

アカマツ中林形作業法の研究(第3報) : 下木として 生育する広葉樹の形態

井上, 由扶

<https://doi.org/10.15017/15621>

出版情報 : 九州大学農学部演習林報告. 28 (1), pp.72-, 1957-09-30. 九州大学農学部附属演習林
バージョン :
権利関係 :



アカマツ中林形作業法の研究

第三報 下木として生育する広葉樹の形態

井 上 由 扶

Yoshisuke INOUE: Study on the Special Type of the Middle Forest System of Akamatsu. (III) Some Components of the Tree Form of the Broad-leaved Trees Growing under the Canopy.

目 次

緒 言	ii. 樹 高
I. 資 料	iii. 胸高直径と樹高の関係
II. 枝条率	iv. 幹材積
i. 胸高直径と枝条率の関係	v. 胸高形数
ii. 年齢と枝条率の関係	vi. 樹幹の形状構成因子についての考察
iii. 枝条率についての考察	IV. 摘 要
III. 樹幹の形状構成因子	Résumé
i. 胸高直径	

緒 言

一般に林木の形状や成長状態は、同じ種類にあつても、個体による差異が顕著であり、ことに広葉樹において甚しい。しかし類似の生育環境下にあつては、樹種ごとに、その個性が一つの傾向として認められる。この研究は、アカマツ林の中林形林分としての正常な林分構造を探索して、アカマツ林の施業法を確立する目的の下に、アカマツの庇蔭下における広葉樹の林木構成を検討し、幹形や枝条着生状態の特徴について研究したものの一部である。すなわち、アカマツと共生的に生育する広葉樹のうち、比較的広く分布する14樹種について、その形状的個性が庇蔭度によつて如何に変化するかを、多数の調査資料に基づいて統計的に比較検討したものである。この研究は科学研究費によつて行われ、資料の計算、検算については高田和彦、関屋雄偉、伊勢田佳代子、前満節子の諸氏に負うところがきわめて多い。ここに深甚の謝意を表す。

I. 資 料

資料木の蒐集個所は、第7表¹⁾に示す調査区中、A, B_{II}, C_{II}, Eの各林分型のもを対象とした。ただし、一部ではあるが、下木広葉樹の樹種、林齢などの関係上、やむを得ず上記調査区外の隣接林分中に求めたものもある。林分型ごとの調査個所数はA 23, B_{II}28, C_{II}32, E 23個所で、その林齢は各林分型共に4~24年にわたつている。これらの調査区ごとに毎木調査を行い、広葉樹のうちの上層林冠を形成するものを主林木とし、それ以外のものを副林木とみなした。主林木につき、樹種ごとに胸高直径、樹高、樹形などの平均的なものを

1) 九大演習林報告第22号 P. 32~33.

標準木とし、多くの調査区に共通的に生育する各樹種につき、調査区ごとに1～3本の標準木を選定した。各標準木は、その土地状態、上木の庇蔭及び隣接木の側圧状態、樹形の特徴などを記載し、これを根元より伐倒して年齢、根元直径、胸高直径、樹高、枝下高などを測定し、さらに幹と枝条に分けてキシロメーターにより測容した。かくして測定した資料木は17樹種1,680本である。このうち、資料数の少い樹種3種56本及び測定数値が平均状態より著しく偏倚した資料17本はこれを除外し、第19表に示す14樹種1,607本を資料として統計的処理を試みた。

第 19 表

樹 種	林 分 型 別 資 料 本 数				
	A	B _{II}	C _{II}	E	計
ア ラ カ シ	52	43	46	33	174
シ ラ カ シ	32	29	31	31	123
ヒ サ カ キ	38	33	38	32	141
ソ ヨ ゴ	21	27	30	18	96
ネ ズ ミ モ チ	19	24	28	20	91
ク ロ キ	17	32	36	21	106
ア セ ビ	19	25	30	18	92
常 緑 樹 計	198	213	239	173	823
ク ヌ ギ	23	33	36	26	118
コ ナ ラ	33	41	38	31	143
ネ ジ キ	30	28	30	30	118
エ ゴ ノ キ	24	29	27	26	106
リ ヨ ウ ブ	31	33	32	27	123
イ ス シ デ	17	24	27	23	91
カ マ ツ カ	14	19	28	24	85
落 葉 樹 計	172	207	218	187	784
合 計	370	420	457	360	1,607

なお、年齢は伐採点の年輪数によることとし、胸高直径は 1/10 cm、樹高は 1/10 m、材積は 1/100,000 m³ まで測定した。

かくして得られた資料に基づき、枝条率、胸高形数などを算出し、林分型別、樹種別に年齢、胸高直径、樹高、枝下高、幹材積、枝条材積、枝条率、胸高形数、及びその生育した地位級などを一括表示した。（表省略）

II. 枝 条 率

枝条を表わす要素としては、着生する位置、密度、形状や、枝の太さ、長さ、容積、重量、形質などが挙げられるが、これを生産的見地から、林木材積の一部として把握する場合には、幹材積との材積百分率によつて表わす枝条率が適当である。枝条率は林木ごとの個体差はあるが、類似の立地においては、樹種、年齢、立木密度を限定することにより、略一定の傾向が認められる。特に一斉林の立木密度については、葉面の受光量と関連して、枝条量と逆相関

にあることが報告されている²⁾。従つて、中林形林分について受光量の関係を推測するならば、その下層を構成する広葉樹の立木密度と、上層を構成するアカマツの立木密度とに分解して考えられる。すなわち、アカマツの中林形林分における下木広葉樹の立木密度を一定とするならば、その枝条率は上木の庇蔭度と関連して、樹種による特性を認め得べきである。

このような観点から、庇蔭度を異にする各齡階の中林形林分の下木広葉樹について、枝条率を調べたところ、庇蔭による枝条率の差異はきわめて顕著であつて、しかも樹性による特徴が認められた。そこで、この作業法における最適林分構成として選定した、各齡階の A, B_{II}, C_{II} 林分型の調査区につき、前記の資料を蒐集すると共に、比較検討のため広葉樹薪炭林調査区 (E) についても資料をもとめたのである。かくして得られた資料を林分型別、樹種別に分け、枝条率と年齢、胸高直径、樹高などの関係をグラフに落すと、かなりの幅はあるが、何れも曲線的な逆相関が認められる。

一般に枝条率は樹高と高次の相関にあるといわれている。しかし、この資料では胸高直径との相関が最も大きく、ついで樹高、年齢の順となつており、かつ樹高と胸高直径との間には、後述のごとくきわめて高次の相関があるので、爾後の研究への応用をも考慮して、胸高直径対枝条率及び年齢対枝条率の関係につき、曲線式を求めてその適合度を検討した。

i. 胸高直径と枝条率の関係

1) 曲線式の誘導

いま 幹材積 V_s
枝条材積 V_a
胸高断面積 G

とすれば
$$V_a = a + bV_s \quad (1)$$

なる関係が認められる³⁾。また、幹材積については、材積直線式として一般に次の関係式が認められている。

$$V_s = a' + b'G \quad (2)$$

枝条率 P は V_a/V_s であるから (1) 式を (2) 式で割ると

$$P = \frac{a + bV_s}{a' + b'G}$$

となる。この V_s に (2) 式を代入すれば

$$P = \frac{a + b(a' + b'G)}{a' + b'G} = b + \frac{a}{a' + b'G}$$

となる。しかるに $G = \frac{\pi}{4}d^2$ であり、 $\frac{\pi}{4}$ は一定であるから、これを省略すると

$$P = b + \frac{\frac{a}{b'}}{\frac{a'}{b'} + d^2}$$

2) 坂口勝美外 3 名 本数密度から見たアカマツ天然生幼齡林分の解析
林業試験場研究報告 第 93 号 P. 7~20 1957

3) 井上由扶外 3 名 アカマツ中林形作業法応用試験 第 2 報
九大演習林集報 第 5 号 P. 24~28 1955

となる。従つて、いま符号を変えて y を枝条率、 x を胸高直径とし、常数を a, b, c とすれば、枝条率曲線式とし次の式が得られる。

$$y = a + \frac{b}{c + x^2} \quad (3)$$

2) 曲線式の最小二乗法解

(3) 式は常数については一次方程式ではないら、直接に常数の最確値を求めることは困難である。ゆえにいま、資料の中より任意の3組の x と y を抽出し、これを (3) 式に代入して3組の観測方程式をつくる。これを連立方程式として解き、 a, b, c の値を求め、これを a, b, c の近似値として a_0, b_0, c_0 で表わすと、(3) 式を近似値の補正に関する一次方程式に変換できる。そこで、近似値より観測方程式を作つて補正値の最確値を求め、これを上述の近似値から差引いたものを常数の最確値とする。もし、その結果が十分正確でないと認められるときは、その値をさらに近似値として同じ操作により第二次の補正を行う。

いま、(3) 式に近似値 a_0, b_0, c_0 を用いて計算した値と実測値との差を F_0 とすれば

$$F_0 = y - \left(a_0 + \frac{b_0}{c_0 + x^2} \right) \quad (4)$$

となる。(4) 式を a_0, b_0, c_0 で微分した値をそれぞれ f_a, f_b, f_c とし、その観測値の weight を n とすると、正規方程式は

$$\left. \begin{aligned} AS(nf_a f_a) + BS(nf_a f_b) + CS(nf_a f_c) &= S(nf_a F_0) \\ AS(nf_b f_b) + BS(nf_b f_b) + CS(nf_b f_c) &= S(nf_b F_0) \\ AS(nf_c f_c) + BS(nf_b f_c) + CS(nf_c f_c) &= S(nf_c F_0) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

となり、これより A, B, C の値が算出できる。ゆえに a, b, c の最確値は

$$\left. \begin{aligned} a &= a_0 - A \\ b &= b_0 - B \\ c &= c_0 - C \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

となる。第三次補正を要するときは (6) 式により求めた a, b, c を a_0, b_0, c_0 とおいて、同じ操作を行えばよいことになる。

この資料においては

$$\begin{aligned} f_a &= -1 \\ f_b &= -\frac{1}{c_0 + x^2} \\ f_c &= \frac{b_0}{(c_0 + x^2)^2} \end{aligned}$$

である。またこの計算を行うについては、資料を胸高直径 1 cm 間隔と 0.5 cm 間隔に区切る場合に分けて検討した結果、このような小径級の一斉林分では後者が適當であることを認めた。そこで資料を 0.5 cm 間隔の径級に分け、各区切りごとの胸高直径及び枝条率をそれぞれ平均して、これを x, y として用いたので、weight n は 0.5 cm 階の中に入る資料本数である。

3) 曲線式による計算結果

A, B_{II}, C_{II}, E の各調査区別に樹種ごとに資料を整理して見ると、枝条率は樹種により上木の庇蔭度によつて相異があるが、庇蔭度の等しい場合には樹種を常緑樹と落葉樹に大別される。故に、常緑樹、落葉樹ごとの平均値及び全広葉樹の平均値をも算出して樹種別資料と共に、それぞれ 0.5 cm 階に区切つた準備表を作り、その各々について前記 2) の方法を用いて枝条率曲線式を求めた。これら各曲線式の適合度を検定するため、枝条率の標準偏差より weight の吟味を行い、また min. S 及び枝条率曲線に対する測定値の分布状態を検討した。もし曲線が測定値に適合しないときは、前記 2) の方法を繰返すことによつて、第二次補正、第三次補正を行つて、最もよく適合する曲線式の常数を求めた。かくして、最終的に決定した各樹種の枝条率曲線式の常数を林分型ごとに一括表示したのが第 20 表であり、その算出曲線を測定資料と共に図示したのが第 4 図の (1)~(15) である。

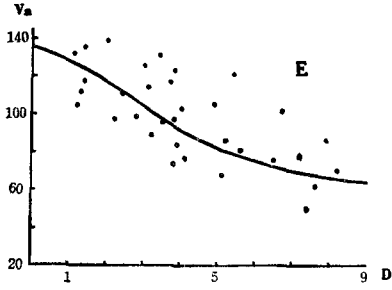
第 20 表 胸高直径対枝条率曲線式 $y = a + \frac{b}{c+x^2}$ の常数值

林分型 樹種	A			B _{II}			C _{II}			E		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
アラカン	45.50	1896.46	21.67	* 1.48	4153.22	42.31	* 18.45	2347.65	27.60	50.06	1311.81	15.43
シラカン	* 28.52	3822.13	40.96	29.57	1512.38	18.56	11.94	2772.52	29.57	51.46	1434.48	17.06
ヒサカキ	* 48.23	909.44	16.45	35.86	479.82	8.92	* 32.31	667.22	12.45	* 20.64	2488.43	35.55
ソヨゴ	30.86	1253.29	16.44	* 25.55	1138.65	19.75	29.72	1082.03	20.76	48.48	619.96	11.52
ネズミモチ	* 35.55	1216.52	19.34	39.02	580.17	10.60	16.31	1746.91	24.88	* 34.76	1800.00	30.89
クロキ	67.47	967.80	9.89	** -3.81	6641.75	52.64	21.34	3666.75	37.04	44.50	2292.06	24.53
アセビ	** 27.45	2364.64	19.57	29.85	1417.41	17.37	27.41	1638.20	20.76	* 37.45	1995.69	23.28
常緑樹 平均	46.94	1337.91	16.35	40.60	846.69	12.77	21.66	2140.22	26.07	50.20	1148.15	15.27
クヌギ	** 25.81	612.09	9.89	25.33	341.46	9.77	-8.93	2895.79	35.25	31.70	611.60	11.21
コナラ	** 16.10	1330.86	21.49	2.93	1439.33	20.45	* -1.88	2956.25	49.92	30.38	686.72	12.08
ネジキ	** 33.40	705.54	17.35	* 12.76	933.63	21.28	10.67	1730.73	28.02	* 30.42	697.69	15.25
エゴノキ	* 21.02	838.09	20.07	25.34	328.53	10.39	17.06	942.27	19.51	29.32	365.39	9.94
リヨウブ	** 42.49	196.96	7.16	* 3.26	1849.42	33.10	* 22.63	780.25	19.29	* 27.61	1288.70	29.16
イヌシデ	* 37.43	398.10	14.24	* 13.41	929.85	21.08	* -6.89	2762.78	42.35	* 29.02	925.45	22.36
カマツカ	* 12.03	1832.10	34.35	* 0.59	1669.29	33.46	4.40	1475.28	24.81	* 33.82	588.37	17.59
落葉樹 平均	25.70	847.46	14.37	-1.91	1634.30	22.33	12.53	1380.65	24.48	29.95	695.62	13.17
全平均	36.68	1053.90	14.34	20.37	1192.37	16.99	22.87	1229.62	22.48	34.71	1094.36	15.23

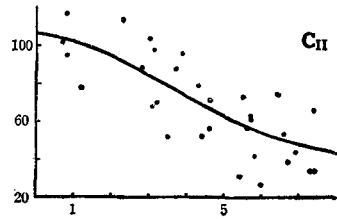
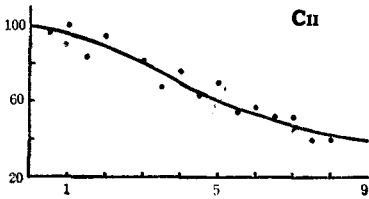
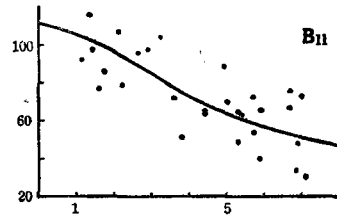
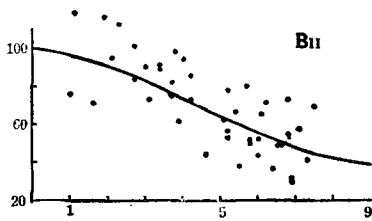
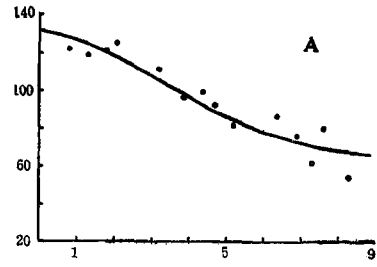
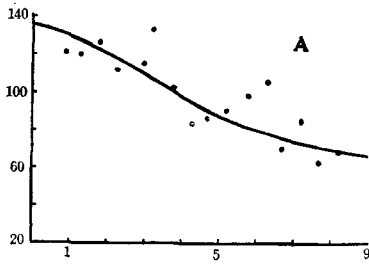
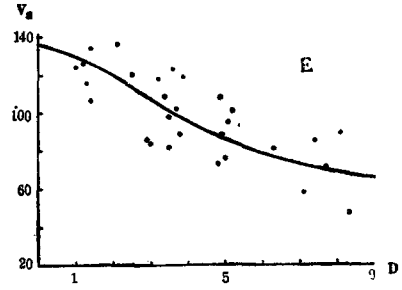
(註) * 印は第二次補正, ** 印は第三次補正を行つたもの。

第4図 胸高直径対枝条率

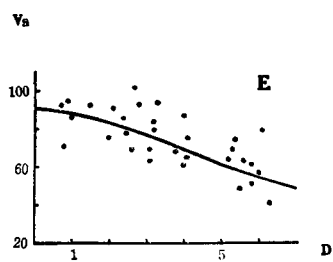
(1) アラカシ



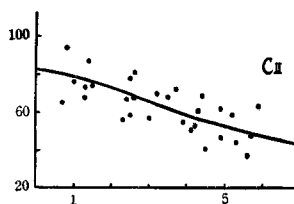
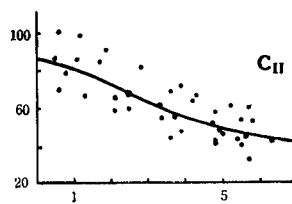
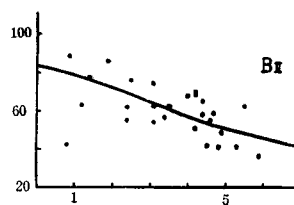
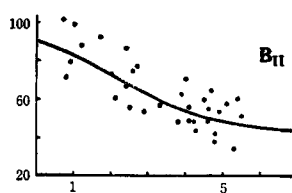
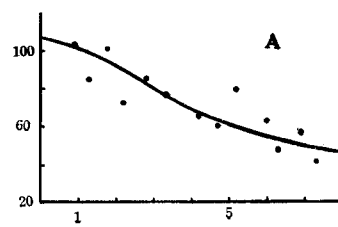
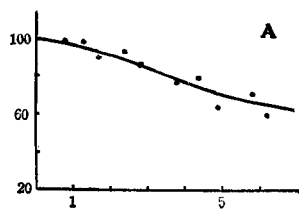
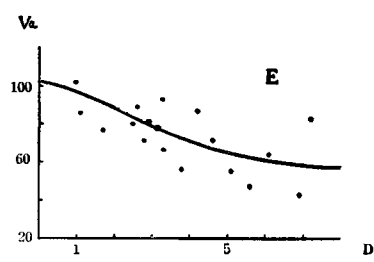
(2) シラカシ



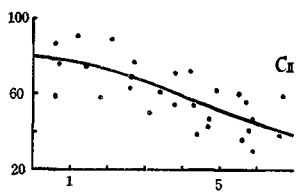
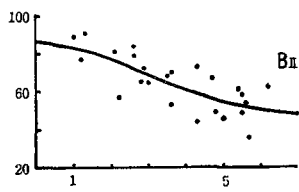
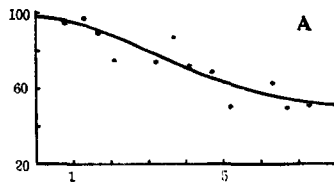
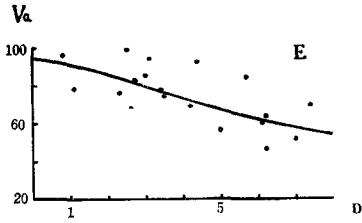
(3) ヒサカキ



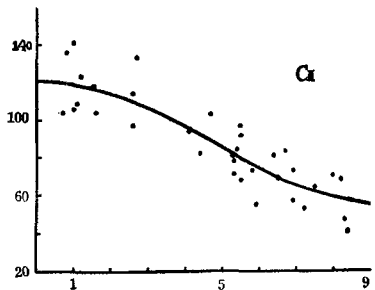
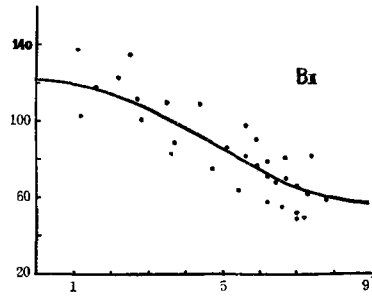
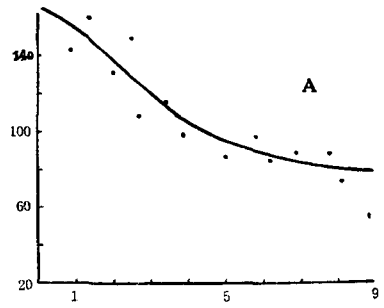
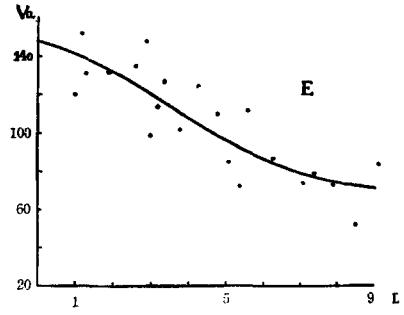
(4) ソヨゴ



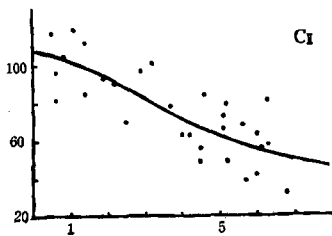
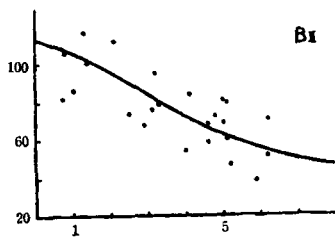
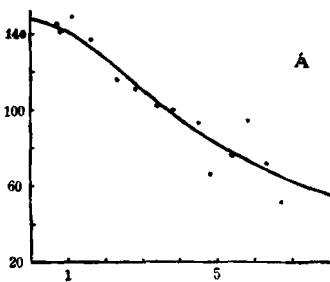
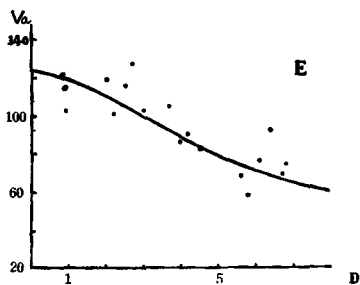
(5) ネズミモチ



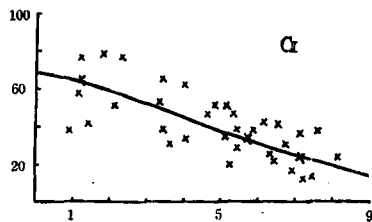
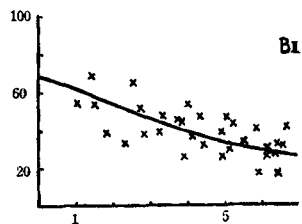
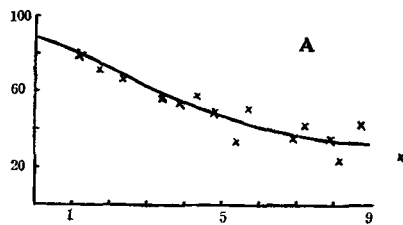
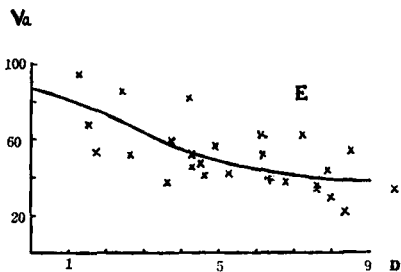
(6) クロキ



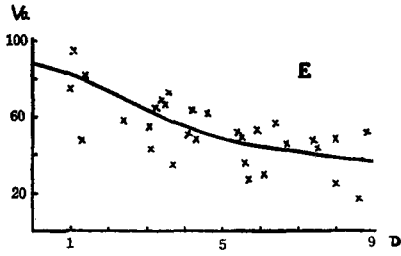
(7) アセビ



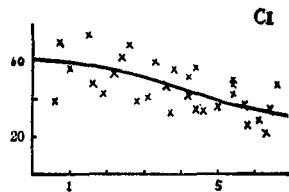
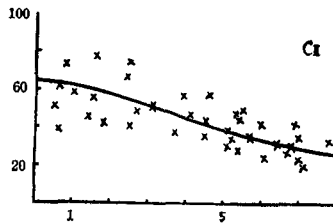
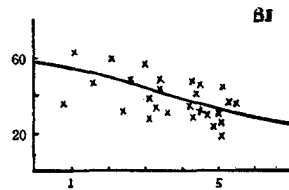
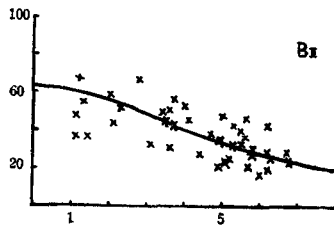
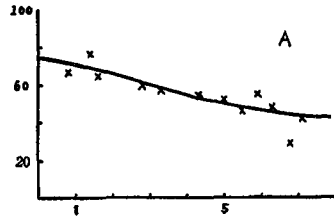
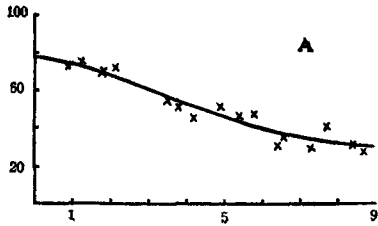
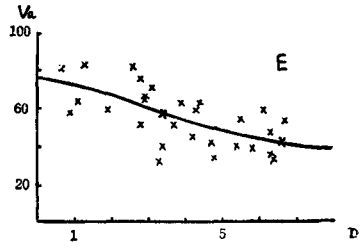
(8) クスギ



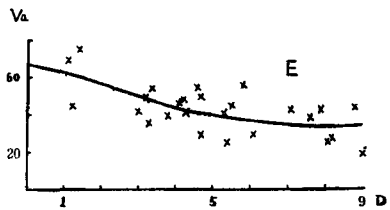
(9) コナラ



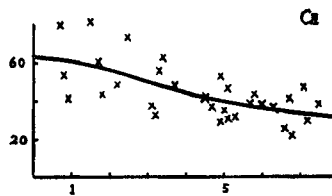
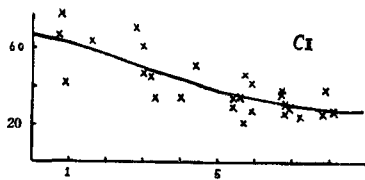
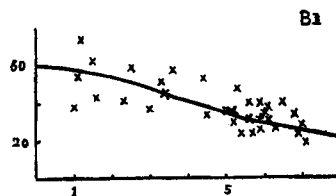
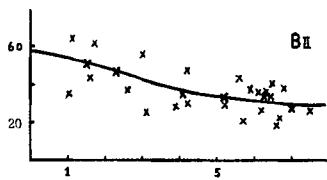
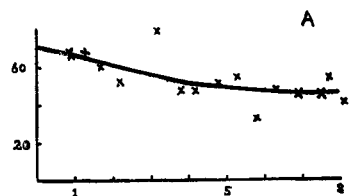
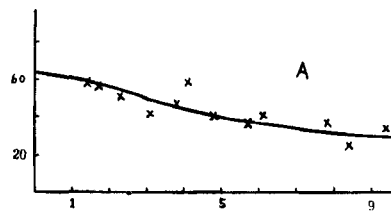
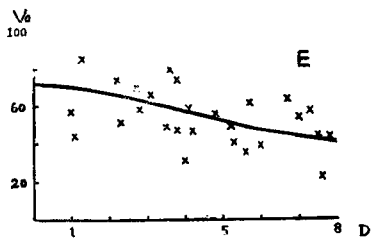
(10) ネジキ



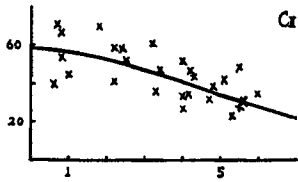
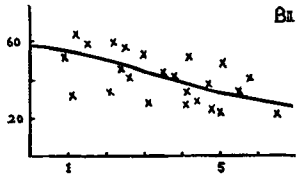
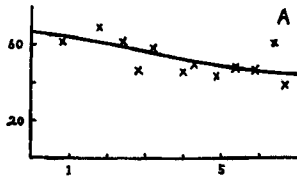
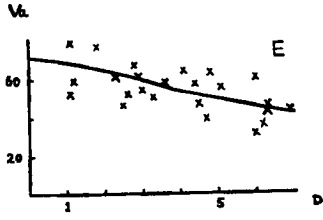
(11) エゴノキ



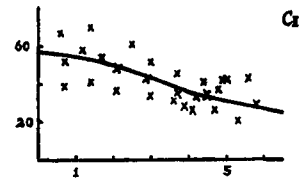
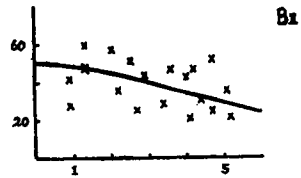
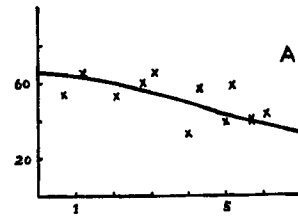
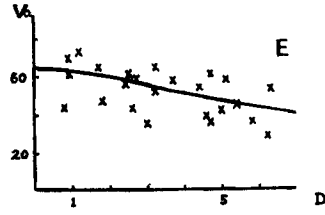
(12) リヨウブ



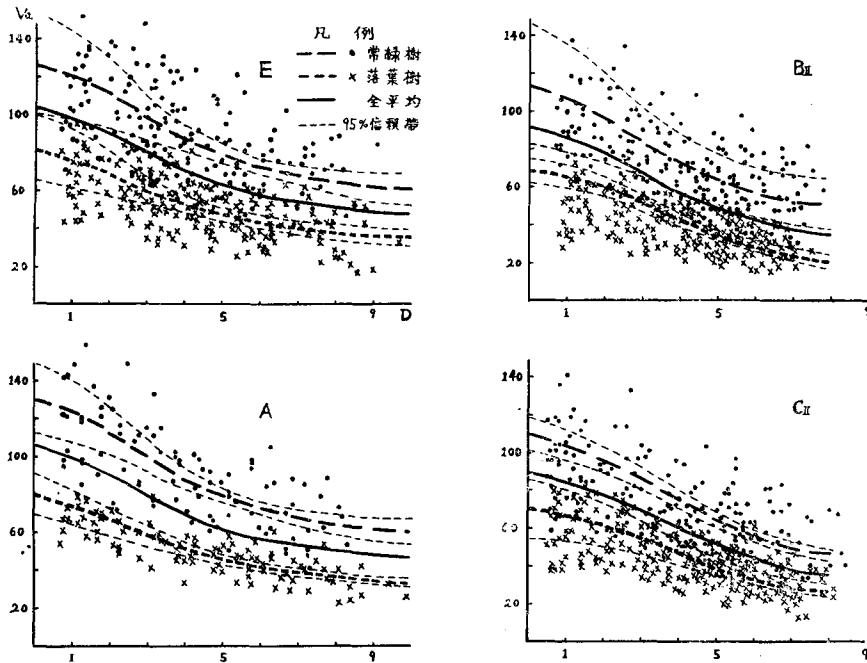
(13) イヌシデ



(14) カマツカ



(15) 常緑樹, 落葉樹, 全平均



4) 曲線式の差の検定

以上によつて求めた樹種別, 林分型別の算出曲線について, 有意差の検定を試みた. 二つの実験式が直線であらわされているときは, 両者の係数によつて容易に差の検定を行い得るが, 二次式以上の場合には簡単でない. その方法についてはなお研究を要するが, ここでは一つの試みとして, 式から導かれた値とその分散を計算して比較することにした.

いまデーミングの最小二乗法を用いて常数 a, b, c を決定し, その残差を S , 個数を n と

すれば $y = a + \frac{b}{c+x^2}$ の分散は $\sigma^2 = \frac{\min S}{n-3}$ で求められる.

つぎに

$$\begin{array}{llll} \sigma_a^2 = C_{11}\sigma^2 & a \text{ の分散} & \sigma_{ab} = C_{12}\sigma^2 & ab \text{ の共変量} \\ \sigma_b^2 = C_{22}\sigma^2 & b \text{ の分散} & \sigma_{ac} = C_{13}\sigma^2 & ac \text{ の共変量} \\ \sigma_c^2 = C_{33}\sigma^2 & c \text{ の分散} & \sigma_{bc} = C_{23}\sigma^2 & bc \text{ の共変量} \end{array}$$

を用いて $f = y - (a + \frac{b}{c+x^2})$ の f の分散を σ_f^2 とすれば, 次式となる. ⁴⁾

4) 木梨謙吉 推計学を基とした測樹学 P. 228 朝倉書店 1954

$$\sigma_f^2 = \text{Var}(f)$$

$$= \sigma^2 \{ C_{11}f_a^2 + C_{22}f_b^2 + C_{33}f_c^2 + 2C_{12}f_a f_b + 2C_{13}f_a f_c + 2C_{23}f_b f_c \}$$

ここに f_a, f_b, f_c は a, b, c につきそれぞれ偏微分したものであるから

$$f_a = -1 \quad f_b = -\frac{1}{c+x^2} \quad f_c = \frac{b}{(c+x^2)^2}$$

となる。これを上記の分散式に代入した次式により分散を求める。

$$\sigma_f^2 = \sigma^2 \left\{ C_{11} + C_{22} \frac{1}{(c+x^2)^2} + C_{33} \frac{1}{(c+x^2)^4} + 2C_{12} \frac{1}{c+x^2} - 2C_{13} \frac{b}{(c+x^2)^2} - 2C_{23} \frac{b}{(c+x^2)^3} \right\}$$

そこで、それぞれの場合について C -乗数を決定し、上式に代入して各 x の値に対する σ_f の値を計算する。自由度 ∞ 、確率 95% の t の値は 1.96 であるから、 $1.96 \sigma_f$ を y の各座標に対して曲線の上下に落せば、第 4 図の (15) に示すように 95% の信頼帯を画くことができる。このようにして各曲線について 95% の信頼帯を画き、この信頼帯が互ひに重り合う二つの曲線では、両曲線を分ける根拠がないものとして、二つの曲線間に有意差がないとし、重り合わないときは有意差が認められるものと判定したのである。

第 21 表 年齢対枝条率曲線式 $y = a + \frac{b}{c+x^2}$ の常数值

林分型 樹種	A			B II			C II			E		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
アラカシ	**61.30	7599.61	98.45	*41.74	6833.49	107.64	48.24	3484.23	74.64	73.94	3260.28	65.73
シラカシ	*46.97	14586.13	168.61	*37.52	9218.75	161.57	47.49	4207.98	87.08	*61.06	8074.05	136.77
ヒサカキ	63.61	2516.20	46.40	46.75	2430.42	36.92	49.28	3655.61	80.73	59.17	2777.52	67.96
ソヨゴ	39.33	6588.69	99.26	51.26	1608.56	30.95	50.81	1690.02	34.34	54.32	3372.30	91.65
ネズモチ	35.43	7631.24	110.76	49.62	2719.22	71.00	42.84	2698.11	57.95	61.37	2103.69	44.63
クロキ	68.33	5795.40	46.60	*41.36	14398.15	151.57	*51.98	9192.45	131.43	68.44	6008.85	127.82
アセビ	**65.68	5539.06	27.68	*46.66	9241.62	191.07	*46.09	6682.10	107.31	66.92	5306.88	128.01
常緑樹 平均	49.66	6286.82	88.48	50.78	3331.11	68.73	49.05	2713.27	46.94	65.90	3517.46	73.44
クヌギ	31.07	2210.49	35.90	29.71	1383.00	27.43	24.91	2873.15	62.37	*41.59	528.31	-5.09
コナラ	24.53	4212.14	61.05	23.55	2878.19	73.35	33.52	1531.03	30.65	37.52	1885.05	31.63
ネジキ	41.02	2302.13	55.68	26.44	2348.31	63.22	31.58	2886.51	76.21	42.16	1899.14	40.32
エゴノキ	27.42	2544.64	65.22	29.38	902.90	10.05	25.30	2828.82	61.53	34.36	866.07	7.38
リヨウブ	39.10	1487.28	31.35	29.28	1394.66	19.28	30.72	2644.46	62.01	44.05	1506.63	38.91
イヌンデ	33.70	6102.67	335.65	28.37	2313.08	67.59	29.54	2581.09	60.35	41.63	2253.94	65.38
カマツカ	37.49	1453.71	35.29	34.63	665.63	21.77	32.60	1166.58	22.33	41.32	1481.60	37.80
落葉樹 平均	30.14	2858.24	67.40	28.13	1815.46	43.74	30.05	2214.15	49.24	49.54	1431.33	28.46
全平均	49.45	3466.64	47.83	40.18	2502.72	56.16	42.28	2117.99	43.17	52.90	2421.06	49.25

(註) *印は第二次補正, **印は第三次補正を行ったもの。

以下に述べる他の曲線式についても、同様にして曲線式の差の検定を行つた。(算出した信頼帯は繁雑を避けるため図示を省略し、第4図(15)および第5図(15)のみに例示した。)

ii. 年齢と枝条率の関係

年齢に対する枝条率の関係は、前項の直径との関係に較べて測定資料のちらばりが大きい、各樹種ともに年齢を増すにつれて枝条率の小さくなる傾向は顕著にあらわれている。そこで、この関係について最も良く適合する実験式を検討したところ、**i**において誘導した曲線式 $y = a + \frac{b}{c+x^2}$ が比較的適合度の高いことを認めたので、前記と全く同様の方法により、曲線式を算出したのである。最終的に決定された各樹種の枝条率曲線式の常数を、林分型ごとに一括表示すれば第21表の通りで、算出曲線と測定値の関係を図示したのが第5図の(1)~(15)である。

これらの各林型別の枝条率曲線についても前項と同様に95%の信頼帯による方法を用いて、曲線相互間の差の検定を試みた。第5図(15)に一例として測定値と曲線式およびその信頼帯の関係を図示する。

iii. 枝条率についての考察

1) 枝条率が樹種、年齢、密度などによつて異なるのみでなく、林木による個体差の大きいことは既に述べたところであるが、第4図または第5図に見られるごとく、多数測定資料の分布範囲および、その平均状態を求めるときは、一定傾向の曲線として示し得るものである。すなわち、胸高直径に対する枝条率曲線として誘導した(3)式は、密度と樹種を限定すれば、各林分型に生育する広葉樹に対しきわめてよく適合し、第4図(1)~(15)に見られるように、枝条率は胸高直径が大きくなるにつれて小さくなる。しかも胸高直径が1~2cm附近では、曲線は緩かに下降するが、それより径級を増すと急下降し、直径4~5cm附近より再び枝条率の下降割合は小さくなる傾向が窺取できる。この性質はE, A, B_{II}, C_{II}の各林分型の各樹種ともに認められるから、幹材積と枝条材積の成長割合の差異に起因するものといえよう。

2) 年齢と枝条率との関係も、第5図に見るように、ほとんど(3)式によつてあらわすことができる。従つて枝条率は年齢と逆相関にある。しかし、枝条率の年齢に対する関係は、直径に対する関係よりも、そのちらばりの範囲が大きい。このように樹種、密度を一定にしたときの枝条率が、年齢よりも胸高直径との関係においてよく適合することは、地位によつて幹および枝条の材積成長量が異なるためと考えられる。すなわち、年齢と幹材積の間には後でのべるように地位による顕著な差異があるにかかわらず、年齢と枝条率の間には第5図(1)~(14)に明らかなごとく地位との関係が少いためといふことができよう。

3) 中林形林分における広葉樹の枝条率は、その成立過程における林型の違いによつて明瞭な差異を示し、

$$A > B_{II}$$

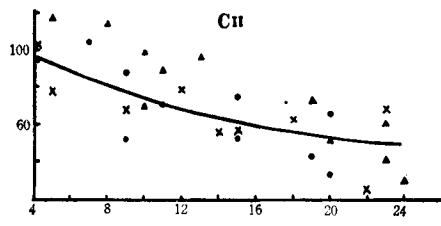
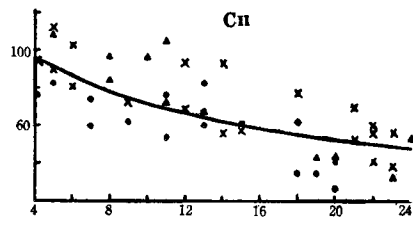
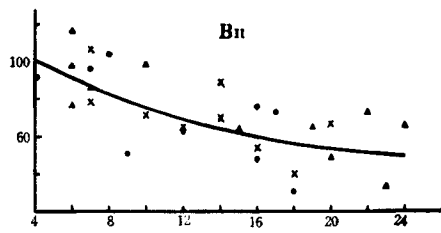
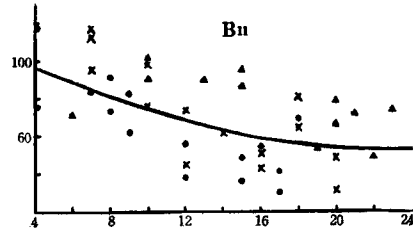
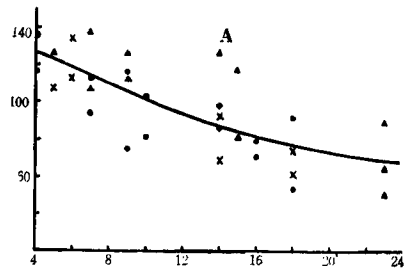
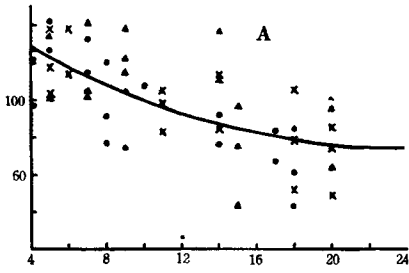
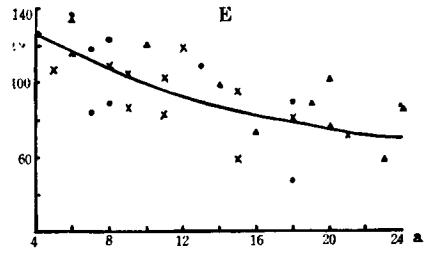
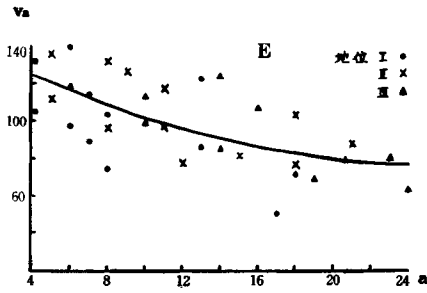
$$A > C_{II}$$

$$B_{II} \doteq C_{II}$$

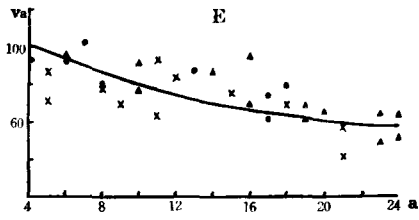
第5図 年齢対枝条率

(1) アラカシ

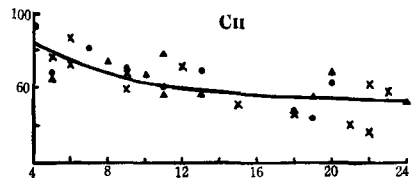
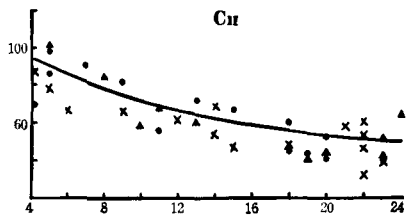
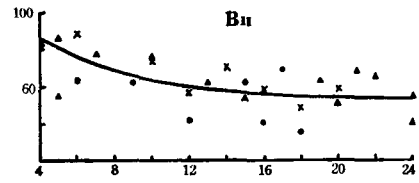
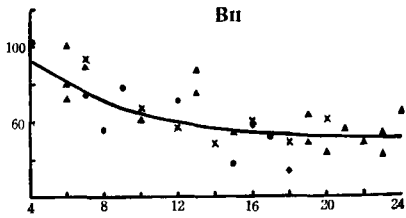
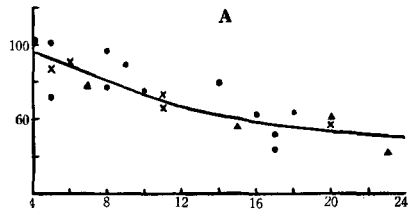
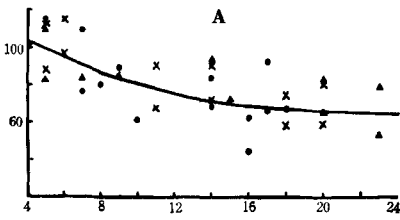
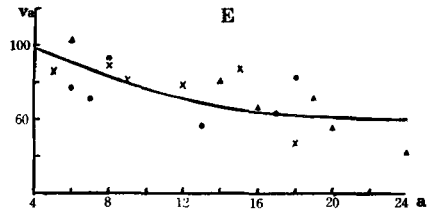
(2) シラカシ



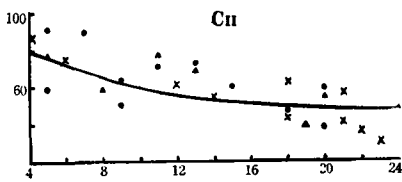
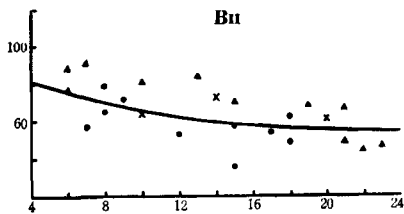
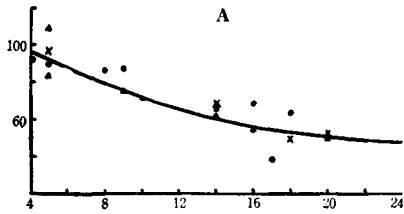
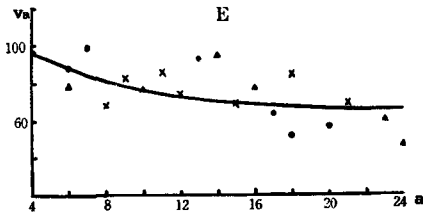
(3) ヒサカキ



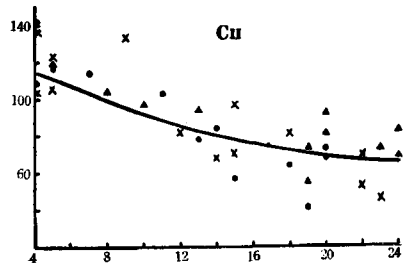
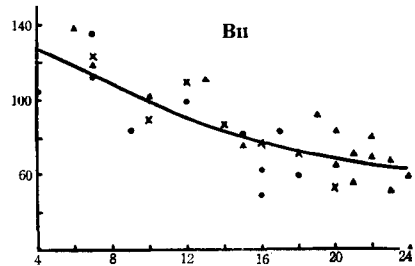
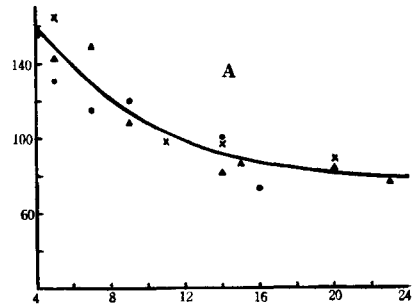
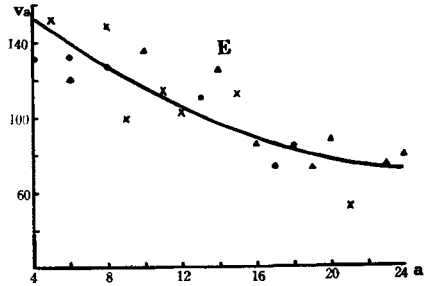
(4) ソヨゴ



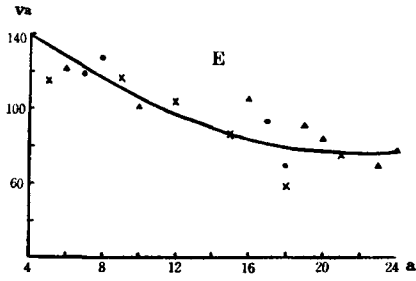
(5) ネズミモチ



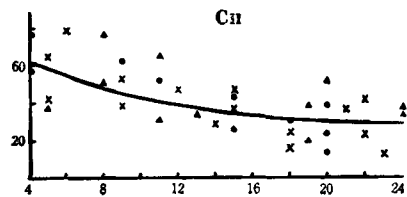
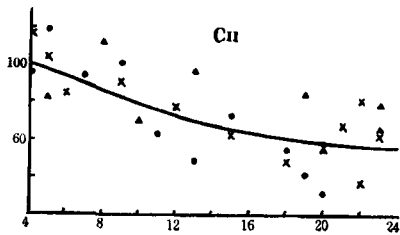
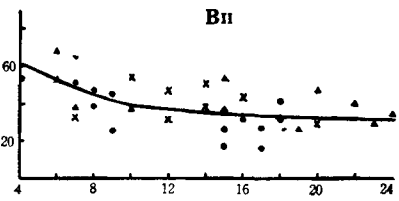
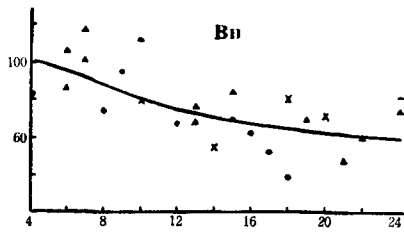
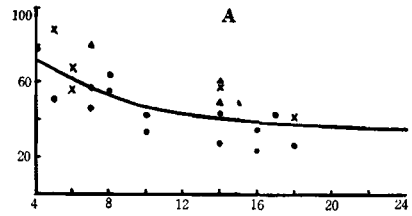
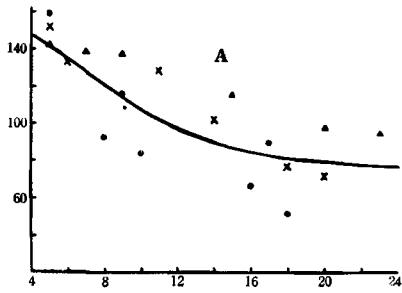
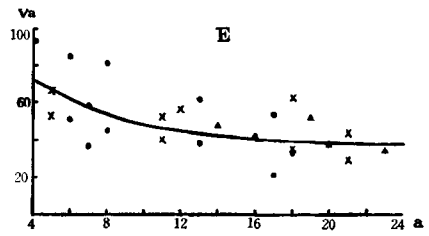
(6) クロキ



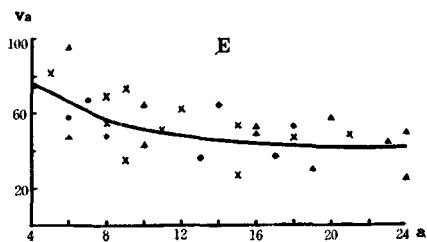
(7) アセビ



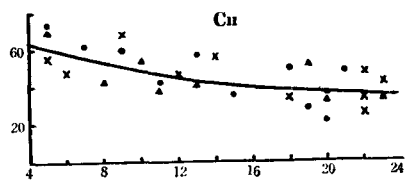
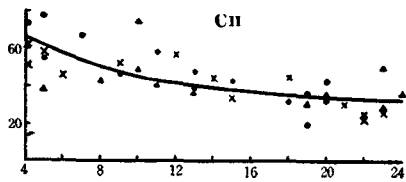
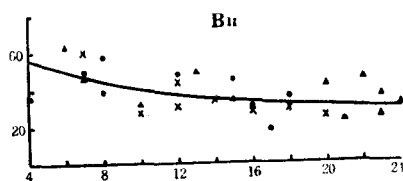
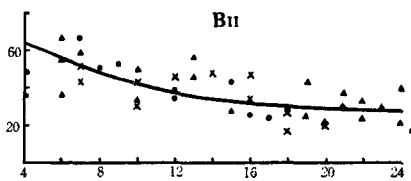
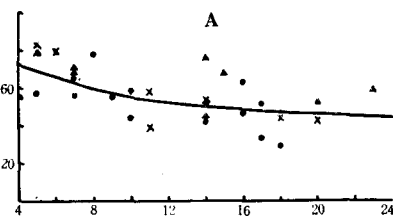
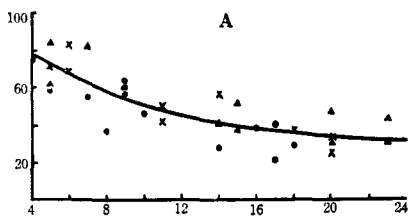
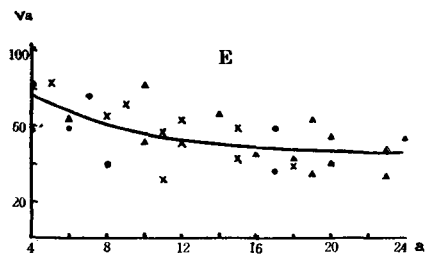
(8) クヌギ



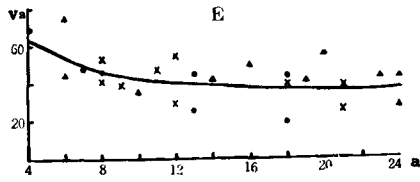
(9) コナラ



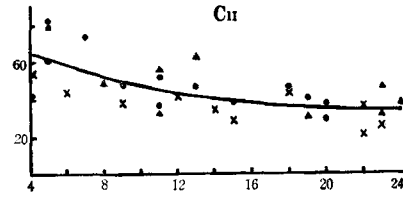
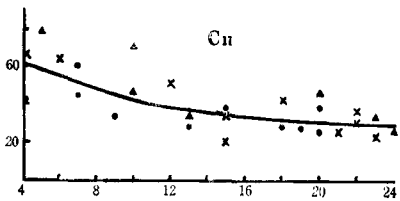
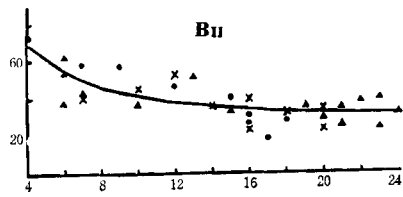
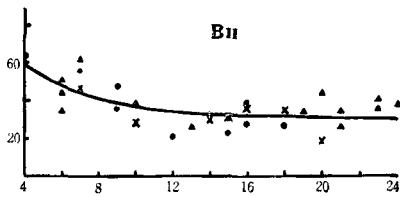
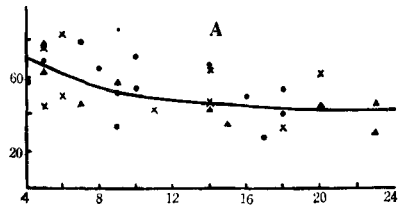
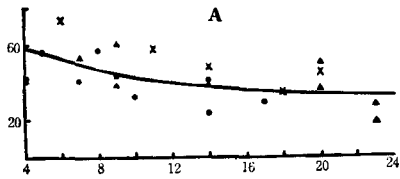
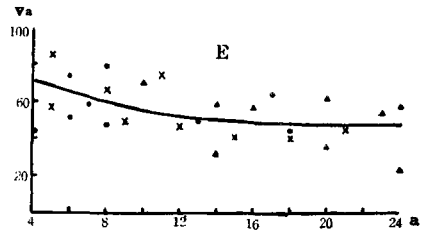
(10) ネジキ



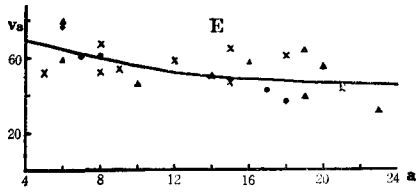
(11) エゴノキ



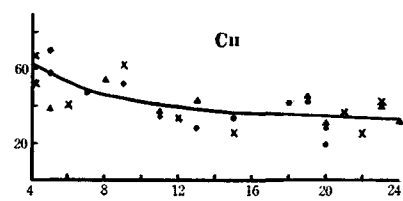
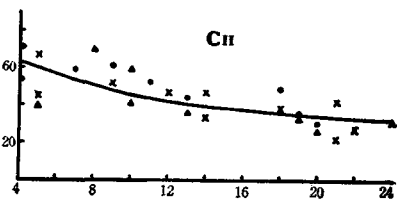
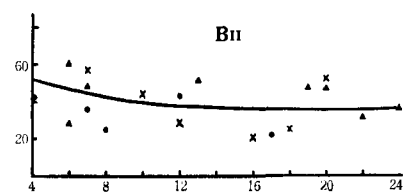
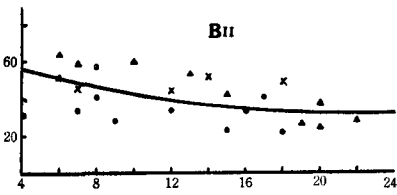
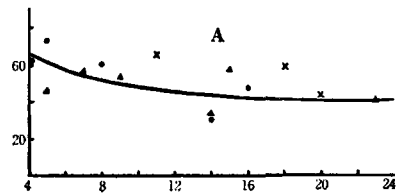
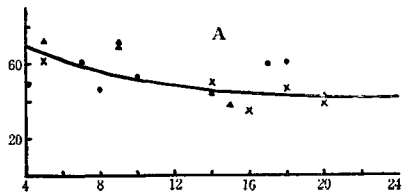
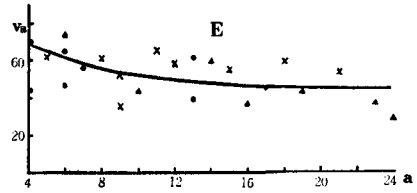
(12) リヨウブ



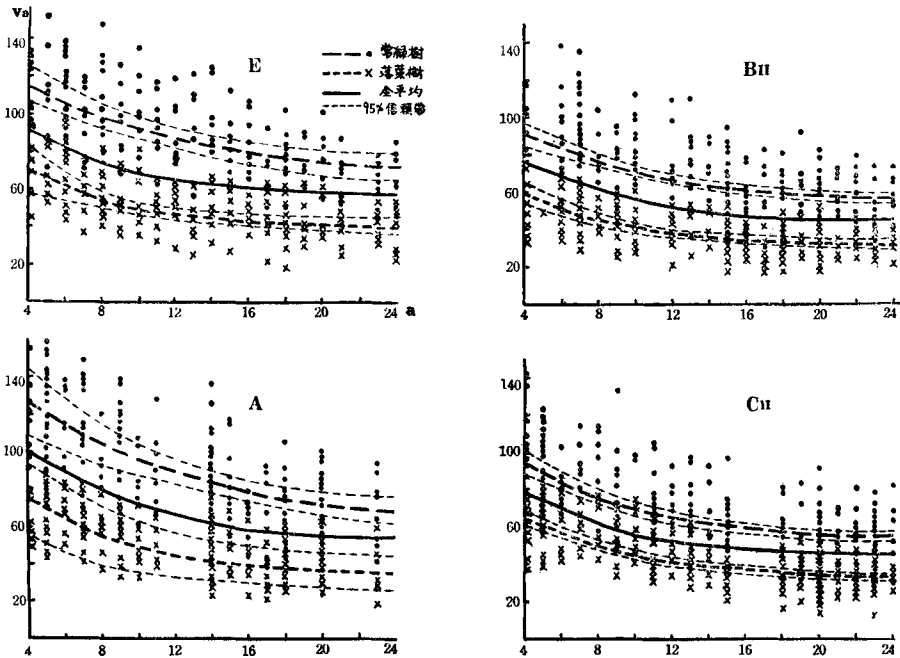
(13) イヌシデ



(14) カマツカ



(15) 常緑樹, 落葉樹, 全平均



の関係が各樹種について認められる。然るに比較のために調べたE林分すなわち広葉樹の一斉的薪炭林の枝条率は

$$E \doteq A$$

である。従つて

$$E > B_{II}$$

$$E > C_{II}$$

である。いま、AとB_{II}, AとC_{II}, EとB_{II}, EとC_{II}などの常緑樹, 落葉樹別平均および全平均値について差の検定を行うと、直径または年齢の大きいところでは、これらの林分型相互間に有意差を示すが、AとE, B_{II}とC_{II}の間には全く有意差を認められない。これは、AおよびEが一斉林的であるのに対して、B_{II}およびC_{II}がアカマツの下層広葉樹林として二段林の下木を形成するためと考えられ、枝条率が上木の庇蔭によつて著しく異なることを示すものである。

なお、AおよびEについて各樹種ごとに曲線を検討するに、年齢（または直径）の小なるうちは、枝条率に大きな差異が見られないが、年齢（または直径）の大となるに従つて、その枝条率がA < Eとなる傾向がある。これは、A林分型の広葉樹がアカマツと混交し、初期においては広葉樹の成長がアカマツにまさるが、漸次競合して林齢8年ないし12~13年にいたれば、逆にアカマツが広葉樹の樹冠層を抜き、それ以後は広葉樹が下層となるためと考えられる。

また B_{II} および C_{II} 林分の林床に更新したアカマツ更新樹については、わずかながら $B_{II} < C_{II}$ の関係が見られたが⁵⁾、下木広葉樹の枝条率については、各樹種を通じての共通的な差異は判然と認められない。

4) 枝条率が樹種によつて異つた傾向を示すことは、当然考えられるが、薪炭樹種についてはこれまでほとんど研究されていない。この研究は常緑樹7, 落葉樹7, 計14樹種を対象としたものであるが、第4図(15)および第5図(15)に見られるように、常緑樹は全般的に落葉樹よりも枝条率が大きく、両者の差の検定を行うときは明らかに有意差が認められる。しかし樹種別の枝条率曲線について検定を試みると、常緑樹の樹種間には有意差のあるものもあるが、落葉樹の各樹種間には有意差は認められない。

いま、これらの樹種について、枝条率の大きいものの順にならべると、一斉林的な林分型AおよびEでは次の通りになる。

(クロキ) > (アラカシ) ≒ (シラカシ) ≒ (アセビ) > (ソヨゴ) ≒ (ネズミモチ) ≒ (ヒサカキ)
> (クスギ) ≒ (コナラ) ≒ (リヨウブ) ≒ (ネジキ) ≒ (イヌシデ) ≒ (エゴノキ) ≒ (カマツカ)

この順序は比較する年齢または胸高直径によつて変ることもあるので、大体の傾向を示したに過ぎない。ことに落葉樹の樹種間では、枝条率によつて樹性の特徴をつかむことは困難である。またアカマツ林の下木として生育する B_{II} , C_{II} の広葉樹について、樹種別の枝条率を比較すると、その順序は次の通りである。

(クロキ) > (アラカシ) ≒ (シラカシ) ≒ (アセビ) > (ソヨゴ) ≒ (ネズミモチ) ≒ (ヒサカキ)
> (リヨウブ) ≒ (ネジキ) ≒ (イヌシデ) ≒ (クスギ) ≒ (コナラ) ≒ (エゴノキ) ≒ (カマツカ)

すなわち、アカマツ上木の庇蔭によつて、各樹種ともに枝条率は小さくなるが、その順序には大きな変化は見られない。この順序が、樹種の耐蔭性をほぼ表現していると認められることは注目すべきであろう。

III. 樹幹の形状構成因子

樹幹の形状や大きさを知る方法としては、幹の通直度や断面の形のほか、しばしば年齢、樹高、胸高直径、幹材積などが測定される。ここでは、蒐集した資料を林分型ごとに樹種別に区分し、年齢に対する胸高直径、樹高、幹材積、胸高形数などの関係を調べ、更に胸高直径と樹高ならびに胸高形数などについても曲線式による適合度の検討を試みることによつて、アカマツと共生的に生育する主要広葉樹の特性を探求することとした。

i. 胸高直径

年齢と胸高直径との関係式は、従来長岡、寺崎、吉田その他の学者により発表せられているが、これらはいずれも相当の年数を経た大径級の林木について研究されたものである。このような成長曲線式が、果して年齢の若い広葉樹の小径木にも適合するものであるかを知る一つの試みとして、吉田博士の同齡単純林における林木の総成長曲線式を用い、その適合度を検討したところ、AおよびE林分型の数樹種以外には全く適合しないことが明らかとなつた。すなわち本資料のごとく、4~24年生の若い広葉樹林、ことにアカマツ林下に生育する広葉樹に対しては、この曲線式は不適當と認められる。その他の曲線式について

5) 井上由扶 アカマツ中林形作業法の研究 第二報 九大演習林報告 第22号 p.44 1953

第 22 表 年令対胸高直径曲線式 $y=c+bx+ax^2$ の常数值

樹種	A			B _{II}			C _{II}			E		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
アラカシ	-0.0005	0.4064	-0.4398	-0.0091	0.5419	-0.7786	-0.0056	0.4261	-0.0530	-0.0052	0.4772	-0.5898
シラカシ	-0.0148	0.7655	-2.2508	-0.0202	0.8547	-2.7221	-0.0070	0.4360	-0.0831	-0.0059	0.4707	-0.5853
ヒサカキ	-0.0117	0.5713	-1.5884	-0.0139	0.6140	-2.0206	-0.0033	0.3176	-0.1333	-0.0048	0.3812	-0.6522
ソヨゴ	-0.0078	0.5401	-1.0998	-0.0161	0.6443	-1.8314	-0.0078	0.3819	-0.0995	0.0004	0.2716	0.1352
ネズミ モチ	-0.0130	0.7081	-2.0427	-0.0215	0.8338	-3.0822	-0.0044	0.3454	-0.1011	-0.0049	0.4402	-0.9422
クロキ	-0.0138	0.7228	-1.7181	-0.0177	0.8159	-2.5655	-0.0023	0.3874	-0.0701	-0.0082	0.5933	-1.5818
アセビ	-0.0083	0.5266	-1.6691	-0.0183	0.7690	-2.8314	-0.0016	0.3110	-0.0820	-0.0077	0.5009	-1.3809
常緑樹 平均	-0.0109	0.6200	-1.5642	-0.0152	0.6864	-2.0077	-0.0048	0.3741	-0.0768	-0.0061	0.4619	-0.7793
クヌギ	0.0758	0.3607	11.1337	-0.0196	0.8020	-2.2780	-0.0056	0.4300	-0.0589	-0.0159	0.7774	-1.5424
コナラ	-0.0150	0.7825	-2.0977	-0.0191	0.7830	-2.2160	-0.0040	0.3827	-0.0764	-0.0106	0.6505	-1.5092
ネジキ	-0.0095	0.5654	-1.2967	-0.0142	0.6017	-1.4520	-0.0032	0.3303	-0.0573	-0.0057	0.4349	-0.6481
エゴノキ	-0.0087	0.5916	-1.1026	-0.0217	0.8942	-2.8609	-0.0067	0.4651	-0.1457	-0.0102	0.6303	-1.3689
リョウブ	-0.0086	0.5776	-1.1734	-0.0220	0.9008	-3.0952	-0.0068	0.4435	-0.0924	-0.0064	0.4836	-0.5849
イヌシデ	-0.0050	0.4490	-0.9488	-0.0177	0.7131	-2.1824	-0.0052	0.3558	-0.0794	-0.0061	0.4526	-0.8811
カマツカ 落葉樹 平均	-0.0100	0.5643	-1.6668	-0.0107	0.5001	-1.1369	-0.0054	0.3304	-0.0602	-0.0076	0.4778	-0.9513
全平均	-0.0107	0.6223	-1.4964	-0.0165	0.7175	-2.1002	-0.0049	0.3805	-0.0786	-0.0073	0.5072	-0.9105

(註) A林分型のクヌギのみは曲線式 $y = \frac{x^2}{c+bx+ax^2}$ を用い、その常数值を掲げた。

も若干の検討を加えた結果、林木の初期の成長曲線は、むしろ最も単純な次の一般二次式によつて比較的よく表現できることを認めた。

$$y = ax^2 + bx + c$$

ただし y …胸高直径 x …年齢 a, b, c …常数

いま II 項の場合と同様にして、この式を用いて最終的に決定された各樹種の曲線式の常数值を、林分型ごとにまとめて示すと第 22 表の通りである。ただし、この表のうちで A 林分型のクヌギのみは、この曲線式では適合する常数值を見出し得なかつたので、検討を加えた各種曲線式のうち最も良く適合した

$$y = \frac{x^2}{ax^2 + bx + c}$$

を用いることとし、第 22 表の常数值はこの式による常数值を掲げた。

次に、各標準木の測定数値と曲線式との関係を、それぞれの地位別に検討した。その方法は、A, B_{II}, C_{II} の各林分型はアカマツと広葉樹の一斉的混交林または二段的混交林である

から、各標準地で、あらかじめ定められたアカマツの地位 **I, II, III** 等地をそのまま広葉樹に用いた場合、地位級に分けた各資料が第 22 表の曲線式に対して如何なる分布を示すかを調べた。第 6 図 (1)~(14) の **A, B_{II}, C_{II}** の測定値は記号によつてアカマツによる地位を表わしたものであるが、アカマツと共生的に生育するこれら各広葉樹の直径成長は、ほとんどアカマツの地位と一致することが認められる。この事実を更に具体的に把握するため、次の方法を試みた。(各樹種についての計算は省略し、第 6 図にあらわした。)

まず、林分型別、樹種別に、測定資料を齡階によつて分ける。1 齡階に属する測定資料数を n 個とし、その胸高直径を $d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ とする。第 22 表によつて計算されるその齡階の胸高直径(基準値)を d とすると、

$$\sigma = \sqrt{\frac{S(d_n - d)^2}{n-1}}$$

$$\therefore CV = \frac{\sigma}{d} 100$$

によつて各齡階の変異係数 CV を計算できる。年齢を x 軸、 CV を y 軸にとつて CV の平均値を求め、これを査定 CV とする。

$$\Delta = (\text{基準値}) \times (\text{査定 } CV)$$

より各齡階における Δ を求め、基準値より上下に $\frac{1}{2}\Delta$, $\frac{3}{2}\Delta$ の点を結ぶ 4 本の線をひくことにより、3 帯に分割する。

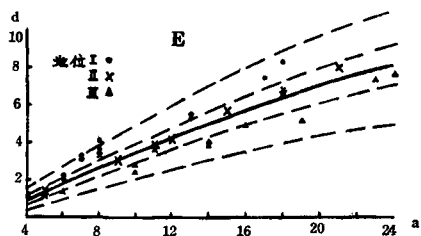
いま、上帯に入る資料の標準地をその樹種の **I** 等地、中帯に入るものを **II** 等地、下帯に入るものを **III** 等地とする。このようにして、**A, B_{II}, C_{II}** の各樹種を検討すると、第 6 図 (1)~(14) に見られるように、各測定値は大部分が上下の $\frac{3}{2}\Delta$ 線の帯幅内に入り、かつ上下の $\frac{1}{2}\Delta$ 線によつて分割された 3 帯と、アカマツの地位級であらわした広葉樹資料の記号とは、かなりよく一致するのである。すなわち、アカマツの **I** 等地は、これと混生する各広葉樹に対しても **I** 等地であり、アカマツの **III** 等地は各広葉樹の **III** 等地であると考えて大過あるまい。

なお、本資料は、現実に中林形作業を実行中の多数標準地林分より標準木として蒐集したので、下木広葉樹の伐期はアカマツの地位と関連して定められており、その伐期齡は **I** 等地 18~20 年、**II** 等地 20~22 年、**III** 等地 22~24 年である。従つて 4~20 年生までの資料は各地位の標準地より採取できたが、21~24 年生の資料は、上地位のものがなかつたので、各樹種を通じて、21~24 年生の資料は下地位のものである。そのため、全資料の平均値として算出された第 22 表の曲線は、広葉樹の伐期近くにおいて幾分低い値をとる。この事實は、上記の地位別資料について算定した曲線との比較によつても確かめられた。ゆえに、第 22 表によつて表わされる曲線は、**II** 等地の資料のみについて算定した曲線または 20 年生以下の資料のみについて求めた曲線を参考として、必要に応じ一部の修正を施さねばならない。以上のようにして算定された最終的な曲線と、それぞれの測定値との関係を図示したのが第 6 図 (1)~(15) である。

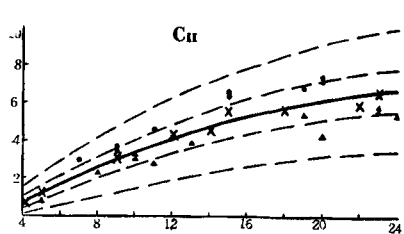
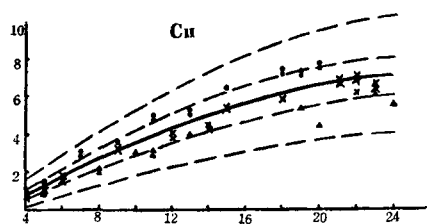
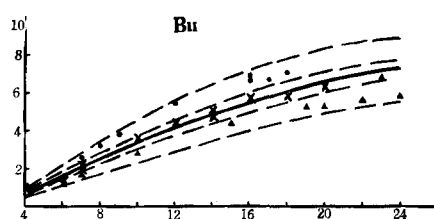
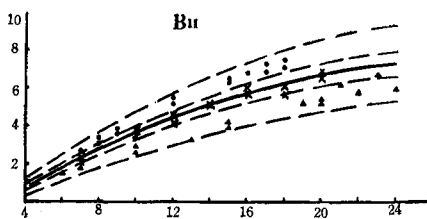
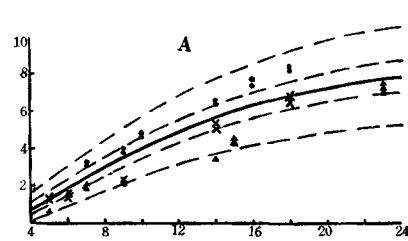
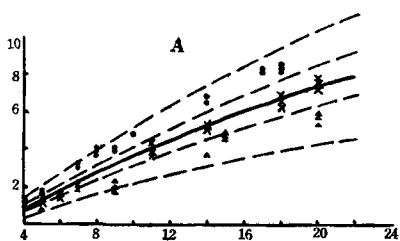
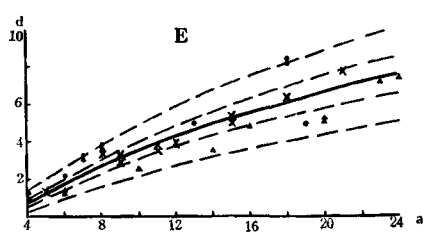
これらの各林型別、樹種別の直径曲線式についても、**II, i, 4**) に述べた 95% の信頼帯による方法を用いて、曲線式相互間の差の検定を試みた。その一例として第 6 図 (15) に林分型別の全樹種平均値について、測定値と曲線式およびその信頼帯の関係を図示した。

第6図 年齢対胸高直径

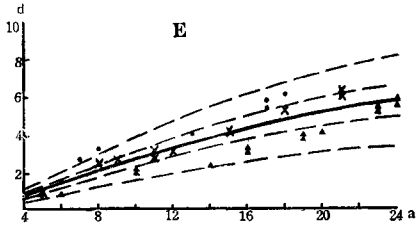
(1) アラカシ



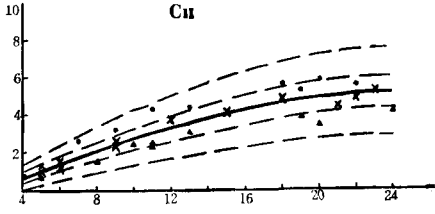
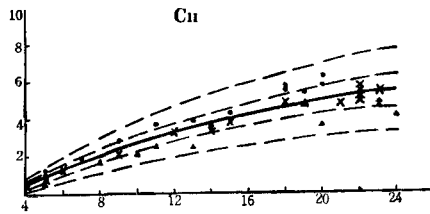
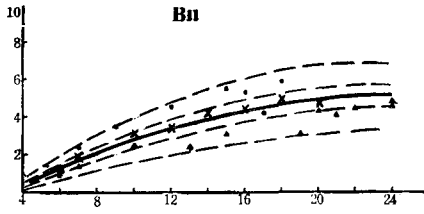
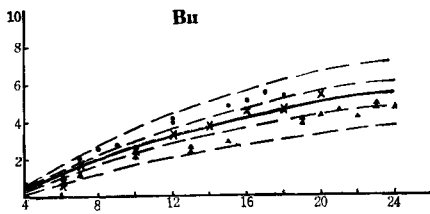
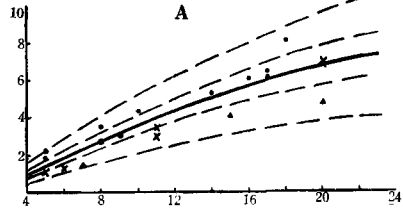
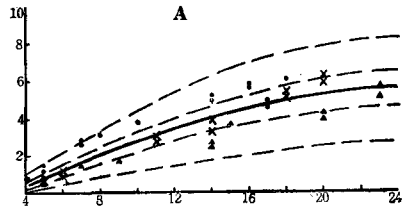
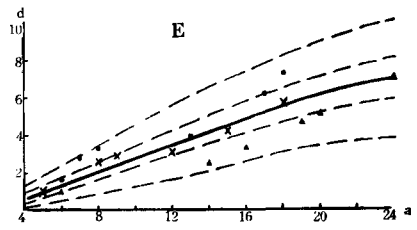
(2) シラカシ



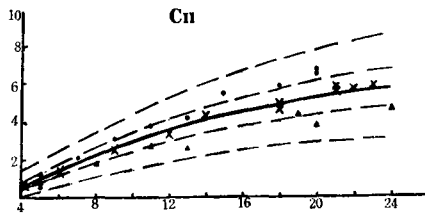
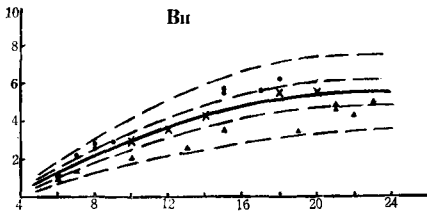
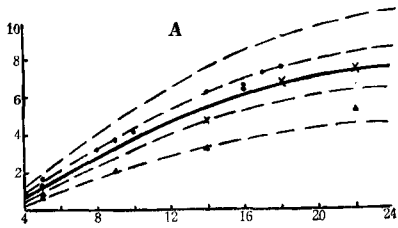
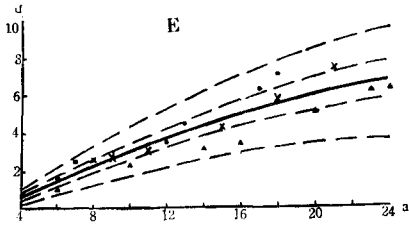
(3) ヒサカキ



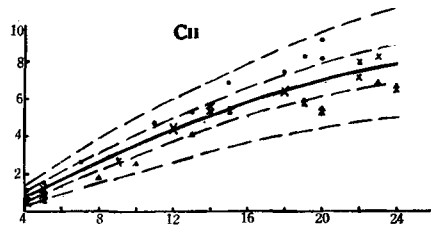
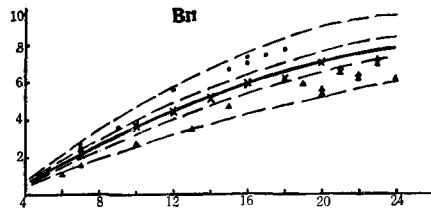
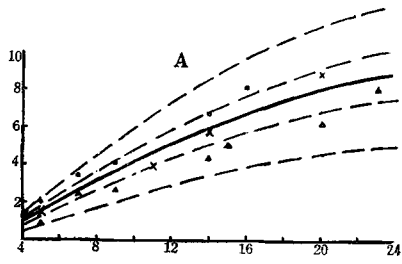
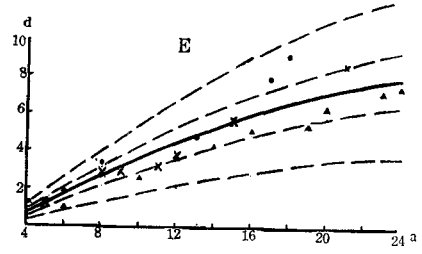
(4) ソヨゴ



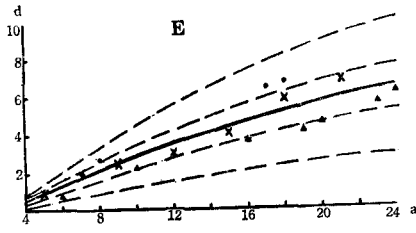
(5) ネズミモチ



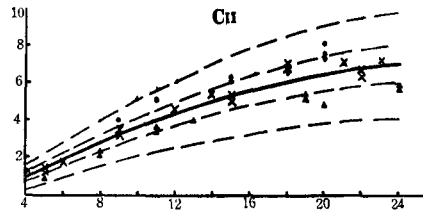
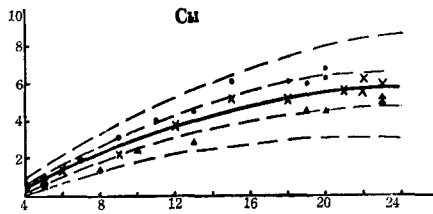
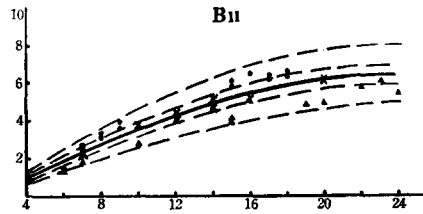
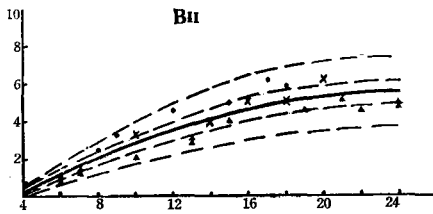
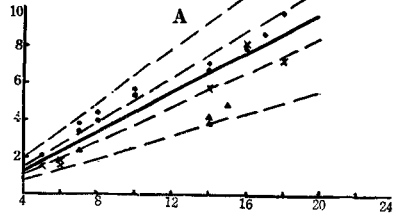
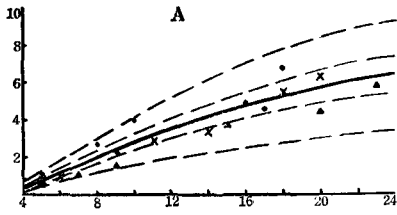
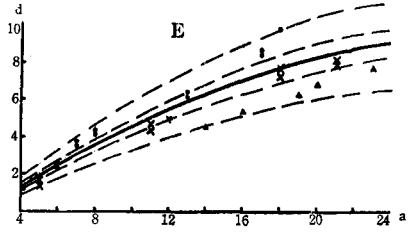
(6) クロキ



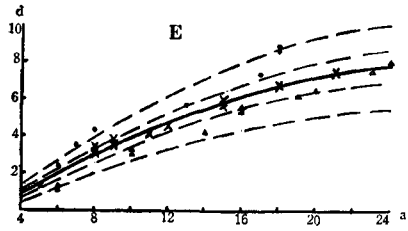
(7) アセビ



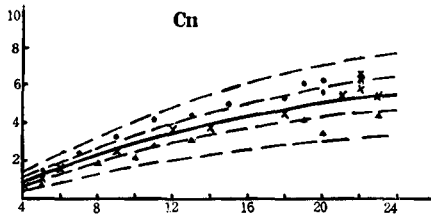
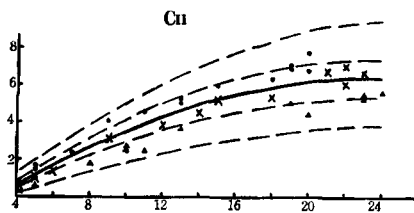
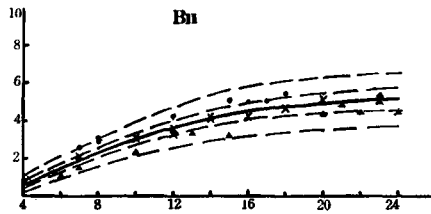
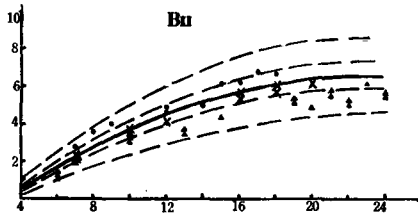
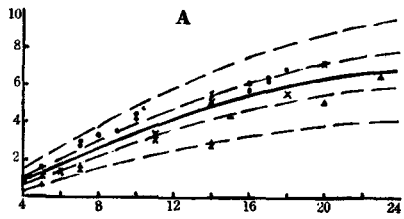
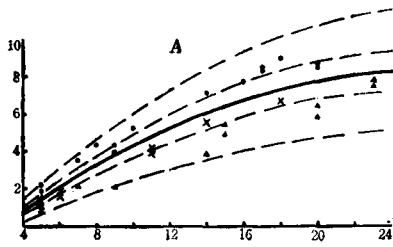
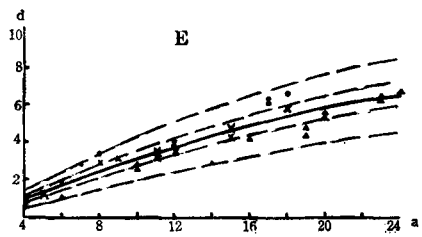
(8) クヌギ



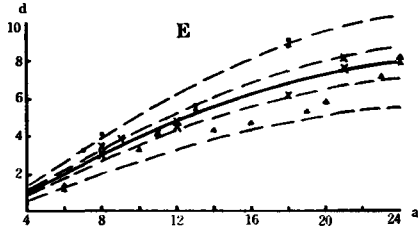
(9) コナラ



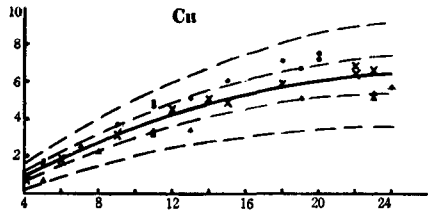
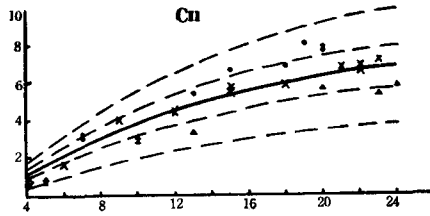
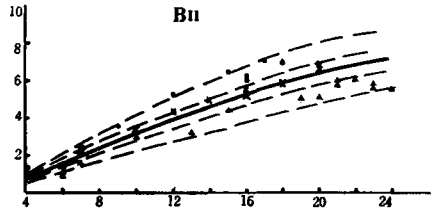
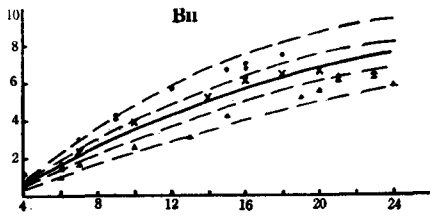
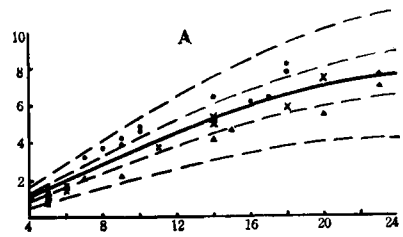
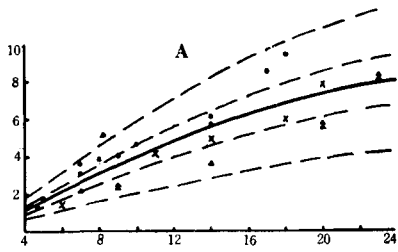
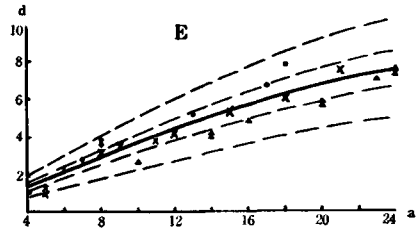
(10) ネジキ



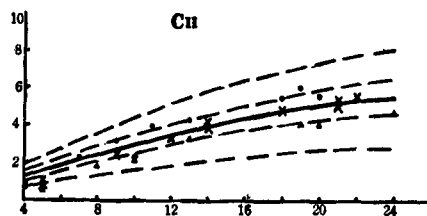
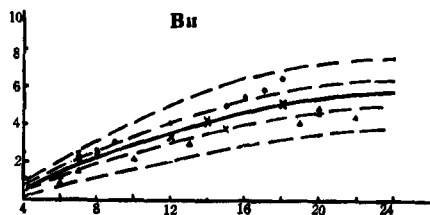
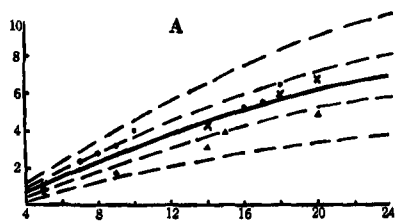
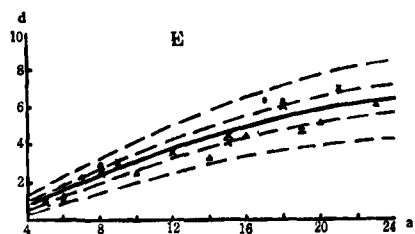
(11) エゴノキ



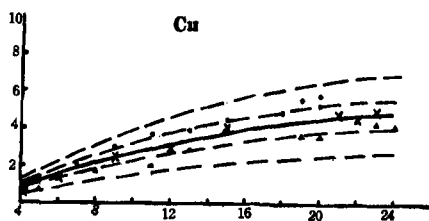
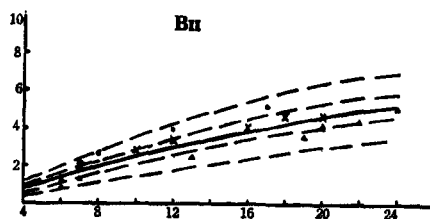
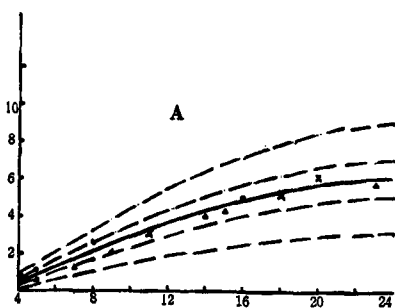
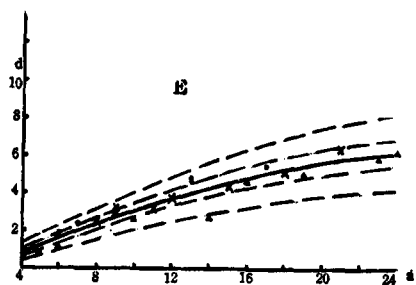
(12) リヨウブ



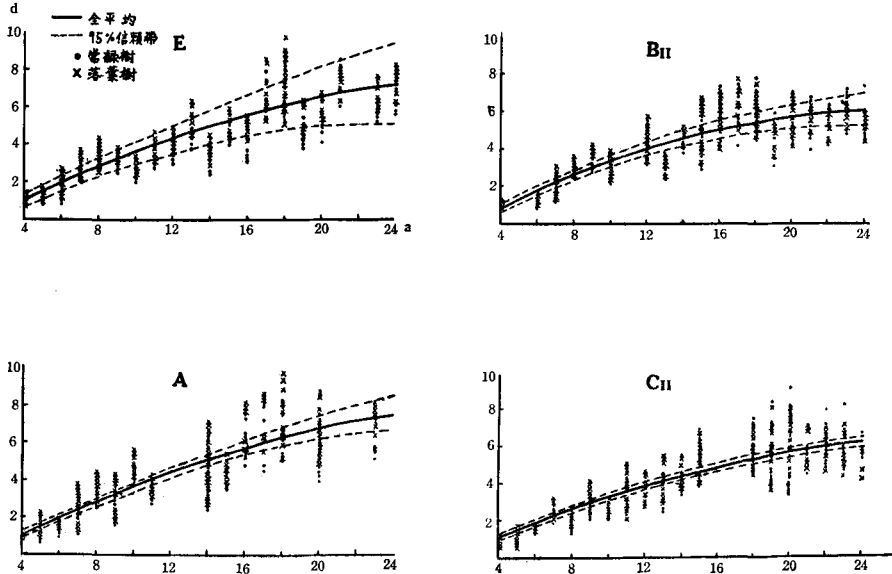
(13) イヌシデ



(14) カマツカ



(15) 常緑樹, 落葉樹, 全平均



この方法によると、直径成長曲線は、樹種間には有意差のあるものもあるが、林分型間には曲線の一部に有意差を認めるものが2, 3の樹種に見られるほか、大部分は差異がないものといえる。

ii. 樹高

年齢と樹高との間には、第7図に見られるごとく、かなり高い相関々係がある。これを曲線式として表わすため、種々の成長曲線式につき、本資料による実験式を求め、その適合度を検討した。その結果、各林分型に生育する広葉樹ともに、次式が最もよく適合することを認めた。

$$y = \frac{x^2}{ax^2 + bx + c}$$

ただし y …樹高 x …年齢 a, b, c …常数

そこで II 項の場合と同様にして、林分型別、樹種別に、最小二乗法によりこの曲線式の常数を求めて実験式とした。各樹種の実験式の常数値を、林分型ごとにまとめて示すと第23表および第7図(1)~(15)の通りである。

次に胸高直径の場合と同様に、各標準木の測定値と上記実験式との関係を、地位別に検討した。すなわち、樹高の大、小は最もよく地位を示すと見られるので、アカマツ中林の収穫表に基づいて決めた各標準地の、アカマツに対する地位級 I, II, III 等地を、そのまま広葉樹に適用した場合、各標準木の測定樹高は第23表の実験式に対して、どのような分布を

第 23 表 年齢対樹高曲線式 $y = \frac{x^2}{c+bx+ax^2}$ の常数值

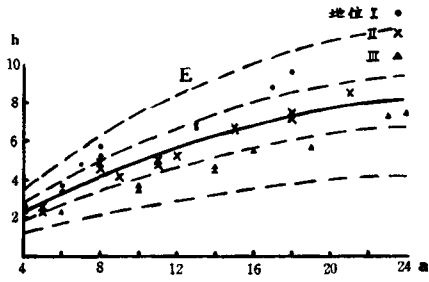
林分型 樹種	A			B _{II}			C _{II}			E		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
アラカシ	-0.0303	3.0240	-4.1695	0.0653	1.6200	-0.6510	0.0745	1.1216	2.7139	0.0825	1.1436	0.8951
シラカシ	0.0138	2.2917	-1.6201	0.0380	2.1487	-1.4068	0.0752	1.3443	2.0924	0.0749	1.3841	0.0674
ヒサカキ	0.1137	1.5460	1.1425	0.0714	2.7474	-1.0358	0.1278	1.2921	3.1590	0.1579	1.2426	2.5723
ソヨゴ	0.0937	1.8484	-1.1571	0.0762	2.1709	0.6096	0.0798	2.0964	0.0365	0.1461	0.7605	5.3294
ネズミモチ	0.0769	1.5933	-0.3961	0.3355	-4.2004	-32.5000	0.1061	1.2491	4.6145	0.0832	2.4105	-3.8577
クロキ	0.0725	1.8772	-2.1063	0.0553	2.0688	-0.6133	0.0463	2.2798	1.0952	0.0714	2.3792	-3.4686
アセビ	0.1367	1.1799	4.8646	0.0213	3.6735	-2.5509	0.1163	1.6290	2.9058	0.0857	2.8833	-3.7222
常緑樹 平均	0.0511	2.3292	-2.4194	0.0556	2.3454	-0.8342	0.0853	1.6179	1.7814	0.1249	1.2556	0.9229
クヌギ	0.0584	1.3940	-0.3735	0.0803	1.6414	0.1753	0.0173	2.8803	-4.0102	0.1289	0.1042	3.7611
コナラ	0.0552	1.7132	-0.7431	0.0521	2.3162	-1.9915	0.0867	1.3345	2.3227	0.0525	1.6352	-0.6612
ネジキ	0.1105	1.0593	0.7494	0.0752	1.9064	-0.5000	0.1198	0.7655	3.7127	0.1360	0.7079	1.6692
エゴノキ	0.0922	1.1268	-1.1766	0.0501	2.0152	-1.3197	0.1005	0.7507	2.7352	0.0946	0.9702	0.3242
リョウブ	0.0647	1.4209	0.3860	-0.0136	3.6151	-6.2199	0.1269	0.4581	3.9633	0.1491	0.1089	3.0937
イヌシデ	0.0961	1.3944	0.4425	0.0399	2.5831	-2.0809	0.0665	2.2459	-2.1818	0.1821	-0.6193	8.9220
カマツカ	0.0391	4.0160	-8.5389	0.0497	2.8847	-2.8493	0.1545	0.4449	5.7017	0.1389	0.3620	4.8403
落葉樹 平均	0.0980	1.1207	0.9558	0.0474	2.3778	-1.9325	0.0934	1.3107	1.6745	0.1205	0.6315	2.4448
全平均	0.0810	1.6014	-0.1997	0.0514	2.3709	-1.4601	0.0883	1.4900	1.6540	0.1210	0.9507	1.6207

示すかを調べたのである。第 7 図 (1)~(14) の A, B_{II}, C_{II} の測定値は、各樹種ともに記号によつてその生育した標準地の地位を表わしたものであるが、樹高成長は、庇蔭の有無にかかわらず、各広葉樹ともにアカマツの地位とほぼ一致することが認められる。

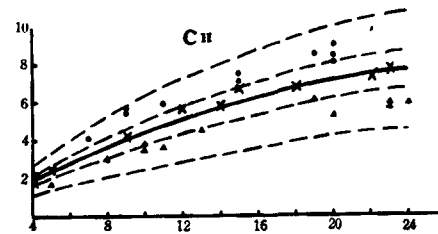
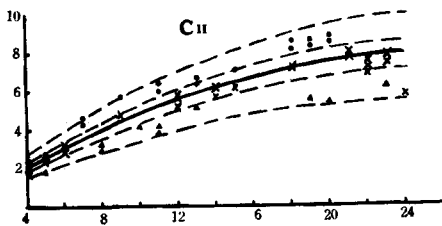
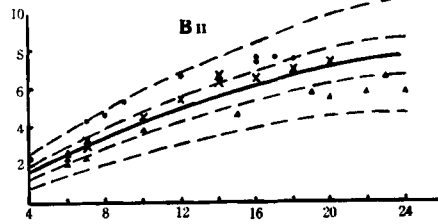
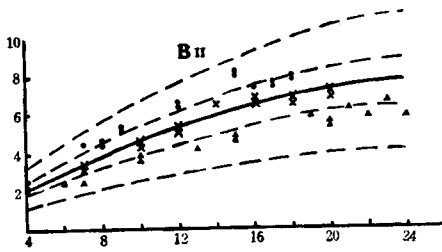
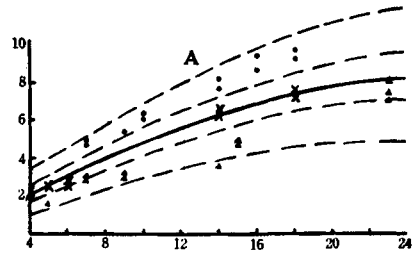
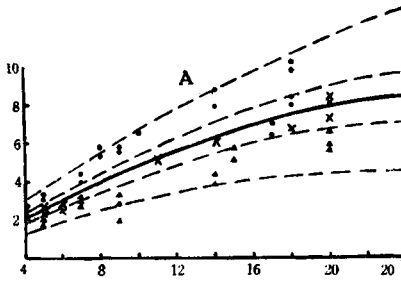
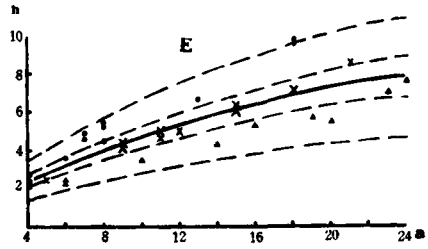
いま胸高直径の場合に行つた操作と同様にして、第 23 表の実験式による各年齢の算出値を基準値とし、これと測定樹高との差より各年の変異係数 CV を求め、その平均的な査定 CV を用いて各年の基準値に対する A を定め、基準値より上下の幅に $\frac{A}{2}$, $\frac{3A}{2}$ の値を求めてその線の図上に落し、測定値の分布をこの 3 帯に分けて見る。しかるときは、各測定値は大部分が上下の $\frac{3A}{2}$ の幅員内に入ると共に、上下の $\frac{A}{2}$ の線で分割された 3 帯と、各測定値のアカマツの地位であらわした記号とは、かなりよく適合している。この点から考察すると、アカマツ中林においては、アカマツの示す地位級は、これと混生する広葉樹の地位級と、よく符合するものといふことができよう。

第7図 年令対樹高

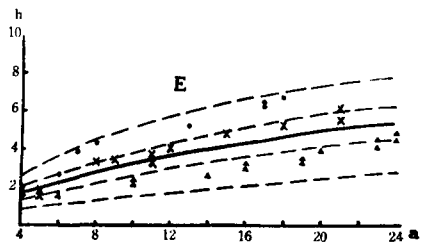
(1) アラカシ



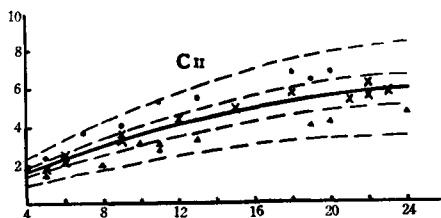
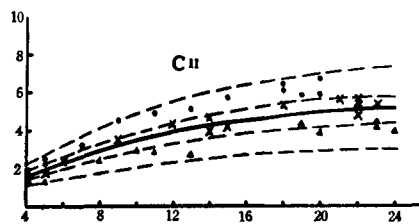
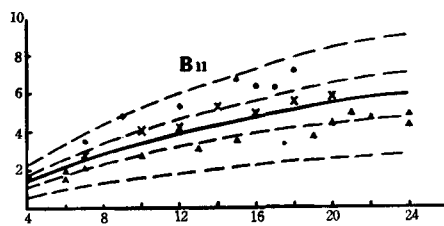
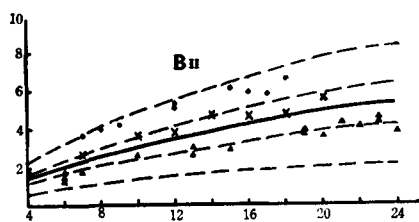
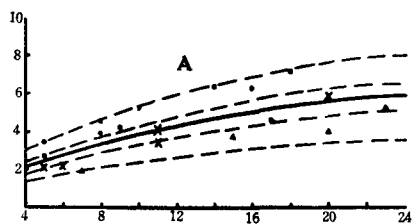
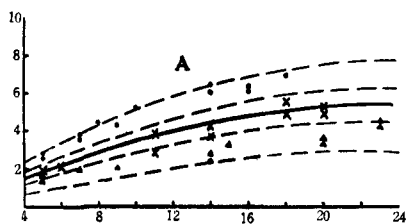
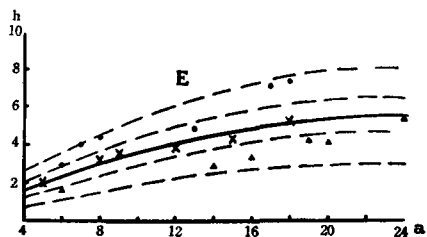
(2) シラカシ



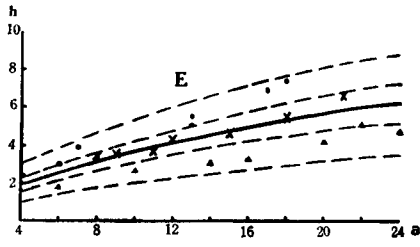
(3) ヒサカキ



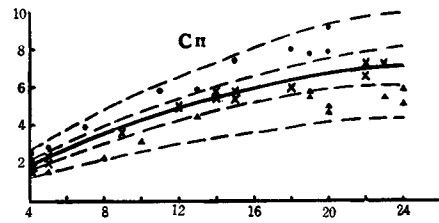
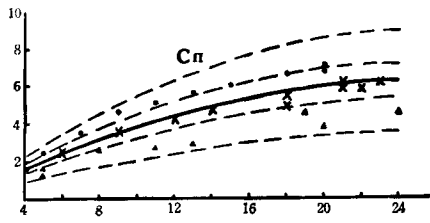
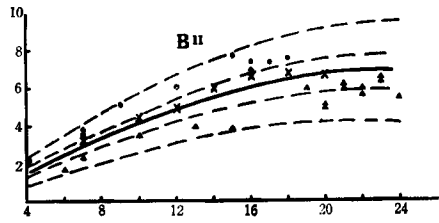
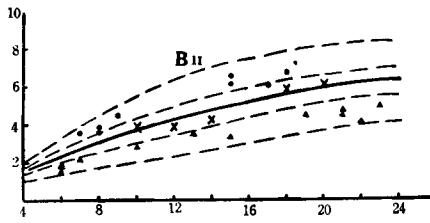
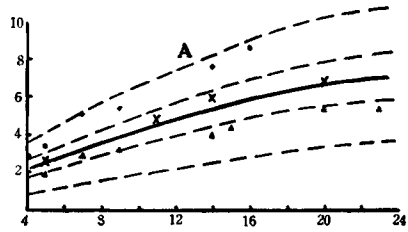
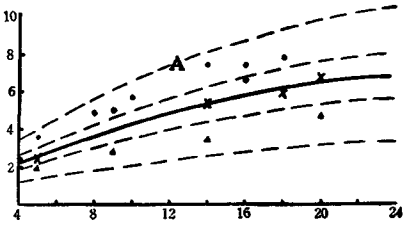
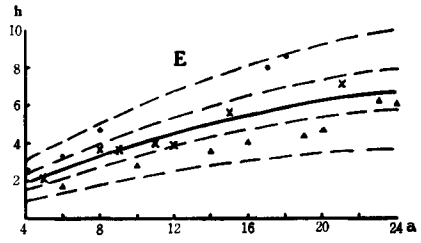
(4) ソヨゴ



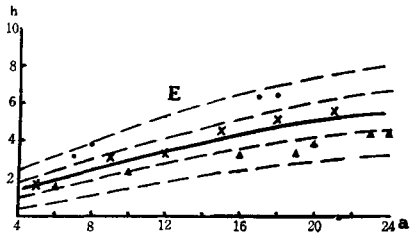
(5) ネズミモチ



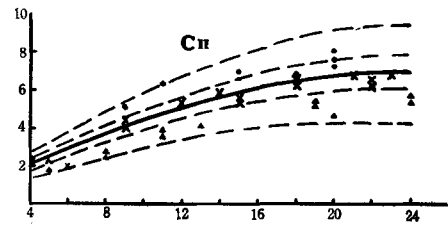
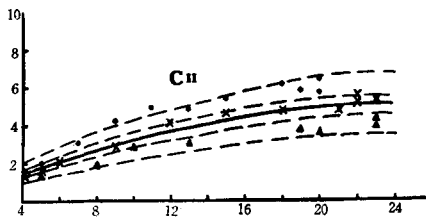
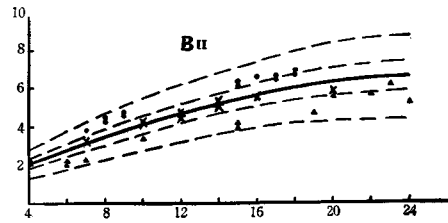
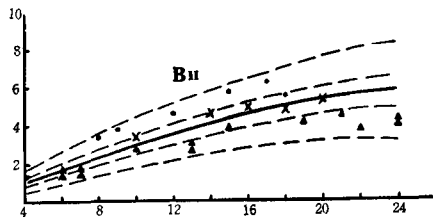
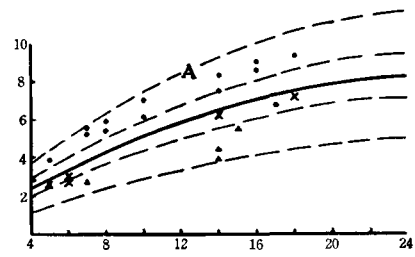
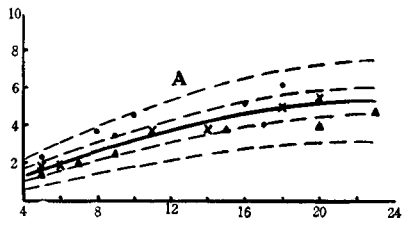
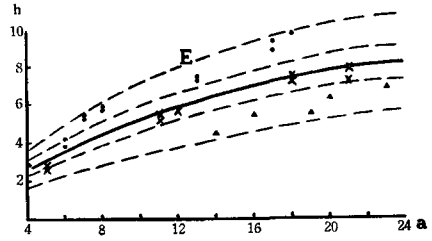
(6) クロキ



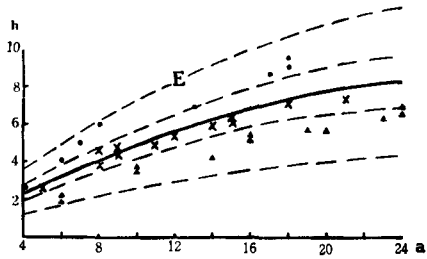
(7) アセビ



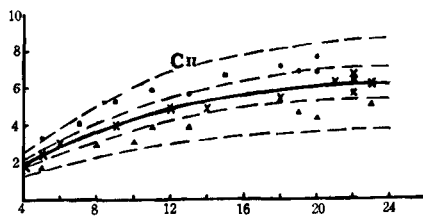
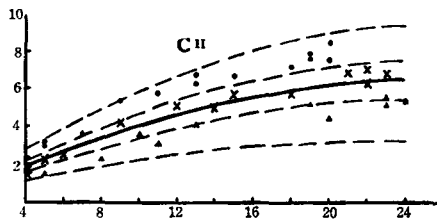
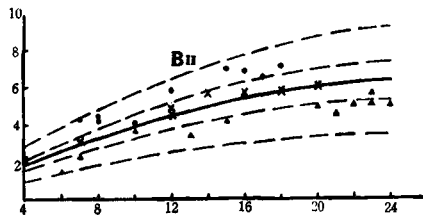
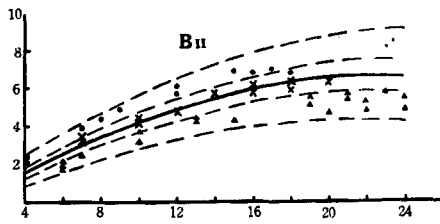
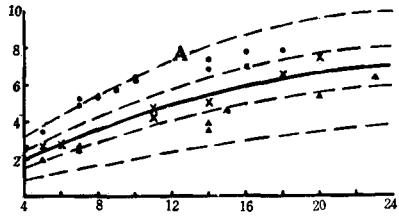
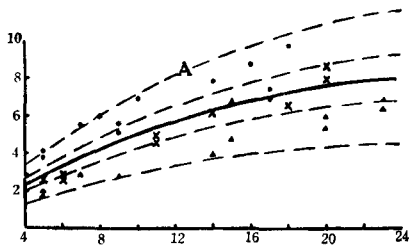
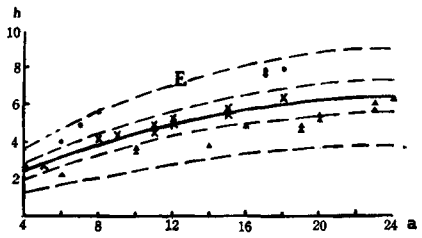
(8) クヌギ



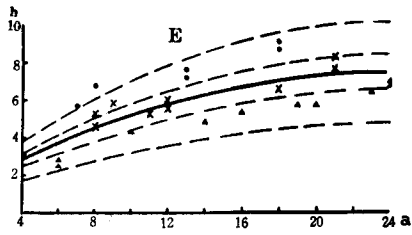
(9) コナラ



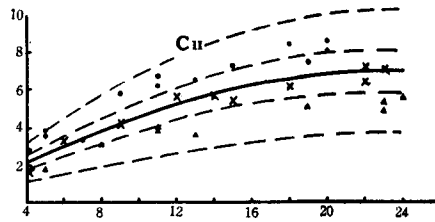
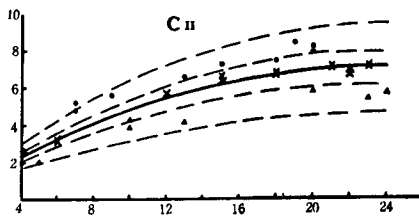
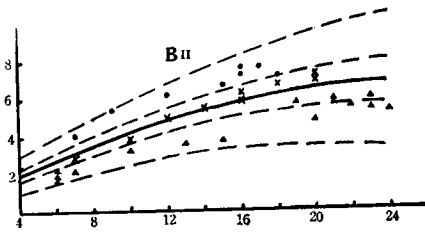
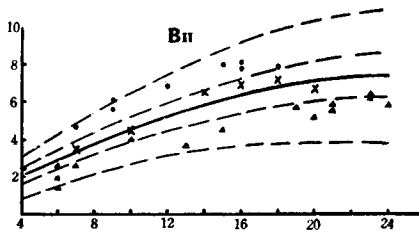
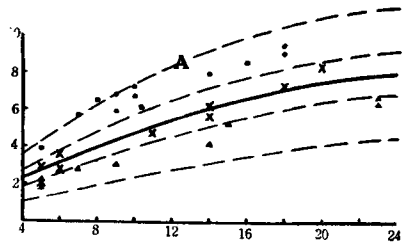
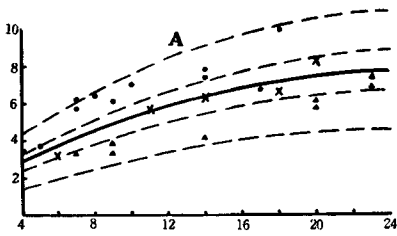
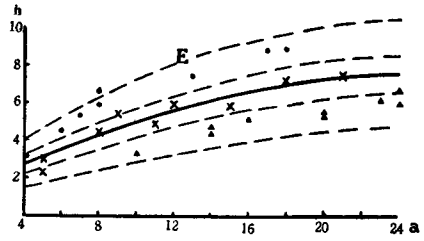
(10) ネジキ



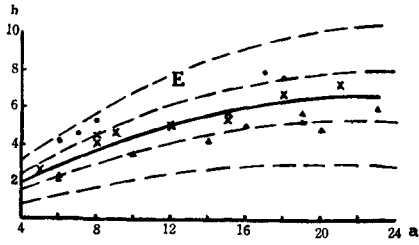
(11) エゴノキ



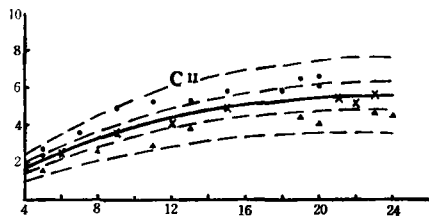
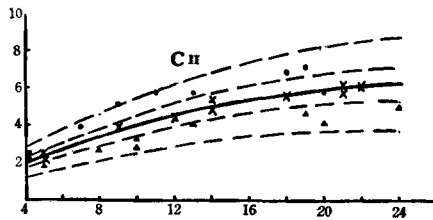
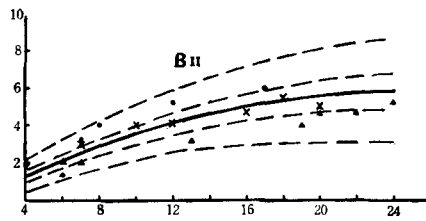
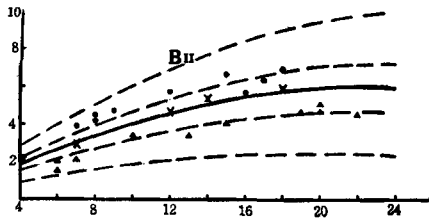
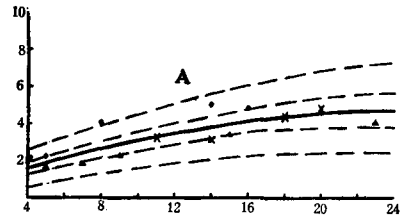
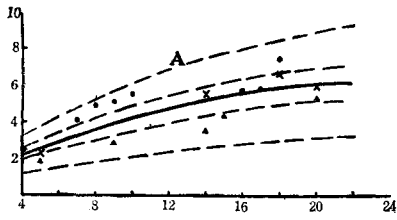
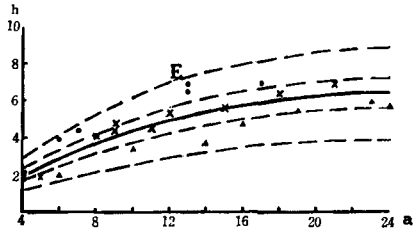
(12) リョウブ



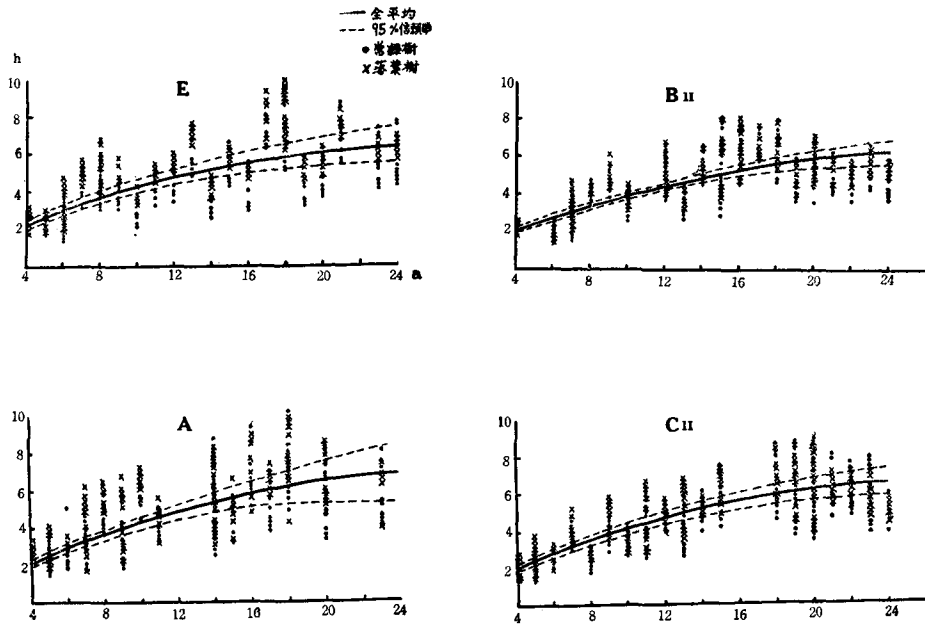
(13) イヌシデ



(14) カマツカ



(15) 常緑樹, 落葉樹, 全平均



なお、胸高直径の項で説明したごとく、各林分型ともに 21~24 年生の資料には上地位のものを缺くため、全資料の平均値として算出した第 23 表の曲線は、伐期近くにおいて幾分低い値となる傾向が認められる。このため、第 23 表のあらかず曲線に対しては、II 等地の資料のみについて算定した実験式、または 20 年生以下の資料のみについて求めた実験式と比較検討を行い、必要に応じて一部の修正を施さねばならない。

またこれらの各林分型別、樹種別の樹高曲線についても、II, i, 4) に述べた 95% の信頼帯による方法を用い、曲線相互間の差の検定を試みた。その一例として第 7 図 (15) に林分型別の全樹種平均値について、測定地と曲線およびその信頼帯の関係を示す。

iii. 胸高直径と樹高の関係

前記の i, ii で述べた資料から、胸高直径と樹高の関係をグラフ上に落すときは、林分型や樹種の如何をとわず、両者の間にはきわめて高度の相関が認められる。その大部分は直線状に近い分布を示すが、一部の樹種は曲線状を示すので、2, 3 の曲線式を用いて検討を試みたところ、次の二式はどちらもよく適合する。

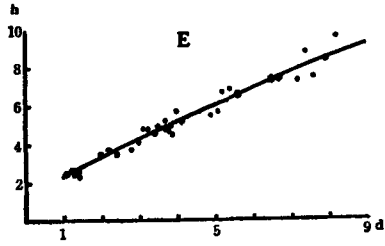
$$y = ax^2 + bx + c$$

$$y = \frac{x^2}{ax^2 + bx + c}$$

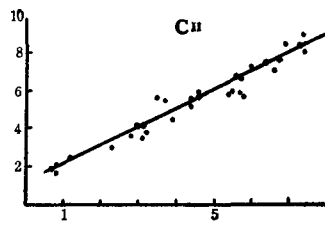
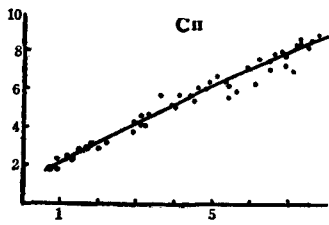
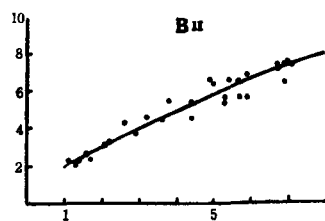
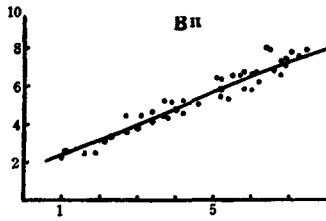
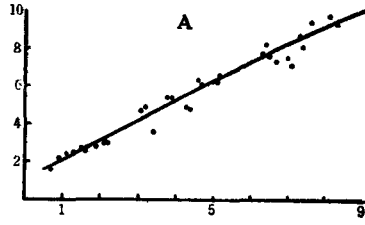
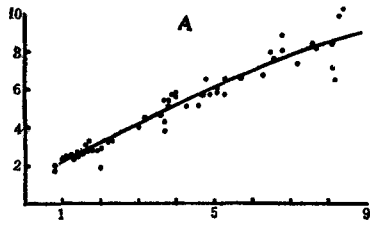
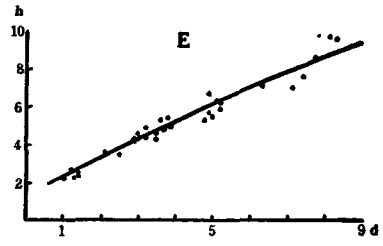
ただし y …樹高 x …胸高直径 a, b, c …常数

第8図 胸高直径対樹高

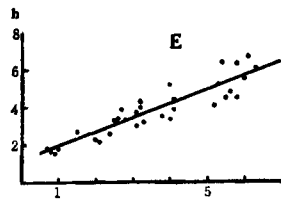
(1) アラカシ



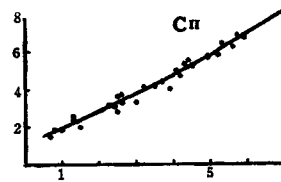
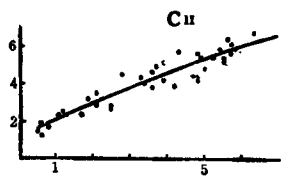
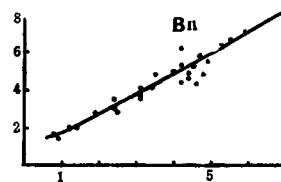
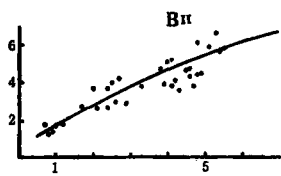
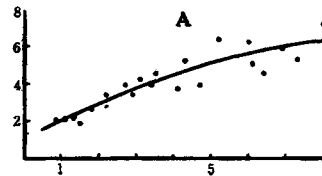
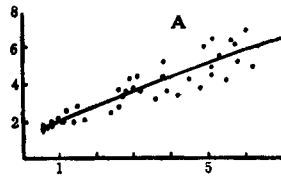
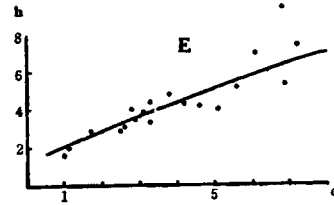
(2) シラカシ



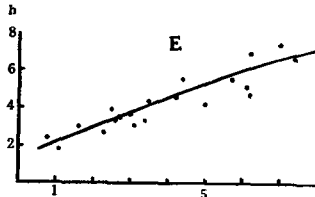
(3) ヒサカキ



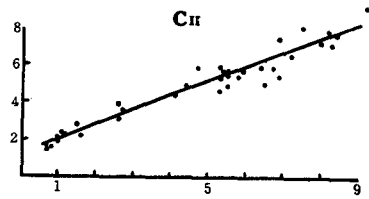
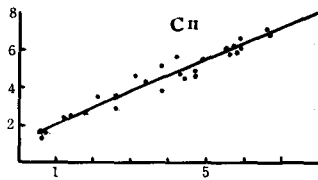
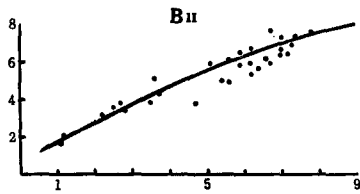
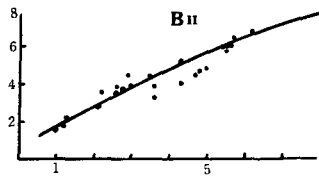
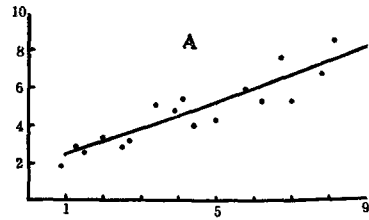
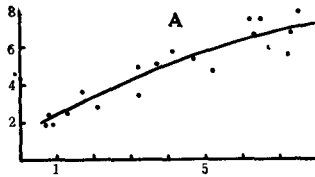
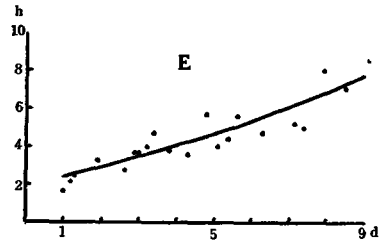
(4) ソヨゴ



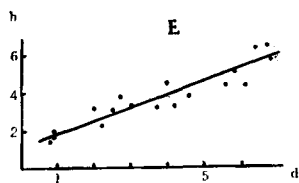
(5) ネズミモチ



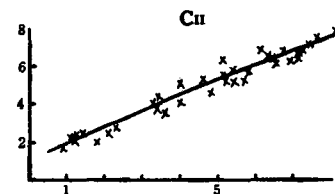
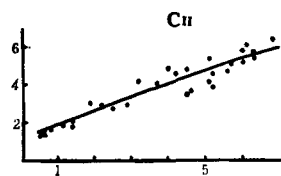
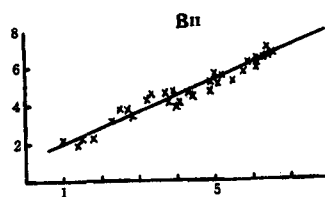
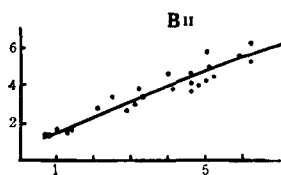
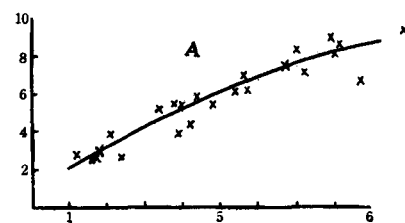
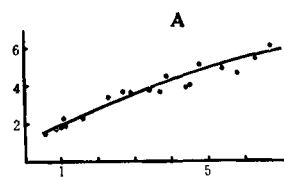
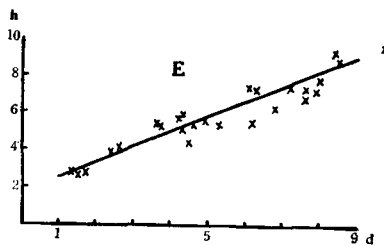
(6) クロキ



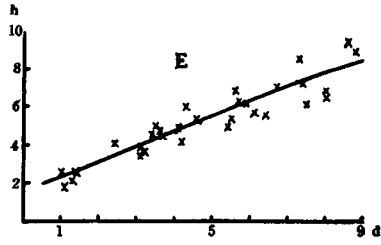
(7) アセビ



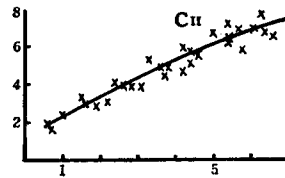
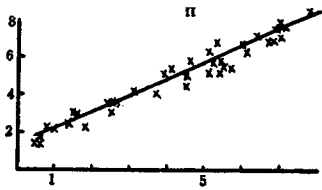
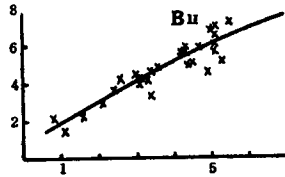
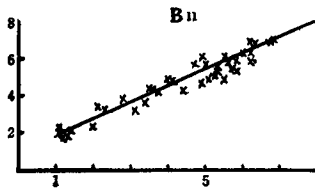
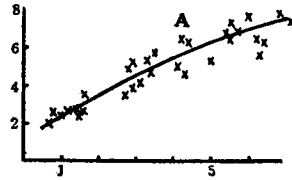
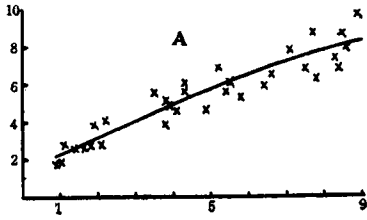
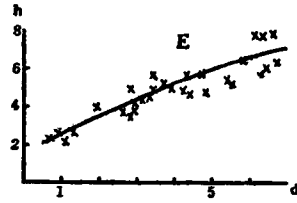
(8) クヌギ



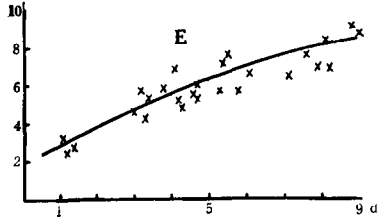
(9) コナラ



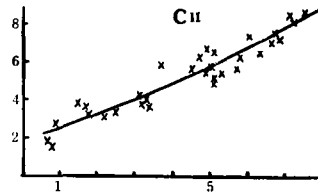
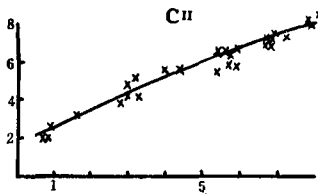
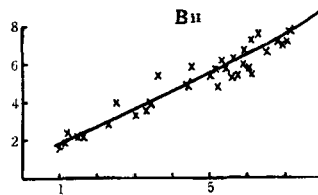
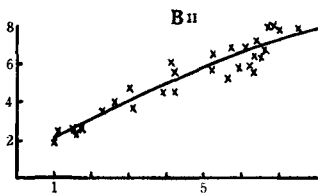
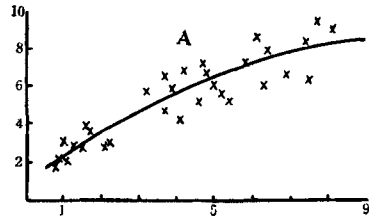
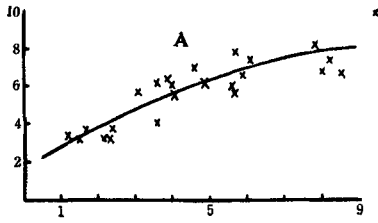
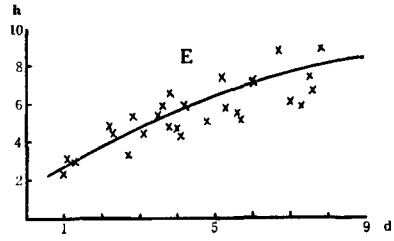
(10) ネジキ



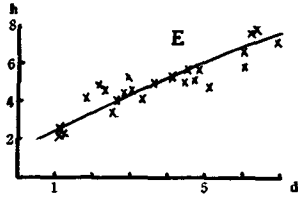
(11) エゴノキ



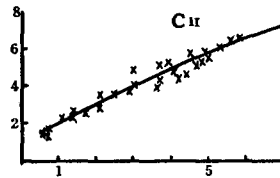
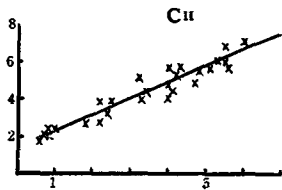
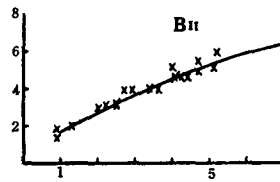
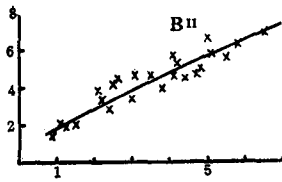
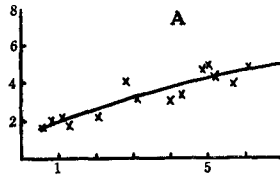
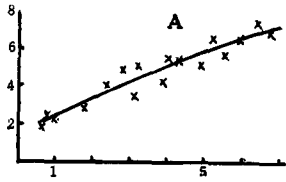
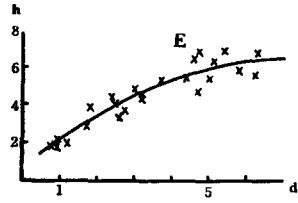
(12) リョウブ



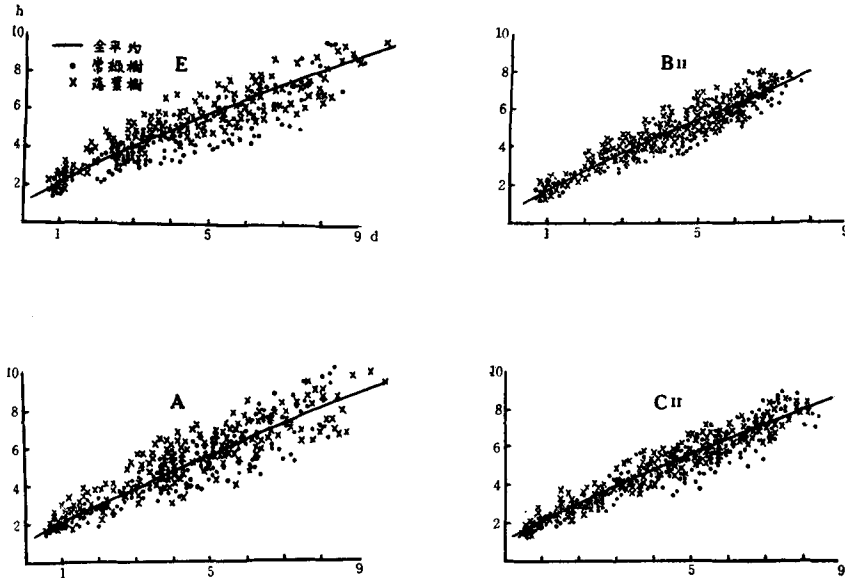
(13) イヌシデ



(14) カマツカ



(15) 常緑樹, 落葉樹, 全平均



第 24 表は、上式のうち、一般二次式を用い、I 項に述べた方法と同様にして、最小二乗法により決定した常数を、林分型別に樹種ごとに求めたものである。また第 8 図 (1)~(15) は上表による曲線と測定値との関係を示した。

これらの各曲線についても、前記と同様にして 95 % の信頼帯による曲線相互間の差の検定を試みたが、各林分型ならびに常緑樹、落葉樹間には有意差を認め得なかつた。

iv. 幹材積

各林分型の標準地より選定した樹種別の標準木をキシロメーターにより測容し、その幹材積を年齢との関係について示したのが第 9 図 (1)~(15) である。同図に見られるように、年齢に対する幹材積の関係は、きわめてそのちらばりが大きく、その平均値を曲線式によつて求めることは困難である。しかし i, ii で示したように、年齢に対する胸高直径および年齢に対する樹高は、各樹種ともに地位級にもとづく差異が大きいため、それらを構成因子とする幹材積の大小も、地位によつて分別できるものと推測される。ゆえに前記と同様にして各資料を地位別に示すと、第 9 図の記号別表示に見られるように、各林分型の各樹種ともに、かなり判然と分けることができる。従つて年齢に対する幹材積の関係は、地位別に曲線式を求めることが適当であるが、樹種ごとの地位別測定資料に分けるときは資料数が少ないので、曲線式の算定は行わないこととし、単に徒手法によつて平均と見られる地位ごとの曲線を示すにとどめた。

第 24 表 胸高直径対樹高曲線式 $y=ax^2+bx+c$ の常数值

林分型 樹種	A			B _{II}			C _{II}			E		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
アラカシ	-0.021	1.086	1.085	-0.007	0.934	1.308	0.022	0.766	1.594	-0.012	1.016	1.269
シラカシ	-0.003	1.024	1.073	-0.048	1.268	0.727	0.016	0.847	1.285	0.004	0.892	1.468
ヒサカキ	-0.009	0.800	1.252	-0.015	0.919	0.960	-0.020	0.923	1.154	0.003	0.735	1.172
ソヨゴ	-0.051	1.051	1.023	0.025	0.852	0.936	0.040	0.723	1.174	-0.010	0.796	1.258
ネズミモチ	-0.050	1.145	1.187	0.006	0.818	1.170	-0.005	0.900	1.070	0.018	0.553	1.753
クロキ	0.013	0.608	1.776	-0.014	0.883	1.144	-0.005	0.801	1.239	0.029	0.371	2.031
アセビ	-0.034	0.891	1.150	-0.006	0.808	0.803	-0.007	0.753	1.134	0.020	0.489	1.636
常緑樹 平均	0.007	0.778	1.390	-0.011	0.953	0.963	0.005	0.822	1.240	0.080	0.065	2.055
クヌギ	-0.037	1.186	0.967	0.007	0.760	1.313	-0.006	0.864	1.084	0.007	0.677	2.113
コナラ	-0.020	0.948	1.392	-0.012	0.921	1.015	0.010	0.799	1.367	-0.003	0.802	1.549
ネジキ	-0.067	1.342	1.133	-0.017	1.122	0.856	-0.041	1.184	1.123	-0.022	0.916	1.714
エゴノキ	-0.052	1.181	1.688	-0.014	0.974	1.216	-0.018	0.946	1.631	-0.034	1.007	1.880
リョウブ	-0.061	1.398	0.923	0.020	0.726	1.213	0.032	0.608	1.890	-0.039	1.004	1.970
イヌシデ	-0.029	1.037	1.431	-0.059	1.282	0.717	0.004	0.838	1.492	0.029	0.543	2.391
カマツカ	-0.028	0.734	1.294	-0.069	1.328	0.521	-0.029	1.102	0.997	-0.124	1.681	0.644
落葉樹 平均	-0.036	1.113	1.260	-0.020	1.012	0.981	-0.013	0.945	1.311	-0.019	0.908	1.765
全平均	-0.018	0.973	1.270	-0.015	0.981	0.972	-0.002	0.874	1.283	0.060	0.199	2.748

このように年齢に対する幹材積の関係を、直接に曲線式として算出することは、地位による差異が大きいために困難であるが、胸高直径に対する幹材積の関係は、次の指数曲線式がきわめてよく適合する。

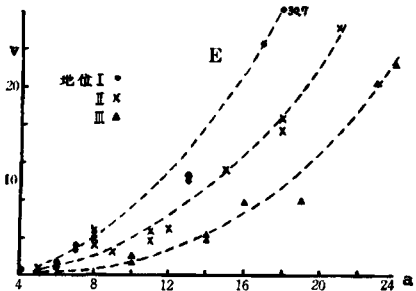
$$y = ax^b$$

ただし y …幹材積, x …胸高直径, a, b …常数

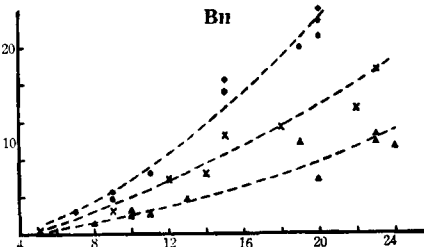
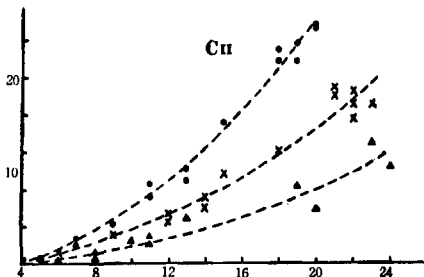
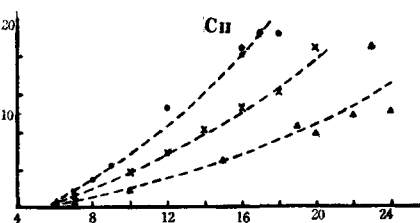
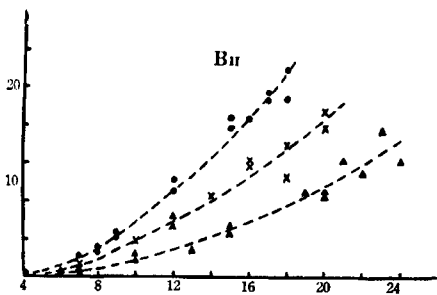
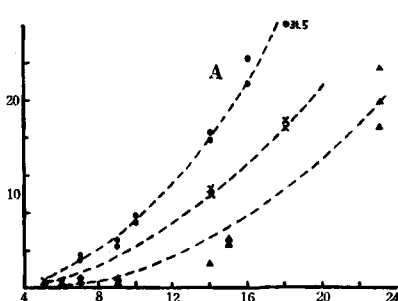
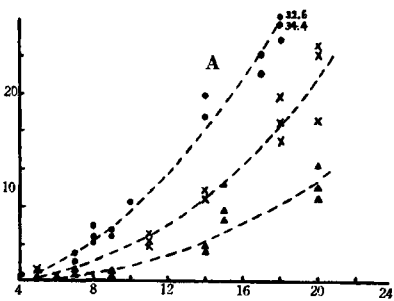
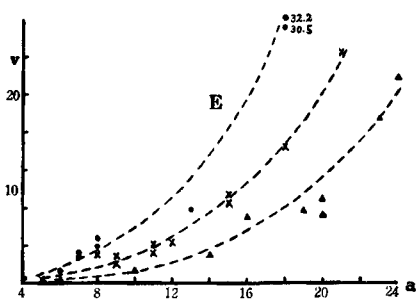
第 25 表は各林分型ごとに樹種別に求めたこの曲線式の常数值を示すもので、第 10 図は各曲線をあらわしたものである。

第9図 年令対幹材積

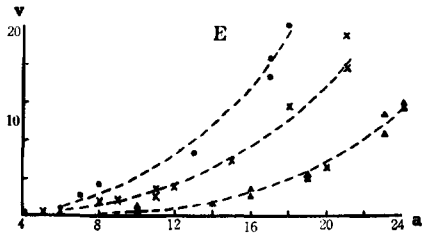
(1) アラカシ



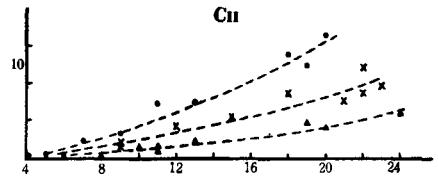
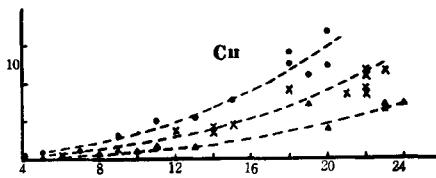
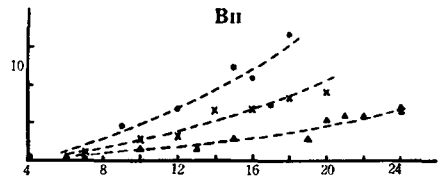
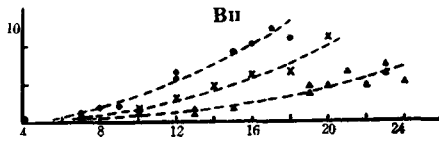
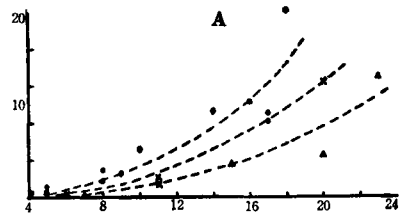
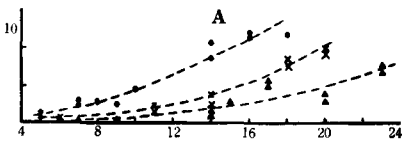
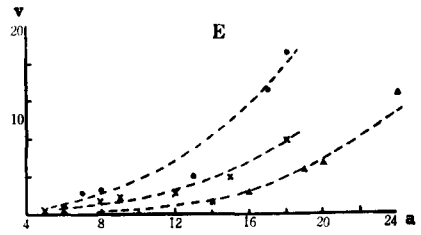
(2) シラカシ



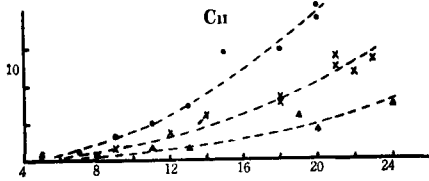
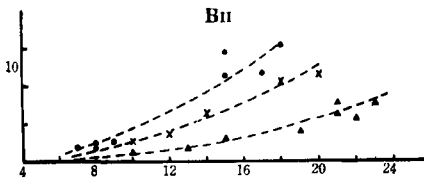
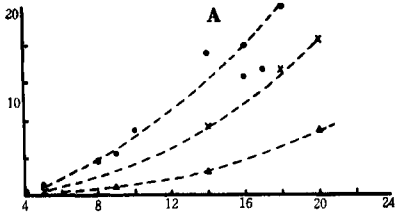
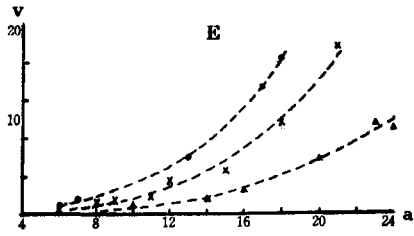
(3) ヒサカキ



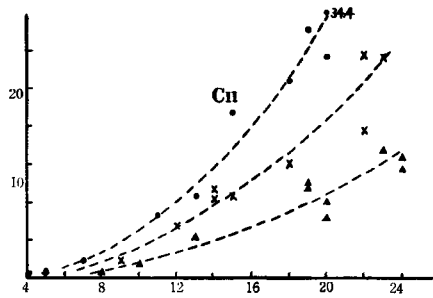
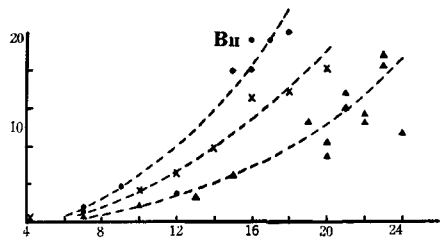
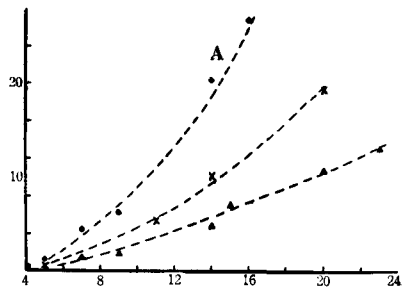
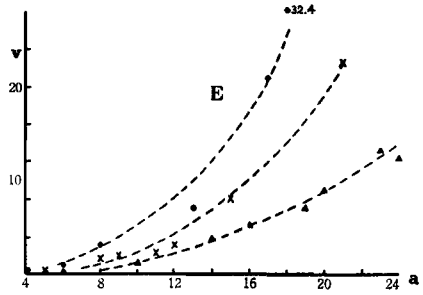
(4) ソヨゴ



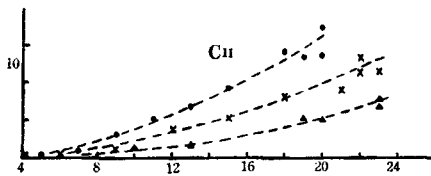
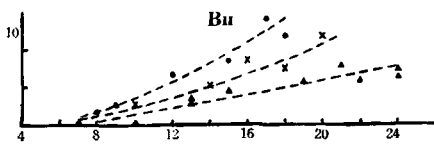
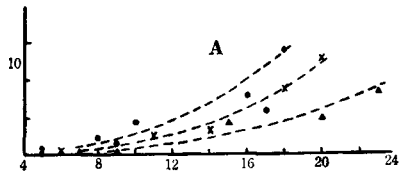
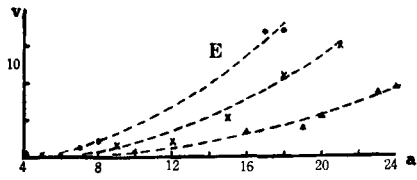
(5) ネズミモチ



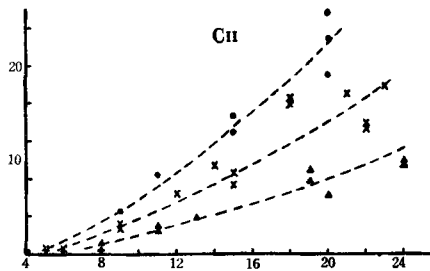
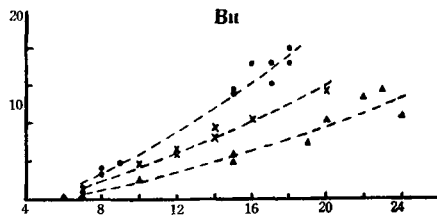
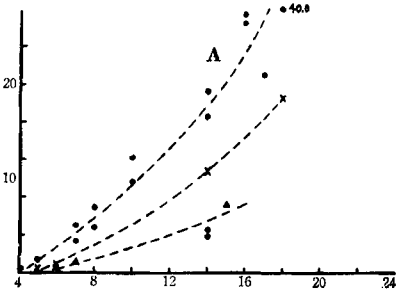
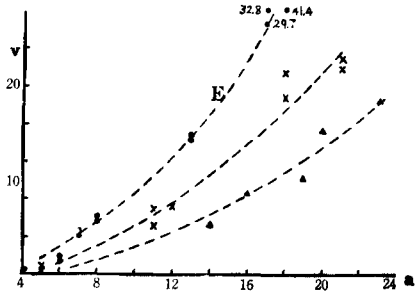
(6) クロキ



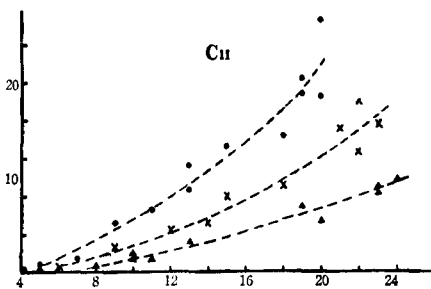
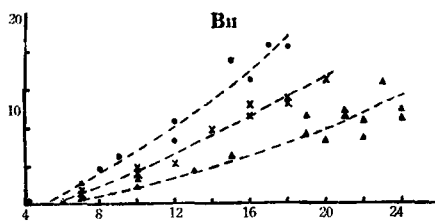
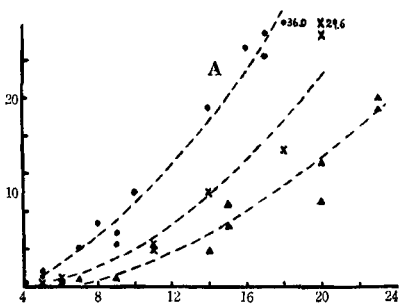
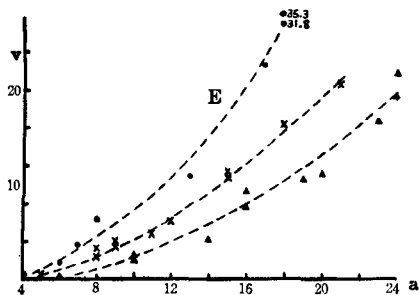
(7) アセビ



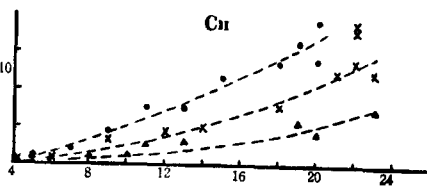
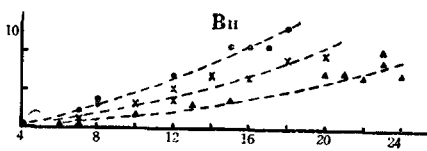
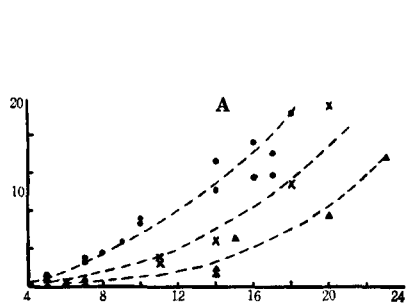
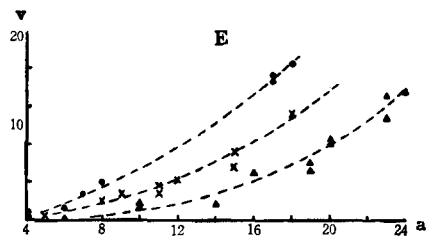
(8) クヌギ



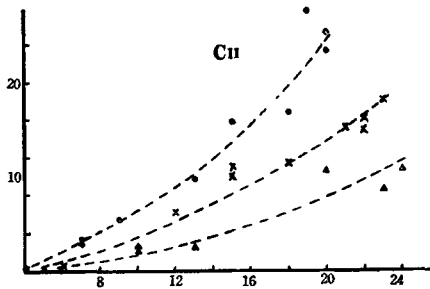
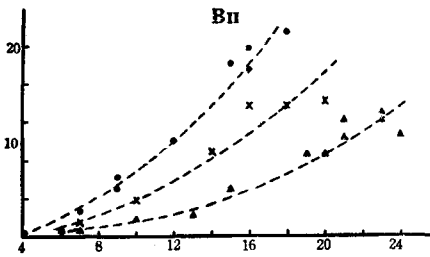
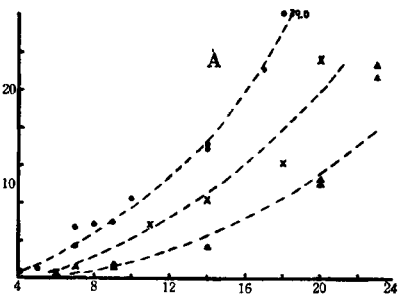
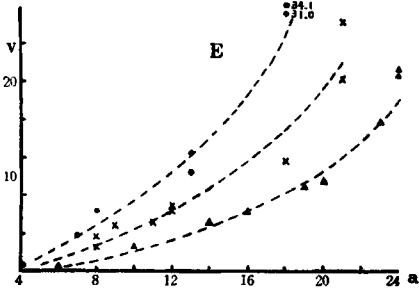
(9) コナラ



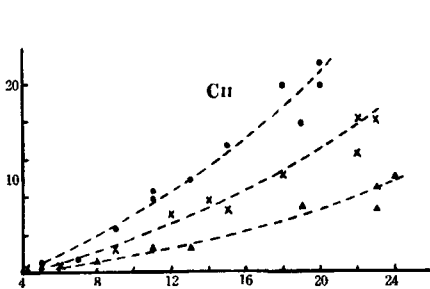
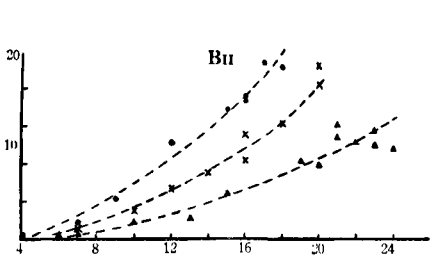
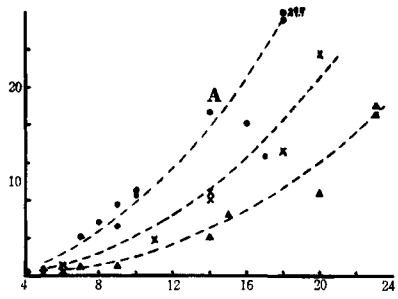
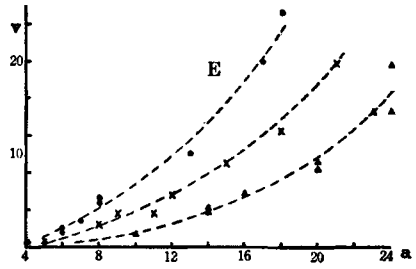
(10) ネジキ



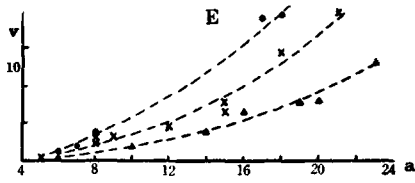
(11) エゴノキ



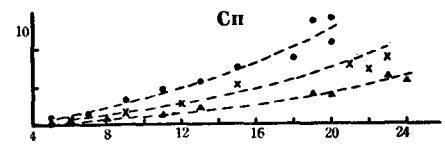
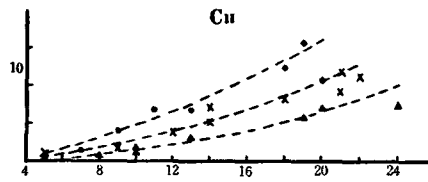
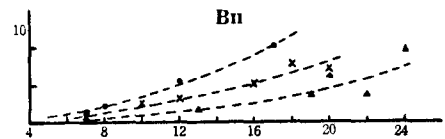
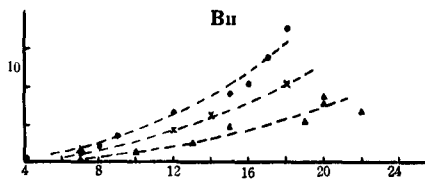
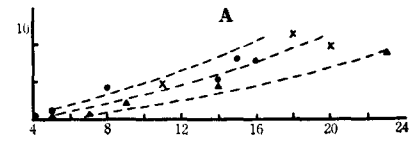
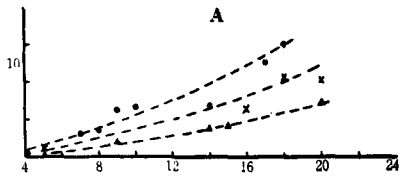
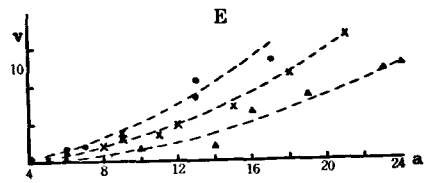
(12) リヨウブ



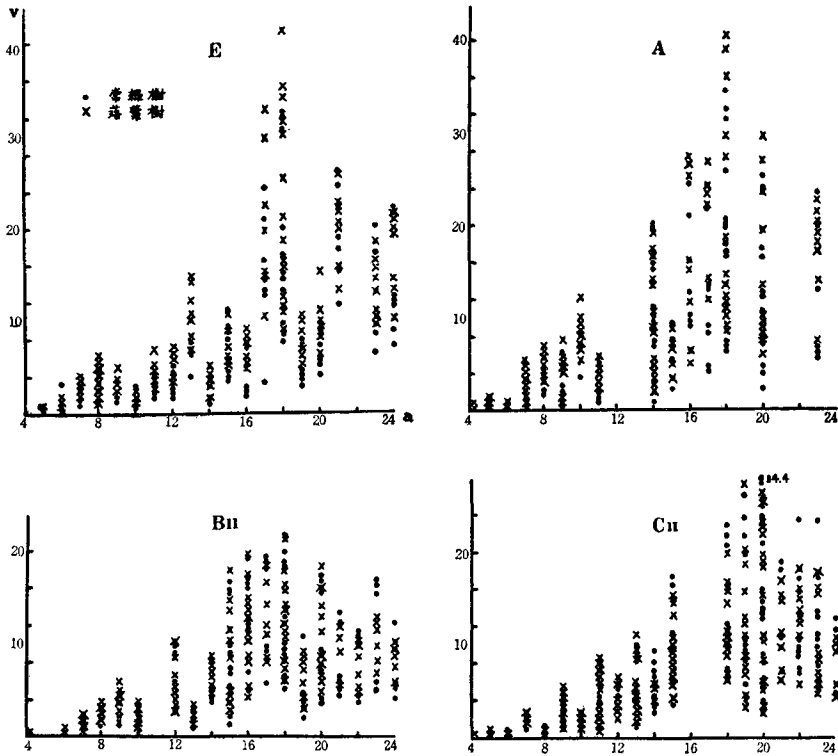
(13) イヌシデ



(14) カマツカ



(15) 常緑樹, 落葉樹, 全平均



Ⅴ. 胸高形数

胸高形数は、キシロメーターによつて測容した各標準木の幹材積と、それぞれの胸高直径を直径とし樹高を高とする円柱体積との比によつて求めた。これを年齢または胸高直径との関係について図上にあらわすと、全体としては逆相関が認められるが、そのちらばりの範囲は相当広く、樹種による差異はほとんどあらわれない。従つて樹種別に胸高形数の平均曲線を求めることは困難である。しかし、調査地ごとの全標準木について齡階または直径階別に算術平均値を求め、これを各調査地における広葉樹標準木の平均胸高形数として林分型ごとに整理するときは、かなり高度の相関が見られる。そこで、これらの関係をあらわす曲線式につき種々検討を試みた結果、次の式が胸高形数曲線式として最もよく適合することを認めた。

$$y = a + \frac{b}{c + x^2}$$

ただし y …胸高形数 x …年齢または胸高直径 a, b, c …常数

第 25 表 胸高直径対幹材積曲線式 $y=ax^b$ の常数值

樹 種	A		B _{II}		C _{II}		E	
	a	b	a	b	a	b	a	b
アラカシ	0.145	2.527	0.188	2.331	0.192	2.359	0.182	2.359
シラカシ	0.173	2.428	0.182	2.342	0.182	2.366	0.174	2.401
ヒサカキ	0.170	2.171	0.145	2.389	0.182	2.275	0.234	2.256
ソヨゴ	0.164	2.257	0.136	2.489	0.160	2.392	0.159	2.308
ネズモチ	0.242	2.169	0.164	2.331	0.165	2.354	0.183	2.240
クロキ	0.230	2.197	0.161	2.321	0.173	2.316	0.172	2.240
アセビ	0.160	2.254	0.134	2.370	0.162	2.252	0.145	2.293
クヌギ	0.178	2.370	0.164	2.359	0.160	2.386	0.199	2.304
コナラ	0.185	2.336	0.161	2.387	0.175	2.360	0.180	2.326
ネジキ	0.218	2.277	0.183	2.303	0.208	2.272	0.215	2.227
エゴノキ	0.281	2.126	0.196	2.279	0.234	2.205	0.231	2.211
リヨウブ	0.208	2.331	0.153	2.422	0.202	2.276	0.229	2.190
イヌシデ	0.559	1.544	0.171	2.352	0.203	2.222	0.233	2.175
カマツカ	0.525	1.555	0.151	2.403	0.178	2.303	0.187	2.309

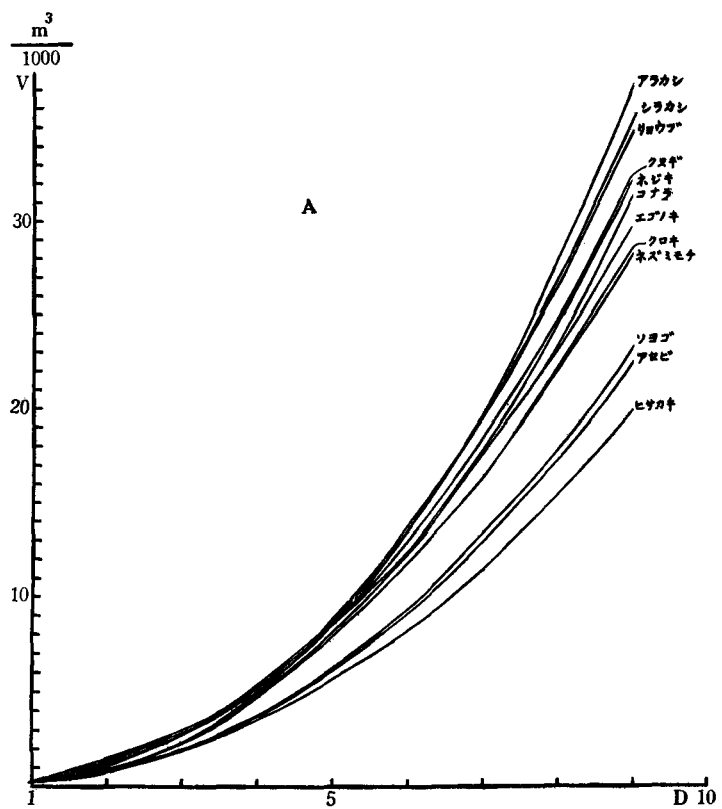
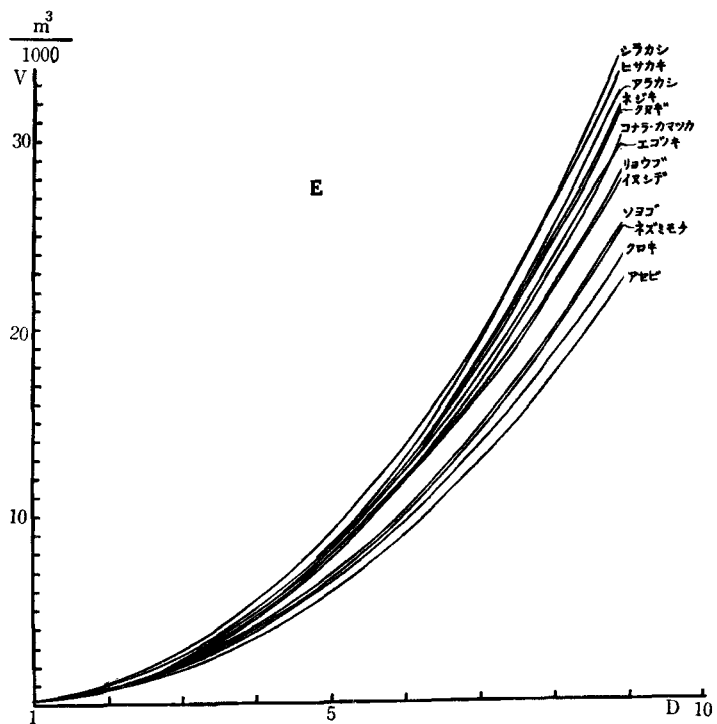
第 26 表 年齢および胸高直径対胸高形数曲線式 $y=a + \frac{b}{c+x^2}$ の常数值

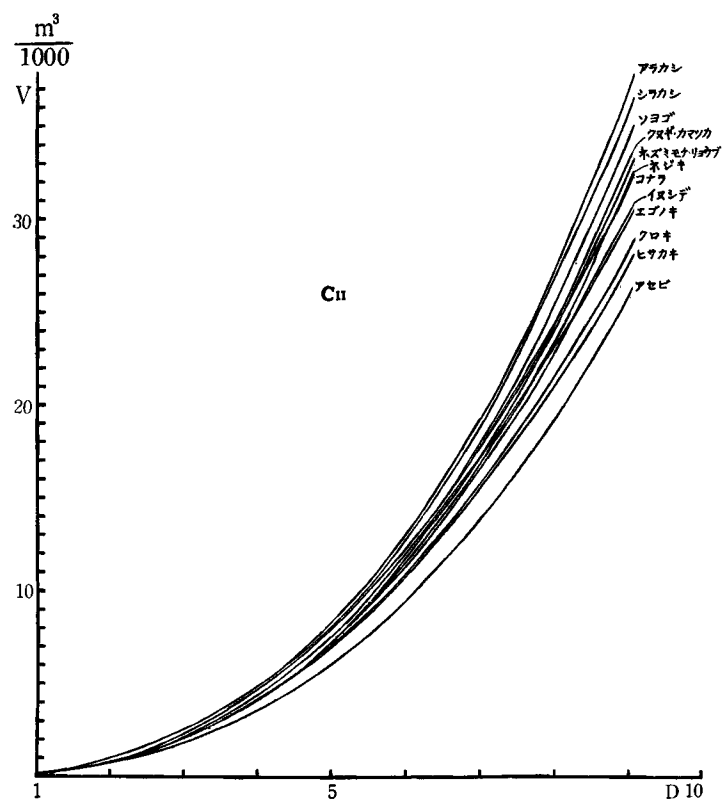
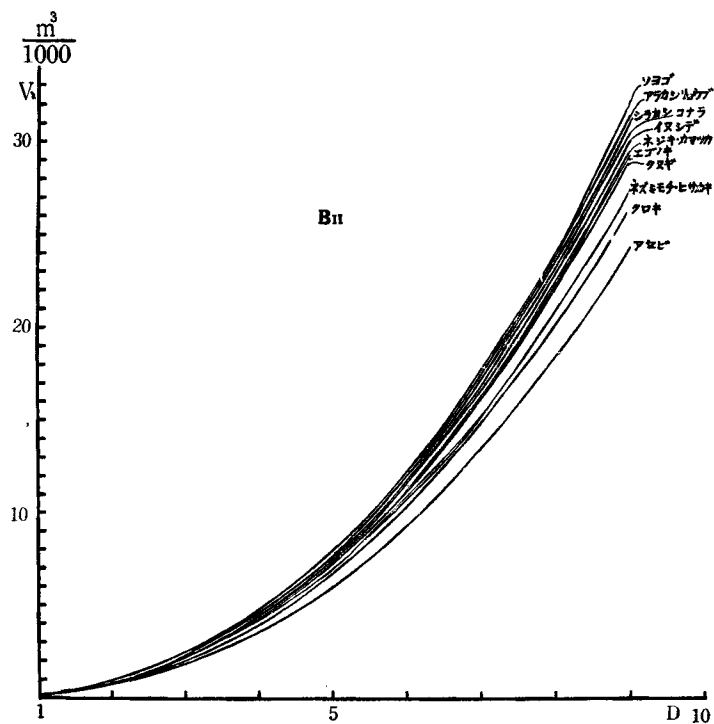
種 別	A			B _{II}			C _{II}			E		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
年 齢 対 形 数	*0.539	40.193	65.337	0.607	20.312	22.779	*0.615	21.156	21.212	*0.607	17.623	12.465
胸 高 直 径 対 形 数	*0.567	4.240	6.393	*0.564	3.429	4.454	*0.587	2.923	4.359	*0.546	3.756	6.226

(註) *印は第二次補正を行ったもの。

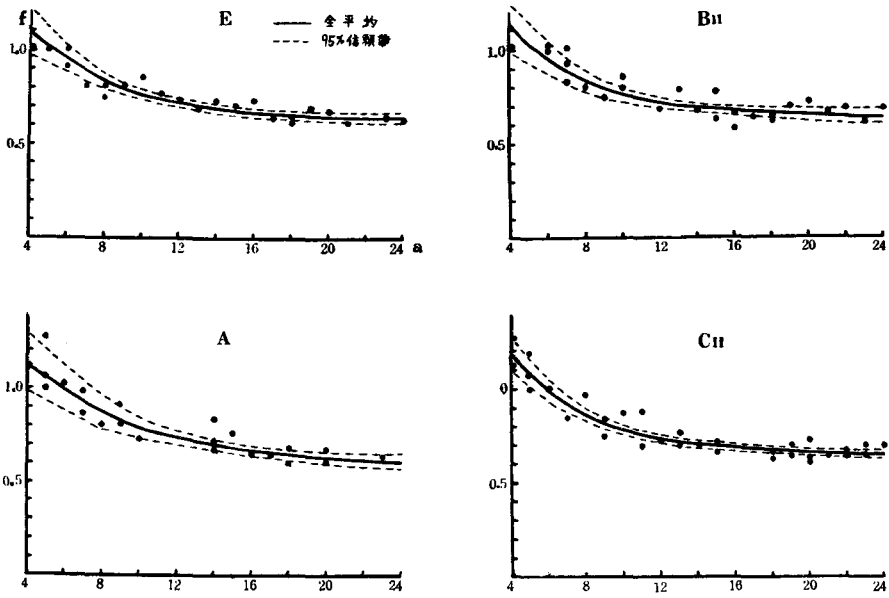
この式を用い、林分型ごとに II に述べた方法と同様にして決定した曲線式の常数は第 26 表の通りである。また各調査地の標準木の平均胸高形数を、年齢との関係について曲線と共に示したのが第 11 図で、胸高直径との関係について示したのが第 12 図である。これらの曲線式についても II, i, 4) に述べた信頼帯による方法を用いて、林分型相互間の差の検定を試みたが、第 11 図、第 12 図に見られるように、林分型による平均胸高形数には有意差を認められなかった。

第10図 胸高直径対幹材積

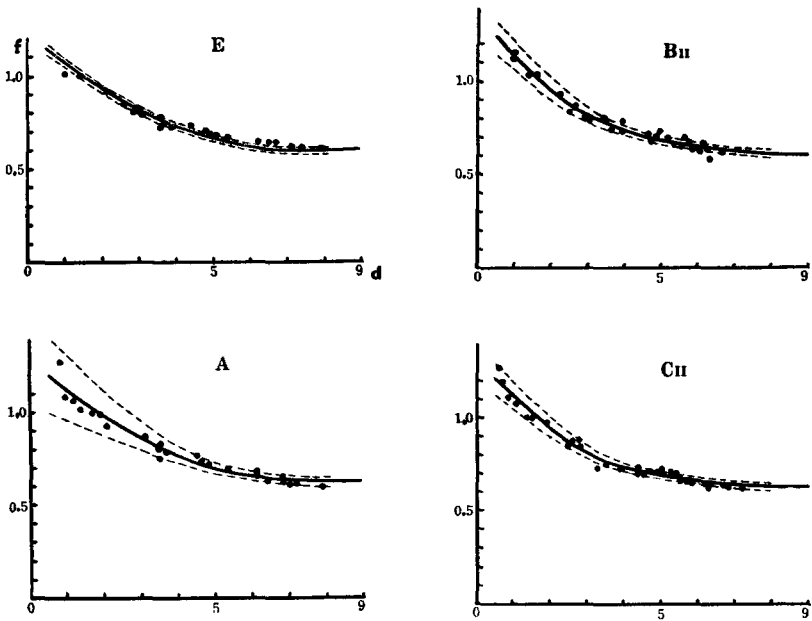




第11图 年龄对胸高形数



第12图 胸高直径对胸高形数



vi. 樹幹の形状構成因子についての考察

1) 胸高直径について

(a) 年齢に対する胸高直径の関係は、いわゆる直径成長曲線式として多くの研究があるが、年齢の若い広葉樹の小径木に適合するものは少い。一般二次式 $y = ax^2 + bx + c$ は同齡一斉林として生立するEおよびA林分型の各樹種についても、B_{II}, C_{II} などアカマツ林の下木として生育する各広葉樹に対してもよく適合し、また常緑樹、落葉樹別の平均値および全樹種の平均値をもよく表わす曲線式である。ただA林分型のクスギのみは、曲線が x (年齢) に凸状となつて測定資料の平均状態を表わさない例外であるが、これは資料が年齢的に偏在したためと考えられる。

(b) 直径成長曲線を林分型について比較すると、各樹種を通じて $A \approx E > B_{II} \approx C_{II}$ なる関係が見られ、かつAおよびEの曲線は比較的直線に近いが、B_{II}, C_{II}のごとく庇蔭下に生育する広葉樹の成長は、年齢の増すにつれて漸減して x 軸に凹状の曲線を示すものが多い。すなわち庇蔭下に生育する広葉樹の直径成長は、庇蔭のない場合に比べて劣るものである。その程度は樹種によつて異り、上木の庇蔭が直径成長におよぼす影響の大きい樹種はクスギ、コナラで、比較的少い樹種はクロキ、ヒサカキ、リョウブ、イヌシデ、エゴノキなどである。従つて直径成長の点のみから見れば、クスギ、コナラのごとき比較的陽性な樹種は、中林の下木としては最適の樹種とはいえない。

(c) 直径成長と樹種との関係は同じ林分型においても地位や立木密度によつて異なるので比較は困難であるが、この調査資料は各地位級にわたつてほぼ均等にとられた標準木で、立木密度についても考慮が払われているので、ある程度樹性の特徴を示すものとして比較を試みた。AおよびEはともに同齡一斉林をなし、曲線式では各樹種とも幾分A林分型の直径が大きい、林分型による有意差は認められない。いま各樹種の直径曲線より、20年生における胸高直径の大きい順にならべると次の通りである。

(クスギ) \approx (クロキ) > (コナラ) \approx (エゴノキ) \approx (アラカシ) \approx (シラカシ) > (リョウブ) \approx (ネズミモチ) \approx (ソヨゴ) \approx (ネジキ) \approx (イヌシデ) > (アセビ) \approx (カマツカ) \approx (ヒサカキ)

またB_{II} およびC_{II} はともにアカマツの上木下に生育する広葉樹で、各樹種ともに両林分型による直径差はほとんどない。胸高直径の大きい順にならべると次の通りである。

(クロキ) > (アラカシ) \approx (エゴノキ) \approx (シラカシ) > (コナラ) \approx (クスギ) \approx (リョウブ) > (ネズミモチ) \approx (アセビ) \approx (イヌシデ) \approx (ネジキ) \approx (ソヨゴ) \approx (ヒサカキ) \approx (カマツカ)

この順位は各標準地における樹種別平均直径とも一致するから、この地方に生育するこれらの樹種の直径成長の傾向を示すものと見て差支えあるまい。そこで、庇蔭下の広葉樹と庇蔭のない場合との樹種別直径成長の順位を検討すると、大部分の樹種には大きな違いはないが、クスギ、コナラの順位は庇蔭下においてかなり下つていることが注目される。なお枝条率と異り、直径成長については上記の順位から明らかなように、これを常緑樹と落葉樹に大別することは意味がない。(第6図(15)参照)

(d) 立木密度および上木の庇蔭度が等しい場合には、アカマツと共生的に生育する各広葉樹の直径成長は、アカマツについて決めた地位と一致するものとして差支えない。すなわち、資料を採つた標準地ごとに、アカマツ中林収穫表より地位級を定め、これと広葉樹の直径成長との関係を見ると、第6図(1)~(14)に示すごとくほとんど一致している。しか

もこの関係が、上木をもたないA林分型のみでなく、アカマツ林の下木として生育する B_{II}、C_{II}の各広葉樹についても同様であることは、アカマツと各広葉樹の共生的な関係を裏づけるものと認められる。

2) 樹高について

(a) 年齢に対する樹高の関係は、樹高曲線式として扱われた幾多の報告があるが、多数の樹種からなる小径広葉樹で、かつアカマツ林下に生育するものにも適合する実験式を一曲線式にもとめることは困難である。

$y = \frac{x^2}{ax^2 + bx + c}$ なる方程式は各林分型、各樹種を通じて比較的よく適合する曲線式であった。なお樹高は地位の指標として重視される要素であるから、この式は樹高成長曲線に利用する場合、林分型ごとに樹種別の地位を分けて適用すべきであるが、そのためには更に多数の資料を要するので、実験式としては地位ごとに求めなかつた。

(b) 第7図の樹高曲線を林分型ごとに比較すると、ほとんど各樹種とも

$$A \doteq E \quad B_{II} \doteq C_{II}$$

という傾向が見られることは胸高直径の場合と同様であるが、AとB_{II}またはC_{II}との間の差異が少いものが多いことは、直径の場合と異なる点である。すなわち、各樹種を通じて林分型による樹高曲線の有意差は認められない。これはアカマツと共生的に生育する広葉樹の樹高成長が、地位の良否には左右されるが、上木の庇蔭の有無に影響をうけることは少いことを示すもので、少くともB_{II}ないしC_{II}程度の庇蔭では、これらの広葉樹は上長成長に大きい影響がないものと考えられる。

(c) 樹高成長は樹性によつて異り、(i)更新の初期に大きく伸長して年と共に減少するもの、(ii)初期の伸長は小さく次第に上長成長を増加し壮齢期にいたつて漸減するもの、(iii)両者の中間型のもの、などがある。(i)は陽性樹種または萌芽更新に多く、(ii)は耐蔭性の大きい樹種に見られる。伐期の短い薪炭樹種としては成長の早いことが望ましいが、材質、萌芽性、諸被害に対する抵抗性などの関係もあり、またアカマツと共生する中林の樹種としては、ある程度の耐蔭性も要求せられるため、成長状態のみによつて樹種の選択はできない。

EおよびA林分型はともに同齢一斉林をなし、両者の曲線式は各樹種ともにほとんど差異を認められない。ゆえに両林分型の樹高成長を等しいものとし、各樹種の樹高曲線より20年生における樹高の大きい順にならべると次の通りである。

$$(クヌギ) \doteq (アラカシ) \doteq (コナラ) \doteq (シラカシ) \doteq (エゴノキ) \doteq (リヨウブ) > (クロキ) \doteq (ネジキ) \doteq (イヌシデ) \doteq (ネズミモチ) > (ソヨゴ) \doteq (アセビ) \doteq (カマツカ) \doteq (ヒサカキ)$$

またB_{II}およびC_{II}林分型はともにアカマツの上木下に生育する広葉樹で、両者の曲線式は各樹種ともほとんど差異がないから、両林分型を一緒にして20年生における樹高の大きい順に樹種をならべると次の通りである。

$$(アラカシ) \doteq (シラカシ) \doteq (エゴノキ) \doteq (リヨウブ) > (クロキ) \doteq (クヌギ) \doteq (コナラ) \doteq (ネジキ) \doteq (ネズミモチ) \doteq (イヌシデ) > (ソヨゴ) \doteq (カマツカ) \doteq (アセビ) \doteq (ヒサカキ)$$

この順位は各標準地の樹種別平均樹高とも一致するから、この地方に生育するこれらの樹種の樹高の傾向を示すものといえよう。そこで、A、EとB_{II}、C_{II}との樹種別樹高順位

を比較すると、大部分の樹種は順位に差異がなく、その樹高にも有意差が見られないが、クヌギ、コナラは庇蔭下の樹高がかなり低く、その順位も下つている。このことは胸高直径についても見られたところであつて、クヌギ、コナラのごとき陽性樹種はこの程度の庇蔭によつて樹高成長が衰へるものと考えられる。なお上記の樹高順位から明らかなように、樹高を常緑樹と落葉樹に大別することは、直径の場合と同様意味がない。(第7図(15)参照)

(d) 年齢に対する樹高の関係は地位に関連するところが大きいから、多数の標準地について樹種別に標準木を選定して求めた本資料は、各樹種の地位判定に役立つものと考えられる。既にのべたように、資料を蒐集した各標準地のアカマツに対する地位をそのまま各広葉樹の地位とみなし、それぞれの平均樹高曲線とその変異係数の関係から資料を3帯に分割したところ、この地位級と各広葉樹の樹高成長とはかなりよく符合することが確かめられた。ゆゑに各広葉樹の樹高による地位の分類は、アカマツの地位級と一致するものとして差支えない。このように樹高成長が、庇蔭の有無にかかわらず各広葉樹ともアカマツの地位と一致することは、これらの樹種がアカマツと共生的に生育する中林形林分の広葉樹として、適当であることを立証するものといえよう。

(e) 樹高と胸高直径との関係は、次の2式ともによく適合することは既にのべたところである。

$$y = ax^2 + bx + c$$

$$y = \frac{x^2}{ax^2 + bx + c}$$

これらの式によつて表わされる樹高曲線は、資料が20年生内外までの若い萌芽林を対象とした関係から、その大部分が直線に近い。しかも第8図(1)~(14)に示すように、直径に対する樹高は庇蔭の有無による差異が少く、かえつて庇蔭下に生育するB_{II}、C_{II}などが大きい樹種の多いことは注目すべきである。このことは、直径成長が一般に庇蔭によつて衰へるのに対し、樹高成長はほとんど衰へないことに起因するものである。従つてアカマツ中林の下木広葉樹は、一斉的な薪炭林に生育するものよりも、細長い通直完満な形状のものが多い。

3) 幹材積について

(a) 既にのべたように、ここに用いた資料は各標準地より樹種別に標準木をとり、根元より伐採して幹と枝条に分け、すべてキシロメーターによつて測容したものである。この幹材積を年齢に対応して林分型別、樹種別に示すと、いずれも年齢に対して凸状の曲線的相関が認められるが、2, 3の曲線式についての適合度を検討の結果、大部分の樹種はそのちらばりが大きいから、これを1曲線式によつて示すことは困難であつた。しかし各資料を地位別に分けて見ると、第9図(1)~(14)に示すように地位別の曲線として表わすことができ、しかもその曲線は、それぞれの資料とかなりよく一致するのである。従つてアカマツの地位によつて表わした各樹種の幹材積は、胸高直径、樹高と同様にそれぞれの林分型の地位判定要素として用いられるものと考えられる。

年齢と幹材積との関係は、林分型間にも樹種間にも差異のあるものがあると認められるが、資料の関係上実験式の算出をしなかつたので、有意差の検出ができなかつた。

(b) しかるに胸高直径と幹材積との関係は、各林分型に属する各樹種ともに指数曲線式 $y=ax^b$ がきわめてよく適合するので、この式によつて各樹種の実験式を求め、それぞれの平均材積表を作ることは可能である。しかし第 10 図に見られるように、これらの材積曲線は樹種別に大差のあるものが少く、林分型によつて樹種の材積順位も異り、またその胸高形数も後にのべるように全樹種を一括することが妥当と認められるので、強いて樹種別に少数の資料に分けて各樹種の材積表を作製する必要はあるまい。

4) 胸高形数について

(a) 胸高形数は個々の測定資料の間に相当の差異があつて、これを林分型別、樹種別に分けてその特徴を把握することは困難であるが、全樹種を通覧すれば、年齢または胸高直径に対して逆相関を示している。ゆえに年齢または胸高直径に対する胸高形数の関係は樹種別に求めないで、全樹種の平均胸高形数として林分型別に整理を行つた結果、きわめて高度の曲線的関係を認めた。 $y=a+\frac{b}{c+x^2}$ はこのような小径広葉樹の胸高形数曲線式として最もよく適合するもので、第 11 図、第 12 図はこの曲線式によつて求めた算出値と資料の平均値を示すものである。

(b) 以上の曲線から見ると、胸高形数は A 林分型のものよりも B_{II}、C_{II} などに生育するものが幾分大きく、従つて庇蔭下の広葉樹が、95% の信頼帯によつて曲線間の差の検定を試みた結果は、第 11 図、第 12 図の点線で表わすように、各林分型の間にはほとんど有意差を認め得ない。従つてアカマツと共生的に生育するこれらの広葉樹は、特に樹種別、林分型別に胸高形数を算定する根拠はなく、全体を通じて一つの曲線とすることが適當である。

IV. 摘 要

この論文はアカマツの中林作業法研究の基礎として、アカマツと共生的に生育する広葉樹の形状要素につき、統計的に検討したものである。次の 4 林分型の標準地に生育する 14 樹種の標準木 1,607 本（年齢 4～24 年）を資料とし、年齢、胸高直径、樹高、幹材積、胸高形数、枝条率などの相互関係を調べた。

A アカマツ中林の上木、下木ともにその伐期において皆伐された跡に更新した、アカマツと広葉樹の混交する同齡一斉林分 23 個所

B_{II} 疎密度 中庸 のアカマツ中林の、下木が第 2 輪伐期間にある林分 28 個所

C_{II} 疎密度 中庸 のアカマツ中林の、下木が第 3 輪伐期間にある林分 32 個所

E 広葉樹の同齡一斉薪炭林 23 個所

(I). 枝条率

(1) 胸高直径と枝条率との関係式として $y=a+\frac{b}{c+x^2}$ を誘導し、各樹種およびその平均値について、この曲線式がよく適合することを確かめた。

(2) この式は年齢と枝条率との関係式としてもよく適合するが、地位の良否によつて幹および枝条の材積成長が異なるため、前者よりも適合度が低い。

(3) 枝条率は上木の庇蔭度によつて著しい差があるため、林分型の間次関係がある。

$$E \doteq A > B_{II} \doteq C_{II}$$

(4) 枝条率は樹種による特徴が見られるが、常緑樹と落葉樹の群に分けられ、前者は後者より大きい。

(II). 胸高直径

(5) 年齢と胸高直径の関係は $y = ax^2 + bx + c$ なる曲線式が適合する。

(6) 庇蔭下においては直径成長は庇蔭のない場合より劣り、一般に次の関係が見られる。

$$E \div A > B_{II} \div C_{II}$$

(7) 同一林分型においては、その直径成長は各広葉樹ともに、これと共生的に生育するアカマツによつて示される地位の良否に一致する。

(8) 胸高直径の成長は樹種によつて固有の傾向がある。その大きさの順位は庇蔭の有無によつて大差はないが、クヌギ、コナラなど耐蔭性の弱いものは庇蔭下での成長が低下する。

(III). 樹高

(9) 年齢に対する樹高の曲線式としては $y = \frac{x^2}{ax^2 + bx + c}$ がよく適合する。

(10) 樹高成長は庇蔭の有無によつてほとんど差異を示さない。

(11) 樹高成長は各広葉樹ともに、これと共生的に生育するアカマツの地位の良否と一致する。

(12) 樹高成長は樹種によつて固有の傾向がある。その大きさの順位は庇蔭の有無によつてほとんど変わらないが、耐蔭性の劣るクヌギ、コナラは庇蔭下での順位が低くなる。

(13) 樹高と胸高直径の間には高度の相関があり、曲線式としては $y = ax^2 + bx + c$

$$y = \frac{x^2}{ax^2 + bx + c} \quad \text{ともによく適合する。}$$

(IV). 幹材積

(14) 年齢と幹材積の間には正の曲線的相関が認められるが、各樹種ともに地位による差異が大きいため、地位別の曲線として表わすことが適当である。

(15) 幹材積成長は地位が等しい場合、樹種により庇蔭の有無により差異が認められる。

(16) 幹材積と胸高直径の関係は各林分型の各樹種ともに $y = ax^b$ なる曲線式がよく適合するが、調査樹種については全樹種を一括した材積表を適用しても差支えない程度の差異を示すに過ぎない。

(V). 胸高形数

(17) 個々の資料の胸高形数には相当の差異があつて、樹種別に一定の傾向をつかむことは困難であるが、林分型ごとに全樹種を一括して直径階ごとに平均値を求めるときは、曲線式 $y = a + \frac{b}{c + x^2}$ がよく適合する。

(18) 上式は年齢と胸高形数との関係についても同様に適合する。

(19) これらの胸高形数曲線は、各林分型の間にほとんど有意差が認められないので、全体を通じて一つの曲線とすることが適当であろう。

STUDY ON THE SPECIAL TYPE OF THE MIDDLE FOREST
SYSTEM OF AKAMATSU (*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.)

(3) Some Components of the Tree Form of the Broad-
leaved Trees Growing under the Canopy

Yoshisuke INOUE

(Résumé)

This report presents the results of the statistical studies of some components of the tree form of the broad-leaved trees growing under the canopy. The studies were carried out as a basis for the study of the middle forest system for AKAMATSU (Japanese pine; *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.). The following is the results of the studies into the relationship among such factors as age, d.b.h., height, stem volume, breast-height form factor, branch percentage, etc. with 1,607 sample trees of ages ranging from 4 to 24 years, consisting of 14 species and growing in the following 4 stand types of sample plots.

A : 23 plots uniform forest with a mixture of AKAMATSU and broad-leaved trees, regenerated in the areas where the upper and the lower stands had been cut clear in their own rotation.

B_{II} : 28 plots of middle forest of AKAMATSU of medium crown density (0.4 to 0.5), with the lower stands growing in the 2nd rotation.

C_{II} : 32 plots of middle forests of AKAMATSU of medium crown density, with the lower stands growing in the 3rd rotation.

E : 23 plots of coppice under the clear cutting system.

I. BRANCH PERCENTAGE

1) The experimental formula,

$$y = a + \frac{b}{c + x^2}$$

where y = branch percentage

x = d.b.h

a, b, c = constants

is introduced to represent the branch percentage curve, and it is confirmed that this formula holds very well with various species of trees and also with their mean values.

2) This formula is applicable to the branch percentage - age curve. In this case, however, the accuracy is not as good as in the case of branch percentage - d.b.h. curves, because the volume increment of the stem and that of branches differ by the site.

3) Since the branch percentage is affected greatly by the degree of crown density of the upper story, the following differences are observed among the stand types of the middle forest.

$$A > B_{II} \quad A > C_{II} \quad B \doteq C_{II}$$

And the branch percentage of the stand of E type is almost equal to that of A type stand, and no significant difference is observed between the two types, with any species of trees; that is,

$$A \div E \quad E > B_{II} \quad E > C_{II}.$$

- 4) The branch percentages of broad-leaved trees show characteristics of the species, but generally they are classified into two groups, the evergreen tree group and the deciduous tree group, and the former has a larger branch percentage than the latter.

In the case of B_{II} or C_{II} , the species are arranged in order of value of the branch percentages as follows, and the order agrees with that of the tolerance of shade.

Kuroki	<i>Otherojendron japonicum</i> Makino
> Arakashi	<i>Quercus glauca</i> Thunb.
≐ Shirakashi	<i>Quercus myrsinaefolia</i> Blume.
≐ Asebi	<i>Pieris japonica</i> D. Don
> Soyogo	<i>Ilex pedunculosa</i> Miq.
≐ Nezumimochi	<i>Ligustrum japonicum</i> Thunb.
≐ Hisakaki	<i>Eurya japonica</i> Thunb.
> Ryōbu	<i>Clethra barbinervis</i> Sieb. et Zucc.
≐ Nejiki	<i>Pieris elliptica</i> Nakai
≐ Inushide	<i>Carpinus Tschonoskii</i> Maxim.
≐ Kunugi	<i>Quercus acutissima</i> Carruth.
≐ Konara	<i>Quercus serrata</i> Thunb.
≐ Egonoki	<i>Styrax japonica</i> Sieb. et Zucc.
≐ kamatsuka	<i>Pourthiaea villosa</i> Decne.

II. BREAST-HEIGHT DIAMETER

- 5) The formula,

$$y = ax^2 + bx + c$$

represents the d.b.h. - age curve, and exceptionally in some cases,

$$y = \frac{x^2}{ax^2 + bx + c}$$

holds.

- 6) Under the canopy, the diameter increment of broad-leaved trees is not as good as it is without shading, and the following relation holds with all the species alike.

$$A \div E > B_{II} \div C_{II}$$

The diameter increment is greatly influenced by shading with Kunugi and Konara, and not influenced very much with Kuroki, Hisakaki, Ryōbu, Inushide and Egonoki.

- 7) In one stand type, the diameter increments of broad leaved trees agree with the quality of site represented by AKAMATSU growing together with those trees.
- 8) In the case of B_{II} or C_{II} , the species are arranged in order of growth in d.b.h. as follows.

Kuroki > Arakashi ≐ Egonoki ≐ Shirakashi > Konara ≐
 Kunugi ≐ Ryōbu > Nezumimochi ≐ Asebi ≐ Inushide ≐
 Nejiki ≐ Soyogo ≐ Hisakaki ≐ Kamatsuka

III. HEIGHT

- 9) The formula

$$y = \frac{x^2}{ax^2 + bx + c}$$

holds for the height increment curve very well.

- 10) The height increment in Type B_{II} or Type C_{II} under the canopy is almost equal to that in Type A or Type E without shading.
- 11) The height increment of the broad-leaved trees agrees very well with the quality of site represented by AKAMATSU growing together with them.
- 12) In Types B_{II} and C_{II}, the species are arranged in order of height increment as follows.

Arakashi ÷ Shirakashi ÷ Egonoki ÷ Ryōbu > Kuroki ÷
Kunugi ÷ Konara ÷ Nejiki ÷ Nezumimochi ÷ Inushide >
Soyogo > Kamatsuka ÷ Asebi ÷ Hisakaki

- 13) There is a high degree of correlation between the breast-height diameter and the tree height, and both of the following formulas hold very well.

$$y = ax^2 + bx + c$$

$$y = \frac{x^2}{ax^2 + bx + c}$$

IV. STEM VOLUME

- 14) The relationship between the stem volume increment and the stand type is similar to the situation stated in (6).
- 15) The order of species according to the stem volume increment is similar to the order in (8).
- 16) A positive correlation is observed between the age and the stem volume, but it is difficult to express this relationship by a formula, because of the big differences in the quality of site. However, the formula,

$$y = ax^b$$

where y = stem volume
 x = d.b.h.

holds between the d.b.h. and the stem volume, with all the species.

V. BREAST-HEIGHT FORM FACTOR

- 17) There are big individual differences in the breast-height form factor among sample trees of the same diameter grade, even among trees of the same species, but the general tendency is that the greater the d.b.h., the smaller the breast-height form factor. The formula,

$$y = a + \frac{b}{c + x^2}$$

where y = mean breast-height form factor
 x = mean d.b.h.

holds very well between the mean value of the breast-height form factor of trees of each species in a sample plot and the mean breast-height diameter.

- 18) The formula,

$$y = a + \frac{b}{c + x^2}$$

where x = age of sample forest

holds well between the age of each sample forest and the mean breast-height form factor.