

南洋材乾燥スケジュールの類型化

久田卓興⁽¹⁾・佐藤庄一⁽²⁾・鷺見博史⁽³⁾Takuoki HISADA, Shoichi SATO and Hiroshi SUMI :
Patterning of Kiln Drying Schedules of
Tropical Woods

要旨：木材の人工乾燥では材を損傷すくなく、できるだけ短時間で乾燥するため、樹種や材種に応じて各種の温湿度条件の組み合わせ（乾燥スケジュール）が適用されるが、その形式はスケジュール作成者により必ずしも一定ではない。そのため本報ではこれまでに取り上げた南洋材約 60 樹種の乾燥スケジュールを類型化することにより、標準的なスケジュールパターンを決定した。類型化に際しては主成分分析法を応用し、乾燥スケジュールを乾球温度スケジュール、乾湿球温度差スケジュール別に各 25 種類に分類して、これに対応する形で同数の乾燥スケジュールを定めた。

類型化スケジュールの適用法に関しては、あるパターンの乾燥スケジュールが類型化スケジュールのどれに最も近いかを探す方法として、1) スケジュールパターンの作図による方法、2) 数値計算による方法、3) 類型化のためのチャートを用いる方法の 3 つを示した。また、乾燥スケジュールが未知な木材に対して、類型化スケジュールを適用する方法についても検討し、そのための計算式を示すとともに、類型化チャートを作成した。これは小試片による急速乾燥試験にもとづいて、適正とされる乾燥スケジュールの類型番号を求めるもので、実大材に対する乾燥試験条件の設定や、乾燥現場における乾燥スケジュールの決定に役立つものである。

目次

1. 緒言	122
2. 南洋材の乾燥スケジュールの概要	122
3. 南洋材の乾燥スケジュールの類型化	128
3.1. 南洋材乾燥スケジュールの一般的形式	128
3.2. 主成分分析による乾燥スケジュールの分類	131
(1) 乾燥スケジュールに対する主成分分析	133
(2) 温度スケジュールの分類	136
(3) 温度差スケジュールの分類	136
3.3. 類型化スケジュールの作成	141
4. 各種南洋材に対する類型化スケジュールの適用法	145
4.1. 類型化スケジュールの概要	145
4.2. 乾燥スケジュールの類型番号の求め方	148
(1) スケジュールパターンから求める方法	148
(2) 数値計算による方法	149
(3) 類型化チャートを用いる方法	151
4.3. 各種南洋材の乾燥スケジュール類型番号の一覧表	151
5. 乾燥スケジュール未知の木材に対する類型化スケジュールの適用法	152
5.1. 乾燥スケジュールの予測	152
5.2. チャート利用によるスケジュール類型番号の求め方	158

6. ま と め	159
引用文献	162
Summary	163

1. 緒 言

木材の人工乾燥では、材を損傷少なく、迅速に乾燥するため、樹種・材種ごとに基準とされる乾燥スケジュールが決められている。林業試験場木材部乾燥研究室ではこれまでに多くの南洋材に対して、樹種別の基準的な乾燥スケジュールを発表してきた。発表した乾燥スケジュールの種類は約60種に及び、その種類は今後もなお増加することが予想される。しかし、これらの乾燥スケジュールの中にはその形式がかなり類似していて、実用的にはどちらか一方のスケジュールで代用できると思われるものもいくつか見られる。そこで、今回南洋材の乾燥スケジュールを何種類かに分類し、これに対応して類型化スケジュールを作成し、スケジュールの標準化をはかりたいと考えた。

本報は、はじめに南洋材の乾燥スケジュールの一般的形式について分析し、これを基に乾燥スケジュールの分類を行った。分類に際しては、乾燥スケジュールの類型化の目的から分類数ある程度少数に制限したいと考えた。すなわち、類型化スケジュールの含み得る範囲に一定の制限を加えた。そのため一部の特殊な材にあっては類型化の対象から除外せざるを得ないものもあった。この報告で最終的に作成した類型化スケジュールの数は、乾球温度に関して25種類、乾湿球温度差に関して25種類である。

次に、類型化スケジュールの適用法、すなわち、ある樹種の乾燥スケジュールが類型化スケジュールのどれに最も近いかを探す方法として、次の3つの方法を示した。スケジュールパターンを作図し、図上で最も近いものを探す方法、数値計算による方法、類型化チャートを用いる方法である。これらはそれぞれ取り扱いが簡便なこと、計算機利用に対応できること、チャートを用いるため面倒な計算を必要としないことが特徴である。各種南洋材の乾燥スケジュールに対し、類型化スケジュールをあてはめた結果については、樹種別の類型番号を一覧表で示している。

乾燥スケジュールが未知な木材に対する類型番号を求めるには、適正スケジュールの予測と予測されたスケジュールの類型化の2つのプロセスが必要となる。本報では小試片を用いた急速乾燥試験から適正スケジュールを予測し、これから類型番号を求める方法について述べた。類値計算による方法と、チャートを利用する2つの方法を示しているが、この中でチャートを用いる方法は、急速乾燥試験の諸数値から直接乾燥スケジュールの類型番号が求められる点で、利用上便利なものと思われる。

本報では、随所にやや面倒な計算式が現れるが、類型化スケジュールの具体的な利用に当たっては、これらは必ずしも不可欠なものではなく、第4章および第5章の類型化チャートの使い方を理解するのみで、十分間に合うようになっている。また、本報にはこれまでに発表した約60樹種の南洋材の乾燥スケジュールの類型番号のほかに、木材乾燥に関係の深いと思われるいくつかの材質的特性値を一括して収録し、実務的な手引として役立つよう配慮した。

2. 南洋材の乾燥スケジュールの概要

人工乾燥スケジュールは樹種や被乾燥材の厚さ、木取りなどによって異なり、さらに同一材種であって

も材の性状や、その材に、要求される仕上がり品質に応じて、それぞれ多少の違いがある。木材部乾燥研究室ではこれまでに多くの樹種を対象にして、基準となる乾燥スケジュールを発表してきた。これはプレナ仕上げした厚さ 2.7 cm の欠点の無い材を、損傷少なく乾燥するためのスケジュールで、柁目材の含水率を基準にして乾球温度、乾湿球温度差の変化方法を定めたものである。この乾燥スケジュールは樹種別に林業試験場研究報告に詳細に報告されている¹¹⁻¹³⁾。乾燥スケジュールの決定方法は、概略次のとおりである。

乾燥スケジュールが未知の木材の乾燥スケジュールを求めるには、まず小さな形状の試片を用いて予備的試験を行う。これは 100°C 試験法¹⁴⁾と呼ばれ、厚さ 2 cm、幅 10 cm、長さ 20 cm の板目材を 100°C の恒温器に入れて乾燥し、発生する損傷の程度から厚さ 2~3 cm の材の適正乾燥スケジュールを推定しようとするものである。基準的なスケジュールを求めるには、100°C 試験の結果に基づいてまず第 1 回目の乾燥スケジュール試験を行う。試験材は幅 20 cm、長さ 60 cm、厚さ 2.7 cm の板目材と柁目材を用いるが、試験材の両木口には銀ニスをコーティングし、実大材の乾燥に近似させている。第 2 回目以後の乾燥スケジュール試験においては、第 1 回目の試験結果を勘案して乾燥条件を変え、この試験を 2、3 回繰り返す。その後、これら数回の試験結果を参考にして最終的に適正と思われる基準的なスケジュールを決定している。

本報では乾燥スケジュールの類型化に関して、約 60 樹種の南洋材の乾燥スケジュールを取り扱った。各樹種の基準的な乾燥スケジュールは乾燥日数とともに Table 1 に示した。

乾燥スケジュールは数値化して示されているが、この値は次のような性質のものである。樹種ごとの乾燥スケジュールを含水率に対して図示すると、Fig. 1 の例に示すような階段状のグラフになる。このグラフの形は樹種によりさまざまであるが、階段状の線を平均化して見ると、多くの樹種ではその形が片対数グラフ上ではほぼ直線的である。そこで乾燥スケジュールを数値化して表示する方法として、この直線を数式で示し、直線式(1)、(2)の各係数と初期および末期の温度ならびに温度差の合計 8 つの数値を用いる方法をとった。直線式は階段状グラフの各折点を座標上の 1 点とする回帰式で、次式に示すものである。

$$\theta = \exp(a - bu) \dots\dots\dots(1)$$

$$\Delta\theta = \exp(c - du) \dots\dots\dots(2)$$

すなわち、乾球温度スケジュールは初期温度 (θ_1)、末期温度 (θ_2)、係数 a 、 b の 4 つの数値で、また乾湿球温度差スケジュールは初

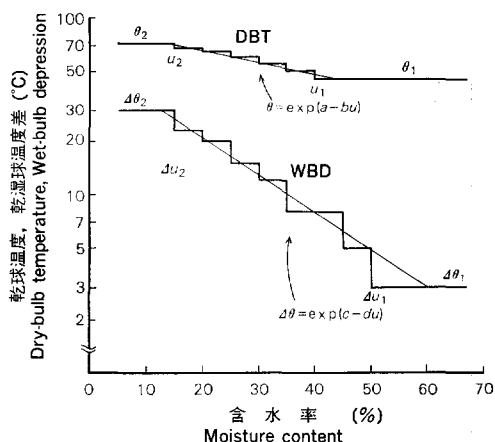


Fig. 1. 乾燥スケジュール例とその数値化
An example of kiln drying schedule and numerical expression.

- $\theta, \theta_1, \theta_2$: 乾球温度 Dry-bulb temperature.
- $\Delta\theta, \Delta\theta_1, \Delta\theta_2$: 乾湿球温度差 Wet-bulb depression.
- $u_1, \Delta u_1$: 初期条件の変化開始含水率
Moisture content at the first change of initial condition.
- $u_2, \Delta u_2$: 末期条件に入る時の含水率
Moisture content at the final condition start.

Table 1. 乾燥スケジュールを表すための
The numbers for expression of the

	樹 種 名 Species	原木記号 ^① Mark of log	乾 球 温 度 Dry-bulb temperature		
			初 期 Initial condition θ_1 (°C)	末 期 Final condition θ_2 (°C)	定 数 ^② Constant a
1	キャンブノスパーマ <i>Camposperma brevipetiolata</i>	X E	50	80	4.431
2	スポンジアス <i>Spondias</i> sp.	XIII A	70	90	4.559
3	アルストニア <i>Alstonia</i> sp.	XII A	60	80	4.553
4	ジュルトン <i>Dyera</i> sp.	VII A	55	80	4.331
5	アガチス <i>Agathis</i> sp.	XII H	70	90	4.648
6	カナリウム <i>Canarium</i> sp.	XI H	—	—	—
7	ターミナリア <i>Terminalia</i> sp.	X D	60	90	4.581
8	ターミナリア <i>Terminalia</i> sp.	XII F	60	80	4.553
9	エリマ <i>Octomeles sumatrana</i>	X B	50	75	4.471
10	プジック <i>Anisoptera glabra</i>	II C	45	70	4.317
11	ギアム <i>Cotylelobium</i> sp.	VII E	45	70	4.355
12	アピトン <i>Dipterocarpus</i> sp.	V A	45	72	4.505
13	チュテールサル <i>D. alatus</i>	II A	45	75	4.498
14	チュテールバンコイ <i>D. insularis</i>	II A	45	75	4.498
15	クルイン <i>Dipterocarpus</i> sp.	IV A-1	47	75	4.534
16	クルイン <i>Dipterocarpus</i> sp.	IV A-2	45	70	4.483
17	クルイン <i>Dipterocarpus</i> sp.	VII A	46	70	4.559
18	クルイン <i>Dipterocarpus</i> sp.	VII A	—	—	—
19	カプール <i>Dryobalanops</i> sp.	III A-1	46	70	4.559
20	カプール <i>Dryobalanops</i> sp.	III A-2	46	70	4.559
21	コキークサイ <i>Hopea pierrei</i>	II E	45	75	4.510
22	センガワン <i>Shorea albida</i>	XIII E	55	80	4.579
23	レッドラワン <i>S. negrosensis</i>	IX A	60	85	4.625
24-1	レッドメランチ <i>Shorea (Rubroshorea)</i> sp.	I B	53	80	4.536
24-2	レッドメランチ <i>Shorea (Rubroshorea)</i> sp.	I C	55	85	4.615
24-3	レッドメランチ <i>Shorea (Rubroshorea)</i> sp.	I D	50	80	4.579
25	ライトレッドメランチ <i>Shorea (Rubroshorea)</i> sp.	VII G	57	80	4.490
26	ホワイトメランチ <i>Shorea (Anthoshorea)</i> sp.	VII B	55	80	4.512
27	コムニヤン <i>S. hypochra</i>	II B	45	80	4.467
28	イエローメランチ <i>Shorea (Richetioides)</i> sp.	I E	50	90	4.575
29	イエローメランチ <i>Shorea (Richetioides)</i> sp.	XII G	60	80	4.552
30	バンキライ <i>Shorea (Shorea)</i> sp.	VIA	45	75	4.688
31	バラウ <i>Shorea (Shorea)</i> sp.	VII H	45	75	4.504
32	バラウ <i>Shorea (Sharea)</i> sp.	VII I	45	70	4.407
33	バラウ <i>Shorea (Shorea)</i> sp.	VII J	45	70	4.582
34	レサック <i>Vatica</i> sp.	VII F	45	75	4.378
35	ニューギニア バスウッド <i>Endospermum medullosum</i>	XI E	65	80	4.489
36	ニューゼーランド ビーチ(1) <i>Nothofagus</i> sp.	XIII F-1	45	70	4.483
37	ニューゼーランド ビーチ(2) <i>Nothofagus</i> sp.	XIII F-3	55	80	4.654

諸数値と乾燥日数

drying schedule and drying time.

スケジュール schedule			乾湿球温度差スケジュール Wet-bulb depression schedule						乾燥日数
定数 ^② Constant <i>b</i>	変化時 含水率 ^③ M. C. u_1 (%)	末期 含水率 ^③ M. C. u_2 (%)	初期 Condition $\Delta\theta_1$ (°C)	末期 Condition $\Delta\theta_2$ (°C)	定数 ^② Constant <i>c</i>	定数 ^② Constant <i>d</i>	変化時 含水率 ^③ M. C. Δu_1 (%)	末期 含水率 ^③ M. C. Δu_2 (%)	Drying time (day)
0.00707	70	20	3.5	30	3.674	0.02824	80	15	9.5
0.00710	40	20	7	30	4.626	0.04734	50	25	3.5
0.01072	40	20	5	30	4.044	0.03818	60	20	3
0.00316	94	15	4.5	30	3.544	0.02146	94	15	5
0.00937	40	20	6	30	4.135	0.04156	50	20	2.5
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.01164	40	15	4	30	4.076	0.05027	50	15	7
0.01072	40	20	5	30	4.044	0.03818	60	20	4
0.01318	40	15	3.5	30	4.342	0.06353	45	15	11
0.00980	50	15	2.5	30	4.075	0.05241	60	15	18
0.01457	40	13	1.5	25	3.845	0.08054	45	11	23
0.01565	40	15	3	30	4.138	0.05320	50	15	11
0.01546	40	15	3	30	4.398	0.06402	45	15	14
0.01546	40	15	3	30	4.398	0.06402	45	15	14
0.01628	40	15	2	30	4.472	0.07905	43	15	14
0.01758	35	15	2	30	4.444	0.07882	43	15	13
0.01714	40	20	2.5	30	4.324	0.06869	50	15	19
—	40	20	—	—	—	—	50	15	—
0.01714	40	20	2.5	30	4.290	0.06366	50	15	16
0.01714	40	20	2.5	30	4.290	0.06366	50	15	16
0.01249	55	20	2	25	4.211	0.05715	60	20	20
0.01493	35	15	2	30	4.383	0.07546	45	15	11
0.01389	35	15	5	30	4.009	0.04929	45	15	6.5
0.01573	35	15	3.5	30	4.076	0.05620	50	15	8
0.01614	35	15	4	30	4.082	0.05250	50	15	6
0.01874	35	15	3	30	4.133	0.05866	50	15	10
0.00918	45	15	4	30	4.152	0.04928	47	15	7
0.01627	30	12	4	30	4.605	0.10729	40	12	7.5
0.01169	60	15	2	30	4.151	0.06077	60	15	22
0.01667	40	15	2.5	30	4.454	0.05990	70	15	10
0.01072	40	20	5	30	4.416	0.05411	50	20	9
0.03293	27	14	1.8	25	5.394	0.15475	30	14	21
0.01420	50	15	2	30	4.096	0.06156	50	13	29
0.01605	40	15	1.8	25	4.243	0.08769	42	15	29
0.02672	30	15	1.8	25	4.669	0.12388	33	12	25
0.01087	55	17	1.5	30	3.828	0.05458	70	13	26
0.00692	40	20	5	30	3.964	0.04073	50	15	2.5
0.01758	35	15	3	30	4.241	0.05825	50	15	14
0.01493	40	20	4	30	4.581	0.06038	50	20	4.5

Table 1. (つづき) (Continued)

	樹 種 名 Species		原木記号 ^① Mark of log	乾 球 温 度 Dry-bulb temperature		
				初 期 Initial condition θ_1 (°C)	末 期 Final condition θ_2 (°C)	定 数 ^② Constant a
38	ボルネオオーク	<i>Quercus</i> sp.	VII K	45	70	4.433
39	アラス	<i>Homalium foetidum</i>	XII E	45	65	4.413
40	ラミン	<i>Gonystylus bancanus</i>	XI C	50	75	4.531
41	カロフィルム	<i>Calophyllum</i> sp.	X G	55	80	4.523
42	ゲロンガン	<i>Cratoxylon arborescens</i>	XIII D	55	80	4.579
43	ウリン	<i>Eusideroxylon zwageri</i>	XII J	45	65	4.413
44	リツェア	<i>Litsea</i> sp.	XI F	65	90	4.582
45	アルビジア	<i>Albizia falcata</i>	XIII H	—	—	—
46	インツェア	<i>Intsia</i> sp.	XI D	65	85	4.517
47	メンゲリス	<i>Koompassia excelsa</i>	XII I	50	75	4.531
48	ロヨン	<i>Parkia streptocarpa</i>	II D	60	80	4.673
49	セプターパヤ	<i>Pseudosindora palustris</i>	XI B	55	75	4.595
50	チャンパカ	<i>Michelia</i> sp.	VII D	57	80	4.449
51	ジョンコン	<i>Dactylocladus stenostachys</i>	XI A	60	80	4.460
52	ケレダン	<i>Artocarpus</i> sp.	VII L	54	80	4.339
53	カメレレ	<i>Eucalyptus deglupta</i>	XII D	50	70	4.450
54	ケラット	<i>Eugenia</i> sp.	VIII M	45	70	4.329
55	ロンリヤン	<i>Tristania</i> sp.	II G	45	70	4.492
56	スロールクラハム	<i>Dacrydium elatum</i>	II F	60	85	4.535
57	ラブラ	<i>Anthocephalus cadamba</i>	XII B	50	75	4.570
58	タウン	<i>Pometias pinnata</i>	X C	55	80	4.523
59	ナトー	<i>Palaquium</i> sp.	X F	45	70	4.418
60	プランチョネ	<i>Planchonella</i> sp.	XIII B	60	80	4.639
61	ホワイトシリス	<i>Ailanthus</i> sp.	X A	60	90	4.581
62	アンペロイ	<i>Pterocymbium beccarii</i>	XIII C	70	90	4.559
63	テラリン	<i>Tarrietia</i> sp.	VII C	53	75	4.363
64	カラス	<i>Aquilaria melaccensis</i>	VII B	60	80	4.382
65	セルチス	<i>Celtis</i> sp.	XII C	60	80	4.553
66	グメリナ	<i>Gmelina</i> sp.	XI G	65	85	4.548
67	チーク	<i>Tectona grandis</i>	XIII G	70	90	4.724

スケジュール schedule			乾湿球温度差スケジュール Wet-bulb depression schedule						乾燥日数
定数 Constant b	③ 変化時 含水率 M. C. u_1 (%)	③ 末期 含水率 M. C. u_2 (%)	初期 Initial Condition $\Delta\theta_1$ (°C)	末期 Final Condition $\Delta\theta_2$ (°C)	② 定数 Constant c	② 定数 Constant d	③ 変化時 含水率 M. C. Δu_1 (%)	③ 末期 含水率 M. C. Δu_2 (%)	Drying time (day)
0.01639	40	14	1.8	25	4.129	0.08423	42	12	27
0.01833	30	15	2	20	3.744	0.07250	40	15	15
0.01615	35	15	3.5	25	3.919	0.05398	45	15	5
0.01218	40	15	4	30	4.121	0.05571	45	15	8
0.01493	35	15	3	30	4.144	0.05494	55	15	8.5
0.01833	30	15	2	15	3.786	0.08111	35	15	38
0.00845	45	15	4	30	3.703	0.03072	70	15	10
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.00775	40	15	5	30	4.206	0.04446	55	20	11
0.01615	35	15	3	30	4.648	0.07760	40	15	10
0.01809	30	20	6	30	4.248	0.06048	60	15	4.5
0.01547	35	20	2.5	25	4.464	0.08528	40	15	9
0.00469	80	20	4	30	3.895	0.02411	90	20	7.5
0.00718	45	15	4	30	3.945	0.04309	55	15	5
0.00351	100	17	4	30	3.806	0.03006	100	17	6
0.01255	40	20	3	25	4.320	0.06100	50	20	12
0.00612	84	20	2.5	25	3.571	0.03215	84	15	32
0.02342	30	12	2	25	4.170	0.11391	30	12	25
0.00809	50	20	5	30	3.806	0.02377	110	20	6.5
0.01744	35	15	3	25	3.830	0.05007	50	15	5
0.01218	40	15	4	30	4.121	0.05571	45	15	10
0.01394	40	15	3	30	4.024	0.05102	60	15	16
0.01436	35	20	5	30	4.349	0.05144	50	20	4.5
0.01164	40	15	4	30	4.076	0.05027	50	15	6
0.00710	40	20	7	30	4.243	0.03485	60	25	3
0.00825	50	13	3	25	3.985	0.06972	40	13	11
0.00510	50	15	5.5	30	3.555	0.02568	65	15	3.5
0.01072	40	20	5	30	4.104	0.03926	50	20	5
0.00670	50	20	6	30	3.973	0.03000	65	20	13
0.01255	35	20	7	30	4.300	0.04904	45	20	8.5

① 林試研報 No. 277¹⁵⁾(1975) による。Marks of log are same as in Bulletin No. 277¹⁵⁾(1975).
 ② Fig. 1 における次式の定数, $\theta = \exp(a-bu)$, $\Delta\theta = \exp(c-du)$, Constants of equations in Fig. 1.
 ③ Fig. 1 参照。Confer, Fig. 1.

期温度差 ($4\theta_1$), 末期温度差 ($4\theta_2$), 係数 c, d の 4 つの数値で表されることになる。以下, この報告ではこれらの各数値を用いて乾燥スケジュールの類型化を行った。

3. 南洋材乾燥スケジュールの類型化

3.1. 南洋材乾燥スケジュールの一般的形式

類型化に先立ち, Table 1 にあげた各樹種の乾燥スケジュールの一般的な特徴について述べる。

一般的な乾燥スケジュールの定め方は, まず初期条件として一定温湿度 (乾球温度, 乾湿球温度差) を定め, その後含水率の低下に応じて乾球温度と乾湿球温度差 (以下, 温度, 温度差と呼ぶ) を変化させる。乾燥スケジュールの初期条件は温度 $45\sim 70^\circ\text{C}$, 温度差 $1.5\sim 7^\circ\text{C}$ の範囲で, その組み合わせは約 30 種類に及ぶ。しかし, これらをおある程度統合すれば温度と温度差との組み合わせはそれほど多くならないと思われる。

Table 2 は温度, 温度差をそれぞれ 5 つに区分した時の初期条件としての温度, 温度差の組み合わせで, 数字は Table 1 の樹種番号に対応している。これによれば通常使われる初期条件は約 10~15 種類とみられる。

Table 3, Table 4 は Table 1 のスケジュールを初期条件の程度に応じて 5 つに区分し, 各区分ごとに乾燥スケジュールを表す諸数値の平均値と範囲を示したものである。これによると 末期温度は $65^\circ\text{C}\sim 90^\circ\text{C}$ の範囲にあり, ほぼ初期温度に比例して増加している。末期温度差は多くの樹種では 30°C 一定で, 初期温度差 4°C 以下の一部の樹種に 25°C またはそれ以下のものがある。末期条件に関しては温度, 温度差いずれの場合も, 初期条件が定まればほぼそれに対応して定まると考えてよい。

Table 2. 乾燥初期の温度, 温度差の組み合わせ
Assortment of dry-bulb temperature and wet-bulb depression in initial stage of schedule drying.

温度差 Wet-bulb depression ($^\circ\text{C}$)	温度 Temperature ($^\circ\text{C}$)	45—49	50—54	55—59	60—64	65—70
1.5 — 2.4		11, 15, 16, 21, 27, 30, 31, 32, 33, 34, 38, 39, 43, 55		22		
2.5 — 3.4		10, 12, 13, 14, 17, 19, 20, 36, 54, 59	24-3, 28, 47, 53, 57, 63	42, 49		
3.5 — 4.4			1, 9, 24-1, 40, 52	24-2, 25, 26, 37, 41, 50, 58	7, 51, 61	44
4.5 — 5.4				4	3, 8, 23, 29, 56, 60, 65	35, 46
5.5 — 7.0					48, 64, 66	2, 5, 62, 67

数字は Table 1 の樹種番号を示す。

Figures in column mean log numbers in Table 1.

Table 3. 初期条件により区分した温度スケジュールの諸数値
Classification of initial dry-bulb temperature and related factors in temperature schedule.

初期温度 Initial temperature θ_1 (°C)	末期温度 Final temperature θ_2 (°C)	定数 Constant a	定数 Constant b
45 (45 ~ 47)	72 (65 ~ 80)	4.47 (4.32 ~ 4.69)	0.0165 (0.0061 ~ 0.0329)
51 (50 ~ 54)	78 (70 ~ 90)	4.49 (4.43 ~ 4.58)	0.0132 (0.0035 ~ 0.0187)
55 (55 ~ 59)	80 (75 ~ 85)	4.53 (4.33 ~ 4.65)	0.0122 (0.0032 ~ 0.0163)
60 (60 ~ 64)	83 (80 ~ 90)	4.56 (4.38 ~ 4.67)	0.0111 (0.0051 ~ 0.0181)
68 (65 ~ 70)	88 (80 ~ 90)	4.58 (4.49 ~ 4.72)	0.0082 (0.0067 ~ 0.0125)

上段は平均値, 下段は範囲。
The upper column is mean and the lower column is range.

Table 4. 初期条件により区分した温度差スケジュールの諸数値
Classification of initial wet-bulb depression and related factors in wet-bulb depression schedule.

初期温度差 Initial wet-bulb depression $\Delta\theta_1$ (°C)	末期温度差 Final wet-bulb depression $\Delta\theta_2$ (°C)	定数 Constant c	定数 Constant d
1.9 (1.5 ~ 2.0)	26 (15 ~ 30)	4.24 (3.74 ~ 5.39)	0.0844 (0.0546 ~ 0.1547)
2.8 (2.5 ~ 3.0)	29 (25 ~ 30)	4.21 (3.57 ~ 4.65)	0.0605 (0.0321 ~ 0.0853)
3.0 (3.5 ~ 4.0)	30 (25 ~ 30)	4.07 (3.67 ~ 4.61)	0.0507 (0.0241 ~ 0.1073)
5.0 (4.5 ~ 5.0)	30 (30 ~ 30)	4.05 (3.54 ~ 4.42)	0.0401 (0.0215 ~ 0.0541)
6.4 (5.5 ~ 7.0)	30 (30 ~ 30)	4.15 (3.56 ~ 4.63)	0.0413 (0.0257 ~ 0.0605)

上段は平均値, 下段は範囲。
The upper column is mean and the lower column is range.

乾燥中期における温度変化の方法を示す数値は定数 a と b である。また温度差変化を示す数値は c と d である。(1)式において $u=0$ とすれば、 $\theta=\exp(a)$ となる。すなわち、Fig. 1 の $\theta=\exp(a-bu)$ の直線は縦軸上で、 $\exp(a)$ の点と交わり、 b の値に応じてそれぞれ勾配が異なる直線群である。同様に、温度差を示す $\Delta\theta=\exp(c-du)$ の直線は、縦軸上で $\exp(c)$ の点と交わる。初期温度と定数 a または b との関係、あるいは初期温度差と定数 c または d との関係については、特に一定の関係を見出すことはできなかった。しかし、定数 a と b 、定数 c と d の関係については、これらを初期条件の各区分別に見ると、Fig. 2 および Fig. 3 のような一定の関係が認められる。すなわち a と b 、または c と d は全体として

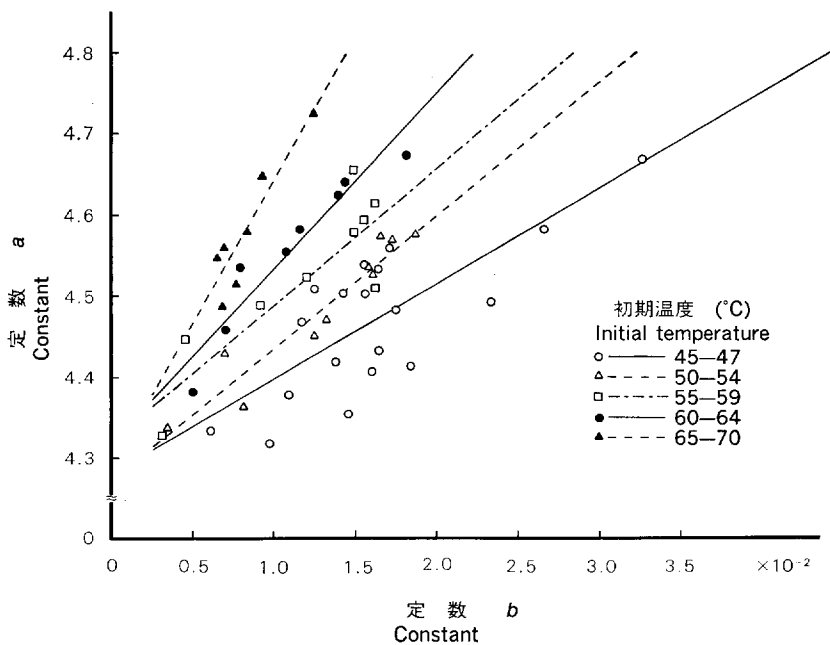


Fig. 2. 初期温度別の定数 a と b の関係

Relationship of a and b according to the respective range of initial temperature.

$$\theta = \exp(a - bu)$$

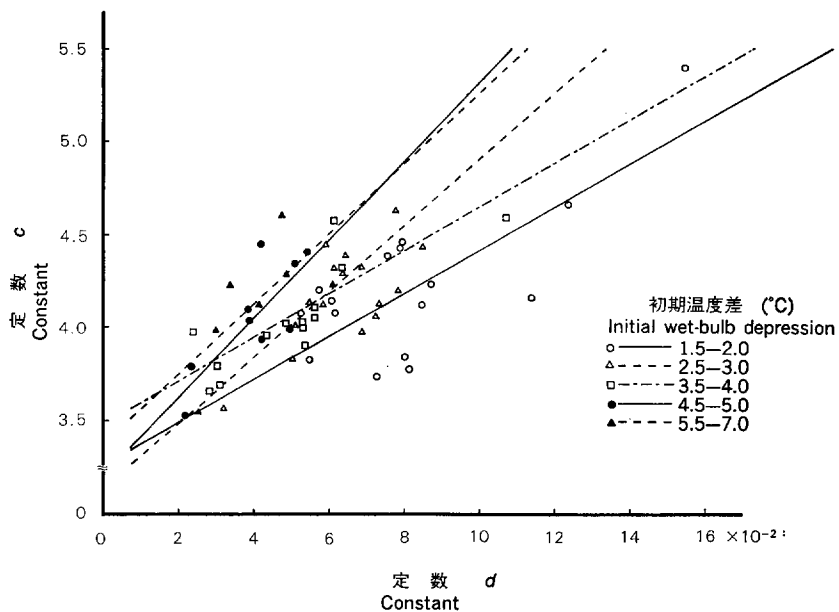


Fig. 3. 初期温度差別の定数 c と d の関係

Relationship of c and d according to the respective range of initial wet-bulb depression.

$$\Delta\theta = \exp(c - du)$$

はあまり相関が高くないが、これを初期温度や初期温度差別に分けてみると、いずれもかなり相関が高いことがわかる。このことは乾球温度に対しては初期温度と定数 a あるいは b 、乾湿球温度差に対しては初期温度差と定数 c あるいは d が定まれば、全体のスケジュールがほぼ決められる可能性があることを意味している。

また、乾燥中期の温度および温度差の変化方法については、一般に温度は含水率約 35% 付近から上昇し始め、温度差は材の含水率が初期含水率の約 2/3 に達してから開き始めるのが基本とされている¹⁰⁾。しかし、これは一般的な目安であって、実際にはもっと早い時期から温度や温度差を変化し始めたり、逆にもっと低い含水率になるまで温度、温度差を一定にするなどの修正が適宜行われている。Fig. 4 は南洋材の乾燥スケジュールについて、初期温度の変化時含水率と初期含水率との関係を調べたもので、Fig. 5 は同様な関係を初期温度差について調べたものである。これによると初期温度の変化時含水率 (u_1) は、初期含水率約 100% 以下では一般にいわれているようにほぼ 35~40% であるとする見方もできるが、全体としては初期含水率が高くなるにつれて、 u_1 もやや高くなる傾向が見られる。また、初期温度差の変化時含水率 (Δu_1) は、一般にいわれているように初期含水率の約 2/3 に近い。一方、乾燥スケジュールで最終条件とする時点の含水率は温度、温度差とも含水率 15% が一般的で、樹種による差はほとんどない。

3.2. 主成分分析による乾燥スケジュールの分類

これまで南洋材の乾燥スケジュールの一般の特徴について述べたが、ここではそれらを参考にして、乾燥スケジュールをいくつかの類似グループに分類する。分類に当たっては、Table 1 の乾燥スケジュールを表すいくつかの特性値のうち、温度に関して θ_1, θ_2, a, b の 4 つの特性値を、また温度差に関して $\Delta\theta_1, \Delta\theta_2, c, d$ の 4 つの特性値を用いることにした。Table 5 はこの合計 8 つの特性値の全樹種の平均値や相関係数などを示したものであるが、前にも指摘したようにこの中には互いにかなり相関の高い特性値が含まれている。たとえば、初期温度 (θ_1) と末期温度 (θ_2)、定数 b と d などがそれである。したがって、

Table 5. 特性値間の相関係数行列
Correlation matrix of variables

特性値 Variables	平均 Mean	標準 偏差 S.D.	C. V. (%)		特性値 Variables									
					1	2	3	4	5	6	7	8		
1 初期温度 (θ_1) Initial temperature	53.2	7.8	14.6	1	1.00									
2 末期温度 (θ_2) Final temperature	77.9	6.7	8.5	2	0.84	1.00								
3 定数 a Constant	4.514	0.091	2.0	3	0.43	0.49	1.00							
4 定数 b Constant	0.0132	0.0053	39.8	4	-0.54	-0.45	0.39	1.00						
5 初期温度差 ($\Delta\theta_1$) Initial wet-bulb depression	3.6	1.4	40.2	5	0.91	0.73	0.37	-0.54	1.00					
6 末期温度差 ($\Delta\theta_2$) Final wet-bulb depression	28.6	2.8	9.9	6	0.40	0.56	0.26	-0.37	0.45	1.00				
7 定数 c Constant	4.152	0.309	7.5	7	-0.10	-0.02	0.55	0.62	-0.11	0.10	1.00			
8 定数 d Constant	0.0584	0.0238	40.7	8	-0.52	-0.48	0.17	0.86	-0.58	-0.44	0.69	1.00		

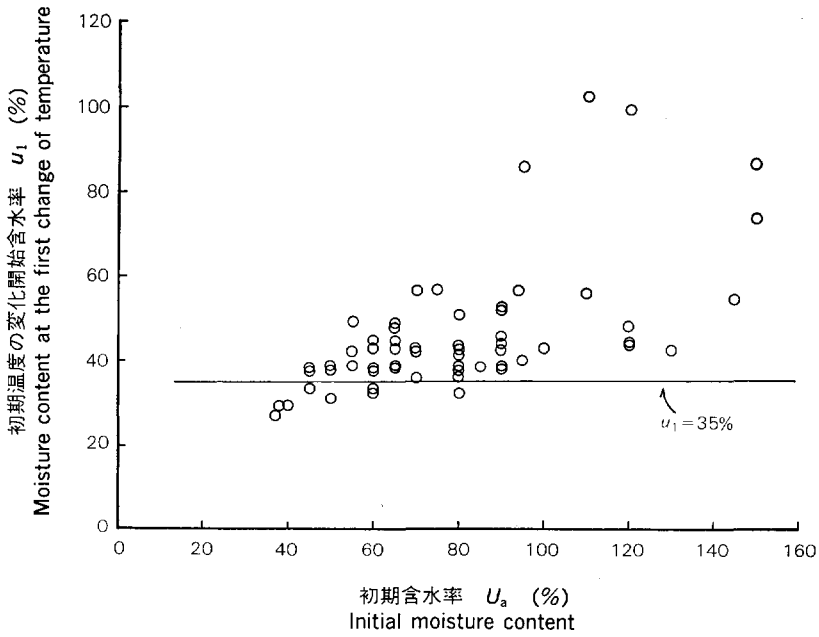


Fig. 4. 初期含水率と初期温度の変化開始含水率との関係
Relationship between initial moisture content and intermediate moisture content at the first change of temperature.

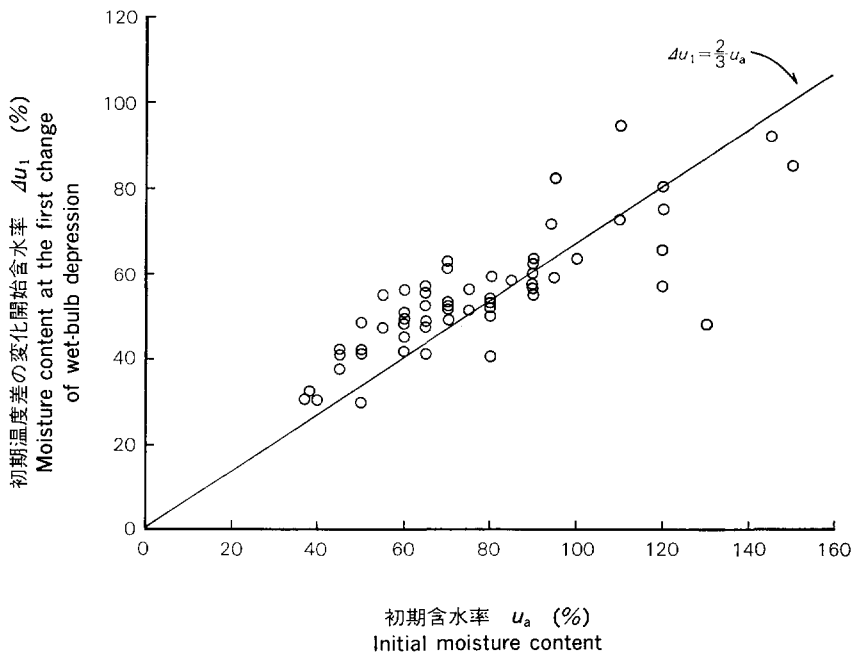


Fig. 5. 初期含水率と初期温度差の変化開始含水率との関係
Relationship between initial moisture content and intermediate moisture content at the first change of wet-bulb depression.

Table 6. 固有値と寄与率および累積寄与率 (全特性値について)
Eigen value, contribution ratio and cumulative contribution ratio (regarding to all variables)

	主 成 分 Component			
	z_1	z_2	z_3	z_4
固 有 値 Eigen value	4.0755	2.3402	0.7473	0.3706
寄 与 率 (%) Contribution ratio	50.9	29.3	9.3	4.6
累 積 寄 与 率 (%) Cumulative contribution ratio	50.9	80.2	89.5	94.2

Table 7. 固有ベクトルと因子負荷量 (全特性値について)
Eigen vector and factor loading (regarding to all variables)

特 性 値 Variables	固有ベクトル Eigen vector			因 子 負 荷 量 Factor loading				
	z_1	z_2	z_3	z_1	z_2	寄与率 ¹⁾ (%)	z_3	寄与率 ¹⁾ (%)
1 初期温度 (θ_1) Initial temperature	0.4375	0.1868	-0.3400	0.883	0.286	86.2	-0.294	94.8
2 末期温度 (θ_2) Final temperature	0.4147	0.2412	-0.0407	0.837	0.369	83.7	-0.035	83.8
3 定 数 a Constant	0.1016	0.5846	-0.1528	0.205	0.894	84.2	-0.132	85.9
4 定 数 b Constant	-0.3862	0.3581	-0.0832	-0.780	0.548	90.8	-0.072	91.3
5 初期温度差 ($\Delta\theta_1$) Initial wet-bulb depression	0.4358	0.1516	-0.2537	0.880	0.232	82.8	-0.219	87.6
6 末期温度差 ($\Delta\theta_2$) Final wet-bulb depression	0.3039	0.1606	0.8521	0.613	0.246	43.7	0.737	97.9
7 定 数 c Constant	-0.1731	0.5436	0.2284	-0.349	0.832	81.4	0.197	85.3
8 定 数 d Constant	-0.4061	0.3044	-0.0989	-0.820	0.466	88.9	-0.085	89.6

1) 累積寄与率
Cumulative contribution ratio

これらの特性値はある程度統合することによって、より少ない特性値で表すことが可能なはずである。このような場合に有効な手法としては主成分分析法があり、これは多種類の特性値の持つ情報を少数個の総合特性値に要約するものである。ここでは、まず8つの特性値全体に対して主成分分析を行い、続いて特性値を温度に関するグループと温度差に関するグループの2つに大別し、それぞれに主成分分析を行った。そして、その結果に基づいて乾燥スケジュールをいくつかのグループに分類することにした。なお、主成分分析の計算には林業試験場プログラムライブラリー¹⁷⁾を用い、NEAC MS-50 により計算した。

(1) 乾燥スケジュールに対する主成分分析

乾燥スケジュールを表す8つの特性値を用い、主成分分析を行った。主成分分析は相関係数行列から出発する方法とし、その結果は Table 6 および Table 7 に示した。第1主成分 (z_1) の寄与率は約50%、第2主成分 (z_2) の寄与率は約29%で、この2つの主成分に対する累積寄与率は約80%になる。したがって

Table 8. 固有値と寄与率および累積寄与率 (特性値 1~4 について)
Eigen value, contribution ratio and cumulative contribution ratio (regarding to variables of 1-4).

	主 成 分 Component			
	z_1	z_2	z_3	z_4
固 有 値 Eigen value	2.357	1.397	0.163	0.084
寄 与 率 (%) Contribution ratio	58.9	34.9	4.1	2.1
累積寄与率 (%) Cumulative contribution ratio	58.9	93.8	97.1	100

Table 9. 固有ベクトルと因子負荷量 (特性値 1~4 について)
Eigen vector and factor loading (regarding to variables of 1-4).

特 性 値 Variables	固有ベクトル Eigen vector			因 子 負 荷 量 Factor loading				
	z_1	z_2	z_3	z_1	z_2	寄与率 ¹⁾ (%)	z_3	寄与率 ¹⁾ (%)
1 初期温度 (θ_1) Initial temperature	0.624	-0.025	-0.616	0.958	-0.029	91.9	-0.248	98.1
2 末期温度 (θ_2) Final temperature	0.617	0.061	0.763	0.947	0.072	90.2	0.308	99.7
3 定 数 a Constant	0.312	0.726	-0.171	0.479	0.858	96.6	-0.069	97.1
4 定 数 b Constant	-0.364	0.684	0.091	-0.559	0.809	96.6	0.037	96.7

1) 累積寄与率
Cumulative contribution ratio.

8つの特性値の約80%の情報は z_1, z_2 の2つの主成分に要約される。それぞれの主成分に含まれる情報の程度は Table 7 の因子負荷量により推定することができるが、これによると第1主成分には主として $\theta_1, \theta_2, \Delta\theta_1$, 定数 d の情報が含まれ、そのほかに定数 $b, \Delta\theta_2$ などの情報もかなり含まれていることがわかる。第2主成分には定数 a , 定数 c の情報が多く含まれ、定数 b や定数 d の情報もある程度含まれている。第3主成分では $\Delta\theta_2$ の因子負荷量が大いだが、そのほかはいずれも小さい。これらの結果から、末期温度差 ($\Delta\theta_2$) を除いた7つの特性値に関しては、これを統合した z_1, z_2 の2つの特性値によってほぼ全体を表すことが可能と思われる。すなわち、この2つの特性値によって乾燥スケジュールを分類し得る見通しが得られた。

しかし、従来、乾燥スケジュールは温度スケジュールと温度差スケジュールとをそれぞれ別々に与え、その組み合わせによって対象とする材のスケジュールを表す方法が一般的である。そこで、次に8つの特性値を温度に関する特性値と、温度差に関する特性値の2つに分けて、それぞれに対して主成分分析を行い、分類の目安にする方法を検討した。

Table 8 と Table 9 は温度スケジュールの主成分分析結果であり、Table 10 と Table 11 は温度差スケジュールの主成分分析結果である。Table 8 では第1主成分 (z_1) の寄与率は58.9%、第2主成分 (z_2) までの累積寄与率は93.8%で、温度スケジュールを表す4つの特性値はほぼこの2つの主成分に統合で

Table 10. 固有値と寄与率および累積寄与率 (特性値 5~8 について)
Eigen value, contribution ratio and cumulative contribution ratio (regarding to variables of 5-8).

	主 成 分 Component			
	z_1	z_2	z_3	z_4
固 有 値 Eigen value	2.170	1.219	0.517	0.095
寄 与 率 (%) Contribution ratio	54.2	30.5	12.9	2.4
累積寄与率 (%) Cumulative contribution ratio	54.2	84.7	97.6	100

Table 11. 固有ベクトルと因子負荷量 (特性値 5~8 について)
Eigen vector and factor loading (regarding to variables of 5-8).

特 性 値 Variables	固有ベクトル Eigen vector			因 子 負 荷 量 Factor loading				
	z_1	z_2	z_3	z_1	z_2	寄与率 ¹⁾ (%)	z_3	寄与率 ¹⁾ (%)
5 初期温度差 (dg_1) Initial dry-bulb depression	0.516	0.322	-0.750	0.759	0.355	70.3	-0.539	99.4
6 末期温度差 (dg_2) Final dry-bulb depression	0.409	0.588	0.634	0.602	0.649	78.4	0.456	99.2
7 定 数 c Constant	-0.392	0.716	-0.156	-0.577	0.790	95.8	-0.112	97.1
8 定 数 d Constant	-0.643	0.195	-0.103	-0.947	0.216	94.3	-0.074	94.9

1) 累積寄与率
Cumulative contribution ratio.

きることがわかる。Table 10 の温度差スケジュールの場合は、第1主成分 (z_1) の寄与率は 54.2%、第2主成分 (z_2) までの累積寄与率は 84.7%で、温度スケジュールの場合よりは多少劣るものの、ほぼ第2主成分までに統合できる可能性がある。Table 9 の因子負荷量を見ると、温度スケジュールの第1主成分には初期温度と末期温度に関する情報が多く含まれ、第2主成分には定数 a と b に関する情報が多く含まれていることがわかる。また、Table 11 からは温度差スケジュールの第1主成分には定数 d の情報が最も多く含まれ、他の3つの特性値の情報もかなり含まれている。そして、第2主成分には定数 c と末期温度差に関する情報が多く含まれていることがわかる。

これまでの主成分分析の結果から、乾燥スケジュールの分類方法として、温度、温度差の組み合わせを一体にして何種類かに分類する方法と、温度スケジュールと温度差スケジュールをそれぞれ別々に分類する方法の2つが考えられる。しかし、温度、温度差の組み合わせを一体とするスケジュールの考え方は、現在まだ一般的でなく、類型化スケジュールの作成に当たってはその数を相当多くしなければ実務的な対応は難かしいように思われる。そこで、今回の類型化に当たっては温度スケジュールと温度差スケジュールとを分けて類型化する方法をとることにした。

(2) 温度スケジュールの分類

主成分分析の結果から、温度スケジュールに関する情報はほぼ 2 つの主成分に統合できることがわかった。そこで、各樹種別スケジュールの第 1 主成分と第 2 主成分のスコアを計算し、これを 2 次元平面上にプロットしてみると Fig. 6 が得られる。なお、主成分スコアの計算式は次のとおりである。

$$z_1 = 0.4065 \times \left(\frac{\theta_1 - 53.24}{7.765} \right) + 0.4019 \times \left(\frac{\theta_2 - 77.90}{6.651} \right) \\ + 0.2032 \times \left(\frac{a - 4.5139}{0.09142} \right) - 0.2370 \times \left(\frac{b - 0.01324}{0.00527} \right) \\ z_2 = -0.0210 \times \left(\frac{\theta_1 - 53.24}{7.765} \right) + 0.05188 \times \left(\frac{\theta_2 - 77.90}{6.651} \right) \\ + 0.6146 \times \left(\frac{a - 4.5139}{0.09142} \right) + 0.5789 \times \left(\frac{b - 0.01324}{0.00527} \right)$$

2 つの主成分 z_1, z_2 の値が近いものは、互いに似たスケジュールと見ることが出来る。この中では㊸バンキライのスケジュールが他と大きく異なり、㊹バラウ、㊺チーク、㊻ジェルトン、㊼ケレダ、㊽ケラットなどもやや特殊な部類に入ると予想されるが、その他の樹種は z_1, z_2 軸とも約 ± 2 以内の一定範囲に含まれている。

スケジュールの分類を行うためには、この主成分スコア散布図をいくつかのマス目に区切って、同一マス目内にあるものを同一グループとすればよいわけであるが、できればマス目の区切り方は特定の特性値に従う方が、あとあと便利である。ここで、Fig. 6 の散布図に樹種番号の代わりに初期温度を入れてみると Fig. 7 が得られる。初期温度によってグループ分けすると、図上の線で囲ったようになるが、さらに主成分軸を時計方向に約 2° 回転すると第 1 主成分はほぼ初期温度の軸に一致させることができる。Fig. 8 は回転後の座標軸を基準にして、主成分スコア散布図を合計 25 のマス目に区切ったものである。そして、各マス目には図のように D11~D55 の記号を付した。第 1 主成分を区切る間隔は初期温度を基準とし、それぞれ 45°C, 50°C, 55°C, 60°C, 65~70°C が各区分に含まれるように区切った。また、第 2 主成分軸については -2.25~1.75 の範囲を 5 等分することにした。

この中で、マス目からはみ出している樹種はバンキライ、バラウ、ジェルトンの 3 樹種であるが、特にバンキライは他のものと大きく離れていて、特殊なスケジュールとして分類せざるを得ない。これらを除くと、たとえば D33 にはカロフィルム、タウン、ライトレッドメラランチが含まれ、D15 にはブジックとケラットが、また D53 にはリツェア、スポンジマス、アンペロイ、グメリナが含まれるというように、比較的似たスケジュールを同一グループに集めることができる。

(3) 温度差スケジュールの分類

温度差スケジュールの分類は(2)の温度スケジュールの分類と同じ方法を用いて行った。

Fig. 9 は温度差スケジュールの主成分スコアの散布図で、計算には次式を用いた。

$$z_1 = 0.3500 \times \left(\frac{\Delta\theta_1 - 3.55}{1.43} \right) + 0.2775 \times \left(\frac{\Delta\theta_2 - 28.63}{2.848} \right) \\ - 0.2661 \times \left(\frac{c - 4.1519}{0.30935} \right) - 0.4364 \times \left(\frac{d - 0.05842}{0.0238} \right) \\ z_2 = 0.2914 \times \left(\frac{\Delta\theta_1 - 3.55}{1.43} \right) + 0.5326 \times \left(\frac{\Delta\theta_2 - 28.63}{2.848} \right) \\ + 0.6485 \times \left(\frac{c - 4.1519}{0.30935} \right) + 0.1770 \times \left(\frac{d - 0.05842}{0.0238} \right)$$

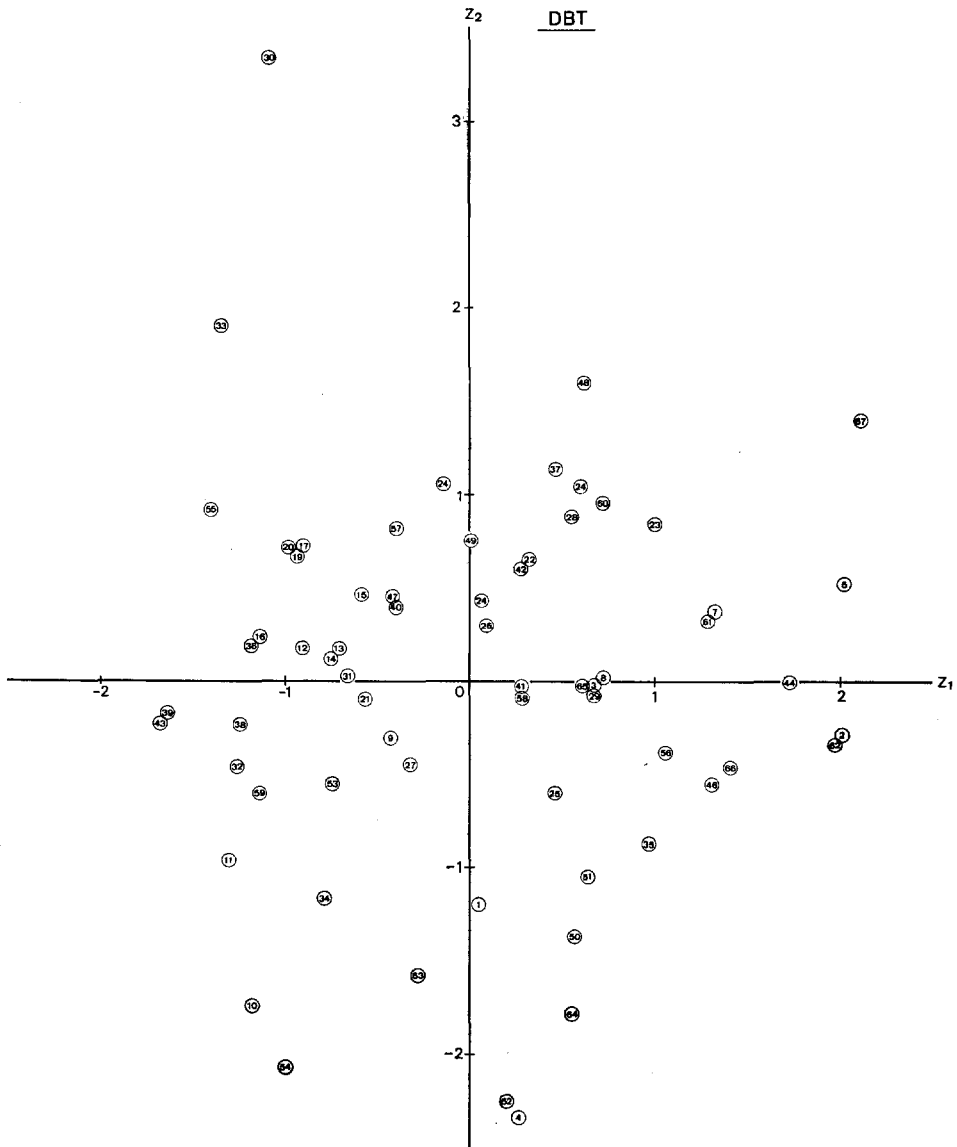


Fig. 6. 温度スケジュールの主成分スコア散布図
 Scatter diagram of component score concerning
 the temperature schedule.
 数字は Table 1 の樹種番号を示す。
 The figures correspond to the wood species in Table 1.

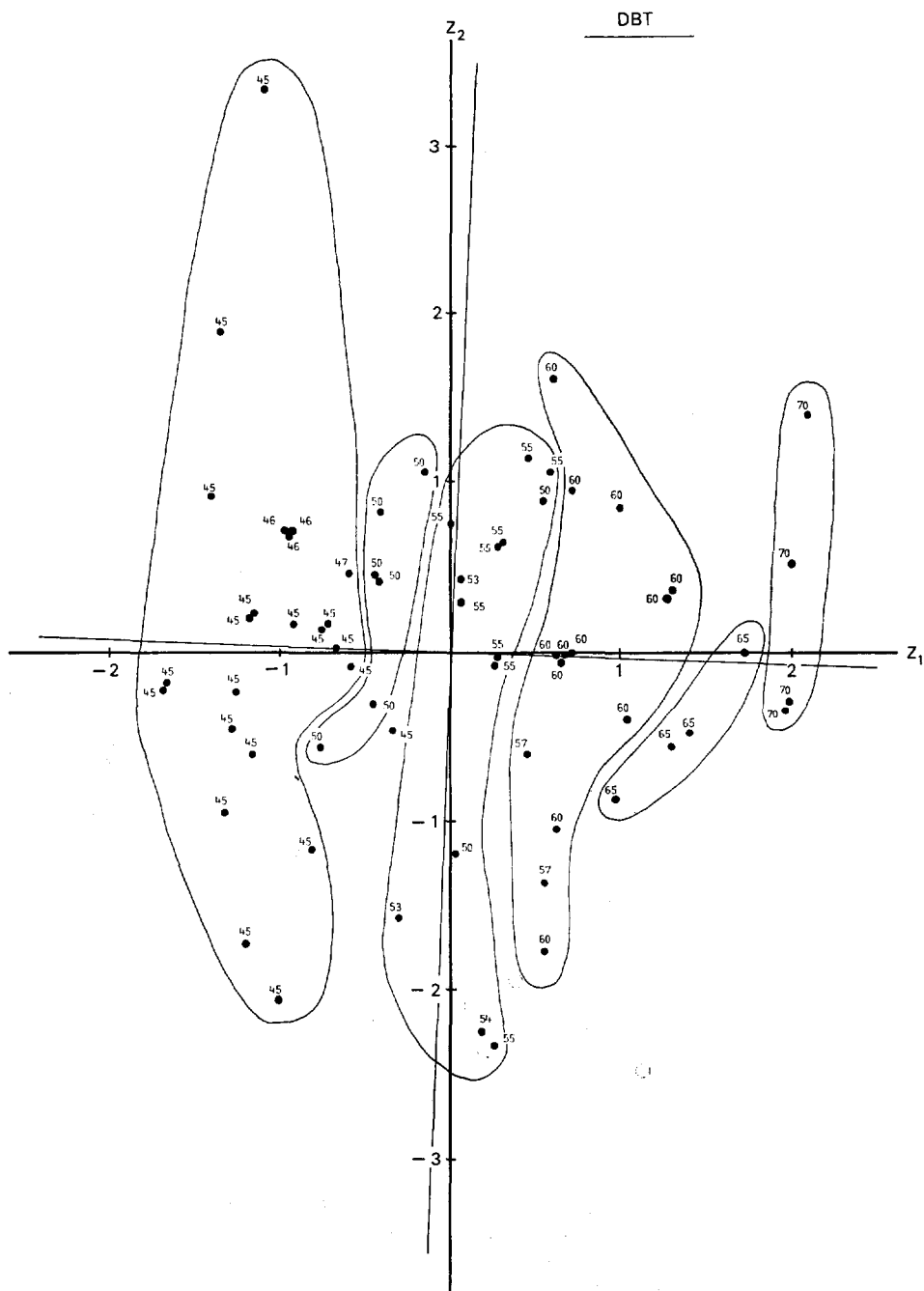


Fig. 7. 温度スケジュールの主成分スコア散布図における初期温度の分布

Distribution of initial temperature on the scatter diagram of component score concerning the temperature schedule.

小数字は初期温度を示す。

The small size numbers are initial temperature.

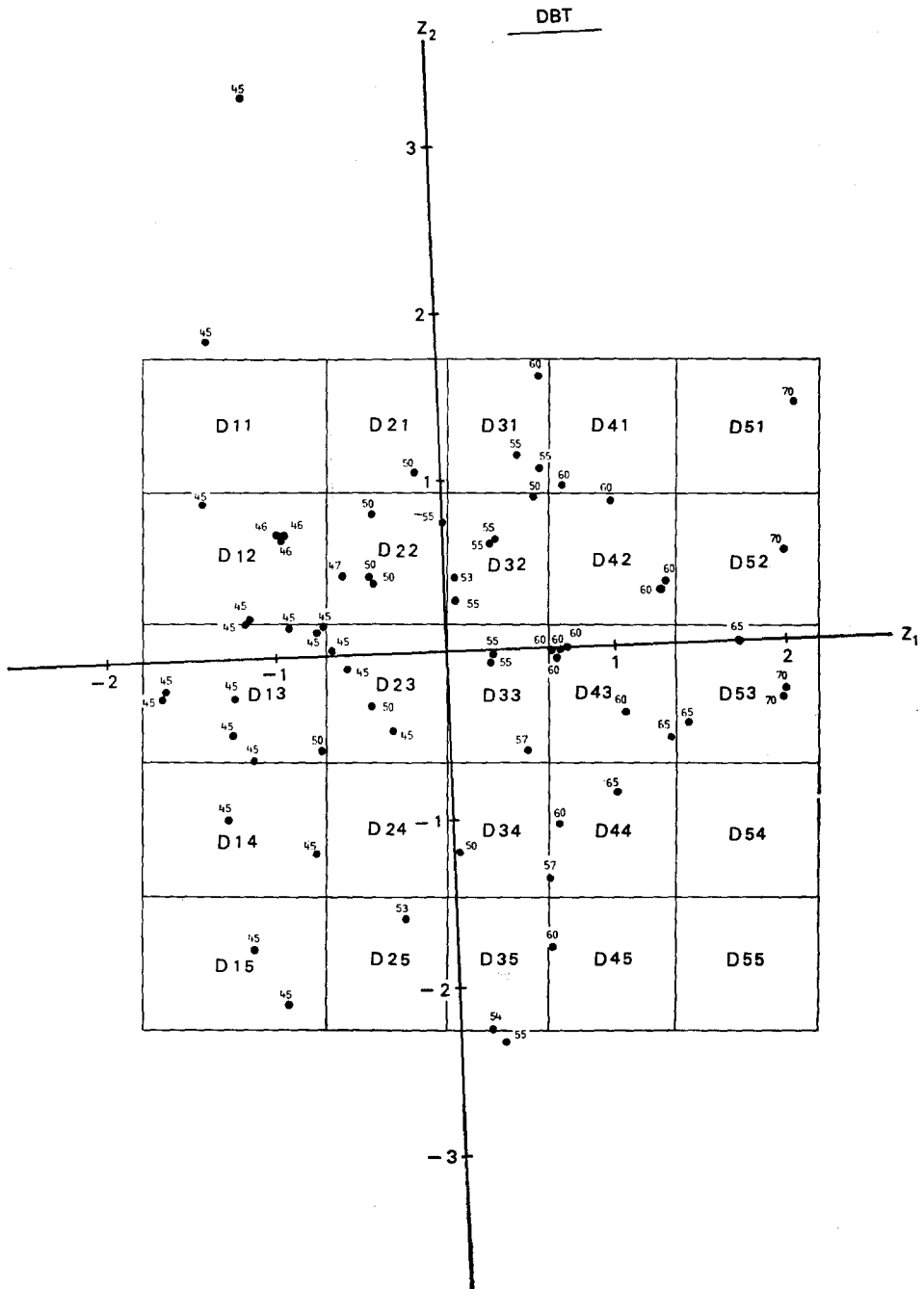


Fig. 8. 主成分スコアによる温度スケジュールの分類
 Classification of temperature schedule by component score.

小数字は初期温度を示す。
 The small size numbers are initial temperature.

この中では、③⑩バンキライ、④⑧ウリン、③⑨マラス、⑥④ケラットが他と大きく異なっている。

前の Fig. 7 にならって、Fig. 10 では主成分スコア散布図に初期温度差の値を入れ、初期温度差別にグループ分けを行った。この場合は、主成分軸を反時計方向に 25° 回転することにより、第 1 主成分の軸と初期温度差の軸をほぼ一致させることができる。Fig. 11 は回転後の座標軸を基準にして、主成分スコア散布図を合計 25 のマス目に区切ったものである。各マス目には W11~W55 の記号を付した。第 1 主成分を区切る間隔は初期温度差を基準とし、その目安は初期温度差 2°C 以下、3°C、4°C、5°C、6~7°C の 5 区分とした。また、第 2 主成分軸は -2 ~ 2 の範囲を 5 等分に区切った。この場合、バンキライ、ウリ

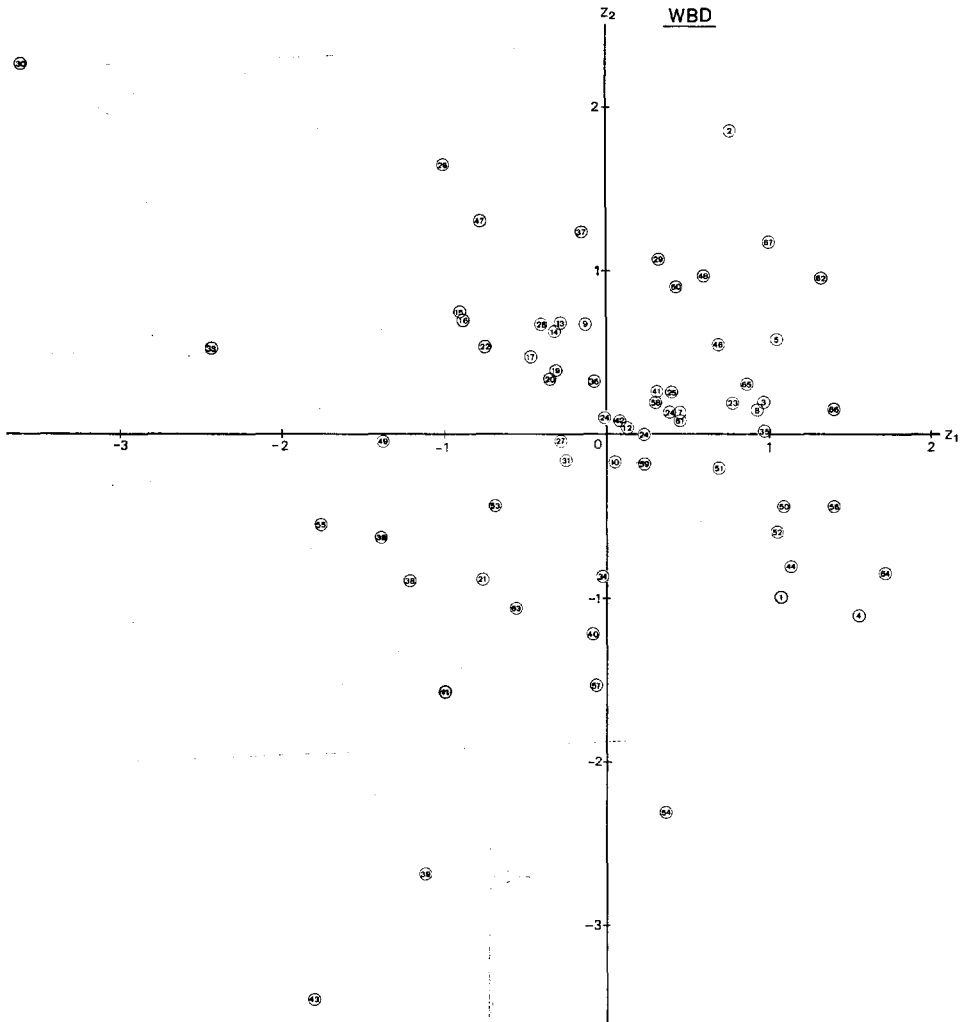


Fig. 9. 温度差スケジュールの主成分スコア散布図
Scatter diagram of component score concerning
the wet-bulb depression schedule.

数字は Table 1 の樹種番号を示す。

The figures correspond to the wood species in Table 1.

ン、ケラットの3樹種は一般の分類区分に含めることができなかった。

3.3. 類型化スケジュールの作成

南洋材の乾燥スケジュールの分類を行い、温度スケジュールならびに温度差スケジュールをそれぞれ25のグループに分けた。ここでは、次の段階として各グループに対して、このグループを代表するいわゆる類型化スケジュールの作成を行った。

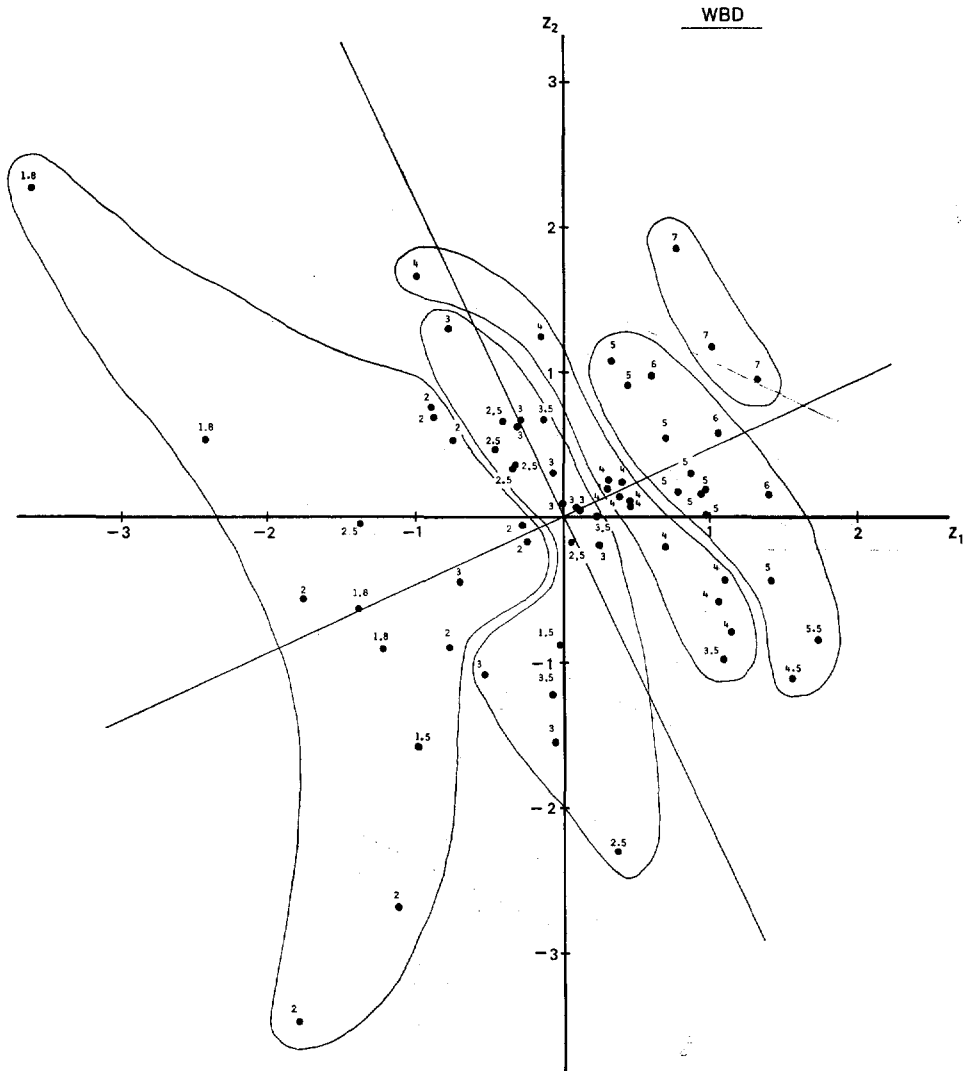


Fig. 10. 温度差スケジュールの主成分スコア散布図における初期温度差の分布

Distribution of initial wet-bulb depression on the scatter diagram of component score concerning the wet-bulb depression schedule.

小数字は初期温度差を示す。

The small size numbers are initial wet-bulb depression.

Fig. 8, Fig. 11 では温度スケジュール, 温度差スケジュールをそれぞれ 25 のマス目に区切って分類し, 各マス目に D51~D55 および W51~W55 の記号を付した。各マス目を代表するスケジュールを求める方法としては, マス目の中心の主成分座標の値, z_1, z_2 から主成分推定値を求める方法が利用できる。この場合の初期温度等の主成分推定値を求める式は次のとおりである。

$$X_1 = l_{11}\sqrt{\lambda_1} \cdot z_1 + l_{21}\sqrt{\lambda_2} \cdot z_2$$

$$X_2 = l_{12}\sqrt{\lambda_1} \cdot z_1 + l_{22}\sqrt{\lambda_2} \cdot z_2$$

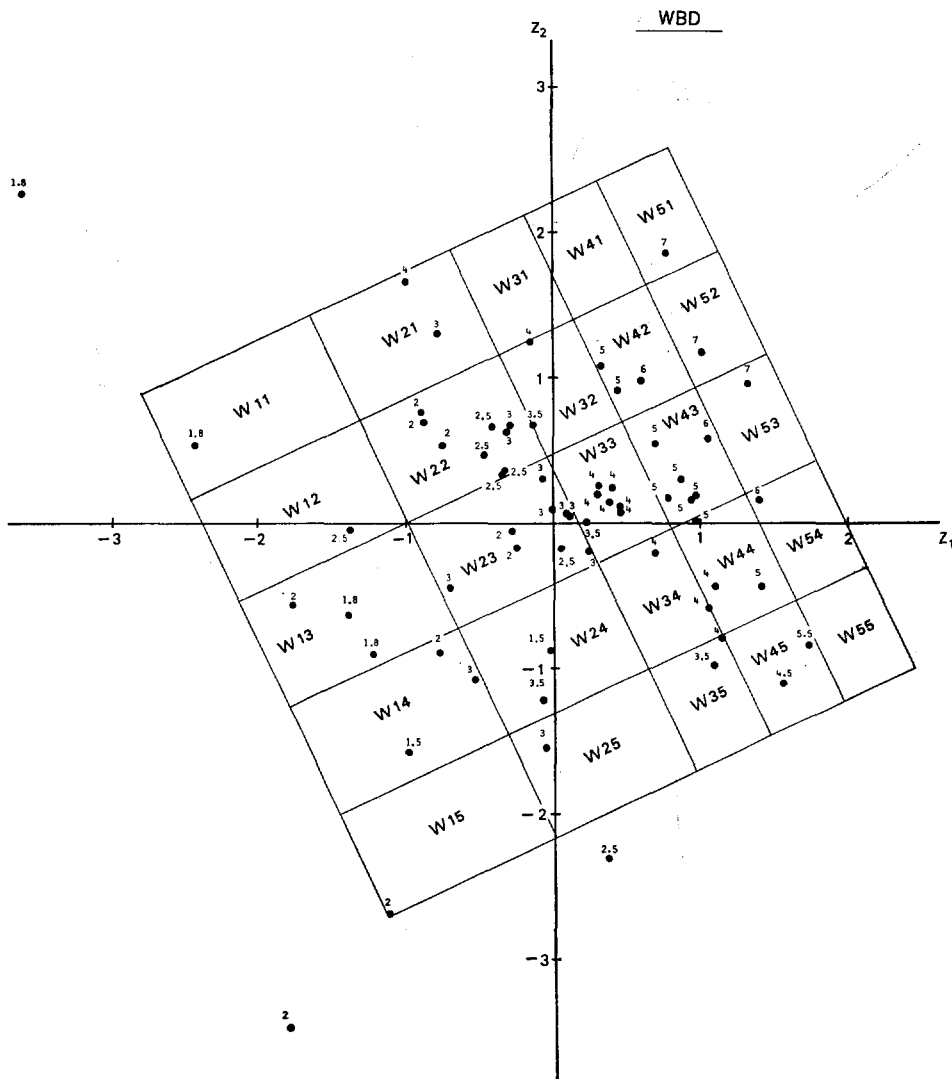


Fig. 11. 主成分スコアによる温度差スケジュールの分類

Classification of wet-bulb schedule by component score.

小数字は初期温度差を示す。

The small size numbers are initial wet-bulb depression.

$$X_3 = l_{13} \sqrt{\lambda_1} \cdot z_1 + l_{23} \sqrt{\lambda_2} \cdot z_2$$

$$X_4 = l_{14} \sqrt{\lambda_1} \cdot z_1 + l_{24} \sqrt{\lambda_2} \cdot z_2$$

ただし、 $X_1 \sim X_4$ は基準化された値を用いたので、温度スケジュールに対しては、 $X_1 = (\hat{\theta}_1 - \bar{\theta}_1) / \sigma_1$, $X_2 = (\hat{\theta}_2 - \bar{\theta}_2) / \sigma_2$, $X_3 = (\hat{a} - \bar{a}) / \sigma_3$, $X_4 = (\hat{b} - \bar{b}) / \sigma_4$ であり、温度差スケジュールに対しては、 $X_1 = (\Delta \hat{\theta}_1 - \Delta \bar{\theta}_1) / \sigma_1$, $X_2 = (\Delta \hat{\theta}_2 - \Delta \bar{\theta}_2) / \sigma_2$, $X_3 = (\hat{c} - \bar{c}) / \sigma_3$, $X_4 = (\hat{d} - \bar{d}) / \sigma_4$ である。

ここで、 $l_{11} \sim l_{14}$ は z_1 に対する固有ベクトル、 $l_{21} \sim l_{24}$ は z_2 に対する固有ベクトルで、温度スケジュールは Table 9 に、また温度差スケジュールは Table 11 に示されている。 λ_1, λ_2 は Table 8 または Table 10 に示した z_1, z_2 の固有値である。

これらの各式を用い、温度スケジュールおよび温度差スケジュール別に主成分推定値を計算すると、Table 12 および Table 13 が得られる。これらのスケジュールはスケジュール番号の添字の 1 番めまたは

Table 12. 主成分推定により求められた温度スケジュール
Estimated temperature schedules from the principal component score.

スケジュール 番 No. of schedule	主成分スコア ¹⁾ Component score		主成分スコア Component score		温度スケジュールを表す数値 The numbers to express DBT schedule			
	z_1'	z_2'	z_1	z_2	$\hat{\theta}_1$ (°C)	$\hat{\theta}_2$ (°C)	\hat{a}	\hat{b}
D 11	-1.25	1.34	-1.20	1.38	44.0	71.0	4.570	0.02265
12	-1.25	0.54	-1.23	0.58	43.9	70.4	4.506	0.01933
13	-1.25	-0.26	-1.26	-0.22	43.9	69.8	4.441	0.01601
14	-1.25	-1.06	-1.29	-1.02	43.8	69.2	4.378	0.01269
15	-1.25	-1.86	-1.31	-1.82	43.9	68.7	4.314	0.00934
D 21	-0.39	1.34	-0.34	1.35	50.4	76.4	4.605	0.01999
22	-0.39	0.54	-0.37	0.55	50.3	75.8	4.541	0.01667
23	-0.39	-0.26	-0.40	-0.25	50.3	75.2	4.477	0.01335
24	-0.39	-1.06	-0.43	-1.05	50.2	74.6	4.413	0.01003
25	-0.39	-1.86	-0.45	-1.85	50.3	74.1	4.349	0.00668
D 31	0.26	1.34	0.31	1.33	55.2	80.4	4.632	0.01799
32	0.26	0.54	0.28	0.53	55.2	79.9	4.568	0.01467
33	0.26	-0.26	0.25	-0.27	55.1	79.3	4.504	0.01135
34	0.26	-1.06	0.22	-1.07	55.1	78.7	4.440	0.00803
35	0.26	-1.86	0.19	-1.87	55.0	78.1	4.375	0.00471
D 41	0.98	1.34	1.03	1.30	60.6	85.0	4.661	0.01574
42	0.98	0.54	1.00	0.51	60.5	84.4	4.598	0.01246
43	0.98	-0.26	0.97	-0.29	60.5	83.8	4.534	0.00914
44	0.98	-1.06	0.94	-1.09	60.4	83.2	4.470	0.00582
45	0.98	-1.86	0.91	-1.89	60.4	82.7	4.405	0.00250
D 51	1.78	1.34	1.83	1.28	66.5	90.0	4.694	0.01330
52	1.78	0.54	1.80	0.48	66.5	89.4	4.630	0.00998
53	1.78	-0.26	1.77	-0.32	66.4	88.8	4.566	0.00666
54	1.78	-1.06	1.74	-1.12	66.4	88.3	4.502	0.00334
55	1.78	-1.86	1.71	-1.92	66.4	87.7	4.438	0.00002

1) 時計方向に 2° 回転した主成分軸を基準とする。
The axes of component score are rotated by 2° clockwise.

2 番めの数字が増減するにつれ、連続的に変化するが、その傾向はおよそ Fig. 12 と Fig. 13 に示したとおりである。Fig. 12 のようにスケジュール番号の添字の後の数字が変わる場合は、初期温度および初期温度差はほぼ一定で、温度および温度差を変化し始める時期がそれぞれ異なる。また、各スケジュールは含水率 20~22% 付近に交点がある。Fig. 13 のようにスケジュール番号の添字の前の数字が変わる場合は、初期温度、初期温度差のレベルがそれぞれ異なり、温度および温度差を変化し始める時期も規則的に変化する。スケジュール番号が大きくなるにつれて直線の勾配はゆるやかになり、直線は図上の一点あるいは図からはずれたある点で交点を持つ。

類型化スケジュールはこの直線式に従って階段状スケジュールを作成すればよいわけであるが、実際のスケジュールの作成段階では初期温度を 45°C あるいは 50°C といった区切りのよい数値にし、温度変化の時期も区切りよく 50% あるいは 40% にするなど、実用性を加味した修正が必要である。スケジュールの

Table 13. 主成分推定により求められた温度差スケジュール
Estimated wet-bulb depression schedules from the principal component score.

スケジュール番号 No. of schedule	主成分スコア ¹⁾ Component score		主成分スコア Component score		温度差スケジュールを表す数値 The numbers to express WBD schedule			
	z_1'	z_2'	z_1	z_2	$\hat{\Delta\theta}_1(^{\circ}\text{C})$	$\hat{\Delta\theta}_2(^{\circ}\text{C})$	\hat{a}	\hat{b}
W 11	-1.55	1.6	-2.08	0.80	1.7	26.5	4.719	0.10940
12	-1.55	0.8	-1.74	0.07	1.7	25.8	4.480	0.09799
13	-1.55	0	-1.40	-0.66	1.7	25.0	4.241	0.08658
14	-1.55	-0.8	-1.07	-1.38	1.7	24.2	4.006	0.07545
15	-1.55	-1.6	-0.73	-2.11	1.7	23.5	3.766	0.06404
W 21	-0.38	1.6	-1.02	1.29	3.1	29.3	4.649	0.08803
22	-0.38	0.8	-0.68	0.56	3.1	28.5	4.410	0.07662
23	-0.38	0	-0.34	-0.16	3.1	27.8	4.174	0.06526
24	-0.38	-0.8	-0.01	-0.89	3.1	27.0	3.936	0.05407
25	-0.38	-1.6	0.33	-1.61	3.1	26.2	3.699	0.04271
W 31	0.44	1.6	-0.28	1.64	4.1	31.2	4.603	0.07314
32	0.44	0.8	0.06	0.91	4.1	30.4	4.364	0.06173
33	0.44	0	0.40	0.19	4.1	29.7	4.127	0.05038
34	0.44	-0.8	0.74	-0.54	4.1	28.9	3.888	0.03896
35	0.44	-1.6	1.07	-1.26	4.1	28.1	3.653	0.02783
W 41	1.00	1.6	0.23	1.87	4.7	32.5	4.568	0.06283
42	1.00	0.8	0.57	1.15	4.7	31.7	4.331	0.05147
43	1.00	0	0.91	0.42	4.7	31.0	4.092	0.04006
44	1.00	-0.8	1.24	-0.30	4.7	30.2	3.857	0.02893
45	1.00	-1.6	1.58	-1.03	4.7	29.4	3.618	0.01752
W 51	1.54	1.6	0.72	2.10	5.4	33.7	4.537	0.05297
52	1.54	0.8	1.06	1.38	5.4	33.0	4.300	0.04161
53	1.54	0	1.40	0.65	5.4	32.2	4.061	0.03020
54	1.54	-0.8	1.73	-0.07	5.4	31.5	3.826	0.01907
55	1.54	-1.6	2.07	-0.80	5.4	30.7	3.587	0.00765

1) 反時計方向に 25° 回転した主成分軸を基準とする。
The axes of component score are rotated by 25° anti-clockwise.

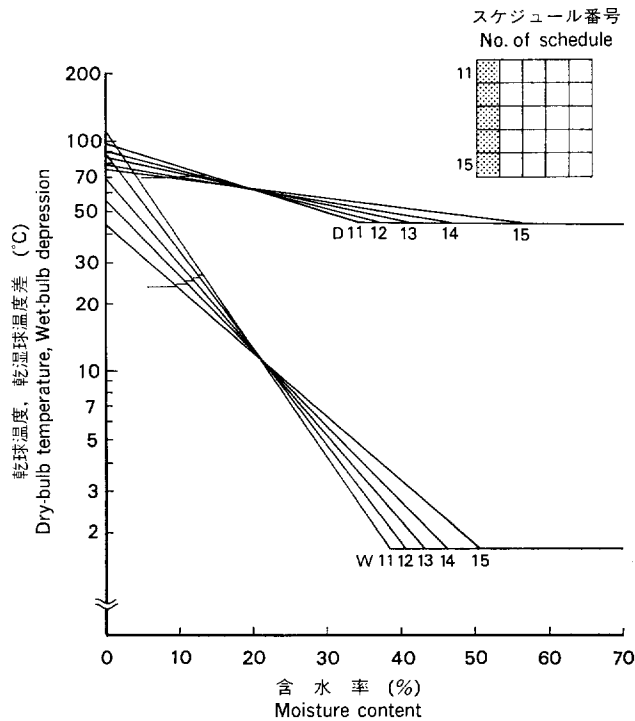


Fig. 12. 主成分推定により求められた類型化スケジュールの基本パターン
Original patterns of patternized drying schedule estimated from the principal component analysis.

修正に際してはそのつど主成分スコアを再計算し、完成したスケジュールができるかぎり広い範囲をカバーするように配慮しながら作業を進めた。このようにして、最終的に Table 14, Table 15 に示す類型化スケジュールを決定した。

最終的に決定した類型化スケジュールについて、乾燥スケジュールを表す式 (1), (2) の各数値を示すと、Table 16 および Table 17 のとおりである。これらは前述のような修正を経て作られているため、Table 12 および Table 13 の主成分推定により求められた値とはやや異なった値になっている。たとえば、Table 12 の D31~D35 では推定による初期温度が 55.0~55.2°C であるのに対して、Table 16 の類型化スケジュールは 55°C であり、末期温度に関しては推定値 78.1~80.4°C に対して、類型化スケジュールは 80°C である。また、定数 a の値は推定値が 4.38~4.63 であるに対して、類型化スケジュールは 4.45~4.58 である。定数 b は推定値が 0.005~0.018 に対して、類型化スケジュールは 0.008~0.017 である。各スケジュール番号ごとに同様の比較を行ってみると、5×5 のマス目に区切ったスケジュール番号のうち、中央付近にあるものは両者の値が比較的近い値となっているが、端の方に位置する D51~D55 などは多少違いが大きくなる傾向がある。

4. 各種南洋材に対する類型化スケジュールの適用法

4.1. 類型化スケジュールの概要

類型化スケジュールの適用に際しては、Table 14 の温度スケジュール 25 種類と、Table 15 の温度差ス

Table 14. 乾球温度の類型化スケジュール Patternized temperature schedule.

含水率 Moisture content (%)	スケジュール番号別の乾球温度 (°C) Dry-bulb temperature for each																			
	D 11	D 12	D 13	D 14	D 15	D 21	D 22	D 23	D 24	D 25	D 31	D 32	D 33	D 34	D 35	D 41	D 42	D 43	D 44	D 45
60					45					50					55					60
50				45	50			50	55				55	60			60		60	65
40		45		50			50	55			55		60			60		65		70
30	45	50	50		55	50		55		60	55		60		65	60		65		70
20	50	55	55		60	55	60	60		65	60	65	65		70	65	70	70		75
10	55	60	60	60		60	65	65	65		65	70	70	70		70	75	75	75	80
	60	65	65	65	65	65	70	70	70	70	70	75	75	75	75	80	80	80	80	85
	70	70	70	70	70	75	75	75	75	75	80	80	80	80	80	85	85	85	85	85

Table 15. 乾湿球温度差の類型化スケジュール Patternized wet-bulb depression schedule.

含水率 Moisture content (%)	スケジュール番号の乾湿球温度差 (°C) Wet-bulb depression for each																			
	W 11	W 12	W 13	W 14	W 15	W 21	W 22	W 23	W 24	W 25	W 31	W 32	W 33	W 34	W 35	W 41	W 42	W 43	W 44	W 45
80															4					5
70										3					4	5			5	6
60					2					3	4			4	5	7		5	7	8
50				2	3				3				4			5		5	7	11
40			2					3		4	4,5	6	4		5	7	8	10		14
30	2	3	5	6		5	6	8	9		9	9	10	12		12	13		13	14
20	3	5	7	8		8	10	11	12		14	13	15	16		18	18		20	20
10	4																		20	20
	5	9	10	11	12	13	15	16	16			20	21	21				25	25	25
	7																	25	25	25
	10	15	16	16	18	21	22	22	21	20	30	30	30					30	30	30
	14																		30	30
	20	25	25	25	25	30	30	30	30	30					30	30				30

schedule type				
D 51	D 52	D 53	D 54	D 55
				70
			70	75
		70		
	70		75	
70		75		80
	75		80	
75		80		
	80		85	85
80		85		
	85		90	90
85		90		
90				

schedule type				
W 51	W 52	W 53	W 54	W 55
				7
			7	8
		7		9
	7			10
7		9	12	13
	10			
9		13	15	16
	15			
12		19	20	20
	20			
20		25	25	
	25			
25		30	30	25
	30			
30				30

スケジュール 25 種類の中から、適する組み合わせを選び出す必要がある。ここで、類型化スケジュールの初期温度、初期温度差、末期温度、末期温度差ならびに途中の温度、温度差の変化方法の概要を示すと、Fig. 14 のとおりである。温度スケジュール、温度差スケジュールとも、スケジュール番号の添字の前の数字が大きくなるにつれて初期温度、初期温度差が上昇する。末期温度は初期温度にはほぼ比例して増加するが、末期温度差は大半が 30°C で、一部に 20°C または 25°C のものがある。途中の温度および温度差の変化方法は、同じく Fig. 14 にその傾向が示されているが、スケジュール表で実際に初期温度および初期温度差の変化が始まる時期は、Fig. 15 のとおりである。スケジュール番号の添字の後の数字が大きくなるにつれて、温度、温度差とも初期条件の変化開始時期の含水率は高くなり、温度差の場合は添字の前の数字が大きくなるにしたがってさらに全体に高含水率側に移動する。すなわち、初期温度差の大きなものは比較的含水率の高い時期から温度差を開き始め、初期温度差の小さなものは比較的低い含水率になってから温度差を開き始める。初期温度差が大き

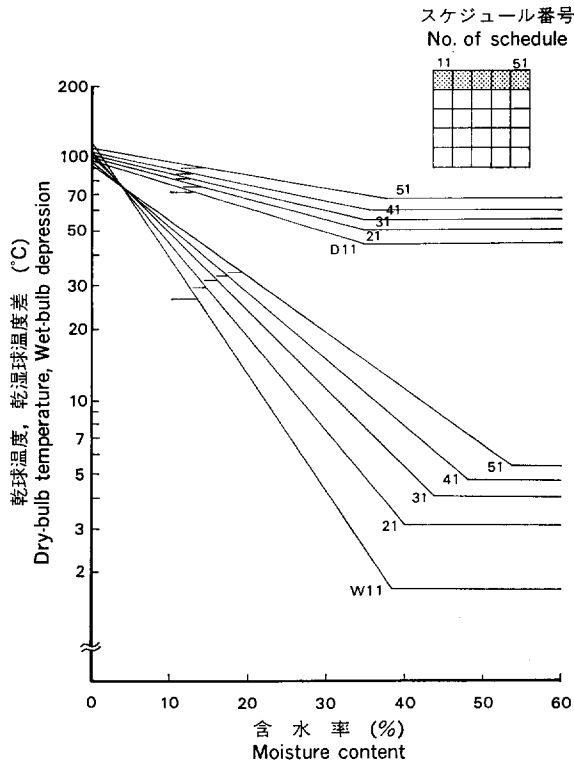


Fig. 13. 主成分推定により求められた類型化スケジュールの基本パターン

Original patterns of patternized drying schedule estimated from the principal component analysis.

Table 16. 乾球温度の類型化スケジュールを表わす各数値
The numbers for expression of patternized temperature schedule.

スケジュール 番 No. of schedule	初期温度 Initial condition θ_1 (°C)	末期温度 Final condition θ_2 (°C)	定 数 Constant a	定 数 Constant b	主成分スコア Component score	
					z_1	z_2
D 11	45	70	4.473	0.02054	-1.33	0.48
12	45	70	4.483	0.01757	-1.18	0.23
13	45	70	4.417	0.01436	-1.18	-0.57
14	45	70	4.364	0.01146	-1.17	-1.24
15	45	70	4.331	0.00885	-1.12	-1.75
D 21	50	75	4.522	0.01884	-0.58	0.65
22	50	75	4.531	0.01614	-0.44	0.42
23	50	75	4.471	0.01318	-0.44	-0.31
24	50	75	4.422	0.01052	-0.43	-0.93
25	50	75	4.381	0.00790	-0.41	-1.50
D 31	55	80	4.570	0.01740	0.15	0.84
32	55	80	4.579	0.01492	0.28	0.63
33	55	80	4.523	0.01218	0.28	-0.04
34	55	80	4.487	0.00987	0.31	-0.53
35	55	80	4.450	0.00751	0.33	-1.05
D 41	60	85	4.616	0.01617	0.87	1.05
42	60	85	4.625	0.01388	1.00	0.86
43	60	85	4.573	0.01132	0.99	0.22
44	60	85	4.540	0.00917	1.01	-0.24
45	60	85	4.505	0.00698	1.04	-0.71
D 51	70	90	4.661	0.01254	1.96	0.96
52	70	90	4.604	0.00923	1.98	0.72
53	70	90	4.583	0.00757	2.01	-0.11
54	70	90	4.567	0.00627	2.03	-0.36
55	70	90	4.535	0.00461	2.04	-0.76

く、その条件を低含水率域まで保つようなスケジュールや、初期温度差が小さいのに比較的高含水率時期から温度差を開き始めるような特殊なスケジュールは、類型化スケジュールには含まれていない。したがって、特殊な材のスケジュールについてはそれぞれ個別にスケジュールをあてはめる必要がある。

4.2. 乾燥スケジュールの類型番号の求め方

類型化スケジュールは一般的に用いられるスケジュールの範囲を、ほぼ一様にカバーしているため、多くの場合は今回定めた類型化スケジュールの中から適用し得るスケジュールが選択できるはずである。スケジュール番号の選択方法としては次の3つの方法が考えられる。このうちスケジュールパターンから求める方法(1)は最も実務的であるが、選択者により差が生じる場合がある。数値計算による方法(2)は計算機利用を想定している。また、類型化チャートを用いる方法(3)は数値計算の簡素化を目標にしている。

(1) スケジュールパターンから求める方法

乾燥スケジュールは通常スケジュール表で示されるが、そのスケジュールが類型化スケジュールのどれ

Table 17. 乾湿球温度差の類型化スケジュールを表わす各数値
The numbers for expression of patternized wet-bulb depression schedule.

スケジュール号 No. of schedule	初期温度差 Initial condition $\Delta\theta_1$ (°C)	末期温度差 Final condition $\Delta\theta_2$ (°C)	定数 Constant a	定数 Constant b	主成分スコア Component score	
					z_1	z_2
W 11	2	20	4.676	0.12639	-2.92	-0.31
	12	2	4.531	0.10467	-1.91	0.16
	13	2	4.210	0.08226	-1.22	-0.68
	14	2	3.991	0.06881	-0.79	-1.24
	15	2	3.781	0.05351	-0.33	-1.79
W 21	3	30	4.659	0.09395	-1.09	1.48
	22	3	4.519	0.08233	-0.76	1.10
	23	3	4.255	0.06675	-0.25	0.44
	24	3	4.024	0.05566	0.16	-0.13
	25	3	3.788	0.04353	0.58	-0.72
W 31	4	30	4.792	0.08009	-0.71	1.86
	32	4	4.619	0.07029	-0.38	1.43
	33	4	4.348	0.05709	0.09	0.76
	34	4	3.940	0.04122	0.74	-0.21
	35	4	3.729	0.03219	1.08	-0.72
W 41	5	30	4.636	0.06261	-0.01	1.61
	42	5	4.374	0.05128	0.42	0.98
	43	5	4.224	0.04504	0.67	0.62
	44	5	3.945	0.03389	1.11	-0.05
	45	5	3.744	0.02740	1.40	-0.52
W 51	7	30	4.598	0.04997	0.74	1.84
	52	7	4.273	0.03930	1.22	1.08
	53	7	4.161	0.03515	1.39	0.82
	54	7	3.941	0.02679	1.73	0.30
	55	7	3.761	0.02205	1.98	-0.12

に最も近いかを選択するには、まず Fig. 1 のように温度および温度差と含水率との関係をグラフ上に図示する。グラフの縦軸を対数目盛にすると、一般の乾燥スケジュールでは階段状の折線を平均化した直線を引くことができる。もし、直線を引くことができない場合はその非直線の必然性を再度吟味する必要があるが、なお直線化が不可能な場合は類型化スケジュールへのあてはめはできない。直線を引くことができる場合はこれを Fig. 14 の直線群と比較し、さらに初期温度、初期温度差との組み合わせを考慮して、適当と思われるスケジュール番号を決定する。この方法は最も簡便であるが、スケジュールを決定する人の主観により結果が異なる場合がある。

(2) 数値計算による方法

計算機利用の場合を想定し、数値計算による類型化スケジュールの決定法を検討した。

手順 1 は、まず乾燥スケジュールをいくつかの数値で表示することから始める。これには前述の 2 章の (1) 式および (2) 式による表示方法を利用する。すなわち、乾燥スケジュールを初期温度 (θ_1)、末期温度

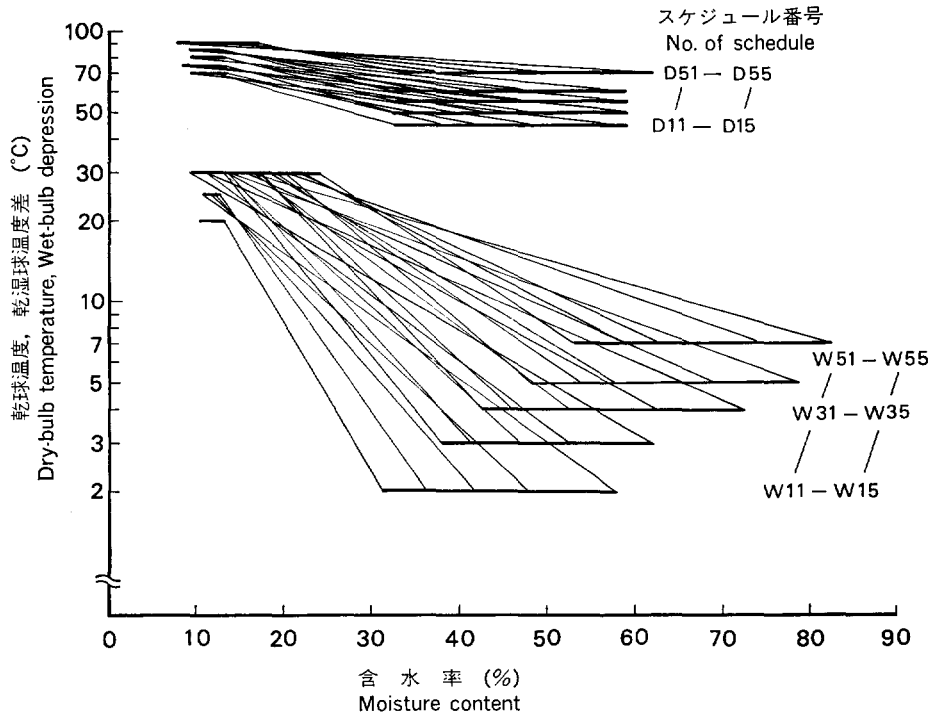


Fig. 14. 類型化スケジュールにおける温度および温度差の変化方法の概要
 Changing patterns of temperature and wet-bulb depression
 in patternized kiln drying schedule.

(θ_2), 初期温度差 ($\Delta\theta_1$), 末期温度差 ($\Delta\theta_2$), 係数 (a, b, c, d) の 8 つの数値で表示する。

手順 2 では, 手順 1 で求めた 8 つの数値を用い, 温度スケジュール, 温度差スケジュール別に主成分スコアを計算する。計算式は前に 3.2.(2) および (3) に示したが, これらの式を簡易な形に書き換えると次のようになる。

温度スケジュールの主成分スコア計算式

$$z_1 = 0.0523 \times \theta_1 + 0.0604 \times \theta_2 + 2.222 \times a - 44.9 \times b - 16.93$$

$$z_2 = -0.0027 \times \theta_1 + 0.0078 \times \theta_2 + 6.722 \times a + 109.8 \times b - 32.26$$

温度差スケジュールの主成分スコアの計算式

$$z_1 = 0.2447 \times \Delta\theta_1 + 0.0974 \times \Delta\theta_2 - 0.860 \times c - 18.33 \times d + 0.98$$

$$z_2 = 0.2037 \times \Delta\theta_1 + 0.187 \times \Delta\theta_2 + 2.096 \times c + 7.43 \times d - 15.21$$

手順 3 では, 温度, 温度差別に求めたそれぞれの主成分スコア z_1, z_2 から, 類型化スケジュール番号を決定する。これには Fig. 16, Fig. 17 を用い, 図上で z_1 軸, z_2 軸のそれぞれに対応した点を求めると, そこに該当する類型化スケジュール番号が記されている。Fig. 16, Fig. 17 はもともと Fig. 8, Fig. 11 と類似なもののはずであるが, 本報では類型化に際し, スケジュール型を実用的なものに適宜修正していったため, このような差が生じた。

なお, 手順 1 から手順 3 までの一連の作業を, すべて計算機により行うためには, 手順 3 の Fig. 16 お

よび Fig. 17 の図を何らかの方法で計算機に記憶させておく必要がある。

(3) 類型化チャートを用いる方法

前項の数値計算による方法を簡素化する目的で、類型化スケジュールを図上で選び出す方法を考えた。

作成した類型化チャートを Fig. 18 および Fig. 19 に示した。Fig. 18 は初期温度 (θ_1)、末期温度 (θ_2)、および前述の温度スケジュールに関する定数 (a, b) の4つの数値から温度スケジュールの類型番号を求めるチャートである。また、Fig. 19 は初期温度差 ($d\theta_1$)、末期温度差 ($d\theta_2$)、定数 (c, d) の4つの数値から温度差スケジュールの類型番号を求めるチャートである。このチャートの使用法は Fig. 18, Fig. 19 と同じで、Fig. 18 の下方に要点を示した。はじめに①軸について、これをはさむ2つの値 θ_1, θ_2 の該当する点を直線で結び、①軸上に交点を求める。次に②軸上に同様に a, b による交点を求め、続いて③軸上には先に求めた①軸上の点と②軸上の点とを結ぶ直線との交点を求める。さらに同様の手法で、④軸、⑤軸、⑥軸と順々に交点を求めていく。そして最終的に求められた③軸および⑥軸上の各点を、それぞれY軸、

X軸上の各点とする座標点を求めると、その点は図上に記入された網目のいずれか1つに含まれるはずで、その網目の番号 (D11~D55) が求める類型番号である。なお、Fig. 19 も同様の手順で温度差スケジュールの類型番号を求めることができる。

4.3. 各種南洋材の乾燥スケジュール類型番号の一覧表

各種の南洋材に対し、標準的と思われる乾燥スケジュールの類型番号を Table 18 に示した。類型番号の求め方は原則として Fig. 18 および Fig. 19 の類型化チャートを用いる方法によったが、適合性の悪い一部の樹種については空欄とするか、適宜最も近いと思われるスケジュール番号をあてはめた。最終的に類型化が不可能と思われた樹種は㊸ロヨン、㊹チャンパカ、㊺ケラットの3樹種であったが、これらについては特殊な乾燥スケジュールを与える必然性の有無を含め再検討の必要があろう。

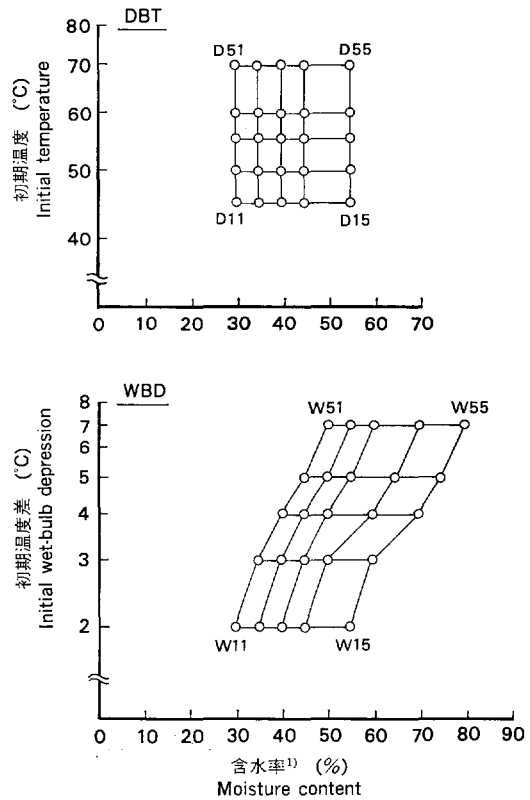


Fig. 15. 類型化スケジュールにおける初期条件と初期条件の変化開始含水率
Relationship between initial condition and intermediate moisture content at the first change of drying condition in patternized kiln drying schedule.

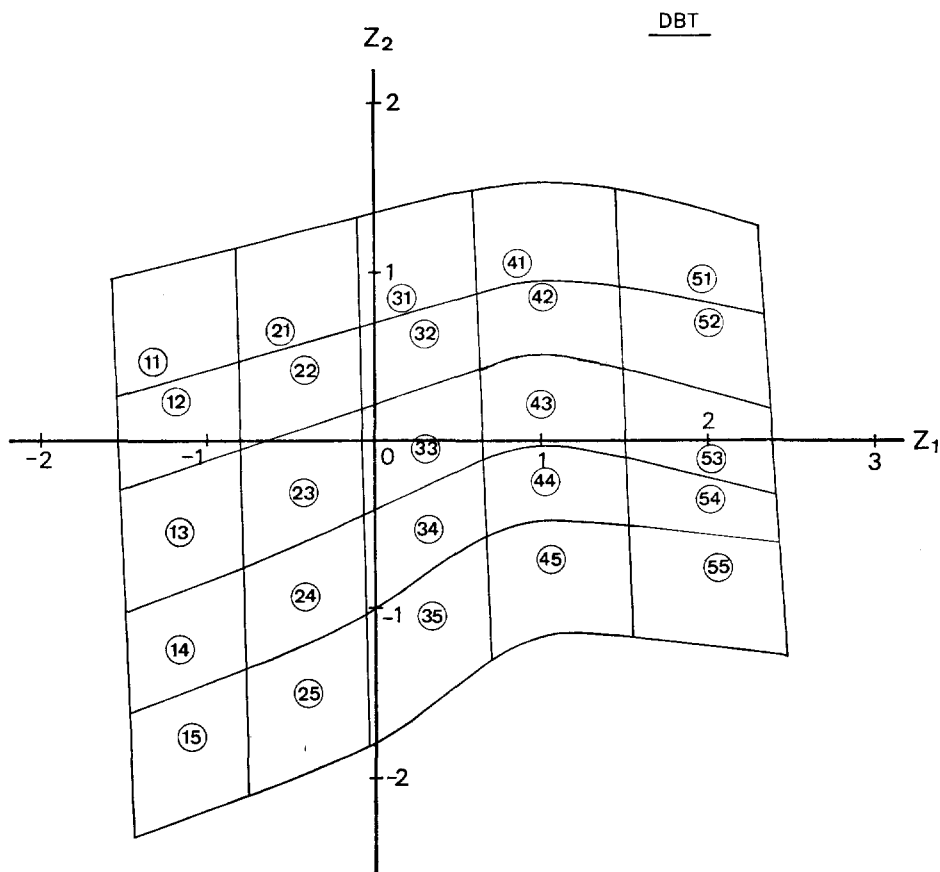


Fig. 16. 作成した類型化スケジュールの主成分スコアと
スケジュール分類のための区分

Component score of patternized drying schedule and
division of scatter diagram for classification.

数字は温度スケジュールの類型番号を示す。

The figures correspond to the code numbers of temperature schedule.

5. 乾燥スケジュール未知の木材に対する類型化 スケジュールの適用法

5.1. 乾燥スケジュールの予測

乾燥スケジュールが未知の木材の乾燥スケジュールを求めるには、通常前述（2. 南洋材の乾燥スケジュールの概要）のような乾燥スケジュール試験を行うが、この試験はできるかぎり簡略化することが望ましい。そのためには対象とする木材の特性を十分に把握し、最適と思われる乾燥スケジュールを的確に予測することが望ましい。乾燥スケジュールを予測する方法には、a) 100°C の急速乾燥試験による方法¹⁴⁾と、b) スケジュール予測式による方法¹⁸⁾の2つがある。前者は従来から広く用いられてきた方法で、小形試験片による予備実験（100°C 試験）から、乾燥初期の温湿度条件ならびに初期条件の変化開始時期を予測し、一定のルールに基づいてスケジュールを作成するものである。これに対し、後者は 100°C 試験

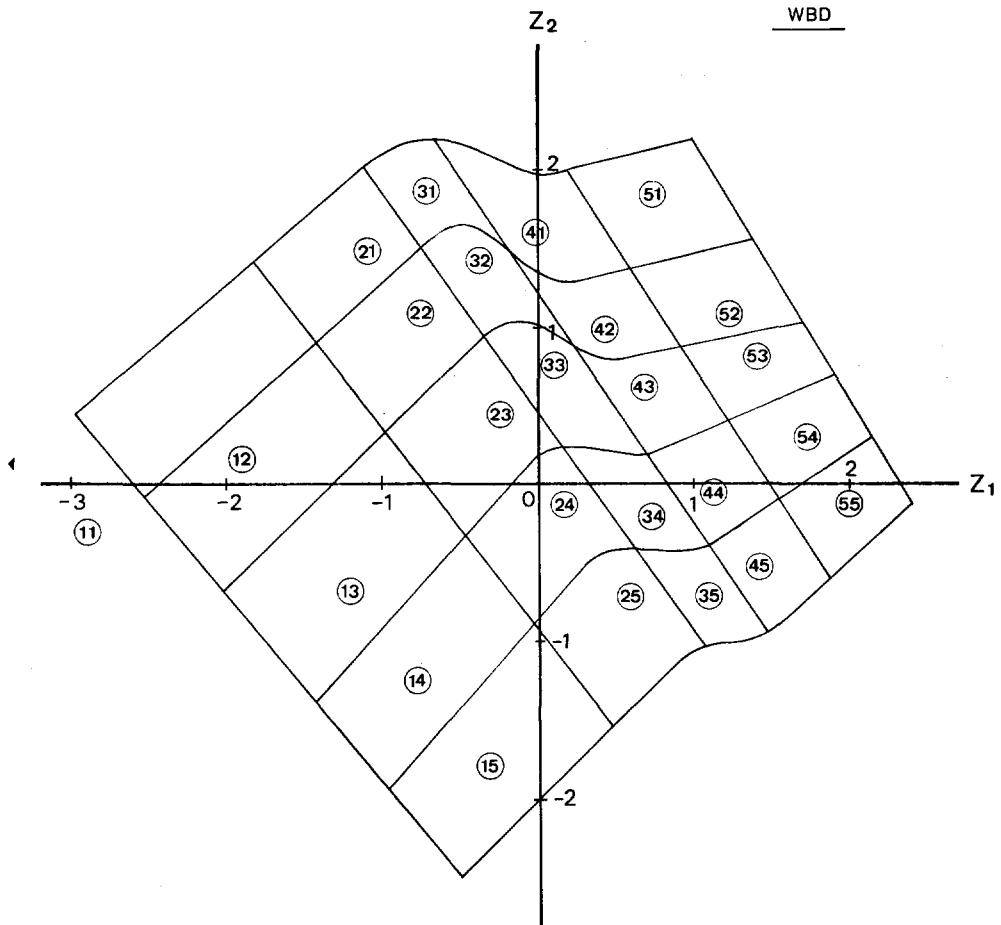


Fig. 17. 作成した類型化スケジュールの主成分スコアとスケジュール分類のための区分

Component score of patternized drying schedule and division of scatter diagram for classification.

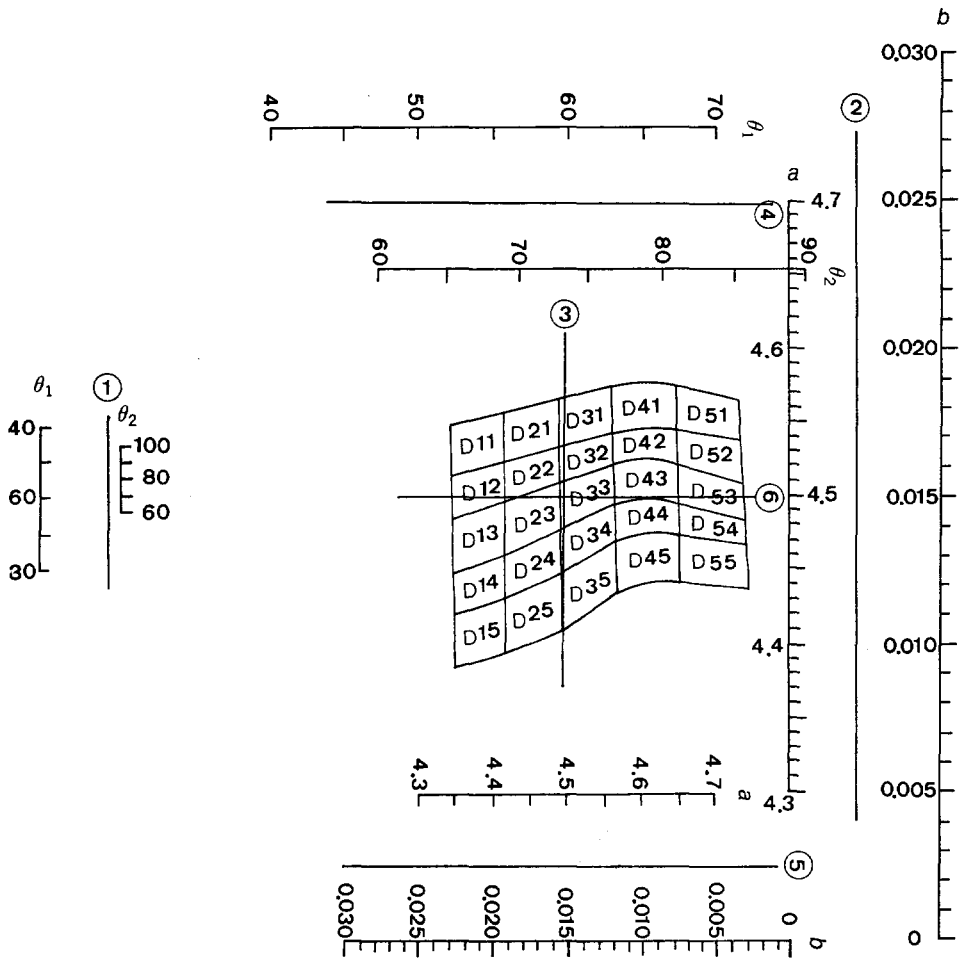
数字は温度差スケジュールの類型番号を示す。

The figures correspond to the code numbers of wet-bulb depression schedule.

による初期割れ, 断面の変形, 内部割れの3つの情報と, 初期含水率から乾燥スケジュールパターンを数値計算により予測するものである。このうち本報では後者の方法により乾燥スケジュールを予測するとともに, 得られたスケジュールの類型化を行う方法について検討した。

乾燥スケジュールの予測¹⁸⁾では, 乾燥スケジュールパターンを表すのに次の8つの数値を用いているが, これは本報の類型化に際し用いたのと同じである (Fig.1 参照)。

- 1) 乾球温度の初期条件 (θ_1)
- 2) 乾球温度の末期条件 (θ_2)
- 3) 乾球温度の変化方法を示す定数 (a, b)



(グラフの使用方法)

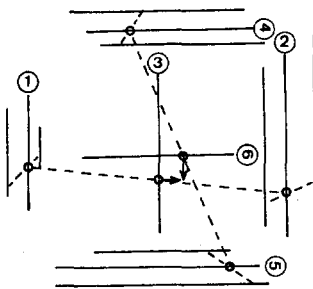


Fig. 18. 温度スケジュールの類型番号を求めるためのチャート
Chart for classification of temperature schedule.

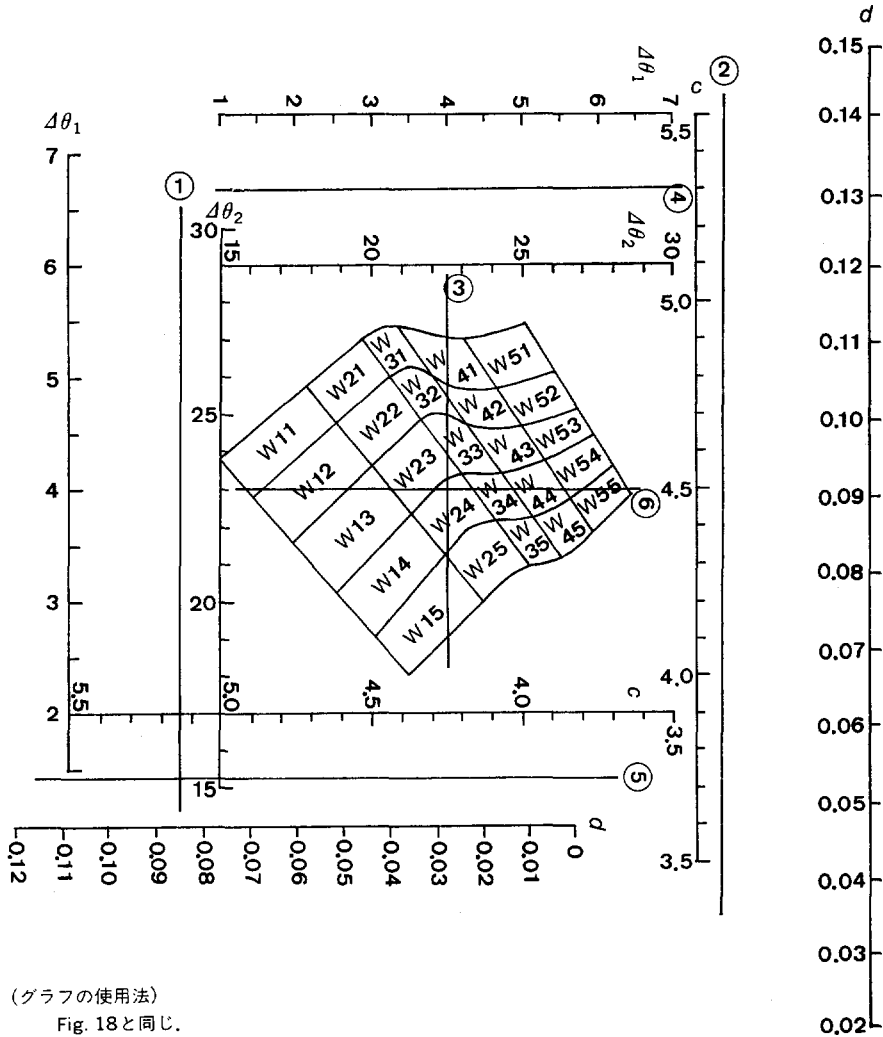


Fig. 19. 温度差スケジュールの類型番号を求めるためのチャート
Chart for classification of wet-bulb depression schedule.

- 4) 乾湿球温度差の初期条件 ($\Delta\theta_1$)
- 5) 乾湿球温度差の末期条件 ($\Delta\theta_2$)
- 6) 乾湿球温度差の変化方法を示す定数 (c, d)

これら8つの数値は次の各式から求められるが、そのためには100°C試験により D_1, D_2, D_3, u_a の各値を求めておく必要がある。 D_1 は初期割れの程度を表す区分で1~8に、 D_2 は断面の変形を表す区分で1~8に、また D_3 は内部割れを表す区分で1~6に分かれている。また、 u_a は初期含水率(%)である。ここで参考のため Appendix Table に各樹種の D_1, D_2, D_3, u_a のそれぞれの値と、関連する各種の材質的特性値を示しておく。

Table 18. 南洋材の樹種別乾燥スケジュール類型番号一覧表
The code numbers of patternized drying schedule of tropical woods.

	樹 種 名 Species	原木記号 Mark of log	スケジュール番号② No. of schedule		
			D	W	
1	キャンブノスパーマ	<i>Campnosperma brevipetiolata</i>	X E	35	35
2	スポンジアス	<i>Spondias</i> sp.	XIII A	54	51
3	アルストニア	<i>Alstonia</i> sp.	XII A	43	44
4	ジェルトン	<i>Dyera</i> sp.	VII A	35	25
5	アガチス	<i>Agathis</i> sp.	XII H	52	43
6	カナリウム	<i>Canarium</i> sp.	XI H	—	—
7	ターミナリア	<i>Terminalia</i> sp.	X D	43	34
8	ターミナリア	<i>Terminalia</i> sp.	XII F	43	44
9	エリマ	<i>Octomelessumatrana</i>	X B	23	33
10	ブジック	<i>Anisoptera glabra</i>	II C	15	24
11	ギアム	<i>Cotylelobium</i> sp.	VII E	12	12
12	アピトン	<i>Dipterocarpus</i> sp.	V A	13	24
13	チュテールサル	<i>D. alatus</i>	II ㊸	23	23
14	チュテールバンコイ	<i>D. insularis</i>	II A	23	23
15	クルイン	<i>Dipterocarpus</i> sp.	IV A-1	22	22
16	クルイン	<i>Dipterocarpus</i> sp.	IV A-2	12	22
17	クルイン	<i>Dipterocarpus</i> sp.	VIII A	12	23
18	クルイン	<i>Dipterocarpus</i> sp.	VIII A	—	—
19	カプール	<i>Dryobalanops</i> sp.	III A-1	12	23
20	カプール	<i>Dryobalanops</i> sp.	III A-2	12	23
21	コキークサイ	<i>Hopea pierrei</i>	II E	23	14
22	センガワン	<i>Shorea albida</i>	XIII E	32	22
23	レッドラワン	<i>S. negrosensis</i>	IX A	42	33
24-1	レッドメランチ	<i>Shorea (Rubroshorea)</i> sp.	I B	32	24
24-2	レッドメランチ	<i>Shorea (Rubroshorea)</i> sp.	I C	31	33
24-3	レッドメランチ	<i>Shorea (Rubroshorea)</i> sp.	I D	21	24
25	ライトレッドメランチ	<i>Shorea (Rubroshorea)</i> sp.	VII G	34	33
26	ホワイトメランチ	<i>Shorea (Anthoshorea)</i> sp.	VII B	32	21
27	コムニヤン	<i>S. hypochra</i>	II B	23	23
28	イエローメランチ	<i>Shorea (Richetioides)</i> sp.	I E	31	23
29	イエローメランチ	<i>Shorea (Richetioides)</i> sp.	XII G	43	42
30	バンキライ	<i>Shorea (Shorea)</i> sp.	VI A	11	11
31	バラウ	<i>Shorea (Shorea)</i> sp.	VII H	22	24
32	バラウ	<i>Shorea (Shorea)</i> sp.	VII I	12	13
33	バラウ	<i>Shorea (Shorea)</i> sp.	VII J	11	11
34	レサック	<i>Vatica</i> sp.	VII F	14	24
35	ニューギニアバスウッド	<i>Endospermum medullosum</i>	XI E	45	44
36	ニューゼーランドビーチ(1)	<i>Nothofagus</i> sp.	XIII F-1	12	23
37	ニューゼーランドビーチ(2)	<i>Nothofagus</i> sp.	XIII F-3	33	33
38	ボルネオオーク	<i>Quercus</i> sp.	VII K	13	13
39	アラス	<i>Homalium foetidum</i>	XII E	11	12
40	ラミン	<i>Gonystylus bancanus</i> ¹	XI C	22	15

Table 18. (つづき)

	樹 種 名 Species		原木番号 Mark of log	スケジュール番号② No. of schedule	
				D	W
41	カロフィラム	<i>Calophyllum</i> sp.	X G	33	33
42	ゲロンガン	<i>Cratoxylon arborescens</i>	XIII D	32	24
43	ウリン	<i>Eusideroxylon zwageri</i>	XII J	11	12
44	リツェア	<i>Litsea</i> sp.	XI F	53	35
45	アルビジア	<i>Albizia falcata</i>	XIII H	—	—
46	インツェア	<i>Intsia</i> sp.	XI D	45	43
47	メンゲリス	<i>Koompassia excelsa</i>	XII I	22	22
48	ロヨン	<i>Parkia streptocarpa</i>	II D		
49	セプターパヤ	<i>Pseudosindora palustris</i>	XI B	31	13
50	チャンパカ	<i>Michelia</i> sp.	VII D		
51	ジョンコン	<i>Dactylocladus stenostachys</i>	XI A	35	34
52	ケレダン	<i>Artocarpus</i> sp.	VII L	35	35
53	カメレレ	<i>Eucalyptus deglupta</i>	XII D	23	24
54	ケラット	<i>Eugenia</i> sp.	VIII M		
55	ロンリャン	<i>Tristania</i> sp.	II G	11	11
56	スロールクラハム	<i>Dacrydium elatum</i>	II F	44	45
57	ラブラ	<i>Anthocephalus cadamba</i>	XII B	22	15
58	タウン	<i>Pometia pinnata</i>	X C	33	33
59	ナトー	<i>Palaquium</i> sp.	X F	13	24
60	プランチョネラ	<i>Planchonella</i> sp.	XIII B	41	42
61	ホワイトシリス	<i>Ailanthus</i> sp.	X A	43	34
62	アンベロイ	<i>pterocymbium beccarii</i>	XII C	54	53
63	テラリン	<i>Tarrietia</i> sp.	VII C	25	14
64	カラス	<i>Aquilaria melaccensis</i>	VII B	35	44
65	セルチス	<i>Celtis</i> sp.	XII C	43	43
66	グメリナ	<i>Gmelina</i> sp.	XI G	44	54
67	チーク	<i>Tectona grandis</i>	XIII G	52	42

- ① 林試研報 No. 277¹⁵⁾(1975) に対応する。Marks of log are same as in Bulletin No. 277¹⁵⁾(1975)
- ② 主として類型化チャートにより決定。空欄は該当スケジュールなし。— はスケジュール未決定 (未試験)。
 Cord numbers are mainly selected by using classificatory charts.
 Vacant columns have no corresponding drying schedule.
 Hyphenated columns have no drying schedule because the drying test was not conducted.

$$\theta_1 = \exp(4.269 - 0.0412 D_1 - 0.0287 D_2 - 0.0197 D_3)$$

$$\theta_3 = 90.3 - 1.68 D_1 - 1.71 D_2$$

$$b = \exp(-3.668 - 0.01104 u_a + 0.0575 D_3)$$

$$a = l_n \hat{\theta}_2 + 12.5 \hat{b}$$

$$\Delta\theta_1 = \exp(2.071 - 0.1554 D_1 - 0.0720 D_2)$$

$$\Delta\theta_2 = 30.9 - 0.75 D_1 + 0.33 D_2$$

$$d = \exp(-2.567 - 0.00911 u_a + 0.00666 D_1)$$

$$c = l_n \Delta \hat{\theta}_2 + 12.5 \hat{d}$$

このようにして得られた乾燥スケジュールは、含水率に対する温度および温度差の変化方法の基本パターンを示すものであるため、一般に用いられる階段状スケジュールにするためには、基本パターンに添って適宜階段状のスケジュールを作成する必要がある。すなわち、乾球温度は含水率約 5% 減少ごとに 5°C ずつ上昇し、乾湿球温度差は含水率 5~10% 減少ごとに 1.3~1.5 倍に増大させる。

5.2. チャート利用によるスケジュール類型番号の求め方

前項では 100°C の急速乾燥試験から乾燥スケジュールを予測する方法について述べた。予測により乾燥スケジュールが求められれば、4.2. 乾燥スケジュールの類型番号の求め方に従って類型番号を求めることが可能である。この中で (3) 類型化チャートを用いる方法があるが、ここではこれを一歩進め、100°C の急速乾燥試験から直接チャートにより類型番号を求める方法を考えた。

作成した類型化チャートを Fig. 20, および Fig. 21 に示す。Fig. 20 は温度スケジュールの類型番号を求めるチャートで、Fig. 21 は温度差スケジュールの類型番号を求めるチャートである。チャートの利用法は各図の下方に図示してあるが、Fig. 20 では初めに D_1 , D_2 軸上の該当する点を直線で結び、①軸上に交点を求める。次に、 u_a , D_3 の該当する点を結び、この線を延長して②軸上に交点を求める。続いて①軸上の求めた点と②軸上の点とを結んで③軸上に交点を求める。同様に D_1 , D_2 を結んで④軸上の点を探し、 D_3 , u_a を結んで⑤軸上の点を探し、さらに④軸上の点と⑤軸上の点とを結んで⑥軸上に交点を求める。最終的に③軸上に 1 点と、⑥軸上に 1 点を求めるわけであるが、③軸を Y 軸、⑥軸を X 軸として、これら 2 点の対応する座標点を求めると、その点は多くの場合 D11~D55 のマス目のいずれかに入るはずである。このマス目の番号が求めるスケジュール類型番号である。一部の樹種では求めた点がマス目の外に出ることがあるが、これらは類型化スケジュール以外の特殊なスケジュールを与える必要のある樹種である。

Fig. 21 の温度差スケジュールの類型番号を求めるチャートの利用法は、Fig. 20 とほぼ類似であるが、ここでは D_3 は用いない。初めに、 D_1 と D_2 を結んで①軸上に交点を求め、次に①軸上の点と u_a とを結んで②軸上に交点を求める。同様に、 D_1 と D_2 を結んで③軸上に交点を求め、③軸上の点と u_a とを結んで④軸上に交点を求める。ここでは②軸を Y 軸、④軸を X 軸として Fig. 20 と同様に座標上の点を探し、W11~W55 のマス目の中から該当する類型番号をさがし出す。

ここに示したチャート利用によるスケジュール類型番号の求め方は、面倒な計算がいっさい不要で、チャートの利用法を知るのみで類型化されたスケジュールの番号を求められる点が特色である。乾燥スケジュールが未知の木材に対して、急速乾燥試験のみから標準的なスケジュールを知りたい場合や、乾燥スケジュール試験において最初の試験条件を定める場合など、利用範囲は広いと思われる。

6. ま と め

南洋材約 60 樹種の乾燥スケジュールの分類を基本にして、類型化スケジュールを作成した。類型化スケジュールの作成方法、ならびに類型化スケジュールの適用法について検討するとともに、各樹種の類型化スケジュール番号ならびに木材乾燥に関連する各種の特性値を一覧表として示した。主要な成果は次のとおりである。

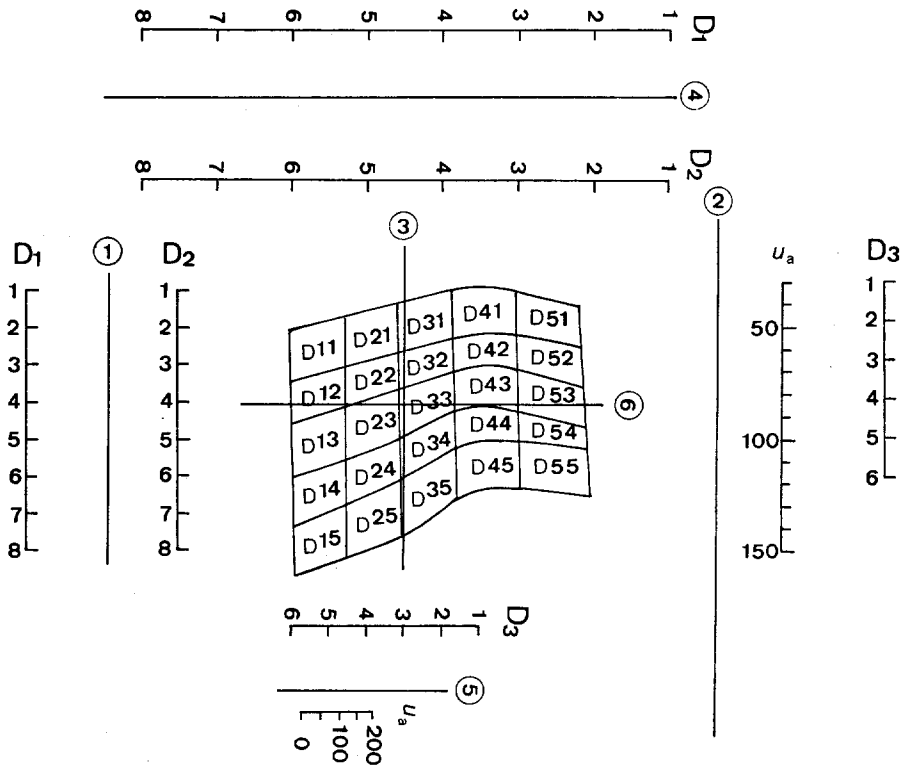
1) 類型化に先立ち、南洋材の乾燥スケジュールパターンを分析し、南洋材乾燥スケジュールの特徴ならびに一般的形式を明らかにした。乾燥スケジュールの初期条件は乾球温度 45~70°C、乾湿球温度差 1.5~7°C の範囲で、その組み合わせは約 30 種類ある。末期条件のうち乾球温度はほぼ初期温度に比例し、乾湿球温度差は約 30°C である。乾燥中期の条件変化は温度、温度差とも含水率に対して指数関数的で、樹種や初期含水率によって変化方法は多様ではあるが、一定の規則性が認められた。

2) 南洋材の乾燥スケジュールを乾球温度スケジュール、乾湿球温度差スケジュール別に各 25 種類に分類し、これに対応して同数の類型化スケジュールを作成した。分類に際しては主成分分析法を利用し、南洋材の約 90% 以上の樹種に類型化スケジュールが適用できることを目標にした。したがって、残りの約 10% については各樹種別に特有のスケジュールを作成する必要がある。

3) 類型化スケジュールの適用法、すなわちあるパターンのスケジュールが類型化スケジュールのどれに近いかを探す方法として次の 3 つの方法を検討した。①は乾燥スケジュールパターンを図で示し、乾燥条件変化の平均的な傾向がどの類型化スケジュールに近いかを図上で探し出す方法である。②は数値計算による方法で、③はこれから計算を省いた類型化チャートを用いる方法である。これにより対象とするスケジュールの類型番号を容易に探し出すことができる。

4) 乾燥スケジュールが未知な木材に類型化スケジュールを適用する方法として、小試片の急速乾燥試験の結果を用いて適正とされる乾燥スケジュールを予測し、この予測スケジュールの類型番号を求める方法を検討した。ここでは数値計算による方法と、類型化チャートを用いる 2 つの方法を示したが、このうち前者はきわめて容易にスケジュール類型番号を求められる点で応用範囲が広いと思われる。乾燥スケジュール試験における最初の試験条件を定める際や、乾燥現場において未知の樹種の乾燥を初めて手がける場合などに役立つはずである。

以上、南洋材の乾燥スケジュールの類型化について述べたが、この手法は南洋材以外の樹種グループのスケジュールの類型化にも応用できる。しかし、そのためにはある程度多くの樹種についての乾燥スケジュールがすでに定められていることが必要である。その意味では現在のところ日本産材についての類型化の作業は難しいが、広葉樹材に関しては今回作成した南洋材の類型化スケジュールがそのまま適用できるケースが多いように思われる。



(グラフの用法)

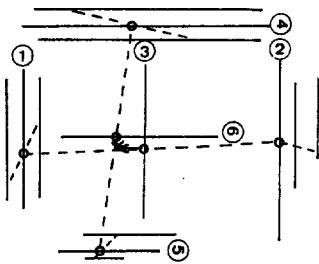
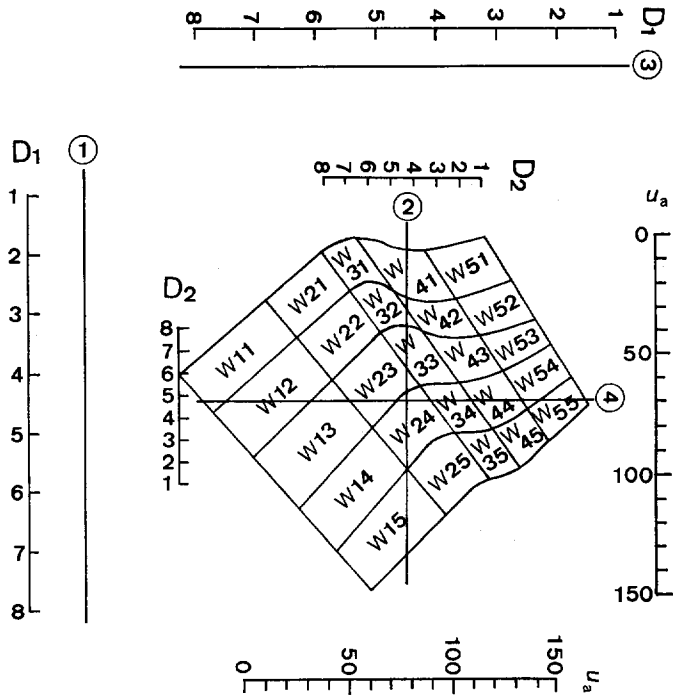


Fig. 20. 100°C 試験法¹⁴⁾の数値から温度スケジュールの
類型番号を予測するためのチャート

Chart for estimation of the code number of patternized temperature
schedule from the speedy drying test at 100°C¹⁴⁾.



(グラフの使用法)

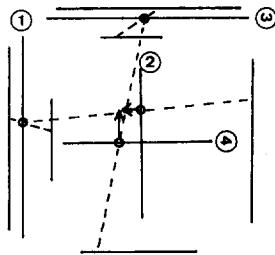


Fig. 21. 100°C 試験法¹⁴⁾の数値から温度差スケジュールの
類型番号を予測するためのチャート

Chart for estimation of the code number of patternized wet-bulb
depression schedule from the speedy drying test at 100°C¹⁴⁾.

引用文献

- 1) 寺沢 真・佐藤庄一：南洋材の性質 1, カンボジア産材 8 樹種の乾燥スケジュール, 林試研報, 190, 62 (1966)
- 2) 寺沢 真・佐藤庄一：南洋材の性質 2, サラワク産メラランチ類木材の乾燥スケジュール, 林試研報, 190, 134 (1966)
- 3) 寺沢 真・佐藤庄一：南洋材の性質 4, 北ボルネオ産カプール材の乾燥スケジュール, 林試研報, 197, 88 (1967)
- 4) 寺沢 真・佐藤庄一：南洋材の性質 7, カリマンタン産クルイン材の乾燥スケジュール, 林試研報, 206, 42 (1967)
- 5) 佐藤庄一・寺沢 真：南洋材の性質 10, フィリピン産アビトン材の乾燥スケジュール, 林試研報, 208, 131 (1968)
- 6) 寺沢 真・佐藤庄一：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 メランチ材の乾燥スケジュール, 林試研報, 218, 58 (1968)
- 7) 寺沢 真・佐藤庄一：南洋材の性質 12, カリマンタン産 13 樹種の人工乾燥スケジュール, 林試研報, 218, 175 (1968)
- 8) 佐藤庄一・鷺見博史：南洋材の性質 13, マラヤ産クルイン材の乾燥スケジュール, 林試研報, 221, 109 (1969)
- 9) 佐藤庄一・鷺見博史：南洋材の性質 16, フィリピン産レッド ラワン材の乾燥スケジュール, 林試研報, 234, 67 (1971)
- 10) 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, 140 (1972)
- 11) 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, 92 (1973)
- 12) 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, 95 (1974)
- 13) 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, 32 (1974)
- 14) 寺沢 真：木材乾燥スケジュール簡易決定法, 木材工業, 20, 216 (1965)
- 15) 木材部・林産化学部：南洋材の性質 21, 南洋材の性質および加工性の評価, 林試研報, 277, 87 (1975)
- 16) 林業試験場(編)：木材工業ハンドブック, 改訂 3 版, 丸善 (1982)
- 17) 黒川泰亨：林業試験場電算機プログラミング報告(8)主成分分析, 林試研報, 293, 171 (1977)
- 18) 久田卓興・佐藤庄一：材質特性による南洋材の乾燥スケジュールの予測, 木材学会誌, 22, 498 (1976)
- 19) 寺沢 真・小玉牧夫・佐藤庄一：日本産主要樹種の性質, 乾燥性(第 1 報), 林試研報, 153, 15 (1963)

Patternizing of Kiln Drying Schedules of Tropical WoodsTakuoki HISADA⁽¹⁾, Schoich SATO⁽²⁾ and Hiroshi SUMI⁽³⁾

Summary

The individual kiln drying schedules of about 60 species of tropical woods were classified, and patternized standard schedules were determined for each group.

(1) In order to classify the drying schedule, the pattern analysis of drying schedules of tropical woods was carried out. And, it was found that most of individual drying schedules showed a certain pattern which was explained by the mathematical equations.

(2) The drying schedules of tropical woods were classified into 25 types for the schedule on dry-bulb temperature and on wet-bulb depression, respectively. Correspondingly the patternized schedules were determined for each group. In classification, the method of principal component analysis was used. The patternized schedules were determined intending to cover more than 90% of the schedules of tropical woods. Therefore, it is necessary to apply the specific schedules for nearly 10% of the species.

(3) The way to select the most suitable patternized schedule in place of the concerned schedule was investigated. For this purpose, the mathematical equation and charts were prepared.

(4) In order to apply the patternized drying schedule for the woods whose schedules are unknown, the charts to estimate the most suitable patternized schedule from the preliminary test using the small size specimens were prepared. This will be useful to determine the more suitable drying conditions in the first drying test and in practical kiln drying of unknown woods.

Appendix Table 各樹種の性質と 100°C の
Physical properties and drying defects

樹種名 Species	① 原木記号 Mark of log	比重 Specific gravity in oven dry r_0	初期含水率 Initial moisture content u_a (%)	② 乾燥速度係数 Coefficient of drying rate ($\times 10^{-3}$ 1/hr)	
				k_r (板目)	k_t (柱目)
1 キャンプノス バーマ <i>Camptosperma brevipetiolata</i>	X E	0.46	150	7.4	5.0
2 スポンジアス <i>Spondias</i> sp.	XIII A	0.32	90	25.1	7.5
3 アルストニア <i>Alstonia</i> sp.	XII A	0.38	90	17.6	7.7
4 ジェルトン <i>Dyera</i> sp.	VII A	0.40	110	7.27	—
5 アガチス <i>Agathis</i> sp.	XII H	0.41	60	9.1	4.9
6 カナリウム <i>Canarium</i> sp.	XI H	—	—	—	—
7 ターミナリア <i>Terminalia</i> sp.	X D	0.47	70	13.4	3.4
8 ターミナリア <i>Terminalia</i> sp.	XII F	0.38	100	13.5	—
9 エリマ <i>Octomeles sumatrana</i>	X B	0.33	130	5.5	5.0
10 プジック <i>Anisoptera glabra</i>	II C	0.66	90	1.15	0.70
11 ギアム <i>Cotylelobium</i> sp.	VII E	0.94	50	3.93	1.87
12 アピトン <i>Dipterocarpus</i> sp.	V A	0.70	65	2.8	1.58
13 チュテールサル <i>D. alatus</i>	II ㊸	0.76	60	3.40	1.65
14 チュテール バンコイ <i>D. insularis</i>	II A	0.72	60	3.87	1.66
15 クルイン <i>Dipterocarpus</i> sp.	IV A-1	0.89	55	3.38	—
16 クルイン <i>Dipterocarpus</i> sp.	IV A-2	0.79	55	2.28	1.85
17 クルイン <i>Dipterocarpus</i> sp.	VIII A	0.80	60	—	—
18 クルイン <i>Dipterocarpus</i> sp.	VIII A	—	—	—	—
19 カプール <i>Dryobalanops</i> sp.	III A-1	0.70	65	2.90	1.80
20 カプール <i>Dryobalanops</i> sp.	III A-2	0.63	70	4.70	2.78
21 コキークサイ <i>Hopea pierrei</i>	II E	0.88	70	8.13	1.69
22 センガワン <i>Shorea albida</i>	XIII E	0.52	50	3.0	1.6
23 レッドラワン <i>S. negrosensis</i>	IX A	0.47	60	5.96	3.19
2-41 レッドメランチ <i>Shorea (Rubroshorea)</i> sp.	I B	0.46	80	2.47	2.55
24-2 レッドメランチ <i>Shorea (Rubroshorea)</i> sp.	I C	0.45	60	4.20	2.65
24-3 レッドメランチ <i>Shorea (Rubroshorea)</i> sp.	I D	0.50	75	3.41	2.45
25 ライトレッド メランチ <i>Shorea (Rubroshorea)</i> sp.	VII G	0.44	65	4.47	2.41
26 ホワイトメランチ <i>Shorea (Anthoshorea)</i> sp.	VII B	0.54	50	2.97	2.43
27 コムニヤン <i>S. hypochra</i>	II B	0.80	75	4.01	2.42
28 イエローメランチ <i>Shorea (Richetioides)</i> sp.	I E	0.41	95	3.33	2.82
29 イエローメランチ <i>Shorea (Richetioides)</i> sp.	XII G	0.46	70	2.8	2.6
30 バンキライ <i>Shorea (Shorea)</i> sp.	VII A	0.88	37	2.93	0.99
31 バラウ <i>Shorea (Shorea)</i> sp.	VII H	0.82	55	2.99	1.00
32 バラウ <i>Shorea (Shorea)</i> sp.	VII I	0.98	45	2.50	0.50
33 バラウ <i>Shorea (Shorea)</i> sp.	VII J	1.01	38	2.93	0.97
34 レサック <i>Vatica</i> sp.	VII F	0.76	90	4.67	2.07
35 ニューギニア バスウッド <i>Endospermum medullosum</i>	XI E	0.31	90	14.6	13.9

急速乾燥試験における損傷の程度
in speedy drying test at 100°C.

乾燥速度 係数比 Ratio k_r/k_t	平均収縮率 Shrinkage per 1% m.c. change δ_t (%)	平均収縮率 Shrinkage per 1% m.c. change δ_r (%)	全収縮率 Shrinkage from green to oven dry α_t (%)	全収縮率 Shrinkage from green to oven dry α_r (%)	収縮異方性 Ratio α_t/α_r	初期割れ ^③ Initial checking D_1	断面変形 ^③ Deformation D_2	内部割れ ^③ Honey- combing D_3
1.48	0.224	0.147	7.75	3.99	1.94	3	6	5
3.35	0.185	0.100	5.08	2.40	2.12	1	1	1
2.29	0.168	0.116	4.93	3.02	1.63	1	4	1
—	0.241	0.122	6.70	2.82	2.38	4	3	1
1.86	0.300	0.155	8.57	4.11	2.09	2	1	1
—	0.365	0.210	12.88	5.74	2.24	—	—	—
3.94	0.239	0.169	5.81	3.58	1.62	4	1	1
—	0.194	0.127	6.44	3.42	1.88	3	3	2
1.10	0.237	0.146	6.68	3.79	1.76	3	4	3
1.64	0.385	0.217	10.16	4.92	2.07	6	4	6
2.10	0.377	0.251	11.88	6.49	1.83	8	7	5
1.77	0.339	0.202	11.33	5.71	1.98	4	6	5
2.06	0.376	0.219	11.80	5.70	2.07	4	5	2
2.33	0.336	0.207	10.61	5.52	1.92	3	5	3
—	0.415	0.262	12.30	6.90	1.78	7	4	2
1.23	0.400	0.242	12.67	6.52	1.94	4	6	3
—	0.372	0.250	12.95	7.06	1.83	5	6	5
—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.61	0.392	0.183	11.18	4.52	2.47	5	5	5
1.69	0.345	0.187	9.92	4.55	2.18	5	5	3
4.81	0.425	0.182	10.52	3.97	2.65	8	2	2
1.88	0.339	0.180	9.96	4.46	2.23	5	2	1
1.87	0.280	0.143	8.03	3.54	2.27	4	4	1
0.97	—	—	—	—	—	3	4	3
1.58	—	—	—	—	—	2	2	1
1.39	—	—	7.20	3.10	2.32	5	3	2
1.85	0.256	0.124	6.72	2.68	2.51	4	3	1
1.22	0.317	0.164	7.77	3.70	2.10	4	2	1
1.66	0.381	0.208	8.51	4.54	1.87	7	5	4
1.18	—	—	8.30	2.10	3.95	7	2	2
1.08	0.269	0.100	7.42	2.48	2.99	5	2	1
2.96	0.393	0.223	8.96	4.81	1.86	8	1	2
2.99	0.382	0.164	8.90	3.45	2.58	7	4	3
5.00	0.447	0.190	10.41	4.07	2.56	8	2	2
3.02	0.452	0.255	11.21	5.69	1.97	8	3	2
2.26	0.309	0.168	11.61	3.88	2.99	7	3	6
1.05	0.209	0.111	6.02	2.67	2.25	2	2	1

Appendix Table (つづき) (Continued)

	樹種名 Species	② 原木記号 Mark of log	比重 Specific gravity in oven dry r_0	初期含水率 Initial moisture content u_0 (%)	② 乾燥速度係数 Coefficient of drying rate ($\times 10^{-21}/hr$)		
					k_r (板目)	k_t (柱目)	
36	ニュージーランド ビーチ(1)	<i>Nothofagus</i> sp.	XIII F-1	0.62	80	4.6	1.7
37	ニュージーランド ビーチ(2)	<i>Nothofagus</i> sp.	XIII F-3	0.63	80	4.4	3.4
38	ボルネオオーク	<i>Quercus</i> sp.	VII K	1.02	45	3.0	1.0
39	マラス	<i>Homalium foetidum</i>	XII E	0.81	60	7.1	2.1
40	ラミン	<i>Gonystylus bancanus</i>	XI C	0.65	65	9.8	6.9
41	カロフィルム	<i>Calophyllum</i> sp.	X G	0.57	70	5.1	—
42	ゲロンガン	<i>Cratoxylon arborescens</i>	XII D	0.41	90	7.8	4.1
43	ウリン	<i>Eusideroxylon zwageri</i>	XII J	1.00	45	2.4	0.5
44	リツェア	<i>Litsea</i> sp.	XI F	0.38	120	2.5	2.0
45	アルビジア	<i>Albizia falcata</i>	XIII H	0.38	65	7.0	5.8
46	インツィア	<i>Intsia</i> sp.	XI D	0.67	85	6.7	2.2
47	メンゲリス	<i>Koompassia excelsa</i>	XII I	0.70	60	5.5	2.7
48	ロヨン	<i>Parkia streptocarpa</i>	II D	0.57	80	13.38	4.29
49	セプターパヤ	<i>Pseudosindora palustris</i>	XI B	0.66	50	3.1	2.0
50	チャンパカ	<i>Michelia</i> sp.	VII D	0.49	150	5.27	4.47
51	ジョンコン	<i>Dactyloctenium stenostachys</i>	XI A	0.48	80	6.6	5.3
52	ケレダン	<i>Artocarpus</i> sp.	VII L	0.50	120	9.6	4.71
53	カメレレ	<i>Eucalyptus deglupta</i>	XII D	0.58	80	2.2	1.9
54	ケラット	<i>Eugenia</i> sp.	VIII M	0.70	95	2.83	0.82
55	ロンリヤン	<i>Tristania</i> sp.	II G	1.13	40	1.50	1.25
56	スロークラハム	<i>Dacrydium elatum</i>	II F	0.47	145	5.70	5.70
57	ラブラ	<i>Anthocephalus cadamba</i>	XII B	0.41	90	10.9	5.5
58	タウン	<i>Pometia pinnata</i>	X C	0.58	70	4.1	2.5
59	ナトー	<i>Palaquium</i> sp.	X F	0.66	120	4.6	2.8
60	プランチョネラ	<i>Planchonella</i> sp.	XIII B	0.42	80	12.1	5.9
61	ホワイトシリス	<i>Ailanthus</i> sp.	X A	0.39	80	14.4	9.2
62	アンベロイ	<i>Pterocymbium beccarii</i>	XIII C	0.31	120	39.3	22.3
63	テラリン	<i>Tarrietia</i> sp.	VII C	0.81	65	3.1	2.57
64	カラス	<i>Aquilaria melaccensis</i>	VII B	0.41	94	10.87	17.77
65	セルチス	<i>Celtis</i> sp.	XII C	0.52	70	3.8	4.5
66	グメリナ	<i>Gmelina</i> sp.	XI G	0.48	110	0.44	0.24
67	チーク	<i>Tectona grandis</i>	XIII G	0.52	65	3.0	1.7

① 林試研報 No. 277¹⁵⁾(1975) による。Marks of log are same as in Bulletin No. 277¹⁵⁾(1975)。

② 林試研報 No. 153¹⁹⁾(1963), 同 No. 190²⁾(1966) 参照。Confer Bulletin No. 153¹⁹⁾(1963) and No. 190²⁾(1966)。

③ 100°C試験¹⁴⁾による損傷の程度。Grade of drying defect in speedy drying test at 100°C¹⁴⁾。

乾燥速度 係数比 Ratio k_r/k_t	平均収縮率 Shrinkage per 1% m.c. change δ_t (%)	平均収縮率 Shrinkage per 1% m.c. change δ_r (%)	全収縮率 Shrinkage from green to oven dry α_t (%)	全収縮率 Shrinkage from green to oven dry α_r (%)	収縮異方性 Ratio α_t/α_r	初期割れ ^③ Initial checking D_1	断面変形 ^③ Deform- ation D_2	内部割れ ^③ Honey- combing D_3
2.71	0.339	0.175	12.59	5.20	2.42	4	4	4
1.29	0.309	0.202	10.18	5.67	1.80	3	4	1
3.00	0.419	0.254	11.58	5.97	1.94	8	2	4
3.38	0.341	0.222	9.56	5.66	1.69	8	1	1
1.42	0.388	0.207	10.83	4.77	2.27	6	1	2
—	0.221	0.181	8.07	5.11	1.58	3	4	1
1.90	0.319	0.175	11.39	5.01	2.27	4	4	2
4.80	0.402	0.221	8.19	4.44	1.84	8	1	3
1.25	0.268	0.139	8.70	3.59	2.42	3	3	1
1.21	0.226	0.127	6.32	3.09	2.05	1	2	1
3.05	0.261	0.142	5.52	2.91	1.90	2	2	1
2.04	0.287	0.209	7.05	5.07	1.39	2	5	1
3.12	0.270	0.143	6.84	3.36	2.04	1	1	1
1.55	0.262	0.189	9.13	4.76	1.92	5	3	1
1.18	0.263	0.180	6.91	4.01	1.72	4	2	1
1.25	0.278	0.157	8.08	4.08	1.98	3	1	1
2.04	0.268	0.182	8.50	4.23	2.01	5	1	1
1.16	0.276	0.157	8.36	4.26	1.96	1	4	1
3.45	0.339	0.208	9.87	5.30	1.86	6	3	3
1.20	0.410	0.343	11.98	9.00	1.33	7	4	5
1.00	0.255	0.122	6.17	2.69	2.29	4	2	1
1.98	0.239	0.089	7.36	2.29	3.21	5	1	1
1.64	0.268	0.209	8.64	5.22	1.66	4	3	1
1.64	0.302	0.208	10.29	5.67	1.81	6	6	5
2.05	0.253	0.151	7.27	3.70	1.96	3	3	1
1.57	0.248	0.156	7.09	3.88	1.83	4	1	1
1.76	0.269	0.178	9.15	4.34	2.11	1	1	1
1.21	0.313	0.192	8.39	4.70	1.79	5	5	2
0.61	0.272	0.138	8.06	3.96	2.04	1	3	1
0.84	0.291	0.164	8.03	3.83	2.10	4	2	1
1.83	0.308	0.144	7.74	3.06	2.53	1	2	1
1.76	0.202	0.120	4.36	2.52	1.73	1	1	1