

枝打ちに関する基礎的研究 I *

生態学的調査資料に基づく枝打ちの考察

藤 森 隆 郎⁽¹⁾

緒 論

この報告は、枝打ちの技術体系の改善に関する基礎的研究の一つとしてまとめたものである。

森林の保育の基礎研究の一つとして森林の生産構造に関する生態学的研究は多くすすめられている。本研究では、特に枝打ちに焦点を合わせて森林の生産構造を解析するとともに、得られた資料より判断される範囲で枝打ちの進め方を検討してみた。なお、これら資料は、枝打ちおよび保育一般の技術に関する今後の研究の基礎資料として役だてたい。

林業試験場関西支場では、混交林の経営に関する研究というテーマで共同研究をすすめているが²⁰⁾、本研究は、その試験地の一つであるスギとヒノキを3列おきに植栽した19年生の混交林³⁰⁾の測定結果を用いて枝打ちの検討をすすめたものである。

本研究は次の順序にしたがってとりまとめた。

1. 調査林分の生産構造の解析
2. 調査資料から得られた知識と枝打ち技術の結びつきについての検討
3. 調査林分を対象とした各種の枝打ちの想定と、その効果の検討、ならびに一般的応用についての考察
4. 上記各結果をとおしていえるスギとヒノキの特性の比較

これまでに発表された、森林の生産構造に関する研究や枝打ちに関する研究は多いが、両者を結びつけたものは少ない。また、枝の成長の直接測定が困難なため、樹冠構造のうち、枝については未知な点が多く、枝打ちの研究の基礎資料としてはまだ十分なものがない。そこで、今回の調査にあたっては、特に枝の成長量を正確に測定することに留意した。

また、林分あたりの生産構造、諸量をおさえる一方、よりキメの細かい考察を可能とするように、単木的な取り扱いにも重点をおいた。

当調査林分は、スギとヒノキを縦に3列おきに植栽した混交林であり（閉鎖しているが、まだ樹種相互の影響は少ない）、スギ、ヒノキのおおの調査結果が、両樹種の純林におけると同様の傾向を十分に表わしているかどうかはわからないが、同一立地条件下における両樹種の特色を比較できることは、この調査地の一つの特長である。

なお枝打ちの問題は、本質的には密度管理の問題と切り離すことはできないと考えるが、それは今後の

1969年10月2日受理

* Contributions from JIBP-PT No. 68

(1) 関西支場育林部造林研究室

研究にまちたい。

本研究をすすめるにあたっては元関西支場育林部長、現東北支場長松下規矩技官にご指導をいただくとともに、貴重な未発表の資料を参考にさせていただいた。また当支場造林研究室長早稲田 収博士に終始ご指導、ご助言をいただいた。現地調査は当支場造林研究室山本久仁雄技官とともに行なったが、調査にあたっては福山営林署経営課長杉本 寿氏をはじめ多くの方々にお世話いただいた。上記の方々に厚く感謝する。

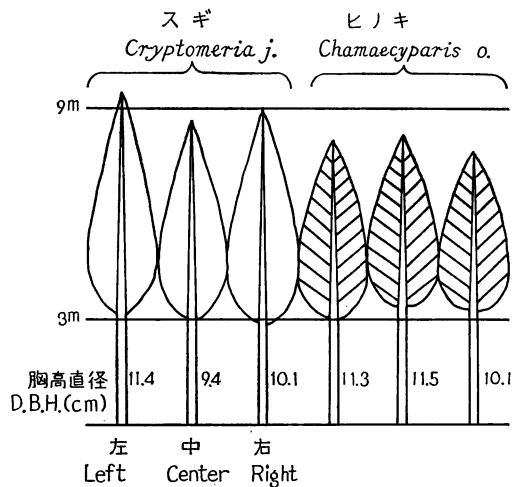
調 査 地³⁶⁾

調査した林分は 広島県深安郡加茂町大字山野、福山営林署馬乗山国有林 69 林班ち小班内のスギとヒノキを、縦に 3 列おきに植栽した 19 年生混交林 6.5ha の一部である。

昭和 24 年に全面地ごしらえして植栽、翌年補植し、以後昭和 33 年まで下刈りがつづけられたが、除間伐、枝打ちなどの保育は行なわれていない。調査林分の概況は第 1 表のとおりである。

この林分はすでに閉鎖しているが、樹種間、列間における顕著な優劣関係はまだみられず（第 1 図）、現状では両樹種固有の形態を現わしているものと思われる。

海拔高は 300~360m、斜面は東南向き、傾斜角 32~36° の急斜地である。地質は古生層、母岩は粘板岩および砂岩で、土壌は Bd(d) の匍行土である。気候は瀬戸内気候帯に含まれる。



第 1 図 列ごとの成長状態（左右は谷に向かっての位置）
Fig. 1 Growth in each row.
Right or left was decided looking down from upper part.

第 1 表 調 査 林 分 の 概 況

Table 1. States of sample stand at the time of this research

	スギ <i>Cryptomeria j.</i>	ヒノキ <i>Chamaecyparis o.</i>	スギ+ヒノキ <i>Crypto.+Chamaecy.</i>
林 齢 (年) Stand age (yr)	19	19	19
立木密度 (本) Stand density (no/ha)	3.672	2.836	3.254
胸高断面積合計 Total basal area (m ² /ha)	39.1	27.0	33.1
平均胸高直径 Mean D.B.H. (cm)	10.2	10.8	10.4
平均樹高 Mean height (m)	8.9	8.2	8.6
平均枝下高 Mean clear length (m)	3.0	3.3	3.1

材 料 と 試 験 方 法

現地調査は1968年3月から5月にかけて行なった。0.42 haの林分中からヒノキ36本、スギ47本を含む0.025haの標準地をとり、毎木調査後、それぞれの直径階に応じてスギ9本とヒノキ8本を標本木として伐倒調査した。なお樹高、直径などに列間の目だった違いはなかったので(第1図)、標本木を選ぶにあたって列の違いは考慮に入れなかった。

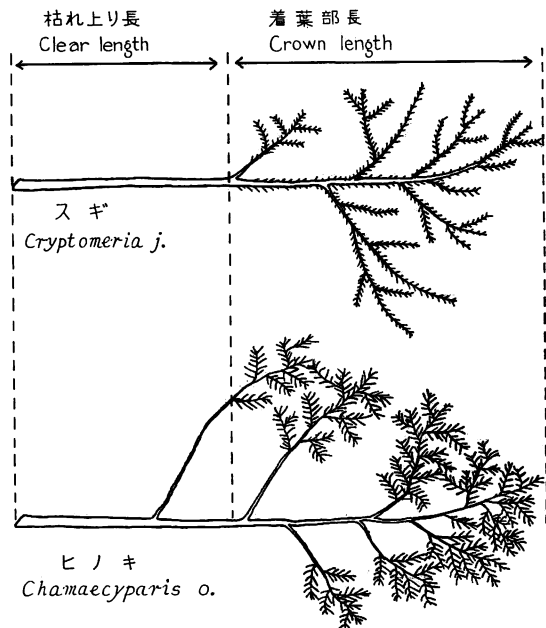
供試木は、枝、葉については垂直方向に50cmずつに、幹については1mずつに層分けしておおのの測定を行なった。幹についても50cmごとに層分けすべきであったが、1mごとにしたのは調査現場における工期上のつごうによるものである。枝については、すべての基部直径、長さ、基部からの枯れ上り長(全長一着葉部長)および層ごとの重量を測定し、各層から数本の枝を選んで研究室に持ち帰り、成長量の測定、その他に供した。なお枝の基部から先端部へかけての枯れ上り部と着葉部の区別は第2図のとおりである。供試枝の保存は4℃、暗黒に保った。

スギの葉と枝の明確な区別はむずかしく、これまでの調査で使われている分け方も緑色部をすべて葉とみなす方法²⁸⁾³⁰⁾³⁷⁾、緑色ではあるが、かなり太くなった部分を緑軸として、緑軸を枝に加えている方法¹⁾などがある。本調査では、現在緑色であっても枝として成長をつづけていく可能性の多い、幹から直接派生したものはすべてその先端までを枝とした。それらの枝からさらに派生したもののなかで、一部でも基部の方から茶褐色に変色したもの(病虫害などによるものは除く)はその先端までを枝とし、それらの枝から派生した緑色部をすべて葉とした¹⁷⁾¹⁸⁾。

ヒノキの葉と枝の区別も明確ではなく、それについて明記された報告は少ない。只木²⁹⁾は緑色部を葉としているが、本調査では手でしごくようにしてむしり、こぼれ落ちた部分を葉とした。緑色部はほとんどこぼれ落ちるので、両方法による葉量の違いはほとんどないようである。

枝解析にあたっては、ヒノキの当年枝は外観からは見分けられないので、何か所かを切断して当年枝と1年枝の境をみつけた。

スギ、ヒノキともに年輪欠如か否かの判定はむずかしいが、今回の調査の性格上からすれば、その判定が特に重要な意味をもつので、十分に注意して解析した。すなわち、同じ層の枝と幹の年輪数を比較し、スギでは年軸との関係を調べた¹⁸⁾。さらに、その層の葉の枝生産能率がその上下の層と比較して特に異常なものは、再測定するなどの方法をとった。なお、ここでいう葉の枝生産能率とは、その層の葉の重量でその層の枝の成長量を割ったもの、すなわち単位葉量あたりの枝の成



第2図 枝の着葉部と枯れ上り部の区別
Fig. 2 Distinction between the crown portion and the clear portion of a branch.

長量のことである。

スギの枝の成長量の測定は、年軸の判断できる部分は年軸ごとに切断、それ以外の部分は25~30cmごとに切断して年輪を読みとり、区分求積法により体積を求めた。ヒノキの枝の主軸の測定はスギに準じ、主軸から派生した多数の小枝については直径階に応じて3~6階にわけ、その階内から4、5本ずつを解析に供し、階ごとの断面積の成長比を出し、これと各階の枝重量の積をもって成長量を求めた（簡易測定法）。

これらの測定法による成長量の値がどの程度正確であるかをたしかめるために、数本の枝を材料として、きわめて細かい区分求積をして（精密測定法）真の値に近い成長量を求め、一方同じ材料から簡易測定法によって求めた結果を対比させたものが第2表、第3図である。この結果、簡易測定法による測定値は十分に信頼できるものであることがわかった²⁾。

根量については、スギ、ヒノキそれぞれの上層グループと下層グループから1本ずつを選んで実測し、そのT/R率を用いてその他の標本木の根重量を推定した。掘り取り調査した木のT/R率はつぎのとおりであった。

	スギ	ヒノキ
上層木	2.50	2.52
下層木	3.07	2.58

幹の成長量の測定は普通に行なわれている樹幹解析法によって行なった。

解析資料の一部を熱風乾燥機で乾燥させ、すべての生重は、乾燥重量に換算した。本報告では、ことわりのないかぎり、重量は乾燥重量で示してある。

成長量とは、この1年間の物質増加量のことであり、その間の枯損量は無視したものである。

haあたりの各器官の量、 γ の推定は胸高断面積合計による比推定法によった。すなわち、haあたりの胸

第2表 枝の成長量の測定法の比較

Table 2. Comparing two methods of measurement of branch increment

樹種 Species	供試枝数 No. of sample branches	基部直径 Basal diameter (mm)	長さ Length (cm)	乾重 Dry weight (g)	精密測定 Close measurement		簡易測定 Simple measurement		$\left \frac{A-a}{A} \right $
					区分数 Division No.	(A) 成長量 Increment	区分数 Division No.	(a) 成長量 Increment	
スギ <i>Cryptomeria japonica</i>	1	15.2	161	82	21	10.3	7	9.3	0.097
	2	11.0	137	39	18	7.4	6	8.1	0.095
	3	15.0	143	62	17	11.5	6	11.4	0.009
	4	10.8	107	28	14	5.7	5	4.9	0.140
	5	14.0	127	46	16	9.5	6	10.6	0.116
	6	12.4	133	49	17	12.7	6	11.2	0.118
	7	16.0	154	83	19	28.6	7	28.6	0
	計 Total					85.7		84.1	0.019
ヒノキ <i>Chamaecyparis obtusa</i>	1	13.6	160	94	179	38.9	23	40.9	0.051
	2	8.8	111	22	71	11.3	10	11.2	0.009
	3	7.9	130	54	118	30.7	15	31.3	0.020
	計 Total					80.9		83.4	0.031

高断面積合計を G 、標準木の胸高断面積合計を G' 、標準木の、ある部分の合計量を y' とし、ha あたりのその部分の量、 y を

$$y = y' G / G'$$

より求めた。

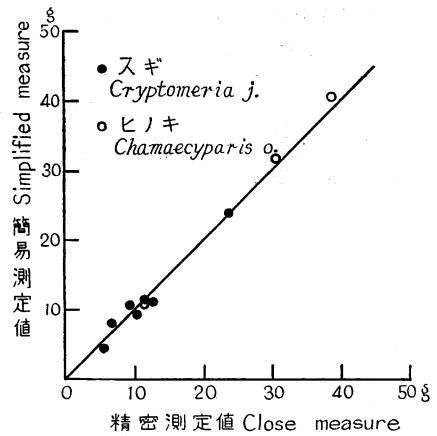
供試木の測定値は第3表のとおりである。

林分の構造と ha あたり諸量

調査林分の ha あたり諸量は第4表、その構造は第4、5図に示すとおりである。

幹、葉、根の重量はスギの方がヒノキよりも大きい、枝の重量のみは逆にヒノキの方が大きいことが注目される。

スギとヒノキの葉の幹および枝生産能率、幹と枝の成長



第3図 枝の成長量の測定法比較

Fig. 3 Comparison of the methods of measurement of branch increment.

第3表 供試木の測定値

Table 3. Measurements of sample trees

供試木番号 Sample tree No. 1 (*Cryptomeria j.*) 樹高 Tree height (m) 13.4
胸高直径 D. B. H. (cm) 18.7 枝下高 Clear length (m) 3.6

層 Stratum (m)	枝本数 Branch No.	平均枝 基部直径 Mean branch basal diameter (cm)	平均枝長 Mean branch length (cm)	平均 枝枯上長 Mean branch clear length (cm)	枝乾重 Branch dry weight (g)	枝成長乾重 Dry weight of branch increment (g)	葉乾重 Leaf dry weight (g)	幹乾重 Stem dry weight (g)	幹成長乾重 Dry weight of stem increment (g)
0 ~ 0.3								5,683	719
0.3 ~ 0.8								11,064	947
0.8 ~ 1.3								8,698	863
1.3 ~ 1.8								7,568	761
1.8 ~ 2.3									
2.3 ~ 2.8									
2.8 ~ 3.3									
3.3 ~ 3.8	2	2.4	215	104	570	14	611	6,280	599
3.8 ~ 4.3	1	1.8	195	130	114	2	92		
4.3 ~ 4.8	1	2.2	192	96	228	10	344	5,093	639
4.8 ~ 5.3	7	0.4	55	19	111	2	150		
5.3 ~ 5.8	6	1.6	157	79	705	35	1,419	4,206	598
5.8 ~ 6.3	10	0.9	98	40	445	18	882		
6.3 ~ 6.8	8	1.7	157	65	933	71	1,829	3,217	510
6.8 ~ 7.3	12	0.9	84	27	461	50	1,339		
7.3 ~ 7.8	12	1.4	133	57	709	105	1,813	2,194	414
7.8 ~ 8.3	10	1.4	123	34	691	137	2,080		
8.3 ~ 8.8	8	1.5	138	28	734	185	2,317	1,444	407
8.8 ~ 9.3	16	0.8	79	2	318	90	1,120		
9.3 ~ 9.8	8	1.1	107	5	242	54	901	893	418
9.8 ~ 10.3	9	1.1	101	5	249	108	1,047		
10.3 ~ 10.8	11	0.9	86	5	216	109	940	410	239
10.8 ~ 11.3	12	0.9	67	4	166	74	629		
11.3 ~ 11.8	5	0.7	50	3	23	12	101	116	72
11.8 ~ 12.3	9	0.7	48	0.4	48	28	147		
12.3 ~ 12.8	11	0.5	34	0	34	34	66	17	8
12.8 ~ 13.3	1	0.5	13	0	0.6	0.6		0.1	0.1
13.3 ~ 13.4									
計 Total	159				6,998	1,128.6	17,827	56,883	7,194

供試木番号 Sample tree No. 2 (*Cryptomeria j.*) 樹 高 Tree height (m) 12.5
胸高直径 D. B. H. (cm) 17.7 枝下高 Clear length (m) 2.9

層 Stratum (m)	枝本数 Branch No.	平均枝 基部直径 Mean branch basal diameter (cm)	平均枝長 Mean branch length (cm)	平均 枝枯上長 Mean branch clear length (cm)	枝乾重 Branch dry weight (g)	枝成長乾重 Dry weight of branch increment (g)	葉 乾 重 Leaf dry weight (g)	幹 乾 重 Stem dry weight (g)	幹成長乾重 Dry weight of stem increment (g)
0 ~ 0.3								4,914	480
0.3 ~ 0.8								8,889	702
0.8 ~ 1.3									
1.3 ~ 1.8								7,423	705
1.8 ~ 2.3									
2.3 ~ 2.8									
2.8 ~ 3.3	2	2.0	220	145	342	5	244	6,417	477
3.3 ~ 3.8	1	2.4	252	164	283	6	247		
3.8 ~ 4.3	2	1.8	170	110	211	4	161	5,484	355
4.3 ~ 4.8	4	2.1	204	121	694	26	853		
4.8 ~ 5.3	7	1.2	123	30	533	24	657	4,796	397
5.3 ~ 5.8	7	1.1	116	41	584	29	951		
5.8 ~ 6.3	12	1.4	137	58	790	41	1,470	3,868	386
6.3 ~ 6.8	12	1.0	94	14	672	67	1,334		
6.8 ~ 7.3	13	1.5	132	42	1,072	90	2,254	2,964	372
7.3 ~ 7.8	15	0.7	68	14	563	80	1,353		
7.8 ~ 8.3	26	0.9	89	18	782	181	2,285	2,065	335
8.3 ~ 8.8	10	1.0	87	14	439	124	1,240		
8.8 ~ 9.3	26	0.7	59	8	445	125	1,408	1,299	261
9.3 ~ 9.8	12	1.1	93	6	311	130	1,049		
9.8 ~ 10.3	9	1.0	86	5	219	96	749	719	208
10.3 ~ 10.8	14	0.8	68	6	175	84	795		
10.8 ~ 11.3	12	0.9	66	4	148	78	432	289	107
11.3 ~ 11.8	12	0.6	34	0.6	38	28	111		
11.8 ~ 12.3	16	0.5	25	0	27	27	31	60	21
12.3 ~ 12.5	4	0.3	11	0	3	3	1	0.7	0.7
計 Total	216				8,331	1,470	17,625	49,188	4,807

供試木番号 Sample tree No. 3 (*Cryptomeria j.*) 樹 高 Tree height (m) 11.7
胸高直径 D. B. H. (cm) 12.1 枝下高 Clear length (m) 2.6

0 ~ 0.3								2,521	346
0.3 ~ 0.8								5,447	540
0.8 ~ 1.3									
1.3 ~ 1.8								4,255	441
1.8 ~ 2.3									
2.3 ~ 2.8	1	1.3	150	97	64	1	59		
2.8 ~ 3.3	1	1.8	169	98	102	2	154	3,013	332
3.3 ~ 3.8									
3.8 ~ 4.3	2	1.3	140	81	117	2	136	2,603	309
4.3 ~ 4.8	4	1.3	138	76	185	4	366		
4.8 ~ 5.3	5	1.5	150	64	347	16	762	2,055	246
5.3 ~ 5.8	6	1.3	130	46	380	36	913		
5.8 ~ 6.3	6	1.1	111	27	204	21	634	1,738	239
6.3 ~ 6.8	11	1.1	106	13	356	61	1,214		
6.8 ~ 7.3	10	1.0	99	12	232	35	851	1,381	261
7.3 ~ 7.8	9	1.0	96	3	250	44	939		
7.8 ~ 8.3	11	1.0	97	4	293	70	1,059	1,024	255
8.3 ~ 8.8	10	0.9	75	3	147	35	589		
8.8 ~ 9.3	8	1.0	87	13	157	70	570	674	227
9.3 ~ 9.8	11	1.0	79	1	190	112	712		
9.8 ~ 10.3	8	0.7	48	0	47	30	117	366	174
10.3 ~ 10.8	11	0.6	37	0	38	31	100		
10.8 ~ 11.3	3	0.5	28	0	6	6	31	151	90
11.3 ~ 11.7					5	5	20	8	8
計 Total	117				3,120	736	9,226	25,236	3,468

供試木番号 Sample tree No. 4 (*Cryptomeria j.*) 樹 高 Tree height (m) 11.2
 胸高直径 D. B. H. (cm) 14.4 枝下高 Clear length (m) 3.0

層 Stratum (m)	枝本数 Branch No.	平均枝 基部直径 Mean branch basal diameter (cm)	平均枝長 Mean branch length (cm)	平均 枝枯上長 Mean branch clear length (cm)	枝乾重 Branch dry weight (g)	枝成長乾重 Dry weight of branch increment (g)	葉乾重 Leaf dry weight (g)	幹乾重 Stem dry weight (g)	幹成長乾重 Dry weight of stem increment (g)
0 ~ 0.3								3,323	432
0.3 ~ 0.8								6,564	533
0.8 ~ 1.3									
1.3 ~ 1.8								5,436	482
1.8 ~ 2.3	1	2.0	223	111	261	3	230		
2.3 ~ 2.8	1	1.9	223	120	222	2	141	4,546	467
2.8 ~ 3.3	2	1.6	182	82	264	4	278		
3.3 ~ 3.8	3	1.9	184	88	619	22	946	3,902	395
3.8 ~ 4.3	3	0.7	82	20	61	2	116		
4.3 ~ 4.8	5	1.2	136	45	366	21	668	3,276	427
4.8 ~ 5.3	17	0.6	66	21	237	17	730		
5.3 ~ 5.8	8	1.7	157	14	1,145	102	2,255	2,503	438
5.8 ~ 6.3	11	0.9	86	7	470	61	1,298		
6.3 ~ 6.8	11	1.1	102	15	541	109	1,466	1,713	384
6.8 ~ 7.3	9	1.1	108	13	460	102	1,378		
7.3 ~ 7.8	10	0.9	83	3	289	69	781	1,111	341
7.8 ~ 8.3	13	1.0	84	1	377	101	1,074		
8.3 ~ 8.8	14	0.8	76	1	287	74	827	622	264
8.8 ~ 9.3	13	0.9	76	2	240	103	789		
9.3 ~ 9.8	10	0.9	73	0.3	195	70	553	240	143
9.8 ~ 10.3	5	0.8	65	0	74	63	241		
10.3 ~ 10.8	10	0.6	42	0	39	39	113	25	18
10.8 ~ 11.2	19	0.5	26	0	25	25	89		
計 Total	165				6,172	1,240	13,973	33,261	4,324

供試木番号 Sample tree No. 5 (*Cryptomeria j.*) 樹 高 Tree height (m) 10.4
 胸高直径 D. B. H. (cm) 10.0 枝下高 Clear length (m) 3.8

0 ~ 0.3								1,581	176
0.3 ~ 0.8								3,327	265
0.8 ~ 1.3									
1.3 ~ 1.8								2,622	197
1.8 ~ 2.3								2,180	179
2.3 ~ 2.8									
2.8 ~ 3.3									
3.3 ~ 3.8	1	1.6	162	86	82	1	87	1,927	171
3.8 ~ 4.3									
4.3 ~ 4.8	3	1.3	136	43	144	3	318	1,467	153
4.8 ~ 5.3	2	1.3	126	46	88	2	258		
5.3 ~ 5.8	6	1.3	105	24	144	12	482	1,148	160
5.8 ~ 6.3	9	1.0	100	20	201	14	702		
6.3 ~ 6.8	8	1.3	127	3	369	62	1,166	832	165
6.8 ~ 7.3	10	0.7	61	1	188	45	742		
7.3 ~ 7.8	13	0.6	51	5	70	16	350	489	165
7.8 ~ 8.3	12	0.6	55	11	74	19	352		
8.3 ~ 8.8	11	0.9	68	4	149	68	650	222	111
8.8 ~ 9.3	11	0.9	64	3	132	63	466		
9.3 ~ 9.8	16	0.5	28	0.5	31	13	81	33	24
9.8 ~ 10.3	19	0.5	22	0	23	23	42		
10.3 ~ 10.4	1	0.5	11	0	0.3	0.3	1	0.3	0.3
計 Total	122				1,695	387.3	5,697	15,828	1,766

層 Stratum (m)	枝本数 Branch No.	平均枝 基部直径 Mean branch basal diameter (cm)	平均枝長 Mean branch length (cm)	平均 枝枯上長 Mean branch clear length (cm)	枝乾重 Branch dry weight (g)	枝成長乾重 Dry weight of branch increment (g)	葉乾重 Leaf dry weight (g)	幹乾重 Stem dry weight (g)	幹成長乾重 Dry weight of stem increment (g)
3.3~3.8	11	0.3	31	0.9	14	2	41		
3.8~4.3	3	0.8	91	40	75	0.5	49	476	56
4.3~4.8	1	1.0	116	14	21	0.5	47		
4.8~5.3	6	0.9	97	19	108	10	238	330	39
5.3~5.8	8	0.6	65	3	55	8.9	176		
5.8~6.3	9	0.7	74	0.8	76	15	246	207	30
6.3~6.8	13	0.6	51	0.2	47	18	128	55	20
6.8~7.3	9	0.4	25	0	7	6.3	12		
7.3~7.5	4	0.2	4	0	0.4	0.4	0.4	0.7	0.7
計 Total	64				403	61.6	937	4,263	302

供試木番号 Sample tree No. 9 (*Cryptomeria j.*)

樹高 Tree height (m) 5.3

胸高直径 D. B. H. (cm) 4.0

枝下高 Clear length (m) 3.0

0 ~0.3								175	28
0.3~0.8								626	48
0.8~1.3									
1.3~1.8								444	63
1.8~2.3									
2.3~2.8								290	62
2.8~3.3	1	0.8	97	0.7	11	0.1	15		
3.3~3.8	9	0.5	62	3	28	1.7	111	164	51
3.8~4.3	12	0.4	64	2	56	8.5	169		
4.3~4.8	9	0.6	70	1	66	13	159	53	31
4.8~5.3	8	0.4	34	0	11	3.3	51		
5.3~5.32								0.02	0.02
計 Total	39				172	26.6	505	1,752	283

供試木番号 Sample tree No. 10 (*Chamaecyparis o.*)

樹高 Tree height (m) 9.6

胸高直径 D. B. H. (cm) 15.6

枝下高 Clear length (m) 2.4

0 ~0.3								4,705	525
0.3~0.8								8,487	509
0.8~1.3									
1.3~1.8								6,930	495
1.8~2.3									
2.3~2.8	1	3.1	278	170	423	14	57	5,647	508
2.8~3.3	1	3.0	290	210	357	11	35		
3.3~3.8	2	2.7	245	78	825	79	298	4,389	683
3.8~4.3	4	2.4	241	117	966	100	335		
4.3~4.8	3	2.3	248	96	932	185	518	3,302	570
4.8~5.3	2	3.1	251	35	922	225	630		
5.3~5.8	4	2.4	216	77	1,171	342	861	1,964	361
5.8~6.3	6	1.9	202	50	1,230	432	1,154		
6.3~6.8	5	1.8	168	46	892	353	872	929	279
6.8~7.3	11	1.4	155	38	885	369	1,071		
7.3~7.8	8	1.5	143	25	745	342	965	313	142
7.8~8.3	8	0.8	75	7	103	52	252		
8.3~8.8	11	0.8	67	3	93	53	177	47	27
8.8~9.3	14	0.5	34	1	18	18	39		
9.3~9.6	4	0.2	12	0	0.7	0.7	0.7	0.3	0.3
計 Total	84				9,563	2,576	7,265	36,713	4,099

層 Stratum (m)	枝本数 Branch No.	平均枝 基部直径 Mean branch diameter (cm)	平均枝長 Mean branch length (cm)	平均 枝枯上長 Mean branch clear length (cm)	枝乾重 Branch dry weight (g)	枝成長乾重 Dry weight of branch increment (g)	葉乾重 Leaf dry weight (g)	幹乾重 Stem dry weight (g)	幹成長乾重 Dry weight of stem increment (g)
2.3~2.8								3,712	295
2.8~3.3								3,099	275
3.3~3.8	2	1.5	182	117	189	3	21		
3.8~4.3	3	1.8	189	72	403	17	108	2,415	315
4.3~4.8	4	1.6	179	44	505	50	333		
4.8~5.3	4	1.7	179	39	644	123	618	1,466	325
5.3~5.8	3	1.3	162	23	268	76	294		
5.8~6.3	12	1.1	135	33	661	210	745	1,048	238
6.3~6.8	12	0.9	103	23	334	123	546		
6.8~7.3	16	0.7	82	14	222	82	460	254	134
7.3~7.8	14	0.8	70	5	143	81	372		
7.8~8.3	14	0.5	44	2	34	18	89	10	7
8.3~8.8	17	0.3	22	0.3	8	6	28		
8.8~9.3	2	0.1	11	0	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2
9.3~9.4									
計 Total	103				3,411	789.4	3,614	24,652	2,453

供試木番号 Sample tree No. 14 (*Chamaecyparis o.*)

樹高 Tree height (m) 8.9

胸高直径 D.B.H. (cm) 9.9

枝下高 Clear length (m) 4.9

0 ~0.3								2,105	156
0.3~0.8								3,822	147
0.8~1.3									
1.3~1.8								3,017	150
1.8~2.3									
2.3~2.8								2,561	158
2.8~3.3								1,919	159
3.3~3.8									
3.8~4.3								1,494	170
4.3~4.8	1	2.3	190	55	128	7	45		
4.8~5.3	5	1.6	178	76	384	41	247	937	152
5.3~5.8	6	1.3	142	42	293	61	293		
5.8~6.3	10	1.2	126	32	334	100	401	439	88
6.3~6.8	10	0.7	84	20	194	66	313		
6.8~7.3	14	0.9	90	11	219	107	488	123	33
7.3~7.8	13	0.5	40	2	32	19	111		
7.8~8.3	13	0.4	24	0.07	7	7	40	7	7
8.3~8.8	5	0.2	8	0	0.6	0.6	0.9		
8.8~8.9									
計 Total	77				1,592	408.6	1,939	16,424	1,220

供試木番号 Sample tree No. 15 (*Chamaecyparis o.*)

樹高 Tree height (m) 8.3

胸高直径 D.B.H. (cm) 8.7

枝下高 Clear length (m) 4.1

0 ~0.3								1,374	131
0.3~0.8								2,593	121
0.8~1.3									
1.3~1.8								2,153	119
1.8~2.3									
2.3~2.8								1,717	149
2.8~3.3									
3.3~3.8								1,381	180
3.8~4.3	1	1.7	195	62	157	8	44		
4.3~4.8	2	1.0	144	44	93	7	38	912	170
4.8~5.3	4	1.5	161	42	432	73	360		
5.3~5.8	7	1.0	122	26	303	80	360	446	109
5.8~6.3	12	0.7	88	20	192	92	348		
6.3~6.8	13	0.8	89	6	238	134	535	117	37
6.8~7.3	15	0.6	52	0.9	63	40	215		
7.3~7.8	14	0.4	36	0.2	14	11	72	11	11
7.8~8.3	10	0.1	13	0	0.9	0.9	7		
計 Total	78				1,493	445.9	1,979	10,704	1,027

供試木番号 Sample tree No. 16 (*Chamaecyparis o.*) 樹 高 Tree height (m) 7.7
 胸高直径 D.B.H. (cm) 9.3 枝下高 Clear length (m) 3.0

層 Stratum (m)	枝本数 Branch No.	平均枝 基部直径 Mean branch diameter (cm)	平均枝長 Mean branch length (cm)	平均枝 枯上長 Mean branch clear length (cm)	枝乾重 Branch dry weight (g)	枝成長乾重 Dry weight of branch increment (g)	葉乾重 Leaf dry weight (g)	幹乾重 Stem dry weight (g)	幹成長乾重 Dry weight of stem increment (g)
0 ~ 0.3								1,669	194
0.3 ~ 0.8								3,635	152
0.8 ~ 1.3									
1.3 ~ 1.8								2,581	181
1.8 ~ 2.3									
2.3 ~ 2.8								2,207	307
2.8 ~ 3.3	2	2.2	198	66	737	37	181	1,798	275
3.3 ~ 3.8									
3.8 ~ 4.3	7	1.4	155	38	418	65	291		
4.3 ~ 4.8	4	1.3	139	32	291	66	297	740	215
4.8 ~ 5.3	9	1.2	135	32	444	172	592		
5.3 ~ 5.8	13	0.7	84	15	172	84	349	320	147
5.8 ~ 6.3	13	0.9	90	4	256	122	548		
6.3 ~ 6.8	11	0.8	65	0.4	56	34	225	72	39
6.8 ~ 7.3	14	0.4	34	0.5	17	12	86		
7.3 ~ 7.7	7	0.3	22	0.3	3	3	12	2	2
計 Total	80				2,394	595	2,581	13,024	1,512

供試木番号 Sample tree No. 17 (*Chamaecyparis o.*) 樹 高 Tree height (m) 5.7
 胸高直径 D.B.H. (cm) 5.7 枝下高 Clear length (m) 1.8

0 ~ 0.3								459	39
0.3 ~ 0.8								1,415	66
0.8 ~ 1.3									
1.3 ~ 1.8	1	2.0	230	174	252	2	6	978	75
1.8 ~ 2.3	1	2.3	247	26	407	28	110		
2.3 ~ 2.8	1	1.8	220	91	150	16	47	470	77
2.8 ~ 3.3									
3.3 ~ 3.8	6	0.9	162	53	204	59	177	216	43
3.8 ~ 4.3	3	0.9	128	26	75	30	95		
4.3 ~ 4.8	5	0.6	86	23	84	37	131	45	8
4.8 ~ 5.3	13	0.3	36	5	12	10	35		
5.3 ~ 5.7	9	0.2	17	0	1	1	7	0.7	0.7
計 Total	39				1,185	183	608	3,584	309

量の割合を示したものが第5表である。スギにくらべてヒノキの方が葉量の割には幹、枝の成長量が大きいが、幹と枝の合計成長量のうちの幹への分配率は、スギの方がはるかに高いことが目だっている。

樹冠構造と枝、幹の成長

第6図は供試木の垂直方向の葉量の分布と枝の成長量、その他の分布状態を示したものである。

スギ、ヒノキともに枝下高は樹高、直径の大小にははっきりした関係はなく、ある幅のうちに分布している。樹高と枝下高との関係をわかりやすく示したものが第7図であり、一般に樹高の大きな個体ほど樹冠長、樹冠長率が大きい。

第6図において、層ごとの枝量、葉量、枝の成長量を注意してみると、それぞれの最大値の現われる層は、ほとんどの供試木において、スギでは枝量、葉量、枝の成長量の順にわずかず上層にずれているようである。ヒノキでは葉量と枝の成長量の最大値の現われる層は、ほとんど同じ層であり、枝量の最大の

第4表 ha あたり 諸 量

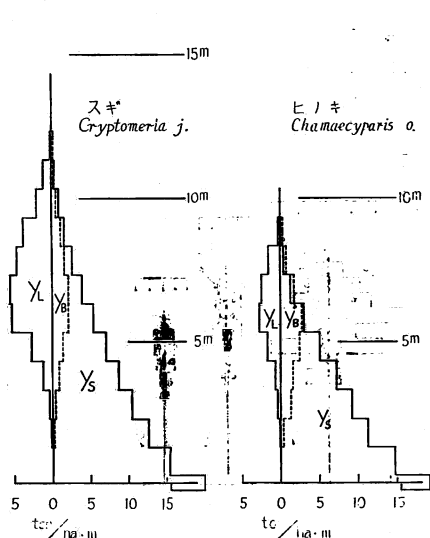
Table 4. Dry weights and volume of tree parts per ha

			スギ <i>Cryptomeria j.</i>		ヒノキ <i>Chamaecyparis o.</i>		スギ+ヒノキ <i>Crypto.+Chamaecy.</i>	
			現存量 Biomass	成長量 Increment	現存量 Biomass	成長量 Increment	現存量 Biomass	成長量 Increment
乾 重 Dry weight (t/ha)	幹 Stem		76.1	8.9	59.8	6.4	67.9	7.7
	枝 Branch		10.7	1.8	11.2	2.7	10.9	2.2
	葉 Leaf		26.7		9.6		18.3	
	毬果 Cone		0.16		0.04		0.10	
	根 Root		29.2		23.6		26.3	
	全 Whole		142.9		104.2		123.5	
材 積 Volume (m ³ /ha)	幹 Stem		217.9	25.6	131.8	14.2	175.2	20.0

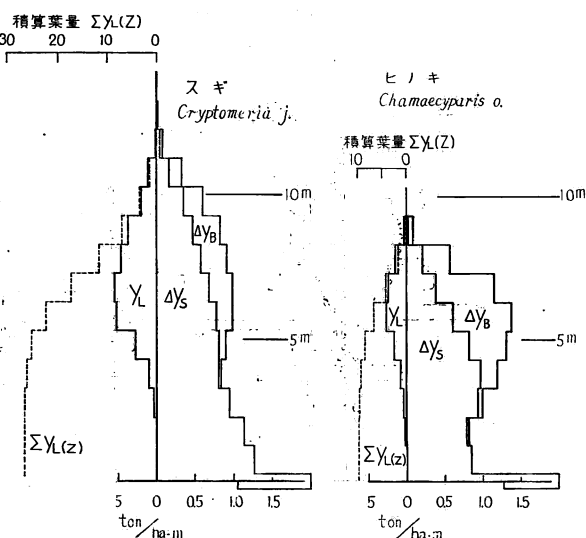
第5表 幹と枝の成長量比較

Table 5. Comparison of stem and branch increment

	スギ <i>Cryptomeria j.</i>		ヒノキ <i>Chamaecyparis o.</i>	
	幹 Stem	枝 Branch	幹 Stem	枝 Branch
葉の生産能率 The rate of matter productions against unit leaf amount	0.333	0.067	0.667	0.281
幹と枝の成長量の割合 The ratio of stem and branch increment	0.832	0.168	0.703	0.297



第4図 林分構造

Fig. 4 Vertical distribution of leaf weight (y_L), branch weight (y_B) and stem weight (y_S) per stand.

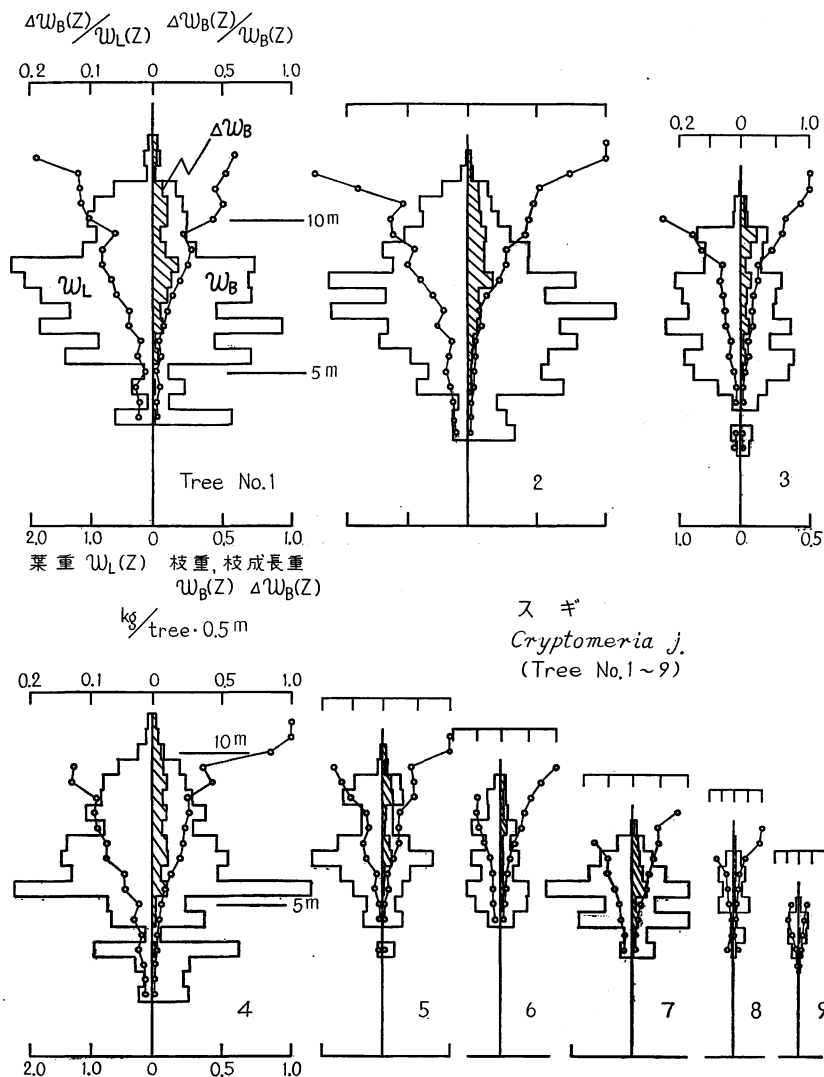
第5図 林分の幹枝の成長

Fig. 5 Vertical distribution of leaf weight (y_L), stem increment (Δy_S) and branch increment (Δy_B) per stand.

層がそれらより下層に認められる。

これらの関係をわかりやすく表わすため、枝量、葉量、枝の成長量、および幹成長量のそれぞれの全量に対する各層の量の100分率の層ごとの変化の状態を示したものが第8図である。これによると、スギでは枝量、葉量、枝の成長量を示す曲線はほぼ相似しており、それらの位置が少しずつずれていることが認められる。またヒノキのそれらの曲線もほぼ相似していて、葉量と枝の成長量の曲線はほとんど重なりあっており、枝量の曲線だけが少し下層にずれていることが認められる。

力枝という言葉の定義は明確でなく、仮に指標を何かに求めてもその判定の困難なことが多いが⁸⁾、こ

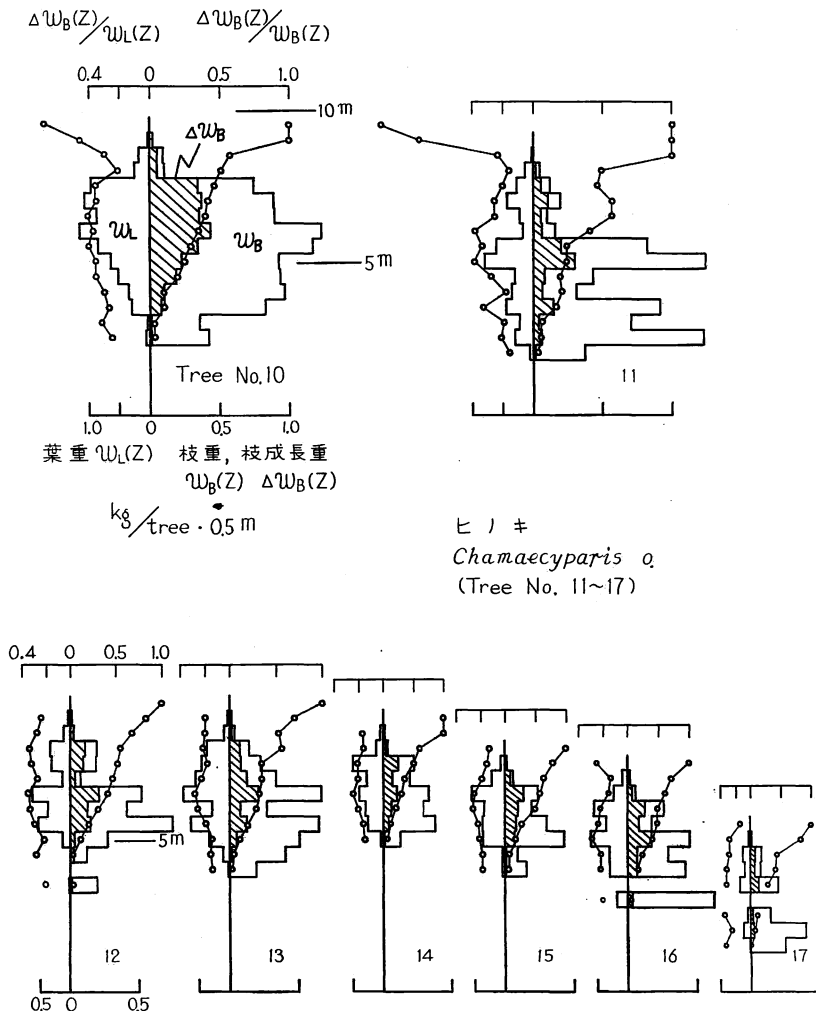


第6図 供試木の樹冠構造

Fig. 6 Vertical distribution of leaf weight ($w_L(z)$), branch weight ($w_B(z)$) and branch increment ($\Delta w_B(z)$) in each stratum of each sample tree. The broken line of left side shows vertical change of $\Delta w_B(z)/w_L(z)$ and that of right side shows $\Delta w_B(z)/w_B(z)$.

の報告では枝の量の最も多い層を力枝層と呼ぶことにする。スギでは、力枝層より少し上層に葉量最大の層があり、さらにその少し上層に枝成長量の最大の層があり、ヒノキでは力枝層の少し上層に葉量と枝の成長量の最大の層があるということになる。

第6図の左側の折線グラフは、葉の枝生産能率の層別変化を示すものである。スギの最上層部にある当年生の枝葉だけからなる層では、機能的に枝葉の区別がむずかしく¹⁷⁾、またヒノキにおいても梢端部は、同じ理由でそれらの部分の図示はさし控えた。スギの葉の枝生産能率は、上層から下層に向かって直線的にわずかなずつ減少しているのに対して、ヒノキのそれは上層から下層まで変化が少なく、中層部でやや高くなる傾向のものが多い。



第6図 (つづき)

Fig. 6 (Continued)

先に、スギでは葉量と枝の成長量の層別変化の状態に、ズレのあることを指摘したが（第8図）、それは、ここにみられるように、スギの葉の枝生産能率が上層から下層にかけて減少していることと関係し、またヒノキの葉量と枝の成長量の層別変化がほぼ一致していること（第8図）は、ヒノキの葉の枝生産能率が上層から下層まで変化が少ないことを意味している。

ヒノキの葉の枝生産能率は、スギにくらべてかなり高い。これは、この葉量測定法では、スギの葉は軸にあたる木質化した部分が含まれるために、同化器官の量としては過大な値になり、これがヒノキにくらべてスギの葉の能率が低くなる原因の一つと思われる。

枝の最近1年間の成長量を、枝の現存量で割ったものを枝の成長率とする。層ごとの枝の成長率の変化の状態を図示したのが第6図の右側の折線グラフである。枝の成長率はスギ、ヒノキともに上層から下層に向かってほぼ直線的に減少し、最下層ではほとんど零に近くなっている。

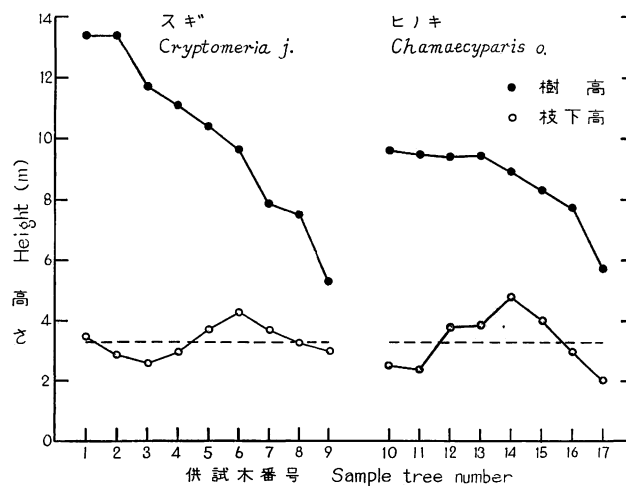
林分あたりの枝の成長率を計算すると次のようである。

枝の成長率

スギ	0.165
ヒノキ	0.243

スギにくらべてヒノキの枝の成長率の高いことは林分の構造から予測できるが、ヒノキの枝の成長率の24.3%というのはかなり高い。しかし、筆者が別に調査した11年生のヒノキ林の枝の成長率が、35.8%というさらに高い値を示していること⁴⁾からしても、若いヒノキ林の枝の成長率は非常に高いのではないかと考えられる。しかし、この1年間に枯死した枝の量を加えて計算すると、成長率はもっと低くなるものと思われる。

各層の幹の成長量の幹の全成長量に対する割合（第8図）をみると、スギでは下層木を除き、樹冠より下層、特に地ぎわにおいて成長量が最も大きく、樹冠内の下層付近で成長量が少し減り、それより上層



第7図 供試木の樹高と枝下高

Fig. 7 Height and clear length of sample tree. Closed circles show tree height and open circles show clear length.

の、枝の成長量最大の層から少し下層付近で幹成長量のゆるやかなピークがみられる。一方ヒノキでは、地ぎわ付近を除くと、幹成長量の最も大きい部分は樹冠内の下層から樹冠直下付近にあり、その層は枝の成長量最大の層より下層にある。

幹の成長量の層別の違いは、林木の生育段階、林分構造などによって違いがあろうが、それは結局樹冠の発達のかたの違ひによるところが大であるといえる⁵⁾¹²⁾¹⁶⁾¹⁹⁾²¹⁾。当調査林分の枝下高が今後高くなるにつれ、幹の成長量の層別の違ひ方も変化していくであろう。

一般に、各層の幹成長量は上層からの積算葉量とほぼ比例するのではないかといわれてきたが、そのことに関してスギ、アカマツ、カラマツ、シラベ林について調査された報告⁵⁾によると、樹冠層の下部になるほど積算葉量に対する幹の成長量は小さくなり、とくにスギ、シラベのように樹冠層が深く、葉量の多い樹種の林分では、その傾向が著しいようである。

本調査における積算葉量に対する各層の幹の成長量の関係を示したものが第9図である。スギでは、両対数グラフ上で飽和曲線的な関係となり、樹冠層の下層では積算葉量に対する幹の成長量の割合は減少している。ヒノキでは、その関係は両対数グラフ上で直線関係となり、上層木の多くの直線はほぼ45°の傾きを示しており、積算葉量に対する各層の幹の成長量の割合はほぼ比例している。下層木の直線の傾きは45°より大きく、下層木では樹冠層の下層でその割合は大きくなっている。

枝の積算成長量と各層の幹成長量の関係を示したものが第10図である。スギでは上層木と下層木で傾向が異なり、上層木では直線の勾配が45°より小さく、枝の積算成長量に対する各層の幹成長量の割合は樹冠の下層で頭打ちになる傾向があるが、下層木では直線の勾配がほぼ45°であり、その割合は比例している。ヒノキにおいても上層木と下層木で傾向が異なるが、枝の積算成長量に対する各層の幹の成長量の割合は、積算葉量に対する割合とほとんど同じ傾向にある。

いずれにしてもスギ、ヒノキともに枝の積算成長量が増えれば各層の幹の成長量も増え、両者の間に密接な関係のあることはたしかである。

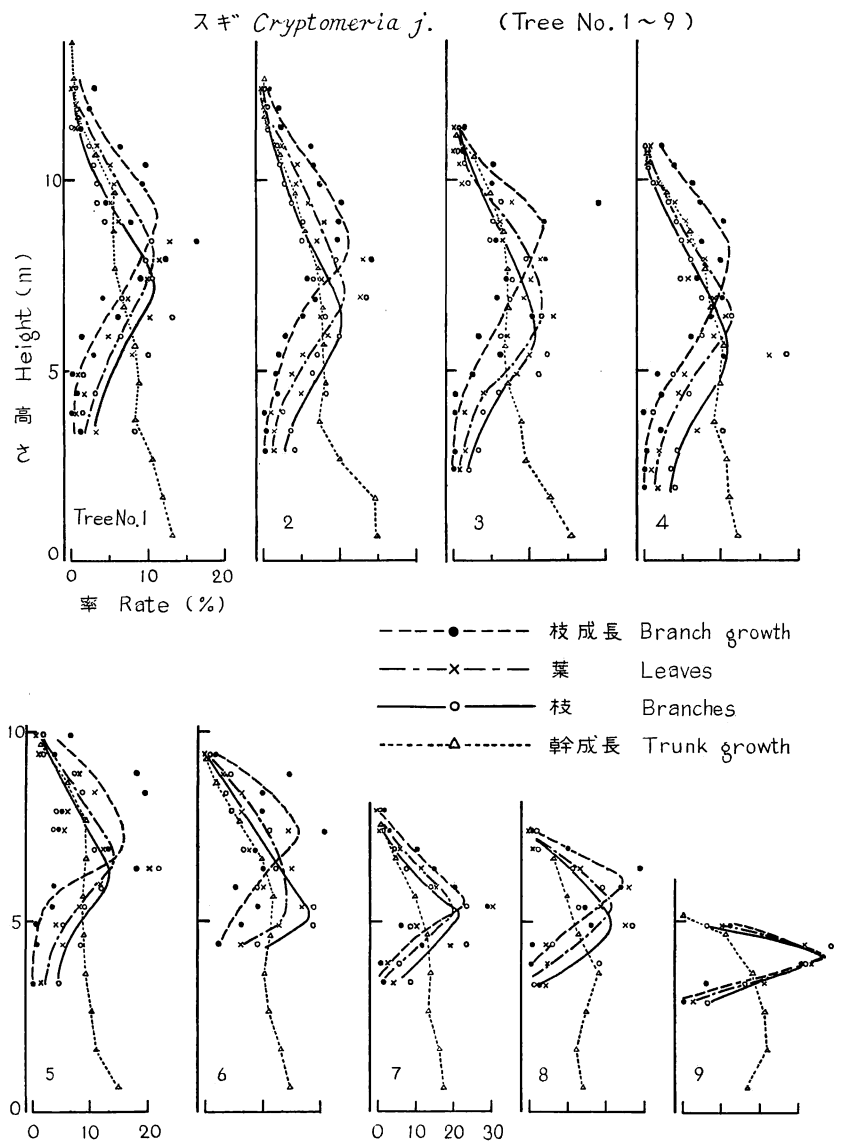
枝打ちについて

枝打ちの目的は多く挙げられているが¹²⁾¹³⁾²³⁾²⁴⁾²⁸⁾³⁴⁾³⁵⁾、単木の大きさ、通直性、完満性、生産される材の枝と幹の配分割合の大小などは、単位面積あたりの生産量になるべく落とさないことを前提とすれば、基本的には立木密度に関する問題といえる。とすると「枝打ち」はそのなかにあつて、主として木材の質のうち、幹材の無節性を高めることを目的として行なわれるものといえよう¹³⁾。

完全無節の丸太、または角材を得ようとする場合は、所定の直径と長さにおいて無枝にすればよい⁶⁾¹⁴⁾¹⁵⁾。しかし、板材に供するときは節の現われるのを避けることはできないこと、角材においても一般的には完全無節にできない場合が多いこと、そして用材の日本農林規格によると、節の数、大きさ、分布状態によって製材品の価値に大きな幅があることなどから、節があつても、それがなるべく小さく、また少ないという無節性の高さを問題とすることも必要と考える。

そこで幹の成長に対する寄与の程度が小さく、節形成量の大きな生枝を除くことも行なわれるわけである。

一方、林分内の各個体の成長をできるだけそろえるために、極端に成長のよすぎる個体、アバレ木に生枝打ちを施して、意識的に成長を抑えることも枝打ちの効用である¹²⁾²³⁾²⁴⁾²⁷⁾³¹⁾。除間伐によって劣勢木や有害木を除くと同時に、上層の優勢木に対して生枝打ちを行なえば径級のそろった完満な材が生産できる



第8図 葉、枝、枝成長、幹成長量の層別分配率

Fig. 8 Vertical change of distribution rate of leaves, branches, branch increment and stem increment in each stratum of each sample tree.

からである。

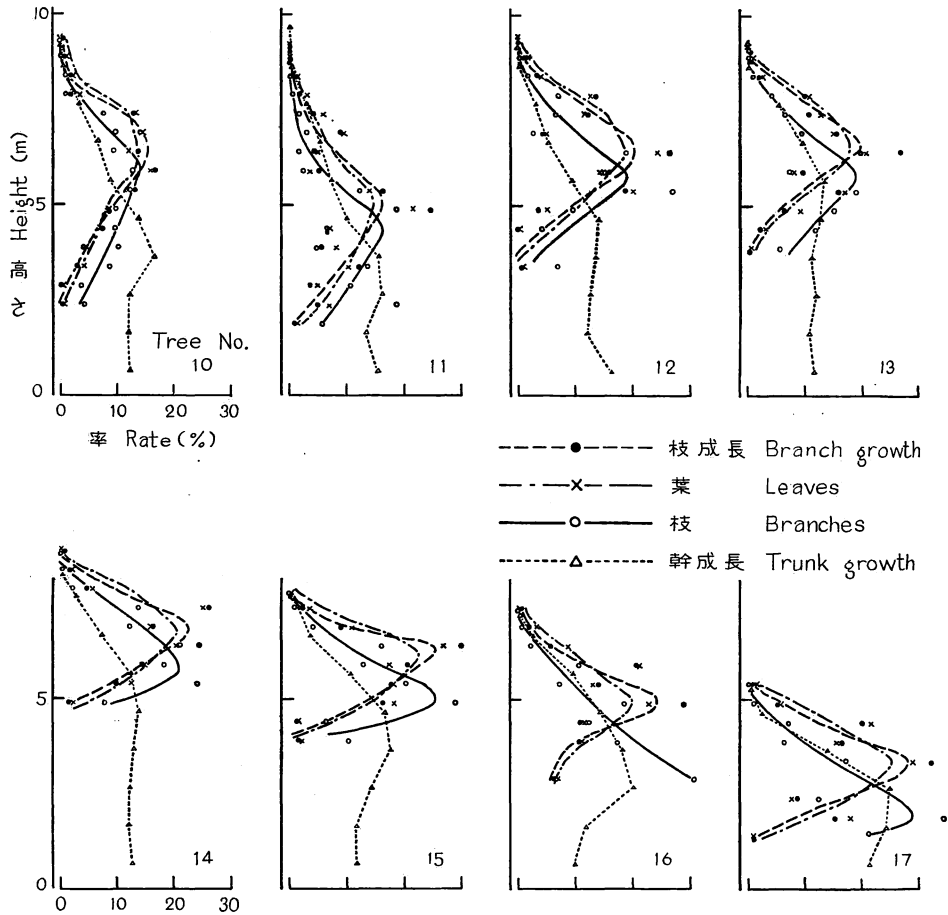
いずれにしても、枝打ちの問題は密度管理と切り離しては考えられないものといえる。

以上、いずれの目的の枝打ちに際しても、各層の枝の幹の成長に寄与している割合を知ることがまず必要である。そこで、各層の枝の評価について検討してみよう。

樹冠の層別評価

1. 幹材生産に対する枝の貢献度³⁾

樹木(森林)において同化器官は葉であり、枝はその葉を空間に効率よく支持、展開させ、養分、同化

ヒノキ *Chamaecyparis o.* (Tree No.10~17)

第8図 (つづき)

Fig. 8 (Continued)

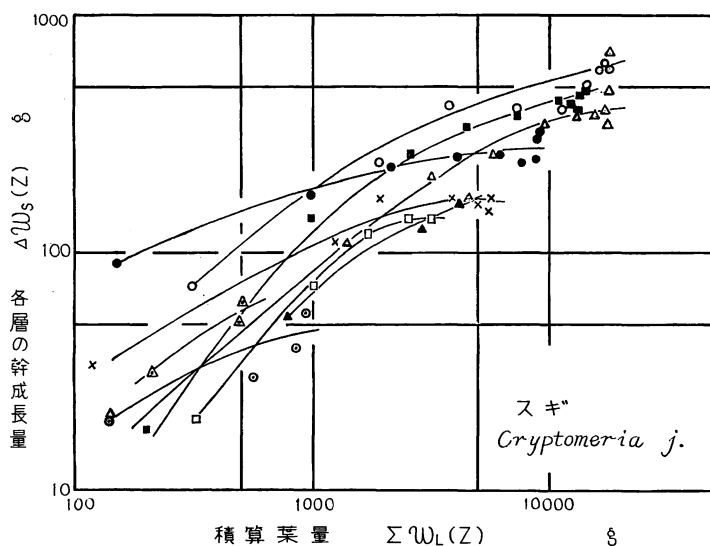
物などの通導器官としての役割を果たしている。しかし、その役割をどの程度果たしているかは層ごとに異なっているものとみられ、それらを比較するために枝の貢献度という言葉を使うことにし、ここでは特に幹材生産に対する枝の貢献度について考えることにする。

幹材生産に対する枝の貢献度は、どの程度の幹生産能率をもった葉を、どれだけその枝が保有しているかによって示すのが適当と思われる。すなわち

$$w_L(z) \times a \quad \dots\dots\dots (1)$$

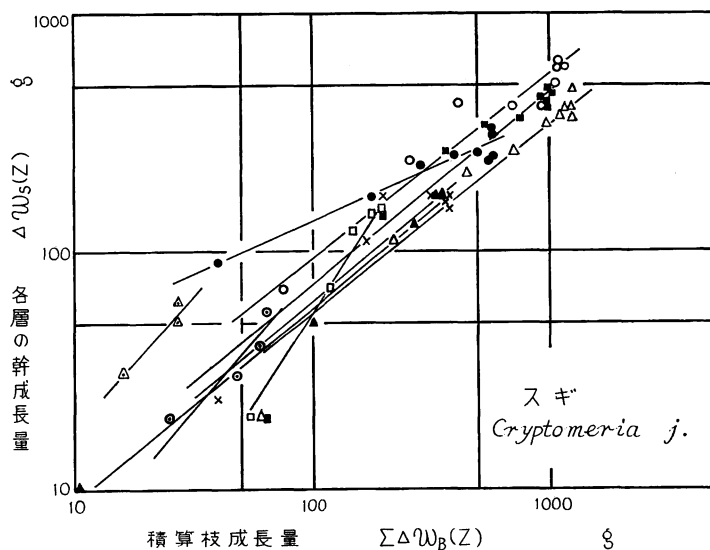
の大小によって各層の枝の貢献度を比較するのである。なお $w_L(z)$ は各層の葉量を、 a は葉の能率を表わす。この葉の能率には葉の幹生産能率をあてるべきであるが、層ごとの葉の幹生産能率は現在のところ知ることができないので、この報告では一つの仮定を設けて考察をすすめることにする。

すなわち、各層の葉で生産された物質の幹への蓄積量は、それぞれの層の枝への物質蓄積量と比例するという仮定である。この仮定は樹形のパイプモデル説²⁵⁾と相対成長の法則⁹⁾を参考にしたものである。この仮定に基づき、ある層の葉の幹生産能率をその層の葉の枝生産能率で表わすと、(1)は



第9図 供試木の積算葉量と

Fig. 9 Relationship between accumulated in each stratum ($\Delta w_s(z)$) of each sample



第10図 供試木の積算枝成長量

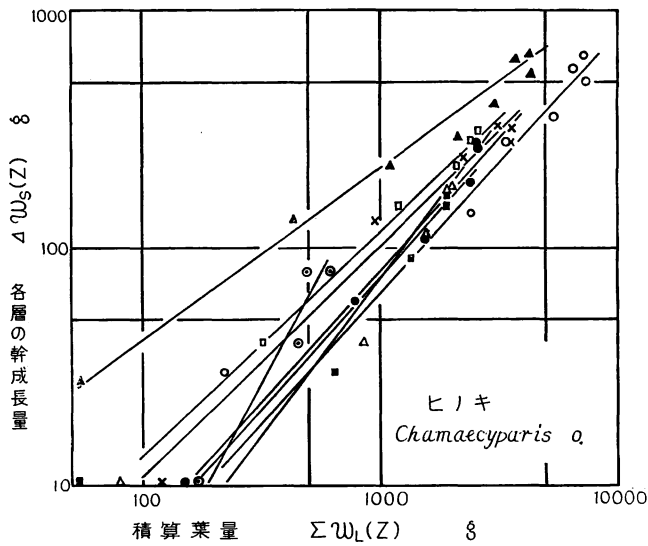
Fig. 10 Relationship between accumulated increment in each stratum ($\Delta w_s(z)$) of

$$w_L(z) \times \frac{\Delta w_B(z)}{w_L(z)} = \Delta w_B(z) \dots\dots\dots (2)$$

ということになり枝の成長量 $\Delta w_B(z)$ は、枝の幹材生産に対する貢献度の指標とすることができる。

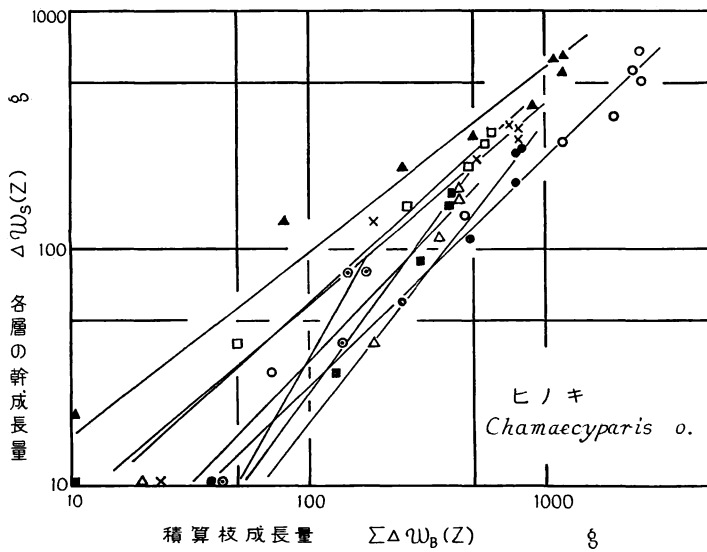
枝の成長量最大の層の位置関係については、先に第8図を用いて説明したとおりである。

ヒノキの各層の枝の成長量と葉量はほぼ比例関係にある（第8図）ので、枝の幹材生産に対する貢献度



各層の幹成長量の関係

leaf amount ($\sum w_L(z)$) and stem increment
tree.



と各層の幹成長量の関係

branch increment ($\sum \Delta w_B(z)$) and stem
each sample tree.

の指標は

$$w_L(z) \dots\dots\dots (3)$$

でも表わすことができる。また葉の能率を無視すれば、(3)はスギについても使うことができる。

2. 無節性の高い幹材生産に対する枝の貢献度³⁾

枝打ちの主目的の一つが無節性の高い幹材を生産することであることは先に述べた。そこで、幹材生産

量の犠牲をできるだけ少なくしながら、無節性の高い材を生産するにあたっての枝の貢献度というものを考えてみよう。

先にも述べたとおり、枝は同化器官である葉を支持、展開させ、葉による同化生産物の幹への通導器官として幹の生産に対して、プラスの働きをしているものである。一方、枝は幹のふとりにとまって幹に節を形成するものであり、その点でマイナス面を持つ。

先に、枝の成長量と幹の成長量は比例すると仮定したが、それに従えば、幹の成長量が増えれば節の形成量も増える。しかし現時点で考えれば、現在の枝の成長量は幹材生産に対してプラスであり、過去に蓄積された枝の量は、過去には幹生産にプラスであったが、現在では葉の支持、養分その他の通導の役割ということを別にすれば、節形成に関与するマイナス面の方が多いものとして、枝の現存量をマイナスとしてよいと考える。そこで、枝のこの1年間の成長量と枝の現存量の比率をもって、無節性の高い幹材生産に対する枝の貢献度を表わすことにする。

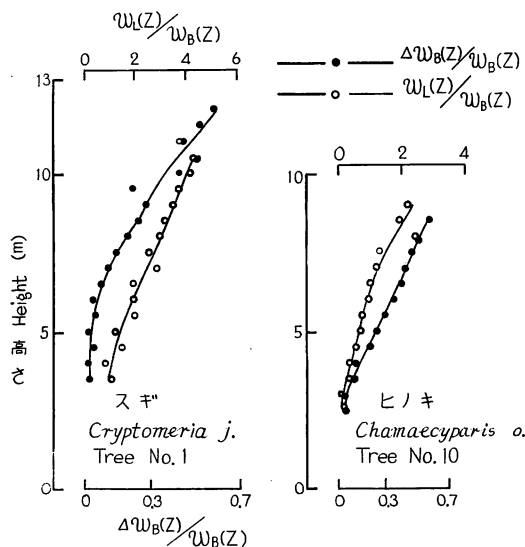
$$\frac{\Delta w_B(z)}{w_B(z)} \dots\dots\dots (4)$$

これは先に定義した枝の成長率と同じものである。

前節で述べたとおり、枝の幹材生産に対する貢献度の指標 $\Delta w_B(z)$ は、 $w_L(z)$ でも近似的に表現できるので(4)のかわりに、

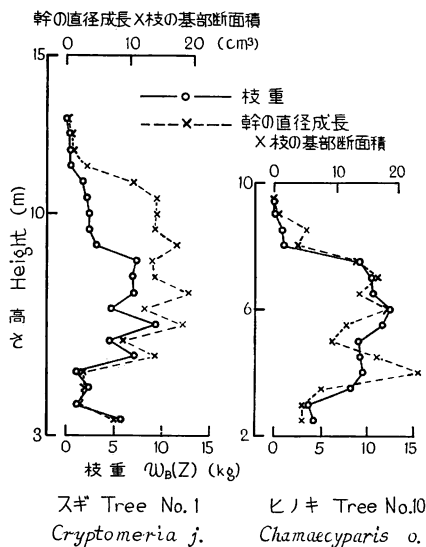
$$\frac{w_L(z)}{w_B(z)} \dots\dots\dots (5)$$

を用いてもよい。これは同化器官に対する非同化器官の割合である。



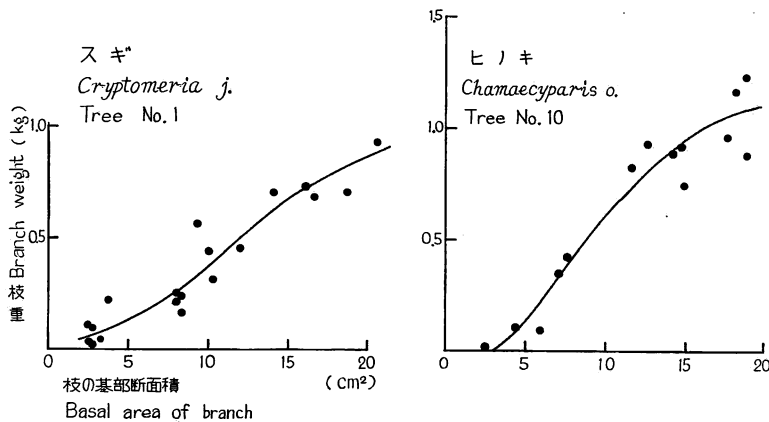
第11図 各層の(枝成長重/枝重)と(葉重/枝重)との関係

Fig. 11 Relationship between $\Delta w_B(z)/w_B(z)$ and $w_L(z)/w_B(z)$. $\Delta w_B(z)$, $w_B(z)$ and $w_L(z)$ denote branch increment, branch weight and leaf weight in each stratum, respectively.



第12図 各層の「枝重」と「幹の半径成長 × 枝の基部断面積」の関係

Fig. 12 Relationship between branch weight (solid line) and the product of stem radius and branch basal area (dotted line) in each stratum.

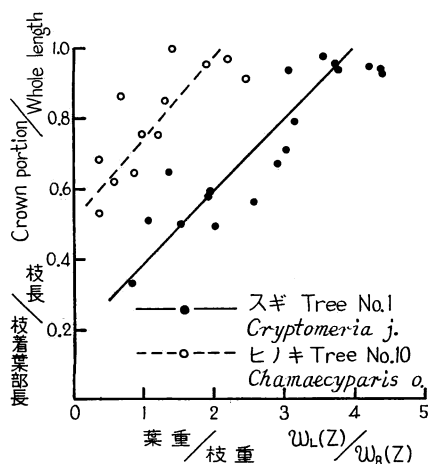


第13図 各層の枝の基部断面積と枝重の関係

Fig. 13 Relationship between basal area and weight of branch in each stratum.

(4)と(5)による計算結果を図示したものが第11図であるが、両曲線はほぼ同じ傾向を示している。ただスギの梢端部で $w_L(z)/w_B(z)$ の値が低下するのは枝と葉の区別に問題があり、緑色部をすべて葉とすれば $w_L(z)/w_B(z)$ の値は上層部ほど高くなるものと思われる。

以上のように、無節性の高い幹材生産に対する枝の貢献度というものを考察したが、これによると、下層にいくほど枝の貢献度は低くなることがわかった。このことから幹の成長量の犠牲をできるだけ少なくすることを前提として、無節性の高い幹材を得るために枝打ちするときは、その対象は下層の枝ほど効果があるということがいえる。そして前節で考察した枝の成長量最大の層、すなわち幹材生産に対する枝の貢献度の最も高い層をまずおさえ、それより下層において無節性の高い幹材生産に対する枝の貢献度を問題にすべきである。



第14図 各層の葉重/枝重と枝着葉部長/枝長

Fig. 14 Relationship between $w_L(z)/w_B(z)$ and crown length rate of branch in each stratum.

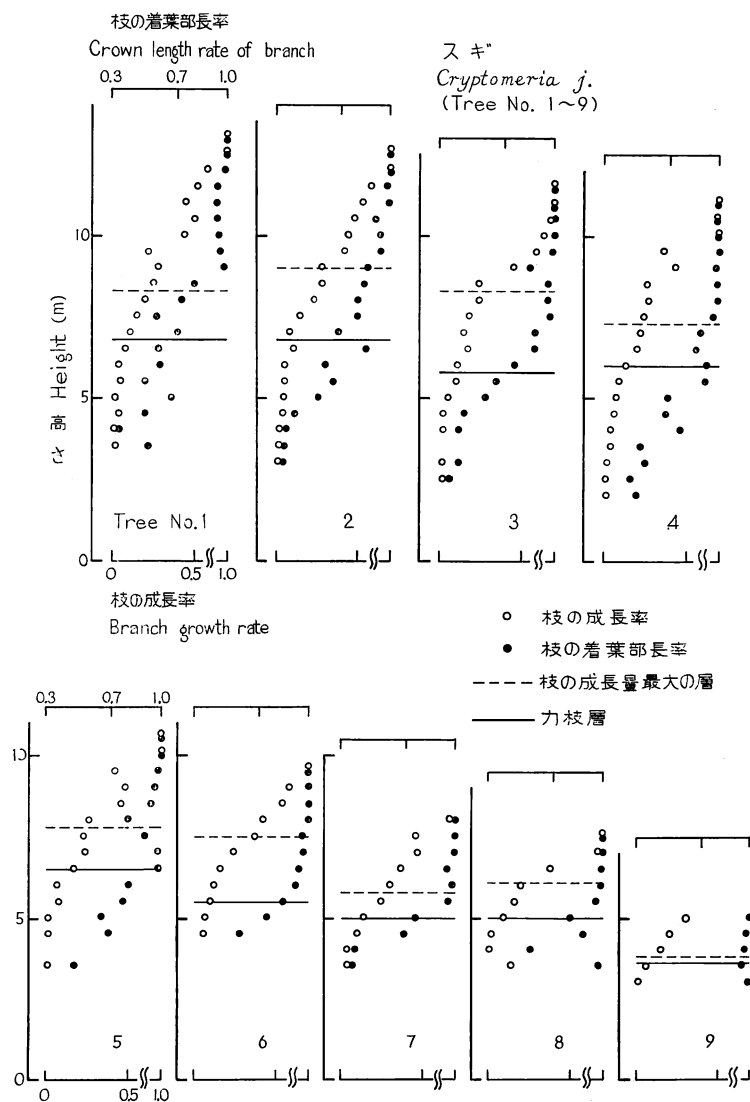
なお、節の形成量は枝の重量と密接な関係にあるものとしてきたが、幹の成長にともなう枝の節形成量は、「枝の基部断面積×幹の半径成長」である。節形成というマイナスのより正確な指標はこれをもって示すべきであるが、その層ごとの変化は第12図のごとく枝重量の層ごとの変化とだいたい同じ傾向であり、節形成というマイナス指標は枝重量で表わしても問題ないことがわかる。

枝の太さによって節の巻き込み方が変わり⁷⁾、またある太さ以上になると巻き込みがうまくいかないことが多い³⁴⁾といわれるが、その観点からの枝の評価のしかたには、ここではふれない。参考までに枝の基部断面積と枝重の関係を示すと第13図のとおりである。枝の重量と枝の容積はほぼ比例している²³⁾。

枝の貢献度とその形態的指標

前節で、枝の貢献度の数量的指標について考察したが、それが樹冠の外観的、形態的な何かの指標で求められれば便利である。

幹材生産に対する枝の貢献度は、この1年間の枝の成長量で表わしたが、第8図により、スギ、ヒノキともに力枝層よりも上層に幹材生産に対する枝の貢献度の最も高い層があり、さらに詳しくみると、ヒノキではそれはほぼ葉量の最も多い層にあたり、スギでは葉量の最も多い層よりさらに少し上層にあるということになる。



第15図 各層の枝の成長率と

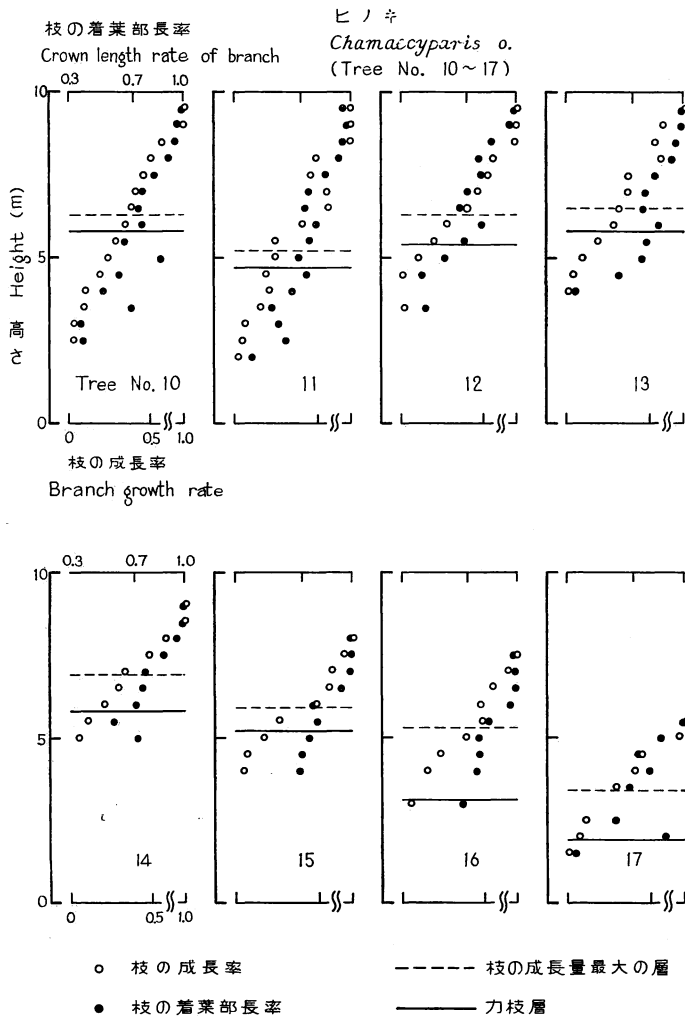
Fig. 15 Relationship between branch growth rate (closed circles) in each stratum. Solid line branch weight and broken line indicates the one

無節性の高い幹材生産に対する枝の貢献度を表わす指標の一つとして(葉重/枝重)をしめしたが、それと(枝の着葉部長/枝の全長)との関係を見ると第14図のとおりであり、ほぼ比例している(枝の着葉部と枯れ上がり部の区別は第2図に示してある)。この関係に着目して枝の基部からの枯れ上がり長率を無節性の高い幹材生産に対する枝の貢献度の形態的指標としてみた。

また、外観的に枝の基部からの枯れ上がりがわかるのは、枝の成長量最大の層より下層からであるから、枝の枯れ上がり長率は、幹材生産に対する枝の貢献度の下降のしかたの指標とすることもできる。

枝の成長率(貢献度)と枝の着葉部長率の層別変化の関係は第15図のとおりであり、両者の間には一種の平行関係が認められる。

「1-着葉部長率=枯れ上り長率」であり、第15図で横軸を右から左の方向に読むと枝の枯れ上がり



枝の着葉部長率の関係

(open circles) and crown length rate of branch indicates the height at the stratum with the largest with the largest branch increment.

第6表 力枝層その他と枝の基部からの枯れ上がり長率、高さとの関係
 Table 6. Relationship among max. weight strata, clear length rate
 of branch and its mean height

		平均枯れ上がり長率 (%) Mean clear length rate	平均の高さ (m) Mean height of each stratum
スギ <i>Cryptomeria j.</i>	枝成長量最大層 The stratum with the largest branch increment	7.2	7.1
	葉量最大層 The stratum with the largest leaf weight	12.8	6.3
	力枝層 The stratum with the largest branch weight	18.8	5.7
ヒノキ <i>Chamaecyparis o.</i>	枝成長量最大層 The stratum with the largest branch increment	24.8	5.7
	葉量最大層 The stratum with the largest leaf weight	25.4	5.7
	力枝層 The stratum with the largest branch weight	32.6	4.7

長率を読みとることができる。

力枝層その他と枝の枯れ上がり長率および高さとの関係は第6表、第15図のとおりである。

小出¹⁰⁾は樹高と枝下高の間に相関関係のあることを認めているが、筆者らが閉鎖した単純一斉林をいくつか調べたところでは、樹高と枝下高、または一定の枯れ上がり長率の高さとの間にはわずかに相関関係はあるが、巨視的にみれば、それらは樹高の大小にかかわりなく、ほぼ一定の範囲内にあるようである。第16図⁴⁾は調査林分の一つとしてスギとヒノキの11年生の閉鎖した単純一斉林の樹高、生枝下高および枝の枯れ上がり長率50%の高さの関係を図示したものである。この枝の枯れ上がり方に関する事実は枝打ちの応用にあって重要な意味をもつと考える(次節参照)。

さて、閉鎖した林分において、上層の成長とともに下層の枝は枯れ上がりが進行し、枯死していくのが一般である¹¹⁾。この点に着目して各層の枝の着葉部長率と枝の本数比率(各層の枝本数/枝の最大本数を有する層の本数)の関係を調べたのが第17図である。この図から両者にはある程度の比例関係があるものとみなせるので、枝の貢献度の外観的な推定に枝の相対密度も参考にできそうである。

枝打ちの応用例

調査林分の測定結果とこれまでに考察したことをもとにして、調査林分の枝打ち方法を検討してみる。

この節では、劣勢木で除伐整理の対象となるスギの No. 8, 9 とヒノキの No. 17 を除いて、林分あたりの諸数値、平均値を計算した。

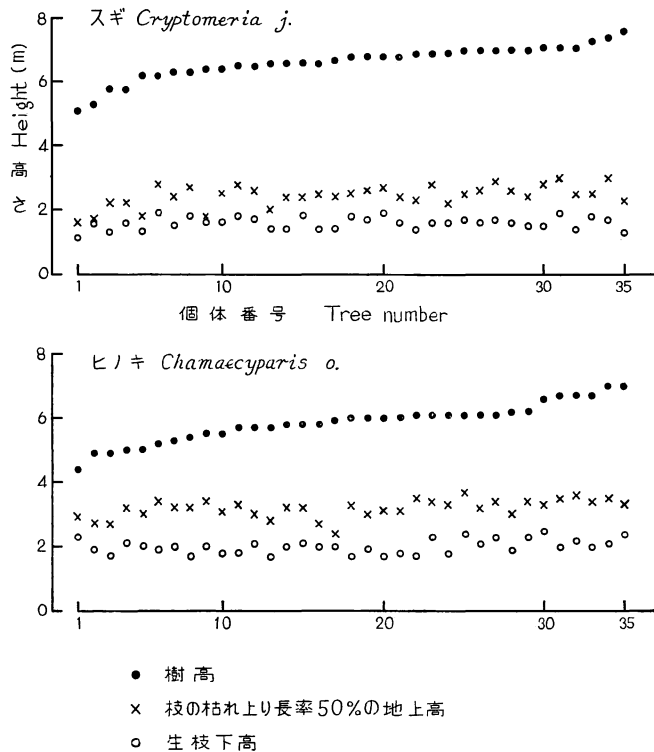
1. 形態的指標に応じて個体ごとに枝打ちする方法

まず一定の枝の基部からの枯れ上がり長率に応じて、個体ごとに高さを変えて枝を打つ方法を検討してみよう。

第7表、第18図はある一定の枝の枯れ上がり長率まで個体ごとに枝打ちした場合の枝、葉の除去率と、

第16図 11年生のスギとヒノキにおける樹高と枯れ上がり率の関係

Fig. 16 Relationship between tree height and clear length in 11-year old pure stands of *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa*. Closed circles, crosses and open circles denote tree height, the height at 50 percent of branch clear length rate and the height at the lowermost living branch.

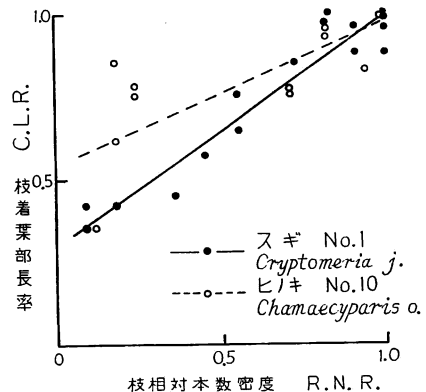


枝の成長の損失率の関係を示したものである。

これによると、たとえば、枯れ上がり率40%まで枝打ちした場合、スギでは樹冠の枝打ち長率は21%、除去した枝の重量の割合は27%であるが、損失した葉は15%、損失した枝の成長率はわずかに5%である。ヒノキでは枝打ち長率が16%、枝の除去率26%、それに対して葉の損失率は8%、枝成長量の損失率はわずかに6%である。スギ、ヒノキとも林分あたり約4分の1の枝を除去することになるが、成長の損失量はおよそ20分の1にすぎず、いま成長量の損失率をもって枝打ちの強弱を判定するならば、枝の枯れ上がり率40%以下の枝打ちは弱度の枝打ちということになる。

次に、枝の枯れ上がり率30%までのところを打ち上げるとすると、スギでは樹冠長の3分の1近くを枝打ちし、相当量の枝、葉を落としたにもかかわらず、枝の成長の損失量はわずかに12%で、やはり弱度の枝打ちであるといえる。ヒノキでは樹冠長の3分の1を枝打ちし、枝の除去量は約2分の1、枝の成長の損失量は4分の1強に達する。したがって、この程度までの打ち上げとなると、ヒノキでは成長の犠牲がある程度大きくなることが予測される。

上記の例は枝の枯れ上がり率を指標とした枝打ち例であるが、次に同じく形態的指標としての力枝層



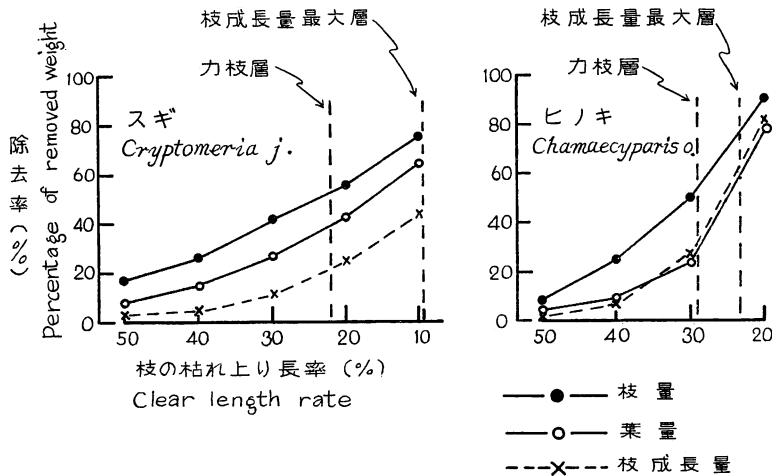
第17図 枝の着葉部長率と枝の相対本数密度

Fig. 17 Relationship between crown length rate (C.L.R.) of branch and relative number rate of branch (R.N.R.) in each stratum.

第7表 一定の枝の枯れ上がり長率で枝打ちした場合

Table 7. Result of the pruning at a definite clear length rate of branch

樹種 Species	枝打ち位置 枝の枯れ上がり長率 Clear length rate of branch (%)	樹冠の平均 枝打ち長率 Mean rate of pruning length in crown	枝打ちで除去した重量の割合 The rate of the loss by removal		
			枝 Branches	枝成長 Branch increment	葉 Leaves
スギ <i>Cryptomeria j.</i>	50	0.14	0.17	0.03	0.08
	40	0.21	0.27	0.05	0.15
	30	0.31	0.42	0.12	0.28
	20	0.40	0.55	0.25	0.43
	10	0.49	0.75	0.45	0.65
ヒノキ <i>Chamaecyparis o.</i>	50	0.06	0.06	0.01	0.01
	40	0.16	0.26	0.06	0.08
	30	0.33	0.51	0.27	0.26
	20	0.66	0.91	0.82	0.78



第18図 一定の枝の枯れ上がり長率で枝打ちした場合

Fig. 18 Result of method 1 with which branches were removed at a definite clear length rate of branch.

Closed circles, open circles and crosses denote branch weight, leaf weight and branch increment, respectively. Right dotted line indicates the mean clear length rate of branch of the stratum with the largest branch increment and left dotted line indicates the one with the largest branch weight.

までを枝打ちするとどうなるか。スギでは枝の平均枯れ上がり長率が22%のところであり、枝打ちする長さが3mで、その樹冠長に対する割合は38%、除去する枝量の割合は2分の1以上で、外観的には強度の枝打ちに属するようであるが、成長量の損失は5分の1にすぎず、成長の損失量のみからみれば、それほど強い枝打ちにはならない。ヒノキについてみると、枝の平均枯れ上がり長率は29%のところであり、枝打ち長1.7mで、その樹冠長に対する割合は30%、除去する枝量の割合は2分の1以上、成長の損失量は3分の1である。外観的な枝打ちの強さはスギとあまり変わらないが、成長の損失量はかなり大きい。

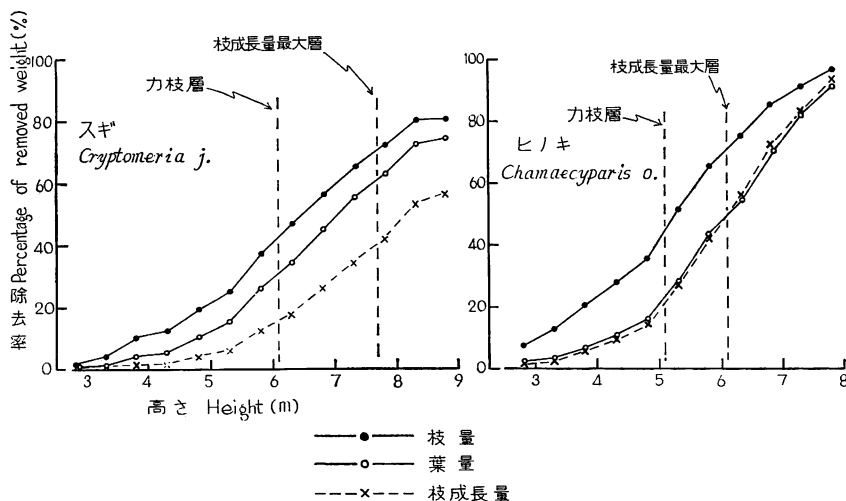
2. 一定の地上高で一斉に枝打ちする方法

先に、単純一斉林においては樹高の大小にかかわりなく、枝下高またはある一定の枝の枯れ上がり長率の高さがほぼ一定の範囲におさまること(第16図)、当林分においてもだいたいその傾向にあてはまるこ

第8表 一定の高さで枝打ちした場合

Table 8. Result of the pruning at a definite height above ground level

樹種 Species	枝打ちの高さ The height of pruning (m)	樹冠の平均枝打ち長率 Mean rate of pruning length in crown	枝打ちで除去した重量の割合 The rate of the loss by removal		
			枝 Branches	枝成長 Branch increment	葉 Leaves
スギ <i>Cryptomeria j.</i>	2.8 まで	0.03	0.02	0	0.01
	3.3	0.04	0.04	0	0.02
	3.8	0.05	0.10	0.01	0.04
	4.3	0.12	0.12	0.02	0.05
	4.8	0.18	0.20	0.04	0.10
	5.3	0.25	0.25	0.06	0.15
	5.8	0.32	0.38	0.13	0.26
	6.3	0.38	0.46	0.18	0.35
	6.8	0.45	0.57	0.27	0.46
	7.3	0.51	0.66	0.35	0.55
	7.8	0.58	0.73	0.42	0.63
	8.3	0.65	0.80	0.53	0.73
	8.8	0.71	0.81	0.56	0.75
ヒノキ <i>Chamaecyparis o.</i>	2.8	0.04	0.07	0.01	0.02
	3.3	0.05	0.14	0.03	0.04
	3.8	0.06	0.21	0.06	0.07
	4.3	0.15	0.28	0.10	0.11
	4.8	0.24	0.36	0.15	0.16
	5.3	0.33	0.50	0.27	0.28
	5.8	0.42	0.66	0.42	0.43
	6.3	0.51	0.76	0.56	0.56
	6.8	0.60	0.86	0.72	0.58
	7.3	0.69	0.92	0.84	0.82
	7.8	0.78	0.97	0.94	0.93



第19図 一定の地上高で枝打ちした場合

Fig. 19 Result of method 2 with which branches were removed at a definite height above ground level.

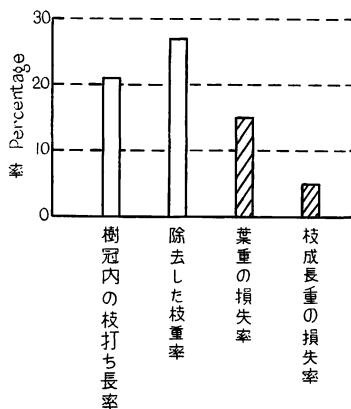
Closed circles, open circles and crosses denote branch weight, leaf weight and branch increment, respectively. Right dotted line indicates the mean height of the stratum with the largest branch increment and left dotted line indicates the one with the largest branch weight.

第9表 枝の枯れ上がり長率とその平均地上高の関係

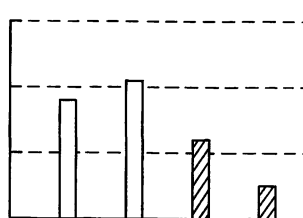
Table 9. Relationship between clear length rate of branch and its mean height above ground level

スギ <i>Cryptomeria j.</i>		ヒノキ <i>Chamaecyparis o.</i>	
枯れ上がり長率 Clear length rate of branch (%)	平均地上高 Mean height (m)	枯れ上がり長率 Clear length rate of branch (%)	平均地上高 Mean height (m)
10	6.9	20	6.4
20	6.1	30	5.1
30	5.4	40	4.1
40	4.9	50	3.6
50	4.2		

スギ *Cryptomeria j.*

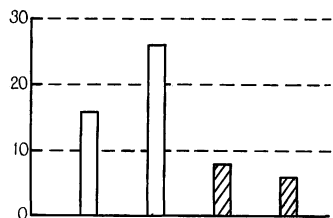


枯れ上がり長率40%までの枝打ち
Pruning up to the height of 40%
of clear length rate of branch

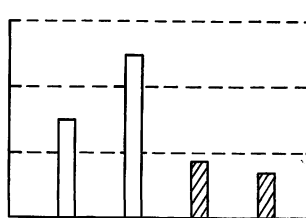


地上高4.9mまでの枝打ち
Pruning up to the height of 4.9m

ヒノキ *Chamaecyparis o.*



枯れ上がり長率40%までの枝打ち
Pruning up to the height of 40%
of clear length rate of branch



地上高4.1mまでの枝打ち
Pruning up to the height of 4.1m

第20図 2方法による枝打ち結果の比較一例

Fig. 20 Comparison of the effects of two pruning methods (one example). In each graph, first line shows the pruning length rate in crown, second one shows the rate of removed branch weight, third one shows the rate of lost leaf weight and right one shows the rate of lost branch increment.

と(第7, 15図)を指摘した。それに基づけば、たとえば枝の枯れ上がり長率40%ぐらいを枝打ちしようとするれば、その平均地上高を求め、それが仮に5mとすれば、すべての個体をいっせいに5mまで打ち上げても、個体ごとに高さを変えて打った結果とそれほど変わらないのではないかと推測される。

第8表, 第19図はある一定の高さでいっせいに枝打ちした場合の枝, 葉の除去率と枝の成長の損失率の関係を示したものである。この図表に従えば、何メートルまで打ち上げれば、何パーセントの枝を除去し、何パーセントの成長量が失われるかなどを予測することができる。

第9表の枝の枯れ上がり長率とその平均地上高の関係から、第18図と第19図のそれぞれ対応するところをみると、力枝層以下では両方法による結果はほぼ同じになることがわかる。その1例を第20図に示す。

個体の大小にかかわらず一定の高さで、いっせいに枝打ちできることは施業上便利であろう。

ただし、個体ごとに成長をコントロールする目的の枝打ちには、この方法が適さないことはいうまでもない。

3. スギとヒノキの比較

以上の枝打ち例からスギとヒノキを比較すると、スギでは外観的な枝打ちの強さの程度に比して成長の損失量はかなり少ないこと、ヒノキはスギにくらべて外観的には同じ程度の強さでも、成長の損失量は比較的大きいことが目につく。このことはスギはヒノキにくらべて、能率の悪くなった葉と成長の落ちた枝を、かなり長期にわたって下層まで着けていること(第6図)に関係しよう。一方、観察によるとヒノキの下層の枯れ上がり方はスギにくらべて速く進行するが、枯れ枝は長い間幹に着いたままである。このことから、材積成長の犠牲をできるだけ少なくして無節性の高い材を得ようとするとき、スギではある程度の生枝打ちを行ない、ヒノキでは枯れ枝打ちを頻繁にし、ごく下層の生枝打ちを行なうことが有利ではないかと思われる。

なお枝打ちによる幹の成長の損失量を現在の枝の成長量に基づいて予測してきたが、上層の成長にともない下層の枝葉は、年々衰えていくものであるから、実際の成長の損失量は、上記に予測したものより少ないのではないかと考えられる。

いくつかの樹種で試験された生枝打ちが、幹の成長におよぼす影響についての報告¹⁶⁾²⁶⁾³²⁾³³⁾³⁸⁾によると生枝打ちの程度が強いほどその後の幹の直径または幹材成長は減退する。しかし、強度の枝打ちでも地位さえ悪くなければ、枝打ち後3~5年ぐらいで幹の成長はもとに回復するようであり、中程度の枝打ちでは幹の成長の減少は比較的少なく、その回復も1~2年ぐらいですむようである²⁶⁾³³⁾。

なお、これらの報告²⁶⁾³²⁾³³⁾³⁸⁾では枝打ちの強さ(おもに樹高に対する枝打ち高の割合)と、その林分のかみ方や樹冠構造上の特色などとの関連がはっきりしないので、枝打ちの強さの程度をほかの試験のそれと比較することは困難である。

結 語

この報告は、今回調査した林分の資料をもとにして枝打ちのすすめ方を検討したもので、その論をすすめるにあたって相当飛躍した点もあり、不十分なところもあるが、とりあえずは枝打ち技術に関する研究の一つの基礎資料とするとともに、今後の研究をすすめるにあたっての一つの指針としようとしたものである。

今後、より明確な判断をうるためには、さらに多くの資料の積み重ねを行なうとともに、実際に枝打ち

して実証的にその効果を確認していくことや、成長にともなう樹冠の枯れ上がりの速度をおさえることが必要であり、さらに生理的な面からの種々の追跡など、今後の課題は多いと思われる。また、枝打ちの研究は、本質的には密度管理と密着させてすすめなければならないであろう。

摘 要

枝打ち技術を改善するためのより明確な基礎的資料をうるために、森林の生産構造の解析を行ない、その資料に基づいた枝打ちのすすめ方を検討した。

調査林分はスギとヒノキを3列おきに植栽した19年生の混交林である。林分は閉鎖しているが、まだ樹種相互の影響は少ない(第1図)。

この研究では、林分あたりの生産構造、諸量をおさえる一方、単木的な取り扱いにも重点をおいた。

樹冠を垂直方向に50cmごとの階層に分け、生態的な諸傾向の階層別特色をとらえることに重きをおいたが、その論をすすめる過程において、各層の葉によって生産された物質の幹への蓄積量は、それぞれの層の枝への物質蓄積量と比例するという仮定を設け、それに従って、垂直方向の階層別の枝葉の幹材生産に対する寄与の度合を検討した。

そのために、全供試木の枝を細かく区分求積して、できるだけ正確に枝の成長量をとらえることに留意した。

調査結果のおもな点は次のとおりである。

枝の量の最も多い層を力枝層と呼べば、スギでは力枝層より少し上層に葉量最大の層があり、さらにその少し上層に枝成長量最大の層が認められ、ヒノキでは力枝層の少し上層に葉量と枝の成長量の最大の層が認められる(第8図)。

樹冠内での幹の成長量の大きい部分は、スギでは枝の成長量の最大の層のすぐ下層付近に、ヒノキでは枝の成長量最大の層から少し離れた下層付近に認められる(第8図)。

スギの葉の枝生産能率は上層から下層に向かって漸減しているが、ヒノキのそれは上層から下層まで変化が少ない(第6図)。

現存する枝の量に対するこの1年間の枝の成長量の割合(成長率)は、スギ、ヒノキともに上層から下層に向かって減少し、最下層ではほとんど零に近くなっている(第6図)。

同化器官である葉と非同化器官の枝の比率の層ごとの変化の状態も、枝の成長率のそれと似た傾向を示している(第11図)。

林内における枝の基部からの枯れ上がり方をみると、同じ程度の枝の枯れ上がりのすすみ方の位置、たとえば生枝下高や、枝の枯れ上がり長率50%の地上高は樹高の大小にかかわりなく、ほぼ一定の範囲内にある(第7、16図)。

また、枝の成長率と枝の着葉部長率とは比較的似た傾向を持っている(第15図)。

上記の調査結果をもとにして、次のように枝打ちのすすめ方について考察した。

幹材生産に対して最も貢献度の高い層は、枝の成長量の最大の層であり、その外観的指標は、スギでは葉量最大の層の少し上層、ヒノキでは葉量最大の層で、いずれも力枝層より上層である。また枝の枯れ上がり長率を外観的指標とすると、この林分では、スギは枝の成長量最大の層の枝の平均枯れ上がり長率は7%、ヒノキのそれは25%であり(第6表)、この層をおさえることが枝打ちを考えるにあたって、まず

肝要である。

無節性の高い幹材生産に対する枝の貢献度の指標を、層ごとの“枝の成長量/枝の現存量”，または“葉の現存量/枝の現存量”で表わしたが、これは枝の成長率と同じように上層から下層に向かってほぼ直線的に減少する（第6、11図）。したがって、同じ量の枝を落とすとすれば、下層の枝から落としていくのが有利ということになる。

無節性の高い幹材生産に対する枝の貢献度の変化の状態、または幹材生産に対する枝の貢献度の下降のしかたは、枝の着葉部長率または枝の枯れ上がり長率を外観的指標とすることができる（第15図）。

枝打ちのしかたについて2とおり考えた。1つは、ある一定の指標に従って個体ごとに枝打ちする方法（方法1）、他の一つは、ある一定の高さでいっせいに枝打ちする方法（方法2）である。

枝の枯れ上がり長率を枝の貢献度の指標にとると、方法1は各層の枝の貢献度と枝の枯れ上がり長率との関係（第6表、第18図）をおさえて、適当と定めた一つの枯れ上がり長率に従って個体ごとに枝打ちをすすめていくのである。

そして、方法1は次のように方法2と結びつく。すなわち、ある一定の枝の枯れ上がり長率の高さは、樹高にかかわらずほぼ一定の範囲内にあること（第7、16図）から、ある一定の枯れ上がり長率の平均地上高を求めて（第9表）、その高さでいっせいに枝打ちを行なっても、力枝層より下層では方法1で行なったとほぼ同じ結果が得られるわけである（第18、19、20図）。

このことは、枝打ち実施上好都合であろう。

枝打ちに関してスギとヒノキを比較すると、スギでは枝葉をかなり多く落としても、すなわち、外観的にかなり強くみえる枝打ちを行なっても、成長量の損失はその割に少ないが、ヒノキで外観的にスギと同じぐらいの枝打ちをすると成長量の損失はかなり大きい（第18、19図）。また、スギはヒノキにくらべて能率の悪くなった葉と成長の落ちた枝を下層まで着ており（第6図）、一方、観察によるとヒノキの下層の枯れ上がり方はスギにくらべて速く進むが、枯れた枝は長い間幹に着いたまま残る。このようなことから、材積成長の犠牲をできるだけ少なくして無節性の高い材をうるためには、スギではある程度の強さの生枝打ちを行なうこと、ヒノキでは枯れ枝打ちを頻繁にし、ごく下層の生枝打ちを行なうことが有利ではないかと考えられる。この調査林分を例にとると、スギは枝の枯れ上がり長率30%ぐらいの高さで、樹冠の3分の1ぐらいまで、ヒノキは35%で4分の1ぐらいまで枝打ちすることが考えられよう。

文 献

- 1) 安藤 貴・蜂屋欣二・土井恭次・福田英比古：標本調査によるスギの単木および林分枝葉量の推定，日林誌，41，pp. 117～124，（1959）
- 2) 藤森隆郎・山本久仁雄：スギとヒノキの枝の生長について，19回日林関西支講，pp. 210～212，（1968）
- 3) ———：幹材生産に対する枝の役割とその評価について，80回日林講，（投稿中），（1969）
- 4) ———：単純一斉林における下枝の枯れ上り方について，（仮題），未発表
- 5) 蜂屋欣二：葉群の垂直的配列と生産量，78回日林講，pp. 114～115，（1967）
- 6) 加納 孟：保育と材質，造林ハンドブック，養賢堂，pp. 277～284，（1965）
- 7) ———：スギのかくれ節による丸太外面の凹凸痕，林試研報，200，pp. 33～42，（1967）
- 8) 木原富雄：枝打事業について，御料林，133，pp. 81～85，（1939）
- 9) 吉良竜夫：相対生長，植物生態学〔2〕，生態学大系，古今書院，pp. 265～272，（1960）

- 10) 小出良吉：枝打に関する研究 I．枝打の高さに就ての予備的考察，昭和13年度日林講，pp. 162～164，(1939)
- 11) ———：枝打に関する研究(第四報) 枝の枯槁経過とその腐朽落下に就て，日林誌，**23**，pp. 364～377，(1941)
- 12) LARSON, P.R. : Stem Form Development of Forest Trees. For. Sci., **9**, Monograph 5. (1963)
- 13) 松下規矩：林学の饗宴，東京緑友会，pp. 74～105，(1953)
- 14) ———：———，———，pp. 191～224，(1953)
- 15) ———：ヒノキを検討する，現代林業，41年度5号，全国林業改良普及協会，pp. 27～29，(1967)
- 16) 尾方信男・長友安男：サシスギ幼令木の枝打ちによる着葉量と成長について，78回日林講，pp. 104～106，(1967)
- 17) 荻野和彦・森田正彦・四手井綱英：林木の枝量とその生長量 (I)，京大演報，**39**，pp. 79～90，(1967)
- 18) ———・尼崎博正・藤森隆郎・四手井綱英：林木の枝量とその生長量 (II)，京大演報，**40**，pp. 50～66，(1968)
- 19) 尾中文彦：樹木の肥大成長の縦断的配分，京大演報，**18**，pp. 1～53，(1950)
- 20) 林業試験場関西支場年報，**9**，pp. 14～15，(1967)
- 21) 斎藤秀樹・四手井綱英・菅 誠：樹幹形についての考察 2，3の幹形の表し方および幹における同化物質の垂直配分についての考え方，京大演報，**40**，pp. 93～110，(1968)
- 22) 佐藤大七郎・扇田正二：林分生長論資料4，わかいヒノキ人工林における葉の量と生長量の関係，東大演報，**54**，pp. 84～85，(1958)
- 23) 四手井綱英：枝打，アカマツ林の造成—基礎と実際—，地球出版，pp. 262～265，(1963)
- 24) ———：森林の保育と生態，林業教育研究会編，pp. 161～164，(1967)
- 25) SHINOZAKI, K., K. YODA, K. HOZUMI and T. KIRA: A quantitative analysis of plant form—the pipe model theory. I. Basic analysis. Jap. J. Ecol. **14**, pp. 97～105, (1964)
- 26) SLABAUGH P.E. : Effects of Live Crown Removal on the Growth of Red Pine, J. For., **55**, pp. 904～906, (1957)
- 27) 只木良也・四手井綱英：林木の競争に関する研究 (IV) 生長にともなう林分内の個体順位の変動，日林誌，**44**，pp. 203～212，(1962)
- 28) ———・尾方信男・長友安男：九州スギ林の物質生産力，林試研報，**173**，p. 47，(1965)
- 29) ———・———・———・吉田武彦：森林の生産構造に関する研究 (X) 無間伐の45年生ヒノキ林の生産力，日林誌，**48**，pp. 387～393，(1966)
- 30) ———・———・———：森林の生産構造に関する研究 (XI) サシキスギと実生スギの28年生造林地の物質生産力，林試研報，**199**，p. 48，(1967)
- 31) ———：枝打ち，スギのすべて，全国林業改良普及協会，pp. 250～257，(1969)
- 32) 田尻清三・漆戸 啓：枝打の程度と生長量について，御料林，**136**，**9**，pp. 37～44，(1939)
- 33) 高原末基：スギおよびヒノキの枝打が幹の成長におよぼす影響，東大演報，**46**，pp. 1～24，(1954)
- 34) ———：枝打の基礎と実際，地球出版，pp. 110～113，(1961)
- 35) ———：枝打ち，造林ハンドブック，養賢堂，pp. 270～277，(1965)
- 36) 早稲田 収・藤森隆郎・山本久仁雄・衣笠忠司：混交林の経営に関する研究 I 馬乗山試験地調査の結果，林試関西支場年報，**10**，pp. 37～44，(1969)
- 37) 四大学合同および信大合同調査：森林の生産力に関する研究 第三報 スギ人工林の物質生産力について，日林協育林技術研究会，p. 26，(1960)
- 38) YOUNG H.E. and P.J. KRAMER: The Effect of Pruning on the Height and Diameter Growth of Loblolly Pine, J. For., **50**, pp. 474～479, (1952)

Fundamental Studies on Pruning I**Discussion about pruning on the basis of an ecological research**

Takao FUJIMORI

(Résumé)

Introduction

This report is one of the fundamental studies made for the improvement of pruning technique. The production structure of a stand was analyzed and on the basis of this data the application of ecological knowledge to pruning technique was discussed in this report.

Although many reports concerning crown structure and trunk growth have been published, there are still unknown points about branch growth in every stratum. This is probably due to the fact that measuring branch increment involves complicated procedures. Therefore, in this experiment, much attention was given to the precise measurement of branch increment.

The *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa* that were used in this experiment are the most extensively planted coniferous trees in Japan.

Experimental Stand

The experimental stand was in a mixed forest of *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa* located in Hiroshima prefecture in the south western part of Japan. Both species were planted in alternating vertical strips of three rows each (Fig. 1); the stand was 19 years old and had already closed but neither species had yet influenced the other (Fig. 1). Furthermore, thinning and pruning had not yet been practiced. The site condition was comparatively good.

A survey of the stand is shown in Table 1.

Material and Methods

The field work was carried out from March to May, 1968. In the sample plot (250 m²) which included 47 trees of *Cryptomeria japonica* and 36 of *Chamaecyparis obtusa*, the trunk diameter at breast height (D.B.H) and the height of every tree were measured. For precise measurement and analyses, 9 sample trees of *Cryptomeria japonica* and 8 of *Chamaecyparis obtusa* were felled in proportion to the frequency distribution of the D.B.H. and of the height. Of each trunk, the branches, leaves and roots were weighed according to the stratified clipping method—the trunk was sawed into stratum lengths of 1 m, and the leaves and branches into 50 cm length strata. The diameter at the base, the whole length and the clear length of every branch were measured. The distinction between the clear portion and the crown portion of a branch is shown in Fig. 2.

Some samples of trunk discs and tree parts were chosen from every felled tree and brought back to the laboratory for dry weight determination and branch and stem analyses. The increment in the trunk and branches during the last year was calculated according to the stem analysis method. Each branch was cut into sections of 5~25 cm in proportion to its size, and its annual

Received October 2, 1969

(1) Silviculture Unit, Silviculture Division, Kansai Branch Station.

growth rings were examined with a magnifying glass. Then, special attention was given to the distinction between the annual growth rings and the lack of the rings. When it was difficult to distinguish whether a growth ring in a branch had developed during the last year, stem annual rings, annual shoot or the ratio of leaves and branches of the corresponding stratum were referred to.

All of the values of the measurement are shown in Table 3.

The amount in ha was calculated by the following equation :

$$y = y' G / G'$$

where y , y' , G and G' represent the total weight in ha, of sample trees, the total basal area in ha and of sample trees, respectively.

In this report, increment means the amount of increase in net production matter during the last year where the amount of losses by death, shedding or other causes during the last year are neglected. Weight data are given on an oven-dry basis, unless stated otherwise.

Results

The structure of the stand is shown in Fig. 4 and 5, and the volume and weights of the tree parts in ha are shown in Table 4.

Fig. 8 reveals that, in *Cryptomeria japonica*, the stratum with the largest leaf weight was usually found around the middle part of the crown of the tree, the stratum with the largest branch weight was found just below that with the largest leaf weight, and the stratum with the largest branch increment was found just above the one with the largest leaf weight. In *Chamaecyparis obtusa*, the stratum with the largest leaf weight and the stratum with the greatest branch increment are almost the same place, both occurring above the stratum with the largest branch weight.

In Fig. 6, the rate of branch increment against leaves per stratum decreases gradually from the upper part to the lower part of the crown in *Cryptomeria japonica*, but in *Chamaecyparis obtusa*, only a slight change from upper to lower part is observed.

Also in Fig. 6, the branch growth rate (the rate of branch increment during the last year against the weight of the present branch) appears to decrease gradually from the upper part to the lower part, reaching almost zero at the lowermost stratum both in *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa*.

As to the whole branch growth rate in this stand, that of *Cryptomeria japonica* is 17 % and that of *Chamaecyparis obtusa* 24 %. The branch growth rate of *Chamaecyparis obtusa* seems to be unexpectedly high, but from data the author obtained in other young stands, it might be considerably higher.

Fig. 16 reveals the relationship between tree height and natural clearing of branch in simple stands. According to this, the height of a definite clear length rate of branch (or the lowermost living branch) is distributed in a definite extent regardless of the tree height. And this experimental stand seems to have a similar tendency (Fig. 7).

In Fig. 15, it will be seen that the vertical change of crown length rate of branch shows a similar trend to that of branch growth rate.

Discussion

In general, the main purposes of pruning are said to be the production of straight, full-bodied and knotless trunks. The author considers, however, that the production of knotless

trunks is, more than anything else, the essential function of pruning. Because the straightness and full body of each trunk in a stand can be controlled by the management of stand density. Of course, the production of perfectly knotless trunks might be impossible, but it is worthwhile to produce as much trunk with as small and few knots as possible without causing a striking reduction of trunk growth by pruning.

On the other hand, there is another essential function of pruning, i. e. controlling the growth of dominant trees in order to compensate for the deteriorating effect of thinning. By pruning, the sizes and forms of dominant trees within a stand can be made to coincide rather closely with those of less dominant trees.

In any event, in practicing pruning, it is necessary to know how the branches of every stratum are contributing to the trunk growth.

Therefore, the author discussed in the present paper the degree of contribution of branches in every stratum (hereafter abbreviated as DCB(z)) from the following points of view. One is DCB(z) to the production of the trunk. The other is DCB(z) to the production of the knotless trunk.

The following discussion is advanced on the basis of the pipe model theory²⁵⁾ and the law of relative growth⁹⁾, that is, the amount of trunk increment which is produced with the leaves in a definite stratum is proportional to the amount of branch increment in its stratum.

As to the production of knotless trunks, general opinion is that the amount of trunk growth is not much influenced by pruning.

DCB(z) to the production of trunk might be represented by the leaf weight and its ability to affect trunk increment through photosynthesis.

$$w_L(z) \times a \dots\dots\dots (1)$$

where $w_L(z)$ means leaf weight in a stratum and a means leaf ability. When a is represented by branch increment against leaf weight in a stratum, (1) is changed as follows :

$$w_L(z) \times \frac{\Delta w_B(z)}{w_L(z)} = \Delta w_B(z) \dots\dots\dots (2)$$

where $\Delta w_B(z)$ means branch increment in a stratum. And when a is neglected, $\Delta w_B(z)$ is represented by $w_L(z)$ approximately.

Accordingly, DCB(z) to the production of trunk may be indicated by $\Delta w_B(z)$ or $w_L(z)$.

For the production of knotless trunk, a branch has a positive function as holder of leaves and as a vessel to transport production matter to the trunk ; on the other hand, the branch has a negative function of forming knots in the growth of the trunk. The author regarded $\Delta w_B(z)$ as positive since it expresses present contribution and regarded $w_B(z)$ as negative since this actually means the forming of knots in spite of its expressing past accumulated contribution.

$$\frac{\Delta w_B(z)}{w_B(z)} \dots\dots\dots (4)$$

This is the same as the above-defined branch growth rate.

At (4), $\Delta w_B(z)$ can be substituted by $w_L(z)$ as mentioned above.

$$\frac{w_L(z)}{w_B(z)} \dots\dots\dots (5)$$

According to Fig. 11, two curves of (4) and (5) represent a similar trend.

The stratum with the highest degree of contribution to trunk production is the stratum with the largest branch increment, and its position may be estimated by the position of the stratum with the largest leaf weight and that with the largest branch weight (Fig. 8). And when the

clear length rate of branch is adopted as an external indication of $DCB(z)$ to trunk production, their relation is as shown in Table 6.

The indication of $DCB(z)$ to knotless trunk production, $\Delta w_B(z)/w_B(z)$ or $w_L(z)/w_B(z)$ decreases from the upper part to the lower part in a nearly straight line (Fig. 6, 11). Therefore, it becomes appropriate to remove branches from the lower part of the tree in case we remove the same amount of branches from each tree. The clear length rate of branch may be adopted as an external indication of $\Delta w_B(z)/w_B(z)$ or $w_L(z)/w_B(z)$ (Fig. 15).

As an example of the application of the ecological data to pruning practice, the author attempted to estimate the effect of pruning with this experimental stand.

Two methods of pruning are conceivable. One is the removal of branches according to a definite external indication such as clear length rate of branch (method 1), and the other is the removal of branches according to a definite height (method 2). The estimated effect by method 1 is shown in Table 7 and Fig. 18. In method 1, since clear length rate of branch and $DCB(z)$ have a close relationship (Fig. 15), $DCB(z)$ can be estimated by the clear length rate of the branch. These relationships can be learned from Table 6 and Fig. 18. The estimated effect of method 2 is shown in Table 8 and Fig. 19. There exists a close relationship between the two methods. Since each height at a definite clear length rate of branch is distributed within a definite extent without reference to tree height (Fig. 7, 16), if mean height at a definite length rate of branch can be obtained, branches can all be removed up to the same height. The relationships between a definite clear length rate of branch and its mean height above ground level is shown in Table 9. When the effects of the two pruning methods are compared, the two types of effects corresponding to clear length rate of branch and its mean height respectively are almost the same under the stratum with the largest branch weight. An example of this is shown in Fig. 20. Knowledge of this fact will cause pruning in a simple stand to increase efficiency.

As far as the losses of growth are concerned, the above data indicate that externally intensive pruning would have less influence on *Cryptomeria japonica* than on *Chamaecyparis obtusa*.

In this report, the author discussed pruning on the basis of experimental result. In order to clarify certain points, much more experimental data must be obtained. It is also necessary to put the theory into practice and to prove its effect.