

林分解析に関する研究（第2報）

西 沢 正 久⁽¹⁾
川 端 幸 蔵⁽²⁾
神 戸 喜 久⁽³⁾

1. ま え が き

第1報では前橋営林局宇都宮営林署管内、丹勢山国有林16林班い小班および1小班内の4つのカラマツの標準地について、標本木の樹幹解析資料と伐根調査資料を用いて過去の構造を次々に推定してゆく林分解析の方法を展開したが、本報ではこのような標準地の林分解析によって、広がりをもつ1つの林分に対して過去の構造を推論する方法を試みた。対象林分は長野営林局白田営林署管内野辺山国有林の66林班（125.82ha）、67林班（134.43ha）および68林班（208.28ha）にまたがる468.53haの45～48年生のカラマツ人工造林地であり、造林部門が有意的に選出した11個の標準地の中で7つの標準地について林分解析を試みた。これらの解析の結果を全造林地に拡張するには、標準地の全体的なものの中で位置づけを必要とする。このためにポイントサンプリングを行なって全造林地について推論を行なうと同時に、この結果と土壌部門の調査結果とを総合して全林分を層化し、それらの層の代表的な標準地の解析結果を拡張して全造林地の過去の構造を推定した。実際的にはポイントサンプリングによる推定をまず行なって、その後標準地の位置づけと解析を行なって全体的な推論を行なうのが常道であるが、費用の面から調査はこの逆が行なわれた。われわれは推定の立場からまずポイントサンプリングを行なって標準地の解析を実行し、全体的に推論を行なうという順序で本法を説明したい。

本研究は昭和36年度カラマツ不成績造林地の原因究明の総合研究の一環として行なわれたものであることを付記しておきたい。

2. 調 査 方 法

まず対象全林分の現在の構造を推定するために、プロットレスサンプリングの方法を採用した。しかし費用と時間の点からこの調査は完全な標本調査設計にもとづくことはできず、対象林分内に作られている8本の防火線を利用し、これに沿って100mおきに進み、そして防火線の端から林内へ20mはいった点を調査ポイントにした。さらに精密調査をするために設定された標準地7個のうち、4個についてもその中心に位する点でポイントを設定した。サンプリングポイントの配列はFig. 1とTable 1にまとめられている。

これらの80個のポイントについて胸高断面積測定器で断面積乗数4を採用し、このスリット幅よりはみ出す林木について胸高直径については輪尺により2mm括約、樹高はブルーメイス測高器により10cm単位で測定した。また林分の平均樹高を推定するために、同じ点でコノメーターにより樹幹がきられる本

(1) 経営部経済科測定研究室主任研究官・農学博士 (2)(3) 経営部経済科測定研究室

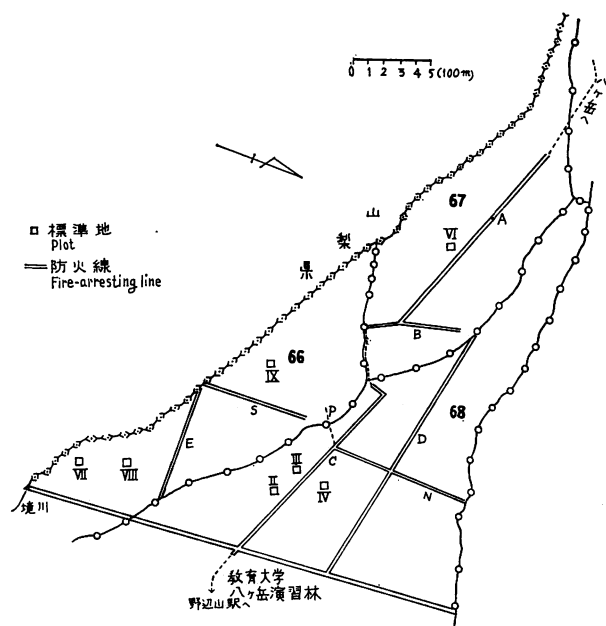


Fig. 1 標準地とサンプリングポイントの配置図
Names of fire-arresting and locations of representative sample plots.

Table 1. プロットレスサンプリングポイントを設定した防火線に与えた名称とポイントの数
Sampling point numbers of near the next names of fire-arresting lines in point sampling.

防火線に与えた名 Names of fire-arresting lines	ポイント数 Sampling point numbers
N	7
S	9
A	14
B	7
C	15
D	16
E	5
P	2
標準地内	5
計	80

数も数えあげた。ポイントごとで胸高断面積測定器、コノメーターで検視された本数は Table 3 に示してある。

つぎにこの対象地を概査して設けられた11個の標準地のうち、7個を選んで過去の林分構造を推定するための調査を行なった。標準地内では全林木の毎木調査と成長錐片の抜取、樹幹解析および伐根調査を行なった。標準地ごとの面積および調査内容は Table 2 に示されている。

なお、これらの標準地については土壌調査、植生調査、林木の地下部構造の調査および生産構造分析のための調査がそれぞれ造林部、土壌調査部で実行された。

Table 2. 標準地一覧表
Table of plot data.

標準地 Plot	樹幹解析で推定した最高樹齢 Max. year estimated by stem analysis	面積 Area	立木本数 Stem numbers	樹幹解析本数 Stem numbers of stem analysis investigation	伐根本数 Stump numbers	枯損木本数 Stem numbers of dead standing trees	成長錐本数 Stem numbers of increment borer investigation
		ha					
II	45	0.03957	57	15	13	15	57
III	47	0.04381	58	15	26	17	58
IV	47	0.03111	45	14	34	22	45
VI	48	0.04495	55	15	5	55	55
VII	47	0.06026	57	15	21	1	57
VIII	47	0.07465	42	14	41	9	42
IX	48	0.06128	53	12	17	2	53

3. 現在の林分構造の解析

1) haあたり断面積および材積の推定

プロットレスサンプリングの各ポイントで検視された本数を n_j , 検視された林木の材積を v_{ij} , 胸高断面積を g_{ij} とすれば, ポイントで ha あたり断面積の推定量 $\hat{g}_j$ は断面積乗数 4 を用いているから

$$\hat{g}_j = 4n_j$$

ha あたり材積の推定量 $\hat{v}_j$ は

$$\hat{v}_j = 4 \sum_{i=1}^{n_j} v_{ij} / g_{ij}$$

で与えられる。ポイント数を N とすれば, ha あたり断面積と材積の推定量はそれぞれ

$$\bar{g} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \hat{g}_j = \frac{4}{N} \sum_{j=1}^N n_j \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\bar{v} = \frac{4}{N} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{n_j} v_{ij} / g_{ij} = \frac{4}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{n_j} r_{ij} \quad \dots\dots\dots (2)$$

で与えられる。ここに $r_{ij} = v_{ij} / g_{ij}$ で, 材積—断面積比と呼ぶ。

(1) および (2) の分散はそれぞれ次式で与えられる。

$$s_g^2 = \frac{\sum (\hat{g}_j - \bar{g})^2}{N(N-1)} = \frac{4^2 \left\{ \sum n_j^2 - \frac{(\sum n_j)^2}{N} \right\}}{N(N-1)} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$s_v^2 = \frac{4^2 \sum (\hat{v}_j - \bar{v})^2}{N(N-1)} = \frac{4^2 \left\{ \sum_{j=1}^N \left(\sum_{i=1}^{n_j} r_{ij} \right)^2 - \frac{\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{n_j} r_{ij}^2}{N} \right\}}{N(N-1)} \quad \dots\dots\dots (4)$$

各ポイントで検視された本数 n_j および検視された林木の材積—断面積比の合計 $\sum_{i=1}^{n_j} r_{ij}$ を Table 3 に示す。

Table 3 より

$$\sum n_j = 323, \quad \sum n_j^2 = 1727$$

であるから ha あたり断面積は (1) 式によって

$$\bar{g} = \frac{4}{80} \times 323 = 16.15 \text{ m}^2/\text{ha}$$

その分散は (3) 式によって

$$s_g^2 = \frac{4^2 \left(1727 - \frac{(323)^2}{80} \right)}{80 \times 79} = 1.070886$$

ゆえに標準誤差 s_g は

$$s_g = 1.03$$

である。これらを用いて ha あたり断面積は

$$16.15 \pm 2 \times 1.03 = 16.15 \pm 2.06 \text{ m}^2/\text{ha}$$

の間にあることが 95% 信頼度で推論される。そのサンプリング誤差は約 13% である。

つぎに ha あたり材積の推定を行なうと, Table 3 より $\sum \sum r_{ij} = 1771$ であるから (2) 式により

Table 3. ポイントごとの検視木本数と材積断面積比の合計
Counted stem numbers by point sampling and sum of volume-basal area ratio on each point.

No.	ポイント 番 Point number	胸高断面積測 定器で検視さ れた本数 Counted stem numbers by Bitterlich n_j	コノメータ ーで数えら れた本数 Counted stem numbers by conome- ter	N_j $\sum_{i=1} r_{ij}$	No.	ポイント 番 Point number	胸高断面積測 定器で検視さ れた本数 Counted stem numbers by Bitterlich n_j	コノメータ ーで数えら れた本数 Counted stem numbers by conome- ter	N_j $\sum_{i=1} r_{ij}$
1	N-1	8	10	41	41	C-13	4	5	19
2	N-2	5	6	21	42	C-14	8	8	46
3	N-3	2	1	7	43	C-15	1	2	5
4	N-4	5	4	28	44	D-1	4	3	15
5	N-5	4	2	18	45	D-2	0	0	0
6	N-6	3	4	15	46	D-3	0	1	0
7	N-7	5	5	27	47	D-4	3	6	15
8	A-1	4	5	15	48	D-5	7	16	47
9	A-2	2	5	10	49	D-6	7	8(3)	39
10	A-3	4	5(2)	12	50	D-7	6	9(3)	28
11	A-4	1	2	4	51	D-8	9	6	40
12	A-5	3	3	11	52	D--1	4	10	24
13	A-6	1	1	2	53	D--2	4	7(3)	19
14	A-7	3	5	11	54	D--3	3	9(6)	15
15	A-8	0	0	0	55	D--4	2	3(1)	10
16	A-9	3	3	9	56	D--5	8	9	47
17	A-10	3	2	8	57	D--6	4	4	23
18	A-11	5	8	20	58	D--7	8	9	49
19	A-12	5	12	24	59	D--8	2	2	8
20	A-13	5	5	23	60	E-1	0	1	0
21	A-14	5	10(3)	21	61	E-2	0	1	0
22	B-+1	0	使わず	0	62	E-3	4	4	19
23	B-+2	3	5	8	63	E-4	4	4	30
24	B-+3	3	4	15	64	E-5	2	2	14
25	B--1	3	3	12	65	S-1	5	4	23
26	B--2	1	2	5	66	S-2	5	5	26
27	B--3	7	10	50	67	S-3	7	12	48
28	B--4	8	11	51	68	S-4	7	9(1)	46
29	C-1	4	5	20	69	S-5	4	8	29
30	C-2	1	2	4	70	S-6	6	10	37
31	C-3	7	7	41	71	S-7	6	9(3)	33
32	C-4	2	2	8	72	S-8	4	5	20
33	C-5	5	7	29	73	S-9	7	9(5)	40
34	C-6	4	5	20	74	P-1	0	0	0
35	C-7	8	8	47	75	P-2	3	12(1)	19
36	C-8	3	7	17	76	II	4	8	22
37	C-9	4	5	22	77	III	5	8	35
38	C-10	4	4	19	78	IV	5	4	29
39	C-11	4	5	18	79	VII	7	8.5	60
40	C-12	1	1	7	80	IX	6	9	62

注 () は広葉樹 Note: Values in bracket show broad-leaved trees.

$$\bar{v} = \frac{4 \times 1771}{80} = 89 \text{ m}^3/\text{ha}$$

また、この分散は $\sum_{j=1}^N (\sum r_{ij})^2 = 58259$ であるから (4) 式により

$$s_{\bar{v}}^2 = \frac{\left(4^2 (58259 - \frac{1771^2}{80})\right)}{80 \times 79} = 48.24$$

ゆえに標準誤差 $s_{\bar{v}}$ は

$$s_{\bar{v}} \doteq 7$$

これらを用いて ha あたり材積は

$$89 \pm 2 \times 7 = 89 \pm 14 \text{ m}^3/\text{ha}$$

の間にあるということが95%の信頼度で推論される。このときのサンプリング誤差は約16%である。

参考のために、10%精度をうるに必要な抽出個数を計算してみると、つぎのようになる。断面積および材積の標準誤差はそれぞれ

$$s_g = \sqrt{N} s_{\bar{g}} = \sqrt{80} \times 1.03 = 9.26$$

$$s_v = \sqrt{N} s_{\bar{v}} = \sqrt{80} \times 7 = 62$$

であるから断面積、材積の変動係数はそれぞれ

$$C_g = (s_g / \bar{g}) 100 = (9.26 / 16.15) \times 100 \doteq 60\%$$

$$C_v = (s_v / \bar{v}) 100 = (62 / 89) \times 100 \doteq 70\%$$

と推定される。今推定の精度を10%におさえるためには、断面積については

$$n_g = \left(\frac{2 \times 60^2}{10} \right) = 144 \doteq 150 \text{ ポイント}$$

の標本数が必要であり、同様に材積についても

$$n_v = \left(\frac{2 \times 70^2}{10} \right) = 196 \doteq 200 \text{ ポイント}$$

の標本数を必要とすることがわかる。

しかし、本調査では時間と費用の面から、前述のごとく10%精度で推定するために必要な標本数の半数以下のポイントで推定しなければならなかった。

2) ha あたり本数の推定

胸高断面積測定器で検視して数えあげられた林木を、直径階 1 cm ごとに度数分布表にまとめ、 D_i という直径階に含まれる本数を f_i 、 D_i に応ずる断面積を $g_i = \frac{\pi}{4} D_i^2$ とすれば、 D_i という直径をもつ林木の ha あたり本数の推定量は

$$\frac{4 f_i}{g_i} = \frac{\text{直径 } D_i \text{ をもつ林木の ha あたり断面積}}{\text{直径 } D_i \text{ をもつ林木の断面積}} \dots\dots\dots (5)$$

を計算して総標本点数で割って求められる。これを直径階ごとに合計すれば全林の ha あたり本数の推定値がえられる。このようにして求めた直径階ごとおよび全林の ha あたり本数を Table 4 に示す。

3) 林分平均樹高の推定

コノメーターにより数えられた 1 ポイントあたりの平均本数は 6 本であった。したがって、林分平均樹高(H)はつぎのように推定された。

Table 4. プロットレスサンプリングで推定された直径階ごと ha あたり本数
Stem numbers per hectare by d. b. h. classes estimated by point sampling.

直 径 階 d. b. h. class	ha あたり本数 Stem numbers per hectare	直 径 階 d. b. h. class	ha あたり本数 Stem numbers per hectare	直 径 階 d. b. h. class	ha あたり本数 Stem numbers per hectare
6	71	15	93	24	4
7	13	16	80	25	3
8	99	17	44	26	1
9	71	18	37	27	
10	166	19	26	28	1
11	147	20	21	29	1
12	155	21	12	30	1
13	102	22	3	31	1
14	91	23	2	計	1245

Table 5. プロットレスサンプリングによって推定された現在の林分構造
Estimated present stand construction by point sampling.

推 定 項 目 Items	推 定 値 Estimated values
平 均 直 径 Mean d. b. h.	12.3 cm
平 均 樹 高 Mean height	10.0 m
ha あたり本数 Stem numbers per ha	1245本
ha あたり胸高断面面積 Basal area per ha	16.15±2.06m ²
ha あたり材積 Volume per ha	89±14m ³

Table 6. 標
Present

標 準 地 Plot	樹幹解析 木による 最高樹齢 Max. year by stem analysis tree	立 木 本 数 Stand- ing tree numb- ers	単 胸 高 直 径 d. b. h.		
			平均 Mean	分 散 Variance	変動係数 Coefficient of variation %
II	45	57	12.45	6.338596	20.2
III	47	58	13.87	4.495225	15.3
IV	47	45	14.11	7.334818	19.2
VI	48	55	10.74	1.972815	13.1
VII	47	57	19.62	8.260996	14.6
VIII	47	42	19.15	8.376195	15.1
IX	48	53	21.31	13.596096	17.3

$$\bar{H} = 100 \sqrt{\frac{2 \times \text{平均数えられた本数}}{\text{ha あたり本数}}} \dots\dots\dots (6)$$

$$= 100 \sqrt{\frac{2 \times 6}{1245}}$$

$$\doteq 10.0 \text{ m}$$

4) 平均直径の推定

カウントされた林木の直径 D_i は 2) の計算によって, ha あたり本数 N_i の荷重をもっているから, ha あたりの算術平均直径 $\bar{D}$ は全直径階についての荷重平均として

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^k N_i D_i}{N} \dots\dots\dots (7)$$

によって計算ができる。したがって, Table 4 から $\sum N_i D_i = 15367$ であるから

$$\bar{D} = 15367 / 1245 = 12.3 \text{ cm}$$

と推定される。

5) 推定された現在の林分構造と収穫表との比較

以上の結果をまとめると Table 5 のようになる。

この林分は後述の標準地の解析によって林齢が45～50年と推定されている。嶺一三博士調製の信州地方カラマツ林林分収穫表の数値とわれわれが推定した値を比較するとき、この調査対象地は地位4等の25年生の構造と類似していて、約20～25年ほど生育の遅れた不成績な造林地であることが結論される。

4. 標準地の現在の構造の解析

1) 標準地の現在の構造

2で述べたようにわれわれが選んだ7個の標準地は、カラマツ林の実態の総合調査のために、この林分を概査して生育状態を考慮にいれて有意的に選定設置されたものである。この7個の標準地の現況を Table 6 に示す。

標準地の現在の構造
stand structures of plots.

木 Tree						ha あたり Per hectare		
樹 高 Height			材 積 Volume			材 積 Volume	断 面 積 Basal area	本 数 Stem number
平 均 Mean	分 散 Variance	変動係数 Coefficient of variation	平 均 Mean	分 散 Variance	変動係数 Coefficient of variation			
		%			%			
10.60	1.466416	11.4	0.07175	0.00098297	43.8	103.4	18.23	1440
12.62	1.505981	9.7	0.09902	0.00130468	36.5	131.1	20.45	1324
11.75	0.620727	6.7	0.09816	0.00266550	52.6	142.0	23.44	1446
6.97	0.943044	13.9	0.03244	0.00142436	116.3	39.7	11.27	1224
16.96	1.527413	7.3	0.26791	0.00746347	32.2	253.4	29.19	946
14.62	1.744785	9.0	0.21564	0.00559570	34.7	121.3	16.57	563
19.21	2.635327	8.4	0.36953	0.02447556	42.3	319.6	31.75	865

2) 標準地間の各因子の比較

つぎに、前述のようにして選定されたこれらの標準地は直径、樹高、材積の各因子について、各標準地間でどのように違っているか、すなわち、このような有意な選定が数値的にも有意な差を示すかどうかを検定すると、つぎのようになる。

Table 7. 直径の標準地間分散比の有意性
Test of significance of d. b. h. variance ratio between plots.

標準地 Plot	II	III	IV	VI	VII	VIII	IX
II				**			
III			*	**	*	*	*
IV				**			*
VI					**	**	**
VII							*
VIII							
IX							

Table 8. 樹高の標準地間分散比の有意性
Test of significance of height variance ratio between plots.

標準地 Plot	II	III	IV	VI	VII	VIII	IX
II			**				*
III			**	*			*
IV					**	**	**
VI					*	*	**
VII							*
VIII							
IX							

Table 9. 材積の標準地間分散比の有意性
Test of significance of volume variance ratio between plots.

標準地 Plot	II	III	IV	VI	VII	VIII	IX
II			**		**	**	**
III			**		**	**	**
IV				*	**	**	**
VI					**	**	**
VII							**
VIII							**
IX							

検定は各因子についてそれぞれつぎのような方法をとった。

まず各標準地間の分散系列の一樣性の検定を行ない、一樣性が認められない場合は2群ごとの検定を行ない分散の均一性の認められた標準地を組にする。つぎに組にされた標準地に対して平均値の差を検定し、等平均値の仮説の棄却できないものを組にする方針をとった。胸高直径、樹高、材積の各因子に対して分散比の有意性を Table 7, 8, 9 に示す。この結果、胸高直径の分散が一樣とみなされ、まとめられる標準地は (II, III), (IV, VII, VIII), (VI) および (IX) の4つの組に分けられることがわかる。樹高の分散が一樣とみなされ、まとめられる標準地は (II, III, VII, VIII), (IV, VI), (IX) の3つの組に分けられる。同様に、材積に対する組は (II, III, VI), (IV), (VII, VIII), (IX) の4つの組となった。つぎに、上のように分散によってまとめられた組ごとに、標準地間で平均値の差を検定すると、どの因子に対しても有意な差を示し、等平均値の仮説はすべて棄却されてしまった。この結果、どの標準地も、胸高直径、樹高、材積の各因子について著しく異なった傾向をもつ標本であることが判明したので、以後の分析はそれぞれ標準地別に実行しなければならない。

5. 標準地の過去の構造の解析

1) 材積表材積の実材積への補正

前報と同じように、本報告でも立木の過去成長状態の推定には、樹幹解析の資料に基づく回帰分析法によった。この分析を行なう前提として現在の林分材積は胸高直径、樹高の測定値から材積表*により求められているので、この材積表による値を樹幹解析による実材積に補正しなければならない。補正の方法は

* 材積表は長野営林局調製「カラマツ立木材積表」昭和32年4月。

第1報に述べた方法によった。各標準地ごとの樹幹解析木の現在材積 (Y) と、それに応ずる材積表材積 (X) に対して補正した実材積の推定量およびその標準誤差を、Table 10 に示す。

Table 10. 実材積への材積表材積の補正
Calibration presumed volumes by the volume table to actual volumes by regression.

標準地 Plot	$\bar{Y} = \bar{y} + \frac{1}{b'}(\bar{X} - \bar{x})$	材積表による 全林平均材積 Mean plot volume by the volume table ($\bar{X}$)	推定実材積 Estimated actual volume ($\bar{Y}$)	$\bar{Y}$ の標準誤差 Standard error $\sqrt{\text{var}(\bar{Y})}$	$\bar{Y}$ の信頼限界 Confidence limit of $\bar{Y}$ at 95% confidence coefficient ($\bar{Y} \pm t\sqrt{\text{var}(\bar{Y})}$)	推定誤差率 Error percentage ($t\sqrt{\text{var}(\bar{Y})}$ / $\bar{Y}$) $\times 100$
II	$\bar{Y} = 0.071610 + 1.32495499(\bar{X} - 0.07660)$	0.071754 (103.4)	0.0652 (93.9)	0.00420	0.0652 $\pm$ 0.0090 (81.0 $\sim$ 106.9)	13.8
III	$\bar{Y} = 0.100829 + 0.97094308(\bar{X} - 0.103133)$	0.099017 (131.1)	0.0968 (128.2)	0.00282	0.0968 $\pm$ 0.0060 (120.2 $\sim$ 136.1)	6.2
IV	$\bar{Y} = 0.101583 + 0.87929180(\bar{X} - 0.106714)$	0.098156 (140.2)	0.0941 (136.1)	0.00606	0.0941 $\pm$ 0.0130 (117.3 $\sim$ 154.9)	13.8
VI	$\bar{Y} = 0.039729 + 1.22357299(\bar{X} - 0.037800)$	0.032436 (39.7)	0.0332 (40.6)	0.00234	0.0332 $\pm$ 0.0050 (34.5 $\sim$ 46.7)	15.1
VII	$\bar{Y} = 0.263279 + 1.02199632(\bar{X} - 0.290067)$	0.267912 (253.4)	0.2406 (227.6)	0.01633	0.2406 $\pm$ 0.0350 (194.5 $\sim$ 260.7)	14.5
VIII	$\bar{Y} = 0.218489 + 1.07000812(\bar{X} - 0.213071)$	0.215643 (121.3)	0.2212 (124.5)	0.00558	0.2212 $\pm$ 0.0120 (117.7 $\sim$ 131.2)	5.4
IX	$\bar{Y} = 0.362556 + 0.90818121(\bar{X} - 0.393750)$	0.369528 (319.6)	0.3406 (294.6)	0.00732	0.3406 $\pm$ 0.0157 (281.0 $\sim$ 308.2)	4.6

注) (1) 括弧内の数値は ha あたりを表わす。

(2) t は 95% 信頼度での t 表の値で II, III, VI, VII では 2.145, IV, VIII では 2.160, IX では 2.221 である。

Note: (1) Figures in bracket show values per hectare.

(2) t is a value of t table at 95% confidence coefficient.

$t = 2.141$ in II, III, VI and VII $t = 2.160$ in IV $t = 2.201$ in IX

これによれば、IX標準地についての材積表材積は推定による実材積と有意な差を認めるが、他の標準地はいずれも差を認めない。

これ以後の分析は推定実材積 $\bar{Y}$ およびその分散 $\text{var}(\bar{Y})$ をもとにして、過去の林分材積の推定を行なうてゆく。

2) 生立木のための過去の林分材積の推定

第1報では過去材積を推定するのに2つの方法を提案し、それぞれの推定分散の小さい方を採用すべきであることを実証した。それによれば、たとえば現在齢53年の林分に対する50年での過去材積を推定するのに53年の時点での現在材積 (X) と50年での過去材積 (Y) とを回帰で結ぶ方法と、その中間に皮内材積 (Y') を利用する方法、すなわち、まず現在材積 (X) と現在皮内材積 (Y') とを回帰で結び、さらにその推定皮内材積 (X') と50年の過去材積 (Y) を回帰で結ぶ方法である。しかし、この両者は互いに同じ推定値を与え、しかもその推定の誤差もほとんど相違を示さないことを例証した結果、計算の簡便な前者の方法を採用してよいことを結論している。したがって、本報でもこれにしたがった。たとえばIIブ

ロットを例にとれば、まず樹幹解析による現在皮付材積 ($V_{(45)}$) と5年前の皮内材積 (V_{40}) を $V_{40}=a+bV_{(45)}$ で結び、この $V_{(45)}$ に1)で推定した推定実材積 ($\bar{V}$) を代入して、40年での皮内材積の推定値 ($\hat{v}_{40}$) を求める。つぎに、同じく樹幹解析による35年の皮内材積 (v_{35}) と先の v_{35} を回帰で結び、 $v_{35}=a+bV_{40}$ としてこの V_{40} に前の段階で求めた推定皮内材積 $\hat{v}_{40}$ を代入して、35年での推定皮内材積 (V_{35}) を求めた。以下この方法を繰り返してゆく。このことを式で表わせばつぎのようになる。林齢45年とすれば現在材積および過去材積は $V_{(45)}$, V_{40} , V_{35} , V_{30} , $\dots\dots V_{10}$, V_5 と与えられ、ある時点より1期前の過去材積は

$$v_i = a + bV_{i+5} \quad (i=5, 10, 15, \dots\dots) \dots\dots (8)$$

で結ばれている回帰の独立変数 V_{i+5} に、その推定値を代入して求められる。

この推定による推定分散は、回帰係数の抽出分散を省略すればつぎで与えられる。

$$\text{var}(\hat{v}_i) = s_{\hat{v}_i}^2(1 - r_{V_i, V_{i+5}}^2) + b^2 \text{var}(\bar{V}_{i+5}) \dots\dots (9)$$

ここに $s_{\hat{v}_i}^2$ は v_i の平均値の分散、 $r_{V_i, V_{i+5}}$ は V_i と V_{i+5} の相関係数である。

上の方法を各プロットに適用して推定した立木についての各時点の推定皮内材積と、その推定式および相関係数、推定誤差率を Table 11 に示す。

この場合の誤差率は $V = [t \times \sqrt{\text{var}(\hat{v}_i)} / \hat{v}_i] \times 100\%$ で求められる。

3) 伐根調査資料による立木材積の推定

この調査対象林分も過去に何回か間伐が行なわれており、また風倒などの被害により枯損した林分の処分が行なわれたために、標準地の中にも若干の伐根があった。しかし、それら過去の伐倒木の詳細な記録がないため、これらの伐根から過去材積を推定するにはつぎのような方法をとった。それは樹幹解析の5年ごとの根元直径 (D_{0i}) とそれに対応する材積 (V_i) とをつぎの式で関係づけた。

$$\text{すなわち,} \quad V_i = a' D_{0i}^b \dots\dots (10)$$

対数をとって

$$\log V_i = \log a' + b \log(D_{0i})$$

ここで $\log V_i = Y_i$, $\log a' = a$, $\log D_{0i} = X_i$ と変換して

$$Y_i = a + bX_i \dots\dots (11)$$

なる回帰式を作成し、この X_i に伐根調査での測定値を代入してその各時点での皮内推定材積とした。この場合の推定誤差率はつぎで与えられる。すなわち、各時点ごとに Y の分散を s_y^2 とすれば、平均値の分散は $s_{\bar{y}}^2 = s_y^2/n$, 各時点で $s_{\hat{y}}^2(1 - r^2)$ を求め、これを真数にもどして $\{10^{s_{\hat{y}}^2(1-r^2)} - 1\} \times 100\%$ により推定の誤差率とした。

各時点における皮内材積の推定値は11式の X_i に、その時点での伐根の測定値の対数をとった平均値を代入して平均の皮内材積が推定され、それにその時点での伐根本数をかけて各時点ごとの皮内材積が求められる。推定に用いた回帰式と、推定された平均皮内材積および推定の誤差率を Table 12 に示す。

4) 枯損立木の過去材積の推定

この調査林分には、寒害、風害および病虫害による枯損木がかなりあった。設定された標準地の中にも、Table 2 に示されているだけの枯損立木があった。

Table 11. 生立木に対する過去材積の推定式とその推定値および推定の誤差率
Regression equations which are used to estimate successive past volume
from standing trees, estimated successive past volumes and error percentage.

II

$X : Y$	$y = a + bx$ Regression equation	V	$\hat{v}_i$ Estimated past volume	r Correla- tion coefficient	$[\text{var}(\hat{v}_i)]^{\frac{1}{2}}$	誤差率 Error percentage
$V : v_{40}$	$v_{40} = 0.001999 + 0.67632879V$	0.0652	0.04610	0.9976	0.004419	20.71
$V_{40} : v_{35}$	$v_{35} = -0.000217 + 0.75726962V_{40}$	0.04610	0.03469	0.9914	0.003443	21.44
$V_{35} : v_{30}$	$v_{30} = 0.000171 + 0.70848605V_{35}$	0.03469	0.02475	0.9933	0.002492	21.75
$V_{30} : v_{25}$	$v_{25} = -0.000930 + 0.72633946V_{30}$	0.02475	0.01705	0.9915	0.001858	23.54
$V_{25} : v_{20}$	$v_{20} = -0.000400 + 0.57159671V_{25}$	0.01705	0.00935	0.9815	0.001121	25.90
$V_{20} : v_{15}$	$v_{15} = -0.000425 + 0.51918602V_{20}$	0.00935	0.00443	0.9698	0.000317	30.82
$V_{15} : v_{10}$	$v_{10} = -0.000415 + 0.43260138V_{15}$	0.00443	0.00150	0.9393	0.000317	44.88

III

$V : v_{45}$	$v_{45} = 0.001433 + 0.80907176V$	0.0968	0.07975	0.9969	0.011446	31.10
$V_{45} : v_{40}$	$v_{40} = -0.000688 + 0.91693733V_{45}$	0.07975	0.07244	0.9969	0.014717	43.89
$V_{40} : v_{35}$	$v_{35} = -0.000764 + 0.84450571V_{40}$	0.07244	0.06041	0.9904	0.019832	70.92
$V_{35} : v_{30}$	$v_{30} = -0.005399 + 0.84976606V_{35}$	0.06041	0.04594	0.9721	0.028748	135.19
$V_{30} : v_{25}$	$v_{25} = -0.005404 + 0.74890558V_{30}$	0.04594	0.02900	0.9703	0.028412	211.69
$V_{25} : v_{20}$	$v_{20} = -0.004259 + 0.65988623V_{25}$	0.02900	0.01488	0.9765	0.022137	321.40
$V_{20} : v_{15}$	$v_{15} = -0.000852 + 0.36630225V_{20}$	0.01488	0.00460	0.9685	0.009603	451.01
$V_{15} : v_{10}$	$v_{10} = -0.000156 + 0.15648406V_{15}$	0.00460	0.00056	0.9751	0.001633	649.73

IV

$V : v_{45}$	$v_{45} = -0.035781 + 1.17744131V$	0.0941	0.07502	0.9986	0.007154	20.78
$V_{45} : v_{40}$	$v_{40} = -0.000137 + 0.92060189V_{45}$	0.07502	0.06893	0.9975	0.006622	20.93
$V_{40} : v_{35}$	$v_{35} = -0.001348 + 0.84762262V_{40}$	0.06893	0.05708	0.9959	0.005662	21.61
$V_{35} : v_{30}$	$v_{30} = -0.003407 + 0.81896436V_{35}$	0.05708	0.04334	0.9931	0.004705	23.65
$V_{30} : v_{25}$	$v_{25} = -0.001855 + 0.69774910V_{30}$	0.04334	0.02839	0.9891	0.003359	25.78
$V_{25} : v_{20}$	$v_{20} = -0.001746 + 0.63882694V_{25}$	0.02839	0.01639	0.9627	0.002312	30.73
$V_{20} : v_{15}$	$v_{15} = -0.000840 + 0.43167845V_{20}$	0.01639	0.00624	0.9450	0.001106	38.62
$V_{15} : v_{10}$	$v_{10} = -0.000260 + 0.20567045V_{15}$	0.00624	0.00102	0.9000	0.000270	57.67

VI

$V : v_{45}$	$v_{45} = 0.004187 + 0.65505302V$	0.0332	0.02593	0.9830	0.004862	40.51
$V_{45} : v_{40}$	$v_{40} = 0.001275 + 0.86936546V_{45}$	0.02593	0.02382	0.9979	0.004229	38.36
$V_{40} : v_{35}$	$v_{35} = -0.000507 + 0.92831156V_{40}$	0.02382	0.02161	0.9956	0.003931	39.30
$V_{35} : v_{30}$	$v_{30} = 0.000121 + 0.85607998V_{35}$	0.02161	0.01862	0.9852	0.003379	39.21
$V_{30} : v_{25}$	$v_{25} = -0.000575 + 0.81215835V_{30}$	0.01862	0.01455	0.9722	0.002766	41.07
$V_{25} : v_{20}$	$v_{20} = -0.000162 + 0.68176634V_{25}$	0.01455	0.00976	0.9149	0.001938	42.90
$V_{20} : v_{15}$	$v_{15} = -0.003012 + 0.79587645V_{20}$	0.00976	0.00476	0.9369	0.001577	71.57
$V_{15} : v_{10}$	$v_{10} = -0.000670 + 0.33095568V_{15}$	0.00476	0.00091	0.8887	0.000546	106.79

Table 11. (つづき) (Continued)

VII

$X : Y$	$y = a + bx$ Regression equation	$\bar{V}$	$\hat{v}_i$ Estimated past volume	r Correla- tion coefficient	$[\text{var}(\hat{v}_i)]^{\frac{1}{2}}$	誤差率 Error percentage
$V : v_{45}$	$v_{45} = -0.003216 + 0.83037318V$	0.2406	0.19657	0.9988	0.013610	14.96
$V_{45} : v_{40}$	$v_{40} = 0.008719 + 0.81547502V_{45}$	0.19657	0.16902	0.9965	0.011251	14.38
$V_{40} : v_{35}$	$v_{35} = 0.004466 + 0.74414918V_{40}$	0.16902	0.13024	0.9930	0.008597	14.26
$V_{35} : v_{30}$	$v_{30} = 0.000905 + 0.69879468V_{35}$	0.13024	0.09192	0.9907	0.006213	14.60
$V_{30} : v_{25}$	$v_{25} = -0.000855 + 0.57319374V_{30}$	0.09192	0.05183	0.9864	0.003731	15.55
$V_{25} : v_{20}$	$v_{20} = -0.002345 + 0.61523629V_{25}$	0.05183	0.02954	0.9750	0.002484	18.17
$V_{20} : v_{15}$	$v_{15} = -0.001268 + 0.43232494V_{20}$	0.02954	0.01150	0.9802	0.001137	21.36
$V_{15} : v_{10}$	$v_{10} = 0.000280 + 0.18761213V_{15}$	0.01150	0.00244	0.9518	0.000240	21.43

VIII

$V : v_{45}$	$v_{45} = -0.001447 + 0.80553563V$	0.2212	0.17674	0.9956	0.004864	6.00
$V_{45} : v_{40}$	$v_{40} = 0.007983 + 0.73112415V_{45}$	0.17674	0.13720	0.9715	0.005006	7.95
$V_{40} : v_{35}$	$v_{35} = -0.001552 + 0.68990353V_{40}$	0.13720	0.09310	0.9761	0.004140	9.69
$V_{35} : v_{30}$	$v_{30} = -0.003313 + 0.71265458V_{35}$	0.09310	0.06304	0.9795	0.003328	11.50
$V_{30} : v_{25}$	$v_{25} = -0.006486 + 0.62440528V_{30}$	0.06304	0.03288	0.9963	0.002121	14.05
$V_{25} : v_{20}$	$v_{20} = -0.004332 + 0.68898866V_{25}$	0.03288	0.01832	0.9711	0.001684	20.03
$V_{20} : v_{15}$	$v_{15} = -0.001910 + 0.46795600V_{20}$	0.01832	0.00666	0.9620	0.000915	29.93
$V_{15} : v_{10}$	$v_{10} = -0.000185 + 0.19374054V_{15}$	0.00666	0.00111	0.9262	0.000222	43.58

IX

$V : v_{45}$	$v_{45} = 0.005166 + 0.78647901V$	0.3406	0.27304	0.9966	0.006506	5.31
$V_{45} : v_{40}$	$v_{40} = 0.017653 + 0.80284790V_{45}$	0.27304	0.23686	0.9961	0.005841	5.49
$V_{40} : v_{35}$	$v_{35} = 0.010104 + 0.78036288V_{40}$	0.23686	0.19494	0.9863	0.005951	6.80
$V_{35} : v_{30}$	$v_{30} = 0.003708 + 0.76255973V_{35}$	0.19494	0.15236	0.9899	0.005197	7.60
$V_{30} : v_{25}$	$v_{25} = -0.002003 + 0.67669540V_{30}$	0.15236	0.10110	0.9922	0.003831	8.44
$V_{25} : v_{20}$	$v_{20} = -0.005417 + 0.70099613V_{25}$	0.10110	0.06545	0.9817	0.003155	10.74
$V_{20} : v_{15}$	$v_{15} = -0.000679 + 0.42130397V_{20}$	0.06545	0.02690	0.9657	0.001655	13.71
$V_{15} : v_{10}$	$v_{10} = -0.000119 + 0.21170037V_{15}$	0.02690	0.00558	0.9172	0.000495	19.77

Table 12. 伐根直径から材積を推定する推定式と推定値およびその誤差率

Regression equations which are used to estimate the tree volume from the stump diameter, estimated volumes and error percentage.

標準地 Plot	齡 階 Age class	伐根本数 Stem numbers of stumps	$y=a+bx$ Regression equation	$\hat{V}$ Estimated volume	P Error percentage
II	40	2	$y = -0.247850 + 1.778806x$	0.02647	0.2 %
	35	5	$y = -0.394344 + 1.825341x$	0.02724	0.2
	30	8	$y = -0.577560 + 1.876981x$	0.02098	0.2
	25	12	$y = -0.944581 + 2.026163x$	0.01023	0.3
	20	13	$y = -2.220467 + 2.639038x$	0.00604	0.4
	15	13	$y = -2.752604 + 2.920456x$	0.00299	0.6
	10	13	$y = -1.987121 + 2.486696x$	0.00081	0.7
	5	13	$y = -2.296391 + 2.655535x$	0.00007	0.2
III	45	1	$y = -1.473550 + 2.386920x$	0.27488	0.2
	40	2	$y = -1.441586 + 2.369198x$	0.09307	0.2
	35	8	$y = -1.305805 + 2.297462x$	0.04969	0.2
	30	20	$y = -1.780174 + 2.491058x$	0.03544	0.2
	25	25	$y = -2.496504 + 2.810904x$	0.02626	0.2
	20	25	$y = -2.429818 + 2.762813x$	0.01661	0.2
	15	26	$y = -3.011462 + 3.035956x$	0.00562	0.3
	10	26	$y = -2.102853 + 2.466322x$	0.00068	0.4
IV	5	26	$y = -1.816763 + 2.176099x$	0.00006	1.5
	45	5	$y = 0.399229 + 1.558033x$	0.09391	0.1
	40	20	$y = 0.307081 + 1.590932x$	0.06352	0.1
	35	27	$y = 0.267020 + 1.586256x$	0.05163	0.1
	30	31	$y = 0.373684 + 1.510655x$	0.03948	0.2
	25	32	$y = 0.167119 + 1.563323x$	0.02738	0.2
	20	34	$y = -0.162423 + 1.680984x$	0.01748	0.4
	15	34	$y = -0.710342 + 1.894005x$	0.00801	0.1
VI	10	34	$y = -1.936623 + 2.501564x$	0.00174	0.1
	5	34	$y = -1.983455 + 2.424497x$	0.00015	0.1
	30	1	$y = -0.633366 + 1.898824x$	0.02064	0.1
	25	2	$y = -0.731147 + 1.923451x$	0.01941	0.1
	20	2	$y = -1.480545 + 2.271647x$	0.01493	0.2
	15	5	$y = -1.762536 + 2.374401x$	0.00443	0.4
	10	5	$y = -2.632749 + 2.796181x$	0.00104	0.9
	5	5	$y = -1.680146 + 1.992485x$	0.00004	1.1
VII	45	2	$y = 0.259009 + 1.696657x$	0.16689	0.2
	40	5	$y = 0.218647 + 1.702186x$	0.12148	0.2
	35	8	$y = -0.152639 + 1.843918x$	0.09004	0.1
	30	15	$y = -0.614740 + 2.019288x$	0.07229	0.1
	25	18	$y = -1.240918 + 2.275192x$	0.03964	0.1
	20	18	$y = -1.600177 + 2.412067x$	0.02168	0.1
	15	20	$y = -2.156136 + 2.635170x$	0.00850	0.1

Table 12 (つづき) (Continued)

標準地 Plot	年齢階級 Age class	伐根本数 Stem numbers of stumps	$y=a+bx$ Regression equation	$\hat{V}$ Estimated volume	P Error percentage
VII	10	21	$y = -1.414555 + 2.200237x$	0.00226	0.1
	5	21	$y = -1.820201 + 2.242673x$	0.00014	0.3
VIII	45	17	$y = -0.594527 + 2.022221x$	0.14730	0.2
	40	18	$y = -0.952083 + 2.160242x$	0.11827	0.2
	35	18	$y = -1.053477 + 2.193729x$	0.09708	0.2
	30	26	$y = -1.298419 + 2.270452x$	0.05762	0.1
	25	31	$y = -1.989393 + 2.576265x$	0.04333	0.1
	20	39	$y = -2.024890 + 2.572679x$	0.01815	0.1
	15	41	$y = -2.104562 + 2.576220x$	0.00717	0.1
	10	41	$y = -1.901972 + 2.424534x$	0.00174	0.2
	5	41	$y = -1.640639 + 1.995913x$	0.00007	0.6
IX	45	3	$y = 0.335964 + 1.694987x$	0.60930	0.1
	40	3	$y = 0.320833 + 1.688472x$	0.52054	0.1
	35	3	$y = 0.257558 + 1.696448x$	0.39052	0.1
	30	4	$y = 0.033666 + 1.769195x$	0.22885	0.1
	25	8	$y = -0.404714 + 1.926520x$	0.09418	0.1
	20	17	$y = -0.990406 + 2.152361x$	0.05299	0.1
	15	17	$y = -1.168382 + 2.199246x$	0.02838	0.2
	10	17	$y = -0.959503 + 2.001286x$	0.00717	0.4
	5	17	$y = -1.236958 + 1.822988x$	0.00035	0.2

これらの枯損立木はその枯損の状態も多様で、樹皮のほとんどついていないもの、樹幹の中途から挫折したもの、また樹幹の表面が腐植していて心材部だけで立っているもの、あるいは針葉をつけていないだけで枯死直後というようなものもあり、それがいつ枯死したかは全く不明の状態であった。したがって、胸高の大きさを輪尺で測定して、それを胸高直径とするにはかなり疑問があり、また樹高の測定値をうることも無理であった。このような枯損木を一樣に取り扱うには、伐倒して伐根の年輪幅の測定値を用いる方が、伐根が比較的健全であったので有効であろうと判断した。したがって、枯損立木の過去の材積の推定は前記3)の段階で求めた伐根直径と、材積の回帰式に枯損木の測定値を代入して、各時点ごとの材積の推定値とした。その推定値と誤差率を Table 13 に示す。

このように枯損立木の材積の推定は、伐根からの推定と同一の方法をとってしながら枯損立木として区別してとりあげたのは、この調査が総合調査であるため保護部門との関連を考慮したためで、実際に樹型をもった枯損立木の林分解析での取扱い方を検討したり、それが何年前に枯損したかを分析するためである。

5) 過去の胸高直径と樹高の推定

材積に対して分析した方法を、そのまま胸高直径と樹高に対しても実行できる。本報告では前記7個の標準地のうちIV, VI, VIIの3標準地に対して分析した結果を報告する。

a) 立木の過去の胸高直径の推定

Table 13. 枯損立木に対応する推定皮内材積
Estimated tree volumes inside bark from dead standing trees.

標準地 Plot	年齢階級 Age class	本数 Stem numbers	材積 Volume	標準地 Plot	年齢階級 Age class	本数 Stem numbers	材積 Volume
II	40	1	0.05244	III	40	7	0.07071
	35	4	0.01693		35	10	0.06213
	30	9	0.00904		30	14	0.04676
	25	15	0.00517		25	17	0.03346
	20	15	0.00253		20	17	0.02127
	15	15	0.00121		15	17	0.00883
	10	15	0.00038		10	17	0.00275
	5	15	0.00004		5	17	0.00012
IV	45	2	0.09434	VI			
	40	8	0.08677				
	35	10	0.07314		35	5	0.02946
	30	12	0.05595		30	20	0.02421
	25	14	0.03401		25	30	0.01936
	20	15	0.02216		20	42	0.01283
	15	16	0.00902		15	55	0.00727
	10	16	0.00172		10	55	0.00178
	5	16	0.00013		5	55	0.00007
VII	40	1	0.06908	VIII	45	7	0.13039
	35	1	0.05722		40	9	0.10983
	30	1	0.04232		35	9	0.08586
	25	1	0.02858		30	9	0.05947
	20	1	0.01928		25	9	0.04127
	15	1	0.01168		20	9	0.02109
	10	1	0.00263		15	9	0.00892
	5	1	0.00023		10	9	0.00161
					5	9	0.00008
IX	35	2	0.08796				
	30	2	0.07160				
	25	2	0.04591				
	20	2	0.02829				
	15	2	0.01454				
	10	2	0.00343				
	5	2	0.00014				

まず樹幹解析の資料により、現在皮付胸高直径 (D_i) と1時期前の皮内胸高直径 (D_{i-5}) の間で回帰直線 $\hat{D}_{i-5} = a + bD_i$ を決定し、この D_i に毎木調査で得られた標準地内の全林木の胸高直径の平均値 $\bar{D}$ を代入して1時期前の平均皮内胸高直径を推定し、これに直径樹皮係数を乗じて1時期前の皮付胸高直径の推定値にした。ここに直径樹皮係数は樹幹解析木についての $\frac{\sum D_i}{\sum D_{i-5}}$ によって求めたもので、年齢階級を通じて不変であることを仮定した。このような過程を繰り返して逐次過去の平均胸高直径を推定した。これら

の推定分散は用いた回帰式を $D_i = a + bD_{i+5}$ ($i=5, 10, 15, \dots$) とすれば, $\text{var}(D_i) = s_{D_i}^2 (1-r^2) + b^2 \text{var}(\bar{D}_{i+5})$ で与えられる。ここに $s_{D_i}^2$ は D_i の平均値の分散であり, r は D_i と D_{i+5} との相関係数で b の抽出分散を省略した。また推定の誤差率は $P\% = [t \times \sqrt{\text{var}(\bar{D}_i)/\bar{D}_i}] \times 100$ で与えられる。推定値および推定誤差率は Table 14 に示す。

b) 伐根に対応する林木の過去の胸高直径の推定

樹幹解析の資料から伐根直径 d_0 と胸高直径 D の回帰 $D = a + bd_0$ を各時点ごとに決定し, この d_0 に伐根調査でえられた同じ時点の直径の測定値の平均を代入してその時点の平均皮内胸高直径の推定値とし, これに a) で求めてある胸高直径樹皮係数を乗じて平均皮付胸高直径の推定値を得た。この過程を各時点ごとに繰り返して過去の胸高直径が推定できるが, その推定の誤差率は前記 a) の場合と同様にして求められる。推定値と推定の誤差率を Table 15 に示す。

つぎに, 枯損の立木に対する推定も, 前記の理由により, 全く同様の方法で推定したこれらの値を上表に併記しておく。

c) 立木の過去の樹高の推定

樹高の推定には, 胸高直径や伐根直径を独立変数とする樹高曲線を利用するのが普通であるが, われわれは現在の樹高は過去の樹高量をもとに成長したものであるという仮説を立てて, 立木については樹幹解析の資料により現在の樹高 (H_{i+5}) と, それより1時点前の樹高 (H_i) の回帰直線 $H_i = a + bH_{i+5}$ を各年齢ごとに決定して, この H_{i+5} に, 標準地調査の樹高の平均値を代入して1時期前の樹高の推定値とし, これを繰り返してゆく過程をとった。この場合の推定の誤差率は, a) の場合と全く同様にして求められる。推定値とその誤差率を Table 16 に示す。

d) 伐根に対応する林木の過去の樹高の推定

この場合は前記, c) の方法がとれない。したがって, 樹幹解析の資料により伐根直径 (D_{0i}) と樹高 (H_i) の関係を図上で検討して, $H_i = a' D_{0i}^b$ なる樹高曲線式を採用した。対数を取り $\log H_i = \log a' + b \log D_{0i}$ と変換し, $\log H_i = Y_i$, $\log a' = a$, $\log D_{0i} = X_i$ として $Y_i = a + bX_i$ なる回帰式を決定し, この X_i に伐根調査でえられた伐根直径の測定値の対数をとったものの平均値を代入して, 各年代ごとの樹高の推定値とし

過去胸高直径の推定値と誤差率
from stump and dead standing trees.

			Ⅶ						齡階
枯 損 木 Dead standing tree			伐 根 Stump			枯 損 木 Dead standing tree			Age class
D.B.H.	<i>n</i> Sample size	<i>P</i> Error percentage	D.B.H.	<i>n</i> Sample size	<i>P</i> Error percentage	D.B.H.	<i>n</i> Sample size	<i>P</i> Error percentage	
		%			%			%	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	47
—	—	—	17.5	2	2.6	—	—	—	45
—	—	—	15.7	5	2.8	12.4	1	3.5	40
10.3	5	1.4	14.2	8	2.4	11.6	1	2.9	35
9.5	20	1.5	13.7	15	1.7	10.7	1	2.2	30
8.6	30	1.8	11.4	18	1.6	9.2	1	1.9	25
7.5	42	2.2	9.8	18	1.7	8.3	1	2.1	20
5.8	55	4.7	6.7	20	2.1	7.1	1	1.9	15
2.6	55	12.6	3.5	21	2.6	4.2	1	2.2	10
0.2	55	23.1	—	—	—	—	—	—	5

Table 16. 立木の過去の樹高の推定式と推定値および誤差率
Regression equations which are used to estimate successive past mean height
of standing trees, estimated mean height and error percentage.

標準地 Plot	$Y : X$	n Sample size	b Regression coefficient	a Regression constant	推定樹高 Estimated mean height $\hat{h}_i$	$\text{var}(\hat{h}_i)$ Variance of $\hat{h}_i$	P Error percentage
IV	$h_{45}:H$	14	1.028210	-0.562	11.5	0.01511210	2.3
	$h_{40}:H_{45}$	14	1.038117	-0.961	11.0	0.01998152	2.8
	$h_{35}:H_{40}$	14	0.937543	0.060	10.4	0.02001213	3.0
	$h_{30}:H_{35}$	14	0.904775	0.014	9.4	0.02025734	3.3
	$h_{25}:H_{30}$	14	0.919042	-0.542	8.1	0.02415770	4.2
	$h_{20}:H_{25}$	14	1.111484	-2.385	6.6	0.04475898	7.0
	$h_{15}:H_{20}$	14	1.113477	-2.544	4.8	0.07232001	12.2
	$h_{10}:H_{15}$	14	0.785449	-0.997	2.8	0.05464662	18.2
VI	$h_{45}:H$	15	0.977712	-0.001	6.8	0.01671011	4.1
	$h_{40}:H_{45}$	15	0.950305	0.162	6.6	0.01568348	4.1
	$h_{35}:H_{40}$	15	0.980296	-0.140	6.4	0.01576561	4.2
	$h_{30}:H_{35}$	15	0.949893	0.006	6.1	0.01617960	4.5
	$h_{25}:H_{30}$	15	1.054095	-0.870	5.5	0.02234520	5.9
	$h_{20}:H_{25}$	15	1.138501	-1.771	4.5	0.04597081	10.3
	$h_{15}:H_{20}$	15	1.064994	-1.472	3.3	0.06416444	16.6
	$h_{10}:H_{15}$	15	0.776274	-2.284	0.3	0.05289578	165.6
VII	$h_{45}:H$	15	0.990659	-0.165	16.6	0.02669581	2.1
	$h_{40}:H_{45}$	15	0.935261	0.157	15.7	0.02468868	2.2
	$h_{35}:H_{40}$	15	0.757581	2.382	14.3	0.02564244	2.4
	$h_{30}:H_{35}$	15	1.027554	-1.999	12.7	0.03854785	3.3
	$h_{25}:H_{30}$	15	0.905225	-0.900	10.6	0.04450925	4.3
	$h_{20}:H_{25}$	15	0.971304	-1.798	8.5	0.06226995	6.3
	$h_{15}:H_{20}$	15	0.855970	-1.003	6.3	0.05865571	8.3
	$h_{10}:H_{15}$	15	0.897716	-1.784	3.8	0.06312546	14.3

Table 17. 伐根の測定値から求められた樹高の推定値とその誤差率
Estimated past mean height from the stump diameter and error percentage.

標準地 Plot	$Y : X$	伐根から推定した樹高 Estimated past mean height from stump diameter	枯損木から推定した樹高 Estimated past mean height from stump of dead standing trees	誤差率 Error percentage	標準地 Plot	$Y : X$	伐根から推定した樹高 Estimated past mean height from stump diameter	枯損木から推定した樹高 Estimated past mean height from stump of dead standing trees	誤差率 Error percentage	標準地 Plot	$Y : X$	伐根から推定した樹高 Estimated past mean height from stump diameter	枯損木から推定した樹高 Estimated past mean height from stump of dead standing trees	誤差率 Error percentage
IV	$h_{45}:D_{045}$	12.2	12.2	0.01%	VI	$h_{45}:D_{045}$			%	VII	$h_{45}:D_{045}$	15.9		%
	$h_{40}:D_{040}$	11.1	11.8	0.01		$h_{40}:D_{040}$					$h_{40}:D_{040}$	14.7		
	$h_{35}:D_{035}$	10.4	11.1	0.01		$h_{35}:D_{035}$		7.3	0.02		$h_{35}:D_{035}$	13.4	12.8	0.01
	$h_{30}:D_{030}$	9.5	10.1	0.02		$h_{30}:D_{030}$	6.6	6.8	0.02		$h_{30}:D_{030}$	12.0	11.2	0.01
	$h_{25}:D_{025}$	8.3	8.6	0.02		$h_{25}:D_{025}$	6.3	6.3	0.03		$h_{25}:D_{025}$	9.8	9.3	0.01
	$h_{20}:D_{020}$	7.0	7.3	0.05		$h_{20}:D_{020}$	5.8	5.3	0.10		$h_{20}:D_{020}$	7.7	7.4	0.02
	$h_{15}:D_{015}$	5.4	5.5	0.19		$h_{15}:D_{015}$	3.6	4.3	0.15		$h_{15}:D_{015}$	5.7	6.1	0.03
	$h_{10}:D_{010}$	3.7	3.7	0.37		$h_{10}:D_{010}$	2.4	2.8	0.25		$h_{10}:D_{010}$	3.6	4.4	0.07

た。この場合推定の誤差率は伐根直径から材積を推定する場合の誤差率と全く同様に求められる。推定された過去の樹高と誤差率を Table 17 に示す。また枯損の立木に対しても同様な方法で求めた。これらも下表に併記されている。

6) 標準地ごとの過去の林分構造の推定

以上の分析の結果を総合して、つぎに示す標準地ごとの林分構造が推定された。

a) ha あたり立木本数の推定

現在の立木本数と、齢階ごとの伐根調査本数および枯損木の本数を加えたものが、標準地における齢階ごとの立木本数で、これを標準地の面積で割ったものが ha あたりの推定立木本数である。推定の結果を Table 18 に示す。しかし、これらの数値はとくに幼齢時の本数については、その信頼性は少ないことを注意しなければならない。

Table 18. 齢階ごとの推定 ha あたり本数
Estimated stem numbers per hectare by age classes.

標準地 Plot	齢階 Age class	ha あたり 推定本数 Estimated stem numbers per ha	標準地 Plot	齢階 Age class	ha あたり 推定本数 Estimated stem numbers per ha	標準地 Plot	齢階 Age class	ha あたり 推定本数 Estimated stem numbers per ha	標準地 Plot	齢階 Age class	ha あたり 推定本数 Estimated stem numbers per ha
II	45	1440	III	47	1324	IV	47	1446	VI	48	1224
	40	1516		45	1347		45	1864		45	1224
	35	1668		40	1529		40	2539		40	1224
	30	1870		35	1735		35	2764		35	1335
	25	2123		30	2100		30	3022		30	1691
	20	2151		25	2283		25	3118		25	1935
	15	2151		20	2283		20	3214		20	2202
	10	2151		15	2305		15	3247		15	2558
VII	47	946	VIII	10	2305	IX	10	3247		10	2558
	45	979		47	563		48	865			
	40	1045		45	884		45	914			
	35	1095		40	924		40	914			
	30	1211		35	924		35	946			
	25	1261		30	1031		30	963			
	20	1261		25	1098		25	1028			
	15	1294		20	1206		20	1175			
	10	1311		15	1232		15	1175			
				10	1232		10	1175			

b) 過去の林分材積の推定

前節で推定した Table 11 の齢階ごとの平均皮内材積に、標準地内の立木本数を乗じ、Table 12 と Table 13 の平均皮内材積にその伐根の数および枯損木の数を乗じたものを加えて、標準地の齢階ごとの皮内材積が推定される。これに幹材積樹皮係数を乗じて、皮付材積に変換した。幹材積樹皮係数は齢階が進むにつれて小さくなるのが普通であるが、われわれは現在事象の値を測定できるにすぎないので、これを全齢階通じて同じ値を適用したことを注意しておく。

Table 19 齡階ごとの推定
Estimated volume per hectare

標準地 Plot	II			III			IV		
	haあたり 推定材積 Estimated volume per ha	連 年 成 長 量 Current annual growth	平 均 成長量 Mean growth	haあたり 推定材積 Estimated volume per ha	連 年 成 長 量 Current annual growth	平 均 成長量 Mean growth	haあたり 推定材積 Estimated volume per ha	連 年 成 長 量 Current annual growth	平 均 成長量 Mean growth
47	—	—	—	131.089	0.627	2.789	141.980	—14.849	3.021
45	103.361	4.359	2.297	129.836	0.093	2.885	171.678	—7.366	3.815
40	81.564	3.143	2.039	129.373	1.919	3.234	208.509	3.391	5.213
35	65.849	3.146	1.881	119.777	2.609	3.422	191.554	7.110	5.473
30	50.118	2.945	1.671	106.730	5.914	3.558	156.050	10.057	5.202
25	35.391	3.157	1.416	77.027	6.716	3.081	105.763	7.739	4.231
20	19.607	2.063	0.980	43.446	5.706	2.172	67.070	7.803	3.354
15	9.343	1.255	0.623	14.916	0.994	0.994	28.055	4.545	1.870
10	3.068		0.307	2.567	2.470	0.257	5.329		0.533
	IX								
48	(319.599)	2.473	6.658						
45	312.179	8.365	6.937						
40	270.356	9.332	6.759						
35	223.694	9.750	6.391						
30	174.942	11.225	5.831						
25	118.817	8.814	4.753						
20	74.748	7.529	3.737						
15	37.102	5.794	2.473						
10	8.132		0.813						

Table 20. 過去の胸高直径と樹高の推定値
Estimated past mean d.b.h. and mean height.

標準地 Plot	IV		VI		VII	
	胸 高 直 径 Mean d.b.h.	樹 高 Mean height	胸 高 直 径 Mean d.b.h.	樹 高 Mean height	胸 高 直 径 Mean d.b.h.	樹 高 Mean height
(48)	cm	m	cm	m	cm	m
47	14.1	11.8	(10.7)	(7.0)	19.6	17.0
45	14.0	11.7	10.2	6.8	19.2	16.6
40	13.4	11.2	9.8	6.6	18.2	15.6
35	12.6	10.5	9.5	6.5	16.6	14.2
30	11.6	9.6	9.1	6.3	15.0	12.5
25	10.1	8.3	8.3	5.8	12.3	10.4
20	8.4	6.9	7.2	4.9	10.2	8.3
15	6.0	5.2	5.4	3.8	7.1	6.1
10	2.7	3.3	2.1	1.6	3.5	3.8

このようにして求められた逐次の材積を標準地の面積で除したものが ha あたりの材積となる。成長量は
 どうして推定された齡階ごと材積の、つぎつぎの差として求められる。これらの結果を Table 19 に示す。

c) 過去の胸高直径と樹高の推定

全林の平均過去直径は 5-5 a) と b) で求めた Table 14 と Table 15 の推定値に、それぞれ標準地
 内の立木本数と伐根（枯損立木）の数を荷重して、平均したもので推定した。樹高についても同様であ
 る。その結果を Table 20 に示す。

ha あたり材積と成長量
and growth by age classes

VI			VII			VIII			標準地 Plot
haあたり 推定材積 Estimated volume per ha	連 年 成 長 量 Current annual growth	平 均 成長量 Mean growth	haあたり 推定材積 Estimated volume per ha	連 年 成 長 量 Current annual growth	平 均 成長量 Mean growth	haあたり 推定材積 Estimated volume per ha	連 年 成 長 量 Current annual growth	平 均 成長量 Mean growth	年齢 Age
(39.689)		(0.827)	253.419		5.392	121.326		2.581	(48)
36.622	1.534	0.814	222.908	15.256	4.954	171.922	-25.298	3.820	47
33.636	0.597	0.841	199.194	4.743	4.980	140.834	6.218	3.521	45
34.298	0.132	0.980	158.439	8.151	4.527	101.988	7.769	2.914	40
39.256	-0.992	1.309	122.988	7.090	4.100	74.244	5.549	2.475	35
36.451	0.561	1.458	71.413	10.315	2.857	49.097	5.629	1.964	30
28.382	1.614	1.419	40.441	6.194	2.022	26.441	4.531	1.322	25
17.552	2.166	1.170	16.177	4.853	2.078	10.375	3.213	0.692	20
3.927	2.725	0.393	3.673	2.501	0.367	2.099	1.655	0.210	15
									10

7. 対象造林地の林分構造の推移と収穫表との比較

以上によって、各標準地ごとに過去の林分構造が推定された。しかし、これらの標準地は前述のように有意的に選ばれたもので、調査対象地の部分的な代表である。したがって、この調査地の総平均的な生育過程を求めるにはこれら各標準地の値を平均することも考えられるが、本調査に参加した土壌調査部門が対象森林に設けられたプロットレスサンプリングのポイントの土壌調査をして全林をつぎの4つの型に分類した。造林部門等と協議した結果、これらの土壌型を代表する標準地およびその面積割合が下のよう

土 壌 型	代 表 標 準 地	面 積 割 合
湿 性 黒 色 土	VI	0.15
適 潤 性 黒 色 土	IV	0.60
適 潤 性 褐 色 土	VII	0.10
湿 地 帯		0.15
		1.00

この面積割合を考慮した総平均的な年齢ごとの ha あたり本数, ha あたり材積, 成長量, 平均胸高直

Table 21. 全林分の平均的な本数, 材積, 成長量, 胸高直径, 樹高
Estimated stem numbers per hectare, volume per hectare, growth, mean
d. b. h. and mean height of the whole forest area.

年齢 Age class	本 数 Stem numbers per ha	材 積 Volume per ha	連年成長量 Current annual growth	平均成長量 Mean growth	胸 高 直 径 Mean d.b.h	樹 高 Mean height
	ha あたり	ha あたり				
		m ³	m ³	m ³	cm	m
47	1146	116.483	-2.86	2.48	14.0	11.5
45	1400	130.791	-2.86	2.91	13.9	11.4
40	1812	150.070	2.83	3.75	13.3	11.0
35	1968	135.921	4.82	3.88	12.5	10.3
30	2188	111.817	7.15	3.73	11.5	9.4
25	2287	76.067	5.50	3.04	10.0	8.1
20	2385	48.543	5.49	2.43	8.3	6.7
15	2461	21.084	3.39	1.41	6.0	5.0
10	2463	4.154		0.42	2.6	3.1

Table 22. 林分解析法とプロットレスサンプリング法による推定値の対比
Comparison of the estimated values by stand analysis and point sampling.

推定方法 Estimated method	項目 Items	平均胸高直径 Mean d. b. h. cm	平均樹高 Mean height m	本数 Stem numbers per ha haあたり	材積 Volume per ha haあたり
プロットレスサンプリング Point sampling		12.3	10.0	1,245	89±14
林分解析法 Stand analysis method		14.0	11.5	1,146	116.5
収穫表地位Ⅳ (25) Yeild table site index (30) Ⅳ		12.6 14.2	9.9 11.1	1,306 1,119	78.4 98.1

径、平均樹高を求めたものが Table 21 である。

このようにして求められた全対象林分の現在の構造の推定値は、先の3でプロットレスサンプリングによって簡易に求められた結果と対比できる。収穫表の値も併記してその対比表を Table 22 に示す。

これによれば、プロットレスサンプリング法で推定した現在林分は収穫表の地位Ⅳ等の25年とほぼ同じ値を示し、林分解析法で推定した結果は同じく収穫表での30年とほぼ一致している。ここで両者の推定値の間に約10%の相違が生じ、収穫表上で約5年の相違をもたらしている。この相違の原因はいろいろと考えられるが、まずプロットレスサンプリング法は前にも述べたように、10%精度で推定するのに必要な標本数の約半分にすぎない標本しかとれなかったこと、林分解析法では小さな標準地の結果を大きく拡大したこと、またこの拡大が簡単な土壌調査による面積割合の推定に基づいていること等である。この場合プロットレスサンプリング法は、標準地が野辺山のカラマツ林分でどのような位置づけを示すかをチェックするために使われたということで、理想的にはプロットレスサンプリングを最初に行なって、その中から集約な解析を行なう理想的な標準地を選ぶべきであろう。

つぎにこの林分の過去の生育過程を図上で考察しよう。Fig. 2~4 はⅣ、Ⅵ、Ⅶ標準地の個々の結果と、全林分の総平均値および収穫表地位Ⅳ等の値を図示したものである。これによれば、Fig. 2の本数では面積割合の最も大きいⅣ標準地の曲線が、収穫表の曲線より約10年おくれた形で変化していることがうかがわれるが、全林の総平均的な変化は、収穫表の本数曲線とはかなりかけ離れたものである。

Fig. 3 の材積曲線では全林の総平均値と収穫表の値とは大体似たような生育過程を示しているが、40年以後には下降状態をとるのはⅣ標準地での枯損がそのころから急に増すためである。しかし、面積割合の最も大きいこのⅣ標準地が収穫表の値よりもよい生育を示すことや、Ⅶ標準地が30年以後は急に良好な成長を続けていることは注目してよい。

Fig. 4 には平均成長量曲線が示してある。この図における収穫表の曲線は、収穫表の主林木幹材積と主副林木幹材積累計の和を林齢で除したもので、平均成長量Aとして収穫表に掲示されているものである。したがって、厳密な意味の比較はできないが、およその成長過程の比較ができる。これによれば、総平均的な平均成長量は約1.5m³だけ収穫表の数値より少ない状態で成長しているが、ここでもⅣ標準地での枯損が影響して40年以後急に減少しはじめることがわかる。Fig. 3 の場合と同じように、やはり標準地は収穫表よりも良好な生育をしてきたことがわかる。またⅦ標準地は成長曲線が30年以後現在なお上昇していることは注目してよい。

Fig. 5 には連年成長曲線を示してあるが、ここでも Fig. 4 と同じようなことがいえる。

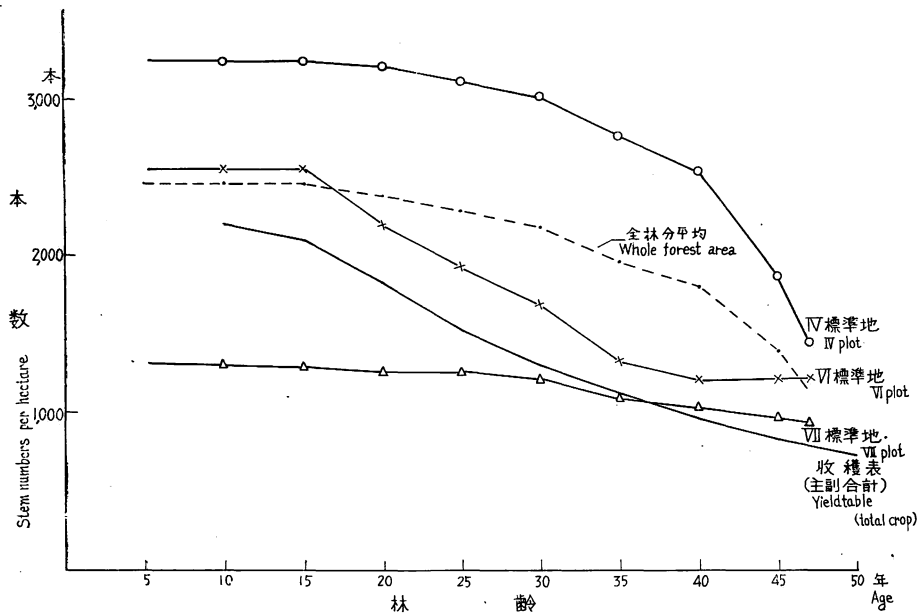


Fig. 2 ha あたり 本数 Stem numbers per hectare.

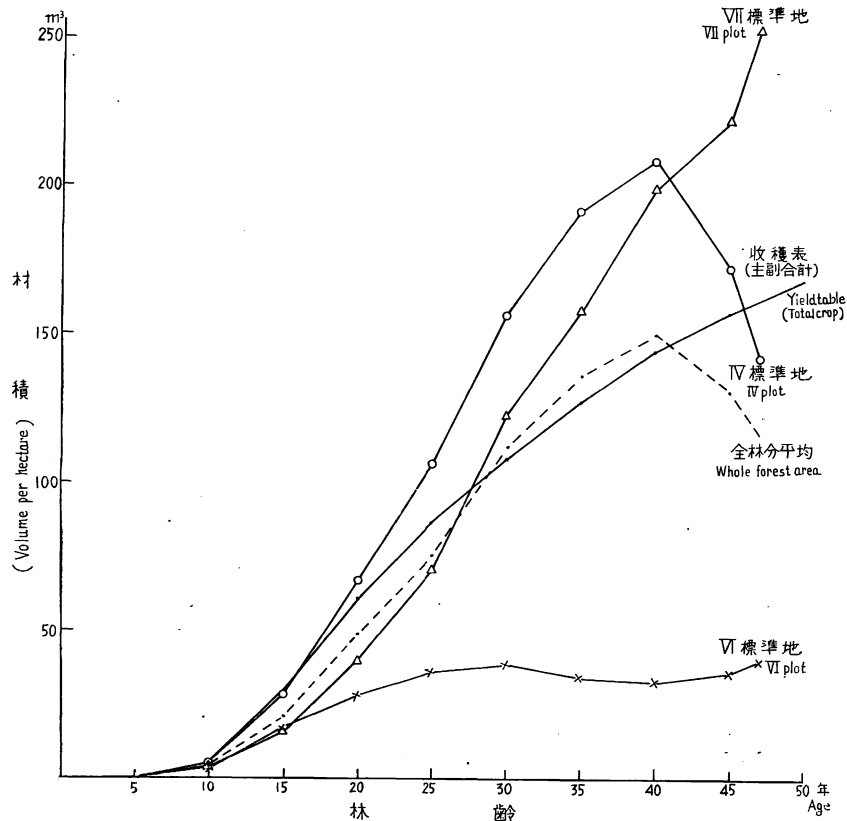


Fig. 3 ha あたり 材積 Volume per hectare.

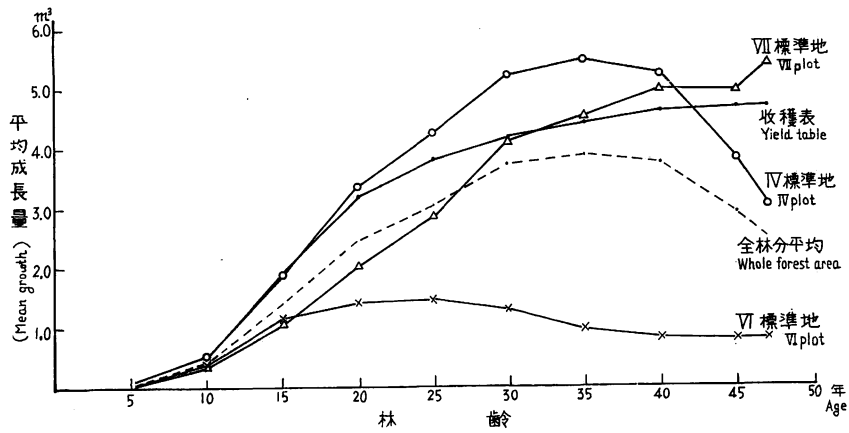


Fig. 4 平均成長量 Mean growth.

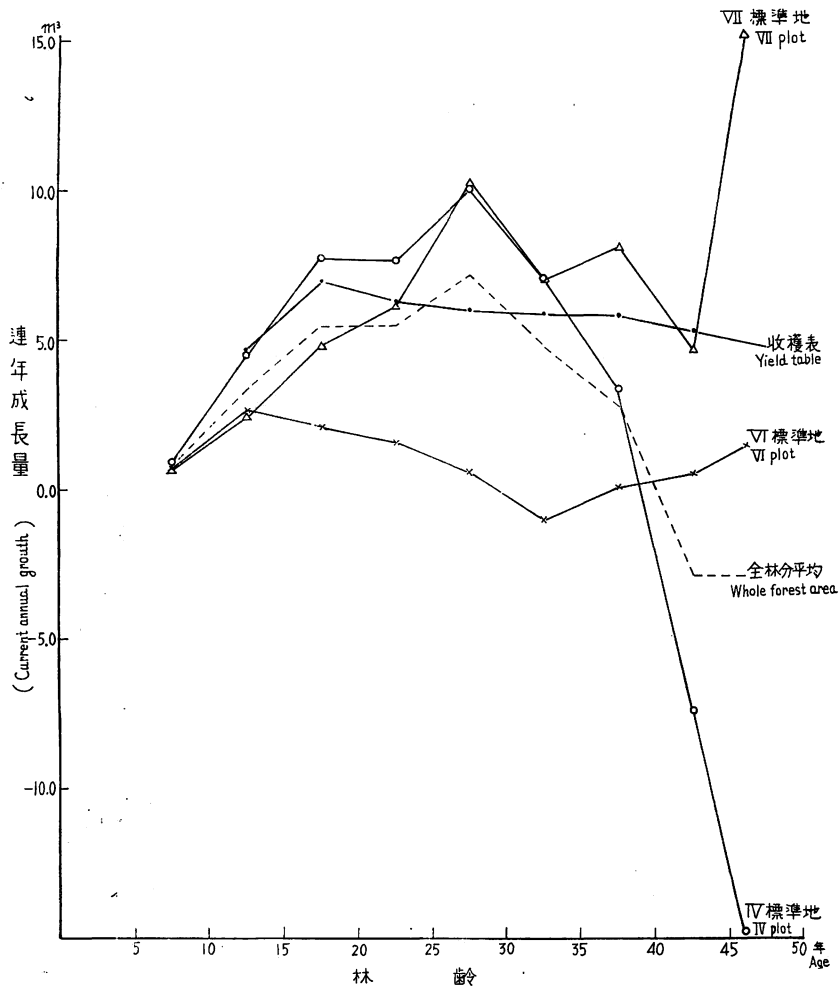


Fig. 5 連年成長量 Current annual growth.

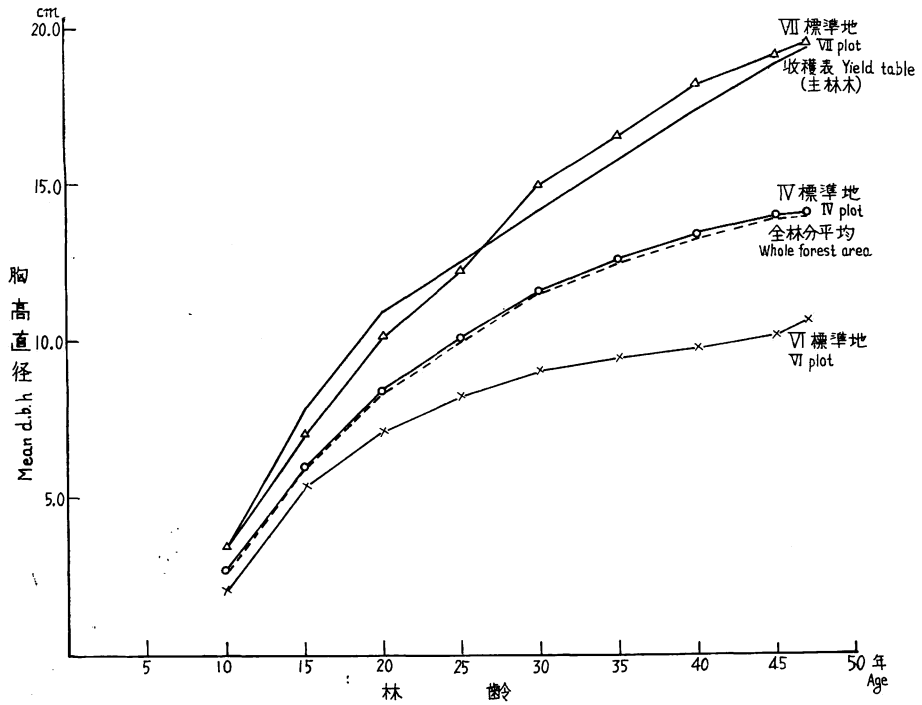


Fig. 6 直径 Mean d. b. h.

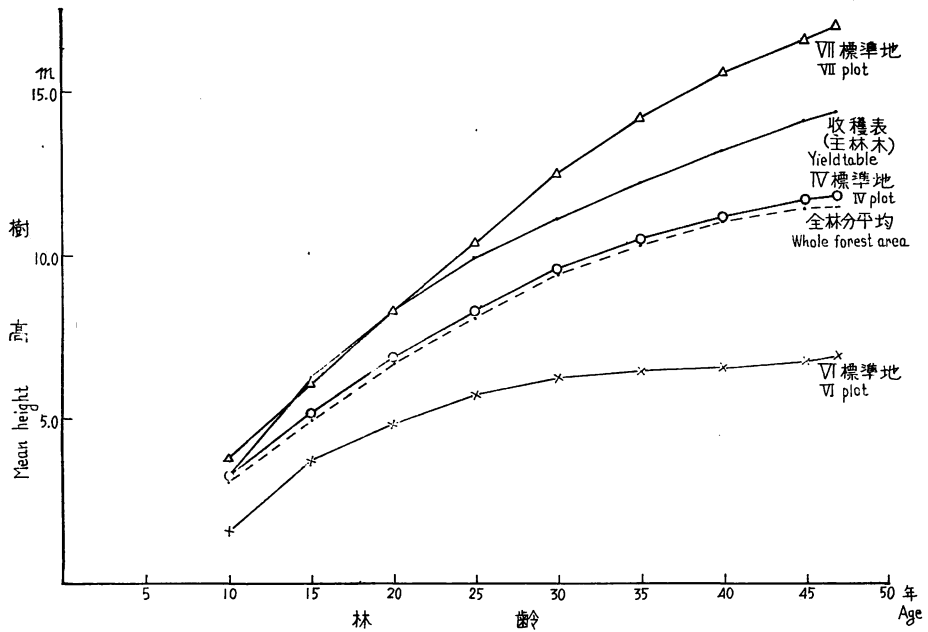


Fig. 7 樹高 Mean height.

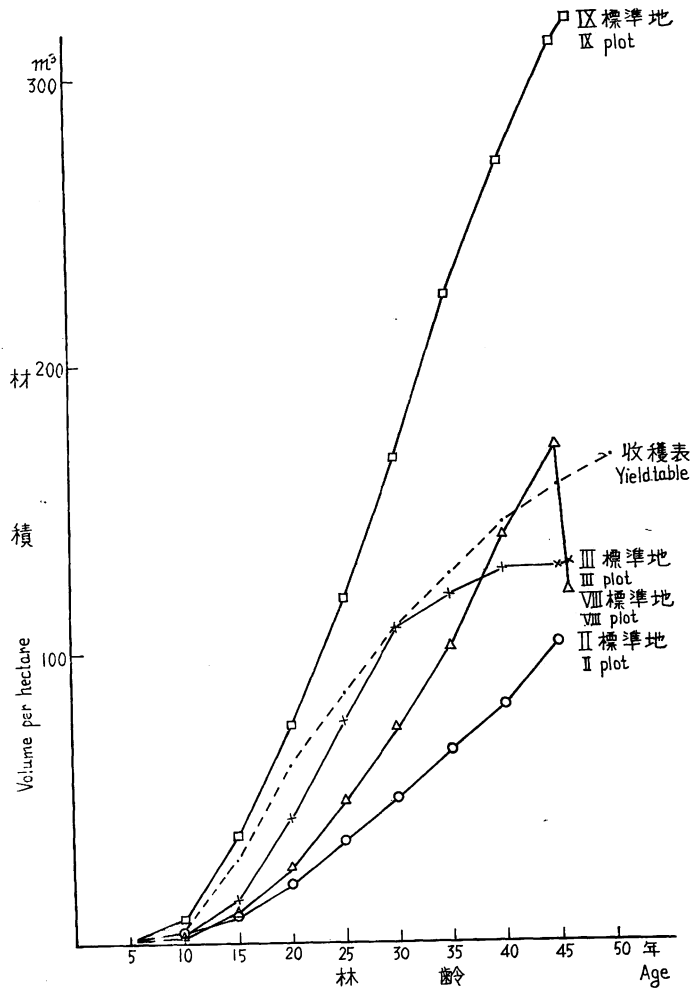


Fig. 8 ha あたり 材積 Volume per hectare.

Fig. 6 に胸高直径の成長曲線を示す。ここで収穫表の曲線は主林木の直径成長曲線であるから、各標準地間との比較は厳密な意味では成立しないことを注意しておく。

図からわかるように、VII標準地の直径成長は収穫表地位IVの直径成長と全く類似の過程をとっているが、他のIV、VI標準地はいずれも収穫表よりもかなりおくれた成長をしていることがうかがわれる。

Fig. 7 に樹高成長曲線を示す。ここでも収穫表の曲線は主林木の樹高成長曲線である。したがって、直径でのように正確な比較にはならないが、対象林分の総平均的な樹高曲線は収穫表よりも約2 m低い状態で成長してきたことがわかる。ここでもVII標準地は収穫表よりも終始高い樹高であったことが注目される。

要するに、この調査対象林分は現時点ですでに収穫表の地位IV等の25~30年ころの構造しかなく、約20~25年生育がおこなわれていることがわかる。しかし、このおくれは植栽当初から始まるのではなく、20年生くらいになって以後徐々に生育がおこなわれてきたことが推察される。しかし、この調査地のVII標準地やIX標準地では収穫表よりもかなり高い数値を示すが、このような林分がこの野辺山国有林で占める面積が非

常に少なく、生育の悪いⅣやⅥ標準地の面積が相対的に大きいために、野辺山国有林は不成績造林地であるという折紙をつけられたものと考えられる。

参考のために、Ⅱ，Ⅲ，Ⅷ，Ⅸ標準地について材積の成長曲線と収穫表の値を Fig. 8 に示しておこう。

要 約

長野営林局臼田営林署管内野辺山国有林の 468.53 ha のカラマツ造林地を対象にして、プロットレスサンプリングおよび 7 個の標準地の林分解析によって、対象造林地の過去の林分構造を推定した。その過程は次のとおりである。

(1) 対象造林地に 80 個のポイントを抽出して、ポイントごとに胸高断面積測定器の断面積乗数 4 で検視された林木の胸高直径および樹高を測定し、コノメーターを用いて樹幹がきられる本数をカウントした。

平均断面積および平均材積とそれらの分散の計算式はそれぞれ(1)，(2)，(3)および(4)式で与えられる。ha あたり断面積および ha あたり材積は 95%信頼度でそれぞれ $16.15 \pm 2.06 \text{ m}^2/\text{ha}$ (13%精度) および $89 \pm 14 \text{ m}^3/\text{ha}$ (16%精度) であった。10%精度で推定するにはそれぞれ 150 ポイントおよび 200 ポイントを必要とすることがわかった。

直径階ごとの ha あたり本数を (5) 式を用いて求めた結果を Table 4 に示してあり、全林分で ha あたり約 1,245 本であった。

林分平均樹高はコノメーターによりカウントされた本数と、ha あたり本数を用いて (6) 式で推定したら約 10.0 m であった。

平均直径は前に推定した直径階ごとの ha あたり本数を、直径の荷重にして平均して求めたら 12.3 cm であった。

これらの結果を嶺一三博士の信州地方カラマツ林分収穫表の数値と比較すると、地位 4 等の 25 年生の構造と類似しており、約 20～25 年ほど生育が遅れた不成績な造林地であることがわかった。

(2) 造林部門で有意的に設定した 7 個の標準地 (Table 6) の現在の構造を平均直径、平均樹高、ha あたり材積について分散系列の一様性の検定、2 群の分散および 2 群間の平均値の差の検定を用いて比較した結果、いずれも、因子についても著しく異なった傾向をもつ標準地であることがわかったので林分解析はそれぞれ別個に実行することにした。

(3) 標準地ごとの過去の構造の推定は第 1 報と同じ方法で次の順序で行なった。①材積表材積の実材積への補正、②生立木のみの過去の林分材積の推定、③伐根調査資料による立木材積の推定、④枯損立木の過去材積の推定、⑤過去の胸高直径および樹高の推定、これらを総合して標準地ごとの過去の林分構造を推定した結果は Table 18 (ha あたり本数)、Table 19 (ha あたり材積) および Table 20 (平均直径および平均樹高) に示してある。

(4) ポイントサンプリングの結果と土壌調査部門の調査結果を総合して土壌型により次頁の表のように対象造林地を層化し、層ごとの代表標準地を決定した。

前段階で推定した代表標準地の過去の林分構造の結果を、面積割合を考慮して総平均的な対象造林地の過去の構造を推定したものが Table 21 に示してある。このようにして推定した現在の構造と、(1)の段階で推定したプロットレスサンプリングによる現在の構造を収穫表の値と比較したものが Table 22 で、前者は収穫表の 30 年の値と後者は収穫表の 25 年の値と類似している。このような相違の主要因は、標準地の

土 壌 型	代 表 標 準 地	面 積 割 合
湿 性 黒 色 土	Ⅵ	0.15
適 潤 性 黒 色 土	Ⅳ	0.60
適 潤 性 褐 色 土	Ⅶ	0.10
湿 地 帯		0.15
		1.00

設定を最初に行なってから、これらの対象造林地での位置づけを少数のポイントで行なったということにあると思われるので、このような林分解析の方法を大面積林分に拡張するには、プロットレスサンプリングによる推定を多くのポイントで行なった後、それらの中から全体的に推論できる集約的な林分解析調査を行なう標準地を選ぶべきであろう。

以上の推定結果を収穫表の値と対比して図示したものが Fig. 2~8 である。

文 献

- 1) 西沢正久・川端幸蔵・神戸喜久：林分解析に関する研究（第1報），林業試験場研究報告，141，pp. 1~29，（1962）。
- 2) 西沢正久・川端幸蔵：ポイントサンプリングの利用法について——カラマツ調査の一例——，日本林学会，73回大会講演集 pp.56~59，（1962）。
- 3) 嶺 一三：収穫表に関する基礎的研究と信州カラマツ林収穫表の調製，林野庁・林業試験場，（1955）。

Studies on Stand Analysis (2)

Masahisa NISHIZAWA, Kôzô KAWABATA and Kiku KANBE

(Résumé)

We have already introduced a method of stand analysis for the estimation of the past construction of a plot. In this article we shall develop the stand analysis method for the large forest area.

We have used data of the *Larix* plantation (468.53 ha, 48~50 years old) in Nobeyama National Forest of Nagano Regional Forestry Office.

The process of this analysis was as follows:

1. We selected 80 sampling points in the population stand, and measured d. b. h. and tree height of counted trees by the basal area measuring instrument with basal area factor 4 on each point. At the same time we counted the excessed stem numbers from the reference angle by use of conometer for the estimation of mean stand height.

The formulae used for estimation of basal area and volume per hectare were given by (1), (2), (3) and (4).

Symbols in these formulae are :

$\bar{g}$: basal area per hectare

N : numbers of sampling points

g_j : an estimate of basal area per hectare on j th point

- n_j : numbers of counted trees on j th point
 $\bar{v}$: volume per hectare
 v_{ij} : tree volume of i th counted tree on j th point
 g_{ij} : basal area of i th counted tree on j th point
 r_{ij} : volume-basal area ratio = v_{ij}/g_{ij}
 $s_{\bar{g}}^2$: variance of $\bar{g}$
 $s_{\bar{v}}^2$: variance of $\bar{v}$

The estimated values were as follows:

basal area per hectare; $16.15 \pm 2.06 \text{ m}^2/\text{ha}$ (13% precision)

volume per hectare; $89 \pm 14 \text{ m}^3/\text{ha}$ (16% precision)

Stem numbers by d. b. h. classes from formula (5) were shown in Table 4, where f_i is basal area per hectare of d. b. h. D_i and g_i is basal area of d. b. h. D_i . Estimated stem numbers per hectare of this stand were 1,245.

Estimated mean stand height from formula (6) was about 10.0m, where

$$\bar{H} = 100 \sqrt{\frac{2 \times \text{mean counted tree numbers by conometer on one point}}{\text{stem numbers per hectare}}}$$

Estimated mean d. b. h. was 12.3 cm from Table 4.

Comparison of these estimated results and the corresponding volumes of the yield table of Shinshu *Larix* showed that the structure of this stand corresponded with the one of 20~25 years old stand with site index VI of the yield table; so this stand was a very poor plantation.

2. Seven representative sample plots were located as shown in Fig. 1 and all these plots had been stand analysed. Present stand structure of these plots are shown in Table 6. The difference of mean d. b. h., mean height and volume per hectare were tested by means of test of significance of variance series, variance of two plots, and mean volume of two plots. We found that mean d. b. h., mean height and volume per hectare of these plots, were significantly different.

3. Stand analysis of these plots was done according to the same method as in the previous article.

a. The stand volume calculated by the volume table was adjusted to the actual stand volume by the regression of presumed volumes by the volume table and actual volumes by stem analysis.

b. Estimation of successive volumes of living trees for each age class.

c. Estimation of successive volumes from stump diameters for each age class.

d. Estimation of successive past mean d. b. h. and mean height.

The results are shown in Table 18 (stem numbers per hectare), Table 19 (volume per hectare), and Table 21 (mean d. b. h. and mean height).

4. The whole forest area was stratified by the results of point sampling and soil survey as follows:

Soil type	Representative sample plot	Area percentage
Wet black soil	IV	0.15
Moderately moist black soil	VI	0.60
Moderately moist brown soil	VII	0.10
Moor	—	0.15
		1.00

Estimated successive past structures of this whole forest area were obtained from the previous estimated results by stand analysis of representative sample plots and above area percentage.

The results are shown in Table 21.

Comparison of the results and the corresponding values of the yield table are shown in Fig. 2~Fig. 8.