

アカマツ林の重量生長に関する基礎的研究 (I)

妹 尾 俊 夫

TOSHIO SENOO

Fundamental studies on the weight increment of AKAMATSU

(*Pinus densiflora* S. et Z.) stand (II)

要 旨

要旨 前章までに重量生長過程解明の前提課題とされるものはほとんど解決出来た。そこで、ここではそれらの成果を根拠として、本研究の主課題ともいえる林分における重量生長過程の解明を行った。その方法には重量による林分収穫表の調製を行い、これを利用した。

その結果の中で、とくに材積生長経過と比較して注目すべきことが明らかとなった。すなわち、主林木、主副林木合計および総収穫の連年生長量ならびに平均生長量のいずれにおいても重量生長の最大となる年齢が材積生長のそれよりも5~15年遅れることであった。これについては理論的な裏付けを得るために数学的証明を行って検討した。

最後に重量による現存量の推定方法について総合的な検討を行った。

III 林分重量収穫表および林分セルロース 収穫表の調製

前章の標準地資料を用い、つぎの方法で信楽地方アカマツ林分について、材積収穫表、重量収穫表、ホロセルロース収穫表および α セルロース収穫表の調製をこころみた。

これらの収穫表を調製しようとする主たる目的は、これを通じて、アカマツ林分の重量生長過程ならびにホロセルロースおよび α セルロースの生長過程を明らかにしようとするにあり、特に信楽地方のアカマツ林収穫表を作成することを目的とするものではない。しかしながら調製されたこれらの収穫表は、パルプ用材の生産を目的とするアカマツ林の経営に対して (1)森林の将来の生長量ならびに収穫量の予想 (2)経営成果の判定 (3)経営技術ならびに育林保育の指針 (4)経営計画の資料 (5)地位の判定 等々の要求にある程度応えることができるであろう。

重量収穫表の調製方法は、先ず収穫表の調製要綱¹⁾

に準拠して材積収穫表を調製する。一方、材積資料を得たと同じ標準地の重量資料から、林齢と林分標準容積密度数および林分標準セルロース含有量の関係を求め、材積収穫表の各林齢に対応する林分皮内材積にかけ合わせて林分皮内重量生産量および林分セルロース生産量とする。さらに樹皮重量については齢級別標準地の資料から胸高直径と樹皮率の関係および樹皮重量を求めるとともに、各林齢の林分平均胸高直径に対応する樹皮容積から林分樹皮重量を求め、さきの林分皮内重量に加えて林分重量生産量とするものである。

以上のような方法で得られた各林齢の林分重量生産量および林分セルロース生産量を経時的にまとめて林分重量収穫表および林分セルロース収穫表を調製することにした。

1. 林分材積収穫表の調製

1) 資料の吟味

次の各因子間の関係について林分収穫表の調製要綱¹⁾にしたがい、調査資料を吟味し、著しく一般的傾向と差異のある標準地については棄却することとした。

京都府立大学農学部附属演習林研究室

Experimental Forest Station, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural University, Kyoto, Japan.

- (1)林齢に対するha当り主林木本数
 - (2)林齢に対するha当り主林木胸高断面積
 - (3)林齢に対するha当り主林木幹材積
 - (4)林齢に対する主林木平均胸高直径
 - (5)林齢に対する主林木平均樹高
 - (6)主林木平均胸高直径に対する当り主林木本数
- (1)~(6)の関係について、横軸には林齢あるいは胸高直径をとり、縦軸に各因子の標本の実測値をとったグ

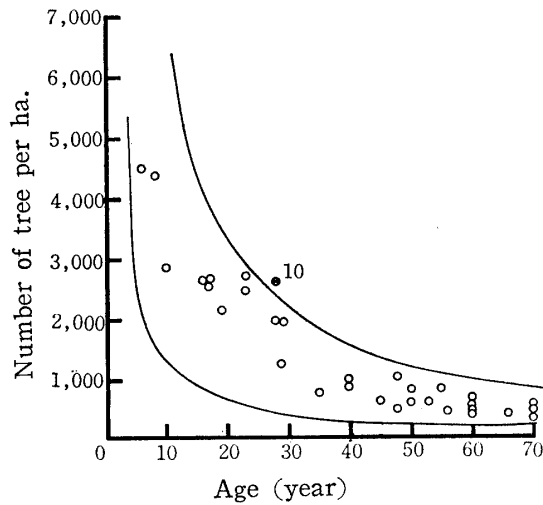


Fig. III-1-1 Relation between the stand age and the number of main trees

Table III-1-1 Relation between the stand age and the number of main trees per ha.

(n/ha)

Regression equation $\hat{Y} = 47243.8^{-1.061427}$			
Standard deviation $s = 518.32$		Standard error in % $\epsilon = 34.99\%$	
Age	Estimate \hat{Y}	$\hat{Y} \times 2 (\epsilon/100)$	Confidence limits
5	8559	5992	14551~2567
10	4101	2870	6971~1231
15	2667	1886	4533~ 801
20	1965	1376	3341~ 589
25	1551	1086	2637~ 465
30	1278	894	2172~ 384
35	1085	760	1845~ 325
40	942	660	1602~ 282
45	831	582	1413~ 249
50	743	520	1263~ 223
55	672	470	1142~ 202
60	612	428	1040~ 184
65	562	394	956~ 168
70	520	364	884~ 156

ラフをつくり、そのグラフ上の観測値の分布の傾向から、適合性の高いと思われる曲線式を適用して、標本実測値の平均的な態様を示す回帰式を求めた。その回帰方程式から計算上得られる林齢あるいは主林木胸高直径の変化に対する回帰推定値を結んで分布中央線とした。分布中央線が決まると、標本実測値の分布中央線に対する百分率標準誤差を回帰方程式の標準偏差から求めた。そして、この分布中央線に対する信頼限界

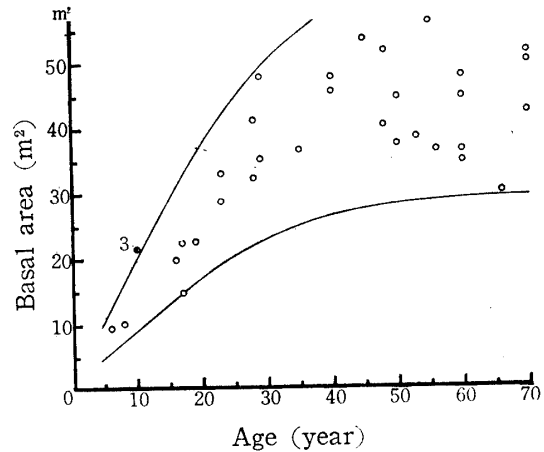


Fig. III-1-2 Relation between the stand age and the basal area of main trees

Table III-1-2 Relation between the stand age and the basal area of main trees

Regression equation $\hat{Y} = 47.0809(0.0741037)^{0.67196t}$			
Standard deviation $s = 6.7193$		Standard error in % $\epsilon = 18.44\%$	
Age	Estimate \hat{Y} (m²)	$\hat{Y} \times 2 (\epsilon/100)$ (m²)	Confidence limits (m²)
5	8.100	2.988	11.088~ 5.112
10	14.326	5.284	19.610~ 9.042
15	21.075	7.772	28.847~13.303
20	27.304	10.070	37.374~17.234
25	32.594	12.020	44.614~20.574
30	36.676	13.526	50.202~23.150
35	39.799	14.678	54.477~25.121
40	42.005	15.492	57.497~26.513
45	43.596	16.078	59.674~27.518
50	44.720	16.492	61.212~28.228
55	45.449	16.762	62.211~28.687
60	45.952	16.948	62.900~29.004
65	46.336	17.088	63.424~29.248
70	46.575	17.176	63.751~29.399

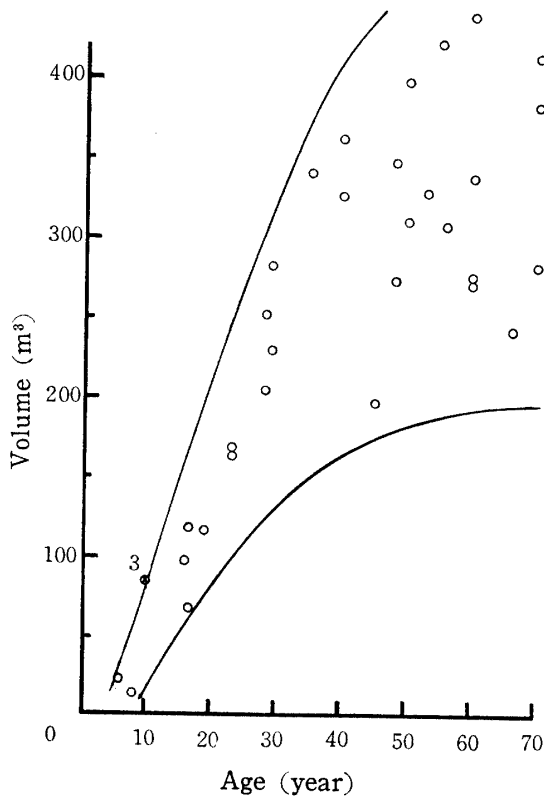


Fig. III-1-3 Relation between the stand age and the volume of main trees

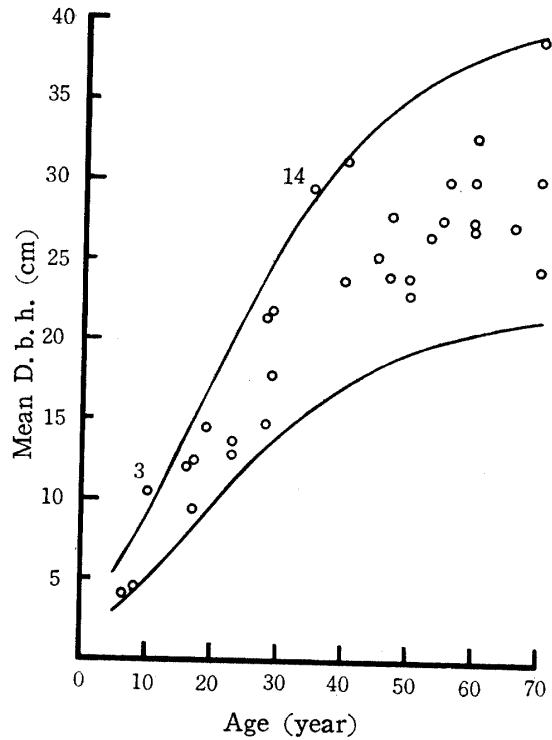


Fig. III-1-4 Relation between the stand age and the mean d.b.h. of main trees

Table III-1-3 Relation between the stand age and the volume of main trees

Regression equation $\hat{Y} = 345.585(0.0073194)^{0.66843t}$
 Standard deviation $s = 53.05$ Standard error in % $\epsilon = 21.42\%$

Age	Estimate \hat{Y} (m ³)	$\hat{Y} \times 2 (\epsilon/100)$ (m ³)	Confidence limits (m ³)
5	13.192	5.652	18.844~ 7.540
10	39.566	16.950	56.516~ 22.616
15	81.747	35.020	116.767~ 46.727
20	133.108	57.023	190.131~ 76.085
25	183.058	78.422	261.480~104.636
30	226.598	97.074	323.672~129.524
35	263.772	113.000	376.772~150.772
40	288.895	123.762	412.657~165.133
45	307.435	131.705	439.140~175.730
50	320.274	137.205	457.479~183.069
55	328.648	140.793	469.441~187.855
60	333.446	142.848	476.294~190.598
65	336.794	144.283	481.077~192.511
70	339.929	145.625	485.554~194.303

Table III-1-4 Relation between the stand age and the mean d. b. h. of main trees

Regression equation $\hat{Y} = 31.6564(0.066283)^{0.747821t}$
 Standard deviation $s = 3.23$ Standard error in % $\epsilon = 14.74\%$

Age	Estimate \hat{Y} (cm)	$\hat{Y} \times 2 (\epsilon/100)$ (cm)	Confidence limits (cm)
5	4.17	1.23	5.40~ 2.94
10	6.95	2.05	9.00~ 4.90
15	10.20	3.01	13.21~ 7.19
20	13.58	4.00	17.58~ 9.58
25	16.82	4.96	21.78~11.86
30	19.73	5.82	25.55~13.91
35	22.23	6.55	28.78~15.68
40	24.31	7.17	31.48~17.14
45	25.99	7.66	33.65~18.33
50	27.32	8.05	35.37~19.27
55	28.35	8.36	36.71~19.99
60	29.15	8.59	37.74~20.56
65	29.77	8.78	38.55~20.99
70	30.23	8.91	39.14~21.32

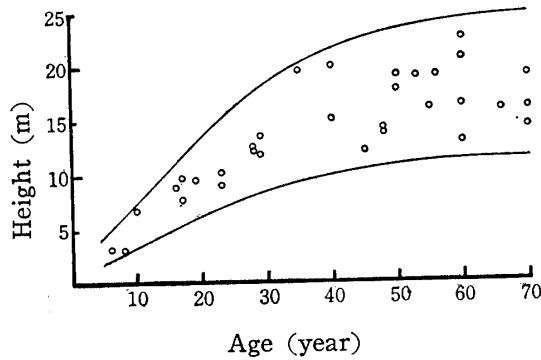


Fig. III-1-5 Relation between the stand age and the mean height of main trees

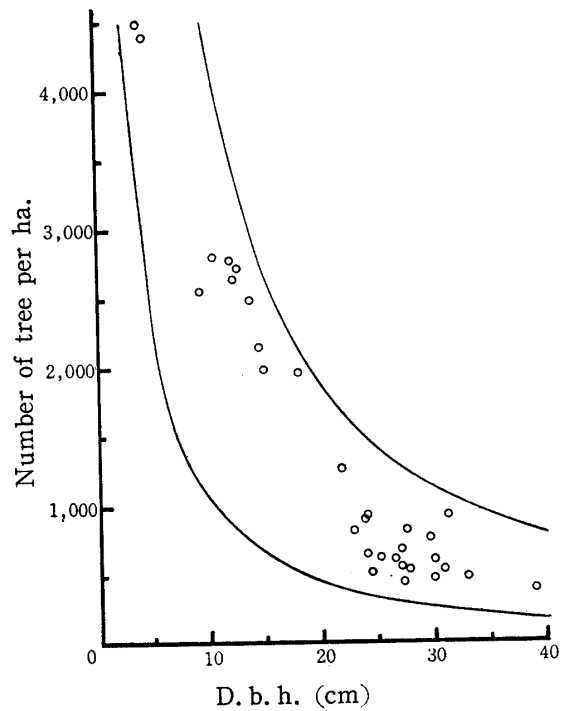


Fig. III-1-6 Relation between the mean d. b. h. of main trees and the number of it

Table III-1-5 Relation between the stand age and the mean height of main trees

Regression equation $\hat{Y} = 18.526(0.086148)^{0.71318t}$			
Standard deviation $s = 2.56$		Standard error in % $\epsilon = 18.44\%$	
Age	Estimate \hat{Y} (m)	$\hat{Y} \times 2$ ($\epsilon/100$) (m)	Confidence limits (m)
5	3.21	1.18	4.39~ 2.03
10	5.29	1.96	7.25~ 3.33
15	7.57	2.80	10.37~ 4.77
20	9.76	3.60	13.36~ 6.16
25	11.77	4.34	16.11~ 7.43
30	13.46	4.96	18.42~ 8.50
35	14.75	5.44	20.19~ 9.31
40	15.68	5.78	21.46~ 9.90
45	16.49	6.08	22.57~10.41
50	17.00	6.26	23.26~10.74
55	17.36	6.40	23.76~10.96
60	17.72	6.54	24.26~11.18
65	17.90	6.60	24.50~11.30
70	18.07	6.66	24.73~11.41

Table III-1-6 Relation between the mean D. b. h. of main trees and the number of it

Regression equation $\hat{Y} = 43302.0D^{-1.229082}$			
Standard deviation $s = 609.06$		Standard error in % $\epsilon = 41.11\%$	
D. b. h. (cm)	Estimate \hat{Y}	$\hat{Y} \times 1.5$ ($\epsilon/100$)	Confidence limits
4	8377	5166	13543~3211
6	5089	3138	8227~1951
8	3574	2204	5778~1370
10	2716	1674	4390~1042
14	1797	1107	2904~ 690
18	1319	813	2132~ 506
22	1031	635	1666~ 396
26	841	518	1358~ 322
30	704	434	1138~ 270
34	604	372	976~ 232
38	526	324	850~ 202
42	466	288	754~ 178
46	417	257	674~ 160
50	375	231	606~ 144

は各林齢に対応する推定値に1.5倍あるいは2倍の百分率標準誤差を掛けて、得られた値を再び推定値に加減して求めた。資料の吟味に用いた曲線式は(1)および(6)の場合は指数曲線式 $Y = at^{-b}$ および $Y = aD^{-b}$ (Y : 本数, t : 林齢, D : 平均胸高直径, a, b : 定数) で(2), (3), (4), (5)の場合はゴンパーツ曲線式 $Y = Ka^{bt}$ (Y : ha 当り胸高断面積, 幹材積, 主林木平均胸高直径あるいは平均樹高, t : 林齢, k, a, b : 定数) である。

以上により総合的に吟味した結果, 部分的には信頼限界からはみ出す標準地も見受けられたが, 著しく差異のあるものとは考えられず, 棄却された標準地はなかった。これは全体的にちらばりが大きいため, 棄却しなければならぬ程の異常資料を含んでいなかったことによるものと思われる。以下に各回帰方程式およびその標準誤差と百分率標準誤差ならびに年齢別分布中央値とその信頼限界を示すと表Ⅲ-1-1~6 および図Ⅲ-1-1~6 のとおりである。

2) 地位区分

この信楽地方におけるアカマツ収穫表の対象となる地域はせいぜい200km²で, 標高300~700mの高原盆地である。このように面積的にも狭小であり, 自然環境も区分できる程の差異はないと思われるうえに, 地位区分を行ない得る程十分な資料を得られないこともあって, 本収穫表においては平均地位のみの数値を求めるとし, 地位区分は行なわないこととした。

3) 収穫表構成数値の決定

(1) 主林木

a. 平均樹高

林齢に対する平均樹高を関数関係から求めることとする。林齢と樹高の関係を表わす生長曲線式や実験式はいろいろ発表されているが, ここではI章4節で検討した生長曲線式の中から, 柔軟性に富み, 広い適用範囲が認められるゴンパーツ曲線式を適用することとした。^(註) 3群法で係数を決定した結果は(Ⅲ-1-1)式のとおりである。なお実測値と曲線式による値から相関比および標準偏差を求めたので示した。

ゴンパーツ曲線式

$$H = 18.5258 (0.086148)^{0.71818t} \dots \text{ (Ⅲ-1-1)}$$

$$\eta_{t-H} = 0.870 \quad S = 2.44$$

ただし H : 平均樹高 t : 林齢 η_{t-H} : 相関比

S : 標準偏差

この曲線式を用いて実測値に対する適合性を示した結果は図Ⅲ-1-7に示すとおりである。

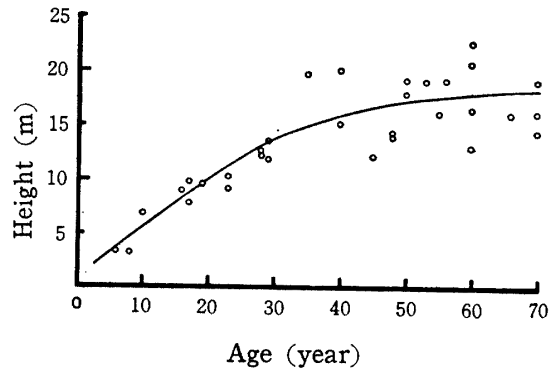


Fig. III-1-7 Fitness of growth curve to the relation between the stand age and the mean height of main trees

この図からわかるように, かなりよい適合性を示しているので, この収穫表の構成数値は(Ⅲ-1-1)式によって決定することとした。

b. 平均胸高直径

林齢と平均胸高直径の関係についても生長曲線式を用いることとし, 高い適合性を示すゴンパーツ曲線式

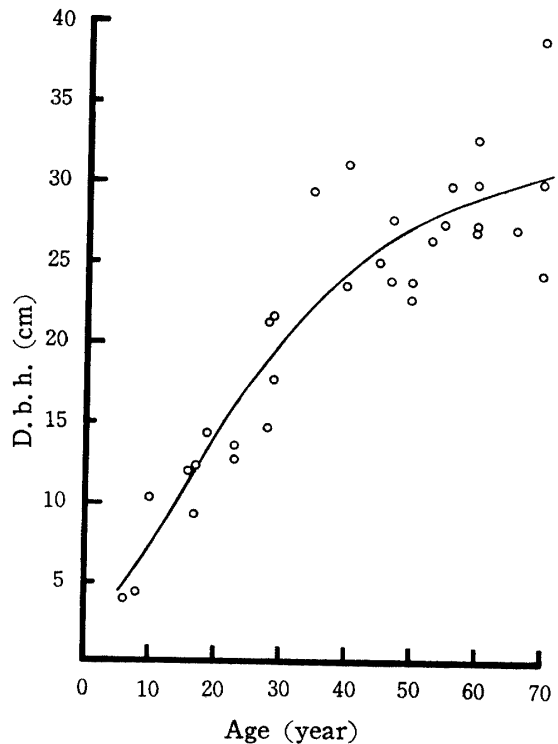


Fig. III-1-8 Fitness of growth curves to the relation between the stand age and the mean d. b. h.

註) 大友栄松(1967): 林地生産力と数量化(新しい林業統計²⁾, P149)によれば, このゴンパーツ曲線式は関東アカマツ林において特に良く適合したとある。

によることとした。3群法によって得られた係数の計算結果は(Ⅲ-1-2)式に示すとおりである。

$$D = 31.6564 (0.0662826)^{0.747821^t} \dots \text{(Ⅲ-1-2)}$$

$$\eta_{t,D} = 0.922 \quad S = 3.23$$

ただし D: 平均胸高直径 t: 林齢

$\eta_{t,D}$: 相関比 S: 標準偏差

また(Ⅲ-1-2)式の適合性については図Ⅲ-1-8に示すとおりである。

c. 主林木胸高断面面積合計

林齢と主林木胸高断面面積合計の関係についても生長曲線式を用いて表わすこととし、さきの場合と同じ理由からゴンパーツ曲線式によった。ゴンパーツ曲線式の係数の計算結果は(Ⅲ-1-3)式に示すとおりである。

$$B = 47.0809 (0.0741037)^{0.676197^t} \dots \text{(Ⅲ-1-3)}$$

$$\eta_{t,B} = 0.851 \quad S = 6.54$$

ただし B: 主林木胸高断面面積合計 t: 林齢

$\eta_{t,B}$: 相関比 S: 標準偏差

また(Ⅲ-1-3)式の適合性については図Ⅲ-1-9に示すとおりである。

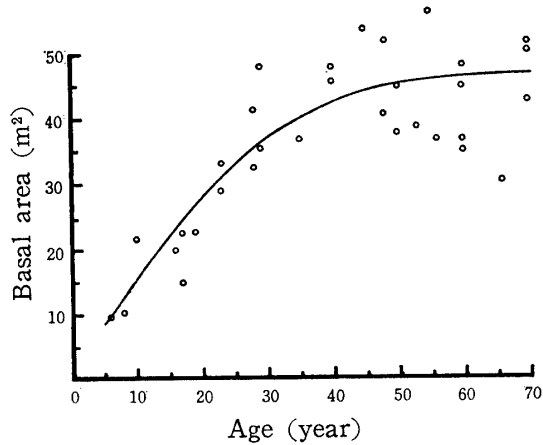


Fig. III-1-9 Fitness of growth curve to the relation between the stand age and the basal area

後半ややちらばりが大きい取獲表構成数値における林齢と主林木胸高断面面積合計の関係は(Ⅲ-1-3)式で表わすこととした。

d. ha当り主林木幹材積

ha当り主林木幹材積当り幹材積は重量収穫表の調製にとっても、それが材積を伸介とする間接推定であるためきわめて重要な因子である。しかしながらその算定方法にも幾通りかの方法が考えられるため、目的にかなった方法を検討する必要がある。例えば主林木平均樹高との関係、林齢との関係および平均胸高直径、

平均樹高、主林木本数の3因子を用いて幹材積表より求める方法などが考えられる。

ここでは各標準地の特質が信楽地方の収穫表の中に充分反映されていることが重要である。したがって一斉同齢林である関係上各標準地の林齢とその中に含まれる材積を対応させることが最も個々の資料を生かす方法であると考えられるので、この両者について関係式を求めることとした。やはりこの関係式もゴンパーツ曲線式によることとし、3群法によって係数を求めた。

$$V = 345.585 (0.00731937)^{0.66343^t} \dots \text{(Ⅲ-1-4)}$$

$$\eta_{t,V} = 0.894 \quad S = 53.05$$

ただし V: ha当り主林木幹材積 t: 林齢

$\eta_{t,V}$: 相関比 S: 標準偏差

この(Ⅲ-1-4)式の実測値に対する適合性については図Ⅲ-1-10に示すとおりである。

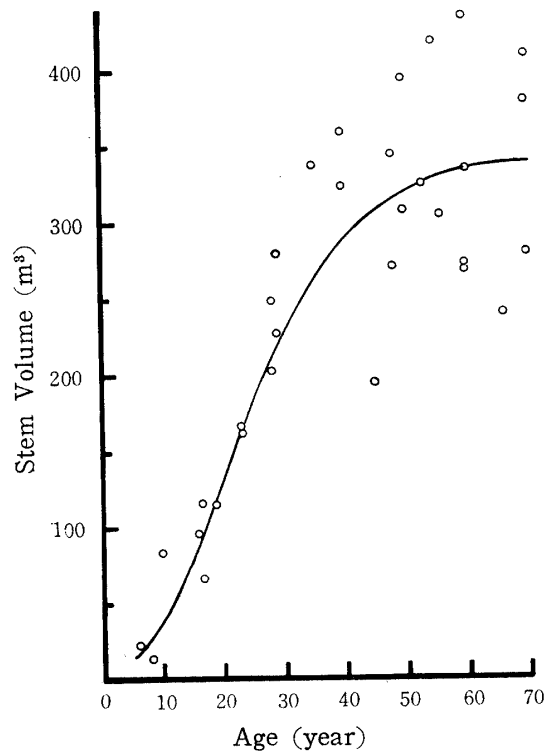


Fig. III-1-10 Fitness of the growth curve to the relation between the stand age and the volume per ha.

e. 主林木本数

林齢と主林木本数の関数関係を表わす式としては検討の結果、対数曲線式が分布によく適合したので最小自乗法によって係数を求めた。なお、主副林木合計本数も同様の方法で求めたので付記した。

$$\log N = 4.6743448 - 1.0614270 \log t$$

$$\dots \text{(Ⅲ-1-5)}$$

$$\eta_{t,N} = 0.899 \quad S = 93.38$$

$$\log N' = 4.9391713 - 1.1694639 \log t \quad \dots\dots (III-1-6)$$

$$\eta_{t \cdot N} = 0.912 \quad S = 127.65$$

ただし N：主林木本数 N'：主副林木合計本数
t：林齢 $\eta_{t \cdot N}$ ：相関比 S：標準偏差

この(III-1-5)式の実測値に対する適合状態は図III-1-11に示すとおりである。

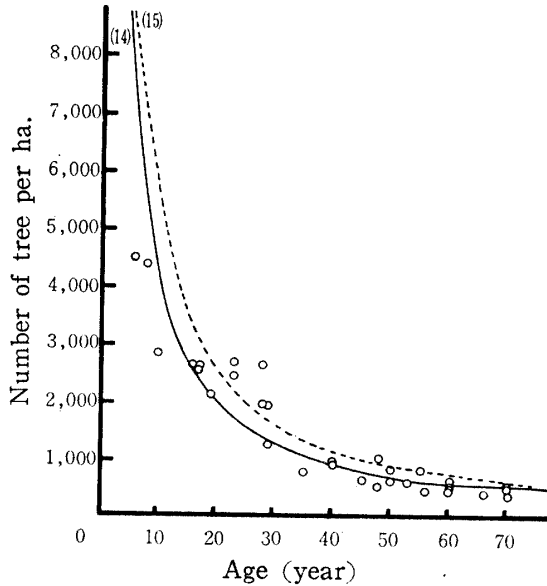


Fig. III-1-11 Fitness of logarithmic equation to the relation between the stand age and the number of main trees per ha.

この(III-1-5)式は比較的誤差率は大きいが実測分布のちらばりの状態から推して、止むを得ぬものと判断してこの式によって林齢に対する主林木本数を決定した。なお数値の決定の際に主林木平均胸高直径と ha 当り主林木本数の関係から求めた数値との比較も併せ行った。

この関数関係式として林齢の場合と同様に対数曲線式を採用し、最小自乗法で係数を決定した。

$$\log N = 4.6365079 - 1.2290819 \log D \quad \dots\dots (III-1-7)$$

$$\eta_{D \cdot N} = 0.857 \quad S = 982.36$$

ただし N：主林木本数 D：平均胸高直径
 $\eta_{D \cdot N}$ ：相関比 S：標準偏差

この(III-1-7)式の実測値との適合状態は図III-1-12に示すとおりである。

これらの図に示すように主林木平均胸高直径との関係における主林木本数のちらばりは林齢との場合よりさらに大きいようで偏差の状態や標準偏差、平均誤差率および相関比のいずれをとっても適合性は低いこと

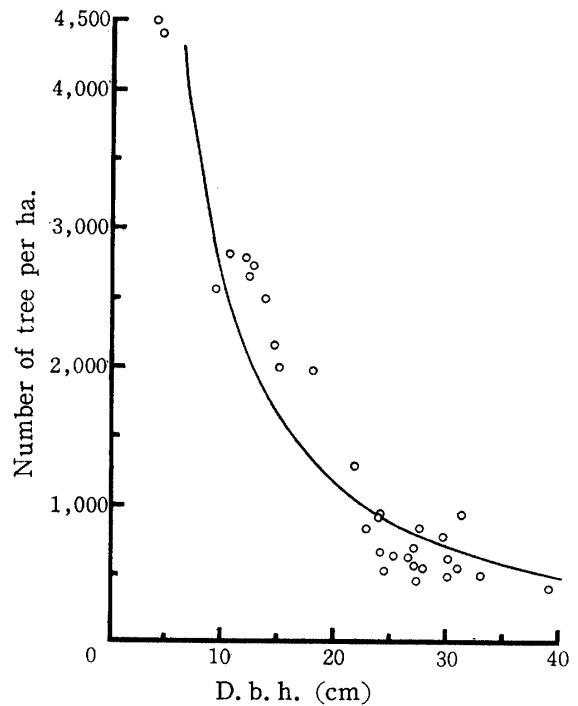


Fig. III-1-12 Fitness of logarithmic equation to the relation between the mean d.b.h. of main tree-crop and the number of main per ha.

がわかった。したがって、さきに述べたように主林木本数は林齢との関係式より求めることとし、平均胸高直径との関係式(III-1-7)式より求めた数値は参考にする程度にとどめた。

f. ha当り幹材積生長量

ha当りの幹材積連年生長量はそれぞれの齢級の終期と初期の主林木幹材積の差をその期間で除して求めた。また ha 当りの幹材積平均生長量は各林齢の幹材積を林齢で除して求めた。

主林木の幹材積生長曲線は図III-1-13に示すとおりである。

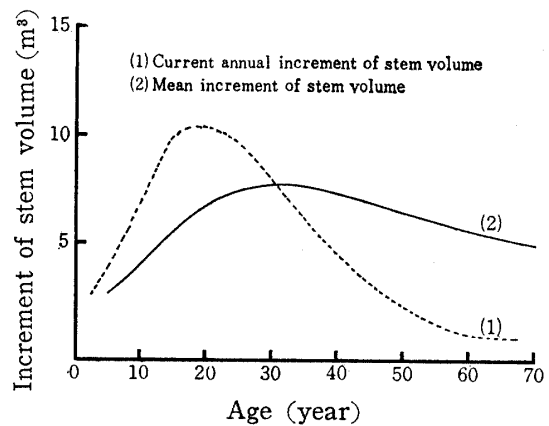


Fig. III-1-13 Relation between the stand age and the volume increment of main trees

(2) 副林木

a. 平均樹高

副林木平均樹高は主林木の場合と同様に、林齢に対する関数式として求めることとする。両者の関係についてゴンパーツ曲線を適用して求めた結果は次のとおりである。

$$H = 14.6353 (0.135412)^{0.673776t} \dots \text{(III-1-8)}$$

また両者の関係を実測分布についてみると図III-1-14に示すとおりである。

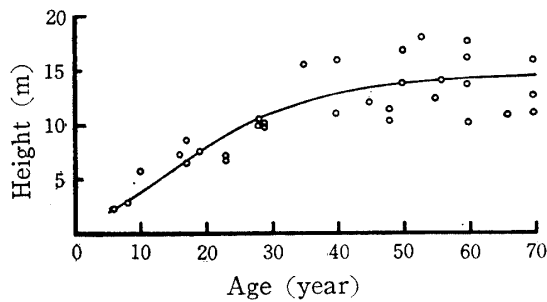


Fig. III-1-14 Fitness of the growth curve to the relation between the stand age and the mean height of secondary trees

この図にみるようになんまりよい適合性を示しているので副林木平均樹高は(III-1-8)式によって算出することとした。

b. 平均胸高直径

副林木平均胸高直径も主林木の場合と同様に、林齢に対する関係式として、ゴンパーツ曲線を適用して求

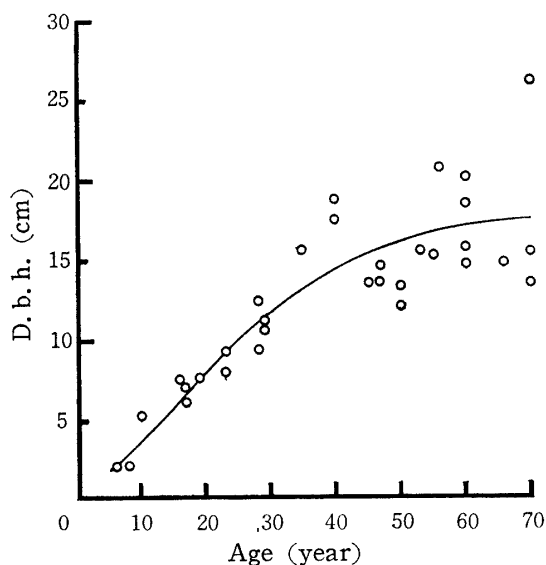


Fig. III-1-15 Fitness of the growth curve to the relation between the stand age and the mean d. b. h. of secondary trees

めた結果は次のとおりである。

$$D = 18.0362 (0.048028)^{0.725657t} \dots \text{(III-1-9)}$$

林齢に対応する平均胸高直径の実測分布および(III-1-9)式を図示すると図III-1-15に示されたとおりである。

この図にみるように回帰線からかなりかけはなれた分布もみられるが、ちらばりが大きいために止むを得ないものと判断して(III-1-9)式で副林木の林齢に対する平均胸高直径を求めることとした。

c. ha当り本数

副林木の本数はすでに主林木本数決定の際に主副林木合計本数の曲線も示したが、この合計本数より各林齢に応じて主林木本数を差引いて副林木本数とした。

d. ha当り幹材積

さきに求めた平均樹高、平均胸高直径から近畿地方アカマツ幹材積表³⁾を用いて平均幹材積を求め、ha当り本数を乗じてha当り副林木幹材積とした。

(3) 主副林木合計数の決定

a. 本数および幹材積

本数および幹材積についてすでに求めた主林木および副林木の合計をもって主副木合計本数ならびに主副林木合計幹材積とした。

b. 幹材積生長量および生長率

主副林木合計幹材積連年生長量は各齡級期間の終期と初期の幹材積の差をその期間の年齢で除したものであり、主副林木合計幹材積平均生長量(B)は各林齢の主林木材積とその林齢までの副林木幹材積累計との和、すなわちその林齢までの総収穫をその時の林齢で除して求めた。その主副林木合計幹材積生長曲線を図示すれば図III-1-16に示すとおりである。

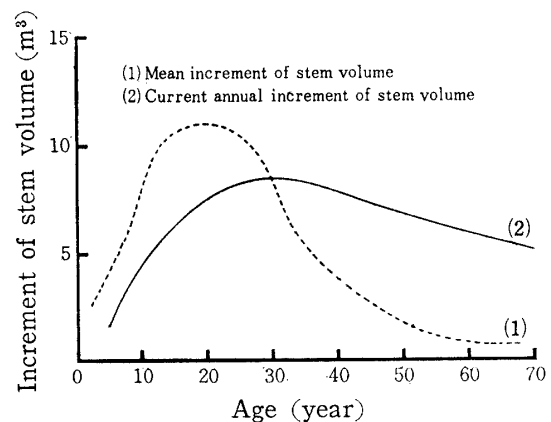


Fig. III-1-16 Relation between the stand age and the volume increment of main and secondary trees

なお、幹材積生長率は

$$\text{ライプニッツ式 } P = \left(\sqrt[n]{\frac{M}{m}} - 1 \right) \times 100$$

ただし、M：ある年の材積 m：n年前の材積を用いて算出した。

4) 林分材積収穫表の調製

以上、今までの収穫表構成数値の決定方法によって計算した結果を一括して一覧表にしたものが表Ⅲ-1-7であり、この表より図示したものが図Ⅲ-1-17である。これは信楽地方の平均地位におけるアカマツ林分材積収穫表である。

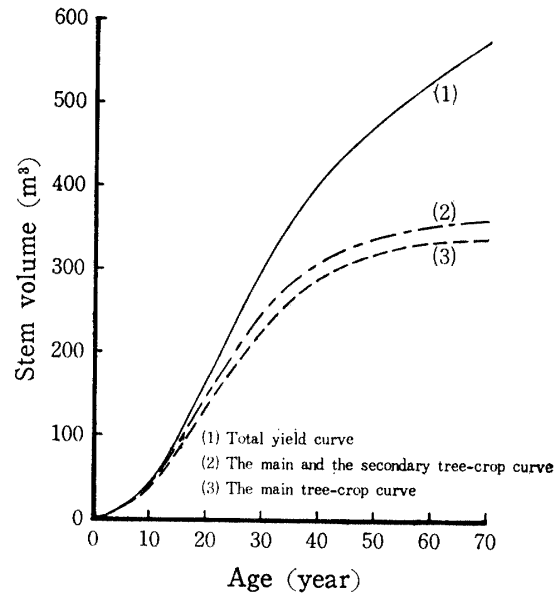


Fig. III-1-17 Total increment curve of the stem volume per ha.

Table Ⅲ-1-7 Volume Yield Table of AKAMATSU in SHIGARAKI district

Age	Main tree-crop (per ha.)						Entire tree-crop (per ha.)						Total yield in volume (m³)
	(cm)	(m)	Num-	(m³)	(m³)	(m³)	Num- of trees	(m³)	(m³)	(m³)	(%)		
	Mean d.b.h.	Mean height	ber of trees	Stem volume	Current annual increment of stem volume	Mean increment of stem volume		Stem volume	Current annual increment of stem volume	Mean incre- ment of stem volume	Incre- ment per- centage		
5	4.17	2.39	8559	13.192	2.638	2.638	8559	13.192	2.638	2.638	2.638	27.40	13.192
10	6.95	5.55	4101	39.565	5.275	3.957	5884	44.288	6.219	4.429	4.429	15.86	44.288
15	10.20	8.15	2667	81.747	8.436	5.450	3662	92.490	9.640	6.166	6.481	10.01	97.213
20	13.58	10.26	1965	133.108	10.272	6.655	2616	149.028	11.308	7.451	8.225	6.37	164.494
25	16.82	11.99	1551	183.108	9.990	7.322	2015	202.958	10.786	8.118	9.374	4.36	234.344
30	19.73	13.42	1278	226.598	8.708	7.553	1628	251.256	9.660	8.375	10.085	2.42	302.542
35	22.24	14.58	1085	263.772	7.435	7.536	1360	283.241	6.397	8.093	10.242	1.75	358.465
40	24.31	15.54	942	288.895	5.025	7.222	1163	310.478	5.447	7.762	10.147	1.01	405.891
45	25.99	16.32	831	307.435	3.708	6.832	1013	326.466	3.198	7.255	9.855	0.81	443.462
50	27.32	16.96	743	320.274	2.568	6.405	896	339.929	2.693	6.799	9.519	0.41	475.956
55	28.36	17.48	672	328.648	1.675	5.975	801	347.002	1.415	6.309	9.140	0.39	502.684
60	29.16	17.91	612	333.446	0.960	5.557	724	353.872	1.374	5.898	8.798	0.20	527.908
65	29.75	18.26	562	336.794	0.670	5.181	659	357.449	0.715	5.499	8.491	0.20	551.911
70	30.24	18.55	520	339.929	0.627	4.856	604	360.991	0.708	5.157	8.230		576.108

Increment percentage : $P = \left(\sqrt[n]{\frac{M}{m}} - 1 \right) \times 100$ Leibnitz's formula

5) 他の材積収穫表との比較

ここに調製した信楽地方平均地位における収穫表と従来わが国で発表されているアカマツ林分材積収穫表との比較検討を行ない、収穫表構成数値の妥当性を吟

味することとする。比較に用いた収穫表は近畿、中国内海、磐城、長野、新潟および岩手の各地方で調製された各地位におけるアカマツ林分材積収穫表である。

比較する要素は主林木の平均樹高、平均胸高直径、ha当り本数、ha当り胸高断面積、ha当り幹材積間伐

収穫および材積平均生長量最大の時期である。

(1) 主林木平均樹高

まず、地位の指標として用いられる主林木平均樹高をとりあげて、信楽地方の平均地位がどのあたりに位置づけられるかを知ることとする。とりあげた地域は近畿地方の1等地から4等地までと中国内海地方の2等地および3等地である。すでに述べたように信楽地方の気候的、土地的要因は中国内海地方に非常に近いものがあるので、特に近畿地方以外に中国内海地方も採り上げた。林齢に対する平均樹高の比較図は図Ⅲ-1-18に示すとおりである。

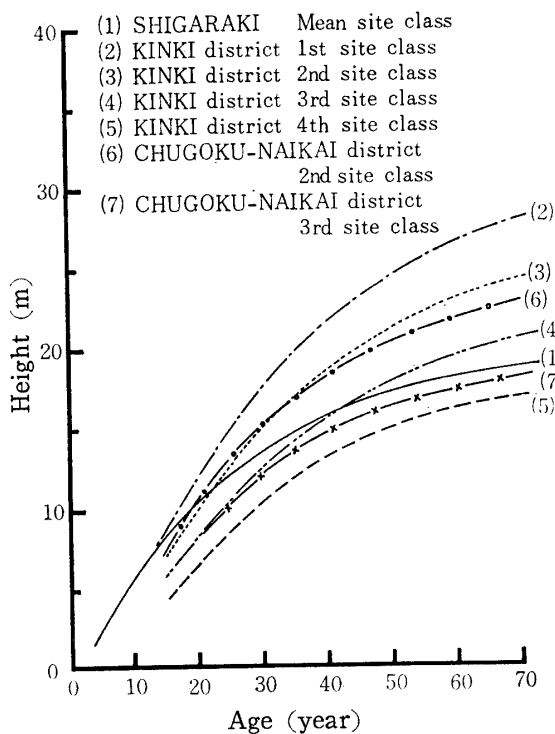


Fig. III-1-18 Comparison of the mean height curves of main tree-crop

この図に示されるように35年位までは近畿地方および中国内海地方の2等地と3等地の間にあったが、林齢を経るにしたがって生長率がおとろえて近畿地方の3等地と4等地の間になり、中国内海地方の3等地に近い傾向をもっていることがわかる。

(2) 主林木平均胸高直径

この主林木平均胸高直径の比較図は図Ⅲ-1-19に示すものである。

林齢が30年位までは近畿地方の1等地よりも大きいですが、30年を過ぎてからは次第に衰えて近畿地方の1等地から2等地、そして70年では3等地に近い値をとるようになる。一方、中国内海地方の1等地が信楽地方と同様の傾向線を示していることが注目される。すな

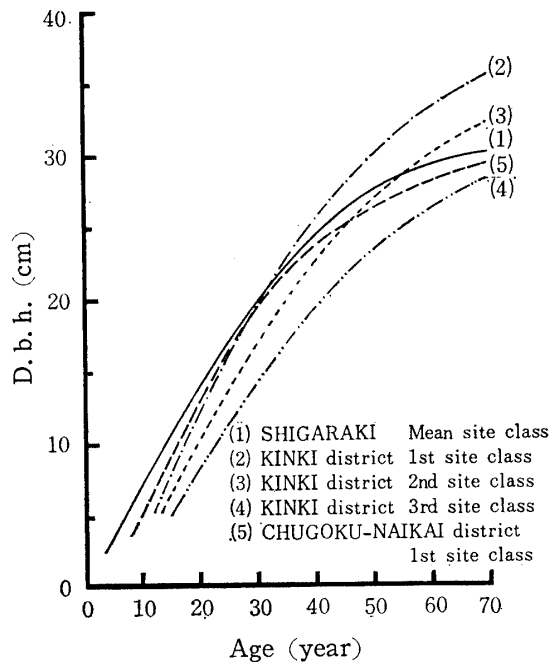


Fig. III-1-19 Comparison of the mean d.b.h. curves of main tree-crop

わち、胸高直径は地位や立木密度との関係が深いですが、気候的、土地的要因は中国内海地方と似かよっていることを考慮すると面白い結果と思われる。

(3) ha当り主林木本数

この主林木本数の比較図は図Ⅲ-1-20に示すとおりである。

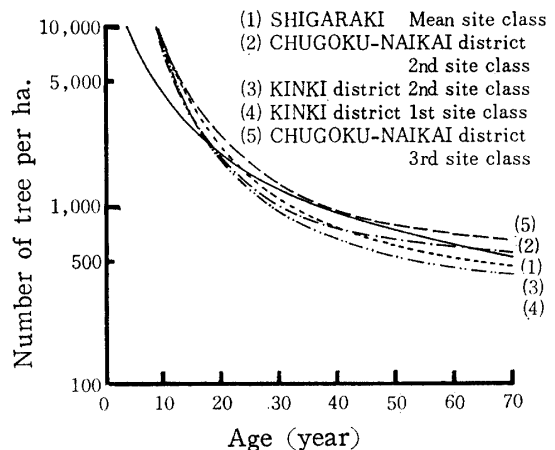


Fig. III-1-20 Comparison of the curves of number of main trees

信楽地方の主林木本数は若齢時は比較的少ないが林齢が20年を過ぎてからは、近畿地方の1等地および2等地と同程度になる。この場合も、近畿地方よりもむしろ中国内海地方のアカマツに近い傾向線を示しているといえる。

(4) ha当り主林木胸高断面積

主林木胸高断面積についての比較図は図Ⅲ-1-21に示すとおりである。

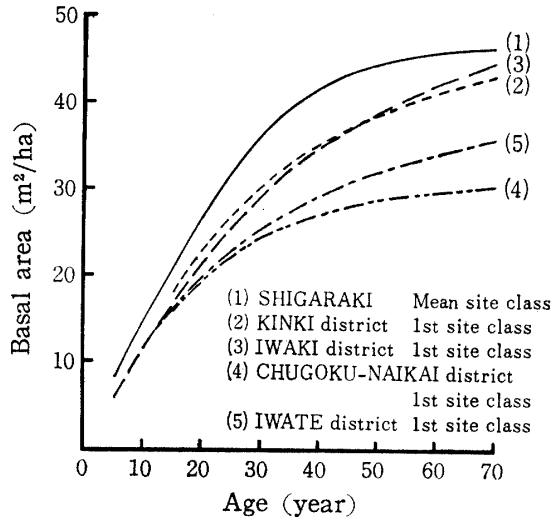


Fig. III-1-21 Comparison of the basal area curves of main tree-crop

この関係図からわかるように信楽地方の特徴を示すものとして胸高断面積合計が非常に大きいことである。全国アカマツ収穫表の中でも大きい胸高断面積をもつ地方と比較しても、終始最も大きいことを示している。信楽の場合は無間伐の自然淘汰の状態であるから、おそらく施業法の差異によるところが大きいと思われる。

(5) ha当り主林木幹材積

主林木材積についての比較図は図Ⅲ-1-22に示すとおりである。

信楽地方の幹材積は35年位までは近畿地方の1等地

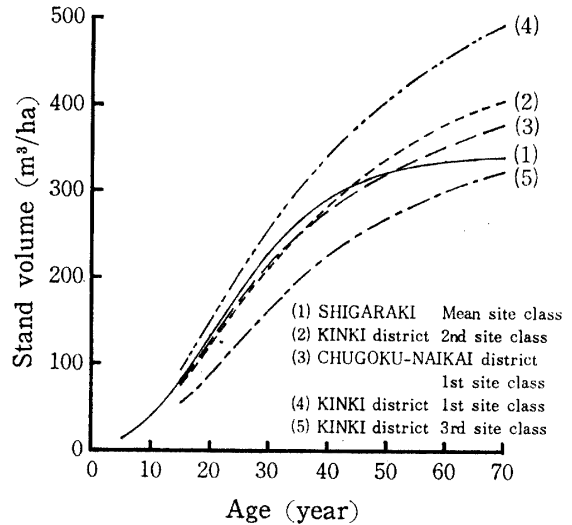


Fig. III-1-22 Comparison of the volume curves of main tree-crop

と3等地に挟まれ、近畿地方の2等地と中国内海地方の1等地の傾向線と同じような形を示している。最終的には近畿地方の2等地と3等地の間、中国内海地方の1等地と2等地との間に位置づけられる。信楽地方の平均地位としては、樹高の比較に示されたように近畿地方の3等地と4等地の間、中国内海地方の2等地と3等地の間に位置すると思われるが、比較的胸高直径が大きいことや本数が多いこともあって胸高断面積合計が非常に大きかった。それが材積に反映して上記のような順位に位置づけられたものと思われる。

(6) 間伐収穫

間伐収穫の程度を表わすために副林木幹材積累計の総収穫量に対する比率を各地方の2等地について計算した結果は表Ⅲ-1-8に示すとおりである。

Table Ⅲ-1-8 Comparison of thinning yield percentage

Locality	SHIGARAKI	CHUGOKU-NAIKAI	KINKI	IWAKI	NAGANO-NIIGATA	IWATE
Stand age						
20	19.1%	%	%	33.1%	23.9%	40.9%
30	25.1	24.6	26.4	34.1	33.5	45.8
40	28.8	28.9	31.9	35.2	37.0	46.3
50	32.7	30.4	34.3	36.1	39.1	46.3
60	36.8	31.0	35.5	37.3	40.7	46.2
70	41.0	31.3	36.4	38.3	41.8	45.6

この表からわかるように信楽地方は40年頃までは中国内海地方と並んで最も少ないが、それ以降も一定の増加を示して全国平均的な割合に達していることが特徴的である。

(7) 総収穫材積平均生長量の比較

総収穫材積平均生長量を比較するために各地方の2等地の資料について総収穫平均生長量最大の時期、最大平均生長量および最大時期までの総収穫を計算した結果は表Ⅲ-1-9に示すとおりである。

Table III-1-9 Comparison of total mean annual increment in volume yield

Locality	SHIGARAKI	CHUGOKU-NAIKAI	KINKI	IWAKI	NAGANO-NIIGATA	IWATE
The year of max incr. of mean total yield	35 year	35 year	40 year	40 year	40 year	50 year
Max of mean incr.	10.24 m ³	7.59 m ³	10.40 m ³	9.16 m ³	10.87 m ³	8.03 m ³
Total yield at max	358.5 m ³	265.8 m ³	414.0 m ³	366.5 m ³	434.7 m ³	415.0 m ³

信楽地方は中国内海地方と同様に35年で早くも総収穫平均生長量が最大に達し、その時期での平均生長量は近畿地方のそれとほぼ同程度であるが、それまでの総収穫量は13.4%低くなっている。総合的に判断して信楽の特色は近畿地方に属してはいるもののその3等地から4等地に該当し、むしろ中国内海地方の性格を多分に持っているところにあるように思われる。

2 林分重量収穫表およびセルロス収穫表の調製

林分の標準容積密度数および標準セルロス含有量と林齢との関係については第II章で検討したので、ここでは省略し、重量収穫表の調製に必要な樹皮の重量について樹皮の標準容積密度数および樹皮率の検討を行ない、この結果を用いて調製することとした。

1) 樹皮の標準容積密度数の推定

直径級を異にする10本について、各林木の根元の0.2m, 1.2m, 2.2mの3部位より、また年齢を異にする3本について、各林木の0.2mおよび樹高の $\frac{1}{10}$, $\frac{3}{10}$, $\frac{5}{10}$, $\frac{7}{10}$, $\frac{9}{10}$ の6部位より樹皮試片をとり、皮内部分の場合と同様の方法で樹皮の容積密度数を測定した。その測定値は表III-2-1および表III-2-2に示されるとおりである。

Table III-2-1 Bulk density of bark (kg/m³)

Age	23	46	65
Position			
0	322.79	277.87	287.87
$\frac{1}{10}$	316.51	289.62	387.18
$\frac{3}{10}$	275.98	276.68	263.05
$\frac{5}{10}$	308.57	302.40	348.11
$\frac{7}{10}$	297.72	340.72	338.64
$\frac{9}{10}$	348.76	346.69	350.87

Table III-2-2 Bulk density of bark (kg/m³)

Position (m)	0.2	1.2	2.2
D.b.h.(cm)			
20.3	340.52	362.13	322.06
23.3	379.57	314.50	349.65
16.8	337.75	365.96	327.41
14.9	341.24	338.02	366.12
14.9	375.56	339.03	354.80
24.1	299.74	314.76	329.99
41.8	315.00	341.70	329.71
34.9	323.42	319.53	326.54
4.0	348.92	328.41	304.76
7.0	300.66	295.21	304.99

測定した樹皮の容積密度数について、まず林齢と樹幹上の位置を要因とする二元配置法による分散分析を行なった。分散分析の結果は表III-2-3に示されるように、樹幹上の位置および林齢による変化のいずれにも有意差は認められなかった。

Table III-2-3 Analysis of variance

Factor	S.S.	d.f.	M.S.	F ₀
Position	11238.4170	5	2247.6384	3.2495
Age	1806.5854	2	903.2927	1.3059
Error	6917.0130	10	691.7013	
Total	19962.0154	17		

また同様に、胸高直径と樹幹上の位置を要因とする二元配置法による分散分析を行なった。この場合は表III-2-4に示されるように、胸高直径の変化に有意差が認められたが、樹幹上の位置については有意差は認められなかった。

Table III-2-4 Analysis of variance

Factor	S.S.	d.f.	M.S.	F ₀
D.b.h.	8236.8062	9	915.2007	2.4970*
Position	133.9264	2	66.9632	0.1827
Error	6597.3618	18	366.5201	
Total	14968.0944	29		

* Significant at the 5% level

以上の結果から総合的に考察すると、まず樹皮の容積密度数は林齢および樹幹上の位置などの変化に対して無関係であったこと、胸高直径の大小による差異はたまたま資料のかたよりにより生じたものと考えられ、樹皮の場合は年輪幅と容積密度数のような生理的理由によるものとは考えられない。そこで全測定値の算術平均値330kg/m³を樹皮の標準容積密度数とした。

2) 樹皮率の推定

すでに表III-1-13に示した林分材積収穫表の材積は皮付材積で示されている。したがって、重量収穫表の調製を試みるには樹皮内材積、樹皮材積を知る必要がある。そこで容積密度数の測定を行なった試片のうち、96本について $\frac{1}{10}$ 断面高の樹皮厚から樹皮率の推定を行なうこととした。

推定の方法は、皮付直径と皮内直径による材積の差異を近畿地方アカマツ幹材積表³⁾から求め、これを皮付材積の比として算出した。この方法は簡略法であるから、使用にあたっては京都府下において集められたアカマツ資料^{4,5,6,7)}による樹皮率と胸高直径の関係曲線および日本各地から「マツ林の造成に関する研究」⁸⁾資料によるそれら両者の関係曲線を作成して、それぞれに比較してから用いた。

それらの胸高直径に対する樹皮率曲線と信楽地方の

Table III-2-5 Test of uniformity of variances and significance difference of regression coefficients in the d. b. h. and bark percentage correlation, compared with nation-wide sample and Kyoto pref. sample

Sample compared	F test	t test of significance of difference of regression coefficients
Nation-wide sample	$F_{96}^{19} = 1.6065$	$t_a = 0.8252, t_b = 0.2697 (d.f. = 111)$
Kyoto pref. sample	$F_{96}^{86} = 1.0355$	$t_a = 1.2728, t_b = 0.5924 (d.f. = 128)$

$$\text{where } t_a = \frac{a - \alpha}{S_a}, S_a = S_{yz} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{\bar{x}^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}}$$

$$t_b = \frac{b - \beta}{S_b}, S_b = \frac{S_{yz}}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2}}$$

実測分布を図III-2-1に示した。

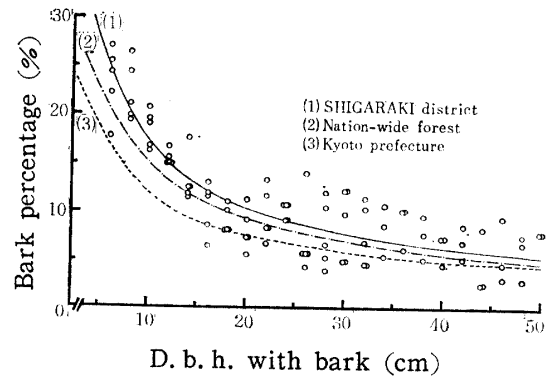


Fig. III-2-1 Relation between the d. b. h. and the bark percentage

またそれぞれについて胸高直径を変数とする対数曲線によって樹皮率を表わすこととし、最小自乗法によってその係数を求めると次のとおりである。

信楽アカマツ資料：

$$\log \hat{Y} = 1.9208924 - 0.7105725 \log D$$

..... (III-2-1)

$$r_{D \cdot Y} = 0.75 \quad S = 1.35$$

京都府下アカマツ資料：

$$\log \hat{Y} = 1.6398605 - 0.6041151 \log D$$

..... (III-2-2)

$$r_{D \cdot Y} = 0.53 \quad S = 1.38$$

全国アカマツ資料：

$$\log \hat{Y} = 1.7920235 - 0.6747171 \log D$$

..... (III-2-3)

$$r_{D \cdot Y} = 0.75 \quad S = 1.52$$

ただし \hat{Y} : 樹皮率の推定値 D : 胸高直径

$r_{D \cdot Y}$: 相関比 S : 標準誤差

信楽地方アカマツ資料の樹皮率曲線と京都府下アカマツ資料、全国アカマツ資料のそれぞれの樹皮率曲線について、分散の一様性の検定および回帰係数、回帰定数の差の検定を行なった。これらの検定結果は表III-2-5に示すとおりである。

このように、いずれの検定においても有意差が認められなかったので、信楽地方の樹皮率曲線として(Ⅲ-2-1)式を用いることとし、この式によって重量収穫表の各林齢における平均胸高直径に対する樹皮率を求めた。

3) 林分重量収穫表ならびにセルロース収穫表の調製

林分材積収穫表と第Ⅱ章での各因子に対する関係を適用して林分重量収穫表ならびにセルロース収穫表の調製を行なうこととする。林分の幹材積は皮内材積と樹皮材積を含んでいるので、林齢に該当する樹皮材積を求めるには、まず林齢から胸高直径を求め、さらに(Ⅲ-2-1)式によって、その胸高直径に対する樹皮率を求めて対応する皮付材積に乗ずるのである。樹皮重量は、その樹皮材積に対する樹皮の標準容積密度数 330kg/m³ を乗じて算出し、一方皮内重量は(Ⅱ-4-1)式で求めた、林齢に対する林分標準容積密度数を皮内材積に乗じて求める。

これらは林齢ごとに計算し、両者を合計して各階級の林分重量を求めることによって林分重量収穫表を調製する。なお、ホロセルロースおよびαセルロース生産量については(Ⅲ-4-2)および(Ⅲ-4-3)式で求めた林齢に対応する林分標準ホロセルロースおよびαセルロース含有量に乗じて、それぞれの林分セ

ルロース生産量とする。また副林木についても副林木材積収穫表に、さきと同様の方法で求めた重量値を対応させて算出する。

以上のようにして算出した主林木重量と副林木重量を合計して、主副林木合計重量が得られる。その結果を一括して表示すると表Ⅲ-2-6、表Ⅲ-2-7および表Ⅲ-2-8に示した林分重量収穫表、林分ホロセルロース収穫表および林分αセルロース収穫表のとおりである。

3 要 約

まず、この収穫表では対象地である信楽地方の自然条件や資料の関係から平均地位として地位区分は行なわなかった。また、この収穫表は規準的、法正的な性格をもつものではなく、現実的な数値を示すものであって、これによって林分重量生長経過について、材積のそれと比較しながら明らかにしようというねらいを持っている。以下にその調製の経過ならびに結果についての概要を述べる。

i) 林分材積収穫表の調製

林分材積収穫表の調製は次の順序を経て行なった。

- (1) 対象地の確認と概況調査
- (2) 標準地の抽出と設定
- (3) 試料の蒐集・測定(重量測定試料も併せて蒐集

Table Ⅲ-2-6 Dry Weight Yield Table of AKAMATSU in SHIGARAKI District (Mean site class)

Age	Main tree-crop (per ha)					Entire tree-crop (per ha)					Total(per ha)	
	Number of tree	(m ³) Stem volume	(ton) Stem Weight	(ton) Current annual increment	(ton) Mean increment	Number of tree	(m ³) Stem volume	(ton) Stem-weight	(ton) Current annual increment	(ton) Mean increment	(ton) Yield in weight	(ton) Mean annual increment in weight
5	8559	13.192	5.198	1.040	1.040	8559	13.192	5.198	1.040	1.040	5.198	1.040
10	4101	39.565	15.901	2.141	1.590	5884	44.288	17.804	2.521	1.780	17.804	1.780
15	2667	81.747	33.067	3.433	2.205	3662	92.490	36.803	3.800	2.454	38.706	2.580
20	1965	133.108	52.894	3.926	2.645	2616	149.028	58.428	4.324	2.921	64.062	3.203
25	1551	183.058	74.869	4.396	2.995	2015	202.958	82.384	4.782	3.293	93.502	3.740
30	1278	226.598	97.113	4.449	3.237	1628	251.256	106.184	4.770	3.539	124.817	4.161
35	1085	263.772	117.994	4.176	3.371	1360	283.241	128.242	4.412	3.664	155.946	4.456
40	942	288.895	133.816	3.164	3.345	1163	310.478	143.907	3.133	3.598	181.859	4.547
45	831	307.435	142.496	1.736	3.167	1013	326.466	151.317	1.482	3.363	199.360	4.430
50	743	320.274	148.511	1.203	2.970	896	339.929	157.625	1.262	3.153	214.489	4.290
55	672	328.648	152.460	0.790	2.772	801	347.002	160.974	0.670	2.927	226.952	4.126
60	612	333.446	154.786	0.465	2.580	724	353.872	164.267	0.659	2.738	238.759	3.979
65	562	336.794	156.441	0.331	2.407	659	357.449	166.035	0.354	2.554	250.008	3.846
70	520	339.929	157.999	0.312	2.257	604	360.991	167.789	0.351	2.397	261.356	3.734

Table III-2-7 Hollocellulose Yield Table of AKAMATSU in SHIGARAKI District
(Mean site class)

Age	Main tree-crop (per ha)					Entire tree-crop (per ha)					Total(per ha)	
	Number of tree	(m ³) Stem volume	(ton) Stem weight	(ton) Current annual increment	(ton) Mean increment	Number of tree	(m ³) Stem volume	(ton) Stem weight	(ton) Current annual increment	(ton) Mean increment	(ton) Yield in weight	(ton) Mean annual increment in weight
5	8559	13.192	3.166	0.633	0.633	8559	13.192	3.166	0.633	0.633	3.166	0.633
10	4101	39.565	9.654	1.298	0.965	5884	44.288	10.806	1.528	1.081	10.806	1.081
15	2667	81.747	20.435	2.156	1.362	3662	92.490	22.641	2.637	1.509	23.793	1.586
20	1965	133.108	33.629	2.639	1.681	2616	149.028	37.162	2.904	1.858	40.520	2.026
25	1551	183.058	48.873	3.049	1.955	2015	202.958	53.759	3.319	2.150	60.650	2.426
30	1278	226.598	64.703	3.166	2.157	1628	251.256	70.753	3.399	2.358	82.530	2.751
35	1085	263.772	79.879	3.035	2.282	1360	283.241	86.810	3.211	2.480	104.637	2.990
40	942	288.895	93.543	2.733	2.339	1163	310.478	101.078	2.854	2.527	125.836	3.146
45	831	307.435	105.341	2.360	2.341	1013	326.466	113.198	2.424	2.516	145.491	3.233
50	743	320.274	110.046	0.941	2.201	896	339.929	116.800	0.720	2.336	156.950	3.139
55	672	328.648	113.022	0.595	2.055	801	347.002	119.334	0.507	2.170	166.238	3.023
60	612	333.446	114.772	0.350	1.913	724	353.872	121.803	0.494	2.030	175.019	2.917
65	562	336.794	116.026	0.251	1.785	659	357.449	123.141	0.268	1.895	183.388	2.821
70	520	339.929	117.208	0.236	1.674	604	360.991	124.470	0.267	1.778	191.832	2.741

Table III-2-8 α-cellulose Yield Table of AKAMATSU in SHIGARAKI District
(Mean site class)

Age	Main tree-crop (per ha)					Entire tree-crop (per ha)					Total(per ha)	
	Number of tree	(m ³) Stem volume	(ton) Stem weight	(ton) Current annual increment	(ton) Mean increment	Number of tree	(m ³) Stem volume	(ton) Stem weight	(ton) Current annual increment	(ton) Mean increment	(ton) Yield in weight	(ton) Mean annual increment in weight
5	8559	13.192	1.979	0.396	0.396	8559	13.192	1.979	0.396	0.396	1.979	0.396
10	4101	39.565	5.935	0.791	0.594	5884	44.288	6.643	0.933	0.664	6.643	0.664
15	2667	81.747	12.224	1.258	0.815	3662	92.490	13.540	1.379	0.903	14.248	0.950
20	1965	133.108	20.587	1.673	1.029	2616	149.028	22.745	1.841	1.137	24.769	1.239
25	1551	183.058	30.485	1.980	1.219	2015	202.958	33.530	2.157	1.341	37.712	1.509
30	1278	226.598	40.978	2.099	1.366	1628	251.256	44.804	2.255	1.493	52.031	1.734
35	1085	263.772	51.216	2.048	1.463	1360	283.241	55.662	2.172	1.590	66.715	1.906
40	942	288.895	60.585	1.874	1.515	1163	310.478	65.465	1.961	1.637	80.964	2.024
45	831	307.435	68.764	1.636	1.528	1013	326.466	73.905	1.688	1.642	94.284	2.095
50	743	320.274	71.613	0.570	1.432	896	339.929	76.008	0.421	1.520	101.528	2.031
55	672	328.648	73.584	0.394	1.338	801	347.002	77.694	0.337	1.413	107.609	1.957
60	612	333.446	74.759	0.235	1.246	724	353.872	79.338	0.329	1.322	113.363	1.889
65	562	336.794	75.610	0.170	1.163	659	357.449	80.247	0.182	1.235	118.851	1.829
70	520	339.929	76.416	0.161	1.092	604	360.991	81.151	0.181	1.159	124.392	1.777

した。)

(4) 材積資料の計算・整理

標準地別および主副林木別にまとめた。

(5) 資料の吟味・棄却

林齢と平均胸高直径，平均樹高，胸高断面積合計，林分幹材積，ha当り主林木本数の関係曲線お

よび平均胸高直径に対する主林木本数について関係曲線を標本実測値の回帰から求め、この回帰曲線に対する実測分布の百分率標準誤差の1.5あるいは2倍の一様の中で棄却帯を決めて吟味した。これよりいちじるしくはみ出す標準地の棄却することとした。

(6) 地位区分

対象地がせまく環境因子も斉一であると判断して平均地位としてとりまとめた。

(7) 収穫表構成数値の決定

各要素について林齢との関係から適合性の高い関数式を求めて決定した。副林木についても主林木と同様の吟味を行なって数値を決めた。

(8) 林分材積収穫表の調製

(9) 他の材積収穫表との比較

主林木平均樹高、主林木平均胸高直径、ha当り主林木本数、ha当り断面積およびha当り主林木幹材積について各地の収穫表と比較を行なった。また、間伐収穫および総収穫材積平均生長量の比較も行なった。これによって調製した収穫表構成数値の妥当性を確認することができた。

ii) 林分重量収穫表およびセルロース収穫表の調製

材積資料を蒐集した同じ標準地において、材積調査と併せて重量測定標本木を単純無作為抽出によって選び、容積密度数の測定ならびにセルロースの定量を行なって乾重量ならびにセルロースの収穫表調製資料とした。なお、林分における標準容積密度数および標準セルロース含有量と林齢との関係を検討した結果については第II章において述べたので省略した。

(1) 樹皮の標準容積密度数の推定

樹皮の標準容積密度数を求めるため、林齢、直径級および樹幹部位について差異があるかどうか検討したが、胸高直径の大小によってのみ有意差が認められた。しかしながらこの差異に一定の傾向が認められなかったため、算術平均値 330kg/m^3 を標準値とした。

(2) 樹皮率の推定

信楽地方の資料より胸高直径に対する樹皮率曲線を求め、京都府下および日本各地から集められた全国資料とそれぞれ比較検討の結果、これを使用することとした。

(3) 林分重量収穫表およびセルロース収穫表の調製

林分材積収穫表および林齢と林分における標準容積密度数、標準セルロース含有量との関係ならびに平均胸高直径と樹皮率との関係を用いて林分重

量収穫表、林分ホロセルロース収穫表および林分 α セルロース収穫表の調製を行なった。

IV 林分の重量生長ならびにセルロース生産量についての総合的考察

林分の生長過程を考える場合、林分を構成する各個樹の経時的变化量を考えるだけでなく、構成メンバーの変化もとらえなければならない。この構成メンバーの変化と各個樹の大きさの変化は林分構造の変化をもたらし、したがって林分の生長過程は、この構造変化を追求する過程においてこそ、正しくとらえられることになる。そのためには当該樹種について林分収穫表を調製し、この収穫表にもとづいて生長過程の解明を行なうことが適当であろう。

本章においてはアカマツ林の乾重量、ホロセルロース生産量および α セルロース生産量の生長過程あるいはそれらの材積生長過程との各相互関係について、前章で調製された林分重量収穫表ならびにセルロース収穫表の検討によって考察するとともに、林分の重量生長過程の基礎となる林分の標準容積密度数ならびに標準セルロース含有量の経時変化をとくにとりあげて林分における材積生長との比較に重点を置いて考察を行なう。さらにまた、重量生長の最大の年齢が材積生長のそれよりも遅れることについて実証的ならびに理論的考察を行ない、最後に重量生長に関する基礎的研究課題として重要性をもつ現存量の推定方法についても考察を行なうこととする。

1 林分重量収穫表ならびにセルロース収穫表についての検討

前章で調製されたアカマツ林分重量収穫表、林分ホロセルロース収穫表および林分 α セルロース収穫表により、それぞれの主林木重量生長、主副林木合計重量生長および重量総収穫について検討を行なった。

1) 重量総生長量

乾重量、ホロセルロースおよび α セルロース生産量のそれぞれについて主林木、主副林木合計および総収穫の重量生長量を示したのが図IV-1-1、図IV-1-2および図IV-1-3である。

以上の3図にみられるように、総収穫、主副合計および主林木の総生長曲線はいずれもシグモイド曲線を示した。まず乾重量についてみると、主林木は30年で100ton/ha、70年で150ton/haに達する。主林木とその林齢までの副林木の累計である総収穫は25年で100ton/ha、45年で200ton/ha、そして70年で250ton/ha

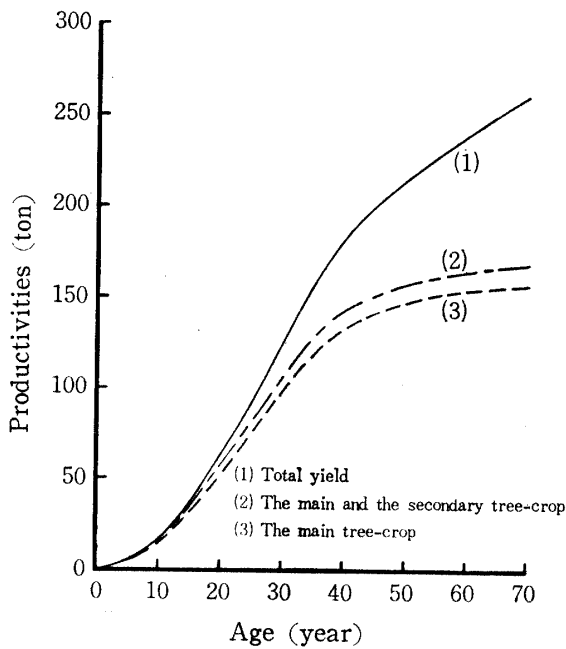


Fig. IV-1-1 Total productivities of the dry weight per ha.

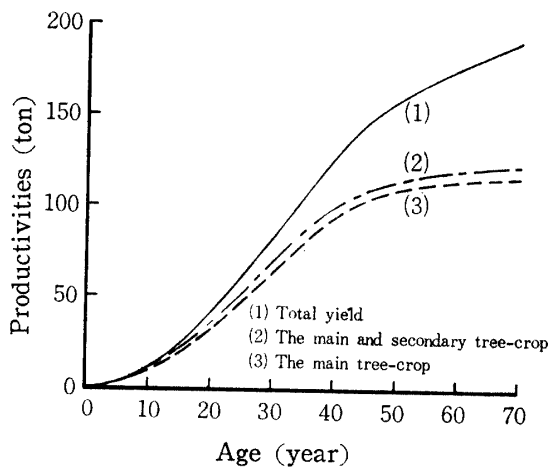


Fig. IV-1-2 Total productivities of hollocellulose per ha.

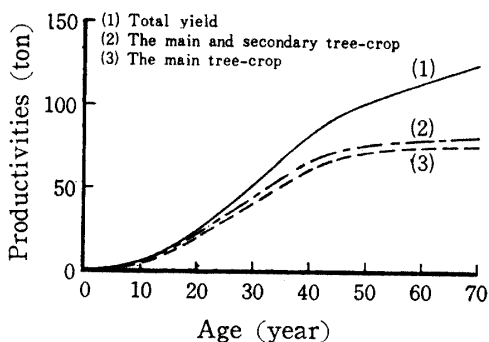


Fig. IV-1-3 Total productivities of α -cellulose per ha.

を越えるようになる。ホロセルロース生産量は主林木が25年で50ton/ha, 45年で100ton/ha, そして70年では117ton/haであり, その総収穫は22年で50ton/ha, 35年で100ton/ha, そして70年では190ton/haを越えるようになる。さらに α セルロース生産量は, 主林木が35年で50ton/ha, 70年では76ton/haであるが, 総収穫は30年で50ton/ha, 50年で100ton/haを越え, 70年では124ton/haに達する。

2) 重量連年生長量および重量平均生長量

a. 主林木

主林木の重量生長量を表Ⅲ-2-6, 表Ⅲ-2-7および表Ⅲ-2-8から算出して図示すると図Ⅳ-1-4, 図Ⅳ-1-5および図Ⅳ-1-6に示すとおりである。

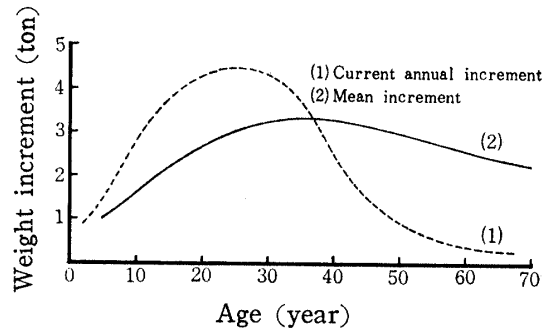


Fig. IV-1-4 Dry weight increment of the main tree-crop

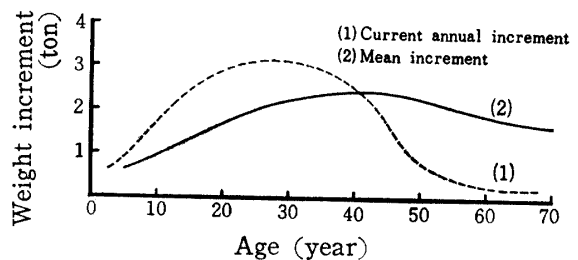


Fig. IV-1-5 Hollocellulose increment of the main tree-crop

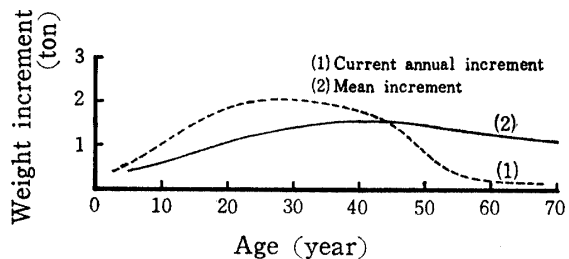


Fig. IV-1-6 α -cellulose increment of the main tree-crop

主林木重量の連年生長は乾重量, ホロセルロースおよび α セルロースのいずれにおいても林齢の増加にし

たがって急激に増加し、20~30年で最大に達し、それ以降は林齢の増加とともに減少している。一方、平均生長量はいずれの場合においても先の場合と同様に、林齢の増加とともに増加し、35~45年で連年生長量と交わり、同地点で最大に達し、それ以降は漸減している。

b. 主副林木合計

主林木の場合と同様の方法で算出して、主副林木合計の重量生長量を図示したものが図IV-1-7、図IV-1-8および図IV-1-9に示されるものである。

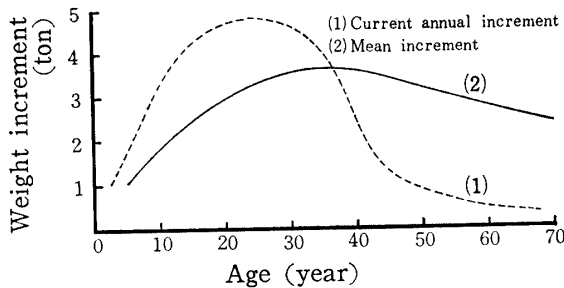


Fig. IV-1-7 Dry weight increment in the total of main and secondary tree-crop

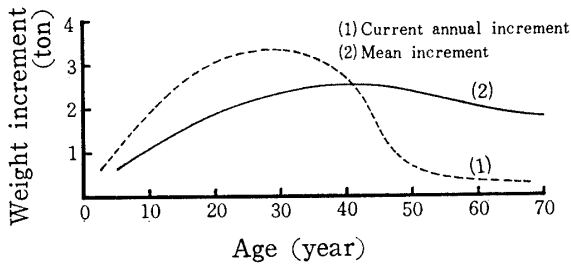


Fig. IV-1-8 Hollocellulose increment in the total of main and secondary tree-crop

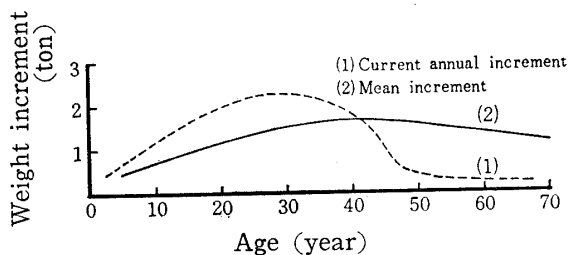


Fig. IV-1-9 α -cellulose increment in the total of main and secondary tree-crop

この場合も主林木にみられる傾向と全く同じで、連年生長量は25~35年で最大に達し、それ以降は急激に減少している。また、平均生長量も林齢とともに増加し、35~45年で連年生長量と交差して、この地点で重量平均生長量の最大値に達し、それ以降は漸減する。曲線は主林木に比べて全体に副林木の量だけ上積みされてふくらみが大きくなっている。

3) 重量による平均総収穫量

アカマツ林分における乾重量、ホロセルロースおよび α セルロースの平均総収穫量の経時的变化を図示したものが、図IV-1-10、図IV-1-11および図IV-1-12である。

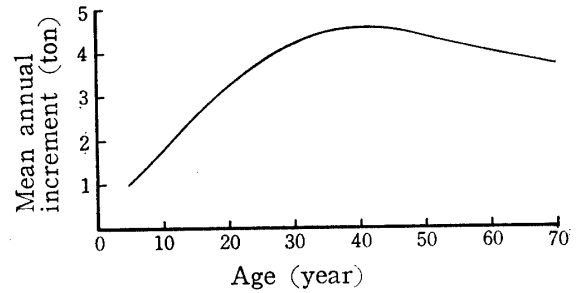


Fig. IV-1-10 Mean annual increment of total yield in dry weight

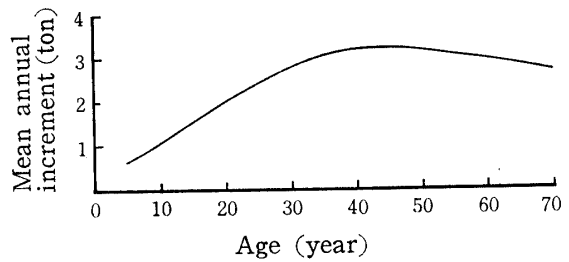


Fig. IV-1-11 Mean annual increment of total yield in hollocellulose

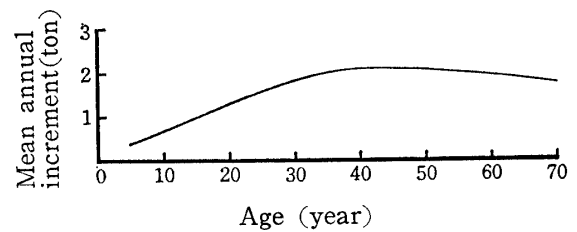


Fig. IV-1-12 Mean annual increment of total yield in α -cellulose

各生長曲線の最大値は40~45年であり、これを主林木および主副林木合計重量の平均生長最大の林齢と比較すると、5~10年おけて最大に達し、その値は主林木と比較して1.34~1.38倍、主副林木合計とは1.24~1.28倍を示している。

2 林分標準容積密度数および林分標準セルロース含有量についての考察

一斉同齢林における個々の標準容積密度数および標準セルロース含有量の材積による重みつき平均値をそれぞれ林分標準容積密度数および林分標準セルロース含有量と呼んだ。これらの標準値は林分材積にかけ合

わすと、ただちに林分乾重量および林分セルロース生産量が求まることになり、林分における乾重量およびセルロース量の生長過程解明の重要な手がかりを与えるものである。すなわち、これら標準値の経時変化はそれ自体生材容積とその乾燥実質量の比率の時間的関係を示すものである。

したがって、一斉同齡林の同一林分において、材積生長経過と重量生長経過が全く一致するものであれば、この標準値に経時変化はみられないはずである。

しかしながら、第Ⅱ章の図Ⅱ-3-1に示したよう

に林分におけるこれら標準値は林齢とともに初期の20～25年間は著しく増大し、それ以降は漸近線に近づく傾向線を示した。

また、第Ⅲ章で調製された材積、重量、ホロセルロースおよび α セルロースの各収穫表にもとづいて、収穫表の各林齢の材積にたいする重量、ホロセルロースおよび α セルロースの比を、収穫表による立木材積1立方メートルに対する林分標準重量および林分標準セルロース含有量として、その経時変化を示すと表Ⅳ-2-1のとおりである。

Table Ⅳ-2-1 Time series variation of the standard values par cubic meter of green volume that it was calculated based on the yield tables.

Stand age	(ton)													
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
Dry weight	0.39	0.40	0.40	0.40	0.41	0.43	0.45	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
Hollocellulose contents	0.24	0.24	0.25	0.25	0.27	0.29	0.30	0.32	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
α -cellulose contents	0.15	0.15	0.15	0.15	0.17	0.18	0.19	0.21	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22

この表では（Ⅱ-3-1）～（Ⅱ-3-3）式で求めた林分標準値あるいは図Ⅱ-3-1に示された傾向線とは多少のずれがみられるがほとんど同様の傾向であることが明らかである。すなわちこのずれは収穫表による林分標準重量値には（Ⅱ-3-1）～（Ⅱ-3-3）式で求めた値に林分の樹皮材積などの影響が加わっていることによるものと思われる。

材積、乾重量およびセルロース量の総生長曲線はいずれも同じようなシグモイド曲線で示され、平行的な経過にみえるが、林分標準値の経時変化に示されるように、林木の材積とその実質量である重量とは異なった生長過程をもつものであることが明らかとなった。これら林分標準容積密度数および林分標準セルロース含有量の経時変化については林木の材質的な生長特性から説明することができる。すなわち、材木の形成層にははじめの著しく生長する時期と、そのあと安定する時期があり、前者は初期の10～15年間で形成層の未成熟期、それ以後は形成層の成熟期と名付けられ、それぞれの期間の形成層から生まれる木部は未成熟材および成熟材と定義されている^{9,10,11}。未成熟材と成熟材とではその組成成分の量、質、形状寸法および配列が異なっており、とくにアカマツの場合、未成熟材は成熟材にくらべて容積密度数およびセルロース含有量はかなり低い値を示した。

また、一般に針・広葉樹ともに幼齡時から正常な生長をしたわが国の林木の幹では、いずれの横断面にお

いても、髓から半径方向に外方に向かってほぼ10～15年輪くらいまでの木部が未成熟材で、それより外側の木部は成熟材と考えられている¹¹。したがって幹軸方向では、同じ年次に形成された木部は樹幹の下部で成熟材であっても、その上部では必ず未成熟材がある筈である。このような樹幹の生長特性に照らして先述の林分標準容積密度数および林分標準セルロース含有量の傾向線を考えるとき、10～15年の樹幹はほとんど未成熟材で占められ、20～25年にかけてだんだん成熟材の比率が大きくなり、それ以降はその比率は一定値に近づくことが理解されるであろう。

3 重量生長の最大の年齢が材積生長のそれよりも遅れてくることについての考察

前節において同一林分の材積生長と重量生長とは異なった経過をたどることを林分標準容積密度数および林分標準セルロース含有量の経時変化から明らかにした。

ここでは重量生長ならびにセルロース量の生長経過と材積生長経過との違いについて実証的に明らかにするとともに、重量生長の最大の年齢が材積生長のそれよりも遅れてくることについて理論的考察を試みることにする。

重量ならびに材積の連年生長量および平均生長量の経年変化についてはすでに前節で示したが、ここでは各経過を対比するため、各主副林木合計の経過をまと

めて図示すると図IV-3-1に示されるとおりである。

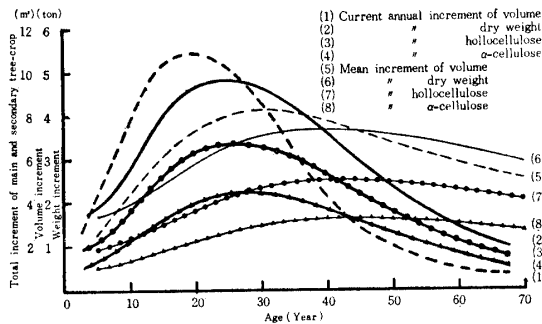


Fig. IV-3-1 Comparison of the increment curves in the total of main and secondary tree-crop.

この関係図で明らかなように連年生長量は乾重量、ホロセルロースおよびαセルロースのいずれにおいても林齢の増加にしたがって著しく増加し、25~35年で最大値に達したあとはまた著しく減少している。

一方、林分材積のそれはさきの重量値に比べてさらに急な増加を示し、20年で最大値に達して、それ以降は重量値より急な減少過程を示している。このように連年生長量において重量値は材積生長よりも5~15年遅れて最大値に達し、傾向線もゆるやかであることがうかがわれる。また、平均生長量は全体的にゆるやかな曲線を示しているが、最大に達する林齢は林分材積が30年であるのに対し、乾重量をはじめホロセルロース、αセルロース生産量の経過は35~45年で連年生長量の傾向線と交わり、その年齢で最大に達している。このように平均生長量の場合も、重量生長量の方が材積生長経過よりも5~15年遅れて最大に達していることが示された。

さらに林分材積、乾重量、ホロセルロースおよびαセルロース生産量の総収穫平均生長量曲線をまとめて図示すると図IV-3-2に示されるとおりである。

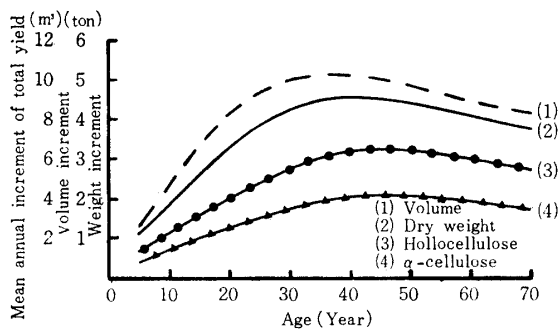


Fig. IV-3-2 Comparison of the curves of mean annual increment in total yield.

この図において、林齢の増加とともにいずれもゆるやかに高くなり、まず林分材積が35年で最大に達し、続いて乾重量が40年で、さらにホロセルロースおよびαセルロース生産量が45年で最大に達し、それ以降はまたゆるやかに下降している。ここにおいても最大に達する林齢は乾重量をはじめセルロース生産量の方が林分材積より遅れていることが示される。このように重量生長の最大に達する年齢は材積生長のそれよりも5~15年遅れることが明らかにされた。

そこで、この重量生長の最大に達する年齢が材積のそれよりも遅れることについて数学的に検討してみよう。

まず、連年生長量の最大となる年齢が遅れることについて検討を行なった結果は次のとおりである。

いま、 $v(t)$ 、 $r(t)$ および $w(t)$ は区間「 t_0 、 t_n 」で連続で、いずれもこの区間内において変曲点をもつ t の関数とする。 $v(t)$ は林分材積の総生長曲線を表わし、 $r(t)$ は林分標準容積密度数あるいは林分標準セルロース含有量の経時変化を、 $w(t)$ は林分重量あるいは林分セルロース生産量の総生長曲線を表わすものとする。したがって、 $w(t)$ は $v(t)$ と $r(t)$ の積で表わしうるものとする。

$$すなわち \quad w(t) = v(t) \cdot r(t) \quad \dots \quad (N-3-1)$$

そこで、 $w(t)$ を t について一次微分すると、これは連年生長曲線である。

$$w'(t) = v'(t)r(t) + v(t)r'(t) \quad \dots \quad (N-3-2)$$

さらに $w(t)$ を t について二次微分すると

$$w''(t) = v''(t)r(t) + 2v'(t)r'(t) + v(t)r''(t) \quad \dots \quad (N-3-3)$$

したがって、 $v(t)$ の変曲点を t_1 、 $w(t)$ の変曲点を t_2 とすれば、 $v''(t_1) = 0$ であるから時間 t_1 における t_1 と t_2 の関係は

$$w''(t_1) > 0 \quad \text{であれば} \quad t_2 > t_1$$

$$w''(t_1) < 0 \quad \quad \quad \quad \quad t_2 < t_1$$

$$w''(t_1) = 0 \quad \quad \quad \quad \quad t_2 = t_1$$

したがって、 $t_2 > t_1$ であることを証明するためには $w''(t_1) > 0$ であることを明らかにすればよい。(N-3-3) 式では各曲線式の性格を具体的に示さなければ $w''(t_1)$ の符号が決まらないので、本研究において適合性の高かったゴンパーツ曲線式を用いて証明することとした。

$$v(t) = V = ka^b t^b \quad \dots \quad (N-3-4)$$

$$r(t) = R = K'c^d t^d \quad \dots \quad (N-3-5)$$

$$w(t) = W = KK'ab^b \cdot c^d t^d \quad \dots \quad (N-3-6)$$

$$\text{ただし} \quad K, K' > 0 \quad 0 < a, b, c, d < 1$$

とする。

これら3曲線はいずれも $t \rightarrow +\infty$ のとき $V \rightarrow K$, $R \rightarrow K'$, $W \rightarrow KK'$ となり, また $t \rightarrow +\infty$ のとき V , R , W はいずれも 0 となる曲線である。

そこで, (N-3-4) 式の t についての一次微分は

$$v'(t) = V(\log a)(\log b)b^t = V(\log b)\left(\log \frac{V}{K}\right) \dots\dots\dots (N-3-7)$$

となり, $v'(t) = 0$ となる条件, したがってこの曲線が極値を有するための条件は $V = 0$, $V = K$ となる以外にない。ゆえに, この曲線は単調増加を示す。

さらに, (N-3-4) 式の二次微分を求めると

$$v''(t) = V(\log b)^2 \left(\log \frac{V}{K}\right) \left(\log \frac{V}{K} + 1\right) \dots\dots\dots (N-3-8)$$

となり, これより $v(t)$ の変曲点 t_1 が存在するのは $\log \frac{V}{K} + 1 = 0$ のときである。したがって, $\log \frac{V}{K} = -1$ を $w(t)$ の二次微分に代入したときの符号を明らかにすればよい。そこで, $w''(t)$ を求めることとする。まず, (N-3-6) 式の t について一次微分を求めると

$$w'(t) = V \cdot R(b^t \log a \cdot \log b + d^t \log c \cdot \log d) = V \cdot R \left\{ \left(\log \frac{V}{K}\right) (\log b) + \left(\log \frac{R}{K'}\right) (\log d) \right\} \dots\dots\dots (N-3-9)$$

となり, さらに (N-3-6) 式の二次微分を求めると

$$w''(t) = V \cdot R \left\{ b^t (\log a) (\log b)^2 + (b^t)^2 (\log a)^2 (\log b)^2 + 2b^t \cdot d^t (\log a) (\log b) (\log c) (\log d) + d^t (\log c) (\log d)^2 + (d^t)^2 (\log c)^2 (\log d)^2 \right\} = V \cdot R \left\{ \left(\log \frac{V}{K}\right) (\log b)^2 + \left(\log \frac{V}{K}\right)^2 (\log b)^2 + 2 \left(\log \frac{V}{K}\right) \left(\log \frac{R}{K'}\right) (\log b) (\log d) + \left(\log \frac{R}{K'}\right) (\log d)^2 + \left(\log \frac{R}{K'}\right)^2 (\log d)^2 \right\} \dots\dots\dots (N-3-10)$$

となる。この (N-3-10) 式に $\log \frac{V}{K} = -1$ を代入すると

$$w''(t_1) = V \cdot R (\log d) \left(\log \frac{R}{K'}\right) \left\{ (\log d) \left(\log \frac{R}{K'}\right) + \log \frac{d}{b^2} \right\} \dots\dots\dots (N-3-11)$$

この (N-3-11) 式の符号は明らかに正である。

したがって, $v''(t_1) = 0$ のとき $w''(t_1) > 0$ であるから, 連続な曲線 $w(t)$ は t_1 では上に凹で, $w(t)$ の変曲点 t_2 は区間内において t_1 より大きいことを示すものである。

すなわち, アカマツ林の重量生長ならびにセルロース生産量の連年生長量が最大となる年齢は一般的に材積生長のそれよりも遅れることが数学的に証明されたことになる。

次に重量の平均生長量が最大となる年齢が材積のそれより遅れることについて証明しよう。

さきに材積, 重量の総生長曲線および林分標準容積密度数あるいは林分標準セルロース含有量の傾向線はそれぞれ次のようにおいた。

$$V = Ka^{bt} \dots\dots\dots (N-3-4)$$

$$R = K'c^{dt} \dots\dots\dots (N-3-5)$$

$$W = KK'a^{bt} \cdot c^{dt} \dots\dots\dots (N-3-6)$$

そこで, 材積および重量の平均生長量曲線は総生長曲線を時間 t で割った関数であるから

$$v(t) = \frac{V}{t} = \frac{Ka^{bt}}{t} \dots\dots\dots (N-3-12)$$

$$w(t) = \frac{W}{t} = \frac{KK'a^{bt} \cdot c^{dt}}{t} \dots\dots\dots (N-3-13)$$

で表わされる。したがってそれぞれの平均生長率が最大となるのは $v'(t_1) = 0$, $w'(t_2) = 0$ であるから, 時間 t_1 における t_1 と t_2 の関係は

$$w'(t_1) > 0 \quad \text{であれば} \quad t_2 > t_1$$

$$w'(t_1) < 0 \quad \quad \quad t_2 < t_1$$

$$w'(t_1) = 0 \quad \quad \quad t_2 = t_1$$

となるから, $t_2 > t_1$ であることを証明するためには $w'(t_1) > 0$ であることを明らかにすればよい。

そこで $v(t)$ および $w(t)$ の一次微分を求めると

$$v'(t) = \frac{V}{t^2} \left\{ t(\log a)(\log b)b^t - 1 \right\} \dots\dots\dots (N-3-14)$$

$$w'(t) = \frac{VR}{t^2} \left\{ \left[t(\log a)(\log b)b^t + t(\log c)(\log d)d^t \right] - 1 \right\} \dots\dots\dots (N-3-15)$$

そこで $v'(t) = 0$ となるのは

$$t(\log a)(\log b)b^t = 1 \dots\dots\dots (N-3-16)$$

のときであるから (N-3-16) を (N-3-15) 式に代入すると

$$w'(t_1) = \frac{VR}{t_1^2} \left\{ t_1(\log c)(\log d)d^{t_1} \right\} = \frac{W}{t_1} (\log c)(\log d)d^{t_1} \dots\dots\dots (N-3-17)$$

となり, (N-3-17) 式は明らかに正である。

したがって $v'(t_1) = 0$ で最大値に達しているとき $w'(t_1) > 0$ であるから, 連続な曲線 $w(t)$ は t_1 で増加の状態にある。すなわちまだ最大値に達していないことになる。

ここに重量の平均生長量曲線の最大となる年齢は材

積のそれよりも遅れることが一般的に証明された。

以上の結果から総合して、アカマツ林の重量生長ならびにセルロース生産量の連年生長量および平均生長量が最大となる年齢は材積生長のそれよりも遅れることが実証的、理論的に明らかにされた。

4. 現存量の推定方法についての考察

ある特定の林分における乾重量ならびにセルロース生産量の推定方法について、実用性などの検討も含めて総合的な考察を行なうこととする。

林分総量としての乾重量ならびにセルロース生産量は直接測定することは不可能であるから、幹材積や胸高断面積あるいは胸高直径や樹高等と関連せしめて間接的に推定せざるを得ない。しかも立木での重量測定やセルロース含有量の測定が困難なことから、それらの重量測定を行なう標本木の数量も極端に制限を受けざるを得ない。

従来報告における林分重量の主な推定方法についてみると、材積、胸高断面積あるいは胸高直径についての林分における平均木を重量測定のための標準木として選び、この標準木の測定値に基づいて林分重量の推定を行なう方法、あるいは何らかの基準によって何本かの標準木を選び、その標準木の年齢、胸高直径および樹高等と乾重量との回帰式から推定する方法などがあげられる。

前者の場合、標準木の数量はかなり少なくても行なえる方法ではあるが、厳密には材積と重量は比例しないから、材積平均木や胸高断面積の平均木と重量平均木とは必ずしも一致しないと考えなければならない。したがってこの方法を採用する場合は、材積平均木あるいは胸高断面積平均木と重量平均木の、それぞれ両者の関係を予め検討のうえ用いなければならない。その予備調査はかなり手数を要するが概略的な推定を目的とする場合には、その予備調査を省けば、いくらかの誤差を含んではいるがもっとも実用性のある方法となる。

一方、後者の場合はどの要因との関係において重量を求めるかがまず問題であり、それによって標準木の選び方および数量も異なってくるであろう。胸高直径あるいは樹高等を独立変数とする一次回帰推定による場合は一斉同齡林において適用されるべきであろう。

何故ならば胸高直径および樹高等については年齢の影響がかなり大であるから明確な推論を下すことができないからである。一般的に回帰推定による場合は辻本¹²⁾がリュウキュウマツに適用したような胸高直径、樹高、年齢および年輪密度も含めた重回帰推定による

か、一方柿原¹³⁾がカラマツに適用したように年齢との回帰より求めた重量をはじめ、胸高直径および樹高のそれぞれの回帰より得られた各重量の合計を採する方法などの方法がより有効であろう。このような回帰推定による方法は、いずれもかなりの標準木の伐倒木について樹幹解析を行なわなければならない。

これらと比べて、本研究においてとられた推定方法はかなり実用性の高い方法と言えるであろう。まず、立木樹幹の“代表的位置”から生長錐片試料をとるだけであるから伐倒して樹幹解析を行なう必要もない。さらに、各錐片試料から直ちに各個樹の標準容積密度数が求まるから、各単木材積にかけ合わせればそれぞれの単木重量となり、林分重量の推定も容易となる。そのうえ、従来の標準木法では、標準木として断面積平均木や材積平均木などを有意的に選抜抽出したために、標本抽出誤差を評価できなかったが、この方法によれば測定が比較的容易なことにより標本を無作為的に抽出することができるようになり、統計学的手法によって誤差の大きさを客観的に評価することができる。現在のところ、この方法は材木の重量生長や木材組成を知る調査法としては最も操作が容易であるばかりでなく、かなり高い精度で推定することができる方法といえるであろう。

また、従来の研究において林分重量が問題となっても、その木材組成はとりあげられたことはなかった。これについてはおそらく林木の重量とその木材組成成分とは重量の一定含有率で示しうると考えられていたか、あるいは林木の重量生長についての研究がそのことを明らかにするに至っていないことによるものであろう。

本研究のI章において明らかにしたように、ホロセルロースおよび α セルロースの容積密度数に対する含有率は各齡階の林木樹幹内を通じて一様ではなかった。したがって容積密度数に対する比推定の形で、ホロセルロースおよび α セルロースの含有量を推定することは無理であることが明らかとなった。またホロセルロースおよび α セルロース生産量の生長経過についても、生長量の最大となる年齢は重量生長経過よりさらにいずれも遅れていたことから、重量とセルロース生産量とはやゝ異なった生長経過をもつものであることを前提としなければならない。このようなことにより本研究におけるセルロース量の推定方法はまず各標本木の錐片試料について重量測定を行なったうえ、各標準地ごとに錐片試料をまとめて定量を行なう方法をとった。得られたセルロース含有量は各標準地の全標本木の平均標準含有量、すなわち林分標準セルロー

ス含有量の推定値に相当するものである。その際、各個樹の詳細な資料をうるためには各標本木について定量を行なうべきであろうが、一本の錐片では定量を行なうには量的に不十分なので、全錐片試料を木粉とし、よく混ぜ合わせた全粉末試料を用いることによって、全標本木を代表する林分標準セルロース含有量の推定値が得られることになる。

このほか、林分におけるセルロース量を推定する方法として、I章で検討したアルコール・ベンゼン抽出成分を除去した容積密度数による回帰推定による方法について考察してみよう。この方法はI章の表I-3-5、図I-3-7、表I-3-14、図I-3-14、表I-3-22および図I-3-20に示されたように、容積密度数(B)に対するホロセルロースおよび α セルロースの相関はきわめて高く、その回帰推定は簡易的な方法として有効ではないかと考えられるからである。

そこでII章の資料を用いて齢級別に容積密度数(B)によるホロセルロースおよび α セルロースの回帰式を求めたところ、いずれも高い相関が認められるうえ、残差の標準誤差も極めて低かった。さらに全齢級を通じて一つの回帰式にまとめられることも明らかとなった。その結果は(N-4-1)式および(N-4-2)式に示されるとおりである。

(2~14齢級を通じて)

$$\begin{aligned} \text{ホロセルロース含有量：} \\ \hat{Y} = 0.7560R - 2.8631 \quad \dots\dots (N-4-1) \\ r = 0.95 \quad s = 3.45 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha\text{セルロース含有量：} \\ \hat{Y} = 0.7868R - 135.6294 \quad \dots\dots (N-4-2) \\ r = 0.95 \quad s = 6.60 \end{aligned}$$

ただし R：アルコール・ベンゼン処理した容積密度数(B) r：相関係数
s：残差の標準誤差

いずれも高い相関が認められるが、現存量の推定方法としての実用性を考えるならば、次の点に問題がある。すなわち、この方法はアルコール・ベンゼン抽出成分量を知る必要があり、さらに回帰推定に必要なかなりの標準木についてホロセルロースおよび α セルロース含有量の定量を行なわなければならない。したがって、この回帰推定による方法は、本研究で用いた方法と同程度の手数を要するものと考えられるから、実用的な方法として適用することは無理であろう。

5 要 約

本章では前章までに明らかにされた林分の重量生長ならびにセルロース生産量に関する研究結果に基づい

て総合的考察を行なっている。

まず林分の重量生長過程について、前章で調製された林分重量収穫表および林分セルロース収穫表の検討によって考察した。

- i) 乾重量、ホロセルロースおよび α セルロース生産量のそれぞれ主林木、主副林木合計および総収穫についての各総生長曲線はいずれも林分材積と同様にシグモイド曲線を示した。
- ii) 乾重量、ホロセルロースおよび α セルロース生産量の各生長量曲線の経過は次のとおりであった。
 - a. 主林木および主副林木重量の連年生長量曲線は乾重量、ホロセルロースおよび α セルロースのいずれも林齢の増加にしたがって急激に増加し、20~30年で最大に達し、それ以降は林齢の増加とともに減少している。一方、平均生長量曲線は連年生長量曲線よりも全体的にゆるやかな経過を示した。すなわち、林齢の増加とともにゆっくり増加し、35~45年で連年生長量曲線と交わり、同地点で最大に達し、それ以降は漸減している。ここでホロセルロースおよび α セルロース連年生長量の最大の年齢は乾重量のそれよりも約5年位遅れる傾向を示し、さらに平均生長量においては乾重量が35年で、つづいてホロセルロースが40~45年、さらに α セルロースは45年で最大に達していた。このように乾重量、ホロセルロースおよび α セルロースはそれぞれ独自の生長経過を示している。
 - b. 乾重量、ホロセルロースおよび α セルロースの総収穫平均生長量曲線の最大となる年齢は、まず乾重量が40年で、つづいてホロセルロースおよび α セルロースが45年で、ここにおいても乾重量とは5年の差が生じている。
- iii) 林分標準容積密度数および林分標準セルロース含有量という概念については次のように考察される。すなわち、これら林分標準値に林分材積をかけ合わせれば、直ちに林分乾重量および林分セルロース量が求まり、それらの経時変化はそれ自体生材容積とその乾燥実質量の比率の時間的關係を、さらに林木の材質的な生長特性についてもその時間的關係を示すものである。このようにこれら林分標準値は林分における乾重量およびセルロース生産量の生長過程解明の重要な手がかりを与えるものである。
- iv) 重量生長の最大の年齢が材積生長のそれよりも5~15年遅れてくることは、主林木、主副林木合計および総収穫の連年生長量ならびに平均生長量のいずれにおいても、材積生長のそれぞれとの比較によって実証される。さらに、その理論的な裏付けとして

数学的に証明できることも示された。

- v) ある特定林分の乾重量あるいはセルロース生産量について、現存量の推定方法を考える場合には、その推定結果の使用目的および時間的、経済的制限の中で最良の方法をとらねばならない。従来報告にみられた方法も含めて測定作業の難易や精度、あるいは誤差の評価が可能かどうかについて考察した。
- 容積密度数あるいはセルロース含有量の樹幹内変動が明らかで、それらの標準値を示す“代表的位置”が存在する場合は、本研究で行なったような生長錐片試料による標本木法が最も有効な方法であろう。
- 樹幹の“代表的位置”が不明で、時間的、経済的に制限がある場合は材積推定に用いられるような標準木法に準ずる方法が実用的であろう。
- 回帰推定による場合は胸高直径あるいは樹高だけの一次回帰推定には無理があり、年齢、その他の要因も含めた重回帰推定の方が有効であろう。ホロセルロースおよび α セルロース生産量を求める方法についても標本木の個々の資料が要らない場合は、標本木の“代表的位置”の全錐片試料をひとまとめにした混合粉末試料を分析する方法が最も実用性のある方法であろう。
- その他にはアルコール・ベンゼン処理した脱脂容積密度数による、ホロセルロースおよび α セルロースの一次回帰推定が、相関関係や標準誤差の点から、かなり有効であることを示した。

結 論

前章までに明らかにされたアカマツ林の重量生長に関する研究結果から次のように結論されるであろう。

- i) 各齢級を通じて、単木樹幹内の各位置における容積密度数およびセルロース含有量の変動量は幹足部の樹心部では15~20%を示したが、それ以外のほとんどの部分では10%までであった。
- また、分布の基本的な傾向は樹幹の垂直方向ではいずれも根元が最も重く、断面高が上にしたがって減少し、各断面の半径方向では最外層から樹心部に向うにしたがって減少するいわゆるマツ型パターンが認められた。
- ii) ホロセルロースおよび α セルロース含有量の容積密度数に対する重量百分率は樹幹内を通じて一様ではなく、容積密度数に対する比推定の形でそれらを推定することは無理である。
- しかしながら、アルコール・ベンゼンによって脱脂された容積密度数に対するホロセルロースおよび α セルロース含有量の相関はきわめて高く、それに

基づくホロセルロースおよび α セルロース含有量の回帰推定は有効であることが認められた。

- iii) 単木樹幹における標準容積密度数および標準セルロース含有量の経時変化は10~25年の間で急速に高くなり、壮齢以後は一定値に漸近する傾向が認められた。このような経過に対しては生長曲線式の適用が可能であり、ミッチャーリッヒ式、ロジスチック曲線式、修正指数曲線およびゴンパーツ曲線式について検討の結果、ゴンパーツ曲線式 $Y = Ka^b(K > 0, 0 < a < 1, 0 < b < 1)$ が最適であることが判明した。
- iv) 単木樹幹において標準容積密度数および標準セルロース含有量に常に最も近い値を示す“代表的位置”が存在した。その位置は樹高の $\frac{1}{3}$ の断面高の樹皮より約10年輪内側から心材までの辺材部であった。この標準値に近い値を示す“代表的位置”の断面高を標準断面、半径方向におけるその部分を標準帯と呼ぶこととした。
- v) 木材試片の容積密度数の測定方法として、軟X線で透過撮影したフィルムのX線透過濃度についての既知試料のその濃度との比較から推定する非破壊的測定法の適用性が認められた。そこで樹幹の“代表的位置”から採取した錐片試料にも適用を試みた結果、林分を対象とするような場合の大量の試料について平均的な値を迅速に求める方法としても有効であることが認められた。したがって、この方法によれば林分における重量あるいは木材組成成分の生産量の推定方法として標本木法（無作為抽出法）の採用が可能となり、今まで困難だった重量での計量に当って実用性の高い方法として広く適用しうものと思われる。
- vi) 林分標準容積密度数および林分標準セルロース含有量の経時変化は、単木の場合と同様に、10~25年にかけて急な上昇を示し、それ以降は安定する傾向を示した。このような経過に適用しうる生長曲線式として、この場合もゴンパーツ曲線式を適用できるものと判断した。
- vii) 林分における乾重量、ホロセルロースおよび α セルロース生産量の各総生長曲線はそれぞれ独自の経過をもつがいずれも林分材積と同様なシグモイド曲線となる。
- viii) 林分における乾重量、ホロセルロースおよび α セルロース生産量の各連年生長量曲線の経過はいずれも林齢の増加にしたがって急激に増加し、20~30年で最大に達し、それ以降は林齢とともに減少している。一方主林木、主副林木合計および総収穫量の平均生長量曲線はいずれも連年生長量曲線よりも全

体的にゆるやかであり、林齢とともにゆっくり増加し、35～45年で連年生長量曲線と交わり、同地点で最大に達し、それ以降は漸減する。ここでホロセルロースおよび α セルロースの連年生長量の最大となる年齢は乾重量のそれよりも約5年遅れる傾向を示し、さらに平均生長量においては乾重量、ホロセルロースおよび α セルロース生産量の順に35年、40年、45年と5年ずつ遅れる傾向がある。

- ix) 主林木、主副林木および総収穫量のいずれはにおいても、それぞれの乾重量、ホロセルロースおよび α セルロース生産量の連年生長量ならびに平均生長量の最大となる年齢が材積生長のそれよりも5～15年遅れることは理論的、実証的に証明される。
- x) 林分標準容積密度数および林分標準セルロース含有量の経時変化はそれ自体林分における生材容積とその乾燥実質量との関係についての時間的経過を示すとともに、さらに林木の材質的な生長特性についての時間的關係を示すものである。このようにこれら林分標準値は林分における乾重量およびセルロース生産量の生長過程解明の重要な手がかりを与えるものである。

総 括

本研究はアカマツ林による原料用材の生産を目的とする場合における森林経営の基礎を与えるため、林分重量ならびに林分セルロース生産量の生長過程の共通的法則性を見出そうとしたものである。

本研究における林木の生長過程の解明方法には、重量による収穫表を調製し、これを利用することとした。したがって、この方法によって研究を進めるためには林齢に対する林分標準容積密度数および林分標準セルロース含有量を査定することが生長過程解明の重要な手がかりであり、そのためには最初に林分重量生産量およびセルロース生産量の査定に必要な単木の容積密度数およびセルロース含有量の測定方法を確立すること、単木樹幹内の容積密度数およびセルロース含有量の変動を明らかにすること、単木について標準容積密度数および標準セルロース含有量の概念を導入してこれを査定するとともに、これら標準値を示す樹幹の“代表的位置”の確定を行なうことなどの前提課題を順次解決することが必要であった。

I I章では表I-1-1に示した京都市右京区大枝産の天然生アカマツを供試木として、単木の標準容積密度数および標準セルロース含有量とそれらの生長過程を知るために、樹幹解析に基づく樹幹内各部分の重量測定およびセルロース含有量の定量を行なっ

た。I章で得られた検討結果を総括すると次のとおりである。

- i) 単木樹幹内の各位置における容積密度数およびセルロース含有量の変動量は10%までであったが、幹足部の樹心部ではかけはなれて大きく15～20%を示した。(表I-3-1, 8, 16) 一方、容積密度数およびセルロース含有量の配列の傾向は幹足部から梢端部に向うにしたがって小さくなり、各断面の半径方向では最外層から樹心部に向うにしたがって小さくなるマツ型パターンといわれる傾向が各齢級を通じて認められた。(図I-3-2, 3, 4, 9, 10, 11, 15, 16, 17)
- ii) ホロセルロースおよび α セルロース含有量の容積密度数に対する重量百分率は樹幹内で一様ではなく、それらを容積密度数の比推定として求めることには無理があることが明らかとなった。しかしながら、アルコール・ベンゼン抽出成分を除去した容積密度数によるそれらの回帰推定は有効であることが示された。(表I-3-2, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 22 図I-3-5, 6, 12, 13, 14, 18, 19, 20)
- iii) 単木の標準容積密度数および標準セルロース含有量は経時変化することが明らかとなった。すなわち、幼齢時代においていちじるしく増大し、20～25年以後壮・老齢時代にかけて一定値に漸近する生長曲線を示した。(図I-4-2, 3)
- iv) 単木の標準容積密度数および標準セルロース含有量の経過に対しては生長曲線式の適用が可能であり、ミッチャーリッヒ式、ロジスチック曲線式、修正指数曲線式およびゴンパーツ曲線式について検討の結果、ゴンパーツ曲線式 $Y = Ka^{bt}$ ($K > 0, 0 < a < 1, 0 < b < 1$) が最適であることが判明した。(I-4-1～6式)
- v) 単木の標準容積密度数および標準セルロース含有量に最も近い値を常に示す樹幹の“代表的位置”の存在が明らかとなった。その標準断面高は15年生位までの幼齢木の場合は樹高の35%、それ以上になると樹高の10%の高さであった。また、標準断面の半径方向における標準帯は、いずれの齢級木についても最外層から5～10年輪内側から心材までの辺材部分であった。この“代表的位置”における容積密度数およびセルロース含有量の標準値との偏差率は±5%以内であった。(表I-4-3, 図I-4-4, 5)
- II 林分における重量およびセルロース生産量とそれらの生長過程を把握するため、滋賀県信楽町三郷山

国有林に32個所の標準地を設定し、前章で検討した測定方法によって調査を行なった。得られた表Ⅱ-1-2の各標準地の測定結果に基づいて林分についての検討結果を総括すると次のとおりである。

- i) 林分を対象とする場合の大量の木材試片について平均的な値を迅速に求めるために、軟X線で透過撮影したフィルムのX線透過濃度についての既知試料のその濃度との比較によって推定する非破壊的測定法の適用性を検討した。その結果、樹幹の“代表的位置”から採取した生長錐片試片についても適用性が認められ、実用性のある方法として有効であることが明らかとなった。(図Ⅱ-2-1, 3)
 - ii) 一斉同齡林での単木の標準容積密度数の変動は最高11%, 最低5.6%, 平均8%であった。また全標準地を通じて、林分標準容積密度数、林分標準ホロセルロース含有量および林分標準 α セルロース含有量の平均値(各標準地の林分材積による加重平均値)はそれぞれ456.03, 336.95, 216.95 (kg/m^3)であった。(表Ⅱ-2-1)
 - iii) 林分標準容積密度数および林分標準セルロース含有量は単木の場合と同様の経時変化を示した。すなわち、10~25年にかけて林齡の増加とともにいちじるしく増大し、それ以降は一定値に漸近する生長曲線を示した。このような経過に適用しうる生長曲線式として、単木の場合と同様にゴンパーツ曲線式を選んだ。(図Ⅱ-3-1, Ⅱ-3-1~3式)
- Ⅲ この章では前章の標準地資料を用いて林分重量収穫表および林分セルロース収穫表の調製を試み、これに基づいてアカマツ林の重量生長過程ならびにセルロースの生長過程を明らかにしようとした。
- i) 重量収穫表の調製方法は各資料を吟味ののち、まず収穫表の調製要綱に準拠して材積収穫表を調製し、次に各林齡の林分標準容積密度数、林分標準ホロセルロース含有量および林分標準 α セルロース含有量の値を調製された材積収穫表の各林齡に対応する林分皮内材積にかけ合わせて林分皮内重量生産量、林分ホロセルロース生産量および林分 α セルロース生産量とする。さらに各林齡の林分における樹皮材積の重量を求めて、それに対応する林齡の林分皮内重量生産量に加算して林分重量生産量とし、これらを経時的にまとめて林分重量収穫表とした。
 - ii) 滋賀県信楽地方のアカマツ林を対象として調製した収穫表は林分材積収穫表、林分重量収穫表、林分ホロセルロース収穫表および林分 α セルロース

収穫表であり、各収穫表はそれぞれ表Ⅲ-1-7, 表Ⅲ-2-6, 表Ⅲ-2-7および表Ⅲ-2-8に示すとおりである。

- Ⅳ 前章までに明らかにされた林分重量収穫表をはじめ林分の重量生長ならびにセルロース生産量に関する研究結果に基づいて総合的考察を行なった。それらを総括すると次のとおりである。
- i) 林分重量収穫表および林分セルロース収穫表に基づく乾重量、ホロセルロースおよび α セルロース生産量の主林木、主副林木合計および総収穫についての各総生長曲線はいずれも材積の場合と同様にシグモイド曲線を示した。(図Ⅳ-1-1, 2, 3)
 - ii) 材積も含めて各因子の生長経過について連年生長量および平均生長量の最大となる年齢は、主副林木の場合では、材積についてはそれぞれ15~20年, 30年, 乾重量についてはそれぞれ20~25年, 35年, ホロセルロース生産量についてはそれぞれ25~30年, 40年, α セルロース生産量についてはそれぞれ25~30年, 45年となった。これらのうち連年生長量におけるホロセルロース生産量と α セルロース生産量とは同じであったが、平均生長量においては材積, 乾重量, ホロセルロースおよび α セルロース生産量の順に遅れる傾向を示した。(図Ⅳ-1-4, 5, 6, 7, 8, 9)
 - iii) 総収穫量の平均生長量曲線においても生長量の最大となる年齢は材積が35年であるのに対して、乾重量が40年で、つづいてホロセルロースおよび α セルロースが45年であった。ここでも材積および乾重量とセルロース生産量の間には5年の差が生じており、それぞれ独自の生長過程をもつものであることを示すものであろう。(図Ⅳ-1-10, 11, 12)
 - iv) 重量生長ならびにセルロース生産量の最大となる年齢が材積のそれよりも5~15年遅れてくることは、連年生長量, 平均生長量の材積との比較においていずれも実証された(図Ⅳ-3-1, 2)が、さらにその理論的な裏付けとして、数学的にも証明された。
 - v) 林分標準容積密度数および林分標準セルロース含有量という概念について再考すると、これらは林分材積と林分乾重量および林分セルロース生産量との比率を表わし、それぞれの林分標準値が経時変化することは林分材積の生長経過との違いを示すものである。したがって、これらの林分標準値の経時変化を明らかにすることが林分における乾重量およびセルロース生産量の生長過程解明の

重要な手がかりを得ることになると言える。(表 N-2-1)

vi) ある特定林分の現存量の推定方法について総合的に検討したが、本研究で用いた生長錐片試料による標本木法は測定作業が容易であるばかりでなく、かなり高い精度で推定できる実用性のある方法と言えらるであろう。

引用および参考文献

- 1) 林野庁(1949)：同齡単純林の林分収穫表の調製要綱。
- 2) 大友栄松(1967)：新しい林業統計，P149，日本林業協会。
- 3) 林野庁計画課(1970)：立木幹材積表，西日本編。
- 4) 梶原幹弘，島田亮也(1957)：京大卒業論文，通巻555号。
- 5) 岡崎文彬(1957)：アカマツ林の実態調査と施業に対する考察，農林出版。
- 6) 岩田元一・山本荘二(1959)：京大卒業論文，通巻597号。
- 7) 北川嘉雄・西巻英樹(1960)：京大卒業論文，通巻622号。
- 8) 佐野宗一・赤井龍男(1972)：日本各地のアカマツの樹形について，京大演集報10：1—10。
- 9) 渡辺治人(1967)：樹幹丸太の特性，九大木材理学教室。
- 10) 樋口隆昌(1969)：樹木生化学，共立出版。
- 11) 渡辺治人(1971)：林木の未成熟材，木材工業 290：7—74。
- 12) 辻本克己(1963)：リュウキュウマツの重量生長量に関する研究，鹿大農学報13。
- 13) 柿原道喜(1967)：九州地方におけるカラマツ林の施業上の特性に関する研究，九大演報41：69—77。
- 14) 林野庁(1949)：長野・新潟地方アカマツ林林分収穫表調製説明書。
- 15) 林野庁(1952)：磐城地方アカマツ林林分収穫表調製説明書。
- 16) 林野庁(1956)：近畿地方 “ ”
- 17) 林野庁(1956)：中国内海地方 “ ”
- 18) 林野庁(1959)：四国内海地方 “ ”
- 19) 妹尾俊夫(1974)：アカマツ林の重量生長に関する基礎的研究(Ⅰ)京府大学報・農26 88—130。

Summary

The important items among the results of studies on the weight increment in this chapter were as follows :

I) Relationships between the stand age and the standard bulk density or the standard contents of celluloses of the stand were expressed by Gompertz's equation.

In any case, i. e. the time series variation of the standard value increased at a high pace during its first 25 years, which beyond that maintained to constant.

Above relationship of the stand was agreed well with the time series variation of the standard value of single tree.

II) Every total productivity curves of dry weight, hollocellulose and α -cellulose in the stand was agreed well with the stand volume curve which showed a sigmoid curve.

III) Every current annual increment curves of dry weight, hollocellulose and α -cellulose productivities of the stand increased highly with age, and reached its peak at the point during 20—30 years, which after the point decreased gradually.

Every mean increment curves of main and entire tree-crop increased slower than the increasing pace of the annual increment curve.

It reached its peak at the point during 35—45 years where it cut the curve for current annual increment, and decreased gradually after the cut point.

When the current annual increment of hollocellulose and α -cellulose culminated that it was 5 years latter than the point of dry weight's peak.

Furthermore, when the mean annual increment reached its highest value became in the order, dry weight, hollocellulose, α -cellulose at 5 years interval thus the age of 35, 40 and 45 years.

IV) It was clarified even in the actual and theoretical proof that the age of both the current annual and mean annual increment of weight productivities reached their highest

value which were 5-15 years latter than their's of the volume increment, on every crops of main, entire and total yield.

V) Development process of the standard bulk density and the standard contents of celluloses of the stand which showed the time series variation of the relation between oven dry weight and green volume. These make it possible also to showed widely development process of wood quality.

As the concluding remark since above mentioned, the standard value of the stand which gived it us the most important information to solve the incremental process in weight productivities.