熱帯産造林木の利用特性について(下)

北海道立林産試験場　瀧　澤　忠　昭

加工性能

加工性能では一番初めに，乾燥性について見ていきたいと思います。入荷した木材はまず最初に乾燥しなければなりません。どのように乾燥したら良いのかということが問題になります。そこで，最初に急速乾燥試験ということを行いました。これは，製材直後の材から，厚さ2cm，幅10cm，長さ20cmの小さな板目の板を採って，100から105℃の恒温器の中で急速に乾燥して，その時に現れてくる材料の初期割れ，これは主に表面割れです，断面変形，これは落ち込みです，それから内部割れ，こういった損傷がどの程度出るかによって，その材料を評価し，その評価を基に乾燥スケジュールを決めるという試験です。その試験の結果を**表7**にまとめてあります。欄外に示してありますように，「初期割れ」と「断面変形」は8段階評価，「内部割れ」は6段階評価としました。とにかく，損傷の出が少なかったのはキャンプノスペルマでした。比較的容積密度の大きなロブスタやマンギウムなどのアカシア属は乾燥による損傷の出やすい樹種といえます。この中でマンギウムは当初13年生のもので試験をおこない，後から30年生のものを試験しました。表7のマンギウムの欄は2段に分かれておりますが，上が13年生のもの，下が30年生のものです。なぜそうなったかということですが，マンギウムについては多湿心材を持つものが多いということが言われており，しかもそれは相当の頻度で現れるということから，その乾燥は非常に難しいものだということがよく指摘されております。今回のものもやはり，13年生のものと30年生のものでは含水率の差がありました。このようなことが影響して同じ樹種の中で，大きく評価の分かれる試験結果が現れたものと考えられます。

このようにして損傷の程度を見た上で，それぞれの樹種毎に乾燥スケジュールを決めたということなのですが，ここで比較的損傷の少なかったキャンプノスペルマと比較的損傷が出やすかったハイブリッドの標準的なスケジュールを**表8**に示しておきます。マンギウムは確かに木目や色調など優れた面がありますが，乾燥から見るとかなり苦労の多い樹種でした。

次は，切削性です。回転鉋で材料を削った時の切削性です。○，×，△で評価しますと，**表9**のような結果になります。その時に出てきた欠点として，逆目ぼれが柾目の場合は全ての材に，板目の場合も，アカシア属とカメレレを除く全ての材に逆目ぼれ，毛羽立ちなどの切削欠点が発生しました。ただし一般的な被切

表7　乾燥性

	急速乾燥試験結果			推定乾燥条件（材厚2.7cm）		
	初期割れ[1]	断面変形[2]	内部割れ[3]	初期乾球温度(℃)	初期乾湿球温度差(℃)	末期乾球温度(℃)
ファルカータ	4	1	1	55	3.6	83
キャンプ	2	1	1	65	5.5	90
カメレレ	3	6	4	49	3.3	73
ロブスタ	5	7	6	45	2.5	70
ターミナリア	3	4	1	54	4.0	80
メリナ	4	1	1	55	3.6	83
マンギウム	5	3	2	53	3.0	82 [4]
	7	7	6	45	2.5	70 [5]
ハイブリッド	7	7	6	45	2.5	70
アウリ	6	6	6	45	2.5	70

1)と2) 8段階評価，3) 6段階評価，4)マレーシア産13年生，5)同30年生

表8　乾燥スケジュール

キャンプ

含水率（%）	乾球温度（℃）	乾湿球温度差（℃）
生～50	60	5
50～45	60	7
45～40	60	10
40～35	65	13
35～30	65	16
30～25	70	20
25～20	75	25
20～15	80	30
15～	85	30

ハイブリッド

含水率（%）	乾球温度（℃）	乾湿球温度差（℃）
生～50	40	2
50～40	40	3
40～35	40	4.5
35～30	40	8
30～25	45	11
25～20	50	17
20～15	55	20
15～10	65	22
	65	25
10～	65	28

表9　回転鉋による切削性

	柾目		板目	
	評価	目立つ欠点	評価	目立つ欠点
ファルカータ	△	逆目ぼれ，目離れ	△	逆目ぼれ，目離れ
キャンプ	△	逆目ぼれ，欠け	△	逆目ぼれ，欠け
カメレレ	×	逆目ぼれ	○	
ターミナリア	○	逆目ぼれ	○	逆目ぼれ
メリナ	×	逆目ぼれ，毛羽立ち	×	毛羽立ち
マンギウム	○	逆目ぼれ	○	
ハイブリッド	○	逆目ぼれ	○	
アウリ	○	逆目ぼれ	○	

○：良，△：やや良，×：不良

表10　ブロックせん断試験結果

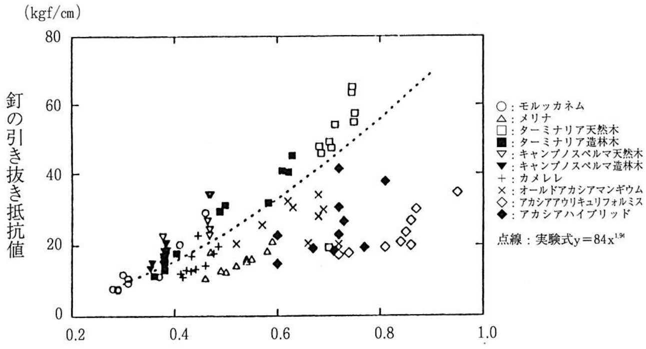
	ユリア樹脂				酢酸ビニル樹脂			
	常態試験		耐水試験		常態試験		耐水試験	
	接着強さ（kgf/cm²）	木破率（%）	接着強さ（kgf/cm²）	木破率（%）	接着強さ（kgf/cm²）	木破率（%）	接着強さ（kgf/cm²）	木破率（%）
ファルカータ	74	89	58	96	78	94	28	7
キャンプ	99	98	65	92	93	59	37	37
カメレレ	62	98	57	98 [1)]	60	28	25	1 [1)]
	83	100	65	100 [2)]	77	78	34	3 [2)]
ロブスタ	100	98	131	95	130	91	109	45
	112	88	127	86				
ターミナリア	126	100	98	98	99	93	50	22
	66	100	53	100				
メリナ	96	74	92	85	73	32	72	13
マンギウム	120	50	95	4 [3)]	97	8	49	0 [3)]
	115	57	88	23 [4)]	116	8	70	0 [4)]
ハイブリッド	138	78	138	78	127	22	83	0
アウリ	138	56	158	33	144	1	88	0

	水性高分子イソシアネート樹脂				レゾルシノール樹脂			
	常態試験		耐水試験		常態試験		耐水試験	
	接着強さ（kgf/cm²）	木破率（%）	接着強さ（kgf/cm²）	木破率（%）	接着強さ（kgf/cm²）	木破率（%）	接着強さ（kgf/cm²）	木破率（%）
ファルカータ	80	94	45	77	75	100	44	94
キャンプ	102	91	41	8	98	96	62	90
カメレレ	78	85	36	13 [1)]	65	98	47	88 [1)]
	82	76	32	12 [2)]	76	97	52	88 [2)]
ロブスタ	133	99	88	58	111	45	84	77
ターミナリア	101	100	43	30	132	98	75	82
					73	95	52	81
メリナ	103	71	55	11	91	82	83	50
マンギウム	98	10	38	0 [3)]	127	87	94	88 [3)]
	108	47	36	17 [4)]	117	82	92	77 [4)]
					109	89	81	96 [4)]
ハイブリッド	133	82	71	4	161	71	110	72
アウリ	152	77	95	10	166	26	119	27

1)マレーシア産，2)ソロモン産，3)マレーシア産13年生，4)同30年生

削性は，メリナ（柾目と板目）とカメレレ（柾目）以外は特に悪いというものではありませんでした。メリナは柾目，板目ともに毛羽立ちが顕著で，きれいな切削表面を得ることが出来ませんでした。

次は接着性能です。表10にブロックせん断試験の結果をまとめてあります。ユリア，酢酸ビニル，水性高分子イソシアネート，レゾルシノール樹脂の4種類の接着剤を使って試験をしました。その結果，接着剤によって，若干数値の違いなどもありますが，全般的に，常態接着力では比重の大きなものほど高い数値が出ています。木破率も80%以上の高い値を出しているものもありますが，中には非常に低いものもありました。ロブスタとターミナリアは数値が2段に分けて記載されていますが，これは，試験した時の気乾比重に幅があって，一つのデータにまとめてしまうのに抵抗を感じたからです。ちなみにロブスタの場合，上の段は平均気乾比重が0.81の試料，下の段は1.06という試料でした。同じようにターミナリアの場合，上段は気乾比重0.61のグループ，下段は0.35というグループでした。ブロックせん断試験では小さな試験片で試験を行いますから，試験片毎の材のバラツキはどうしても避けられません。初めに基礎材質のところでご紹介した図でも分かるように，木材の内部では比重は相当大きな幅で変動しております。接着強度は比重に左右されることが知られていますから，このように比重で二つのグループに分けて紹介しました。この時，同時に塗装試験もおこないました。資料には載せてありませんがポリウレタンとアミノアルキッド樹脂を使って塗装しました。それで塗膜密着力試験を行いましたが，いずれの樹脂についてもJASの基準となっている4 kgf/cm²の値をクリアーしております。



※◇：アカシアアウリキュリフォルミスおよび◆：アカシアハイブリッドについては，釘打ち込み時に割れが発生し，引き抜き荷重の低下が見られた。

図４　釘の引き抜き抵抗値

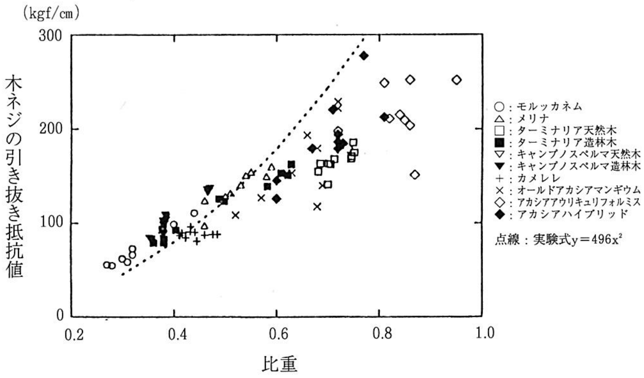


図５　木ネジの引き抜き抵抗値

つぎは釘と木ネジの保持力です。**図４**が釘の引き抜き抵抗値，**図５**が木ネジの引き抜き抵抗値です。この図で，○印で示したモルッカネムというのはファルカータの別名です。この図の中の点線は国産広葉樹についての結果から求めた実験式です。国産材は大体この点線の付近に来ると考えても良いのですが，釘の引き抜きはアウリとハイブリッドを除けば，国産材と同じ程度の値を示していると思います。アウリとハイブリッドが低くなった原因は注に書いてあるとうり，釘の打ち込み時に割れが発生して引き抜き荷重が出なかったということのようです。一方木ネジについては，比重0.6以下は国産材と同じような値をとっておりますが，それより比重の大きなものは，国産材と比較して，比重なりの木ネジ保持力が出ていません。

合板製造適正

次に，実際に合板を製造してみましたので，そこから分かったことなどを紹介します。

表11は，単板切削した時の，裏割れ率と裏割れ密度です。一般にファルカータ，キャンプノスペルマ，カメレレ，ターミナリアは単板切削性は極めて良好で，中でもカメレレは最も良好でした。一方マンギウムは面荒れがかなり出て，合板用材としての適正に疑問が残されました。ただし化粧性という観点から見ますと，ウオルナットに似た色調と木目を持っているので，合板にするよりは突板にして使っていったほうが良いのではないかということになり，突板を採ってこれを化粧単板として，合板の表面に貼りました。この化粧合板を使ったパネルを作って，実際，国際緑化推進センターの事務所の壁面に施工しました。

表11　単板切削における裏割れ率と裏割れ密度

	裏割れ率（%）		裏割れ密度（本/cm）		
	外周	内周	外周	内周	
ファルカータ	67	54	3.8	3.4	
キャンプ	59	61	2.5	2.6	
カメレレ	63	71	4.8	4.3	1)
	48	54	2.0	2.3	2)
ターミナリア	72	69	3.1	3.0	
メリナ	80	82	4.0	4.4	
マンギウム	88	91	3.6	3.2	3)
	77	81	4.2	4.4	4)
ハイブリッド	84	83	4.4	4.3	

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

表12　単板の比重，収縮率，乾燥時間

	比重	収縮率（%）5)		乾燥時間 6)（分）	
		幅	厚さ		
ファルカータ	0.34	4.3	4.9	15.0	
キャンプ	0.36	5.5	5.4	11.8	
カメレレ	0.40	5.6	6.3	17.3	1)
	0.42	6.4	7.3	17.1	2)
ターミナリア	0.47	4.3	4.9	15.8	
メリナ	0.42	5.0	4.4	17.6	
マンギウム	0.60	6.2	4.9	20.2	3)
	0.59	5.8	6.1	22.1	4)
ハイブリッド	0.64	5.3	6.1	20.9	

1)マレーシア産，2)ソロモン産，3)マレーシア産13年生，4)同30年生
5)生材から全乾までの収縮率，6)含水率60%から10%までの乾燥時間

次は，収縮や乾燥時間の問題です。

表12に結果を示しました，まず単板の収縮ですが，目につくのはカメレレが少し収縮が大きかったということです。その他は特に取り立てて問題にしなければならないものはありません。乾燥時間としては，含水率60%から10%まで乾燥させるのに要した時間を示してありますが，これもそれぞれの樹種の比重に見合った時間を示していると思います。

次は**表13**に移りますが，これらの樹種で，ユリア，メラミン，フェノールといった樹脂を使って，実際に合板を作りました。その時の接着性能を示したのがこ

表13　同樹種合板の接着性能試験結果

	ユリア樹脂				メラミン樹脂			
	常態		温冷水浸せき		常態		煮沸くり返し	
	接着強さ（kgf/cm²）	木破率（%）	接着強さ（kgf/cm²）	木破率（%）	接着強さ（kgf/cm²）	木破率（%）	接着強さ（kgf/cm²）	木破率（%）
ファルカータ	11.2	99	9.3	75	10.2	100	8.3	92
キャンプ	13.6	100	11.1	53	14.4	100	11.5	39
カメレレ	11.7	100	10.4	84 1)	9.3	100	9.0	99 1)
			6.2	14 2)			11.5	93 2)
ターミナリア	10.9	96	10.4	9	10.8	98	11.5	11
メリナ	15.2	77	11.7	36	16.2	81	11.3	16
マンギウム	15.6	55	16.4	40 3)	19.0	81	14.2	18 3)
	10.5	87	11.6	71 4)	14.9	83	12.3	35 4)
ハイブリッド	11.2	35	9.1	7	14.1	58	13.5	35

	フェノール樹脂			
	常態		煮沸くり返し	
	接着強さ（kgf/cm²）	木破率（%）	接着強さ（kgf/cm²）	木破率（%）
ファルカータ	16.0	86	9.8	78
キャンプ	14.5	69	9.7	30
カメレレ	12.9	88	8.9	44 1)
			8.2	81 2)
ターミナリア	12.4	98	12.6	33
メリナ	15.8	71	11.1	66
マンギウム	15.8	24	11.1	5 3)
	12.4	94	10.1	43 4)
ハイブリッド	17.2	66	15.4	39

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

表14　改良剤添加の同樹種合板の接着性能試験結果

	ユリア樹脂	常態		温冷水浸せき	
	添　加　剤	接着強さ（kgf/cm²）	木破率（%）	接着強さ（kgf/cm²）	木破率（%）
カメレレ 1)	MDI 2)	12.4	100	10.2	10
	ラテックスエマルジョン 3)	14.1	100	11.4	84
ハイブリッド	MDI	14.3	84	13.1	22

1)ソロモン産，2)添加割合は樹脂に対し2部，3)同15部

表15　道材合板の接着性能試験結果

	シナ				カバ			
	常態		温冷水浸せき		常態		煮沸くり返し	
	接着強さ（kgf/cm²）	木破率（%）	接着強さ（kgf/cm²）	木破率（%）	接着強さ（kgf/cm²）	木破率（%）	接着強さ（kgf/cm²）	木破率（%）
ファルカータ	14.7	99	12.0	63	17.5	89	12.8	46
キャンプ	15.2	74	11.5	3	16.2	6	12.5	13
カメレレ	9.9	96	7.7	100 1)	12.8	96	9.2	96 1)
	13.3	86	8.4	21 2)	14.8	80	7.1	14 2)
ターミナリア	13.7	76	8.7	3	17.2	22	9.9	13
メリナ	11.8	86	9.2	58	15.8	82	14.9	56
マンギウム	12.7	99	10.5	73 3)	19.4	39	15.2	21 3)

接着剤：ユリア樹脂
1)マレーシア産，2)ソロモン産，3)マレーシア産13年生

の表です。この場合ユリア樹脂でターミナリア，フェノール樹脂でカメレレがちょっと不安定なところがありました。そこで，これらのうちカメレレについて，**表14**に示した試験をおこないました。これはユリア樹脂にMDIあるいはラテックスエマルジョンといった添加剤を加えて，それで合板を作って，接着実験をおこなったものです。その結果，接着の不安定は改善されて，表に示したような結果になりました。これらの樹種以外については，どの接着剤でも合板の接着性能は良好で，JASの2級あるいは1級に合格する性能のものが得られております。

今度は，芯板にそれぞれの樹種を使い，表と裏にシナとかカバといった道産材を使った道材合板を作りました。接着剤はユリア樹脂を使いましたが，その場合の接着性能の試験結果が**表15**です。この場合もファルカータ，キャンプノスペルマ，メリナ，マンギウム，こういったものの場合はいずれも接着性能は良好でした。そしてJASの2類に合格する性能のものが得られ

表16　改良剤添加の道材合板の接着性能試験結果

	シナ				カバ			
	常態		温冷水浸せき		常態		温冷水浸せき	
	接着強さ（kgf/cm²）	木破率（%）	接着強さ（kgf/cm²）	木破率（%）	接着強さ（kgf/cm²）	木破率（%）	接着強さ（kgf/cm²）	木破率（%）
MDI添加	16.3	82	9.6	38	16.1	69	10.4	52
ラテックスエマルジョン添加	14.7	73	9.7	32	18.1	88	10.3	67
無添加	13.3	86	8.4	21	14.8	80	7.1	14

心板：ソロモン産カメレレ

ております。カメレレ，ターミナリアの場合には**表16**にあるように，同樹種接着の場合と同様にMDIあるいはラテックスエマルジョンを添加することによって，接着性能が改善されました。

次は狂いです。5.5mm厚で90cm×180cmの実大サイズの合板の狂いを測定しましたが，多くの場合１mm以下，狂いの大きなもので３mm以下という結果で実用上は問題のない値でした。

次は**表17**です。コンクリート型枠用合板の裏と表に使うことを考えて，セメント硬化不良試験を行いました。硬化不良深さという数字で樹種別に示してありますが，通常この深さが0.3mm以上ありますと，この樹種はコンクリート型枠用には使えないとされています。この表の右の列は，硬化不良深さが0.3mmを超えた試験体の比率を示してありますが，この表を見比べてみますと，ターミナリアとマンギウムはこれに向かないことが分かります。ファルカータもコンクリート型枠合板に使うとすれば注意を要します。したがって，この樹種の中で，コンクリート型枠合板の表・裏板として問題なく利用できるのは，キャンプノスペルマ，カメレレ，メリナです。ただこういった用途の場合にはそれなりの剛性も必要になってきますから，同時に**表18**に示したように，剛性，すなはち曲げヤング係数を試験した結果を示してあります。コンクリート型枠用として使う場合の合板はヤング係数は少なくとも70tonf/cm²は必要と言われているので，それから見るとターミナリア，とマンギウムは十分な剛性を持っていますが，セメント硬化の結果からは不適ということになります。セメント硬化と剛性の両方を辛うじて満足するのは，カメレレとメリナだけです。ただし，剛性の不足は表裏の単板を少し厚くすれば，それをカバーすることは十分に可能ということになります。

表17　セメント硬化不良試験

	硬化不良深さ（mm）	※（%）
ファルカータ	0.23	40
キャンプ	0.04	0
カメレレ	0.02	0 1)
	0.03	0 2)
ターミナリア	0.45	80
メリナ	0.03	0
マンギウム	0.60	100

※：硬化不良深さが0.3mmを超えた試験体の割合
1)マレーシア産，2)ソロモン産

表18　合板の曲げヤング係数

	曲げヤング係数（tonf/cm²）	
ファルカータ	52.4	
キャンプ	57.8	
カメレレ	64.6	マレーシア産
	76.7	ソロモン産
ターミナリア	73.2	
メリナ	66.5	
マンギウム	84.4	

ボード類製造適性

表19に示した熱帯産造林木６樹種について，パーティクルボード，OSB，MDFの３種のボードの製造試験をおこないました。表中に○印を付けたのは，はくり強さ，曲げ強さ，湿潤時曲げ強さ，吸水厚さ膨張率の

表19　ボード製造適性

	パーティクルボード	OSB	MDF
ファルカータ	○		○
キャンプ	○		○
カメレレ	○		○
ターミナリア	○	○	
メリナ	○	○	○
マンギウム	○		

○：製品がJISの基準値（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）を全て満たしたもの

全てがJISの標準値をクリアしているものです。実際的な製造ラインになりますと，いろいろな問題点が出てくるでしょうが，この試験の範囲では，○印のある樹種はこれらのボード類の原料にはなり得るだろうという結論が得られています。

フローリングおよび内装材適性

この他にも多くの試験を行いましたが，フローリングや内装材への適性を求めるということで行った試験の一部を紹介します。

図６，図７は床の硬さを見るための試験の結果です。床の性能はいろいろありますが，安全性を考えた時には，「硬さ」というのが大変重要な要素になってきます。これを具体的に表す指標が，転倒衝突時硬さです。

図６は，鋼材の上にじかにフローリングを置いた時の値，図７は支点間距離30cmと45cmの支点を置いてその上にフローリングを載せた時の値です。いずれにしても，こういう試験をしてみると，硬さの値は，比重と正の相関関係を持っていました。ファルカータのように比重の低い樹種は，材料表面に凹みができてしまいました。結果からすると，熱帯産造林木だからといって特別な性質を与えるものではありませんでした。

また，内装材としての適性を考える時，とり上げなければならない試験項目は沢山あると思います。例えば，光の反射，色合い，触ったときの感じ，触ったとき暖かく感じるのか冷たく感じるのか，あるいは音がどのように響くのか，吸収するのか……といろいろな項目があろうかと思いますが，今回は熱伝導率と吸音率を測定してみました。カメレレ，ターミナリア，キャンプノスペルマ，ファルカータの４樹種で試験しましたが，熱伝導率も吸音率も一般的な樹種と違いはありませんでした。

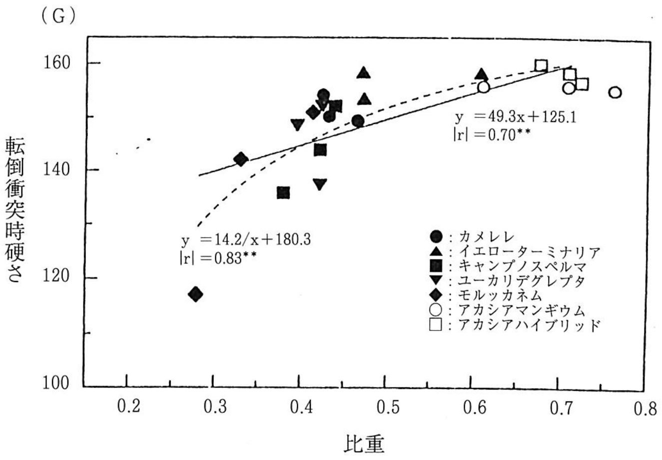


図６　非架構式（直置き）床における比重と硬さとの関係

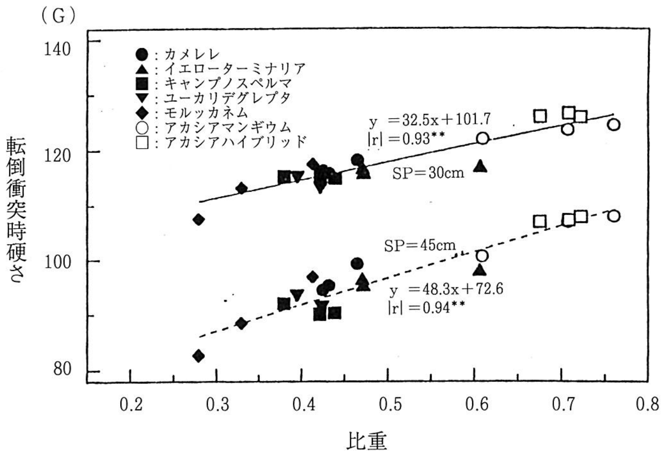


図７　架構式床における比重・支持スパンと硬さとの関係

ということで，駆け足でいろいろな性質を説明してきましたが，舌足らずの面もありますが，私たちが試験したことのいく分かでも知っていただければ幸いと思います。

（完）