

## 主成分分析による南洋材の用途に応じた樹種区分

太田 貞明<sup>(1)</sup>・木下 叙幸<sup>(2)</sup>Sadaaki OHTA and Nobuyuki KINOSHITA : Grouping of  
Tropical Woods in Accordance with the Utilization  
by Principal Component Analysis

**要 旨：**これまで、當場木材部、林産化学部で実施してきた南洋材に関する実験結果を用いて主成分分析を行い、南洋材の用途に応じた樹種区分を試みた。分析は特性値の組み合わせを変えて Case 1 から Case 6 まで 6 通り行い、特性値の組み合わせによる樹種区分範囲および区分精度（樹種区分を行った時の樹種のまとまりの程度）の比較を行うとともに、一般製材品（以下素材という）、合板用材、パルプ用材およびファイバーボード用材として材を利用する場合の樹種区分の可能性を検討した。

素材として材を利用する場合の判定基準の一部である材の重硬度（もしくは軽軟度）、乾燥性、耐朽性、接着性、収縮の程度等についての樹種区分は Case 1 あるいは Case 2 でかなり精度よく行うことができる。Case 1 において取り上げた特性値は、容積重、初期含水率、収縮異方度、容積収縮率、曲げヤング係数、曲げ強さ、かたさ、乾燥時間、乾燥によるおちこみの程度、回転切削における切削抵抗、耐朽性の 11 特性値である。Case 2 では 15 特性値を取り上げたが、基本的には Case 1 の場合とほとんど変わらず、強度関係の特性値を追加した以外に 2, 3 の特性値の入れ替えを行った。また、Case 1, Case 2 における第 2 主成分までの累積寄与率は 70% 近い値を示し、分析を行った 6 Case の内でもっとも高い値を示している。

合板用材、パルプ用材、ファイバーボード用材についての樹種区分は素材の場合に比較してかなり精度が低いが、合板用材に対しては Case 1 および Case 5、パルプ用材、ファイバーボード用材に対しては Case 3 である程度まで行うことができる。

## 1. は し か き

南洋材の需要が増加するにともない、輸入される樹種、利用分野も多様化されている。さらに、未利用樹種の開発に関する研究も各方面で実施されつつあり、今後は南洋材の利用適性区分を総合的な見地から適確に推定することが極めて重要になるものと考えられる。

農林省林業試験場木材部、林産化学部ではここ約 10 年来南洋材に関する多方面にわたる研究を実施してきており、供試樹種も 67 樹種を数え、その採取地も南方各地の広範な地域にわたっている。これらの試験結果から樹種ごとの素材（一般製材品）として、あるいは合板、パルプ等として利用する場合の適性を知るために 5 段階表示による各樹種の評価を行うとともに、基礎材質値と加工性あるいはそれら相互間の相関性についても検討が加えられている。

さらに世界的な動向として、南洋材に限らず、樹種に対する用途適性区分を求める動きは活発になりつつあるが<sup>(1)~(5)</sup>、いままでのところ総合的な評価区分を行えるまでには至っていない。

このようなことから、本報では當場で行ってきた南洋材の性質に関する一連の実験結果を基に<sup>(6)~(26)</sup>、主成分分析法を用いて、南洋材を利用する場合の樹種に対する用途適性区分を検討した。この種の研究

は、すでに F. CAILLEZ と P. GUENEAU によって、マダガスカル産材について報告されているが<sup>27)</sup>、本報ではこれらの報告を参考に、特性値を変えた場合の分析結果にもとづき樹種による用途区分を簡明に図化し、得られた情報の精度を総合的に検討した。さらに、将来未利用樹種が導入された場合、その用途適性を限られた測定項目によって推定できる可能性を検討したものである。

なお、主成分分析の計算は農林省農林研究計算センターの HITAC-8450 で行い、プログラムは上記計算センターのライブラリープログラム 3-5 (105) PCAMAL によった<sup>28)</sup>。

本報告をとりまとめるにあたり、加納 孟木材部長、山井良三郎材料科長、鈴木 寧加工科長、筒本卓造乾燥研究室長、中野達夫材質研究室長および木材部、林産化学部において南洋材の研究に従事されている方々にお世話になった。また、主成分分析法の取扱いについては経営部西川匡英技官のご指導を得た。あわせて感謝の意を表します。

## 2. 主成分分析

主成分分析法は多数のデータを、主要な総合特性値を求めることにより、その特徴を把握し、分類する手段として有効な統計的手法であるといわれている<sup>29)30)</sup>。分析の手順としては、取り上げた特性値相互の相関行列から出発する場合と、分散・共分散行列から出発する場合があるが、本報では特性値により測定単位が異なるため、相関行列（直線相関）にもとづいて分析を行った。

$n$  樹種について、 $p$  種類の特性値を求め分析を行う場合、各測定値は Table 1 に示すようになっている。これから、各特性値間の相関行列 ( $R$ ) を求め、固有方程式  $|R - \lambda I| = 0$  ( $I$  は  $P$  次の単位行列) を解いて、第  $k$  主成分に対する固有値  $\lambda_k$ 、および固有ベクトル  $l_{k1}, l_{k2}, \dots, l_{kp}$  を求める。

また、第  $k$  主成分の寄与率 ( $C_k$ )、第  $k$  主成分までの累積寄与率 ( $Q$ )、特性値  $x_i$  と第  $k$  主成分との相関をあらわす因子負荷量 ( $r_{k, i}$ )、第  $\alpha$  樹種の第  $k$  主成分に対する component score ( $S_{k, \alpha}$ ) はそれぞれ次式で求められる。

Table 1. 各特性値、樹種に対する測定値  
Values measured for each variable and species

樹 種 Species	特 性 値 Variable							
	$x_1$	$x_2$	•	•	$x_i$	•	•	$x_p$
1	$x_{11}$	$x_{12}$	•	•	$x_{1i}$	•	•	$x_{1p}$
2	$x_{21}$	$x_{22}$	•	•	$x_{2i}$	•	•	$x_{2p}$
•	•	•			•			•
$\alpha$	$x_{\alpha 1}$	$x_{\alpha 2}$			$x_{\alpha i}$			$x_{\alpha p}$
•	•	•			•			•
$n$	$x_{n1}$	$x_{n2}$	•	•	$x_{ni}$	•	•	$x_{np}$
平 均 (Ave.)	$\bar{x}_1$	$\bar{x}_2$			$\bar{x}_i$			$\bar{x}_p$
平 方 和 (Sum of square)					$S_{ii}$			
分 散 $V_{ii}$					$S_{ii}/n-1$			
(Variance) 標準偏差 $S_i$ (Standard deviation)					$\sqrt{V_{ii}}$			

$$C_k = \lambda_k / p$$

$p$ : 特性値数

$$(1)$$

$$Q = \sum_{a=1}^k \lambda_a / p$$

$$(2)$$

$$r_{k,i} = \sqrt{\lambda_k} \cdot l_{ki}$$

$$(3)$$

$$S_{k,i} = (l_{k1}x_{a1}^* + l_{k2}x_{a2}^* + \cdots + l_{kp}x_{ap}^*) / \sqrt{\lambda_k}$$

$$= \sum_{i=1}^p l_{ki} \cdot x_{ai}^* / \sqrt{\lambda_k}$$

$$(4)$$

ここで  $x_{ai}^* = (x_{ai} - \bar{x}_i) / S_i$

$\bar{x}_i, S_i$ : 第  $i$  特性値に対する供試樹種の平均値, 標準偏差

### 3. 分析結果および考察

本報では, これまで當場木材部および林産化学部で行ってきた南洋材の性質についての一連の実験データを用いて, 南洋材を利用する場合の樹種に対する用途適性区分を求めるための方法として, 主成分分析法 (Principal Component Analysis) の適用性を検討したものである。分析は異なる特性値について Case 1 から Case 6 まで 6 通り行い, 各 Case ごとに用途区分に対する主成分分析法適用の可否を検討した。

Table 2 に Case 1 から Case 6 において取り上げた樹種を示しているが, データが欠落している樹種は削除したので, 各 Case で樹種数は異なり, Case 1 では最も多く 61 樹種, Case 6 では吸水性関係のデータに欠落が多いため, 28 樹種にとどまっている。

各 Case で取り上げた樹種の容積重 ( $r_0$ ) の度数分布を Fig. 1 に示す。Case 1 および Case 4 の場合, やや正規分布に近い分布状態を示しているが, この場合でも取り上げた樹種は低容積重域に偏っており, その傾向は Case 5, 6 で特に大きい。

Table 3 に各 Case で取り上げた特性値を示す。Case 1 では, 木材の強度に関する特性値 (曲げヤング係数, 曲げ強さ, かたさ), 変形に関する特性値 (収縮異方度, 容積収縮率), 加工する際に加工性の難易

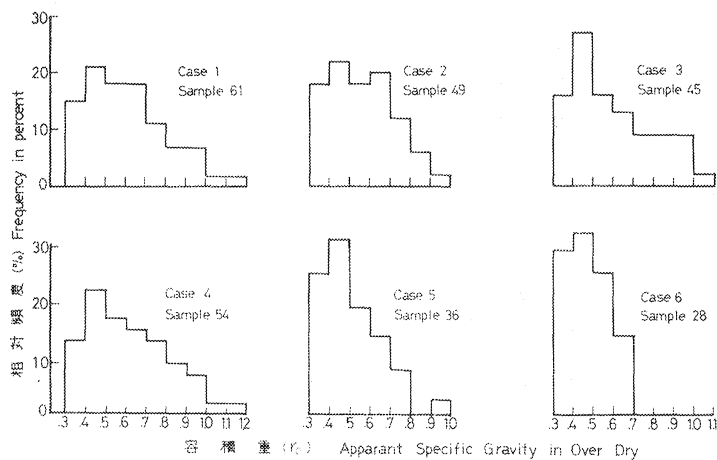


Fig. 1 各分析で取り上げた樹種の容積重に対するヒストグラム  
Histogram of species analyzed in each case for apparent specific gravity ( $r_0$ ).

Table 2. 主成分分析を行なった樹種  
Species selected for Principal Component Analysis

樹種 番号 Species No.	一 般 名 Common name	学 名 Botanical name	産 地*1 Locality	主成分分析のために取上げた樹種 Species selected for P. C. A.					
				Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
1	キャンブノスパーマ	<i>Campnosperma brevipetiolata</i>	Sol.	○	○	○	○	○	○
2	スポンジアス	<i>Spondias</i> sp.	N. G.	○	○			○	○
3	アルストニア	<i>Alstonia</i> sp.	N. G.	○	○	○	○	○	○
4	ジェルトン	<i>Dyera</i> sp.	Kal.	○	○	○	○	○	
5	アガチス	<i>Agathis</i> sp.	Kal.	○	○	○	○		
6	カナリウム	<i>Canarium</i> sp.	N. G.			○	○	○	○
7	ターミナリア	<i>Terminalia</i> sp.	N. G.	○	○	○	○	○	○
8	ターミナリア	"	N. G.	○	○	○	○	○	○
9	エリマ	<i>Octomeles sumatrana</i>	N. G.	○	○	○	○	○	○
10	プジック	<i>Anisoptera glabra</i>	Cam.	○	○		○		
11	ギアム	<i>Cotylelobium</i> sp.	Kal.	○	○	○	○	○	
12	アピトン	<i>Dipterocarpus</i> sp.	Phi.	○	○	○	○	○	
13	チュテールサル	<i>Dipterocarpus alatus</i>	Cam.	○	○		○		
14	チュテールバンコイ	<i>Dipterocarpus insularis</i>	Cam.	○	○		○	○	
15	クルイン	<i>Dipterocarpus</i> sp.	Kal.			○	○		
16	クルイン	"	Kal.	○	○	○	○	○	
17	クルイン	"	Mly.	○	○	○	○		
18	クルイン	"	Mly.	○	○	○	○		
19	カポール	<i>Dryobalanops</i> sp.	Sab.	○	○				
20	カポール	"	Sab.				○		
21	コキークサイ	<i>Hopea pierrei</i>	Cam.	○			○		
22	センガワン	<i>Shorea albida</i>	Swk.	○	○			○	○
23	レッドラワン	<i>Shorea negrosensis</i>	Phi.	○	○	○	○	○	
24	ライトレッド メランチ	<i>Shorea (Rubroshorea)</i> sp.	Kal.	○	○	○	○	○	
25	ホワイトメランチ	<i>Shorea (Anthoshorea)</i> sp.	Kal.	○		○	○		
26	コムニヤン	<i>Shorea hypochra</i>	Cam.	○	○		○	○	
27	イエローメランチ	<i>Shorea (Richetioides)</i> sp.	Swk.	○	○	○	○	○	○
28	バンキライ	<i>Shorea (Shorea)</i> sp.	Kal.	○	○	○	○		
29	バラウ	"	Kal.	○	○	○	○		
30	バラウ	"	Kal.	○		○	○		
31	バラウ	"	Kal.	○		○	○		
32	レサック	<i>Vatica</i> sp.	Kal.	○	○	○	○		
33	ニューギニア バスウッド	<i>Endospermum medullosum</i>	N. G.	○	○	○	○	○	○
34	ボルネオオーク	<i>Quercus</i> sp.	Kal.	○		○	○		
35	ニュージーランド ビーチ	<i>Nothofagus</i> sp.	N. Z.	○	○			○	○
36	ニュージーランド ビーチ	"	N. Z.	○	○			○	○
37	マラス	<i>Homalium foetidum</i>	N. G.	○	○	○	○		

樹種 番号 Species No.	一 般 名 Common name	学 名 Botanical name	産 地 Locality	主成分分析のために取上げた樹種 Species selected for P. C. A.					
				Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
38	ラ ミ ン	<i>Gonystylus bancanus</i>	Kal.	○	○	○	○	○	○
39	カロフィルム	<i>Calophyllum</i> sp.	Sol.	○	○	○	○	○	○
40	ゲロンガン	<i>Cratoxylon</i> <i>arborescens</i>	Smt.	○	○			○	○
41	ウ リ ン	<i>Eusideroxylon</i> <i>zwageri</i>	Kal.	○		○	○		
42	リ ツ エ ア	<i>Litsea</i> sp.	N. G.	○	○	○	○	○	○
43	インツィア	<i>Intsia</i> sp.	N. G.	○	○				
44	メンゲリス	<i>Koompassia excelsa</i>	Kal.	○		○	○		
45	ロ ヨ ン	<i>Parkia streptocarpa</i>	Cam.	○			○		
46	セプターパヤ	<i>Pseudosindora</i> <i>palustris</i>	Swk.	○	○	○	○	○	○
47	チャンパカ	<i>Michelia</i> sp.	Kal.	○	○	○	○		
48	ジョンコン	<i>Dactylocladus</i> <i>stenostachys</i>	Swk.	○	○	○	○	○	○
49	ケ レ グ ン	<i>Artocarpus</i> sp.	Kal.	○	○	○	○		
50	カ メ レ レ	<i>Eucalyptus deglupta</i>	N. G.	○	○	○	○	○	○
51	ケ ラ ッ ト	<i>Eugenia</i> sp.	Kal.	○		○	○		
52	ロンリヤン	<i>Tristania</i> sp.	Cam.	○			○		
53	スロールクラハム	<i>Dacrydium elatum</i>	Cam.	○			○		
54	ラ ブ ラ	<i>Anthocephalus</i> <i>cadamba</i>	N. G.	○	○	○	○	○	○
55	タ ウ ン	<i>Pometia pinnata</i>	N. G.	○	○	○	○	○	○
56	ナ ト ー	<i>Palaquium</i> sp.	Sol.	○	○	○	○	○	○
57	プランチョネラ	<i>Planchonella</i> sp.	N. G.	○	○			○	○
58	ホワイトシリス	<i>Ailanthus</i> sp.	N. G.	○	○	○	○	○	○
59	アンペロイ	<i>Pterocymbium</i> <i>beccarii</i>	N. G.	○	○			○	○
60	テ ラ リ ン	<i>Tarrietia</i> sp.	Kal.	○	○	○	○		
61	カ ラ ス	<i>Aquilaria malaccensis</i>	Kal.	○	○	○	○		
62	セルチス	<i>Celtis</i> sp.	N. G.	○	○	○	○	○	○
63	グメリナ	<i>Gmelina</i> sp.	N. G.	○		○	○	○	○
64	チ ー ク	<i>Tectona grandis</i>	Bma.	○	○			○	○
	台 計	Total		61	49	45	54	36	28

\* Sol. ソロモン (Solomon Islands), N. G. ニューギニア (New Guinea), Kal. カリマンタン (Kalimantan), Cam. カンボジア (Cambodia), Phi. フィリピン (Philippines), Mly. マラヤ (Malaya), Sab. サバ (Sabah), Swk. サラワク (Sarawak), N. Z. ニュージーランド (New Zealand), Smt. スマトラ (Sumatra), Bma. ビルマ (Burma).

を判断する特性値 (乾燥時間, 切削抵抗等), 木材の基礎的な性質に関する特性値 (容積重, 初期含水率等) を取り上げた。Case 2 の場合は Case 1 で取り上げた特性値以外に, 主に強度関係の特性値を追加したもので, 両 Case とも主に木材を素材として利用する場合の用途区分の検討を行ったものであるが, 合板用材およびパルプ用材としての検討もあわせて行った。Case 3 では, パルプあるいはファイバーボード等木材を一度粉砕して利用する場合の適性区分を検討しようとしたもので, 木材の繊維形態に関する特性値 (繊維長, 繊維幅, 細胞壁厚), 木材の主要成分に関する特性値 ( $\alpha$ -セルロース含量, リグニン含

量), 抽出成分に関する特性値 (エーテルおよび全抽出量), パルプあるいはファイバーボード製造における製品品質, 収率に関する特性値 (パルプ収率, ローエ価, 白色度, パルプの比引裂き強さ, ファイバーボードの曲げ強さ) および容積重, 収縮率, 曲げヤング係数等の各特性値を取り上げ分析を行った。

Case 4 では, 木材の基礎的な性質を示す特性値のみを取り上げたもので, 南洋材を利用していく上で, 基礎的な特性値だけで全般的な用途区分の可能性を検討した。この場合, 取り上げた特性値は木材のもっとも基礎的な性質を示す容積重の他に, 木材の変形に関する特性値, 強度に関する特性値, 繊維形態に関する特性値, 木材の主要成分に関する特性値, 抽出成分に関する特性値などである。

Case 5, 6 では, 主に合板用材として南洋材を利用する場合の樹種による製造の難易, あるいは合板用材としての適性を検討したもので, 木材の強さあるいは変形等に関する特性値の他に, 単板切削性, 乾燥性, 接着性等合板製造に関する特性値を取り上げた。Case 6 では, Case 5 で取り上げた特性値以外に吸水性関係の特性値を加えた。

Table 4 に各 Case の分析で得られた第 1 主成分から第 4 主成分までの固有値 ( $\lambda$ ), 寄与率, 累積寄与率を示す。Case 1 および Case 2 の場合, 最も寄与率, 累積寄与率は高くあらわれ, 両 Case とも第 3 主成分までの累積寄与率は 80% 程度, つまり約 80% の情報が集められていることがわかり, かなり高い値であるといえる。同じく第 3 主成分までの累積寄与率を Case 3~Case 6 についてみると, いずれもその値に大差はみられず, 約 60% の値を示しており, Case 1, 2 に比較してやや低い値になっている。特にこの場合, 第 1 主成分に対する寄与率は 30%~40% で, Case 1, 2 における 60% 近い寄与率に比較してはるかに低い値になるが, 逆に第 2 主成分に対する寄与率は約 20% で, Case 1, 2 に比較して高くあらわれている。

Table 3. 主成分分析のために取り上げた特性値  
Variables selected for P. C. A. in each case

特 性 値 Variable	記 号 Symbol	主成分分析のために取り上げた特性値 Variables selected for analysis in each case					
		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
容 積 重	A	○	○	○	○	○	○
生 材 容 積 重	B					○	○
初 期 含 水 率	C	○	○				
軸方向収縮率	D					○	○
収 縮 異 方 度 (T/R)	E	○	○		○	○	○
収 縮 率 (T+R)	F		○	○	○		
容 積 収 縮 率	G	○				○	○
ヤング係数 E (気乾, 縦曲げ)	H	○	○	○	○	○	○
曲 げ 強 さ $\sigma$ (気乾, 縦曲げ)	I	○	○		○	○	○
$\sigma/E$ (気乾, 縦曲げ)	J					○	○
圧縮強さ $\sigma_m$ (縦方向)	K		○				
衝撃曲げ吸収エネルギー	L		○			○	○
せん断強さ (柾目面)	N		○			○	○
か た さ (板目面)	N	○	○		○	○	○
ヤング係数 E' (生材, 横曲げ)	O					○	○
$\sigma'/E'$ ( $\sigma'$ : 曲げ強さ, 生材横曲げ)	P					○	○
繊維交錯度	Q					○	○

特 性 値 Variable	記 号 Symbol	主成分分析のために取り上げた特性値 Variables selected for analysis in each case					
		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
吸 水 性 (木口面)	R						○
吸 水 性 (板目面)	S						○
繊 維 長	T			○	○		
繊 維 幅	U			○	○		
細 胞 壁 厚	V			○	○		
$\alpha$ -セルロース含量	W			○	○		
リグニン含量	X			○	○		
エーテル抽出量	Y			○	○		
アセトン抽出量	Z				○		
ヘキサン抽出量	A'				○		
メタノール抽出量	B'				○		
熱 水 抽 出 量	C'				○		
全 抽 出 量	D'			○			
乾 燥 時 間 (板材)	E'	○	○				
乾燥にともなう断面変形 (おちこみ)	F'	○					
接 着 力 (板材, ユリア)	G'		○				
切 削 抵 抗 (回転切削)	H'	○	○				
塗料硬化時間	I'		○				
耐 朽 性 (カワラタケ)	J'	○	○				
裏 割 れ 率	K'					○	○
む き は だ	L'					○	○
乾 燥 時 間 (単板)	M'					○	○
狂 い (単板)	N'					○	○
接 着 力 (単板ユリア)	O'					○	○
パ ル プ 収 率 (未漂白パルプ)	P'			○			
ロ ー エ 価	Q'			○			
白 色 度	R'			○			
比引裂き強さ (未漂白パルプ)	S'			○			
ファイバーボード強さ (曲げ)	T'			○			

A : Apparent specific gravity in oven dry ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ), B : Bulk density in green weight and volume ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ), C : Green moisture content (%), D : Axial shrinkage (%), E : Anisotropy of shrinkage (t/r), F : Shrinkage (t+r) (%), G : Volumetric shrinkage (%), H : Young's modulus in bending, parallel to grain, air dry ( $\times 10^3 \text{kg}/\text{cm}^2$ ), I : Modulus of rupture in bending, parallel to grain, air dry ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ), J : Modulus of rupture/Young's modulus, in bending, parallel to grain, air dry, K : Compressive strength, parallel to grain ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ), L : Absorbed energy in impact bending ( $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$ ), M : Shearing strength, radial surface ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ), N : Hardness, tangential surface ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ ), O : Young's modulus in bending, perpendicular to grain, green ( $\times 10^3 \text{kg}/\text{cm}^2$ ), P : Modulus of rupture/Young's modulus, in bending, perpendicular to grain, green, Q : Interlocked grain (%), R : Water absorption, end section ( $\text{g}/24\text{hrs}\cdot\text{cm}^2$ ), S : Water absorption, tangential section ( $\text{g}/24\text{hrs}\cdot\text{cm}^2$ ), T : Fiber length (mm), U : Fiber width ( $\mu$ ), V : Cell wall thickness ( $\mu$ ), W :  $\alpha$ -cellulose content (%), X : Lignin content (%), Y : Solubility in ether (%), Z : Solubility in acetone (%), A' : Solubility in *n*-hexan (%), B' : Solubility in methanol (%), C' : Solubility in hot water (%), D' :  $Y' + Z + A' + B'$ , E' : Drying time of 27mm thickness lumber (day), F' : Deformation by drying (grade 1~7), G' : Block shear strength, urea resin ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ), H' : Cutting force in longitudinal cutting ( $\text{kg}/\text{cm}$ ), I' : Curing time of unsaturated polyester resin vanish, 20°C (hr.), J' : Weight loss by *Coriolus versicolor* (%), K' : Depth of lathe check (%), L' : Quality of veneer surface (grade 1~5), M' : Drying time of 1mm thickness veneer (mm), N' : Stacking height of 50 sheet of veneers of 30cm square (cm), O' : Gluing ratio of shear strength of species to that of Red-lauan (*Shorea negrosensis*), P' : Yield of unbleached pulp (%), Q' : Roe-number, R' : Brightness of unbleached pulp, S' : Tear factor of unbleached pulp, T' : Bending strength of fiber board ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

Table 4. 各主成分に対する固有値，寄与率および累積寄与率  
Eigen value, contribution and cumulative contribution for each component

Case		主 成 分 Component			
		$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$
1	固 有 値*	6.253	1.312	1.019	0.794
	寄 与 率 (%)**	56.8	11.9	9.3	7.2
	累 積 寄 与 率 (%)***	56.8	68.8	78.0	85.2
2	固 有 値	8.991	1.465	1.034	0.845
	寄 与 率 (%)	59.9	9.8	6.9	5.6
	累 積 寄 与 率 (%)	59.9	69.7	76.6	82.2
3	固 有 値	4.343	2.533	2.135	1.276
	寄 与 率 (%)	29.0	16.9	14.2	8.5
	累 積 寄 与 率 (%)	29.0	45.8	60.1	68.6
4	固 有 値	5.499	3.013	1.622	1.359
	寄 与 率 (%)	34.4	18.8	10.1	8.5
	累 積 寄 与 率 (%)	34.4	53.2	63.3	71.8
5	固 有 値	7.046	3.034	1.648	1.349
	寄 与 率 (%)	39.1	16.9	9.2	7.5
	累 積 寄 与 率 (%)	39.1	56.0	65.2	72.6
6	固 有 値	6.146	4.203	1.863	1.602
	寄 与 率 (%)	30.7	21.0	9.3	8.0
	累 積 寄 与 率 (%)	30.7	51.7	61.1	69.1

\* Eigen value

\*\* Contribution

\*\*\* Cumulative contribution

#### (1) Case 1 についての分析結果および考察

Table 5 に Case 1 で取り上げた 61 樹種の各特性値に対する平均値，標準偏差を，Table 6 に同じく Case 1 で取り上げた特性値間の相関係数を示す。相関係数が特に高い値を示す場合は，容積重，曲げヤング係数，曲げ強さ，かたさの各特性値間で，いずれも 0.9 以上の値を示す。なお，容積重と容積収縮率の相関係数は 0.702 でやや高いが，木材の変形に関する特性値と考えられる収縮異方度 (T/R)，乾燥にともなう断面変形（以下おちこみという）は他のいかなる特性値に対してもかなり低い相関しか示さない。

Table 7 に第 1, 2, 3 主成分に対する各特性値の固有ベクトルを，Fig. 2 に第 1 ( $Z_1$ )～第 2 ( $Z_2$ ) 主成分，第 1～第 3 ( $Z_3$ ) 主成分に対して取り上げた 11 特性値がどのような重みで関与しているかをみるために， $Z_1$ - $Z_2$  軸， $Z_1$ - $Z_3$  軸に対して因子負荷量（特性値と各主成分間の相関）をプロットしたものを示す。

これらの結果から，第 1 主成分に大きく関与している特性値として，容積重，曲げヤング係数，曲げ強さ，かたさ等が挙げられ，いずれも固有ベクトルは正で 0.4 近い値を示す。また，これら 4 特性値間の相関係数は前述のように 0.9 以上の高い値が得られ，いずれも木材の強さに関係する特性値である。第 2 主成分に大きく影響を与える特性値としては収縮異方度，容積収縮率，おちこみが挙げられ，それらの固有ベクトルは収縮異方度の場合負，容積収縮率，おちこみでは正になるが，共通する性質として木材の変



Table 5. Case 1 における特性値の平均値および標準偏差  
Mean value and standard deviation for each variable in Case 1

特 性 値 Variable		平 均 値 Mean value	標準偏差 Standard deviation
容 積 重 (全乾)	A	0.60	0.20
初 期 含 水 率	C	89.6	40.6
収 縮 異 方 度 (T/R)	E	2.06	0.37
容 積 収 縮 率	G	13.17	3.09
曲げヤング係数E (縦)	H	125.7	40.7
曲 げ 強 さ $\sigma$ (縦)	I	1023	374.6
か た さ	N	2.3	1.3
乾 燥 時 間 (板材)	E'	12.3	8.4
乾燥にともなう断面変形	F'	3.0	1.7
切 削 抵 抗	H'	2.22	0.78
耐 朽 性 (カワラタケ)	J'	6.4	6.6

Table 6. Case 1 における特性値間の相関  
Correlation matrix of variables in Case 1

特 性 値 Variable		A	I	J'	C	N	E'	H'	H	F'	E	G
容 積 収 縮 率	G	0.702	0.627	-0.236	-0.391	0.507	0.524	0.538	0.687	0.481	-0.193	1.000
収縮異方度(T/R)	E	-0.229	-0.208	-0.058	0.136	-0.196	-0.009	-0.176	-0.202	-0.213	1.000	
断 面 変 形	F'	0.244	0.160	-0.159	-0.185	0.019	0.187	0.212	0.213	1.000		
ヤング係数E (気乾, 縦曲げ)	H	0.901	0.919	-0.387	-0.659	0.815	0.698	0.577	1.000			
切 削 抵 抗	H'	0.645	0.696	-0.274	-0.438	0.639	0.508	1.000				
乾燥時間(板材)	E'	0.834	0.760	-0.573	-0.575	0.744	1.000					
かたさ(板目面)	N	0.906	0.925	-0.409	-0.607	1.000						
初 期 含 水 率	C	-0.688	-0.675	0.570	1.000							
耐 久 性	J'	-0.476	-0.441	1.000								
曲 げ 強 さ $\sigma$ (縦)	I	0.950	1.000									
容 積 重	A	1.000										

Table 7. 特性値に対する固有ベクトル (Case 1)  
Eigen vector for each variable in Case 1

特 性 値 Variable		主 成 分 Component		
		Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>
容 積 重 (全乾)	A	0.390	- 0.007	0.073
初 期 含 水 率	C	- 0.300	0.152	0.150
収 縮 異 方 度 (T/R)	E	- 0.090	- 0.557	- 0.408
容 積 収 縮 率	G	0.289	0.356	- 0.147
曲げヤング係数E (縦)	H	0.365	0.018	0.113
曲 げ 強 さ $\sigma$ (縦)	I	0.383	- 0.052	0.174
か た さ	N	0.358	- 0.147	0.283
乾 燥 時 間 (板材)	E'	0.335	- 0.198	- 0.142
乾燥にともなう断面変形	F'	0.117	0.595	- 0.605
切 削 抵 抗	H'	0.289	0.107	0.149
耐 朽 性 (カワラタケ)	J'	- 0.222	0.332	0.503

形に関係している特性値だと考えられる。第3主成分に対しては、収縮異方度、おちこみ、耐朽性の影響が大きい。これら3特性値に共通する意味づけを行うことは、耐朽性が木材の基礎的な材質をあらわす特性値ではないこともあり、困難である。

Case 1 で取り上げた 61 樹種について component score を求め、第1 ( $Z_1$ )、第2 ( $Z_2$ ) 主成分軸に対する各樹種の散布図を示したのが、Fig. 3-1、Fig. 3-2、Fig. 3-3 である。

ロンリヤン (52) が全体からやや離れた位置にプロットされているが、これは容積重  $1.12 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ 、

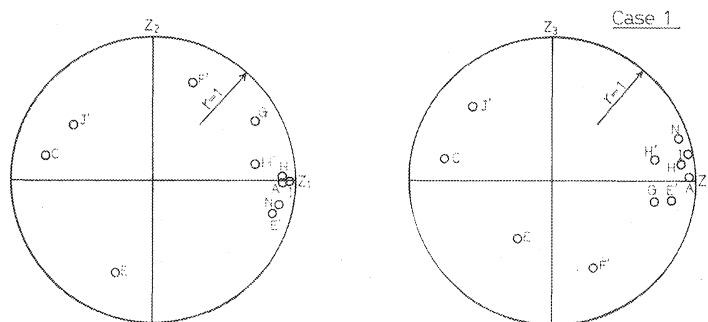


Fig. 2 主成分 ( $Z_1, Z_2, Z_3$ ) と因子負荷量の関係 (Case 1)  
Relation between principal component ( $Z_1, Z_2, Z_3$ ) and loading factor (Case 1).

各特性値に対する記号は Table 3 に示す。  
Symbol for variable was shown in Table 3.

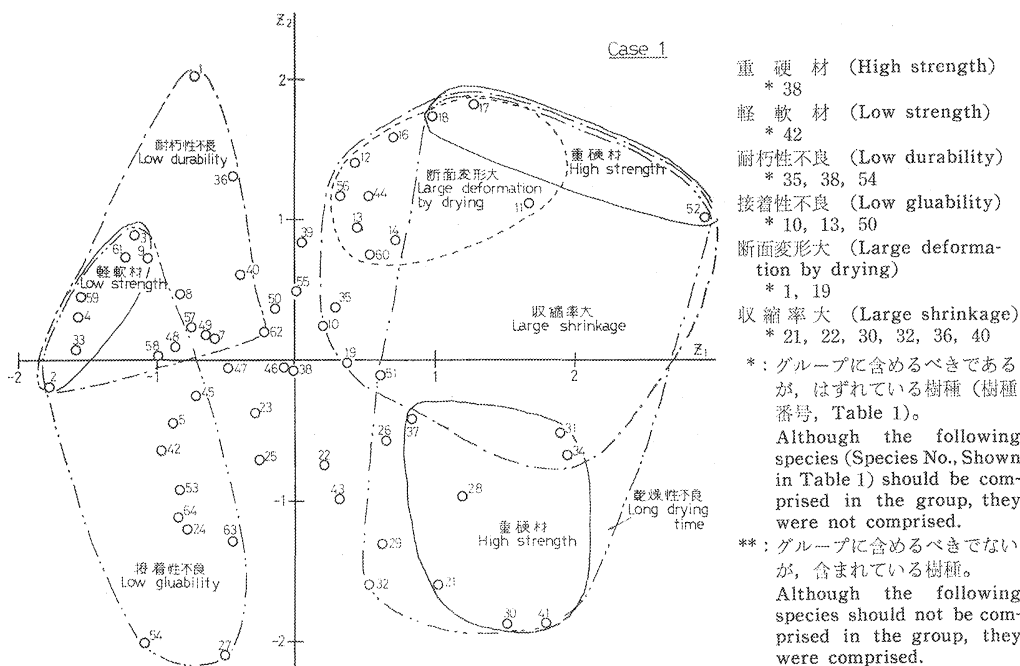


Fig. 3-1  $Z_1$ - $Z_2$  軸に対する樹種の散布図 (Case 1)  
Scatter diagram of wood species for  $Z_1$ - $Z_2$  plane (Case 1).

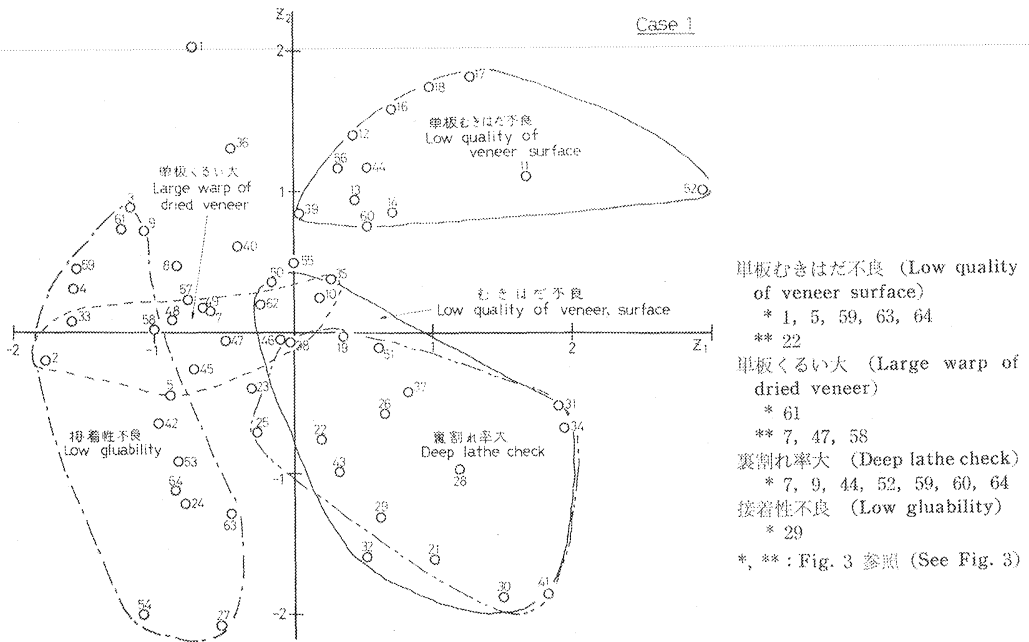


Fig. 3-2  $Z_1$ - $Z_2$  軸に対する樹種の散布図 (Case 1)  
Scatter diagram of wood species for  $Z_1$ - $Z_2$  plane (Case 1).

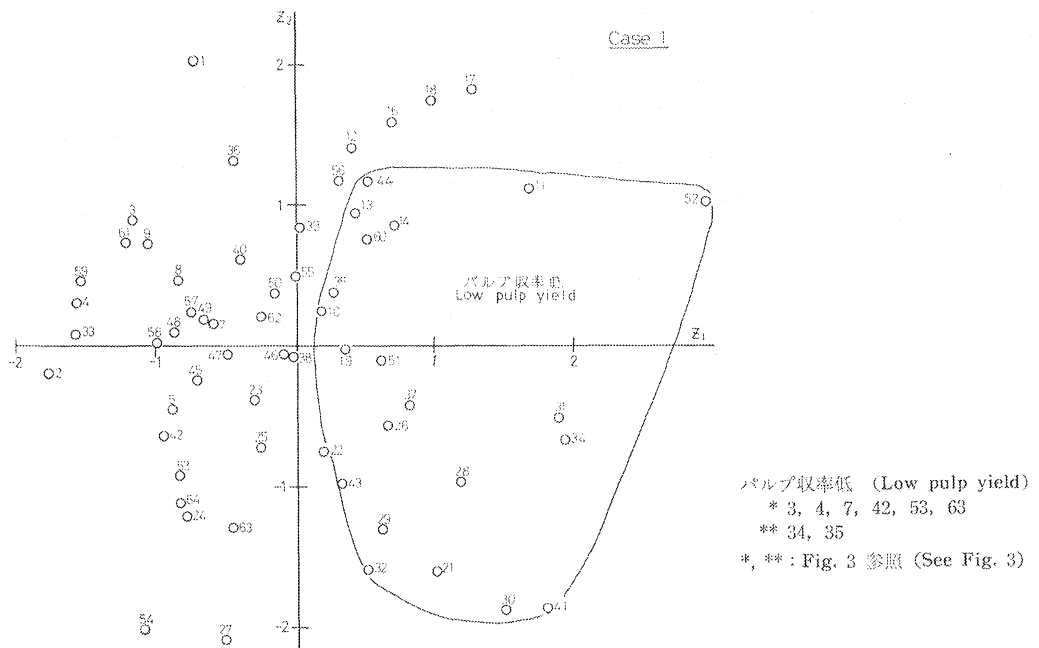


Fig. 3-3  $Z_1$ - $Z_2$  軸に対する樹種の散布図 (Case 1)  
Scatter diagram of wood species for  $Z_1$ - $Z_2$  plane (Case 1).

曲げ強さ 2,240 kg/cm<sup>2</sup> と、特に第1主成分に大きく関与する特性値が61樹種中最も高い値を示す結果だと考えられる。

Fig. 3-1 では、木材を素材として利用する場合の各樹種の用途適性区分を試みたもので、重硬材としては曲げ強さ（気乾、縦方向）が 1,331 kg/cm<sup>2</sup> 以上、軽軟材は同じく曲げ強さが 600 kg/cm<sup>2</sup> 以下、収縮率は接線および半径方向の収縮率がそれぞれ 9.9%, 5.1% 以上の樹種を収縮率大、乾燥性（板材）として乾燥日数が 15.6 日以上必要な樹種を乾燥性不良、おちこみはその程度を 1（おちこみ小）から 7（おちこみ大）の 7 段階に分け、4～7 に属するものを おちこみ大、耐朽性はカワラタケによる重量減少率が 13% 以上の樹種を耐朽性不良、接着性（板材）はユリア樹脂接着剤を使用した時のせん断接着力が 110 kg/cm<sup>2</sup> 以下の樹種を接着性不良のグループというように樹種の区分を行った。なお、これらの区分に際しての基準は、すでに報告されている樹種の評価基準<sup>26)</sup>によったものである。

まず構造用材として、南洋材を利用する上での判断材料のひとつである材の重硬さをみると、重硬材として特殊な用途以外にはかなり利用上問題がある樹種のグループは、第Ⅰ象限と第Ⅳ象限にプロットされており、第Ⅰ象限の樹種グループに属するものとして、ギアム（11）、クルイン（17, 18）、ロンリヤン（52）があり、第Ⅳ象限のグループに属するものとして、コキークサイ（21）、バラウ（30, 31）、ボルネオオーク（34）、マラス（37）、ウリン（41）がある。

重硬材のグループに属する樹種が第Ⅰ、第Ⅳ象限に別個に区分されたことは、第2主成分に大きく関係する特性値の相違によるものと考えられる。すでに述べたように、第2主成分に対して大きな影響を与える特性値として、容積収縮率、おちこみは正の関与を、また収縮異方度は負の関与を示している。ここで、Table 8 に第Ⅰ象限グループ、第Ⅳ象限グループに区分された樹種の収縮異方度、容積収縮率、おち

Table 8. 第Ⅰ、第Ⅳ象限に形成されている重硬材樹種グループの性質の比較 (Case 1, Z<sub>1</sub>-Z<sub>2</sub>)  
Comparison of properties of high strength species belonged to the quadrant I and to the quadrant IV (Case 1, Z<sub>1</sub>-Z<sub>2</sub>)

象限 Quadrant	樹種 Species	樹種 番号 Species No.	収縮異方度 Anisotropy of shrinkage	容積収縮率 Volumetric shrinkage (%)	断面変形 Degree of deformation by drying	縦曲げ強さ Modulus of rupture in bending parallel to grain (kg/cm <sup>2</sup> )
Ⅰ	ギアム	11	1.83	17.78	7	1,517
	クルイン	17	1.82	21.80	6	1,383
	〃	18	1.64	19.25	6	1,345
	ロンリヤン	52	1.33	20.10	3	2,240
	平均 Average		1.66	19.73	5.5	1,621
Ⅳ	コキークサイ	21	2.65	14.42	2	1,654
	バラウ	30	2.56	14.39	2	1,595
	〃	31	1.97	16.41	3	1,761
	ボルネオ オーク	34	1.94	17.03	2	1,561
	マラス	37	1.69	15.14	1	1,411
	ウリン	41	1.84	12.54	1	1,886
	平均 Average		2.11	14.99	1.8	1,645
61 樹種 平均 Average of 61 species			2.06	13.17	3.0	1,023

こみの程度、また参考のために曲げ強さの値を示すが、収縮異方度、容積収縮率、おちこみは両グループ間に相違がみられる。つまり、収縮異方度については、第Ⅳ象限の重硬材グループが高い値を示すのに対し、容積収縮率およびおちこみ等第2主成分に対して正の関与を示す特性値では、第Ⅰ象限グループが高い値をとり、特におちこみの場合、両グループ間の相違は明確にあらわれている。

接線方向、半径方向の収縮率を総合して考慮した場合の収縮率大のグループに属する樹種はほぼ第Ⅰ象限にまとまるが、第Ⅳ象限にプロットされているコキークサイ (21)、パラウ (30)、レサック (32) の場合、半径方向の収縮率は中程度の値を示すのに対し、接線方向収縮率はやや大きい樹種グループに属する。

乾燥性不良に属する樹種は第Ⅰ、第Ⅳ象限の広い範囲に分布しており、軽軟材、耐朽性不良に属する樹種は第Ⅱ象限、接着性不良に属する樹種の一部は第Ⅱ象限にあるが、大部分の樹種は第Ⅲ象限にプロットされている。また、図から軽軟材に属する樹種は耐朽性および接着性が不良である樹種グループに属し、これら3グループに属する樹種の強度的な特性値は全体の平均より低いことがわかる。

つぎに、Case 1 について第1、第2主成分をそれぞれ横軸、縦軸にとり、合板製造にあたっての各樹種の適性区分およびパルプ製造におけるパルプ収率が低い樹種の区分を試みてみた。それぞれの結果を Fig. 3-2, Fig. 3-3 に示す。

合板製造の場合は、単板切削性、乾燥性および接着性を考慮した。単板切削性として、切削面の状態(むきはだ)、裏割れ発生の程度を取り上げ、むきはだについてはその品質を1(良)~5(不良)の5段階に評価し、その評価値の4、5に属する樹種および少なくとも生材では切削困難な樹種をむきはだ不良、また裏割れ率46%以上の樹種を裏割れ率大のグループにそれぞれ区分した。むきはだ不良のグループに属する樹種は第Ⅰ、第Ⅳ象限に分布しており、また裏割れ率大の樹種は第Ⅳ象限にまとめられる。容積重あるいは強度的な特性値が高いほど、単板切削性は悪い結果を示すことが全般的にわかるが、この場合ターミナリア (7)、エリマ (9)、メンゲリス (44)、ロンリアン (52)、アンペロイ (59)、テラリン (60)、チーク (64) 等の裏割れ率は大きいにもかかわらず、裏割れ率大の樹種グループからはずれ、むきはだについてもキャンブノスパーマ (1)、アガチス (5)、アンペロイ (59)、グメリナ (63)、チーク (64) 等はいずれも4の評価を示すにもかかわらず、むきはだ不良の樹種グループからはずれる結果になった。

単板乾燥性として、単板の乾燥時間および乾燥後の単板の狂いの程度を取り上げたが、乾燥時間については一つのグループに樹種を区分することは困難で、狂いについては図に示すようにある程度のまとまりは示すが、このグループに含まれている樹種の内、ターミナリア (7)、チャンパカ (47)、ホワイトシリス (58) は狂いの程度は比較的小さいにもかかわらず、狂い大の樹種グループに含まれている。

単板接着性として、ユリア樹脂で接着した場合の接着力比(レッドラワン単板の接着力との比)を取り上げ、その値が1.13以下の樹種を接着性不良の樹種としたが、接着性の場合前述の板材接着と単板接着とはほぼ同じ傾向を示すものとみなしてもよく、単板接着性ではクルイン (16)、パラウ (29, 31) が接着性不良にもかかわらず第Ⅰ、第Ⅳ象限に散在するが、(16)、(31) の場合フェノール樹脂で接着した時の接着性は別に問題なく、グループとしてのまとまりの程度は良好だとみなすことができる。

全般的にみると、第Ⅱ、第Ⅲ象限に分布している樹種は合板用材として利用できるものと考えられるが、単板切削性、乾燥性に関するかぎり、良好な樹種区分は得られない。

パルプ収率として、未漂白パルプでその収率が45%以下の樹種を区分した結果を Fig. 3-3 に示す。収

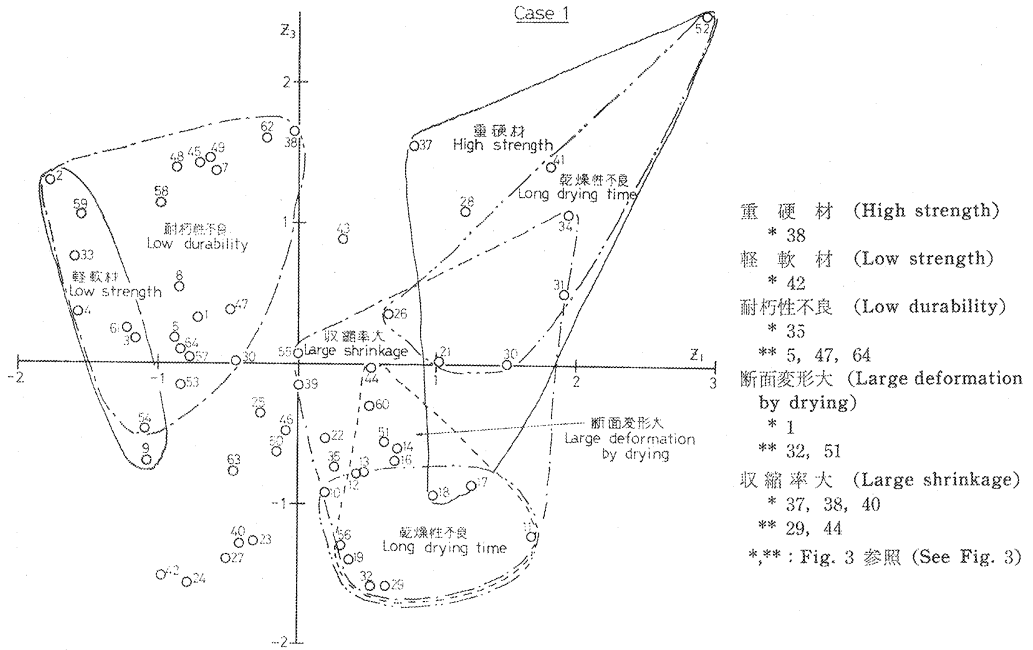


Fig. 3-4  $Z_1$ - $Z_2$  軸に対する樹種の散布図 (Case 1)  
Scatter diagram of wood species for  $Z_1$ - $Z_2$  plane (Case 1).

率45%以下にもかかわらず、図に示した樹種グループからはずれる樹種として、アルストニア (3)、ジェルトン (4)、ターミナリア (7)、リツエア (42)、スローラクラハム (53)、グメリナ (63) があり、またボルネオオーク (34)、ニュージーランドビーチ (35) は高収率を示すにもかかわらず低収率の樹種グループに含まれている。Fig. 3-1 に示した素材として利用する場合の利用上の各性質に対して樹種区分を行った場合もっとも良い結果が得られ、合板製造あるいはパルプ収率の場合の樹種区分ではあまり良い結果は得られない。

Case 1 で  $Z_1$ - $Z_2$  軸についての樹種区分を行った結果を Fig. 3-4 に示す。 $Z_1$ - $Z_2$  軸の場合に比較すると、 $Z_1$ - $Z_2$  軸では重硬材グループが2か所に形成されていたが、 $Z_1$ - $Z_2$  軸ではひとつにまとまる傾向を示している。しかし、分布範囲には両者で大きな差はみられない。その他の因子についての樹種区分の精度、分布範囲を比較した場合、両者間に大きな相違はみられないが、全般的に  $Z_1$ - $Z_2$  軸について樹種区分を行った方が良いように思われる。

## (2) Case 2 についての分析結果および考察

Case 2 の場合は、Table 3 に示す特性値について分析を行ったものであるが、Case 1 で取り上げた強度関係の特性値以外に圧縮強さ、衝撃曲げ吸収エネルギー、せん断強さ (柾目面) を加え、容積収縮率の代わりに接線方向と半径方向の収縮率の和を入れ、また Case 1 で第2主成分にかなりの影響を与えたおちこみを削除して、板材の接着力および塗装硬化性の特性値を取り上げた。樹種数は Table 2 に示した49樹種である。

Case 2 において、第1～第4主成分に対する寄与率および第4主成分までの累積寄与率は Table 4 に示す通りで、Case 1 の場合とほぼ同程度の値である。Table 9 に Case 2 で取り上げた各特性値に対す

Table 9. Case 2 における特性値の平均値および標準偏差  
Mean value and standard deviation for each variable in Case 2

特 性 値 Variable		平 均 値 Mean value	標準偏差 Standard deviation
容 積 重	A	0.55	0.16
初 期 含 水 率	C	93.9	41.3
収 縮 異 方 度	E	2.06	0.36
容 積 収 縮 率	F	13.16	3.48
ヤング係数 E (気乾, 縦曲げ)	H	118.2	35.5
曲 げ 強 さ $\sigma$ (気乾, 縦曲げ)	I	936.8	292.5
圧 縮 強 さ $\sigma_m$ (縦方向)	K	491.5	145.4
衝撃曲げ吸収エネルギー	L	0.72	0.30
せん 断 強 さ (柁目面)	M	103.7	33.3
か た さ (板目面)	N	1.94	0.87
乾 燥 時 間 (板材)	E'	10.4	6.5
接 着 力 (板材ユリア)	G'	124.1	38.9
切 削 抵 抗	H'	2.08	0.57
塗装硬化時間	I'	2.25	0.57
耐 朽 性 (カワラタケ)	J'	7.4	6.8

る 49 樹種の平均値および標準偏差を, Table 10 に各特性値間の相関係数を示す。

特性値間の相関係数をみると, 容積重と強度関係の特性値 (かたさ, せん断強さ, 縦曲げヤング係数および曲げ強さ, 衝撃曲げ吸収エネルギー, 圧縮強さ) との間には, いずれも 0.8 以上の高い相関係数が得られ, 同様に強度関係の特性値相互間の相関も高くあらわれている。これに対し, 塗装硬化性はいかなる他の特性値とも低い相関を示し, ついで収縮異方度, 耐朽性と他の特性値との相関も低くあらわれている。

Table 11 に第 1 ～第 3 主成分に対する 15 特性値の固有ベクトルを, Fig. 4 にそれぞれ第 1, 第 2 主成分 ( $Z_1$ - $Z_2$ ), 第 1, 第 3 主成分 ( $Z_1$ - $Z_3$ ) に対する各特性値の因子負荷量を示す。第 1 主成分に大きな影響を与える特性値として, 容積重および強度関係の 6 特性値が挙げられ, 第 2 主成分に対しては Table 9 に示した相関係数で, 他のいかなる特性値とも低い相関しか認められなかった収縮異方度, 塗装硬化性および耐朽性の 3 特性値が大きな影響を与えている。この場合, 第 1 主成分に対する影響が大きい容積重および強度関係の特性値の固有ベクトルは正になり, 第 2 主成分における収縮異方度, 塗装硬化性は正, 耐朽性は負になっている。なお, 第 3 主成分に対しては, 収縮異方度の影響が大きく, 切削抵抗, 塗装硬化性がこれにつづいている。

取り上げた 49 樹種について求められた Component score を第 1 ( $Z_1$ ), 第 2 ( $Z_2$ ) 主成分軸に対してプロットしたものを Fig. 5-1 に, 第 1, 第 3 ( $Z_3$ ) 主成分軸に対してプロットしたものを Fig. 5-2 に示す。 $Z_1$ - $Z_3$  主成分軸の場合, リツェア (42), チーク (64) が,  $Z_1$ - $Z_2$  主成分軸ではイエローメランチ (27), リツェア (42), ラブラ (54) が全体からかなり離れた位置にプロットされている。

Case 2 では, 重硬材, 軽軟材, 板材の乾燥性, おちこみ, 収縮率, 耐朽性等素材として南洋材を利用する場合の樹種による適性区分を行ったが, その区分に際しての基準は Case 1 の場合と同一である。 $Z_1$ - $Z_2$  主成分軸に対してプロットされた各樹種の上記の各性質ごとに区分されたものを, Case 1, Case 2 につ

Table 10. Case 2 における特性値間の相関

Correlation matrix of variables in Case 2

特 性 値 Variable		A	H	K	L	I	M	N	J'	C	E'	G'	H'	I'	F	E
収 縮 異 方 度 (T/R)	E	-0.207	-0.162	-0.131	-0.089	-0.171	-0.195	-0.203	-0.066	0.107	0.057	-0.153	-0.010	0.035	-0.134	1.000
収 縮 率 (T+R)	F	0.727	0.702	0.666	0.562	0.651	0.533	0.466	-0.210	-0.339	0.529	0.493	0.471	0.108	1.000	
塗 装 硬 化 時 間	I'	0.121	-0.047	0.017	0.023	0.012	0.091	0.013	-0.312	-0.067	0.268	-0.064	-0.125	1.000		
切 削 抵 抗	H'	0.577	0.540	0.550	0.590	0.633	0.623	0.516	-0.270	-0.491	0.523	0.565	1.000			
接 着 力 (板材, ユリア)	G'	0.731	0.716	0.746	0.669	0.793	0.778	0.794	-0.301	-0.503	0.558	1.000				
乾 燥 時 間 (板材)	E'	0.794	0.616	0.715	0.682	0.709	0.633	0.636	-0.567	-0.559	1.000					
初 期 含 水 率	C	-0.665	-0.593	-0.663	-0.611	-0.684	-0.615	-0.644	0.551	1.000						
耐 朽 性 (カワラタケ)	J'	-0.430	-0.304	-0.368	-0.400	-0.397	-0.364	-0.378	1.000							
か た さ (板目面)	N	0.873	0.778	0.859	0.775	0.889	0.797	1.000								
せん 断 強 さ (柁目面)	M	0.861	0.782	0.845	0.770	0.871	1.000									
曲 げ 強 さ $\sigma$ (気乾, 縦曲げ)	I	0.930	0.932	0.963	0.835	1.000										
衝 撃 曲 げ 吸 収 エ ネ ル ギ ー	L	0.823	0.782	0.825	1.000											
圧 縮 強 さ $\sigma_m$ (縦方向)	K	0.935	0.942	1.000												
ヤ ン グ 係 数 E (気乾, 縦曲げ)	H	0.862	1.000													
容 積 重	A	1.000														



Table 11. 特性値に対する固有ベクトル (Case 2)  
Eigen vector for each variable in Case 2

特 性 値 Variable		主 成 分 Component		
		1	2	3
容 積 重	A	0.321	0.010	- 0.107
初 期 含 水 率	C	- 0.244	- 0.156	- 0.041
収 縮 異 方 度	E	- 0.054	0.344	0.790
容 積 収 縮 率	F	0.230	- 0.054	- 0.113
ヤ ン グ 係 数 E	H	0.302	- 0.146	- 0.008
(気乾, 縦曲げ)				
曲 げ 強 さ (気乾, 縦曲げ)	I	0.324	- 0.078	- 0.001
圧 縮 強 さ $\sigma_m$ (縦)	K	0.318	- 0.066	- 0.004
衝 撃 曲 げ 吸 収 エ ネ ル ギ ー	L	0.292	- 0.010	0.078
せん 断 強 さ (柃目面)	M	0.299	- 0.052	- 0.052
か た さ (板目面)	N	0.298	- 0.075	- 0.050
乾 燥 時 間 (板材)	E'	0.263	0.313	0.076
接 着 力 (板材, ユリア)	G'	0.272	- 0.154	0.051
切 削 抵 抗	H'	0.225	- 0.094	0.342
塗 装 硬 化 時 間	I'	0.023	0.626	- 0.461
耐 朽 性 (カワラタケ)	J'	- 0.162	- 0.540	- 0.027

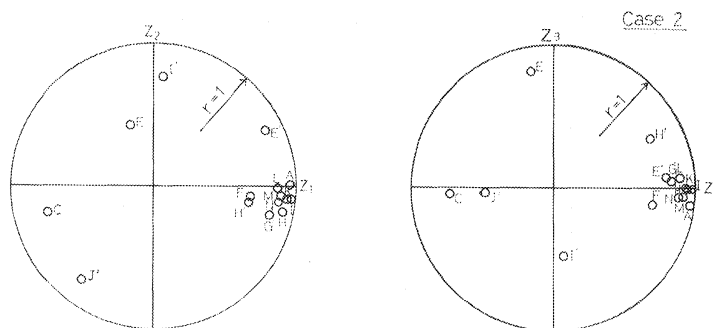


Fig. 4 主成分 ( $Z_1, Z_2, Z_3$ ) と因子負荷量の関係 (Case 2)  
Relation between principal component ( $Z_1, Z_2, Z_3$ ) and  
loading factor (Case 2).

各特性値に対する記号は Table 3 に示す。  
Symbol for variable was shown in Table 3.

いて比較してみると, 軽軟材, 耐朽性およびおちこみ等が不良あるいは大きいグループに含まれる樹種の分布範囲は Case 1 と Case 2 ではほぼ同じ程度だと考えられる。しかし, その分布位置は若干異なり, 軽軟材, 耐朽性不良のグループに属する樹種の分布位置は第 II 象限から第 III 象限に, またおちこみ最大のグループに属する樹種の分布位置は第 I 象限から第 IV 象限へと, 特に  $Z_2$  軸方向での移行が大きくあらわれている。このことは, Case 1 と Case 2 で  $Z_1$  軸に大きく関与する特性値は, ほぼ同じ性質を特つとみなしても良いが,  $Z_2$  軸に対して Case 1 では木材の変形に関する特性値, つまり容積収縮率, おちこみ, 収縮異方度の 3 つであるのに対し, Case 2 では収縮異方度だけであり, 第 2 主成分軸の意味づけが異なるためだと考えられる。

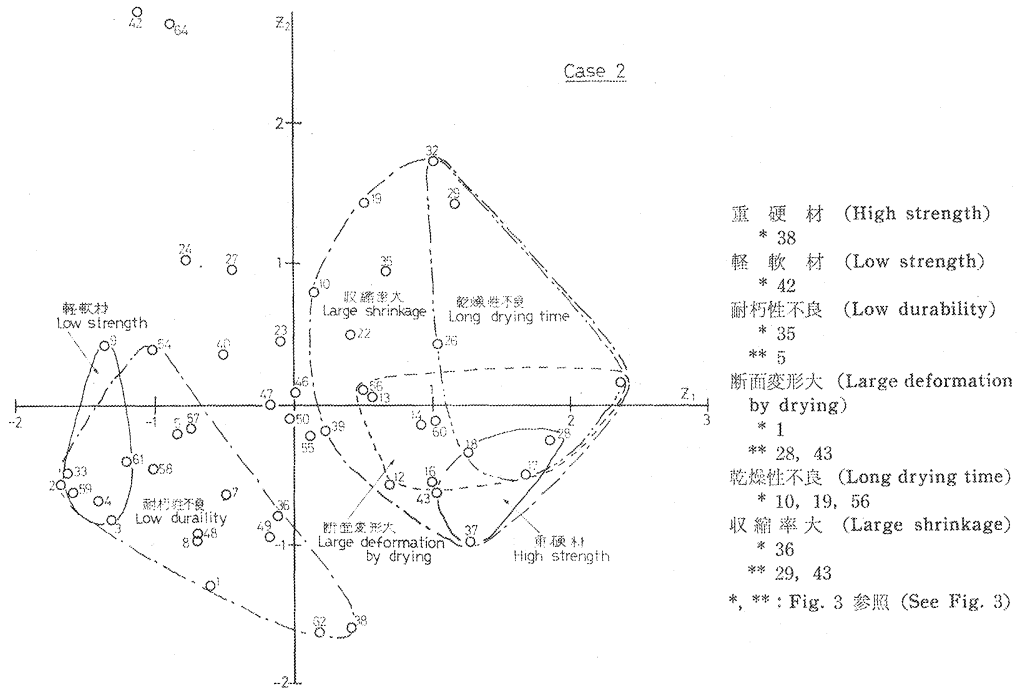


Fig. 5-1  $Z_1$ - $Z_2$  軸に対する樹種の散布図 (Case 2)  
Scatter diagram of wood species for  $Z_1$ - $Z_2$  plane (Case 2).

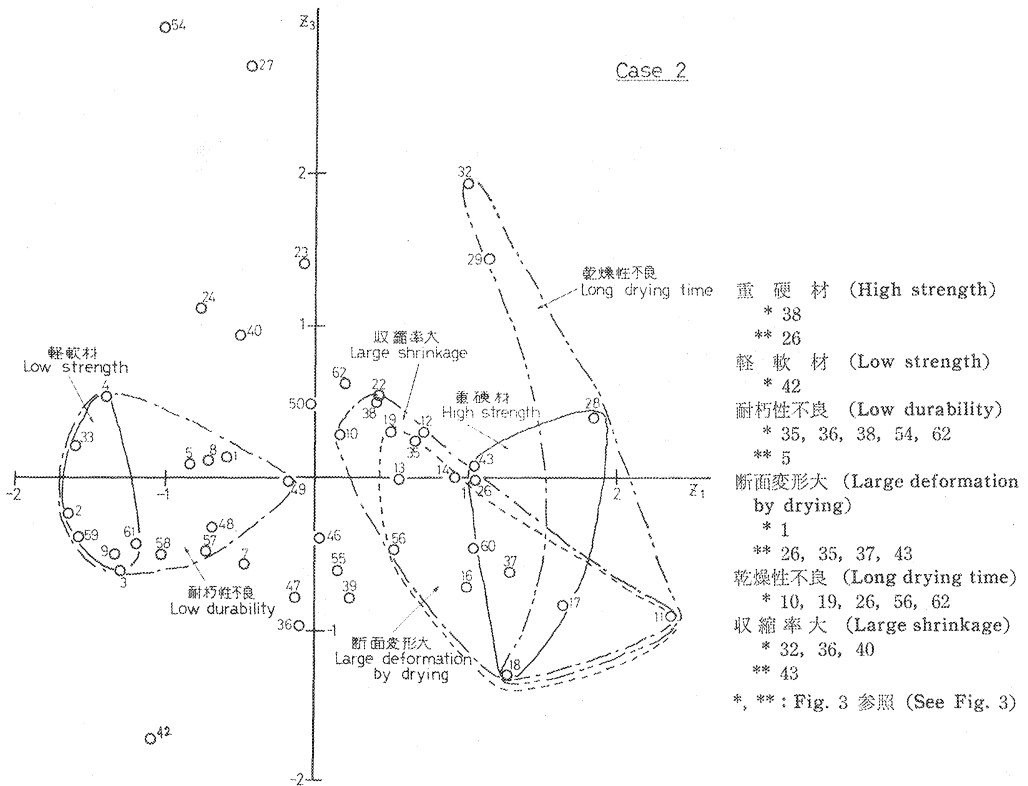


Fig. 5-2  $Z_1$ - $Z_3$  軸に対する樹種の散布図 (Case 2)  
Scatter diagram of wood species for  $Z_1$ - $Z_3$  plane (Case 2).

収縮率が高い樹種の分布範囲および分布位置は Case 1, 2 で大きな差は認められず、乾燥性不良の樹種グループの分布範囲は Case 2 の方が小さく、また重硬材のグループは分布範囲が小さくなるとともに、Case 1 では第 I, 第 IV 象限にわかれていたグループが、Case 2 では第 IV 象限だけにまとまった。分布範囲の大小については、Case 1 の場合取り上げた樹種は 61, Case 2 では 49 樹種であり樹種数にも左右されるものと考えられる。

つぎに、各樹種区分の精度 (樹種のまとまりの程度) を検討してみると、重硬材グループにラミン (38), 軽軟材グループにリツェア (42) が含まれておらず、乾燥時間が長いにもかかわらず、乾燥性不良の樹種グループからはずれるものとして、ブジック (10), カポール (19), ナトー (56) がある。おちこみについては、バンキライ (28), インツィア (43) は、おちこみの程度は小さいが、おちこみ大の樹種グループに含まれており、逆に大きなおちこみを示すキャンプノスパーマ (1) は、そのグループからかなり離れた位置にプロットされている。

収縮率については、ニュージーランドビーチ (36) は接線方向、半径方向ともかなり大きな値を示すが、収縮率大の樹種グループからはずれ、逆に比較的小さな収縮率を示すパラウ (29), インツィア (43) 等が収縮率大のグループに含まれている。耐朽性不良の樹種でグループからはずれるものに、ニュージーランドビーチ (35) があり、逆にアガチス (5) は耐朽性が良好であるにもかかわらず、耐朽性不良の樹種グループに含まれている。

ニュージーランドビーチは 2 個体 (35, 36) あり、それらはグラフ上のかなり離れた位置にプロットされている。両個体について、第 2 主成分に大きな影響を与えている特性値を挙げると、耐朽性における重量減小率は 6.6% (No. 35), 11.0% (No. 36), 塗装硬化性における硬化時間が 3.32 時間 (No. 35), 2.13 時間 (No. 36), 収縮異方度が 2.42 (No. 35), 1.80 (No. 36), また第 1 主成分に対する影響が大きい特性値の内、容積重はほぼ同程度であるが、強度的性質に関係する特性値は No. 36 に比較して、No. 35 の方がかなり高い値を示している。

各樹種を第 1 ( $Z_1$ ), 第 2 ( $Z_2$ ) 主成分軸に対してプロットした場合 (Fig. 5-1) と、第 1 ( $Z_1$ ), 第 3 ( $Z_3$ ) 主成分軸に対してプロットした場合 (Fig. 5-2) の樹種区分をみると、 $Z_1$ - $Z_2$  において重硬材、軽軟材の樹種グループからはずれていたラミン (38), リツェア (42) は  $Z_1$ - $Z_3$  でもやはりそれぞれのグループから離れた位置にプロットされており、乾燥時間およびおちこみについても  $Z_1$ - $Z_3$  で各樹種グループからはずれていたキャンプノスパーマ (1), ブジック (10), カポール (19), インツィア (43), ナトー (56) 等は  $Z_1$ - $Z_3$  でもやはりはずれる傾向が認められる。

耐朽性については、 $Z_1$ - $Z_3$  では樹種のまとまり方はかなり悪く、アガチス (5), ニュージーランドビーチ (35, 36), ラミン (38), ラブラ (54), セルチス (62) 等がグループからはずれる。収縮率については、収縮率大の樹種グループからはずれる樹種数はほぼ同じであるが、グループを形成した時の樹種の分布範囲は  $Z_1$ - $Z_2$  より、 $Z_1$ - $Z_3$  の方がかなり狭くなり、全般的にみて  $Z_1$ - $Z_3$  に対して樹種区分を行った方が良いように思われる。なお、 $Z_1$ - $Z_2$ ,  $Z_1$ - $Z_3$  について塗装硬化性不良の樹種区分を試みたが、いずれの場合においても樹種のまとまり方は悪く、はっきりした区分を行うことは困難であった。

以上のことから、素材として利用する場合の樹種区分を、利用判定の基準になる乾燥性、耐朽性、収縮率等について行った場合、 $Z_1$ - $Z_2$  軸で区分した方が、 $Z_1$ - $Z_3$  軸で区分するよりやや良い結果を示す。さらに、Case 1, Case 2 を比較すると、両者で大きな差はみられない。しかし、取り上げた樹種数は Case 1

で 61 樹種, Case 2 で 49 樹種と Case 1 の方がかなり多いことも考慮する必要があり, また Case 1 においては第 1 主成分に大きな影響を与える特性値の意味づけとして木材の強さに関する特性値, 第 2 主成分においては木材の変形に関する特性値であると考えられたが, Case 2 において第 2 主成分に大きく関与する特性値に共通する意味づけを行うことは困難であった。

### (3) Case 3 についての分析結果および考察

Case 3 では, 木材を一度粉碎して利用する場合, すなわちパルプあるいはファイバーボード等として利用する時の樹種の適性区分を試みたもので, 取り上げた特性値としては Table 3 に示すように, 容積重, 収縮率, 縦曲げヤング係数の他に, 木材の繊維形態に関する特性値, 木材の主要成分に関する特性値, 抽出成分に関する特性値およびパルプ, ファイバーボードの製造あるいはその品質に関する特性値で, 全部で 15 特性値である。なお, 取り上げた樹種は Table 2 に示した 45 樹種である。Case 3 における第 1 主成分から第 4 主成分までの寄与率, 累積寄与率は Table 4 に示す通りで, 今回分析を行った 6 通りの分析中もっとも低い値を示している。

Table 12 に各特性値ごとに, 取り上げた 45 樹種の平均値および標準偏差を, Table 13 に各特性値間の相関係数を示す。

容積重と曲げヤング係数, 容積重と収縮率 (T+R), 収縮率と曲げヤング係数の相関は高いが, その他の相関は一般に低く, 特に繊維形態, 木材の主要成分, 抽出成分に関する特性値間の相関は非常に低い。

15 特性値の第 1～第 3 主成分に対する固有ベクトルを Table 14 に, Fig. 6 に第 1, 第 2 主成分軸および第 1, 第 3 主成分軸に対する各特性値の因子負荷量を示す。第 1 主成分に大きな関与を示す特性値を挙げると, 容積重, 縦曲げヤング係数, 収縮率 (T+R) があり, これら 3 特性値の相関は高く, ファイバーボードの曲げ強さ, 抽出成分関係の特性値がこれにつづいている。第 2 主成分に対して影響の大きい特性値として, 木材の繊維形態, つまり繊維長, 繊維幅, 細胞壁厚およびローエ価, 白色度, パルプの比

Table 12. Case 3 における特性値の平均値および標準偏差  
Mean value and standard deviation for each variable in Case 3

特 性 値 Variable		平均値 Mean value	標準偏差 Standard deviation
容 積 重	A	0.60	0.20
収 縮 率 (T+R)	F	13.51	3.52
ヤング係数 E (気乾, 縦曲げ)	H	129.8	42.5
繊 維 長	T	1.63	0.85
繊 維 幅	U	31.4	10.7
細 胞 壁 厚	V	8.46	2.49
$\alpha$ -セルロース含量	W	46.0	5.7
リグニン含量	X	29.6	3.9
エーテル抽出量	Y	1.03	1.48
全 抽 出 量	D'	6.77	4.67
パ ル プ 収 率	P'	45.8	3.1
ロ ー エ 価	Q'	4.8	2.9
白 色 度	R'	21.5	6.4
比引裂き強さ	S'	134	28
ファイバーボード強さ (曲げ)	T'	392.0	100.3

Correlation matrix of variables in Case 3

[illegible]

Table 14. 特性値に対する固有ベクトル (Case 3)  
Eigen vector for each variable in Case 3

特 性 値 Variable		主 成 分 Component		
		1	2	3
容 積 重	A	0.452	0.087	— 0.130
収 縮 率 (T+R)	F	0.309	0.051	— 0.448
ヤング係数 E (気乾, 縦曲げ)	H	0.409	0.101	— 0.251
繊 維 長	T	— 0.120	0.491	— 0.025
繊 維 幅	U	— 0.303	0.303	— 0.039
細 胞 壁 厚	V	0.228	0.401	— 0.211
$\alpha$ -セルロース含量	W	0.039	0.148	— 0.324
リグニン含量	X	0.120	0.221	0.362
エーテル抽出量	Y	0.298	— 0.143	0.123
全 抽 出 量	D'	0.283	— 0.189	0.292
パ ル プ 収 率	P'	— 0.243	0.028	— 0.386
ロ ー エ 価	Q'	0.069	0.350	0.335
白 色 度	R'	— 0.168	— 0.329	— 0.207
比引裂き強さ	S'	— 0.101	0.356	0.109
ファイバーボード強さ (曲げ)	T'	— 0.298	0.033	— 0.143

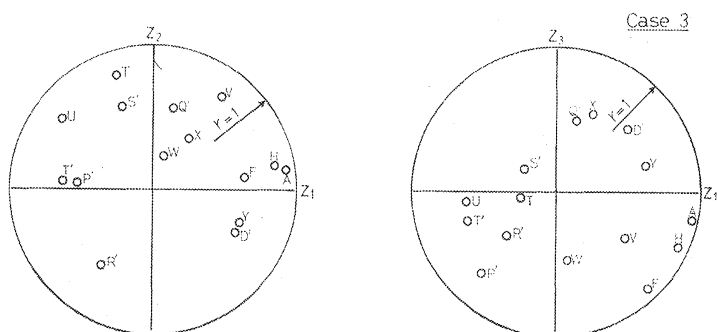
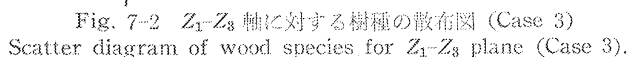


Fig. 6 主成分 ( $Z_1, Z_2, Z_3$ ) と因子負荷量の関係 (Case 3)  
Relation between principal component ( $Z_1, Z_2, Z_3$ ) and  
loading factor (Case 3).

各特性値に対する記号は Table 3 に示す。  
Symbol for variable was shown in Table 3.

引裂き強さ等パルプ製造に関する特性値が挙げられる。第 3 主成分では、 $\alpha$ -セルロース、リグニン等木材の主要成分に関する特性値の関与が大きい。

Fig. 7-1, Fig. 7-2 に取り上げた 45 樹種について求められた component score を第 1, 第 2 主成分軸, 第 1, 第 3 主成分軸に対してプロットし, パルプおよびファイバーボード収率, パルプ製造時における白色度, ローエ価, またファイバーボードの曲げ強さにもとづいて樹種区分を行ったものを示す。区分の基準として, パルプ収率は未漂白パルプの収率が 45% 以下, ファイバーボード収率は 78.6% 以下の場合をそれぞれ収率低のグループに, 白色度が 19.0 以下, ローエ価が 5.6 以上の樹種をそれぞれ白色度, ローエ価不良として区分した。この場合, 白色度は未漂白パルプについての値である。ファイバーボードの曲



げ強さは無サイズで  $300 \text{ kg/cm}^2$  以下の値を示す樹種をファイバーボード強さが低いグループに入れた。

$Z_1$ - $Z_2$  軸に対して各樹種をプロットした場合、アガチス (5) およびウリン (41) の2樹種が、全体からかなり離れた位置にプロットされ、 $Z_1$ - $Z_3$  軸に対する場合にはウリン (41) の他に、カナリウム (6) が全体からややはずれる。

Fig. 7-1 において、樹種区分が良好な結果を示したのはファイバードの強さについて区分を行った場合で、ファイバーボードの強さが低い値を示す樹種は第I象限から第IV象限にかけて分布している。ここで、クルイン (16)、レサック (32)、ボルネオオーク (34) のファイバーボードの曲げ強さはかなり高いにもかかわらず、このグループに含まれている。しかし、これは無サイズの場合で、サイズ処理を行った結果を総合して考えると、これらの樹種を一括して区分しても大きな問題にはならないものと考えられる。なお、全体から大きくはずれた位置にプロットされているウリン (41) の曲げ強さは非常に弱くあらわれるが、クルイン (15, 17, 18) も含めて考えると、ファイバーボードの曲げ強さが低い樹種グループにウリンを含めることには若干問題があるように思われる。

ファイバーボードの収率については一応図に示したように樹種が区分されるが、かなり離れた2か所にグループが形成され、しかもすべての象限にわたっており、明確に区分されているとはいえない。白色度不良の樹種についても、第I、第II象限にある程度のまとまりは示しているが、このグループからはずれる樹種がかなり多く、つまりアガチス (5)、ターミナリア (7)、パラウ (29)、カロフィルム (39)、ウリン (41)、セプターパヤ (46)、カメレレ (50) 等の白色度は不良であるにもかかわらず上記の区分には含まれておらず、逆にジョンコン (48) の場合は良好であるが、白色度不良の樹種グループに含まれている。

その他、ローエ価、パルプ収率、パルプの比引裂き強さ等については、樹種区分を行うことが困難であった。

同じく Case 3 における  $Z_1$ - $Z_3$  軸に対して各樹種をプロットした場合、 $Z_1$ - $Z_2$  軸の場合に樹種区分ができなかったパルプの比引裂き強さ、および白色度等に対する区分はやはり困難であった。しかし、 $Z_1$ - $Z_2$  軸の場合にまとまりを示さなかったローエ価、ファイバーボード収率、パルプ収率等に対する樹種区分はある程度まで可能で、 $Z_1$ - $Z_2$  軸と  $Z_1$ - $Z_3$  軸に対する樹種区分を比較した場合、両者間に寄与率の差はほとんどみられない。樹種区分の難易からみると、後者の方が若干良いようにも思われるが、いずれにしても区分の精度および区分範囲ともあまり良好な結果は示されていない。

#### (4) Case 4 についての分析結果および考察

Case 4 では Table 3 に示すように、木材の基礎的な性質に関する特性値のみを取り上げた。つまり、容積重の他に大きく分類すると、変形に関する特性値、強度に関する特性値、繊維形態に関する特性値、木材の主要成分に関する特性値、抽出成分に関する特性値になり、計 16 特性値について分析を行った。

取り上げた樹種は Table 2 に示す 54 樹種である。Case 4 において、第1～第4主成分に対する寄与率および第4主成分までの累積寄与率は Table 4 に示す通りで、Case 3 の場合に比較して若干高い。

Case 4 において取り上げた 54 樹種の各特性値に対する平均値および標準偏差を Table 15 に、16 特性値相互間の相関係数を Table 16 に示す。特性値間の相関係数をみると、容積重および強度関係の特性値では Case 1～Case 3 でもみられたように、ここでも高い値が得られている。抽出成分関係の特性値をみると、熱水抽出量とアセトン抽出量、メタノール抽出量との相関がかなり高く、それぞれ 0.892, 0.699



の値を示す。しかし抽出成分関係の特性値と容積重、強度関係の特性値との間の相関は低く、最も高い場合でも容積重とエーテル抽出量との 0.440 にすぎない。木材の主成分であるリグニン、 $\alpha$ -セルロースと他の特性値との相関はきわめて低く、また繊維形態に関する特性値として取り上げた繊維長、繊維幅、細胞壁厚と木材の主要成分、抽出成分に関する特性値との相関も低く、また繊維形態と容積重、強度的性質に関する特性値の相関も高いとはいえない。

Table 17 に Case 4 の場合の、第 1～第 3 主成分に対する 16 特性値の固有ベクトルを、Fig. 8 にそれぞれ第 1, 第 2 主成分 ( $Z_1$ - $Z_2$ ), 第 1, 第 3 主成分 ( $Z_1$ - $Z_3$ ) に対する各特性値の相関 (因子負量) を示す。

Table 17 に示した固有ベクトルをみると、第 1 主成分において大きくあらわれた固有ベクトルは、容積重、曲げヤング係数、かたさ、曲げ強さ等であり、いずれも正で、その値は 0.4 前後の値を示している。第 2 主成分において大きな値を示した特性値は、抽出成分に関するものと考えられ、つまり熱水抽出量、アセトン抽出量、メタノール抽出量、エーテル抽出量でいずれも正の値を示している。ただ抽出成分に関係する特性値の内、ヘキサン抽出量だけは上記 4 特性値に比較してはるかに低い値を示している。さらに繊維形態に関する特性値も第 2 主成分に対して負のやや大きい値を示しているが、繊維形態に関する 3 特性値は第 2 主成分に対するよりも、むしろ第 3 主成分に対してより大きな関与を示すように思われる。

つぎに、第 1, 第 2, 第 3 各主成分の性質を Fig. 8 から考えてみると、第 1 主成分は容積重および木材の強さに関係し、第 2 主成分に対しては主に抽出成分が、第 3 主成分に対しては主に繊維形態が大きく関与していると考えられる。

このような性質をもつ主成分軸に対して、取り上げた 54 樹種について得られた component score の散布図を Fig. 9-1 ( $Z_1$ - $Z_2$ ), Fig. 9-2 ( $Z_1$ - $Z_3$ ), Fig. 9-3 ( $Z_2$ - $Z_3$ ) に示す。

Table 15. Case 4 における特性値の平均値および標準偏差  
Mean value and standard deviation for each variable in Case 4

特 性 値 Variable		平 均 値 Mean value	標準偏差 Standard deviation
容 積 重	A	0.62	0.20
収 縮 異 方 度 (T/R)	E	2.05	0.39
収 縮 率 (T+R)	F	13.70	3.53
ヤング係数 E (気乾, 縦曲げ)	H	130.2	41.2
曲 げ 強 さ $\sigma$ (気乾, 縦曲げ)	I	1,053	382.6
か た さ	N	2.3	1.4
繊 維 長	T	1.63	0.81
繊 維 幅	U	30.6	10.4
細 胞 壁 厚	V	8.58	2.38
$\alpha$ -セルロース含量	W	46.5	5.3
リグニン含量	X	30.1	4.0
エーテル抽出量	Y	0.99	1.42
アセトン抽出量	Z	2.42	2.67
ヘキサン抽出量	A'	0.96	1.51
メタノール抽出量	B'	2.15	1.13
熱 水 抽 出 量	C'	5.1	2.7

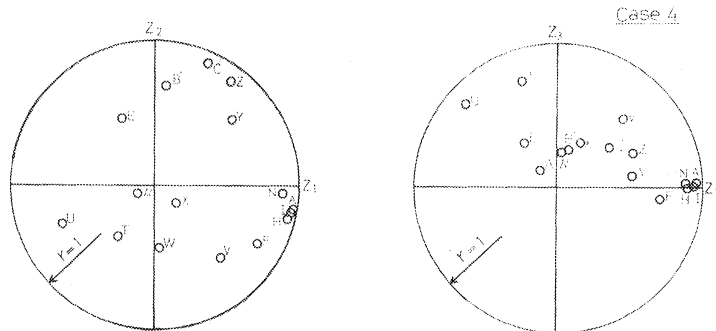
Correlation matrix of variables in Case 4

特 性 値 Variable	E	A	H	I	F	N	T	U	V	W	X	A'	Z	B'	Y	C'
熱水抽出量	0.304	0.234	0.137	0.195-0.058	0.286-0.194	-0.251	-0.088	-0.246	0.012-0.014	0.892	0.699	0.538	1.000			
エーテル抽出量	0.190	0.440	0.385	0.370	0.180	0.378-0.111	-0.394	-0.004	-0.011	-0.147-0.098	0.610	0.087	1.000			
メタノール抽出量	0.177-0.015	-0.052	-0.055	-0.169	0.013-0.175	-0.086	-0.185	-0.187	0.231	0.075	0.485	1.000				
アセトン抽出量	0.236	0.388	0.327	0.375	0.090	0.434-0.176	-0.342	0.036	-0.277	0.022-0.011	1.000					
ヘキサン抽出量	0.142-0.090	-0.121	-0.144	C.013-0.134	-0.063	0.034	0.028	0.045	0.115	1.000						
リグニン含量	-0.199	0.224	0.123	0.242-0.064	0.197	0.118-0.046	0.174	0.089	1.000							
$\alpha$ -セルロース含量	0.104	0.127	0.147	0.069	0.220-0.010	0.164	0.128	0.191	1.000							
細胞壁厚	-0.134	0.517	0.489	0.485	0.555	0.394	0.298	0.119	1.000							
繊維維幅	0.085-0.571	-0.478	-0.527	-0.388	-0.499	0.670	1.000									
繊維維長	0.040-0.153	-0.104	-0.145	-0.108	-0.165	1.000										
か た さ (板目面)	0.204	0.908	0.821	0.930	0.525	1.000										
収 縮 率 (T+R)	0.289	0.743	0.765	0.664	1.000											
曲げ強さ $\sigma$ (気乾, 経曲げ)	-0.259	0.957	0.918	1.000												
ヤング係数 E (気乾, 経曲げ)	-0.282	0.928	1.000													
容 積 重	-0.262	1.000														
収縮異方度 (T/R)	1.000															

Table 17. 特性値に対する固有ベクトル (Case 4)

Eigen value for each variable in Case 4

特 性 値 Variable		主 成 分 Component		
		1	2	3
容 積 重	A	0.416	-0.092	0.028
収 縮 異 方 度 (T/R)	E	-0.092	0.265	0.245
収 縮 率 (T+R)	F	0.306	-0.233	-0.056
ヤ ン グ 係 数 E (気乾, 縦曲げ)	H	0.393	-0.133	0.017
曲げ強さ $\sigma$ (気乾, 縦曲げ)	I	0.404	-0.101	0.017
か た さ	N	0.386	-0.030	0.020
繊 維 長	T	-0.105	-0.206	0.579
繊 維 幅	U	-0.270	-0.149	0.458
細 胞 壁 厚	V	0.195	-0.286	0.380
$\alpha$ -セルロース含量	W	0.016	-0.241	0.200
リグニン含量	X	0.072	-0.061	0.253
エーテル抽出量	Y	0.224	0.257	0.061
アセトン抽出量	Z	0.228	0.414	0.198
ヘキササン抽出量	A'	-0.048	0.026	0.090
メタノール抽出量	B'	0.032	0.396	0.202
熱 水 抽 出 量	C'	0.159	0.485	0.224

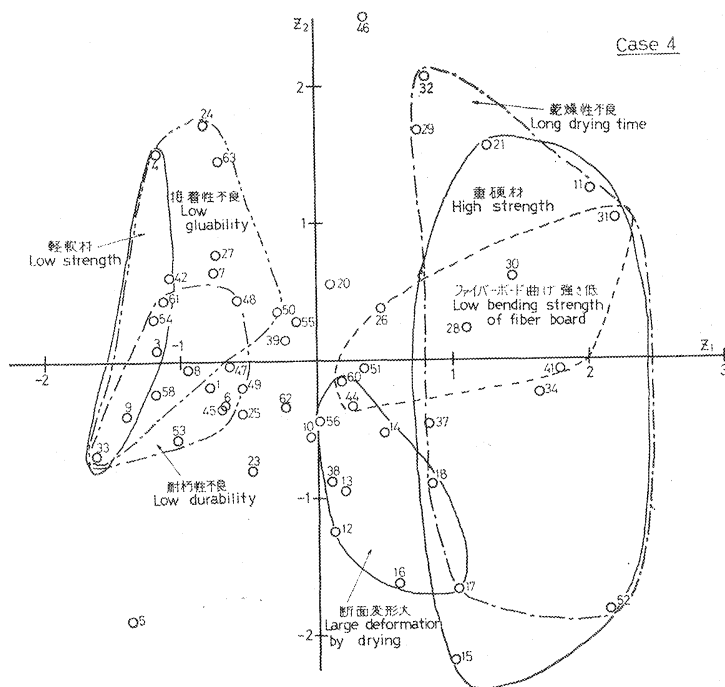
Fig. 8 主成分 ( $Z_1, Z_2, Z_3$ ) と因子負荷量の関係 (Case 4)Relation between principal component ( $Z_1, Z_2, Z_3$ ) and loading factor (Case 4).

各特性値に対する記号は Table 3 に示す。

Symbol for variable was shown in Table 3.

$Z_1$ - $Z_2$  軸に対する散布図については、素材として利用する場合の利用判定基準として、縦曲げ強さ、乾燥時間、おちこみ、ユリア樹脂による接着力、塗装硬化時間、耐朽性、パルプ用材として利用する場合にパルプ収率、ピッチトラブル、白色度、ファイバーボード製造の場合にファイバーボードの曲げ強さ等を選び、樹種区分を試みた。各性質に対する樹種区分の基準は、すでに Case 1~Case 3 に示した通りであるが、ピッチトラブルについては 1 (ピッチトラブルなし)~5 (非常に多い) の 5 段階に評価し、4, 5 に属する樹種をピッチトラブル大として区分した。

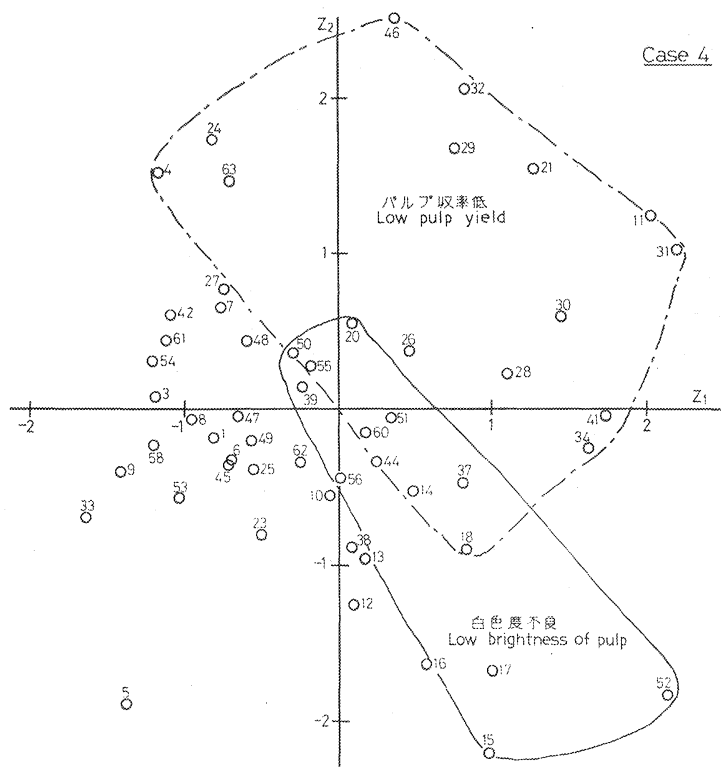
重硬材および軽軟材の樹種グループはそれぞれ図に示すようなまとまりを示すが、分布範囲が広くなる傾向を示し、特に Case 2 に比較してこの傾向は顕著にあらわれている。乾燥時間が長い樹種グループは



- 重硬材 (High strength)  
\* 38
- 軽軟材 (Low strength)  
\*\* 54
- 腐朽性不良 (Low durability)  
\* 4, 38  
\*\* 47
- 断面変形大 (Large deformation by drying)  
\* 1, 11  
\*\* 38
- 接着性不良 (Low durability)  
\* 5, 10, 13, 23
- 乾燥性不良 (Long drying time)  
\* 10, 51, 56
- ファイバーボード曲げ強さ低 (Low bending strength of fiber board)  
\* 42  
\*\* 54, 58

\*, \*\*: Fig. 3 参照 (See Fig. 3)

Fig. 9-1  $Z_1$ - $Z_2$  軸に対する樹種の散布図 (Case 4)  
Scatter diagram of wood species for  $Z_1$ - $Z_2$  plane (Case 4).



- パルプ収率低 (Low pulp yield)  
\* 3, 42, 53  
\*\* 34
- 白色度不良 (Low brightness of pulp)  
\* 1, 5, 7, 8, 9, 23, 29, 41, 46, 53

\*, \*\*: Fig. 3 参照 (See Fig. 3)

Fig. 9-2  $Z_1$ - $Z_2$  軸に対する樹種の散布図 (Case 4)  
Scatter diagram of wood species for  $Z_1$ - $Z_2$  plane (Case 4).

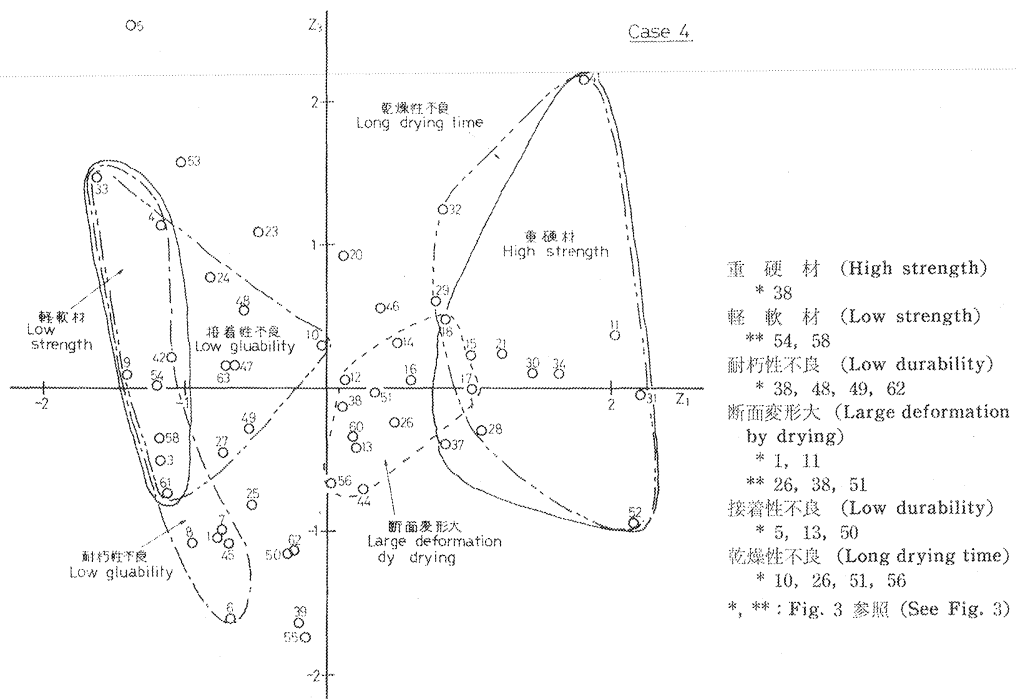


Fig. 9-3  $Z_1$ - $Z_3$  軸に対する樹種の散布図 (Case 4)  
Scatter diagram of wood species for  $Z_1$ - $Z_2$  plane (Case 4).

第Ⅰ，第Ⅳ象限のかなり広い範囲にわたっているが，重硬材ほど欠点発生を少なくするためにゆるやかな条件で乾燥を行う必要があることを考えれば妥当な分布状態を示しているものと考えられる。おちこみについてみると，第Ⅳ象限におちこみが大きい樹種が区分され，この区分からはずれる樹種としてキャンブノスパーマ（１），ギアム（１１）があり，またおちこみの小さなラミン（３８）が，このグループに含まれているが，全般的に樹種区分は良好である。

接着性不良に属する樹種は第Ⅱ象限および第Ⅲ象限の一部にグループを形成している。このグループに含まれる樹種の性質として，容積重および強度の性質に関する特性値が低く，抽出成分量，特にアセトン，メタノール，熱水抽出成分量が比較的多いということが指摘できる。接着力が低いにもかかわらず，このグループからはずれる樹種に，アガチス（５），プジック（１０），チュートルサル（１３），レッドラワン（２３）が挙げられるが，これらの樹種はいずれも抽出成分量，特にアセトン，メタノール，熱水抽出成分量が，全体の樹種からみれば少ないグループに属している。

腐朽性不良の樹種は，第Ⅱ，第Ⅲ象限にわたって区分されており，比較的軽軟で，抽出成分量が中程度の樹種がこのグループを形成している。腐朽性不良にもかかわらずこの樹種グループからやや大きくはずれるものに，ジェルトン（４），ラミン（３８）があるが，区分は比較的良好に行われている。

Fig. 9-2 に示したパルプ製造に関する樹種区分は前述のように，パルプ収率，ピッチトラブル，白色度の程度に応じて行ったが，パルプ収率の低い樹種グループは第Ⅰ，第Ⅱ，第Ⅳ象限，また白色度不良の樹種グループは主に第Ⅳ象限に一応形成される傾向はみられるが，いずれも分布範囲が非常に広く，樹種区分も悪い。ピッチトラブル大の樹種を区分することは，データが欠落している樹種が多いこともあり困

難であった。

ファイバーボードの曲げ強さが低い樹種グループは、無サイズのファイバーボードの場合、第 I 象限および第 IV 象限の一部に区分され、リツェア (42) だけがそのグループからはずれているが、全体として樹種区分は良好である。この場合、サイズ処理を行なったものについて区分すると、分布範囲は第 I、第 IV 象限にわたり分布範囲が広がる傾向がみられる。

なお、素材として利用する場合で、塗装硬化性の難易による樹種区分は困難であったが、その他の性質、つまり材の重硬あるいは軽軟度、乾燥性、接着性、耐朽性にもとづく樹種区分は  $Z_1$ - $Z_2$  主成分軸の散布図により十分可能であり、またファイバーボード製造における樹種区分もファイバーボードの曲げ強さのみを取り上げれば可能である。しかし、パルプ製造に際しての樹種の適性区分を行うには問題があると考えられる。

つぎに、第 1 ( $Z_1$ )、第 3 ( $Z_3$ ) 主成分軸に対しての各樹種の散布図について、重硬材、軽軟材、乾燥性、接着性、耐朽性について樹種区分を行った結果を Fig. 9-3 に示す。

軽軟材の分布範囲は  $Z_1$ - $Z_2$  軸と  $Z_1$ - $Z_3$  軸とで大差はないが、重硬材に区分される樹種グループの範囲は  $Z_1$ - $Z_3$  軸の方がやや狭く、樹種区分も良好である。

乾燥性についての樹種区分の内、乾燥時間では、ブジック (10)、コムニヤン (26)、ケラット (51)、ナトー (56) が、このグループからはずれ、おちこみではキャンブノスパーマ (1)、ギアム (11) がおちこみ大にもかかわらずグループに含まれておらず、逆におちこみ小のコムニヤン (26)、ラミン (38)、ケラット (51) が含まれており問題はあるが、全体的にみればやや  $Z_1$ - $Z_2$  軸について樹種区分を行った方が良いようにも思われる。

接着性についての樹種区分をみると、区分範囲は  $Z_1$ - $Z_2$  軸と、 $Z_1$ - $Z_3$  軸とで大きな差は認められないが、区分の精度をみると、 $Z_1$ - $Z_3$  軸でこのグループからはずれる樹種は、アガチス (5)、チュテールサル (13)、カメレレ (50) の 3 樹種で、かなり良好な樹種区分が行われている。耐朽性の場合、区分からはずれる樹種はラミン (38)、ジョンコン (48)、ケレダン (49)、セルチス (62) で、樹種数には差はないが区分範囲は第 II、第 III 象限の  $Z_1$ - $Z_2$  軸に比してやや広い範囲にわたっている。なお、 $Z_1$ - $Z_2$  軸で樹種区分が困難であった塗装硬化性については、 $Z_1$ - $Z_3$  軸でもやはりはっきりした区分を行うことは困難であった。また、パルプ収率、白色度、ピッチトラブルについての樹種区分を試みたが、樹種のまとまり方は非常に悪く、ファイバーボードの曲げ強さによる樹種区分では、 $Z_1$ - $Z_2$  軸と  $Z_1$ - $Z_3$  軸とで大きな相違は認められなかった。

以上のことから、Case 4 の  $Z_1$ - $Z_2$  軸、 $Z_1$ - $Z_3$  軸について各用途に対する樹種区分の程度を比較すると、素材として利用する場合の樹種区分は  $Z_1$ - $Z_3$  軸について行った方が区分範囲は狭くなるが、区分精度 (区分からはずれる樹種) を含めて考えた場合、両者の間に大きな相違はみられない。また、パルプ用材としての樹種区分は  $Z_1$ - $Z_3$  軸においては困難であったが、 $Z_1$ - $Z_2$  軸によると区分精度にはかなりの問題は残るがある程度まで可能になった。

これらのことを総合して考えると、素材、パルプ用材あるいはファイバーボード用材としての各樹種の適性区分を行う場合、 $Z_1$ - $Z_3$  軸による区分の方が、 $Z_1$ - $Z_2$  軸で区分を行うよりもやや良いものと考えられる。また、Case 4 における素材としての樹種区分は Case 1、Case 2 よりもかなり劣り、パルプ用材としての樹種区分は Case 3 よりも悪い結果になった。

Table 18. Case 5 における特性値の平均値および標準偏差  
Mean value and standard deviation for each variable in Case 5

特 性 値 Variable		平 均 値 Mean value	標準偏差 Standard deviation
容 積 重	A	0.50	0.15
生材容積重	B	0.85	0.14
軸方向収縮率	D	0.22	0.08
収縮異方度 (T/R)	E	2.09	0.37
容積収縮率	G	12.73	3.25
ヤング係数 E (気乾, 縦曲げ)	H	109.0	31.6
$\sigma/E$ (気乾, 縦曲げ)	J	0.78	0.09
衝撃曲げ吸収エネルギー	L	0.65	0.28
せん断強さ (桎目面)	M	94.3	30.3
か た さ (板目面)	N	1.7	0.7
ヤング係数 E' (生材, 横曲げ)	O	4.36	2.07
$\sigma'/E'$ ( $\sigma'$ : 曲げ強さ, 生材横曲げ)	P	1.54	0.24
繊維交錯度	Q	14.6	9.6
裏 割 れ 率	K'	34.9	15.6
む き は だ	L'	3.1	1.0
乾 燥 時 間 (単板)	M'	5.80	1.68
狂 い (単板)	N'	2.2	0.9
接 着 力 (単板, ユリア)	O'	16.8	5.6

Table 19. Case 6 における特性値の平均値および標準偏差  
Mean value and standard deviation for each variable in Case 6

特 性 値 Variable		平 均 値 Mean value	標準偏差 Standard deviation
容 積 重	A	0.46	0.10
生材容積重	B	0.84	0.14
軸方向収縮率	D	0.23	0.09
収縮異方度 (T/R)	E	2.08	0.39
容積収縮率	G	12.30	2.94
ヤング係数 E (気乾, 縦曲げ)	H	102.4	25.4
$\sigma/E$ (気乾, 縦曲げ)	J	0.77	0.09
衝撃曲げ吸収エネルギー	L	0.58	0.23
せん断強さ (桎目面)	M	87.1	24.6
か た さ (板目面)	N	1.6	0.5
ヤング係数 E' (生材, 横曲げ)	O	3.73	1.20
$\sigma'/E'$ ( $\sigma'$ : 曲げ強さ, 生材横曲げ)	P	1.59	0.23
繊維交錯度	Q	14.3	10.6
吸 水 量 (木口面)	R	0.30	0.25
吸 水 量 (板目面)	S	0.08	0.06
裏 割 れ 率	K'	34.2	16.0
む き は だ	L'	3.0	1.0
乾 燥 時 間 (単板)	M'	5.92	1.67
狂 い (単板)	N'	2.9	1.0
接 着 力 (単板, ユリア)	O'	15.7	4.4

Table 20. Case 5 における  
Correlation matrix of

特 性 値 Variable		A	H	J	M	L	N	Q
接着力 (単板, ユリア)	O'	0.766	0.712	0.328	0.786	0.700	0.767	0.067
むきはだ	L'	0.446	0.407	0.099	0.391	0.233	0.412	0.119
裏割れ率	K'	0.154	0.039	0.317	0.121	0.046	0.149	0.235
狂 い (単板)	N'	0.183	0.246	-0.134	0.292	0.078	0.209	0.045
乾燥時間 (単板)	M'	-0.229	-0.239	-0.368	-0.284	-0.201	-0.276	-0.240
収縮異方度 (T/R)	E	-0.264	-0.084	-0.375	-0.262	-0.055	-0.220	0.004
容積収縮率	G	0.703	0.687	-0.034	0.610	0.633	0.572	-0.068
軸方向収縮率	D	-0.092	-0.158	-0.145	-0.063	-0.007	-0.136	0.238
$\sigma'/E'$ ( $\sigma'$ : 曲げ強さ, 生材横曲げ)	P	-0.349	-0.275	-0.112	-0.162	-0.292	-0.296	0.125
ヤング係数 $E'$ (生材, 横曲げ)	O	0.843	0.679	0.465	0.795	0.662	0.797	0.102
生材容積重	B	0.451	0.377	-0.055	0.401	0.387	0.408	-0.026
繊維交錯度	Q	0.116	-0.004	0.314	0.212	0.161	0.176	1.000
かたさ (板目面)	N	0.937	0.816	0.374	0.913	0.739	1.000	
衝撃曲げ吸収エネルギー	L	0.792	0.764	0.223	0.749	1.000		
せん断強さ (柁目面)	M	0.933	0.783	0.471	1.000			
$\sigma/E$ (気乾, 縦曲げ)	J	0.373	0.001	1.000				
ヤング係数 $E$ (気乾, 縦曲げ)	H	0.844	1.000					
容 積 重	A	1.000						

Table 21. Case 6 における  
Correlation matrix of

特 性 値 Variable		A	R	S	H	J	M	L
接着力 (単板)	O'	0.647	-0.119	-0.290	0.667	0.234	0.696	0.658
むきはだ	L'	0.158	0.069	0.126	0.157	0.057	0.123	0.005
裏割れ率	K'	0.135	-0.022	-0.252	0.026	0.309	0.076	0.060
狂 い (単板)	N'	0.181	0.290	0.368	0.255	-0.186	0.331	0.102
乾燥時間 (単板)	M'	-0.160	0.444	0.574	-0.180	-0.344	-0.236	-0.057
収縮異方度 (T/R)	E	-0.133	-0.087	-0.029	0.133	-0.419	-0.160	0.041
容積収縮率	G	0.596	0.307	-0.059	0.540	-0.160	0.453	0.634
軸方向収縮率	D	0.139	0.175	0.220	-0.011	-0.149	0.125	0.161
$\sigma'/E'$ ( $\sigma'$ : 曲げ強さ, 生材横曲げ)	P	0.132	-0.137	-0.365	0.120	0.032	0.318	0.129
ヤング係数 $E'$ (生材, 横曲げ)	O	0.630	-0.473	-0.603	0.372	0.609	0.643	0.363
生材容積重	B	0.400	0.473	0.342	0.279	-0.074	0.318	0.391
繊維交錯度	Q	0.295	-0.169	-0.286	0.093	0.284	0.370	0.209
かたさ (板目面)	N	0.935	0.004	-0.346	0.692	0.445	0.887	0.636
衝撃曲げ吸収エネルギー	L	0.713	0.010	-0.349	0.678	0.097	0.635	1.000
せん断強さ (柁目面)	M	0.889	-0.030	-0.394	0.622	0.528	1.000	
$\sigma/E$ (気乾, 縦曲げ)	J	0.425	-0.239	-0.411	-0.126	1.000		
ヤング係数 $E$ (気乾, 縦曲げ)	H	0.694	-0.026	-0.257	1.000			
吸 水 量 (板目面)	S	-0.407	0.689	1.000				
吸 水 量 (木口面)	R	0.031	1.000					
容 積 重	A	1.000						



variables in Case 5

[illegible]

variables in Case 6

[illegible]

## (5) Case 5, Case 6 についての分析結果および考察

Case 5 および Case 6 では、主に合板用材としての樹種の適性区分を行うことを目的としたものである。取り上げた特性値としては、Table 3 に示すように木材の強さおよび変形に関する特性値の他に、合板製造に関する特性値を選び、Case 6 では Case 5 で取り上げた特性値以外に吸水性関係の特性値を加えた。

Case 5 および Case 6 における各特性値に対する分析に取り上げた樹種の平均値、標準偏差を Table 18, Table 19 に示す。この場合、取り上げた樹種は Table 1 に示すように、Case 5 では 36 樹種、Case 6 では 28 樹種で、いずれの場合も容積重で示した樹種の度数分布は Fig. 1 に示すように、かなり低容積重域にかたよっている。

Table 20, Table 21 に、Case 5 および Case 6 で取り上げた 18 および 20 特性値間の相関係数を示す。容積重と強度関係の特性値および強度関係の特性値間では Case 1~Case 3 でもみられたように、高い相関係数が得られるが、Case 6 に比較して Case 5 の方の相関係数がやや高い。合板製造に関する特性値の内、単板接着力と強度関係の特性値間で 0.6~0.8、単板の乾燥時間と生材容積重間で 0.705 (Case 5), 0.779 (Case 6) とやや高い値を示す以外は、単板切削性 (むきはだ、裏割れ率)、乾燥性 (乾燥時間、単板の狂い) と他の特性値間の相関は低く、同様に軸方向収縮率、繊維交錯度、Case 6 における板目面、木口面吸水量と他の特性値間の相関係数も小さい。

Table 22, Table 23 にそれぞれ Case 5, Case 6 において、第 1~第 3 主成分に対する各特性値の固有ベクトルを、Fig. 10, Fig. 11 にそれぞれの Case において、各特性値の因子負荷量を  $Z_1$ - $Z_2$ ,  $Z_1$ - $Z_3$

Table 22. 特性値に対する固有ベクトル (Case 5)  
Eigen vector for each variable in Case 5

特 性 値 Variable		主 成 分 Component		
		1	2	3
容 積 重	A	0.368	- 0.006	- 0.018
生 材 容 積 重	B	0.178	0.401	- 0.164
軸方向収縮率	D	- 0.039	0.334	0.421
収縮異方度 (T/R)	E	- 0.103	0.144	0.117
容 積 収 縮 率	G	0.260	0.237	- 0.098
ヤング係数 E	H	0.327	0.060	- 0.106
$\sigma/E$ (気乾, 縦曲げ)	J	0.145	- 0.283	0.271
衝撃曲げ吸収エネルギー	L	0.313	0.023	0.008
せん断強さ (板目面)	M	0.356	- 0.007	0.139
か た さ (板目面)	N	0.355	- 0.026	0.037
ヤング係数 E'	O	0.321	- 0.188	- 0.058
$\sigma'/E'$ (生材, 横曲げ)	P	- 0.132	0.201	0.422
( $\sigma'$ : 曲げ強さ, 生材横曲げ)	Q	0.056	- 0.092	0.563
繊維交錯度	K'	0.060	- 0.380	0.043
裏 割 れ 率	L'	0.181	0.141	- 0.059
む き は だ	M'	- 0.087	0.423	- 0.270
乾 燥 時 間 (単板)	N'	0.086	0.369	0.291
狂 い (単板)	O'	0.317	0.053	0.071
接 着 力 (単板ユリア)				

Table 23. Case 6 における特性値に対する固有ベクトル (Case 6)

Eigen vector for each variable in Case 6

特 性 値 Variable		主 成 分 Component		
		1	2	3
容 積 重	A	0.381	0.013	0.139
生 材 容 積 重	B	-0.047	0.302	0.384
軸方向収縮率	D	-0.200	0.311	0.291
収縮異方度 (T/R)	E	0.302	0.072	-0.078
容 積 収 縮 率	G	0.171	-0.248	0.240
ヤング係数 E (気乾, 縦曲げ)	H	0.377	-0.007	0.057
$\sigma/E$ (気乾, 縦曲げ)	J	0.315	0.070	-0.019
衝撃曲げ吸収エネルギー	L	0.373	-0.009	0.135
せん断強さ (柁目面)	M	0.153	-0.079	0.039
か た さ (板目面)	N	0.147	0.381	0.189
ヤング係数 E' (生材, 横曲げ)	O	0.268	-0.274	0.028
$\sigma'/E'$ ( $\sigma'$ : 曲げ強さ, 生材横曲げ)	P	0.110	0.088	-0.445
繊維交錯度	Q	0.062	0.277	-0.150
吸 水 量 (木口面)	R	0.228	0.254	0.023
吸 水 量 (板目面)	S	-0.026	0.103	-0.441
裏割れ率	K'	-0.090	0.381	0.111
む き は だ	L'	0.099	0.314	-0.151
乾 燥 時 間 (単板)	M'	0.032	-0.288	0.313
狂 い (単板)	N'	0.053	0.139	0.214
接 着 力 (単板, ユリア)	O'	0.323	0.088	-0.174

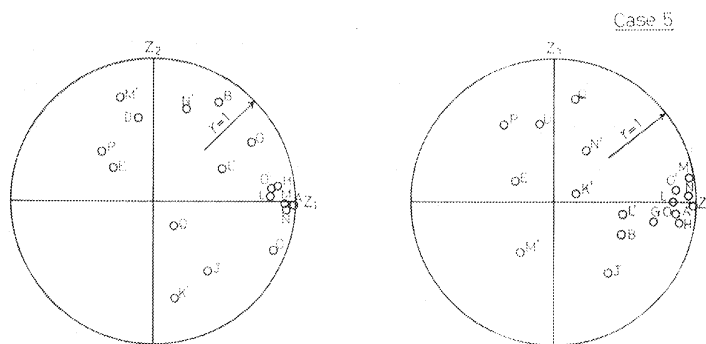
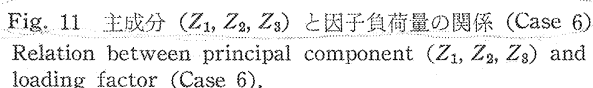


Fig. 10 主成分 ( $Z_1, Z_2, Z_3$ ) と因子負荷量の関係 (Case 5)  
 Relation between principal component ( $Z_1, Z_2, Z_3$ ) and  
 loading factor (Case 5).

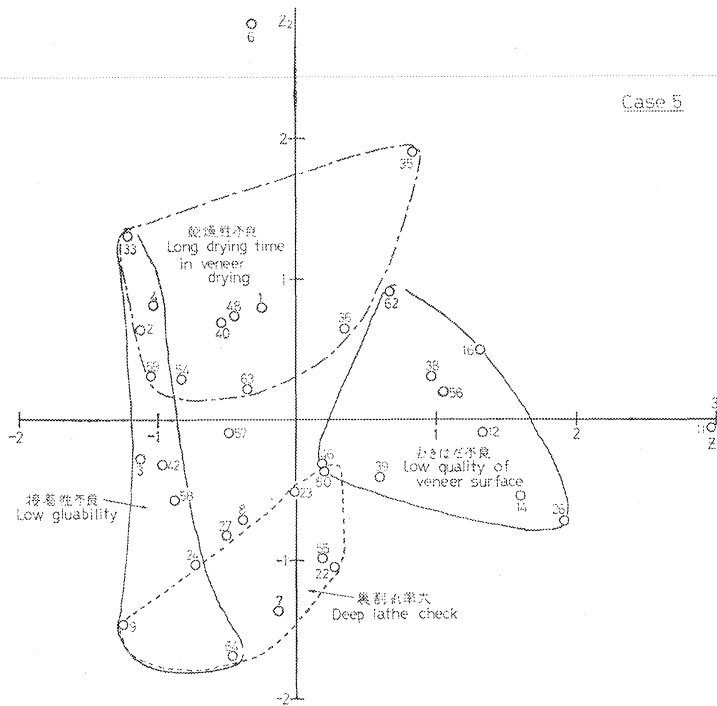
各特性値に対する記号は Table 3 に示す。  
 Symbol for variable was shown in Table 3.



Symbol for variable was shown in Table 3.

Case 5 において、第 1 主成分に対して大きく関与している特性値は、Case 1, 2 および 4 の場合と同じく、容積重および木材の強度に関する特性値（縦曲げヤング係数、衝撃曲げ吸収エネルギー、せん断強さ等）であり、これらの特性値に対する固有ベクトルはいずれも正の値で示されている。第 2 主成分に対し大きな影響を与える特性値として、生材容積重、単板の乾燥時間および狂い、軸方向収縮率、 $\sigma/E$ 、裏割れ率等が挙げられ、この内  $\sigma/E$ 、裏割れ率の固有ベクトルは負、他の特性値の固有ベクトルは正の値を示す。ここで、第 2 主成分に対して影響が大きい特性値として、木材の水分および変形に関係するものがあらわれているようであるが、明確にはさせることはできない。Case 6 の場合には、Case 5 と同じく第 1 主成分に対しては、容積重および強度的な性質を示す特性値の影響が大きくあらわれているが、第 2 主成分に対しては、生材容積重、単板乾燥時間、木口面および板目面吸水量等水分に関係する特性値が大きく関与している。

全般的にみて、Case 5 と Case 6 で上記の各性質について樹種区分を行った場合、その区分された位置は両者で大きな差が認められない。Case 6 では、裏割れ率大の樹種を区分することは困難であり、他の性質についても区分の精度はあまり良いとはいえない。まず、Case 5 の場合で裏割れ率大の樹種グループからはずれるものとして、コムニヤン (26)、ラミン (38)、アンペロイ (59) が、逆に裏割れ率が低いにもかかわらず、グループに含まれているものとしてレッドラワン (23)、タウン (55) がある。また Case 1 では裏割れ率大の樹種グループは第Ⅳ象限に形成されていたが、Case 5 ではそのグループに属する樹種の大部分が第Ⅲ象限に移行している。



むきはだ不良 (Low quality of veneer surface)

\* 1, 6, 59, 63, 64

裏割れ率大 (Deep lathe check)

\* 26, 38, 59

\*\* 23, 55

接着性不良 (Low gluability)

\* 6, 16, 23, 63

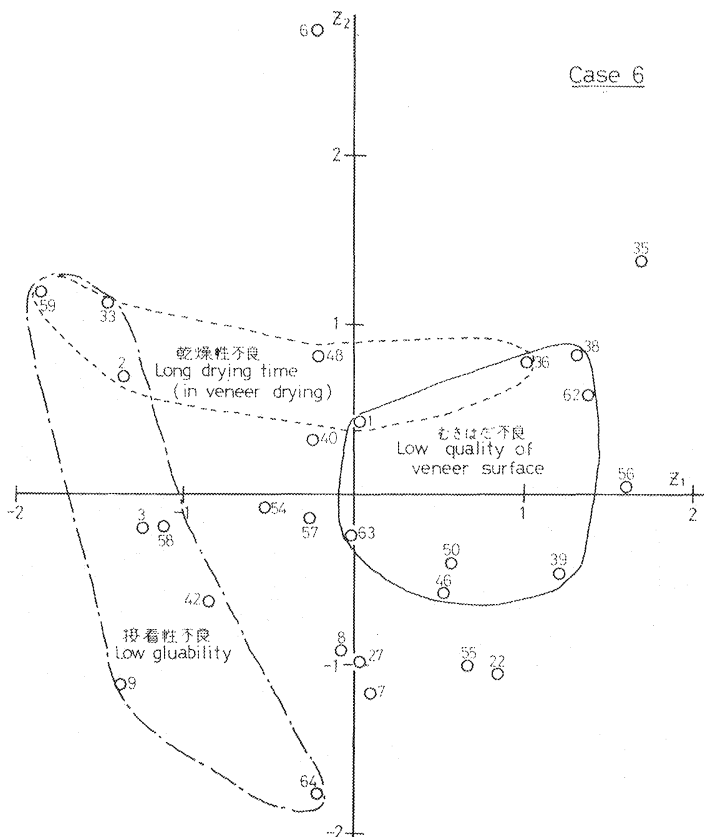
乾燥性不良 (Long drying time)

\* 6, 56

\*\* 54

\*, \*\*: Fig. 3 参照 (See Fig. 3)

Fig. 12  $Z_1$ - $Z_2$  軸に対する樹種の散布図 (Case 5)  
Scatter diagram of wood species for  $Z_1$ - $Z_2$  plane (Case 5).



むきはだ不良 (Low quality of veneer surface)

\* 6, 59, 64

\*\* 36

接着性不良 (Low gluability)

\* 6, 63

乾燥性不良 (Low drying time)

\* 6, 35, 56, 63

\*, \*\*: Fig. 3 参照 (See Fig. 3)

Fig. 13  $Z_1$ - $Z_2$  軸に対する樹種の散布図 (Case 6)  
Scatter diagram of wood species for  $Z_1$ - $Z_2$  plane (Case 6).

Table 24. 樹種区分の総括表 (Case 1~Case 6)

Result of the possibility for grouping of species

樹種区分のための因子	Case 1		Case 2		Case 3		Case 4		Case 5		Case 6	
	Z <sub>1</sub> -Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> -Z <sub>3</sub>	Z <sub>1</sub> -Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> -Z <sub>3</sub>	Z <sub>1</sub> -Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> -Z <sub>3</sub>	Z <sub>1</sub> -Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> -Z <sub>3</sub>	Z <sub>1</sub> -Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> -Z <sub>3</sub>	Z <sub>1</sub> -Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> -Z <sub>3</sub>
素 材 (For solid wood)												
重 硬 材 (High strength)	○	○	○	○			△	△				
軽 軟 材 (Low strength)	○	○	○	○			○	○				
断面変形 (落込み) 大 (Large deformation, collapse by drying)	○	○	○	△			○	△				
乾燥性不良 (Long drying time)	○	○	○	△			○	○				
接着性不良 (Low gluability)	○	○					○	○				
耐朽性不良 (Low durability)	○	○	○	△			○	○				
収 縮 率 大 (Large shrinkage)	△	△	○	○								
塗装硬化不良 (Long curing time of unsaturated polyester resin vanish)			×	×			×	×				
合 板 (For plywood)												
単板むきはだ不良 (Low quality of veneer surface)	△								△		△	
裏割れ率大 (Deep lathe check)	△								△		×	
単板乾燥時間 (Long drying time)	×								○		△	
単板くると大 (Large warp of dried veneer)	○								×		×	
単板接着性不良 (Low gluability)	○								△		○	
パルプおよびファイバーボード (For pulp and fiber board)												
パルプ収率低 (Low pulp yield)	△				×	△	△	×				
白亮度不良 (Low brightness of pulp)					×	×	△	×				
ローエ価高 (High Roe-number)					×	○						
ピッチトラブル (Pitch trouble)							×	×				
ファイバーボード収率低 (Low yield of fiber board)					△	△						
ファイバーボード曲げ強さ低 (Low bending strength of fiber board)					○		○	○				

○ 区分精度良好 Could be grouped with high accuracy.

△ 区分精度普通 Could be grouped with low accuracy.

× 区分不可能 Could not be grouped.

むきはだについて問題のある樹種は、キャンブノスパーマ (1), カナリウム (6), アンペロイ (59), グメリナ (63), チーク (64), 乾燥時間については、カナリウム (6), ナトー (56), 接着性については、カナリウム (6), クルイン (16), レッドラワン (23), グメリナ (63) 等である。また、乾燥にともなう単板の狂いが大きい樹種グループは第 I, 第 II 象限に散在し、グループを構成することが困難であった。

Case 6 についても、Case 5 と同様樹種区分はあまり良くない。つまり、前にも述べたように裏割れ率については樹種区分が困難で、その他樹種区分に際して問題のある樹種を挙げると次のようになる。むきはだではカナリウム (6), アンペロイ (59), チーク (64), 乾燥時間ではカナリウム (6), ニューゼalandビーチ (35), ナトー (56), グメリナ (63), 接着力ではカナリウム (6), グメリナ (63) 等が区分に際して問題があり、取り上げた樹種が少ないにもかかわらず、区分において問題になる樹種がかなり多い。また、Case 5 で樹種区分ができなかった単板の狂いについては、Case 6 でもやはり区分できなかった。

Case 5 における樹種数は 36 で、Case 6 では 28 であり、このことも考慮に入れて両者の樹種区分の程度をみると、前者の方が若干良いようにも思われる。Case 5 と Case 1 で行った合板用材に対する樹種区分を比較すると、取り上げた樹種数も異なりははっきりしたことはいえないが、総合して考えた場合両者の間に大きな相違はみられない。

ここで、Case 1 から Case 6 において、樹種区分の可能性を各因子について検討し、総括した結果を Table 24 に示しておく。

#### (6) 未利用樹種に対する用途適性の推定

Case 1 の分析結果にもとづき、取り上げた樹種以外の樹種に対する利用区分の推定を試みてみた。Case 1 で取り上げた特性値から、第 1, 第 2 主成分に対し固有ベクトルが大きく、また因子負荷量からそれぞれの主成分軸に大きく関与している 7 特性値 (容積重, 曲げヤング係数, 曲げ強さ, 初期含水率, 収縮異方度, 容積収縮率, おちこみ) を選び、重硬材, 軽軟材, 耐朽性不良, おちこみ大および接着性不

Table 25. Case 1 において 7 特性値を選んだ時の Component score  
Component score calculated for seven variables in Case 1

樹種番号 Species Number	樹 種 名 Species	Z <sub>1</sub> , Z <sub>2</sub> に対する Component score Component score for Z <sub>1</sub> , Z <sub>2</sub>			
		11 特 性 値 11 variables		7 特 性 値 7 variables	
		Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>
9	エ リ マ	-1.07	0.72	-0.84	0.60
11	ギ ア ム	1.69	1.11	1.08	1.77
17	ク ル イ ン	1.29	1.82	1.04	2.03
24	ライトレッド メランチ	-0.78	-1.19	-0.50	-1.03
28	バンキライ	1.21	-0.96	0.76	-0.53
33	ニューギニア バスウッド	-1.59	0.08	-0.99	-0.60
42	リ ツ ェ ア	-0.96	-0.64	-0.70	-0.44
44	メンゲリス	0.53	1.17	0.39	0.78
57	ブランチョネラ	-0.76	0.23	-0.84	0.02
59	アンペロイ	-1.55	0.46	-0.91	-0.19

良の樹種グループに属している樹種から数樹種を選び、(4)式により component score を求めた結果を Table 25 に示す。

11 特性値から得られた値と、7 特性値について得られた値を比較すると、ギアム (11)、ニーギニア バスウッド (33)、アンベロイ (59) では若干差はみられるが、他の樹種では両者の値に大きな差はみられない。このことから、新たに未利用樹種が導入されても、Case 1 で取り上げた 11 特性値の内、少なくとも上部の 7 特性値が求められれば、その用途適性についてのおおよその推定は行うことができるものと考えられる。

#### 4. 結 論

南洋材の利用適性を求めるために、ここ約 10 年来当場木材部、林産化学部で行ってきた南洋材に関する実験結果を用いて主成分分析を行い、材を利用する場合ほぼ同じ性質を示す樹種の区分化を試み、またその樹種区分の難易を検討した。この場合、特性値を変えて Case 1~Case 6 まで 6 通りの分析を行い、素材、パルプ用材あるいは合板用材としての樹種区分を行うに際して、もっとも適当だと考えられる特性値の組み合わせをあわせて検討した。得られた結果を要約すると、

(1) 第 3 主成分までの累積寄与率は、Case 1 および Case 2 で 80% 近い値を示すが、他の 4 Case では約 60% でやや低い。

(2) 第 1 主成分の意味づけとして、いずれの Case とも容積重をはじめ曲げ強さ、かたさ等木材の強度に関係する特性値の影響が大きいたくがきらかにあった。ただ Case 3 では収縮率の関与もやや大きい。第 2 主成分に対して大きく関与している特性値は各 Case で異なり、Case 1 では木材の変形に関する特性値、Case 3 では木材の繊維形態およびパルプ製造に関する特性値、Case 4 では抽出成分に関する特性値、Case 6 では木材の水分に関する特性値の影響が大きくあらわれた。ここで、Case 2 および Case 5 の第 2 主成分に大きく関与する特性値の共通性を見出すのはやや困難であった。

(3) 素材としての樹種区分は Case 2 ( $Z_1$ - $Z_2$  軸) で もっとも良好な結果が示されたが、この場合樹種数は 49 であり、61 樹種について分析を行った Case 1 ( $Z_1$ - $Z_2$  軸) でも樹種数の相違を考慮すれば Case 2 と大差はなく樹種区分を行うことができるものと考えられる。

(4) 合板用材、パルプ用材、ファイバーボード用材に対する樹種区分は、いずれの場合でもかなり悪い結果しか得られなかった。しかし、合板用材に対する樹種区分は Case 1 ( $Z_1$ - $Z_2$  軸) および Case 5 ( $Z_1$ - $Z_2$  軸)、パルプ用材およびファイバーボード用材に対する樹種区分は Case 3 ( $Z_1$ - $Z_3$  軸) である程度までは行うことができる。

(5) 利用区分が不明確な樹種が導入された場合でも、容積重、曲げヤング係数、曲げ強さ、初期含水率、収縮異方度、容積収縮率、おちこみの程度の 7 特性値が求められれば、(4)式から component score の概略値を計算することができ、Case 1 の第 1、第 2 主成分軸に対してプロットすることにより、その樹種の利用適性を推定できる。



## 文 献

- 1) IUFRO Working party on slicing and veneer cutting: Veneer species of the world. (Assembled at the Forest Products Laboratory, Forest Service U. S. Department of Agriculture, Madison, Wisconsin, USA), (1976)
- 2) J. F. Lutz: Veneer species that grow in the United States. U. S. Department of Agriculture, Forest Service Research Paper FPL 167, (1972)
- 3) N. H. Kloot and E. Bolza: Properties of timbers imported into Australia. Division of Forest Products Technological Paper No. 12, C. S. I. R. O. Australia, (1961)
- 4) 静岡県工業試験場工芸部プロジェクトチーム: 南方材の加工技術に関する研究, 静岡県工業試験場報告第20号, (1975)
- 5) C. L. VAUGHAN: Variation in some grading standards. Meeting of IUFRO Section 41, (1965)
- 6) 木材部: 南洋材の性質 1, カンボジア産材の性質 (1), 林試研報, 190, (1966)
- 7) 木材部: 南洋材の性質 2, サラワク産メランチ類木材の性質, 林試研報, 190, (1966)
- 8) 木材部: 南洋材の性質 3, カンボジア産材の性質 (2), 林試研報, 194, (1966)
- 9) 木材部: 南洋材の性質 4, 北ボルネオ産カプール材の性質, 林試研報, 197, (1967)
- 10) 香山 強・菊池文彦・高野 勲・宇佐美国典: 南洋材の性質 5, カンボジア産材の性質 (3), カンボジア産材 8 樹種のパルプ化, 林試研報, 197, (1967)
- 11) 青山経雄: 南洋材の性質 6, 丸ノコによる被削性試験 1, サラワク産レッドメランチ類木材およびカンボジア産材の丸ノコによる被削性試験, 林試研報, 200, (1967)
- 12) 木材部: 南洋材の性質 7, カリマンタン産クルイン材の性質, 林試研報, 206, (1967)
- 13) 松岡昭四郎・庄司要作: 南洋材の性質 8, カンボジア産材 8 樹種の耐朽性試験, 林試研報, 206, (1967)
- 14) パルプ研究室・繊維板研究室: 南洋材の性質 9, 南洋材数種 (フタバガキ科) のパルプ化およびファイバーボード製造試験, 林試研報, 207, (1967)
- 15) 木材部: 南洋材の性質 10, フィリピン産アビトン材の性質, 林試研報, 208, (1968)
- 16) 木材部: 南洋材の性質 11, カリマンタン産バンキライ および ホワイトメランチ材の性質, 林試研報, 218, (1968)
- 17) 木材部・林産化学部: 南洋材の性質 12, カリマンタン産 13 樹種の性質, 林試研報, 218, (1968)
- 18) 木材部・林産化学部: 南洋材の性質 13, マラヤ産クルイン材の性質, 林試研報, 221, (1969)
- 19) 松岡昭四郎: 南洋材の性質 14, カリマンタン産バンキライ, ホワイトメランチ, カリマンタン産 13 樹種およびマラヤ産クルインの耐朽性試験, 林試研報, 230, (1970)
- 20) 森屋和美・菅野養作・千葉保人: 南洋材の性質 15, マラヤ産クルイン材のひき板接着適性, 林試研報, 231, (1970)
- 21) 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, (1971)
- 22) 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, (1972)
- 23) 木材部・林産化学部: 南洋材の性質 18, サラワク, ニューギニア産 8 樹種の性質, 林試研報, 254, (1973)
- 24) 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, (1974)
- 25) 木材部・林産化学部: 南洋材の性質 20, ニューギニア, その他地区産 9 樹種の性質, 林試研報, 269, (1974)
- 26) 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, (1975)
- 27) F. CAILLIEZ et P. GUERNEAU: Analyse en Composantes principales des propriétés technologiques des Bois Malagaches, Cahiers Scientifiques, No. 2, (1972)
- 28) 石間紀男: 主成分分析, 農林研究計算センター報告, A 第 5 号, 農林水産技術会議事務局, (1969)
- 29) 河口至商: 多変量解析入門 (数学ライブラリー 32), 森北出版株式会社, (1973)
- 30) 奥野忠一, 他 3 名: 多変量解析法, 日科技連出版社, (1971)

## Grouping of Tropical Woods in Accordance with the Utilization by Principal Component Analysis

Sadaaki OHTA<sup>(1)</sup> and Nobuyuki KINOSHITA<sup>(2)</sup>

### Summary

In this present report, the authors intended to apply the Principal Component Analysis (P. C. A.) as a method for a more accurate estimation and for a classification of tropical woods related to the different end use requirements. At the same time, the accuracy of grouping of species depending on wood quality and the extent of information were examined in application of P. C. A. It is convenient for prediction of the utilization of unused tropical woods for industrial purposes that the woods be classified into some group, graphically.

During the last ten years, the investigations of fundamental characteristics and applied researches for wood industry have been carried out on tropical woods. In the above investigations at the Wood Technology Division and the Forest Products Chemistry Division (Government Forest Experiment Station, Japan), 195 variables were examined for 67 species (27 families, 47 genera), and the species were ranked from I to V in accordance with the value of characteristics. Among 195 variables, 46 variables were chosen in accordance with the subject of this study, and P. C. A. was carried out on six cases. The species chosen in each case were shown in Table 2 and variables selected were shown in Table 3. Relative frequency of specific gravity for species chosen in each case was shown in Fig. 1. Generally, the species with low specific gravity showed high frequency with the exception of case 1 and case 4.

The purpose of case 1 analysis was to obtain the grouping of species for solid wood, plywood, and pulp. The variables in relation to wood mechanical properties, wood deformation, wood drying properties and wood durability were selected. The purpose of case 2 analysis was similar to that of case 1, but the variables were somewhat different from case 1. In case 2, the variables such as compressive strength, shearing strength and absorbed energy in impact bending associated with the wood mechanical properties, and the variable associated with wood deformation, such as shrinkage (T + R), and wood gluing, curing time in painting were added to the variables in case 1. The purpose of case 3 was to obtain the grouping of species for pulping mainly, and the variables in relation to fundamental characteristics, anatomical properties (fiber structure), solubility of wood, wood chemical composition and quality of pulp were selected. In case 4, the purpose was to obtain the grouping of species for solid wood, pulp and fiber board. The variables of fundamental properties of wood (mechanical, chemical and anatomical properties) were selected. The purpose of case 5 and case 6 was to obtain the grouping of species which were suitable for plywood manufacture. The variables related to the basic properties of wood and to the properties of veneer peeling, drying and gluing were selected. In case 6, the variables related to water absorption were added to the variables in case 5.

Because the unit was different in each variable, the analysis was based on the correlation

---

Received June 1, 1976

(1) (2) Wood Technology Division

matrix that was shown in Tables 6, 10, 13, 16, 20 and 21. The calculated eigen vector was shown in Tables 7, 11, 14, 17, 22 and 23 for case 1 to case 6, respectively. The result of eigen value, contribution and cumulative contribution for the first to the fourth principal component were shown in Table 4. The loading factor plotted for the first ( $Z_1$ ) and the second ( $Z_2$ ) principal component or the first ( $Z_1$ ) and the third ( $Z_3$ ) principal component were shown in Figs. 2, 4, 6, 8, 10 and 11 for each case, respectively.

Grouping of species for solid wood, plywood, pulp, and fiber board was conducted by the following criterions.

For solid wood :

Group of high strength species : higher than 1,331 kg/cm<sup>2</sup> of modulus of rupture in static bending, parallel to grain. Group of low strength species : lower than 600 kg/cm<sup>2</sup> of modulus of rupture in static bending, parallel to grain. Group of large shrinkage species : larger than 9.9% in tangential, 5.1% in radial direction, from green to oven-dry. Group of species requiring long drying time : longer than 15.6 days, 27 mm thick lumber by suitable schedule with internal fan type dry kiln. Group of species with large drying deformation : larger than the grade IV, where the species were classified from grade I (very small deformation) to grade VII (very large deformation). Group of low gluability species : lower than 110 kg/cm<sup>2</sup> in block shear strength, urea resin adhesives. Group of low durability species : larger than 13% in weight loss, *Coriolus versicolor*, JIS Z 2119-1958.

For plywood :

Group of low quality veneer surface species : larger than the grade of IV, where the species were classified from grade I (high quality) to grade V (low quality). Group of deep lathe check species : larger than 46% in ratio of lathe check depth to veneer thickness in percent. Group of species requiring long time in veneer drying : longer than 6.8 min. of 1 mm thick veneer at 140°C temperature. Group of species large warp of veneer : higher than 15.9 cm in stacking height of 50 sheets dried veneer of 30 cm square. Group of low gluing veneer species : lower than 1.13 in ratio of shear strength to that of Red lauan (*Shorea negrosensis*).

For pulp :

Group of high pulp yield species : higher than 45% in yield of unbleached kraft pulp. Group of high Roe-number species : higher than 5.6 in Tappi standard T 202 os -61. Group of low brightness (post color number) species : lower than 19.0 in unbleached pulp, defined by Gierty, Svensk Papperstidn, 48, 317, 1945. Group of conspicuous pitch trouble species : larger than grade IV, where the species were classified from grade I (not conspicuous) to grade V (conspicuous).

For fiber board :

Group of low fiber board yield species : lower than 78.6% in asplund process.

Group of low fiber board bending strength species : lower than 300 kg/cm<sup>2</sup> in non-sized fiber board.

The results were summarized as follows:

(1) Among six cases in this report, the highest value of cumulative contribution (from the first to the third principal component) was obtained in case 1 (78.0%). The cumulative contribution of case 2 (76.6%) was almost equal to that of case 1. In cases 3, 4, 5 and 6, values of cumulative contribution were given lower (approx. 60%) than case 1 and case 2. In those cases, the value of contribution for the first principal component was given at very low level (about 30% to 40%), but the value of contribution for the second principal component

was higher than the values in case 1 and case 2.

(2) Considering the characteristics of principal component ( $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $Z_3$ ) in each case by the loading factor shown in Figs. 2, 4, 6, 8, 10 and 11, it was apparent that the wood strength properties such as specific gravity, Young's modulus, modulus of rupture in bending and so forth would influence the first principal component with the exception of case 3. In case 3, as the variables affected the first principal component largely, specific gravity, Young's modulus in bending, shrinkage ( $T + R$ ), bending strength of fiber board and solubility content of wood were given. It might be difficult to explain the characteristics of the first principal component by the above variables.

The characteristics of the second principal component were different in each case. The variables which affected the second principal component in case 1 were anisotropy of shrinkage ( $T + R$ ), volumetric shrinkage and deformation of lumber in kiln drying. These variables were considered to be related to the properties of wood deformation. In case 2, anisotropy of shrinkage, curing time in painting and durability had a large effect on the second principal component. It was difficult to clarify the characteristics of the second principal component ( $Z_2$ ) by the above variables. In case 3, the influence of fiber structure and variables related to pulping appeared largely on  $Z_2$ . In case 4,  $Z_2$  seemed to be affected by the solubility contents of wood. Almost similar variables were selected in case 5 and case 6. Although, it was difficult to explain the characteristic of  $Z_2$  in case 5,  $Z_2$  in case 6 seemed to be affected by the properties concerning the moisture content of wood.

With the exception of case 4, the characteristics of the third principal component could not be distinguished. In case 4, the third principal component was considered to be affected by wood cell structure.

(3) Figs. 3, 5, 7, 9, 12 and 13 showed the results that the component score of species examined were plotted for the first ( $Z_1$ ) and the second ( $Z_2$ ) principal component or the first ( $Z_1$ ) and the third ( $Z_3$ ) principal component, and the grouping of species which had almost the same properties for factors, such as strength, drying properties, durability or the like by the criterions described before.

Considering the grouping of species in case 1, the group of species belonging to high strength group was made in the quadrant I and IV, as an individual group. When the properties of species belonging to the above two groups were compared with one another, anisotropy of shrinkage was higher in species belonging to the quadrant IV than to the quadrant I, but volumetric shrinkage and deformation by drying were higher in the quadrant I than in the quadrant IV, as shown in Table 8. Especially, the difference of properties between the species belonging to the quadrant I and to the quadrant IV was evident in the deformation by drying. It was evident from Fig. 3-1 that the species belonging to the low strength group showed the low durability and low gluing. In general, the grouping of species for each factor concerned to the solid wood seemed to be possible pretty well. But, the following species which should be included in the group were not included, namely (38) (species No. shown in Table 3) for high strength group, (10), (13), (50) for low gluing group, (1), (19) for large deformation group, (35), (38), (54) for low durability group.

The results of grouping of species for plywood and for pulp were shown in Fig. 3-2 and Fig. 3-3 respectively. Comparing to the grouping of species for solid wood, the accuracy of grouping for plywood and pulp was given at low level. In this case, in spite of deep lathe check of (7), (9), (44), (52), (59), (60) and (64), low quality of veneer surface of (1), (5),

(59), (63) and (64), low pulp yield of (3), (4), (7), (42), (53) and (63), these species were not included in each group. On the other hand, (7), (47) and (58) were included in the group in spite of small warp of veneer. Grouping of species which would require the longer drying time of veneer was not difficult in case 1. Fig. 3-4 showed the grouping for  $Z_1-Z_3$  plane of case 1. The accuracy of grouping for solid wood seemed to be nearly equal to the accuracy in  $Z_1-Z_2$ .

In case 2, the accuracy of grouping of species seemed to be higher than in case 1. The difference of the grouping accuracy between case 1 and case 2 was considered to be small, because the species analyzed were fewer in case 2 (49 species) than in case 1 (64 species).

It was difficult to make a group of species for some factors related to the pulping such as Roe-number, pulp yield and tear strength of unbleached pulp in principal component  $Z_1-Z_2$ , but it became possible to some extent in principal component  $Z_1-Z_3$ , in case 3. Even in grouping for  $Z_1-Z_3$  plane, the accuracy of grouping was fairly low.

The authors attempted to group the species for solid wood, pulp and fiber board in case 4. The accuracy of grouping for drying time, deformation by drying, durability and gluability was nearly equal to that in case 1. The extent of distribution of species grouped in high and low strength groups became wider than that of distribution in case 1 and case 2. In case 4, the extent of distribution of species grouped by the factors related to pulping were wide and the accuracy of grouping became very low. Although the grouping of species for curing time in painting and pitch trouble was attempted, it was difficult to make a group. When the distribution range and the accuracy of grouping were compared in  $Z_1-Z_2$  and in  $Z_1-Z_3$ , the result in the former seemed to be better than that in the latter.

In case 5 and case 6, the grouping of species for plywood was attempted. In case 6, it was difficult to group the species which showed the deep lathe check. For other factors related to plywood such as veneer surface quality, drying time, warp and gluability of veneer, species were grouped as shown in Fig. 12 and Fig. 13 for case 5 and case 6, respectively. The accuracy of grouping were low in both cases.

Table 25 showed the results of component score calculated by equation 4 for few variables (specific gravity, Yoeng's modulus in bending, modulus of rupture in bending, green moisture content, anisotropy of shrinkage, volumetric shrinkage and deformation of wood by drying) chosen from 11 variables in case 1. The variables chosen showed higher value of eigen vector than that of other variables for the first and the second principal component. When the component score calculated by 11 variables and 7 variables were compared, the difference of component score was not particularly large. From these results, it would be possible to estimate the utilization of unused tropical woods to some extent to obtain the value of seven variables for them.

As a conclusion for the grouping of species, it seemed to be possible to group the species for solid wood by case 1 and case 2 most exactly, in this report. As for the grouping of species for plywood, pulp and fiber board, the accuracy of grouping was low in every case. However, it was considered to be possible to group the species for plywood by case 1 and 5, for pulp and fiber board by case 3 to some extent.

