

森林の取扱いと品等別収穫量 の予想法

森林の取扱いと品等別収穫量の予想法

I 試験担当者

経営部井経営第2科測定研究室長	栗屋仁志
主任研究官	樋渡ミヨ子
室員	神戸喜久
北海道支場経営部経営研究室長	真辺昭
主任研究官	篠原久夫
室員	猪瀬光雄
" "	小木和彦
東北支場経営部経営第1研究室長	加藤宏明
主任研究官	小坂淳一
室員	金豊太郎
関西支場育林部経営研究室主任研究官	上野賢爾
室員	長谷川敬一
四国支場経営研究室長	都築和夫
主任研究官	佐竹和夫
室員	吉田実
九州支場育林部経営研究室長	柳次郎
室員	本田健二郎
" "	森田栄一
木曾分場造林研究室長	原寿男
室員	原光好

II 試験目的

林木あるいは林分を構成する諸因子の成長過程およびその相互関係を解明するため、主要造林樹種について固定試験地を設けて長期間にわたって調査を継続してきている。しかし量的な測定値による解析結果のみでは今日の林業経営にとって充分な資料とはいえなくなってきた。

したがって質的な因子を含めた解析方法の一つとして品等別収穫量の推定方法を確立し、森林の取り扱い方法との関係を明らかにして量より質に重点を置いた施業指針を探求する目的でこの研究に着手した。

しかし立木状態で品等別材積を測定するには測樹学的に解決しなければならない多くの問題点があったので、ここでは品等別材積の測定方法を主体として検討を行なった。

その一つの方法は、単木から採取された品等別丸太の資料を用いて平均品等曲線を作成し、これにより各試験地の品等別収穫量を求めようとするものであり、いま一つのは、立木の品等区分に最も関係があると思われる一番丸太の曲りや死節による品等と材種あるいは幹級と関連づけて品等別収穫量を求めようとする方法である。そのほか、調査資料を電算機を用いて保存、解析するため、幹級と品等を組合せたコード化の方法や単木の競争密度の指標としての断面積成長量と曲りとの関係などの解析も試みた。

この研究では品等別材積を求める方法の開発に予想以上の時間がかかり、統一的方法の決定ができなかつたため施業方法との関係を充分に解明することができなかつたが、通常測定される林分構成因子と品等別材積との関係が今少し明らかになれば固定試験地の既往の調査結果からより明確な施業指針が得られるであろう。

この報告は各支分場でとりまとめた試験結果のうち代表的なものを収録したものである。

III 試験の経過と得られた成果

[I] 森林の取扱いによる品等別収穫量の予測

1. はじめに

施業の目標が使用価値の高い材をできるだけ多量につくり出すことにあるとすると、天然生林の択伐、人工林の間伐における原則は、望ましくない木を早期に除去して、形質のすぐれた残存木の成育空間を抜け、生長促進と同時に蓄積の質的構成を高めることでなければならない。こうした施業の成果を正しく評価するためには幹材積生長量のみでは十分といえず、質的な内容を明らかにし、利用可能性の尺度が必要と考えられる。しかし、十分な時間が与えられる場合でも、1本の木から生産される丸太の品等別の材積を立木のまま査定することは非常に難しい。それは幹の上部の直径測定や欠点の識別が困難なことのほかに、伐倒した場合でも腐朽や曲り、節の現れ方にしたがって、追いあげ、中ぬきなどの操作や、採材長の調整がおこなわれるため、採材方法の巧拙によって結果が異なるからである。

このような理由で、利用可能な材積によって施業方法の優劣を論じた例はほとんどない。そ

の数少ないものの1つはBowmontのNorway spruceの間伐試験地の30年間の成績を分析したWhyte¹⁾の報告である。

英連邦諸国では固定試験地の調査項目の中に、木登りまたはデンドロメータによる上部直径の測定が含まれている。Whyteはこのデータから4種の間伐度について年齢と断面積を変数とする樹幹の細り式を導びき、これから材種別材積、さらに金員収穫を求めて処理間の比較をおこなっている。

この方法は確実さの点では最も望ましいものであるが、時間と労力を考慮すると特殊な場合のほかは実行できない。

Grosenbaugh^{2), 3)}はデンドロメータによる直接測定で、林分の利用可能材積と価格を効率的に推定する方法として3pサンプリングを提唱したが、これも使用する器材が高価で測定および結果の取まとめも複雑だから、わが国では普及が難しいと思われる。

これらの直接法に対して、適当な資料から作成した標準表を個別林分にあてはめて、間接的に利用材積および価格を推定する方法が考えられる。国有林で用いられている立木価格の評定方法がそれで、まず多数の伐倒木の採材調査のデータから、直径、樹高階別に利用率とその内訳として長級、径級、品等別の丸太材積の生産比率を定める。この生産比率に、対応する銘柄別の価格に差（価格指数）をかけて価格係数を算出すると、1本の木から生産される単位材積あたりの平均価格がこの価格係数の合計値と基準材の市場価格の積としてえられる。林分の価格評定に使用される立木販売基準価格表はこの平均価格を直径と樹高（または品質）に関連させて表示したものである。

ここで施業効果の判定、品等別の収穫予測のための尺度としては、価格よりも利用材積と価格係数の積がむしろ適切であろう。それは材の使用価値を表示するには価格係数で十分であり、材価変動を考えると銘柄間の価格々差を用いる方がより安定的だと考えられるからである。

標準表による間接評価では計算が著しく単純化されるが、一方では次のようないくつかの問題がある。

1) 標準表を作成するには大量のデータが必要になるので、個々の林分の質的特性を明らかにできるような地域性をとり入れた表は作りにくい。

2) 標準表は定尺採材を前提として作られる場合が多いので、採材基準が変更になると表を全面的に作りかえなければならない。

3) 同じ理由で、現実の採材作業が丸太の総価格を最大化するように進められるという事実が無視される。

4) 角谷⁴⁾は国有林の評定業務の機械化を容易にし、評定価格に市場価格の動向を迅速に反映さ

せるという観点から価格評定方法の改善の必要性を述べ、細り曲線式を利用する最適採材の方法と価格計算の方法を提案している。ここで最適採材というのは、1本の木から生産される丸太価格の総計を最大にするような採材方法であって、動的計画法による最適化計算で利用材積と価格の同時決定が考えられている。しかし丸太の径級および長級による価格差は考慮されるが、品等間の格差はこみ価格で処理されるという不徹底さがある。

ここでは比較的少數のデータから、任意の採材方法に対する丸太材積をその品等別構成を推定して標準表を作成する方法を述べ、トドマツについての適用例を示すことにする。この方法は、地域的な品質特性を表現するため、立木状態で容易に判定できる第1丸太 材長(3.65m)の品等を追加変数として用いる。

2. 幹曲線式

幹上の任意の位置で採材される丸太の材積を推定するには、断面高ごとの上部直径を知る必要がある。⁵⁾最も単純な方法は、松尾らのように幹の形が梢端と胸高直径を結ぶ円錐だと仮定することである。しかしこれは明らかに過少な推定である。より現実的な近似としては、Kunze や Behre の式がよく知られており、直交多項式なども用いられている。また高速度の電子計算機が利用できるようになって、相対断面高の高次の巾を変数とする多項式も用いられるようになった。⁶⁾ Bruce らの幹曲線式は相対断面高の1.5乗、3乗、32乗、40乗の項が独立変数として含まれ、推定される値は胸高直径に対する上部直径の比の二乗(すなわち胸高断面と上部断面の断面積比)である。

これと同じ相対断面高の巾乗の項を含む多項式によって、札幌トドマツ立木幹材積表⁷⁾の調製資料1,3,3,8本から導いた幹曲線式は

$$d^2/D^2 = x^{1.5} + b_1(x^{1.5} - x^3) + b_2(x^{1.5} - x^3)D + b_3(x^{1.5} - x^3)(H/D) + b_4(x^{1.5} - x^{3.2}) + b_5(x^{1.5} - x^{3.2})D^2 + b_6(x^{1.5} - x^{4.0})D \quad \dots(1)$$

$$b_1 = 0.403749 \quad b_2 = -0.270318 \times 10^{-2}$$

$$b_3 = 0.650416 \quad b_4 = -0.249690 \times 10^{-2}$$

$$b_5 = -0.595701 \times 10^{-4} \quad b_6 = 0.121614 \times 10^{-3}$$

である。

ここで、Dは胸高直径、Hは樹高、xは胸高から梢頭までの長さ(H-1.3)に対する任意断面高h(梢頭を原点とする)の比、すなわち(H-h)/(H-1.3)で、dはxの位置における直径である。

第2項からあとに、相対断面高の巾乗の差が因子になっているのは、胸高の位置で d^2/D^2 が1になるように強制するためであり、定数項が欠けているのは、梢頭を原点に一致させるためである。

$b_1 \sim b_6$ の値は次のようにして逐次的に決定する。

1) 幹曲線が胸高直径、樹高および相対断面高の関数として次のように表わせると仮定する。

$$d^2/D^2 = x^{1.5} + f_1(D, H)(x^{1.5} - x^3) + f_2(D, H)(x^{1.5} - x^{3.2}) + f_3(D, H)(x^{1.5} - x^{4.0}) \quad \dots(2)$$

2) f_1, f_2, f_3 の関数型を決定するため、伐倒木の区分求積データを胸高直径と樹高によっていくつかのグループに区分する。

3) 各グループのデータに

$$Y = A(x^{1.5} - x^3) + B(x^{1.5} - x^{3.2}) + C(x^{1.5} - x^{4.0})$$

の形の回帰式をあてはめ、係数A, B, Cを計算する。ここでYは相対断面高xに対する($d^2/D^2 - x^{1.5}$)の値である。

4) グループごとのAを対応する胸高直径と樹高の平均値DとHに関連させて回帰式

$$A = f_1(D, H)$$

を求める。

5) この結果を使って、 $f_1(D, H)(x^{1.5} - x^3)$ の寄与を除いた残差

$$Y - f_1(D, H)(x^{1.5} - x^3)$$

$$Y = B'(x^{1.5} - x^{3.2}) + C'(x^{1.5} - x^{4.0})$$

をあてはめ、係数B', C'を計算する。

6) 4)と同様にして、グループの平均直径と平均樹高とB'を対応させて、関数

$$B' = f_2(D, H)$$

を決定する。

7) 最後に残差 $Y - f_2(D, H)(x^{1.5} - x^{3.2})$ と $(x^{1.5} - x^{4.0})$ の回帰をグループ別に計算して係数C''を求める。これからグループの平均直径と平均樹高に対する関係

$$C'' = f_3(D, H)$$

を導びく。

8) f_1, f_2, f_3 をもとの(2)式に代入し、全データをこみにして通常の回帰分析をおこなう。これによって f_1, f_2, f_3 の中で有意にならない項を削除して最終的な f_i の形をきめる。

9) f_i を(3)に代入し、原点を通る形の回帰を計算すると(1)式がえられる。

トドマツについて、この方法で求めた f_i の形は Bruce らのものと違っている。したがって断面高 x の巾乗の項が同じ場合でも、樹種、地域が変るごとにデータに対する適合が最も良くなるような f_i の型を選択しなければならないと思われる。

幹曲線式で上部直径 d が推定できると、直径 D 、長さ $H - 1.3 m$ の比較円柱に対する形数 F は、 $Z = H/(H-1.3)$ とおいて

$$F = \int_0^Z (d/D)^2 dx$$

で与えられる。しかしトドマツのデータには幹足部の測定値が少なかったので、幹材積は胸高の上側と下側で別々に計算して合計して求めた。すなわち、胸高から上の幹材積は形数

$$F' = \int_0^1 (d/D)^2 dx$$

$$= 0.451331 - 0.040548(D) (10^{-2}) + 0.097562(H/D)$$

$$- 0.220229(D^2) (10^{-4}) + 0.045679(D) (10^{-3}) \dots \dots (3)$$

から直ちに計算される。胸高以下の材積は、幹曲線で推定した地上 $3 m$ の位置の断面積と胸高断面積を直線で外挿して幹基部の断面積を求め、これにスマリアン式を適用して計算した。これによる幹材積表を表-1に示す。推定材積のデータに対する適合度は表-2、図-1のとおりである。

表-1 幹曲線式によるトドマツの立木材積表 (単位 m^3)

樹高 直径cm m	3	4	5	6	7	8	9	10
6	.008	.009	.010	.011	.013	.015	.017	.019
8	.013	.015	.017	.020	.022	.025	.029	.032
10		.023	.027	.030	.034	.039	.043	.048
12			.038	.043	.049	.055	.061	.068
14				.058	.066	.074	.082	.091
16					.075	.085	.095	.106
18						.119	.132	.146
20							.146	.162
22								.194
24								
26								

樹高 直径cm m	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
6	.021	.023	.026	.028				
8	.035	.039	.043	.046	.050	.054	.059	
10	.053	.058	.064	.069	.075	.081	.086	.093
12	.075	.082	.089	.096	.104	.112	.119	.128
14	.099	.109	.118	.127	.137	.147	.158	.168
16	.128	.139	.151	.163	.175	.188	.201	.214
18	.159	.174	.188	.203	.218	.233	.249	.265
20	.194	.211	.229	.246	.264	.282	.301	.320
22	.232	.253	.273	.294	.315	.337	.358	.381
24	.274	.297	.321	.345	.370	.395	.420	.446
26	.318	.345	.373	.400	.429	.457	.486	.516
28		.396	.427	.459	.491	.524	.557	.590
30			.486	.521	.558	.594	.631	.669
32				.547	.587	.627	.668	.710
34					.611	.656	.700	.746
36						.679	.727	.777
38							.856	.911
40								.998
42								.1088
44								.1180
46								.1275
48								.1372
50								.1470

樹高 m 直径cm	1 9	2 0	2 1	2 2	2 3	2 4	2 5	2 6
1.2	.1 3 6							
1.4	.1 7 9							
1.6	.2 2 7	.2 4 1						
1.8	.2 8 1	.2 9 7	.3 1 4					
2.0	.3 3 9	.3 5 9	.3 7 9	.3 9 9	.4 2 0			
2.2	.4 0 3	.4 2 6	.4 5 0	.4 7 3	.4 9 7			
2.4	.4 7 2	.4 9 9	.5 2 6	.5 5 3	.5 8 1			
2.6	.5 4 6	.5 7 6	.6 0 7	.6 3 9	.6 7 0	.7 0 2		
2.8	.6 2 4	.6 5 9	.6 9 4	.7 2 9	.7 6 5	.8 0 1	.8 3 8	
3.0	.7 0 7	.7 4 6	.7 8 5	.8 2 5	.8 6 5	.9 0 6	.9 4 7	
3.2	.7 9 4	.8 3 8	.8 3 1	.9 2 5	.9 7 0	1.0 1 5	1.0 6 1	1.1 0 7
3.4	.8 8 6	.9 3 3	.9 8 2	1.0 3 0	1.0 8 0	1.1 3 0	1.1 8 0	1.2 3 1
3.6	.9 8 1	1.0 3 3	1.0 8 6	1.1 4 0	1.1 9 4	1.2 4 9	1.3 0 4	1.3 6 0
3.8	1.0 7 9	1.1 3 7	1.1 9 5	1.2 5 3	1.3 1 2	1.3 7 2	1.4 3 3	1.4 9 4
4.0	1.1 8 1	1.2 4 4	1.3 0 7	1.3 7 0	1.4 3 5	1.5 0 0	1.5 6 5	1.6 3 1
4.2	1.2 8 6	1.3 5 4	1.4 2 2	1.4 9 1	1.5 6 1	1.6 3 1	1.7 0 2	1.7 7 3
4.4	1.3 9 4	1.4 6 7	1.5 4 1	1.6 1 5	1.6 9 0	1.7 6 5	1.8 4 2	1.9 1 9
4.6	1.5 0 5	1.5 8 3	1.6 6 2	1.7 4 1	1.8 2 2	1.9 0 3	1.9 8 5	2.0 6 7
4.8	1.6 1 7	1.7 0 1	1.7 8 5	1.8 7 0	1.9 5 6	1.0 4 3	2.1 3 0	2.2 1 8
5.0	1.7 3 2	1.8 2 1	1.9 1 1	2.0 0 1	2.0 9 3	2.1 8 5	2.2 7 8	2.3 7 2

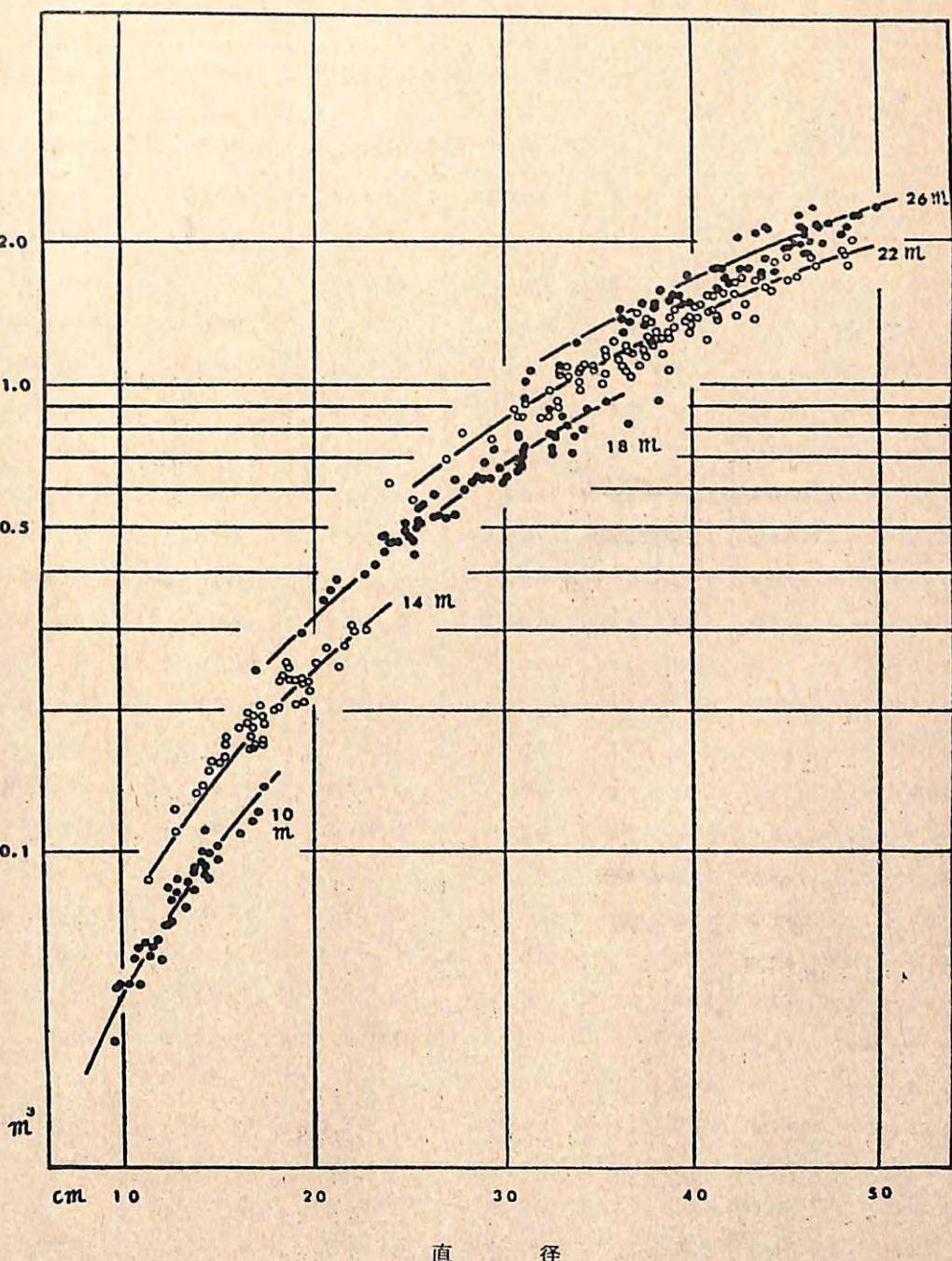


図-1 幹曲線式による材積表の適合度

表-2 現行材積式と幹曲線式による推定材積の精度の比較

直径範囲 cm	平均 直径 cm	平均 樹高 m	データ 本数	現行材積式による推定材積 m ³		幹曲線式による推定材積 m ³	
				残差の平均値	残差標準偏差	残差の平均値	残差標準偏差
5.0 ~ 6.9	6.3	4.8	7	-0.0002	0.0007	0.0005	0.0007
7.0 ~ 8.9	8.0	7.0	22	-0.0001	0.0019	0.0019	0.0028
9.0 ~ 10.9	9.9	9.0	37	0.0000	0.0031	0.0031	0.0044
11.0 ~ 12.9	12.1	10.8	65	0.0003	0.0073	0.0035	0.0082
13.0 ~ 14.9	13.9	12.0	59	0.0006	0.0091	0.0041	0.0099
15.0 ~ 16.9	16.0	13.0	54	-0.0002	0.0105	0.0034	0.0113
17.0 ~ 18.9	17.9	14.2	53	-0.0019	0.0160	0.0014	0.0158
19.0 ~ 20.9	19.8	15.3	46	0.0011	0.0176	0.0035	0.0177
21.0 ~ 22.9	22.0	15.8	44	-0.0031	0.0260	-0.0041	0.0264
23.0 ~ 24.9	23.9	17.1	37	0.0063	0.0308	0.0038	0.0304
25.0 ~ 26.9	25.9	17.8	44	0.0017	0.0372	-0.0029	0.0374
27.0 ~ 28.9	27.9	18.2	41	0.0085	0.0428	0.0021	0.0419
29.0 ~ 30.9	30.0	19.3	44	-0.0099	0.0472	-0.0184	0.0498
31.0 ~ 32.9	32.0	21.0	57	-0.0009	0.0594	-0.0123	0.0606
33.0 ~ 34.9	34.0	21.1	82	0.0010	0.0612	-0.0108	0.0619
35.0 ~ 36.9	36.0	21.6	88	-0.0100	0.0664	-0.0221	0.0693
37.0 ~ 38.9	38.0	22.6	89	0.0115	0.0837	-0.0001	0.0827
39.0 ~ 40.9	39.9	23.1	91	-0.0132	0.0977	-0.0221	0.0996
41.0 ~ 42.9	41.9	24.0	71	-0.0223	0.0942	-0.0277	0.0957
43.0 ~ 44.9	44.0	23.9	59	0.0425	0.1258	0.0432	0.1258
45.0 ~ 46.9	46.0	24.7	62	0.0391	0.1427	0.0489	0.1455
47.0 ~ 48.9	47.9	25.0	49	-0.0356	0.1179	-0.0148	0.1113
49.0 ~ 50.9	49.8	25.5	34	-0.0227	0.1582	0.1267	0.1560
51.0 ~ 52.9	52.0	26.3	26	-0.0413	0.2024	0.0570	0.2093
53.0 ~ 54.9	53.9	27.1	27	-0.0066	0.1328	0.0942	0.1622
55.0 ~ 56.9	56.2	26.6	17	0.0691	0.1883	0.1783	0.2486
57.0 ~ 58.9	58.1	27.9	14	0.0378	0.2772	0.1537	0.3174
59.0 ~ 60.9	59.8	28.5	6	-0.0694	0.1796	0.0565	0.1701
61.0 ~ 62.9	62.1	27.8	6	0.0961	0.3376	0.2446	0.4056
63.0 ~ 70.9	66.7	29.5	7	-0.0603	0.4090	0.1449	0.4205

表-2には札幌営林局の現行材積式の適合度も示してあるが、両者を比較すると幹曲線式の場合の精度が僅かに劣るようである。しかしここではフーバー式の求積誤差を含んだ値を真材積として適合度をみていること、現行の材積表は直径級別の4つの式をつないで作成されているので、接合部分では平滑化の誤差のため真の誤差はこれより低下することなどを考えると、この比較は現行材積式に有利になっている。したがって、図-1からもわかるように幹曲線式による材積表は十分実用にたえると考えられる。

胸高直径と樹高が与えられたとき、任意の末口直径に対する断面高は、(1)をxについて解いて

$$h = H - x (H - 1.3)$$

として求められる。

幹曲線式によって任意の断面高の直径が推定できるから、材長がきまと1本の木から探材できる丸太の材積が作図または計算で求められることになる。

ここでいくつかの因子を考慮しなければならない。たとえば、伐採高、延寸、樹皮の厚さ、断面の平均直径と最小径などである。最適探材を考えるときには、さらに丸太の品等の出現状態についても情報が必要である。それは品等の現れ方によって探材長の組合せが変り、利用材積が変化するからである。

伐採高は地形や木の大きさによって変動する。札幌トドマツ幹材積表の調製データでは、次の関係がえられた。

$$HBT = 0.05 + D/600 + D^2/6000 \quad \dots \dots (5)$$

ここでHBTは伐採高、Dは胸高直径である。

延寸については正確な資料に乏しいが、昭和30年代におこなわれた札幌営林局の探材調査のデータに記録されている実際の材長と、これをJAS規格にしたがって括約したときの材長の差を延寸とみて整理すると次表のようになる。

延寸階cm	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
丸太数	5	8	40	51	67	87	24	10	-	1	2

これによると、利用材積に算入されない部分の長さは8~10cmの場合が多いが、最近の集約な探材ではこの値はもっと低くなっていると考えられる。しかし探材のロスが全くないとは考えられないで、ここでは一率に5cmと仮定することにする。

丸太材積の計算には樹皮を除いた末口の最小径を使用するので、幹曲線式から計算される皮

つきの直径を補正しなければならない。この補正については、松井ら^{8) 9)}が野幌産を主とするトドマツのデータから

$$(2 \times \text{樹皮厚}) = 0.4077 + 0.02949D - 0.081(D/100)^2 \dots \dots (6)$$

$$\text{最小径} = -0.338 + 0.9779D_M \dots \dots (7)$$

の関係をえている。ここで D は皮つきの直径、 D_M は皮なしの直径である。

3. 平均品等

丸太の品等の現れ方は単木間の変動が大きく、また同じ木についても採材方法の違いによって差の生ずる取扱いの難しい特性である。

通常は、採材調査の大量観察のデータから、品質、直径または樹高の区分ごとに、生産された丸太材積の品等別構成を求め、それに品等間価格々差率をかけて、こみ価格係数の形で処理される。この方法による価格係数はデータを収集した地域の平均であって、そのままで個々の林分の質的構成を表わしうるものではない。以下においては、比較的少數のデータから、単木および林分から生産される丸太の品等別出現率を効率よく推定する方法を考察する。

1本の木から採材される丸太の品等を断面高に対してプロットすると、図-2のように階段状のグラフになる。図のNo.241は1番丸太から順に1, 4, 3, 4等材がえられた場合であり、No.342は2, 1, 3, 2, 4等材の格付けがされた場合である。このようなデータはそのまま平均しても有用な結論を導びくことができない。このため平均品等の概念を導入してデータを取扱いやすい形に変換する。

説明を簡単にするため、幹の形が胸高直径と梢端を結ぶ直線で与えられる場合を考えよう。前節の幹曲線式による場合にも同じ考え方が適用できる。

断面高と丸太の長さは樹高に対する100分率で示すこととする。図-3は、地上3%の伐採点から上で長さ20%づつの4玉の丸太がとられ、品等が2, 1, 3, 4等と格づけされた場合の例である。

幹を円錐体として計算した各丸太の幹材積は、1番丸太から順に全材積の45.6%, 27.1%, 13.5%, 4.6%であり、根株部と梢端部の材積は8.7%と0.5%である。

ここで、第1丸太の末口断面(相対高23%)の平均品等を

$$\frac{Q_0 U_0 + Q_1 U_1}{U_0 + U_1}$$

と定義する。 Q_0 と Q_1 は根株部分と第1丸太の品等で、 U_0 と U_1 は幹曲線から計算さ

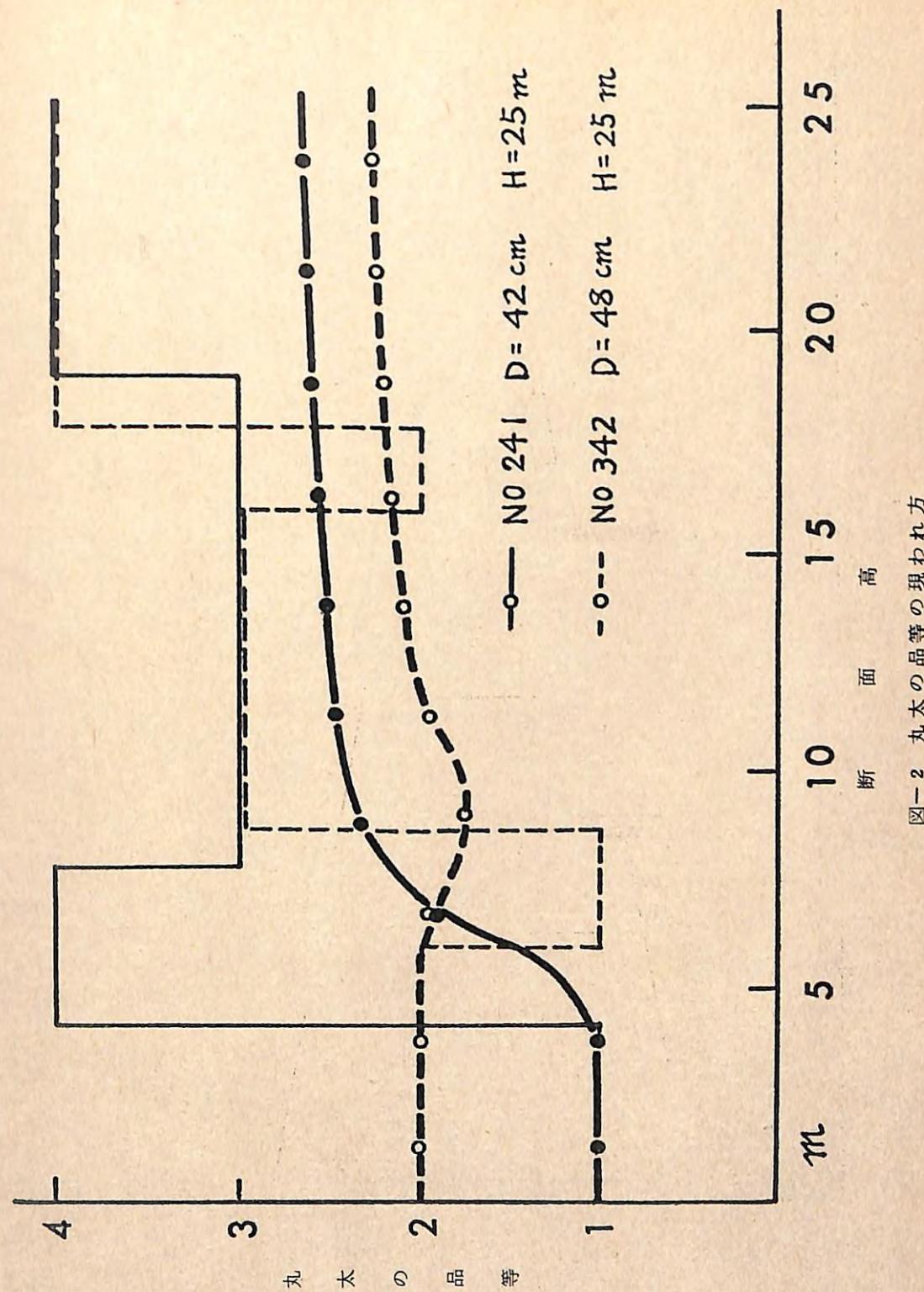


図-2 丸太の品等の現われ方

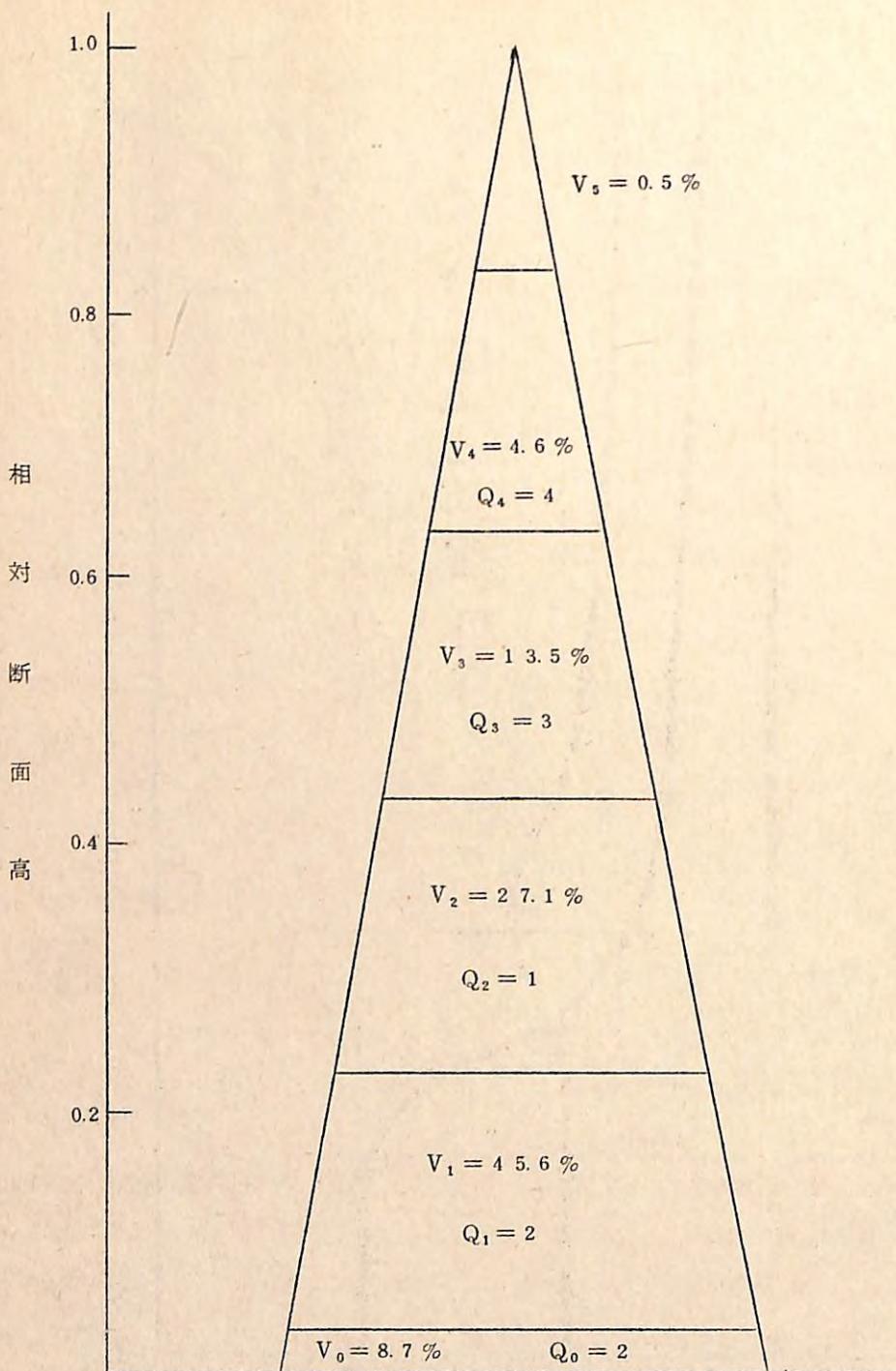


図 3. 平均品等の計算

れるそれぞれの幹材積である。

根株部分の品等は第1丸太の品等に等しく、梢頭部の品等は最終の丸太の品等に同じだと考えることにして、上式は

$$\frac{2 \times 8.7 + 2 \times 45.6}{8.7 + 45.6} = 2.0$$

となる。また第2丸太の末口断面(相対高43%の点)では

$$\frac{Q_0 U_0 + Q_1 U_1 + Q_2 U_2}{U_0 + U_1 + U_2} = \frac{2 \times 8.7 + 2 \times 45.6 + 1 \times 27.1}{8.7 + 45.6 + 27.1} = 1.667$$

となる。

すなわち、特定の高さにおける平均品等は、それより下で採材される丸太の品等の、幹材積を重みとした荷重平均値である。

品等は丸太の全体について与えられる特性値であるが、1つの丸太の中はどの部分をとっても品等は同じだと考えると、任意の高さにおける平均品等が同じ方法で定義できる。例えば、図-3で地表からの幹材積が全体の90%になる点(第3丸太のほぼ中央部にあたる)をとると、平均品等は

$$\frac{2 \times 8.7 + 2 \times 45.6 + 1 \times 27.1 + 3 \times 8.6}{8.7 + 45.6 + 27.1 + 8.6} = 1.794$$

のよう計算される。

図-2の黒と白ぬきの点は、この方法で求めた平均品等を地上5%の高さから95%まで10%きざみに示したもので、もとの階段状のグラフに比べて、はるかに滑らかな統計的処理の容易な形になっている。

断面高に対する平均品等の傾向線が、品質または第1丸太の品等、胸高直径、樹高などの関数として推定できること、幹の任意の位置で採材される丸太の品等が次のようにして計算できる。

すなわち、元口と末口の相対断面高がs, hで与えられる丸太の品等は

$$\frac{\bar{Q}_h \cdot U_h - \bar{Q}_s U_s}{U_h - U_s}$$

である。ここで \bar{Q}_h , \bar{Q}_s はh, sの位置の平均品等、また U_h , U_s は地表からh, sの高さまでの幹材積で幹曲線式から計算することができる。これに幹曲線式で求められる末口直径

を組合せると、どのような採材方法についても単木の品等別丸太材積が推定でき、したがって長級、径級別の価格々差率または価格表をあてはめて価格係数あるいは立木の市場価格を決定することができる。

4. 直交多項式による平均品等の表現

さきに引用した札幌営林局の418本の採材調査のデータには、1番丸太から順に、丸太の長さと品等が記載されている。これに前節の方法をあてはめて、地上高5%から95%の相対高まで10%きざみの位置で1本ごとに平均品等を計算した。このデータは胸高直径が12cm～50cm、樹高は8m～25mの範囲にわたっている。

JAS規格によると、丸太の品等は次のように区分される。

小の素材 (8~14cm未満) 1~2等

虫の素材 (1.4 cm \approx 3.0 cm 未満)

木の素材 (3.0 cm以上)

これ以外の格づけ、たとえばデータには8cm未満の材のほかにも、品等が“こみ”と表示されている場合があったが、これらは4等として処理した。また中と大の素材で腐朽による3等は取引上は低質材として扱われる所以、これらは判別し、うる限り4等に含めた。

平均品等の傾向線の形は、計算方法から明らかのように幹材積のウェイトの大きい根元部分の品等の影響を強くうける。

さらに高さを基準化して樹高の10%区分の点で平均品等を計算しているため、材長と樹高の比も曲線の形に影響する。この比は材長が一定なら樹高に応じて変化する。こうした点を考慮して、418本の伐倒調査木の各々について、相対断面高 x ごとの平均品等の値を、第1丸太の品等 Q_1 、胸高直径 D および樹高 H の関数として表わすことにした。

まず、各調査木の平均品等の傾向線に直交多項式をあてはめて、適合度を調べた。その結果これらの傾向線は5次の直交多項式でほぼ完全に表わせることがわかった。しかし5次の項の係数が1%水準で有意となったのは、全体の8.6%，36本にすぎなかつたので、最終的には4次の直交多項式を採用し、その5つの係数 B_0, B_1, \dots, B_4 で平均品等の傾向線を代表することにした。ここで B_i は直交多項式の*i*次の項の係数である。

これによって、各調査木の断面高ごとの平均品等は418組の B_i ($i = 0, 1, \dots, 4$) でおきかえられたことになる。

次にこれらの B_i をデータとして、変数選択型回帰推定の方法で Q_1, D, H との関係を求め

ると次の結果がえられた。

$$B_0 = 0.220258 + 1.106915 Q_1 - 0.124019 (Q_1 H) (10^{-1}) \\ + 0.825445 (DH) (10^{-3}) - 0.479499 (Q_1 D) (10^{-2}) \\ (R = 0.9383) \dots \dots \dots (8)$$

$$B_1 = 0.047610 - 0.150118 (Q_1 H) (10^{-2}) + 0.144728 (Q_1^2 H) (10^{-3}) \\ + 0.772921 (DH) (10^{-4}) - 0.482798 (Q_1 D) (10^{-3}) \\ (R=0.8102) \quad \dots \dots \dots (9)$$

$$B_2 = 0.052210 - 0.404273(H) \cdot 10^{-2} - 0.197023(Q_1) \cdot 10^{-1} \\ + 0.195453(Q_1H) \cdot 10^{-2} - 0.209945(Q_1D) \cdot 10^{-3} \\ (R=0.5877) \dots \{10\}$$

$$B_3 = -0.002205 + 0.245289(H) \times 10^{-3} + 0.782948(Q_1) \times 10^{-3} - 0.356194(H/D) \times 10^{-2} - 0.390019(DH) \times 10^{-5} \quad (R=0.5400) \quad \dots \quad (11)$$

$$B_4 = -0.00207 + 0.136280(D) \cdot 10^{-3} + 0.651160(Q_1) \cdot 10^{-3} - 0.380003(Q_1H) \cdot 10^{-4} - 0.268394(Q_1H) \cdot 10^{-4} \quad (R=0.5920) \quad (12)$$

ここで定数項 B_0 は品等曲線の全体的な水準をきめ、 B_1 は曲線の立ちあがりの緩急を決定する。曲線の形はこの 2 つの係数ではぼきまり、 2 次以上の項は曲線上の微妙な変動を説明する補助因子として働く。これらの高次の項の係数は (10) ~ (12) 式の重相関係数 R の値にみられるように、次数が高くなるほど Q_1 、 D 、 H など林木の全体的な特徴を表わす変数との関連が薄れ、曲線の局部的な凹凸が偶然的な要素に支配されることを示している。

以上の結果から、胸高直径 D 、樹高 H 、および第1丸太の品等 Q_1 が与えられたとき、(8)～(12) 式によって B_0, B_1, \dots, B_4 を計算して 4 次の直交多項式の形を決定すると、任意の断面高 x における平均品等 \bar{Q}_x が計算できることになる。

5. シミュレーションによる利用率と価格の推定

前節の方法は(8)～(12)式で与えられる B_i を係数とする4次の直交多項式によって、任意の高さで採材される任意の長さの丸太品等を、 Q_1 、 D 、 H の組合せごとに一義的に決定しようとするものであった。しかし、第1丸太の品等、直径、樹高の等しい木の間でも品等曲線はこれらの式の与える平均的傾向のまわりでかなりの変動を示すから、林分の品等別丸太

産量を正しく求めるには、この変動を考慮に入れた推定方法を考えなければならない。

平均品等の傾向が直交多項式でおきかえられたのであるから、単木間の丸太品等の出現状態の変動も、418組の B_0, B_1, \dots, B_4 の値のバラツキの上に反映されているはずである。この B_i の単木間変動を利用すると、 Q_1, D, H の組合せごとの品等曲線の変動状態を再現するシミュレーションモデルを組立てることができる。 Q_1, D, H ごとに1本の品等曲線を固定する代りに、バラツキをもった多数の品等曲線を考え、利用材積と価格はそれらの採材結果の平均値として決定するのである。 j 番目の木の平均品等を与える直交多項式の i 次の項の係数 B_{ij} が、(8)～(12)式の B_i のまわりでランダムに分布すると考え

$$B_{ij} = B_i + \varepsilon_{ij} \quad (i=0, 1, \dots, 4)$$

と仮定する。ここで ε_{ij} は次数 i と樹木番号 j によってきまる誤差変動である。

ε_{ij} の平均値は0と仮定してよいが、トドマツの採材調査データでは、表-3に示すよう

表-3 次数の異なる項の係数の誤差間の関係

第1丸太の品等 Q_1	ε_1	ε_2	ε_3	ε_4
1	$-0.0016 + 0.0863\varepsilon_0$ $r=0.93$	$0.0014 - 0.0646\varepsilon_0$ $r=-0.82$	$-0.0001 - 0.0203\varepsilon_1$ $r=-0.42$	$0.0001 - 0.0733\varepsilon_2$ $r=-0.86$
2	$0.0016 + 0.0981\varepsilon_0$ $r=0.95$	$-0.0007 - 0.0516\varepsilon_0$ $r=-0.77$	$0.0001 - 0.0280\varepsilon_1$ $r=-0.61$	$-0.0001 - 0.0316\varepsilon_2$ $r=-0.92$
3	$0.0004 + 0.0937\varepsilon_0$ $r=0.90$	$-0.0007 - 0.0495\varepsilon_0$ $r=0.78$	$0.0001 - 0.0341\varepsilon_1$ $r=-0.62$	$-0.0000 - 0.0634\varepsilon_2$ $r=-0.66$
4	$-0.0011 + 0.0718\varepsilon_0$ $r=0.90$	$0.0022 - 0.0702\varepsilon_0$ $r=-0.91$	$-0.0002 - 0.0319\varepsilon_2$ $r=-0.53$	$0.0001 - 0.0518\varepsilon_2$ $r=-0.67$

に次数の違った項の誤差の間に高い相関が認められる。すなわち、1次と2次の項の誤差変動の大部分は0次の項(定数項)の誤差によってきまり、4次の項の誤差では変動の4.4%($Q_1=3$ のとき)から3.5%($Q_1=2$ のとき)までが2次の項の誤差に関係している。これに比べると3次の項の係数の誤差は比較的独立性が高いかがそれでも1次の項($Q_1=4$ のときは2次の項)の誤差との相関が有意になっている。このことは、平均品等の傾向線の平均水準に対応して、曲線の形状がほぼ一定になることを意味している。

表-4 0次の項の誤差の標準偏差と1次以上の項の誤差に対する

表-2の回帰からの残差の標準偏差

第1丸太の品等 Q_1	0次	1次	2次	3次	4次
1	0.260	0.0089	0.0118	0.0011	0.0009
2	0.238	0.0078	0.0103	0.0009	0.0006
3	0.233	0.0107	0.0093	0.0011	0.0011
4	0.324	0.0116	0.0102	0.0012	0.0014

表-4は、0次の項の誤差の標準偏差と、表-2にあげた回帰とは独立な各次数の項に固有な残差の標準偏差を示したものである。

シミュレーションでは、表-4の第1欄の標準偏差をもとに作り出した正規乱数をそのまま ε_{0j} とする。ただし第1丸太が4等のときには、誤差の分布が直角三角形に近い形になるので、0～1の範囲の一様乱数 x から変換

$$Y = (4.2426\sqrt{x} - 2.8284)$$

によって対応する乱数 Y を作り出し、表-3の標準偏差をかけて ε_{0j} とした。

1～4次の項の誤差は、表-4の該当する欄の標準偏差をもとに発生させた正規乱数に表-3の回帰推定値を加えて ε_{ij} とする。

ただし、回帰式の定数項は表-4の残差標準偏差に比べていずれも小さいので、この計算では無視することにした。これらの値を(8)～(12)で計算される B_i に加えると、シミュレーションの1回の試行に用いる平均品等の直交多項式がえられる。

採材シミュレーションを実行するには、このほかに第1丸太の品等 Q_1 をデータとして与えなければならない。ここでは、さきにあげた418本の採材調査データの第1丸太の品等別出現率を利用して試行ごとに Q_1 を指定する。

このデータの第1丸太の品等別本数比を樹高階別に計算すると図-4のようになる。図の曲線はデータの示す折れ線の傾向をフリーハンドで平滑化したもので、数字の記入されている帶状部分が各品等の占める本数割合である。したがって、樹高10m以下の木では、丸太の大部分が小の素材となるため、1, 2等および4等(品等ごみ)で占められ、また1等材の比率は樹高が大きくなるにつれて増加することがわかる。

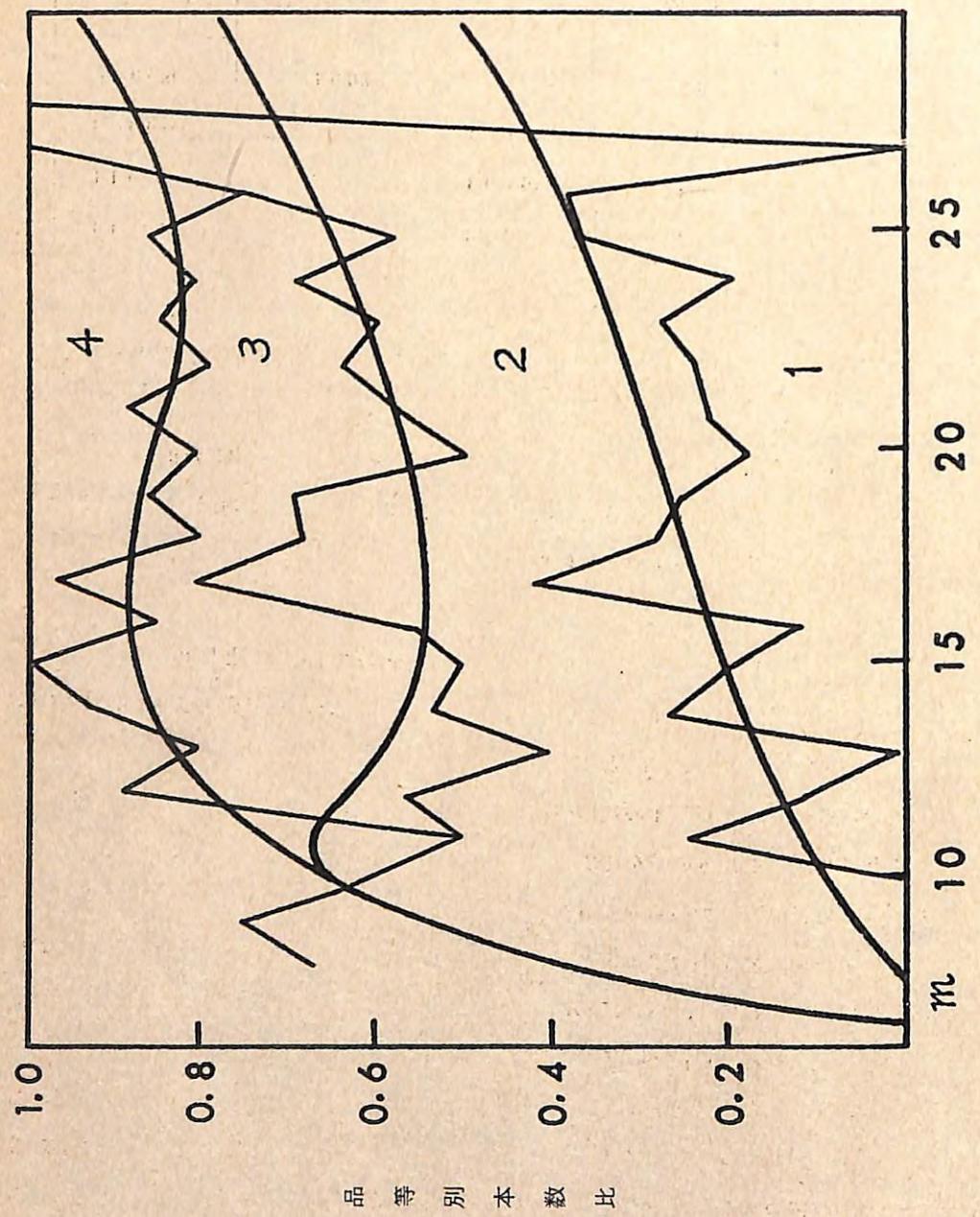


図-4 第1丸太の品等出現率

表-5 立木の利用材積と相対価格

樹高 直径cm <i>m</i>	3	4	5	6	7	8	9	10
6	.003	.004	.004	.005	.006	.006	.006	.006
	.0011	.0014	.0016	.0019	.0022	.0022	.0022	.0022
8	.003	.004	.005	.006	.011	.012	.017	.018
	.0013	.0017	.0020	.0022	.0040	.0045	.0064	.0068
10		.005	.006	.009	.015	.021	.023	.029
		.0019	.0022	.0034	.0058	.0081	.0086	.0109
12			.009	.019	.026	.027	.035	.038
			.0034	.0073	.0099	.0104	.0132	.0145
14				.025	.033	.041	.042	.058
				.0094	.0124	.0205	.0220	.0297
16					.031	.040	.049	.061
					.0118	.0164	.0259	.0319
18						.066	.070	.090
						.0314	.0351	.0558
20						.076	.084	.096
						.0454	.0520	.0579
22							.105	.124
							.0648	.0776
24								.155
								.1011
26								.183
								.1387

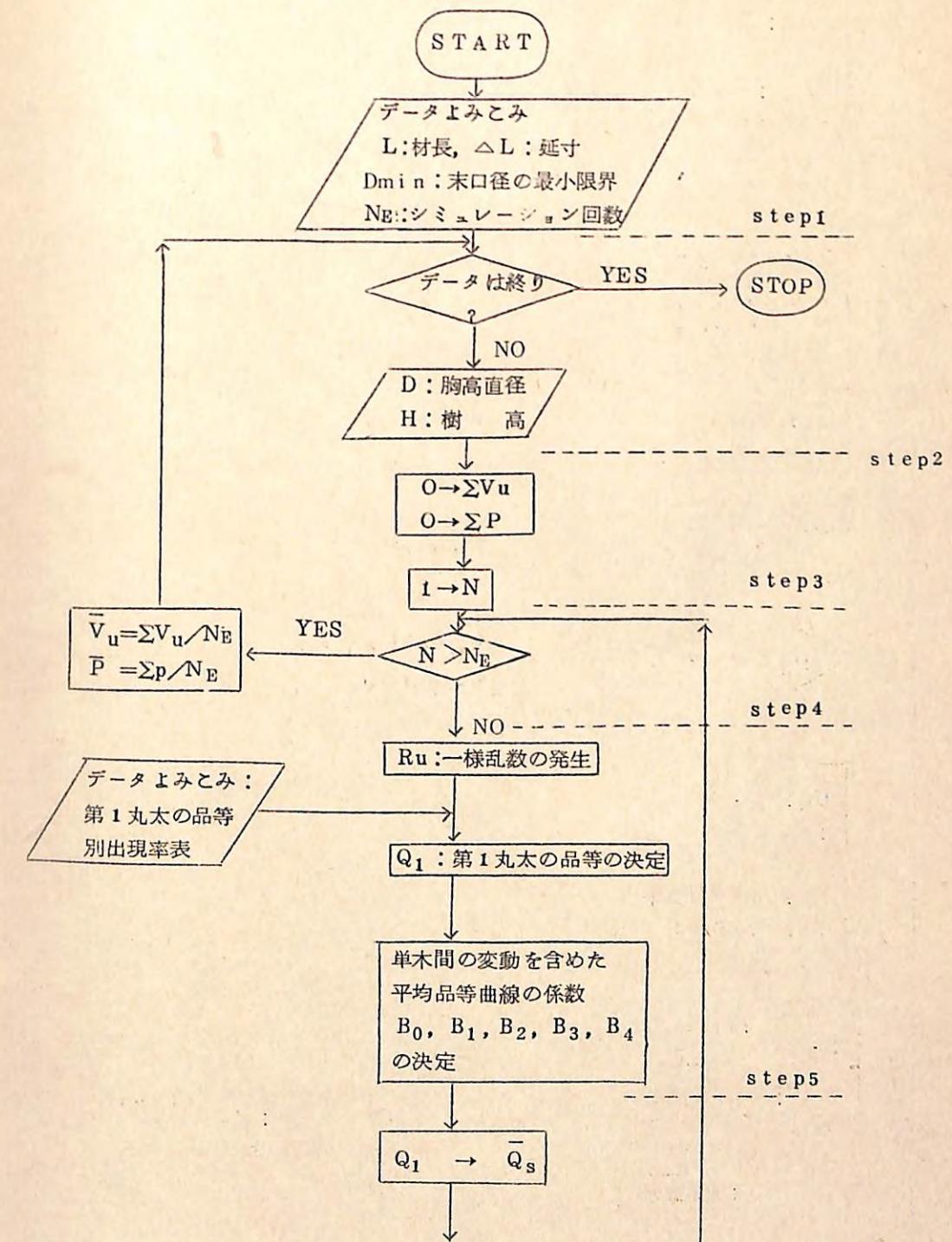
上段：利用材積 下段：相対価格＝市場価格／基準材価格

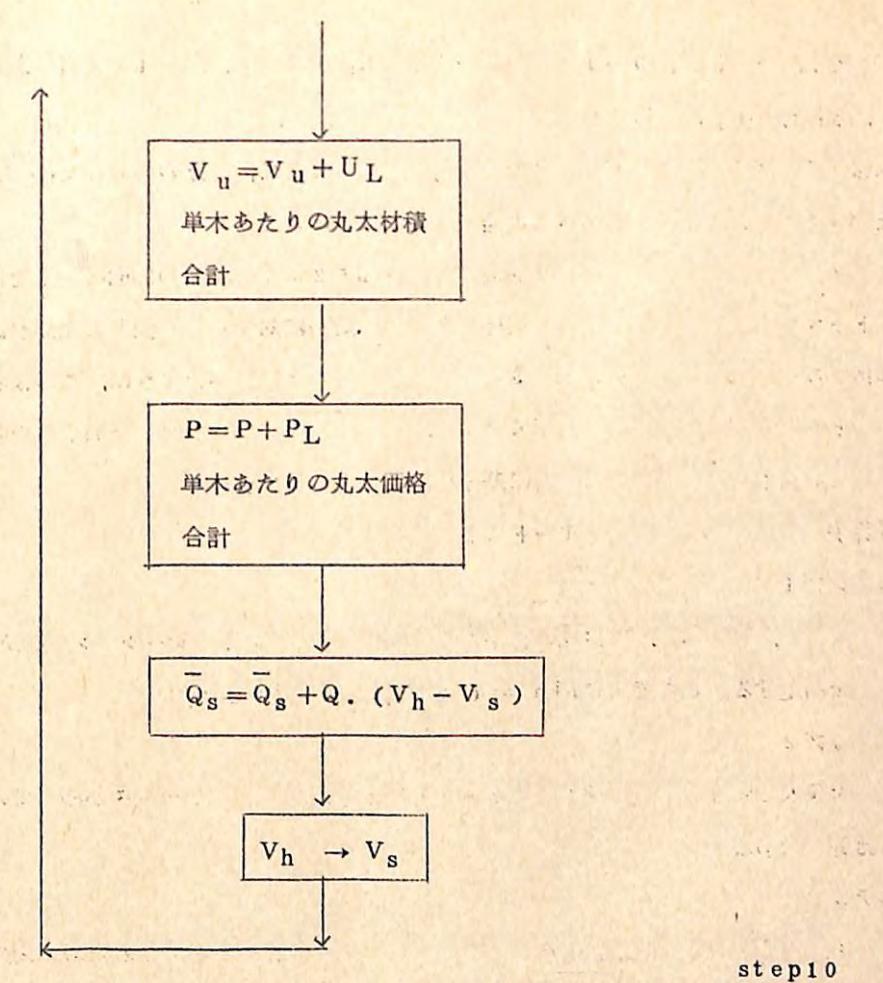
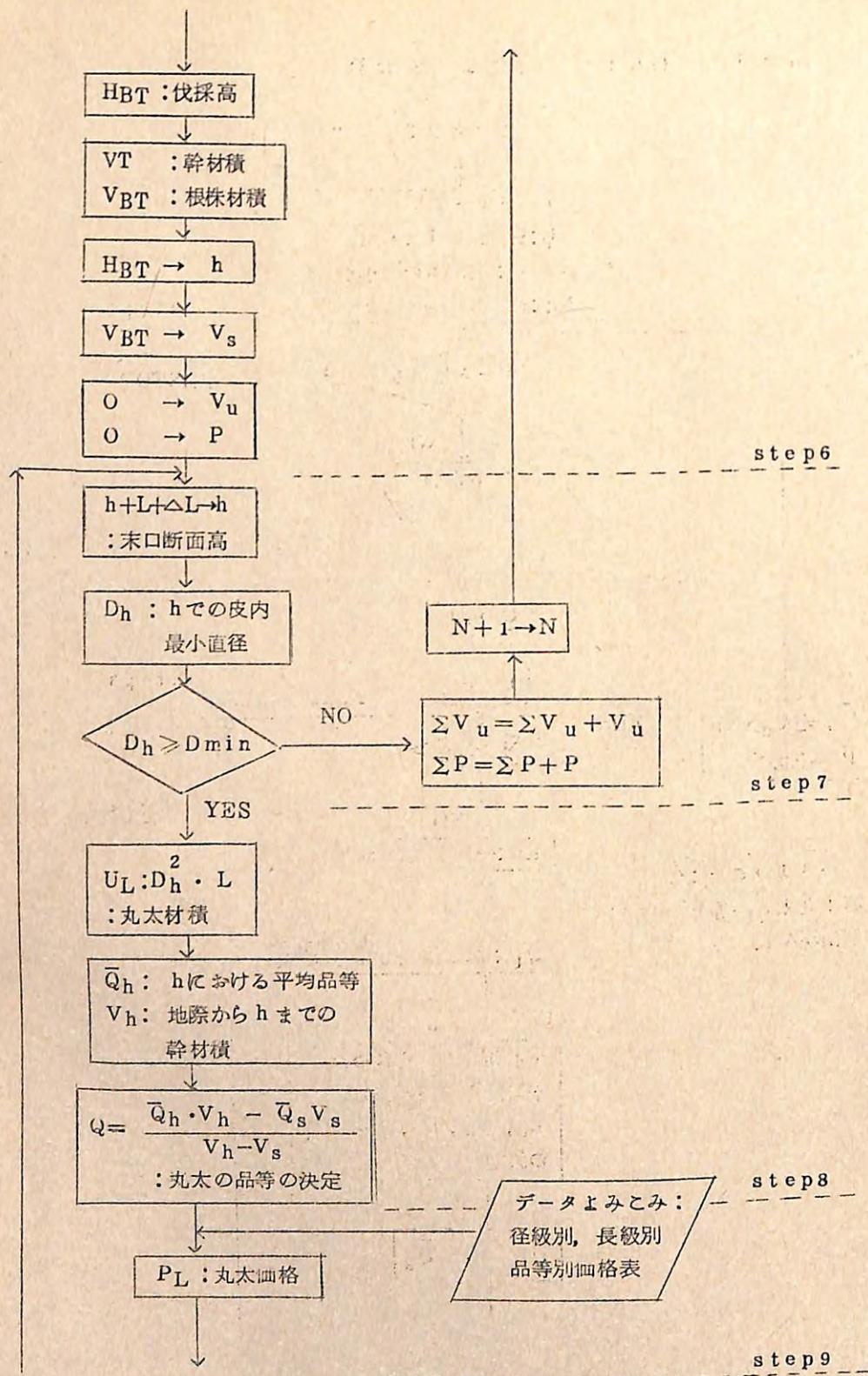
樹高 直径cm	1 1	1 2	1 3	1 4	1 5	1 6	1 7	1 8
6	.006	.014	.015	.015				
	.0028	.0053	.0056	.0056				
8	.019	.019	.025	.026	.036	.036	.036	
	.0071	.0071	.0094	.0100	.0136	.0138	.0138	
10	.034	.039	.040	.046	.046	.052	.053	.064
	.0127	.0148	.0153	.0175	.0176	.0197	.0202	.0243
12	.045	.057	.059	.065	.070	.082	.087	.089
	.0168	.0290	.0310	.0310	.0343	.0394	.0385	.0405
14	.064	.071	.078	.082	.103	.110	.116	.124
	.0344	.0359	.0375	.0400	.0614	.0601	.0623	.0695
16	.087	.095	.103	.111	.125	.132	.157	.161
	.0493	.0499	.0569	.0617	.0703	.0736	.0955	.0996
18	.103	.112	.123	.137	.149	.165	.173	.192
	.0634	.0770	.0866	.0895	.0964	.1051	.1135	.1331
20	.132	.141	.153	.173	.180	.204	.215	.222
	.0867	.0952	.1018	.1078	.1177	.1495	.1575	.1531
22	.140	.149	.190	.213	.220	.229	.270	.281
	.0879	.0931	.1276	.1556	.1561	.1706	.1989	.2018
24	.173	.183	.200	.240	.276	.285	.301	.342
	.1094	.1218	.1438	.1947	.2334	.2255	.2320	.2677
26	.209	.220	.232	.268	.284	.348	.365	.387
	.1536	.1744	.1860	.2189	.2251	.2777	.2821	.3228
28	.251	.284	.323	.339	.357	.402	.454	
	.2138	.2375	.2630	.2651	.2967	.3436	.3955	
30	.317	.363	.408	.428	.441	.506		
	.2515	.3007	.3564	.3819	.3922	.4506		
32	.347	.434	.453	.494	.529	.549		
	.2761	.3865	.3878	.4538	.4668	.4740		

樹高 直径cm	1 1	1 2	1 3	1 4	1 5	1 6	1 7	1 8	
3 4			.410	.434	.522	.533	.607	.646	
			.3374	.3742	.4614	.4945	.5422	.5684	
3 6			.451	.511	.532	.591	.673	.695	
			.3740	.4492	.4871	.5405	.6388	.6443	
3 8					.607	.633	.709	.758	
					.5747	.5979	.6810	.7167	
4 0						.738	.760	.842	
						.6720	.7180	.7906	
4 2							.785	.873	.928
							.7441	.8644	.8634
4 4							.824	.873	.1020
							.7881	.7834	.9849
4 6							.874	.996	.1029
							.8243	.9156	.9874
4 8							.997	.1056	.1160
							.9673	.9953	.10850
樹高 直径cm	1 9	2 0	2 1	2 2	2 3	2 4	2 5	2 6	
1 2	.099								
	.0449								
1 4	.136								
	.0759								
1 6	.174	.190							
	.1136	.1231							
1 8	.206	.221	.249						
	.1414	.1512	.1698						
2 0	.241	.280	.290	.306	.320				
	.1696	.1947	.2043	.2181	.2250				

樹高 直径cm	19	20	21	22	23	24	25	26
2.2	.297	.314	.324	.363	.383			
	.2069	.2391	.2469	.2690	.2641			
2.4	.365	.373	.405	.425	.441			
	.2915	.3109	.3282	.3288	.3290			
2.6	.402	.460	.475	.497	.539	.547		
	.3372	.3859	.4034	.4026	.4604	.4641		
2.8	.484	.501	.574	.595	.610	.667	.684	
	.4256	.4218	.4855	.4924	.5148	.5776	.5909	
3.0	.522	.556	.624	.665	.728	.748	.792	
	.4559	.4507	.5543	.5876	.6459	.6471	.6915	
3.2	.624	.637	.685	.720	.766	.802	.897	.920
	.5249	.5503	.6036	.6562	.6774	.6917	.7568	.7957
3.4	.663	.713	.760	.825	.865	.886	.967	.981
	.5727	.6265	.7100	.7361	.7782	.7583	.8431	.8911
3.6	.777	.791	.859	.873	.987	1.027	1.054	1.126
	.7226	.7418	.8114	.8157	.8665	.9340	.9773	1.0889
3.8	.777	.905	.943	1.015	1.032	1.160	1.228	1.242
	.7404	.8342	.8807	.9068	.9124	1.1141	1.1973	1.1626
4.0	.901	.926	1.017	1.064	1.194	1.211	1.275	1.398
	.8497	.8995	.9618	.9861	1.1287	1.1263	1.2341	1.3096
4.2	.990	1.049	1.096	1.175	1.238	1.325	1.359	1.439
	.9460	.9736	1.0282	1.1315	1.1647	1.2123	1.2445	1.3007
4.4	1.074	1.148	1.227	1.278	1.368	1.397	1.538	1.578
	1.0058	1.1058	1.1096	1.1895	1.2804	1.2880	1.4432	1.4673
4.6	1.118	1.184	1.280	1.418	1.468	1.572	1.616	1.695
	1.0710	1.1255	1.2082	1.3282	1.4145	1.5844	1.5301	1.6339
4.8	1.229	1.309	1.394	1.448	1.510	1.623	1.803	1.855
	1.1568	1.2325	1.3316	1.3265	1.4555	1.5057	1.7639	1.7444
5.0	1.333	1.404	1.507	1.596	1.650	1.724	1.856	1.947
	1.3132	1.3667	1.5395	1.5664	1.6907	1.5748	1.8612	1.8396

図-5 利用材積と市場価格の計算





Q_1 を指定するには、0～1の範囲の一様乱数 R_u をひいて、図-4でx座標が樹高Hに等しく、y座標が R_u に等しくなる点の品等をよみとればよい。

収穫調査の調査項目の中に第1丸太の品等査定を追加して、林分の実際の Q_1 の分布を知ることができれば、評価は一層地域の実態に即したものになる。

この方法で、3.65mの定尺採材を仮定し、昭和52年1月現在の銘柄間格差を使って計算したトドマツの直径、樹高階別の利用材積と基準材価格に対する比で表わした立木価格＝〔価格係数×利用材積〕の値は表-5のようになる。さきに述べたように、この後者の値は取引上からみた立木の使用価値の表示であって、その中には材の量と質の両面からの評価が含まれている。立木の市場価格はこの値に基準材の価格を乗じて求められる。

計算手順は図-5のフローチャートのようになる。

ステップ1

材長 L 、延寸△ L 、末口径の利用限界 D_{min} およびシミュレーション回数 N_E をデータで指定する。ここでは $D_{min} = 4\text{cm}$ 、 $N_E = 50$ 回とした。

ステップ2

対象木の胸高直径 D 、樹高 H をデータとして与える。ここでデータが終っていれば計算は完了である。

ステップ3

1回のシミュレーションでえられる利用材積と丸太価格を累計するための変数 ΣV_u と ΣP をクリアし、シミュレーション回数のカウンター N を1にセットする。

ステップ4

回数カウンター N の値が N_E に等しいか、または小さければステップ5に進む。 N が N_E より大きければ、与えられた D 、 H に対するシミュレーションが終ったことになるので、 N_E 回の計算結果を平均して利用材積 \bar{V}_u 、価格 \bar{P} を求め、ステップ2にもどる。

ステップ5

一様乱数 R_u を発生させ、データとして与えられた品等出現率表（図-4を数値化して入力する）を参照して、第1丸太の品等 Q_1 を決定する。次に Q_1 、 D 、 H から、単木間のバラツキを考慮に入れた平均品等曲線の係数 B_0 、 B_1 、 B_2 、 B_4 を求める。

ステップ6

丸太の材積と価格を計算するための初期値をきめる。すなわち、末口断面高 h は、伐採高 H_{BT} 、 h における平均品等 Q_s は Q_1 に、また h までの幹材積 V_s は根株材積 V_{BT} に

等しいとおく。さらにこの回の計算に使用する丸太材積と価格の累計用変数 V_u と P をクリアする。

ステップ7

新しい丸太の末口断面高 h を計算し、その位置における皮なしの末口径 D_h を求める。もし D_h が指定された D_{min} 以上ならステップ8に進む。 $D_h < D_{min}$ のときはこの回の計算を打切り、丸太材積と価格の累計値を ΣV_u 、 ΣP に加算する。そして、計算回数カウンター N を1だけ進めて次のシミュレーションに移る（ステップ4）。

ステップ8

末口二乗法で丸太材積 U_L を計算する。末口断面高 h における平均品等 Q_h と、 h 以下の幹材積 V_h を計算し、これから丸太の品等 Q を求める。 Q は4捨5入によって整数値とする。

ステップ9

データとして与えられた径級別、長級別、品等別価格表を参照して、丸太価格 P_L を求める。

ステップ10

丸太材積を V_u 、価格を P に加算する。次の計算のために Q_s および V_s を更新してからステップ7にもどる。

6. 林分の利用材積と価格の評価

ここで林分の評価例を示しておこう。表-6は収穫試験地の間伐木、また表-7はトドマツの林分密度管理図¹⁰⁾の作成に用いたデータの中から代表的な林分を選んで、直径、樹高階別本数分布に表-1、表-5および基準材価格をあてはめた結果である。表には、林分内の胸高直径20cm以下の木の本数、幹材積および利用材積の比率と32cm以上の木の幹材積の比率も示してある。

この結果から林分特性と利用材積および市場価格の間の関係を求めることができる。

利用材積のm³あたり市場価格は間伐木、全林分とも

$$\log P = 0.3057 + 1.0714 \log D - 0.0772 \sqrt{D} - 0.1995 (H/HT)$$

$$(R = 0.9838)$$

で表わせる。ここで P は利用材積のm³あたり市場価格、 D 、 H は林分の平均直径と平均樹高、また HT は樹高の上位のものから当り250本の上層木をとったときの平均樹高（上層高）

表-6 林分の利用率と市場価格 (間伐木の場合)

標準地	上層高 m	平均直径 cm	平均樹高 m	4a当り本数	4a当り材積 m ³
北落合 2	19.0	10.9	13.1	670	54.5
クトネツ 3	17.2	17.7	15.3	695	154.8
志美宇丹 2	13.7	9.3	7.7	155	6.5
野幌 53	21.9	21.6	18.0	250	99.6
北落合 3	19.6	14.4	16.3	740	125.3
クトネツ 2	15.7	13.6	12.8	680	82.1
上富良野 2	14.2	9.8	9.5	460	22.6
神居古潭 2	13.8	10.5	10.5	1000	59.7
野幌 52	22.6	20.2	19.7	230	85.0
野幌 53	19.9	16.8	16.4	260	57.9
野幌 41	18.6	12.6	12.6	450	47.8
野幌 35	18.6	16.9	16.7	210	49.3
野幌 35	20.5	12.7	14.1	360	45.5
弟子屈 3	17.5	11.7	11.1	460	43.5
仁々志別 3	19.9	14.2	14.8	300	47.1
利根別 2	10.1	10.1	8.3	495	22.5
利根別 4	15.3	16.5	13.0	550	93.2
常盤 2	20.2	14.9	15.3	465	85.1
雄信内 2	13.1	10.0	9.8	1860	98.5
雄信内 3	14.2	13.2	11.7	320	32.6
緋牛内 2	18.4	10.7	11.1	837	62.6

20cm以下の木の本数比率 %	20cm以下の木の材積比率 %	32cm以上の木の材積比率 %	利用率 %	20cm以下の木の利用材積比率 %	利用材積m ³ あたり市場価格 千円
100.0	100.0	0.0	66.2	100.0	9,748
89.2	81.0	0.0	70.8	80.4	13,557
100.0	100.0	0.0	55.8	100.0	9,889
48.0	28.0	19.8	74.5	26.9	16,049
97.3	92.4	0.0	73.3	92.4	11,849
96.3	90.0	0.0	67.3	89.1	11,721
100.0	100.0	0.0	59.2	100.0	9,104
100.0	100.0	0.0	62.0	100.0	9,330
56.5	42.0	0.0	74.5	41.6	14,842
84.6	73.0	0.0	72.0	72.6	13,261
97.8	92.5	0.0	67.6	91.6	11,307
90.5	73.9	0.0	73.4	72.8	13,682
97.2	89.3	0.0	70.1	88.6	11,812
95.6	83.1	0.0	66.7	82.3	11,962
95.0	87.0	0.0	71.2	86.3	12,313
100.0	100.0	0.0	55.1	100.0	9,379
92.7	85.1	0.0	67.7	84.6	13,127
93.6	82.6	0.0	72.0	82.0	12,909
100.0	100.0	0.0	60.9	100.0	9,280
100.0	100.0	0.0	65.5	100.0	11,075
100.0	100.0	0.0	65.3	100.0	10,760

標準地	上層高 m	平均直径 cm	平均樹高 m	4a当り本数	4a当り材積 m ³
ヨビタラシ 3	1 3.2	9.8	9.2	3 6 0	1 9.2
ペケレ 2	1 3.0	9.6	8.9	4 8 5	2 2.5
ペケレ 3	1 3.2	1 1.5	1 0.1	5 1 0	4 1.6
紅葉山 3	1 7.4	1 5.9	1 3.5	4 2 5	7 9.1
森 野 2	1 9.9	1 4.3	1 4.7	5 8 5	8 9.0
森 野 3	2 1.8	1 7.5	1 7.4	2 6 0	6 7.3
馬 追 3	1 7.0	1 4.1	1 3.6	1 7 0	2 2.0
馬 追 2	1 4.1	1 0.2	9.7	1 0 4 0	6 0.5
当 別 3	1 8.5	1 6.3	1 5.3	3 3 5	6 6.2
新 冠 3	1 2.7	1 2.5	9.7	4 8 0	4 0.3
古 梅 2	1 9.6	1 3.5	1 4.2	1 1 1 1	1 6 1.3
七 飯 3	1 5.5	1 2.4	1 1.9	8 9 5	8 2.7
壯 警 3	1 8.8	1 2.6	1 4.9	9 8 5	1 2 6.4
鶴 3	2 1.5	1 9.0	1 8.2	5 6 0	1 7 7.2
乙 部 3	2 0.1	1 9.7	1 6.8	5 4 5	1 7 3.1

20cm以下の木の本数比率 %	20cm以下の木の材積比率 %	32cm以上の木の材積比率 %	利用率 %	20cm以下の木の利用材積比率 %	利用材積m ³ あたり市場価格 千円
9 8.6	9 2.4	0.0	6 1.5	9 1.0	1 0,4 7 5
1 0 0.0	1 0 0.0	0.0	5 8.7	1 0 0.0	9,4 2 4
9 7.1	8 6.5	0.0	6 3.9	8 5.4	1 1,8 1 5
7 8.8	5 2.7	0.0	6 9.9	5 1.0	1 4,1 6 5
9 5.7	8 9.9	0.0	7 0.7	8 9.7	1 1,9 8 4
8 2.7	6 8.2	0.0	7 3.6	6 7.6	1 3,6 7 5
1 0 0.0	1 0 0.0	0.0	6 8.0	1 0 0.0	1 1,3 2 7
1 0 0.0	1 0 0.0	0.0	6 1.5	1 0 0.0	1 0,2 0 2
9 1.0	7 9.9	7.1	7 1.1	7 9.7	1 3,1 1 0
1 0 0.0	1 0 0.0	0.0	6 2.8	1 0 0.0	1 1,4 5 5
9 4.8	8 4.5	0.0	7 0.4	8 3.8	1 2,4 2 9
1 0 0.0	1 0 0.0	0.0	6 5.6	1 0 0.0	1 0,4 9 4
9 9.0	9 6.1	0.0	7 1.3	9 5.9	1 1,3 1 8
7 3.2	5 5.5	0.0	7 5.0	5 4.2	1 4,6 7 4
6 3.3	4 0.0	3.2	7 3.6	3 8.3	1 5,2 7 3

表-7 林分の利用率と市場価格(全林分の場合)

標準地	上層高 m	平均直径 cm	平均樹高 m	立木度 (RV)	4a当り本数	4a当り材積 m ³
滝川 6	14.1	16.2	12.6	1.241	1623	262.8
滝川 101	14.9	18.5	13.2	1.076	1130	239.2
滝川 4	16.4	21.1	14.5	1.077	1050	314.4
雄武 27	11.5	14.1	9.7	1.207	2144	200.8
雄武 3	14.0	17.8	12.1	1.288	1691	315.8
雄武 11	14.5	22.2	13.2	1.368	1048	307.6
雄武 22	15.0	17.0	12.4	1.009	1526	279.7
雄武 23	15.5	19.3	13.7	1.341	1690	418.5
雄武 8	16.5	21.7	15.2	1.337	1388	450.1
雄武 1	18.0	24.8	16.7	0.955	684	310.2
雄武 17	20.2	24.7	18.1	0.924	937	465.7
幾寅 6	19.2	16.5	15.8	0.953	2125	485.3
幾寅 16	15.2	13.9	11.8	0.723	1644	216.6
幾寅 13	16.9	14.8	13.6	0.976	2328	394.0
幾寅 23	18.1	19.1	15.8	0.963	1421	398.7
幾寅 30	17.6	19.6	15.8	1.224	1751	502.1
枝幸 14	14.6	20.7	13.4	1.115	710	191.5
枝幸 23	16.0	19.9	13.8	1.027	1035	281.8
枝幸 24	16.1	19.2	13.5	1.050	1315	321.5
枝幸 25	22.5	30.9	20.9	1.054	665	584.5
北見 32	14.4	11.2	11.2	0.799	3183	239.4
北見 29	14.3	12.2	11.1	0.991	3183	296.7
北見 34	15.2	13.2	12.5	0.999	3052	334.6
北見 19	16.2	13.0	12.8	0.720	2119	260.8
北見 3	16.0	13.6	12.9	1.070	3183	399.8
北見 28	17.1	12.5	12.8	0.819	3157	355.7

20cm以下の木の本数比率 %	20cm以下の木の材積比率 %	32cm以上の木の材積比率 %	利用率 %	20cm以下の木の利用材積比率 %	利用材積m ³ あたり市場価格 千円
87.0	73.1	0.0	67.0	72.4	13,230
69.6	53.5	0.0	65.9	54.0	14,212
51.5	35.1	0.0	70.2	34.4	15,572
100.0	100.0	0.0	60.8	100.0	11,462
85.3	76.8	0.0	67.2	75.5	13,996
35.1	21.9	0.0	68.3	21.4	15,852
79.3	59.2	0.0	68.2	57.5	14,091
58.1	40.2	0.0	69.2	39.5	14,881
34.7	21.9	0.0	70.6	21.4	15,628
26.9	15.4	0.0	73.4	14.6	16,877
23.9	13.5	12.9	75.0	12.7	16,909
82.7	61.3	0.0	72.3	59.2	14,106
90.0	72.6	0.0	67.2	71.2	12,997
90.9	79.3	0.0	69.9	78.1	13,330
70.7	49.5	0.0	72.2	48.5	14,996
61.9	44.3	0.0	71.8	43.4	14,904
51.9	31.3	0.0	68.1	30.5	15,548
53.5	32.2	0.0	70.7	30.7	15,517
60.0	38.0	0.0	70.0	36.6	15,060
8.5	2.4	55.3	78.7	2.3	18,743
100.0	100.0	0.0	64.9	100.0	19,214
100.0	100.0	0.0	64.4	100.0	11,558
100.0	100.0	0.0	67.0	100.0	11,238
96.1	82.9	0.0	63.4	81.6	12,275
100.0	100.0	0.0	68.2	100.0	11,778
93.3	78.1	0.0	68.3	77.2	11,875

標準地	上層高 m	平均直径 cm	平均樹高 m	立木度 (RV)	ha当り本数	ha当り材積 m ³
北見24	18.3	14.4	14.8	1.032	2946	505.1
北見38	18.0	22.6	17.4	1.216	1170	473.7
北見12	20.1	15.1	16.4	0.944	2841	561.9
ヨビタラシ64	7.0	7.9	5.5	0.712	1660	32.9
羽幌69	5.7	6.4	4.8	0.728	1975	22.0
利根別61	8.9	11.6	7.6	1.333	2250	118.7
志美宇丹63	11.3	15.2	9.0	0.903	830	98.0
ヨビタラシ69	9.8	10.3	7.5	0.798	1995	89.5
ペケレ65	10.3	10.4	7.6	1.015	2205	103.9
利根別64	10.1	13.4	8.9	1.492	2280	181.8
雄信内63	11.0	10.6	9.1	1.228	4010	217.1
仁世宇62	12.0	11.7	8.5	0.709	1868	120.9
弟子屈62	12.2	12.0	9.3	0.711	1690	127.0
七飯62	12.0	12.1	9.1	1.057	2885	208.7
神居古潭64	12.9	11.2	10.3	0.807	2805	185.8
雄信内68'	13.1	13.7	11.2	0.964	2075	211.0
雄信内68	13.1	11.9	10.6	1.215	3935	309.6
利根別69	13.4	16.6	11.7	1.262	1770	270.7
新冠75	12.8	14.3	10.5	0.943	1560	174.2
仁世宇67	14.0	13.4	10.6	0.774	1853	187.0
志美宇丹68	13.7	17.8	11.0	0.990	820	156.8
神居古潭69	13.8	12.9	11.4	0.990	2760	263.2
七飯67	14.1	14.0	11.6	1.152	2590	305.3
野幌41	14.8	12.8	10.5	0.794	2230	224.6
クトネベツ62	14.5	15.8	12.3	1.318	2535	381.8
クトネベツ67	15.8	17.4	13.7	1.412	2455	494.0
仁々志別63	17.0	15.8	13.3	0.761	1545	288.8

20cm以下の木の本数比率 %	20cm以下の木の材積比率 %	32cm以上の木の材積比率 %	利 用 率 %	20cm以下の木の利用材積比率 %	利用材積m ³ あたり市場価格 千円
89.3	73.9	0.0	71.9	72.4	13,015
44.4	27.9	0.0	74.6	26.6	16,159
92.6	80.8	0.0	73.2	80.1	13,045
100.0	100.0	0.0	37.1	100.0	7,918
100.0	100.0	0.0	38.0	100.0	7,048
100.0	100.0	0.0	51.6	100.0	9,956
85.5	65.9	0.0	60.1	64.8	13,789
100.0	100.0	0.0	52.0	100.0	9,815
100.0	100.0	0.0	53.2	100.0	10,123
100.0	100.0	0.0	56.4	100.0	11,205
100.0	100.0	0.0	57.8	100.0	9,589
99.7	98.9	0.0	58.0	98.7	10,796
99.1	97.0	0.0	60.8	97.0	11,292
100.0	100.0	0.0	60.1	100.0	10,947
100.0	100.0	0.0	61.6	100.0	9,714
100.0	100.0	0.0	64.6	100.0	11,106
100.0	100.0	0.0	63.4	100.0	10,531
94.4	89.7	0.0	66.0	89.7	12,932
98.4	96.1	0.0	64.2	96.0	12,235
97.9	93.9	0.0	64.1	93.5	11,815
66.5	39.0	0.0	64.9	38.2	15,101
100.0	100.0	0.0	65.0	100.0	10,859
96.7	91.6	0.0	65.9	90.9	12,079
93.3	78.9	0.0	65.0	77.2	12,364
92.9	85.8	0.0	67.0	85.3	12,819
81.5	67.7	0.0	68.8	66.7	13,805
81.6	58.3	0.0	69.8	56.8	14,118

標準地	上層高 m	平均直径 cm	平均樹高 m	立木度 (RV)	ha当り本数	ha当り材積 m ³
志美宇丹73	17.0	22.9	14.3	0.961	650	229.4
クトネツ72	17.2	20.0	15.6	1.303	1770	508.7
緋牛内67	18.4	14.7	13.5	0.795	2158	367.3
仁々志別68	18.9	18.2	15.2	0.809	1410	373.2
北落合67	19.0	15.0	15.2	0.911	2625	470.2
野幌35	18.6	17.9	16.1	1.023	1710	445.8
野幌31	19.2	24.6	17.2	1.128	990	466.0
乙部68	18.7	21.0	15.7	1.130	1385	480.5
壮魯74	19.6	18.4	17.5	0.720	1110	316.3
緋牛内72	20.0	18.7	16.7	0.790	1302	391.0
北落合72	19.7	18.1	17.0	0.987	1930	523.6
乙部72	20.4	23.5	17.5	1.163	1295	602.1
長万部74	20.6	20.9	17.2	0.911	1180	461.2
鶴69	21.3	20.6	18.2	1.003	1540	570.1
野幌41	20.9	23.5	19.4	1.094	1170	566.4
野幌35	20.5	23.5	18.3	1.144	1210	571.5
古梅72	23.0	22.3	19.4	0.604	817	381.3
森野74	21.9	22.4	19.1	0.856	1060	477.6
鶴71	21.8	21.0	18.9	0.990	1460	581.9
野幌31	23.2	31.2	21.8	1.131	720	651.1
池田無間伐	22.9	18.3	19.9	1.181	2733	932.7

20cm以下の木の本数比率 %	20cm以下の木の材積比率 %	32cm以上の木の材積比率 %	利用率 %	20cm以下の木の利用材積比率 %	利用材積m ³ あたり市場価格 千円
38.5	19.3	5.1	70.8	18.2	16,558
62.7	48.2	0.0	71.2	47.6	14,830
86.0	63.6	0.0	70.3	61.7	13,733
66.0	39.1	0.0	72.5	37.5	15,124
90.7	77.3	0.0	71.1	76.4	12,893
67.8	44.8	0.0	72.8	43.5	14,578
23.2	11.8	4.3	73.8	11.2	16,940
50.2	24.0	10.6	72.8	22.8	16,230
74.3	58.8	0.0	73.4	58.0	14,231
65.0	40.6	1.2	74.0	39.0	15,105
75.1	56.7	1.0	73.4	55.7	14,311
40.5	18.1	20.1	74.8	17.0	17,013
51.3	23.6	15.7	74.9	22.2	16,431
55.2	34.5	6.3	74.8	33.3	15,570
29.9	17.9	4.0	75.8	17.2	16,426
32.2	14.9	6.9	75.2	14.3	16,772
41.8	21.5	1.4	76.7	19.6	16,376
38.7	21.1	2.5	76.1	20.2	16,232
52.7	32.9	6.4	75.7	31.6	15,722
2.8	0.9	42.9	79.3	0.8	18,668
70.6	47.2	1.3	76.9	46.1	14,794

注 1) 市場価格は木材引取税を控除した値

2) 滝川、雄武、幾寅、枝幸、北見は暫定標準地資料

他は収穫試験地の資料

3) 立木度は密度管理図の推定材積に対する現実材積の比

である。ここで基準材価格に対するPの比は“こみ価格係数”とよばれるものに相当する。

間伐の場合の利用率は

$$\log R_u = 1.4705 + 0.3567 \log H - 0.0504 (H/H_T) \\ (R = 0.9780)$$

で全林では

$$\log R_u = 1.3307 + 0.0757 \log D + 0.4314 \log H \\ - 0.3413 (H/H_T) + 0.1047 \log R_v \\ (R = 0.9712)$$

の関係が認められる。

ここで R_v は%で表わした立木度(トドマツの林分密度管理図の推定値を基準にとった現実蓄積の比)である。

引用文献

- 1) Whyte, A. G. D.: The influence of thinning on taper, on volume assortment outturn and economic return of the Bowmont spruce sample plots, commonw., For. Rev. 44 (1965)
- 2) Grosenbaugh, L. R.: STX-FORTRAN 4 program for estimates of tree populations from 3p sample - tree - measurements. USDA, For. Serv., PSW-13 (1964)
- 3) : Three-Pee sampling theory and program 'THRP' for computer generation of selection criteria, USDA, For. Serv., PSW-21 (1965)
- 4) 角谷誠之助:立木評定方式の統一手法に関する基礎的研究, 昭和49年度林野庁長期委託研修報告書(15), 林野庁(1975)
- 5) 松尾毅, 長田英雄:立木評価に関する研究(1)
簡易な平均採材図表作成によるヒノキ林分の評価, 宇大演報11(1974)
- 6) Bruce, D., R. O. Curtis and Vancoevering: Development of a system of taper and volume tables for red Alder, Forest Science 14, 3 (1968)

7) 札幌營林局トドマツ, エゾマツ立木幹材積表調製説明書, 材積表調製業務資料

10, 林野庁(1960)

8) 松井善喜, 馬場強逸:トドマツ樹皮の測樹学的考察

(北海道産樹木の測樹学的研究第1報), 北海道林業試験集報69(1951)

9) 松井善喜, 馬場強逸:トドマツの得材率について

(北海道産樹木の測樹学的研究, 第15報), 林業試験場北海道支場業務報告5(1956)

10) 真辺 昭:トドマツの密度管理図, 北方林業叢書53

北方林業会(1974)

(真辺 昭)

II 林分利用材積における品等別収穫量の把握

林分の取扱い方法の違いによる林分利用材積での品等別収穫量の予想法に対する解決の示唆を得るため, その解析の視点を

1. 測樹的に簡易で有効な方法を見出す。
 2. 取扱いの違いによる樹幹形の関係を明確に把握する。
 3. 林分の取扱いによる収穫量の違いを, 林分利用材積によって明らかにする。
- ことの三点に視点をおいて検討を試みた。

その各項についての解析結果の概略をまとめると, 次のようになる。

i) 林分の取扱いによる林分利用材積の関係を明らかにするため, 調査方法は立木状態で樹幹の上部直径を把握し, 林分での樹幹形の特徴を把握する必要がある。

このため, 英国製デンドロメーター Type FP-15を用いて樹幹の上部直径を測定し, 相対高に応する上部直径は補間によって求めた。同時に, 残枝などの品等区分に影響を与える欠点部位を測定して, 樹幹の四面無節の高品質部を選別するなどの新しい試みを導入しながら, 品等別収穫量の査定を行ない, 近似的な把握によって検討を行った。

この測樹的に簡便な方法に基づいて, 樹幹形の形状把握や品等別収穫量の査定を行なったが, いずれも測樹学的には有効な方法であることを確認した。

ii) 樹幹形に関して, 相対幹曲線の相対直径列 η_i を求めるために, 幹曲線を構成する基準直径 $d_{0.9}$ や形状商 $\eta_{0.5}$ ($= d_{0.5}/d_{0.9}$), および正形数 $\lambda_{0.9}$ ($= 1/(1.015)(r+1)$ ($\frac{9}{10}$)^r)を必要とする。

そこで、これらの指標が推定可能であれば林分利用材積の把握に寄与するところが大きい。

先の簡易な測定法による現実樹幹の上部直径測定値をもとに検討を行った結果、式1、および2~5式によって推定可能なことが判明した。

$$d_{0.9} = 3.053 + 0.8421 \cdot D_{1.2} \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$d_{0.7} = -1.2 + 0.9 \cdot d_{0.9} \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$d_{0.5} = -1.5 + 0.7733 \cdot d_{0.9} \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$d_{0.3} = -2.3 + 0.63 \cdot d_{0.9} \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$d_{0.1} = -8.0 + 0.385 \cdot d_{0.9} \quad \dots \dots \dots (5)$$

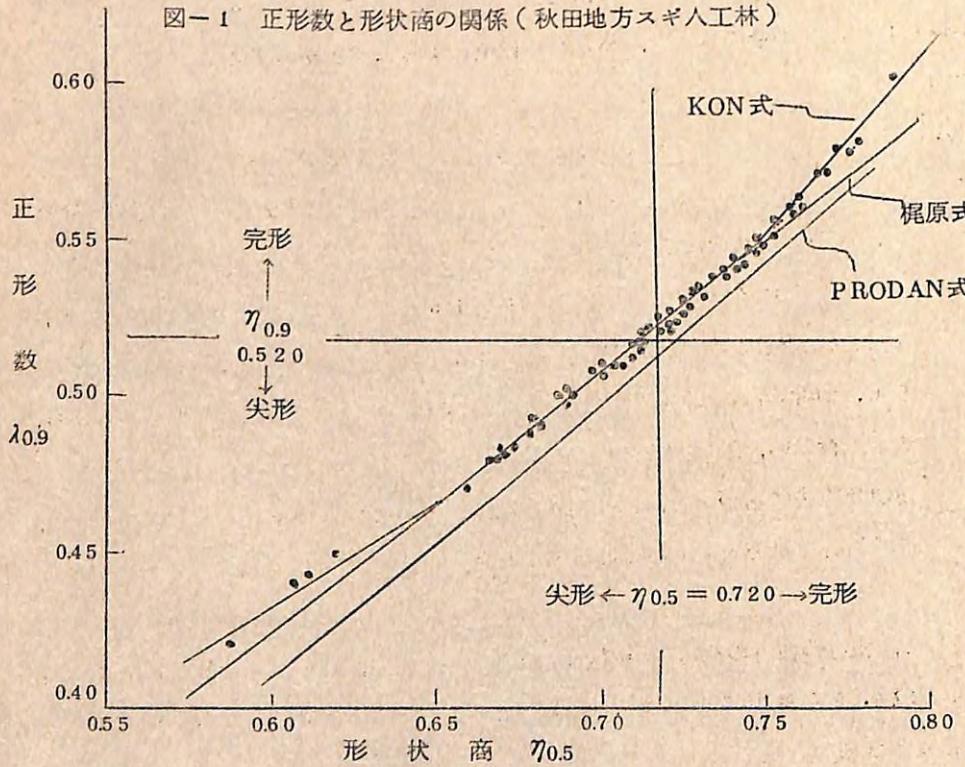
ここに、

$d_{0.1}$ は樹幹を10等分した相対高 h_{10} における上部直径の値

そして、上式によって推定される相対幹曲線を検証した結果、極端な取扱いを行なった林分を対象にしない限り、適合の良好な相対幹曲線の得られることが明らかとなった。

また、正形数 $\lambda_{0.9}$ と形状商 $\eta_{0.5}$ の関係をみると、図-1に示すように、厳密には、6式の関係にあることが知られる。

図-1 正形数と形状商の関係(秋田地方スギ人工林)



$$\lambda_{0.9} = a + b \eta_{0.5} + C \eta_{0.5}^2 \quad \dots \dots \dots (6)$$

これはPRODAN式・梶原式の提示する一次回帰式とは異なる傾向のものである。そして、PRODAN式よりも梶原式に対して近似的で、正形状商 $\eta_{0.5} 0.64 \sim 0.75$ の範囲で最っとも近い値を示す。

III) 前項で推定される樹幹の形状に関する各指標を、胸高直径に対応させると、胸高直径階10cm ~ 70cmの範囲における形状商 $\eta_{0.5}$ の範囲は0.643 ~ 0.750、正形数 $\lambda_{0.9}$ では0.461 ~ 0.550の範囲で規準化される。

一方、幾何学的に完全な放物線形を示す値は $\eta_{0.5} = 0.745$ であるが、この値をもつ胸高直径は60cmであり、大径級になるにつれて完満になることも示している。

また、PRODANは正形数 $\lambda_{0.9} = 0.520$ を幹形の尖形・完形の尺度としているが、その値に相当する胸高直径は24cmが目安となる。

同時に、胸高直径に対応したこれらの各指標値は、単木でも、林分を平均した値の場合でも、共通の指標値を与えて満足する。

IV) 樹幹形に関する指標値を用いた幹材積式は、一般に、7式で表わせる。

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d_{0.9}^2 \cdot \lambda_{0.9} \cdot h \quad \dots \dots \dots (7)$$

この右辺の項、 $\{\frac{\pi}{4} \cdot d_{0.9}^2 \cdot \lambda_{0.9}\}$ を構成する指標は、1式などの推定式から全て推定が可能であることから、これを胸高直径に応じて、"係数" 化しておくことにより、単木の幹材積では樹高を乗ずるだけで幹材積が求まり、立木幹材積表の必要性が無くなる。

この関係を示すと、図-2に表わすようになる。

これによると8式による修正式によって得られた"修正係数 K' " を与えて、幹材積を求めた場合、秋田地方スギ人工林立木幹材表の値との対比では、胸高直径10~70cm階の林木に対する適合は、さらに良好なことが知られ、実用的に充分な精度といえる。

$$\log (K' \times 10^4) = -0.2369352 + 1.869931 \log D_{1.2} \quad \dots \dots \dots (8)$$

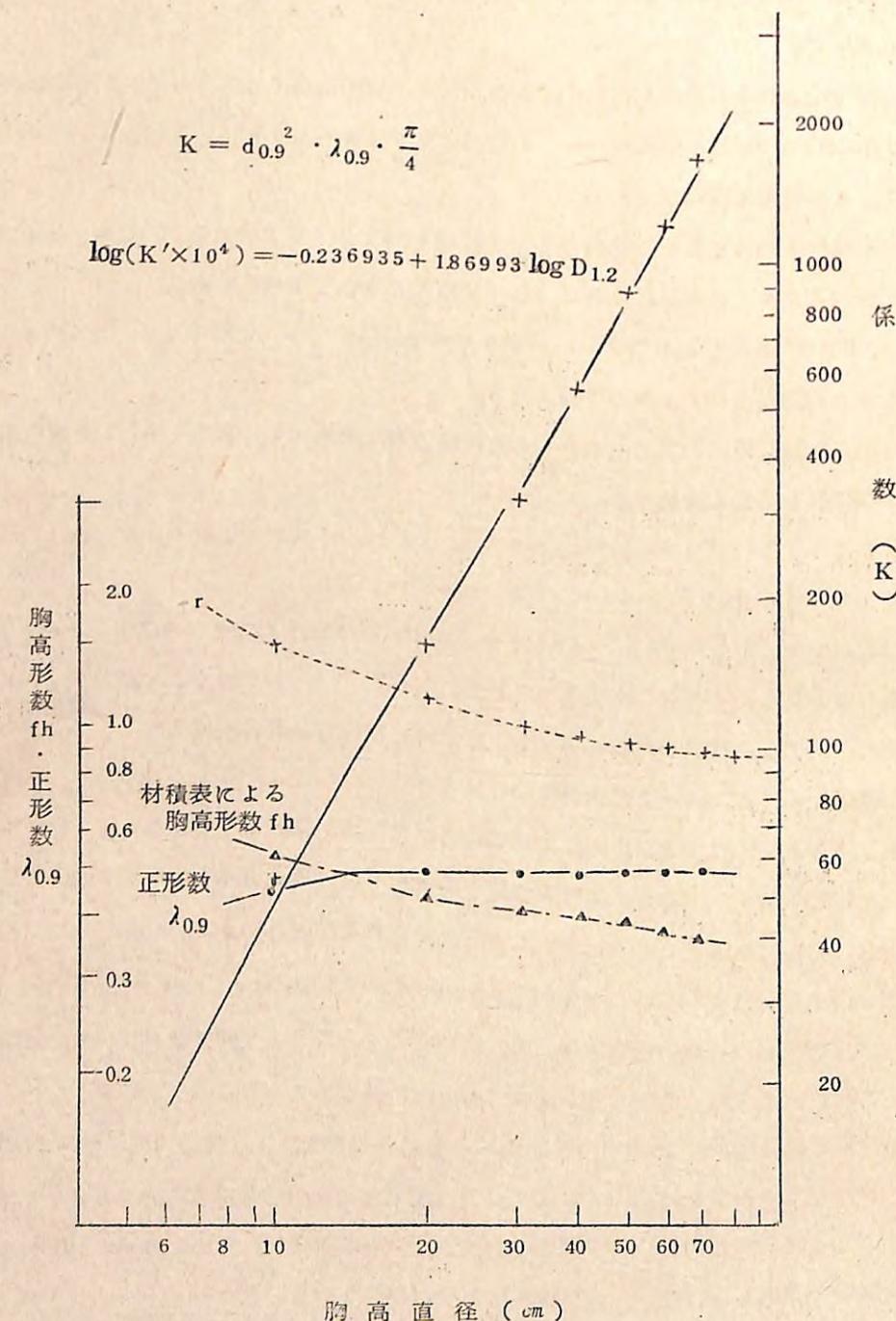
V) さらに、樹幹形の一連の指標を用いて、利用率のもとになる全幹材積について推定を行なったが、これには7式に本数を与えるだけで林分幹材積が求められる。

この推定全幹材積 V_E と実測全幹材積 V_a との適合性を、10林分の例について検討した結果、相対誤差で3%台を超ることはなく、高精度で全幹材積の推定の可能なことを確認した。

VI) 以上のような樹幹形に関する特性値の把握と、その活用についての検討をもとにしながら、応用的段階の一つとして、林分利用材積に関する検討を行なった。

これには、林分の取扱いに関して、その比較の尺度を "同齢・同地位で密度管理の異なる場

図-2 幹材積推定に必要な係数と胸高直径の関係



合"を前提として、取扱いによる特性を明らかにしようとした。

そこで、現実幹曲線から求められる末口径級別素材々積や、立木状態で評定した品等別収穫量の生産内容を明らかにすると同時に、継続的な推移による生産内容の変化についても追求した。

ここに具体的な事例として、羽根山B種間伐試験地の林分利用材積の生産内容を掲げると表-1のようになる。

表-1-1 羽根山間伐試験地-B種(林齢63年)

品等 末口径級別 素材量 cm ³	1 G		2 G		3 G		合計			
	N m ³	V m ³	N m ³	V m ³	N m ³	V m ³	N m ³	%	V m ³	%
雜(3・2・1m材)					—	9	—		9	1
小 7~13					250	11	250	8	11	1
中 14~28	1150	270	560	88	480	58	2190	68	417	55
大 30~	750	311	40	13			790	24	324	43
合 計	1900	581	600	101	730	78	3230	100	761	100
品等別占有率%	(59)	(76)	(19)	(13)	(22)	(11)		(100)		(100)
利 用 率 fv%									94.6%	

表-1-2 羽根山間伐試験地-B種(林齢84年)

品等 末口径級別 素材量 cm ³	1 G		2 G		3 G		合計			
	N m ³	V m ³	N m ³	V m ³	N m ³	V m ³	N m ³	%	V m ³	%
雜(3・2・1m材)					—	5	—		5	1
小 7~13					280	11	280	9	11	1
中 14~28	220	57	550	125	560	74	1330	43	256	26
大 30~	1320	634	170	64	20	7	1510	48	705	72
合 計	1540	691	720	189	860	97	3120	100	977	100
品等別占有率%	(49)	(71)	(23)	(19)	(28)	(10)		(100)		(100)
利 用 率 fv%									96.8%	

註: 1 G, 2 G, 3 G: 品等区分による等級を示す。

N, V : 九太本数および素材々積

そして、先の前提条件に適する 6 つの林分を対象に同様の解析を行なった。

この結果を概括すると、末口径 30 cm 以上の大径級の占める生産量の推移では、林齢 6 3 年生で 50 % 台であったものが、林齢 8 4 年では 70 ~ 80 % 台の占有率となり、この 20 年間で飛躍的な価値生長の増加がされている。

同様に、品等別生産量では、一等材とみられる高品質材の占有率は約 60 ~ 70 % 以上になる。

この占有率の差を詳細にみると、林分の取扱いと無関係ではない。そこでは、密仕立の林分が疎仕立の林分に比較して、高品質材の占める割合の高い傾向にあることが知られる。

この低密度林分の場合、枝太の残枝・死節など品等区分の欠点になる部分が、樹幹の下方に遅くまで付着していることで、林木の価値を著しく低下させる原因となっていることである。

VII) 以上の解析結果をもとにして、林分の取扱い方法の違いによる品等別収穫量を予測するための調査、および解析方法について、フローチャートにして取まとめると、図-3 として表わせる。

このことによって、林分の取扱いによる林分利用材積での質的・量的側面での特質が抽出され、林分評価や保育技術の改善に際して、有益な示唆を得ることができるとと思われる。

とくに、林齢・密度管理の違いによる林分を対象として、末口径級別素材々積や品等別収穫量、あるいは占有率での時系列的変化を把握し、これを詳細に検討することによって、保育形式の決定や生産目標における伐期の選択などに的確な示唆を与えることができよう。

(金 豊太郎、加藤宏明、小坂淳一)

〔III〕 曲り率区分による一番丸太の収穫量

ヒノキ人工林の伐期に達した林分内一本一本の樹の曲りの程度が一番丸太についてどのくらいあるかをみるために、間伐を繰り返し行った収穫試験地の林分と、間伐回数の少ない林分、ほとんど間伐を行っていない林分を調査した。

調査地の林分の概要是表-1 のとおりである。

1. 調査方法

曲りの測定：根張り部分を除いて樹木の中心に沿って 3 m の定規をあて最大矢高を測り、その高さと樹木の曲りの方向を参考に測定した。

3 m 材の皮付末口径の測定：一番丸太を 3 m 材としたので、梯子を使って皮付末口径を輪尺で 2 方向測定した。上松事業区以外は全林毎木を行なった。抽出調査を行なった上松事業区の 3 ケ所の林分では、各林分の直径樹高範囲に相当する林木を標本として他の 3 試験地のデータの中からそれぞれランダムに抽出して、胸高直径 (D 1.2) と 3 m 材の皮付末口径 (D 3.2) の関

図-3 林分利用材積における品等別収穫量の把握——特に新しい法則性の活用による解析手順——

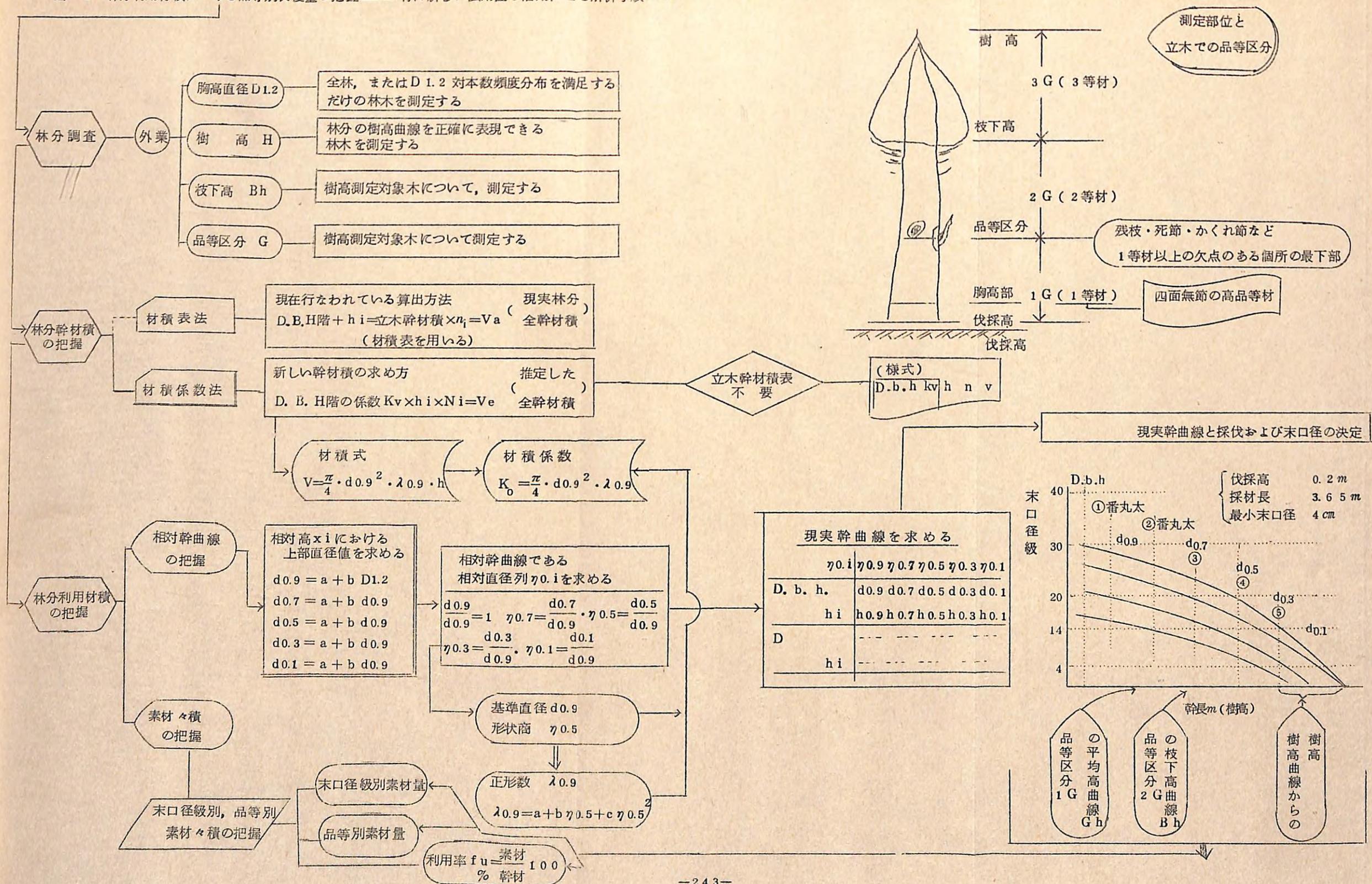


表-1 調査地一覧表

樹種	箇所		林齡年	面積ha	間伐回数回	haあたり		調査本数		備考
	事業区	林小班				本数本	材積m ³	全本数本	内サワラ本数	
ヒノキ	蘭	111ろ	45	0.20	3	1,075	340	224		当場収穫試験地
ヒノキ サワラ	王滝	19は	85	0.105	3	657	560	69	5	本場成長量試験地
"	野尻	83い	84	0.20	5	530	560	106	7	
"	上松	57ろ	87	0.10	3	920	363	87	12	
"	"	60い	83	0.10	2	1,560	530	75	8	
"	"	148い	58	0.10	0	3,410	345	229	29	
計								790	61	

係を直線式にあてはめ、つぎのように推定した。

$$\text{上松 } 57\text{ろ } D_{3.2} = 0.2327 + 0.9270 D_{1.2} \quad r = 0.99$$

$$\text{上松 } 60\text{い } D_{3.2} = 0.3562 + 0.9162 D_{1.2} \quad r = 0.99$$

$$\text{上松 } 148\text{い } D_{3.2} = 0.1185 + 0.9297 D_{1.2} \quad r = 0.99$$

3m材の皮付材積の算出：3m材の皮付末口直径と胸高直径とから比例計算により1.5mの中央直径（D1.5）を求め次式により算出した。

$$V = D_{1.5}^2 \times 3 \times \frac{\pi}{4} \times \frac{1}{10,000}$$

3m材の皮なし末口直径の算出：樹高3mの樹皮の厚さを差引いた直径であるので、直接測定ができないから、他の資料によって算出した。この資料はヒノキ人工林収穫試験地の区分求積のデーターを用い、D_{3.0}とD_{3.0}における樹皮の厚さ（D_{3.0}BARK）の関係を直線式にあてはめて推定した。

$$D_{3.0}\text{BARK} = 0.5638 + 0.0237 D_{3.0} \quad r = 0.56$$

素材末口直径の算出と区分：算定された皮なし末口直径から、素材の日本農林規格第8条により算出した。この規格によると単位寸法に満たない端数は切り捨てるとなつており単位寸法は13cm以下は1cm、14cm以上は2cmに括約されている。また材種区分は小丸太（4～13cm）・中丸太（14～28cm）・大丸太（30cm以上）である。

$$\text{曲り率の算定：素材の日本農林規格により曲り率（%）} = \frac{h}{r} \times 100$$

r = 丸太径 h = 円曲面の最大矢高

表-2 材種区別の林分構成因子

箇 所	総 本 数	本数割合			小丸太				中丸太			
		小 丸 太 本 % 数	中 丸 太 本 % 数	大 丸 太 本 % 数	胸高直径		樹高		胸高直径		樹高	
					平均 cm	S	平均 m	S	平均 cm	S	平均 m	S
蘭 111号	224	1	99		15.2	0.7	15.7	0.2	22.0	2.8	17.5	0.6
王 滝19	69		70	30					29.0	3.5	22.6	2.0
野 尻83号	106	1	61	38	13.5	—	18.9	—	29.3	3.6	24.3	2.4
上 松57号	87	1	81	18	13.6	—	15.0	—	27.2	3.8	18.4	1.6
" 60号	75	21	72	7	13.7	1.6	11.7	1.6	21.5	4.4	14.5	1.6
" 148号	229	52	48		13.5	1.6	12.0	1.6	19.0	2.4	14.3	1.4
計	790	18	72	10	13.5	1.6	12.1	1.7	23.4	4.8	17.9	3.5

註 Sは標準偏差

大丸太				計		小丸太	中丸太	大丸太	計
胸高直径		樹高		胸高直径	樹高	立木材積			
平均 cm	S	平均 m	S	平均 cm	平均 m	m ³	m ³	m ³	m ³
35.6	2.9	24.0	1.7	31.0	23.0	35.437	23.480	58.917	
39.1	6.5	26.2	1.4	32.8	25.0	0.142	52.719	59.265	112.126
38.6	4.4	20.3	1.5	29.1	18.7	0.116	36.760	17.343	54.219
39.1	3.6	17.4	1.4	21.0	14.1	1.483	14.839	4.755	21.077
				16.1	13.1	10.823	22.937		33.760
38.1	5.2	24.0	3.2	23.2	17.5	12.868	23.8684	104.843	356.395

前式により算定した一本一本の曲り率を $3 \sim 5\%$, $6 \sim 10\%$, $11 \sim 15\%$, $16 \sim 20\%$, $21 \sim 25\%$, $26 \sim 30\%$, 31% 以上に区分し、大、中、小丸太の材種区分ごとにまとめた。

2. 調査結果

- 1) 調査地ごとの材種区分の林分構成因子は表-2のとおりで、箇所ごとの材種区分の割合や平均値はまちまちで、特に大丸太の本数割合に対する樹高のバラツキが大きい。
- 2) 全調査木 790 本について、材種別に曲り率に対する胸高直径、樹高、一番丸太の皮付末口径、皮内末口径の平均値との関係を示すと、図-1のとおりである。曲り率が大きくなるにつれて、胸高直径、樹高、材積の平均値は小さくなる傾向を現わしている。曲り率 31% 以上は一括して計算してあるが、これを 5% ごとに ($31 \sim 35\%$, $36 \sim 40\%$, ..., 31% 以上) 細分してみると 30% までと同じく、各種平均値が低くなる傾向がある。このことは林分内の優勢木は直立で曲りがなく、劣勢木に曲りが大きいと推察される。
- 3) 調査木の一番丸太の中で最も多いため (約 70%) 中丸太については曲り率と立木の胸高直径・樹高の関係をみると図-2のようになった。調査本数の多い蘭と上松 148 は図-1と同じ傾向が示されたが、他の 4 林分ではバラツキが大きくなってしまった傾向は認められなかったが、これは調査本数が少ないためと思われる。なお小丸太、大丸太については資料が少ないため比較分析はできなかった。
- 4) 曲り率別材種区分別本数歩合、材積歩合と採材率は表-3のとおりで一番丸太の全体の本数および材積歩合は次表のとおり

曲り率%	~ 5	~ 10	~ 15	~ 20	~ 25	~ 30	31 以上	計
本 数	5	21	22	16	13	8	15	100 %
立木 材積	11	29	25	13	10	8	5	100 %

で、本数と立木材積との割合は後者が曲り率が小さい。曲り率 15% 未満が全体の 50% を占めている。

上表の本数で現わした曲り率を調査地ごとにみたのが次表で、樹齢・一番丸太の末口径の大きいほど曲り率が小さくなる傾向である。

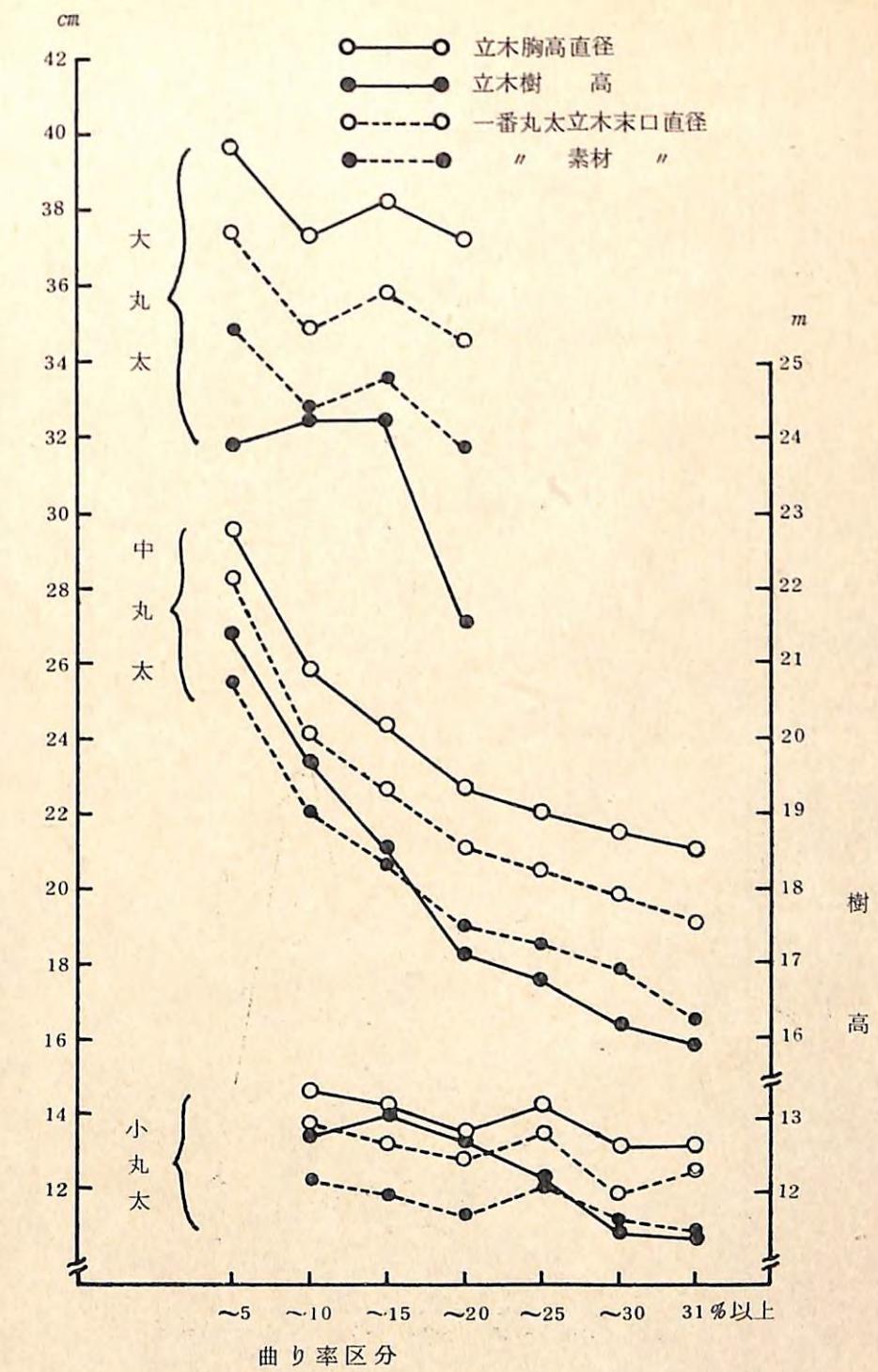


図-1 曲り率別 立木胸高直径・樹高
一番丸太立木・素材末口直径

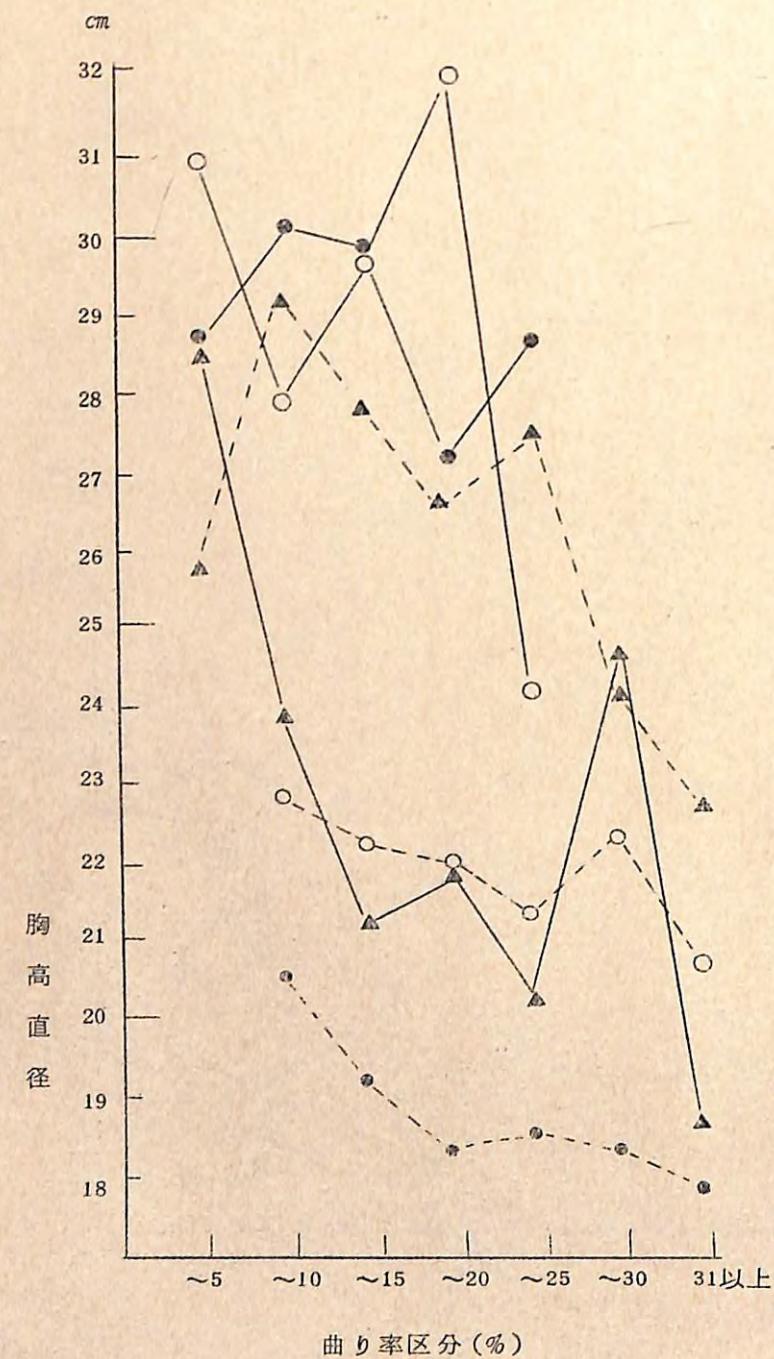
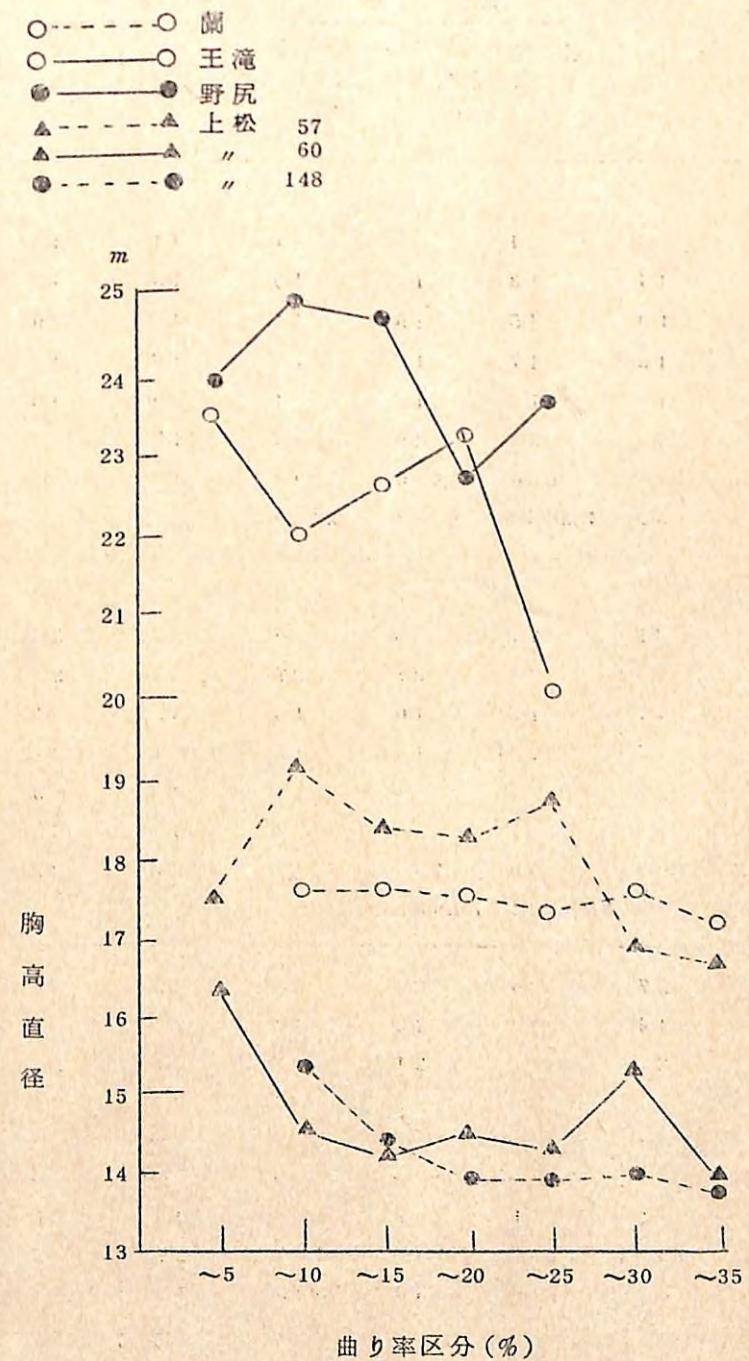


図-2 箇所別、



胸高直径・樹高の曲り率推移

表-3 曲り率別本数歩合、材積歩合と採材率

材種 区分	曲り率	本数	材 積			材 積 歩 合		採材率
			立木	一番丸太の 立木材積 Ⓐ	一番丸太の 素材材積 Ⓑ	B/A	C/A	
			%	%	%	%	%	
小 丸 太	~ 5 %							
	~ 1 0	4	4	4	4	4 4	4 0	9 1
	~ 1 5	1 1	1 3	1 0	1 0	4 3	4 0	9 2
	~ 2 0	1 4	1 5	1 5	1 4	4 3	3 9	8 9
	~ 2 5	1 5	1 7	1 7	1 8	4 6	4 3	9 3
	~ 3 0	1 4	1 3	1 4	1 4	4 9	4 6	9 3
	3 1 %以上	4 2	3 8	4 0	4 0	4 7	4 3	9 2
	計	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	4 6	4 2	9 2
実 数			1 3 9	1 2 8 6 8	5.7 8 2	5.3 1 0		
中 丸 太	~ 5 %	3	6	5	5	2 8	2 7	9 6
	~ 1 0	2 1	2 7	2 5	2 5	2 9	2 8	9 5
	~ 1 5	2 5	2 8	2 7	2 7	3 0	2 8	9 4
	~ 2 0	1 7	1 5	1 6	1 6	3 3	3 1	9 3
	~ 2 5	1 5	1 2	1 3	1 3	3 4	3 1	9 3
	~ 3 0	7	5	6	6	3 6	3 3	9 1
	3 1 %以上	1 2	7	8	8	3 6	3 2	9 0
	計	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	3 1	2 9	9 4
実 数			5 6 9	2 3 8 6 8 4	7 4 8 8 9	7 0 0 1 5		
大 丸 太	~ 5 %	2 7	2 9	2 9	2 9	2 7	2 7	1 0 0
	~ 1 0	4 4	4 3	4 2	4 2	2 6	2 6	9 9
	~ 1 5	2 1	2 1	2 1	2 1	2 7	2 7	1 0 0
	~ 2 0	7	6	7	7	3 0	2 8	9 4
	~ 2 5	—	—	—	—	—	—	—
	~ 3 0	—	—	—	—	—	—	—
	3 1 %以上	1	1	1	1	4 0	4 1	1 0 3
	計	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	2 7	2 7	9 9
実 数			8 2	1 0 4 8 4 3	2 8 0 3 0	2 7 8 0 3		

箇 所 曲り率 %	~ 5	~ 1 0	~ 1 5	~ 2 0	~ 2 5	~ 3 0	3 1 以上	計
蘭 1 1 1 置		1 6	2 2	2 0	1 8	1 0	1 4	1 0 0
王 滝 1 9 は	2 8	4 8	1 8	3	3			1 0 0
野 尻 8 3 へ	9	4 2	3 3	1 0	4		2	1 0 0
上 松 5 7 ろ	9	2 0	3 1	1 7	1 3	2	8	1 0 0
〃 6 0 へ	6	8	1 0	2 0	1 9	7	3 0	1 0 0
〃 1 4 8 へ		1 0	1 9	1 5	1 5	1 4	2 7	1 0 0
計	5	2 1	2 2	1 6	1 3	8	1 5	1 0 0

(参考) 一番丸太素材材積による曲り率(%)出現率

箇 所 曲り率 %	~ 5	~ 1 0	~ 1 5	~ 2 0	~ 2 5	~ 3 0	3 1 以上	計
蘭 1 1 1 置		1 8	2 2	2 1	1 7	1 0	1 2	1 0 0
王 滝 1 9 は	3 2	4 7	1 6	3	2			1 0 0
野 尻 8 3 へ	1 2	4 4	3 3	8	2		1	1 0 0
上 松 5 3 ろ	1 6	2 1	3 1	1 3	1 3	2	4	1 0 0
〃 6 0 へ	1 3	1 7	7	2 5	1 5	6	1 7	1 0 0
〃 1 4 8 へ		1 5	2 3	1 5	1 5	1 2	2 0	1 0 0
計	1 1	2 9	2 5	1 3	1 0	8	5	1 0 0

立木幹材積に対する一番丸太の皮付材積の歩合は、平均して小丸太 4 6 %、中丸太 3 1 %、大丸太 2 7 %となり、同一材種については曲り率が高くなるにしたがって材積歩合が高く梢殺的な幹型となる傾向がうかがわれる。

一番丸太の皮付材積と素材材積との比率は 9 0 %以上で、特に大丸太は 9 9 %を占めている。

5) 材種区分ごとの一番丸太素材材積を曲り率順に示すと次表のとおりである。

節その他の欠点により品等は区分されるが、曲り率のみで品等区分をすると点線のようになる。この調査のうち小丸太を除いた素材材積の 2 7 %が 1 等材に該当すると思われる。

材種区分	曲り率%	曲り率%						計 %	素材材積m ³
		~5	~10	~15	~20	~25	~30		
小丸太(4~13cm)		4	10	14	18	14	40	100	5.310
中丸太(14~28)		5	25	27	16	13	6	8	100 7.0.015
大丸太(30以上)		29	42	21	7		1	100	27.803
曲り率による等級		1等材	2等材	3等材	4等材				

6) 曲りの高さと方向

曲りの現われる高さは曲り率が小さいほど高所に現われていることは、胸高直径が大きくなるにしたがって曲りが少なくなる傾向を示めしている。また曲り方向は傾斜など地形、風向などの影響が考えられるが、樹木の根元にたって峯の方向が70%，下の方向が7%，あとは右か左に曲りの方向が現われた。

3. まとめ

人工林より生産されるヒノキ素材丸太の品等を低くする欠点の最も多いのは、「節」といわれ、つぎの欠点として曲りがあげられる。曲りの出現は一番丸太に多いので、曲り率区分と一番丸太との関係を調査した。

一番丸太の占める材積が立木材積に対して中丸太で30%を占めることは、人工林の造材歩止りを75%とすると一番丸太は素材材積の50%を占める。この一番丸太の品質を向上させることは枝打によることであろう。枝打ちによって節の欠点が無くなったあとは、曲りの欠点が残る。曲りの欠点の傾向は前段で述べたようであるが、材種区分の中丸太以外は調査本数が少ないので、曲り率別の傾向はよく表現できなかったと思われる。

間伐の回数・間伐の有無によって曲り率区分の出現歩合に違いがあると思われたが、林分構造の差異が調査地ごとにがあるので、この分析はできなかった。

全調査本数について分析した結果、林分内の優勢力の樹木に曲りが少ないと推察できた。

(原 寿男, 原 光好)

(IV) 立木の形質と幹級

1. はじめに

丸太の市場価格は丸太の形質の良否によって決定される。丸太の形質の良否は農林規格で定める曲など丸太の形態と、節、くされなどの欠点のほか、色、年輪巾など丸太の材質から決定される。丸太の形質は遺伝などによる先天的なものと、立地環境、風雪などの気象害、鳥獸害、植物害、人為害など外的の原因による後天的なものとによって形成され、遺伝などによる先天的な形質不良は森林の取扱い方法によって多少のきょう正は可能であってもその限界は限られている。一方、外的の原因による形質不良は森林の取扱いによって改善する余地は大きい。ところで、丸太の形質区分は造材によってはじめて明らかにできるものであって、立木のままで丸太の形質区分を行なうことは困難である。したがって、この報告は、大阪営林局管内国有林に設定されているスギ人工林固定試験地の中から表スギで無雪地帯の代表とみなされる新宮営林署内白見スギ人工林収穫試験地（以下白見試験地という）と裏スギで多雪地帯の代表とみなされる金沢営林署内六万山スギ人工林収穫試験地（以下六万山試験地という）について、肉眼的観察による立木の形質別構成と幹級別構成について述べたものである。なお、ここでいう立木の形質とは、立木の形質のうち曲りの大小を主にし、これに外面にあらわれている傷、くされなどの欠点を指し、枝の着生状況などは除外している。

2. 試験地の概況

(1) 白見試験地

表スギの無雪地帯の代表として取り上げた白見試験地は和歌山県新宮市高田町字白見国有林51に所在する。白見国有林は新宮川の上流約12kmの右岸に位置し、その最高峯は926mである。試験地は標高約300m前後の地点にあり、地形は西向きの傾斜約35度の山腹下部斜面で、堆積様式は崩積、土壤型はBD型褐色森林土、土層の深さは約60cmである。試験地附近の気候を試験地の東南約8kmの新宮観測所（海拔高9m）における観測結果から推定すると、年平均気温は約15℃、生育期間中（4~10月）の平均気温は約20℃、年降水量は約3700mm、生育期間中の降水量は約2600mmで、年降水量に対する生育期間中の降水量の割合は70%である。

(2) 六万山試験地

裏スギで多雪地帯の代表として取り上げた六万山試験地は石川県石川郡白峰村字六万山国有林55に所在する。六万山国有林は白山（2702m）の前山で、試験地は標高960m前後の地点に位置する。地形は西向きの傾斜約19度の山腹下部斜面で、堆積様式は崩積、土壤

型は B_D 型褐色森林土で、土層の深さは約 40 cm である。試験地附近の気候を試験地の北西約 4 km の白峰村役場（海拔高 480 m）の観測結果から推定すると、年平均気温は約 9 °C、生育期間中（5～10 月）の平均気温は約 16 °C、年降水量は約 3100 mm、積雪深は 300 cm に達する。生育期間中の年降水量は約 1360 mm で、年降水量に対する生育期間中の降水量の割合は 44 % である。

3. 試験地の来歴と調査経過

（1）白見試験地

白見試験地は 1952 年 3 月 $4a$ あたり 3000 本植栽された。前生樹はスギ、モミ、ツガその他広葉樹からなる天然生林である。1953 年 3 月 $4a$ あたり 300 本の補植が行われ、1952 年～1955 年まで毎年 8 月に下刈りを行なっている。1956 年に除伐、1959 年と 1960 年につる切りが行なわれた。試験地の設定は 1962 年 2 月で、その時の林令は 10 年生である。試験地設定後の林分調査は 1967 年 2 月、1972 年 3 月、1976 年 9 月に行なった。間伐は 1967 年、1972 年、1976 年に行なっている。1976 年 9 月現在の林況（林令 25 年生現在）は、 $4a$ あたり本数 1630 本、平均樹高 16.0 m、平均直径 20.6 cm、胸高断面積合計 57.0 m²、材積 44.3 m³ である。

（2）六万山試験地

六万山試験地は 1947 年 7 月 $4a$ あたり 3000 本植栽された。前生樹はブナ、ミズナラ、カエデ類などの天然生広葉樹である。1948 年 7 月に $4a$ あたり 300 本の補植が行なわれ、1950 年～1955 年まで毎年 1 回下刈りを行なっている。1956 年 9 月つる切り、1957 年 5 月枝払い、1957 年 7 月除伐、1958 年 5 月倒木起しが行なわれた。試験地の設定は 1962 年 8 月で、その時の林令は 15 年生である。試験地設定後の林分調査は 1967 年 8 月、1972 年 9 月、1977 年 10 月に行なった。間伐は 1967 年、1972 年、1977 年に行なっている。1977 年 10 月現在の林況（林令 30 年生現在）は、 $4a$ あたり本数 1975 本、平均樹高 11.7 m、平均直径 18.5 cm、胸高断面積合計 58.7 m²、材積 37.2 m³ である。

4. 調査方法

（1）立木の形質区分

立木の形質区分は肉眼的観察によって曲りの大小を主に、外面に出ている傷、くされなどの欠点の有無によって判定した。その判定基準は次のとおりである。

上 根曲りは小さく（地上 0.6 m 以下）

幹が通直で、外面に欠点のないもの

中 根曲りはやや大きいが（地上 0.6 ～ 1.2 m），幹の屈曲は小さく、外面に欠点のないもの

下 根曲りは大きく（地上 1.2 m 以上），幹が屈曲し、外面に欠点のあるもの。

（2）幹級区分

寺崎式樹型級区分にしたがった。その幹級わけは次のとおりである。

I 級木 上層林冠を組成し、偏倚の少ない樹冠で、多少の根曲りはみられるが、ほぼ通直、正常な樹幹で、幹に欠点のないもの

II 級木 a 上層林冠を組成し、樹冠および樹幹の発達が強大で、隣接木の生育に支障を与えるもの

II 級木 b 上層林冠を組成するが、樹冠の発達が貧弱で、樹幹が甚だしく細長いもの

II 級木 c 上層林冠を組成し、樹幹は I 級木に準ずるが、樹冠が著しく偏倚しているもの

II 級木 d 上層林冠を組成し、樹幹の大きさは I 級木と同程度であるが、幹形が不良で甚だしく曲ったもの、または分叉したもの

II 級木 e 被害木、病木

III 級木 下層林冠に位置するが、樹冠の被圧少なく、生長を持続しているもの

IV 級木 下層林冠にあって被圧を受け生長が停止状態にあるが、なおまだ生活を持続しているもの

V 級木 枯衰、枯死、倒木

5. 形質別構成

林令 25 年生現在の白見試験地ならびに林令 30 年生現在の六万山試験地の立木の形質を前述の上、中、下の三階級に区分して、その直径階別ならびに樹高階別の本数、材積を表-1、2 にかけた。

白見試験地の形質別構成は、本数で上が 1630 本中 1455 本を占めその占有率は 89 %、中は 1630 本中 145 本でその占有率は 9 %、下は 1630 本中 30 本でその占有率は 2 % である。各形質の平均直径は上 23 cm、中 20.6 cm、下 18 cm で、上の平均直径に対する中、下の平均直径の指数は中 0.89、下 0.78 である。各形質の平均樹高は上 15.6 m、中 14.3 m、下 12.3 m で、上の平均樹高に対する中、下の平均樹高の指数は中 0.92、下 0.79 である。形質別材積構成は、上が 44.3 m³ 中 40.3 m³ 占めその占有率は 91 %、中は 44.3 m³ 中 35 m³ でその占有率は 8 %、下は 44.3 m³ 中 5 m³ でその占有率は 1 % である。各形質の平均材積は、上 0.278

表-1 直径階別形質構成

直 徑 cm	白 形 見 試 驗 區 上				白 形 見 試 驗 區 中				白 形 見 試 驗 區 下				六 萬 山 試 驗 地 計				
	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	
8					5	0.2				10	0.2	40	0.7	50	0.9		
10	5	0.2			10	0.3	15	0.5		10	0.3	115	3.4	125	3.7		
12	5	0.2			40	2.7	5	0.3	60	3.4	190	9.2	255	12.9			
14	30	2.1	10	0.6					95	7.7	115	8.2	210	15.9			
16	70	7.5	10	1.0													
18	145	21.4	30	4.1	5	0.7	180	26.2	15	1.8	115	1.26	130	1.41	260	28.5	
20	265	49.3	30	5.3	5	0.9	300	55.5	5	0.8	100	1.45	100	1.45	205	29.8	
22	235	58.1	15	3.4	5	1.2	255	62.7	-5	1.1	140	25.3	95	17.5	240	43.9	
24	250	71.4	20	5.8	5	1.3	275	78.5	1.5	4.2	100	24.1	90	20.0	205	48.3	
26	215	78.2	5	2.0			220	80.2			55	1.76	60	1.76	115	35.2	
28	115	49.0			115	49.0	20	8.5	30	1.07	10	3.6	60	60	22.8		
30	80	40.2	15	7.2			95	47.4	20	10.1	60	27.1	35	15.1	115	52.3	
32	20	11.9	10	6.0			30	17.9	1.0	5.8	40	20.7	10	4.6	60	31.1	
34	15	9.6			15	9.6	1.0	6.1	30	1.88	5	3.2	45	28.1			
36	5	3.8			5	3.8	5	3.6	5	3.4	5	3.3	5	3.5	10.3		
38											5	4.0		5	4.0		
40																	
42											5	4.2		5	4.2		
計	1,455	402.9	145	35.4	30	4.4	1630	4427	110	4.23	860	194.6	1005	1350	1,975	371.9	

表-2 樹高階別形質構成

樹 高 cm	白 形 見 試 驗 區 上				白 形 見 試 驗 區 中				白 形 見 試 驗 區 下				六 萬 山 試 驗 地 計			
	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³
4											5	0.1	40	0.9	45	1.0
5											15	0.5	80	2.6	95	3.1
6					5	0.1	5	0.1			15	0.7	130	5.9	145	6.6
7											35	2.2	110	6.5	145	8.7
8			5	0.2	5	0.2	10	0.4			60	5.1	100	8.1	160	13.2
9	10	0.3	5	0.5			15	0.8			10	0.7	135	9.0	235	24.2
10	10	0.7			10	0.7	10	0.8	135	1.42	90	9.2				
11	5	0.3					5	0								
12	35	3.3	10	1.1			45	4.4	10	1.4	115	21.9	105	18.2	230	41.5
13	95	14.1	15	1.7	5	0.7	115	16.5	5	1.1	85	18.8	85	18.8	175	38.7
14	210	37.8	40	6.5			250	44.3	5	1.3	85	22.7	55	16.3	145	40.3
15	320	70.4	30	6.5	10	2.1	360	79.0	2.5	7.7	55	17.7	35	11.5	115	36.9
16	330	96.9	10	3.6	5	1.3	345	101.8	5	2.4	60	27.4	15	5.5	80	35.3
17	240	89.2	10	2.5			250	91.7	20	1.02	45	22.5	25	1.23	90	45.0
18	110	41.1	10	6.8			120	47.9	1.5	8.3	20	1.24	5	3.2	40	23.9
19	65	33.1	5	2.9			70	36.0	1.5	9.1	20	1.32		3.5	22.3	
20	25	15.7	5	3.1			30	18.8								
計	1,455	402.9	145	35.4	35	4.4	1,630	4427	110	4.23	860	194.6	1,005	1,350	1,975	371.9

m³、中 0.244 m³、下 0.128 m³で、上の平均材積に対する中、下の平均材積の指數は、中 0.88、下 0.46 である。

六万山試験地の形質別構成は、本数で上が1 9 7 5 本中1 1 0 本でその占有率は6%，中は1 9 7 5 本中8 6 0 本でその占有率は4 3%，下は1 9 7 5 本中1 0 0 5 本でその占有率は5 1%である。各形質の平均直径は上2 6.5 cm，中2 2.2 cm，下1 8.3 cmで、上の平均直径に対する中、下の平均直径の指数は中0.84，下0.69である。各形質の平均樹高は上1 5.5 m，中1 2.3 m，下9.9 mで、上の平均樹高に対する中、下の平均樹高の指数は中0.78，下0.64である。形質別材積構成は上が3 7 2 m³中4 2 m³で、その占有率は1 1%，中は3 7 2 m³中1 9 5 m³で、その占有率は5 3%，下は3 7 2 m³中1 3 5 m³で、その占有率は3 6%である。各形質の平均材積は上0.385 m³，中0.226 m³，下0.134 m³で、上の平均材積に対する中、下の平均材積の指数は中0.59，下0.35である。

6. 幹級別構成

寺崎式樹型級区分にしたがって林令25年生現在の白見試験地ならびに六万山試験地の立木を幹級区分し、その直径階別および樹高階別の本数、材積を表-3~6にかけた。

白見試験地の各幹級の本数は、I級木が1,630本中785本でその占有率は4.8%，II級木aは1,630本中30本でその占有率は2%，II級木bは1,630本中265本でその占有率は1.6%，II級木cは1,630本中30本でその占有率は2%，II級木dは1,630本中50本でその占有率は3%，II級木eは1,630本中5本、III級木は1,630本中280本でその占有率は1.7%，IV級木は1,630本中180本でその占有率は1.1%，V級木は1,630本中5本である。各幹級の平均直径は、I級木25.6cm, II級木a32.7cm, II級木b19.8cm, II級木c22.3cm, II級木d26.6cm, II級木e22.0cm, III級木19.6cm, IV級木19.6cm, V級木20.5cmで、I級木の平均直径に対する各幹級の平均直径の指数は、II級木a1.28, II級木b0.77, II級木c0.87, II級木d1.04, II級木e0.86, III級木0.77, IV級木0.66, V級木0.80である。各幹級の平均樹高は、I級木16.5m, II級木a18.8m, II級木b15.5m, II級木c15.8m, II級木d16.8m, II級木e15.0m, III級木14.0m, IV級木12.6m, V級木13.5mで、I級木平均樹高に対する各幹級の平均樹高の指数は、II級木a1.14, II級木b0.94, II級木c0.96, II級木d1.02, II級木e0.91, III級木0.85, IV級木0.76, V級木0.94である。各幹級の材積は、I級木が443m³中271m³を占めその占有率は61%，II級木aは443m³中21m³を占めその占有率は5%，II級木bは443m³中52m³でその占有率は1.2%，II級木cは443m³中8m³でその占有率は2%，II級木dは443m³中

表-3 白見試験地 直径 肌層 幹枝 構成

直 徑 cm	幹					級					區					分				
	I	II a	II b	II c	II d	III e	III f	III g	III h	III i	IV j	IV k	IV l	IV m	IV n	IV o	IV p	IV q		
本數	材積 m ³	本數	材積 m ³	本數	材積 m ³	本數	材積 m ³	本數	材積 m ³	本數	材積 m ³	本數	材積 m ³	本數	材積 m ³	本數	材積 m ³	本數		
1.0																				
1.2																				
1.4																				
1.6																				
1.8																				
2.0	20	3.7																		
2.2	135	3.25																		
2.4	215	6.27																		
2.6	200	7.08	5	4.2																
2.8	110	4.67																		
3.0	85	4.26																		
3.2	20	11.7	5	3.3																
3.4		15	9.6																	
3.6		5	3.8																	
計	785	270.7	30	20.9	265	5.24	30	7.8	5.0	19.0	5	1.2	280	48.6	180	21.2	5	0.9		

表-4 白見試験地 樹高階別幹級構成

4aあたり

樹高階 cm	幹 級										区 分										
	I	II a	II b	II c	II d	II e	III	IV	V	計	I	II a	II b	II c	II d	II e	III	IV	V	計	
本数	材積	本数	材積	本数	材積	本数	材積	本数	材積	本数	材積	本数	材積	本数	材積	本数	材積	本数	材積	本数	
7	3.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
13	5	0.8	5	0.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	0.3
14	50	12.0	45	7.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	13.0	34.2	100	18.0	20	4.9	10	2.5	5	1.2	7.5	14.9	20	3.3	—	—	—	—	—	3.60	7.90
16	24.0	76.6	70	15.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17	19.0	72.2	10	6.0	30	7.3	5	1.3	10	3.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	10.5	41.6	—	—	10	2.7	5	1.6	5	2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19	5.5	27.0	5	3.8	—	—	—	—	—	10	5.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	1.0	6.3	15	11.1	5	1.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.0	36.0
計	78.5	270.7	30	20.9	26.5	52.4	30	7.8	50	19.0	5	1.2	28.0	48.6	18.0	21.2	5	0.9	1.63	0.442.3	—

表-5 六万山試験地 直径階別幹級構成

4aあたり

直 径 cm	幹 級										区 分										
	I	II a	II b	II c	II d	II e	III	IV	V	計	I	II a	II b	II c	II d	II e	III	IV	V	計	
本数	材積	本数	材積	本数	材積	本数	材積	本数	材積	本数	材積	本数	材積	本数	材積	本数	材積	本数	材積	本数	
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
14	5	0.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
16	3.0	2.5	5	0.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	0.9
18	5.5	6.1	2.5	3.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	5.0	7.5	20	3.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20.5	29.8
22	8.5	14.7	15	2.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	60	22.8
24	8.5	21.6	10	2.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26	4.5	14.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11.5	35.2
28	4.0	15.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	7.5	34.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32	4.0	20.5	5	2.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	60	31.1
34	3.0	18.3	5	3.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	45	28.1
36	5	3.6	5	3.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	10.3
38	0	—	5	4.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	4.0
40	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
42	5	4.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	4.2
計	55.0	163.7	20	13.5	7.5	1.2.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.0	1.975371.9

表-6 六万山試験地 樹高階別幹級構成

あたり

樹高階 m	幹級					区 分					計
	I	II a	II b	II c	II d	II e	III	IV	V	本数	
本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³
4										5	0.1
5										5	0.2
6						25	0.9	3.5	1.3	3.5	0.9
7						45	1.9	6.0	3.2	3.5	1.3
8						25	2.4	8.0	4.3	4.0	2.0
9	40	3.3				10	1.1	5	0.4	8.5	7.2
10	50	5.8				20	2.5	5	0.6	14.0	13.9
11	60	9.3				50	7.6			8.0	11.0
12	70	15.2				55	9.1	5	0.8	7.5	12.3
13	50	11.4				20	3.6	6.5	15.4	3.5	7.7
14	65	19.1				10	1.7	50	15.6	2.0	3.9
15	55	18.1				15	3.3	4.5	15.5		
16	60	28.5						20	7.1		
17	55	26.3	5	4.0				30	14.7		
18	20	11.0	10	6.3				10	6.6		
19	25	16.0	5	3.2				5	3.1		
計	550	163.7	20	13.5	7.5	12.3	-	-	360	98.3	110
									7.0	630	65.3
									200	8.8	30
										3.0	1,975
											371.9

1.9 m³でその占有率は4%， II級木eは1 m³， III級木は4.43 m³中4.9 m³でその占有率は11%， IV級木は4.43 m³中2.1 m³でその占有率は5%， V級木は1 m³である。各幹級の平均材積は、 I級木0.344 m³， II級木a 0.696 m³， II級木b 0.198 m³， II級木c 0.260 m³， II級木d 0.381 m³， II級木e 0.234 m³， III級木0.177 m³， IV級木0.115 m³， V級木0.176 m³で、 I級木平均材積に対する各幹級の平均材積の指数はII級木a 2.02， II級木b 0.58， III級木c 0.76， II級木d 1.10， II級木e 0.68， III級木0.51， IV級木0.33， V級木0.51である。

六万山試験地の各幹級の本数は、 I級木が1975本中550本でその占有率は28%， II級木aは1975本中20本でその占有率は1%， II級木bは1975本中75本でその占有率は4%， II級木dは1975本中360本でその占有率は18%， II級木eは1975本中120本でその占有率は6%， III級木は1975本中630本でその占有率は32%， IV級木は1975本中205本でその占有率は10%， V級木は1975本中30本でその占有率は1%である。各幹級の平均直径は、 I級木24.9 cm， II級木a 35.0 cm， II級木b 20.0 cm， II級木d 24.3 cm， II級木e 15.5 cm， III級木17.5 cm， IV級木13.0 cm， V級木16.5 cmで、 I級木平均直径に対する各幹級の平均直径の指数は、 II級木a 1.61， II級木b 0.80， II級木d 0.98， II級木e 0.62， III級木0.70， IV級木0.52， V級木0.66である。各幹級の平均樹高は、 I級木13.6 m， II級木a 18.0 m， II級木b 12.9 m， II級木d 13.4 m， II級木e 7.5 m， III級木9.6 m， IV級木7.3 m， V級木8.5 mで、 I級木平均樹高に対する各幹級の指数は、 II級木a 1.32， II級木b 0.95， II級木d 0.99， II級木e 0.55， III級木0.71， IV級木0.54， V級木0.63である。各幹級の材積は、 I級木が372 m³中164 m³でその占有率は44%， II級木aは372 m³中14 m³でその占有率は4%， II級木bは372 m³中12 m³でその占有率は3%， II級木dは372 m³中98 m³でその占有率は26%， II級木eは372 m³中7 m³でその占有率は2%， III級木は372 m³中65 m³でその占有率は18%， IV級木は372 m³中9 m³でその占有率は2%， V級木は372 m³中3 m³でその占有率は1%である。各幹級の平均材積は、 I級木0.298 m³， II級木a 0.675 m³， II級木b 0.164 m³， II級木d 0.273 m³， II級木e 0.064 m³， III級木0.104 m³， IV級木0.044 m³， V級木0.100 m³で、 I級木平均材積に対する各幹級の平均材積の指数は、 II級木a 2.27， II級木b 0.55， II級木d 0.92， II級木e 0.21， III級木0.35， IV級木0.15， V級木0.34である。

7. 幹級と形質

幹級と形質の関係を表-7にかかげた。

表-7 形質と幹級

あたり

試験地	形質区分	幹級					区 分					計
		I	II a	II b	II c	II d	II e	III	IV	V	VI	
本数	材積	本数	材積	本数	材積	本数	材積	本数	材積	本数	材積	本数
白上	775	266.3	30	20.9	250	49.9	30	7.8	—	—	—	—
白中	10	4.4	—	—	10	1.6	—	—	45	17.7	—	—
白下	—	—	—	—	5	0.9	—	—	5	1.3	—	—
計	785	270.7	30	20.9	52.4	7.8	—	—	19.0	1.2	48.6	21.2
六上	85	39.0	—	—	10	1.5	—	—	—	1.5	1.8	—
六中	465	124.7	20	13.5	50	8.1	—	—	50	18.9	1.5	1.0
六下	—	—	—	—	15	2.7	—	—	310	79.4	9.5	6.0
計	550	163.7	20	13.5	75	12.3	—	—	360	98.3	11.0	7.0

白見試験地の幹級と形質との関係は、I級木の9.9%が形質上で1%は形質中である。II級木aは形質上、II級木bは形質上9.4%，形質中4%，形質下2%，II級木cは形質上、II級木dは形質中9.0%，形質下1.0%，II級木eは形質下、III級木は形質上8.9%，形質中9%，形質下2%，IV級木は形質上6.4%，形質中3.1%，形質下5%，V級木は形質上である。

六万山試験地の幹級と形質との関係は、I級木のうち形質上が1.5%，形質中が8.5%である。II級木aは形質中、II級木bは形質上1.3%，形質中6.7%，形質下2.0%，II級木dは形質中1.4%，形質下8.6%，II級木eは形質中1.2.5%，形質下8.7.5%，III級木は形質上3%，形質中3.7%，形質下6.0%，IV級木は形質中1.0%，形質下9.0%，V級木は形質中1.2.5%，形質下8.7.5%である。

8. 総括

紀州沿岸の無雪地帯と北陸の多雪地帯のスギ人工林の曲りを主にした立木の形質ならびに幹級構成を固定試験地の調査結果から述べた。無雪地帯の立木は通直、またはほぼ通直なものが大部分で屈曲木は一部に過ぎない。この屈曲木も間伐によって除去されることにより主伐期には通直な形質上のものが殆んどを占める状態になるが、多雪地帯では雪による根曲り、幹の屈曲は宿命的なものであって、とくに積雪深300cmに達する地域では根曲り、幹の屈曲など形質上の欠陥木の出現は9.0%以上に達する。ところで、根曲り、幹の屈曲を育林的技術によって通直なものにきょう正することは先づ不可能であるが、根曲り、幹の屈曲も大径木になるにしたがって自然にきょう正されることからみて、根曲り、幹の屈曲きょう正には長伐期大径木生産方式が最適な方法であろうと考えられる。

(上野賢爾、長谷川敬一)