

熱帯産造林木の利用特性について(上)

SP

北海道立林産試験場 瀧澤 忠 昭

はじめに

私どもは平成6年から、熱帯造林木について、パルプ、チップといった用途の他に、もっと付加価値の高い活用方法を見つけ出したいという考えで、そのために必要な試験を行ってきております。

新たな用途や高付加価値を生み出す用途の開発ということになりますと、その材料の特性、つまり材質特性や加工特性が分かっているわけでは、ほとんどデータがありません。全然ないというわけではないのですが、とにかく少ないわけです。あるいはあっても非常に断片的なもので、総合的にその材を評価するというためには満足できるというものはありません。このような事情から私どもはこのような試験を始めたわけです。

まず基礎的な性質を一般的に網羅して、その後で加工性能を求める試験や、具体的に合板を製造したり、ボード類を試作する製造試験まで行なって、それらの樹種がどういう用途に向くのかということ判断するためのデータを集めたわけです。農林水産省森林総合研究所では、主に天然木ではありますが、熱帯材について以前から広範な調査を行っており、報告書もたくさん出ておりますので、この試験を始めるに当たっては基本的にその時の調査方法を尊重して、それに倣うかたちで、まず大枠を決めて試験をしたわけです。とくに基本的な性質以外はなるべく実際に近い製造条件下で試験を実施しました。そういう観点からこれらの一連の試験は先ず同一の原木または同一試験木のグループについて行なうこととして、基本的に試験方法は世界的な統一規格であるISOにのっとって進めました。試験方法がISOにないものについては、JISあるいはJASを基準にしたり、参考に行ないました。以下結果をかいつまんで紹介したいと思います。非常に膨大なデータですので、それを短時間で全部ご紹介

するのは無理なので、「ほんのさわりだけ」ということになるかも知れませんが、詳しくは現在出している報告書、またこれからも報告書が出てきますので、それをご覧になって下さい。

試験した樹種

先ず試験した樹種ですが「表1 供試材」ということでまとめておきました。

ここにありますように、主にマレーシアのサバ州産

表1 供試材

ファルカータ <i>Paraserianthes falcataria</i> (Leguminosae, マメ科) マレーシア・サバ州産 12年生	ファルカータ
キャンブノスベルマ <i>Camposperma brevipetiolata</i> (Anacardiaceae, ウルシ科) ソロモン群島産 17~18年生	キャンブ
ユーカリデグレプタあるいはカメレレ <i>Eucalyptus deglupta</i> (Myrtaceae, フトモモ科) マレーシア・サバ州産 13年生 ソロモン群島産 17~18年生	カメレレ
ユーカリロブスタ <i>Eucalyptus robusta</i> ハワイ諸島産	ロブスタ
イエローターミナリア <i>Terminalia calamansanai</i> (Combretaceae, シクンシ科) ソロモン群島産 17~18年生	ターミナリア
メリナ <i>Gmelina arborea</i> (Verbenaceae, クマツヅラ科) マレーシア・サバ州産 13年生	メリナ
アカシアマンギウム <i>Acacia mangium</i> (Leguminosae, マメ科) マレーシア・サバ州産 8年生, 13年生, 30年生	マンギウム
アカシアハイブリッド <i>Acacia Hybrid</i> マレーシア・サバ州産	ハイブリッド
アカシアアウリキュリフォルミス <i>Acacia auriculiformis</i> マレーシア・サバ州産 30年生	アウリ

のものとソロモン群島産のもの二つであります。ただユーカリロブスタだけは少し違っていて、ハワイ諸島産でこれだけはちょっとべつの範疇に入ります。基本的には二つの地域から入手したものです。

今回の材料は(財)国際緑化推進センターから頂いたわけですが、これだけの材料がそろったわけですから色々なことが検討できます。一つには「産地による差があるのかどうか」ということで、この供試樹種の中のユーカリデグレプタまたはカメレレ(カメレレと

いうのはパプアニューギニアの呼び方ですが) については、マレーシア産のものとソロモン産のものと2種類ありますので産地の差があるのかないか検討できるだろうと思われま。また、アカシアマンギウムは8年生、13年生、30年生と年齢の違うものを3種類入手できましたので、これによって樹齢効果が検討できるものと期待されます。また、アカシアマンギウム、アカシアハイブリッド、アカシアアウリキュリフォルミスの3種類はアカシア属ですが、実はアカシアハイブリッドというのはマンギウムとアウリキュリフォルミスの交配種なわけ。このことからこれら3者の間の関係、つまり交雑種が元の樹種に対してどういう関係なのかという比較もできます。

それから、キャンプノスベルマとイエローターミナリアは天然木も同じ地域のもの入手しておりますので、この2樹種については造林木と天然木の比較も可能になります。

これらの供試原木は、ユーカリロブスタだけは1本だけですが、他の樹種は、どれをとっても個体数は最低でも10本、多いものは20本から30本という、試験試料としてはかなり膨大なものです。それぞれの材長も6m、8mあるいは長いものでは15mという長さのものが来ております。アカシア属の3樹種については現地で短く切ってきてありますが、いずれにしても一本のまま、根元から材料が取れる限界の高さまで、連続して採取されております。

原木の材の長さはまちまちですが、元口の径は30cmから50cmです。これが今回の供試木の概要です。以下の説明の中では樹種名は学名によらないで表1の右側に書いて置いた略称を使いますが、この呼び方はどこへ行っても一般的に通用するというものではないので、別の場で何か議論される場合には必ず学名に立ち戻って、それをお使い下さい。

さて、具体的な内容ですが、基礎的な性質の中でも代表的な容積密度数について紹介いたします。

基礎的性質

図2に二つの図を示しますが、これは今回扱った樹種の中で、ターミナリアとキャンプノスベルマのそれぞれ4本づつ、この図の中にターミナリアは1から4まで、キャンプノスベルマは13から19までの数字がありますが、これはそれぞれの立木を示しており、それらの立木の樹心から外側に向かって両方向の容積密

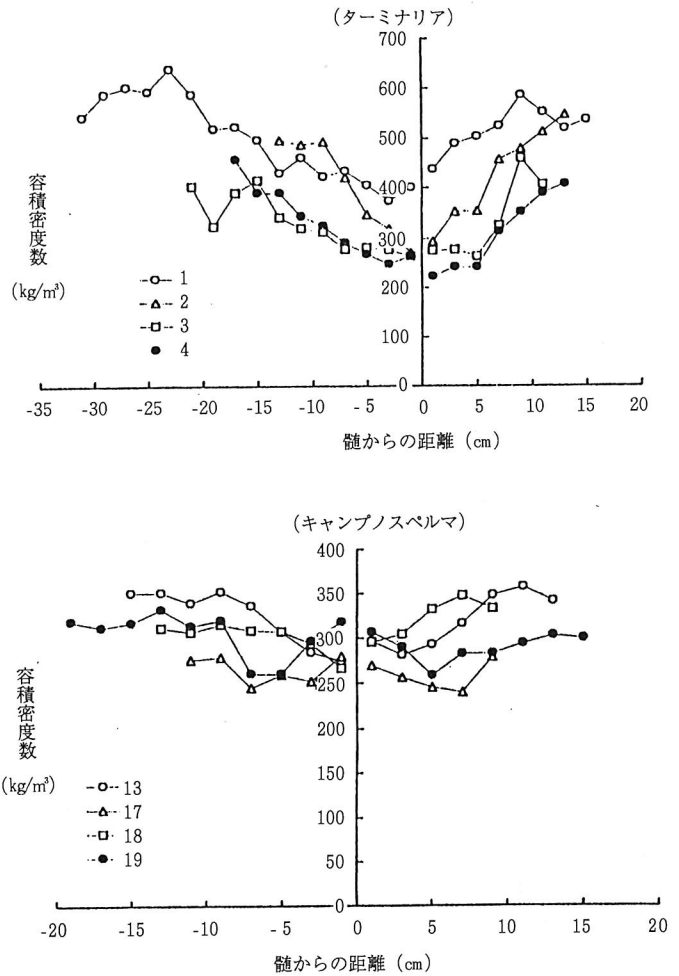


図2 容積密度数の樹幹内変動

度数がどのような変動をしているのかをプロットしたものです。容積密度数は樹幹のなかで大なり小なりこのような数値の動きを示しているのが普通で、今回の立木についてもこのような形になっておりました。ただ今回扱ったものうちターミナリアのように、樹心の容積密度数が低く、外に向かうにつれて高くなるという傾向を持つものは今回扱った中ではターミナリア、マンギウム、ハイブリッドでした。ところがキャンプノスベルマの方は若干の動きはありますが、ターミナリアほど、樹心と外側で容積密度数に差が出てきません。つまり、樹幹の内部で変動が少ないのですが、これに類するものはメリナ、アウリキュリフォルミスのグループです。

表2は、供試材をそれぞれ容積密度数の小さいものから順に並べて見たものです。ただ、カメレレとロブスタはどちらもユーカリ属ですので一緒にまとめて置きました。またマンギウム、ハイブリッド、アウリは

表2 容積密度数と全乾比重

	造林木		天然木	
	容積密度数 (kg/m ³)	全乾比重	容積密度数 (kg/m ³)	全乾比重
ファルカータ	279	0.31		
キャンプ	299	0.33	323	0.36
カメレレ	385	0.44 ¹⁾		
	398	0.46 ²⁾		
ロブスタ	587	0.69		
ターミナリア	395	0.45	540	0.63 ²⁾
			402	0.46 ²⁾
メリナ	430	0.50		
マンギウム	480	0.56 ³⁾		
	498	0.58 ⁴⁾		
ハイブリッド	525	0.61		
アウリ	681	0.81		

1)マレーシア産, 2)ソロモン産, 3)マレーシア産13年生, 4)同30年生

アカシア属なのでまとめておきました。これ以下の表も樹種の並びはこの順で示すことにします。またそれぞれの数値は、先程のグラフで分かるように、1本の木の中でも変動しているの、それぞれ算術平均をとって、それを樹種毎の代表値としてあります。

キャンプノスペルマとターミナリアは天然木も同時に測定してあるので、これと比較して見ると、造林木の方が低い数値を示しています。容積密度数が分かる、普段私たちが良く使っている比重(全乾比重)が計算できましたので、これも一緒に示しておきます。これらの数値から、私たちが慣れ親しんでいる国産材と比較して見ると、ファルカータは桐(全乾比重; 0.27)に近く、あるいはこれよりわずかに重い程度で非常に軽い材です。カメレレあるいはターミナリアは日本で言えばシナノキあるいはホウノキ、カツラといったあたりです(全乾比較、ホウノキ; 0.45, シナノキ, カツラ; 0.47)。マンギウムはクリ、シイノキ、ヤマグワといったあたり(クリ; 0.57, シイノキ, ヤマグワ; 0.58)です。アウリは日本の材でいえばカシ(シラカシ; 0.79, アカガシ; 0.84)に近い重さを持っています。なお、気乾比重は全乾比重に比べて、若干高くなるのはご承知のとおりです。

次は、収縮の話です。表3に各樹種の収縮率としまして、全収縮率と、平均収縮率を示してあります。一般的に言うと、極端に特異な木材があるわけではないのですが、この中では、ロブスタの全収縮率が非常に大きいのが特徴的です。ロブスタの全収縮率は、接線方向で12.7%、半径方向で7.8%で、これは国産材ではブナとかアカガシに相当します。ブナは接線方向で

表3 収縮率(%)

	全収縮率		平均収縮率	
	接線方向	半径方向	接線方向	半径方向
ファルカータ	5.9	3.6	0.22	0.15
キャンプ	6.0	2.4	0.22	0.11
カメレレ	5.8	3.5	0.22	0.16 ¹⁾
	6.1	3.5	0.25	0.16 ²⁾
ロブスタ	12.7	7.8	0.26	0.22
ターミナリア	4.9	2.9	0.21	0.13
メリナ	6.5	3.2	0.25	0.14
マンギウム	5.1	2.4	0.23	0.11 ³⁾
	6.1	2.2	0.27	0.12 ⁴⁾
ハイブリッド	6.1	2.6	0.30	0.14
アウリ	5.8	2.6	0.31	0.15

1)マレーシア産, 2)ソロモン産, 3)マレーシア産13年生, 4)同30年生

11.5%、半径方向で5.0%というのが代表値です。アカガシの場合、接線方向で12.1%、半径方向で5.6%という値が示されています。ところが、全乾比重で見ると、アカガシは全乾比重が0.84で、ロブスタの全乾比重は0.69です。収縮率は「必ずしも」というわけではありませんが、比重とパラレルな関係が一般的ですから、ロブスタは少し特異かと思われる全収縮率を示しております。ただ、このロブスタは平均収縮率も大きいかと言うと、それが特に大きいというものではありません。何故か全収縮率だけが異常に高いという結果を示しているのです。

表4は脆心材^{ぜいしん}のことで、交錯木理のことを一つの表にまとめたものです。

南洋材には多かれ少なかれ脆心材があるということには良く知られております。今回試験したものではありません。目視による観察では明らかな圧縮破壊線は認められませんでした。そこで、顕微鏡切片を作り、顕微鏡下で微細な圧縮破壊線、いわゆるスリッププレインの存在を観察しました。「スリッププレインの出現範囲」というのは、樹心から外側に向かって何%の距離の所までスリッププレインがあったのかということを示したものです。大きな値を示すものでは樹心から3割ぐらいの距離です。中にはアウリのようにゼロという樹種もあります。個体差はあるようですが、脆心材というものは樹心から外側に向かって容積密度の変動の大きなものには現れ易いと言われており、キャンプノスペルマのように樹幹の内部に大きな変動のないものには少ないか、あっても顕著ではないとされています。このようなことから見てみますと、これらの樹種の中でターミナリアやマンギウム、ハイブリッドは

表4 脆心材, 交錯木理

	スリッププレインの 出現範囲 (%) ⁵⁾	最大繊維交錯度 (%)
ファルカータ	29.6	13.9
キャンプ	3.3	15.5
カメレレ	28.8	30.1 ¹⁾ 37.3 ²⁾
ロブスタ	31.7	33.8
ターミナリア	27.0	14.1
メリナ	8.0	18.6
マンギウム	22.1	11.5 ³⁾ 13.3 ⁴⁾
ハイブリッド	19.3	9.2
アウリ	0	16.3

1)マレーシア産, 2)ソロモン産, 3)マレーシア産13年生,
4)同30年生, 5)半径に対する樹心からの距離

いずれもスリッププレインの出現範囲が広いのですが、容積密度の変動の結果と良く合っています。逆にキャンプノスペルマ, メリナ, アウリといったものはスリッププレインがないか、あっても出現範囲が狭く、樹心近くにごくわずか存在するだけということぐらいで、これもまた容積密度数の変動の結果と良く合っています。

熱帯材の場合は交錯木理を持つ樹種が多いのですが、その交錯木理の現れ方を三つの樹種について図3で示します。樹心から外側に向かって、木理がどのように動いているのかということ、ターミナリア, キャンプノスペルマ, カメレレについて、実際の測定値をプロットしたものです。一般的には南洋材はこのターミナリアとか、カメレレのように、S旋回とZ旋回を頻繁に繰り返しているのが普通ですが、中にはここに示したキャンプノスペルマのように、S旋回だけで経過しているというものもあります。もっともキャンプノスペルマが常にこのような特異な旋回を示しているのかというところではなく、この樹種でも多くの場合は、ターミナリアやカメレレと同じように、S旋回とZ旋回を交互に繰り返しております。このような交錯の性質を評価する時の指標として「最大繊維交錯度」という数値が使われますが、これは変動する交錯木理の傾斜度の変動の高低差の最大値ということで、この数値が大きいものほど大きくフレると考えれば良いと思います。これで見ますと、表4のような樹種ごとの値が与えられます。熱帯材の場合、ひとつの目安として、最大繊維交錯度が15%以下であれば、木理の交錯は小さい方だと解釈されています。この目安から考えます

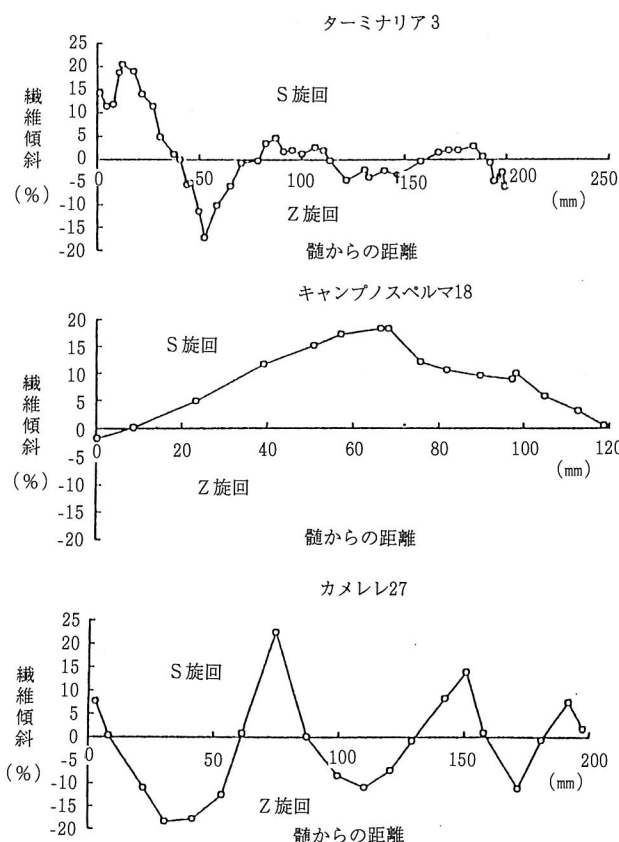


図3 樹種別の交錯木理の出現例

と、今回の供試材の中で交錯木理の程度の小さいものとしては、ファルカータ, ターミナリア, マンギウム, ハイブリッドといったところが当てはまると考えられます。なおここで、アカシア属のマンギウム, ハイブリッド, アウリのグループに注目して下さい。ハイブリッドはマンギウムとアウリの交雑種ですが、それらの最大交錯度を見ますと、マンギウムもアウリも結構大きな値を示しております。ところがハイブリッドは非常に小さな値になっています。これは、交雑種にしばしば見られる「雑種強勢」という現象が現れたものと思っております。グイマツF₁などの場合もその繊維傾斜などに知られている特徴です。一般的に雑種強勢で生まれたものは、両親の中間的な性質をとるのが普通ですが、たまたまこういうことも出てきます。この辺が交配のメリットになるのかという気もします。

強度的性質

強度的性質についてもいろいろな強さを試験しましたが、ここでは曲げ強さ, 曲げヤング係数, 圧縮強さ

表5 強度的性質

	曲げ強さ ランク 供 天		曲げヤング係数 ランク 供 天		圧縮強さ ランク 供 天	
	(kgf/cm ²)		(×10 ³ kgf/cm ²)		(kgf/cm ²)	
ファルカータ	557	I I	80	II I	272	I I
キャンプ	586	I I, II	76	II II	280	I I, II
カメレレ	609	II III	82	II III	313	II III ¹⁾
	728	II	93	II	394	II ²⁾
ロブスタ	955	III	157	IV	670	IV
ターミナリア	772	II III, V	94	II II, IV	390	II II, IV
メリナ	759	II II	102	II III	395	II II
マンギウム	1076	III	125	III	511	III ³⁾
	1086	III	125	III	606	IV ⁴⁾
ハイブリッド	1217	IV	144	IV	696	IV
アウリ	1417	V	146	IV	840	V

1)マレーシア産, 2)ソロモン産, 3)マレーシア産13年生, 4)同30年生
 供: 本試験の供試材, 天: 天然木
 ランクの区分は下のとおり

	曲げ強さ (kgf/cm ²)	曲げヤング係数 (×10 ³ kgf/cm ²)	圧縮強さ (kgf/cm ²)
I	~ 600	~ 75	~ 310
II	601 ~ 840	76 ~ 105	311 ~ 440
III	841 ~ 1090	106 ~ 135	441 ~ 570
IV	1091 ~ 1330	136 ~ 165	571 ~ 700
V	1331 ~	166 ~	701 ~

の値を紹介します。

数値だけを並べても比較のしようがないものですから、たまたま森林総合研究所がおこなった一連の試験の中では、これらの数値を表5の下に書いてあるように5段階に分けてその数値にランク付けをして、このランクにしたがって、評価をおこなうという方法をとっています。これと同じことを今回の試験で得られた数字についても当てはめてみました。表5の「供」と書いてある欄の下には、このランクで表してあります。「天」と書いてある欄の下に、これまで知られている天然木の数値を同様にランクで示しました。このランク分けの仕方は、(社)日本木材加工技術協会が出している「世界の有用木材300種」の中で利用されていますので、それらとの比較も出来るわけです。

そこで、細かい数値はともかくとして、ランクで見ると分かるように、天然木と供試木の関係は、「ほぼ同等」か、「供試木の方が1ランクぐらい低い」ということがお分かりと思います。全般的にこういう傾向があるものだと思います。ここに書かれていない他の樹種についても、同じような関係、造林木は天然木と比べて、「同等」か若しくは、「若干小さな値」を与えるというのが一般的な傾向のようです。それが

成長によるのか何なのかは直ちに結論付けるわけには行きませんが。

カメレレの場合、マレーシア産、ソロモン産とありますが、試験した限りでは、強度については、ほとんど差はありませんでした。

次は心材の耐久性です。これはオオウズラタケ、カワラタケ、ヒイロタケといった腐朽菌に供試材をアタックさせて、重量減少の様子から耐久性を5段階に分けて評価するものです。表6を見て頂くと分かるように、今回試験した材料のうち、メリナ、ロブスタ、マンギウム、ハイブリッド、アウリなど多くのものの心材は

表6 心材の耐久性

腐朽性	供試材	国産材	熱帯材	耐用年数(年)
I (最大)	メリナ, ロブスタ, マンギウム ¹⁾ ハイブリッド, アウリ	カヤ コウヤマキ	チーク	9以上
II (大)		ヒノキ ヒバ	ブジック マホガニー	7~8
III (中)	マンギウム ²⁾	カラマツ スギ	クルイン カプール	5~6
IV (小)	ファルカータ, カメレレ	ブナ マカンバ	アビトン ターミナリア	3~4
V (最小)	キャンプ, ターミナリア	エゾマツ トドマツ	アガチス ジェルトン	2以下

1)マレーシア産30年生, 2)同13年生

特に高い耐久性を示しました。ただマンギウムは30年生のものは最大の評価でしたが、もう少し若い13年生のものは耐久性が中位ということで、評価が分かれました。これが年齢効果であるのかどうかは、はっきりと言うことは出来ませんが、とにかくこのような結果が出ています。ファルカータとカメレレは心材耐久性が「小」で、キャンプノスペルマとターミナリアは

「最少」、これはエゾマツ、トドマツ並みということですから。メリナ、ロブスタ等の「最大」級の耐久性は国産材ではカヤ、コウヤマキ並みで、ヒノキやヒバよりも高いということになります。また、この表の一番右には「耐用年数」として年数を示しましたが、これは野外の杭試験で評価して、実用的にはもう使えないと評価される場所まで腐朽する年数にあたります。