホワイトラワン (*Pentacme contorta*) に近いとしている。さらにその破裂および引張り強さは十分であるが、引裂強さは低いとしている。UPRICHARD⁹⁾ によるとトンガ産のココナツからのパルプ

の強さは広葉樹材からのパルプとほぼ似ており、またフィジー産のココナツの幹の中心部からのパルプもほぼ同じような性質を示した。しかし、その他のフィジーからの試料は、破裂および引張り強さが低かった。さらにこれらの違いは地域的なものでなく、パルプに用いた材料の繊維の性質の違いの反映であるとし、フィジー産のココナツからのパルプの強度的性質の低いものは、比重の高いココナツの幹からのものであることを報告している。また、彼は比重は繊維の品質を示すためのよい指標にならないから、繊維についての解剖学的性質の究明を正確な試料に基づいて行うべきであるとしている。

以上のような既往の報告からも明らかのようにココナツの幹の性質、とくにその中でも、比重および繊維の性質に大きな変動が認められる。これらの変動の現われ方は、一般的に広葉樹材に認められるようなものとは、肥大生長の仕方が大きく異なっている点からも推測できる。一般に木材の比重は単位面積あるいは単位体積あたりに占める細胞壁の量に支配され、同じことがココナツの場合にも考えられる筈である。したがって、幹の中で一次肥大生長に伴っておきる解剖学的性質の変動と共に、一次肥大生長の終了後、二次的に細胞に何らかの変化がおきることによる変動が考えられなければならない。ここでは、第一にココナツの幹の解剖学的性質の変動がどのような形でおきるか、把握することによって、幹内および幹間に認められる比重の変動を説明しようとした。

第二にココナツの幹をパルプ用材として木材解剖学的な立場から見てどのように評価できるか検討を行った。繊維の形態はパルプの品質に影響をおよぼすことが知られており、その内でも繊維細胞、壁厚、直径、細胞腔の直径などは、パルプの破裂、引張り、耐折強さなどに関係が深いとされている¹²⁾。このため、パルプの品質を繊維の形態に基づいた指標を使って示そうとする試みがされてきている¹⁰⁾¹¹⁾。ここでは、一般的に受け入れられている指標を用いて、ココナツ、とくに現在その利用に関心が寄せられている老齢のココナツの幹がどのように評価されるか検討を行う。このことによって、老齢のココナツの幹の利用のための指針を提出したいと考えた。

この報告の概要は IUFRO の「熱帯材の性質と利用」の研究会において発表された¹⁶⁾。

2. 試 験 方 法

2・1 供 試 材

供試材は、フィジー政府森林局より寄贈されたものである。幼齢、成熟、老齢の3個体のココナツ (*Cocos nucifera*) の幹から Fig. 1 に示すように地上高 3 ft の位置およびそれからほぼ 10 ft ごとに厚さ約 1 in の円盤が採取されて送付された。それぞれの樹高は Fig. 1 にも示すように 24 ft, 51 ft, 89 ft であり、それぞれに A, B, C の記号をつけ、地際に近い部分から 1, 2, …… と番号づけを行った。現地から送られた資料によっても、上述したように幼齢、成熟、老齢の記載はあったが、それぞれ正確な年齢は明らかではない。ただし、老齢のものについては、伐採の必要となっている 70 年以上に達しているものと考えてよいだろう。

なお B-5 すなわち、成熟した個体の先端の円盤は輸送中におきた腐朽により破損が著しいため試料としなかった。

2・2 試 験 方 法

2・2・1 比重の測定

厚さ 5 mm の試片を円盤の中心を通るようにして採取し、気乾後軟 X 線写真撮影し、デンストメータ

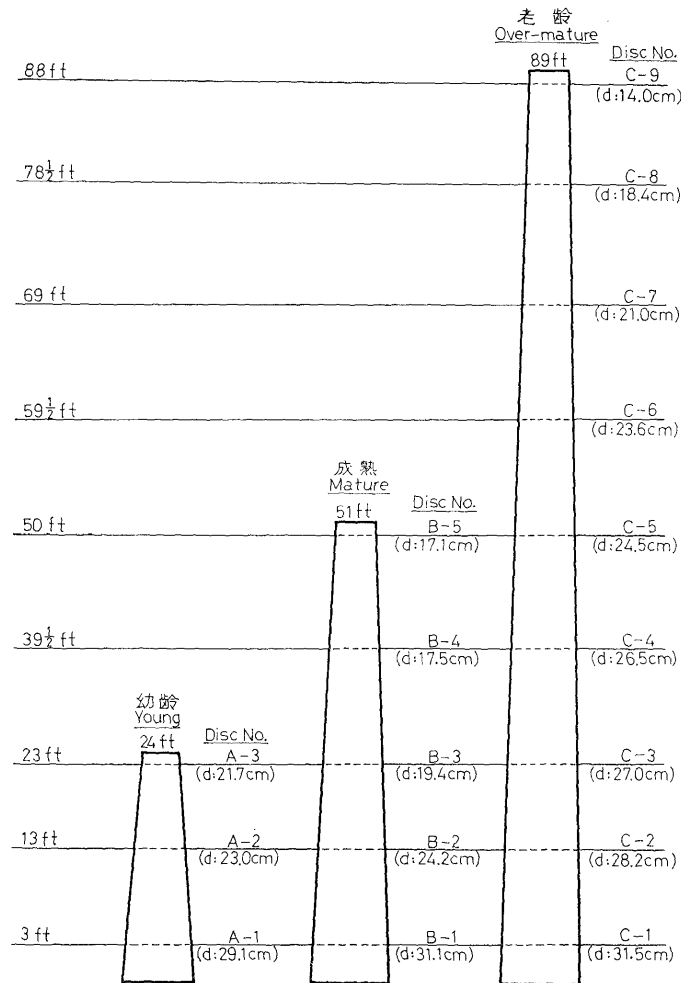


Fig. 1 試料として用いた幼齡，成熟，老齡のココナツの幹と各試料円盤の採取位置

Height of three sample stems and position of sample discs within stem.

注 d : 直径 Note d : Diameter.

一を用いて比重を測定した。円盤ごとに比重が最低値を示す点を円盤の中心と決めて、2つの半径に分け、それぞれの半径を10区分し、2つの半径の対応する部分の比重の値を平均して、各区分点の値とした。それらの値は Table 1~3 に示してある。0% は中心部で 100% は樹皮に最も近い部分を意味している。なお 100% の点では樹皮への移行部と樹皮との分離が事実上難しいので、以後の取扱いの際には比重の最高値を 100% の部分の比重とした。

2・2・2 各要素の寸度測定

比重の測定を行った試料の 0%、50%、100% の各部分から切片をとり、グリセリン-アルコール等量液で封じたプレパラートを作り、光学顕微鏡下で各維管束の繊維の直径、細胞腔の直径および基本組織の

細胞の壁厚などを測定した。繊維細胞の壁厚は直径と細胞腔の直径との差で求めた。なお、後述する各図の中で C, M, O の記号はそれぞれ前述の 0%, 50%, 100% の位置を示している。100% 部分については、樹皮との明瞭な境界が得難いので (一般に要素が分離しやすくなっていることが多い)、最外部よりやや内側に入った堅固な部分で測定を行った。

2・2・3 電子顕微鏡による観察

各円盤の C, M, O の各部分から、フリーハンドでブロックを削り出して、観察を行った。本報告の主題となる老齢のココナツの幹の先端部と最下部の試料の C (中心部) および O (最外部) については、メタクリレート包埋後、超マイクロームによって表面を削った面の写真撮影を行った。

2・2・4 維管束の面積比率の測定

2・2・2 で用いた試料の木口断面の写真を投影器で拡大し、直径を 1 cm ずつに区切った部分での維管束の占める割合を測定し、面積比率とした。分布数の測定も同じ部分について行った。この測定は A-1 および B-1 についてのみ行った。

3. 測定結果

3・1 比重およびその変動

幼齢、成熟、老齢の 3 個体について測定した気乾比重の値を Table 1~3 に示した。また、気乾比重と幹の先端からつけた円盤番号との関係を Fig. 2 に示した。

Table 1~3 でも明らかなように、3 個体を通じてみると、最低値は 0.115, 最高値は 0.918 で、非常に変動の幅が広いことがわかる。ココナツの比重については、その変動の幅の広いことが話題とされることが多いが、その実態が明らかにされたといえる。

3・1・1 中心から外側へむかう変動

気乾比重は各個体および各高さごとに値に違いはあるが、いずれの場合も幹の中心から外側へむかって増加する。表をみると、半径の 100% の部分で最高値を示さないことがある。これは供試材の項で述べたように樹皮との境界部分にやや軽軟な部分があり、乾燥に伴ってその部分を中心として粗雑となったり、小さい亀裂が生じるため、その影響が大

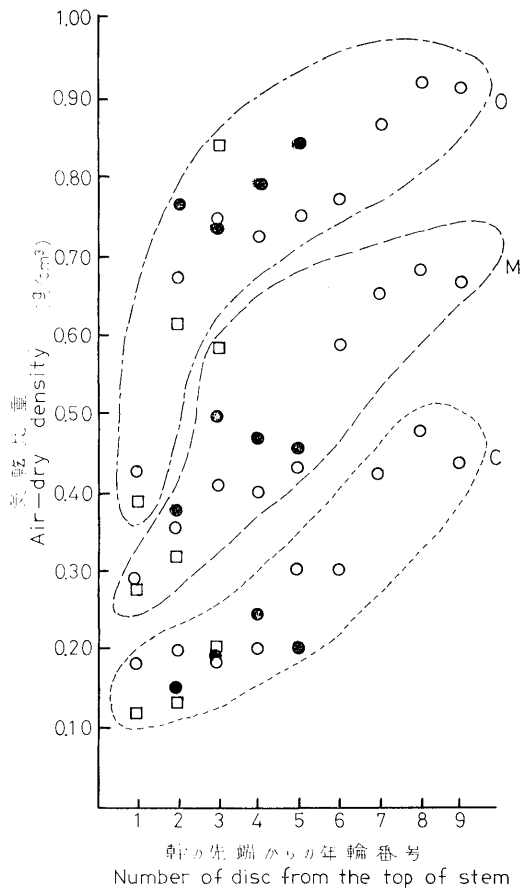


Fig. 2 気乾比重と円盤番号 (幹の先端からの) との関係

Relation between number of disc from the top of stem and air-dry density.

注) C, M, O : 円盤の中心部, 中間部, 外側部
 □, ●, ○ : 幼齢, 成熟, 老齢の各ココナツ
 Note) C, M, and O : Core, middle and outer parts of disc.
 □, ●, ○ : Young, mature, and over-mature stems.

Table 1. 幼齡の幹 (A) における気乾比重の変動
Variation in air-dry density (g/cm³) within young stem (A)

幹の中の高さ (ft) (円盤番号) Stem height (ft) (Disc No.)	中心 Center	半径の 10% At 10% radius	半径の 20% At 20% radius	半径の 30% At 30% radius	半径の 40% At 40% radius	半径の 50% At 50% radius	半径の 60% At 60% radius	半径の 70% At 70% radius	半径の 80% At 80% radius	半径の 90% At 90% radius	最外側 100% At 100% radius
3 (A-1)	0.200	0.280	0.348	0.408	0.498	0.580	0.683	0.763	0.818	0.838	0.810
13 (A-2)	0.136	0.172	0.185	0.233	0.278	0.315	0.363	0.408	0.490	0.593	0.608
23 (A-3)	0.115	0.147	0.180	0.223	0.255	0.273	0.288	0.308	0.328	0.363	0.385

Table 2. 成熟した幹 (B) における気乾比重の変動
Variation in air-dry density (g/cm³) within mature stem (B)

幹の中の高さ (ft) (円盤番号) Stem height (ft) (Disc No.)	中心 Center	半径の 10% At 10% radius	半径の 20% At 20% radius	半径の 30% At 30% radius	半径の 40% At 40% radius	半径の 50% At 50% radius	半径の 60% At 60% radius	半径の 70% At 70% radius	半径の 80% At 80% radius	半径の 90% At 90% radius	最外側 100% At 100% radius
3 (B-1)	0.200	0.220	0.258	0.303	0.368	0.450	0.535	0.638	0.805	0.840	0.745
13 (B-2)	0.241	0.254	0.277	0.323	0.370	0.464	0.577	0.656	0.714	0.773	0.790
23 (B-3)	0.191	0.210	0.242	0.311	0.392	0.494	0.558	0.619	0.686	0.731	0.733
39.5(B-4)	0.150	0.163	0.188	0.233	0.288	0.370	0.475	0.583	0.698	0.783	0.760

Table 3. 老齡の幹 (C) における気乾比重の変動
Variation in air-dry density (g/cm³) within over-mature stem (C)

幹の中の高さ (ft) (円盤番号) Stem height (ft) (Disc No.)	中心 Center	半径の 10% At 10% radius	半径の 20% At 20% radius	半径の 30% At 30% radius	半径の 40% At 40% radius	半径の 50% At 50% radius	半径の 60% At 60% radius	半径の 70% At 70% radius	半径の 80% At 80% radius	半径の 90% At 90% radius	最外側 100% At 100% radius
3 (C-1)	0.435	0.450	0.472	0.489	0.558	0.672	0.797	0.874	0.913	0.910	0.824
13 (C-2)	0.475	0.525	0.568	0.590	0.628	0.678	0.773	0.848	0.903	0.918	0.898
23 (C-3)	0.425	0.433	0.448	0.500	0.578	0.650	0.723	0.783	0.835	0.865	0.810
39.5(C-4)	0.300	0.328	0.373	0.438	0.498	0.585	0.640	0.700	0.760	0.768	0.690
50 (C-5)	0.300	0.314	0.344	0.353	0.388	0.433	0.497	0.587	0.683	0.750	0.661
59.5(C-6)	0.200	0.227	0.270	0.313	0.350	0.398	0.435	0.528	0.668	0.720	0.660
69 (C-7)	0.180	0.200	0.225	0.273	0.320	0.405	0.562	0.665	0.725	0.742	0.705
78.5(C-8)	0.199	0.238	0.252	0.281	0.305	0.347	0.437	0.550	0.645	0.665	0.572
88 (C-9)	0.181	0.203	0.233	0.258	0.273	0.283	0.298	0.333	0.368	0.390	0.423

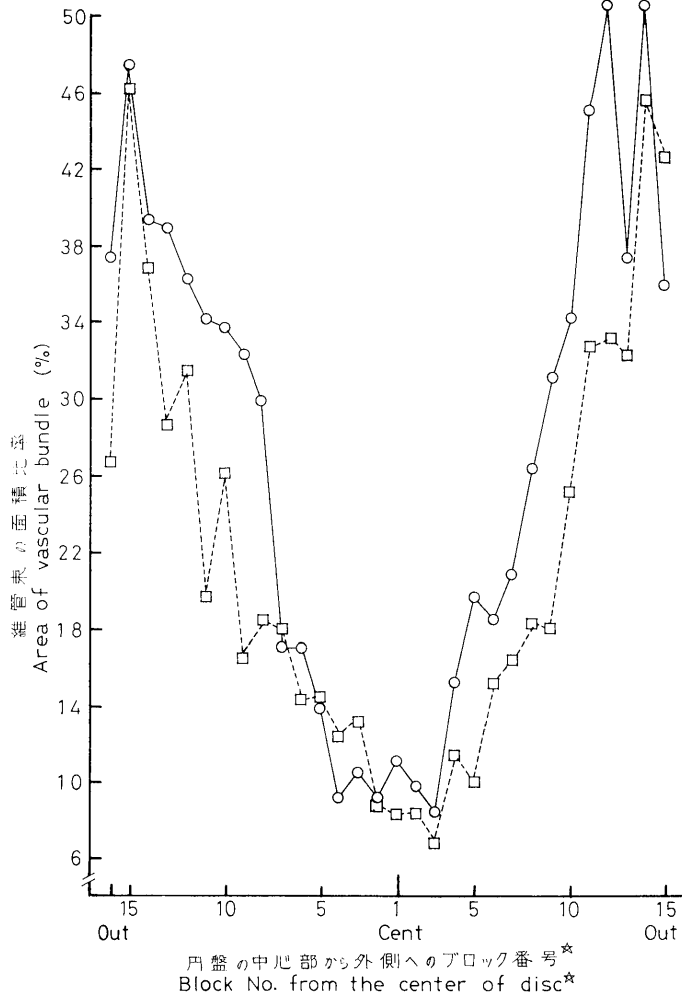


Fig. 3 幼齡の幹の A-1 と成熟した幹の B-1 の円盤内での維管束の面積比率 (%) の変動の比較 (Table 1 および 2 における両者の比重の変動参照)

Variation in the area of vascular bundle (%) with block number from the center toward the outermost part of A-1 and B-1 discs.

ブロック番号: デンシトメーターによる比重測定用試片の横断面を 1cm およびその端数 (最外側部) ごとに放射方向にむかって区切り, ブロックとした。中央部に No. 1 をつけた。

The cross section of specimens for the densitometric measurement was tangentially divided into 30 blocks at the interval of 1cm and a fraction (the outermost part).

- 注) ○—○ 幼齡のココナツ (A)
 □---□ 成熟したココナツ (B)
 Note ○—○ : A (young stem)
 □---□ : B (mature stem)

きく出ると考えてよい。

3・1・2 高さによる変動

気乾比重は各個体ごとに、中心から外側へむかう変動とともに、高さによる変動が認められる。例外が認められるが (B-1 と B-2 の間、部分的には B-3 と B-4、C-7 と C-8 および C-6 と C-7 などの間に)、一般に比重は 3 ft の高さで最も高い値を示し先端にむかって減少し、最低値はいずれの場合も最も高い位置からの円盤に認められるといえよう。なお、成熟したココナツの最先端の円盤 (B-5) は腐朽のために、維管束部分が、分離し始めていたが、部分的に認められた健全部によると、一段下で取られた円盤 (B-4) より低い値を示すことが推定できる。

3・1・3 各個体間の変動

Table 1, 2 および 3 を比較してみると、老齡のココナツの幹の下部に最も高い値が認められる。成熟および幼齡のココナツの最下部を比較すると後者の方が高い比重を示している。これについては後の項で考察を行う。

年齡の異なる 3 本の供試木の比重の違いをみると、上述の例外を除けば一般的には、同じ地上高であれば、年齡の高いものが高い値を示すといえる。この点を逆に考えれば年齡の近い部分についての比較をすればより年齡の影響を除去できることにもなるので、3 本の試料を比較するに当たってはむしろ、A-3, B-5 (ここでは測定できなかった) ならびに C-9 というように幹の先端からの同じ順番の位置の試料について、比較した方がよいといえる。いずれにしても、この Table 1~3 からは中心からの相対的な位置が同じであれば年齡が高い方が、比重が高くなることがわかる。

3・2 解剖学的性質とその変動

ココナツの幹の組織は、一般に木材の原料となる広葉樹などとは異なり二次肥大を行うための形成層をもたず、基本組織の中に並立維管束が散在し、各々の維管束の向きは不規則である。この維管束は繊維で構成されている維管束鞘に包まれている。この報告の中で維管束の繊維細胞と呼んでいるのは、維管束鞘の細胞であり、後に述べるように長期にわたるスクレロシスにより、その細胞壁は厚くなっていく。繊維の寸度としては、長さ 1.94 mm, 2.99 mm, 直径 36 μ m, 37 μ m, 細胞腔直径 24 μ m, 5 μ m, 壁厚 6 μ m, 16 μ m などが知られている⁹⁾。パルプの繊維長として 2.01 \pm 0.13 mm, 1.69 \pm 0.11 mm などが報告されている⁹⁾。道管要素の長さは 1,160~1,630 μ m, 直径は 17~25 μ m, 篩管の直径は 50~60 μ m とされている⁷⁾。スクレロシスで壁の厚くなった繊維の横断面には Photo. 9 に示すような層構造が認められ、それが 4~5、さらに 7 層に及ぶ。以上の維管束の他に Photo. 1, 2 などにも示したように繊維のみの小さな束が認められることが少なくない。

基本組織は柔細胞からなっており、横断面は Photo. 1~8 に示すようにはほぼ円形ないし長楕円形を示す。東晶を含む細胞が認められる。またシリカを含む細胞の存在が報告されている⁷⁾。

3・2・1 繊維細胞

繊維細胞の大部分は維管束鞘を形づくっているが、時には、小さな繊維のみの束 (Photo. 1, 2) を形づくこともある。

(1) 繊維細胞の直径の変動

Fig. 4 に示すように幹の中心から外側へむかっただの変動には、幹内の高さによっては、一定の傾向があるようにも見えるが、全体としてみればむしろ明確な傾向があるとはいえない。

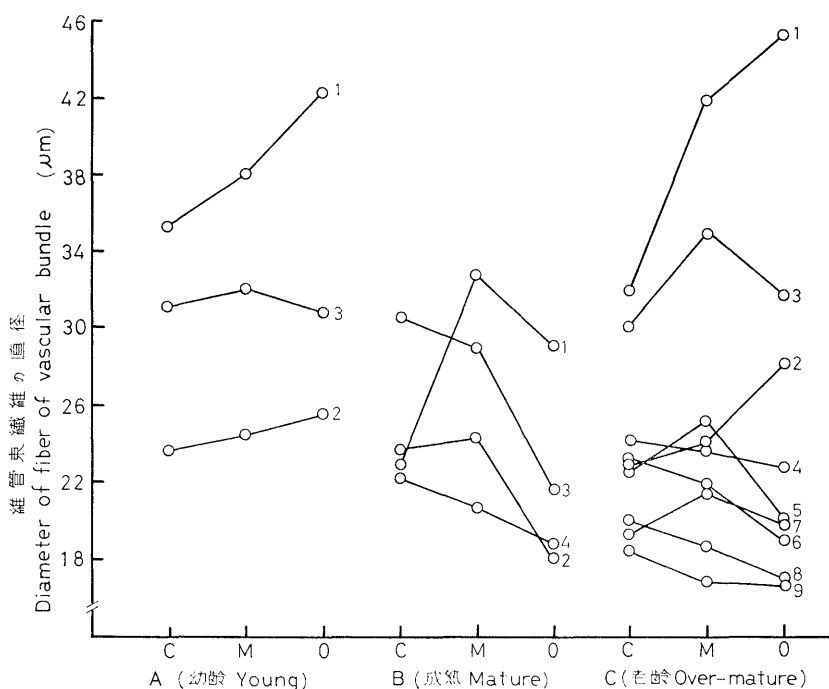


Fig. 4 維管束繊維の直径の放射方向への変動

Variation in the diameter of vascular bundle fiber with position within disc in three stems.

注) 各線にある番号は地際からの円盤番号

C, M, O : 円盤の中心部, 中間部, 外側部

Note) C, M, and O : Core, middle, and outer parts of disc.

No. of each line : Disc number from the base of stem.

一方、幹軸方向への変動をみると、高さによって全体の傾向から外れるものがあるが、ほぼ幹の下部が大きく先端へむかって減少するといえるのではないだろうか。もう一つの3個体に共通に見られる傾向は、各個体とも最下部では最大値を示すが、次いで基部から3番目、2番目の順になっていることである。3個体についての傾向であるのでこれがすべてのココナツについていえるかどうか疑わしいが、もしすべてについていえることであれば幹の機械的な支持力と関連づけて検討する上で興味のあることである。

(2) 繊維細胞の壁厚の変動

Fig. 5 に示すように幹の中心から外側へむかう変動には、直径の場合同様、とくに明確な傾向は認められない。

また、幹軸方向への変動をみると、直径の変動と同じように、全体の傾向から外れるものがあるが、幹の下部から先端へむかって減少する傾向が認められる。この場合は、直径に比較して、その傾向がやや明らかであるといえる。

(3) 繊維の直径と壁厚の比

繊維の壁厚を直径で除した値を、比重の変動を解析するための拠点とするために求めて Table 4 に示

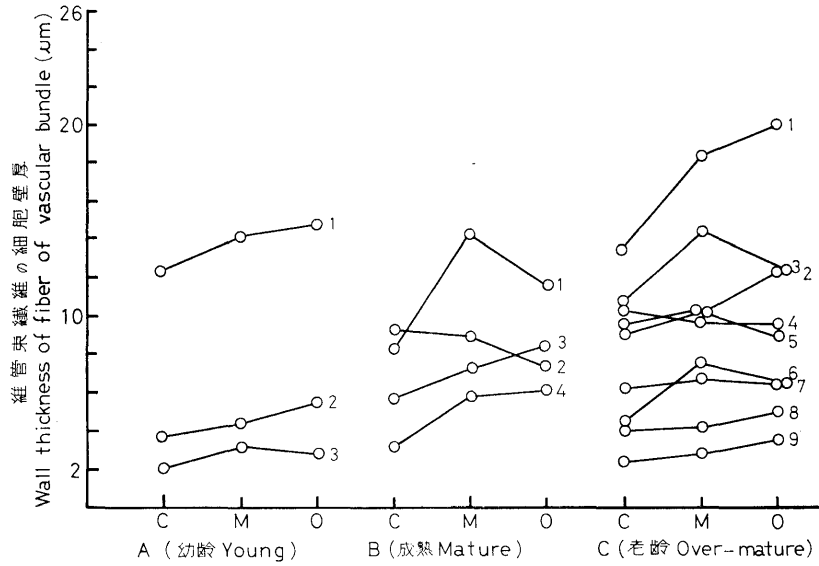


Fig. 5 維管束繊維の壁厚の放射方向への変動

Variation in wall thickness of vascular bundle fiber with position within disc in three stems.

注) 各線にある番号は地際からの円盤番号

C, M, O : 円盤の中心部, 中間部, 外側部

Note) C, M, and O : Core, middle and outer parts of disc.

No. of each line : Disc number from the base of stem.

Table 4. 幼齡 (A), 成熟 (B), 老齡 (C) の幹の中における繊維細胞の壁厚と直径との比 (Th/D)

Th/D (thickness of wall divided by diameter of cell) in three stems, A (young), B (mature), and C (over-mature)*

幼 齡 (A)			成 熟 (B)			老 齡 (C)					
円盤 番号 Disc No.	C	M	O	円盤 番号 Disc No.	C	M	O	円盤 番号 Disc No.	C	M	O
3	0.07	0.10	0.09	5	...	...	...	9	0.13	0.17	0.21
2	0.16	0.18	0.21	4	0.16	0.28	0.33	8	0.21	0.22	0.30
1	0.35	0.37	0.35	3	0.19	0.26	0.40	7	0.24	0.35	0.33
				2	0.39	0.37	0.41	6	0.27	0.31	0.34
				1	0.36	0.44	0.40	5	0.42	0.40	0.44
								4	0.42	0.41	0.42
								3	0.36	0.41	0.39
								2	0.42	0.42	0.44
								1	0.43	0.44	0.45

C : 中心部, M : 中間部, O : 外側部

* : Disc No. from the base of stem. See Fig. 1. C, M, and O : Core, middle, and outer parts of disc.

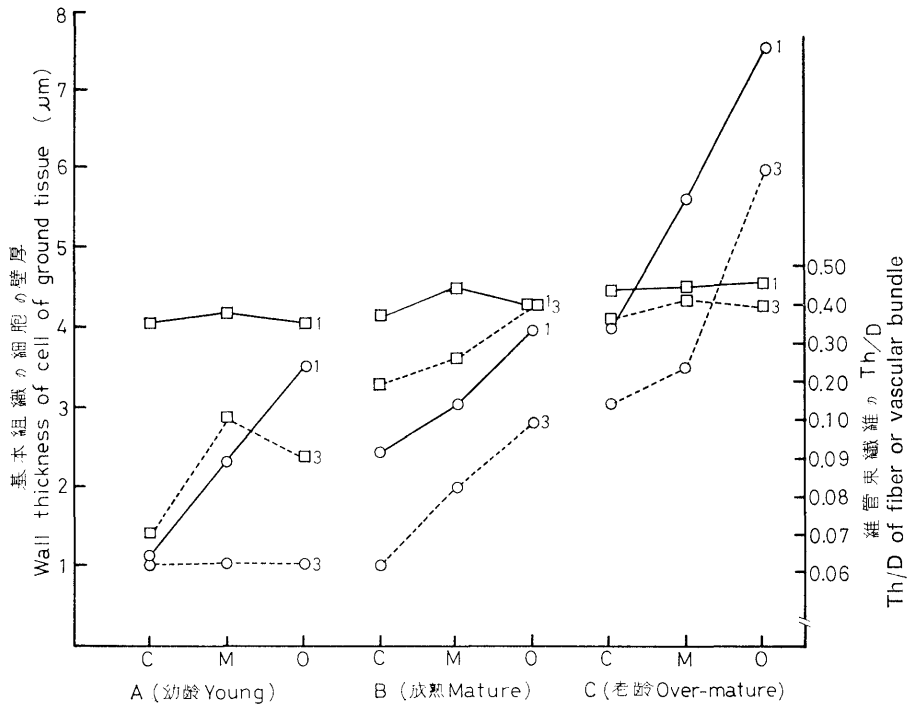


Fig. 6 維管束繊維の Th/D (Th: 壁厚, D: 直径) と基本組織の細胞壁厚の放射方向への変動

Variation in Th/D of vascular bundle fiber and cell wall thickness of ground tissue with position within disc in three stems.

注) □: Th/D, ○: 細胞壁厚, 各線にある番号は地際からの円盤番号
C, M, O: 円盤の中心部, 中間部, 外側部

Note) C, M, and O: Core, middle, and outer parts of disc.

□: Th/D. ○: Cell wall thickness

No. of each line: Disc number from the base of stem.

した。この値は200倍することにより、パルプの性質を判断するために用いられる MULLSTEPH の比 (線分による) が得られる。この比の変動の経過の一部を Fig. 6 に示してある。これらによると、C では1~5の高さで0.40を越えるようになり、ほぼ安定した値を示している。Bでは1および2の高さで0.40を越えるかそれにかかなり近い値を示している。Aでは1の高さで0.40に近い値を示すようになっている。Table 4には形成された時期が近いと考えられる部分が比較できるように同じ横の行に配列されている。これを見るとこの比はほぼ形成されてからの期間によって決まるといえる。また、この比の変動には個体間あるいは個体内で認められた直径あるいは細胞壁の厚さなどに認められた変動に比較して、年齢あるいは高さによる影響がより明らかに認められる (Fig. 6)。

3.2.2 基本組織の細胞

基本組織は柔細胞より成っている。柔細胞は、パルプ原料を目的とした場合には、繊維とは異なり、パルプそのものの品質に影響を及ぼす要素とはならない。また写真でも明らかのように、維管束の繊維のスクロシスに比較すると、柔細胞のスクロシスの進行速度ははるかに遅いので、比重に及ぼす影響はかな

り少ないと考えられる。柔細胞の形は、一般に広葉樹材に認められる軸方向柔細胞とは異なり、球形ないし長球形である。細胞の形、大きさなどについて、一定の傾向は認められなかった。上述した理由で基本組織の細胞については、繊維の場合のように Th/D の検討は行わず、細胞の壁厚についてのみの測定を幹の最下部と下から3番目の円盤について行った。Fig. 6 に示したように壁厚は幹の中心から外側へむかって増加している。また同一個体内では、幹の下部では厚く、先端にむかって減少する。

また、年齢の異なる3個体を比較してみると、同一の高さでは、老齡の幹で最も壁厚が厚く、幼齡の幹の先端部で最も低い値を示している。さらに、図の中で、壁厚の順位づけをしてみると、C-1, C-3, B-1, B-3 および A-1, A-3, の順になる。この順位は、C, B, A の各々の年齢および採取位置から考えて、それらの部分の形成されてから経過した期間と一致していると考えられる。

この細胞の壁厚の変動の経過は、維管束の繊維細胞のそれに、よく似ているが、スクレロシスの進行は、かなりゆるやかで (Fig. 6), しかも、この中で最も高齡の部分である C-1 においても、未だ細胞腔は大きい。最終的にスクレロシスの進行が、どの程度まで進むものかは、ここでの観察結果からは断定できないが、繊維細胞のそれより速度が遅いといえる。

4. 考 察

4.1 比重と解剖学的性質の関係

幹の中の比重を考えるにあたって、2つの要因に分けて検討を行ってみる。比重の変動の要因の一つとして維管束(維管束鞘を含めて)の比重が大きな影響をもつであろうことは、肉眼的あるいは顕微鏡的観察からも推論できることである。各維管束について、道管および篩管およびそれらに隣接している要素は、各維管束に共通のものであること、および顕微鏡下での観察によっても形態的に著しい変化を示していないことなどから、比重の変動には大きな影響をおよぼさないと考えてここでは検討の対象としなかった。したがって、ここでは維管束の比重はその繊維の形態のみによって判断することにした。

木材の比重は一般的にいわれているように、単位体積あるいは面積あたりに占める細胞壁の比率によって決定されている。このことはココナツにおいても同様であると考えられる。したがってここで取上げた Th/D の変動は比重の変動に対しては直接的に結びついているといつてよいだろう。

ココナツは二次肥大をしないことから、幹の中の同じ高さでは、中心部と外側部の形成の時期に大きな差はないと考えられる。それでも A-3 あるいは C-9 など最も若い部分を見ると、中心部と外側部の Th/D の値の差の比率は大きく、しかも個々の値は低い。幹の下方(より年齢の高い部位)へ移るにしたがい、一般的にこの値が高くなっていき、部分による差が少なくなっていく、B の下部、C の中および下部では、比の値が一定の値に近づいていくことがわかる。

老齡のココナツ(C)の高さは89 ftであるが、50 ft付近で、ほぼこの値が一定になっている。比の0.40という値を、細胞の断面で考えてみると、線分で断面の直径と壁との比が0.80となる。これを細胞腔および外形ともに正方形として計算した面積比では0.96となり、細胞壁の占める比率が非常に高いことがわかる。Fig. 8にはTh/Dと比重との関連を示してあるが、全体としては、両者の間には相関関係があることは認められるが、比重の変動幅が広いために、すべての部分を含めて取扱うことは適切ではないことがわかった。そこで、これらの値を各円盤内での位置、中心部(C)、半径の50%(M)、外側部(O)の3部に区別して、それぞれ点線で調べてみると、この図に示すように、両者の間の相関関係がよ

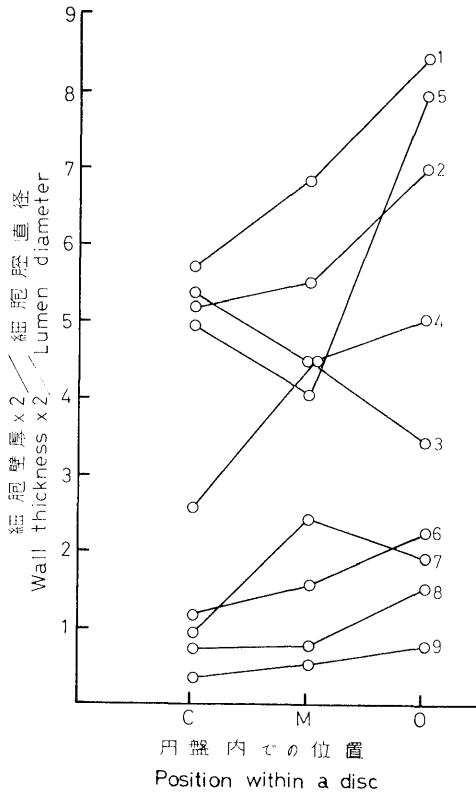


Fig. 7 老齡のココナツの幹の内における RUNKEL の比 (纖維細胞の細胞壁×2/細胞腔直径) の変動

Variation in the RUNKEL ratio (wall thickness × 2/lumen diameter) with position within disc and within stem of over-mature coconut.

注) 各線にある番号は地際からの円盤番号
C, M, O : 円盤の中心部, 中間部, 外側部

Note) C, M, and O : Core, middle, and outer parts of disc.
No. of each line : Disc number from the base of stem.

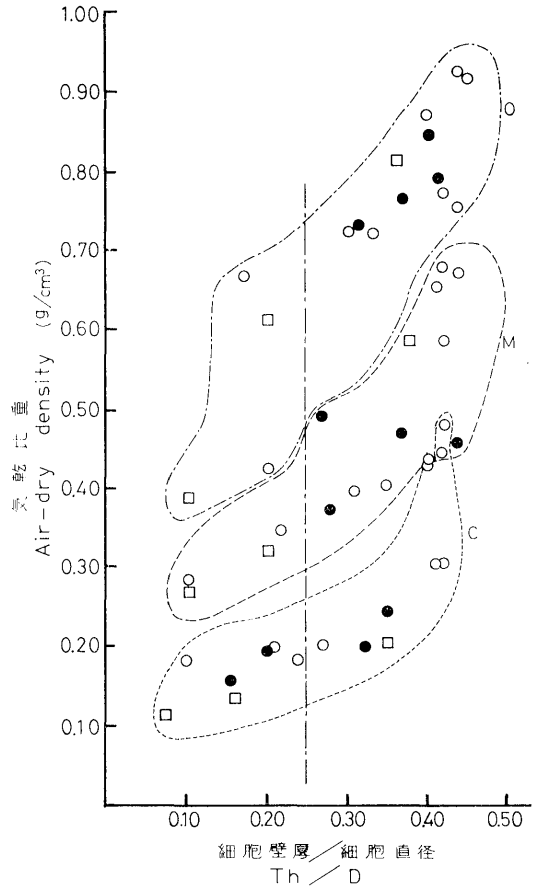


Fig. 8 維管束纖維の Th/D (Th : 壁厚, D : 直径) と幹の気乾比重との関係

Relation between Th/D and air-dry density in three stems.

注) 0.25 の位置に引いた y 軸に平行な線は MUHLSTEPH 比の 50% の位置を示す
C, M, O : 円盤の中心部, 中間部, 外側部
□, ●, ○ : 幼齡, 成熟, 老齡の各ココナツ
数字は円盤番号を示す

Note) C, M, and O : Core, middle, and outer parts of disc.
No. of each mark : Disc number from the base of stem.
A line at the level of 0.25 is equal to 50% of MUHLSTEPH's ratio.
□, ●, ○ : Young, mature, and over-mature stems.

り明らかになることがわかる。

このように放射方向における Th/D と比重の関係に違いがおこる原因としては、RICHOLSON⁵⁾ らが指摘しているように、幹の各高さで中心部において維管束の分布数が少なく、外側へむかって増大することが挙げられる。上述のように C, M, O に分けることで、維管束の分布数を一定範囲ずつのグループに分けることができ、Th/D の影響がより明らかになるといえる。また維管束の分布数は基部から先端にむかって増大している。彼はこれらの維管束の分布数と比重の間に、 $-0.4816 \sim -0.5978$ の相関係数を3個体についてそれぞれ求めている。ここでは分布数の測定はとくに行わなかったが、もしも各維管束での Th/D が同じであれば、分布数、したがって、維管束の面積比率が、比重に影響をおよぼす要因を示すための指標になるはずである。しかし、すでに述べたように Th/D が幹の軸方向には、面積比率あるいは

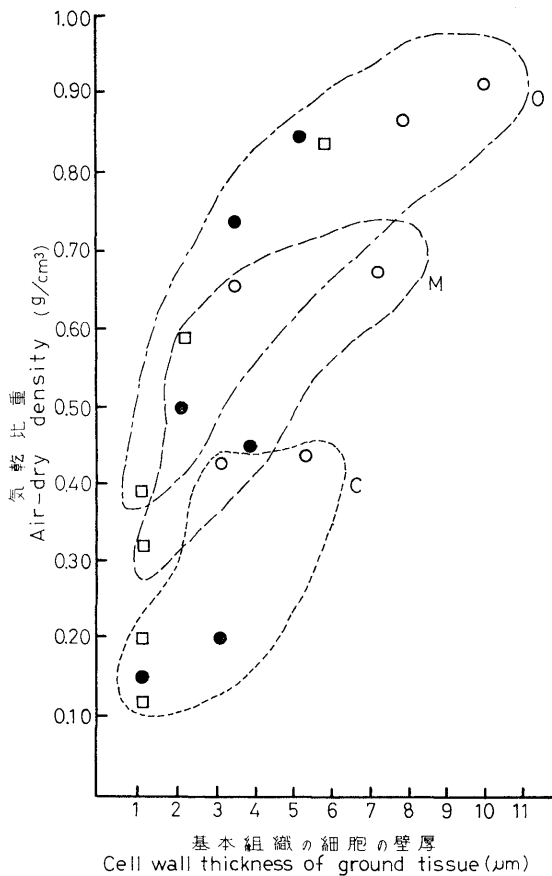


Fig. 9 基本組織の細胞壁厚と幹の気乾比重との関係

Relation between cell wall thickness of ground tissue and air-dry density.

注) C, M, O : 円盤の中心部, 中間部, 外側部
□, ●, ○ : 幼齡, 成熟, 老齡の各ココナツ
Note) C, M, and O : Core, middle, and outer parts of disc.

□, ●, ○ : Young, mature, and over-mature stems.

分布数とは負の相関関係にあるのに対して、放射方向には維管束の分布比率あるいは分布数とは負の相関関係にある。したがって比重に対する影響を考えるにあたって、維管束の面積比率と Th/D は方向によって全く逆の関係にあるので、比重に影響をおよぼす要因を示すための指標としては使い難いといえる。

一方比較的 Th/D の近似した高さで、比重と維管束の面積比率を測定してみると Fig. 3 に示すように、Th/D が低い値を示す A の最下部が、より高い B の最下部より比重がやや高いというような逆転がおきる。この場合の説明は Fig. 3 に示すように維管束の面積比率が違ふことによつてできる。また同時に測定した維管束の分布数も面積比率と同様前者においてより高い値を示した。したがって、維管束に関連した、比重に影響をおよぼす要因としては、繊維細胞の Th/D が主で、場合によってはそれを補う形の因子としての分布数（より正確には面積比率）が挙げられる。

次いで、比重に関係のある要素として基本組織の壁厚の変動が考えられる。比重と基本組織の細胞の壁厚との間の関係を Fig. 9 に示したが、両者の関係よりもむしろ、これには繊維細胞の性質の変

動が大きく現われていると云ってよいだろう。しかし、基本組織の細胞の壁厚はその変動が繊維細胞に追隨した形をとるので、場合によっては比重や繊維細胞の性質を示す指標として使える可能性もある。

Fig. 8, 9 にも示したように比重がほぼ同じであっても繊維細胞の Th/D, 壁厚, 直径あるいは基本組織の細胞の壁厚などの性質が必ずしも同じであるとはいえない。したがって、比重は組織の性質を表現する指標とはならないといえる。

4・2 繊維の形態から見たココナツの幹のパルプ用材としての適性

広葉樹材から作られたパルプは、樹種によっては少量の道管要素、柔細胞などの要素を含むことがあるが、大部分が、繊維細胞であるから、パルプの性質が繊維のもつ性質の影響を大きく受けると考えるのは当然であろう。

このため、繊維細胞の形態とくに、各部分の寸度、例えば繊維の長さ、直径、壁厚、細胞腔の直径、さらに、これらを組合せた係数などをパルプの物理的性質と関連づける試みがされてきている。とくに、上述のそれぞれの寸度単独ではなく、それらを組合せた MUHLSTEPH の比 (細胞の断面に対する細胞壁の比、線分比と面積比がある)、RUNKEL の比 (2つの細胞壁の和の細胞腔に対する比)、細胞腔の直径に対する比、繊維長の直径に対する比などが、よく知られ、それぞれパルプのいくつかの性質の指標として用いられてきている。ここでは広い範囲のパルプの性質に関係があるとされている MUHLSTEPH の比および RUNKEL の比を、ココナツの幹のパルプ材料としての適合性を判定する基準として用いた。

MUHLSTEPH の比¹⁰⁾の内、ごく一般的に知られているものは細胞壁の面積と細胞の横断面の面積との比であるが、それ以外にも細胞壁の厚さと細胞の直径との比あるいは、解繊した繊維の壁厚の繊維幅に対する比なども報告されている。それらの内、細胞壁厚の2倍の値と細胞の直径との比によると

グループ I は、15% 以下 (面積比では30% 以下、解繊繊維では20% 以下)

(グループ II は針葉樹が対象とされている)

グループ III は、15% 以上 (面積比では30% 以上、解繊繊維では20% 以上)

グループ IV は、50% 以上 (面積比では80% 以上、解繊繊維では80% 以上)

とされている。グループ I に属するものは紙の地合や強さで優れており、一般に低比重の樹種である。グループ III に属するものの繊維はまだ塑性があるが、グループ I のそれより軟らかいパルプシートを形成する。グループ IV に属する繊維は剛く、比重の低いパルプシートを形成する。引裂き強さはグループ I に優るが、その他の強さは劣るとされている。

RUNKEL の比は、細胞壁厚を2倍した値の細胞腔に対する比であり、それによって繊維は3グループに分けられている¹¹⁾。

グループ 1 比が1より小で、製紙用材として優れている。

グループ 2 比が1前後であり、良い製紙用材となる。

グループ 3 比が1以上で、製紙用材としては劣る。

すでに求めた細胞の直径、壁厚などから、Th/D (MUHLSTEPH の比の1/200) および RUNKEL の比を各個体、各高さごとに算出して、Table 4 および 5 に示した。Fig. 6 にも示したように Th/D はかなり若い時期 (幼齡の幹でも最下部で) でも高い値を示している。Table 4 の0.35 という値は MUHLSTEPH の比に換算すると70% になり、グループ IV に属することになる。Fig. 10 には、試料円盤番号とは逆に幹の先端から円盤の番号をつけて、それらと Th/D との間の関係を示した。MUHLSTEPH の比の50% は、

Table 5. 幼齡 (A), 成熟 (B), 老齡 (C) の幹の中における RUNKEL 比 (壁厚×2/細胞腔)

RUNKEL ratio in three stems, A (young), B (mature), and C (over-mature)*

幼 齡 (A)			成 熟 (B)			老 齡 (C)					
円盤番号 Disc No.	C	M	O	円盤番号 Disc No.	C	M	O	円盤番号 Disc No.	C	M	O
3	0.16	0.42	0.23	5	...	...	...	9	0.36	0.52	0.74
2	0.46	0.89	0.73	4	0.43	1.31	1.99	8	0.72	0.77	1.52
1	2.36	1.10	2.29	3	0.62	1.04	3.80	7	0.92	2.43	1.92
				2	3.67	2.74	4.52	6	1.16	1.56	2.22
				1	2.61	7.01	4.05	5	4.92	4.04	7.95
								4	5.37	4.51	5.03
								3	2.56	4.50	3.45
								2	5.19	5.52	7.01
								1	5.69	6.87	8.44

C : 中心部, M : 中間部, O : 外側部

* : Disc No. from the base of stem. See Fig. 1. C, M, and O : Core, middle, and outer parts of disc.

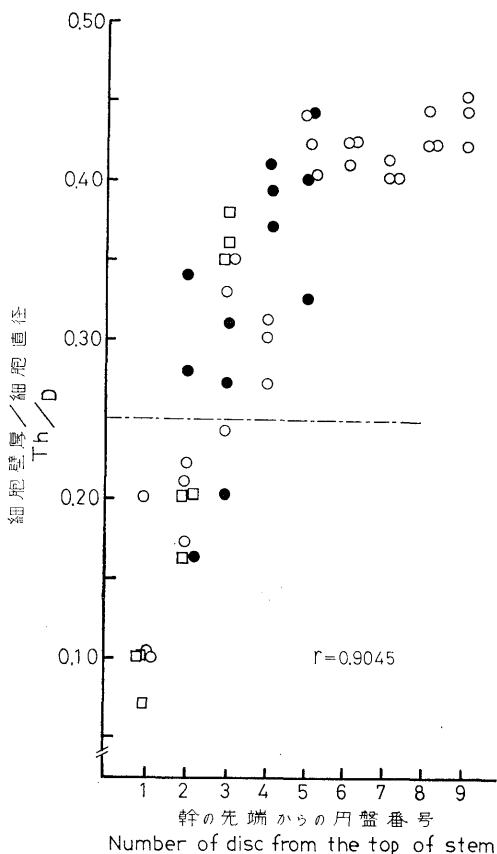


Fig. 10 円盤番号 (幹の先端からの) と維管束繊維の Th/D (Th : 壁厚, D : 直径) の関係

Relation between the number of disc from the top of stem and Th/D of vascular bundle fiber.

注) 0.25 の位置に引いた x 軸に平行な線は MUHLSTEPH 比の 50% の位置を示す。

C, M, O : 円盤の中心部, 中間部, 外側部

□, ●, ○ : 幼齡, 成熟, 老齡の各ココナツ

Note) C, M, and O : Core, middle, and outer parts of disc.

□, ●, ○ : Young, mature, and over-mature stems.

A line at the level of 0.25 is equal to 50% of MUHLSTEPH's ratio.

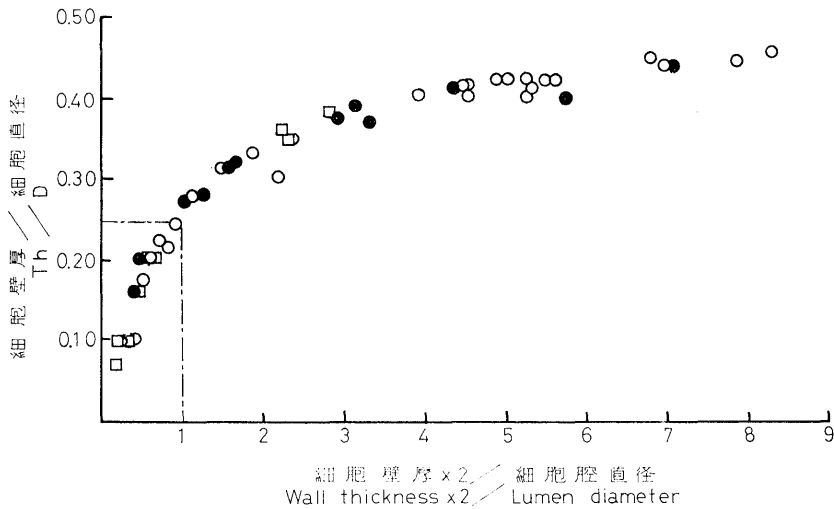


Fig. 11 維管束繊維の Th/D (Th: 壁厚, D: 直径) と RUNKEL の比 (壁厚×2/細胞腔直径) との関係

Relation between Th/D and the RUNKEL ratio in vascular bundle fibers.

注) x軸の1とy軸の0.25はそれぞれ低品質のパルプの指標の下限である。

□, ●, ○: 幼齡, 成熟, 老齡の各ココナツ

Note) 0.25 of Th/D and 1 of the RUNKEL ratio are the limit of values desirable for good pulp.

□, ●, ○: Young, mature, and over-mature stems.

Th/Dでは0.25に相当するが、この線を越えない円盤は、上から2番目(Aでは円盤のすべて、Bでは中心部、Cでは中心と中間部、3番目の場合には中心部のみ)までに限られている。Muhlstephの基準によれば、これを越えない繊維が良いパルプ原料とされている。

さらにRUNKELの比が、老齡のココナツの幹の中でどのように変動しているかを示したのがFig. 7である。これによると、上から2番目までの円盤と3番目の円盤の中心部を除いては、RUNKELの基準によると良いパルプ原料としては適しないといえる。またTable 5でも明らかなように、幼齡(A)のものでは上から2番目の円盤まで、また成熟(B)したものでは値が乱れているが、3番目の円盤の一部までしか、それぞれ、比が1より小さいという条件に合わない。

なお、一個体の中で繊維の形態が非常に幅広く変動する珍しい例であるのでMuhlstephの比とRUNKELの比との関係を示すと、Fig. 11に示したような曲線になる。さらに、この図で、良質のパルプを示す比の値である前者で50%(Th/Dで0.25)、後者でほぼ1以下の位置は両者の値の性格からほぼ一致しており、線を引いてその範囲を囲ってみると両者の間にはほぼ直線の関係がある。しかし、理想的なパルプを示す値については、両者の間にかなりの差がある。

成熟したココナツ(B)では値の変動がやや乱れているが、3本のそれぞれ年齢の異なるココナツに共通していえることは、形成されてからの期間の経過の少ない部位、すなわち先端から10ftまでは良質のパルプ材料としての適合性はあるが、それより下部、すなわち、年齢の高い部分では適合性が低くなっていくことが判る。UPRICHARD⁹⁾がどのような年齢のココナツについてパルプ試験を行ったか明らかではないが、ここでの結果は、ココナツの比重を指標としてその繊維の品質を示すことは不適であると示唆した

ことを証明したことになる。今後のパルプ化試験に際しては、その試料の形成されてからの年齢、実用的には、幹の先端からの距離を指標とすべきである。

5. お わ り に

ココナツの幹の中における比重の変動は、維管束繊維および基本組織の細胞などのスクレロシスによっておきる。スクレロシスの進行は、細胞が形成されてからの時間の経過に伴っている。したがって細胞壁と関連のある材質指標は、すべて、形成後の経過時間の支配を受けるといえる。スクレロシスの進行の速度は、細胞により差があり、維管束繊維が先行し、基本組織の細胞では、かなり緩やかに進行する。

維管束の占有比率は、より細胞形成後の時間の経過の長い幹の基部から時間の経過の短い先端にむかって増加する。したがって、比重と繊維の壁厚との関係は、細胞壁の変動と維管束の占有面積の変動が放射方向には正の相関、軸方向には負の相関になるために両者が複雑に働き合うので、実用的に前者を後者の指標として利用することは難しい。

比重は幹の先端からの距離、さらに詳細には幹の中心からの距離を合わせて、指標とすることによって判断することができる。

パルプを目標とした場合の繊維の品質については、良質のものを幹の先端からの距離（ここでは円盤番号で示してある）、さらに幹の中心からの距離を合わせて用いることによって、他から区別できるが、それ以外の部分については、変動の幅が広くなり、段階的な品質区分は難しい。一方、最もパルプ用材に適しないと考えられる部分は、老齡のココナツの幹の例のみから考えれば最も区分しやすいと考えられる。

パルプ利用の中心となる老齡のココナツについては、幹の先端から1番目の丸太およびせいぜい2番目の丸太については良質の繊維が期待できる。また幹の地際から1ないし4番目の丸太では繊維の品質はきわめて悪いといえる。それ以外の部分では、両者の中間的な性質を示す。したがって、パルプ化試験は、このような幹の中における繊維の品質の変動を考慮して、材料の区分を行うべきである。

この報告に述べてあるデンストメーターによる比重の測定は、材質研究室 太田貞明技官によるものであり、厚く感謝の意を表します。

引 用 文 献

- 1) Ministry of Foreign Affairs, N. Z. : Coconut stem utilization seminar, October. (1977)
- 2) ALSTON, A. S. : Coconut palm timber. Fiji timbers and their uses, No. 60, (1973)
- 3) TAMOLANG, F. N. : The utilization of coconut trunk and other parts in the Philippines. NSDB Technology Jour., April~June, 37, (1976)
- 4) MENIADO, J. A., F. R. LOPEZ, and F. N. TAMOLANG : Stem anatomy of *Cocos nucifera* L. Coconut Stem Utilization Seminar (Published by Ministry of Foreign Affairs, N. Z.), 323, (1977)
- 5) RICHOLSON, J. M. and R. SWARUP : The anatomy, morphology, and physical properties of the mature stem of the coconut palm. Coconut Utilization Seminar (Published by Ministry of Foreign Affairs, N. Z.), 65, (1977)
- 6) KLOOT, N. H. : Mechanical and physical properties of coconut palm. Aust. Jour. Applied Scie., 3(4), 293, (1952)
- 7) TOMLINSON, P. B. : Anatomy of the monocotyledons, II Palmae, 186, Oxford Press, (1961)
- 8) ————— : Stem structure in arborescent monocotyledons. The formation of wood

- in forest trees, 65, Academic Press, (1964)
- 9) UPRICHARD, J. M. : Kraft pulps from coconut stem-wood (*Cocos nucifera*) : The blending of coconut stem wood pulps with those from *Pinus* species. Coconut stem utilization seminar (Published by Ministry of Foreign Affairs, N. Z.) 249, (1977)
- 10) MUHLSTEPH, VON W. : Die Bedeutung der Fasergestalt für die Zellstoffeigenschaften. III. Eine Ordnung der Holzarten auf Grund von Messungen an Zellstoff-fasern und an Holzquerschnitten. Cellulose chemie, 18, 132, (1940)
- 11) RUNKEL, R. O. H. : Über die Herstellung von Zellstoff aus Holz-Gattung Eucalyptus und Versuche mit zwei unterschiedliche Eucalyptusarten. Das Papier 3, 476, (1949)
- 12) DINWOODIE, J. M. : The relationship between fiber morphology and paper properties : A review of literature. Tappi, 48, 440, (1965)
- 13) TAMOLANG, F. N., et al. : Fiber dimensions of certain Philippine broadleaved woods and bamboos. Tappi, 40, 671, (1950)
- 14) ----- : Fiber dimensions of certain Philippine broadleaved woods and bamboos. II. Tappi, 41, 614, (1958)
- 15) SUDO, S. : Variations in some important anatomical properties and density in the stems of coconut (*Cocos nucifera*). Proceedings of 1st IUFRO Conference on Wood Quality and Utilization of Tropical Species held in Philippines, Oct. 30, (1978)
- 16) ----- : Some anatomical properties and density of the stem of coconut palm (*Cocos nucifera*), with consideration for pulp quality. I. A. W. A. Bull. in print.

図 版 説 明

Explanation of plates

- Photo. 1 老齡のココナツの先端付近 (地上高 88 ft) からの円盤の中心部。すべての細胞の細胞腔が大きく、壁が薄い。基本組織の中に維管束と繊維だけの小さな束が認められる。× ca. 42
The core part of the disc from the 88 ft level of the over-mature stem, showing thin-walled fibers and cells of ground tissue and small patches of fibers in the latter. × ca. 42.
- Photo. 2 老齡のココナツの先端付近 (地上高 88 ft) からの円盤の最外側部、維管束の占める比率が非常に高くなっている。× ca. 50
The outer part of the disc from the 88 ft level of the over-mature stem, showing the narrow zone of ground tissue between vascular bundles in the area very close to the cortex, and fibers with slightly thicker walls than those of the core part. The area percentage of vascular bundle is very high. × ca. 50.
- Photo. 3 老齡のココナツの地際付近 (地上高 3 ft) からの円盤の中心部、維管束繊維の細胞腔が非常に小さい。基本組織の細胞の断面に非常に変化があり、壁厚がかなり厚くなっている。× ca. 41
The core part of the disc from the 3 ft level of the over-mature stem, showing ground tissue cells with various cross sections and fairly thick-walled cross sections, particularly around the vascular bundles, and fibers with very narrow lumen. × ca. 41.

- Photo. 4 老齡のココナツの地際付近（地上高 3 ft）からの円盤の外側部，維管束の分布比率が高く，繊維がほとんど細胞腔が認められないほど肥厚している。基本組織の細胞の壁厚も目立って厚くなっている。× ca. 33
The outer part of the disc from the 3 ft level of the over-mature stem, showing the distribution of vascular bundles, fibers practically without lumen, and ground tissue cells with thick walls. × ca. 33.
- Photo. 5 老齡のココナツの先端付近（地上高 88 ft）からの円盤の中心部の維管束繊維（写真中央から右が維管束）と基本組織の細胞（写真中央から左）。両者とも壁厚が薄い。× ca. 310
Thin-walled ground tissue cells (left half of Photo.), and thin-walled fibers of a vascular bundle (right half of Photo.) of the core part of the disc from the 88 ft level of the over-mature stem. × ca. 310.
- Photo. 6 老齡のココナツの先端付近（地上高 88 ft）からの円盤の最外側部の 2 つの維管束とそれらの間の基本組織の細胞（左上から右下へ斜めに配列する）。Photo. 5 に比較して共に壁が厚くなっている。× ca. 310
The thicker-walled fibers of two vascular bundles and the zone of ground tissue cells in between. The wall is slightly thicker than that of the core part shown in Photo. 5. The outermost part of the disc from the 88 ft level of the over-mature stem. × ca. 310.
- Photo. 7 老齡のココナツの地際付近（地上高 3 ft）からの円盤の中心部の維管束繊維（写真の下半分）と基本組織の細胞（写真の上半分），繊維細胞の肥厚が著しく，基本組織の細胞もかなり肥厚している。× ca. 300
Thick-walled vascular bundle fibers (lower half of Photo.) and the fairly thick-walled cells of ground tissue (upper half of Photo.). In the former, the lamellar structure of the wall is clear. The core part of the disc from the 3 ft level of the over-mature stem. × ca. 300.
- Photo. 8 老齡のココナツの地際付近（地上高 3 ft）からの円盤の外側部，左上斜め半分は維管束繊維と基本組織の細胞（右下斜め半分），繊維細胞の肥厚は極限に近く，基本組織の細胞壁の肥厚が著しく，ラメラ構造が認められる。× ca. 300
Extremely thick walled vascular bundle fibers (upper left half of Photo.) and the thick-walled cells of ground tissue (lower right half of Photo.). Fibers are with extremely narrow lumen and with lamellar structure walls. The outer part of the disc from the 3 ft level of the over-mature stem. × ca. 300.
- Photo. 9 老齡のココナツの地際付近（地上高 3 ft）からの円盤の中心部の維管束繊維の細胞壁に認められるラメラ構造，最も多いもので 7 層が認められる。× ca. 1000
Vascular bundle fibers with lamellar structure walls. The core part of the disc from the 3 ft level of the over-mature stem. × ca. 1000.

**Variations in Some Important Anatomical Properties and Density
in the Stem of Coconut Palm (*Cocos nucifera*)**

Syoji Sudo⁽¹⁾

Summary

Variations in some important anatomical properties and density in an over-mature coconut palm stem (*Cocos nucifera*), together with a young and a mature stem, were studied for the discussion of suitability for pulpwood from the anatomical point of view. Generally speaking, density obtained with a densitometer varies increasingly from the core toward the outermost part at each level of the stem and decreasingly from the base toward the top of the stem. The sclerosis of vascular bundle fibers which is slowly followed by that of ground tissue cells is the essential cause of variation in density within and between stems. Nevertheless, the density is not a simple means for indicating some important anatomical properties necessary in the estimation of pulp quality, because of the effect of variation in the distribution of vascular bundles within the stem.

RUNKEL and MUHLSTEPH'S ratios based on cross-sectional measurement vary considerably within and between stems with age of cells, and only the recently formed part of each stem has the above-mentioned two ratios desirable for good pulp. Therefore, so far as these ratios concerned, only the 10 ft long top log of the 89 ft long over-mature stem is suitable for good pulpwood.

Received April 30, 1980

(1) Wood Technology Division

