

## アカマツ同令単純林における材積, 重量, 熱量の成長 に関する研究

関屋, 雄偉

<https://doi.org/10.15017/15002>

---

出版情報 : 九州大学農学部演習林報告. 38, pp.39-159, 1964-11-28. 九州大学農学部附属演習林  
バージョン :  
権利関係 :



を検討することとする。

調査対象に選定した林分の材積平均木の胸高直径および胸高断面積平均木の胸高直径はさきに述べたように17.9cm, 17.6cmである。つぎに熱量平均木について計算すれば、胸高直径と単木熱量の回帰式は前記(15)式で示される。ゆえに(15)式による算出熱量を用い、各直径階の本数に乗じて合計し、林分熱量を求めたのち、これを全本数で除して林分の平均1本当りの熱量を計算すれば、389.090KCalである。この数値を用いて(15)式により逆算して胸高直径を求めると、林分の熱量平均木の胸高直径は17.8cmになる。これは重量平均木の胸高直径とまったく同一であり、林分の材積平均木の胸高直径17.9cmと比較するとわずかに0.1cmの差でしかない。この程度の差異は測定誤差によっても起りうるものであるから、同令単純林における林分の材積平均木の胸高直径と熱量平均木の胸高直径は、同一と見做して差支えあるまい。同様に林分の断面積平均木の胸高直径とも同一と見做して差支えない。

つぎに林分の平均標準容積熱量を算出してみよう。胸高直径と標準容積熱量の関係は前記(10)式によって示される。したがって(10)式によって算出される各直径に対応する標準容積熱量を、各直径階のそれぞれの本数に乗じて合計し、これを全本数で除して林分の平均標準容積熱量を求めると、2,466cal/cm<sup>3</sup>である。これを(10)式により逆算して胸高直径を求めると、林分の平均標準容積熱量を示す胸高直径は25.8cmと13.7cmである。したがって同令単純林における平均標準容積熱量を示す径級は、林分内において大小2つの位置にあらわれるものである。

重量の場合と同様に、林分の平均標準容積熱量を示す2つの胸高直径のうち、大きい方を主林木、小さい方を副林木の平均直径と見做すならば、主副林木についてそれぞれ胸高断面積平均木を選びだせば、その林分の平均標準容積熱量をうることになる。

### 第3章 アカマツ林分の材積、重量および熱量

前章においてはアカマツ同令単純林における1林分を対象とし、その径級別材積構成、重量構成、熱量構成について研究し、林分の材積平均木、重量平均木、熱量平均木の相互関係を調べ、林分の重量および熱量推定のための供試木抽出採取方法について検討を加えた。その結果、林分の重量および熱量を推定するには各林木を主副林木に層別し、それぞれの胸高断面積平均木を供試木として抽出する方法が適当であることを明らかにした。ゆえに林分の材積、重量および熱量の各成長量を研究するため、年令を異にする多数の同令単純林について、年令の変化に対応する林分重量および林分熱量の変化を調べる場合にも、各林分ごとに主副林木を層別し、それぞれの断面積平均木を供試木とする方法を用いるものである。いうまでもなくこの方法は同令単純林の場合のみに成立するものであるから、調査対象林分の抽出にあたっては充分この点に留意し、年令、胸高直径、樹高、立木位置等の構成が齊一な林分を選定しなければならない。

このような観点から、アカマツ林分の材積、重量、熱量ならびにそれらの各成長量の相互関係を、熊本県芦北地方のアカマツ林を対象として研究したので、つぎにその結果を報告する。

## I 材 積

## i 資 料

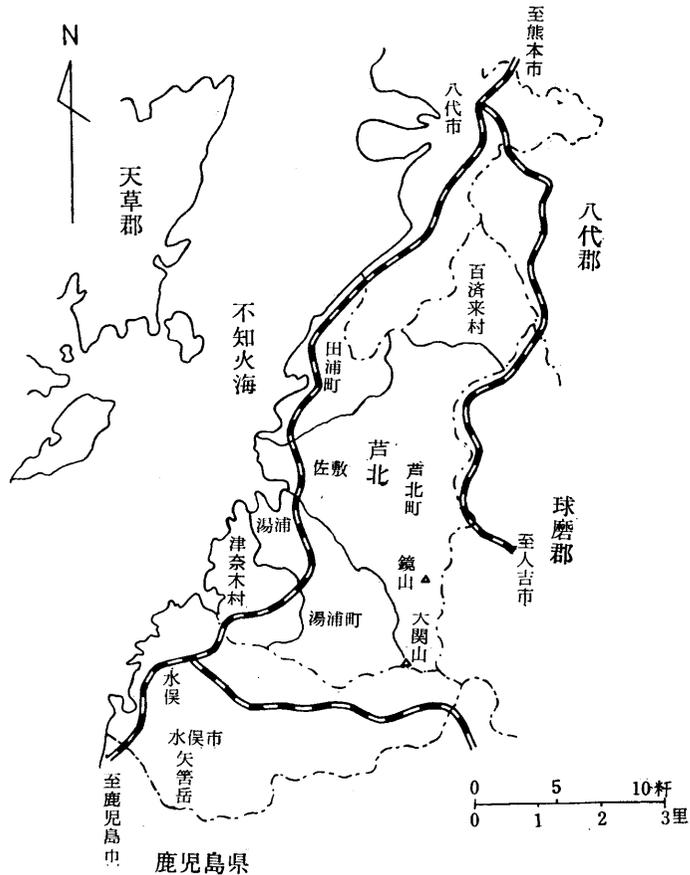
1) 調査地の概況<sup>43, 46)</sup>

芦北地方は熊本県の西南端に位置し、水俣市、津奈木村、湯浦町、芦北町、田浦町、百済来村および八代市の一部を含む地域をいう。西は不知火海に面して細長く、南北 30km、東西 12km、総面積はおおよそ 300km<sup>2</sup> である。

地形は一般に起伏に富み、海岸近くまで山がせまり。標高は南部で 500~600m、北部で 300~400m のところが多く、その間に小規模の盆地が散在し、総面積の 80% が林野である。

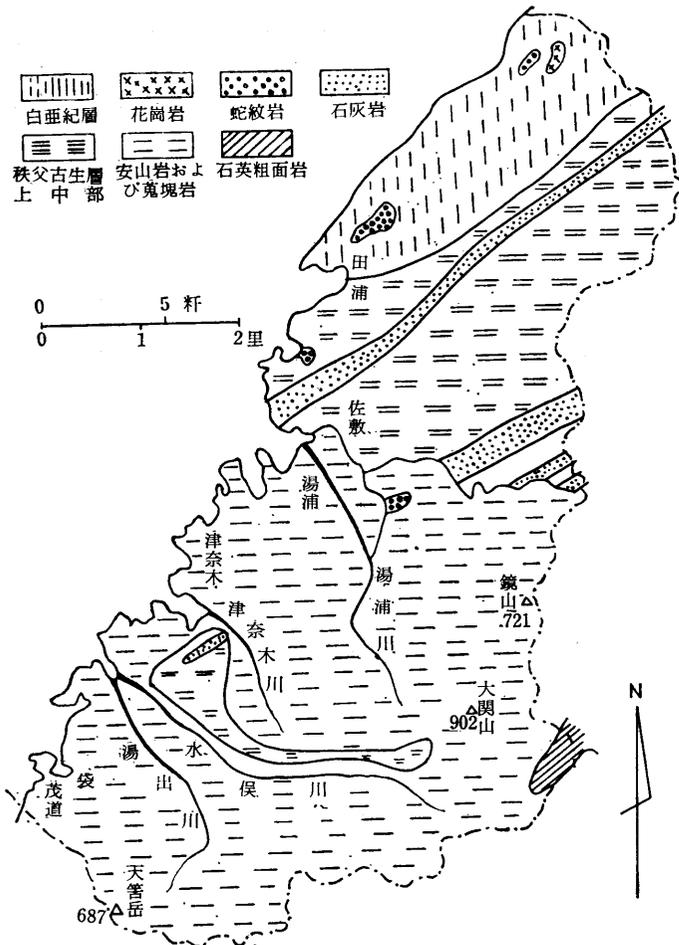
第22図 芦北地方略図

Fig. 22 Sketch Map of ASHIKITA District



本地方の地質は第23図に示すように、安山岩、集塊岩、粘板岩、緑泥片岩等いろいろ異なった岩石によって占められているが、表層は全域にわたって火山灰のかなり厚い層におおわれているため、表層土壌は比較的類似の乾燥型土壌が多く、盆地附近に湿潤土壌がわずかにみられる程度である。

第23図 芦北地方地質図  
Fig. 23 Geological Map of ASHIKITA District



八代、水保および佐敷における気象観測結果は第6表に示すとおりであって、年平均気温  $16^{\circ}\text{C}$  内外、年平均降水量 2,000mm 程度である。

第6表 気象測定表

Tab. 6 Climate Observation

(1) 気象

(於佐敷)

観測年	気温 ( $^{\circ}\text{C}$ )			降水量 (mm)	風速 (m/sec)		最多風向	快晴日数	曇天日数	降雨日数
	最高	最低	平均		最大	平均				
昭和21年	34.1	(-) 4.2	17.7	2,081.8	4	1.0	W	94	160	44
22	33.0	(-) 5.5	16.8	1,632.9	6	0.9	W	84	143	36
23	34.8	(-) 5.1	18.8	2,058.6	7	1.0	W	112	139	39
24	34.9	(-) 5.3	16.8	2,418.7	4	1.5	S	53	102	88
25	30.5	(-) 1.5	12.9	1,914.4	3	1.0	S	63	110	—
26	35.2	(-) 4.5	17.4	2,613.1	7	1.0	W. S	68	109	65

## (2) 気 温 (°C)

観測地	月												平均	備 考
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
八 代	5.5	6.2	9.7	14.3	18.7	22.7	26.7	27.1	23.5	17.7	12.9	8.5	16.1	1920~1940
水 俣	6.2	7.0	10.4	14.5	18.8	22.7	26.7	27.3	24.2	17.8	14.4	9.6	16.7	
佐 敷	5.2	6.1	9.6	14.2	18.6	22.6	27.0	27.5	23.9	17.8	12.9	7.8	16.1	
平 均	5.6	6.4	9.9	14.3	18.7	22.7	26.8	27.3	23.9	17.8	13.4	8.6	16.3	

## (3) 降 水 量 (mm)

観測地	月												全年	備 考
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
八 代	48.0	76.2	103.5	148.1	136.3	258.1	281.2	211.5	178.2	94.8	75.6	69.3	1,680.8	1920~ 1940
水 俣	65.8	98.9	114.6	182.5	172.6	263.5	271.9	215.4	183.9	127.9	79.7	74.9	1,851.4	
佐 敷	54.7	86.2	115.0	167.8	163.8	271.8	304.2	220.2	195.9	117.3	67.4	69.0	1,832.9	
平 均	56.2	87.1	111.0	166.1	157.6	264.5	285.8	212.4	186.0	113.3	74.2	71.1	1,788.4	

以上のような自然環境から、本地方の立地条件はマツの生育に適するため、芦北林業として古くより人工林によるマツの短伐期生産で知られている。

## 2) 資料の蒐集, 測定

芦北地方全域のアカマツ林分を対象として資料を蒐集することとし、各令級の正常林分と認められる斉一な同令単純林のみを標準地として選定した。すなわち標準地の選定にあたっては、林野庁で定められた「同令単純林の林分収穫表調製要綱<sup>33)</sup>」に準拠して林分ごとと面積、年令、疎密度、立木密度、地位、健全な生育状態などを検討し、収穫表調製資料として適当と認められる林分を選んで調査を行なった。

選定した標準地は37箇所であって、その測定方法はつぎのとおりである。

## (1) 面 積

収穫表調製資料としての標準地として適当と思われる部分を区画選定した。

## (2) 主副林木区分

調製要綱<sup>33)</sup>にある主副林木の区分基準にしたがい、アカマツとして中庸度の間伐を行なった場合に、保残されるべきものを主林木とし、間伐すべきものを副林木として、各標準地ごとに毎木調査した。

## (3) 林 令

各標準地について主副林木別に胸高断面積平均木を選び、これを標準木として伐倒し、地上0.2mにおける断面の年輪数をもって林令とした。

## (4) 胸高直径

地上高1.2mの位置を胸高とし、輪尺で直角な2方向を正確に測定して算術平均したものを胸高直径とした。測定値は1cm括約で整理した。

## (5) 樹 高

幼令林分では樹高測定に測桿を用いた。壮令林分では直径階別に数本ずつを抽出してワイゼ測高器により測定し、樹高曲線法を用いて樹高を算出した。これらの測定値は1m括約で整理した。

## (6) 平均胸高直径および平均樹高

主林木、副林木ともそれぞれの測定値を算術平均して単位以下1位にとどめた。

第 7 表 芦北地方マツ林標準地調査一覧

Tab. 7 Sample Plot Measurement of AKAMATSU in ASHIKITA District

番号	標準地 所在地	林 令	主 林 木						副 林 木						主 副 林 木 合 計					
			面積 ha	平均 直径 cm	平均 樹高 m	ha 当り 本 数	ha 当り 胸 高 断 面 積 m <sup>2</sup>	ha 当り 材 積 m <sup>3</sup>	平均 直径 cm	平均 樹高 m	ha 当り 本 数	ha 当り 胸 高 断 面 積 m <sup>2</sup>	ha 当り 材 積 m <sup>3</sup>	平均 直径 cm	平均 樹高 m	ha 当り 本 数	ha 当り 胸 高 断 面 積 m <sup>2</sup>	ha 当り 材 積 m <sup>3</sup>		
1	湯浦 大崎 義道	55	0.3216	40.3	24.0	299	38.1	410.5												
2	湯浦 大崎 義道	27	0.1080	16.1	17.3	1,056	21.5	216.4	10.4	13.6	83	0.7	6.0	15.7	17.0	1,139	22.2	222.4		
3	湯浦 鳥居又左右	18	0.0781	10.4	10.8	2,190	18.6	132.0	5.9	7.8	576	1.6	8.6	9.5	10.2	2,766	20.2	140.6		
4	湯浦 宮島 定信	13	0.1055	9.4	9.5	2,919	20.3	99.5	5.3	7.0	758	1.7	7.8	8.6	9.0	3,678	22.0	107.3		
5	湯浦 橋本 一美	42	0.1860	29.3	25.4	527	35.5	468.7	17.2	19.0	204	4.7	48.7	25.9	23.6	731	59.1	517.4		
6	湯浦 宮島 留人	6	0.0857	5.4	5.0	3,373	7.7	33.7						5.4	5.0	3,373	7.7	33.7		
7	湯浦 江口仙右衛門	32	0.1003	20.5	16.4	857	28.3	259.7	13.4	11.8	289	4.1	35.1	18.7	15.2	1,147	32.4	294.8		
8	湯浦 江口仙右衛門	5	0.0141	3.0	3.1	3,972	2.8	8.2						3.0	3.1	3,972	2.8	8.2		
9	湯浦 内山八十次	22	0.0573	17.2	16.2	960	22.3	205.4						17.2	16.2	960	22.3	205.4		
10	芦北 森 和作	18	0.1000	14.3	11.4	1,730	27.8	197.7	9.1	8.7	970	6.3	38.2	12.4	10.4	2,700	38.2	235.9		
11	芦北 仲田 弘道	15	0.1000	10.5	9.1	1,730	15.0	87.8	8.1	7.3	460	2.4	14.0	10.0	8.7	2,190	23.7	101.8		
12	湯浦 小崎 安喜	12	0.1000	10.5	8.4	2,140	18.5	102.3	7.9	7.2	1,040	5.1	26.2	9.8	8.0	3,180	23.6	128.5		
13	湯浦 宮島己一郎	18	0.1000	13.3	12.1	1,500	20.8	154.9						13.3	12.1	1,500	20.8	154.9		
14	湯浦 中摩 ミヤ	21	0.1000	15.1	13.2	1,220	21.9	170.1	10.4	11.1	500	4.2	29.6	13.7	12.6	1,720	26.1	199.7		
15	湯浦 谷口 茂八	18	0.1000	14.7	11.9	1,460	24.8	176.3	11.0	9.2	700	6.7	37.2	13.5	11.0	2,160	31.5	213.5		
16	湯浦 内山八十次	20	0.1000	17.7	14.8	960	23.6	201.5						17.7	14.8	960	23.6	201.5		
17	湯浦 内山八十次	27	0.1000	17.7	14.2	990	24.4	201.2	11.6	11.9	110	1.2	8.4	17.1	14.0	1,100	25.6	209.6		
18	湯浦 池末 孝義	17	0.1000	13.5	9.6	1,550	22.2	136.9	8.0	6.8	440	2.2	10.0	12.3	9.0	1,990	24.4	146.9		
19	田浦 田中 典次	17	0.0495	11.0	11.3	2,121	20.1	144.5	7.4	8.2	1,576	6.8	38.0	9.5	10.0	3,697	26.9	182.5		

標準地 番号	所在地	林令	標準地 面積	主 林 木					副 林 木					主 副 林 木 合 計				
				平均 直径	平均 樹高	ha当り 本 数	ha当り 胸高 断面積	ha当り 材 積	平均 直径	平均 樹高	ha当り 本 数	ha当り 胸高 断面積	ha当り 材 積	平均 直径	平均 樹高	ha当り 本 数	ha当り 胸高 断面積	ha当り 材 積
		年	ha	cm	m	本	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	cm	m	本	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	cm	m	本	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>
20	田浦 田中 典次	20	0.0212	12.4	11.9	1,792	21.6	157.2	8.1	9.0	1,509	7.8	47.4	10.4	10.6	3,302	29.4	204.6
21	田浦 田中 典次	6	0.0517	4.7	4.0	4,584	7.9	28.4	3.3	3.2	600	0.5	1.0	4.6	3.5	5,184	8.4	29.4
22	田浦 田中 典次	6	0.0115	3.8	3.4	4,870	5.5	16.5						3.8	3.4	4,870	5.5	16.5
23	田浦 田中 典次	60	0.1342	32.4	23.4	291	24.0	276.3	22.4	18.0	149	5.9	55.4	29.0	21.6	440	29.9	331.7
24	田浦 田中 典次	54	0.1252	31.9	24.6	391	31.2	374.8	20.8	19.6	383	13.0	140.9	25.6	21.7	774	44.2	515.7
25	田浦 神川 ミカ	33	0.0315	15.4	12.9	1,016	18.9	143.9	8.8	8.3	1,270	7.7	29.6	11.1	9.9	2,786	26.6	173.5
26	田浦 田中 典次	15	0.0442	10.5	9.8	2,149	18.6	92.9	7.0	7.7	1,176	4.5	18.5	9.3	9.1	3,325	23.1	111.4
27	田浦 遠山 登	24	0.0666	14.5	14.7	1,411	23.3	205.3	10.0	11.0	15	0.1	0.8	14.5	14.7	1,426	23.4	206.1
28	田浦 遠山 登	24	0.0534	11.6	11.2	1,592	16.8	144.5	8.0	10.0	18	0.1	0.6	11.6	11.2	1,610	16.9	151.1
29	田浦 遠山 登	24	0.0651	10.7	10.1	1,536	13.8	97.2	8.8	9.8	169	1.0	7.0	10.5	10.1	1,705	14.8	104.2
30	田浦 田中 典次	15	0.0371	9.3	8.0	2,129	14.5	78.0	5.3	5.6	512	1.1	4.6	8.5	7.5	2,641	15.6	82.6
31	水俣 小平 国有林7.に	37	0.0848	26.9	21.6	401	22.8	250.6	17.7	17.9	165	4.1	40.0	24.2	20.5	566	26.9	290.6
32	水俣 小平 国有林7.い	37	0.0417	27.7	23.9	552	33.3	396.8	20.3	21.1	360	11.7	129.4	24.8	22.8	912	45.0	526.1
33	水俣 小平 国有林7.を	43	0.0990	30.7	23.5	515	38.1	441.3	19.4	19.7	464	13.7	145.9	25.3	21.7	979	51.8	587.2
34	水俣 小平 国有林7.か	60	0.0893	32.7	24.9	391	32.8	394.0	23.3	21.7	169	7.2	79.5	29.9	23.9	560	40.0	469.5
35	水俣 小平 国有林7.か	60	0.1224	34.4	24.5	319	29.6	382.8	23.0	21.5	114	4.7	53.2	31.4	23.7	433	34.3	436.0
36	湯浦 民 有 林	20	0.0870	12.9	13.1	1,207	15.8	128.1	8.7	9.9	678	4.0	26.2	11.4	11.9	1,885	19.8	154.3
87	湯浦 民 有 林	12	0.0751	10.4	8.1	1,704	14.5	65.6	5.4	5.3	679	1.6	6.8	9.0	7.3	2,383	16.1	72.4

## (7) 幹材積

熊本営林局調製のアカマツ立木幹材積表を適用して単木材積を算出し、これを合計して総材積とした。

## (8) 胸高断面積

主副林木ごとに直径階別断面積を合計してそれぞれの林分における胸高断面積合計とした。

以上のようにして蒐集した各標準地の資料をとりまとめると、第7表のとおりである。

## ii 林分材積収穫表

前記の標準地資料を用い、つぎの方法で芦北地方アカマツ林分材積収穫表の調製をこころみた。

## 1) 資料の吟味

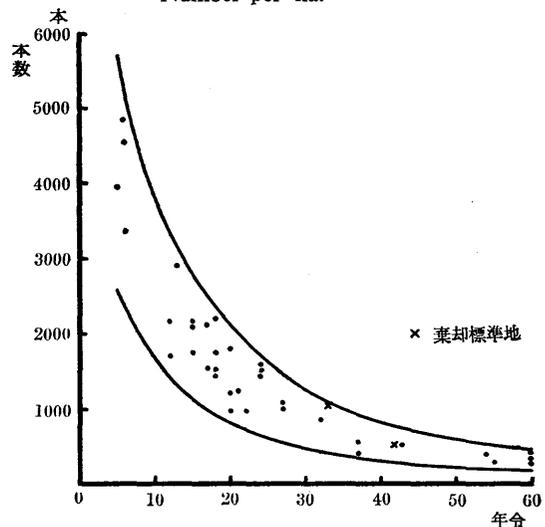
資料吟味の方法は林分収穫表調製要綱<sup>33)</sup>にしたがい、標準地測定資料につき、つぎの各項の関係を検討し、一般的傾向と著しく差のある標準地はこれを棄却することとした。

- (1) 林令に対するha当り主林木本数
- (2) 林令に対するha当り主林木胸高断面積
- (3) 林令に対するha当り主林木幹材積
- (4) 林令に対する主林木平均胸高直径
- (5) 主林木平均胸高直径に対するha当り主林木本数
- (6) 林令に対する主林木平均樹高

(1)~(6)の関係における一般的傾向を査定するため、横軸に林令((5)のみは主林木平均胸高直径)縦軸に各因子をとった実測値のグラフをつくり、実測分布点間に適合する曲線式を推定して成長曲線式とした。この成長曲線の各係数を最小自乗法により算定して実験式を求め、各因子の一般的成長傾向を示す分布中央線とする。この

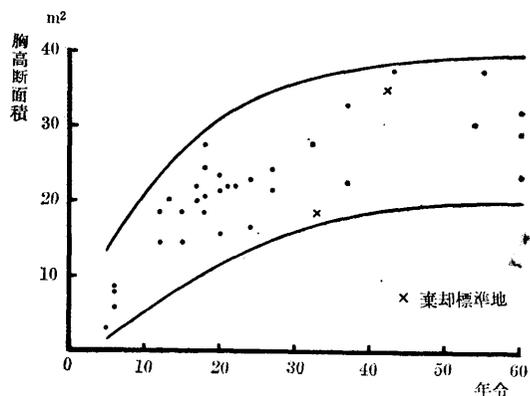
第24図(1) 林令対ha当り主林木本数

Fig. 24 (1) Relation of Age to Main Tree-crop Number per ha.



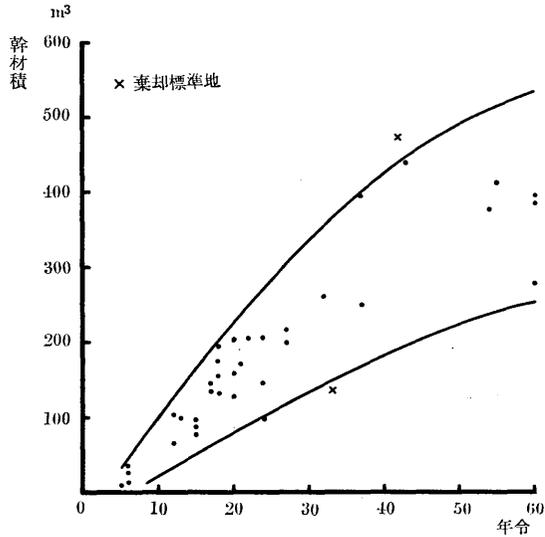
第24図(2) 林令対ha当り主林木胸高断面積

Fig. 24 (2) Relation of Age to Basal Area per ha.



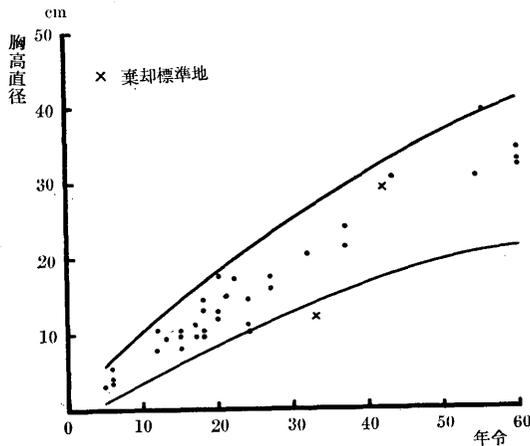
第24図(3) 林令対ha当り主林木幹材積

Fig. 24 (3) Relation of Age to Main Tree-crop Volume per ha.



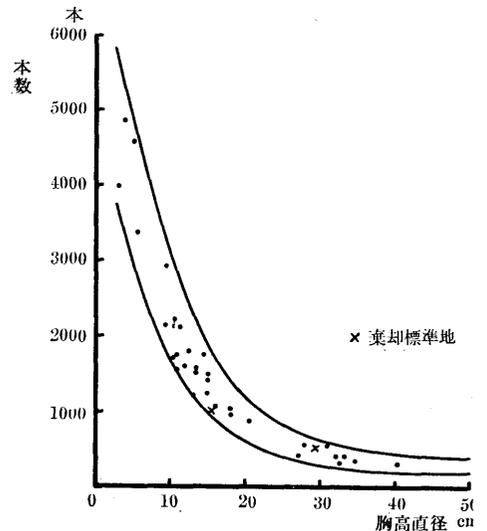
第24図(4) 林令対主林木胸高直径

Fig. 24 (4) Relation of Age to Main Tree-crop D.B.H.



第24図(5) 主林木胸高直径対ha当り主林木本数

Fig. 24 (5) Relation of D.B.H. to Main Tree-crop Number per Ha.



傾向から著しくはずれた標準地は不適當であるから棄却しなければならない。この場合の棄却限界を決めるには、分布中央線からの標準偏差を計算し、林令と標準偏差との函数関係を最小自乗法を用いて求め、この実験式から分布中央線に対してとるべき標準偏差を算出する。この標準偏差を基礎として分布中央線の両側に標準偏差の2倍をとり、これを棄却限界線とし、この線の外にある標準地は一般的傾向からはずれるものとして棄却する。

このようにして資料の吟味を行なった結果は第24図(1)~(6)に示すように4標準地が棄却の対象となるが、さらにこれらの各標準地について総合的に検討を加えた結果、5、25の2標準地のみを棄却することが適当と認められた。

## 2) 地位区分

収穫表調整の対象とした地域は比較的狭小であって、各標準地の自然的環境は類似している。また地域社会の生産技術および生産物用途に起因して壮令林以上の林分がきわめて少なく、地位区分を行なうには十分な資料数が得られない関係もあるので、本収穫表においては平均地位のみの数値を求めて地位区分は行なわないことにした。

## 3) 収穫表構成数値の決定

### (1) 主 林 木

#### (a) 平均 樹 高

平均樹高は林令との函数関係より求める。林令と樹高の函数関係をあらわす実験式は種あげられる<sup>30)</sup>が、ここでは実測分布からみて適合性の認められるつぎの数式を比較検討した。最小自乗法により係数を決定した結果を示すと(20)~(23)式のとおりである。

$$\log y = -0.3951 + 1.4891 \log x - 0.2672 (\log x)^2 \dots\dots (20)$$

$$\log y = \frac{x}{6.5793 + 0.5918x} \dots\dots (21)$$

$$\log y = 1.3791 - \frac{4.9241}{x} \dots\dots (22)$$

$$y = \frac{x^2}{4.1163 + 0.6201x + 0.0371x^2} \dots\dots (23)$$

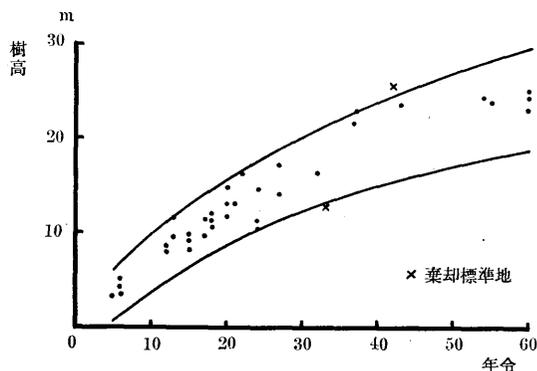
$x$ : 林令  $y$ : 樹高

これらの各式を用いて実測値に対する適合性を検討したのが第25図および第8表である。

以上の適合性検討とともに単木の樹幹析解資料による樹高の連年、平均成長量最大の年令との比較検討をもあわせて考えた結果、(20)式が誤差も小さく、かつ実測値との関係も適正と認められたので、(20)式で林令と樹高の関係をあらわすこととした。

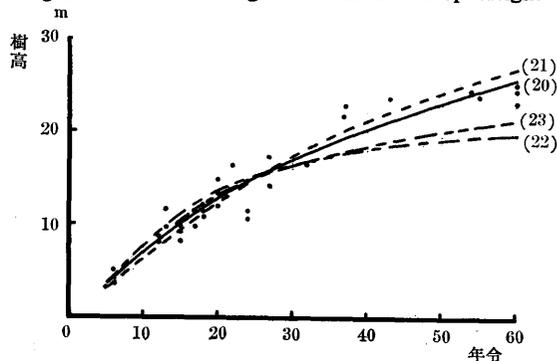
第24図(6) 林令対主林木樹高

Fig. 24 (6) Relation of Age to Main Tree-crop Height



第25図 林令対主林木樹高

Fig. 25 Relation of Age to Main Tree-crop Height



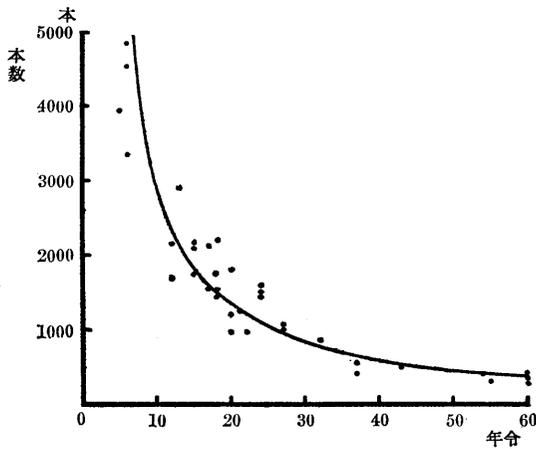
第 8 表 林令対樹高曲線式の適合性  
Tab. 8 Fitness of Relation of Age to Height

算 出 式	偏 差 (Δ)					σ	m
	+		-		0		
	個 数	Σ(+Δ)	個 数	Σ(-Δ)	個 数		
(20)	19	23.6	15	18.9	1	1.67	9.3
(21)	19	23.5	16	23.4	0	1.72	15.5
(22)	14	45.5	21	32.3	0	2.83	23.1
(23)	18	45.6	13	16.1	3	2.48	13.2

注)  $\sigma = \sqrt{\frac{\sum (y-y')^2}{n}}$  (標準偏差),  $m = \frac{\sum \left(\left|\frac{y-y'}{y'}\right|\right)}{n} \times 100$  (平均誤差率)  
ただし y = 実測値, y' = 算出値, n = 個数

第26図 林令対主林木ha当り本数

Fig. 26 Relation of Age to Main Tree-crop Number per ha.



(b) 主林木本数

林令と本数との函数関係をあらわす式としても数種の式を検討した結果, ここでは実測分布によく適合する次式を採用し, 最小自乗法により係数を決定した.

$$\log y = 4.5635 - 1.1135 \log x \dots (24)$$

x: 林令

y: ha 当り主林木本数

この式の実測値に対する適合状態は第26図に示すようによく適合している.

つぎに資料吟味の際に行なった主林木平均胸高直径とha当り主林木本数との関係より求めた数値との比較

検討を行なってみよう. この函数関係をあらわす式としてつぎに示す各式を採用し, 最小自乗法により係数を決定した.

$$\log y = 4.4782 - 1.2068 \log x \dots (25)$$

$$\log y = 2.7361 + \frac{4.0816}{x} \dots (26)$$

$$y = \frac{x^{1.5} - 2267.5491}{-0.0227x^{1.5} - 0.1429} \dots (27)$$

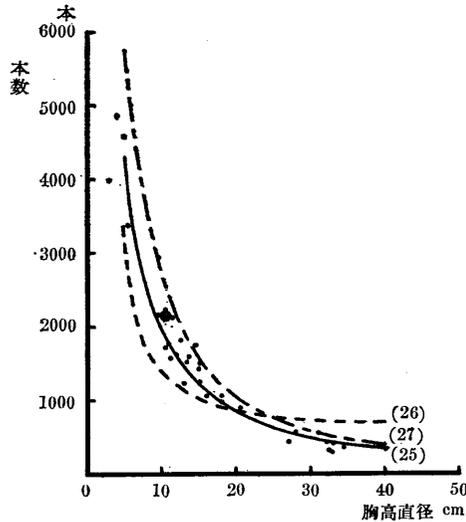
x: 平均胸高直径 y: ha 当り主林木本数

これらの各式の実測値に対する適合性を検討したのが第27図および第9表であって, (25)式が他に比較してよく適合する.

以上のようにして求めた林令と本数, 胸高直径と本数の函数関係, ならびに後に述べる林令と胸高直径の函数関係をあわせた3つの函数関係を用いて実測値に対する適合性を相互比較し, かつ実際の植栽本数等をも考慮して, 各令階ごとのha当り主林木本数を決定した.

第27図 主林木平均胸高直径対主林木ha当り本数

Fig. 27 Relation of Mean D.B.H. of Main Tree-crop to Main Tree-crop Number per ha



第 9 表 平均胸高直径対 ha 当り主林木本数曲線式の適合成  
Tab. 9 Fitness of Relation of Mean D.B.H. to Number per ha.

算 出 式	偏 差 (Δ)					σ	m
	+		-		0		
	個 数	Σ(+Δ)	個 数	Σ(-Δ)	個 数		
(25)	19	4704	16	6852	0	756	16.2
(26)	24	11192	11	12779	0	4890	37.6
(27)	2	222	33	18632	0	1003	20.4

(c) 平均胸高直径

林令と胸高直径の函数関係をあらわす式のうち、実測分布の傾向線との適合性を考慮して次の2式を用い、最小自乗法により係数を決定した。

$$\log y = -0.1791 + 1.1266 \log x - 0.0882 (\log x)^2 \dots (28)$$

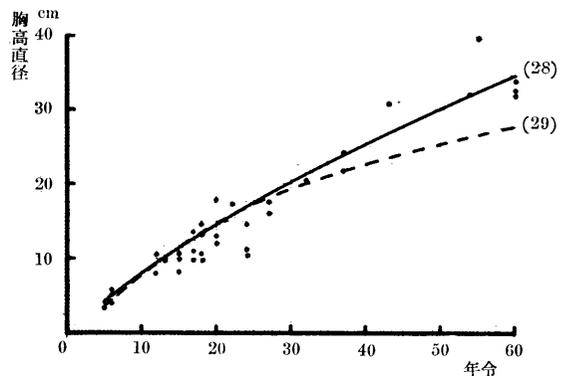
$$y = \frac{x^2}{2.6763 + 0.8516x + 0.0209x^2} \dots (29)$$

x: 林令 y: 胸高直径

実測値に対する適合性を検討したのが第28図および第10表であって、(28)式が誤差も小さく、かつ実測値との関係も適正と認められる。

第28図 林令対主林木胸高直径

Fig. 28 Relation of Age to Mean D.B.H. of Main Tree-crop



第 10 表 林令対胸高直径曲線式の適合性  
Tab. 10 Fitness of Relation of Age to D.B.H.

算 出 式	偏		差 (Δ)		0	σ	m
	+		-				
	個 数	Σ(+Δ)	個 数	Σ(-Δ)			
(28)	16	38.0	19	27.6	0	2.53	12.4
(29)	19	67.3	16	27.6	0	3.86	16.3

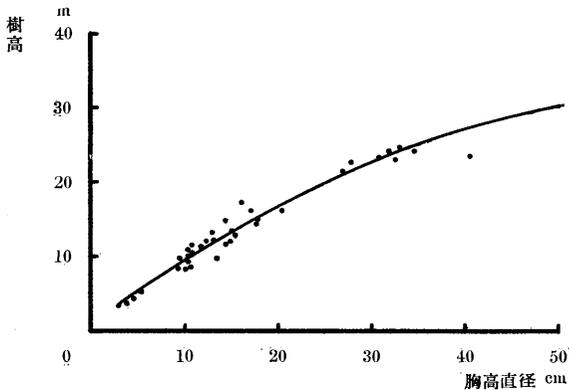
つぎに(28)式より求めた林令と胸高直径の函数関係の妥当性を、胸高直径と樹高の函数関係を用いて比較検討した。胸高直径と樹高の函数関係は次式であらわされる。

$$\log(y-1.2) = -0.5892 + 1.8826 \log x - 0.3914(\log x)^2 \dots (30)$$

x: 胸高直径 y: 樹高

第29図 主林木の平均胸高直径対平均樹高

Fig. 29 Relation of Mean D.B.H. to Mean Height in Main Tree-crop



この式による曲線と実測分布との関係を示したのが第29図であって、(30)式は実測値とよく適合する。

以上のように林令と胸高直径、樹高と胸高直径の2つの関係を利用して求めた数値と、前記の林令と樹高の関係より求めた数値とを比較検討し、実測分布への適合性を調べてみると、林令と胸高直径の函数関係をあらわす式としては(28)式が適当と認められる。

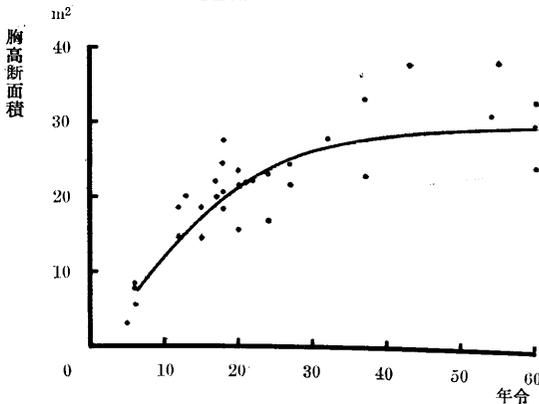
(d) ha 当り胸高断面積

林令と ha 当り胸高断面積合計

の函数関係をあらわす式としては、実測値分布の傾向線に適合するつぎの式を用いて最小自乗法により係数を決定した。

第30図 林令対主林木胸高断面積

Fig. 30 Relation of Age to Main Tree-crop Basal Area



$$\log y = -0.8041 + 2.6387 \log x - 0.7678(\log x)^2 \dots (31)$$

x: 林令 y: 胸高断面積合計

この式の実測値への適合性を示したのが第30図である。

このようにして求めた数値の妥当性を、さきに求めた平均胸高直径と修正 ha 当り主林木本数の関係を用いて算出した結果と比較検討したところ、適正と認められたので、胸高断面積合計は(31)式による林令の函数であらわすこととした。

## (e) ha 当り幹材積

ha 当り幹材積は収穫表の利用上きわめて重要なものである。ゆえにその算定には、主林木平均樹高との函数関係を用いる方法、林令との函数関係を用いる方法および修正平均胸高直径、平均樹高、修正主林木本数の3因子を用い幹材積表より求める方法の3つの方法で算出し、これらの ha 当り幹材積を相互に比較検討して最も妥当と思われる数値を決定することにした。

ha 当り幹材積と主林木平均樹高の函数関係については、表示する林令の範囲等を考慮してつぎの式を用い、最小自乗法により係数を決定した。

$$\log y = 0.4251 + 1.5916 \log x \dots\dots (32)$$

$x$ : 主林木平均樹高  $y$ : ha 当り幹材積

この式の実測値に対する適合は第31図に示すとおりである。

この曲線式に、各年令に対応する主林木平均樹高を代入して各年令の主林木幹材積を算出した。

つぎに林令の函数として ha 当り幹材積をあらわす曲線式はいろいろ考案されているが、ここでは実測分布に適合すると思われるつぎの各式を用い、最小自乗法により係数を決定した。

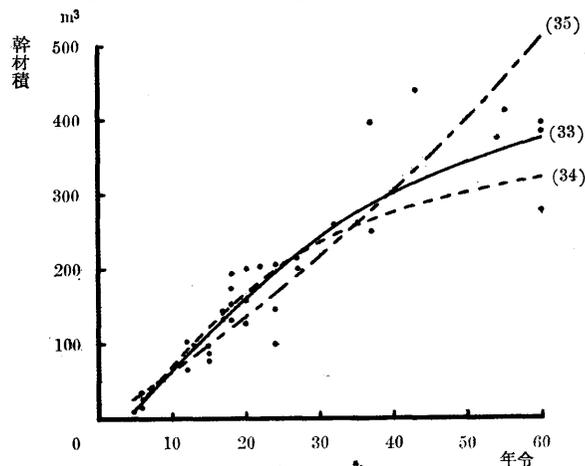
$$\log y = -0.9992 + 3.9792 \log x - 0.9380 (\log x)^2 \dots\dots (33)$$

$$\log y = 2.6529 - \frac{8.4586}{x} \dots\dots (34)$$

$$\log y = 0.5739 - 1.2020 \log x \dots\dots (35)$$

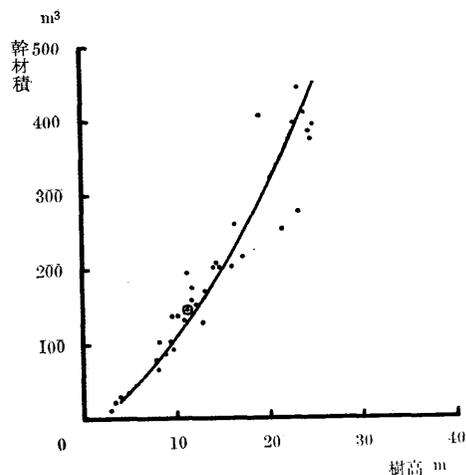
第32図 林令対ha当り幹材積

Fig. 32 Relation of Age to Volume per ha.



第31図 主林木平均樹高対ha当り幹材積

Fig. 31 Relation of Mean Height to Volume per ha. in Main Tree-crop



$x$ : 林令  $y$ : 主林木幹材積

これら各式の実測値に対する適合を示せば第32図のとおりである。

この図にみられるように、曲線式としては(33)式と(34)式がよく適合するので、この2つの式を採用し、他の方法による算出値との比較検討に供することにした。

第3の方法は、すでに求めた平均胸高直径、平均樹高、ha当り主林木本数を利用して算出する方法である。

以上に述べた3つの ha 当り幹

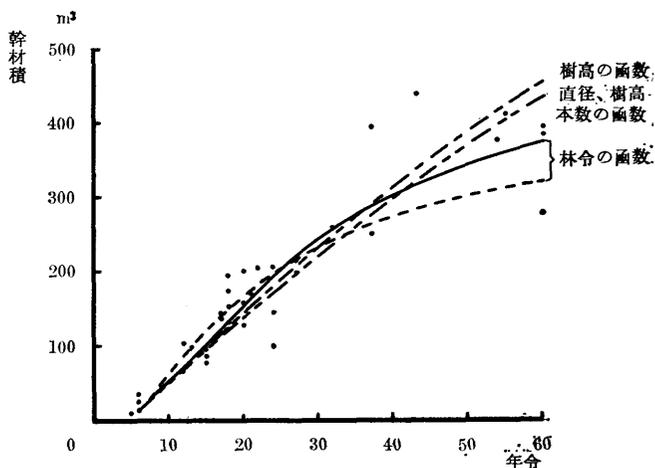
材積算出法の計算値は理想としては一致すべきであるが、算定方法の違いにより必ずしも一致しない。3つの方法により算出した ha 当り幹材積と実測値との適合を示したのが第33図である。

この図により3つの方法を検討してみると、平均樹高との函数関係より求めた幹材積は、実測値に対して40年頃まではよく適合しているが、それ以後の老令においてやや過大な数値を示している。これに対して林令の函数関係より求めた幹材積のうち(34)式は40年以後において過小な数値を示し、(33)式を用いて求めた幹材積は、平均胸高

直径、平均樹高、ha当り主林木本数の3因子を用いて求めた幹材積より実測値に対する適合が良好である。ゆえにha当り幹材積は対数表示の(33)式であらわすことにした。

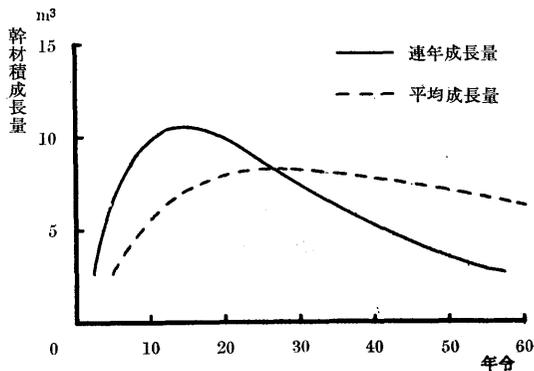
第33図 林令対 ha 当り幹材積

Fig. 33 Relation of Age to Main Tree-crop Volume per ha.



第34図 主林木幹材積成長量

Fig. 34 Relation of Age to Volume Growth of Main Tree-crop



(f) ha 当り幹材積成長量

ha当りの幹材積連年成長量は後期と前期の主林木幹材積の差を成長期間で除して求め、ha当りの幹材積平均成長量は各年令の主林木幹材積をその林令で除して算出した。主林木の幹材積成長量曲線を図示すれば第34図のとおりである。

- (2) 副林木
- (a) 平均樹高

副林木平均樹高は主林木平均樹高との函数関係より求めた。両者の関係を実測分布についてみると、一次

回帰と認められるので、最小自乗法により係数を決定すると次式が得られる。

$$y = -0.88 + 0.86x \dots\dots\dots (36)$$

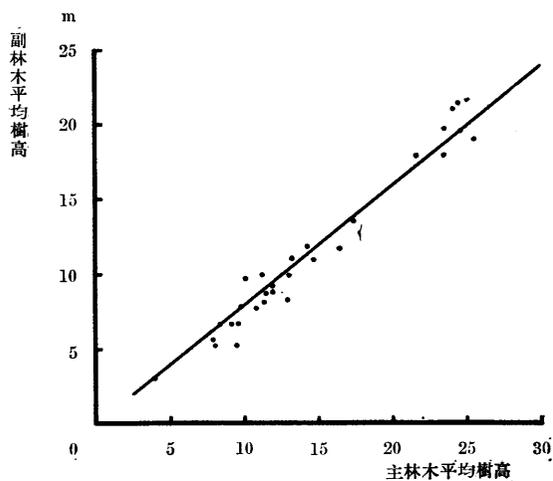
x: 主林木平均樹高 y: 副林木平均樹高

この式の実測値に対する適合は第35図に示すとおりである。

(36)式に各年令の主林木平均樹高を代入して対応する副林木平均樹高を算出し、林令の函數とした副林木平均樹高の実測分布に対する適合を検討したところ、第36図に示すようによい適合を示したので、これにより平均樹高を決定した。

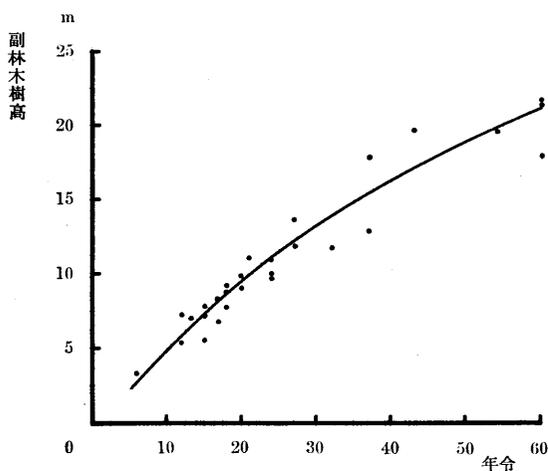
第35図 主林木平均樹高対副林木平均樹高

Fig. 35 Relation of Main Tree-crod Height to Dominated Crop Height



第36図 林令対副林木樹高

Fig. 36 Relation of Age to Dominated Crop Height



## (b) 平均胸高直径

副林平均胸高直径は主林木平均胸高直径との函数関係より求めた。両者の関係を実測分布についてみると、一次回帰と認められるので、最小自乗法を用いて係数を決定すると次式が得られる。

$$y = -0.16 + 0.67x \dots \dots \dots (37)$$

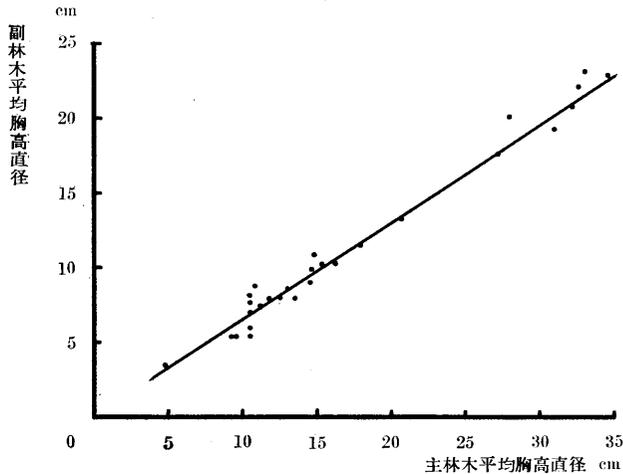
$x$ : 主林木平均胸高直径  $y$ : 副林木平均胸高直径

この式の実測値に対する適合は第37図に示すとおりである。

(37)式に各年令の主林木平均胸高直径を代入して対応する副林木平均胸高直径を算出し、林令の函数とした副林木平均胸高直径の実測分布に対する適合を検討したところ、第38図

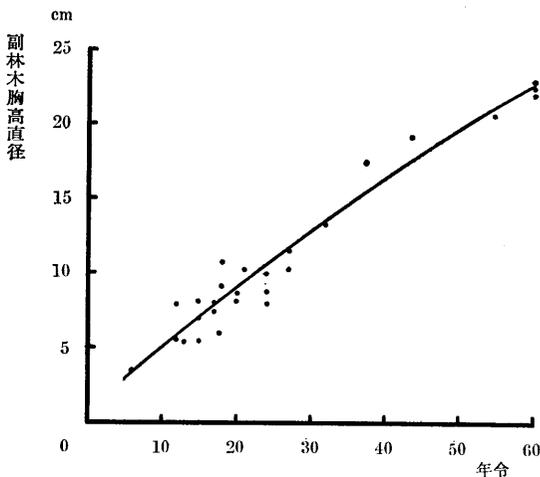
第37図 主林木平均胸高直径対副林木平均胸高直径

Fig. 37 Relation of Main Tree-crop D.B.H. to Dominated Crop D.B.H.



第38図 林令対副林木平均胸高直径

Fig. 38 Relation of Age to Dominated Crop D.B.H.



成長期間で除して求めた。

主副林木合計幹材積平均成長量(A)は、その年令の主林木幹材積とその年令までの副林木幹材積累計(その年令の副林木幹材積を加算する)との和(総収穫)を、その時の林令で除して求めた。

主副林木合計幹材積平均成長量(B)は、その年令の主副林木合計幹材積をその時の年令で除して求めた。主副林木合計幹材積成長量曲線を図示すれば第39図のとおりである。

幹材積成長率は LEIPNITZ式  $p = \left( \sqrt[n]{\frac{M}{m}} - 1 \right) \times 100$  を用いて算出した。

(c) その他の事項

副林木本数および幹材積の総林木のそれに対する比率、副林木幹材積累計の主林木幹材

に示すようによい適合を示したので、これにより平均胸高直径を決定した。

(c) ha当り本数

各標準地資料の示す副林木本数を直接統計的に処理して求める方法は、この場合不適當と認められるため、各年令ごとの主林木本数の差を後期の副林木本数とした。

(d) ha当り幹材積

さきに求めた平均樹高、平均胸高直径を用いて平均木幹材積を求め、これにha当り本数を乗じてha当り副林木幹材積を求めた。

(3) 主、副林木合計数値の決定

(a) 本数および幹材積

直接実測資料からは算出せず、いずれもすでに決定した主林木と副林木の合計を主副林木合計とした。

(b) 幹材積成長量および成長率

主副林木合計幹材積連年成長量は、後期の主副林木合計幹材積と前期の主林木幹材積との差を、その間の

第 11 表 芦北地方アカマツ林分材積収穫表

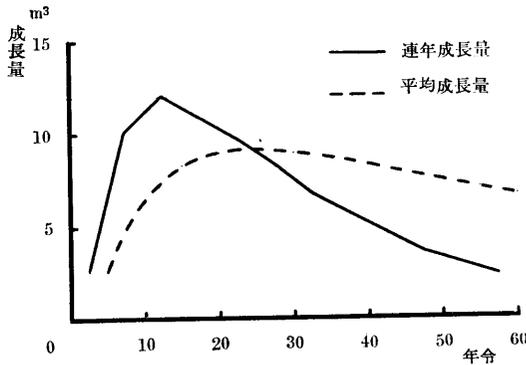
Tab. 11 Volume Yield Table of AKAMATSU in ASHIKITA District

(平均地位)

林 令	主 林 木						副 林 木				主 副 林 木 合 計						総 収 穫 量	林 令
	平 均		ha 当 り				平均 胸高 直径	ha 当 り			ha 当 り							
	胸 高 直径	樹 高	本 数	幹 材 積	幹 材 積 連 量	幹 材 積 平 量		本 数	樹 高	幹 材 積	本 数	幹 材 積	幹 材 積 連 量	幹 材 積 平 量		成 長 率		
														A	B			
cm	m		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	cm		m	m <sup>3</sup>		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup>		
5	3.7	3.3	4,194	13.0	2.60	2.60					4,194	13.0	2.60	2.60		13.0	5	
10	7.2	6.7	2,802	55.2	8.44	5.52	4.7	1,392	4.9	8.6	4,194	63.8	10.16	6.38	6.38	17.24	63.8	10
15	10.6	9.7	1,914	107.2	10.40	7.15	7.0	888	7.4	16.8	2,802	124.0	12.04	8.84	8.27	8.43	132.6	15
20	13.7	12.3	1,436	158.4	10.24	7.92	9.1	478	9.7	19.9	1,914	178.3	10.86	10.19	8.92	5.16	203.7	20
25	16.7	14.6	1,109	205.1	9.34	8.20	11.1	327	11.6	21.9	1,436	227.0	9.74	10.89	9.08	3.67	272.3	25
30	19.6	16.7	875	244.8	7.94	8.16	13.0	234	13.4	24.0	1,109	268.8	8.36	11.20	8.96	2.75	336.0	30
35	22.4	18.5	711	278.4	6.80	7.95	14.9	164	15.0	24.0	875	302.4	6.72	11.25	8.64	2.14	393.6	35
40	25.1	20.2	589	307.5	5.82	7.69	16.7	122	16.3	23.7	711	331.2	5.76	11.16	8.28	1.75	446.4	40
45	27.7	21.7	496	330.9	4.68	7.35	18.5	93	17.7	23.6	589	354.5	4.66	10.96	7.88	1.43	493.4	45
50	30.2	23.1	423	349.6	3.90	6.99	20.1	73	18.9	22.9	496	372.5	3.60	10.70	7.45	1.19	535.0	50
55	32.7	24.4	364	365.1	3.10	6.64	21.8	59	20.0	22.6	423	387.7	3.04	10.42	7.05	1.04	573.1	55
60	35.1	25.6	317	378.2	2.62	6.30	23.4	47	21.0	21.5	364	399.7	2.40	10.13	6.66	0.91	607.7	60

第39図 主副林木合計幹材積成長量

Fig. 39 Relation of Age to Volume Growth of Stand



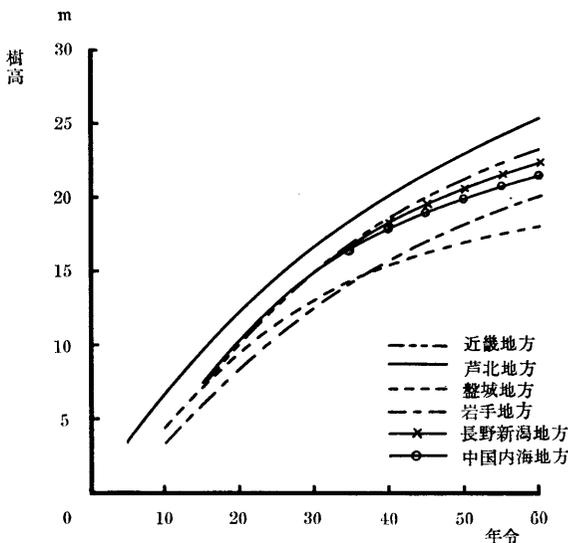
材積収穫表の特徴を明らかにしよう。

比較に用いた収穫表は、近畿、中国内海、磐城、岩手および長野新潟の各地方で調製されたアカマツ林分収穫表の平均地位を示すものである。しかしこれらの各収穫表は人工植栽によって成立した芦北地方の林分と異なり、いずれも天然生林を対象として調製されたものであり、また調製方法も必ずしも同一でない。したがって比較の対象としては人工植栽によるアカマツ林の収穫表がのぞましいが、わが国には従来人工アカマツ林の収穫表がほとんどないため、天然生アカマツ林の収穫表と対比することとした。

比較する要素は、主林木の平均樹高、平均直径、ha 当り本数、ha 当り胸高断面積、ha 当り幹材積ならびに間伐収穫と材積平均成長量最大の時期について行なった。

第40図 林令対主林木平均樹高曲線の比較

Fig. 40 Comparison of Mean Height Curve in Main Tree-crop



積および総収穫量に対する比率をそれぞれ求め、相当欄に記入した。

(4) 総括

以上述べた調製方法にしたがい計算した結果を一括して取纏めたのが第11表である。

4) 他の収穫表との比較

ここに調製した収穫表を、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比較検討することにより、芦北地方アカマツ林分

(1) 主林木平均樹高

地位の指標として用いられる主林木の平均樹高を比較してみると第40図に示すように、芦北地方は他のいずれの地方よりも明らかに樹高成長が良好である。すなわち幼時より上長成長が旺盛で後年に至っても成長が衰えていない。これは本地方の土地条件、気候条件等の環境が林木の生育に好適であることを示すものであろう。

(2) 主林木平均胸高直径

主林木平均胸高直径を比較したのが第41図であって平均樹高の場合と同様芦北地方は他のいずれの地方より大である。

胸高直径は、地位のほか立木本数の多少と密接な関係があるが、

芦北地方の林分は人工林であって立木本数が他の地方より少ないことも、直径成長が大きい一因と考えられる。

### (3) ha当り主林木本数

芦北地方の主林木本数は、第42図に示すように他のいずれの地方の本数よりも少ない。とくに幼令期において少なく、老令になるにともなってその差は小さくなっている。これは他の地方の収穫表が天然更新により成立した林分を対象としているのに対して、芦北地方は人工植栽により成立した林分であるという更新法の相違と、その後の施業法の差異によるところが大きいものと考えられる。

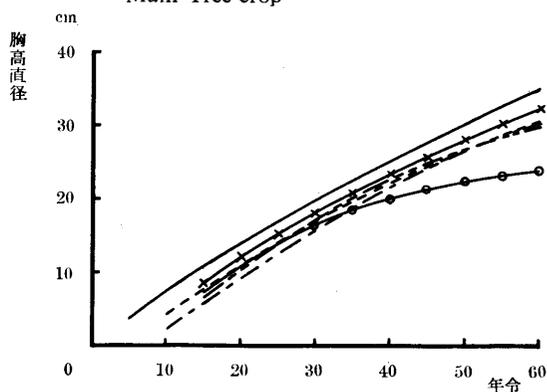
### (4) ha当り主林木胸高断面積

主林木胸高断面積について比較すると、第43図に示すように、芦北地方は幼令期においては他のいずれの地方より大であるが、壮令期以後は中間の数値を示している。芦北地方がとくに幼令期に大であることは、平均胸高直径の差異すなわち幼令期における旺盛な肥大成長に起因するものと思われる。

### (5) ha当り主林木幹材積

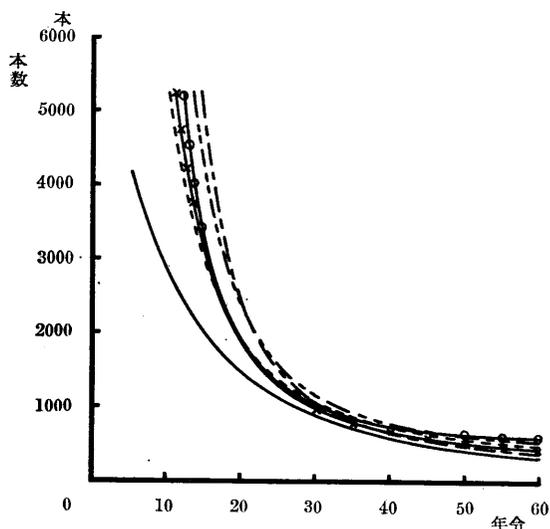
主林木幹材積を比較したのが第44図であって、芦北地方の幹材積は他のいずれの地方より大である。芦北地方は前述のようにha当り主林木本数が少なく胸高断面積にそれ程の差がないにもかかわらず幹材積が大であることは、単木幹材積が大であることを意味している。これは平均樹高、平均胸高直径において、芦北地方が他の

第41図 林令対主林木平均胸高直径曲線の比較  
Fig. 41 Comparison of Mean D.B.H. Curve in Main Tree-crop



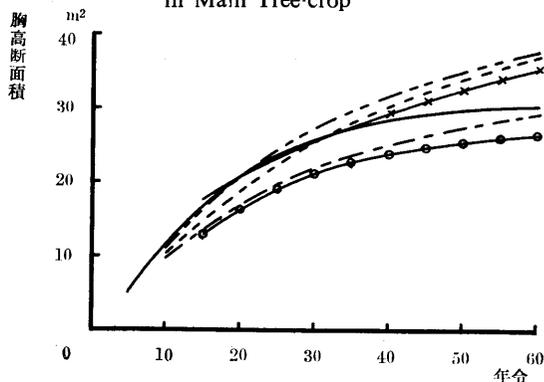
第42図 林令対主林木本数曲線の比較

Fig. 42 Comparison of Main Tree-crop Number Curve

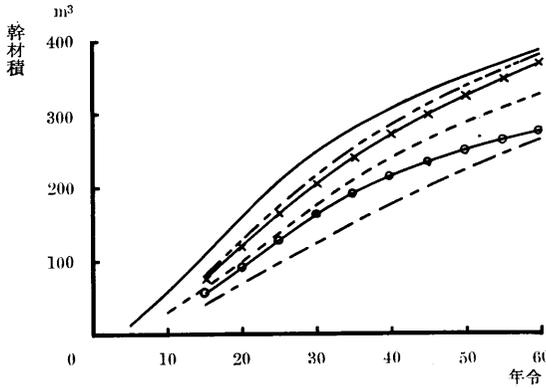


第43図 林令対主林木胸高断面積の比較

Fig. 43 Comparison of Basal Area Curve in Main Tree-crop



第44図 林令対主林木幹材積曲線の比較  
 Fig. 44 Comparison of Volume Curve in Main Tree-crop



地方と比較してとくに大きいことに起因するものである。

芦北地方の幹材積と他の地方の幹材積との差は、年令とともに増大して林令35年において最大となり、それ以後は次第にその差が小さくなる。これは芦北地方の林木が幼壮令期に旺盛な成長をすることを示し、その成長量は他の地方の1.2~1.5倍に達する。

(6) 間伐収穫

間伐収穫の程度を示す数値として副林木幹材積累計の総収穫量に対する比率を算出して比較したの

が第12表であって、芦北地方の比率は他の地方と大差なく、岩手地方を除けば大同小異の数値を示している。

第12表 間伐収穫量の比較  
 Tab. 12 Comparison of Thinnig Yield Percentage

林令	地方名	芦北	中国内海	近畿	磐城	長野・新潟	岩手
20		21.8 %	%	%	33.1 %	23.9 %	40.9 %
30		26.9	25	26	34.1	33.5	45.8
40		30.1	29	32	35.2	37.0	46.3
50		34.5	30	34	36.1	39.1	46.3
60		37.7	31	35	37.3	40.7	46.2

(7) 材積平均成長量最大の時期

総収穫材積の年平均が最大となる時期とその時期の成長量およびその時期までの総収穫量を比較したのが第13表である。

第13表 総収穫材積平均成長量の比較  
 Tab. 13 Comparison of Total Mean Annual Increment in Volume Yield

項目	地方名	芦北	中国内海	近畿	磐城	長野・新潟	岩手
総収穫平均成長量最大時期		35年	35年	40年	40年	40年	50年
最大平均成長		11.21 m³	7.59 m³	10.4 m³	9.16 m³	10.87 m³	8.30 m³
量最大時期までの総収穫量		393.6 m³	265.8 m³	414 m³	366.5 m³	434.7 m³	415 m³

芦北地方は他の地方に較べて最も早く総収穫材積の年平均成長量が最大に達し、その時期の成長量は11.21m³であって、他の地方の1.03~1.48倍である。また平均成長量が最大になるまでの期間は、芦北地方が最短期間であるにもかかわらず、その時期までの総収穫は、中国内海地方のものより著しく大きく、他の地方の数値とは大差がない。これは芦北地方の生産力が大きいことを示すものである。

## II 重 量

### i 資 料

#### 1) 資料の蒐集

林分の材積、重量ならびにそれらの成長量の関係を明らかにすることがこの場合の目的であるから、材積の場合と同一の標準地資料を用いた。

#### 2) 供試木の選定

各標準地の林令決定にあたって主副林木別に胸高断面積平均木を選び、これを標準木として伐倒したので、この標準木を重量測定用供試木とした。

#### 3) 供試片の抽出

各供試木の樹幹を地上 0.2m, 1.2m, 3.2m…… の正規樹幹析解法による区分長に切断し、各区分点より円盤を採り、各円盤につき互に直角の4方向に5年を1令階とする令階毎に供試片を採取し作製した。

#### 4) 測 定

前章とまったく同様の方法で全乾重量を測定し、これによって各林分の標準木の標準比重を算出し、これにもとづいて年令による変化を究明し、材積成長に対する重量成長の関係を調べることにした。

第14表 重量測定値

Tab. 14 Weight Measurement

番号	年令	主副別	皮付胸高直徑	皮内胸高直徑	樹高	皮付材積	皮内材積	重量	標準比重
			cm	cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	kg	g/cm <sup>3</sup>
1	17	主	11.4	10.67	10.50	0.0594	0.0525	23.807	0.453
2	16	副	6.3	5.99	7.40	0.0147	0.0133	7.130	0.536
3	6	主	4.3	4.10	3.90	0.0042	0.0037	1.518	0.410
4	54	副	25.4	25.04	21.80	0.6273	0.6125	327.103	0.534
5	33	副	13.1	12.96	13.70	0.0983	0.0928	48.431	0.522
6	14	主	6.5	6.24	7.90	0.0145	0.0133	6.330	0.476
7	24	主	13.6	13.11	16.25	0.1245	0.1165	59.588	0.511
8	15	主	8.6	8.19	7.50	0.0291	0.0251	12.421	0.495
9	56	主	36.2	34.38	23.80	0.9487	0.9091	517.247	0.569
10	27	主	19.6	18.05	20.45	0.2590	0.2415	116.802	0.483
11	18	主	10.1	9.47	11.85	0.0520	0.0473	24.602	0.473
12	15	主	9.8	9.34	9.05	0.0365	0.0298	13.527	0.454
13	42	主	29.2	28.41	26.10	0.7390	0.7101	372.905	0.525
14	6	主	6.0	5.55	5.50	0.0086	0.0075	2.895	0.386
15	32	主	19.1	18.56	18.00	0.2951	0.2831	154.125	0.544
16	22	主	16.9	16.46	17.50	0.2113	0.2007	103.338	0.515
17	37	主	25.9	24.84	19.25	0.5408	0.4743	264.544	0.558
18	35	副	17.7	16.64	17.10	0.2346	0.2076	106.706	0.514
19	43	主	30.3	29.42	21.55	0.7802	0.7242	379.781	0.549
20	43	副	18.7	17.53	19.00	0.2677	0.2466	141.329	0.573
21	61	主	35.2	34.04	25.60	1.1340	1.0491	549.091	0.523
22	59	副	24.1	23.12	21.50	0.4644	0.4316	228.916	0.530

各標準地における供試木の測定算出結果を示せば第14表のとおりである。

ii 標準比重

第14表の実測値にもとづき、年令の変化に対応する測定要素と標準比重の関係を考究する。

1) 年令との関係

(1) 主 林 木

各標準地の主林木について年令に対する標準比重の関係をグラフにしてみると、標準比重は年令の増加とともに増大するが、ある年令を越えると減少する傾向が認められる。したがって標準比重の年令に対する関係を示す実験式を求め、最小自乗法により係数を決定すると次式が得られる。

$$y = 0.357 + 0.0082x - 0.000085x^2 \dots \dots \dots (38)$$

x: 年令 y: 標準比重

すなわち標準比重は年令と二次式で示される関係にあって、第45図にみられるように実測値によく適合している。

(38)式によると、標準比重は年令の増加につれて増大し、48年において最大となり、以後年令の増加とともに漸減している。

(2) 副 林 木

主林木の場合と同様に実測値をグラフ上に打点してみると、副林木の標準比重は年令の増加による一定の傾向が認め難い。この点を明らかにするため、標準比重の年令に対する回帰式を計算してみると、年令を変数とするときその係数は統計的に有意ではない。したがって副林木の標準比重は、年令に関係なくほぼ一定と認められ、その平均値は0.529であらわされる。

また供試木による実測値からみると、30年以下の幼壮令林においては主林木標準比重の平均値は0.466であって、主林木の標準比重よりも副林木の標準比重の方が大きい。

2) 胸高直径との関係

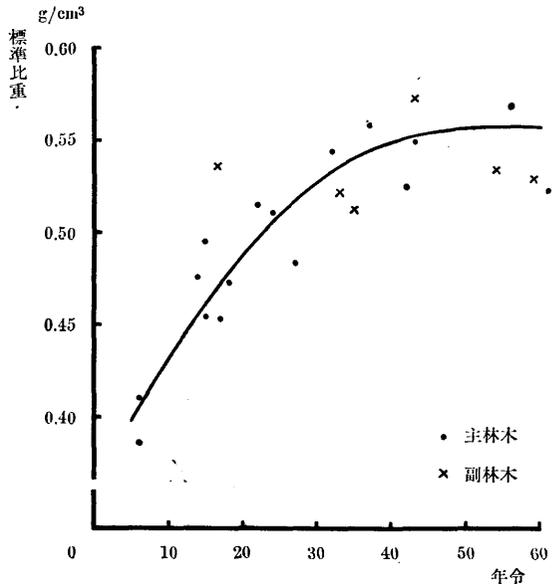
年令の増加にもなって林木の胸高直径は増大するものであるから、つぎに胸高直径と標準比重の関係を検討してみよう。

(1) 主 林 木

胸高直径に対応する標準比重の実測値をグラフにしてみると、胸高直径の増加につれて標準比重も増加する傾向がみられる。ゆえに標準比重の胸高直径に対する傾向線を示す回帰式としてつぎの二次式を用い、最

第45図 年 令 対 標 準 比 重

Fig. 45 Relation of Age to Mean Specific Gravity



小自乗法により係数を決定すると、次式が得られる。

$$y = 0.357 + 0.0132x - 0.000225x^2 \dots \dots \dots (39)$$

$x$ : 胸高直径  $y$ : 標準比重

この式は第46回にみられるように実測値とよく適合するので、標準比重は胸高直径の増加につれて一定の大きさまで増加し、両者の間には二次式で示される関係があるといえよう。すなわち(39)式によると胸高直径が 29.2cm までは標準比重は増加し、胸高直径がこれより大きくなると減少する。

## (2) 副林木

主林木の場合と同様に実測値をグラフにしてみると、その標準比重には一定の傾向が認められない。これを確かめるため回帰式を求めて検討したところ、胸高直径を変数とするときの係数は統計的に有意でない。したがって副林木の標準比重は胸高直径に関係なく一定とみられ、その平均値は 0.529 であらわされる。

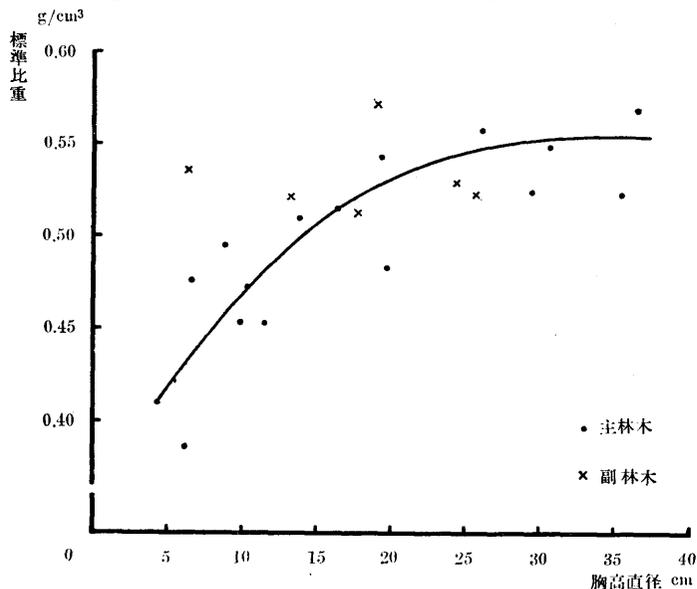
## 3) 樹高との関係

### (1) 主林木

樹高に対する標準比重の実測値をグラフにしてみると、樹高の増加にもなって標準比重も増大する傾向が認められる。両者の関係を示す回帰式としてつぎの二次式を用い最小自乗

第46図 胸高直径対標準比重

Fig. 46 Relation of D.B.H. to Mean Specific Gravity



法によりその係数を決定するとつぎのとおりである。

$$y = 0.340 + 0.016x - 0.00032x^2 \dots \dots \dots (40)$$

$x$ : 樹高  $y$ : 標準比重

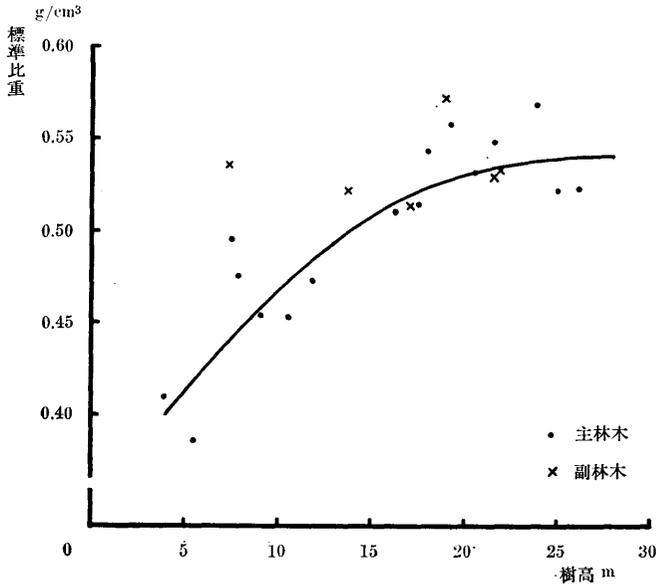
すなわち両者の間には二次式で示される関係が認められる。

## (2) 副林木

主林木の場合と同様に実測値をグラフにしてみると、その標準比重には一定の傾向が認められない。これを確かめるため回帰式を求めて検討したところ、樹高を変数とするとき

第47図 樹高対標準比重

Fig. 47 Relation of Height to Mean Specific Gravity



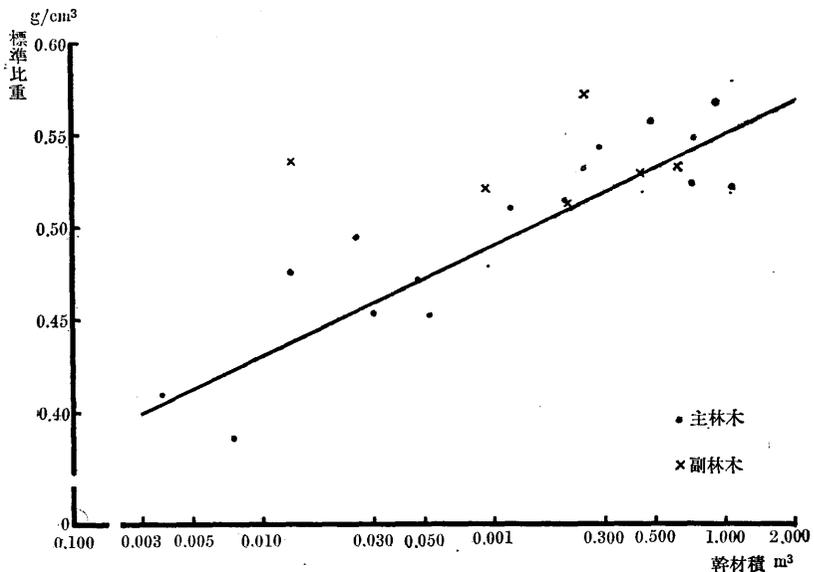
$$y = 0.313 + 0.0594 \log(10,000x) \dots \dots \dots (41)$$

$x$ : 幹材積  $y$ : 標準比重

二次の係数は統計的に有意と認められないので回帰式は一次式となり、標準比重は対数表示の幹材積の増加にもなって直線的に増加する。その関係を図示したのが第48図である。

第48図 幹材積対標準比重

Fig. 48 Relation of Volume to Mean Specific Gravity



の係数は統計的に有意でない。したがって副林木の標準比重は樹高に関係なく一定とみられ、その平均値は0.529であらわされる。

4) 幹材積との関係

(1) 主林木

幹材積に対する標準比重をグラフにしてみると幹材積の増加にもなって標準比重も増大する傾向が認められる。両者の関係を示す回帰式としてつぎの二次式を用い、最小自乗法により係数を決定すると、次式が得られる。

## (2) 副 林 木

主林木の場合と同様にグラフにしてみると、その標準比重には一定の傾向が認められない。これを確かめるため回帰式を求めて検討したところ、幹材積を変数とするときの係数は統計的に有意ではない。したがって副林木の標準比重は幹材積に関係なく一定とみられ、その平均値は0.529であらわされる。

5) 胸高平均比重と  
の 関 係

標準比重と胸高平均比重の関係をグラフに示したのが第49図であって、両者の間には相関係数0.972が示すように高い相関が認められる。これを回帰式で示すとつぎのとおりである。

$$y=0.111+0.7446x\cdots(42)$$

$x$ : 胸高平均比重

$y$ : 標準比重

したがって一斉同令林の場合と同様、年令を異にする林木についても、胸高平均比重を測定することによって標準比重を推定することが可能である。

## iii 単 木 重 量

前節において令級別標準の各因子に対する関係を検討したが、つぎには令級別単木重量の各因子に対する関係を検討することとする。

## 1) 年令との関係

## (1) 主 林 木

主林木の単木重量と年令の関係をグラフにしてみると、年令の増加につれて単木重量は激激な増加をしている。両者の関係を示す回帰式として一次式を用い、最小自乗法により係数を決定すると次式が得られる。

$$\log y = -1.8826 + 2.67324 \log x \cdots \cdots (43)$$

$x$ : 年令  $y$ : 単木重量

この式の実測値に対する適合は第50図に示すとおりであって、年令の増加にともなって単木重量も増加する。

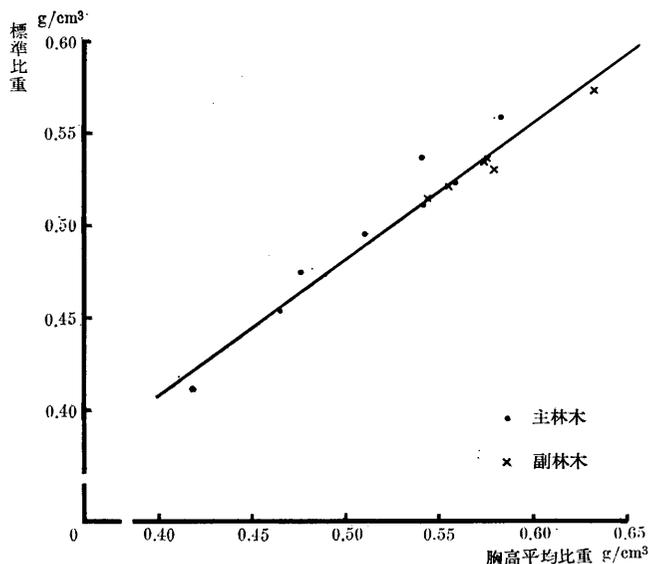
## (2) 副 林 木

主林木と同様にグラフにしてみると、副林木の単木重量は年令の増加とともに増加している。前と同様に一次式を回帰式として係数を計算すると次式が得られる。

$$\log y = -2.5862 + 2.88275 \log x \cdots \cdots (44)$$

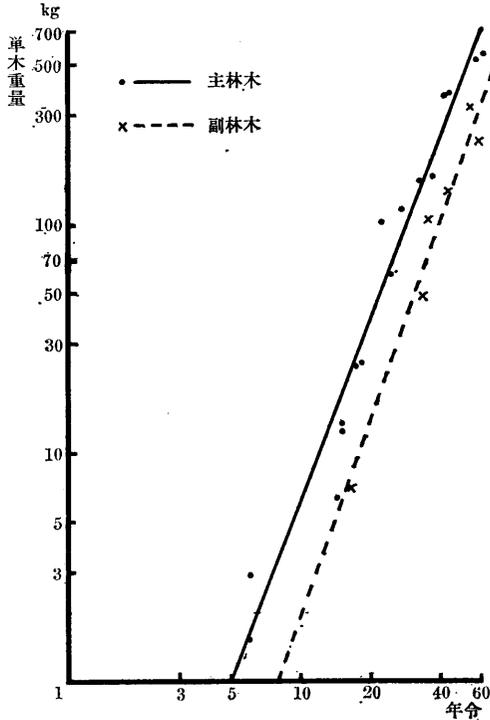
第49図 胸高平均比重対標準比重

Fig. 49 Relation of Average Specific Gravity at Breast Height to Mean Specific Gravity



第50図 年令対単木重量

(Fig. 50 Relation of Age to Tree Weight



x:年令 y:単木重量

主林木と副林木の回帰式について差の検定を共分散分析法<sup>6)</sup>により行なえば、第15表の共分散分析表に示すように、回帰係数間に差は認められず修正平均値間のみ差が認められる。すなわち主林木重量の年令に対する回帰式を副林木のそれと比較すると、年令の変化に対する重量の変化状態は差がないが、平均値に差が認められ、同一年令でも単木重量は林木の優劣によって異なるものである。

2) 胸高直径との関係

(1) 主林木

主林木の単木重量と胸高直径との関係をグラフにしてみると、胸高直径の増加にもなって単木重量は急激に増加している。両者の関係をあらわす回帰式として一次式を用い、最小自乗法により係数を決定すると

次式が得られる。

$$\log y = -1.5588 + 2.81817 \log x \dots\dots\dots(45)$$

x: 胸高直径 y: 単木重量

第15表 共分散分析表

Tab. 15 Covariance Analysis

要 因	平方和	自由度	平均平方	分散比
全 体	1.07760859	20		
修正平均値	0.55941478	1	0.55941478	20.55**
共通	0.51819381	19	0.02722073	
回帰係数	0.00791717	1	0.00791717	non. sig.
回帰内	0.51027664	18	0.02834870	

この式の実測値に対する適合は第51図に示すとおりであって、対数表示の単木重量と胸高直径との間には一次式であらわしうる関係があって、胸高直径の増加とともに単木重量は急激に増大している。

(2) 副林木

主林木の場合と同様に実測値をグラフにしてみると、副林木重量も主林木重量とほぼ同じ関係が認められる。ゆえに同じ一次式を回帰式として用い、係数を計算すると次式が得られる。

$$\log y = -1.2976 + 2.68256 \log x \dots (46)$$

x: 胸高直径 y: 単木重量

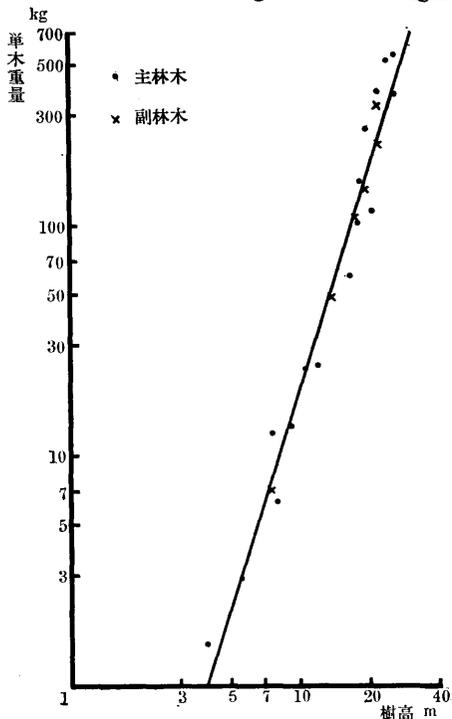
主林木重量と副林木重量の胸高直径に対する回帰式の差の検定を、前と同様に共分散分析法を用いて行なえば、第16表に示すように、回帰係数間に差は認められず修正平均値にのみ差が認められる。すなわち林木の重量の胸高直径に対する増加率は、主林木と副林木の間に差は認められないが、同一胸高直径の場合でも主林木と副林木という林木の優劣によって単木重量は異なるものである。

第16表 共分散分析表  
Tab. 16 Covariance Analysis

要因	平方和	自由度	平均平方	分散比
全体	0.17728337	20		
修正平均値	0.04267822	1	0.04267822	6.02**
共通	0.13461055	19	0.00708477	
回帰係数	0.00383647	1	0.00383647	non.sig.
回帰内	0.13077408	18	0.00726523	

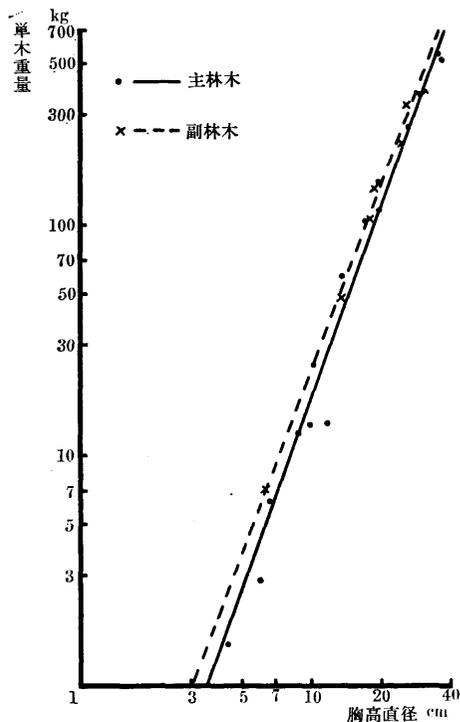
第52図 樹高対単木重量

Fig. 52 Relation of Height to Tree Weight



第51図 胸高直径対単木重量

Fig. 51 Relation of D.B.H. to Tree Weight



### 3) 樹高との関係

#### (1) 主林木

主林木重量と樹高との関係をグラフにしてみると、樹高の増大にともなって単木重量も増加している。両者の関係を示す回帰式として一次式を用い、係数を計算すると次式が得られる。

$$\log y = -1.8760 + 3.19517 \log x \dots (47)$$

x: 樹高 y: 単木重量

上式の実測値にする適合を示したのが第52図である。

#### (2) 副林木

主林木の場合と同様に実測値をグラフにしてみると、主林木と同様の関係が認められる。ゆえに両者の関係を示す回帰式として一次式を用い、係数を計算すると次式が得られる。

$$\log y = -2.1035 + 3.36814 \log x \dots (48)$$

x: 樹高 y: 単木重量

主林木および副林木重量の樹高に対する回帰式について差の検定を共分散分析法を用いて行なえば、第17表に示すように主副林木間には回帰係数、修正平均値のいずれにも有意な差が認められない。ゆえに単木重量の樹高に対する回帰式は、主副林木を含めて次式で示される。

$$\log y = -1.9024 + 3.21339 \log x \dots\dots\dots(49)$$

$x$ : 樹高  $y$ : 単木重量

第17表 共分散分析表

Tab. 17 Covariance Analysis

要 因	平方和	自由度	平均平方	分散比
全 体	0.39203165	20		
修正平均値	0.00208378	1	0.00208378	non.sig.
共通	0.38994787	19	0.02052357	
回帰係数	0.00404617	1	0.00404617	non.sig.
回帰内	0.38590170	18	0.02143898	

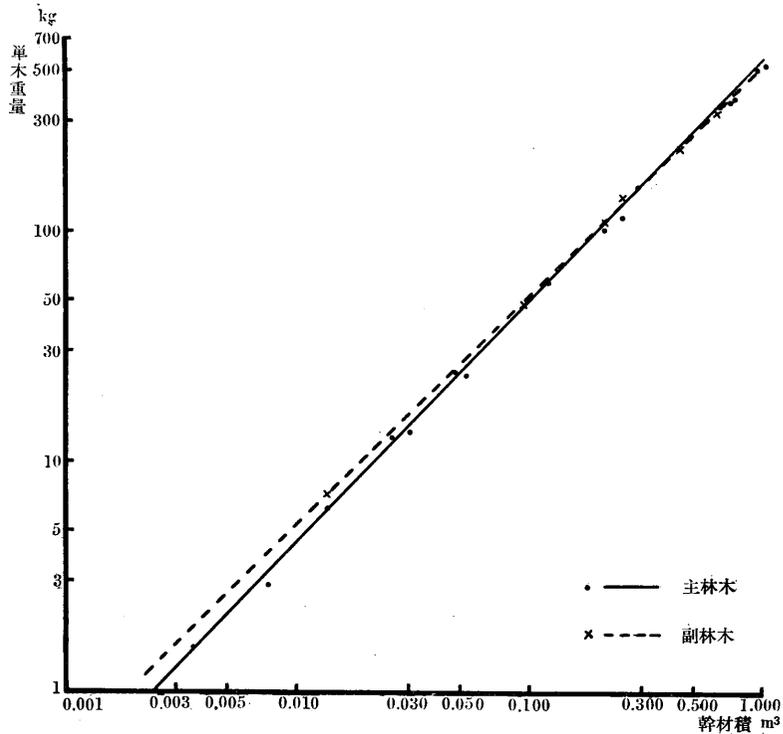
4) 幹材積との関係

(1) 主林木

主林木重量と幹材積との関係をグラフにしてみると、その対数値に直線関係が認めら

第53図 幹材積対単木重量

Fig. 53 Relation of Volume to Tree Weight



れる。両者の関係はきわめて高く、相関係数は0.999である。この関係を示す回帰式として一次式を用い、係数を計算すると次式が得られる。

$$\log y = -1.4731 + 1.0549 \log(10,000x) \dots \dots \dots (50)$$

$x$ : 幹材積  $y$ : 単木重量

この式は第53図に示すように、実測値に対してよく適合する。

## (2) 副林木

主林木と同様にグラフにしてみると、主林木とほとんど同一の関係にある。ゆえに両者の関係を示す回帰式として前と同じ一次式を用い、係数を計算すると次式が得られる。

$$\log y = -1.2911 + 1.0063 \log(10,000x) \dots \dots \dots (51)$$

$x$ : 幹材積  $y$ : 単木重量

主林木および副林木重量の幹材積に対する回帰式について差の検定を共分散分析法により行なえば、第18表に示すように回帰係数、修正平均値のいずれにも有意な差が認められる。ゆえに単木重量の幹材積に対する回帰式は、主副林木によって異なるといわねばならない。

第18表 共分散分析表

Tab. 18 Covariance Analysis

要 因	平 方 和	自 由 度	平 均 平 方	分 散 比
全 体	0.01968404	20		
修 正 平 均 値	0.00533207	1	0.00533207	7.06**
共 通	0.01435197	19	0.00075537	
回 帰 係 数	0.00494335	1	0.00494335	9.46**
回 帰 内	0.00940862	18	0.00052270	

## iv 樹皮比重

第2表に示す重量測定用供試木のうち、直径級を異にする林木10本を選び出し、各林木の根元および胸高部位の円盤の樹皮部より供試片2個を作製した。これを木材部の場合と同様にして比重を測定し、その円盤の樹皮比重とした。その測定値は第19表に示すとおりである。

第19表 樹皮比重測定値

Tab. 19 Specific Gravity Measurement of Bark

直径(cm) \ 位置(m)	24.2	29.9	12.5	17.5	13.6	23.0	31.3	26.8	29.2	6.0
0.2	0.32	0.35	0.39	0.31	0.29	0.38	0.40	0.34	0.30	0.34
1.2	0.27	0.35	0.39	0.38	0.33	0.37	0.32	0.37	0.29	0.36

測定した樹皮比重について、直径級と樹幹上の位置を要因とする二元配置法により検討すれば、第20表に示すように直径級および位置による変化はいずれにも有意差は認められない。

つぎに第14表に示す重量測定用供試木のうち、年令を異にする主林木3本を選び出し、各林木の円盤の樹皮比重を前と同様にして測定した。その測定値は第21表に示すとおりである。

第20表 分散分析表

Tab. 20 Analysis of Variance

要 因	平方和	自由度	平均平方	分散比
直 径	0.0190	9	0.0021	non.sig.
位 置	0.0006	1	0.0006	non.sig.
誤 差	0.0084	9	0.0009	
合 計	0.0280	19		

第21表 樹皮比重測定値

Tab. 21 Specific Gravity Measurement of Bark

年令 \ 位置(m)	0.2	1.2	3.2	5.2	7.2	9.2	11.2
37	0.34	0.31	0.35	0.37	0.44	0.39	0.40
43	0.38	0.38	0.34	0.40	0.44	0.50	0.44
61	0.42	0.44	0.38	0.37	0.40	0.42	0.43

算出した樹皮比重について、年令と樹幹上の位置を要因とする二元配置法により検討すれば、第22表に示すように年令および位置のいずれにも有意差が認められない。

第22表 分散分析表

Tab. 22 Analysis of Variance

要 因	平方和	自由度	平均平方	分散比
位 置	0.0174	6	0.0029	non.sig.
年 令	0.0071	2	0.0036	non.sig.
誤 差	0.0183	11	0.0017	
合 計	0.0428	19		

以上のように、樹皮比重は供試木の年令、樹幹上の位置および同一林分内における直径のいずれの変化に対しても無関係であると認められるので、全測定値の算術平均0.38g/cm<sup>3</sup>樹皮比重とすることにした。

#### v 林分重量収穫表の調製

林分材積収穫表に前記の各因子に対する関係を適用して林分重量収穫表の調製を試みる。

##### 1) 樹皮率

前章の第13表に示した林分材積収穫表の材積数値は樹皮を含む材積である。しかるに重量測定は樹皮内幹材積について測定したので、樹皮率を検討して樹皮内幹材積と樹皮材積に区分する必要がある。

重量の測定を行なった供試木について樹皮率と胸高直径の関係をグラフにしてみると、樹皮率は胸高直径の増加とともに漸減している。両者の関係を示す回帰式としてつぎに示す式を用い最小自乗法により係数を計算すると、次式が得られる。

$$y = 5.5 + 37.58 \frac{1}{x} \dots \dots \dots (52)$$

x: 胸高直径 y: 樹皮率

この式の実測値に対する適合を示したのが第54図であって、胸高直径の増加とともに樹皮率は漸減して一定値に漸近する。

2) 林分重量収穫表

林分の幹材積は樹皮内材積と樹皮材積を含み、樹皮材積の割合は胸高直径との間に(52)式で示される関係がある。この式を用いて材積収穫表の主副林木材積それぞれについて樹皮内材積と樹皮材積に区分する。

主林木の樹皮内材積に対しては、先に求めた標準比重と年令の関係を示す(38)式を利用して、該当する年令に対応する主林木の標準比重を算出し、これに主林木の樹皮内材積を乗じて主林木重量を求める。

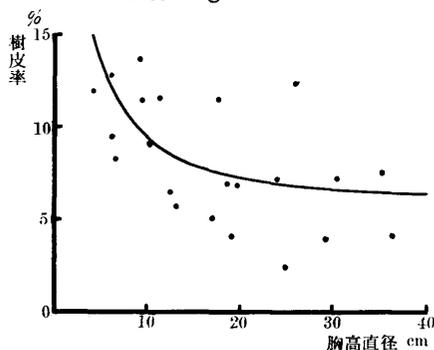
副林木については標準比重は年令による変化がなく一定であるから、この標準比重に副林木の樹皮内材積を乗じて副林木重量を求める。

樹皮部分については先に求めた樹皮比重  $0.38\text{g/cm}^3$  を用いてそれぞれの樹皮材積に乘以て樹皮重量を算出し、樹皮内重量に加算すれば主林木材積、副林木材積に対応する主林木重量、副林木重量が求められる。

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求められる。その結果を一括して表に示せば第23表のとおりである。

第54図 胸高直径対樹皮率

Fig. 54 Relation of D.B.H. to Bark Percentage



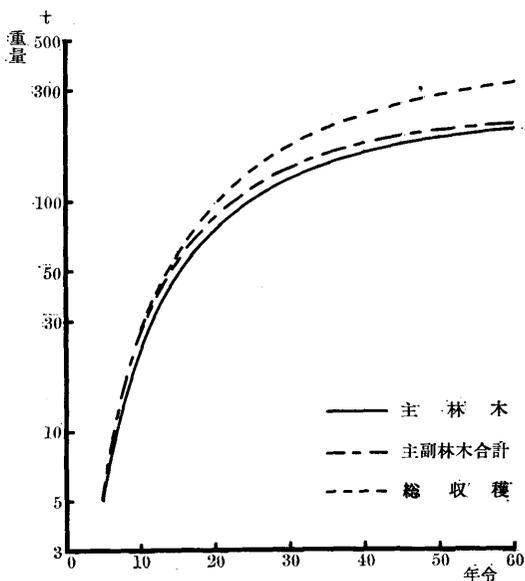
第 23 表 芦北地方アカマツ林分重量収穫表

Tab. 23 Weight Yield Table of AKAMATSU in ASHIKITA District (平均地位)

林令	主 林 木 (ha当り)					主 副 林 木 合 計 (ha当り)					総 收 穫 (ha当り)		林令
	本数	幹材積	重量	連年平 成長量	均成長量	本数	幹材積	重量	連年平 成長量	均成長量	重量	年平均	
		m <sup>3</sup>	t	t	t		m <sup>3</sup>	t	t	t	t	t	
5	4,194	13.0	5.1	1.02	4,194	13.0	5.1	4.54	1.02	5.1	1.02	5	
10	2,802	55.2	23.4	2.34	4,194	63.8	27.8	5.88	2.78	27.8	2.78	10	
15	1,914	107.2	48.6	3.24	2,802	124.0	57.2	5.72	3.81	61.6	4.11	15	
20	1,436	158.4	75.6	3.78	1,914	178.3	85.8	5.56	4.29	98.8	4.94	20	
25	1,109	205.1	102.3	4.09	1,436	227.0	113.6	4.98	4.54	136.8	5.47	25	
30	875	244.8	126.1	4.20	1,109	268.8	138.5	4.20	4.62	173.0	5.77	30	
35	711	278.4	147.1	4.20	875	302.4	159.5	3.60	4.56	206.4	5.90	35	
40	589	307.5	165.1	4.13	711	331.2	177.5	2.82	4.44	236.8	5.92	40	
45	496	330.9	179.4	3.99	589	354.5	191.6	1.98	4.26	263.2	5.85	45	
50	423	349.6	189.6	3.79	496	372.5	201.5	1.46	4.03	285.3	5.71	50	
55	364	365.1	197.1	3.58	423	387.7	208.8	0.76	3.80	304.5	5.54	55	
60	317	378.1	201.4	3.36	364	399.7	212.6		3.54	320.0	5.33	60	

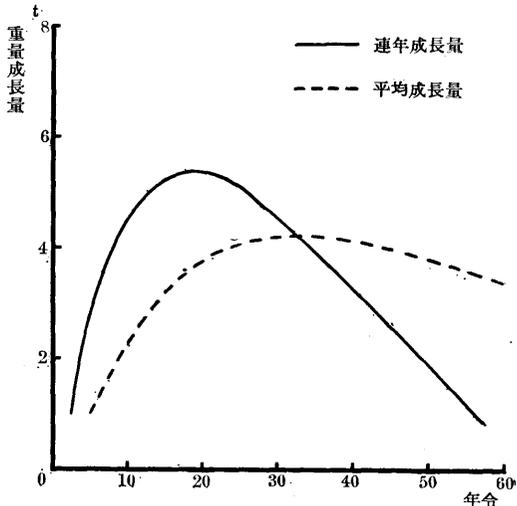
第55図 重量総成長曲線

Fig. 55 Weight Total Growth Curve



第56図 主林木重量成長量曲線

Fig. 56 Weight Growth in Main Tree crop



この図にみられるように、主副林木合計重量の連年成長量も年令の増加とともに増加し、10~15年において連年成長量が最大に達し、それ以後は減少する。また主副林木合計重量の平均成長量は年令とともに増加し、30年で連年成長量と一致して重量平均成長量は最大に達し、それ以後は徐々に減少している。

(c) 総収穫

アカマツ林分重量の年平均総収穫量を示したのが第58図であって、その最大は40年であ

3) 林分重量収穫表の検討

調製したアカマツ林分重量収穫表により、主林木重量成長、主副林木合計重量成長および重量総収穫とそれぞれの成長量について検討すればつぎのとおりである。

(1) 重量総成長

主林木、主副林木合計、総収穫それぞれの重量総成長を示したのが第55図であって、主林木は25年で100t、60年で200tに成長する。総収穫は主林木とその年令までの副林木の累計との合計で、主林木との差は年令の増加とともに増加し、20年で100t、35年で200t、55年で300tに達している。

(2) 成長量

(a) 主林木

主林木の重量成長量をさきに示した主林木重量総成長より算出して示したのが第56図である。

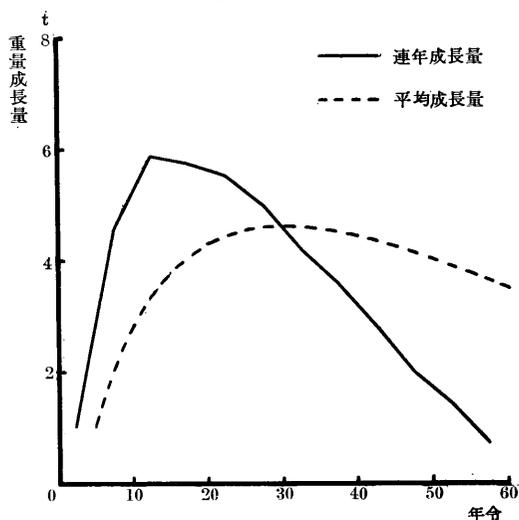
主林木重量の連年成長量は年令の増加ともなって急速に増加し、15~20年において最大に達し、それ以後は年令の増加とともに減少している。また平均成長量は年令の増加にしたがって増加し、30~35年において最大であって連年成長量と一致し、それ以後は徐々に減少している。

(b) 主副林木合計

主林木の場合と同様に算出して主副林木合計の重量成長量を示したのが第57図である。

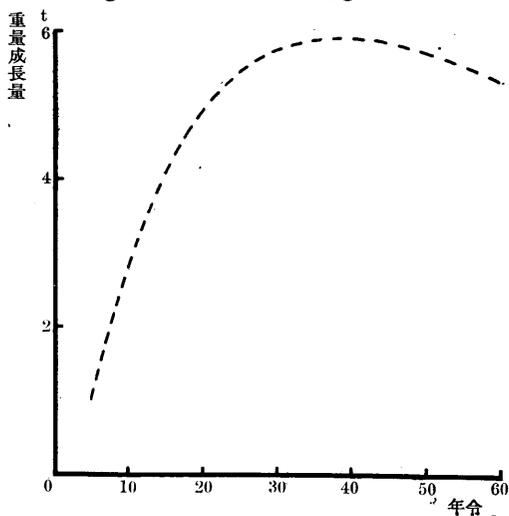
第57図 主副林木合計重量成長量曲線

Fig. 57 Weight Growth in Stand



第58図 重量総収穫年平均曲線

Fig. 58 Mean Total Weight Yield



## 4) 測 定

前章とまったく同様の方法で燃焼熱量を測定し、これにより各林分の標準木の標準熱量を算出し、これにもとづいて年令による標準熱量の変化を究明して材積成長、重量成長に対する熱量成長の関係を調べることにした。

各標準地における供試木の測定算出結果を示せば第24表のとおりである。

これを主林木重量および主副林木合計重量の平均成長量最大の年令と比較すれば、5～10年おくらせて年平均の重量総収穫は最大に達し、その値は前者の1.28～1.41倍を示している。

## III 熱 量

## i 資 料

## 1) 資料の蒐集

林分の材積、重量、熱量の関係ならびにそれらの成長量相互の関係を明らかにすることが目的であるから材積、重量の場合と同一の標準地資料を用いた。

## 2) 供試木の選定

各標準地の林令決定にあたって主副林木別に胸高断面平均木を選びこれを標準木として伐倒して重量測定用供試木としているので、この標準木を熱量測定用供試木とした。

## 3) 供試粉の抽出

各供試木の樹幹を地上0.2m, 1.2m, 3.2m, ……の正規樹幹析解法による区分長に切断し、各区分点より円盤を採り、各円盤につき10年を1令階とする令階毎に、60 meshの篩を通過する木粉を作製し供試粉とした。

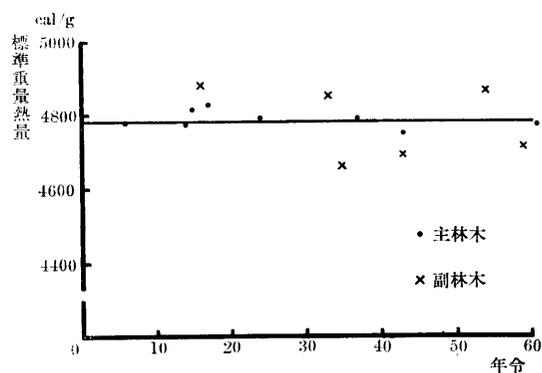
第24表 熱量測定値

Tab. 24 Calory Measurement

番号	年令	主副別	皮付胸	皮内胸	樹高	皮付幹材積	皮内幹材積	熱量	標準容積熱量	標準重量熱量
			高直径	高直径		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>		cal/cm <sup>3</sup>	cal/cm <sup>3</sup>
			cm	cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	kCal	cal/cm <sup>3</sup>	cal/cm <sup>3</sup>
1	17	主	11.4	10.67	10.50	0.0594	0.0525	114.9	2,188	4,826
2	16	副	6.3	5.99	7.40	0.0147	0.0133	34.8	2,617	4,881
3	6	主	4.3	4.10	3.90	0.0042	0.0037	7.3	1,962	4,782
4	54	副	25.4	25.04	21.80	0.6273	0.6125	1,591.9	2,599	4,867
5	33	副	13.1	12.96	13.70	0.0983	0.0928	234.9	2,532	4,851
6	14	主	6.5	6.24	7.90	0.0145	0.0133	30.2	2,272	4,773
7	24	主	13.6	13.11	16.30	0.1245	0.1165	285.5	2,450	4,790
8	15	主	8.6	8.19	7.50	0.0291	0.0251	59.8	2,383	4,815
9	37	主	25.9	24.84	19.30	0.5408	0.4743	1,267.0	2,671	4,789
10	35	副	17.7	16.64	17.10	0.2346	0.2076	512.7	2,469	4,659
11	43	主	30.3	29.42	21.60	0.7802	0.7242	1,889.5	2,609	4,750
12	43	副	18.7	17.53	19.00	0.2677	0.2466	663.3	2,690	4,693
13	61	主	35.2	34.04	25.60	1.1340	1.0491	2,620.1	2,497	4,772
14	59	副	24.1	23.12	21.50	0.4644	0.4316	1,078.8	2,500	4,713

第59図 年令対標準重量熱量

Fig. 59 Relation of Age to Mean Gravimetric Calory



ii 標準熱量

1) 標準重量熱量

年令を異にする各林分からの供試木の標準重量熱量は、因子の変化に関係がなく、測定値が示すようにほぼ一定である。その値は 4782 cal/g であって、さきの同令単純林の径級別標準重量熱量の場合と一致している。1例として年令との関係について示せば第59図のとおりである。

2) 標準容積熱量

標準重量熱量が一定で変化が認められないに反して、標準容積熱量の場合は林分構成因子の変化に対してかなり変化が認められる。

(1) 年令との関係

(a) 主林木

主林木の標準容積熱量と年令の関係をグラフにしてみると、標準容積熱量は年令とともに増加している。年令に対する回帰式を二次式を用い最小自乗法により係数を決定すると次式が得られる。

$$y = 1738 + 41.707x - 0.474657x^2 \dots \dots \dots (53)$$

x: 年令 y: 標準容積熱量

この式の実測値に対する適合は第60図に示すとおりで、標準容積熱量は年令と二次式で表示しうる関係にある。すなわち(53)式によると年令の増加にもなって標準容積熱量も

増加し、44年で最高に達し以後減少している。

(b) 副林木

副林木の標準容積熱量は主林木の場合と異なり、年令の変化に対する関係が認められずほぼ一定であってその平均値は 2568cal/cm<sup>3</sup>である。また幼令林においては副林木の標準容積熱量が主林木のそれより大きく、30年で両者はほぼ一致する。この関係は標準比重と年令の関係と同様である。

(2) 胸高直径との関係

(a) 主林木

胸高直径との関係をグラフにしてみると、標準容積熱量は胸高直径の増加とともに増加している。この関係を示す回帰式として二次式を用い最小自乗法により係数を決定すると次式が得られる。

$$y = 1786 + 69.006x - 1.401326x^2 \dots \dots \dots (54)$$

x: 胸高直径 y: 標準容積熱量

この式の実測値に対する適合は第61図に示すとおりであって、標準容積熱量は胸高直径と二次式で表示しうる関係にあると認められる。すなわち(54)式によると、胸高直径の増加とともに標準容積熱量も増加し、胸高直径 24.6cm で最大になり、胸高直径がこれ以上大きくなると減少している。

(b) 副林木

主林木と同様にグラフにしてみると、標準容積熱量は胸高直径の変化に対して関係が認められずほぼ一定である。

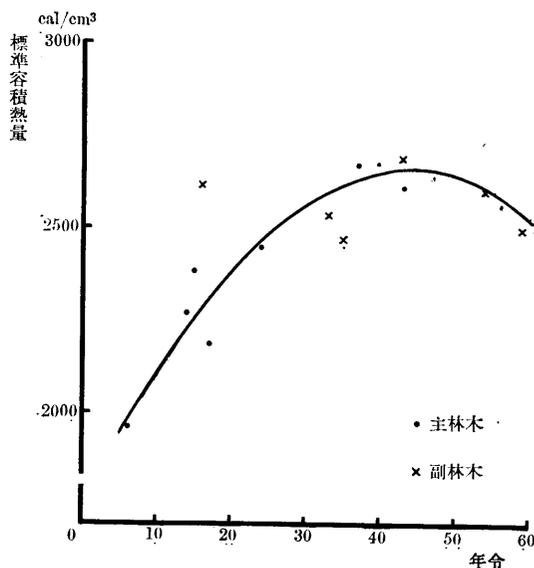
(3) 樹高との関係

(a) 主林木

樹高との関係をグラフにしてみると、樹高の増加とともに標準容積熱量も増加してい

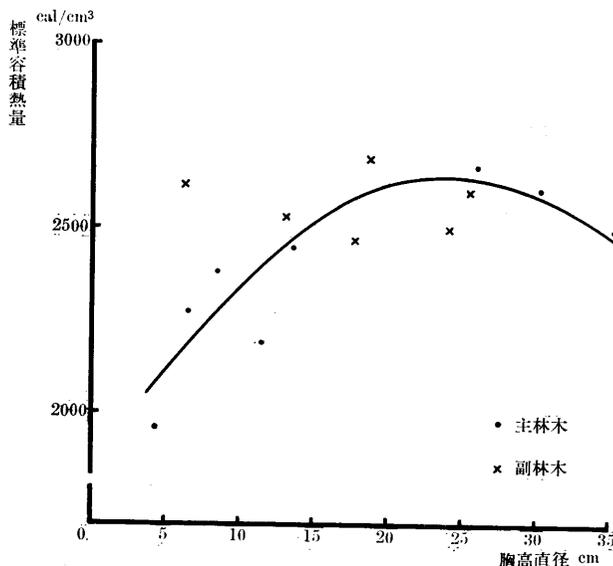
第60図 年令対標準容積熱量

Fig. 60 Relation of Age to Mean Volumetric Calory



第61図 胸高直径対標準容積熱量

Fig. 61 Relation of D.B.H. to Mean Volumetric Calory



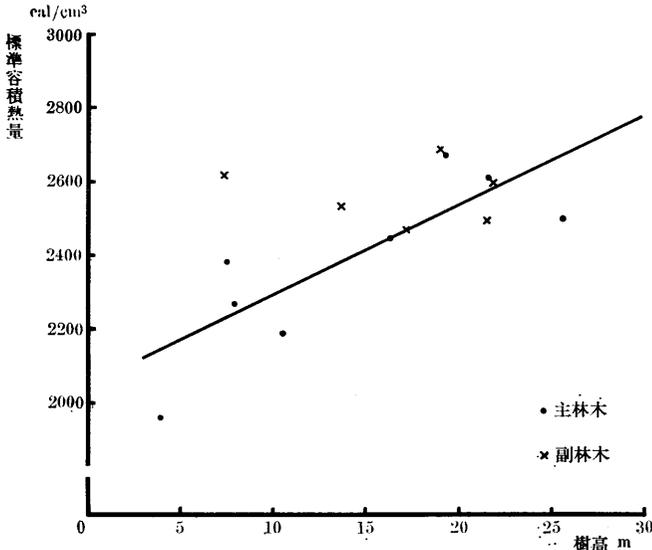
る。この関係を示す回帰式として二次式を用い、最小自乗法により係数を決定すると次式が得られる。

$$y = 2032 + 24.66x \dots \dots \dots (55)$$

$x$ : 樹高  $y$ : 標準容積熱量

第62図 樹高対標準容積熱量

Fig. 62 Relation of Height to Mean Volumetric Calory



すなわち樹高の二次の項の係数は統計的に有意でなく、この式の実測値に対する適合は第62図に示すとおりである。標準容積熱量は樹高と一次式で表示しうる関係にあると認められる。

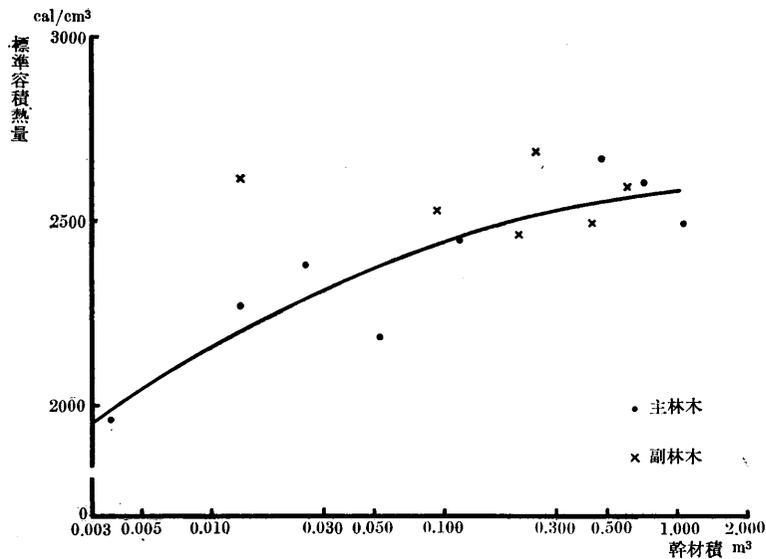
(b) 副林木

主林木と同様にグラフにしてみると、副林木の標準容積熱量は年令、胸高直径の場合と同様にほぼ一定であって、樹高の変化に無関係と認められる。

(4) 幹材積との関係

第63図 幹材積対標準容積熱量

Fig. 63 Relation of Volume to Mean Volumetric Calory



(a) 主 林 木

幹材積との関係をグラフにしてみると、標準容積熱量は幹材積の増加とともに増加している。その関係を示す回帰式として二次式を用い、最小自乗法により係数を決定すれば次式が得られる。

$$y = 1156 + 646.7 \log(10,000x) - 72.46 \{\log(10,000x)\}^2 \dots \dots \dots (56)$$

$x$ : 幹材積  $y$ : 標準容積熱量

この式の実測値に対する適合は第63図に示すとおりであって、標準容積熱量は幹材積の対数と二次式で表示しうる関係にあると認められる。

(b) 副 林 木

副林木の標準容積熱量は、年令、胸高直径、樹高の場合と同様に幹材積の大小に関係なく、ほぼ一定である。

(5) 胸高平均比重との関係

(a) 主 林 木

胸高平均比重との関係をグラフにしてみると、標準容積熱量は胸高平均比重の増加とともに増加している。この関係を示す回帰式として二次式を用い、最小自乗法により係数を決定すると次式が得られる。

$$y = -2166 + 14215x - 10356x^2 \dots \dots \dots (57)$$

$x$ : 胸高平均比重  $y$ : 標準容積熱量

この式の実測値に対する適合は第64図に示すとおりであって、標準容積熱量は胸高平均比重と二次式で表示しうる関係にある。

(b) 副 林 木

副林木の標準容積熱量は胸高平均比重の大きさに無関係で、ほぼ一定と認められる。

(6) 標準比重との関係

(a) 主 林 木

標準比重との関係をグラフにしてみると、標準容積熱量は標準比重の増加とともに増加している。その関係を示す回帰式として二次式を用い、最小自乗法により係数を決定すると次式が得られる。

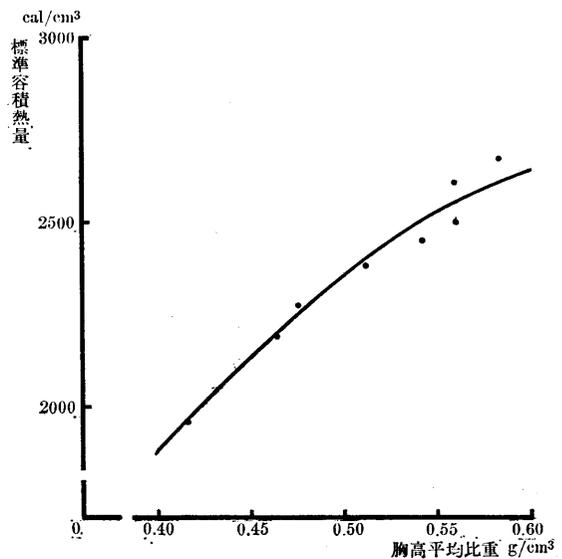
$$y = 52 + 4682x \dots \dots \dots (58)$$

$x$ : 標準比重  $y$ : 標準容積熱量

すなわち標準比重の二次の項の係数は統計的に有意でなく、(58)式の実測値に対する適合は第65図に示すとおりであって、標準容積熱量は標準比重と一次式で示される関係にある。

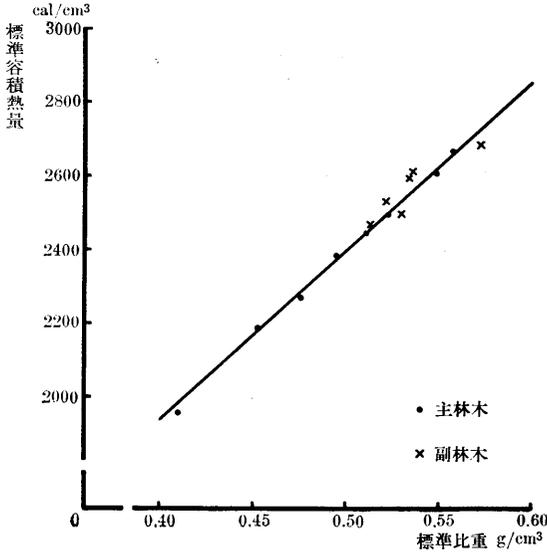
第64図 胸高平均比重対標準容積熱量

Fig. 64 Relation of Average Specific Gravity at Breast Height to Mean Volumetric Calory



第65図 標準比重対標準容積熱量

Fig. 65 Relation of Mean Specific Gravity to Mean Volumetric Calory



(b) 副林木

副林木の標準容積熱量をグラフに示すと、標準比重の増加とともに増加している。その関係を示す回帰式として二次式を用い、最小自乗法により係数を決定すると次式が得られる。

$$y = 630 + 3624x \dots\dots (59)$$

x: 標準比重

y: 標準容積熱量

すなわち回帰式の二次の項の係数は統計的に有意でなく、(59)式の実測値に対する適合は第65図に示すとおりで、標準容積熱量は標準比重に対して一次式で表示しうる関係にある。

つぎに主副林木別の標準容積熱量の標準比重に対する回帰式の差の検

定を共分散分析法により行なえば、第25表に示すように回帰係数および修正平均値のいずれにも有意な差は認められない。ゆえに標準容積熱量の標準比重に対する回帰式は、主副林木による差はなく両方をあわせて次式で示しうるものである。

$$y = 73 + 4651x \dots\dots (60)$$

x: 標準比重 y: 標準容積熱量

第 25 表 共 分 散 分 析 表

Tab. 25 Covariance Analysis

要 因	平 方 和	自 由 度	平 均 平 方	分 散 比
全 体	10,209.803283	12		
修 正 平 均 値	648.733611	1	648.733611	non. sig.
共 通	9,561.069672	11	869.188152	
回 帰 係 数	2,071.200957	1	2,071.200957	2.77 non. sig.
回 帰 内	7,479.868715	10	747.986872	

iii 単 木 熱 量

1) 年令との関係

(1) 主 林 木

単木熱量と年令の関係をグラフにしてみると、主林木の単木熱量は年令の増加とともに増加している。その回帰式を検討し、最小自乗により係数を決定すると次式が得られる。

$$\log y = -1.4572 + 2.81250 \log x \dots\dots (61)$$

x: 年令 y: 単木熱量

この式の実測値に対する適合は第66図に示すとおりであって、単木熱量の対数値は年令

の増加とともに急激に増加している。

(2) 副林木

主材木の場合と同様にグラフにしてみると、副林木の単木熱量も年令とともに増加している。その回帰式を求め、最小自乗法により係数を決定すると、次式が得られる。

$$\log y = -2.0659 + 2.98169 \log x \dots (62)$$

$x$ : 年令  $y$ : 単木熱量

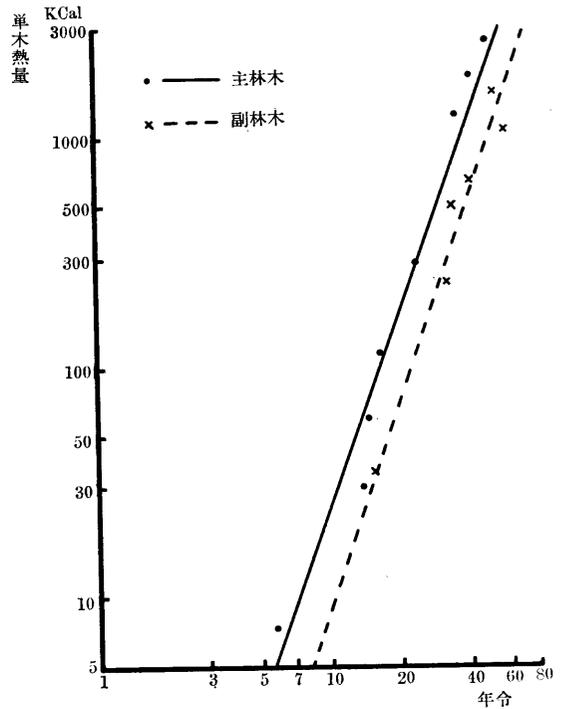
この式の実測値に対する適合は第66図に示すとおりであって、副林木の単木熱量の対数値は年令の対数値と一次式で表示しうる関係にあり、年令とともに増加している。

つぎに(61), (62)式により、主副林木それぞれの単木熱量の年令に対する回帰式の差の検定を共分散分析法により行なえば、第26表に示すように回帰係数間に有意な差は認められないが修正平均値間に差が認められる。

すなわち単木熱量の年令に対する増加率は、主林木と副林木の間に差は認められないが、主林木と副林木とは同一年令でも単木熱量が異なるものである。

第66図 年令対単木熱量

Fig. 66 Relation of Age to Tree Calory



第 26 表 共 分 散 分 析 表

Tab. 26 Covariance Analysis

要 因	平 方 和	自 由 度	平 均 平 方	分 散 比
全 体	0.58445503	12		
修 正 平 均 値	0.30780107	1	0.30780107	12.26**
共 通	0.27665396	11	0.02510360	
回 帰 係 数	0.00430020	1	0.00430020	non. sig.
回 帰 内	0.27235376	10	0.02723538	

2) 胸高直径との関係

(1) 主 林 木

主林木の単木熱量と胸高直径の関係をグラフにしてみると、単木熱量は胸高直径の増加とともに増加している。その回帰式を検討し、最小自乗法により係数を決定すると次式が得られる。

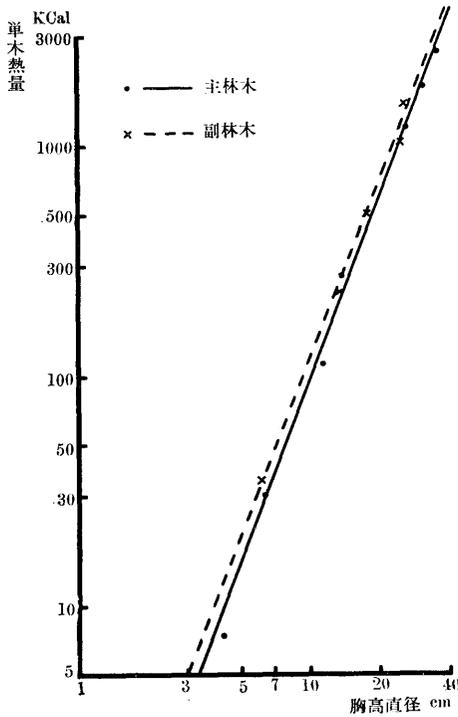
$$\log y = -0.8253 + 2.77703 \log x \dots (63)$$

$x$ : 胸高直径  $y$ : 単木熱量

この式の実測値に対する適合は第67図に示すとおりであって、対数表示の単木熱量と胸

第67図 胸高直径対単木熱量

Fig.67 Relation of D.B.H. to Tree Calory



高直径とは一次式で表示しうる関係にあり、胸高直径の増加ともなって増大している。

(2) 副林木

主林木の場合と同様にグラフにしてみると、単木熱量は胸高直径の増加とともに増加している。その回帰式を検討し、最小自乗法により係数を決定すると次式が得られる。

$$\log y = 0.5961 + 2.66577 \log x \dots\dots (64)$$

$x$ : 胸高直径  $y$ : 単木熱量

この式の実測値に対する適合は第67図に示すとおりであって、対数表示の単木熱量と胸高直径とは一次式で表示しうる関係にあり、胸高直径の増加とともに増加している。

つぎに (63), (64) の両式につき、主副林木それぞれの単木熱量の胸高直径に対する回帰式の差の検定を共分散分析法により行なえば、第27表に示すように回帰係数に差は認められず修正平均値にのみ差が認められる。したがって林木の熱量の胸高直径に対する増加率は、主林木と副林木の間に

差は認められないが、同一胸高直径の場合には林木の優劣によって単木の熱量は異なるものである。

第27表 共分散分析表

Tab. 27 Covariance Analysis

要 因	平方和	自由度	平均平方	分散比
全 体	0.08247165	12		
修正平均値	0.03189632	1	0.03189632	6.94**
共通	0.05057533	11	0.00459776	
回帰係数	0.00233208	1	0.00233208	non. sig.
回帰内	0.04824325	10	0.00482433	

3) 樹高との関係

(1) 主林木

主林木の単木熱量と樹高との関係をグラフにしてみると、単木熱量は樹高の増加とともに増加している。単木熱量の樹高に対する回帰式を検討し、最小自乗法により係数を決定すると次式が得られる。

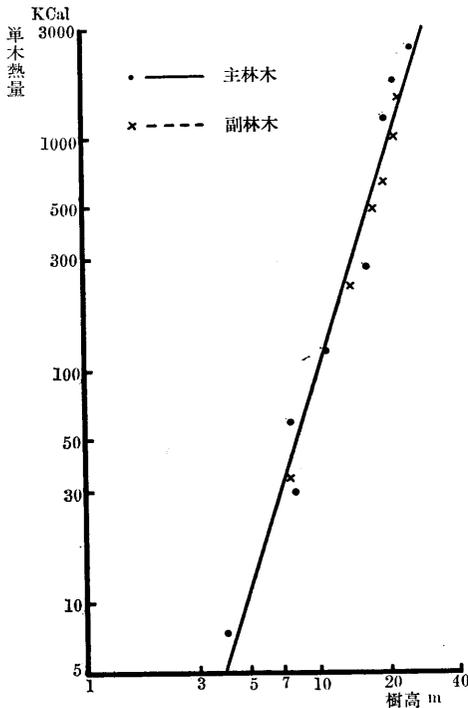
$$\log y = -1.1773 + 3.22870 \log x \dots\dots\dots (65)$$

$x$ : 樹高  $y$ : 単木熱量

この式の実測値に対する適合は第68図に示すとおりであって、対数表示の単木熱量と樹

第68図 樹高対単木熱量

Fig. 68 Relation of Height to Tree Calory



高とは一次式で表示しうる関係にあり、樹高の増加とともに増大している。

(2) 副林木

主林木の場合と同様にグラフに示すと、単木熱量は樹高の増加とともに増加している。樹高に対する回帰式を検討し、最小自乗法により係数を決定すると、次式が得られる。

$$\log y = -1.3943 + 3.34482 \log x \dots\dots(66)$$

x: 樹高 y: 単木熱量

この式の実測値に対する適合は第68図に示すとおりであって、対数表示の副林木の単木熱量と樹高とも一次式で表示しうる関係にあつて、樹高の増加とともに増大している。

つぎに(65)式、(66)式につき、主副林木それぞれの樹高に対する回帰式の差の検定を共分散分析法により行なえば、第28表に示すように修正平均値、回帰係数のいずれにも有意な差が認められない。ゆゑに単木熱量の樹高に対する回帰式は次式で示される。

$$\log y = -1.1901 + 3.21054 \log x \dots\dots(67)$$

x: 樹高 y: 単木熱量

第28表 共分散分析表

Tab. 28 Covariance Analysis

要 因	平方和	自由度	平均平方	分散比
全 体	0.25794322	12		
修正平均値	0.02101504	1	0.02101504	non. sig.
共通	0.23692818	11	0.02153893	
回帰係数	0.00165047	1	0.00165047	non. sig.
回帰内	0.23527771	10	0.02352777	

4) 幹材積との関係

(1) 主林木

単木熱量と幹材積との関係をグラフにしてみると、単木熱量は幹材積の増加とともに増加している。幹材積に対する回帰式を検討し、最小自乗法により係数を決定すると次式が得られる。

$$\log y = 5.3776 + 1.0434 \log (10,000x) \dots\dots\dots(68)$$

x: 幹材積 y: 単木熱量

この式の実測値に対する適合は第69図に示すとおりであつて、対数表示の単木熱量と幹材積とは一次式で表わしうる関係にある。

(2) 副林木

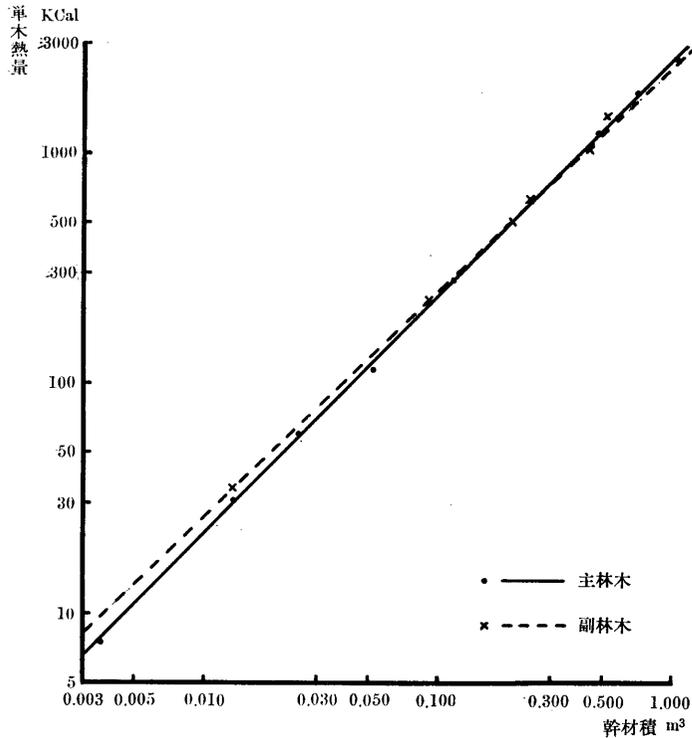
主林木の場合と同様にグラフにしてみると、単木熱量は幹材積の増加とともに増加している。幹材積に対する回帰式を検討し、最小自乗法により係数を決定すると、次式が得られる。

$$\log y = 5.4101 + 0.9958 \log (10,000 x) \dots\dots\dots (69)$$

$x$ : 幹材積  $y$ : 単木熱量

上式の実測値に対する適合は第69図に示すとおりであって、対数表示の副林木の単木熱量と幹材積とも一次式で表示しうる関係にある。

第69図 幹材積対単木熱量  
Fig. 69 Relation of Volume to Tree Calory



(68)式、(69)式について、主副林木それぞれの幹材積に対する回帰式の差の検定を共分散分析法により行なえば、第29表に示すように修正平均値間に有意な差は認められないが、

第 29 表 共 分 散 分 析 表  
Tab. 29 Covariance Analysis

要 因	平 方 和	自 由 度	平 均 平 方	分 散 比
全 体	0.009410	12		
修 正 平 均 値	0.002267	1	0.002267	3.49 non.sig.
共 通	0.007143	11	0.000649	
回 帰 係 数	0.003059	1	0.003059	
回 帰 内	0.004084	10	0.000408	

回帰係数間に差が認められる。すなわち単木熱量の幹材積に対する回帰式は主副林木によって差が認められ、幹材積に対する単木熱量の増加率が主副林木によって異なるといえる。

#### iv 樹皮熱量

第4表に示す熱量測定用供試木のうち、直径級を異にする林木10本を選出し、各林木の根元および胸高部位の円盤の樹皮部より供試粉を調製した。これを木材部の場合と同様の方法で熱量を測定し、その円盤の樹皮熱量とした。その測定値は30表に示すとおりである。

第30表 樹皮熱量測定値  
Tab. 30 Calory Measurement of Bark

直径級(cm) 位置(m)	24.2	29.9	12.5	17.5	13.6	23.0	31.3	26.8	29.2	6.0
0.2	5,087	5,102	5,090	4,953	5,092	5,076	4,875	4,899	5,270	5,078
1.2	4,878	5,026	5,026	5,078	4,922	5,062	4,840	5,114	5,135	4,952

測定した樹皮熱量について、直径級と樹幹上の位置を要因とする二元配置法により検討すれば、第31表に示すように直径級および位置による変化はいずれにも有意差は認められない。

第31表 分散分析表  
Tab. 31 Analysis of Variance

要 因	平 方 和	自 由 度	平 均 平 方	分 散 比
位 置	11,956	1	11,956	1.38 non. sig.
直 径	133,392	9	14,821	1.71 non. sig.
誤 差	77,956	9	8,662	
合 計	223,304	19		

つぎに第24表に示す熱量測定用供試木のうち、年令を異にする主林木3本を抽出し、各林木の円盤の樹皮熱量を前と同様の方法により測定した。その測定値は第32表に示すとおりである。

第32表 樹皮熱量測定値  
Tab. 32 Calory Measurement of Bark

年令 位置(m)	0.2	1.2	3.2	5.2	7.2	9.2	11.2
37	4,960	4,871	4,868	4,897	4,813	4,936	4,685
43	5,165	4,812	4,766	4,828	4,912	4,916	4,854
61	4,910	4,839	4,881	5,027	4,716	4,784	4,818

測定した樹皮熱量について、年令と樹幹上の位置を要因とする二元配置法により検討すれば、第33表に示すように年令および位置のいずれにも有意差が認められない。

第 33 表 分散分析表

Tab. 33 Analysis of Variance

要 因	平 方 和	自 由 度	平 均 平 方	分 散 比
位 置	103,594	6	17,266	1.20 non. sig non. sig.
年 令	6,192	2	3,096	
誤 差	109,123	12	9,094	
合 計	218,909	20		

以上のように、樹皮熱量は供試木の年令、樹幹上の位置および同一林分内における直径級のいずれの変化に対しても無関係であると認められるので、全測定値の算術平均 4963 cal/g を樹皮熱量とすることにした。ゆえにアカマツ樹皮の容積熱量は平均樹皮比重により 1,886 cal/cm<sup>3</sup>となる。

#### Ⅴ 林分熱量収穫表の調製

前項では令級別標準熱量および令級別単木熱量について種々検討を加えたが、これらの関係を利用して林分熱量収穫表の調製を試みよう。

##### 1) 樹皮率

前節の林分重量収穫表調製の際に算定した結果を用い、林分材積を樹皮材積と樹皮内幹材積に区分する。

##### 2) 林分熱量収穫表

樹皮内幹材積と樹皮材積に区分された主、副林木材積について、つぎに述べる方法により熱量を算出した。

主林木の樹皮内幹材積に対応する熱量は、前記の(53)式により該当する年令の標準容積熱量を算出し、これを樹皮内幹材積に乗じて樹皮内熱量を求めた。また樹皮部分については前述の測定結果を用いて樹皮材積に 1886 cal/cm<sup>3</sup> を乗じて樹皮部熱量とする。このようにして求めた主林木の樹皮内熱量と樹皮部熱量を合計して主林木熱量とした。

副林木については、標準容積熱量に年令による変化が認められないため算術平均値 2,568 cal/cm<sup>3</sup> を樹皮内幹材積に乗じて樹皮内熱量を求め、樹皮部熱量は主林木の場合と同様にして算出し、樹皮内熱量と樹皮部熱量を合計して副林木熱量とした。

主林木熱量と副林木熱量を合計したものが主副林木合計熱量である。

以上のようにして調製した林分熱量収穫表を一括して示せば第34表のとおりである。

第 34 表 芦北地方アカマツ林分熱量収穫表

Tab. 34 Calory Yield Table of AKAMATSU in ASHIKITA District (平均地位)

林 令	主 林 木 (ha当り)					主 副 林 木 合 計 (ha当り)					総 収 穫 (ha当り)		林 令
	本数	幹材積	熱 量	連 年 平 均 成長量	連 年 平 均 成長量	本数	幹材積	熱 量	連 年 平 均 成長量	連 年 平 均 成長量	熱 量	年平均	
		m <sup>3</sup>	1000k Cal	1000k Cal	1000k Cal		m <sup>3</sup>	1000k Cal	1000k Cal	1000k Cal	1000k Cal	1000k Cal	1000k Cal
5	4,194	13.0	25.1	5.02	5.02	4,194	13.0	25.1	5.02	5.02	25.1	5.02	5
10	2,802	55.2	115.0	17.98	11.50	4,194	63.8	136.3	22.24	13.63	136.3	13.63	10
15	1,914	107.2	238.3	24.66	15.89	2,802	124.0	280.2	28.78	18.68	301.5	20.10	15
				26.50					28.08				

林令	主 林 木 (ha当り)					主 副 林 木 合 計 (ha当り)					総 収 穫 (ha当り)		林令
	本数	幹材積 m <sup>3</sup>	熱量 1000kCal	連年成長量 1000kCal	平均成長量 1000kCal	本数	幹材積 m <sup>3</sup>	熱量 1000kCal	連年成長量 1000kCal	平均成長量 1000kCal	熱量 1000kCal	年平均	
20	1,436	158.4	370.8	25.82	18.54	1,914	178.3	420.6	26.86	21.03	483.8	24.19	20
25	1,109	205.1	499.9	23.00	20.00	1,436	227.0	554.9	24.06	22.20	667.9	26.72	25
30	875	244.8	614.9	19.80	20.50	1,109	268.8	675.2	19.82	22.51	843.2	28.11	30
35	711	278.4	713.9	16.72	20.40	875	302.4	774.3	16.56	22.12	1002.6	28.65	35
40	589	307.5	797.5	12.64	19.94	711	331.2	857.1	12.60	21.43	1145.8	28.65	40
45	496	330.9	860.7	8.66	19.12	589	354.5	920.1	8.30	20.45	1268.4	28.19	45
50	423	349.6	904.0	5.34	18.08	496	372.5	961.6	5.20	19.23	1369.3	27.39	50
55	364	365.1	930.7	2.14	16.92	423	387.7	987.6	1.60	17.96	1452.9	26.42	55
60	317	378.1	941.4		15.69	364	399.7	995.6		16.59	1517.8	25.30	60

### 3) 林分熱量収穫表の検討

調製したアカマツ林分熱量収穫表により、主林木熱量成長、主副林木合計熱量成長および熱量総収穫とそれぞれの成長量について検討すればつぎのとおりである。

#### (1) 熱量総成長

主林木、主副林木合計、総収穫それぞれの熱量総成長を示したのが第70図であって、主林木は25年で500<sup>1000kCal</sup>、50年で900<sup>1000kCal</sup>に成長する。総収穫は主林木とその年令までの副林木の累計との合計で主林木との差は年令の増加とともに増加していて、15年で300<sup>1000kCal</sup>、35年で1,000<sup>1000kCal</sup>、60年には1,500<sup>1000kCal</sup>に達している。

#### (2) 成長量

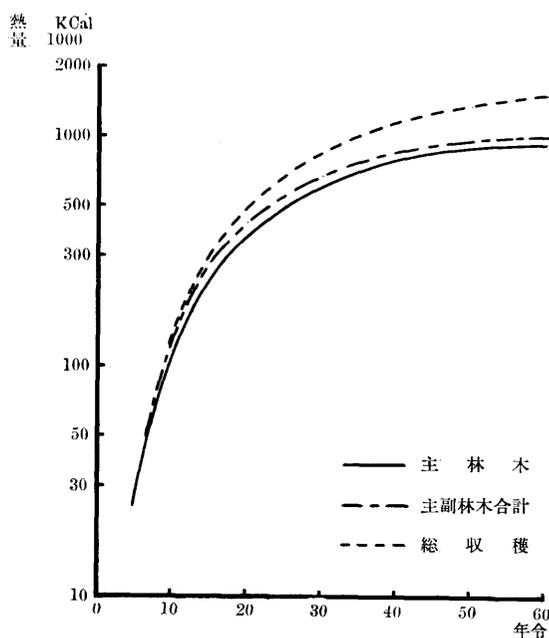
##### (a) 主 林 木

主林木の熱量成長量をさきに示した主林木熱量総成長より算出して示したのが第71図である。

主林木熱量成長の連年成長量は年令の増加とともに急速に増加し、15~20年で連年成長量は最大に達し、以後年令の増加とともに減少している。また平均成長量は年令の増加にしたがって緩やかに増加し、30~35年で最大に達して連年成長量と一致し、それ以後は徐々に減少している。

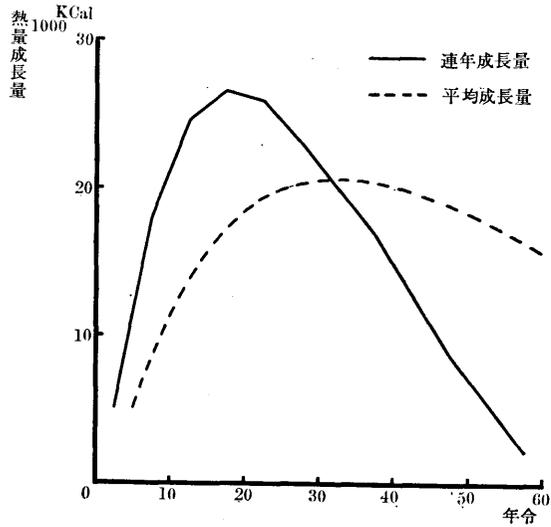
第70図 熱量総成長曲線

Fig. 70 Calory Total Growth Curve



第71図 主林木熱量成長量曲線

Fig. 71 Calory Growth in Main Tree-crop

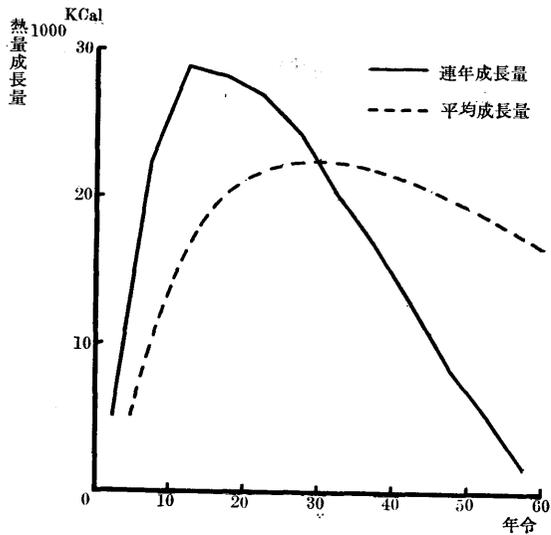


## (b) 主副林木合計

主林木の場合と同様に算出して主副林木合計の熱量成長量を示したのが第72図である。

第72図 主副林木合計熱量成長量曲線

Fig. 72 Calory Growth in Stand

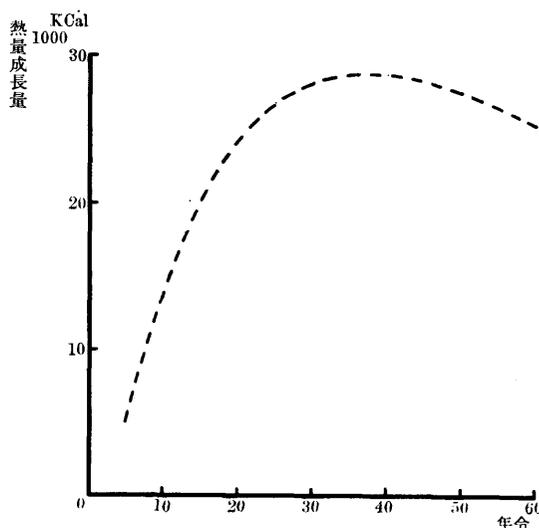


主副林木合計熱量成長の連年成長量は年令の増加とともに著しく増加し、10~15年で最大となり、それ以後は急速に減少している。これを主林木のみの熱量成長量最大の時期と比較すると5年早く現われている。また平均成長量は年令とともに緩やかに増加し、25~30年で熱量平均成長量は最大に達して連年成長量と一致している。

(c) 総収穫

アカマツ林分熱量の年平均総収穫量を示したのが第73図であって、その最大は35~40年である。これを主林木熱量および主副林木合計熱量の平均成長量最大の年令と比較すれば、5~10年おくらせて年平均の熱量総収穫は最大に達し、その値は前者の1.27~1.40倍を示している。

第73図 熱量総収穫年平均曲線  
Fig. 73 Mean Total Calory Yield



第4章 材積成長量、重量成長量、熱量成長量相互の関係

本章においてアカマツの材積，重量，熱量の各成長量相互の関係を，単木と林分に分けて検討することとする。単木については同令林内の各単木資料と年令を異にする各単木資料により検討し，林分についてはさきに調製した材積，重量，熱量それぞれの林分収穫表により成長量の相互関係を検討する。

I 単木

i 同令林内の単木

第2章に用いた同令林の資料により，アカマツの同令林における各単木の成長量の関係を明らかにする。

1) 胸高直径と材積成長量の関係

胸高直径と材積成長量の関係をグラフにしてみると，胸高直径の増加ともなって材積平均成長量も増加している。この関係を表わす回帰式を求め，最小自乗法により係数を決定すれば次式が得られる。

$$\log 100,000 y = -0.1996 + 2.22209 \log x \dots\dots(70)$$

x: 胸高直径 y: 材積平均成長量

(70)式の実測値に対する適合を示したのが第74図である。したがって同令

第74図 胸高直径対幹材積平均成長量  
Fig. 74 Relation of D.B.H. to Mean Volume Increment

