

赤松中林形作業法応用試験：〔1〕試験地の設定と 林分構成について

井上, 由扶
九州大学農学部

堂上, 龍雄
九州大学農学部

<https://doi.org/10.15017/15780>

出版情報：演習林集報. 1, pp.1-30, 1953-10-30. Kyushu University Forests
バージョン：
権利関係：



赤松中林形作業法応用試験

〔1〕試験地の設定と林分構成について

井上由扶・堂上龍雄

Yoshisuke INOUE and Tatsuo DŌUE:

Practical Study on the Special Type of the Middle Forest System of Akamatsu

〔1〕 On the Establishment of the Experimental Area and the Stand Construction

目	次
I 緒言	〔I〕間伐前の林分状況〔II〕間伐とその後の林分構成
II 試験方法	V 上木及び下木の材積測定とその検討
III 試験地の設定と附近の地況	〔I〕上木赤松 〔II〕下木広葉樹
III 林分分析	VI 後記

I. 緒言

赤松一斉林を上木とし、広葉樹萌芽を下木とする中林形の林分は、天然生林として最も普通に見られる形であつて、従来も麻生誠氏⁽¹⁾その他により、この種の森林を仕立てる事は、赤松林の施業法として理想的なものであるとのべられているが、その合理的施業法特に作業法の理論付けについては、全く研究されていなかった。筆者は昭和9年以来、主として中国地方の赤松林について調査研究し⁽²⁾、中林作業法の特種の形としての作業法を確立し、その応用試験を実施する段階に達した。

偶々熊本営林局甘木経営区第6次経営案の編成に当り、同経営区の一部 347.60 ha を、中林作業級とし、輪伐期上木50年下木25年として上記の施業法を採用して、昭和27年度より実施せられる事になつた。よつて昭和27年度より、此の地域において、未成上木の保育方法、上木赤松の庇蔭度と下木萌芽の成長等を始め、同一地で赤松純林及び広葉樹薪炭林を経営した場合と、上述の中林を経営した場合との利害得失を検討する事となつたのである。

元来この作業法は、下木の最初の一輪伐期間は赤松と広葉樹を同齢一斉林として密立せしめ、その側圧により赤松の形質成長を促し、下木の伐期に達して広葉樹の皆伐と赤松の間伐を同時に行い、下木の次の輪伐期間には上木赤松の肥大成長を期すると共に、その下木の広葉樹をも薪炭林として保育するものであつて、林地の保安地力増進上極めて有効であるのみでなく、赤松の保育生産にも好適し、更に利用上も主伐による優良赤松用材の生

註 (1) 麻生 誠；アカマツ林の取扱ひについて（赤松林施業法論文集）

(2) 井上由扶；赤松中林形作業法の研究（第一報）赤松の天然更新稚樹九大演習林報告第十九号

産と、間伐による多量の坑木用材の生産に適し、しかも同時に薪炭材を生産出来る特徴を有するので、薪炭原木の少く坑木需要の多い北九州地方の赤松林経営上最も有利なものと認められるのである。この作業法を更に進展せしめると共に、一般民有林にも普及させる為本試験を行う事は、極めて重要と考えられる所以である。

II 試 験 方 法

応用試験は、差し当つて次の項目に亘つて試験を行う為試験地を設定し、試験を続ける事とした。林分は下木の第2輪伐期間中における中林形林分を造成するに適した年齢の林を選ぶ事とした。

試 験 項 目

- (1) 中林と赤松純林及び広葉樹薪炭林との成長量比較試験。
- (2) 中林と上木庇蔭度別による下木の成長試験。
- (3) 中林下木の樹種別成長試験。
- (4) 中林下木の芽掻保育比較試験。
- (5) 中林上木間伐試験。
- (6) 中林上木皆伐地の側方天然下種更新試験。
- (7) 中林赤松純林広葉樹薪炭林別の樹幹型、枝条率比較試験。
- (8) 同上損益計算
- (9) 肥培樹種混淆試験。

III 試験地の設定と附近の地況

昭和27年7月、Ⅱの試験を実施する為、第Ⅰ試験地を前述の中林作業級内に設定した。

位置；福岡県朝倉郡宮野村甘木経営区44林班は小班（八坂山国有林）

面積；28.99 ha の内27年度設置の試験地 2.64 ha

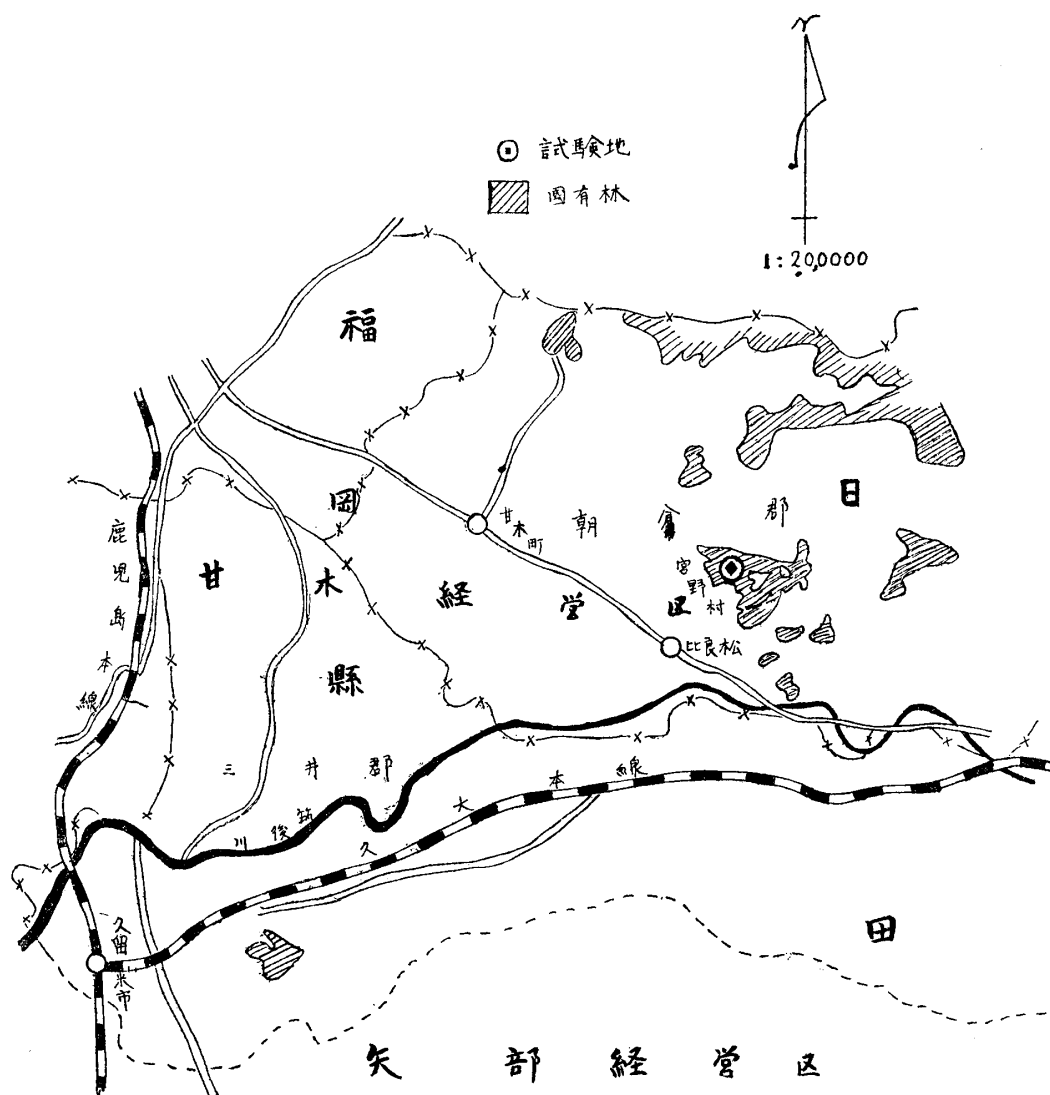
林齢；上木赤松35～37年，下木広葉樹約18年生

試験地の位置と内部の分割は、Fig. 1 及び Fig. 2 に示される。試験地内は、皆伐区中林区、見本区に分かれ、中林区は(10m×10m)プロット100個に細分され、上木の成立本数を ha 当り、300本、400本、500本、700本とする3本区、4本区、5本区、7本区に分かれ、7本区は純林における成立本数の基準によるものである。

此等の試験区の周囲に幅20mを林縁として設け、その内部に接するplotの取扱いと同様に施業する事により、試験区への影響を同一条件とした。尙試験区の南西部に位置する皆伐区は比較試験を行い、見本区は周囲の作業級に対する施業のmodel case 的のものである。

第1試験地は、三郡山塊の一部をなす朝倉山地に属し、北緯33°24′、東経130°44′の附近

Fig. 1. 試験地の位置図
THE MAP OF EXPERIMENTAL AREA



に位置する低き丘陵状の団地で、標高 100m~150m、南西方向の斜面（平均傾斜 25° ）である。雲母片岩、緑泥片岩、片麻岩、石英絹雲母片岩等の変成岩を基岩とし、粘土質、細礫質壤土で深度浅く地味不良である。アカマツ、シヒ類、カシ類、タブノキ等を含む暖帯性植物の天然生林であるが、その成長は良好とは云えない。附近の三奈木気象観測所（北緯 $33^{\circ}24'$ 、東経 $130^{\circ}43'$ 、海拔 36.0m）における最近の観測値は、Table 1 の通りで、降水量及び日照時間は月及び年合計値であり、蒸発量は 24 時間平均である。甘木経営区における初霜は、11 月上旬で、終霜は 4 月中旬である。

Fig. 2. 第 1 試 験 地
THE FIRST EXPERIMENTAL AREA

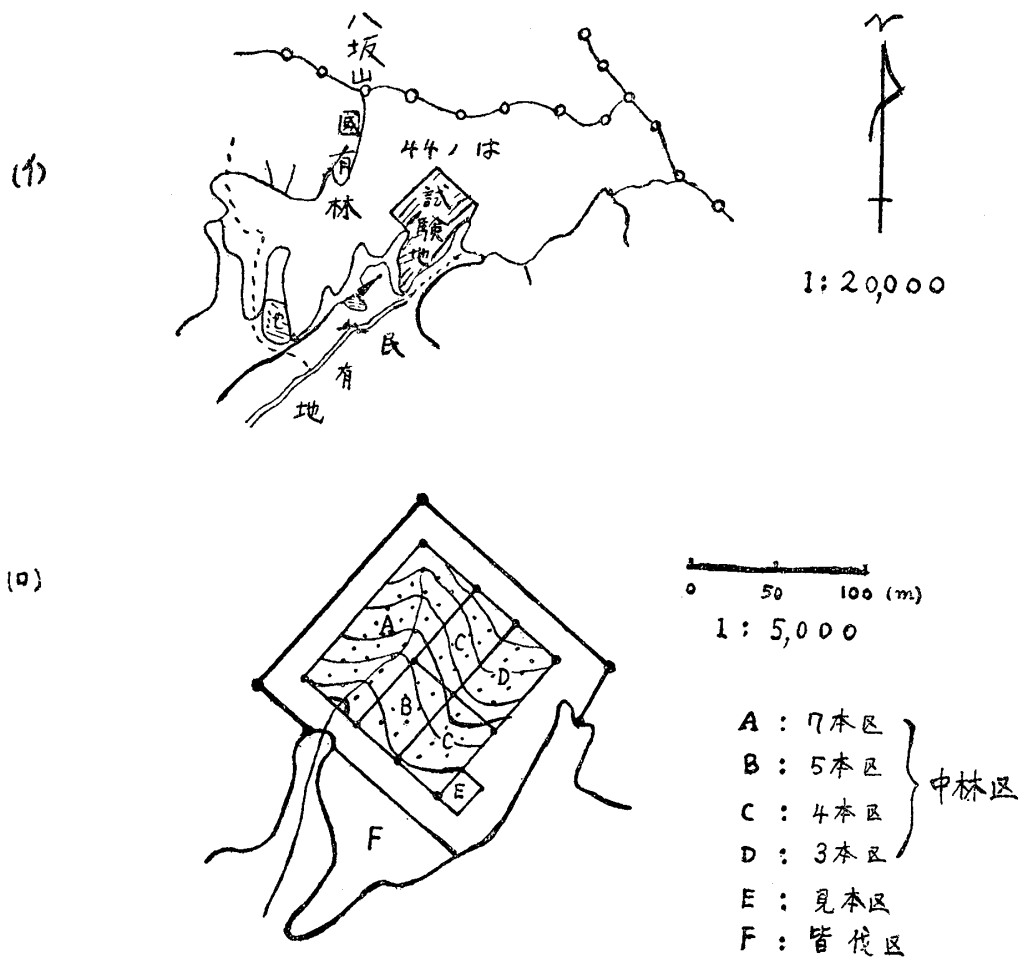


Table 1. 気 象 観 測 値 (昭和25~27年)
THE METEORIC VALUES OF OBSERVATORY

月 別 種 別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均
気 温	4.0	5.9	9.2	13.1	20.7	22.6	26.8	28.7	23.9	18.7	14.2	6.9	16.2
降水量(耗)	73.6	124.3	96.4	172.2	141.4	252.7	332.6	145.9	188.6	94.8	94.6	51.1	1768.2
湿 度(%)	83.9	75.5	71.9	78.5	72.4	79.7	77.8	71.4	76.2	74.2	77.9	85.3	77.1
日 照(時)	99.7	87.0	130.7	125.8	165.2	144.3	138.3	194.4	140.5	165.7	122.1	92.6	1606.3
地 温	4.0	5.6	7.7	15.6	20.3	24.1	28.2	30.0	23.3	16.5	10.9	6.5	16.1
蒸発量(耗)	0.8	0.7	1.7	2.5	3.2	2.9	3.3	4.3	2.4	2.0	1.6	0.8	2.2
平均雲量	6.9	6.6	6.5	5.9	5.8	6.4	6.3	4.7	6.6	5.7	5.6	5.9	6.1

IV 林 分 分 析

〔I〕 間伐前の林分状況

試験地の設定区劃に続いて、上木間伐と下木皆伐の基礎として上木、下木別に毎木調査を実施した。

(1) 単木の分布状況

上木（アカマツ）は、谷筋（Ⅲ列、Ⅳ列）を除いて、上層林冠の大部分を構成し、その鬱閉度は約70%である。直径分配は6cm～37cmに亘って分布し、標準偏差5.7cm、平均直径19.4cm、中央直径20.2cmである。

樹高分配は6m～19mに亘って分布し、標準偏差1.4m、平均樹高11.4m（目測）である。Fig.3にその林相曲線を示す。

上木樹冠についての調査結果は、Table 2 の通りである。

Fig. 3. 林 相 曲 線
THE STOCKCURVES

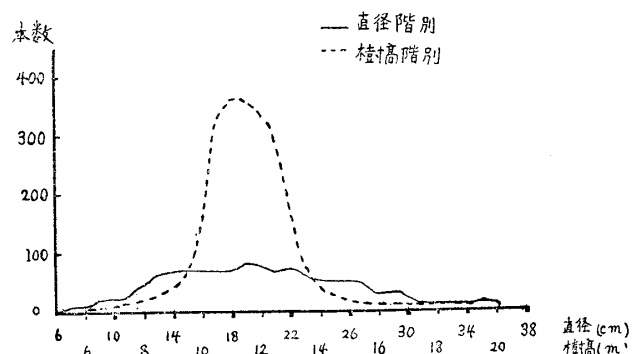


Table 2. 上 木 樹 冠 の 分 析

区 分	枝 下 高 (m)	樹 冠			
		樹 冠 高 (m)	樹冠高 樹 高 (%)	単木の樹冠投 影面積 (m ²)	鬱 閉 度 (%)
平 均	8.0	3.4	29.8	6.3	72
最 小	5.0	1.0	18.0	1.8	
最 大	12.0	10.0	66.7	19.6	

下木（広葉樹）は、下記の樹種が中庸に繁茂していて、特に上木の少い谷筋の成長は一般矮林に比べて遜色がないようである。

測定した広葉樹は

コナラ、アラカシ、エゴノキ、ツバキ、ヤマモ、リョウブ、サクラ、ケヤキ、ナナメノキ、コジイ、ネジキ、クリ、ヒサカキ、ヤマウルシ、シヤシヤンボ、ヤマハゼ、クロキ、クス、コバノガマズミ、ナワシログミ、サカキ、ネズミモチ、クロキ、ヤマガキ、クサキ、ヘラノキ、イヌビワ、ネムノキ、アカメガシワ、ヤブムラサキ、ツ、ジ、アズキナシ、アカシデ、カマツカ等34種である。（胸高直径2cm以上）

Table 3. 下木主要樹種の分布
THE DISTRIBUTION OF MAIN UNDERWOODS

種別	樹種	ネジキ	リョウブ	アラカシ	ツバキ	ヒサカキ	コナラ	エゴノキ	ナメキ	ヤマモ	サクラ	コジイ
本数		897	822	521	180	1363	175	101	85	17	16	8
樹高 (m)		~7	~10	~12	~6	~4	~13	~7	~12	~10	~14	~12
直径 (cm)		~7	~11	~20	~10	~4	~19	~10	~20	~27	~22	~23
材積 (m³)		1.5911	2.9843	5.5312	0.4567	1.1988	1.8193	0.4018	1.1943	0.5854	1.0261	0.6424

(2) plot 別分布状況

試験地の中林区内の最小単位 10m×10m の plot における上木、下木の分布は次表の通りである。直径は 1cm 括約で、樹高は 1m 括約の目測値であり、材積は熊本営林局立木幹材積表によった。

Table 4. 上木の plot 分布
THE DISTRIBUTION OF OVERWOODS IN PLOT

(上段 本数, 下段 材積 m³)

列 行	I	II	III	III	V	VI	VII	VIII	IX	X	行計
10	2 0.587	8 1.912	7 1.908	13 1.899	13 2.708	8 1.878	1 1.311	4 1.673	5 1.816	6 2.733	70 18.425
9	7 1.572	3 0.199	8 2.342	6 1.115	14 2.667	8 1.730	9 2.485	6 1.848	12 3.505	10 3.141	83 20.604
8	14 2.990	13 3.130	3 0.829	7 1.896	2 0.350	11 2.848	13 2.419	17 2.703	16 3.145	11 2.677	107 22.987
7	21 3.237	12 3.243	3 0.538	7 1.914	5 2.128	10 2.381	13 2.642	13 2.072	22 3.242	14 2.840	120 24.237
6	17 3.324	11 2.814	6 1.703	0 0	5 1.600	12 2.951	10 2.360	16 2.914	22 3.127	19 4.242	118 25.035
5	16 2.066	9 2.223	4 0.876	6 1.961	10 1.459	16 3.874	7 1.305	18 3.010	20 2.501	11 2.437	117 21.712
4	15 2.482	14 3.063	11 3.083	2 0.757	14 3.396	10 2.036	12 1.865	18 1.906	20 2.673	14 2.412	130 23.673
3	23 2.787	15 2.464	10 3.082	5 1.346	14 3.192	14 1.891	12 1.581	15 2.101	13 1.906	20 3.707	141 24.057
2	16 2.634	13 2.681	10 2.804	7 1.398	18 3.002	22 2.690	12 2.114	14 2.316	16 2.655	7 1.777	135 24.071
1	15 3.634	10 3.544	0 0	11 1.913	21 2.781	20 2.344	12 2.001	15 3.074	10 2.087	12 3.092	126 24.470
列計	146 25.313	108 25.273	62 17.165	64 14.199	116 23.283	131 24.623	104 20.083	136 23.617	156 26.657	124 29.058	1,147 229.271

Table 5. 下木の plot 分布
THE DISTRIBUTION OF UNDERWOODS IN PLOT
(上段 本数, 下段 材積 m^3)

列 行	I	II	III	III	V	VI	VII	VIII	IX	X	行 計
10	15 0.494	39 0.290	81 0.177	50 0.079	54 0.116	94 0.572	86 0.129	55 0.436	81 0.568	86 0.245	641 3.106
9	6 0.141	16 0.636	39 0.198	83 0.485	76 0.328	72 0.238	82 0.195	65 0.084	94 0.147	89 0.097	622 2.519
8	18 0.030	12 0.027	42 0.944	29 0.125	70 0.846	76 0.139	60 0.095	86 0.167	83 0.203	64 0.113	535 2.689
7	80 0.127	13 0.054	29 0.725	39 0.462	28 0.158	78 0.398	60 0.094	57 0.080	87 0.177	64 0.112	535 2.387
6	35 0.028	16 0.015	22 0.278	60 1.117	48 0.346	65 0.185	59 0.145	49 0.064	45 0.044	81 0.121	480 2.343
5	13 0.017	9 0.017	14 0.419	48 0.390	76 0.180	90 0.155	56 0.168	60 0.099	62 0.105	46 0.060	474 1.610
4	3 0.002	8 0.005	6 0.138	26 0.465	68 0.199	98 0.311	64 0.144	69 0.157	90 0.208	71 0.111	503 1.740
3	5 0.004	1 0.001	14 0.193	41 0.271	113 0.345	71 0.137	48 0.101	91 0.176	47 0.135	79 0.147	510 1.510
2	17 0.028	24 0.036	20 0.323	48 0.453	82 0.204	40 0.108	49 0.065	56 0.094	44 0.051	53 0.130	433 1.492
1	7 0.014	16 0.347	40 1.038	50 0.528	62 0.079	48 0.088	41 0.073	51 0.110	67 0.142	59 0.101	441 2.520
列 計	194 0.855	154 1.428	307 4.433	474 4.375	677 2.801	732 2.331	605 1.209	639 1.467	700 1.780	692 1.237	5,174 21.946

材積表と目測樹高に対する検討によつて、材積は修正して使用すべきであるが、これ等は V において述べる事とし、Table 4 の数値によつて統計的に Plot 間の分布を吟味して見る。Table 4 の数値は、修正されていなくとも、プロット間の相対的な比率を示すものと認めてよく、条件の均等性を検する分散分析法に使用してよいと思われる。尙、下木は除伐をくりかえされた部分もあるので、間伐は全然行われなかつたと思われる上木に対して検する方が妥当であろうから上木の本数及び材積のプロット間分布の検定を行う事とした。

今、 x_{ij} ……plot 内材積又は本数合計 (i 列, j 行の)

$\bar{x}$ ……総平均, $\bar{x}_i, (\bar{x}_j)$ ……列, (行) の平均値

$T_i, (T_j)$ ……列, (行) の合計, T ……総計

とすると,

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{全 変 動; } S = \sum_i \sum_j (x_{ij} - \bar{x})^2 = \sum_i x_i^2 - \frac{T^2}{100} \\ \text{列間変動; } S_c = 10 \sum_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2 = \frac{1}{10} \sum_i T_i^2 - \frac{T^2}{100} \\ \text{行間変動; } S_g = 10 \sum_j (\bar{x}_j - \bar{x})^2 = \frac{1}{10} \sum_j T_j^2 - \frac{T^2}{100} \\ \text{誤 差; } S_d = S - S_c - S_g \end{array} \right.$$

となる。よつて、材積及び本数による分

散分析 (Table 6, 及び Table 7) の結果,

材積的には, 列間 (横方向) に有意差がみられるが, 本数的には, 列及び行間共に高度に有意差のある事がわかった.

Table 6. 分散分析 (上木材積による)
ANALYSIS OF VARIANCE (Volumes)

変 動 因	平 方 和	自 由 度	分 散	分 散 比
列 間	18.3645	9	2.04	^{**} 3.21 > 2.62
行 間	3.8827	9	0.43	0.68 < 1.99
誤 差	50.7561	81	0.63	—
全 体	73.0033	99	—	—

Table 7. 分散分析 (上木本数による)
ANALYSIS OF VARIANCE (Tree numbers)

変 動 因	平 方 和	自 由 度	分 散	分 散 比
行 間	457.21	9	50.8	^{**} 2.66 > 2.62
列 間	900.01	9	100.0	^{**} 5.24 > 2.62
誤 差	1,543.69	81	19.1	—
全 体	2,900.91	99	—	—

このような著しい分布の差違が何れの列又は行にあるかは, 平均値の差の検定法によつて得られる. 即ち個数 N_1 及び N_2 からなる二つの平均値 $\bar{x}_1, \bar{x}_2$ において, その分散不偏推定量が v であるとき, $|\bar{x}_1 - \bar{x}_2| = \frac{tv}{\sqrt{\frac{N_1 N_2}{N_1 + N_2}}}$ なる関係式から, 両平均値の差の統計的最

低限界 D が求められるから, 今本式によつて D を求める.

Table 6 から, $v = \sqrt{0.6266} = 0.7916$, 又, $t(\alpha=0.01, n=100-10=90) = 2.631$

$$\therefore D = \frac{2.631 \times 0.7916}{\sqrt{\frac{10 \times 10}{10+10}}} = \frac{2.083}{2.236} = 0.932 \quad \text{となる.}$$

故に列平均値間相互の差が $0.932m^3$ 以上の時その 2 平均値の差は高度に有意であるから, Table 4 において, III 列と IX, X 列, III 列と I, II, VI, VIII, IX, X, 列間において高度に有意である事がわかり, 従つて之等の平均値は偶然変動以外の原因によつて変動しているのであるから, 試験に当つては試験区のとり方, 配列に注意を要する事を示す. 本数においても, 列間の分散は, 行間の約 2 倍近くもあり, 列間の変動の如何に大きいかを判明する. 要するに, 試験区のとり方は, 水平方向の細長い面積として分けるべきであると推定されるであろう.

樹冠の密度の分布については, 間伐の項において記述する.

(3) 中央木による材積と成長量

中央木の直径は間伐木選定後の残存木によるもの、23.3cm (Table 13 参照) に近きものをとり、4 本を選んで伐倒し樹幹析解した、それ等は夫々、

No. 1……年令=34年, D.B.H. =23.0cm, 材積=0.2715m³,
 No. 2……年令=35年, D.B.H. =23.1cm, 材積=0.2947m³,
 No. 3……年令=35年, D.B.H. =22.4cm, 材積=0.2619m³,
 No. 4……年令=34年, D.B.H. =23.0cm, 材積=0.2557m³,

である。

各齡階における成長量は次表の通りである。

Table 8. 樹高直径材積の成長
THE INCREMENT OF HEIGHT, D.B.H., AND VOLUME

齡階	樹木No. 成長量	No. 1.		No. 2.		No. 3.		No. 4.	
		総	連年	総	連年	総	連年	総	連年
5	樹高 (m)	2.40	0.48	3.20	0.64	2.40	0.48	2.20	0.44
10		5.20	0.52	5.20	0.40	5.20	0.56	4.40	0.44
15		6.87	0.46	8.20	0.60	7.20	0.40	7.20	0.56
20		9.20	0.46	10.40	0.44	10.70	0.70	9.87	0.53
25		12.53	0.67	12.20	0.36	12.34	0.33	12.20	0.46
30		14.20	0.33	14.53	0.47	13.96	0.32	13.87	0.33
34(35)		15.95	0.44	(16.30)	0.37	(14.50)	0.11	15.50	0.41
5	胸高 直径 (cm)	0.6	0.12	1.9	0.38	1.1	0.22	0.4	0.08
10		3.4	0.56	6.0	0.82	5.1	0.80	4.2	0.76
15		6.7	0.66	10.8	0.96	8.7	0.72	8.3	0.82
20		10.8	0.82	14.6	0.76	12.9	0.84	13.2	0.98
25		15.1	0.86	16.8	0.44	16.2	0.66	17.0	0.76
30		18.0	0.58	18.8	0.40	18.6	0.48	19.6	0.52
34(35)		20.2	0.55	(20.8)	0.40	(20.6)	0.40	21.3	0.43
皮付		23.0	—	23.1	—	22.4	—	23.0	—
5	材積 (m ³)	0	0	0.0009	0.0002	0.0003	0.0001	0.0004	0.0001
10		0.0023	0.0005	75	13	48	9	36	6
15		129	21	343	54	217	34	190	31
20		447	64	781	78	620	81	635	89
25		964	103	1433	130	1235	123	1286	130
30		1696	146	1936	101	1812	115	1859	113
34(35)		2347	163	(2639)	141	(2374)	112	2309	113
皮付		2715	—	2947	—	2619	—	2557	—

上記の材積を用いて、毎木測定を行つた 1.0ha 内の上木の全材積を求めると、

$$\text{全林木材積} = \text{標準木材積合計} \times \frac{\text{全林の断面積合計}}{\text{標準木断面積合計}}$$

$$= (0.2947 + 0.2715 + 0.2619 + 0.2557) \times \frac{36.9290}{0.0419 + 0.0415 + 0.0394 + 0.0415}$$

$$= 243.4480 \text{ (m}^3\text{)}$$

となり，毎木測定の結果 229,271m³ より大なる値を示すが，この原因は，樹高目測と材積表の不適性にあると考えられ，間伐時に伐倒木による測定の結果を用いて是正したので，後述する。

〔Ⅱ〕 間伐とその後の林分構成

間伐は，林冠を構成する樹木の樹冠を整理疎開して，林の生態に調和と調節を実現せしめる為の伐採であり，それは抽象的なものではなくて，現実の林に直面した状態によつて，樹冠を疎開整理すべき必要に応じたる手段であるといわれている，⁽³⁾ 本試験においても，最初に林分構成の実体を把握する為に，現在林分の分析を行い，間伐木の決定に当つてはあくまで現実林の環境を考慮して決定した。中林形林分における適正立木本数は現在検討中のものであるが，今回は過去の研究結果に基づいて ha 当り，300本，400本，500本とし，又，純林に応じて ha 当り 700 本（麻生氏に準ず）として選木を行つた。

残存本数は次表の通りである。

Table 9. 間伐後のプロット別立木本数（括弧内は広葉樹）
THE NUMBER OF STANDING TREES PEA PLOT AFTER THINNING

列 行	I	II	III	III	V	VI	VII	VIII	IX	X	列 計
10	2(1)	7	4	5	5	4	2(2)	2	4	2	37(3)
9	7	1(2)	3	3	5	4	4	2	3	4	36(2)
8	7	7	3	5	1(1)	4	4	4	3	4	42(1)
7	7	7	2	4	4	4	4	4	3	2	41
6	7	7	2	(2)	3	4	4	3	4	3	37(2)
5	7	7	1	3	4	6	5	4	4	4	45
4	7	7	6	2	6	4	5	4	4	4	49
3	7	7	4	4	5	5	5	4	4	5	50
2	7	7	5	3	5	5	4	5	3	3	47
1	8	7(1)	(2)	4	5	5	6	5	4	4	48(3)
行 計	66(1)	64(3)	30(2)	33(2)	33(1)	45	43(2)	37	36	35	432(11)

Table 10. 試験区別立木本数

試験区	プロット名	プロット数	本数	1ha 当り平均
3 本区	VIIIの6～10, IXの6～10, Xの6～10.	15	47	3.1
4 本区	VIIIの1～5, IXの1～5, Xの1～5, Vの6～10, VIの6～10, VIIの6～10.	30	120	4.0
5 本区	Vの1～5, VIの1～5, VIIの1～5.	15	75	5.0
7 本区	I, II, III, III. 各列の1～10.	40	201	5.0

註；(3) 寺崎渡；実験間伐法要綱

樹冠投影図によつて作製した間伐前後の鬱閉度の対比表は、下表である。

Table 11. 間伐前後の鬱閉度の対比 (プロット別)
THE CROWN DENSITY PEA PLOT BEFORE AND AFTER THINNING
(上段 間伐前, 下段 間伐後) (%)

列 行	I	II	III	III	V	VI	VII	VIII	IX	X	列平均
10	40 40	66 64	74 37	85 49	77 35	58 29	39 25	53 37	62 53	59 36	61 41
9	57 57	25 12	77 38	33 24	67 35	55 37	71 42	66 32	81 29	76 34	61 34
8	83 45	77 55	38 28	71 57	17 14	82 33	73 41	62 33	85 25	73 28	66 36
7	85 46	86 63	48 22	67 41	52 48	68 40	77 40	78 28	89 16	74 15	72 36
6	84 41	81 57	62 40	14 22	45 28	86 43	87 29	86 22	86 28	86 25	72 34
5	85 61	82 80	61 31	57 33	77 37	84 38	85 56	91 20	88 23	89 41	80 42
4	83 40	83 48	78 38	51 35	81 39	74 37	88 48	90 25	90 27	88 40	81 38
3	82 33	81 48	75 33	55 43	77 40	78 36	83 39	87 27	85 34	91 40	79 37
2	76 52	79 43	72 36	61 39	82 31	86 23	80 39	85 32	85 26	81 36	79 36
1	63 48	61 44	10 10	62 38	75 25	84 29	88 45	90 47	87 40	86 30	70 36
行平均	74 47	72 56	58 32	56 38	65 33	76 35	77 40	79 30	84 30	80 33	72 37

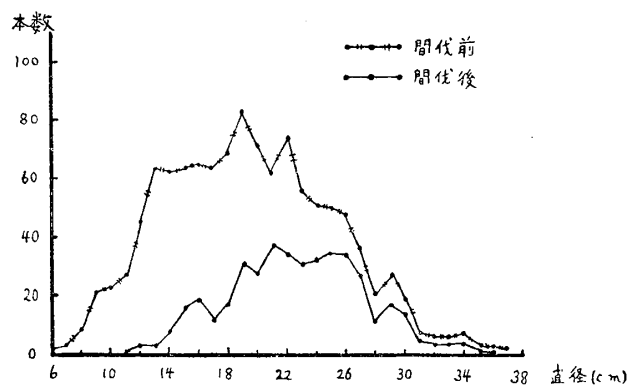
Table 12. 試験区別鬱閉度の対比 (%)

試験区 時期	3 本 区	4 本 区	5 本 区	7 本 区
間 伐 前	74	76	81	65
間 伐 後	29	34	37	43
比 率	39	45	46	66

試験地全体における鬱閉度は70%より40%に減少し、試験区では30%~40%程度となり相当に強度と考えられるが、赤松の陽性なる事と皮焼けの被害の恐れもない事、更に下木広葉樹萌芽の発育等の諸点から考察すれば適當と認めてよいであろう。本数及び直径等の移動は、Table 13 及び Fig. 4 で示されるが、材積及び樹高に関しては、爾後の調査によつて検討の上提示する事とする。

Table 13. 間伐前後の直径の対比

時 期	本 数	平均直径 (cm)	中央直径 (cm)	標準偏差 (cm)
間 伐 前	1,147	19.4 (6~37)	20.2	5.7
間 伐 後	432	22.8 (11~37)	23.3	4.8

Fig. 4. 間伐前後の対照図
THE COMPARISON WITH BEFORE
AND AFTER THINNING

V 上木及び下木の材積測定とその検討

上木赤松については、間伐木を利用して樹幹析解を行い、枝条材積は Xylometer によって測定し、幹材積及び枝条率等の算定式を求める資料とした。下木広葉樹は、20 種類を選んで、胸高直径 1cm~11cm に亘って Xylometer で測容し、幹材積及び枝条材積を求め、形数及び枝条率等の算定式を求める資料とした。

〔I〕上 木 赤 松

(1) 目 測 樹 高 の 検 討

毎木目測の結果による赤松の平均樹高は、11.4m であるが、Table に示された標準木の平均樹高は 15.6m である。これは該標準木の樹高成長が良好すぎる結果ではなく、目測の際の過少見積りによるものである。従つて、Table 14 の伐倒によつて得られた実測樹高 (Y) と目測樹高 (X) の関係から、回帰式による修正を試みた。回帰式として直線式 $\hat{Y}=a+bX$ と、曲線式 $\hat{Y}=a+bX+cX^2$ を仮定し、回帰分析によつて適合式を決める事とした。⁽⁴⁾

註 (4); スネデカー, 統計的方法, 上, 下.

Table 14. 上木の伐倒木測定値
THE MEASURED VALUES BY FELLED OVERWOODS

番号	直径	実測樹高	目測樹高	幹材積	枝条材積	番号	直径	実測樹高	目測樹高	幹材積	枝条材積
1	10.3	9.9	9	0.0420	0.0055	14	22.3	12.8	12	0.2063	0.0339
2	12.6	10.9	11	0.0687	0.0130	15	22.4	14.5	—	0.2619	—
3	13.6	11.2	11	0.0765	0.0090	16	23.0	15.5	11	0.2557	—
4	13.2	11.8	11	0.0666	0.0134	17	23.1	16.3	11	0.2947	—
5	15.2	12.4	11	0.1111	0.0290	18	23.0	15.9	—	0.2715	—
6	16.7	12.6	11	0.1208	0.0119	19	25.7	16.0	12	0.2920	0.0640
7	17.0	12.0	12	0.1200	0.0228	20	27.3	14.8	12	0.3727	0.0685
8	17.5	14.6	12	0.1533	0.0191	21	27.2	15.8	12	0.3495	0.0434
9	18.2	11.7	10	0.1105	0.0064	22	28.0	16.8	13	0.4210	0.0780
10	19.5	15.0	13	0.2274	0.0224	23	29.5	17.2	13	0.4353	0.0743
11	19.0	13.6	11	0.1664	0.0288	24	30.3	16.6	13	0.4705	0.0891
12	21.9	15.8	12	0.2406	0.0160	25	32.4	18.4	13	0.5868	0.1367
13	21.7	13.7	12	0.1925	0.0322						

註：15～18は標準木

$$\left. \begin{aligned} \text{直線式の正規式は, } na + (SX)b &= (SY) \\ (SX)a + (SX^2)b &= (SXY) \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} \text{曲線式の正規式は, } na + (SX)b + (SX^2)c &= (SY) \\ (SX)a + (SX^2)b + (SX^3)c &= (SXY) \\ (SX^2)a + (SX^3)b + (SX^4)c &= (SX^2Y) \end{aligned} \right\}$$

21本の data から,

$$\bar{X} = 11.714, \quad \bar{Y} = 13.981,$$

$$SX = 246.0, \quad SX^2 = 2,904.0, \quad SX^3 = 34,524.0, \quad SX^4 = 413,100.0$$

$$SY = 293.6, \quad SXY = 3,481.6, \quad SX^2Y = 41,572.4, \quad SY^2 = 4,216.08$$

$$r_{x,y} = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_x^2 S_y^2}} = \frac{42.2858}{\sqrt{111.2724 \times 22.2858}} = 0.8492, \quad (S_{xy}, S_x^2, S_y^2 \text{ は偏差平方和})$$

$$t = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \sqrt{n-2} = \frac{0.8492}{\sqrt{1-0.7211}} \sqrt{21-2} = \sqrt{25.94} > t_{0.01,19} = \sqrt{8.18}$$

相関係数は十分に信頼するに足る.

直線式は,

$$b = \frac{S_{xy}}{S_x^2} = \frac{42.2858}{22.2858} = 1.8974, \quad a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad \text{より}$$

$$\hat{Y} = \bar{X} + b_1(X - \bar{X}) = 13.981 + 1.8974(X - 11.714) = -8.245 + 1.8974X \quad \text{となる.}$$

曲線式は, その正規式を次の如く組織的に解いて得られる. (デーミング; 推計学によるデーターのまとめ方)

Table 15. 正規式の組織的解 (樹高)
THE SYSTEMATIC SOLUTION OF NORMAL EQUATION (HEIGHT)

行	a	b	c	=	1	計
I.	21	246.0	2,904.0		293.6	3,464.6 $\sqrt{}$
2.		2,904.0	34,524.0		3,481.6	41,155.6 $\sqrt{}$
3.			413,100.0		41,572.4	492,100.4 $\sqrt{}$
4.					4,216.08	49,563.68 $\sqrt{}$
5.	$I \times -\frac{246.0}{21}$	-2,881.7142	-34,018.2865	-	3,439.3142	-40,585.3142
II.	2+5	22,2858	505,7135		42,2858	570,2858 $\sqrt{}$
6.	$I \times -\frac{2904.0}{21}$		-401,581.7142	-	40,600.6857	-479,104.6857
7.	$II \times -\frac{505,7135}{22,2858}$		-11,475.7424	-	959.5571	-12,941.0298
III	3+6+7		42,5434		12,1572	54,6845 $\sqrt{}$
8.	$I \times -\frac{293.6}{21}$			-	4,104.8076	-48,438.3994
9.	$II \times -\frac{42,2858}{22,2858}$			-	80.2331	-1,082.0603
10.	$III \times -\frac{12,1572}{42,5434}$			-	3.4745	-15.6288
III	4+8+9+10		min. S	=	27,5648	27,5915 $\sqrt{}$
13	I より	a =	28.2040			
12	II より	b =	-4.5880			
11	III より	c =	0.2858			

よつて 推定式は, $\hat{Y} = 28.204 - 4.588X + 0.286X^2$ となる.

Table 15 において次の統計値の計算が行われている.

$$4, 8 \text{ 行の 1 列, } S_y^2 = SY^2 - \frac{[SY]^2}{n} = 4,216.08 - 4,104.8076 = 111.2724$$

$$9 \text{ 行の 1 列, } r^2 S_y^2 = (S_{xy})^2 / S_x^2 = 80.2331$$

$$10 \text{ 行の 1 列, } S_y^2 - r^2 S_y^2 = (bS_{xy} + cS_x^2 y) - r^2 S_y^2 = 3.4745, (5)$$

$$\text{註 (5); } S_y^2 - R^2 S_y^2 = bS_{xy} + cS_x^2 y = \frac{[S_{xy}]^2}{S_x^2} + \frac{c(S_x^2 \cdot S_x^2 y - S_x^3 \cdot S_{xy})}{S_x^2}$$

なる事は簡単に式の変形によつて得られる。Rは重相関係数,

$$\begin{cases} S_x^2 y = S_x^2 Y - \frac{[S_x^2][SY]}{n} \\ S_x^3 = S_x^3 - \frac{[S_x^2][SX]}{n} \end{cases}$$

$$\text{III 行の 1 列, } \min S = S_y^2 - S_{\hat{y}}^2 = S_y^2 - (bS_{xy} + cS_{xy}^2) = 27.5648$$

従つて之等から分散分析表がつくられる。

Table 16. 回 帰 の 有 意 性 検 定
TEST OF SIGNIFICANCE FOR REGRESSION

変 動 因	平 方 和	自 由 度	分 散	分 散 比
全 体 S_y^2	111.2724	20	—	
1. 次回帰による $r^2 S_y^2$	80.2331	1	80.23	$\frac{80.23}{1.63} = 49.2^{**} > 8.1$
直線からの偏差 $(1-r^2) S_y^2$	31.0393	19	1.63	
2. 次回帰による $(S_{\hat{y}}^2 - r^2 S_y^2)$	3.4745	1	3.48	$\frac{3.48}{1.53} = 2.3 < 4.4$
曲線からの偏差 $(S_y^2 - S_{\hat{y}}^2)$	27.5648	18	1.53	

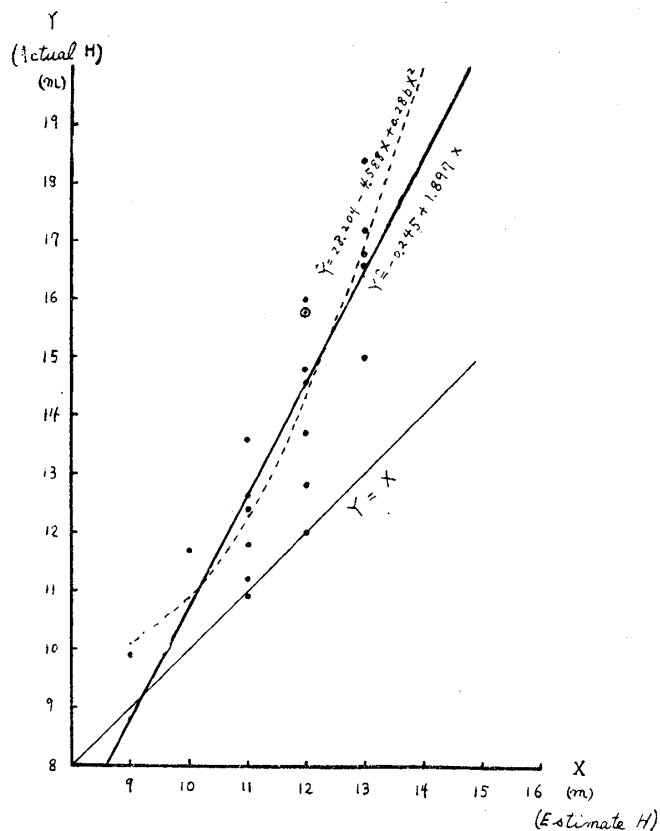
上表による検定の結果、一次回帰は高度の有意差をもち、二次回帰にはみられないので、回帰は一次で充分である事が証され、直線式

$$\hat{Y} = -8.245 + 1.897X \quad \text{によつて修正する事とした。}$$

data と一次及び二次の推定式との関係は、

Fig. 5 に示される。

Fig. 5. 目 測 対 実 測 の 回 帰
THE REGRESSION OF ACTUALITY FOR ESTIMATE



(2) 材積の検討

25本の樹幹析解による材積 (Table 14) を用いて中林作業級の現林分に適用する材積表を作製した。材積式は次の計算によつて求められた。

$$V = AD^b H^c, \quad \log V = \log A + b \log D + c \log H$$

$$\log V + 2 = z, \quad \log A = a, \quad \log D = X, \quad \log H = Y \quad \text{とおけば}$$

上式は重回帰式 $z = a + bX + cY$ となる。

$$n = 25, \quad SX = 32.7264, \quad SY = 28.6960, \quad Sz = 32.1750$$

$$SX^2 = 43.2470, \quad SXY = 37.7681, \quad SY^2 = 33.0590$$

$$SYz = 37.4160, \quad SXz = 43.0380, \quad Sz^2 = 43.5447 \quad \text{より, 次の組織的計算によつて,}$$

$$z = -2.30695 + 1.61882X + 1.28488Y \quad \text{となり, 更に}$$

$$\log V = -4.30695 + 1.61882 \log D + 1.28488 \log H$$

$$V = \frac{1}{20275} D^{1.61882} H^{1.28488} \quad \text{となる。}$$

その信頼限界は,

$$t \cdot V(z) = \frac{t \cdot \min \cdot S}{25 - 3} [c_{11} + c_{22}(\log D)^2 + c_{33}(\log H)^2 + 2c_{12} \log D + 2c_{13} \log H + 2c_{23} \log D, \\ \log H] = 0.00239 [17.20327 + 15.84405(\log D)^2 + 53.38743(\log H)^2 \\ + 19.88134 \log D - 52.57904 \log H - 53.45944 \log D, \log H]$$

で示される。(Table 17 参照)

Table 17 から重回帰による部分の平方和は,

$$S_z^2 = S_z^2 - \min. S = (43.5447 - 41.409225) - 0.025383 = 2.110092$$

$$\text{又, } S_z^2 = R^2 S_z^2, \quad \min. S = (1 - R^2) S_z^2$$

$$\text{重相関係数 } R = \sqrt{S_z^2 / S_z^2} = \sqrt{\frac{2.110092}{2.135475}} = 0.99439$$

よつて材積式 (z) は, 重回帰全体としての検定を適用され得る。表において高度の有意差が見られ, 上の材積式は, 十分にその意義を有すると云える。本材積式による推定材積は熊本営林局立木幹材積表の値に比べてやや小さい値を示している。

Table 18. 材積式の検定

TEST OF VOLUME EQUATION

変 動 因	平 方 和	自 由 度	分 散	分 散 比
重回帰による部分 $R^2 S_z^2$	2.110092	2	1.055	914.25** > $F_{0.01} = 5.8$
推 定 の 誤 差 $(1 - R^2) S_z^2$	0.025383	22	0.001	
全 体 S_z^2	2.135475	24	—	

胸高形数について検討すれば, 直径及び樹高に対する偏相関係数において,

$$R_{f \cdot h} = \frac{S_{f \cdot h}}{\sqrt{S_f^2, S_h^2}} = \frac{-137.1504}{\sqrt{497.6464 \times 111.2724}} = -0.58283,$$

$$R_{f \cdot d} = \frac{S_{f \cdot d}}{\sqrt{S_f^2, S_d^2}} = \frac{-433.8328}{\sqrt{497.6464 \times 835.8580}} = -0.67266 \quad \text{となり, } r \text{ は負となり, 相関}$$

Table 17. 正規式の組織的解 (材積)
THE SYSTEMATIC SOLUTION OF NORMAL EQUATION (VOLUME)

行	a	b	c	1	c ₁	c ₂	c ₃	計
I	25	32.7264	28.6960	32.1750	1	0	0	119.5974 ✓
2		43.2470	37.7681	43.0380	0	1	0	157.7795 ✓
3			33.0590	37.4160	0	0	1	137.9391 ✓
4				43.5447	0	0	0	156.1737 ✓
5	I × $\frac{32.7264}{25}$	-42.840690	-37.564671	-42.118877	-1.309056	0	0	-156.559694
II	2+5	0.406310	0.203429	0.919123	-1.309056	0	0	1.219806 ✓
6	I × $\frac{28.6960}{25}$		-32.938417	-36.931752	-1.147840	0	0	-137.278680
7	II × $\frac{0.203429}{0.40631}$		-0.101852	-0.460181	0.655411	-0.500674	0	-0.610725
III	3+6+7		0.018731	0.024067	-0.492429	-0.500674	1	0.049695 ✓
8	I × $\frac{32.1750}{25}$		-41.409225	-1.287000	0	0	0	-153.921854
9	II × $\frac{0.919123}{0.40631}$		-2.079169	2.961245	-2.262123	0	0	-2.759351
10	III × $\frac{0.024067}{0.018731}$		-0.030923	0.632710	0.643304	-1.284875	-0.063852	-0.063852
III	4+8+9+10		min.S=	0.025383	2.306955	-1.618819	-1.284875	-0.571357 ✓
13	I より	a = -2.30695 ± 0.14088	c ₁₁ = 17.203265	c ₁₂ = 9.940669	c ₁₃ = -26.289532			
12	II より	b = 1.61882 ± 0.13520	c ₂₁ = 9.940673	c ₂₂ = 15.844050	c ₂₃ = -26.729719			
11	III より	c = 1.28488 ± 0.24818	c ₃₁ = -26.289520	c ₃₂ = -26.729699	c ₃₃ = 53.387433			

度は直径に対する方がやや大となつてゐるから、樹高のみによる関係式をとらず、山本氏の如く次の形数式を求めた。

$$V = \frac{1}{20275} D^{1.61882} H^{1.2848}, \quad F = \frac{V}{\frac{\pi}{4} D^2 H} \text{ により,}$$

$$F = \frac{1}{15924} D^{-0.38113} H^{0.23488},$$

Table 14 の枝条材積より枝条率 (P) を求め、直径及び樹高に関してグラフ上に plot したが相関性は余りにも過小である。従つて相関係数の検定と、棄却検定 (Thompson法) を行つた処、全然有意差は認められなかつた。

$$r_{ph} = 58.2724 / \sqrt{470.5524 \times 111.2724} = 0.25466$$

$$r_{pd} = 201.0138 / \sqrt{470.5524 \times 835.8580} = 0.32050$$

$$t_H = \frac{r_{ph} \sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r_{ph}^2}} = \sqrt{\frac{10.06487}{1-0.06487}} (21-2) = \sqrt{1.3188} < t_{0.05} = 2.09$$

$$t_D = \frac{r_{pd} \sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r_{pd}^2}} = \sqrt{\frac{.10273}{1-0.10273}} (21-2) = \sqrt{2.1735} < t_{0.05} = 2.09$$

枝条率の最大偏差は、 $p - \bar{p} = 15.58 - 6.7 = 8.88$

$$\tau_0 = \frac{p - \bar{p}}{s} = \frac{8.88}{4.734} = 1.876$$

$$t = \frac{\sqrt{N-2}}{\sqrt{N-2+1-\tau_0^2}} \tau_0 = \frac{\sqrt{19}}{\sqrt{20-3.5194}} (1.876) = 2.01 < t_{0.05} = 2.09$$

枝条率の一般的傾向は負の相関を持つ事であるが、本例は逆の傾向を示している (有意的ではないが)。以上の結果を考察するに、本試験地の赤松は鬱閉した一斉林であり、林内において小径木は被圧されて枝条量少く、大径木は優生木にして樹冠を拡張し、枝条量が大きい事等から、枝条率はやや水平的分布を示し、むしろ右上がりの傾向を呈したであろうと思われる。

〔Ⅱ〕 下 木 広 葉 樹

(1) 幹材積及び枝条材積

- **Xylometer** によつて幹及び材条の材積を測定したが、その資料の本数内容は Table 19 の通りである。

樹種を2群に分け、総材積 (V_G)、幹材積 (V)、枝条材積 (V_A)、枝条率 (P)、胸高形数 (F) について径級毎の変異係数を計算し、それ等の変動を吟味した。群別に際しては、 V_G , V_A , P に関しては常緑 (A) と落葉 (B) とによつて分け、 V , F に関しては、形数曲線の傾向から分けたが、大体常緑と落葉との区別に類似している。(2)の項参照。)

Table 19. 樹種別径級別測容本数
THE NUMBER OF MESURED HARDWOOD

樹種	直径級	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	合計
1	アラカシ	5	9	9	5	3	3	3	2	2	—	41
2	ツバキ	4	7	8	8	3	3	—	1	—	—	34
3	クロキ	5	4	6	3	3	2	4	1	—	—	28
4	クスノキ	5	6	6	5	6	3	2	—	—	—	33
5	ナメノキ	5	4	5	5	6	3	3	4	—	—	35
6	ヒサカキ	7	8	8	—	—	—	—	1	—	—	24
7	シヤシヤンボ	10	6	5	3	2	—	—	—	—	—	26
8	ヤマモ	7	8	9	4	5	2	—	1	—	—	36
9	コナラ	6	4	5	3	5	5	4	2	1	1	36
10	ネジキ	5	8	11	7	2	7	2	1	2	—	45
11	エゴノキ	5	7	6	4	5	2	1	2	2	—	34
12	リョウブ	3	2	4	7	12	1	3	4	1	—	37
13	サクラ	4	3	2	3	—	5	2	2	—	—	21
14	コバノガマズミ	4	9	1	—	—	—	—	—	—	—	14
15	カマツカ	4	4	5	2	1	1	1	1	—	—	19
16	アカシデ	4	5	4	6	—	—	—	—	—	—	19
17	ネムノキ	—	—	—	3	1	1	—	1	—	—	7
18	ク	12	2	7	3	2	1	1	2	—	1	30
19	ヘラノキ	7	4	4	4	5	—	6	1	—	—	31
20	シキミ	4	5	—	1	—	—	—	—	—	—	10
合計		106	105	105	76	61	39	32	26	8	2	560

Table 20. 各種変異係数(%)
COEFFICIENTS OF VARIATION

種別 直径級	V _G		V		V _A		P		F	
	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)
1	52.1	144.7	36.2	41.0	101.5	199.3	110.2	77.1	34.6	38.8
2	38.4	40.3	31.5	42.9	61.8	68.1	48.2	62.0	23.7	19.4
3	31.0	34.9	32.8	29.6	50.3	58.9	43.8	49.1	41.7	18.5
4	30.7	27.3	27.5	23.0	60.3	65.4	59.7	51.1	18.2	17.2
5	38.5	19.6	30.7	20.2	65.0	45.9	62.0	47.3	22.7	16.6
6	25.1	25.2	18.9	42.7	55.8	58.6	59.5	66.5	18.4	14.1
7	20.1	28.6	24.7	34.6	41.1	66.8	45.9	81.0	17.1	21.9
8	38.5	21.8	25.6	29.8	71.8	56.5	89.1	61.1	11.7	16.2
9	5.9	33.5	18.5	16.3	59.1	38.5	79.0	31.8	9.5	39.2
10	—	54.9	—	—	—	80.8	—	41.0	—	—

註: 変異係数 $c = \frac{s}{\bar{x}} \times 100$, $\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$, $s = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}$,

Table 20 によつて大凡の変異係数の傾向は理解されるが、 V_G, V_A, P の変動は実に大きく、data をグラフ上に plot して見ると、規則的な傾向は見出しにくく。従つて此等は、後日検討を加える事とした。今回の測定の数級別本数は Table 19 に示されているが、今形数についてその本数を検討する。今 N が非常に大きい場合、抽出誤差式は

$$e = \frac{N-n}{N} \cdot \frac{4c^2}{n} \div \frac{4c^2}{n} \text{ となるから、抽出個数 } n \text{ は、}$$

$$n \geq \frac{4c^2}{e^2} \text{ となる。形数の径級内変異係数 (c) を } 40\% \text{ とおさえ、} e=10(\%) \text{ とすると、}$$

$$n \geq \frac{4 \times 0.4^2}{0.10^2} = \frac{0.64}{0.01} = 64, \quad c \text{ を形数全体における平均 } \frac{399.5}{19} = 22.2 \text{ とすれば}$$

$$n \geq \frac{4 \times 0.23^2}{0.10^2} = \frac{0.216}{0.01} \div 22 \text{ となり、径級別の測容本数は充分と云いうる。}$$

(2) 形数の推定

形数式としては、樹高との関係式 (Kunze 氏)、樹高、直径との関係式 (山本氏他) 等⁽⁶⁾があるが、広葉樹の幹型や樹冠形の変異によつて樹高の測定誤差は大きく、特に樹高の目測は極めて精度が悪いという見地から、測定容易な直径の函数として表わされると都合がよい。従つて樹高と直径とが、形数に対して示す相関の程度を、相関比を以て比較し、(相関係数は直線的な相関しか示さないので相関比を採る。)次に有意的な相関を有する樹種について、形数式を最小自乗法によつて求め、之等をグラフ上に plot して、形数曲線群を二分し、群別の形数式を決定する事とした。

(イ) 相関比の計算

相関比 (η) は次の式で求められる。⁽⁷⁾

$$\eta^2 = S\{n_p(\bar{F}_p - \bar{F})^2\} \div S(F - \bar{F})^2, \quad p; \text{樹高階及び直径階}$$

相関比の検定は、 $F' = \frac{\eta^2}{1-\eta^2} \cdot \frac{N-k}{k-1}$, k ; 階級の個数. ($F' \geq 1$ とする) によつて行つた。⁽⁸⁾

Table 21 において直径の相関比より樹高のそれの大なる個数は 12 個で、樹高の方がやや大きな相関を示している。(直径相関比の平均 0.7418, 樹高の平均 0.7442), 然し相関比の検定において、高度の有意性を有しない個数は、直径において 6 個、樹高においては過半数の 11 個である。尙変動係数を求めれば、直径において $C_D = \frac{0.1326}{0.7418} \times 100 = 17.9$ (%), 樹高において $C_H = \frac{0.1868}{0.7442} \times 100 = 25.1$ (%). 以上の考察より、形数に対する樹高及び胸高直径の相関度は大差なくむしろ変異及び信頼度と使用及び測定等の点から考察すれば、直径の方が有効である。従つて形数と直径との函数式が適當であると推定し得る。

註 (6); 堀田, 測樹学; Bruce & Schumacher, Forest Mensuration

(7); R.A. Fisher; Statistical methods for Research Workers

(8); 統計科学研究会; 統計数値表

Table 21. 相 関 比 と そ の 検 定
CORRELATION RATIO AND THE TEST

樹種 No.	種 別 統計値	直 徑				樹 高			
		N	k	η	F'	N	k	η	F'
1		41	9	0.7277	4.50**	41	9	0.7185	4.26**
2		34	7	0.7215	4.89**	34	6	0.7553	7.60**
3		28	8	0.8150	5.66**	28	8	0.9847	91.31**
4		33	7	0.8855	15.73**	33	8	0.9530	35.32**
5		35	8	0.6446	2.74	35	8	0.6797	3.32*
6		24	4	0.6522	4.94**	24	4	0.5188	2.45
7		26	5	0.7436	6.49**	26	5	0.5851	2.74
8		36	7	0.7382	5.78**	36	6	0.8765	16.58**
9		36	10	0.7703	4.22**	36	9	0.8210	6.99**
10		45	9	0.7686	6.49**	45	7	0.8767	21.03**
11		34	9	0.6631	2.46*	34	7	0.5291	1.75
12		37	9	0.7577	4.72**	37	6	0.7785	9.54**
13		21	7	0.8723	7.41**	21	11	0.9037	4.46*
14		14	3	0.2655	2.40	14	3	0.2123	3.84
15		19	8	0.8258	3.37*	19	7	0.6820	1.74
16		19	4	0.7620	6.92**	19	6	0.6482	1.89
17		7	5	0.9066	2.31	7	7	1.0000	—
18		30	8	0.7911	4.41**	30	8	0.7926	5.31**
19		31	7	0.7483	5.09**	31	11	0.7913	3.35*
20		10	3	0.7761	5.30*	10	3	0.7760	5.30*
(A)		245	10	0.6844	23.00**	245	11	0.6956	21.95**
(B)		258	10	0.6843	24.32**	258	13	0.6774	17.32**

Table 22. 形 数 式 の 最 小 自 乗 解
THE LEAST-SQUARE-SOLUTION OF FORM-EQUATION

樹種 No.	推 定 値	a	b	c	s	樹種 No.	推 定 値	a	b	c	s
1		0.36036	1.45400	-1.03024	0.1314	11		0.40120	0.22127	1.31080	0.2370
2		0.49821	0.33831	0.53135	0.0866	12		0.32881	1.42806	-1.00554	0.0875
3		0.37901	1.20950	0.38168	0.1245	13		0.26800	1.61963	-1.23134	0.1056
4		0.67184	0.80687	0.46690	0.2303	14		1.33224	-2.19711	2.17839	0.1320
5		0.58605	-0.04333	1.30263	0.1742	15		0.59759	-0.68684	2.30568	0.0966
6		0.56329	0.33147	0.43260	0.1549	16		0.29502	1.24482	-0.71134	0.1075
7		0.46000	0.98210	0.20782	0.2786	17		0.38237	0.64613	2.58065	0.0987
8		0.45816	0.66141	0.71734	0.2416	18		0.44132	0.40934	0.83158	0.2690
9		0.38788	1.12667	-0.41197	0.1299	19		0.34660	1.15617	-0.63943	0.1379
10		0.35584	1.12476	-0.33026	0.1362	20		0.88263	-1.35750	2.19163	0.1065

(四) 形数式の計算

形数式は形数と直径との負の相関から、

$F = a + bD^{-1} + cD^{-2}$ なる二次式を採る事とした。

正規方程式は σ^2 及びパラメーターの近似値を用いしないで直接に a, b, c を求める Buell 氏法に従うと、

$$\left. \begin{aligned} an + b(SD^{-1}) + c(SD^{-2}) &= SF \\ a(SD^{-1}) + b(SD^{-2}) + c(SD^{-3}) &= SD^{-1}F \\ a(SD^{-2}) + b(SD^{-3}) + c(SD^{-4}) &= SD^{-2}F \end{aligned} \right\} \text{となる.}$$

Table 22 は、各樹種別に求めた最小自乗解である。

s は推定の標準誤差で、 $s = \sqrt{\frac{\min. S}{n-3}}$ である。

Table 22 の 20 個の形数曲線を描き、中央の曲線 (No. 8 ヤマモモ) の信頼帯 $\pm \sigma = \sqrt{V(\hat{F})} = \sqrt{s^2 [C_{11} + C_{22}D^{-2} + C_{33}D^{-4} + 2C_{12}D^{-1} + 2C_{13}D^{-2} + 2C_{23}D^{-3}]}$, (Table 23) から外れた、No. 4, No. 14, No. 20 を除外し、残り 17 樹種に関して、上部群 (A) と下部群 (B) とに 2 分して形数式を統括した。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{(A) 群: アラカシ, クロキ, ナ、メノキ, ヒサカキ, シヤシヤンボ, ヤマモモ,} \\ \quad \text{コナラ, カマツカの 8 種} \\ \text{(B) 群: ツバキ, ネジキ, エゴノキ, リョウブ, サクラ, アカシデ, ネムノキ,} \\ \quad \text{クリ, ヘラノキの 9 種} \end{array} \right.$$

各群の形数式は次の如く得られた、(相関比は Table 21 に示されている。)

$$\hat{F}_A = 0.46060 + 0.65726 \cdot D^{-1} + 0.50430 \cdot D^{-2}$$

$$C_{11} = 0.04102, C_{12} = -0.18085, C_{13} = 0.16108, C_{22} = 0.96049, C_{23} = -0.95167, \\ C_{33} = 1.05661$$

$$s^2 = \frac{\min. S}{245-3} = 0.03525884.$$

$$s_a = \sqrt{s^2 C_{11}} = 0.03803, s_b = \sqrt{s^2 C_{22}} = 0.18403, s_c = \sqrt{s^2 C_{33}} = 0.19302.$$

$$\text{又, } \hat{F}_B = 0.45562 + 0.34515 \cdot D^{-1} + 0.66883 \cdot D^{-2}$$

$$C_{11} = 0.05108, C_{12} = -0.25703, C_{13} = 0.24809, C_{22} = 1.47144, C_{23} = -1.50938, \\ C_{33} = 1.65342$$

$$s^2 = \frac{\min. S}{258-3} = 0.02896900$$

$$s_a = 0.12164, s_b = 0.20646, s_c = 0.21886.$$

常数 a, b, c の標準誤差はやや大きいので重回帰式全体としての検定を用いて、この形数式を検定した。検定において両式とも高度の有意差を示したので、(A) 式及び (B) 式は十分にその意義を有すると云える。(Table 24)

Table 23. 形数値と信頼限界
FORM FACTOR AND THE CONFIDENCE BOUND

推定値		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ヤマモモ	F	1.837	0.968	0.758	0.668	0.619	0.588	0.567	0.552	0.541	0.531	0.524
	σ	0.175	0.068	0.047	0.047	0.059	0.071	0.082	0.091	0.099	0.105	0.110
A 群	F	1.622	0.915	0.736	0.656	0.612	0.584	0.565	0.551	0.540	0.531	0.525
	σ t95	0.125	0.034	0.027	0.026	0.030	0.034	0.037	0.041	0.044	0.046	0.049
B 群	F	1.468	0.795	0.645	0.584	0.551	0.532	0.519	0.509	0.502	0.497	0.493
	σ t95	0.124	0.036	0.028	0.023	0.025	0.029	0.033	0.036	0.040	0.043	0.045

Table 24. 形数式の検定
TEST OF FORM-EQUATION

変動因	平方和	自由度	分散	平方和	自由度	分散
回帰 R_2Sf^2	12.1950	2	6.09750	10.0343	2	5.01715
推定の誤差 $(1-R^2)Sf^2$	8.5326	242	0.03526	7.3871	255	0.02897
全体 Sf^2	20.7276	244	—	17.4214	257	—
分散比	$F_A' = \frac{6.09750}{0.03526} = 172.93^{**}$			$F_B' = \frac{5.01715}{0.02897} = 173.18^{**}$		

本形数値による材積を熊本営林局材積表と比較すると、 F^A による値は略等しく、 $\hat{F}_B$ では略小さい値を与える。尙 (A) 群及び (B) 群内の樹種を見るに、(A) 群では殆んどが常緑樹で占められているのと逆に、(B) 群では落葉樹が大部分である事は一考に値するものであり、使用に際してはこの事実を考慮すると共に、樹幹の完満の度合によつて使い分けたらよいであろう。

IV 後 記

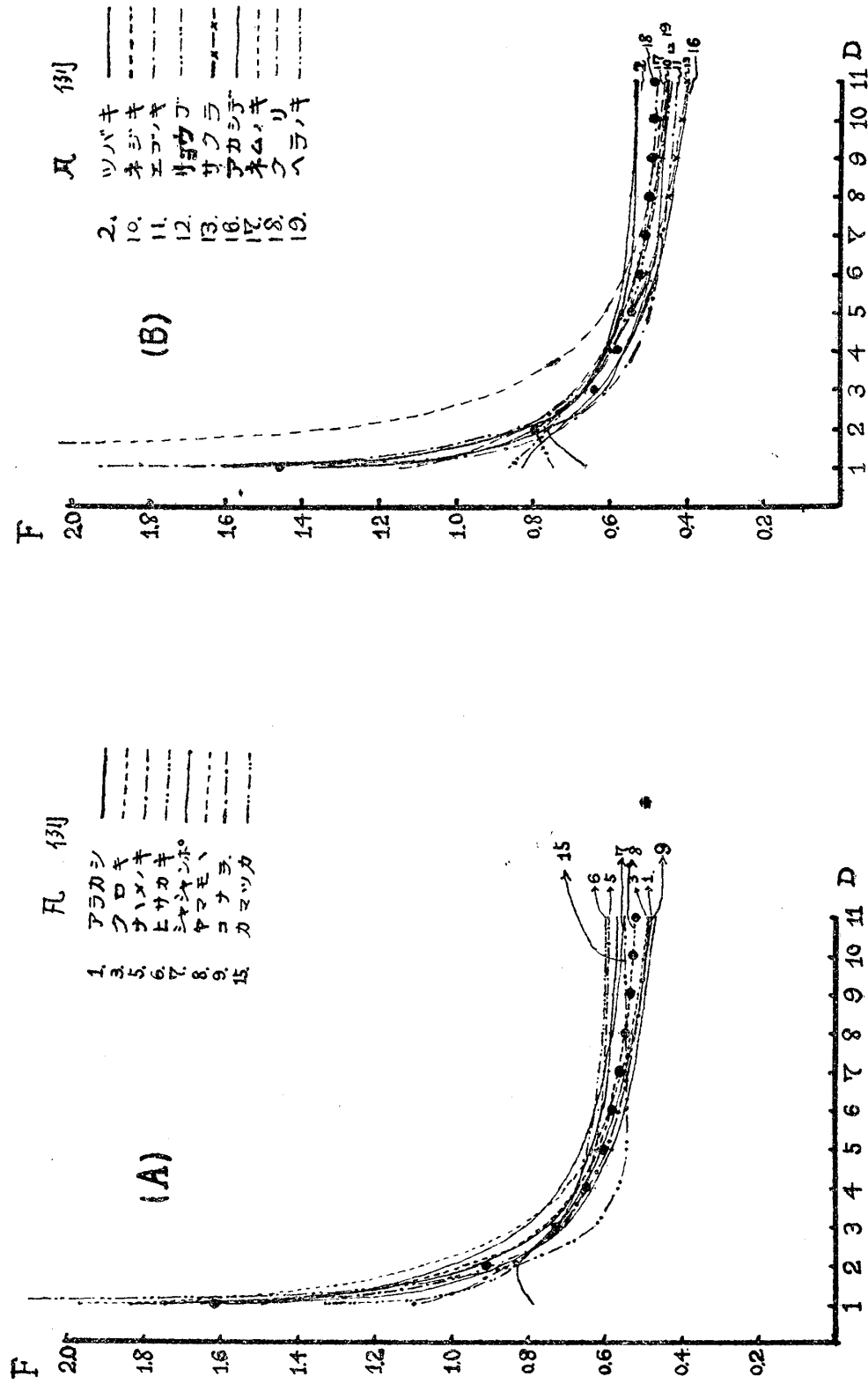
この試験は従来研究した赤松中林形作業法を基礎として作業級を設定し、その組織化を実地に試みる目的の下に、昭和 27 年より、国有林甘木経営区の 1 部 347.60ha に実施されたものであり、本報は該作業級の実行に際し、下木の第 2 輪伐期の中林型林分造成の指針として設定した試験地の概要である。27 年度に上木の間伐と下木の皆伐を実施したので、各試験区における上木及び萌芽の成長に関する試験を開始すると共に、今回問題として残った樹高曲線や枝条材積等に関する測定を継続し、又、肥培樹（植栽済み）の成長試験や、照度と庇蔭度の関係を究明し、鬱閉度の概念を定量化する等、研究を続ける積りである。

試験地の設定に当つては、日田営林署岡本署長、広末経営課長、原口技官、宮野担当区合志技官等に多大の御援助を戴き、取纏に際しては、長正道、広江林之介両君の助力を得たもので、諸氏に対して衷心より謝意を表する。

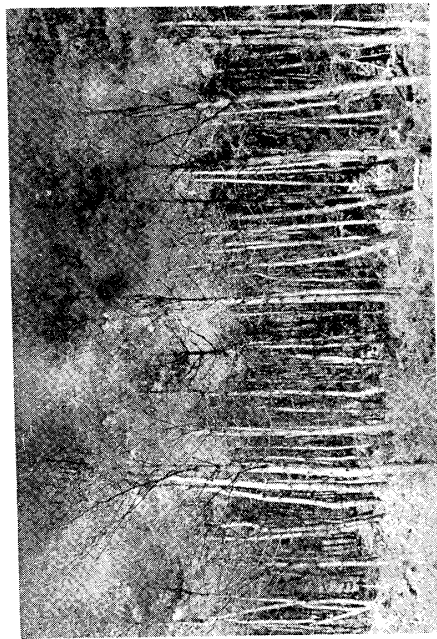
Fig. 6. 形数曲線

FORM-CURVES

...は (A) 式及び (B) 式による推定値



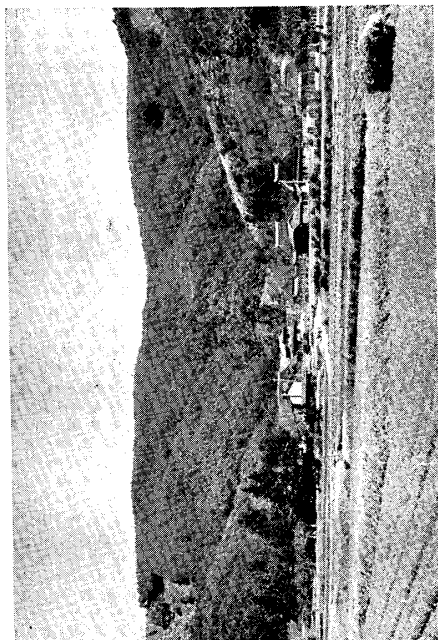
Phot 3. 中林区間伐直前
MIDDLE FOREST SECTION
(BEFORE THE THINNING)



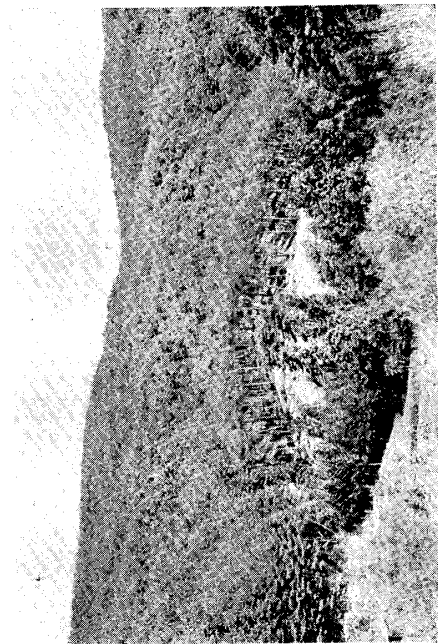
Phot 4. 中林区下木皆伐後上木間伐直前
MIDDLE FOREST SECTION
(AFTER THE CLEARCUT OF UNDERWOOD,
BEFORE THE THINNING OF OVERWOOD)



Phot 1. 第一試験地全景
GENERAL VIEW OF
THE FIRST EXPERIMENTAL AREA



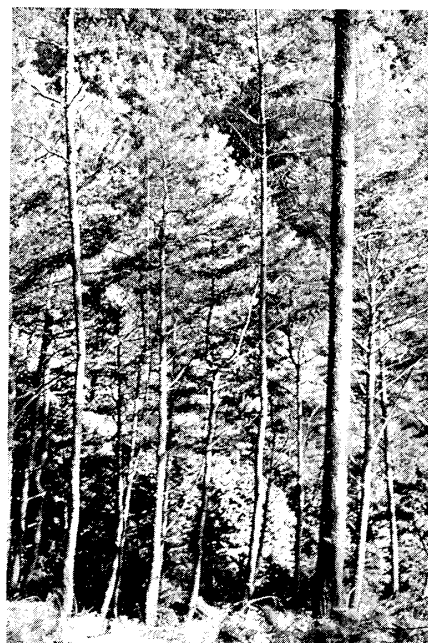
Phot 2. 同 近 景
CLOSE VIEW OF
THE 1ST. EXP. AREA



Phot 5. 第一試験地入口
下木皆伐後，上木間伐直前
THE ENTRANCE OF THE 1ST. EXP. AREA
(THE SAME BEFORE)



Phot 6. 下木皆伐，上木間伐直後；3本区
IMMEDIATELY AFTER THE CLEAR CUT
OF UNDERWOOD AND THE THINNING OF
OVERWOOD; 3 TREES SECTION



Phot 7. 同（見本区より4本区をみる）
THE SAME BEFORE
(SEE THE 4 TREES SECTION FROM
THE SAMPLE SECTION)



Phot 8. 見本区
THE SAMPLE SECTION



Phot 9. 下木皆伐・上木間伐直後

3 本 区

IMMEDIATELY AFTER THE CLEARCUT
TING OF UNDERWOOD AND THE THINNING
OF OVERWOOD; 3 TREES SECTION



Phot 10. 同

4 本 区

THE SAME BEFORE; 4 TREES SECTION



Phot 11. 同

5 本 区

THE SAME BEFORE; 5 TREES SECTION



Phot 12. 同

7 本 区

THE SAME BEFORE; 7 TREES SECTION



Phot 13. 赤松枝条量測定中
MENSURATION OF THE
AKAMATSU BRANCH VOLUMES



Phot 14. 皆伐区ヤマモ、植栽区測量中
(後部は5本区)
SURVEY OF "YAMAMOMO PLANTING SECTION"
IN THE CLEAR-CUTTING SECTION
(THE BACK IS 5 TREES SECTION)



R é s u m é

The (special) type of the middle forest in which the upper story is the even-aged uniform forest of AKAMATSU and the lower is the coppice, is a general type of natural forest; and this middle forest working system may be regarded as an effective working system that utilizes the characteristics of AKAMATSU stand to the best advantage.

It is the object of this experiment to organize a method of this treatment. Based on the previous research on "the special type of the middle forest system of AKAMATSU" the authors established in 1952, a working section of middle forest (347.60 ha.) in a part of AMAGI working unit of the national forest.

This report introduces the general conditions of the experimental area, and the area set up as a standard model case which aims to improve the special type of the middle forest in the 2nd rotation of underwood. After measuring every tree (over- and under-woods) in the experimental area and clarifying the stand construction, the authors thinned the overwoods and clear-cut the underwoods simultaneously. The findings are outlined as follows;

A. Overwood (AKAMATSU).

- (1) The trees are 35~37 years old, the crown density is 0.7, the number of trees is 1,147, and the volume is 229.271 m³ per 1.0 ha. There is no indication of desirable thinning carried out in the past, and the growth condition is poor. The distributions and increments of the D.B.H and the height are shown in Fig. 3 and Table 8.
- (2) The distribution on each plot (10m×10m) in the experimental area is shown in Table 4, and according to the analysis of variance, the horizontal distribution of volume is nearly uniform, but the number in the horizontal and vertical distributions are markedly variant (highly significant). According to the testing of the mean difference, it seems to be caused by the difference in conditions between the ravine and the peak.
- (3) From the data of stem analysis, the empirical formula for the stem volume is $\log V = -4.30695 + 1.61882 (\log D) + 1.28488 (\log H)$. The branch volumes are very variant, and the correlations with the D.B.H. and the height are not significant.
- (4) The thinning was carried out by four standards of the number of trees that were 300, 400, 500, and 700 per 1.0 ha.

The relation of the stand construction before and after the thinning is shown in Table 13 and Fig. 4.

B. Underwood (Hardwood)

- (5) Most of the trees are 18 years old, the number is 5,147 and the volume is 21.946m³ per 1.0 ha. The growth condition is good, at the ravine (the row of III. and IV.), and the distribution is shown in Table 3 and Table 5.
- (6) The main kinds tree are 34 as in Table., and the dominant trees are *Styrax japonicum* Sieb. et Zucc., *Xolisma ellipica* Nakai, *querrcus grauca* Thunb., *Q. serrata* Thunb., *I. Oldhami* Miq., *Myrica rubra* Sieb. et Zucc., var. *spontanea* Makino, *Camella japonica* L. var. *hortensis* Makino, and *Clathra barvinervis* Sieb. et Zucc..
- (7) The volumes of stem and branch were measured by the Xylometer; and their correlation ratios and coefficients of variation were tested with the volumes, the D.B.H., and the heights, and the form-factor(F) was estimated as the function of the D.B.H., as follows;

$$F_A = 0.46060 + 0.65726 D^{-1} + 0.50430 D^{-2}$$

$$F_B = 0.45562 + 0.34515 D^{-1} + 0.66883 D^{-2}$$

Since their branch volumes are quite variant (Table 20), the measurements are to be expected in the future.