

熱帯造林木の材質評価 および 加工適性評価

プロジェクトチーム

The Wood Qualities and Wood Processing
Aptitudes of Plantation-Grown Trees in the
Tropics

Project Team

キーワード : ターミナリア, キャンブノスペルマ, カメレレ, ユーカリ・ロブスタ
Keywords : Terminalia calamansanai, Camptosperma brevlbetiolata,
Eucalyptus deglupta, Eucalyptus robusta

目 次

はじめに	1
第1章 原木形質調査	2
1.1 供試原木	2
1.2 調査方法	3
1.3 調査結果	3
1.4 Abstract	6
1.5 文 献	6
第2章 基礎的性質の分析	7
2.1試験方法	7
2.2 試験結果および考察	8
2.3 基礎的性質の評価	18
2.4 ま と め	22
2.5 Abstract	23
2.6 文 献	24
第3章 耐朽性試験	25
3.1供試材	25
3.2 試験方法	25
3.3 試験結果および考察	25
3.4 ま と め	27
3.5 Abstract	28
3.6 文 献	30
第4章 挽き材の乾燥性	31
4.1試験方法	31
4.2 試験結果および考察	31
4.3 Abstract	34
4.4 文 献	35
第5章 加工性能試験	36
5.1回転かんな切削性	36
5.2 釘および木ネジの保持力	37
5.3 Abstract	39
5.4 文 献	39
第6章 塗装および接着性能試験	40
6.1試験方法	40

6.2	試験結果および考察	40
6.3	ま と め	48
6.4	Abstract	49
6.5	文 献	50
第7章	床の硬さ試験	51
7.1	試験方法	51
7.2	試験結果および考察	52
7.3	ま と め	53
7.4	Abstract	53
7.5	文 献	54
第8章	内装材適性試験	55
8.1	はじめに	55
8.2	試験方法	55
8.3	試験結果および考察	57
8.4	おわりに	58
8.5	Abstract	58
8.6	文 献	58
第9章	合板製造適性試験	59
9.1	はじめに	59
9.2	試験方法	59
9.3	試験結果および考察	59
9.4	ま と め	67
9.5	Abstract	70
9.6	文 献	70
第10章	ボード類製造試験	71
10.1	はじめに	71
10.2	OSB	71
10.3	パーティクルボード	77
10.4	MDF	82
10.5	おわりに	87
10.6	Abstract	88
10.7	文 献	88

はじめに

熱帯地域に植栽され成林している早生樹についてはパルプチップ以外の、高い付加価値を持つ用途の開発が緊急の課題となっている。しかし、こうした樹種は植林の歴史が浅いことから、これらの材質や加工適性についての知見は少なく、用途開発を進める上でのネックになっている。

こうしたことから、筆者らは財団法人、国際緑化推進センターのご厚意により、こうした樹種について一連の試験を実施している。

本報告は、マレーシア産の造林木4樹種についてとりまとめた報告（標題「マレーシア産造林木の材質評価および加工適性評価」、林産試験場研究報告、86号、平成10年3月）に続くものである。そこで、上記の報告を以下「前報」と記述することにする。

本報告では、ソロモン群島産のターミナリア（*Terminalia calamansanai*）、キャンブノスペルマ（*Camptosperma brevipetiolata*）、カメレレ（*Eucalyptus deglupta*）、ハワイ諸島産のユーカリ・ロブスタ（*Eucalyptus robusta*）といった樹種の造林木を対象に進めた試験の結果を報告するが、ターミナリアとキャンブノスペルマについては、同じ地域から入手した天然木についても比較のため試験を行っているため、これらの結果も報告する。

なお、第7章、床の硬さ試験、第8章、内装材適性試験、第10章、ボード類製造試験では、前報で報告したマレーシア産の造林木であるアカシア・マンガウム^{注1)}（*Acacia mangium*）、モルツカネム（*Paraserianthes falcataria*）、メリナ（*Gmelina arborea*）、ユーカリ・デグレプタ^{注2)}（*Eucalyptus deglupta*）等も供試樹種に含まれている。

実施した試験と担当(カッコ内)は次のとおりである。

原木形質調査(技術部製材科)、基礎的性質の分析(利用部材質科)、耐朽性試験(性能部耐久性能科)、挽き材の乾燥性(技術部乾燥科)、加工性能試験(技術部加工科)、塗装および接着性能試験(性能部接着塗装科)、床の硬さ試験(技術部加工科)、内装材適性試験(性能部性能開発科)、合板製造適性試験(技術部合板科)、ボード類製造試験(技術部成形科)。

なお、本報告をとりまとめるにあたり、全体の構成については瀧澤(利用部)が担当したが、各試験ごとに章を独立させ、試験の方法、結果、担当者を記載し、それぞれの試験を完結させた。

この研究を進めるにあたり、貴重な供試材を供与していただいた、財団法人国際緑化推進センターに深く感謝の意を表します。

一利用部 主任研究員 瀧澤 忠昭(Tadaaki TAKIZAWA) -

注1)：前報では単に“アカシア”と記述している。

注2)：前報では単に“ユーカリ”と記述している。なお、この樹種は本報告で対象としている“カメレレ”とは同種のものである。しかし、カメレレとは産地が異なることから、この名称をそのまま使用することにする。

第1章 原木形質調査

1.1 供試原木

試験用原木は、ソロモン群島産のカメレレ(*Eucalyptus deglupta*)造林木16本、ターミナリア(*Terminalia calamansanai*)造林木24本、キャンブノスペルマ(*Camptosperma brevipetiolata*)造林木29本、ハワイ諸島産のユーカリ・ロブスタ(*Eucalyptus robusta*)造林木1本、マレーシア、サバ州産のアカシア・マンギウム(*Acacia mangium*)造林木10本である。なお、造林木と比較するため、ターミナリアで4本、キャンブノスペルマで3本の天然木を同時に試験した。

原木の状況は、樹皮がほとんど脱落し、丸太の表面が乾燥しているものが多かったが、木口や材面の汚れはほとんど見られなかった。なお、伐採時の損傷と思われる胴割れ(写真1-1)や木口割れの著し

第1-1表 供試原木
Table 1-1. Sample Logs.

樹種 Species	原木番号 Long number	材長 Length of log (m)	末口径級 Top diameter (cm)	元口径級 Butt diameter (cm)	材積 Solid volume (m ³)	備考 Remarks
カメレレ <i>E. deglupta</i>	2380	9.4	44	50	1.631	
	2390	11.0	37	47	1.524	造林木 Plantation tree
	2400	7.2	29	35	0.579	
	2401	11.6	37	46	1.531	
ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	2356	10.6	34	49	1.399	
	2360	11.2	29	38	0.958	造林木 Plantation tree
	2362	10.2	22	30	0.542	
	2429	9.0	30	39	0.817	
	2267	9.4	57	63	2.658	天然木 Natural forest tree
	2271	9.2	45	55	1.806	
キャンブノスペルマ <i>C. brevipetiolata</i>	236	8.6	32	36	0.781	
	272	5.6	22	25	0.233	造林木 Plantation tree
	285	5.0	27	31	0.330	
	361	11.0	25	38	0.830	
	11	9.0	65	79	3.664	天然木 Natural forest tree
	17	11.6	48	70	4.374	
ユーカリ・ロブスタ <i>E. robusta</i>	18	5.6	39	50	0.851	造林木 Plantation tree
アカシア・マンギウム <i>A. mangium</i>	1	4.0	24	25	0.212	
	8	3.8	32	39	0.366	
	22	4.0	23	27	0.196	
	50	4.0	23	25	0.181	
	53	4.2	21	25	0.175	造林木 Plantation tree
	78	4.0	22	25	0.166	
	85	4.0	27	28	0.229	
	101	4.0	22	27	0.181	
	139	4.0	21	27	0.181	
	189	4.0	18	29	0.166	

注原木番号、材長、径級及び材積は、検量明細より抜粋

Note: Log number, length, diameter and solid volume were made an extract from the delivery note.



写真1 - 1 キャンプノスペルマ（造林木）の胴割れ
 Photo . 1 - 1 . Surface shake of *C. brevipetiolata*
 (Plantation tree) log .

いものも見受けられた。

これらの原木のうち、第1 - 1表に示した基礎性質試験用原木を対象として原木の形質調査を行った。

1.2 調査方法

供試原木は、はく皮後、全数2mおきに玉切りし、それぞれに部位（玉番）を表す枝番号を記入した。次いで各原木の両木口面を短径及び長径にそって4分割し補助線を記入した。

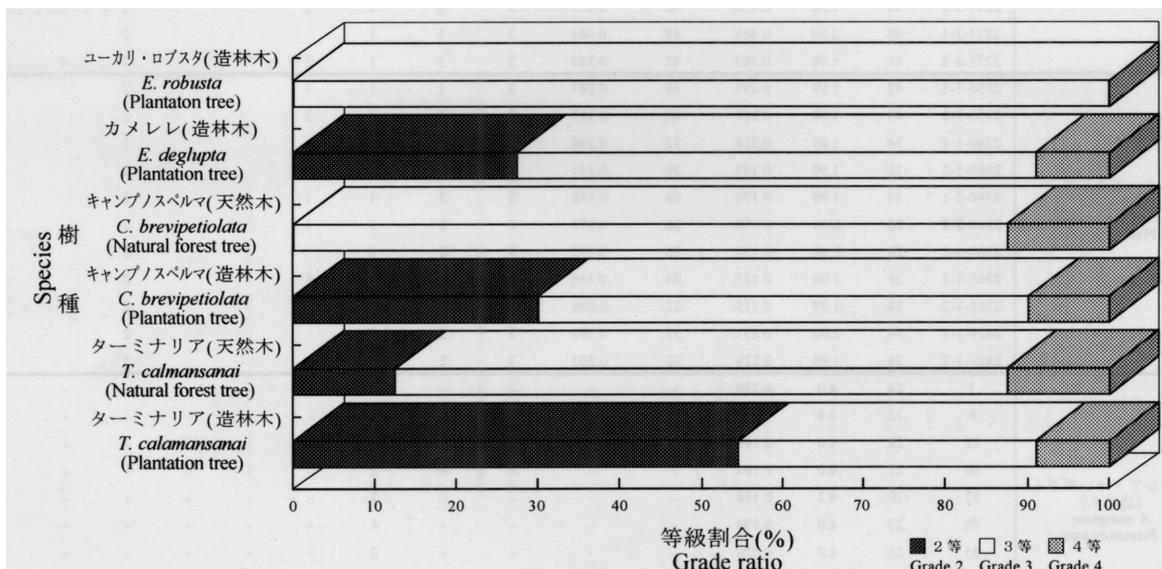
原木調査は、素材の日本農林規格に基づき、径級、材長、節、曲がり、木口割れ、目回り、腐れ、入皮、心割れ、変色、その他の欠点について調査し、それぞれの項目について等級格付を行った。なお、アカシア・マンギウムについては、平成6年度に詳細な調査を実施しており、当初、調査対象とはなっていないが、曲がりの大きなものが多かったため、曲がりについてのみ調査を行った。

調査結果は、所定の原木調査票¹⁾に記録するとともに、両木口を写真撮影した。

1.3 調査結果

調査結果を第1 - 2表、第1 - 1図に示す。

等級格付の結果、いずれの樹種についても1等材に該当するものはなく、4樹種のうち最も等級が高



第1 - 1図 樹種別の等級割合
 Fig . 1 - 1 . Grade of species .

第1 - 2表 原木の調査結果
Table 1 - 2 . Characteristics of sample log .

樹種 Species	原木番号 Log number	径級 Top diameter	材長 Length of log (m)	材積 Solid volume (m³)	空洞控除 径級 Practical use diameter (cm)	空洞控除 材積 Practical use volume (m³)	総合 等数 Total grade (等)	節 Grade for knot (等)	曲がり Grade for crook (等)	木口 割れ Grade for end shake (等)	目回り Grade for rings shake (等)	材面腐れ Grade for surface decay (等)	木口腐れ Grade for end decay (等)	入皮 Grade for bark pocket (等)	変色 Grade for staining (等)
キャンブノスベルマ (天然木) <i>C. brevipetiolata</i> Natural forest tree	11-1-1	70	1.87	0.916	64	0.766	3	2	1				3	1	3
	11-1-2	70	1.93	0.946	68	0.892	4	1	1				4	1	3
	11-2-1	68	1.98	0.916	64	0.811	3	1	1				2	1	3
	11-2-2	64	2.02	0.827	62	0.776	3	1	1		2		2	1	3
	17-1-1	64	1.97	0.807	64	0.807	3	1	1	3			2		1
	17-1-2	60	2.00	0.720	60	0.720	3	1	1				2		2
	17-2-1	58	2.00	0.673	58	0.673	3	1	1	1			2		2
17-2-2	58	1.99	0.669	56	0.624	3	1	1	1	2		2		1	
キャンブノスベルマ (造林木) <i>C. brevipetiolata</i> Plantation tree	236-1-1	34	1.99	0.230	32	0.204	2	2	1				2		2
	236-1-2	32	1.87	0.191	30	0.168	2	1	1				2		1
	236-2-1	30	1.98	0.178	28	0.155	2	1	1				2	1	2
	236-2-2	28	2.03	0.159	26	0.137	3	2	1	1			2		3
	272-1-1	22	2.00	0.097	20	0.080	3	2	1				3		2
	272-1-2	22	1.99	0.096	20	0.080	3	1		1			3		1
	285-1-1	26	2.00	0.135	24	0.115	4	1	1			3	4		2
	285-1-2	26	1.97	0.133	24	0.113	3	3	1				2		1
	361-1-1	34	2.00	0.231	32	0.205	3	1	1			3	2		3
361-1-2	32	1.99	0.204	30	0.179	3	3	1	1			2		1	
カメレレ (造林木) <i>E. deglupta</i> Plantation tree	2380-1-1	46	2.02	0.427	44	0.391	3	1	1	1	3		2		1
	2380-1-2	46	1.91	0.404	44	0.370	2	1	1				2		1
	2390-1-1	40	1.99	0.318	38	0.287	4	2	1	2	4		2	1	1
	2390-1-2	40	1.89	0.302	38	0.273	3	1	1	2			2	2	2
	2390-2-1	38	1.98	0.286	38	0.286	3	2	1	2			2	3	3
	2390-2-2	38	1.98	0.286	36	0.257	2	1	1				2	1	1
	2390-3-1	34	1.98	0.229	32	0.203	3	1	1	3			2	1	1
	2400-1-1	32	2.00	0.205	30	0.180	2	1	1				2	1	1
	2400-1-2	28	1.97	0.154	26	0.133	3	1	1				5		6
	2401-1-1	42	2.00	0.353	40	0.320	3	1	1	2			3	1	3
2401-1-2	40	2.04	0.326	38	0.295	3	1	1				2	2	3	
ユーカリ・ロブスタ (造林木) <i>E. robusta</i> Plantation tree	18-1-1	42	1.94	0.342	40	0.310	3	1	1	2	3		2		1
	18-1-2	38	1.92	0.277	36	0.249	3	1	1				2		2
ターミナリア (天然木) <i>T. calamansanai</i> Natural forest tree	2267-1-1	56	1.98	0.621	56	0.621	2	1	1	2	1		2		1
	2267-1-2	54	1.89	0.551	52	0.511	3	1	1	2			2		1
	2267-2-1	52	1.97	0.533	52	0.533	3	3	1	1	2		2	1	1
	2267-2-2	52	1.99	0.538	50	0.498	3	1	1	2			2	1	2
	2271-1-1	50	2.00	0.500	48	0.461	4	1	1	4	2		2		3
	2271-1-2	48	1.98	0.456	46	0.419	3	1	1	1			2	1	2
	2271-2-1	48	2.00	0.461	48	0.461	3	3	1				2		2
	2271-2-2	44	1.98	0.383	42	0.349	3	1	1	2			2	1	1
ターミナリア (造林木) <i>T. calamansanai</i> Plantation tree	2356-1-1	42	1.99	0.351	38	0.287	3	1	1	3			3		3
	2356-1-2	40	1.98	0.317	40	0.137	3	1	1	2			2		1
	2360-1-1	34	1.89	0.218	32	0.194	2	1	1	2			2		1
	2360-1-2	32	1.90	0.195	30	0.171	2	2	1				2		1
	2360-2-1	30	1.99	0.179	28	0.156	2	2	1	1			2		1
	2360-2-2	28	2.01	0.158	26	0.136	2	2	1	1			2		1
	2360-3-1	28	2.00	0.157	26	0.135	2	2	1				2		2
	2362-1-1	26	2.00	0.135	24	0.115	4	1	1	4			2		2
	2362-1-2	24	1.99	0.115	22	0.096	2	1	1	1			2		1
	2429-1-1	34	2.00	0.231	32	0.205	3	2	1				2		2
2429-1-2	34	1.98	0.229	32	0.203	3	2	1	1			2		1	
アカシア・マンギウム (造林木) <i>A. mangium</i> Plantation tree	1	24	4.0	0.230	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
	8	32	3.8	0.389	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-
	22	22	4.0	0.194	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
	50	22	4.0	0.194	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
	53	20	4.2	0.168	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-
	78	22	4.0	0.194	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
	85	26	4.0	0.270	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-
	101	22	4.0	0.194	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
	139	20	4.0	0.160	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
189	18	4.0	0.130	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	

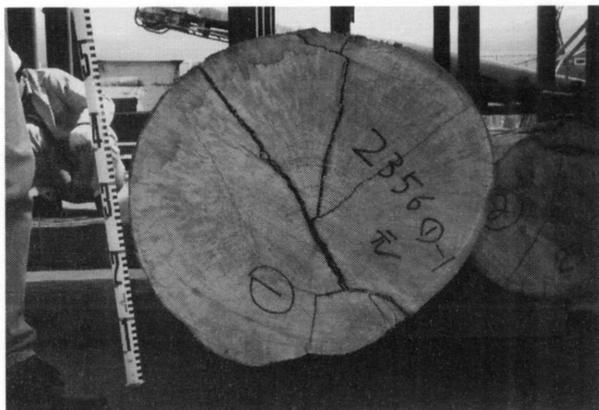


写真1-2 ターミナリア 造林木 の木口割れ
Photo . 1 - 2 . End decay and T. calamansanai
(Plantation tree) log.



写真1-3 キャンプノスペルマ(造林木)の木口腐れ,変色
photo 1 1-3 . End decay and staining of
C. brevipetiolata(plantation tree)log.



写真1-4 キャンプノスペルマ(天然木)の木口腐れ,木口割れ
Photo . 1-4 End decay and end shake of
C. brevipetiolata (Natural forest
tree)log.

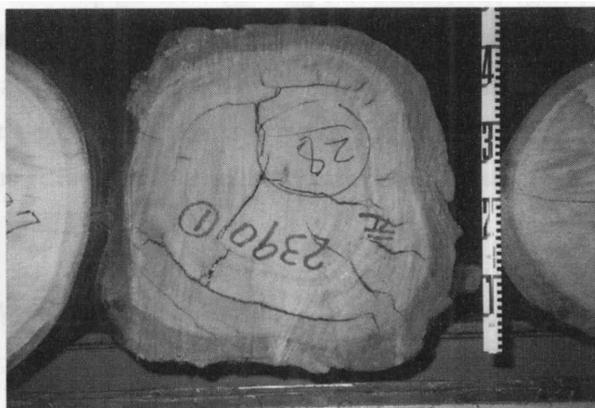


写真1-5 カメレレ 造林木)の目回り、心割れ、変色
Photo . 1-5 . Heart shake and staining of
E. deglupta (Plantation tree) log.

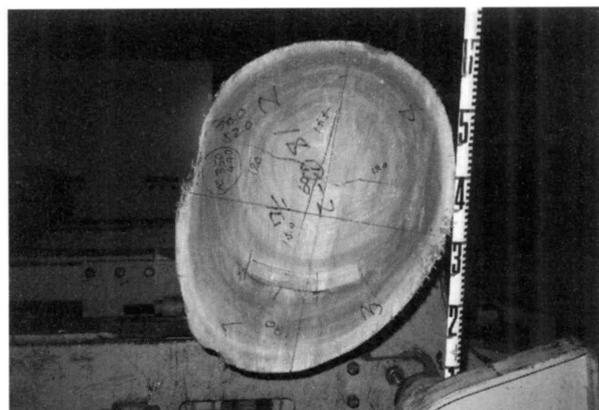


写真1-6 ユーカリ・ロブスタ 造林木 の心割れ、目回り
Photo . 1-6 . Heart shake and ring shake
E. deglupta (Plantation tree) log.

かったのは、2等材の割合が54%のターミナリア
(造林木)であった。次いでキャンプノスペルマ(造
林木)、カメレレ、ターミナリア(天然木)、ユーカ
リ・ロブスタ、キャンプノスペルマ(天然木)の順
となった。

等級の決定要因は、ターミナリアが造林木及び天
然木とも木口割れ、心割れが多く(写真1-2)、キャン
プノスペルマ(造林木)が木口腐れ、材面腐れ(写
真1-3)、キャンプノスペルマ(天然木)が木口腐れ、
心割れ、変色(写真1-4)、カメレレが目回り、心割
れ、変色(写真1-5)、ユーカリ・ロブスタが心割れ、
目回り(写真1-6)が多かった。なお、節について

は、造林木(ターミナリア、キャンプノスペルマ)が2等の割合が高かったが、その他の樹種について
は約8割が1等に格付けされ、等級決定の大きな要因とはならなかった。

その他、全樹種において、木口腐れが存在し、全体の84%が空洞控除^註の対象となり、控除材積は
総材積の7.8%であった。

1.4 Abstract

Observational characteristics of tropical woods were investigated according to JAS (Japanese agricultural standard). Sample trees were *Eucalyptus deglupta* from a plantation forest, *Terminalia calamansanai* and *Camposperma brevipetiolata* from a plantation and a natural forest from the Solomon Islands, and *Eucalyptus robusta* from a plantation forest from the Hawaiian Islands, and *Acacia mangium* from a plantation forest from the States of Sabah in Malaysia. The items of investigations were length, diameter, crook, knot, shake, decay, etc.

The results of investigations are summarized as follows :

- 1) *T. calamansanai* (plantation tree) was superior to other species in visual grade (Table 1-2. and Fig. 1-1).
- 2) The primary factor of the grade of *T. calamansanai* was almost end shakes and heart shakes. There was no large difference in the grade between sample trees from a plantation forest and those from a natural forest.
- 3) That of *C. brevipetiolata* from plantations was almost end decay and surface decay.
- 4) That of *C. brevipetiolata* from natural forests was almost end decay, heart shakes and staining.
- 5) That of *E. deglupta* was almost ring shakes, heart shakes and staining.
- 6) That of *E. robusta* was almost heart shakes and ring shakes.

1.5 文 献

- 1)窪田純一 ほか5名:マレーシア産造林木の材質評価および加工適性評価, 第1章, 原木形質調査, 林産試研報, 86, 2(1998).

- 技術部製材科 窪田 純一 (Jun-ichi KUBOTA) -
- 同 上 東 智則 (Tomonori AZUMA) -
- 企画指導部 企画課 山崎 亨史 (Michifumi YAMAZAKI) -
- 水産林務部 森林計画課 成澤 直人 (Naoto NARISAWA) -

注):空洞控除:径級14cm以上の丸太において, 木口面の空洞あるいは腐れなどにより利用できない部分がある場合,それが複数であっても一つの均一な空洞(円柱状)とみなして近似径(空洞径)を求め,その木口の径級に対する百分率が2.0%以上のものについては,空洞体積を控除した空洞控除径を適用する。

第2章 基礎的性質の分析

2.1 試験方法

基礎性質に関する試験は、ターミナリア(*Terminalia calamansanai*), キャンプノスペルマ(*Camposperma brevipetiolata*), カメレレ(*Eucalyptus deglupta*), ユーカリ・ロブスタ(*Eucalyptus robusta*)の4樹種(写真2-1~2-6)について行った。なお、ターミナリアとキャンプノスペルマについては、比較のため同じ地域から入手した天然木についても試験した。

選木した試験用の原木に第2-1表のような供試木番号を付けた。

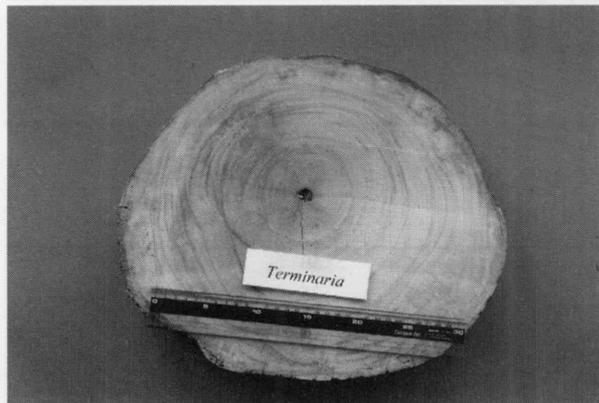


写真2-1 ターミナリア(造林木)
Photo. 2-1. *T. calamansanai* (Plantation tree)

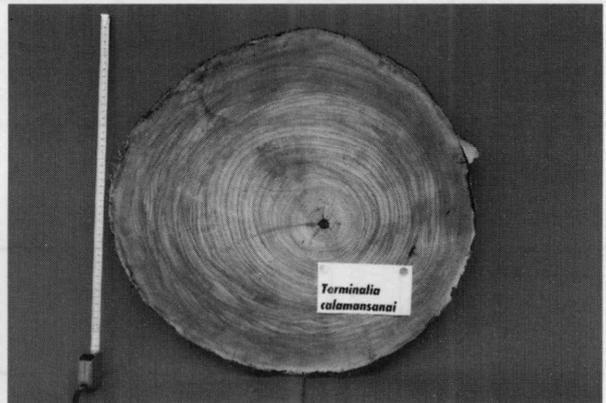


写真2-2 ターミナリア(天然木)
Photo. 2-2. *T. calamansanai* (Natural forest tree)



写真2-3 キャンプノスペルマ(造林木)
Photo. 2-3. *C. brevipetiolata* (Plantation tree)

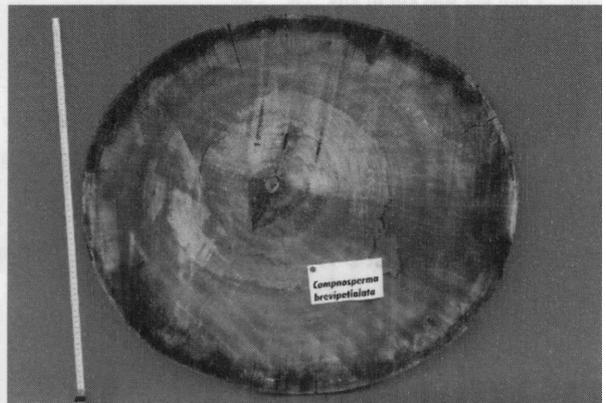


写真2-4 キャンプノスペルマ(天然木)
Photo. 2-4. *C. brevipetiolata* (Natural forest tree)

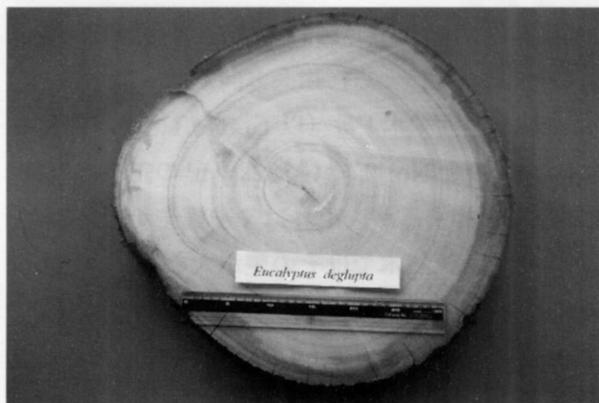


写真2-5 カメレレ
Photo. 2-5. *E. deglupta*

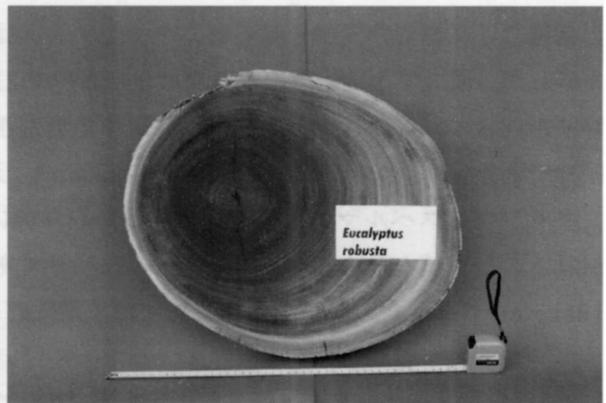


写真2-6 ユーカリ・ロブスタ
Photo. 2-6. *E. robusta*

第2-1表 基礎的性質における供試木の概要

Table 2-1. Description of species used for test of wood qualities.

樹種 Species	供試木番号 Tested log number	原木番号 Log Number	材長 Length of log (m)	元口径級 Butt diameter (cm)	玉番 Log number from butt
ターミナリア (造林木) <i>T. calamansanai</i> (Plantation tree)	1	2356	10.6	49	I
	2	2362	10.2	30	I
	3	2429	9.0	39	I
	4,5,6,7,8	2360	11.2	38	I ~ V
ターミナリア (天然木) <i>T. calamansanai</i> (Natural forest tree)	9,10	2267	9.4	63	I, III
	11,12	2271	9.2	55	I, III
キャンブノスベルマ (造林木) <i>C. brevipetiolata</i> (Plantation tree)	13,14,15,16	236	8.6	36	I ~ IV
	17	272	5.6	25	I
	18	285	5.0	31	I
	19	361	11.0	38	I
キャンブノスベルマ (天然木) <i>C. brevipetiolata</i> (Natural forest tree)	21,22	11	9.0	79	I, III
	23,24	17	11.6	70	I, III
カメレレ <i>E. deglupta</i>	25	2380	9.4	50	I
	26	2400	7.2	35	I
	27	2401	11.6	46	I
	28,29,30,31,32	2390	11.0	47	I ~ V
ユーカリ・ロブスタ <i>E. robusta</i>	33	18	5.6	50	I

注丸太は2mに玉切りした。

Note: Each log was cut in 2m.

試験項目および試験方法は前報¹⁾に掲載されている試験方法に準拠して行った。ただし、生材含水率については4mの部位のみ測定した。また、収縮率については寸法が30×30×5mm(T方向×R方向×L方向)の二方柱の試験体について、接線方向(T方向)と放射方向(R方向)の2方向について測定した。なお、長短2方向の試験については、前報¹⁾と同様、図中で短径側を+とし、長径側を-で表示した。

2.2 試験結果および考察

2.2.1 容積密度数

供試木ごとの容積密度数を第2-2表に、それぞれの樹幹内変動を第2-1図に示した。

樹種ごとに樹幹内変動を見ると、ターミナリアは、水平方向では髓から外側に向かって容積密度数は上昇した。最大値と最小値の差は、大きいもので232kg/m³であった。一、九樹高方向では、部位ごとの容積密度数の差は小さかった。また、個体差が大きく、造林木の供試木1番(以下、No.1と称す。他も同様である。)とNo.4では、平均値で186kg/m³、天然木のNo.9とNo.11でも182kg/m³の差があった。

キャンブノスベルマの容積密度数も髓から外側に向かって上昇するが、上昇はやや緩やかであった。造林木の最大値と最小値の差は最大で83kg/m³であった。一方、天然木ではその差が大きく、No.21は188kg/m³であった。なお、樹高方向では、部位ごとの容積密度数の差は小さかった。

カメレレは、髓から10cm程度まではほぼ横ばいで推移し、その後急激に上昇した。その差は、大きいもので273kg/m³であった。樹高方向では、部位ごとの容積密度数の差は他の樹種と同様に小さかった。ユーカリ・ロブスタの容積密度数は髓から外側に向かって上昇した。最大値と最小値の差は290kg/m³で

第2-2表 樹種別の容積密度数
Table 2-2. Bulk density of each species.

樹種 Species	供試木番号 Tested log number	最大値 Max. (kg/m ³)	最小値 Min. (kg/m ³)	平均値 Av. (kg/m ³)
ターミナリア (造林木) <i>T. calamansanai</i> (Plantation tree)	1	641	375	508
	2	548	272	417
	3	459	264	331
	4	458	223	322
ターミナリア (天然木) <i>T. calamansanai</i> (Natural forest tree)	9	676	391	583
	11	525	271	401
キャンプノスペルマ (造林木) <i>C. brevipetiolata</i> (Plantation tree)	13	358	275	322
	17	280	240	262
	18	348	267	311
	19	333	259	299
キャンプノスペルマ (天然木) <i>C. brevipetiolata</i> (Natural forest tree)	21	418	230	325
	23	382	238	315
カメレレ <i>E. deglupta</i>	25	553	377	441
	26	476	322	373
	27	485	314	365
	25	602	329	412
ユーカリ・ロブスタ <i>E. robusta</i>	33	704	414	587

注一 番玉のみの値

Note: Values are that of only first log.

大きかった。

2.2.2 枝節

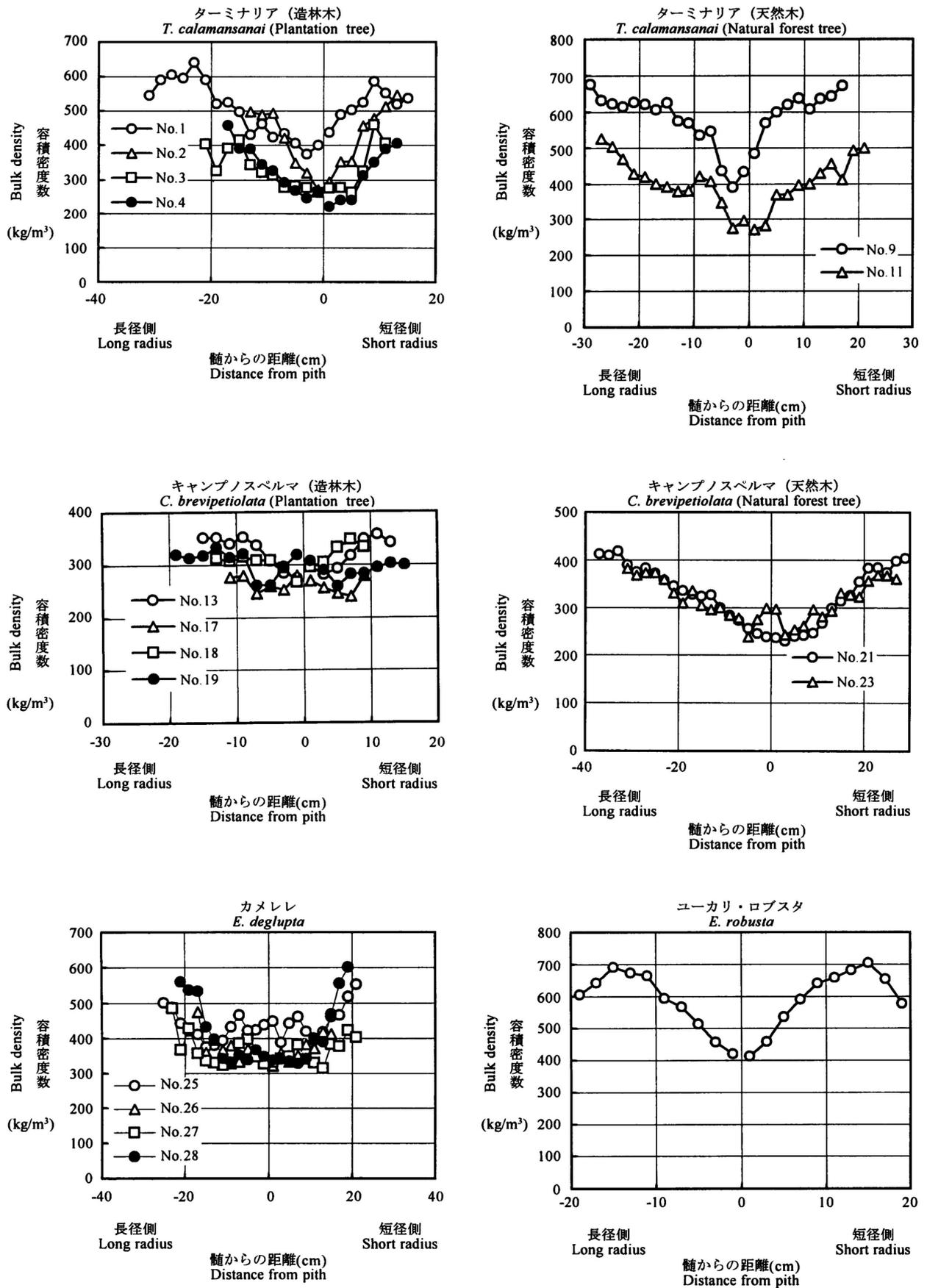
厚さ30mmの板材を用い、樹心から連続的に並べ、板面における節の数、節の径を直径10mm以上のものについて測定した。

樹種ごとの節の数、径、長さの平均値を第2-3表に示した。節の数は材長2mあたりの平均値を示したものであり、節の長さおよび平均径は出現した全節の平均値を示したものである。

第2-3表に示したように、節の数はいずれの樹種も10個以下であったが、ターミナリアの造林木のうちの一本(No.3)のみが26個と極端に多かった。

造林木と天然木を比較すると、ターミナリアもキャンプノスペルマも天然木の方が節数は少なかった。また、カメレレの節数は前報)と一致していた。節の径および節の長さはキャンプノスペルマの造林木No.19を除けば、ターミナリア、キャンプノスペルマ、カメレレはほぼ同じ値となった。ユーカリ・ロブスタは他樹種よりも、節の径および節の長さが若干小さかった。今回の供試木は前報¹⁾の樹種に比べて節径が小さかった。

ターミナリア、キャンプノスペルマ、カメレレの各1本については部位別にも枝節の観察を行ったが、3樹種とも1番玉よりも上の部位の方が節数、節の長さ、節の平均径が大きかった。



第2-1図 髓からの距離における容積密度数

Fig. 2-1. Variation of bulk density in distance from pith.

第2-3表 樹種別の節の数および大きさ

Table 2-3. Number, length and diameter of knots of each species.

樹種 Species	供試木番号 Tested log number	節数 Number of knots	平均節径(Av.) Diameter of knots (mm)	平均節長(Av.) Length of knots (mm)
ターミナリア (造林木) <i>T. calamansanai</i> (Plantation tree)	1	7	36	60
	2	5	17	35
	3	26	29	64
	4	8	18	69
	平均値 Av.	12	25	57
ターミナリア (天然木) <i>T. calamansanai</i> (Natural forest tree)	9	6	25	65
	11	4	30	58
	平均値 Av.	5	28	62
キャンプノスペルマ (造林木) <i>C. brevipetiolata</i> (Plantation tree)	13	9	30	75
	17	7	25	67
	18	7	25	61
	19	1	50	215
	平均値 Av.	6	33	105
キャンプノスペルマ (天然木) <i>C. brevipetiolata</i> (Natural forest tree)	21	2	25	80
	23	2	25	35
	平均値 Av.	2	25	58
カメレレ <i>E. deglupta</i>	25	10	32	58
	26	10	21	76
	27	9	25	80
	28	3	10	35
	平均値 Av.	8	22	62
ユーカリ・ロブスタ <i>E. robusta</i>	33	6	17	43

注—番玉のみの値

Note: Values are that of only first log.

2.2.3 生材含水率

生材含水率は、地上高4m部位の円板で測定した。樹種別の生材含水率の値を第2-4表に、髄からの距離に伴う生材含水率の樹幹内変動を、第2-2図に示した。

樹種ごとの平均含水率は、カメレレが111(光で最も大きく、以下ユーカリ・ロブスタ、キャンプノスペルマ、ターミナリアの順であった。生材含水率はターミナリアでは髄から外側にかけてほぼ直線的に減少した。しかし個体差が大きく、樹心部の含水率が70~110%とバラツキが大きかった。キャンプノスペルマについても、ターミナリアと同様な傾向を示したが、造林木の中に樹心付近の含水率の高いものもあった。カメレレは全体的に含水率が高く、いずれの供試木も外側の2cm以外では、含水率100%以上であり、その結果は、前報¹⁾とも一致していた。ユーカリ・ロブスタの含水率は樹心部では120%程度であるが、髄から外側にかけて急激に減少していた。天然木と造林木の値を比較するとターミナリアもキャンプノスペルマも平均含水率ではほぼ同じ値であった。

第2-4表 樹種別の生材含水率

Table 2-4. Moisture content in green of each species.

樹種 Species	生材含水率 (%) Moisture content in green		
	最大値 Max.	最小値 Min.	平均値 Av.
ターミナリア (造林木) <i>T. calamansanai</i> (Plantation tree)	106	28	66
ターミナリア (天然木) <i>T. calamansanai</i> (Natural forest tree)	87	37	62
キャンプノスペルマ (造林木) <i>C. brevipetiolata</i> (Plantation tree)	141	28	77
キャンプノスペルマ (天然木) <i>C. brevipetiolata</i> (Natural forest tree)	104	21	77
カメレレ <i>E. deglupta</i>	155	29	111
ユーカリ・ロブスタ <i>E. robusta</i>	119	54	81

2.2.4 容積重と収縮率

第2-5表に樹種別の容積重と収縮率を示した。ターミナリアの2本の天然木は容積密度数の測定結果からも容積重が大きく異なっておりそれに伴って諸性質が異なったので別々に示した。

樹種ごとに容積重と収縮率をみると、ターミナリアは造林木の容積重が気乾で 0.42g/cm^3 となり天然木よりも小さく、収縮率も小さかった。ターミナリアの天然木は、No.9がNo.11よりも容積重、収縮率ともに大きかった。

キャンプノスペルマの造林木は容積重、収縮率とも天然木のそれとほとんど差がなかった。また、異方度(T/R)は2.1で4樹種中最も大きかった。

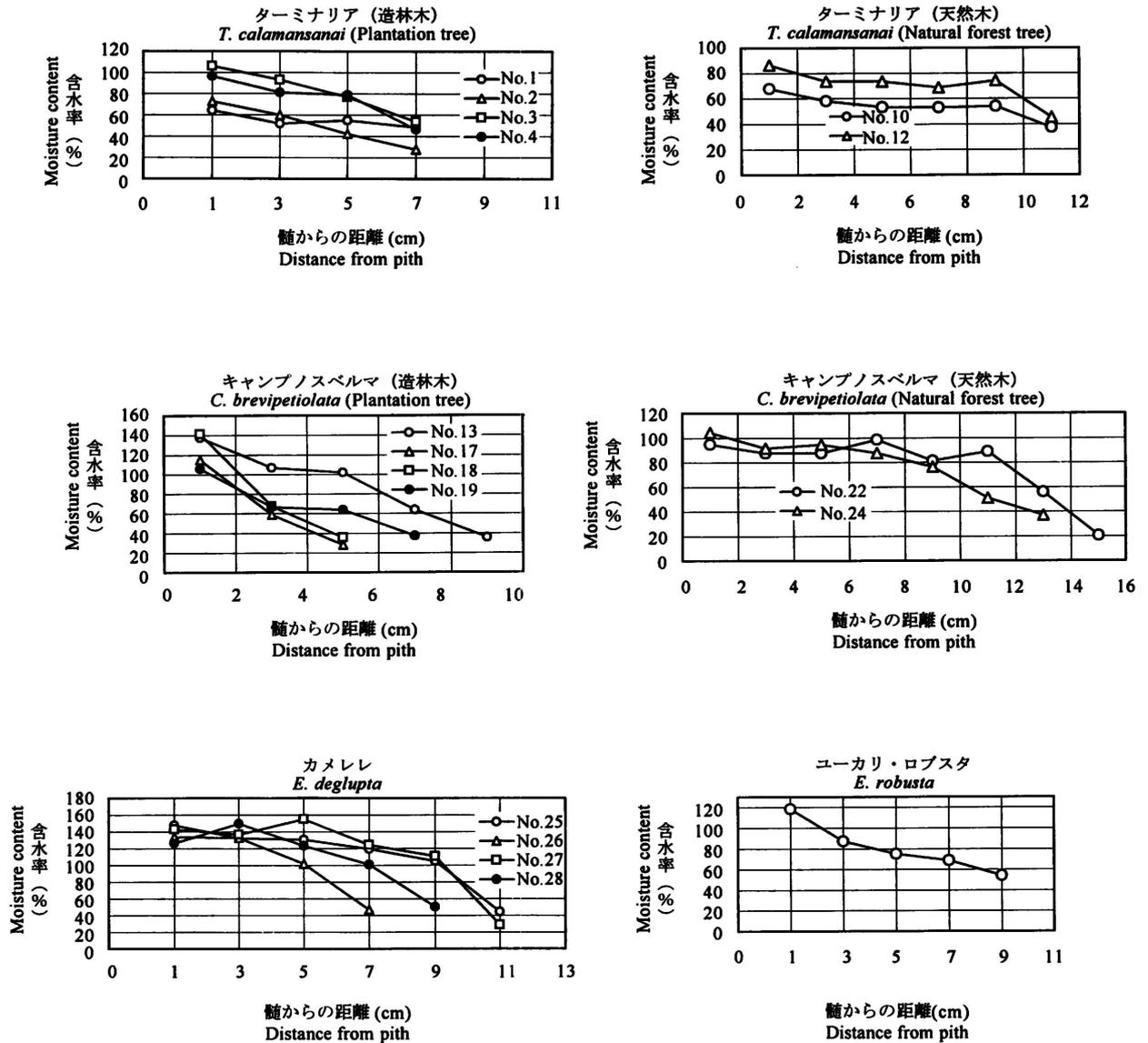
カメレレの容積重は気乾で 0.50g/cm^3 であり、前報¹⁾の 0.45g/cm^3 に比べて大きかったが、収縮率はほぼ同じであった。

ユーカリ・ロブスタの全収縮率は接線方向で12.7%、半径方向で7.8%であり、4樹種中極めて大きな値を示したが、平均収縮率ではR方向の値が大きいため異方度は1.2で最も小さかった。なお、図には示さなかったが、ユーカリ・ロブスタの全収縮率の水平変動は、髄から外側に向かって急激な減少傾向を示し、他の樹種と逆の現象を示した。極めて牽賢しい樹種と言えそうである。

2.2.5 脆心材の範囲

目視によるもめの存在確認などから脆心材の存在する範囲を判定した。目視による観察では、明らかな圧縮破壊線は認められなかった。そのため、髄から樹皮側に向かって連続的に1cmごとに柾目面の顕微鏡用切片を採取し、偏光顕微鏡によりslip planeの有無を測定した。観察結果を評価するにあたり、便宜上slip planeの出現状況を以下のように区分した。

- 「顕著」 対物倍率×10で試料中に明らかなslip planeが高頻度で認められるもの。
- 「有り」 対物倍率×10で試料中に明らかなslip planeが複数認められるもの。
- 「軽微」 対物倍率×20か×40でslip planeが見られるが稀であるか、複数認められても軽微なもの。
- 「無し」 slip planeが全く認められないもの。



第2-2図 生材含水率の変動

Fig. 2-2. Variation of moisture content in green of each species.

以上の区分結果をもとにslip planeの出現位置とその占有割合を第2-6表に示した。

樹種ごとの傾向をみると、ターミナリア造林木のslip planeの出現範囲は、平均27.0%、最大60.2%であった。天然木では平均24.4%で、最大46.8%となり、おおむね大きな値であった。また、短径側よりも長径側において、slip planeが広い範囲で出現する傾向が認められた。

キャンブノスベルマは造林木にはほとんど出現しなかったが、天然木は平均43.0%、最大56.7%で大きな値となった。

カメレレについては、高倍率(対物倍率×20~40)で観察できるものがわずかに存在する程度で、前報⁹⁾の結果と異なっていた。

ユーカリ・ロブスタは、平均31.7%、最大32.6%であった。また、ターミナリアと同様に、短径側よりも長径側において、slip planeが広い範囲で出現する傾向が認められた。

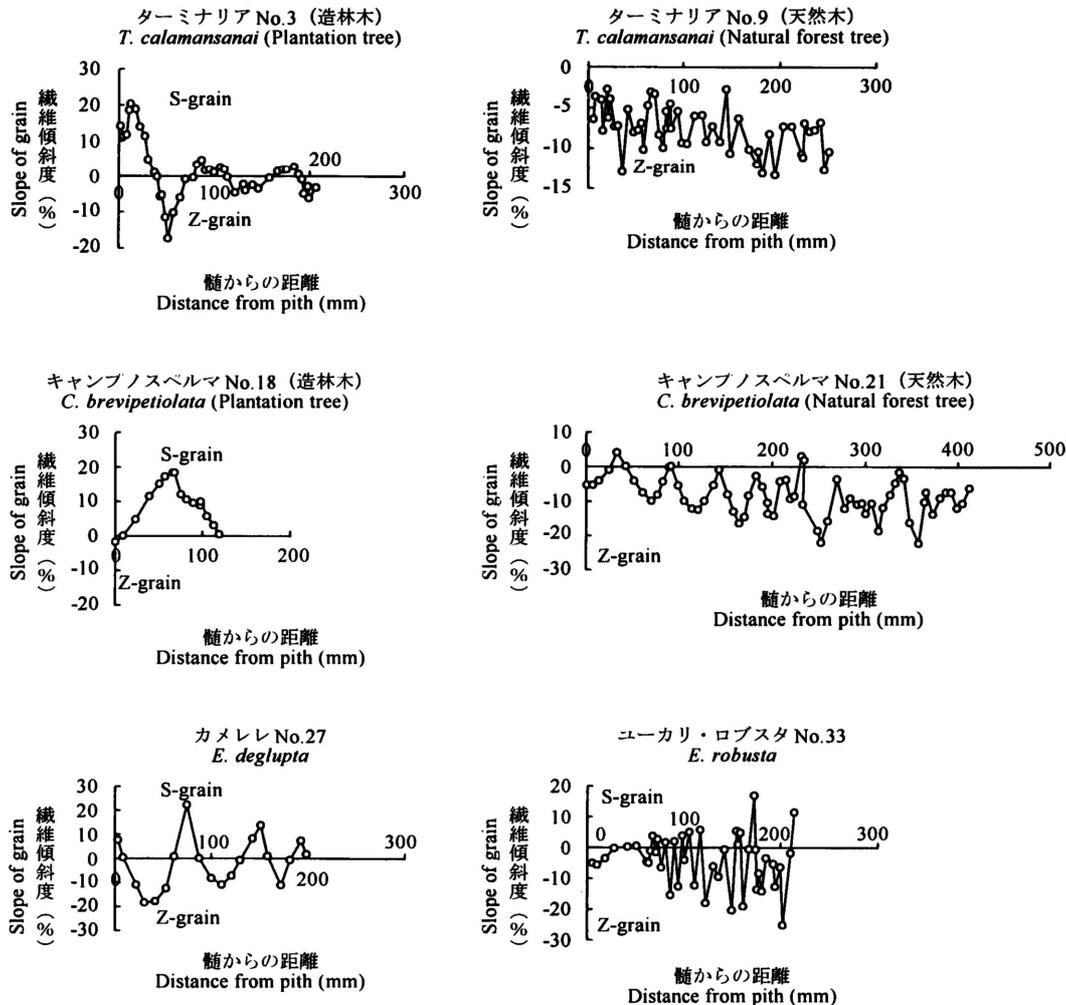
2.2.6 交錯木理

交錯木理は、割裂面の変動パターンから算出するが、基準線を境にZ傾斜とS傾斜とした。Z傾斜は、樹皮側から見て樹幹軸に対し右上から左下方向傾斜で、図にするとマイナスで示される。S傾斜はその

第2-5表 樹種別の容積重と収縮率

Table 2-5. Specific gravity and shrinkage of each species.

樹種 Species	測定値 Measured values	全乾容積重 Specific gravity in oven dry (g/cm ³)	気乾容積重 Specific gravity in air dry (g/cm ³)	収縮率 Shrinkage (%)				T/R
				全収縮率 From green to oven dry moisture content		含水率1%当たり の収縮率 Per 1% moisture content		
				接線方向 Tangential direction	放射方向 Radial direction	接線方向 Tangential direction	放射方向 Radial direction	
ターミナリア (造林木) <i>T. calamansanai</i> (Plantation tree)	試験片数 n	83	83	83	83	83	83	83
	最大値 Max.	0.70	0.74	7.9	5.7	0.30	0.23	2.5
	最小値 Min.	0.22	0.24	2.2	1.0	0.12	0.05	1.1
	平均値 Av.	0.38	0.42	4.9	2.9	0.21	0.13	1.7
ターミナリア (天然木) No.9 <i>T. calamansanai</i> (Natural forest tree)	試験片数 n	32	32	32	32	32	32	32
	最大値 Max.	0.72	0.76	8.0	5.4	0.34	0.25	1.7
	最小値 Min.	0.40	0.43	5.5	2.8	0.25	0.17	1.2
	平均値 Av.	0.62	0.66	7.5	4.9	0.30	0.21	1.4
ターミナリア (天然木) No.11 <i>T. calamansanai</i> (Natural forest tree)	試験片数 n	22	22	22	22	22	22	22
	最大値 Max.	0.60	0.65	6.9	4.4	0.29	0.20	2.1
	最小値 Min.	0.39	0.42	4.9	2.2	0.20	0.10	1.4
	平均値 Av.	0.46	0.50	6.3	3.6	0.25	0.15	1.6
キャンブノスペルマ (造林木) <i>C. brevipetiolata</i> (Plantation tree)	試験片数 n	64	64	64	64	64	64	64
	最大値 Max.	0.37	0.40	8.5	3.1	0.28	0.16	2.9
	最小値 Min.	0.26	0.29	4.6	1.5	0.16	0.05	1.5
	平均値 Av.	0.33	0.36	6.0	2.3	0.22	0.11	2.1
キャンブノスペルマ (天然木) <i>C. brevipetiolata</i> (Natural forest tree)	試験片数 n	80	80	80	80	80	80	80
	最大値 Max.	0.47	0.51	9.6	3.5	0.33	0.19	2.8
	最小値 Min.	0.24	0.26	5.5	2.1	0.15	0.08	1.3
	平均値 Av.	0.37	0.40	6.8	2.9	0.25	0.13	1.9
カメレレ <i>E. deglupta</i>	試験片数 n	100	100	100	100	100	100	100
	最大値 Max.	0.77	0.81	8.8	6.8	0.35	0.29	2.6
	最小値 Min.	0.34	0.38	4.1	1.7	0.17	0.08	1.0
	平均値 Av.	0.46	0.50	6.0	3.5	0.25	0.16	1.6
ユーカリ・ロブスタ <i>E. robusta</i>	試験片数 n	12	12	12	12	12	12	12
	最大値 Max.	0.82	0.88	20.4	12.5	0.41	0.34	1.5
	最小値 Min.	0.61	0.65	6.6	4.4	0.17	0.17	0.9
	平均値 Av.	0.75	0.80	12.7	7.8	0.26	0.22	1.2



第2-3図 樹種別の繊維傾斜度の推移

Fig. 213. Variation of slope of grain in each species.

逆でありプラスで示される。

交錯木理は基準線を境に波のような割裂面で示される場合が多く、それぞれの試験片の中で、山谷の高低差の最大値を最大繊維交錯度とした。

各樹種の短径側における繊維傾斜度の推移を一例として第2-3図に示した。また、各供試木の最大繊維交錯度を第2-7表に示した。

交錯木理の最も大きいものはカメレレであり、その値は37.3%であり、前報1)の30.1%よりも大きな値であった。カメレレの交錯木理は規則性がみられ、約3cmごとにピークが現れた。

ターミナリアの最大繊維交錯度は平均値では4樹種の中で最も小さかったが、個体のバラツキが大きかった。平均値では造林木も天然木もほぼ一致した値であった。

キャンブノスベルマは、明らかな交錯木理は見られず、S旋回の繊維傾斜を示したものもあった。個体のバラツキが大きいが、平均値では、天然木の最大繊維交錯度が造林木より大きかった。

ニューカリ・ロブスタの最大繊維交錯度は33.8%であり、カメレレと同様その値は大きかった。南洋材の場合、最大繊維交錯度が15%以下であれば小さいとされている。この基準値以下の樹種はターミナリアの造林木と天然木であった。

2.2.7 吸水量

板材の髄からその半径の1/2および3/4の距離から試験体を採取した。前者の部位をI (Inner)後者の部位をO (Outer)と名づけた。本試験の結果を第2-8表に示した。

第2-7表 樹種別の最大繊維交錯度

Table 2-7. Maximum degree of interlocked grain of each species.

樹種 Species	供試木番号 Tested log number	最大繊維交錯度 Max.degree of interlocked grain (%)		
		短径側 Short radius	長径側 Long radius	平均 Av.
ターミナリア (造林木) <i>T. calamansanai</i> (Plantation tree)	1	9.7	23.0	16.4
	2	9.3	6.6	8.0
	3	11.3	37.7	24.5
	4	8.1	6.7	7.4
ターミナリア (天然木) <i>T. calamansanai</i> (Natural forest tree)	9	10.2	10.7	10.5
	11	13.3	22.6	18.0
キャンブノスペルマ (造林木) <i>C. brevipetiolata</i> (Plantation tree)	13	22.4	37.1	29.8
	17	5.2	10.2	7.7
	18	14.8	9.5	12.2
	19	12.7	12.3	12.5
キャンブノスペルマ (天然木) <i>C. brevipetiolata</i> (Natural forest tree)	21	25.1	21.4	23.3
	23	26.4	15.1	20.8
カメレレ <i>E. deglupta</i>	25	32.7	33.6	33.2
	26	32.9	43.1	38.0
	27	36.3	40.7	38.5
	28	35.5	43.7	39.6
ユーカリ・ロブスタ <i>E. robusta</i>	33	36.6	30.9	33.8

4樹種とも部位(および0)による吸水量の差は顕著ではなかった。また、木口面が最大で、以下柾目面、板目面の順に小さくなった。

ターミナリアとキャンブノスペルマは造林木、天然木を問わず、吸水量が大きく、ほぼ同程度の値であった。カメレレは、前報1)の値よりも柾目面の吸水量が大きかった。

ユーカリ・ロブスタは4樹種中、吸水量が最も小さく、特に木口面と柾目面ではターミナリアとキャンブノスペルマのその1/3程度であった。

2.2.8 強度性能

各供試木について強度的性質を求めた。試験項目は、気乾状態における曲げ試験、縦圧縮試験、せん断試験(板目面、柾目面)、硬さ試験(木口面、板目面、柾目面)である。試験片は、樹心から樹皮側まで連続的に木取り、各部位から1個ずつ採取した。なお、含水率は圧縮試験片の値で代表した。

第2-9表に樹種ごとの強度試験結果を一括して示し、曲げ強さの樹幹内変動を第2-4図に示した。なお、前述したように、ターミナリアの天然木は諸性質が異なったので、第2-9表では供試木ごとに示した。

ターミナリアの強度の平均値は気乾容積重の最も大きい天然木のNo.9が最も大きかった。次いで天然木No.11、造林木となったが、この両者の値の差は小さくNo.11以上の強度を持つ造林木もあった。曲げ強さの樹幹内変動は容積密度数の樹幹内変動と同様に、髓から外側に向かって増加した。

第2-8表 樹種別の吸水量

Table 2-8. Amount of water absorption of each species.

樹種 Species	部位 Position of specimens	気乾容積重 Specific gravity in air dry (g/cm ³)	含水率 Moisture content (%)	吸水量 (g/cm ²) Amount of water absorption		
				木口面 Cross section	柁目面 Radial section	板目面 Tangential section
ターミナリア (造林木) <i>T. calamansanai</i> (Plantation tree)	I	0.49	11.7	0.291	0.084	0.071
	O	0.56	12.0	0.272	0.079	0.074
ターミナリア (天然木) <i>T. calamansanai</i> (Natural forest tree)	I	0.59	11.8	0.283	0.087	0.068
	O	0.64	11.9	0.303	0.087	0.068
キャンブノスペルマ (造林木) <i>C. brevipetiolata</i> (Plantation tree)	I	0.38	13.3	0.280	0.092	0.070
	O	0.39	13.1	0.286	0.088	0.077
キャンブノスペルマ (天然木) <i>C. brevipetiolata</i> (Natural forest tree)	I	0.40	12.7	0.301	0.074	0.059
	O	0.46	12.5	0.325	0.073	0.066
カメレレ <i>E. deglupta</i>	I	0.46	14.4	0.180	0.061	0.036
	O	0.55	14.7	0.151	0.048	0.034
ユーカリ・ロブスタ <i>E. robusta</i>	I	1.06	16.1	0.088	0.023	0.027
	O	0.96	15.0	0.066	0.023	0.032

注:I : 内側の部位, O:外側の部位
Note : I : Innerpart, O :outerpart.

キャンブノスペルマの造林木と天然木では、天然木の強度値が造林木よりも若干大きい程度で、その差は小さかった。また、掛子強さの値は髓から外側に向かって緩やかに増加した。

カメレレはターミナリアの造林木および天然木No.11の強度値とほぼ同様な値であり、前報⁹⁾の値ともほぼ一致していた。曲げ強さの変動は、容積密度数の結果と同様に、髓から10cm程度まではほぼ横ばいに推移し、その後増加した。

ユーカリ・ロブスタの強度値は髓から外側に向かって減少傾向を示した。この樹種については乾燥後の落ち込みが大きく、材の割れも多かったため、十分な数の試験片が作製できなかった。今後あらためて調査する必要がある。

2.3 基礎的性質の評価

今回の試験結果の材質評価を、森林総合研究所の天然木で試験した結果の階級区分⁹⁾に準拠して行った。その階級区分では、利用適性を評価するために5段階に区分した一覧表が作成されている。

物理的性質での評価項目は全乾容積重、接線方向と放射方向の全収縮率、容積密度数変動比、最大繊維交錯度、板目面の吸水性である。物理的性質の評価基準と評価表を第2-10表に示した。階級はⅠからⅤまでの5階級に区分され、常に数値の小さいものがⅠとなるように基準が定められている。なお、本試験では樹心部を5cm程度除いて評価した。

ターミナリア造林木は天然木のNo.11と物理的性質でほぼ同じランクであり、既往の値²⁾よりも全収縮率の接線方向で1ランク小さく、最大繊維交錯度と吸水性が1ランク大きかった。ターミナリアの天

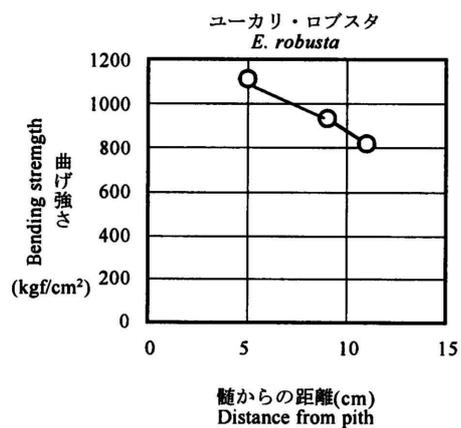
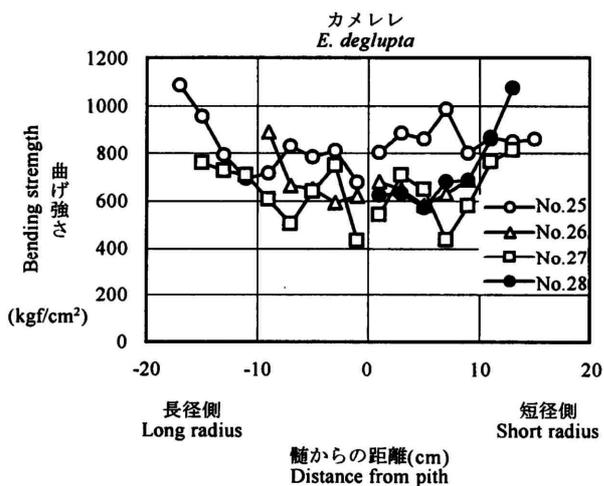
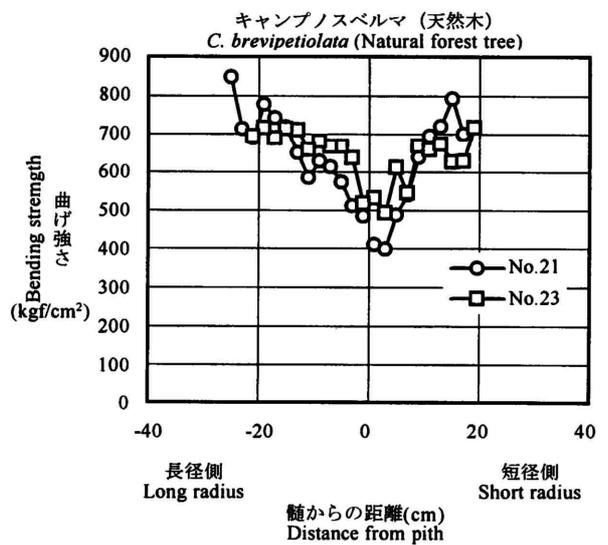
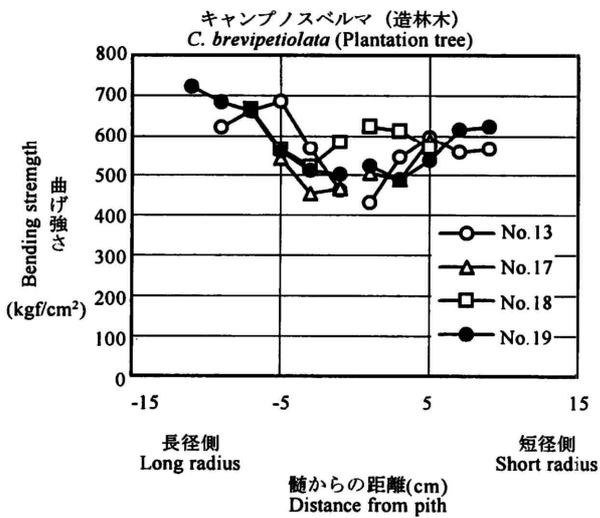
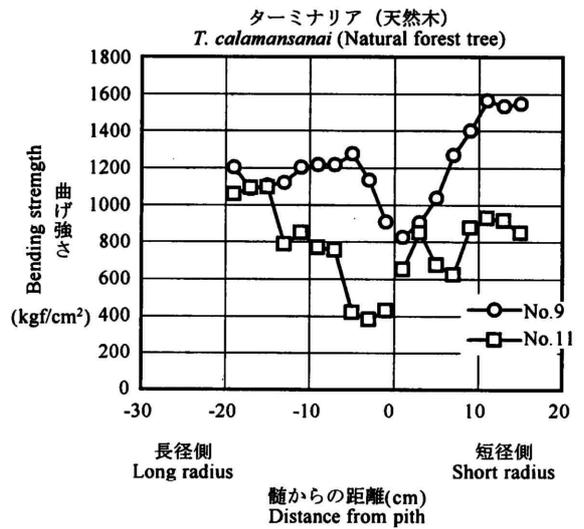
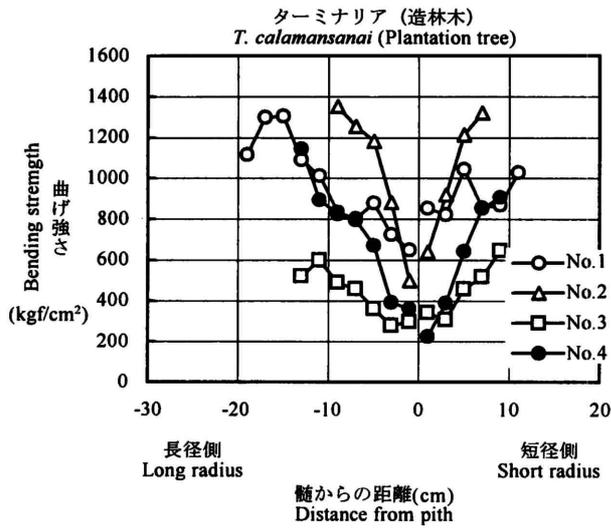
第2-9表 強度試験結果

Table 2-9. Results of several mechanical tests.

樹種 Species	代表値 Measured values	気乾容積重 Specific gravity in air dry (g/cm ³)	含水率 Moisture content (%)	静的曲げ Static bending		圧縮強さ Compression σ _c (kgf/cm ²)	せん断 Shearing strength			硬さ Hardness	
				E _b (tonf/cm ²)	σ _b (kgf/cm ²)		楕目面 Radial Section (kgf/cm ²)	板目面 Tangential Section (kgf/cm ²)	木口面 Cross Section (kgf/mm ²)	楕目面 Radial Section (kgf/mm ²)	板目面 Tangential Section (kgf/mm ²)
						n					
ターミナリア (造林木) <i>T. calamansanaai</i> (Plantation tree)	試験片数 n	45	45	49	49	45	43	43	54	54	54
	最大値 Max.	0.74	12.8	173	1352	616	113	96	6.8	1.9	3.4
	最小値 Min.	0.24	11.4	31	225	157	36	36	2.4	0.5	0.8
	平均値 Av.	0.48	12.0	94	772	390	68	67	4.2	1.1	1.8
ターミナリア (天然木) No. 9 <i>T. calamansanaai</i> (Natural forest tree)	試験片数 n	36	36	36	36	36	36	36	40	40	40
	最大値 Max.	0.79	12.1	201	1678	824	108	119	7.3	2	3.5
	最小値 Min.	0.42	11.3	93	687	402	57	49	2.5	0.8	1.3
	平均値 Av.	0.64	11.7	155	1226	641	85	89	5.3	1.6	2.5
ターミナリア (天然木) No. 11 <i>T. calamansanaai</i> (Natural forest tree)	試験片数 n	31	31	32	32	31	31	31	37	37	37
	最大値 Max.	0.62	12.3	133	1127	537	92	96	5.3	1.7	2.7
	最小値 Min.	0.30	11.5	50	381	220	51	45	2.5	0.5	1.2
	平均値 Av.	0.49	12.0	104	841	428	67	75	3.9	1.3	1.9
キャンブノスベルマ (造林木) <i>C. brevipetiolata</i> (Plantation tree)	試験片数 n	30	30	40	40	30	34	34	39	39	39
	最大値 Max.	0.42	14.8	101	722	345	86	108	4.0	1.0	0.9
	最小値 Min.	0.31	12.4	50	430	217	48	55	1.9	0.5	0.1
	平均値 Av.	0.37	13.4	76	586	280	61	82	2.6	0.7	1.2
キャンブノスベルマ (天然木) <i>C. brevipetiolata</i> (Natural forest tree)	試験片数 n	81	81	81	81	81	79	79	92	92	92
	最大値 Max.	0.50	16.2	115	849	429	99	105	4.4	1.1	1.9
	最小値 Min.	0.26	12.8	52	399	253	44	51	2.3	0.4	0.6
	平均値 Av.	0.40	14.1	92	649	338	65	79	3.5	0.8	1.3
カメレレ <i>E. deglupta</i>	試験片数 n	45	45	49	49	45	49	49	57	57	57
	最大値 Max.	0.69	14.9	160	1086	525	108	105	6.0	1.6	2.4
	最小値 Min.	0.39	13.5	50	435	277	48	56	2.5	0.6	0.9
	平均値 Av.	0.50	14.2	93	728	394	68	79	3.8	1.0	1.4
ユーカリ・ロブスタ <i>E. robusta</i>	試験片数 n	8	8	3	3	8	8	8	14	14	14
	最大値 Max.	1.11	16.3	204	1113	781	111	125	7.8	2.8	4.1
	最小値 Min.	0.98	15.3	125	818	509	60	89	4.4	1.2	1.9
	平均値 Av.	1.06	15.7	157	955	670	92	105	6.2	2.2	3.2

注 E_b: 曲げヤング係数, b: 曲げ強さ, c: 縦圧縮強さ

Note : E_b : Young's modules in static bending ; b : Bending strength ; c : Compressive strength parallel to grain



第2-4図 曲げ強さの樹幹内変動

Fig1 2-4. Variation of bending strength.

第 2-10 表 物理的性質の評価基準と評価表

Table 2-10* .Key to grading standard of physical properties and grading of physical properties on each species

階級 Grade	物理的評価基準 Grading standard of physical properties					
	全乾容積重 Specific gravity in oven dry (g/cm ³)	全収縮率 Shrinkage(%) (from green to oven dry)		R20/R80*	最大繊維 交錯度 Max.degree of inter locked grain (%)	吸水性 (板目面) Water absorption in tangential section (g/cm ²)
		接線方向 Tangential direction	放射方向 Radial direction			
I	~0.35	~ 6.2	~2.6	~0.70	~7	~0.01
II	0.36~0.51	6.3~ 8.0	2.7~3.8	0.71~0.90	8~14	0.02~0.05
III	0.52~0.67	8.1~ 9.8	3.9~5.0	0.91~1.10	15~21	0.06~0.09
IV	0.68~0.83	9.9~11.6	5.1~6.1	1.11~1.30	22~28	0.10~0.13
V	0.84~	11.7~	6.2~	1.31~	29~	0.14~

樹種 Species	物理的評価 Physical properties					
	全乾容積重 Specific gravity in oven dry (g/cm ³)	全収縮率 Shrinkage(%) (from green to oven dry)		R20/R80*	最大繊維 交錯度 Max.degree of inter locked grain (%)	吸水性 (板目面) Water absorption in tangential section (g/cm ²)
		接線方向 Tangential direction	放射方向 Radial direction			
ターミナリア(造林木) <i>T. calamansanai</i> (Plantation tree)	II	I	II	II	III	III
ターミナリア(天然木)No. 9 <i>T. calamansanai</i> (Natural forest tree)	III	II	III	II	II	III
ターミナリア(天然木)No. 11 <i>T. calamansanai</i> (Natural forest tree)	II	I	II	II	II	III
ターミナリア(B) <i>T. calamansanai</i> (B)	II	II	II	I	II	II
キャンブノスペルマ(造林木) <i>C. brevipetiolata</i> (Plantation tree)	I	I	I	III	III	III
キャンブノスペルマ(天然木) <i>C. brevipetiolata</i> (Natural forest tree)	II	II	II	II	IV	III
キャンブノスペルマ(B) <i>C. brevipetiolata</i> (B)	II	II	III	II	II	III
カメレレ(造林木) <i>E. deglupta</i> (Plantation tree)	II	I	II	II	V	II
カメレレ(B) <i>E. deglupta</i> (B)	III	III	III	II	IV	II
ユーカリ・ロブスタ(造林木) <i>E. robusta</i> (Plantation tree)	IV	IV	V	I	V	II
ユーカリ・ロブスタ(B) <i>E. robusta</i> (B)	-	-	-	-	-	-

注*:容積密度変動比

B:文獻²⁾で評価された階級

Note: *: Ratio of bulk density at 20% relative distance from pith to that at 80%.

B: N are grades which are based on the reference No.2.

然木No.9は全収縮率の接線方向と最大繊維交錯度を除き,既往の値²⁾よりも1ランク大であった。

キャンブノスペルマの造林木は全乾容積重と全収縮率で天然木あるいは既往の値よりも1~2ランク下であり,容積密度数変動比で1ランク上であった。最大繊維交錯度は天然木と既往の値²⁾の間であった。なお,吸水性は一致していた。

カメレレは全乾容積重と全収縮率で天然木よりも1~2ランク小であったが,最大繊維交錯度は逆に1ランク大きかった。

ユーカリ・ロブスタは,全収縮率と最大繊維交錯度のランクが大であった。

強度的性質の評価基準と評価表を第2-11表に示した。評価項目は曲げヤング率,曲げ強さ,縦圧縮強さ,板目面のせん断強さ,板目面の硬さである。これも物理的性質の評価表と同様に階級が区分され,常に数値の小さいものが となっている。これについても樹心部を5cm程度除いて評価した。

ターミナリアの造林木は曲げヤング率,曲げ強さ,硬さで天然木No.11および既往の値²⁾より1ラン

第 2-11 表 強度的性質の評価基準と評価表

Table 2-11 Key to grading standard of mechanical properties and grading of mechanical properties on each species.

階級 Grade	強度的評価基準 Grading standard of mechanical properties				
	静的曲げ Static bending		圧縮強さ Compression σ _c (kgf/cm ²)	せん断 Shearing Radial (kgf/cm ²)	硬さ Hardness Tangential (kgf/mm ²)
	Eb (tonf/cm ²)	gb (kgf/cm ²)			
I	~75	~600	~310	~65	~0.8
II	76~105	601~840	311~440	66~95	0.9~1.5
III	106~135	841~1090	441~570	96~120	1.6~2.5
IV	136~165	1091~1130	571~700	121~150	2.6~3.8
V	166~	1131~	701~	151~	3.9~

樹種 Species	強度的評価 Mechanical properties				
	静的曲げ Static bending		圧縮強さ Compression σ _c (kgf/cm ²)	せん断 Shearing Radial (kgf/cm ²)	硬さ Hardness Tangential (kgf/mm ²)
	Eb (tonf/cm ²)	gb (kgf/cm ²)			
ターミナリア(造林木) <i>T. calamansanai</i> (Plantation tree)	III	III	II	II	III
ターミナリア(天然木)No. 9 <i>T. calamansanai</i> (Natural forest tree)	IV	V	IV	II	III
ターミナリア(天然木)No. 11 <i>T. calamansanai</i> (Natural forest tree)	II	II	II	II	III
ターミナリア(B) <i>T. calamansanai</i> (B)	II	II	II	II	II
キャンブノスベルマ(造林木) <i>C. brevipedunculata</i> (Plantation tree)	II	II	I	I	II
キャンブノスベルマ(天然木) <i>C. brevipedunculata</i> (Natural forest tree)	II	II	II	I	II
キャンブノスベルマ(B) <i>C. brevipedunculata</i> (B)	II	I	I	II	II
カメレレ(造林木) <i>E. deglupta</i> (Plantation tree)	II	II	II	II	II
カメレレ(B) <i>E. deglupta</i> (B)	III	III	III	II	III
ユーカリ・ロブスタ(造林木) <i>E. robusta</i> (Plantation tree)	V	III	V	III	IV
ユーカリ・ロブスタ(B) <i>E. robusta</i> (B)	-	-	-	-	-

注Eb=曲げヤング係数, ob:曲げ強さ, uc:縦圧縮強さ, B:文庫²)で評価された階級

Note: Eb: Young's modulus in static bending; ub: Modulus of rupture in static bending; oc: Compressive strength parallel to grain; B: Grades which are based on the reference No.2.

ク大であった。しかし、No.9よりは曲げヤング率、曲げ強さ、縦圧縮強さで1~2ランク小であった。

キャンブノスベルマの造林木は天然木と同等の評価であった。

カメレレ造林木はせん断強さが天然木と同等であった。しかし、他の項目は造林木が既往の値²⁾よりも1ランク下であった。また、前報¹⁾に比べ、せん断と硬さで1ランク上回った。

ユーカリ・ロブスタは曲げヤング率と縦圧縮強さがVにランクされた。

2.4 まとめ

基礎的性質に関する試験は前報¹⁾に掲載されている試験方法に準拠して行った。供試木は第2-1表に示すような番号にした。

1)容積密度数

樹種ごとの容積密度数と髄からの距離における容積密度数の変動を第2-2表および第2-1図に示した。髄からの距離における容積密度数は、外側に向かって増加した。

2)枝節の観察

節の径および節の長さはキャンブノスベルマの造林木No.19を除き、ターミナリア、キャンブノスベルマ、カメレレはほぼ同じ値となった。ユーカリ・ロブスタは他の樹種よりも、節の径および節の長さが若干小さかった。今回の供試木は前報の樹種に比べ節径が小さかった(第2_3表)。

3)生材含水率

生材含水率は、地上高4m部位の円板で測定した。樹種別の生材含水率の測定値と髄からの距離に伴う生材含水率の樹幹内変動を、第2-4表と第2-2図に示した。含水率は髄から外側にかけてほぼ直線的に減少した。天然木と造林木の値を比較すると、ターミナリアもキャンブノスペルマも平均含水率ではほぼ同じ値であった。

4)容積重と収縮率

第2-5表に樹種別の容積重と収縮率を示した。ユーカリ・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、4樹種中極めて大きな値を示したが、異方差は1.2で最も小さかった。

5)脆心材部の範囲

slip planeの出現位置と半径方向に対する割合を第2-6表に示した。ターミナリアは造林木、天然木とも同程度の出現範囲であった。キャンブノスペルマの天然木とユーカリ・ロブスタは、Slip planeの出現する範囲が大きかった。カメレレとキャンブノスペルマは造林木にはほとんど出現しなかった。

6)交錯木理

各供試木の最大繊維交錯度を第2-7表に示し、各樹種の短径側における繊維傾斜度の推移を一例として第2-3図に示した。最大繊維交錯度の最も大きい樹種はカメレレとユーカリ・ロブスタであり、ターミナリアとキャンブノスペルマは、比較的小さかった。

7)吸水量

吸水量試験の結果を第2-8表に示した。部位1と部位0の吸水量の値に差は認められず、木口面が最大で、以下柁目面、板目面の順に小さくなった。ターミナリアとキャンブノスペルマは造林木、天然木を問わず、吸水量が大きく、ほぼ同程度の値であった。カメレレは、(前報)の値よりも柁目面の吸水量が大きかった。ユーカリ・ロブスタは4樹種中、吸水量が最も小さく、特に木口面と柁目面で小さくターミナリアとキャンブノスペルマのその1/3程度であった。

8)強度性能

樹種ごとの強度試験結果を一括して第2-9表に、幽げ強さの樹幹内変動を第2-4図に示した。幽げ強さの樹幹内変動は、容積密度数の測定結果と同様に外側で増加する傾向にあった。

2.5 Abstract

As basic characteristics of four wood species, physical and mechanical properties were determined.

The tests of physical and mechanical properties were done according to previous paper.1) prior to the test the logs were numbered as shown in Table 2-1.

1) Bulk density

Bulk density of each species is represented in Table 2-2 to show in considerable difference. According to distance from pith, bulk density is represented in Fig. 2-1 to show an increase toward the bark.

2) Knot

The results were shown in Table 2-3. The smallest length and diameter of knots are observed in Eucalyptus robusta. Other species except for No. 19 of Camptosperma brevipetiolata were similar in length and diameter of knots.

3) Moisture content

The results of moisture content were shown in Table 2-4 and Fig. 2-2. The moisture content ranged from 62% (in Terminalia calamansanai from a natural forest) to 111% (in Eucalyptus deglupta). Moisture content decreased toward bark in four species.

4) Density and shrinkage

The results of density and shrinkage were shown in Table 2-5. Largest value of shrinkage from green to oven-dry was recognized in *E. robusta*.

5) Range of brittle heart

Appearance location of slip plane and the occupied ratio of slip plane in radius direction are shown in Table 2-6. *T. calamansanai*, *E. robusta*, and *C. brevipetiolata* from a natural forest had large occupied ratio of slip plane.

6) Interlocked grain

The results of the maximum interlocked grain of each species were shown in Table 2-7. The representative patterns of interlocked grain from pith to bark for each species are shown in Fig. 2-3. As shown in Table 2-7 and Fig. 2-3, *E. deglupta* and *E. robusta* had the most severe interlocked grain. Other two species had medium interlocked grain.

7) Water absorption

The results were shown in Table 2-8. *E. robusta* had smaller amount of water absorption than other species. Especially in cross and tangential section, value of water absorption of this species was one-third of *T. calamansanai* and *C. brevipetiolata*.

8) Mechanical properties

The results of several mechanical properties were shown in Table 2-9. Variation of bending strength in stem was shown in Fig. 2-4. Values of bending strength tended to increase toward bark in each species to show the same tendency as bulk density.

2.6 文 献

- 1) 安久津 久 ほか3名: マレーシア産造林木の材質評価および加工適性評価, 第2章, 基礎的性質の分析, 林産試研報, 86, 9(1998).
- 2) 木材部・林産化学部: 南洋材の性質21, 南洋材の材質および加工性の評価, 林試研報, 277, 87(1975).

- 利用部 材質科 安久津 久 (Hisashi AKUTSU) -
- 同 上 藤本 高明 (Takaaki FUJIMOTO) -

第3章 耐朽性試験

3.1 供試材

耐朽性試験に用いた供試材,およびその記号(ロット番号)を第3-1表に示した。これらの供試材の辺材部および心材部より,20×20×20mmの試験体をほぼ桁目木取りで作製した。辺材部の境界が明瞭でない場合は,丸太外周部より3cmまでの部分を辺材とみなし,辺材部試験体を採取した。心材部試験体は,樹心から半径の約60%離れた部分から採取した。なお対照材としては,ブナ辺材およびエゾマツ辺材を用いた。

3.2 試験方法

耐朽性試験は,前報)と同様にJIS Z 2101-1994「木材の試験方法」(15)耐朽性試験に準じて行った。供試菌は, JIS耐朽性試験用標準菌株であるオオウズラタケ(*Tyromyces palustris* FFPRI 0507)と,カワラタケ(*Coriolus versicolor* FFPRI 1030)にヒイロタケ(*Pycnoporus coccineus* FFPRI Pslh)を加えた3種類を用いた。

3.3 試験結果および考察

試験結果を第3-2～第3-4表に示した。

キャンプノスペルマの質量減少は供試した4樹種の中で辺材・心材ともに最も大きく,辺材で15～50%,心材で25～52%を示した。特にヒイロタケに対しては,造林木で約50%の質量減少がみられた。既報2)においても質量減少率は今回の値には及ばないが大きく,耐朽性は低いとされている。気乾容積重は,供試樹種の中で辺材・心材ともに最も小さかった。天然木と造林木を比較すると,天然木の方がやや気乾容積重が大きく質量減少は小さいという傾向が認められた。

ターミナリアの質量減少は辺材・心材ともに大きく,耐朽性が低いといえる。質量減少率は平均で7～25%を示したが,オオウズラタケおよびヒイロタケでは供試木間に最大約20%の差が認められた。この原因の一つとして,気乾容積重が供試木間で0.42～0.72g/cm³と大きく異なっていたことが考えられる。天然木と造林木の違いは,質量減少率・気乾容積重ともに供試木間の差が大きく,明らかではなかった。

カメレレの質量減少は,辺材・心材ともに7～17%を示した。既報1,3-5)では,質量減少率にかなり

第3-1表 供試材の樹種名と供試木番号

Table 3-1. Wood species and marks of log used for the test.

樹種 Species	供試木記号 Marks of log	
	造林木 Plantation tree	天然木 Natural forest tree
キャンプノスペルマ <i>C. brevipetiolata</i>	CZ-1	CT-1
	CZ-2	CT-2
ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	YZ-1	YT-1
	YZ-2	YT-2
カメレレ <i>E. deglupta</i>	K-1	
	K-2	
ユーカリ・ロブスタ <i>E. robusta</i>	R	

第3-2表 オオウズラタケによる供試材の質量減少率

Table 3-2. Weight loss caused by *Tyromyces palustris* on the specimens.

樹種 Species	供試木記号 Marks of log	採取位置* Position of specimens*	気 乾 容積重 Specific gravity in air dry (g/cm ³)		補正質量 減少率 Corrected weight loss (%)		耐朽比 Ratio of the decay durability			
			平均 Av.		平均 Av.		ブナに対して Against <i>F. crenata</i>		エゾマツに対して Against <i>P. jezoensis</i>	
							平均 Av.		平均 Av.	
キャンブノスベルマ <i>C. brevipetiolata</i>	CZ-1	S	0.37	0.37	22.7	23.7	1.1	1.1	1.0	1.0
	CZ-2	S	0.37		24.7		1.1		1.0	
	CZ-1	H	0.37	0.35	17.0	24.9	1.2	1.1	1.1	1.0
	CZ-2	H	0.33		32.7		1.0		0.9	
	CT-1	S	0.44	0.42	7.4	15.0	1.3	1.2	1.2	1.1
	CT-2	S	0.40		22.5		1.1		1.0	
	CT-1	H	0.38	0.37	35.3	29.3	0.9	1.0	0.9	1.0
	CT-2	H	0.36		23.3		1.1		1.0	
ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	YZ-1	S	0.62	0.59	4.9	11.6	1.4	1.3	1.3	1.2
	YZ-2	S	0.55		18.3		1.2		1.1	
	YZ-1	H	0.56	0.52	1.8	10.7	1.4	1.3	1.3	1.2
	YZ-2	H	0.48		19.5		1.2		1.1	
	YT-1	S	0.72	0.63	5.9	7.0	1.4	1.4	1.3	1.3
	YT-2	S	0.54		8.0		1.3		1.2	
	YT-1	H	0.67	0.55	3.0	7.1	1.4	1.4	1.3	1.3
	YT-2	H	0.43		11.1		1.3		1.2	
カメレレ <i>E. deglupta</i>	K-1	S	0.52	0.47	7.2	7.2	1.3	1.3	1.2	1.2
	K-2	S	0.42		7.1		1.3		1.2	
	K-1	H	0.43	0.42	13.9	11.7	1.2	1.3	1.2	1.2
	K-2	H	0.40		9.4		1.3		1.2	
ユーカリ・ロブスタ <i>E. robusta</i>	R	S	0.74	0.74	2.7	2.7	1.4	1.4	1.3	1.3
	R	H	0.89		0.2		0.2		1.4	
ブナ <i>F. crenata</i>	—	S	0.62	0.62	30.3	30.3	—	—	—	—
エゾマツ <i>P. jezoensis</i>	—	S	0.44	0.44	25.2	25.2	—	—	—	—

注*:S:辺材, H:心材
Note : * : S : Sapwood ; H : Heartwood

バラツキが見られる。今回の値は、前報1)の結果とほぼ一致した。また辺心材の質量減少は、オオウズラタケおよびカワラタケに対してはほとんど違いは認められないが、ヒイロタケに対しては辺材の方が大きいという結果も、前報1)と同様であった。

ユーカリ・ロブスタは、供試した4樹種の中で辺材・心材ともに質量減少が小さく、高い耐朽性を示した。特に心材はほとんど質量減少を示さず、高い耐朽性を有していることがわかった。辺材では3~9%の質量減少率であった。また気乾容積重は、辺材・心材ともに最も大きかった。

熱帯材においては容積重が大きいものほど耐用年数が長くなるという野外杭試験の結果が報告されている⁶⁾。また耐朽性試験において、同一樹種でも心材の容積重が大きいほど質量減少率は小さくなるという傾向が認められている^{2,7)}。そこで、今回の供試樹種について、気乾容積重と各供試菌による質量減少率の関係を辺材・心材別に第3-1図に示した。これによると各菌において、気乾容積重が大きいほど質量減少率は小さくなるという傾向が認められた。メリナのように気乾容積重はそれほど大きくないが耐朽性はかなり高いという例1)もあるが、熱帯材については容積重から耐朽性をある程度推定できる可能性が示唆された。全体に、オオウズラタケによる質量減少率はカワラタケとヒイロタケによる値よ

第3-3表 カワラタケによる供試材の質量減少率

Table 3-3. Weight loss caused by *Coriolus versicolor* on the specimens*

樹種 Species	供試木記号 Marks of log	採取位置* Position of specimens*	気 乾 容積重 Specific gravity in air dry (g/cm ³)		補正質量 減少率 Corrected weight loss (%)		耐朽比 Ratio of the decay durability		
			平均 Av.		平均 Av.		ブナに対して Against <i>F. crenata</i>		エゾマツに対して Against <i>P. jezoensis</i>
							平均 Av.	平均 Av.	
キャンブノスペルマ <i>C. brevipetiolata</i>	CZ-1	S	0.38		33.4		1.0	0.8	
	CZ-2	S	0.36	0.37	37.2	35.3	0.9	1.0	0.8
	CZ-1	H	0.37		31.0		1.0	0.9	
	CZ-2	H	0.33	0.35	37.6	34.3	0.9	1.0	0.8
	CT-1	S	0.44		22.7		1.2	1.0	
	CT-2	S	0.39	0.42	32.1	27.4	1.0	1.1	0.9
	CT-1	H	0.38		30.9		1.0	0.9	
	CT-2	H	0.37	0.38	28.6	29.8	1.1	1.1	0.9
ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	YZ-1	S	0.62		25.5		1.1	0.9	
	YZ-2	S	0.55	0.59	24.4	25.0	1.1	1.1	1.0
	YZ-1	H	0.57		19.1		1.2	1.0	
	YZ-2	H	0.49	0.53	23.5	21.3	1.2	1.2	1.0
	YT-1	S	0.72		17.8		1.2	1.0	
	YT-2	S	0.53	0.63	29.2	23.5	1.1	1.2	0.9
	YT-1	H	0.67		14.2		1.3	1.1	
	YT-2	H	0.42	0.55	27.0	20.6	1.1	1.2	0.9
カメレレ <i>E. deglupta</i>	K-1	S	0.53		17.0		1.3	1.0	
	K-2	S	0.43	0.48	12.7	14.9	1.3	1.3	1.1
	K-1	H	0.45		19.3		1.2	1.0	
	K-2	H	0.40	0.43	13.9	16.6	1.3	1.3	1.1
ユーカリ・ロブスタ <i>E. robusta</i>	R	S	0.74	0.74	8.6	8.6	1.4	1.4	1.2
	R	H	0.89	0.89	-0.6	-0.6	1.5	1.5	1.3
ブナ <i>F. crenata</i>	-	S	0.62	0.62	33.5	33.5	-	-	-
エゾマツ <i>P. jezoensis</i>	-	S	0.46	0.46	20.4	20.4	-	-	-

注*:S:辺材, H:心材

Note : * : S : Sapwood ; H : Heartwood

りも小さい傾向にあった。既報^{2,3)}においてもその傾向が認められ、オオウズラタケは他の供試菌に比べて熱帯材に対する腐朽力が弱いと考えられる。

供試材の心材の耐朽性を、森林総合研究所の評価基準⁹⁾により ~ の5段階に区分した。ユーカリ・ロブスタは (耐朽性最大)、カメレレおよびターミナリア(天然木)は (小)、キャンブノスペルマおよびターミナリア(造林木)は (最小)となる。これに辺材の結果も合わせて第3-5表に示した。

3.4 まとめ

キャンブノスペルマ、ターミナリア、カメレレ、およびユーカリ・ロブスタの耐朽性について調査した。4樹種の中でユーカリ・ロブスタの心材は高い耐朽性を示したが、キャンブノスペルマ、ターミナリアおよびカメレレの耐朽性は低かった。ターミナリアでは、各供試木(ロット)間で質量減少に差が認められた。全体に、気乾容積重が大きいほど質量減少率は小さくなるという傾向が認められた。

キャンブノスペルマおよびターミナリアにおいて、天然木の方が造林木より気乾容積重が大きく質量減少は小さいという傾向がわずかに認められたが、明確な差ではなかった。また各樹種とも、オオウズ

第3-4表 ヒイロタケによる供試材の質量減少率
Table 314. Weight loss caused by *Pycnoporus coccineus* on the specimens.

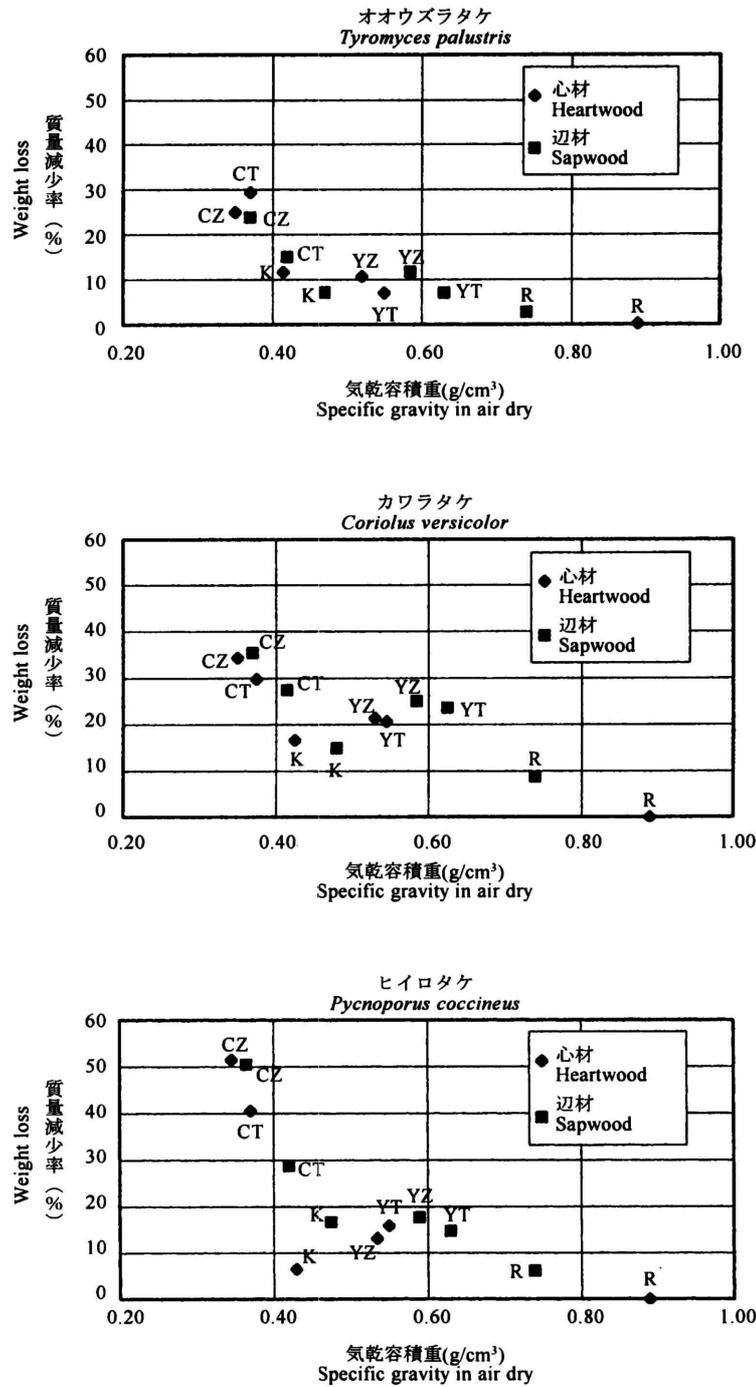
樹種 Species	供試木記号 Marks of log	採取位置* Position of specimens*	気乾容積重 Specific gravity in air dry (g/cm ³)		補正質量減少率 Corrected weight loss (%)		耐朽比 Ratio of the decay durability			
			平均 Av.		平均 Av.		ブナに対して Against <i>F. crenata</i>		エゾマツに対して Against <i>P. jezoensis</i>	
							平均 Av.	平均 Av.	平均 Av.	平均 Av.
キャンブノスベルマ <i>C. brevipetiolata</i>	CZ-1	S	0.37		48.1		0.9		0.6	
	CZ-2	S	0.36	0.37	52.7	50.4	0.8	0.9	0.5	0.6
	CZ-1	H	0.36		47.1		0.9		0.6	
	CZ-2	H	0.33	0.35	55.9	51.5	0.8	0.9	0.5	0.6
	CT-1	S	0.44		28.3		1.2		0.8	
	CT-2	S	0.40	0.42	28.9	28.6	1.2	1.2	0.8	0.8
	CT-1	H	0.38	0.37	44.3	40.6	1.0	1.1	0.6	0.7
	CT-2	H	0.36		36.9		1.1		0.7	
ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	YZ-1	S	0.63		14.9		1.5		0.9	
	YZ-2	S	0.55	0.59	20.2	17.6	1.4	1.5	0.9	0.9
	YZ-1	H	0.58		5.3		1.6		1.0	
	YZ-2	H	0.49	0.54	20.9	13.1	1.4	1.5	0.9	1.0
	YT-1	S	0.72		8.7		1.6		1.0	
	YT-2	S	0.54	0.63	20.6	14.7	1.4	1.5	0.9	1.0
	YT-1	H	0.66	0.55	6.8	15.8	1.6	1.5	1.0	0.9
	YT-2	H	0.44		24.8		1.3		0.8	
カメレレ <i>E. deglupta</i>	K-1	S	0.52		24.3		1.3		0.8	
	K-2	S	0.43	0.48	8.9	16.6	1.6	1.5	1.0	0.9
	K-1	H	0.46		9.1		1.6		1.0	
	K-2	H	0.40	0.43	3.8	6.5	1.7	1.7	1.1	1.1
ユーカリ・ロブスタ <i>E. robusta</i>	R	S	0.74	0.74	6.1	6.1	1.6	1.6	1.0	1.0
	R	H	0.89	0.89	-0.5	-0.5	1.7	1.7	1.1	1.1
ブナ <i>F. crenata</i>	—	S	0.63	0.63	41.8	41.8	—	—	—	—
エゾマツ <i>P. jezoensis</i>	—	S	0.45	0.45	8.7	8.7	—	—	—	—

注*:S:辺材, H:心材
Note : * : S :Sapwood ;H :Heartwood

ラタケによる質量減少率はカワラタケおよびヒイロタケによる値よりも小さかった。

3.5 Abstract

The decay durability of *Camposperma brevipetiolata*, *Terminalia calamansanai*, *Eucalyptus deglupta* and *Eucalyptus robusta* were investigated. The decay durability of these trees were determined by the decay resistance test. The wood blocks (20 × 20 × 20 mm), which were separately taken from the sapwood and the heartwood in each tree, were exposed to wood decay fungi, *Tyromyces palustris*, *Coriolus versicolor*, and *Pycnoporus coccineus*, respectively. After 60 days exposure, the abilities of decay resistance were evaluated with weight losses caused by the decay fungi. The heartwood in *E. robusta* had the highest ability of decay resistance among all tree species against all of fungi tested. The sapwood in *E. robusta* had also high durability, however their abilities of decay resistance were not as high as that of the heartwood. *C. brevipetiolata*, *T. calamansanai* and *E. deglupta* showed less abilities of decay resistance.



第 3-1 図 気乾容積重と質量減少率の関係

凡例: CZ: キャンプノスペルマ(造林木), CT: キャンプノスペルマ(天然木),
 YZ: ターミナリア(造林木), YT: ターミナリア(天然木),
 K: カメレレ R: ユーカリ・ロブスタ

Fig. 3-1. Relationships between weight loss and specific gravity.

Legend: CZ: *C. brevipetiolata* (plantation tree); CT: *C. brevipetiolata* (natural forest tree)
 YZ: *T. alamansanai* (plantation tree); YT: *T. calamansanai* (natural forest tree)
 K: *E. deglupta*; R: *E. robusta*

第3-5表 供試材の耐朽性区分

Table 3-5. Grading by the decay durability on specimens.

耐朽性の区分 Class of the decay durability	供試材 Specimens			
	心材 Heartwood		辺材 Sapwood	
	造林木 Plantation tree	天然木 Natural forest tree	造林木 Plantation tree	天然木 Natural forest tree
I 最大 Very durable	ユーカリ・ロブスタ <i>E. robusta</i>			
II 大 Durable				
III 中 Intermediate	ユーカリ・ロブスタ <i>E. robusta</i>			
IV 小 Non durable	カメレレ <i>E. deglupta</i>	ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	カメレレ <i>E. deglupta</i>	
V 最小 Perishable	キャンブノスベルマ <i>C. brevipetiolata</i>	キャンブノスベルマ <i>C. brevipetiolata</i>	キャンブノスベルマ <i>C. brevipetiolata</i>	キャンブノスベルマ <i>C. brevipetiolata</i>
	ターミナリア <i>T. calamansanai</i>		ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	ターミナリア <i>T. calamansanai</i>

3.6 文 献

- 1) 森 満範, 奥村真由己: マレーシア産造林木の材質評価および加工適性評価, 第3章, 耐朽性試験, 林産試験報, 86, 32(1998).
- 2) 木材部・林産化学部: 南洋材の性質17, ニューギニア, ソロモン産7樹種の性質, 林試研報, 244, 187(1972).
- 3) 木材部・林産化学部: 南洋材の性質19, カリマンタン, ニューギニア産10樹種の性質, 林試研報, 262, 142(1974).
- 4) 未利用樹種研究班: パプアニューギニア材の加工の性質 第3報, 東ニューブリテン産材の基礎的性質, 林試研報, 294, 29(1977).
- 5) 未利用樹種研究班: パプアニューギニア材の加工の性質 第6報, 西ニューブリテン産材の材質, 物理的性質および耐朽性, 林試研報, 299, 23(1978).
- 6) 松岡昭四郎 ほか4名: 浅川実験林苗畑の杭試験 第7報, 日本産, および南洋産材の野外に設置した杭の腐朽経過と耐用年数, 林試研報, 329, 733(1984).
- 7) 木材部・林産化学部: 南洋材の性質16, フィリピン産レッドラワン材の性質, 林試研報, 234, 147(1971).
- 8) 木材部・林産化学部: 南洋材の性質21, 南洋材の材質および加工性の評価, 林試研報, 277, 87(1975).

- 性能部 耐久性能科 奥村真由己(Mayumi OKUMURA) -
- 同 上 森 満範(Mitsunori MORI) -

第4章 挽き材の乾燥性

4.1 試験方法

急速乾燥(100)試験1)を行い,乾燥スケジュールを推定した。まず,キャンブノスペルマ(Camposperma brevipetiolata),ターミナリア(Terminalia calamansanai),カメレレ(Eucalyptus deglupta),ユーカリ・ロブスタ(Eucalyptus robusta)の造林木およびキャンブノスペルマ,ターミナリアの天然木の各樹種について,厚さ3cmに製材された板材の中から原木を異にする板目板を任意に選んだ。ついでそれらの板から,厚さ2cm,幅10cm,長さ20cmのかんながけをした無欠点の試験材を製作した。

これらの試験体を100~105 に調整した高温乾燥器中で乾燥し,現れる初期割れ,断面変形(落ち込み),内部割れの3種類の損傷の程度から,板材の適正な乾燥スケジュールを推定した。

4.2 試験結果および考察

急速乾燥試験で現れた損傷について,初期割れと断面変形を8段階に,内部割れを6段階に分けてそれぞれ評価した。結果を第4-1表に示す。今回試験した各樹種について急速乾燥試験での損傷発生の程度を比較すると,以下のとおりであった。

初期割れはユーカリ・ロブスタにもっとも著しく発生しNo.5の段階であった。次いでターミナリア(天然木)がNo.3~4,ターミナリア(造林木),カメレレがNo.3,キャンブノスペルマは,造林木,天然木ともに一番軽微でNo.2であった。

第4-1表 急速乾燥試験結果

Table 4-1. Results of quick drying test

樹種名 Species	供試材番号 Tested wood number	欠点の種類と程度 Grading of defects		
		初期割れ Initial checking	断面変形 Deformation	内部割れ Honeycombing
キャンブノスペルマ (造林木) <i>C. brevipetiolata</i> (Plantation tree)	No.1	2	1	1
	No.2	2	1	1
ターミナリア (造林木) <i>T. calamansanai</i> (Plantation tree)	No.1	3	4	1
	No.2	3	3	1
カメレレ <i>E. deglupta</i>	No.1	3	6	3
	No.2	3	5	3
ユーカリ・ロブスタ <i>E. robusta</i>	No.1	5	7	5
	No.2	5	7	6
キャンブノスペルマ (天然木) <i>C. brevipetiolata</i> (Natural forest tree)	No.1	2	1	1
	No.2	2	1	1
ターミナリア (天然木) <i>T. calamansanai</i> (Natural forest tree)	No.1	3	1	1
	No.2	4	1	1

注: 損傷の程度は初期割れと断面変形は8段階, 内部割れは6段階で評価し, 番号の大きいものほど損傷が顕著であることを表す。

Note : Initial checking and deformation ,was classified into 8 grades and honeycombing was 6 grades. Large grade was more defective.

第4-2表 推定された乾燥条件

Table 4-2. Presumed drying conditions.

樹種名 Species	推定法 Method of presumption	乾燥初期 Initial drying conditions		乾燥末期 Final drying condition
		乾球温度 (°C) Dry-bulb temperature	温度差 (°C) Wet-bulb depression	乾球温度 (°C) Dry-bulb temperature
キャンブノスベルマ (造林木) <i>C. brevipetiolata</i> (Plantation tree)	1. 寺沢式 1.Method of Terasawa	65	5.5	90
	2. 久田式 2.Method of Hisada	60	5.0	85
ターミナリア (造林木) <i>T. calamansanai</i> (Plantation tree)	1. 寺沢式 1.Method of Terasawa	54	4.0	80
	2. 久田式 2.Method of Hisada	55	4.0	80
カメレレ <i>E. deglupta</i>	1. 寺沢式 1.Method of Terasawa	49	3.3	75
	2. 久田式 2.Method of Hisada	50	4.0	75
ユーカリ・ロブスタ <i>E. robusta</i>	1. 寺沢式 1.Method of Terasawa	45	2.5	70
	2. 久田式 2.Method of Hisada	45	3.0	70
キャンブノスベルマ (天然木) <i>C. brevipetiolata</i> (Natural forest tree)	1. 寺沢式 1.Method of Terasawa	65	5.5	90
	2. 久田式 2.Method of Hisada	60	5.0	85
ターミナリア (天然木) <i>T. calamansanai</i> (Natural forest tree)	1. 寺沢式 1.Method of Terasawa	55	3.6	83
	2. 久田式 2.Method of Hisada	55	4.0	80

断面変形については、ユーカリ・ロブスタはNo.7、カメレレはNo.5～6と大きな落ち込みが発生した。ターミナリア(造林木)がNo.3～4であった。一方、キャンブノスベルマ(造林木、天然木)、ターミナリア(天然木)はNo.1とほとんど発生は無いが、微々たるものであった。

内部割れについては、ユーカリ・ロブスタにNo.5～6と大きな割れが発生した。カメレレがNo.3、キャンブノスベルマ、ターミナリアは造林木、天然木ともに内部割れの発生は認められなかった(No.1)。

なお、カメレレの損傷発生の程度は、マレーシア産のもの②と比べ、初期割れ、断面変形については同一であったが、内部割れについてはカメレレのNo.3に対し、マレーシア産のものがNo.4となっていた。

これらの結果から得られる実大材(厚さ約3cm)についての乾燥条件を求め、乾燥初期および末期の条件を第4-2表に示す。推定方法の1は寺沢の方法から得られた標準的な条件であり、推定法の2は久田ら³⁾の南洋材の乾燥スケジュールの類型化に関する研究に基づいている。キャンブノスベルマは造林

第4-3表 キャンプノスベルマ(造林木,天然木)の乾燥スケジュール

Table 4-3. Drying schedule of C. brevipedunculata (Plantation and natural forest tree).

含水率 (%) Moisture content	スケジュールNo.1 (寺沢式) Schedule No.1 (Method of Terasawa)		スケジュールNo.2 (久田式 D43W43) Schedule No.2 (Method of Hisada D43W43)	
	乾球温度(°C) Dry-bulb temperature	湿度差(°C) Wet-bulb depression	乾球温度(°C) Dry-bulb temperature	湿度差(°C) Wet-bulb depression
	生~50 Green	65	5	60
50~45	65	5	60	7
45~40	65	5	60	10
40~35	65	8	65	13
35~30	65	11	65	16
30~25	70	20	70	20
25~20	75	28	75	25
20~15	80	30	80	30
15~終末 End	85	30	85	30

注:スケジュールNo.2のD,Wの値はスケジュール番号で, Dは乾球温度, wは乾湿球温度差である。)

Note: Values after "Method of Hisada" show dry-bulb temperature schedule number as D and wet-bulb depression schedule number as W3).

第4-4表 ターミナリア(造林木)の乾燥スケジュール

Table 4-4. Drying schedule of T. calamansanai (Plantation tree).

含水率 (%) Moisture content	スケジュールNo.1 (寺沢式) Schedule No.1 (Method of Terasawa)		スケジュールNo.2 (久田式 D33W33) Schedule No.2 (Method of Hisada D33W33)	
	乾球温度(°C) Dry-bulb temperature	湿度差(°C) Wet-bulb depression	乾球温度(°C) Dry-bulb temperature	湿度差(°C) Wet-bulb depression
	生~50 Green	55	4	55
50~45	55	4	55	5
45~40	55	4	55	7
40~35	55	6	60	9
35~30	55	9	60	12
30~25	60	15	65	16
25~20	65	25	70	21
20~15	70	30	75	30
15~終末 End	80	30	80	30

注:スケジュールNo.2のD,Wの値はスケジュール番号で, Dは乾球温度, wは乾湿球温度差である。)

Note: Values after "Method of Hisada" show dry-bulb temperature schedule number as D and wet-bulb depression schedule number as W3).

第4-5表 カメレレの乾燥スケジュール

Table 4-5. Drying schedule of E. deglupta.

含水率 (%) Moisture content	スケジュールNo.1 (寺沢式) Schedule No.1 (Method of Terasawa)		スケジュールNo.2 (久田式 D23W33) Schedule No.2 (Method of Hisada D23W33)	
	乾球温度(°C) Dry-bulb temperature	湿度差(°C) Wet-bulb depression	乾球温度(°C) Dry-bulb temperature	湿度差(°C) Wet-bulb depression
	生~50 Green	50	3	50
50~45	50	3	50	5
45~40	50	3	50	7
40~35	50	4	55	9
35~30	50	6	55	12
30~25	55	11	60	16
25~20	60	20	65	21
20~15	65	25	70	30
15~終末 End	75	30	75	30

注:スケジュールNo.2のD,Wの値はスケジュール番号で, Dは乾球温度, wは乾湿球温度差である。)

Note: Values after "Method or Hisada" show dry-bulb temperature schedule number as D and wet-bulb depression schedule number as W3).

第4-6表 ユーカリ・ロブスタの乾燥スケジュール

Table 4-6. Drying schedule of E. robusta.

含水率 (%) Moisture content	スケジュールNo.1 (寺沢式) Schedule No.1 (Method of Terasawa)		スケジュールNo.2 (久田式 D12W23) Schedule No.2 (Method of Hisada D12W23)	
	乾球温度(°C) Dry-bulb temperature	湿度差(°C) Wet-bulb depression	乾球温度(°C) Dry-bulb temperature	湿度差(°C) Wet-bulb depression
	生~45 Green	45	3	45
45~40	45	3	45	4
40~35	45	4	45	6
35~30	45	6	50	8
30~25	50	11	55	11
25~20	55	20	60	16
20~15	60	28	65	22
15~終末 End	70	28	70	30

注:スケジュールNo.2のD,Wの値はスケジュール番号で, Dは乾球温度, wは乾湿球温度差である。)

Note: Values after "Method of Hisada" show dry-bulb temperature schedule number as D and wet-bulb depression schedule number as W3).

木,天然木とも同一条件であった。また,ターミナリアも造林木と天然木がほとんど同様な条件であり,カメレレ,ユーカリ・ロブスタは,それらよりも穏やかな乾燥条件であった。

第4-3~第4-7表に樹種ごとの含水率段階に対応させた具体的な乾燥スケジュールを示す。作表に当たっては,第412表中の49 (寺沢式)を50°Cに, 3.3 を3 になど,従来の乾燥スケジュールと比較しやすいように,若干の数値の丸めを行った。また,寺沢式では,含水率と乾球温度の組み合わせが,第4-2表の乾燥初期と末期の温度と一致しない場合があるが,適宜,近い値になるように作表した。

第4-7表 ターミナリア(天然木)の乾燥スケジュール

Table 47. Drying schedule of *T. calamansanai*
(Natural forest tree).

含水率 (%) Moisture content	スケジュールNo.1 (寺沢式) Schedule No.1 (Method of Terasawa)		スケジュールNo.2 (久田式 D32W33) Schedule No.2 (Method of HisadaD32W33)	
	乾球温度 (°C) Dry-bulb temperature	湿度差 (°C) Wet-bulb depression	乾球温度 (°C) Dry-bulb temperature	湿度差 (°C) Wet-bulb depression
	生~50 Green	55	4	55
50~45	55	4	55	5
45~40	55	4	55	7
40~35	55	6	60	9
35~30	55	9	60	12
30~25	60	15	65	16
25~20	65	25	70	21
20~15	70	30	75	30
15~終末 End	80	30	80	30

注スケジュールNo.2のD,Wの値はスケジュール番号で、Dは乾球温度、wは乾湿球温度差である³⁾。

Note: Values after "Method of Hisada" how dry-bulb temperature schedule number as D and wet-bulb depression schedule number as W³⁾.

寺沢、久田両方式では、いずれの樹種についても、乾燥初期および末期の条件はほぼ一致しているが、前者の特徴は、乾燥の中期までの乾球湿球温度差の拡大を緩やかにしていることである。一方、後者では条件変化の時期を早めに、かつ小刻みに設定していることである。

これらのスケジュールに準拠して、基礎的性質および加工性能に関する試験のための板材を実際に乾燥したが、ユーカリ・ロブスタ以外の樹種については、著しい損傷を発生させることなく仕上げる事ができ、今回設定したスケジュールは、おおむね適正なものと言える。また、キャンブノスペルマ、ターミナリアについては、造林木、天然木ともに同様の乾燥性を示した。

一方、ユーカリ・ロブスタは乾燥性の悪い材であり、今回適用した非常に緩やかな乾燥スケジュール(初期温度45)でも、表面割れだけでなく、落ち込み、内部割れを生じたものもあった。よって、人工乾燥に先立って天然乾燥を十分にするか、生材から直接人工乾燥をする場合でも、さらに緩やかな乾燥条件を適用(初期温度を40 以下になど)する必要があると思われる。なお、落ち込みの復元には、含水率が17~20%になったときに、100 で8時間ほどの蒸煮処理(リコンディショニング)が有効である⁴⁾。

4.3 Abstract

To investigate drying properties of 4 species, *Camptosperma brevipetiolata* and *Terminalia calamansanai* from plantation and natural forests, *Eucalyptus deglupta* and *Eucalyptus robusta* from plantation forests, we carried out the quick drying test (100 test)1,2) with the clear specimen of each species of 2cm thick, 10cm wide and 20cm long.

Defects during quick drying test were observed. Table 4-1 shows the results. Initial checking in *E. robusta* was slightly severe, cross sectional deformation (collapse) in *E. robusta* was relatively severe and in *E. deglupta* was slightly severe. Honeycombing in both *C. brevipetiolata* and *T. calamansanai* were not observed.

According to this results, the drying condition for lumber of 30mm thick of each species by I.F. type

dry kiln were estimated as Table 4-2. And presumed suitable drying schedules for these species were shown Table 4-3 ~ 4-7 as examples.

On these schedule, the lumber of 4 species were dried. As a result of investigations, the presumed drying schedules were judged suitable except Eucalyptus robusta. Calmer schedule should be applied or air drying should be done before kiln drying.

4.4 文 献

- 1)寺沢 真:木材乾燥スケジュールの簡易決定法, 木材工業, 20, 216 (1965).
- 2)瀧澤忠昭:マレーシア産造林木の材質評価および加工適性評価, 第4章, 挽き材の乾燥性, 林産試研報, 86, 39 (1998).
- 3)久田卓興, 佐藤庄一, 鷲見博史:南洋材乾燥スケジュールの類型化, 林試験報, 340, 121 (1986).

- 技術部 乾燥科 大崎 久司 (Hisashi OHSAKI) -
- 技術部 主任研究員 米田 昌世 (Masatoshi YONETA) -

第5章 加工性能試験

5.1 回転かな切削性

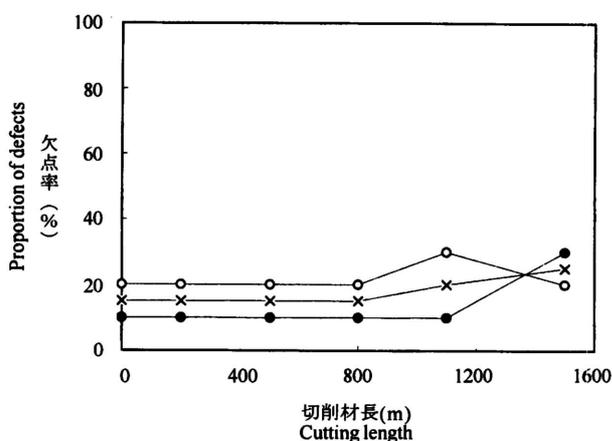
5.1.1 試験方法

入手したターミナリア(*Terminalia calamansanai*)の造林木と天然木, キャンプノスペルマ(*camptosperma brevipetiolata*)の造林木と天然木, カメレレ(*Eucalyptus deglupta*)の造林木について自動一面かな盤による被削性試験を行った。被削材の厚さは30mm, 材幅は50mmとした。材長は節や腐れなどの欠点を除去した50cm以上を使用し, 延べ長さで200mを用意した。そのうちの190mは刃先摩耗用とし, 残りの10mを切削評価用試験材とした。

切削条件, 切削方法, 試験結果の評価方法は前報1)と同様である。

5.1.2 試験結果および考察

各樹種について切削材長と欠点率の関係を第5-1~第5-5図に示す。



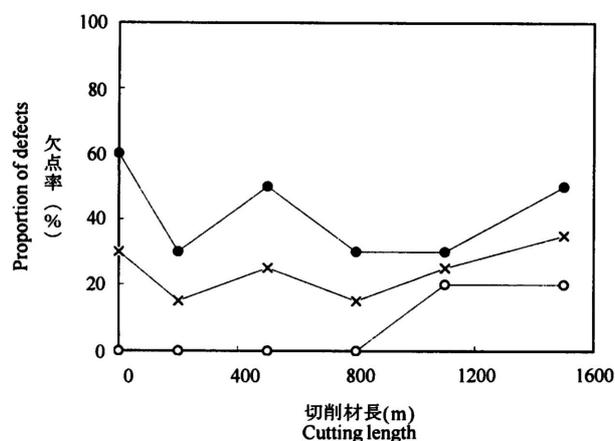
第5-1図 切削材長と欠点率の関係(ターミナリア造林木)

凡例: ○:板目面, ●:柁目面, ×:平均値

Fig. 5-1. Relation between cutting length and proportion of defects.

(*T. calamansanai* I (Plantation tree)).

Legend: ○: Tangential face; ●: Radial face; ×: Av.



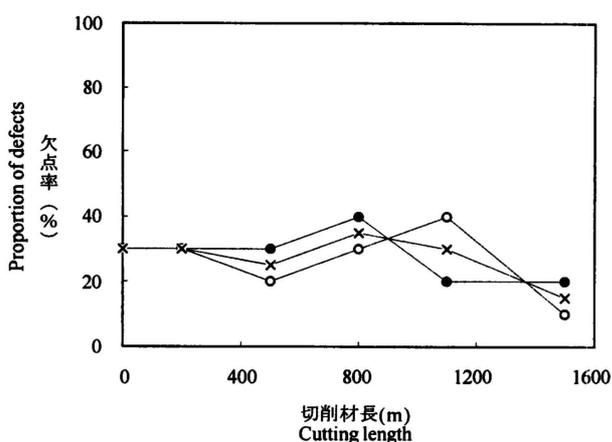
第5-2図 切削材長と欠点率の関係(ターミナリア天然木)

凡例: ○:板目面, ●:柁目面, ×:平均値

Fig. 5-2. Relation between cutting length and proportion of defects.

(*T. calamansanai* (Natural forest tree)).

Legend: ○: Tangential face; ●: Radial face; ×: Av.



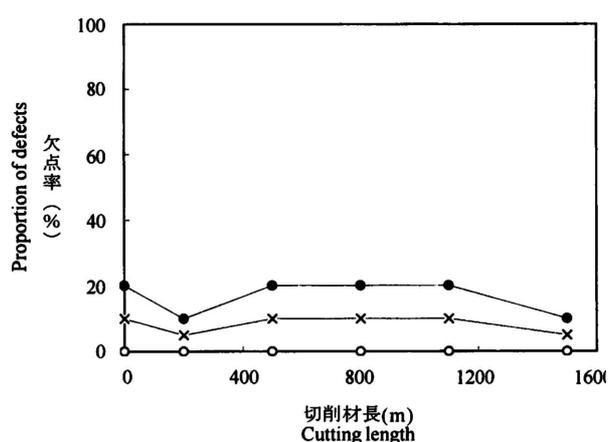
第5-3図 切削材長と欠点率の関係(キャンプノスペルマ造林木)

凡例: ○:板目面, ●:柁目面, ×:平均値

Fig. 5-3. Relation between cutting length and Proportion of defects.

(*C. brevipetiolata* (Plantation tree)).

Legend: ○: Tangential face; ●: Radial face; ×: Av.



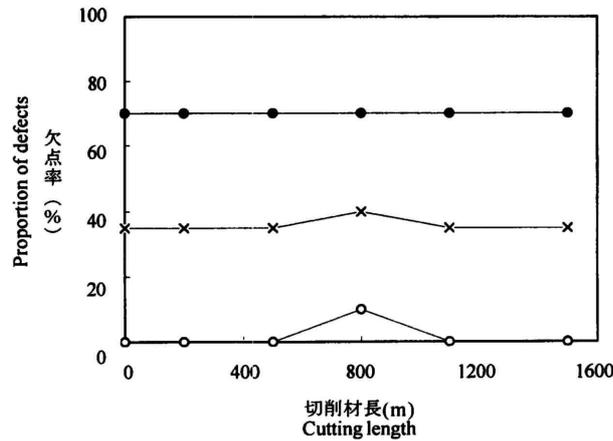
第5-4図 切削材長と欠点率の関係(キャンプノスペルマ天然木)

凡例: ○:板目面, ●:柁目面, ×:平均値

Fig. 5-4. Relation between cutting length and Proportion of defects.

(*C. brevipetiolata* (Natural forest tree)).

Legend: ○: Tangential face; ●: Radial face; ×: Av.



第5-5図 切削材長と欠点率の関係(カメレレ)

凡例: ●:板目面, ○:柁目面, ×:平均値

Fig 5-5 Relation between cutting length and Proportion of defects(E. deglupta).

Legend: ●: Tangential face; ○: Radial face; ×: Av.

5.1.2.1ターミナリア造林木

板目,柁目ともに切削性が良好である。天然木に比べて柁目の欠点率が低い。

5.1.2.2ターミナリア天然木

板目の切削性は良好であるが,柁目は初期段階から逆目ぼれの発生が多くやや欠点率が高い。逆目ぼれは順目切削に留意していながら切削終了まで発生していることから樹種特性と考えられる。発生した逆目ぼれは判定C程度であり実用上の障害にはならない。

5.1.2.3キャンブノスペルマ造林木

天然木に比べると逆目ぼれの発生がやや多く,欠点率が高いものの切削性は良好である。

5.1.2.4キャンブノスペルマ天然木

板目,柁目ともに切削性は良好であり切削終了時まで変化しない。

5.1.2.5カメレレ造林木

板目の切削性は良好である。しかし柁目では逆目ぼれと欠けの発生が著しく,欠点率も70%と非常に高い。これは交錯木理を持つ樹種特性に起因すると考えられる。それらの欠点は判定D程度であり実用上の障害となり得る。そのため,この樹種を意匠的な部分に利用するには,切削加工の際に切削量を少なくする,送り速さを遅くするなどの注意が必要である。

以上のように,概略ながら5樹種の切削性についての評価を得ることができた。しかし試験切削1500m中に刃先の摩耗および欠損による欠点率の増加は認められず,刃先の寿命についての指標を得るには至らなかった。

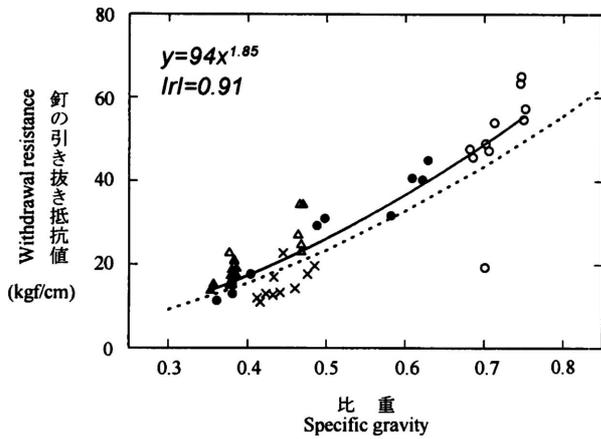
5.1.3 まとめ

- 1)ターミナリア造林木,キャンブノスペルマ造林木,天然木は切削性の良好な樹種である。
- 2)ターミナリア天然木は柁目の切削性がやや悪いものの,実用上の問題のない樹種である。
- 3)カメレレは板目の切削性は良好だが,柁目の切削性が悪い。逆目ぼれや欠けの発生が著しく,実上の障害となり得る。

5.2 釘および木ネジの保持力

5.2.1試験方法

上記の5樹種について釘および木ネジの引き抜き試験を行った。試験片は板目とし,厚さ30mm,材幅



第5-6図 釘の引き抜き抵抗値

凡例: :ターミナリア天然木, :ターミナリア造林木
 ? :キャンブノスベルマ天然木
 ? :キャンブノスベルマ造林木, x :カメレレ
 点線実験式 $y=84x^{1.84}$, 実線回帰式 $y=94x^{1.85}$

Fig. 5-6. Withdrawal resistance of nail.

Legend: : T. calamansanai (Natural forest tree);
 : T. calamansanai (Plantation tree);
 : C. brevipetiolata (Natural forest tree);
 : c. brevipetiolata (Plantation tree);
 x : E. deglupta

Dotted line: Experimental formula $y=84x^{1.84}$,
 Solid line: Regression formula $y=94x^{1.85}$

50mm, 材長100mmとした。試験前に平衡含水率12%に調湿し試験に供した。釘の引き抜き試験は、試験片の3等分点にN50釘(直径2.75mm×長さ50mm)を打ち込んだ。打ち込み深さは30mm, 引き抜き速度は1.5mm/minとした。

木ネジの引き抜き試験片は釘と同一とした。同じく3等分点に直径2.2mmのドリルで先穴をあけ木ネジ(呼び径4.5mm×長さ45mm)をねじ込んだ。ねじ込み深さ30mmとしたが、ターミナリア天然木は最大荷重が試験機的能力を超えたため、ねじ込み深さを25mmとした。引き抜き速度は1.5mm/minとした。

5.2.2 試験結果および考察

釘の引き抜き耐力を第5-6図, 木ネジの引き抜き耐力を第5-7図に示す。ここで引き抜き抵抗値とは引き抜き最大荷重を打ち込み深さまたはねじ込み深さで除した値である。

5.2.2.1 釘

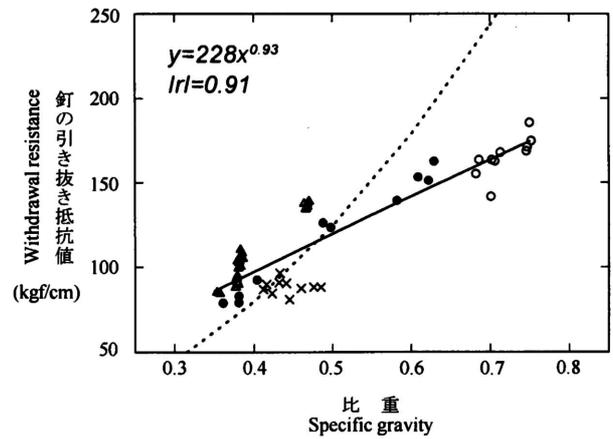
図中点線で示した実験式 $y=84x^{1.84}$ は日本産気乾広葉樹(比重0.3~0.9)の釘の引き抜き実験式²⁾から算出した式である。今回の測定値から回帰曲線を求めると $y=94x^{1.85}$, 相関係数0.91となり, 引き抜き抵抗値と比重には高い相関が認められた。回帰式と実験式はよく近似しており, 今回の樹種が日本産広葉樹と同様な釘の保持力を持っていると言える。ターミナリア天然木の極端に低い値は釘打ち込み時の割れ発生のためである。

5.2.2.2 木ネジ

図中点線で示した実験式 $y=496x^2$ は針葉樹および広葉樹の乾燥材の木ネジの引き抜き実験式³⁾から算出した式である。今回の測定値から回帰曲線を求めると $y=228x^{0.93}$, 相関係数0.91となった。釘同様に抵抗値と比重には高い相関が認められたが, 実験式と比べて傾きと指数が小さかった。比重0.5以下では実験式に近い分布を示しているが, それ以上では実験式よりも抵抗値が低かった。これはターミナリア天然木のねじ込み深さを他の4樹種よりも5mm浅くしたことが影響していると考えられる。

5.2.3 まとめ

1) 釘の引き抜き抵抗は比重と高い相関関係を持ち, 日本産広葉樹の実験式によく似た傾向を示した。カメレレの一部を除いて日本産広葉樹と同等かそれ以上の保持力を持っていた。



第5-7図 釘の引き抜き抵抗値

凡例: :ターミナリア天然木, :ターミナリア造林木, :キャンブノスベルマ天然木
 ? :キャンブノスベルマ造林木, x :カメレレ
 点線実験式 $Y=496x^2$, 実線回帰式 $Y=228x^{0.93}$

Fig. 5-7. Withdrawal resistance of screw.

Legend: : T. calamansanai (Natural forest tree);
 : T. calamansanai (Plantation tree);
 : C. brevipetiolata (Natural forest tree);
 : c. brevipetiolata (Plantation tree);
 x : E. deglupta

Dotted line: Experimental formula $y=496x^2$
 Solid line: Regression formula $y=228x^{0.93}$

2)木ネジの引き抜き抵抗は比重と高い相関関係を持っていた。しかし、乾燥材の実験式に比べてターミナリア造林木、ターミナリア天然木の一部、カメレレの一部が低い値を示した。

5.3 Abstract

Cutting properties with single surface planer and withdrawal resistance of nails and wood screws were examined for three tropical wood species, Terminalia calamansanai and Camptosperma brevipediolata from plantation and natural forests, Eucalyptus deglupta from a plantation forest.

1) Cutting properties

The proportion of defects was obtained in each cutting lengths on each face of tangential and radial direction. It was calculated by the following formula :

$$\text{Proportion of defects(\%)} = d/n \times 100$$

where, "d" is the number of sample that impracticable defects occurred on;

"n" is the number of all samples for the evaluation on each face.

Cutting properties of T. calamansanai (natural forest tree) had no matter in practical use, although the proportion of defects was slightly high on the radial face. (Fig. 5 - 1)

Cutting properties of T. calamansanai (plantation tree) and C. brevibetiolata (plantation tree and natural forest tree) were good. (Fig. 5 - 2 ~ 5 - 4)

Cutting properties of E. deglupta were good on the tangential face, but chipped grain and lack on the radial face occurred heavily because of the interlocked grain. The proportion of defects amounted to 70%. (Fig. 5 - 5)

2) Withdrawal resistance

The withdrawal resistance of nails and wood screws was obtained in each species. It was calculated by the following formula:

$$\text{Withdrawal resistance (kgf/cm)} = P/l$$

where, "P" is the maximum load of withdrawal;

"l" is the depth of penetration of the nail or wood screw.

The withdrawal resistance of nail was correlated with the specific gravity. Except for a part of E. deglupta, most of the measured values were higher than the experimental values of Japanese seasoned hardwood. (Fig. 5 - 6)

The withdrawal resistance of screw was correlated with the specific gravity too. But the values of T. calamansanai (natural forest tree), a part of T. calamansanai (plantation tree), a part of E. deglupta were lower than the experimental values of seasoned wood. (Fig. 5 - 7)

5.4 文献

- 1) 田口 崇, 米田昌世: マレーシア産造林木の材質評価および加工適性評価, 第5章, 加工性能試験, 林産試験場, 86, 42 (1998).
- 2) 林業試験場編: 木材工業ハンドブック, 新版, 5.4, 木材の接合, 439 (1973).
- 3) 林業試験場編: 木材工業ハンドブック, 改訂3版, 11.5, 接合耐力, 734 (1982).

- 技術部加工科 大橋 義徳 (Yoshinori OHASHI) -
- 同上 田口 崇 (Takashi TAGUCHI) -

第6章 塗装および接着性能試験

6.1 試験方法

供試材として、タ - ミナリア(Terminaliacalamansanai)の造林木と天然木、キャンプノスペルマ(Campnosperma brevlbetiolata)の造林木と天然木、カメレレ(Eucalyptus deglupta)造林木、ユ - カリ・ロブスタ(Eucalyptusrobusta)造林木の4樹種、6種類を用いた。

6.1.1 塗装試験

塗料として、木質用汎用塗料であるポリウレタン樹脂塗料(以下PUと略す)、アミノアルキッド樹脂塗料(以下AAと略す)の2種類を用いた。試験片はエアスプレ - 塗装により作製した。各塗料の塗装工程および塗装条件は前報1)の第6 - 2表にしたがった。ただし、塗布量のみ下塗りを $124 \sim 138\text{g/m}^2$ 、中塗りを $90 \sim 102\text{g/m}^2$ 、上塗りを $105 \sim 112\text{g/m}^2$ に変更した。

塗装時の塗装状態、作業性を目視で観察し、さらに塗膜密着性能を特殊合板の日本農林規格(JAS)に定められている平面引っ張り(塗膜密着力)試験により評価した(前報1)第6 - 1表参照)。

6.1.2 接着試験

接着剤として、エリア樹脂接着剤(以下UFと略す)、酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤(以下PVAcと略す)、水性高分子 - イソシアネ - ト接着剤(以下APIと略す)、レゾルシノ - ル樹脂接着剤(以下RFと略す)を用いた(前報1)第6 - 4表参照)。

接着性能はブロックせん断試験(常態試験、耐水試験)とはく離試験によって評価した。ブロックせん断試験は各接着剤の日本工業規格(JIS)にしたがって実施した(前報1)第6 - 5表参照)。RFについてはフェノ - ル樹脂接着剤の試験方法を用いた。

はく離試験は集成材の日本農林規格(JAS)にしたがって実施した。UFとPVAcは浸せきはく離試験を、RFとAPIは煮沸はく離試験を実施した。

6.2 試験結果および考察

6.2.1 塗装試験

6.2.1.1 塗装時の表面観察

下塗り塗装の硬化過程において、PU、AAとも乾燥不良や塗膜割れなどの障害は観察されなかった。下塗り塗装での塗料のしみ込みはPU、AAともキャンプノスペルマ>カメレレ ユ - カリ・ロブスタ>タ - ミナリアの順となり、カメレレおよびユ - カリ・ロブスタは $124 \sim 138\text{g/m}^2$ が適正塗布量、キャンプノスペルマは $124 \sim 138\text{g/m}^2$ では塗布不足、タ - ミナリアは塗布過剰であると判断された。タ - ミナリアおよびキャンプノスペルマは天然木、造林木に吸い込みの顕著な差はみられなかった。

下塗り塗料の硬化不良、基材からのしみ出し、研磨不良等の塗装障害はいずれの樹種にも観察されなかった。

中塗り、上塗り工程においても各樹種とも密着不良や塗膜割れは観察されなかった。

6.2.1.2 平面引っ張り(塗膜密着力)試験

試験結果を第6 - 1表に示した。puの塗膜密着力と基材の気乾比重の関係を第6 - 1図に、AAの塗膜密着力と基材の気乾比重の関係を第6 - 2図に示した。

塗膜密着力はPU、AAの両塗料とも高比重のユ - カリ・ロブスタがそれぞれ 36.6kgf/cm^2 、 33.6kgf/cm^2 と最も高く、低比重のタ - ミナリア(造林木)、キャンプノスペルマ(天然木)がそれぞれ 11.9kgf/cm^2 、 10.5kgf/cm^2 と最も低い結果となった。

塗膜密着力は両塗料とも基材の比重を反映した結果が得られた。タ - ミナリアおよびキャンプノスペ

第6-1表 平面引っ張り(塗膜密着力)試験
Table 6-1. Coating strength test for various tropical woods .

塗料 Paints	樹種 Species	気乾比重 Specific gravity	塗膜密着力(kgf/cm ²) Strength				木破率(%) Wood failure					
			最大値 Max	最小値 Min.	平均値 Av.	標準偏差 S.D.	最大値 Max	最小値 Min.	平均値 Av.	標準偏差 S.D.		
ポリウレタン Polyurethane resin	ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	N	0.75	33.3	12.3	23.2	7.4	90	60	69	10	
			0.52	26.2	8.8	17.0	5.4	100	50	81	15	
		P	0.61	27.4	9.2	19.2	5.2	90	70	83	8	
			0.42	17.0	11.6	14.5	2.1	100	80	90	6	
			0.33	16.3	7.2	11.9	3.4	100	90	97	5	
	キャンブノスベルマ <i>C. brevipetiolata</i>	N	0.46	26.0	7.9	18.1	5.0	90	50	71	15	
			0.36	22.6	9.8	18.8	3.0	90	30	67	16	
		P	0.46	23.9	11.1	16.7	4.0	100	60	80	13	
			ユーカリ・ロブスタ <i>E. robusta</i>	1.05	45.5	18.5	36.6	8.5	90	50	73	12
				0.77	35.0	14.5	24.4	7.4	90	60	77	11
アミノアルキッド Aminoalkyd resin	ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	N	0.70	31.3	8.5	19.0	5.8	90	0	51	30	
			0.53	21.1	8.5	16.4	4.1	90	10	38	26	
		P	0.61	28.5	7.5	16.5	5.4	90	10	57	22	
			0.53	22.0	5.9	13.7	5.3	70	0	18	22	
			0.35	18.5	6.0	12.1	3.4	100	40	73	19	
	キャンブノスベルマ <i>C. brevipetiolata</i>	N	0.42	17.5	3.9	10.5	4.0	100	0	54	34	
			0.39	19.4	2.6	13.6	5.1	90	0	29	27	
		P	0.49	21.4	10.0	16.2	4.0	80	10	33	22	
			ユーカリ・ロブスタ <i>E. robusta</i>	1.07	49.1	19.6	33.6	8.5	100	20	82	20
				0.79	43.5	16.3	30.3	9.4	90	30	65	22

凡例:N:天然木, p:造林木

Legend : N : Natural forest tree ; P : Plantation forest tree.

ルマの天然木と造林木の塗膜密着力の差は比重に依存したものと考えられた。

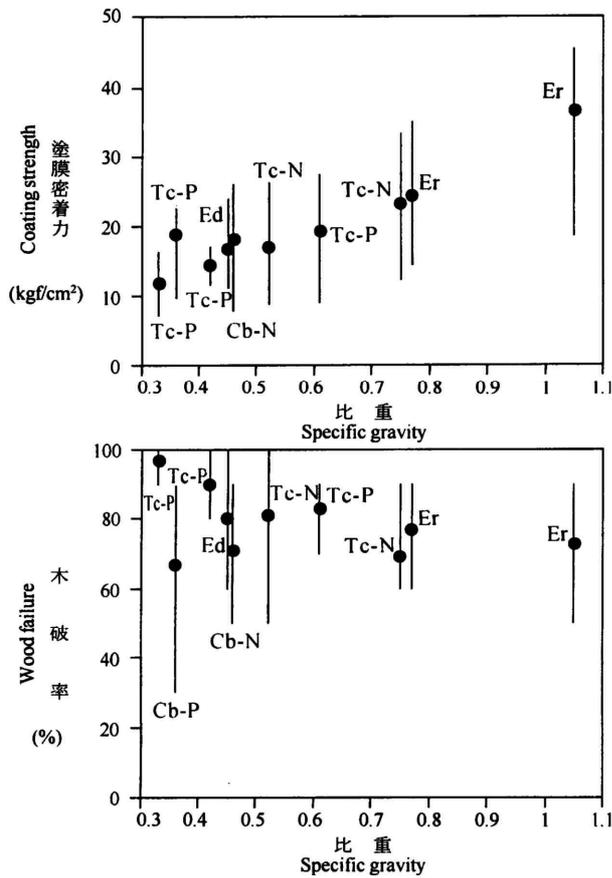
この試験におけるJASの適合基準は、同一試料から採取した試験片の塗膜密着力の平均値が4kgf/cm²以上あることとなっている。供試材の塗膜密着力はいずれの塗料も基準値を上回った。塗膜密着力を塗料別に見ると、PU, AA間に顕著な差はみられなかった。

木破率では、PUは低比重材から高比重材まで一様に高い木破が観察され、高比重側でやや木破率が小さくなる傾向がみられたのに対し、AAは気乾比重0.5前後の材の木破率が最も低く、それより高比重側と低比重側で高い木破率が観察された。また、AAはPUに比べて各樹種とも木破のパラツキが大きかった。

6.2.2 接着試験

6.2.2.1 圧縮時の接着剤のはみ出し

接着剤の塗布量は接着性能に大きな影響を与えるだけでなく経済的にも大切なファクターである。圧縮時の接着剤のはみ出しは適正塗布量を判定する目安となる。はみ出し量を目視による観察で8ランクに区分し評価した結果を第6 - 3図に示した。適正量は少量(2) ~ 適度(4)である。



第6-1図 ポリウレタン樹脂塗料の塗膜密着力

凡例: Tc-N: ターミナリア(天然木),
 Tc-P: ターミナリア(造林木),
 Cb-N: キャンブノスペルマ(天然木),
 Cb-P: キャンブノスペルマ(造林木),
 Ed: カメレレ, Er: ユーカリ・ロブスタ

Fig. 6-1. Relationships between coating strength and specific gravity for various tropical woods coated with polyurethane resin.

Legend : Tc-N : T. calamansanai (Natural forest tree);
 Tc-P : T. calamansanai (Plantation tree);
 Cb-N : C. brevipetiolata (Natural forest tree);
 Cb-P : C. brevipetiolata (Plantation tree);
 Ed : E. deglupta ; Er : E. robusta

キャンブノスペルマおよびカメレレは各接着剤ともほぼ適正なはみ出しを見せた。

ターミナリアは各接着剤とも側面ではほぼ適正なはみ出し量であったが、木口面では若干多めのはみ出しをみせており、250g/m²の塗布量は適正から若干過多であると判断された。

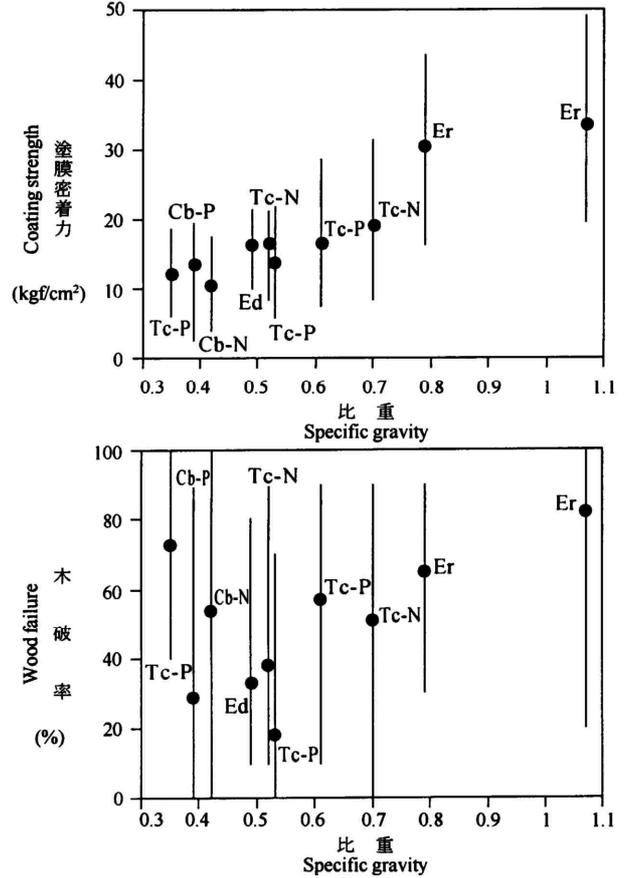
ユーカリ・ロブスタは粘度の高いPVAc, APIで適正~十分、粘度の低いUF, RFでは十分~多量のはみ出しが観察され、250g/m²の塗布量は過多であると判断された。特にUF, RFは増粘剤等の添加による粘度調整が必要と考えられた。

ターミナリアおよびキャンブノスペルマの天然木、造林木の間にははみ出しの差はみられなかった。

6.2.2.2 ブロックせん断試験

ブロックせん断試験の常態試験の結果を第6-2表に、耐水試験の結果を第6-3表に示した。第6-4~第6-7図の上段にUF, PVAc, API, RFの常態せん断強度、木破率を、下段に耐水せん断強度、木破率を示した。

常態せん断強度は、各接着剤とも気乾比重0.4~0.5付近のターミナリア、キャンブノスペルマ、カメレレの間では比重依存は明確ではなかった。しかし、比重0.6~0.7のターミナリア、比重0.8~1.0

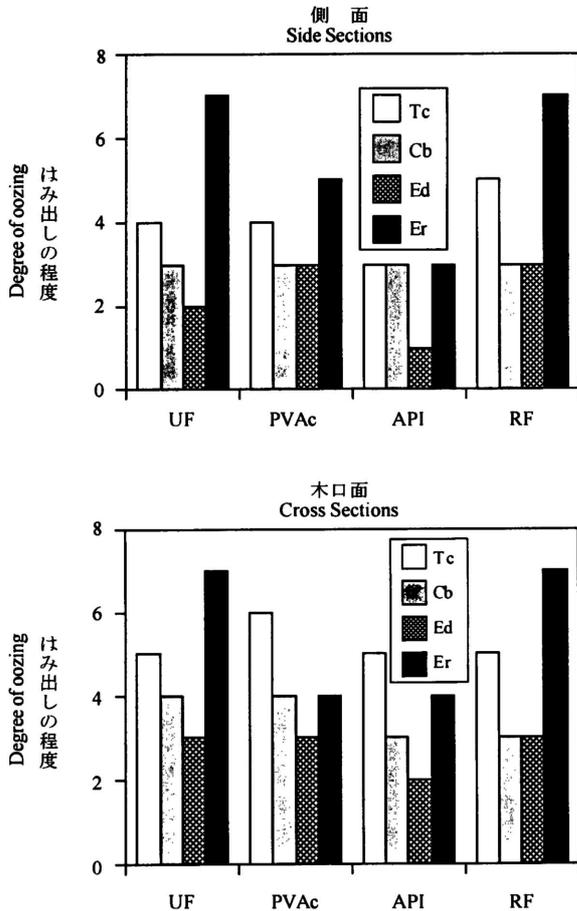


第6-2図 アミノアルキッド樹脂塗料の塗膜密着力

注記号は第6-1図参照

Fig. 6-2. Relationships between coating strength and specific gravity for various tropical wood coated with aminoalkyd resin.

Note : Symbols are shown in Fig.6-1.



第6-3図 圧縮時の接着剤はみ出し状況

凡例:8:多量, 6:十分, 4:適度, 2:少量, 0:なし,
 UF:ユリア樹脂, PVAc:酢酸ビニルエマルジョン,
 API:水性高分子-イソシアネート,
 RF:レゾルシノール樹脂, Tc:ターミナリア,
 Cb:キャンブノスベルマ, Ed:カメレレ,

Fig. 6-3. Oozing of adhesives from side sections and cross sections of an adhesive layer during pressing.

Legend :8 : A large quantity ; 6 : Enough ; 4 : Moderation ; 2 : A small quantity ; 0 : Not found ;
 UF : Urea-formaldehyde resin ;
 PVAc : Polyvinyl acetate emulsion ;
 Apt : Water based polymer-isocyanate ;
 RF : Resorcinol-formaldehyde resin ;
 Tc : T. calamansanai ; Cb : C. brevipeitoliata
 Ed : E. deglupta ; Er : E. robusta.

キャンブノスベルマでは、造林木(0.38~0.39)のUF (99kgf/cm²), API (102kgf/cm²), RF (98kgf/cm²),天然木(0.44)のUF (96kgf/cm²)は樹種区分1の基準を、天然木(0.43~0.45)のPVAc (88 kgf/cm²), Apt (87kgf/cm²), RF (93kgf/cm²)と造林木(0.38)のPVAc (93 kgf/cm²)は樹種区分2の基準を満たした。

カメレレ(0.47~0.49)はすべての接着剤(UF : 83 kgf/cm², PVAc : 77 kgf/cm², API : 82 kgf/cm², RF : 76 kgf/cm²)が樹種区分3の基準を満たした。

ユーカリ・ロブスタ(0.81~1.09)はすべての接着剤で(UF : 100~112 kgf/cm², PVAc : 130 kgf/cm², API : 133 kgf/cm², RF : 111 kgf/cm²) JASの樹種区分1の基準を満たした。

木破率は構造用集成材のJASで、樹種区分1および2は60%以上、樹種区分3~5は65%以上と規定されている。各樹種とも高い木破率を示し、JASの基準に達しなかったものはキャンブノスベルマ造林木(0.38)のPVAc (59%)およびユーカリ・ロブスタ(1.06)のRF (45%)であった。各樹種

以上のユーカリ・ロブスタを含めて観察すると、0.7~0.8付近までは比重の増加とともに接着強度は上昇、0.8以上では一定あるいは低下する傾向がみられた。

接着剤のJISでは常態試験の基準値が各接着剤ともせん断強度100kgf/cm²以上と規定されている。また、樹種別の基準値が設定されている構造用集成材のJASでは、樹種区分1(イタヤカエデ、カバ、ブナ、ケヤキおよびアピトンと同等の強度を有する樹種)がせん断強度96kgf/cm²以上、木破率60%以上と規定されている。

樹種別に常態せん断強度を比較すると、ターミナリアでは、天然木高比重材(0.71~0.72)のUF (132kgf/cm²), RF (130 kgf/cm²),天然木(0.50)のUF (101kgf/cm²), API (102 kgf/cm²), RF (106kgf/cm²)および、造林木(0.52~0.62)のすべての接着剤(UF : 126kgf/cm², PVAc : 9.9 kgf/cm², API : 101 kgf/cm², RF : 132kgf/cm²)でJASの樹種区分1の基準を満たした。

天然木(0.52)のPVAc (88kgf/cm²)は樹種区分2(せん断強度84kgf/cm²以上、木破率60%以上:タモ、シオジおよびニレと同等の強度を有する樹種)の基準を、造林木低比重材(0.40)のRF (73kgf/cm²)は樹種区分3(せん断強度72kgf/cm²以上、木破率65%以上:ヒノキ、ヒバ、カラマツ、クロマツ、ペイヒ、ダフリカカラマツ、サザンパインおよびペイマツと同等の強度を有する樹種)の基準を、造林木低比重材(0.35)のUF (66kgf/cm²)は樹種区分4(せん断強度66kgf/cm²以上、木破率65%以上:ツガ、アラスカイエローシダー、ペニマツ、ラジアータパインおよびペイツガと同等の強度を有する樹種)の基準をそれぞれ満たした。

第6-2表 ブロックせん断試験(常態試験)

Table 6-2. Shear strength test of tropical woods bonded with various adhesives (Dry condition).

樹種 Species	接着剤 Adhesives	UF				PVAc				API				RF							
		気乾比 重 Specific gravity	最大 値 Max	最小 値 Min	平均 値 Av.	標準 偏差 S.D.	気乾比 重 Specific gravity	最大 値 Max	最小 値 Min.	平均 値 Av.	標準 偏差 S.D.	気乾比 重 Specific gravity	最大 値 Max	最小 値 Min.	平均 値 Av.	標準 偏差 S.D.					
ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	天然木 Natural forest tree	強度(kgf/cm ²) Strength	142	123	132	6.4										142	114	130	8.6		
		木破率(%) Wood failure	0.72														0.71				
	造林木 plantation tree	強度(kgf/cm ²) Strength	111	92	101	5.5		103	79	88	6.5		111	89	102	6.4		117	93	106	7.8
		木破率(%) Wood failure	0.50				0.52					0.50					0.50				
	造林木 plantation tree	強度(kgf/cm ²) Strength	144	100	126	14.1		110	86	99	7.8		123	85	101	12.3		142	118	132	7.7
		木破率(%) Wood failure	0.61				0.53					0.52					0.62				
強度(kgf/cm ²) Strength		79	50	66	8.5		100	80	93	8		100	100	100	0		91	54	73	12.8	
木破率(%) Wood failure		0.35														0.40					
キャンブノスベレマ <i>C. brevipetiolata</i>	天然木 Natural forest tree	強度(kgf/cm ²) Strength	112	87	96	8.9		105	71	88	10.4		100	73	87	8.2		108	79	93	7.8
		木破率(%) Wood failure	0.44				0.44					0.43					0.45				
	造林木 plantation tree	強度(kgf/cm ²) Strength	121	77	99	13.7		112	70	93	12.8		128	83	102	14.4		114	79	98	12.7
		木破率(%) Wood failure	0.38				0.38					0.38					0.39				
カメレレ <i>E. deglupta</i>	造林木 plantation tree	強度(kgf/cm ²) Strength	98	73	83	8		84	67	77	4.6		101	64	82	0.5		91	67	76	6
		木破率(%) Wood failure	0.47				0.49					0.48					0.47				
ユーカリ・ロブスタ <i>E. robusta</i>	造林木 plantation tree	強度(kgf/cm ²) Strength	126	97	112	9		141	114	130	9.7		150	104	133	12.5		140	74	111	18.3
		木破率(%) Wood failure	1.06				1.09					1.06					1.06				
		強度(kgf/cm ²) Strength	124	73	100	13.2		100	70	91	9		100	90	99	3		100	10	45	26
		0.81																			
		100	90	98	4																

凡例: UF:ユリア樹脂, PVAc:酢酸ビニル樹脂エマルジョン, APT:水性高分子-イソシアネート,
RF:レゾルシノール樹脂

Legend : UF : Urea-formaldehyde resin ; PVAc : Polyvinyl acetate emulsion ; API : Water based polymer-isocyanate ;
RF : Resorcinol-formaldehyde resin.

とも木破率に明確な比重依存性は観察されなかった。

耐水試験はJISにのみ基準値があり, RF, API, UFはせん断強度60kgf/cm², PVAcは40 kgf/cm²以上と規定されている。また,耐水試験は各接着剤ごとに試験方法が異なり,接着剤の耐水性能も異なるので,接着剤ごとに樹種依存性を比較した。

UF (第6-4図)では,気乾比重0.8付近まで接着強度が上昇し,明確な比重依存性が観察された。ユーカリ・ロブスタ(0.81)とユーカリ・ロブスタ(1.06)に接着強度の差はみられなかった。JISの基準値に達しなかったものはターミナリア造林木低比重材(0.35)の53 kgf/cm²だけであった。ユーカリ・ロブスタは常態試験より高い接着強度を示した。これはユーカリ・ロブスタの耐水性能が高く,耐水履歴による接着層への影響が小さいのと,加温により接着力が上昇したためと思われる。木破率は各樹種とも80%以上の高い値を示し,比重依存は観察されなかった。

第6-3表 ブロックせん断試験(耐水試験)

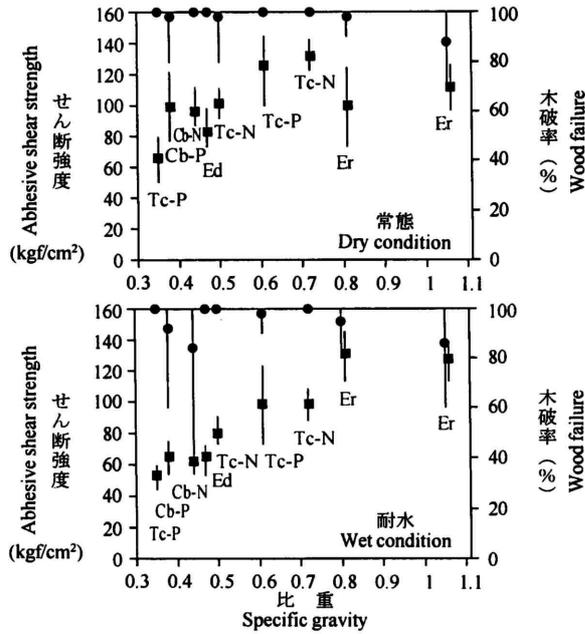
Table 6-3. Shear strength test of tropical woods bonded with various adhesives (Wet condition).

樹種 Species	接着剤 Adhesives	UF				PVAc				API				RF			
		気乾比 重 Specific gravity	最大 値 Max	最小 値 Min	平均 値 Av.	標準 偏差 S.D.	気乾比 重 Specific gravity	最大 値 Max	最小 値 Min	平均 値 Av.	標準 偏差 S.D.	気乾比 重 Specific gravity	最大 値 Max	最小 値 Min	平均 値 Av.	標準 偏差 S.D.	
			強度(kgf/cm ²) Strength														
天然木 Natural forest tree	木破率(%) Wood failure																
	強度(kgf/cm ²) Strength																
ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	木破率(%) Wood failure																
	強度(kgf/cm ²) Strength																
造林木 planta- tion tree	木破率(%) Wood failure																
	強度(kgf/cm ²) Strength																
天然木 Natural forest tree	木破率(%) Wood failure																
	強度(kgf/cm ²) Strength																
キャンブノスペルマ <i>C. brevipedolata</i>	木破率(%) Wood failure																
	強度(kgf/cm ²) Strength																
造林木 planta- tion tree	木破率(%) Wood failure																
	強度(kgf/cm ²) Strength																
カメレレ <i>E. deglupta</i>	木破率(%) Wood failure																
	強度(kgf/cm ²) Strength																
ユーカリ・ロブスタ <i>E. robusta</i>	木破率(%) Wood failure																
	強度(kgf/cm ²) Strength																

注記号は第6-2表参照
Note : Symbols are shown in Table 612.

PVAc (第6-5図)では、気乾比重0.4~0.5付近のターミナリア、キャンブノスペルマ、カメレレの間では明確な比重依存は認められなかった。また、ターミナリア、キャンブノスペルマの天然木、造林木の間にも接着強度に明確な差はみられなかった。JISの基準を満たしたものはターミナリア造林木(0.53) 50kgf/cm²、ユーカリ・ロブスタ(1.09) 109kgf/cm²の2樹種であった。ユーカリ・ロブスタはUFと同様、高い耐水性能を示した。木破率は接着剤の耐水性能を反映して小さく、最も高いユーカリ・ロブスタでも45%であった。

API (第6-6図)もPVAcと同様、気乾比重 0.4~0.5付近のターミナリア、キャンブノスペルマ、カメレレの間では明確な比重依存は認められなかった。また、ターミナリア、キャンブノスペルマの天然木、造林木の間にも接着強度に明確な差はみられなかった。JISの基準を満たしたものはユーカリ・ロブスタ(1.06) 88kgf/cm²のみであった。木破率は、ユーカリ・ロブスタが58%で最も高く、次いでター



第6-4図 ブロックせん断試験(ユリア樹脂)

凡例:UF:ユリア樹脂, :せん断強度, :木破率,
 Tc-N:タミナリア(天然木),
 Tc-P:タミナリア(造林木),
 Cb-N:キャンブノスペルマ(天然木),
 Cb-P:キャンブノスペルマ(造林木), Ed:カメレレ,
 Er:ユーカリ・ロブスタ

Fig. 6-4. Relationships between shear strength under dry condition and hot water immersion condition and specific gravity for various tropical woods bonded with UF.

Legend : UF : Urea-formaldehyde resin ; I : Strength ;
 oe : wood failure ;
 Tc-N : T. calamansanai (Natural forest tree) ;
 Tc-P : T. calamansanai (plantation tree) ;
 Cb-N : C. brevipedunculata (Natural forest tree) ;
 Cb-P : C. brevipedunculata (Plantation tree) ;
 Ed : E. deglupta ; Er : E. robusta

ミナリア造林木(0.52)の30%,その他の材は3~12%あった。

RF (第6-7図)では、気乾比重0.4~0.5付近のタミナリア、キャンブノスペルマ、カメレレ、比重0.6~0.7のタミナリア、比重1.0以上のユーカリ・ロブスタを比較すると、比重の増加とともに接着強度は上昇、木破率は低下する傾向がみられた。JISの基準に達しなかったものは、タミナリア造林木低比重材(0.40)の52 kgf/cm²、キャンブノスペルマ天然木(0.45)の55 kgf/cm²、カメレレ(0.47)が52kgf/cm²であった。木破率は、すべての樹種で75%以上の高い木破を示した。

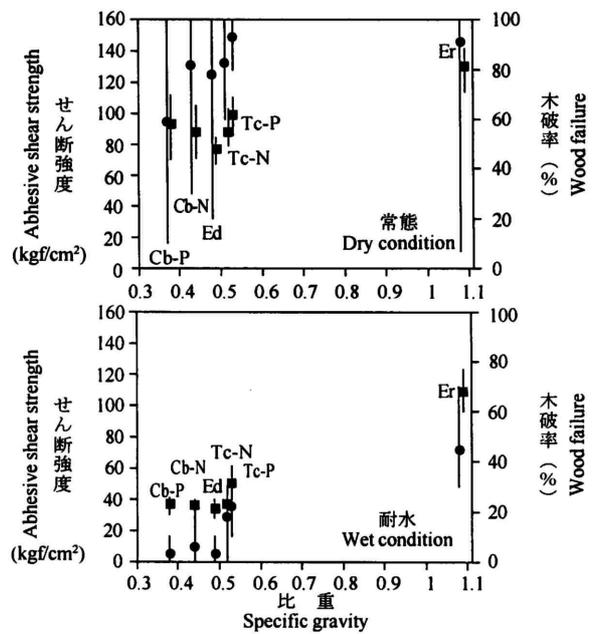
6.2.2.3 はく離試験

浸せきはく離試験の結果を第6-4表および第6-8図に、煮沸はく離試験の結果を第6-5表および第6-9図に示した。

集成材の浸せきはく離試験を施したUFはすべての樹種ではく離は観察されなかった。

PVAcではタミナリア天然木(0.52)、タミナリア造林木(0.53)がそれぞれ57%、51%と高いはく離率を示した。キャンブノスペルマの造林木(0.38)もまたはく離率14%でJASの基準に達しなかった。JASの基準に適合したものはキャンブノスペルマの天然木(0.44)、カメレレ(0.49)、ユーカリ・ロブスタ(1.09)の3種類で、はく離率はそれぞれ8%、9%、0%であった。

集成材の煮沸はく離試験を施したAPI、RFでは、各樹種ともほとんどはく離は観察されず、すべての樹種でJASの基準を上まわった。はく離の観察されたものは、APIのタミナリア天然木(0.50)が2

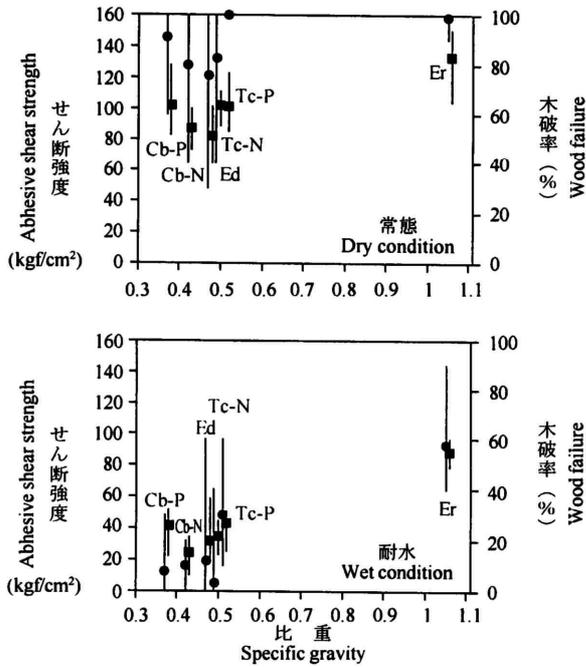


第6-5図 ブロックせん断試験(酢酸ビニル樹脂エマルジョン)

凡例:PVAc:酢酸ビニル樹脂エマルジョン
 注:その他の記号は第6-4図参照

Fig. 6-5. Relationships between shear strength under dry condition and wet condition and specific gravity for various tropical woods bonded with PVAc.

Legend : PVAc : Polyvinyl acetate emulsion
 Note : Other symbols are the same as shown in Fig.6-4.

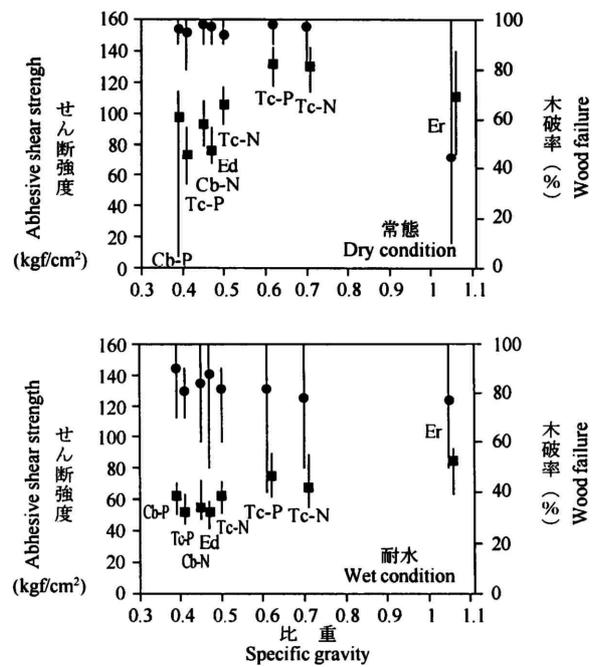


第6-6図 ブロックせん断試験(水性高分子イソシアネート)

凡例: APT: 水性高分子-イソシアネート
注: その他の記号は第6-4図参照

Fig. 6-6. Relationships between shear strength under dry condition and hot water immersion condition and specific gravity for various tropical woods bonded with APT.

Legend : APT : Water based polymer-isocyanate
Note : Other symbols are the same as shown in Fig.6-4.



第6-7図 ブロックせん断試験(レゾルシノール樹脂)

凡例: RF: レゾルシノール樹脂
注: その他の記号は第6-4図参照

Fig. 6-7. Relationships between shear strength under dry condition and hot water immersion condition and specific gravity for various tropical woods bonded with RF.

Legend : RF : Resorcinol-formaldehyde resin
Note : Other symbols are the same as shown in Fig.6-4.

第6-4表 浸せきはく離試験

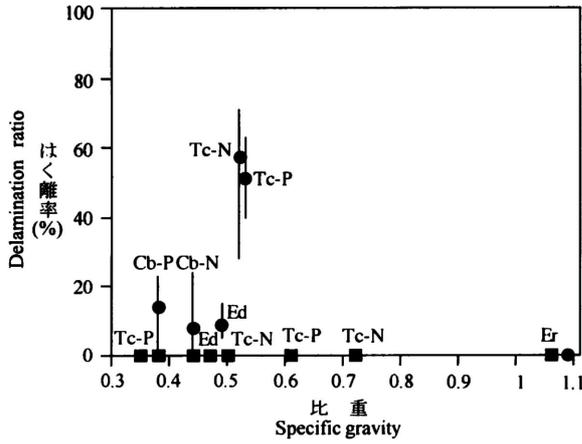
Table 6-4. Results of delimitation test in cool water.

樹種 Species	接着剤 Adhesives	UF				PVAc					
		気乾比重 Specific gravity	はく離率 (%) Delamination ratio			気乾比重 Specific gravity	はく離率 (%) Delamination ratio				
			最大値 Max.	最小値 Min.	平均値 Av.		標準偏差 S.D.	最大値 Max.	最小値 Min.	平均値 Av.	標準偏差 S.D.
ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	天然木 Natural forest tree	0.72	0	0	0	0	0.52	71	28	57	20
	造林木 Plantation tree	0.61	0	0	0	0	0.53	63	40	51	9
キャンブノスヘルマ <i>C. brevipedunculata</i>	天然木 Natural forest tree	0.44	0	0	0	0	0.44	24	0	8	11
	造林木 Plantation tree	0.38	0	0	0	0	0.38	23	0	14	10
カメレレ <i>E. deglupta</i>	造林木 Plantation tree	0.47	0	0	0	0	0.49	15	5	9	4
ユーカリ・ロブスタ <i>E. robusta</i>	造林木 Plantation tree	1.06	0	0	0	0	1.09	0	0	0	0
	造林木 Plantation tree	0.81	0	0	0	0					

注記号は第6-2表参照
Note : Symbols are shown in Table 6-2.

%,カメレレ(0.48)が8%,ユーカリ・ロブスタ(1.06)が1%, RFのユーカリ・ロブスタ(1.06)が3%であった。

浸せきはく離試験および煮沸はく離試験では、各接着剤ともはく離率に明確な比重依存は観察されなかった。PVAcでは、ターミナリア天然木および造林木で高いはく離率を示したが、これは接着剤自体

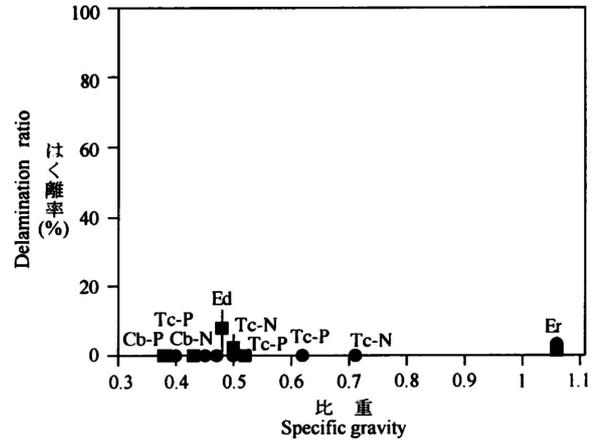


第6-8図 浸せきはく離試験

凡例: :ユリア樹脂, :酢酸ビニルエマルジョン,
Tc-N:ターミナリア(天然木),
Tc-P:ターミナリア(造林木),
Cb-N:キャンブノスペルマ(天然木),
Cb-P:キャンブノスペルマ(造林木), Ed:カメレレ,
Er:ユーカリ・ロブスタ

Fig. 6-8. Relationships between delimitation ratios and specific gravity for various tropical woods bonded with UF and PVAc.

Legend : : Urea-formaldehyde resin;
: Polyvinyl acetate emulsion ;
Tc-N : T. calamansanai (Natural forest tree);
Tc-P : T. calamansanai (Plantation tree) ;
Cb-N : C. brevipefolata (Natural forest tree) ;
Cb-P : C. brevipefolata (Plantation tree)



第6-9図 煮沸はく離試験

凡例: :水性高分子-イソシアネート, :レゾルシノール樹脂
注:その他の記号は第6-8図参照

Fig. 6-9. Relationships between delimitation ratios and specific gravity for various tropical woods bonded with API and RF.

Legend : : Water based polymer-isocyanate ;
: Resorcinol-formaldehyde resin
Note : Other symbols are the same as shown in Fig.618,

第6-5表 煮沸はく離試験

Table 6-5. Results of delimitation test in boiling water.

樹種 Species	接着剤 Adhesives	UF				PVAc					
		気乾比重 Specific gravity	はく離率 (%) Delamination ratio			気乾比重 Specific gravity	はく離率 (%) Delamination ratio				
			最大値 Max.	最小値 Min.	平均値 Av.		標準偏差 S.D.	最大値 Max.	最小値 Min.	平均値 Av.	標準偏差 S.D.
ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	天然木 Natural forest tree	0.50	6	0	2	3	0.71	0	0	0	0
	造林木 Plantation tree	0.52	0	0	0	0	0.50	0	0	0	0
キャンブノスペルマ <i>C. brevipefolata</i>	天然木 Natural forest tree	0.43	0	0	0	0	0.62	0	0	0	0
	造林木 Plantation tree	0.38	0	0	0	0	0.40	0	0	0	0
カメレレ <i>E. deglupta</i>	造林木 Plantation tree	0.48	13	0	8	6	0.47	0	0	0	0
ユーカリ・ロブスタ <i>E. robusta</i>	造林木 Plantation tree	1.06	2	0	1	1	1.06	5	0	3	2

注記号は第6-2表参照
Note : Symbols are shown in Table 6-2.

の耐水性能によるものと考えられた。キャンブノスペルマ、カメレレのはく離率が小さかったのは両樹種の吸水による膨潤圧よりPVAcの接着力が上まわったためと考えられた。また、ユーカリ・ロブスタは、耐水履歴による吸水量が少なく、膨潤圧が小さかったためと考えられた。

ターミナリアおよびキャンブノスペルマの天然木、造林木の間に差はみられなかった。

6.3 まとめ

結果を取りまとめると以下のとおりである。

- 1)ポリウレタンとアミノアルキッド塗料を用いた塗装性能試験において、各樹種とも抽出成分等による塗料の硬化阻害、塗装不良は観察されなかった。また、塗膜密着力では供試材すべてがJASの基準に合格し、実用上問題がないと判断された。
- 2)ユリア樹脂接着剤、酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤、水性高分子-イソシアネート接着剤、レゾルシノール樹脂接着剤を用いて、常態および耐水履歴後の接着性能をブロックせん断試験で評価するとともに浸せきはく離試験、煮沸はく離試験で耐水性能を比較した。常態のせん断強度は、比重の近い樹種間では明確ではなかったが、木材のせん断強度にみられる一般的な比重依存の傾向を示した。ターミナリアは、天然木のUF、API、RFおよび造林木高比重材のすべての接着剤でJASの樹種区分1の基準を満たした。天然木のPVAcは樹種区分2の基準を、造林木低比重材のUFおよびRFはそれぞれ樹種区分3および4の基準を満たした。キャンブノスペルマでは、造林木のUF、Apt、RFおよび天然木のUFが樹種区分1の基準を、造林木のPVAcと天然木のPVAc、API、RFが樹種区分2の基準を満たした。カメレレはすべての接着剤が樹種区分3の基準を満たした。ユーカリ・ロブスタはすべての接着剤が樹種区分1の基準を満たした。耐水履歴後のせん断強度では、酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤、水性高分子-イソシアネート接着剤の耐水性能が低かったが、これは樹種特性よりも接着剤の耐水特性を反映したものと判断された。浸せきはく離試験でも酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤はターミナリア天然木、ターミナリア造林木、キャンブノスペルマ造林木の3樹種でJASの基準に達しなかった。ユーカリ・ロブスタは各接着剤とも耐水履歴後もブロックせん断、浸せきおよび煮沸はく離のいずれの試験でも高い接着力を示した。これはユーカリ・ロブスタの耐水性能が高く、耐水履歴による接着層への影響が小さいためと判断された。
- 3)本試験で用いたターミナリアの天然木と造林木、キャンブノスペルマの天然木と造林木、カメレレ造林木、ユーカリ・ロブスタ造林木の4樹種、6種類の供試材の塗膜密着力、せん断強度の差は各供試材の比重差によるものと判断された。

6.4 Abstract

Adhesive and coating properties of tropical woods were examined according to the test of Japanese industrial standard (JIS) and Japanese agricultural standard (JAS). Wood samples were prepared from four tropical wood species: *Terminalia calamansanai* from a natural forest (T-n), and from a plantation forest (T-p), *Camptosperma brevipetiolata* from a natural forest (C-n), and a plantation forest (C-p), *Eucalyptus deglupta* from a plantation forest (Ed-p), and *Eucalyptus robusta* from a plantation forest (Er-p).

Samples coated with polyurethane resin and aminoalkyd resin satisfied the criterion of coating strength of JAS. Adhesive properties of bonds of urea-formaldehyde resin (UF), polyvinyl acetate resin (PVAc), water based polymer-isocyanate (Apt), and resorcinol-formaldehyde resin (RF) were evaluated by the shear strength tests under dry and wet condition and the delimitation test on the basis of JAS and JIS. For *T. calamansanai*, T-n bonded with UF, API, and RF and higher specific gravity T-p bonded with UF, PVAc, API, and RF satisfied the ranking 1 in the criterion of the shear strength under dry condition of JAS. T-n with PVAc, lower specific gravity T-p with UF, and lower specific gravity T-p with RF ranked the ranking 2, 3, and 4, respectively. For *C. brevipetiolata*, C-p with UF, API, RF, and C-n with UF ranked the ranking 1, while C-p with PVAc and C-n with PVAc, API, and RF ranked the ranking 2. Ed-p and Er-p with UF, PVAc, Apt, and RF ranked the ranking 3 and 4, respectively. Moreover, T-n, T-p, and C-p with PVAc did not satisfied the criterion of delamination test of JAS, while even samples with PVAc showed a high adhesive strength and water proof for

Er-p. For *T. calamansanai* and *C. brevipedunculata*, there was no difference between natural and plantation wood.

6.5 文 献

1) 中野隆人 ほか3名: マレーシア産造林木の材質評価および加工適性評価, 第5章, 接着および塗装性能試験, 林産試研報, 86, 48 (1998).

- 性能部	接着塗装科	中野 隆人	(Takato NOKANO) -
- 同	上	平林 靖	(Yasushi HIRABAYASHI) -
- 同	上	岸野 正典	(Masanori KISHINO) -
- 同	上	宮崎 淳子	(Junko MIYAZAKI) -

第7章 床の硬さ試験

7.1 試験方法

材料を床材として利用する際に、安全性の目安の一つとして重要とされる「床の転倒衝突時硬さ(以下"床硬さ")」を確認するため、JIS A 65191)「体育館用銅製床下地構成材」に規定される「8.6床の硬さ試験」に準拠して試験を実施した。

7.1.1 試験装置

試験装置は写真7-1に示すように、質量3.85kgのリング形のおもり(ヘッドモデル:擬似頭部)とそれに固定した加速度センサー、および支持脚(三脚)、落下制御用マグネットからなる。ヘッドモデル直下に試験体を水平に置き、その表面に厚さ8mm、ショア硬度37のゴム板(擬似頭皮・頭骨モデル)を敷く。20cmの落下距離を以ってヘッドモデルを自由落下させ、ヘッドモデルがゴム板を介して試験体に衝突する際に発生した減速の最大加速度(G)を床硬さとして測定する。

7.1.2 試験体

試験に供したのは、カメレレ(*Eucalyptus deglupta*), ユーカリ・デグレプタ(*Eucalyptus deglupta*), ターミナリア(*Terminalia calamansanai*), キャンプノスペルマ(*Camptosperma brevipedicelata*), モルツカネム(*Paraserianthes falcata*), メリナ(*Gmelina arborea*)の5樹種6種類で、いずれも天然乾燥後に人工乾燥し、含水率を10%前後(フローリング同等)に調整したものである。

試験体の寸法は、厚さ25×幅120×長さ600mmとし、1樹種につき3体の試験体を作製した。なお、ここで用いたメリナ、ユーカリ・デグレプタおよびモルツカネムは平成6~7年度に供試されたもので、比較のために試験を行った。

7.1.3 試験条件

7.1.3.1 非架構式(直置き)の床を想定した試験条件

第7-1図に示すように、水平な剛床上に、木表側を上にした試験体をすき間なく固定(以下"非架構"とする)して、床硬さの測定を行う。

測定点は1試験体につき3点とした。1点は試験体中央で、そこから長さ方向に±5cmシフトした2点を加えたものである。

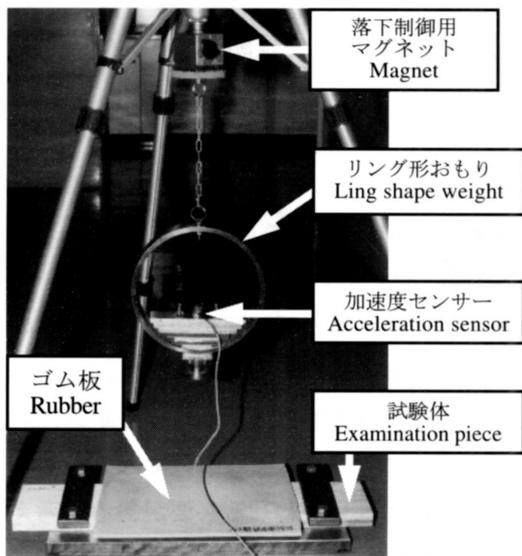
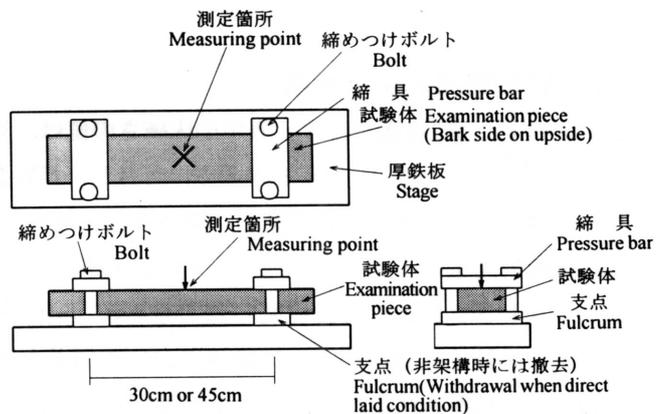


写真7-1 床の硬さ試験機

Photo. 7-1. Measuring device of floor hardness.



第7-1図 試験体の設置

Fig. 7-1. Schematic illustration of examinational condition.

第7-1表 床の硬さ試験結果

Table 7-1. Hardness value of floors in accidental collisions (JIS A 6519).

樹種 Species	試験体 番号 Test piece number	比重 Specific gravity	床硬さ (G) Hardness value of floors in accidental collisions			非架構試験直後の表面状態 Damage of surface after direct laid condition	
			非架構 Direct laid	架構Ⅰ (SP=30cm) Narrow bridged	架構Ⅱ (SP=45cm) Wide bridged	目視 Optical judgment	触診 Tactile judgment
カメレレ <i>E. deglupta</i> (Solomon Islands)	1-3	0.431	150.2	115.8	95.3		極軽微な凹 Very slight dent
	2-2	0.464	149.4	118.2	99.3		極軽微な凹 Very slight dent
	3-1	0.424	154.2	116.3	94.5		
ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	1-2	0.471	153.2	115.6	95.0		
	2-1	0.470	158.1	116.4	96.2		
	3-1	0.606	158.0	116.7	97.8		
キャンブノスペルマ <i>C. brevipetiolata</i>	1-2	0.379	135.8	115.2	92.0	極軽微な凹 Very slight dent	極軽微な凹 Very slight dent
	2-1	0.438	152.1	114.9	90.3		
	2-3	0.421	143.9	115.6	90.0		
ユーカリ・デグレプタ <i>E. deglupta</i> (Malaysia)	2-1	0.394	148.9	115.5	93.8	軽微な凹 Slight dent	軽微な凹 Slight dent
	2-2	0.423	152.5	116.2	91.8	軽微な凹 Slight dent	軽微な凹 Slight dent
	3-1	0.421	137.7	113.6	90.5	中庸な凹 Moderate dent	軽微な凹 Slight dent
モルッカネム <i>P. falcataria</i>	1-1	0.329	142.1	113.2	88.5	軽微な凹 Slight dent	軽微な凹 Slight dent
	2-1	0.412	151.0	117.5	96.9		
	3-2	0.279	117.2	107.6	82.7	顕著な凹 Remarkable dent	顕著な凹 Remarkable dent
メリナ <i>G. arborea</i>	1-1	0.476	150.9	115.6	92.3		
	1-2	0.460	144.4	118.3	99.5		
	1-3	0.461	154.2	119.1	100.0		

また、試験終了後に試験体表面に生じる凹凸等の損傷の程度を、目視ならびに触診で観察する。

7.1.3.2 架構式の床を想定した試験条件

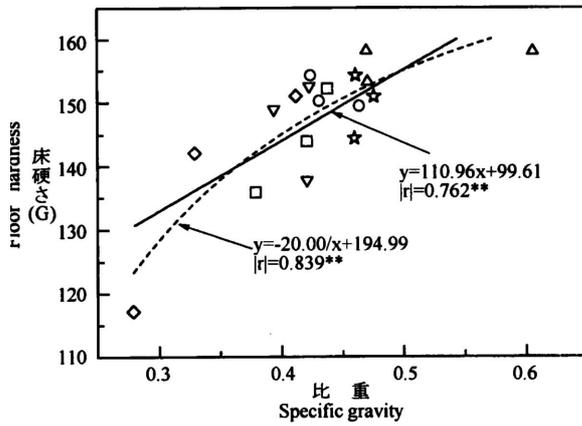
第7-1図に示すように、水平な剛床上に銅製の支点(ころばし根太を想定)を置き、支点の中心間距離を30cm(以下"架構Ⅰ"とする)、および45cm(以下"架構Ⅱ"とする)とする。支点部は実施工を想定し、固定端として床硬さの測定を行う。

測定点は非架構と同様に1試験体につき3点とした。ただし、測定点は常に支点間の中央に位置させる。

7.2 試験結果および考察

試験結果を第7-1表に示す。表中の床硬さの値は、3点での測定値の平均値である。

本研究では、床硬さと比重との関係に着目し、第7-2図、第7-3図に示す床硬さと比重の関係を得た。非架構においては、試験直後の試験体表面を観察した。目視による評価で表面に凹が観察されたものは、比較的比重の小さいもの(およそ0.43を下回るもの)に集中する傾向が認められた。また、ユーカリ・デグレプタにおいては程度の差こそあれ、3体の試験体すべてに凹が発生した。モルッカネムにおいては、比較的比重の小さい試験体において顕著な凹が観察された。これら2樹種については傷つきやすいものと判断されるため、土足歩行等が見込まれる床材としての利用は見合わせる必要があると考えられる。非架構では、床硬さと比重との間に第7-2図に示すような直線回帰式、あるいは曲線回帰式に示される高度に有為な相関が認められた。床硬さは理論的に160(G)を超えないので、 $y=160$ と回帰式の



第7-2図 床硬さと比重との関係(非架構)

凡例 :カメレレ, :ターミナリア,
:キャンプノスベルマ, :ユーカリ・デグレプタ,
:モルッカネム, :メリナ

Fig. 7-2. Relationships between floor hardness and specific gravity (Direct laid condition).

Legend: \times : E. deglupta (Solomon Islands);
 ϕ : T. calamansanai;
: C. brevipetiolata; \square : E. deglupta (Malaysia);
 \square : p.falcataria; Δ : G. arborea

交点より比重が高い範囲においては、 $y=160(\text{const.})$ になると考えられる。

架構 , においては、第7-3図に示すように、支点間距離の増加に伴って、床硬さの値は減少した。回帰直線の傾きは非架構に比べて緩やかとなり、架構 (スパン45cm)の条件においては測定値がすべて100(G)以下となった。これはJIS A 6519に規定される一般体育館床の安全規格を満たすものであり、望ましい使用方法の一例を示唆するものと扱えられる。

7.3 まとめ

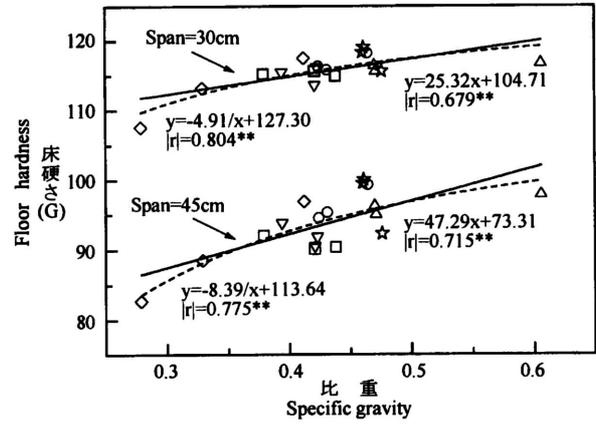
ユーカリ・デグレプタ、モルッカネムの比較的比重が小さいものでは、表面に損傷が発生しやすく、土足歩行等、表面の傷つきにくさが要求される床材への利用を見合わせる必要がある。これらの材料は、上履き、裸足等による歩行で、足ざわりの良さが求められる床材への利用が考えられる。

非架構、架構、架構のいずれの条件においても、床硬さと比重の間には高度に有為な正の相関が認められた。非架構においては、比重約0.55以上において床硬さは上限値の160(G)となるものと考えられる。架構においては、支持スパンの増加に伴って床硬さの値は減少する。本研究における試験体形状(厚さ25×幅120×長さ600mm)においては、スパン45cmの中央部で一般体育館の安全規格(100(G)以下)に適合できるものとなり、安全性を考慮する上で望ましい床仕様の一例を示唆するものと考えられる。

7.4 Abstract

It was based on "JIS A 65 19" and it measured hardness value of floor in accidental collision (Hereinafter, it makes "the moor hardness")(Photo. 7-1.). It examined in three moor conditions. These were direct laid, narrow bridged (span 30-cm), and wide bridged (span 45-cm)(Fig. 7-1.).

In the one with the compared small specific gravity (about under 0.43) of Paraserianthes falcataria, Eucalyptus deglupta (Solomon Islands), and so on, it is easy for the damage to occur in the surface (Table 7-



第7-3図 床硬さと比重との関係(架構)

注記号は第712図参照

Fig. 7-3. Relationships between floor hardness and specific gravity (Bridged condition)

Note: Symbols are shown in Fig. 7-2.

1.). The use for the Door material where it is required that it is difficult that the damaging of the surface is done about these species is unsuitableness. These material should look for the use at the floor which is used with the wearing above and the naked leg and so on.

In either of direct laid moor, narrow bridged floor, Wide bridged moor, between the floor hardness and the specific gravity, promising positive correlation was admitted to a high degree (Fig. 7-2~7-3).

In direct laid moor, it thinks that the moor hardness becomes 160(G) with the upper limit value about equal to or more than about 0.55 of specific gravity.

In bridged moor, as the support span increases., the moor hardness value decreases. In the shape (600-mm length X 120-mm width X 25-mm thickness) of this examination piece, it is possible to fit in with the standard (equal to or less than 100 (G)) of the safety of the gym at the center of 45-cm span.

The example with desirable moor specification is suggestive by this when considering safety.

7.5 文 献

1)日本工業標準調査会:JIS A 6519 「体育館用銅製床下地構成材」,日本規格協会(1989).

- 技術部 加工科 澤田 哲則(Tetsunori SAWADA) -

第8章 内装材適性試験

8.1 はじめに

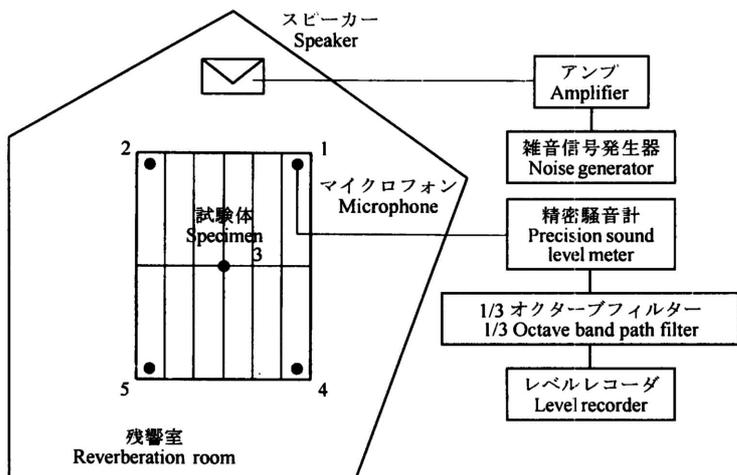
内装材に木材を使用する場合、用途に応じて多くの因子の検討を行う必要がある。例えば、光の反射、色調、接触感、接触温感、吸音特性などである。そこで、カメレレ(*Eucalyptus deglupta*, ターミナリア(*Terminalia calamansanai*), キャンプノスペルマ(*Camptosperma brevipediolata*), モルツカネム(*Paraserianthes falcata*), メリナ(*Gmelina arborea*)の5樹種について、残響室法吸音率または垂直入射吸音率、および熱伝導率の測定を行った。なお、ターミナリアについては、比重の大きいものと小さいものの差が大きかったため、比重によって2グループに分けた。

8.2 試験方法

8.2.1 残響室法吸音率

測定は、JISA 1409-1977 (残響室法吸音率の測定方法)に準じて行った。

測定に使用した装置は、スピーカー(ヤマハ製Model NS-L3), アンプ(ヤマハ製A-100X), 雑音信号発生器(リオン製sF-05), 1インチマイクロフォン(リオン製uC-11), 精密騒音計(リオン製NA-51), 1/3オクターブバンドパスフィルター(リオン製sA-59), レベルレコーダ(リオン製LR-06)である。



第8-1図 残響室法吸音率測定装置の概要

Fig. 8-1. Measurement system of sound absorption coefficients in a reverberation room.

また、残響室は部屋の気積が167m³であった。空室時の残響時間は、第8-1表のようにJIS規格の基準を満たしていた。測定装置の概要を第8-1図に示す。

試験は、カメレレ、低比重ターミナリア、高比重ターミナリア、キャンプノスペルマ、モルツカネム、メリナについて行った。

残響室の中央に、それぞれの樹種とも1枚の寸法が455×1800×29mmの板を12枚、直接床に敷き(試験体面積9.828m²), 残響時間を測定した。

空室時の残響時間と試験体を残響室に入れたときの残響時間から、次式により

第8-1表 残響室の空室時における残響時間

Table 8-1. Reverberation time when the reverberation room is free.

周波数(Hz) Frequency	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
実測値(sec) Measured values	13.2	13.2	11.8	11.8	11.1	11.4	11.4	10.7	9.1	8.8	8.7	7.6	6.7	5.3	4.0	3.2
JIS規格(sec) Criterion values of JIS	5.0以上 over 5.0		5.0以上 over 5.0			5.0以上 over 5.0			4.5以上 over 4.5			3.5以上 over 3.5			2.0以上 over 2.0	

吸音率を算出した。

$$\alpha = \frac{55.3V}{cS} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

ここに、 α :残響室法吸音率, T_1 :試験体を残響室に入れたときの残響時間(秒),
 T_2 :空室時の残響時間(秒), V :残響室の気積(m^3), S :試験体の表面積(m^2),
 c :空気中の音速(m/秒) $c=331.5+0.61t$, t :空気の温度()

8.2.2 垂直入射吸音率の測定方法

垂直入射吸音率の測定は、JIS規格(JISA 1405:管内法による建築材料の垂直入射吸音率測定方法)と異なり、2マイクロフォン式管内法で行った。

測定に使用した装置は、垂直入射吸音率測定システム(神戸製鋼製ACIMS)とFFTアナライザー(B&K製Type2034)、1/2インチマイクロフォン(B&K製Type4155)、1/4インチマイクロフォン(B&K

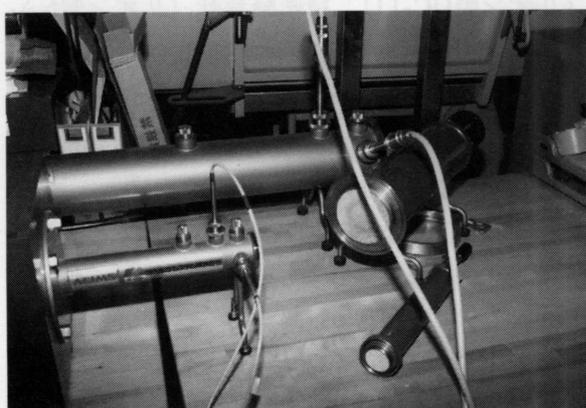


写真8-1 垂直入射試験装置の概要
 注奥:低中音用,手前:中高音用

Photo. 8-1. Measuring system of sound absorption coefficients by tube method.
 Note : Behind : Tube for low and middle band level ;
 Fore : Tube for middle and high band level

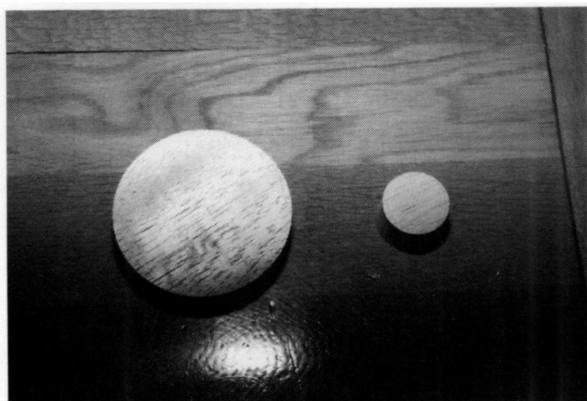


写真8-2 垂直入射試験体の形状
 注左:低中音用,右:中高音用

photo. 8-2. Figure of specimen for sound absorption coefficients tube method.
 Note : Left : Tube for low and middle band level ;
 Right : Tube for middle and high band level

製Type4135)である。試験装置の概要を写真8-1に、試験体の形状を写真8-2に示す。

使用した試験材の寸法は、直径87.5mm (25Hzから1.6KHzの低中音域)と) S.5mm (250Hzから4KHz中高音域)の2種類である。試験体数は、各試験体について各直径ごとに5~7体である。

8.2.3 熱伝導率の測定方法

各樹種の熱伝導率を熱伝導率計(昭和電工製 shotherm QTM迅速熱伝導率計,写真8-3)を用いて測定した。また、同時に重量,寸法測定を行い,比重を算出した。

試験体数は、各樹種について3体である。

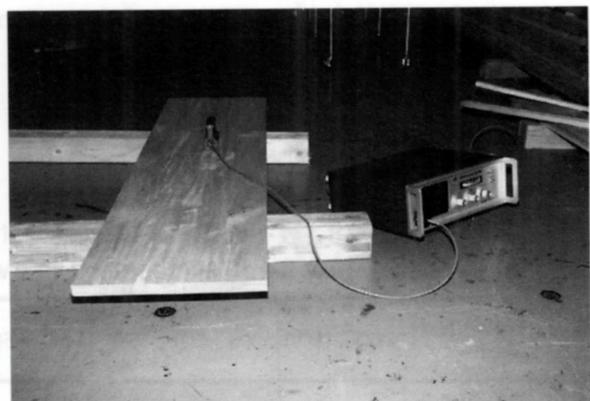


写真8-3 熱伝導率測定装置の概要

Photo. 8-3. Measurement equipment of thermal conductivity.

第8-2表 吸音率測定結果

Table 812. Results of measurement of sound absorption coefficients.

樹種 Species	周波数(Hz) Frequency																						
	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
カメレレ <i>E. deglupta</i>	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06	0.07	0.06	0.07	0.10	0.07	0.07	0.04
ターミナリア (軽) Light-weight <i>T. calamansanai</i>	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.06	0.04	0.06	0.02
ターミナリア (重) Heavy-weight <i>T. calamansanai</i>	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.06	0.04	0.05	0.08	0.06	0.07	0.04
キャンブノスペルマ <i>C. brevipetiolata</i>	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.04	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07	0.05
モルツカネム <i>P. falcataria</i>	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.04	0.03	0.03	0.08	0.05	0.06	0.02
メリナ <i>G. arborea</i>	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.08	0.07	0.06	0.03

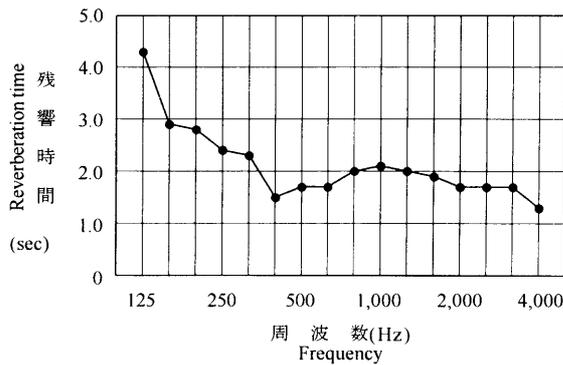
注カメレレの値は、垂直入射吸音率測定値。

ターミナリア、キャンブノスペルマ、モルツカネム、メリナの上段の値は、垂直入射吸音率測定値。下段は、残響室法吸音率測定値。

Note : Measurement values of *E. deglupta* are only sound absorption coefficients by tube method.

Upper values of each species except *E. deglupta* are sound absorption coefficients by tube method.

Lower values are sound absorption coefficients in a reverberation room.



第8-2図 残響時間のシュミレーション結果(キャンブノスペルマ)

Fig. 8-2. Results of simulation for the reverberation time (*C. brevipetiolata*).

8.3 試験結果および考察

8.3.1 残響室法吸音率

測定結果を第8-2表に示す。

測定した結果、各樹種とも吸音率は0.1以下であり、あまり吸音しないことが認められた。この傾向は、ほとんどすべての木材と共通したものである¹⁾。

なお、この結果を基に6坪(19.5m²)の広さで、天井高さ2.6mの部屋の全面にキャンブノスペルマの板材を施工した場合の残響時間を計算したものが第8-2図である。この試算では、明らかに残響時間が長く、会話などに支障をきたすものと予想できる。そのため、このような部屋ではカーペット、家具類、植物などで吸音を図る必要がある。

8.3.2 垂直入射吸音率

垂直入射吸音率測定の結果を第8-2表に示す。残響室法吸音率と垂直入射吸音率について比較を行った結果、低音側はほぼ一致し、高音側も比較的一致した。これは、試験体表面が平滑なためであると思われる。

8.3.3 熱伝導率

熱伝導率と比重の測定結果を第813表に示す(また、熱伝導率と比重の関係を見たものが第8-3図である)。

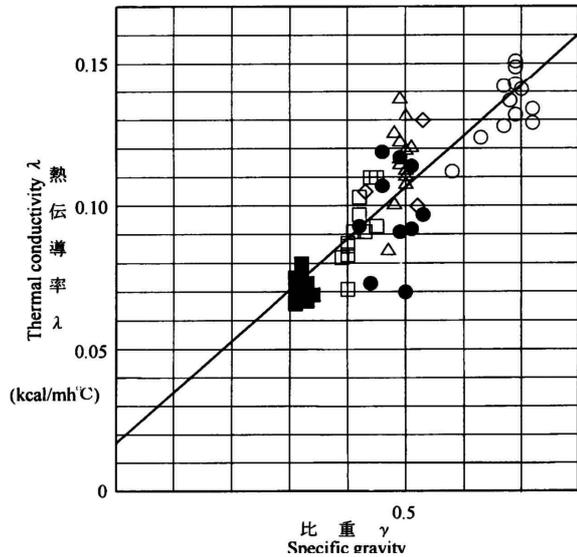
その結果、最も比重の小さいモルツカネムで、平均の比重0.32、熱伝導率0.066Kcal/mh であり、最も比重の大きい高比重ターミナリアで平均の比重0.68、熱伝導率0.151Kcal/mh であった。

熱伝導率と比重の関係には、比較的高い相関が見られた。熱伝導率入を縦軸、比重を横軸にとった場合の回帰直線は、次式として求められた。

第8-3表 熱伝導率と比重の測定結果

Table 8-3. Results of measurement of thermal conductivity and specific gravity.

樹種 Species	比重 Specific gravity	熱伝導率 Thermal conductivity (Kcal/mh°C)
カメレレ <i>E. deglupta</i>	0.49	0.112
ターミナリア (軽) <i>T. calamansanai</i> Light-weight	0.48	0.098
ターミナリア (重) <i>T. calamansanai</i> Heavy-weight	0.68	0.135
キャンブノスペルマ <i>C. brevipetiolata</i>	0.42	0.092
モルツカネム <i>P. falcataria</i>	0.32	0.071
メリナ <i>G. arborea</i>	0.49	0.116



第8-3図 熱伝導率と比重の関係

凡例: ●:カメレレ, ○:ターミナリア(重),
□:ターミナリア(軽),
△:キャンブノスペルマ,
■:モルツカネム, ▲:メリナ

Fig. 8-3. Relationships between thermal conductivity and specific gravity.

Legend: ●: E. deglupta ; ○: L-W T. calamansanai ;
□: HIW T. calamansanai ; △: C. brevPer101ala ;
■: P. falcataria ; ▲: G. arborea

$$=0.017+0.179$$

また、この場合の相関係数は0.87であった。この結果は、既往の研究結果²⁾と近似しており、今回試験した樹種の材料は、一般的に調べられている木材の特性を有していることを示している。

8.4 おわりに

今回、測定した樹種の材料は、吸音特性、熱特性において木材に一般的に見られる傾向を示した。そのため、硬さ、色調等その他の特性が適切であれば、従来木質内装材に使用されている部位へのこれらの材料の使用は、特に配慮を必要としないように思われた。

8.5 Abstract

It was examined that of sound absorption and the thermal conductivity for the five species (Eucalyptus deglupta, Terminalia calamansanai, Campnosperma brevipetiolata, Paraserianthes falcataria, Gmelina arborea), from plantation forests in Malaysia.

As the results, the performances of these species were almost same tendency toward others. So when these materials are used for the interior parts, it is not necessary to pay attention especially.

8.6 文 献

- 1)石井 誠:木材の吸音率,木材学会道支部講演集, 20, 23(1988).
- 2) Kollmann: F. : Technologie des Holzes and der Holzwerkstoffe (1951).

第9章 合板製造適性試験

9.1 はじめに

キャンブノスペルマ(*Camposperma brevipetiolata*), カメレレ(*Eucalyptus deglupta*), ターミナリア(*Terminalia calamansanai*)の3樹種について, 合板用原木としての適性を評価するための一連の試験を行った。

9.2 試験方法

9.2.1 供試原木

合板製造試験に用いた原木を第9-1表に示す。

9.2.2 試験項目および試験方法

試験項目および試験方法は前報¹⁾と同じである。

9.3 試験結果および考察

9.3.1 単板切削

裏割れの測定結果を第9-2表に示す。裏割れ率は各樹種とも外周と内周で大きな差はなく, おおよそカメレレは50%, キャンブノスペルマは60%, ターミナリアは70%の値であった。これらの値をラワン(*Shorea sp.*)と比較すると, カメレレとキャンブノスペルマは同程度, ターミナリアはやや大きい値である。

"一方, 裏割れ密度も外周と内周で大きな差はなく, おおよそカメレレは2.0本/cm, キャンブノスペルマは2.5本/cm, ターミナリアは3.0本/cmであった。これらの値はラワン, あるいは前報¹⁾のモルッカネム(*Paraserianthes falcataria*), ユーカリ(*Eucalyptus deglupta*), メリナ(*Gmelina arborea*), アカシア・マンギウム(*Acacia mangium*)に比べると小さな値である。なお, 今回は前報¹⁾の樹種に比べると裏割れは全般的に少なかったが, これは切削時の材温の影響だと考えられる。前報¹⁾では冬期に切削したため各樹種とも材温が低かった。

以上の結果から裏割れについて評価すると, ターミナリアの裏割れ率がやや大きかったものの, 他の

第9-1表 供試原木

Table 9-1. Log for test

樹種 Species	直径(cm) Diameter		長さ Length(m)
	末口径 Top diameter	元口径 Butt diameter	
キャンブノスペルマ <i>C. brevipetiolata</i>	38	44	5.8
カメレレ <i>E. deglupta</i>	56	68	8.4
ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	48	59	9.2

第9-2表 単板の裏割れ

Table 9-2. Lathe check of veneer.

	玉切り材No. Log number	キャンブノスペルマ <i>C. brevipetiolata</i>		カメレレ <i>E. deglupta</i>		ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	
		内周 Inner	外周 Outer	内周 Inner	外周 Outer	内周 Inner	外周 Outer
裏割れ率 Lathe check ratio (%)	1	55.4	59.3	52.7	51.8	52.3	72.4
	2	64.7	60.4	57.4	50.4	78.7	71.2
	3	61.2	56.5	51.8	41.0	76.2	72.2
	平均値 Av.	60.5	58.8	54.0	47.7	69.1	71.9
裏割れ密度 Number of lathe check (本/cm)	1	2.3	2.5	2.3	2.2	2.3	3.1
	2	2.7	2.6	2.5	2.2	3.4	3.1
	3	2.6	2.4	2.2	1.8	3.3	3.1
	平均値 Av.	2.6	2.5	2.3	2.0	3.0	3.1

2樹種の裏割れ率,および3樹種とも裏割れ密度は小さく,裏割れが合板製造上問題となることはないと考えられる。

肉眼観察の結果を以下に示す。

9.3.1.1 0.8mm厚さの単板について

a) キャンプノスベルマ

逆目が多少現れ,この部分の面粗れはやや大きかった。わずかに毛羽立ちも観察されたが,普通合板の表板としてほとんど問題にならない程度であった。掛し,近くになると節が多く現れ,使用できる単板がほとんど採取できなかった。ラワンと比較するとむき肌はやや劣る。

b) カメレレ

切削は容易であった。ラワンと比較すると面粗れはやや大きかったが,普通合板の表板として十分使用できる平滑な面の単板が得られた。取り扱い時単板が裂けやすかった。

c) ターミナリア

切削は容易でむき肌も良好であった。ラワンと同程度のむき肌が得られた。取り扱い時に単板が割れやすく巻き取りに苦労した。単板には虫穴が多く現れ,表板に使用できない単板が多かった。

9.3.1.2 4.25mm厚さの単板について

a) キャンプノスベルマ

切削は容易であった。むき肌はラワンと比べるとやや粗かった。これは目ぼれのためである。節が多く,節の周囲は逆目で目ぼれが大きかったが,適材合板の心板として使用できないような大きな目ぼれは少なかった。

b) カメレレ

切削は容易であった。むき肌は平滑でラワンと同程度の品質の単板が得られ,普通合板の心板,道材合板の心板に使用してまったく問題はないと考えられる。しかし,0.8mm厚さ単板と同様に,取り扱い時に裂けやすかった。

c) ターミナリア

切削は容易であった。むき肌は目ぼれのためラワンと比べるとやや粗かったが,道材合板の心板としては十分使用可能であった。目ぼれは部分的に生じたが,その原因はその部分が腐朽して軟化していたためかもしれない。

以上のことから3樹種の単板切削性を評価すると,単板切削性はいずれも良好で,各樹種とも普通合板の表裏板と心板,および道材合板の心板として十分使用可能な単板が切削できた。3樹種を比較すると,大きな差は認められないものの,カメレレ,ターミナリア,キャンプノスベルマの順で良好であった。

第9-3表 単板比重

Table 913. Specific gravity of veneer.

樹種 Species	最小値 Min.	平均値 Av.	最大値 Max.	含水率(%) M.C.
キャンプノスベルマ <i>C. brevipetiolata</i>	0.33	0.36	0.38	11.3
カメレレ <i>E. deglupta</i>	0.37	0.42	0.50	11.1
ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	0.43	0.47	0.56	11.0

第9-4表 単板の乾燥時間と初期含水率

Table 9-4. Drying time and initial moisture content of veneer.

単板No. Veneer number	キャンブノスベルマ <i>C. brevipetiolata</i>			カメレレ <i>E. deglupta</i>		
	乾燥時間(min) Drying time		初期含水率 Initial m.c. (%)	乾燥時間(min) Drying time		初期含水率 Initial m.c. (%)
	初期含水率 →10% Initial m.c. →10%	60%→10%		初期含水率 →10% Initial m.c. →10%	60%→10%	
1	12.3	10.9	72.5	26.4	15.1	136.5
2	15.9	12.0	91.5	29.0	16.5	127.5
3	16.3	12.2	94.6	28.3	16.7	121.8
4	15.8	12.5	94.5	28.5	18.1	116.7
5	13.2	11.5	75.6	27.6	18.1	106.5
6	16.0	12.0	91.7	24.3	19.1	84.3
7	14.7	11.7	85.2	23.1	18.8	77.4
8	15.0	12.2	84.2	28.0	15.3	132.3
9	12.4	11.5	66.5	26.4	15.1	123.2
10	14.1	11.2	83.4	25.0	17.9	97.2
平均値 Av.	14.6	11.8	84.0	26.6	17.1	112.3

単板No. Veneer number	ターミナリア <i>T. calamansanai</i>		
	乾燥時間(min) Drying time		初期含水率 Initial m.c. (%)
	初期含水率 →10% Initial m.c. →10%	60%→10%	
1	17.3	17.5	58.9
2	16.1	15.4	64.0
3	17.0	15.3	65.8
4	17.3	16.0	66.6
5	13.7	15.4	52.2
6	17.3	15.8	68.1
7	15.6	14.5	66.3
8	17.0	15.9	67.5
9	16.4	15.8	63.4
10	13.2	16.7	47.3
平均値 Av.	16.1	15.8	62.0

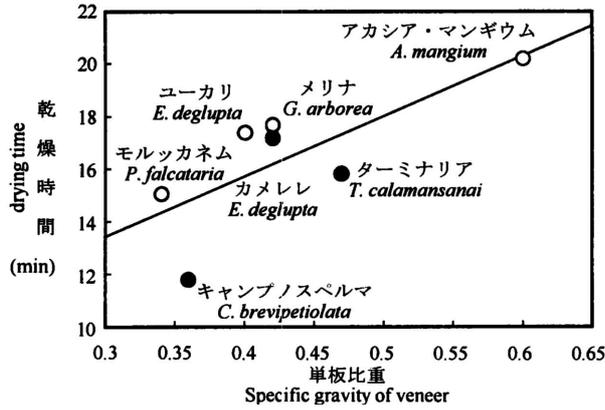
9.3.2 単板比重

単板の気乾比重を第9-3表に示す。キャンブノスベルマはほとんどバラツキはなかったが、カメレレ、ターミナリアはややバラツキがあった。

9.3.3 単板乾燥

第9-4表に乾燥時間と初期含水率を示す。初期含水率はカメレレが高く、また供試単板間でバラツキもあった。次いでキャンブノスベルマが高く、ターミナリアは低かった。これらの値が樹種固有の特徴であるかは、伐採後の経過が不明であるため断定できず、参考値に止めたい。

単板比重(平均値)と含水率60%から10%までの乾燥時間(平均値)の関係を第9-1図に示す。なお、この図には比較のため前報で報告した4樹種¹⁾の値も併記した。この乾燥時間は一般的には比重に左右され、比重が高くなるほど大きくなる。この図に示した樹種もおおむねその傾向を示したが、今回試験したキャンブノスベルマ、ターミナリアは比重に比べると乾燥時間は短く、カメレレはほぼ比重に見合った乾燥時間であった。



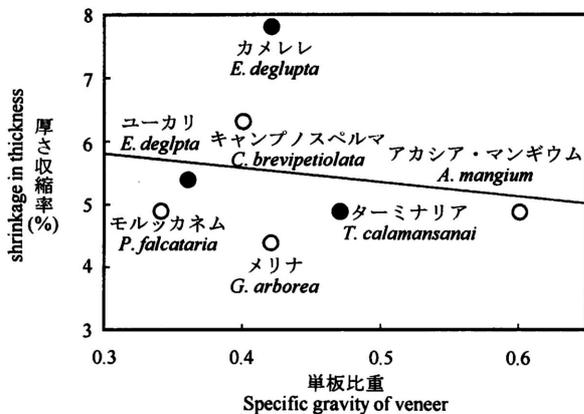
第9-1図 単板比重と乾燥時間

Fig. 9- 1.Relation between specific gravity of veneer and drying time.

第9-5表 単板の収縮率

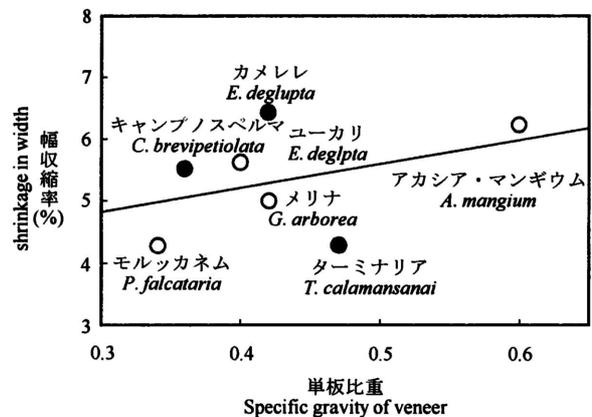
Table 9-5. Shrinkage from green to over-dry of veneer.

単板No. Veneer number	厚さ収縮率 (%) Shrinkage in thickness			幅収縮率 (%) Shrinkage in width		
	キャンブノスペルマ <i>C. brevipetiolata</i>	カメレレ <i>E. deglupta</i>	ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	キャンブノスペルマ <i>C. brevipetiolata</i>	カメレレ <i>E. deglupta</i>	ターミナリア <i>T. calamansanai</i>
1	4.6	7.1	5.6	5.2	6.6	5.1
2	4.6	8.9	4.9	5.5	6.5	4.0
3	5.4	8.3	4.9	5.4	6.8	4.7
4	4.7	10.6	4.0	5.3	6.4	4.3
5	5.8	6.1	5.6	5.7	6.3	4.1
6	5.9	6.9	5.5	5.5	6.1	4.7
7	5.9	7.1	4.6	5.7	6.2	4.2
8	6.2	8.3	4.9	5.5	6.6	4.0
9	5.9	9.0	4.7	5.6	6.5	4.7
10	5.2	5.8	4.7	5.2	6.3	3.5
平均値 Av.	5.4	7.8	4.9	5.5	6.4	4.3



第9-2図 単板比重と厚さ収縮率

Fig. 9-2. Relation between specific gravity of Veneer and shrinkage in thickness.



第9-3図 単板比重と幅収縮率

Fig. 9-3. Relation between specific gravity of veneer and shrinkage in width.



写真9-1 キャンプノスペルマの乾燥後の単板

Photo 9-1・ C. brevipetiolata veneer after drying.

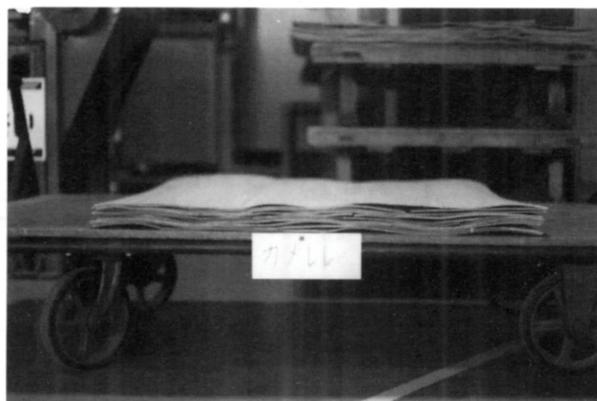


写真9-2 カメレレの乾燥後の単板

Photo. 9-2. E. deglupta veneer after drying.



写真9-3 ターミナリアの乾燥後の単板

Photo. 9-3. T. calamansanai veneer after drying.

収縮率を第9-5表に示す。カメレレの厚さ収縮率では、供試単板間でかなり大きな差が認められた。あるいは初期含水率のバラツキが影響しているのかもしれないが断定はできなかった。

単板比重と収縮率(平均値)の関係を第9-2図、第9-3図に示すが、乾燥時間と同様に前報で報告した4樹種¹⁾の値も併記した。素材では収縮率は比重と相関するが、ローラードライヤで乾燥する単板では厚さ方向が押し潰されるため相関が認められないことが多い。これらの図でも明らかな相関は認められないが、今回試験した樹種について評価すると、キャンブノスペルマは厚さ、幅収縮率ともほぼ比重に見合った値、ターミナリアはいずれも小さな値、カメレレはいずれも大きな値を示した。特にカメレレの厚さ収縮率は大きく、単板切削でのむき出し厚さを決める際には注意する必要がある。

写真9-1～写真9-3に4.25mm厚さ単板の乾燥後の状態を示す。カメレレ、ターミナリアは狂いは小さくほぼラワンと同軽度であったが、キャンブノスペルマはやや狂いが大きかった。その他、特に乾燥で問題となるような欠点の発生は認められなかった。

9.3.4 合板の接着力

温冷水浸せき試験の結果を第9-6表に示す。キャンブノスペルマとターミナリアではほとんどの試験片がJASの標準値である7kgf/cm²を上回ったが、カメレレでは半数以上が標準値を下回った。再試験をおこなったがほぼ同様の結果であった。ユリア樹脂接着剤を用いてカメレレの単板を一般的な接着条件で接着すると、接着性が良好でないことはこれまでも報告されている²⁾。

そこで、濡れの悪い樹種をユリア樹脂接着剤で接着するとき、MDI(ジフェニルメタンジイソシアネート)またはラテックスエマルジョンを添加して改良することがあるので、これらの改良剤を添加したユ

第9-6表 温冷水浸せき試験結果(.ユリア樹脂接着剤)

Table 9-6. Result of hot and cold water immersion test (Urea resin adhesive).

試験片 No. Specimen number	キャンブノスベルマ <i>C. brevipetiolata</i>		カメレレ <i>E. deglupta</i>		ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	
	せん断強さ Shearing strength (kgf/cm ²)	木破率 Wood failure (%)	せん断強さ Shearing strength (kgf/cm ²)	木破率 Wood failure (%)	せん断強さ Shearing strength (kgf/cm ²)	木破率 Wood failure (%)
1	8.6	10	5.0	10	12.0	10
2	7.4	20	5.6	10	16.4	0
3	9.8	0	5.0	0	17.0	0
4	8.4	10	3.8	10	14.4	0
5	9.4	50	7.2	0	8.8	0
6	13.4	100	6.4	30	9.6	20
7	14.8	100	7.4	10	9.2	0
8	13.4	100	8.4	40	10.0	0
9	8.4	20	8.0	30	9.2	10
10	9.0	10	7.6	0	7.2	10
11	8.8	20	7.8	0	8.6	0
12	9.4	10	6.8	10	7.8	10
13	11.8	100	4.8	10	6.2	0
14	13.8	100	5.0	0	8.2	30
15	14.2	100	5.6	30	10.4	10
16	16.4	100	5.4	30	10.8	40

第9-7表 改良材を添加したユリア樹脂接着剤で製造した合板の接着力試験

Table 9-7. Improvement of plywood bond-quality with MDI or latex emulsion.

試験片 No. Specimen number	MDI 4,4-diphenylmethane diisocyanate				ラテックスエマルジョン latex emulsion			
	常態接着力試験 Normal adhesive strength test		温冷水浸せき試験 Hot and cold water immersion test		常態接着力試験 Normal adhesive strength test		温冷水浸せき試験 Hot and cold water immersion test	
	せん断強さ Shearing strength (kgf/cm ²)	木破率 Wood failure (%)						
	1	13.8	100	11.0	0	15.2	100	13.8
2	11.6	100	12.0	0	14.2	100	12.8	10
3	12.0	100	11.4	0	13.8	100	8.4	10
4	11.4	100	11.0	20	12.4	100	9.8	10
5	10.4	100	11.4	40	12.8	100	8.8	10
6	10.4	100	10.8	30	13.0	100	12.4	10
7	9.6	100	11.4	10	16.4	100	15.6	9
8	10.4	100	9.2	10	14.2	100	13.8	5
9	15.6	100	12.4	20	15.6	100	10.8	9
10	14.6	100	7.4	10	13.8	100	11.0	90
11	14.8	100	6.8	0	12.8	100	11.4	100
12	10.2	100	10.2	0	13.2	100	8.2	100
13	13.0	100	9.2	0	12.6	100	9.6	100
14	11.8	100	11.2	0	13.2	100	9.0	100
15	13.6	100	9.2	10	16.2	100	13.2	0
16	15.6	100	8.0	10	16.0	100	14.2	30

リア樹脂接着剤で合板を製造して接着性能を測定した。添加割合はMDIは樹脂に対して2部,ラテックスエマルジョンは樹脂に対して15部である。その他の製造条件は前報¹⁾の第7-2表と同じである。その結果を第9-7表に示す。MDI,ラテックスエマルジョンとも明らかに接着性能の向上が認められた。MDIで標準値に達しない試験片が1片あったものの,他はすべて上回った。特にラテックスエマルジョンを添加した合板は,せん断強さとともに木破率でもかなり高い値を示し,接着性能の改良の効果が大きいことが分かる。

この結果だけで,接着不良の原因は濡れが悪いためだとは直ちに断定はできないものの,ユリア樹脂

第9-8表 煮沸くり返し試験結果(メラミン樹脂)

Table 9-8. Result of cyclic boiling test (Melamine resin adhesive).

試験片No. Specimen number	キャンブノスベルマ <i>C. brevipetiolata</i>		カメレレ <i>E. deglupta</i>		ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	
	せん断強さ Shearing strength (kgf/cm ²)	木破率 Wood failure (%)	せん断強さ Shearing strength (kgf/cm ²)	木破率 Wood failure (%)	せん断強さ Shearing strength (kgf/cm ²)	木破率 Wood failure (%)
1	11.8	100	14.0	100	8.4	0
2	11.2	100	12.8	100	9.2	0
3	12.6	100	14.4	100	11.4	20
4	11.8	100	13.0	100	8.6	10
5	10.4	0	7.4	90	7.4	0
6	8.6	20	8.4	100	12.4	20
7	8.4	30	8.4	100	15.8	10
8	7.4	30	8.2	100	15.6	10
9	14.0	0	14.8	100	12.2	0
10	15.0	0	17.2	100	11.0	30
11	17.0	0	15.8	100	10.6	10
12	17.0	0	16.4	100	9.4	0
13	9.4	10	7.6	80	14.4	0
14	9.6	30	8.4	90	12.4	20
15	10.0	50	8.4	50	15.0	40
16	9.2	60	9.2	70	10.6	10

接着剤でのカメレレの接着にはこれらの改良剤を添加した方が無難である。

メラミン樹脂接着剤で製造した合板の煮沸繰返し試験の結果を第9-8表に示す。すべての試験片がJASの標準値を上回り、この接着剤での接着性は良好であった。

フェノール樹脂接着剤で製造した合板の煮沸繰返し試験の結果を第9-9表に示す。キャンブノスベルマとターミナリアではすべての試験片が標準値を上回り接着性能は良好であった。しかし、カメレレでは、木破率は大きいものの標準値を下回る試験片が5片あった。そこで再試験をおこなったが、その結果を第9-10表に示す。最初の試験と同様の結果が得られ、せん断強さは標準値を下回るものの木破率はすべて100%を示し、必ずしも接着性能が悪いとは断定できない。しかし、ユリア樹脂接着剤での結果も併せて考えると、カメレレは必ずしも接着性能が良好な樹種ではなく、合板製造時には注意を要する。

9.3.5 熱圧による厚さ減り

試験結果を第9-11表に示す。一般的に厚さ減りは供試樹種の比重と使用する接着剤が影響し、低比重材ほど大きく、また高温で熱圧時間が長い接着剤ほど大きな値を示す。今回の結果でも、高温で長時間圧縮されるフェノール樹脂が大きな厚さ減りを示したものの、樹種を比較すると比重の低いキャンブノスベルマが最も小さく、カメレレが各接着剤ともかなり大きな厚さ減りを示した。乾燥による厚さ収縮率とともにむき出し厚さの決定にはこのことを十分考慮する必要がある。

9.3.6 合板の狂い

試験結果を第9-12表に示す。表板が上側の場合と下側の場合のそれぞれについて測定点8点の平均値を算出し、この二つの値の平均値をその合板の狂いとした。

これまでの経験からこの数値が5~6mmを上回ると肉眼で見て明らかに狂いが大きいことが判るが、3mm程度であればほとんど問題のない狂いである。カメレレとターミナリアは製造直後、1か月後のいずれもほとんどの合板が3mm以下で狂いは非常に小さかった。一方、キャンブノスベルマは製造直後、1か月後のいずれもでほとんどの合板が10mm以上の大きな値を示し、かなり大きな狂いを示した。これらの合板の狂いは写真9-4に示すように"ねじれ"で、その表板を観察すると斜走木理であった。な

第9-9表 煮沸くり返し試験結果(フェノール樹脂接着剤)

Table 9-9. Result of cyclic boiling test (phenol resin adhesive).

試験片No. Specimen number	キャンブノスベルマ <i>C. brevipetiolata</i>		カメレレ <i>E. deglupta</i>		ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	
	せん断強さ Shearing strength (kgf/cm ²)	木破率 Wood failure (%)	せん断強さ Shearing strength (kgf/cm ²)	木破率 Wood failure (%)	せん断強さ Shearing strength (kgf/cm ²)	木破率 Wood failure (%)
1	10.4	10	9.4	60	8.0	30
2	10.4	20	11.8	70	9.4	40
3	8.6	10	11.6	50	10.8	60
4	9.4	0	10.4	60	10.8	30
5	8.6	0	7.0	60	18.4	20
6	9.0	40	6.0	60	15.2	20
7	9.8	10	7.4	70	16.4	20
8	8.8	30	5.8	100	18.0	50
9	10.8	60	8.0	70	15.2	20
10	9.8	100	10.0	100	14.4	0
11	8.2	50	9.6	100	10.0	10
12	8.4	100	9.6	90	14.2	20
13	11.0	40	5.8	100	10.6	40
14	10.4	10	6.0	100	10.2	50
15	10.8	0	5.8	100	8.6	50
16	10.8	0	7.0	100	11.0	70

第9-10表 カメレレ合板の再試験結果(フェノール樹脂接着剤)

Table 9-10. Re-test result of *E. deglupta* plywood bond quality.

試験片No. Specimen number	常態接着力試験 Normal adhesive strength test		煮沸くり返し試験 Cyclic boiling test	
	せん断強さ Shearing strength (kgf/cm ²)	木破率 Wood failure (%)	せん断強さ Shearing strength (kgf/cm ²)	木破率 Wood failure (%)
1	9.8	70	8.0	50
2	9.4	90	7.8	50
3	11.0	100	7.2	100
4	10.8	100	9.0	100
5	11.6	100	6.6	100
6	12.6	100	6.2	100
7	11.8	100	6.4	100
8	11.2	100	8.6	100
9	9.2	100	7.8	50
10	10.4	70	8.2	50
11	11.4	80	9.0	50
12	10.6	80	7.6	100
13	10.0	100	5.8	100
14	11.8	100	6.0	100
15	13.0	60	6.8	100
16	11.6	100	5.8	100

お、同じ原木で製造した12mm厚さの合板にも同様の狂いが生じた。

そこで、別の原木から切削した斜走木理のほとんどない単板で再び普通合板を10枚製造し、その狂いを測定した。その結果を第9-13表に示す。1枚だけはやや大きな狂いが生じたものの明らかに狂いは減少し、狂いには斜走木理の影響が大きいことが判る。

9.3.7 合板の曲げ剛性

試験結果を第9-14表に示す。コンクリート型枠用合板のJASでは適合基準は70tonf/cm²以上と定められている。カメレレとターミナリアはほとんどの合板がこの数値を上回っていたが、比重の低いキャンブノスベルマはほとんどの合板がこの値以下で、曲げ剛性の面からみるとコンクリート型枠用合板には問題がある、あるいは表板の厚さをより厚くする必要がある。

第9 11表 熱圧による厚さ減り

Table 9-1 1. Thickness loss duto hot-pressing.

接着剤 Adhesive	合板No. Plywood number	キャンブノスベルマ <i>C. brevipetiolata</i> (%)	カメレレ <i>E. deglupta</i> (%)	ターミナリア <i>T. calamansanai</i> (%)
ユリア樹脂 Urea resin	1	2.3	3.8	3.4
	2	2.6	4.0	4.0
	3	2.4	4.0	4.0
	4	3.1	4.4	4.4
	5	2.7	3.1	3.1
	6	2.4	4.0	4.0
	平均値 Av.	2.6	3.9	3.8
メラミン樹脂 Melamine resin	1	2.4	5.2	2.6
	2	2.3	4.6	3.5
	3	2.4	5.4	4.3
	4	2.3	5.6	3.4
	5	2.8	5.5	3.4
	6	2.8	4.6	4.0
	平均値 Av.	2.5	5.2	3.5
フェノール樹脂 Phenol resin	1	3.9	5.8	3.9
	2	4.1	6.7	4.1
	3	3.6	5.7	4.6
	4	3.9	5.7	4.0
	5	3.4	5.4	4.4
	6	3.6	6.2	4.2
	平均値 Av.	3.7	5.9	4.2

9.3.8 セメント硬化不良

試験結果を第9-15表に示す。この数値が0.3mm以上であると樹種はコンクリート型枠用合板の表板に適さないといわれている³⁾。今回の結果をみるとキャンブノスベルマとカメレレは硬化不良は生じなかったが、ターミナリアはこの値を上回るものが多く、かなり大きな硬化不良が生じた。一般に材色が黄色の樹種はコンクリート型枠用合板の表板への使用は不適であるとされているので、硬化不良の有無にかかわらず、材色が黄色のターミナリアの表板への使用は避けたほうが無難であろう。

9.4 まとめ

キャンブノスベルマ、カメレレ、ターミナリアの3樹種の合板用原木としての適性を評価するため一連の合板製造試験および合板の性能試験を実施した。その結果は以下のとおりであった。

1) ペニヤレースによる単板切削性は各樹種とも良好で、普通合板の表裏板、心板および道材合板の心板として使用可能な単板が切削できた。

単板の裏割れは、ターミナリアの裏割れ率がやや大きかったものの、合板製造上特に問題となる裏割れではなかった。

2) ローラドライヤを用いて単板乾燥をおこなったが、含水率60%から10%までの乾燥時間は、比重を考慮するとキャンブノスベルマ、ターミナリアは小さく、カメレレはほぼ単板比重に見合った値であった。

乾燥による収縮率は、キャンブノスベルマはほぼ比重に見合った値、ターミナリアは小さな値であったが、カメレレはかなり大きな値を示し、特に厚さ収縮率は大きかった。

3) ユリア樹脂接着剤、メラミン樹脂接着剤、フェノール樹脂接着剤の3種類の接着剤で合板を製造し、

第9-12表 合板の狂い
Table 9-12. Warping of plywood.

合板No. Plywood number	キャンブノスペルマ <i>C. brevipetiolata</i>		カメレレ <i>E. deglupta</i>		ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	
	製造直後 Immediately after production	1か月後 After 1 month	製造直後 Immediately after production	1か月後 After 1 month	製造直後 Immediately after production	1か月後 After 1 month
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	32.9	26.2	2.6	0.8	3.4	1.5
2	30.2	20.2	3.0	2.3	2.1	0.8
3	29.0	14.3	2.2	0.8	4.4	1.4
4	25.9	10.5	1.6	1.3	2.5	1.6
5	41.7	20.4	2.4	0.8	2.9	1.4
6	28.3	12.6	2.1	1.5	3.2	1.2
7	30.7	17.6	1.2	0.5	1.5	1.3
8	21.6	10.3	1.1	0.7	3.3	1.2
9	21.8	13.1	1.1	0.7	2.6	0.8
10	33.0	20.3	2.0	1.5	1.3	0.8
11	33.9	23.3	1.1	0.6	2.1	0.9
12	26.0	14.0	1.3	1.0	1.9	1.1
13	16.8	6.7	1.4	0.8	2.5	0.9
14	15.4	2.4	3.1	1.4	2.1	0.6
15	15.4	10.0	3.3	0.9	2.0	1.0
16	21.8	11.4	3.1	2.3	3.3	0.9
17	21.2	12.6	2.0	0.7	3.0	1.4
18	22.6	14.5	2.7	1.4	1.9	0.8
19	21.9	13.3	2.3	0.7	2.4	1.3
20	10.8	3.4	2.9	1.0	3.4	1.4
平均値 Av.	25.0	13.9	2.1	1.1	2.6	1.1

普通合板のJASに準じてこれらの合板の接着性能を調べた。その結果キャンブノスペルマ、ターミナリアはいずれの接着剤でもJASの2類または1糞削に合格する性能が得られたが、カメレレはユリア樹脂接着剤、フェノール樹脂接着剤での接着性能がやや不安定であった。

なお、エリア樹脂接着剤にMDIまたはラッテクスエマルジョンを添加することによりカメレレの接着性は改良された。

- 4) 合板製造時の熱圧による厚さ減りを測定したが、比重を考慮するとキャンブノスペルマは小さな値、ターミナリアはほぼ比重に見合った値であったが、カメレレはやや大きな厚さ減りを示した。
- 5) 実大サイズ合板の狂いを測定したが、キャンブノスペルマは大きな狂いを生じた。その原因は斜走木理のためだと考えられた。斜走木理のほとんど無い単板で製造した合板の狂いは小さかった。カメレレとターミナリアの狂いは小さかった。
- 6) コンクリート型枠用合板のJASに準じて12mm厚さ合板の曲げ剛性を測定した。その結果、カメレレとターミナリアはほとんどの合板がJASの基準値を上回ったが、キャンブノスペルマはほとんどの合板が基準値に達しなかった。
- 7) コンクリート型枠用合板の表裏板への使用を考慮してセメント硬化不良を測定した。キャンブノスペルマとカメレレは硬化不良はほとんど生じなかったが、ターミナリアは大きな硬化不良を生じ、表

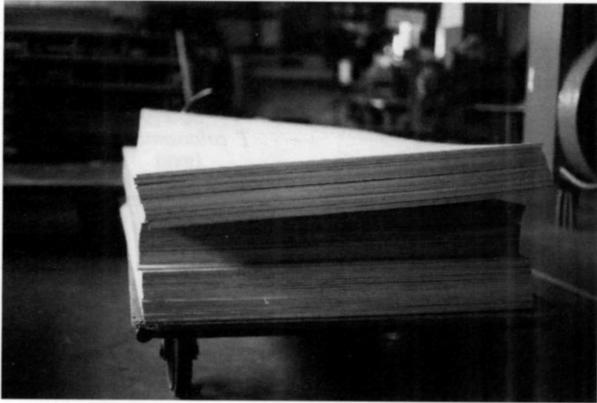


写真9-4 キャンブノスペルマ合板の狂い
Photo. 9-4• Warping of *C. brevipetiolata* plywood.

第9-13表 キャンブノスペルマ合板の狂い再試験結果
Table 9-13. Re-testiest result of *C. brevipetiolata* plywood Warping •

合板No. Plywood number	製造直後 Immediately after production (mm)	1か月後 After 1 month (mm)
1	2.2	2.7
2	1.7	1.5
3	2.4	2.8
4	4.3	3.1
5	13.6	5.9
6	3.0	2.3
7	3.5	2.2
8	2.3	2.3
9	1.7	1.7
10	4.4	2.4
平均値 Av.	3.9	2.7

第9-14表 合板の曲げヤング係数
Table9-14. Modulus of elasticity of plywood.

2	62.4	72.4	78.1
3	58.8	75.9	80.9
4	64.2	71.3	82.0
5	62.1	75.2	75.4
6	60.4	76.8	77.4
7	61.0	79.1	72.4
8	48.6	75.2	68.4
9	51.5	71.8	70.9
10	53.3	80.5	73.7
11	58.2	77.7	63.8
12	56.0	75.6	77.9
13	50.8	72.4	70.6
14	70.2	87.9	71.9
15	60.3	68.8	65.0
16	54.6	73.4	69.7
17	56.4	79.3	68.4
18	62.2	78.8	74.7
19	57.7	85.7	79.3
20	56.7	79.9	70.2
平均値 Av.	57.8	76.7	73.2
合板No. Plywood number	キャンブノスペルマ <i>C. brevipetiolata</i> (tonf/cm ²)	カメレレ <i>E. deglupta</i> (tonf/cm ²)	ターミナリア <i>T. calamansanai</i> (tonf/cm ²)
1	51.1	75.5	73.2

第9-15表 セメント硬化不良試験結果
Table 9-15. Poor Setting of cement.

試験片No. Specimen number	キャンブノスベルマ <i>C. brevipetiolata</i> (mm)	カメレレ <i>E. deglupta</i> (mm)	ターミナリア <i>T. calamansanai</i> (mm)
1	0.098	0.062	0.255
2	0.038	0.048	0.508
3	0.029	0.024	0.639
4	0.033	0.026	0.475
5	0.027	0.011	0.800
6	0.007	0.027	0.355
平均値 Av.	0.039	0.033	0.505

板には適さなかった。

9.5 Abstract

In this paper our objectives are to evaluate the suitability of *Camposperma brevipetiolata*, *Eucalyptus deglupta* and *Terminalia calamansanai* for the production of plywood and the property of these plywoods.

It is concluded that three species were technically suitable for the production of plywood. But the bond-quality of *E. deglupta* plywoods bonded with urea-formaldehyde resin and phenol-formaldehyde resin were not good, and *T. calamansanai* plywood showed poor setting of cement.

9.6 文 献

- 1) 高谷典良, 秋津裕志, 河原崎政行: マレーシア産造林木の材質評価および加工適性評価, 第7章, 合板製造試験, 林産試研報, 86, 60(1998).
- 2) 日本合板工業組合連合会: 未利用樹種利用開発推進事業調査報告書, 合板工業, 101, 1(1978).
- 3) 南 享二, 善本知孝, 近藤基樹: 合板型わく工法3, 5. コンクリート表面の硬化不良, 建築技術, 179, 135(1966).

- 技術部 合板科 高谷 典良(Noriyoshi TAKAYA) -

第10章 ボード類製造試験

10.1 はじめに

東南アジアを中心に植林されている、10～20年生の熱帯早成樹造林木6樹種について、OSB、パーティクルボード、MDFの3種類のボード製造適性を各エレメントの切削・解繊性、製造試験と性能試験から検討した。また、パーティクルボード、MDFについては、かさ密度、平均粒度、形状係数（形状係数についてはMDFについてのみ）などの粒度特性が製造適性に及ぼす影響について検討した。

第10-1表にボード製造適性を検討した6樹種を示す。第10-2表に6樹種の気乾密度（製材から各樹種3体抜き取り測定をした平均値）と各ボードを製造する際の圧縮比（設定ボード密度/製材気乾密度）を示す。

各ボードのエレメントの製造には35mm厚さにガラ挽きした製材品を、パーティクルボードとMDFについてはチップーにかけて原料チップとし、OSBについては製材した材料をそのまま用いた。

10.2 OSB

10.2.1 供試材料

含水率約80%の製材をディスクフレイカー（檜山鉄工所製、刃出し0.5mm）で6樹種とも同一条件で切削した後、目開き38×19mmのふるいでダストを除き、含水率2～3%に乾燥し、製造試験に用いた。ストランドの形状（各樹種ごと100体の測定値）を第10-3表に示す。

10.2.2 製造試験

OSBの製造条件を第10-4表に示す。設定は、厚さ12mm、密度650kg/m³、三層構成である。

接着剤の添加は、表層、心層を別々に回転式ドラムブレンダーとエアレス・スプレーガンを用いて、接着剤・ワックス混合液を噴霧した。

第10-1表 ボード製造試験に用いた原木
Table 10-1. Logs for manufacturing boards test.

樹種 Species	原木寸法 Logs size (cm)			樹齢 (年) Age (year)	産地 Source of test material
	長さ Length	元口径 Butt diameter	末口径 Top diameter		
カメレレ <i>E. deglupta</i>	1080	47	39		
ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	720～860	28～39	21～31	17 ～18	パプアニューギニア ソロモン諸島 Papua New Guinea Solomon Islands
キャンブノスペルマ <i>C. brevipetiolata</i>	680～700	27～28	22～24		
アカシア・マンギウム <i>A. mangium</i>	400	27～39	21～25	13	
モルツカネム <i>P. falcataria</i>	400	27～50	24～41	12	マレーシア サバ州 Malaysia Sabah
メリナ <i>G. arborea</i>	600	28～53	19～29	13	

第10-2表 ボード製造試験に用いた各樹種の製材気乾密度と圧縮比

Table 10-2. Density in dry of lumber and compaction ratio of each species.

樹種番号 Species number	樹種 Species	気乾密度 Density in air dry of lumber (kg/m ³)	圧縮比 Compaction ratio	
			パーティクル ボード Particleboard	O S B M D F
1	モルッカネム <i>P. falcataria</i>	355	1.97	1.83
2	キャンブノスペルマ <i>C. brevipetiolata</i>	362	1.93	1.79
3	カメレレ <i>E. deglupta</i>	483	1.45	1.35
4	メリナ <i>G. arborea</i>	518	1.35	1.25
5	ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	602	1.16	1.08
6	アカシア・マンギウム <i>A. mangium</i>	693	1.01	0.94

第10-3表 ストランドの実測寸法

Table 10-3. Actual size of strand.

		カメレレ <i>E. deglupta</i>	ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	キャンブノス ペルマ <i>C. brevipetiolata</i>	アカシア・マ ンギウム <i>A. mangium</i>	モルッカネム <i>P. falcataria</i>	メリナ <i>G. arborea</i>
長さ Length (mm)	平均値 Av.	59.88	59.96	60.46	59.97	60.03	60.04
	最大値 Max	61.56	61.29	61.43	60.73	61.08	61.15
	最小値 Min	58.92	58.94	59.54	58.8	58.07	58.70
	変動係数 C.V	0.006	0.007	0.007	0.007	0.008	0.007
	試験体数 N	100	100	100	100	100	100
幅 Width (mm)	平均値 Av.	23.68	23.61	24.32	24.27	23.93	24.42
	最大値 Max	25.10	24.56	24.91	24.86	25.01	26.46
	最小値 Min	16.22	16.50	23.52	19.71	22.11	21.44
	変動係数 C.V	0.071	0.055	0.009	0.022	0.025	0.032
	試験体数 N	100	100	100	100	100	100
厚さ Thickness (mm)	平均値 Av.	0.40	0.41	0.43	0.46	0.53	0.43
	最大値 Max	0.51	0.55	0.54	0.59	0.76	0.59
	最小値 Min	0.31	0.31	0.34	0.32	0.42	0.31
	変動係数 C.V	0.100	0.122	0.093	0.130	0.113	0.140
	試験体数 N	100	100	100	100	100	100

第10-4表 OSBの製造条件

Table 10-4. Manufacturing conditions of OSB.

層構成 Construction of boards	表層：心層：表層=1:2:1(重量比) Surface:Core:Surface=1:2:1(Weight ratio)
接着剤 Resin	メラミン・ユリア共縮合樹脂 (固形分率65.2%,三井化学(株)製U-814) Melamine urea formaldehyde (Solid content 65.2%,U-814 Formulated by Mitsui Chemicals Co. Ltd.)
添加率 Resin content	表層：10%,心層：10%(全乾木質重量に対する固形分重量比) Surface layers 10%,Core layer 10%(Based on oven-dry weight of wood)
硬化剤 Hardener	塩化アンモニウム(固形分率20%) Ammonium chloride(Solid content 20%)
添加率 Hardener content	表層：0.4%,心層：0.8%(接着剤の固形分重量比) Surface layers 0.4%,Core layer 0.8%(Based on resin solids)
ワックス Wax	エマルジョン型 (固形分率45.4%,三菱化学(株)製ダイアブルーフWY) Emulsion type (Solid content 45.4%,Formulated by Mitsubishi Chemicals Co. Ltd.)
添加率 Wax content	表層：0.5%,心層：0.5%(全乾木質重量に対する固形分重量比) Surface layers 0.5%,Core layer 0.5%(Based on oven-dry weight of wood)
フォーミング Forming	手蒔きで直交配向 Orientation by hand forming
設定マット含水率 Target moisture content of forming mat	表層：7.5%,心層：7.5% Surface layers 7.5%,Core layer 7.5%
プレス条件 Pressing conditions	温度：165℃ Temperature:165℃ 時間：6分(圧抜き30秒含む) Time:6min.(Including a 30s degas period)
設定 Target	寸法：37×37cm Size:37×37cm 密度：650kg/m ³ Density:650kg/m ³ 厚さ：12mm Thickness:12mm
繰り返し Replication	2

フォーミングは、37cm角の木枠内に30mm間隔にスリットを入れ、自由落下距離30mmで機械的配向を手蒔きで行った。

プレス条件は、フォーミングマット厚さから設定厚さまでの熱盤変位速度を一定(約2mm/秒)とした。また、プレスは、ディスタンスバーを用いずに厚さ制御が行え、プレス圧力を記録することができるため初期圧縮圧を測定した。

各樹種のフォーミングマット厚さと初期圧縮圧(各樹種2枚の平均値)を第10-5表に示す。プレス時間は、設定厚到達後5分30秒間熱圧後30秒間圧抜き、計6分間とした。

ボードの製造順番はランダムとし、各樹種2枚のボードを製造した。

10.2.3 性能試験

性能試験は、製造試験でパンクを生じて成型できなかったモルッカネム(*Paraserianthes falcataria*)、キャンブノスペルマ(*Camposperma brevipetiolata*)を除いた4樹種について行った。製造したボードは、20℃、65%RHの恒温恒湿室で約3週間調湿して、含水率7~8%となったものを、表面の研削は行わずに試験に供した。試験項目は、JIS A 5908「パーティクルボード」(1994)に従った、はく離強さ試験、曲げ強さ試験、湿潤時曲げ強さB試験、吸水厚さ膨脹率試験である。

第10-5表 フォーミングマット厚さと初期圧縮圧

Table 10-5. Foming mat thickness and initial pressure of each species.

樹種 番号 Species number	樹種 Species	フォーミング マット厚 Forming mat thickness (mm)	初期圧縮圧 Initial pressure (MPa)
1	モルッカネム <i>P. falcata</i>	94	6.5
2	キャンブノスペルマ <i>C. brevipetiolata</i>	89	5.9
3	カメレレ <i>E. deglupta</i>	70	5.1
4	メリナ <i>G. arborea</i>	94	6.2
5	ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	78	5.6
6	アカシア・マンギウム <i>A. mangium</i>	84	4.2

10.2.4 結果と考察

10.2.4.1 ストランド切削性

試験に用いたディスクフレイカーは負荷電流を測定することはできないが、切削速度などからターミナリア(*Terminalia calamansanai*)とアカシア・マンギウム(*Acasia mangium*)については切削抵抗が大きくなる傾向がうかがえた。一方、気乾密度が 400kg/m^3 以下の材料については、パーティクルボード製造時の刃物の切削性の低下が報告^{1,2)}されているので注意が必要である。

10.2.4.2 製造試験の特徴

OSB,ウエファーボードのように大型で平坦な形状のエレメントを用いた場合、エレメント同士の重なり合いにより、熱圧時に水分が抜けにくくパンクが生じやすいことが報告されている³⁾。本実験のように、メラミン・エリア共縮合樹脂10%という製造条件では、マット含水率が最低でも7.5%となり、熱圧温度200℃では大半の樹種でパンクが生じて成型できなかった。このため、熱圧温度を165℃まで下げて製造試験を行ったが、気乾密度が 400kg/m^3 以下のモルッカネム、キャンブノスペルマについてはパンクが生じて成型できなかった。これは、低密度材料ほどエレメントの重なり合いが密になり、熱圧時に内部水蒸気が放出されにくくなるためであると考えられる。しかし、ストランド厚さを厚くしてストランドの重なり合いを減らすことや、接着剤添加率を低減する、粉末フェノールを用いるなどしてマット含水率を下げることで、パンクを防ぐことも考えられる。また、アカシア・マンギウムについては、ストランドがカールすることにより均質なフォーミングができないことや、熱圧時にフォーミングマットが崩れることにより、設定密度より低く仕上がる、密度むらが生じるなどの問題を生じた。さらに、残り3樹種についても、初期圧縮圧が大きくなり、この内部応力の緩和が起こりにくいため、プレス解圧後にスプリングバックを生じて仕上がり厚さが厚くなり、密度が設定値以下になる傾向が認められた。

10.2.4.3 性能試験

性能試験結果を第10-6表に示す。また、第10-1図では、強度性能値に設定密度/実測密度の値を乗

第10-6表 OSBの性能試験結果

Table 10-6. Properties of OSB by Japanese Industrial Standard.

樹種 番号 Species number	樹種 Species	試験 項目 Test method	密度 Density (kg/m ³)	はく離 強さ Internal bond (MPa)	常態曲げ ¹⁾				湿潤曲げ ²⁾				吸水厚さ 膨脹率 ⁴⁾ Thickness Swelling (%)	
					Bending strength under air-dry condition				Bending strength under wet condition					
					長さ方向 Parallel to the surface		幅方向 Perpendicular to the surface		長さ方向 Parallel to the surface		幅方向 Perpendicular to the surface			
MOR ¹⁾ (MPa)	MOE ²⁾ (MPa)	MOR (MPa)	MOE (MPa)	MOR (MPa)	MOE (MPa)	MOR (MPa)	MOE (MPa)							
3	カメレレ <i>E. deglupta</i>	平均値 Av.	625	0.18	25.7	5890	23.7	2470	18.7	3352	14.5	1259	4.7	
		最大値 Max.	681	0.27	28.3	5923	24.5	2516	21.8	3375	14.9	1305	5.5	
		最小値 Min.	565	0.10	23.1	5857	22.9	2424	15.6	3329	14.0	1213	4.1	
		変動係数 C.V.	0.06	0.27	0.10	0.01	0.03	0.02	0.17	0.01	0.03	0.04	0.04	0.11
		試験体数 N	24	8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8
4	メリナ <i>G. arborea</i>	平均値 Av.	599	0.46	33.0	5820	27.2	2696	26.0	3783	15.6	1233	4.1	
		最大値 Max.	649	0.61	34.7	6242	30.7	2997	26.4	3792	17.6	1369	5.6	
		最小値 Min.	526	0.36	31.3	5399	23.7	2395	25.5	3774	13.6	1098	3.2	
		変動係数 C.V.	0.05	0.16	0.05	0.07	0.13	0.11	0.02	0.00	0.13	0.11	0.21	
		試験体数 N	24	8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8
5	ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	平均値 Av.	631	0.31	35.2	5859	25.0	2579	19.1	2938	13.1	1324	8.3	
		最大値 Max.	686	0.40	37.7	5994	27.4	2723	19.8	2951	14.4	1528	10.0	
		最小値 Min.	563	0.23	32.8	5724	22.5	2435	18.4	2924	11.7	1121	5.2	
		変動係数 C.V.	0.05	0.18	0.07	0.02	0.10	0.06	0.04	0.00	0.10	0.15	0.17	
		試験体数 N	24	8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8
6	アカシア・マンギウム <i>A. mangium</i>	平均値 Av.	593	0.28	16.1	4394	19.7	2318	22.2	3655	17.1	1467	2.4	
		最大値 Max.	649	0.68	17.2	4961	24.0	2554	26.7	4330	19.7	1601	3.9	
		最小値 Min.	519	0.11	14.9	3827	15.5	2082	17.6	2980	14.4	1334	1.6	
		変動係数 C.V.	0.06	0.70	0.07	0.13	0.22	0.10	0.21	0.18	0.15	0.09	0.29	
		試験体数 N	24	8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8

注 1): 曲げ強さ, 2): 曲げヤング係数, 3): 2時間煮沸+1時間常温水浸せき, 4): 24時間常温水浸せき

Note: 1): Modulus of rupture, 2): Modulus of elasticity, 3): 2-hours boiling, 1-hour at ordinary temperature, 4): 24-hour immersing at 20 ± 1

じて設定密度強度に補正し、樹種間の比較を行った。図中のJIS基準値は、異方性の素地パーティクルボードの24-10タイプ(ただし、吸水厚さ膨脹率については、24-10タイプよりも厳しい18, 13, 18タイプの基準値12%とした)である。

1) はく離強さ

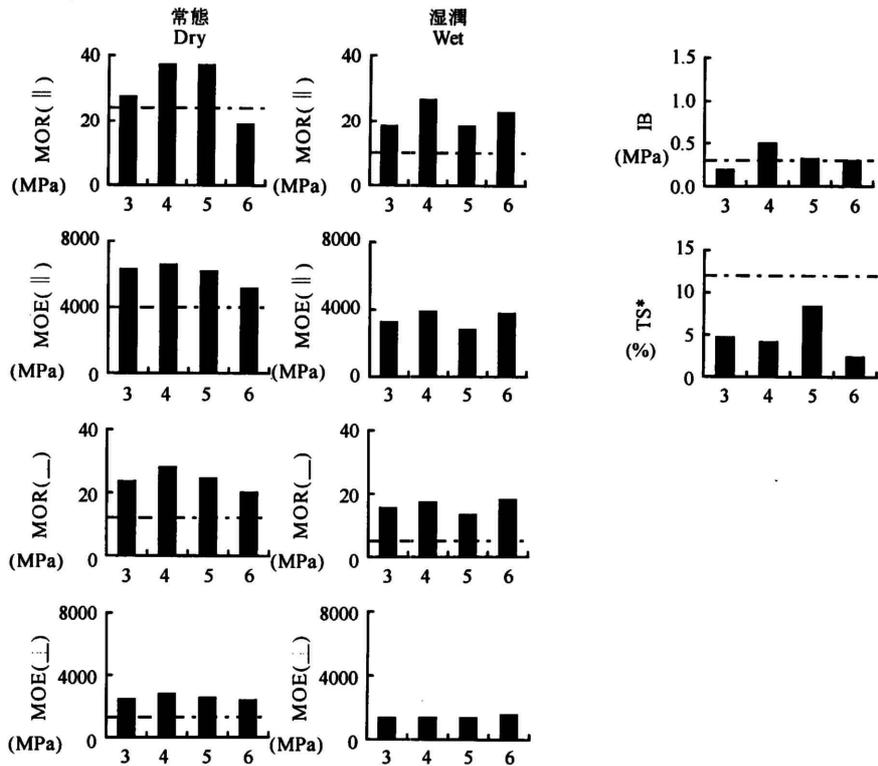
メリナとターミナリアについては基準値の0.3MPaを満たしたが、カメレレ(*Eucalyptus deglupta*)とアカシア・マンギウムについては基準値に達しなかった。これは、後述するパーティクルボードにおいて、すべての樹種で十分なはく離強さが得られたことから、樹種による接着阻害はないと考えられる。アカシア・マンギウムについては、前述したように、ストランドがカールしたことによるフォーミングむら、密度むら、材密度が高いため密度650kg/m³のOSBでは圧縮比が不足していることなどが原因であると考えられる。また、カメレレについては、パンクを生じなかった4樹種の中では最も圧縮比が高かったことから、熱圧時に内部水蒸気が放出されにくかったことが考えられる。このため、前述したように、ストランド厚さを厚くして内部水蒸気が放出されやすくすることや、粉末フェノールを用いてマット含水率を下げるにより改善の可能性はある。

2) 曲げ強さ

アカシア・マンギウムについてのみ、常態での縦(繊維)方向の基準値の24.0MPaを満たさなかったが、他はすべて常態、湿潤共に基準値を満たした。これは、はく離強さの場合と同様、アカシア・マンギウムのストランドがカールしたことによるフォーミングむら、密度むらや、材料自体の密度が高いことによる圧縮比の不足が原因となっていると考えられる。

3) 吸水厚さ膨脹率

すべての樹種について基準値の12%を満足した。



第10-1図 OSBの性能試験結果

凡例：MOR：曲げ強さ，MOE：曲げヤング係数，IB：はく離強さ，TS：吸水厚さ膨張率，||：長さ方向，⊥：幅方向
 - - - - -：JIS 基準値（パーティクルボード，24-10 タイプ）
 注：*：JIS 基準値（パーティクルボード 8,13,18 タイプ）
 横軸の数字は樹種番号を示す（第10-2表参照）。

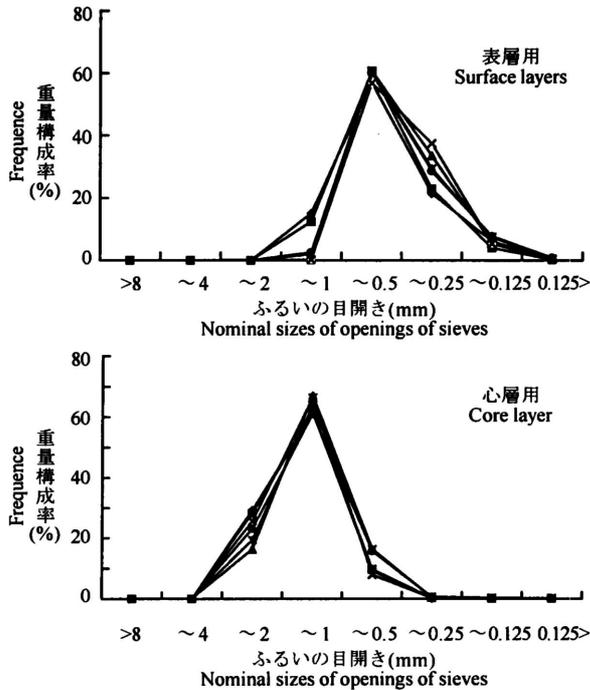
Fig. 10-1. Properties of OSB by Japanese Industrial Standard.

Legend : MOR : Modulus of rupture ; MOE : Modulus of elasticity ; IB : Internal bond ;
 TS : Thickness swelling ; || : Parallel to the surface ; ⊥ : Perpendicular to the surface ;
 - - - - - : Requirement of Japanese Industrial Standard (Particleboard,24-10type)
 Note : * : Requirement of Japanese Industrial Standard (Particlebord 8,13,18type)
 The numbers 1 ~ 6 stand for the species (see Table 10-2.).

10.2.5 まとめ

熱帯早生樹造林木6樹種について、OSBの製造適性をストランドの切削性、製造試験と性能試験から検討した。結果を要約すると次のとおりである。

- 1) ストランド切削性は、ターミナリアとアカシア・マンギウムについては切削抵抗が大きくなる傾向を示した。
- 2) 製造試験の特徴は、気乾密度が400kg/m³以下のモルツカネム、キャンブノスペルマの2樹種については、プレス時にバンクが生じて成型できなかった。アカシア・マンギウムについては、ストランドがカールして均質なフォーミングができない、材硬度693kg/m³に対して密度650kg/m³のOSBは圧縮比が不足するなどの問題を生じた。
- 3) 性能試験結果からは、すべてのJIS基準値を満たしたのはメリナとターミナリアについてのみであり、これら2樹種については、市販OSBの性能⁹⁾と同等であった。



第10-2図 表層用、心層用パーティクルの粒度分布

凡例：◆：モルッカネム，■：キャンブノスベルマ，
▲：カメレレ，×：メリナ，★：ターミナリア，
●：アカシア・マンギウム

Fig. 10-2. Particle size distribution for surface and core layers.

Legend : ◆: *P. falcataria* ; ■: *C. brevipetiolata* ;
▲: *E. deglupta* ; ×: *G. arborea* ;
★: *T. calamansanai* ; ●: *A. mangium*

10.3 パーティクルボード

10.3.1 供試材料

含水率約50%の原料チップをナイフリングフレーカー(パールマン社製,刃出し0.6mm)で6樹種とも同一条件で切削した後,目開き1mmふるい下のパーティクルを表層用に,目開き4.3mmふるい下かつ2.2mmふるい上のパーティクルを心層用とし,これらのパーティクルを含水率2~3%に乾燥し,製造試験に用いた。表層用,心層用パーティクルの粒度分布(各樹種ごとに2回測定したときの平均値)を第10-2図に示す。

10.3.2 パーティクル粒度特性

パーティクルの粒度特性が製造適性に及ぼす影響を検討するため,各樹種について表層用,心層用それぞれについてかさ密度と平均粒度を測定した。かさ密度は,直径103mm,容積1000cm³の円筒にパーティクルを満たし算出した。平均粒度は,Ro-tap型ふるい振とう機によるふるいわけの後,Rosin-Rammler粒度線図により求めた。かさ密度と平均粒度を第10-7表に示す。

10.3.3 製造試験

パーティクルボードの製造条件を第10-8表に示す。設定は,厚さ12mm,密度700kg/m³,三層構成である。

接着剤の添加は,表層,心層を別々にOSBの製造試験と同じ回転式ドラムプレnderとエアレス・スプレーガンを用いて,接着剤・ワックス混合液を噴霧した。なお,表層用パーティクルについては含水率調整のためにイオン交換水を加えた。

フォーミングは,37cm角の木枠内にランダムに手蒔きした。

プレス条件は,フォーミングマット厚さから設定厚さまでの熱盤変位速度を一定(約2mm/秒)とした。また,プレスは,ディスタンスパーを用いず厚さ制御が行え,プレス圧力を測定することができるため初期圧縮圧を測定した。各樹種のフォーミングマット厚さと初期圧縮圧(各樹種2枚の平均値)を第10-9表に示す。プレス時間は,設定厚到達後5分30秒間熱圧後30秒間圧抜き,計6分間とした。

ボードの製造順番はランダムとし,各樹種2枚のボードを製造した。

10.3.4 性能試験

製造したボードは,20℃,65%RHの恒温恒湿室で約3週間調湿して,含水率6~8%となったものを,表面の研削は行わずに試験に供した。試験項目は,JIS A 5908「パーティクルボード」(1994)に従った,はく離強さ試験,掛ず強さ試験,湿潤時曲げ強さB試験,吸水厚さ膨張率試験である。

10.3.5 結果と考察

10.3.5.1 パーティクル切削性

パーティクルをナイフリングフレーカーで切削する際には,人手で原料チップを供給し,負荷電流を目視で確認しながら切削した。この際,ターミナリアとアカシア・マンギウムについては負荷電流が大

第10-7表 パーティクルのかさ密度,平均粒度

Table 10-7. Bulk density and average value of particle size.

樹種番号 Species number	樹種 Species		かさ密度 Bulk density (g/cm ³)	平均粒度 Average value of fiber size (mm)
1	モルツカネム <i>P. falcata</i>	表層 Surface layers	0.072	1.03
		心層 Core layer	0.064	2.71
2	キャンブノスベルマ <i>C. brevipedunculata</i>	表層 Surface layers	0.089	1.07
		心層 Core layer	0.087	2.90
3	カメレレ <i>E. deglupta</i>	表層 Surface layers	0.125	0.88
		心層 Core layer	0.106	2.62
4	メリナ <i>G. arborea</i>	表層 Surface layers	0.148	0.85
		心層 Core layer	0.150	2.99
5	ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	表層 Surface layers	0.127	0.89
		心層 Core layer	0.130	2.61
6	アカシア・マンギウム <i>A. mangium</i>	表層 Surface layers	0.141	0.83
		心層 Core layer	0.126	2.62

きくなる傾向が見られ,切削抵抗が大きいと考えられる。一方,密度400kg/m³以下の南洋材については,パーティクル製造時の刃物の切削性の低下が指摘されている^{1,2)}ので注意を要する。

10.3.5.2 製造試験の特徴

北海道産針葉樹が主体の建築解体材を原料としたパーティクルボードと比較して,プレス時の熱盤変位速度が同じでも初期圧縮圧が1.0~2.0MPa程度大きくなり,この内部応力の緩和に時間を要した。このことから,実生産においてはプレス能力や熱圧時間について注意を要すると考えられる。

10.3.5.3 性能試験

性能試験結果を第10-10表に示す。また,第10-3図では,強度性能値に設定密度/実測密度の値を乗じて設定密度強度に補正し,樹種間の比較を行った。図中のJIS基準値は,等方性の素地パーティクルボードの18タイプである。

1)はく離強さ

すべての樹種で基準値の0.3MPaを満たした。このことは,すべての樹種で本実験に使用したメラミン・ユリア共縮合樹脂に対して接着阻害が認

められないと同時に,材密度が最も高いアカシア・マンギウムについても,密度700kg/m³のパーティクルボードであれば圧縮比の不足はなく,十分な接着のための圧縮圧が得られたことを示している。また,メリナ,ターミナリア,アカシア・マンギウムについては,市販パーティクルボード⁴⁾と比較してかなりの高強度が得られた。

2)曲げ強さ

すべての樹種で曲げ強さ,曲げヤング係数の基準値である18.0MPa, 3000MPaを満たし,また,湿潤時曲げ強さの基準値である9.0MPaを満たし,市販パーティクルボード⁴⁾と比較して,かなりの強度が得られた。これは,十分なはく離強さが示すように,十分な接着力が得られていることによると考えられる。

3)吸水厚さ膨張率

すべての樹種で基準値の12%を満たし, MおよびPタイプの市販パーティクルボード⁴⁾同等の優れた結果が得られた。特にアカシア・マンギウムとメリナについては2%台の優れた結果が得られた。

第10-8表 パーティクルボードの製造条件

Table 10-8. Manufacturing conditions of panicleboards.

層構成 Construction of boards	表層：心層：表層=1:2:1 (重量比) Surface:Core:Surface=1:2:1 (Weight ratio)
接着剤 Resin	メラミン・ユリア共縮合樹脂 (固形分率65.2%, 三井化学 (株) 製 U-814) Melamine urea formaldehyde (Solid content 65.2%, U-814 Formulated by Mitsui Chemicals Co. Ltd.)
添加率 Resin content	表層：12%, 心層：8% (全乾木質重量に対する固形分重量比) Surface layers 12%, Core layer 8% (Based on oven-dry weight of wood)
硬化剤 Hardener	塩化アンモニウム (固形分率20%) Ammonium chloride (Solid content 20%)
添加率 Hardener content	表層：0.4%, 心層：0.8% (接着剤の固形分重量比) Surface layers 0.4%, Core layer 0.8% (Based on resin solids)
ワックス Wax	エマルジョン型 (固形分率45.4%, 三菱化学 (株) 製ダイアブルーフWY) Emulsion type (Solid content 45.4%, Formulated by Mitsubishi Chemicals Co. Ltd.)
添加率 Wax content	表層：0.5%, 心層：0.5% (全乾木質重量に対する固形分重量比) Surface layers 0.5%, Core layer 0.5% (Based on oven-dry weight of wood)
フォーミング Forming	手蒔きで無配向 Non-orientation by hand forming
設定マット含水率 Target moisture content of forming mat	表層：13%, 心層：7% Surface layers 13%, Core layer 7%
プレス条件 Pressing conditions	温度：200℃ Temperature: 200℃ 時間：6分 (圧抜き30秒含む) Time: 6min. (Including a 30s degas period)
設定 Target	寸法：37×37cm Size: 37×37cm 密度：700kg/m ³ Density: 700kg/m ³ 厚さ：12mm Thickness: 12mm
繰り返し Replication	2

第10-9表 フォーミングマット厚さと初期圧縮圧

Table 10-9. Forming mat thickness and initial pressure of each species.

樹種 番号 Species number	樹種 Species	フォーミング マット厚 Forming mat thickness (mm)	初期圧縮圧 Initial pressure (MPa)
1	モルッカネム <i>P. falcataria</i>	98	5.4
2	キャンブノスペルマ <i>C. brevipedunculata</i>	83	5.2
3	カメレレ <i>E. deglupta</i>	70	6.0
4	メリナ <i>G. arborea</i>	60	5.9
5	ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	59	6.2
6	アカシア・マンギウム <i>A. mangium</i>	55	5.8

第10-10表 パーティクルボードの材質試験結果

Table 10-10. Properties of particleboard by Japanese Industrial Standard.

樹種番号 Species number	樹種 Species	試験項目 Test method	密度 Density (kg/m ³)	はく離 強さ Internal bond (MPa)	常態曲げ Bending strength under air-dry condition		湿潤曲げ ³⁾ Bending strength under wet condition		吸水厚さ 膨脹率 ⁴⁾ Thickness swelling (%)
					MOR ¹⁾ (MPa)	MOE ²⁾ (MPa)	MOR (MPa)	MOE (MPa)	
1	モルッカネム <i>P. falcata</i>	平均値 Av.	687	0.86	36.1	4120	26.0	2748	4.7
		最大値 Max.	711	0.99	38.1	4314	27.5	2847	5.2
		最小値 Min.	655	0.67	32.9	3758	24.9	2631	4.1
		変動係数 C.V.	0.02	0.11	0.06	0.05	0.04	0.03	0.07
		試験体数 N	24	8	4	4	4	4	8
2	キャンブノスベルマ <i>C. brevipetiolata</i>	平均値 Av.	675	0.92	31.1	3736	18.8	2131	3.0
		最大値 Max.	698	1.01	34.2	3933	19.9	2229	3.3
		最小値 Min.	647	0.80	27.8	3422	16.6	1966	2.3
		変動係数 C.V.	0.02	0.08	0.07	0.05	0.07	0.05	0.10
		試験体数 N	24	8	4	4	4	4	8
3	カメレレ <i>E. deglupta</i>	平均値 Av.	680	0.89	27.7	3759	19.3	2515	3.5
		最大値 Max.	700	1.00	31.1	3885	20.8	2685	3.8
		最小値 Min.	657	0.63	24.7	3564	18.2	2432	3.3
		変動係数 C.V.	0.02	0.12	0.09	0.03	0.05	0.04	0.04
		試験体数 N	24	8	4	4	4	4	8
4	メリナ <i>G. arborea</i>	平均値 Av.	674	1.32	22.6	3643	13.2	1870	2.5
		最大値 Max.	704	1.48	24.3	3804	13.7	1991	2.7
		最小値 Min.	637	1.13	19.8	3361	12.7	1766	2.4
		変動係数 C.V.	0.03	0.09	0.07	0.05	0.03	0.04	0.04
		試験体数 N	24	8	4	4	4	4	8
5	ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	平均値 Av.	698	1.25	34.3	4174	17.7	2054	3.0
		最大値 Max.	727	1.38	36.0	4409	18.4	2157	3.4
		最小値 Min.	667	1.17	33.1	3967	16.8	1905	2.8
		変動係数 C.V.	0.02	0.05	0.03	0.05	0.03	0.05	0.06
		試験体数 N	24	8	4	4	4	4	8
6	アカシア・マンギウム <i>A. mangium</i>	平均値 Av.	687	1.18	29.6	3768	19.2	2207	2.5
		最大値 Max.	713	1.43	32.4	3952	20.6	2407	2.9
		最小値 Min.	660	1.00	27.4	3663	17.9	2080	2.4
		変動係数 C.V.	0.02	0.11	0.06	0.03	0.05	0.06	0.07
		試験体数 N	24	8	4	4	4	4	8

注 1):曲げ強さ, 2):曲げヤング係数, 3):2時間煮沸 + 1時間常温水浸せき, 4):24時間常温水浸せき

Note 1): Modulus of rupture; 2): Modulus of elasticity; 3): 2-hour boiling, 1-hour immersing at ordinary temperature;

4): 24-hour immersing at 20 ± 1

10.3.5.4 粒度特性が製造適性に及ぼす影響

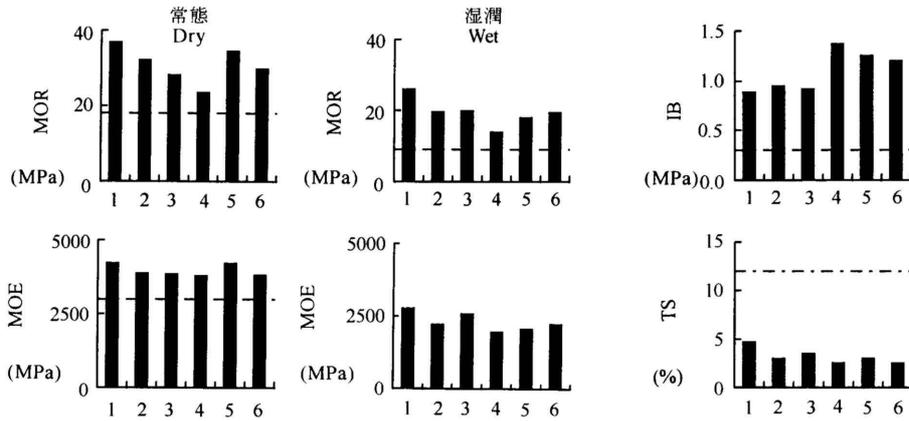
パーティクル粒度特性(かさ密度,平均粒度)と性能試験結果との相関を求めた。相関が高く有意となった,かさ密度と諸性能の関係を第10-4図に示す。

第10-4図より表層,心層のかさ密度と諸性能の間に高い相関があることが明らかになった。表層,心層のかさ密度が大きくなると,はく離強さが向上し,曲げ強さが低下し,吸水厚さ膨脹率が抑制された。

10.3.6 まとめ

熱帯早生樹造林木6樹種について,パーティクルボードの製造適性をパーティクル切削性,製造試験と性能試験から検討した。また,パーティクルの粒度特性が製造適性に及ぼす影響を検討した。結果を要約すると次のとおりである。

- 1)パーティクル切削性は,ターミナリアとアカシア・マンギウムについて切削抵抗が大きかった。
- 2)製造試験の特徴は,すべての樹種についてプレス時の初期圧縮圧が大きく,この内部応力の緩和に時間を要した。



第10-3図 パーティクルボード性能試験結果

凡例: . . . JIS基準値(パーティクルボード, 18タイプ)

注: その他の記号は第10-1図参照

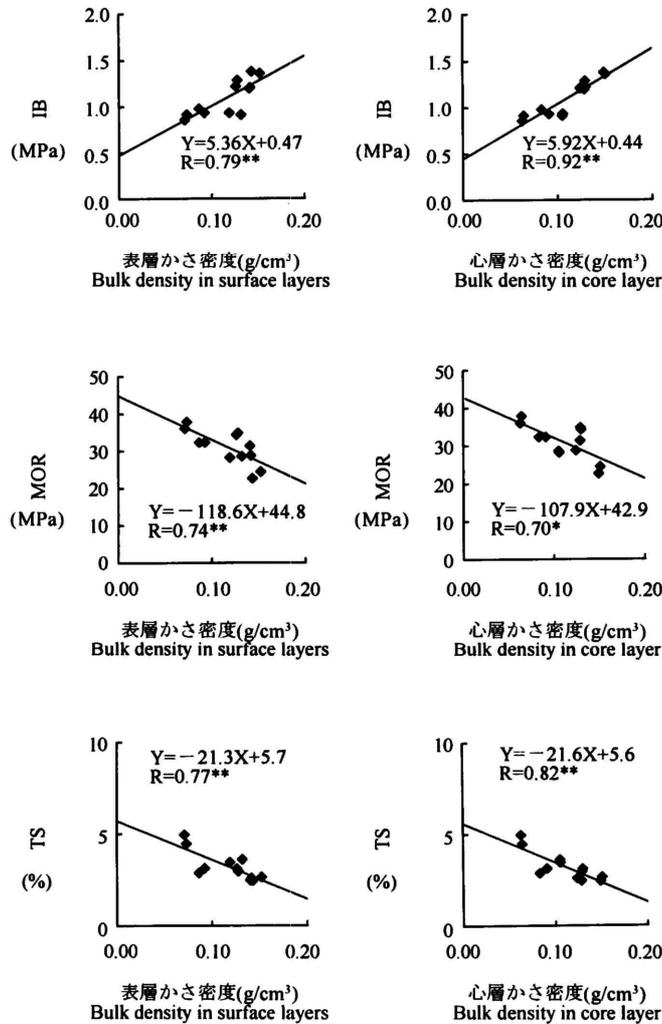
横軸の数字は樹種番号を示す(第10-2表参照)。

Fig. 10-3. Properties of particleboards by Japanese Industrial Standard.

Legend : Requirement of Japanese Industrial Standard (Particleboard, 18type)

Note : Other symbols are the same as shown in Fig. 10-1.

The numbers 1 ~ 6 stand for the species (see Table 10-2).



第10-4図 パーティクル粒度特性とパーティクルボード諸性能の関係

Fig. 10-4. Relationships between the values to represent the character of the panicles and properties of particleboard.

- 3)性能試験結果から、曲げ強さについてはメリナ、吸水厚さ膨張率についてはモルッカネムが他の樹種と比較して劣っていた。しかし、すべての樹種について、市販パーティクルボードの性能4)と比較して十分な性能であった。
- 4)表層および心層のかさ密度と製造パーティクルボードの諸性能の間には高い相関が認められた。すなわち、はく離強さとの間には正の相関、掛ブ強さと吸水厚さ膨張率との間には負の相関が認められた。

10.4 MDF

10.4.1 供試材料

含水率約50%の原料チップを加圧リファイナー(熊谷理機工業製,蒸煮条件7kgf/cm², 3分,磨砕盤間隔0.3mm)で6樹種とも同一条件で解繊後,気流乾燥機で含水率3~7%に乾燥し,試験に用いた。試験に用いたファイバーの粒度分布を第10-5図に示す。

10.4.2 ファイバー粒度特性

ファイバーの粒度特性が製造適性に及ぼす影響を検討するため,各樹種についてかさ密度と平均粒度を測定した。かさ密度は,直径103mm,容積1000cm³の円筒にファイバーを満たし算出した。平均粒度は, Ro-tap型ふるい振とう機によるふるい分け(各ふるい段に鉛散弾ボールを100g添加)の後, Rosin-Rammmer 粒度線図により求めた(,また,ファイバーの見かけ密度5)とファイバーの終み合いの程度をあらわす形状係数5, 6) (= 派生する細毛を含めたファイバーの支配面積/ファイバー骨格部のみの面積,悼が大きいほど絡みがよい)を算出した。かさ密度!平均粒度,ファイバー見かけ密度と形状係数(いずれも各樹種ごとに2回測定した平均値)を第10-11表に示す。

10.4.3 製造試験

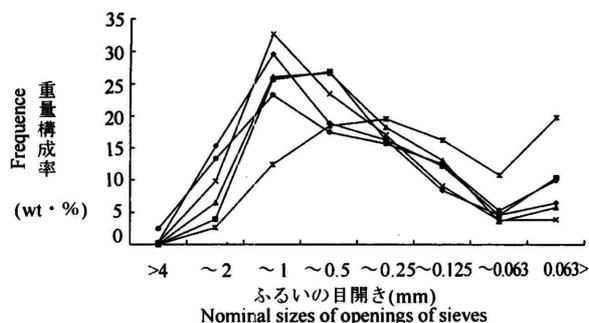
MDFの製造条件を第10-12表に示す。設定は,厚さ12mm,密度650kg/m³],単層である。

接着剤の添加は,内羽根回転機構付きドラムブレンダーとエアレス・スプレーガンを用いて,接着剤ワックス混合液を噴霧した。

第10-11表 ファイバーの粒度特性値

Table 10-1 1. The values to represent the character of the fiber.

樹種番号 Species number	樹種 Species	かさ密度 Bulk density (g/cm ³)	平均粒度 Average value of fiber size (mm)	見かけ密度 Apparent density (g/cm ³)	形状係数 Index of shape of fiber
1	モルッカネム <i>P. falcataria</i>	0.011	1.19	0.62	10.9
2	キャンブノスベルマ <i>C. brevipetiolata</i>	0.012	0.77	0.68	11.0
3	カメレレ <i>E. deglupta</i>	0.016	0.94	0.65	8.6
4	メリナ <i>G. arborea</i>	0.021	1.16	0.62	6.8
5	ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	0.024	0.41	0.80	7.8
6	アカシア・マンギウム <i>A. mangium</i>	0.010	0.88	0.66	12.1



第10-5図 ファイバーの粒度分布

注:凡例は第10-2図参照

Fig. 10-5. Fiber size distribution.

Note : Symbols are shown in Fig.10-2.

第10-12表 MDFの製造条件

Table 10-12. Manufacturing conditions of MDF.

構成 Construction of boards	単層 Single-layer
接着剤 Resin	メラミン・ユリア共縮合樹脂 (固形分率65.2%,三井化学(株)製 U-814) Melamine urea formaldehyde (Solid content 65.2%,U-814 Formulated by Mitsui Chemicals Co. Ltd.)
添加率 Resin content	15% (全乾木質重量に対する固形分重量比) 15% (Based on oven-dry weight of wood)
硬化剤 Hardener	塩化アンモニウム (固形分率20%) Ammonium chloride (Solid content 20%)
添加率 Hardener content	0.2% (接着剤の固形分重量比) 0.2% (Based on resin solids)
ワックス Wax	エマルジョン型 (固形分率45.4%,三菱化学(株)製ダイアブルーフ WY) Emulsion type (Solid content 45.4%, Formulated by Mitsubishi Chemicals Co. Ltd.)
添加率 Wax content	0.5% (全乾木質重量に対する固形分重量比) 0.5% (Based on oven-dry weight of wood)
フォーミング Forming	フォーミングマシンで無配向 Non-orientation by forming machine
設定マット含水率 Target moisture content of forming mat	10%
プレス条件 Pressing conditions	温度: 190℃ Temperature: 190℃ 時間: 6分 (圧抜き30秒含む) Time: 6min. (Including a 30s degas period)
設定 Target	寸法: 45×45cm Size: 45×45cm 密度: 650kg/m ³ Density: 650kg/m ³ 厚さ: 12mm Thickness: 12mm
繰り返し Replication	2

フォーミングは、45cm角のマットが製造されるファイバー用フォーミングマシン(たいへい製、上フラッファーほぐし機能・下バキュームファン吸引機能付き)で行った。フォーミング終了後、フォーミングマットが崩れないよう手作業で側面、上面を圧縮してフォーミングマシンより取り出した。

プリプレスは行わず、プレス条件は、フォーミングマット厚さから設定厚さまでの熱盤変位速度を一

第10-13表 フォーミングマット厚さと初期圧縮圧

Table 10-13. Forming mat thickness and initial pressure of each species.

樹種 番号 Species number	樹種 Species	フォーミング マット厚 Forming mat thickness (mm)	初期圧縮圧 Initial pressure (MPa)
1	モルッカネム <i>P. falcataria</i>	313	4.3
2	キャンブノスベルマ <i>C. brevipetiolata</i>	315	4.6
3	カメレレ <i>E. deglupta</i>	275	4.8
4	メリナ <i>G. arborea</i>	200	4.6
5	ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	175	4.7
6	アカシア・マンギウム <i>A. mangium</i>	290	4.1

定(約2mm/秒)とした。また、プレスは、ディスタンスバーを用いずに厚さ制御が行え、プレス圧力を記録することができるため初期圧縮圧を測定した。各樹種のフォーミングマット厚さと初期圧縮圧(各樹種2枚の平均値)を第10-13表に示す。プレス時間は、設定厚到達後5分30秒間熱圧後30秒間圧抜き、計6分間とした。

ボードの製造順番はランダムとし、各樹種2枚のボードを製造した。

10.4.4 性能試験

製造したボードは、20℃、65%RHの恒温恒湿室で約3週間調湿して、含水率6～8%となったものを、表面の研削は行わずに試験に供した。試験項目は、JISA5905「繊維板」(1994)に従った、はく離強さ試験、曲げ強さ試験、湿潤時曲げ強さB試験、吸水厚さ膨脹率試験である。

10.4.5 結果と考察

10.4.5.1 ファイバー解繊性

原料チップを加圧リファイナーで解繊する際には、原料チップが磨砕盤にスクリーフイーターで定量供給されるため、解繊時の負荷電流により樹種間の解繊抵抗が比較できる。それによると、カメレレ、キャンブノスベルマ、アカシア・マンギウム、メリナの4樹種が同程度、モルッカネムが前記4樹種より若干小さく、ターミナリアが最も大きかった。このターミナリアの解繊抵抗は、他の5樹種と比較してかなり大きいので注意を要する。

10.4.5.2 製造試験の特徴

6樹種ともMDFの小試験体の製造に際しては、特に問題は生じなかった。

10.4.5.3 性能試験

性能試験結果を第10-14表に示す。また、第10-6図では、強度性能値に設定密度/実測密度の値を乗じて設定密度強度に補正し、樹種間の比較を行った。図中のJIS基準値は、MDFの30タイプとした。

1)はく離強さ

第10-14表 MDFの性能試験結果
Table 10-14. Properties of MDF by Japanese Industrial Standard.

樹種番号 Species number	樹種 Species	試験項目 Test method	密度 Density (kg/m ³)	はく離 強さ Internal bond (MPa)	常態曲げ Bending strength under air-dry condition		湿潤曲げ ³⁾ Bending strength under wet condition		吸水厚さ 膨脹率 ⁴⁾ Thickness swelling (%)
					MOR ¹⁾ (MPa)	MOE ²⁾ (MPa)	MOR (MPa)	MOE (MPa)	
1	モルッカネム <i>P. fulcataria</i>	平均値 Av.	659	0.58	34.4	2778	20.9	1510	7.6
		最大値 Max.	702	0.81	39.6	3172	23.7	1707	10.0
		最小値 Min.	611	0.36	28.7	2309	17.7	1278	6.0
		変動係数 C.V.	0.03	0.30	0.13	0.12	0.10	0.10	0.16
		試験体数 N	24	8	4	4	4	4	8
2	キャンブノスベルマ <i>C. brevipetiolata</i>	平均値 Av.	643	0.56	36.6	2770	20.8	1388	4.1
		最大値 Max.	697	0.68	42.6	2984	21.5	1428	4.9
		最小値 Min.	575	0.40	29.8	2458	20.1	1334	3.7
		変動係数 C.V.	0.04	0.17	0.13	0.07	0.02	0.02	0.09
		試験体数 N	24	8	4	4	4	4	8
3	カメレレ <i>E. deglupta</i>	平均値 Av.	658	0.80	37.0	3162	23.2	1736	4.2
		最大値 Max.	707	1.09	39.3	3438	27.3	1906	4.9
		最小値 Min.	621	0.52	35.1	3050	19.8	1606	3.5
		変動係数 C.V.	0.03	0.24	0.05	0.05	0.12	0.06	0.10
		試験体数 N	24	8	4	4	4	4	8
4	メリナ <i>G. arborea</i>	平均値 Av.	675	0.84	33.3	2917	20.3	1396	4.0
		最大値 Max.	701	1.07	36.9	3194	23.0	1558	4.6
		最小値 Min.	614	0.52	28.6	2559	17.3	1247	3.1
		変動係数 C.V.	0.04	0.20	0.10	0.09	0.12	0.11	0.12
		試験体数 N	24	8	4	4	4	4	8
5	ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	平均値 Av.	666	0.81	29.1	2534	13.3	894	4.5
		最大値 Max.	705	1.09	36.3	3018	14.9	1013	5.8
		最小値 Min.	566	0.56	23.4	2264	10.2	671	3.7
		変動係数 C.V.	0.05	0.21	0.16	0.12	0.14	0.15	0.17
		試験体数 N	24	8	4	4	4	4	8
6	アカシア・マンギウム <i>A. mangium</i>	平均値 Av.	624	0.39	28.2	2258	17.1	1089	3.8
		最大値 Max.	677	0.66	35.3	2883	21.0	1383	4.9
		最小値 Min.	534	0.14	23.3	1929	13.4	819	3.2
		変動係数 C.V.	0.07	0.43	0.16	0.17	0.17	0.20	0.14
		試験体数 N	24	8	4	4	4	4	8

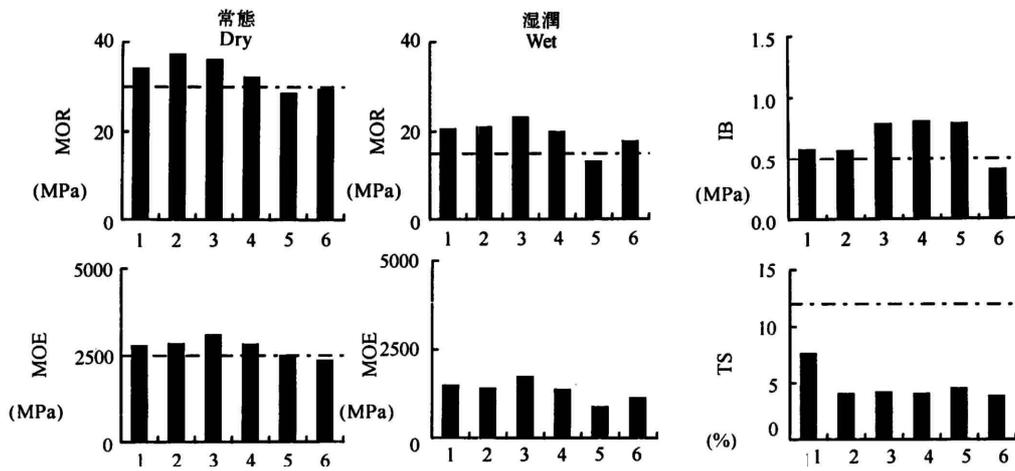
注: 1)曲げ強さ, 2):曲げヤング係数, 3): 2時間煮沸+1時間常温水浸せき, 4):24時間常温水浸せき
Note : 1): Modulus of rupture ; 2): Modulus of elasticity ; 3): 2-hour boiling, 1-hour immersing at ordinary temperature ;
4): 24-hour immersing at 20 ± 1

アカシア・マンギウムについてのみ、基準値0.5MPaを満たさなかった。このアカシア・マンギウムについては、パーティクルボードでは十分なはく離強さが得られたことから、接着阻害の問題はないと考えられる。また、ファイバー形状が及ぼす影響については後述する。

2)曲げ強さ

曲げ強さ、曲げヤング係数については、ターミナリアとアカシア・マンギウムについてのみ、基準値である30.0MPa、2500MPaを満たさなかった。また、湿潤時曲げ強さについては、ターミナリアについてのみ、基準値である15.0MPaを満たさなかった。これは、アカシア・マンギウムについては、はく離強さが小さく、掛ブ試験体の半数でせん断破壊を生じたことから、十分な接着力が得られていないためと考えられる。また、ターミナリアについては、ファイバーの見かけ密度が高いことによる圧縮比の不足のため、十分な表層密度が得られなかったことが原因であると考えられる。しかし、ターミナリアについては、はく離強さを十分に満たしているため、プレス条件の検討により、表層密度を高くすることで曲げ強さの改善が考えられる。

3)吸水厚さ膨脹率



第10-6図 MDF性能試験結果

凡例: - - - - - : JIS基準値(繊維板, 30タイプ)

注: その他の記号は第10-1図参照

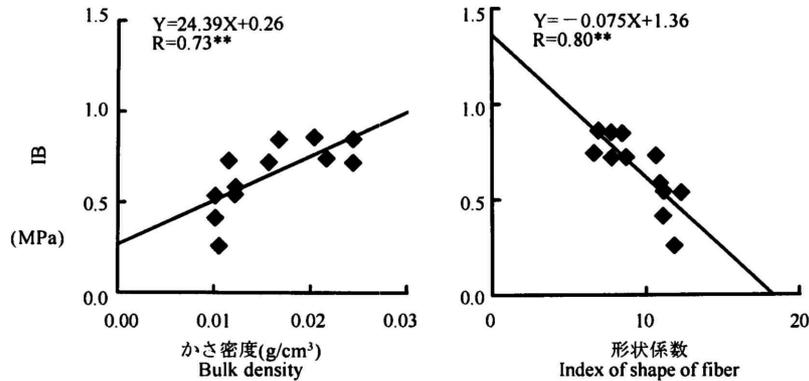
横軸の数字は樹種番号を示す(第10-2表参照)。

Fig. 10-6. Properties of MDF by Japanese Industrial Standard.

Legend: - - - - - : Requirement of Japanese Industrial Standard (Fiber board, 30 type)

Note: Other symbols are the same as shown in Fig. 10-1.

The numbers 1 ~ 6 stand for the species (see Table 10-2.)



第10-7図 ファイバー粒度特性とMDF諸性能の関係

Fig. 10-7. Relationships between the values to represent the character of the fiber and properties of MDF.

すべての樹種で基準値である 12%を満した。

10.4.5.4 粒度特性が製造適性に及ぼす影響

ファイバー粒度特性(かさ密度, 平均粒度, 見かけ密度, 形状係数)と性能試験結果との相関を求めた。相関が高く有意となった, かさ密度, 形状係数とはく離強さとの関係を第 10-7 図に示す。

第 10-7 図よりかさ密度, 形状係数とはく離強さの間に高い相関があることが明らかになった。すなわち, かさ密度が高くなり, 形状係数が小さくなるとはく離強さは向上した。形状係数については, 乾式ハードボードの実験から, 形状係数が大きくなるに従い曲げ強さが向上すること, 接着剤添加率が 0~8%に上昇するに従い形状係数の掛ず強さに及ぼす影響が小さくなることが報告されている⁷⁾。これは接着剤添加率が少ないほど, 接触部における接着力が不十分であるため, 強度は主に絡み合いに依存するためであると考察されている。本実験からは, 形状係数と曲げ強さとの間に相関は見られず, はく離強さとの間に負の相関が認められた。これは, ハードボードと比較して低密度かつ接着剤を多量に用いるMDFの場合, 接着力は, ファイバー間の絡み合いよりも接着剤の多少に大きく影響されるためと考えられる。このため, 形状係数が大きくなることにより, 派生する細毛の割合が高くなり, 接着剤が均一に添加されにくくなることや接着面積が増大して単位面積当たりの接着剤量が減少するためはく離強度が

第10-15表 熱帯造林木のボード製造適性

Table 10-15. Suitability of tropical plantation-grown trees for manufacturing of board.

樹種 番号 Species number	樹種 Species	小片切削性 Cutting resistance at chipping	ボード材質 Physical properties of boards		
			パーティクル ボード Particleboard	OSB	MDF
1	モルッカネム <i>P. falcataria</i>		○		○
2	キャンブノスペルマ <i>C. brevipetiolata</i>		○		○
3	カメレレ <i>E. deglupta</i>		○		○
4	メリナ <i>G. arborea</i>		○	○	○
5	ターミナリア <i>T. calamansanai</i>	*	○	○	
6	アカシア・マンギウム <i>A. mangium</i>	*	○		

凡例：* :切削抵抗が大。 :JIS基準値(パーティクルボード:18タイプ, OSB:24-10タイプ, MDF:30タイプの各試験項目(はく離強さ, 曲げ強さ, 湿潤時曲げ強さ, 吸水厚さ膨張率)をすべて満たしたものを

Legend : * : Large cutting resistance at chipping
: Satisfaction with all of quality items (Internal bond, bending strength, bending strength under wet condition, thickness swelling) by requirement of Japanese Industrial Standard (Particleboard : 18type, OSB :24 - 10type, MDF :30type).

低下することが考えられる。

10.4.6 まとめ

熱帯早生樹造林木6樹種についてMDFの製造適性をファイバー解繊性, 製造試験と性能試験から検討した。また, ファイバーの粒度特性が製造適性に及ぼす影響を検討した。結果を要約すると次のとおりである。

- 1)ファイバー解繊性は, ターミナリアについて解繊抵抗が大きかった。
- 2)製造試験の特徴は, 小試験体では特に問題は生じなかった。
- 3)性能試験結果から, アカシア・マンギウムについては, はく離強さ試験と曲げ強さ試験の両方でJIS規格の30タイプの基準値を満たさず, ターミナリアについては, 曲げ強さ試験でJIS規格の30タイプの基準値を満たさなかった。しかし, 15あるいは25タイプの性能は満たしているので, 強度を要求されない用途には十分な性能を持つといえる。
- 4)かさ密度, 形状係数と製造ボードのはく離強さの間に相関が認められた。すなわち, かさ密度とはく離強さの間には正の相関が認められ, 形状係数とはく離強さの間には負の相関が認められた。

10.5 おわりに

6樹種のボード製造適性を第10-15表に示す。これは, あくまでもJISの一つの基準値を判断材料としたものであり, 本文中に記した内容を十分に考慮に入れる必要がある。すなわち, 用途によってはこの

基準値を満たさなくても使用できるものもあることや、特定樹種に対して固有の製造条件を検討することで、今回基準値を満たさなかったものについても改善の可能性があるのである。逆に、節の多少がエレメント製造時やボード性能に影響を及ぼすことや、実験室レベルの小試験体ではよい結果が得られた場合でも、実生産に際してはプレス時にパンクを生じやすくなること、製造したボードに反りが発生することなどの新たな問題を生じる可能性があることを考慮に入れる必要がある。

10.6 Abstract

OSB, Particleboard, MDF were manufactured of six wood species (*Eucalyptus deglupta*, *Terminalia calamansanai*, *Camposperma brevipetiolata*, *Acacia mangium*, *Paraserianthes falcata* and *Gmelina arborea*) from tropical plantation forests.

The suitability for manufacturing of those boards was evaluated using laboratory boards, and the effects of the values to represent the character of the particle and the fiber on physical properties were investigated.

The obtained results are summarised as follows:

- 1) Two species (*G. arborea* and *T. calamansanai*) for OSB manufacturing, all species for particleboard manufacturing, and four species (*P. falcata*, *C. brevipetiolata*, *Eucalyptus deglupta* and *G. arborea*) for MDF manufacturing were technically suitable.
- 2) The cutting resistances at chipping of two species (*T. calamansanai* and *A. mangium*) were large.
- 3) The linear relationship was found between bulk density of particle and physical properties of particleboard.
- 4) The linear relationship was found between bulk density of fiber, index of shape of fiber and internal bond of MDF.

10.7 文 献

- 1)岩下 睦:ボード類の原料としての南洋材,木材工業,32(11),521(1977).
- 2)岩下 睦:繊維板・パーティクルボードの原料,木材工業,33(11),513(1978).
- 3)富村洋一 ほか3名:間伐材利用による配向パーティクルボードおよびウェファアボード,木材学会誌,31(12),1047(1985).
- 4)佐藤 司:市販構造用ボードの材質評価,林産試だより,11月号,1(1996).
- 5)高橋 裕,遠藤一夫,鈴木 弘:乾式繊維板用ファイバーボードの処理工程に関する研究(第1報),解繊木材ファイバーの粒度特性について,木材学会誌,18(1),9(1972).
- 6)高橋 裕 ほか4名:解繊ファイバーの特性とボード材質に関する研究(第1報),ファイバーの形状因子とボード材質,木材学会誌,20(9),430(1974).
- 7)鈴木 弘,高橋 裕,遠藤一夫:乾式繊維板用の曲げ強さに及ぼすファイバーの形状とレジンの影響,木材学会誌,22(5),288(1976).

- 技術部 成研科 吹野 信(Makoto FUKINO) -
 - 同 上 佐藤 司(Tsukasa SATO) -
 - 同 上 小川尚久(Naohisa OGAWA) -