

林 分 生 長 論 資 料 4.

わかいヒノキの人工林における 葉の量と生長量の関係

助教授 佐 藤 大 七 郎
助教授 扇 田 正 二

Taisitiroo SATOO, and Masazi SENDA:

Materials for the studies of Growth in Stands (IV)

Amount of Leaves and Production of Wood in a young Plantation of *Chamaecyparis obtusa*.

目 次

1. まえがき	71	7. 非同化系の表面積	89
2. しらべた林	71	8. 同化系と非同化系のワリアイ	92
3. しらべかた	73	9. 枝と葉の空間での配置	95
4. 単位面積の林分にある葉の量	73	10. まとめ	96
5. 葉の量と生長の関係	77	11. 文 献	97
6. 枝	84	Résumé	99

1. まえがき

これまでの報告（佐藤ほか 1955, 1956, 扇田 佐藤 1956）とおなじ考えたのもとに ひきつづいて 東京大学農学部附属千葉県演習林の ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*) の わかい造林地について 葉の量と生長の関係を中心をおいて おこなつた 調査の結果を報告する。

この調査は 佐藤と扇田が計画をたて、佐藤が野外の調査と トリマトメにあたつた。この調査は、中村賢太郎教授の御指導のもとにおこなわれ、現地調査のさいは 堀田雄二、今井武雄、糟谷由助の諸氏に てつだつていただいた。これらのかたに あつく御礼を申しあげる。

なお、この調査とおなじ材料について 平井が 重量生長の研究をおこない べつに報告している（平井 1958）。

2. しらべた林

東京大学農学部附属千葉県演習林の 6林班 f 小班の一部で、演習林の 森林調査簿によれば 基岩は安野層 土壌は粘質壤土で土層はあさく ややかわいており、地位はおおむね不良で

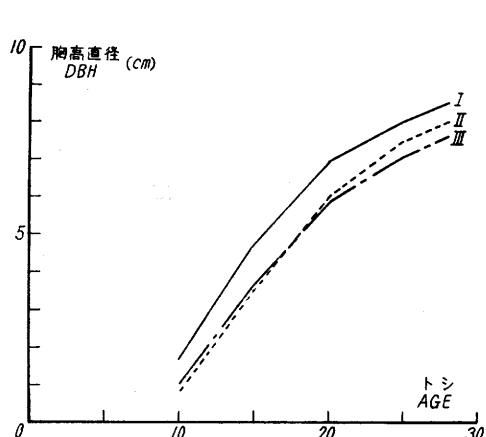
中一下となつてゐる。この林は 1928 年（昭和 3 年）に植えたもので、調査をおこなつた 1953 年の 5 月には 29 年目の生長が はじまつたばかりだつた。成林後は 調査のときまで まつたく手入をおこなつていないので、やや過密な状態となり クローネは じゅうぶんに ウツペイしていた。造林木のほかに ところどころに アカマツ クリ コナラなどが侵入して 造林木とおなじクローネ層をしめていた。

この林のなかに 3 個の調査地をもうけたが、地形がこまかいので それぞれの調査地は ごくせまいものとなつた。

調査地 I は やや中くぼみの ゆるい斜面で、北は 谷にむかつた急な斜面、南は 歩道をへだてて、ゆるい斜面の スギの 造林不績地、西は やや急な斜面をとおつて 調査地 II をふくむ台地がつづき、東は ゆるい傾斜のまま この斜面がつづいている。調査地のなかにはほかの樹種は はいつてはいなかつたが、ちかくに アカマツ コナラ クリ モミが はいつていた。下木としては コナラ アラカシ カマツカ カヤ ヤマボウシ ヒサカキ ツクバネ ウツギ ツリバナ（わずか）などが見られた。

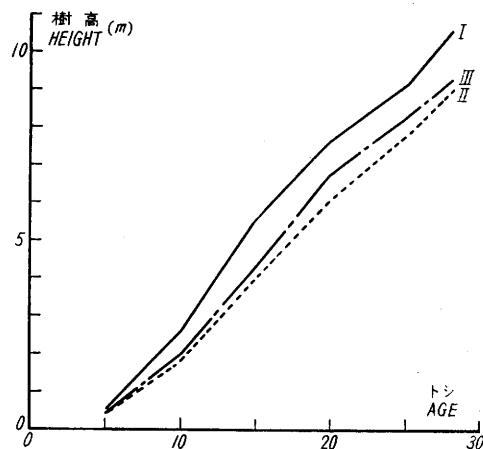
調査地 II は尾根の ほとんどたいらな 台地で、まわりは かなり急な斜面となつてゐる。調査地のなかには 胸高直径で 3~7 cm のコナラ 7 本 5 および 10 cm のクリが 1 本ずつ 5~12 cm のアカマツが 12 本 ヒノキとおなじクローネ層に はいつていた。下木としては ヤマボウシ ネジキ アセビ ツクバネウツギ アラカシ ウリカエデ カヤ カマツカ ヒサカキツリバナ ヤマツツジなどが見られた。

調査地 III は 調査地 II をふくむ台地につづく 尾根の上の かなり急な 北斜面で 斜面の上には ほとんど起伏はない。東側と西側は さらに急な 谷にむかつた斜面、北には せまい尾根の台地がつづいている。調査地のなかには、胸高直径で 6~10 cm のアカマツが 9 本 4 cm



第1図 直径生長の経路
I, II, IIIは調査地の番号

Fig. 1. The course of diameter growth of average trees of plots I, II, and III.



第2図 樹高生長の経路
I, II, IIIは調査地の番号

Fig. 2. The course of height growth of average trees of plots I, II, and III.

第1表 調査地の状況
Table 1. The sample plot

調査地	plot	I	II	III
方 位 exposure		S-E-E		N
傾 斜 slope		gentle	flat	steep
面 積 area	m ²	133	182	151
立木数/ha number of stem per 1ha		5941	6747	6234
ヒノキのワリアイ %	立木数 number	100	82.9	83.0
%age of Ch. obtusa	胸高断面積 Basal area	100	86.6	86.0
平均木胸高直径 DBH of average tree cm		9.2	8.2	8.3
平均木樹高 Height of average tree m		10.5	9.0	9.3

のアカシデとコナラが2本ずつ 造林木のクローネ層にはいつていた。下木としては アセビ (もつともおおい) アカシデ(おおい) ヤマボウシ コバノガマズミ ヒサカキ アラカシ ツリバナ ヤマモミジ カマツカ コバノトネリコなどが見られた。

いずれの調査地でも 谷にむかつた斜面とのサカイにそつた 林縁には アカマツが きわめておおく はいつていたが、林縁は 調査地にふくまれていない。調査地の造林木の概況を 第1表にしめす。また、平均木の生長経路を 第1, 2図にしめす。樹高から見ると、調査地Iは II, III にくらべて やや地位がよさそうだ。

3. しらべかた

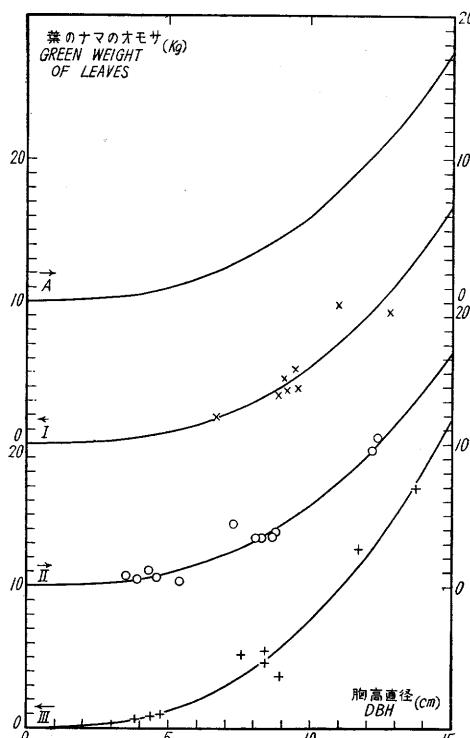
調査地ごとに そのなかにふくまれる すべての 造林木と クローネ層にはいつている ほかの樹種を、樹種ごとに cm 単位で 任意2方向の 胸高直径をはかり、その結果にしたがつて供試木として 第7表にしめす数の 平均木 優勢木 劣勢木をえらんだ。供試木をたおして、地ぎわ(0m) 0.3m 1.3m 3.3m 5.3m……と 2m ごとに、枝のついている部分は 1m ごとに、円板をとつて、樹幹解析をおこなつた。枝は ひとつひとつ そのツケネのタカサをはかつて 切りとり、そのばで すべて 葉をむしりとつて ナマのオモサをはかり、よくかきませて そのなかから ナマのオモサで 10~20g の試料を テアタリシダイに とりだし、すぐに その ナマのオモサをはかつた。葉の試料は あとで 絶乾のオモサをもとめ、絶乾とナマのオモサの比をだして 全体の葉の 絶乾のオモサをもとめる モトとした。枝は 葉をとつたあとで ひとつひとつ オモサと ナガサと ツケネおよび 50cm ごとの直径をはかり、あとで 枝の材積と表面積をもとめる モトとした。

4. 単位面積の林分にある葉の量

林分における 物質生産の量は、そのニナイテである 葉の 単位量あたりの 平均的な 炭酸同化量と 葉の量によつて きまるから、林分の単位面積にある 葉の量を知ることは 林分

の物質生産を考えるうえに もつともたいせつなことの ひとつだ。単位面積の林分にある葉の量を知ることは そのほかにも 蒸散による 林分の水の消費, 林冠による 雨水の遮断, 林地への 有機物の補給などについて 考えるうえに 必要なので, いろいろな樹種について しらべられているが, わがくにの樹種についての 資料は きわめてすくなく, ヒノキについては その森林の面積が おおいにもかかわらず まつたく しらべられていない。日本および外国のおなじ属のものについても 資料がない。

単位面積の林分にある 葉の量をもとめるのに ふたつの方法をもちいた。ひとつは 平均木の葉の量から 単位面積の林にある 葉の量を推定する方法で, もうひとつは ひとつひとつの木の 葉の量と 胸高直径とのあいだに 第3, 4図のような関係があることを 利用して, その関係と 林分の 胸高直径の分布とから 林分にある葉の量をもとめる方法だ。ひとつひとつ



第3図 ひとつひとつの木についている葉のナマのオモサと胸高直径の関係

Fig. 3. The relation between the green weight per tree of needle leaves and diameter breast high.

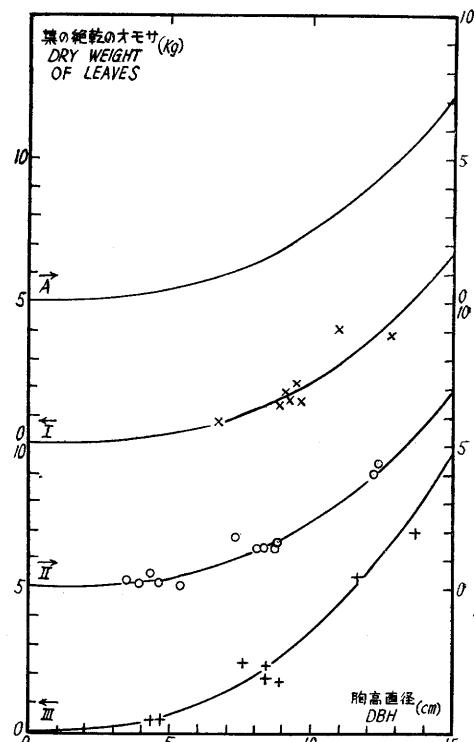
I, X 調査地 I. plot I.

II, O 調査地 II. plot II.

III, + 調査地 III. plot III.

A 全体. all plots

矢ジルシはタテ軸のメモリの位置をしめす
The arrows above the figure showing plot indicate the position of the scale in the ordinate.



第4図 ひとつひとつの木についている葉の絶乾のオモサと胸高直径の関係(第3図の説明を見よ)

Fig. 4. The relation between the oven dry weight per tree of needle leaves and diameter breast high. (see the explanation of Fig. 3.)

の木の ついている 葉の量は、第 3, 4 図にしめすように、胸高直径と密接な関係があり、幹のふといほど 直径のワリアイ以上に おおくの葉をついている。このような傾向は すでに おおくの樹種について みとめられているところで、この関係を KITTREDGE (1944) は

という一般式であらわしている。ただし W は葉のオモサ, D は胸高直径, a と b は常数である。この式をもちいて 林分の胸高直径の分布から 林分にある葉の量をとめることができ

第2表 葉量 (W kg) と胸高直径 (D cm) の関係をしめす (1) 式の常数

Table 2. Constants in the formula (1) which shows the relations between amount of leaves ($W\text{kg}$) and dbh ($D\text{cm}$).

区	Plot	葉のナマのオモサ Green wt. of leaves		葉の絶乾のオモサ Dry wt. of leaves	
		a	b	a	b
I		1,990	2,731	2,007	2,729
II		1,851	2,610	2,378	2,654
III		1,689	2,572	2,284	2,551
全 体	All plots	1,866	2,590	2,222	2,623

第3表 林地単位面積あたりの葉の量 (t/ha)
 Table 3. Amount of needle leaves per unit area of stand (t/ha)

調査地	Sample plot	I	II	III	平均 Mean
					平均木から推定 Estimated from the average tree
ヒノキのみ <i>Chamaecyparis</i> only	ナマのオモサ Green wt. 絶乾のオモサ Oven dry wt.	24.8 11.5	20.7 8.6	24.8 10.4	23.4 10.2
純林として* As pure stands*	ナマのオモサ Green wt. 絶乾のオモサ Oven dry wt.	24.8 11.5	23.7 9.9	28.8 12.1	25.8 11.2
胸高直径の分布と全体の式から推定 Estimated from the distribution of DBH and formulae for the whole plots					
ヒノキのみ <i>Chamaecyparis</i> only	ナマのオモサ Green wt. 絶乾のオモサ Oven dry wt.	33.2 13.8	23.2 9.6	24.0 10.0	26.8 11.1
純林として* As pure stands*	ナマのオモサ Green wt. 絶乾のオモサ Oven dry wt.	33.2 13.8	26.7 11.1	27.9 11.6	29.3 11.7
胸高直径の分布と林分ごとの式から推定 Estimated from the distribution of DBH and formulae for each plot					
ヒノキのみ <i>Chamaecyparis</i> only	ナマのオモサ Green wt. 絶乾のオモサ Oven dry wt.	30.5 12.4	21.9 9.0	30.4 13.9	27.6 11.7
純林として* As pure stands*	ナマのオモサ Green wt. 絶乾のオモサ Oven dry wt.	30.5 12.4	25.2 10.3	35.3 18.2	30.3 13.6

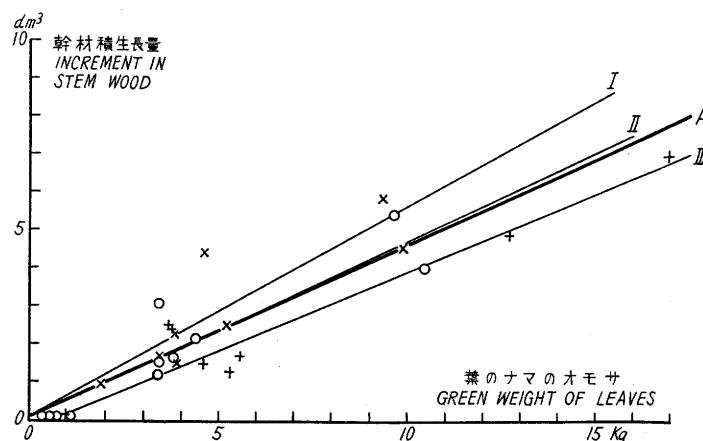
* ヒノキのみの数/ヒノキの断面積合計のワリアイ

Figures for *Chamaecyparis*/ratio of basal area of *Chamaecyparis* to the whole.

る。この林についても 図にしめすように この関係はあてはまるから、この式の常数を 最小自乗法により 調査地ごと および すべてをまとめて もとめた。その結果を第2表にしめす。調査地によつて、いくらかのチガイがみられるが KITTREDGE (1944) のしめした表にもおなじ樹種について かなりおおきな チガイがあることが見られる。(1) 式にこれらの常数をいれて 調査地ごとに いろいろな直径の木の 1本あたりの 葉の量をもとめ、胸高直径の分布から 1ha あたりの葉の量をもとめると、第3表のようになる。平均木からもとめたアタイも あわせてしめす。ヒノキの胸高断面積合計と 全体の胸高断面積の比をつかつて ヒノキの純林のばあいのアタイがもとめられると仮定して、ヒノキの純林としての 1ha あたりの葉の量を推定して第3表にそえた。ただし この仮定は いくらか無理だとおもわれるが、正しい推定の方法が まだ つかまれてないので、これによつた。表に見られるように、平均木からもとめた アタイは、直径と葉の量の関係と 直径の分布とからもとめた アタイにくらべると いくぶんすくない。この傾向は まえに報告した チョウセンヤマナラシの再生林のばあい (佐藤ほか 1956) にも見られた。調査地のあいだに 葉の量に いくぶんのチガイがあるが もとめかたによつて 大小の順位がいれかわつているから 意味のあるチガイかどうかは わからない。おおきくつかんで、ヒノキの純林 1ha にある 葉の量は、ナマのオモサで 25~35 トン、絶乾のオモサで 10~18 トンのあたりにあり、平均値としては、ナマのオモサで 30 トン、絶乾のオモサで 13 トンとおさえてよさそうだ。このアタイは、ヒノキについては ほかにくらべるべき資料はないが、これにちかいアタイをしめすものとしては つぎのような樹種をあげができる。ヨーロッパトウヒについては 1ha あたり ナマのオモサで 33~34 t (BURGER 1941), 21 t (BURGER 1952), 34.5 t (BURGER 1939), 29.4 t (BURGER 1939), 20~30 t (BURGER 1953) 絶乾のオモサで 12 t (MÖLLER 1945), 15~20 t (BURGER 1941), 15.5 t (BURGER 1939) があり、ヨーロッパのモミについては ナマのオモサで 29 t/ha (BURGER 1951), ダグラスファーについては ナマのオモサで 27~44 t/ha (BURGER 1935) がある。これらは すべて 陰樹と考えられているものであり、葉の量がもつともおおいナカマだ (佐藤 1955)。わがくにの ほかの針葉樹の 林分 1ha にある 葉の量の資料としては、アカマツについて 12~13 t/ha (扇田ほか 1952) および 12 t/ha (丸山、佐藤 1953) というアタイがあるだけだが、これにくらべるとヒノキの林分は アカマツの 2 倍以上の葉をつけていることになる。このことは ヒノキ林とアカマツ林の 蒸散による 水の消費量をかんがえるうえに おおきなイミがある。この調査をおこなつた時期には、そのすぐまえにのびた ごくわずかのものをのぞいては 葉の年齢を区別することが きわめてむずかしかつたので 葉の年次別組成と 葉の年生産量とを もとめることはできなかつた。ほかの時期に ほかの林で観察したところでは 3 年目の葉は わずかのようだが、定量的にしらべてないので、たちいらない。

5. 葉の量と生長の関係

ひとつひとつの木の幹の 1950~52 の 3 年間の年平均材積生長量および年平均乾物生産量と 1953 年 5 月における葉の量(ナマおよび絶乾のオモサ)の関係を第 5~8 図にします。幹の材積生産量は樹幹解析によつてもとめ、乾物生産量はおなじ試料について平井(1958)のもとめたそれぞれの木のいろいろなタカサからとつた円板の容積密度数をもちいてひとつひとつの木についてもとめた。いずれのばあいにも幹の材の生産量は葉の量がおおいほどおおい。点のバラツキはかなりおおきいが、葉の量と幹の材の生産量とのあいだには密接な関係があり、調査地ごとにまとめてても全体としてみても葉の量と幹の



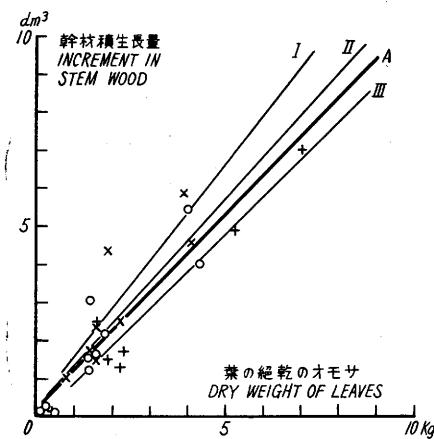
第5図 幹の材積生長量と葉の量(ナマのオモサ)の関係
(第3図の説明を見よ)

Fig. 5. The relation between the increment in stem volume and the amount of needle leaves (green weight). (see the explanation of Fig. 3.)

第4表 葉の量(x)と幹の生長量(y)の回帰式 $y=a+bx$ の常数

Table 4. The constants in the regression equation between amount of leaves (x) and stemgrowth (y), $y=a+bx$

x	y	材 積 cc		乾 物 g	
		Volume	cc	a	b
生重量 kg Green wt.	I	80.9	555.2	-113.6	235.4
	II	-36.5	479.6	-147.2	223.2
	III	-227.4	415.6	-66.2	165.1
	全體 All plots	54.8	455.8	-35.4	118.9
絶乾重量 kg Dry wt.	I	302.9	1,272.2	-110.8	564.5
	II	-17.0	1,144.9	-149.3	537.7
	III	-218.1	996.0	-66.2	395.9
	全體 All plots	213.3	1,019.8	-37.4	453.7

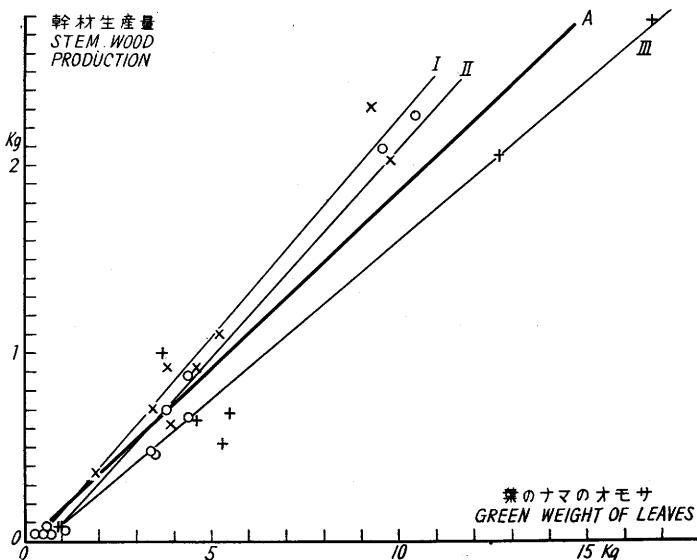


第6図 幹の材積生長量と葉の量(絶乾のオモサ)の関係(第3図の説明を見よ)
 Fig. 6. The relation between the increment in stem volume and the amount of needle leaves (oven dry weight). (see the explanation of Fig. 3.)

第5表 葉の量と幹の生長の間の相関係数

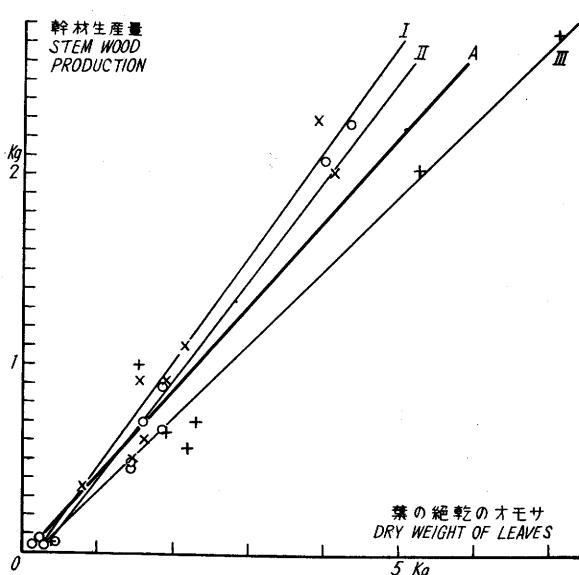
Table 5. Correlation coefficients between the amount of leaves and stem growth.

葉の量 Amount of leaves in 区 Plot	幹の生長量 Stem growth in		材 積 Volume	乾 物 Dry matter
	I	II		
生重量 Green wt.			+0.91	+0.98
III			+0.94	+0.99
全体 All plots			+0.97	+0.98
	I		+0.91	+0.97
絶乾重量 Dry wt.			+0.87	+0.98
II			+0.87	+0.99
III			+0.97	+0.98
全体 All plots			+0.88	+0.96



第7図 幹の乾物の生産量と葉の量(ナマのオモサ)の関係
 (第3図の説明を見よ)
 Fig. 7. The relation between the dry matter production in stem and the amount of needle leaves (green weight). (see the explanation of Fig. 3.)

材積 および 乾物の 生産量とのあいだには ほぼ 直線的な関係がみられるので、回帰直線 $y = a + bx$ の常数 a b をもとめたところ、第4表のようになり、回帰係数 b は いずれのばあいにも きわめて 有意だつた。また 葉の量と 幹の材の生産量のあいだの 相関係数をもとめると第5表のようになり、いずれのばあいにもきわめて密接な関係があることが わかる。葉の量が 0 になつたときには 生長はあり得ないし、葉がいくらかあつても 幹の生長がみられない。

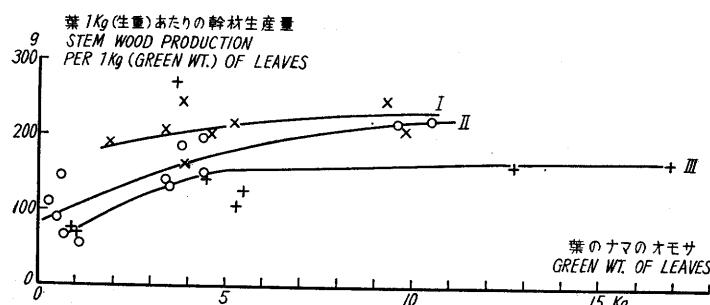


第8図 幹の乾物の生産量と葉の量（絶乾のオモサ）の関係（第3図の説明を見よ）

Fig. 8. The relation between the dry matter production in stem and the amount of needle leaves (oven dry weight). (see the explanation of Fig. 3.)

おもに 幹の乾物生産量についてだけ 考察をおこなうこととする。

おおきく見ると 幹の材の生産量は 葉の量に 比例しているようだが、これを こまかく見ると かならずしも 完全には 比例していない。葉の単位量あたりの 幹の材の生産量をまとめることは すでに おおくの樹種について おこなわれており、樹種や 林のトリアツカイカタや 環境条件などによって ことなることが あきらかにされている。供試木の ひとつひとつについている 葉の量と 葉の単位量あたりの 幹の材の生産量との 関係をもとめると 第9, 10 図のようになる。この図から わかるように ひとつひとつの木に ついている葉の量が

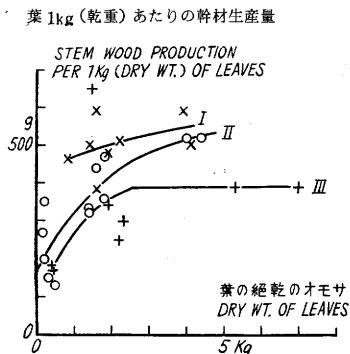


第9図 葉の単位量あたりの幹の乾物生産量と木についている葉の量との関係（葉のオモサ：ナマ）（第3図の説明を見よ）

Fig. 9. The relation between dry matter production in stem per unit weight of leaves and the amount of leaves per tree (green weight). (see the explanation of Fig. 3.)

ばあいが あり得るはずだから、回帰方程式では $a \leq 0$ でなければならないはずだが、 $a > 0$ のばあいもかなりある。これは 図に見られるとおり ごくわずかなもので 誤差と考えていいだろう。

幹の生長量を、材積であらわしたばあいにくらべると、乾物重としてあらわしたばあいのほうが すべてのばあいに点のバラツキもすくなく 相関係数もおおきく、葉の量との関係がいつそう 密接になる。このことは 材積よりも 乾物重のほうが 葉による物質生産に より直接に むすびついていることから 当然考えられることだ。乾の幹物生産が 材積生産よりも 物質生産の量を より直 接にあらわしているから、これからは



第 10 図 葉の単位量あたりの幹の乾物生産量と木についている葉の量との関係（葉のオモサ：絶乾）（第3図の説明を見よ）

Fig. 10. The relation between the dry matter production in stem per unit weight of leaves and the amount of leaves per tree (dry weight). (see the explanation of Fig. 3.)

すくないもののなかでは 葉をおおくつけた木ほど 葉の単位量あたりの幹の材の生産量がおおいが、葉をある程度以上おおくついている木のあいだでは 葉の量がおおくても 葉の単位量あたりの幹の材の生産量はあまりおおくならない。すこししか葉をつけていない木のあいだでは 葉をおおくついているほど 葉の単位量あたりの幹の材の生産量がおおいことはまえにのべた 幹の材の生産量が葉の量と比例するということとくいちがつている。おおきく見るとなりたつている比例関係もこまかく見ると葉をすこししかつけていない木ではなりたつていないわけだ。ある程度以上葉をついている木は、すべてクローネ層の上部に出ていて光のうけかたにあまりチガイがないが、葉をすこししかつけていない木はクローネ層の上部にはあまり出でいず、ほかの木のカゲになつて葉にあたる光の量がすくなく、したがつて単位量の葉の炭酸同化量がすくなく、このことは葉の量のすくない木ほどひどいと考えられる。

これまで林を構成するひとつひとつの木についている葉の量と幹の材の生産量との関係についてしらべられた結果は かららずしも一致していない。ひとつひとつの木についている葉の量に幹の材の生産量が比例するすなわち葉の単位量あたりの幹の材の生産量は、地位そのほかの条件によつてことなるが、あるひとつの林についてはおなじであることがヨーロッパのトウヒ (BUSSE 1930, MÖLLER 1945, SCHMIDT 1953), ブナ (BURGER 1940), カラマツ (BURGER 1940) について報告されている。それに対して、ある程度までは葉がおおいほど幹の材の生産量はおおいが、それ以上葉がおおくとももはや幹の材の生産量はそれほど増さない、すなわち1本の木についている葉の量には Optimum があつて、その量までは葉の単位量あたりの幹の材の生産量は葉をおおくついている木ほどおおいが、それをこえるとかえつてすくなくなることがヨーロッパのアカマツ (DENGLER 1937, BURGER 1948), トウヒ (BURGER 1952, 1953), モミ (BURGER 1951), カラマツ (BURGER 1945), ナラ (BURGER 1947), ブナ (BURGER 1950), ストローブマツ (BURGER 1929), ダグラスファー (BURGER 1935) などについて報告されている。さらにもうひとつのばあいとして葉の量がおおいほど葉の単位量あたりの幹の材の生産量がすくないことをわれわれがチヨウセンヤマナラシについて報告した (佐藤ほか 1956)。このようないろいろな傾向が知られており、しかもことなつた傾向がおなじ樹種についてもあるいはおなじ研究者によつても報告されている。これらのいろいろな傾向にくわえてここでとりあつかつた林では葉をす

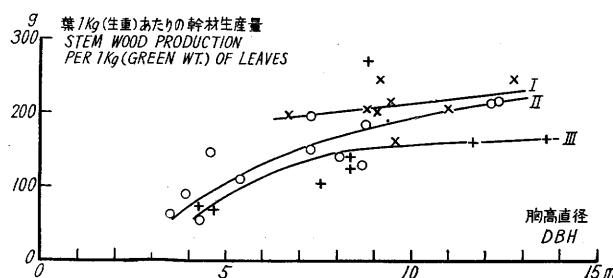
こししかつけていない木のあいだでは 葉をおおくついている木ほど 葉の単位量あたりの幹の材の生産量はおおいが、ある程度以上おおく葉をついている木では 葉の量が いくらおおくても 葉の単位量あたりの幹の材の生産量は ほとんどふえないという 結果が得られた。これは上に述べた いくつかの傾向のうちの 第2のものとおなじだが、ただ 葉の量が Optimum をこえていないばあいだとも考えられる。これらの あいことなつた傾向が どうしてあらわれるかについては すでに くわしく論じた (佐藤ほか 1956) ので、ここではたちいらないことにするが、まえの報告でのべたように これらの いろいろな傾向は、この調査をふくめて、枝の生長量を考えていないところにおおきな欠点があり、さらに この点についての研究が心要だ。

つぎに 葉の単位量あたりの幹の材の生産量と 胸高直径の関係を見ると、第 11, 12 図のとおりで、胸高直径の ちいさな木のあいだでは 胸高直径のちいさな木ほど 葉の単位量あたりの幹の材の生産量がすくないが、ある程度以上おおきな直径をもつた木のあいだでは 直径が大きくとも それほど 葉の単位量あたりの幹の材の生産量は おおくない。このことは ひとつひとつの木についている葉の量と 葉の単位量あたりの幹の材の生産量との関係と まつたくお

なじだ。これは ひとつひとつの木についている 葉の量と 胸高直径とのあいだに 密接な関係があることから期待されることだ。

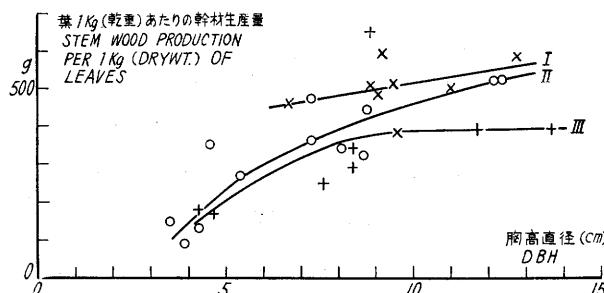
つぎに 葉の単位量あたりの幹の材の生産量と 樹高との関係は 第 13, 14 図にしめすとおり 樹高の高い木ほど 葉の単位量あたりの幹の材の生産量がおおく、ふたつのあいだには ほぼ 直線的な関係がみとめられるので、ふたつのあいだの 相関係数をもとめると第 6 表のようになり、調査地 III をのぞいては すべてのばあい 高い相関関係が みとめられる。すべてをまとめて 回帰直線をもとめると 樹高 (x m) と 葉のナマのオモサ 1 kg あたりの材の生産量 (y g) のあいだには

$$y = 21.14x - 27.32$$



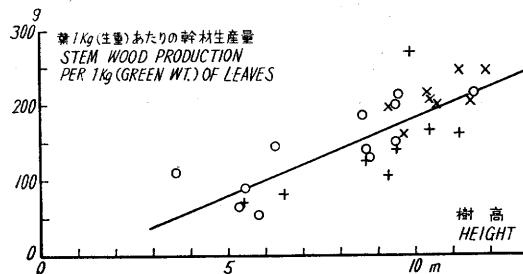
第 11 図 葉の単位量あたりの幹の乾物生産量と胸高直径との関係 (葉のオモサ : ナマ) (第 3 図の説明を見よ)

Fig. 11. The relation between the dry matter production in stem per unit weight of leaves (green weight) and the diameter breast high. (see the explanation of Fig. 3.)



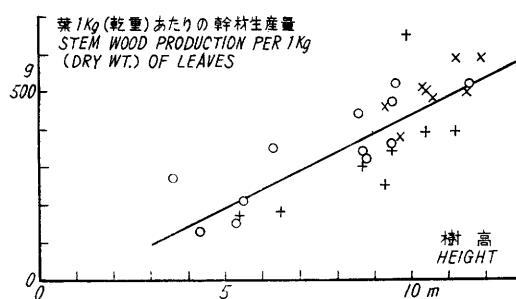
第 12 図 葉の単位量あたりの幹の乾物生産量と胸高直径との関係 (葉のオモサ : 絶乾) (第 3 図の説明を見よ)

Fig. 12. The relation between the dry matter production in stem per unit weight of leaves (oven dry weight) and the diameter breast high. (see the explanation of Fig. 3.)



第13図 葉の単位量あたりの幹の乾物生産量と樹高との関係（葉のオモサ：ナマ）（第3図の説明を見よ）

Fig. 13. The relation between the dry matter production in stem per unit weight of leaves (green weight) and the height of tree (see the explanation of Fig. 3.)



第14図 葉の単位量あたりの幹の乾物生産量と樹高との関係（葉のオモサ：絶乾）（第3図の説明を見よ）

Fig. 14. The relation between the dry matter production in stem per unit weight of leaves (oven dry weight) and the height of tree. (see explanation of Fig. 3.)

第6表 樹高と葉の単位量あたりの幹の材の生産量の間の相関係数

Table 6. Correlation coefficient between height and stem wood production per unit weight of leaves

調査地 Plot	葉 Green wt. basis	生重量 Green wt. basis	絶乾重量 Dry wt. basis
I	0.76	0.76	
II	0.81	0.83	
III*	0.68	0.68	
全体 All plots	0.79	0.77	

* 調査地IIIの相関係数は有意でない。

* Not significant for plot III.

葉の絶乾のオモサ 1kg あたりの 幹の材の生産量 (y g) とのあいだには

$$y = 50.51x - 64.14$$

が得られた。回帰係数は いずれも きわめて有意なものだった。樹高のたかい木ほど材分のなかで 優勢な位置をしめており、葉にあたる光もおおく、単位量の葉の炭酸同化量もおおいから、一般に 樹高の高い木ほど葉の単位量あたりの 幹の材の生産量も おおいと考えられる。

つぎに、優勢木 平均木 劣勢木について葉の単位量あたりの 幹の材の生産量をくらべると 第7表のようになる。劣勢木は どのアラワシカタをしても、葉の単位量あたりの幹の材の生産量が もつともすくないが、優勢木と中央木のあいだでは、あまりおおきなチガイではないが、アラワシカタによつて、また、調査地によつて、葉の単位量あたりの幹の材の生産量の 大小の順位は いかがわつている。乾物重としてあらわしたばあいには 葉の単位量あたりの幹の材の生産量は つねに 優勢木のほうが 平均木よりもおおい。材積としてあらわしたばあいには葉の単位量あたりの幹の材の生産量は 調査地IとIIでは 中央木のほうが わずかにおおく、調査地IIIでは 優勢木のほうが わずかにおおい。材積であらわしたばあいと乾物量であらわしたばあいの クイチガイは 優勢木と中央木の 容積密度数の チガイのアラワレだ。なお 優勢木 平均木 劣勢木のあいだの チガイの程度が 調査地によつてちがうのは その“優勢さ”あるいは“劣勢さ”が 調査地によつて ちがうため

第7表 葉1kgあたりの幹の材の生産量と木の優劣

Table 7. Amount of stem wood production per 1 kg of needle leaves,
of trees of various classes.

		調査地 Sample plots				全 体 Total
		優劣 Tree class	I	II	III	
試 料 の 数 Number of samples	優勢木 Dominant	2	2	2	6	
	平均木 Average	5	5	4	14	
	劣勢木 Suppressed	1	5	2	8	
平 均 樹 高 Mean height	優勢木 Dominant	11.3	10.6	10.8		
	平均木 Average	10.5	9.0	9.3		
	劣勢木 Suppressed	9.3	5.3	5.4		
平均胸高直径 Mean DBH	優勢木 Dominant	11.9	12.3	12.7		
	平均木 Average	9.2	8.2	8.3		
	劣勢木 Suppressed	6.7	4.3	4.7		
材 積 cc. Volume of wood produced	葉の生重あたり Per green wt. of needles	優勢木 Dominant	526.5	472.0	400.0	466.2
		平均木 Average	592.2	495.4	386.0	475.8
		劣勢木 Suppressed	493.0	225.4	166.0	244.0
葉の乾重あたり Per dry wt. of needles	優勢木 Dominant	1,295.5	1,132.0	963.5	1,130.3	
		平均木 Average	1,421.6	1,170.0	925.8	1,190.1
		劣勢木 Suppressed	1,102.0	535.4	397.5	571.8
重 量 g Dry weight of wood produced	葉の生重あたり Per green wt. of needles	優勢木 Dominant	226.9	217.2	162.3	202.1
		平均木 Average	204.7	160.9	159.9	176.2
		劣勢木 Suppressed	193.1	93.7	73.0	101.0
葉の乾重あたり Per dry wt. of needles	優勢木 Dominant	544.0	520.8	389.0	484.6	
		平均木 Average	590.9	385.5	383.7	422.7
		劣勢木 Suppressed	462.9	224.6	175.1	242.0

だろう。

劣勢木の葉の単位量あたりの幹の材の生産量が すくないことは おおくの調査の結果が 一致しているが、優勢な木ほど 葉の単位量あたりの幹の材の生産量が おおいかどうかについては かならずしも一致していない。優勢な木ほど 葉の単位量あたりの幹の材の生産量がおおいことが ヨーロッパのブナ (BURGER 1940) とトネリコ (BOYSEN JENSEN と MÜLLER 1927, BOYSEN JENSEN 1930) および、わがくにのアカマツ (佐藤ほか 1955) について報告されている。それに対して あまり優勢な木は それほど優勢でない木にくらべると かえつて 葉の単位量あたりの幹の材の生産量が すくないことが ヨーロッパのブナ (BOYSEN JENSEN と MÜLLER 1927) とトウヒ (BURGER 1937) および ponderosa マツ (BAKER 1950) について 報告されている。この林では 幹の材の生産量を材積であらわすか 乾物量であらわすかによつて ことなつた結果が得られた。このことは これらの おおくの報告のあいだの クイチガイについて ひとつのテガカリをあたえるが これについて考えるには まだ資料がたりないとおもわれる。

つぎに 葉の量がおなじならば 幹の材の生産量は 調査地 I がもつともおおく 調査地 III がもつともすくない。これは いいかえれば 調査地 I II III の順に 幹の材の生産にとつて条件がいいことをしめしているが、その条件が何であるかはつきりしない。どの調査地も 林令はおなじだが 土地の 傾斜や 方位は ことなつており 立木密度も いくらかちがう。葉の単位量あたりの幹の材の生産量は 地位のいいところほど おおいことが ヨーロッパトウヒについて 報告されている (MÖLLER 1945, SCHMIDT 1953)。地位のメヤスに 樹高がつかえるとすれば、このばあい 調査地 I は ほかのふたつにくべると平均木の樹高が ややたかく、葉の単位量あたりの 幹の材の生産量も もつともおおいが 調査地 II と III の 樹高のチガイは おそらく 誤差の範囲にはいるが 葉の単位量あたりの幹の材の生産量は 調査地 II のほうが かなりおおい。

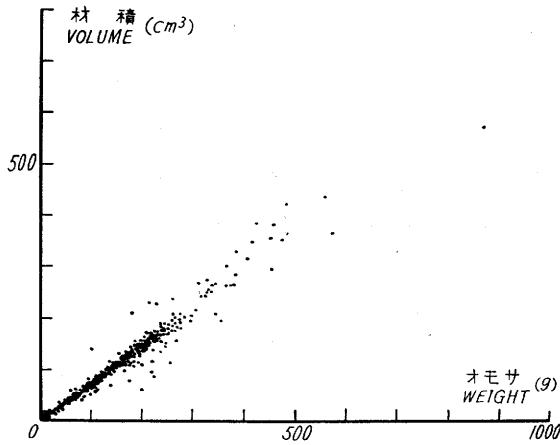
なお、この林の 葉のナマのオモサ 1 kg あたりの 幹の材積生産量は 第4表の 回帰係数からみても 第7表 の平均木のアタイから見ても ほぼ 400~600 cc 平均 500 cc ぐらいだ。このようなアタイは いろいろな条件によつても かわるもので 樹種について 一定したものではないはずだが、極端な条件にあるものをのぞけば ある程度ハバにおさまる (佐藤 1955) から、ほかの樹種とくらべてみると、わがくにの樹種では アカマツ (佐藤ほか 1955), チョウセンヤマナラシ (佐藤ほか 1956) よりも はるかにすくない。このアタイにちかいものは わがくにの樹種については まだ報告されていず 外国の中としては ヨーロッパのトウヒの 500~600 cc (BURGER 1937, 1941, 1952, 1953), モミの 600 cc (BURGER 1951), ダグラスファーの 700 cc (BURGER 1935) をあげることができる。これらの樹種は まえにのべたように 林地 1 ha あたりにある葉の量も ヒノキとおなじくらいだ。

6. 枝

枝が ある程度のオオキサをもつてていることは 葉が よくはたらくように 空間にならぶために 必要だが、"枝がある" ということは 材質の問題のほかに 葉による同化生産量物の一部が その 生存と生長のために つかわれるわけだから 林分の生長を考えるうえに 大きなイミをもつてゐる (佐藤 1955)。ただ この調査では 枝の生長量をしらべていないというおおきな欠点をもつてゐる。

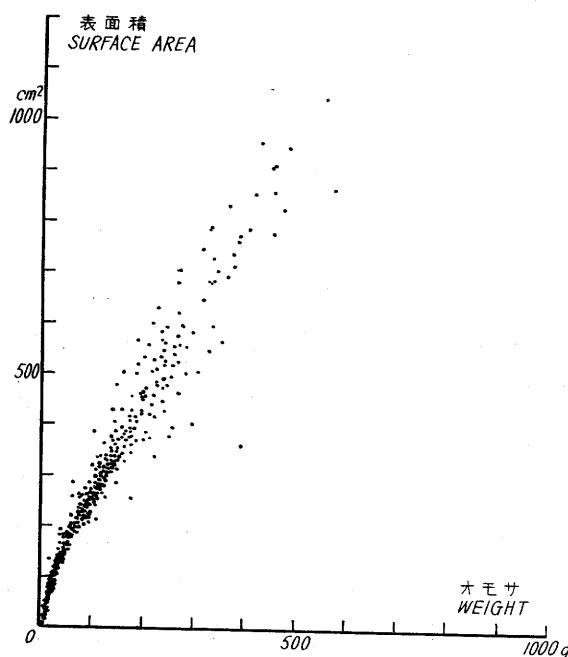
すべての試料木の ひとつひとつの枝について、オモサ ナガサ およびツケネの直径をはかり、ナガサが 50 cm 以上のものについては 50 cm ごとの直径をはかつた。これによつて ひとつひとつの枝の 材積と 表面積をもとめた。ひとつひとつの枝の オモサ 材積 表面積のあいだの関係を 第 15~17 図にしめす。図には 50 g 以上の枝は すべて、50 g 以下の枝は 任意にとりだしてのせた。オモサ 材積 表面積のあいだには 密接な関係があり、とくに オモサと材積のあいだには あたりまえのことだが 比例関係があり ナマのオモサ 100 g の枝

の材積はおよそ 70 cm^3 となる。つぎに ひとつひとつの枝についてのアタイを 合計して ひとつひとつの木の 全体の枝の オモサと表面積の関係をもとめると、第 18 図にしめすようにふたつのあいだには 直線的な関係がみとめられ、相関係数は 0.997 で きわめて有意であり、ひとつの木についている 枝の表面積 ($y \text{ m}^2$) と 枝のオモサ ($x \text{ kg}$) とのあいだには



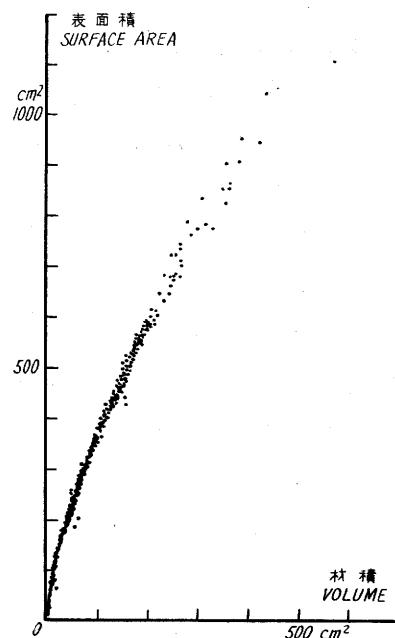
第 15 図 ひとつひとつの枝のオモサと材積の関係

Fig. 15. The relation between the weight and volume of individual branches.



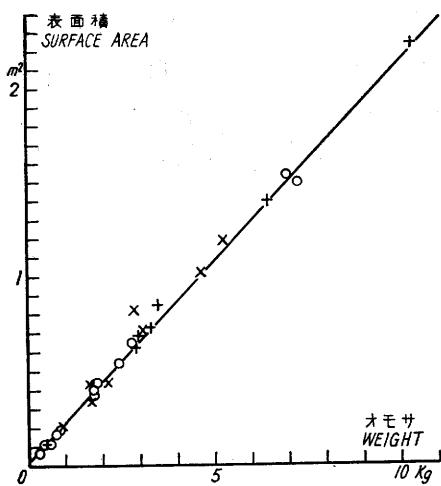
第 16 図 ひとつひとつの枝のオモサと表面積の関係

Fig. 16. The relation between the weight and surface area of individual branches.



第 17 図 ひとつひとつの枝の材積と表面積の関係

Fig. 17. The relation between the volume and surface area of individual branches.



第18図 ひとつひとつの木についている オモサと表面積の関係（第3図の説明を 見よ）

Fig. 18. The relation between the weight and surface area of the whole branches attached to a tree.
(see the explanation of Fig. 3.)

$$y=0.2166x+0.01$$

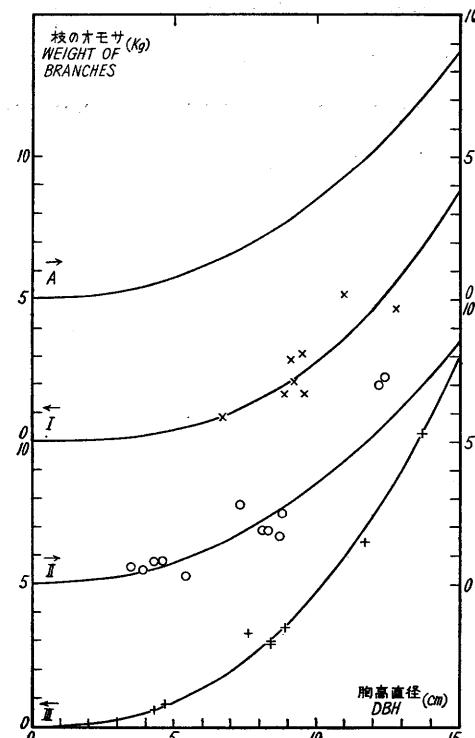
という関係が見られた。調査地によるチガイはほとんどみられない。この関係はこれとおなじような林の木の枝のオモサからその表面積合計を推定するのに

やくにたつとおもわれる。ただし もともと この直線は原点をとるべき性質のものだ。ひとつひとつの枝の オモサと表面積の関係は 第 16 図のように 直線的ではなく、おおきな枝はオモサのわりに 表面積が ちいさく、点のバラツキもおおいが、ひとつの木についている枝をまとめてみると わりあい きれいな直線関係が得られたのは、おそらく ひとつひとつの枝の大小によるチガイや そのほかの こまかな差が たがいに うちけされて 全体として ひとつの 直線関係が得られるものと おもわれる。

ひとつひとつの枝の オモサ 材積 表面積を 合計して ひとつひとつの木についている枝のそれらのアタイをだして 胸高直径との関係をもとめると 第 19~21 図のようになる。ひとつひとつの木についている枝の量は 直径と密接な関係があり、幹がふといほど 直径のわりに枝がおおい。このような関係は、すでに、おおくの樹種について 知られている。この関係は葉の量と胸高直径の関係と おなじような形の 曲線をしめすから、それとおなじ形の式

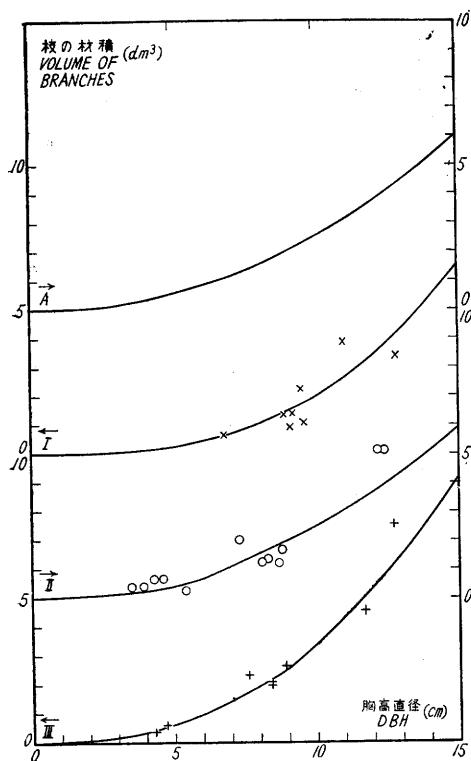
$$\log W = b \log D - a \dots \dots \dots \quad (1)$$

をあてはめて、枝の量を $W \text{ kg } W \text{ m}^3$ あるいは $W \text{ m}^2$ 、胸高直径を $D \text{ cm}$ として 常数 a b



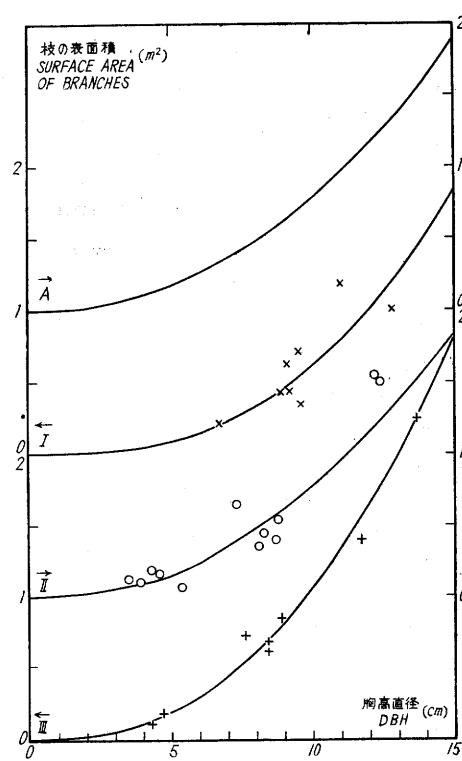
第 19 図 ひとつひとつの木についている枝のオモサ
と胸高直径の関係（第 3 図の説明を見よ）

Fig. 19. The relation between the weight of branches attached to a tree and its diameter breast high. (see the explanation of Fig. 3.)



第20図 ひとつひとつの木についている
枝の材積と胸高直径の関係（第3図の説
明を見よ）

Fig. 20. The relation between the volume of branches attached to a tree and its diameter breast high.
(see the explanation of Fig. 3.)



第21図 ひとつひとつの木についている
枝の表面積と胸高直径との関係（第3図
の説明を見よ）

Fig. 21. The relation between the surface area of branches attached to a tree and its diameter breast high.
(see the explanation of Fig. 3.)

をもとめると 第8表のようになる。これらの常数を(1)式にいれて 調査地ごとに 胸高直径ごとの 1本あたりの枝の量をもとめ、それと 林分の 胸高直径の分布とから、林地 1haあたりの 立木のもつ 枝の量をもとめた。べつに 平均木の枝の量からも 林地 1ha あたりの 立木のもつ枝の量をもとめ、ともに 第9表にしめす。葉のばあいとおなじように、ヒノキ

第8表 枝の量 (W) と胸高直径 (D) の関係をしめす (1) 式の常数

Table 8. Constants in the formula (1) which shows the relations
between amount of branches and dbh.

調査地 Plot	枝の量 Amount of branches in:	オモサ Weight		材種 Volume		表面積 Surface area	
		a	b	a	b	a	b
I		2,353	2,805	2,588	2,895	2,918	2,161
II		1,621	2,170	1,708	2,109	2,252	2,707
III		1,979	2,474	1,904	2,438	2,364	2,140
全 体 All samples		1,653	2,201	1,747	2,148	2,268	2,391

第9表 林地単位面積あたりの枝の量
Table. 9. Amount of branches per unit area of stand.

調査地	Sample plot	I	II	III	平均 mean
平均木から推定 Estimated from the average trees					
ヒノキのみ <i>Chamaecyparis</i> only	オモサ Weight t/ha 材 積 Volume m ³ /ha 表面積 Surface area m ² /ha	13.6 9.6 3,021	11.9 8.4 2,675	16.3 11.7 3,842	13.9 9.9 3,179
純林として* As Pure stands of <i>Chamaecyparis</i> *	オモサ Weight t/ha 材 積 Volume m ³ /ha 表面積 Surface area m ² /ha	13.6 9.6 30,21	13.8 9.7 3,020	19.0 13.6 4,467	15.4 11.0 3,503
胸高直径の分布と全体の式から推定 Estimated from the distribution of DBH and formulae for the whole sample					
ヒノキのみ <i>Chamaecyparis</i> only	オモサ Weight t/ha 材 積 Volume m ³ /ha 表面積 Surface area m ² /ha	19.0 13.6 4,207	13.9 10.0 3,080	12.7 9.1 3,138	15.2 10.9 3,475
純林として* As pure stands of <i>Chamaecyparis</i> *	オモサ Weight t/ha 材 積 Volume m ³ /ha 表面積 Surface area m ² /ha	19.0 13.6 4,207	16.1 11.5 3,556	14.8 10.6 3,649	16.6 11.9 3,804
胸高直径の分布と林分ごとの式から推定 Estimated from the distribution of DBH and formulae for each plot					
ヒノキのみ <i>Chamaecyparis</i> only	オモサ Weight t/ha 材 積 Volume m ³ /ha 表面積 Surface area m ² /ha	15.7 11.3 3,384	13.0 9.9 3,063	18.9 13.4 4,263	15.8 11.5 3,570
純林として* As pure stands of <i>Chamaecyparis</i> **	オモサ Weight t/ha 材 積 Volume m ³ /ha 表面積 Surface area m ² /ha	15.7 11.3 3,384	15.0 11.4 3,537	22.0 15.6 4,958	17.6 12.7 3,960

* ヒノキのみの数/ヒノキの断面積合計のワリアイ

Figures for *Chamaecyparis*/ratio of basal area of *Chamaecyparis* to the whole.

の胸高断面積合計と 全林木の胸高断面積合計の 比をつかつて ヒノキの純林であると仮定したばいの 1ha の林分にある枝の量をもとめた。表に見られるように、平均木からもとめたアタイは直径と枝の量の関係と直径の分布とからもとめたアタイにくらべると いくぶんすぐないことは葉の量のばいと まつたくおなじだ。調査地のあいだに 枝の量に いくぶんチガイがあるが推定の方法によつて 大小の順位がいれかわつているから 意味のあるチガイかどうかわからない。おおきくつかんで、このような ヒノキの純林 1 ha にある 枝の量は オモサで 14~22 トン、材積で 10~16m³、表面積は 0.3~0.5 ha のあたりにあるようだ、平均値としては オモサで 16.5 トン、材積で 12 m³、表面積は 0.4 ha とおさえて よさそうだ。ただし 単位面積の林にある 立木の 枝の量は 立木密度によつて、いちじるしくちがう (扇田ほか)

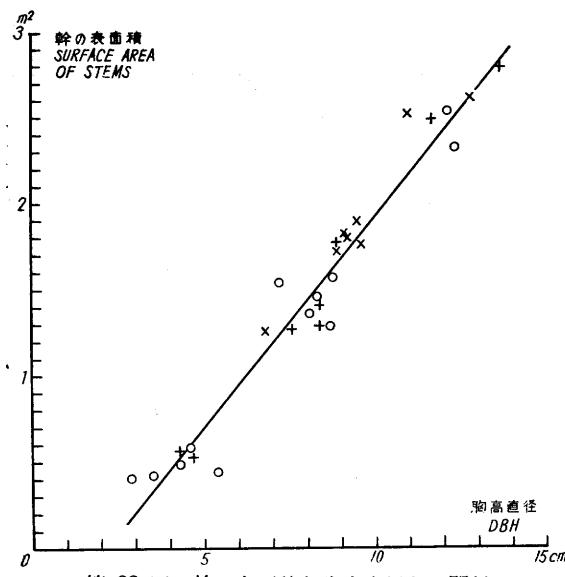
1952, 扇田, 佐藤 1956) から, ほかのものとくらべることは あまりイミがない。しかし, この林の 平均木から推定した 1 haあたりの 枝の材積 10~14 m³ は いろいろな立木密度をもつ この林よりもわかい アカマツ林 (扇田ほか 1952) および この林よりもとしつたストローブマツ林 (扇田, 佐藤 1956) の おなじ方法で推定した それぞれの アタイ 18~52 m³ および 48~64 m³ にくらべると はるかにすくない。そのうえ ヒノキ林の 葉の量がこれらにくらべると はるかにおおいことを かんがえにいれると, ヒノキの 枝の量がすくないことが さらにいちじるしくなる。もし この傾向が 一般的なものであるとしたならば, その生長 (佐藤ほか 1956) と生存 (MÖLLER 1945, MÖLLER ほか 1954 b.) に 葉による 同化生産物のうちの かなりの量をつかう 枝の量が 葉の量のわりに いちじるしくすくないことは 林木の 物質経済のうえに おおきなイミがある。

7. 非同化系の表面積

林分の生長を解析するうえに 非同化系の呼吸量は おおきなイミをもつてゐる。幹や枝の呼吸量は 材積やオモサには比例せず, おなじ材積ならばほそいものほどおおい (MÖLLER ほか 1954 a.)。これは 呼吸が 枝や幹の 表面にちかい 細胞によつて もつともおおく おこなわれているからであり (MÖLLER と MÜLLER 1938, GOODWIN と GODDARD 1940), 枝や幹の 単位表面積の呼吸量に 木 または 林分の 全体の表面積をかけることによつて 木 または 林分の 全体の呼吸量をもとめることができる (MÖLLER 1945)。枝や幹の表面積を知ることは そのほかに 雨水の遮断を考えるうえに イミがある。ヒノキの 枝や幹の 呼吸量は まだしらべてないが, 林分の呼吸量をおさえる資料として, 単位面積の 林分にある 林木の 非同化系——幹と枝——の 全表面積をもとめた。非同化系の表面積としては このほかに 根の表面積をもとめることができが 必要だが これをもとめることは きわめて むずかしいので おこなわなかつた。

単位面積の 林分にある 林木のもつてゐる 幹と枝の 全表面積を いろいろな方法でもとめた。そのひとつは 幹の全表面積をもとめて まえにもとめてある 枝の表面積をくわえる方法だ。この方法には ともに 平均木からもとめる方法と, 胸高直径と 幹や 枝の 表面積との関係と 胸高直径の分布とをつかつて もとめる 方法をおこなつた。もうひとつの方法は ひとつひとつの試料木について 幹と枝の 表面積の合計をだして, これと胸高直径との関係をもとめて, 林分の胸高直径の分布から 林分全体のアタイを 推定する方法だ。

枝の表面積は まえにのべたとおりであり, 幹の表面積は いろいろなタカサでの 直径からもとめた。ひとつひとつの木の 幹の表面積と 胸高直径との関係は 第 22 図のとおりで, ほぼ 直線的な関係がみとめられる。ふたつのあいだの 相関係数は 0.95 で いちじるしい相関があり, 胸高直径 x cm と 幹の表面積 y m² とのあいだには



第 22 図 幹の表面積と胸高直径との関係
(第 3 図の説明を見よ)

Fig. 22. The relation between the surface area of the stems and the diameter breast high.
(see the explanation of Fig. 3.)

第 10 表 非同化表面積 ($W \text{ m}^2$) と胸高直径 ($D \text{ cm}$) の関係をしめす (1) 式の常数

Table 10. Constants in the formula (1) which shows the relation between aphotosynthetic area (Wm^2) and dbh (Dcm)

調査地 plot	<i>a</i>	<i>b</i>
I	1,007	1,440
II	1,346	1,799
III	1,307	1,775
全 体 all samples	1,307	1,756

$$y=0.244x-0.530$$

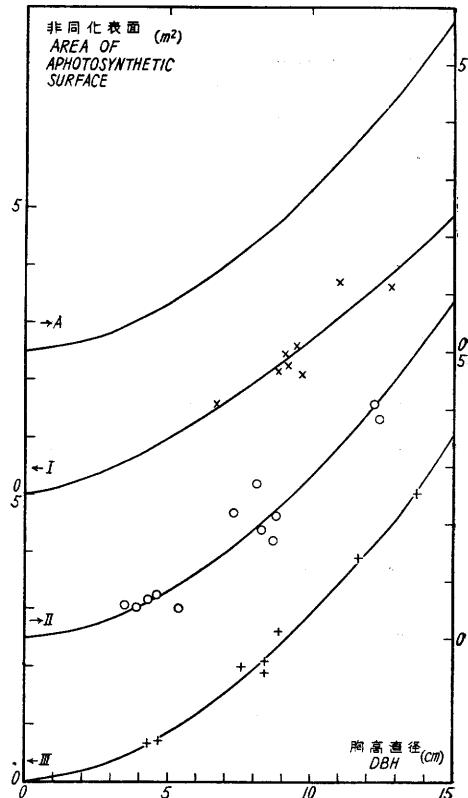
という関係がみられた。この式によつてそれぞれの胸高直径に対する幹の表面積をもとめ、それと調査地ごとの胸高直径の分布とから林分にある幹の全表面積をもとめた。

ひとつひとつの木の幹と枝をあわせた表面積と胸高直径との関係は第23図のようになり、枝のばいとおなじく

$$\log W = b \log D - a \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

の式をあてはめると、その常数は 第 10 表のようになる。この式に常数をいれて 調査地ごと
および すべての供試木をまとめて直径ごとの 非同化表面積をもとめ、これと調査地ごとの
胸高直径の分布によつて 林地 1 haあたりの 非同化表面積をもとめた。

これらのいろいろな方法でもとめた 林地 1haあたりの 立木の 非同化表面の面積は
第 11 表にしめすようになる。まえとおなじように 純林と仮定したばいの アタイをもとめ



第 23 図 ひとつひとつの木の非同化表面積
と胸高直径の関係（第 3 図の説明を見よ）

Fig. 23. The relation between the aphot-synthetic surface and the diameter breast high. (see the explanation of Fig. 3.)

第 11 表 非同化系の表面積 (m^2/ha)
 Table 11. Surface area of aphotysontic parts (m^2/ha)

調査地	Sample plot	I	II	III	平均 Mean
平均木から推定 Estimated from the average trees					
ヒノキのみ <i>Chamaecyparis</i> only	枝 Branches 幹 Stems 計 Total	3,021 10,710 13,731	2,675 8,075 10,750	3,842 7,678 11,520	3,179 8,821 12,000
純林として* As pure stand of <i>Chamaecyparis</i> *	枝 Branches 幹 Stems 計 Total	3,021 10,710 13,731	3,020 9,325 12,345	4,467 8,930 13,397	3,503 9,655 13,158
胸高直径の分布と全体の式から推定 Estimated from the distribution of DBH and formulae for the whole samples					
ヒノキのみ <i>Chamaecyparis</i> only	枝 Branches 幹 Stems 計 I Total I ** 計 II Total II ***	4,207 9,919 14,126 13,234	3,080 8,074 11,154 11,538	3,138 8,033 11,171 11,578	3,475 8,675 12,150 12,117
純林として* As pure stand of <i>Chamaecyparis</i> *	枝 Branches 幹 Stems 計 I Total I ** 計 II Total II ***	4,207 9,919 14,126 13,234	3,556 9,322 12,878 13,324	3,649 9,346 12,989 13,462	3,804 9,527 13,331 13,340
胸高直径の分布と林分ごとの式から推定 Estimated from the distribution of DBH and formulae for each plot					
ヒノキのみ <i>Chamaecyparis</i> only	枝 Branches 幹 Stems 計 I Total I ** 計 II Total II ***	3,384 9,919 13,303 14,527	3,063 8,074 11,137 11,616	4,263 8,033 12,296 12,077	3,570 8,675 12,245 12,740
純林として* As pure stand of <i>Chamaecyparis</i> *	枝 Branches 幹 Stems 計 I Total I ** 計 II Total II ***	3,384 9,919 13,303 14,527	3,537 9,322 12,859 13,414	4,963 9,340 14,298 14,043	3,960 9,527 13,487 13,995

* ヒノキのみの数/ヒノキの断面積合計のワリアイ

Figures for *Chamaecyparis obtusa*/ratio of basal area of *Ch. obtusa* to the whole.

** 枝と幹の推定値の合計

Estimated figure of branch plus estimated figure of stem.

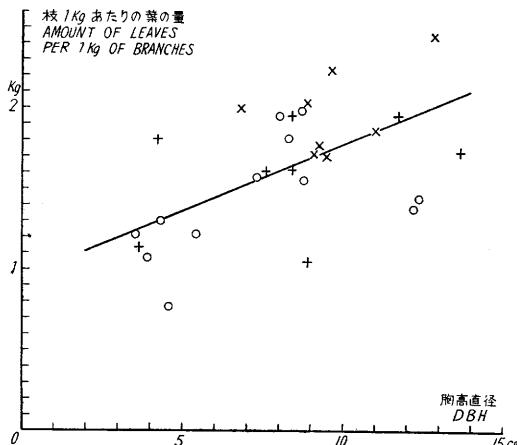
*** 合計として推定

Estimated as Total.

た。調査地のあいだ および推定法のあいだに いくぶんのチガイが見られるが、これらの大小の順位はたがいにいれかわつているから、イミのあるチガイかどうかは わからない。このような ヒノキの純林 1 haあたりの 非同化表面の面積は おおきくつかんで 1.25~1.45 ha, 平均値として 1.35 ha とおさえてよさそうだ。

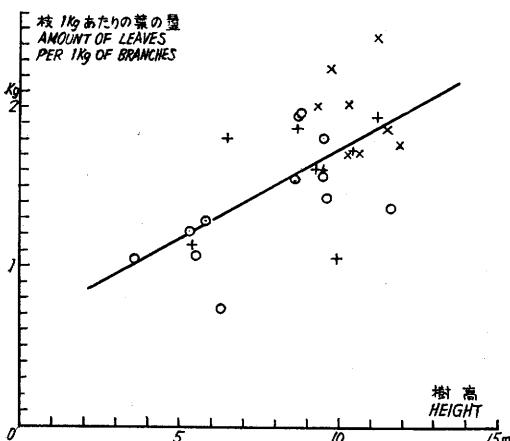
8. 同化系と非同化系のワリアイ

林分における 物質の 生産と 消費の関係を考えるときには、物質の ツクリテとしての葉と その ツカイテとしての 枝と幹の ふたつの量の比によつて 生産と消費の関係を おおまかに見ることができる。枝 1kg あたりについている 葉の量 (ナマのオモサ) は 第 24,



第 24 図 枝 1kg あたりの葉の量 (ナマのオモサ)
と胸高直径の関係 (第 3 図の説明を見よ)

Fig. 24. The relation between the amount of leaves in green weight per 1 kg of branches and the diameter breast high. (see the explanation of Fig. 3.)



第 25 図 枝 1kg あたりの葉の量 (ナマのオモサ)
と樹高との関係 (第 3 図の説明を見よ)

Fig. 25. The relation between the amount of leaves in green weight per 1 kg of branches and the height of tree. (see the explanation of Fig. 3.)

25 図にしめすように 胸高直径や 樹高が おおきいほどおおく、これらのあいだには 直線的な関係がみとめられる。枝 1kg あたりの葉の量 (y kg) と 胸高直径 (x cm) とのあいだの 相関係数は 0.53 で 有意な相関々係があり、

$$y=0.075x+1.10$$

という回帰直線が得られた。回帰係数は いちじるしく有意だ。また 枝 1kg あたりの葉の量 (y kg) と 樹高 (x m) とのあいだの相関係数は 0.63 で 有意な相関々係がみとめられ、

$$y=0.113x+0.63$$

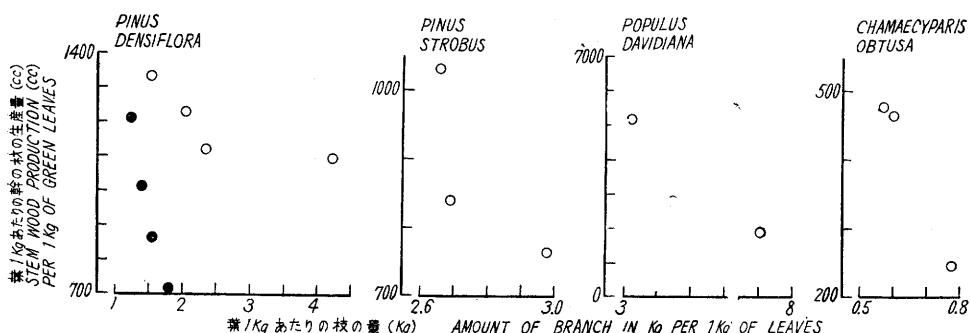
という 回帰直線が得られ、回帰係数は いちじるしく有意だ。胸高直径と 樹高の おおきな木ほど枝 1kg あたりの 葉の量が おおいことがわかる。枝は 葉を 空間に つごうのいい配置に ささえている器官だと 考えるときには、単位量の枝についている 葉の量は 枝の効率をあらわしているものと 考えることができる。そうすると おおきな木ほど 効率のいい 枝をついていることになる。

この関係を 優勢木 平均木 劣勢木について見ると、第 12 表にしめすように、単位量の枝についている葉の量は 劣勢木では 平均木や優勢木にくらべると はるかにすく

第 12 表 同化系と非同化系のいろいろな比
Table. 12. The ratio of the photosynthetic parts to the aphotosynthetic parts.

		優勢木 Dominant	平均木 Average	劣勢木 Suppressed
Leaves/Branches	葉/枝 g/g	1.66	1.75	1.29
	g/cc	2.37	2.39	1.76
	g/cm ²	0.787	0.783	0.577
Leaves/Stem	葉/幹 g/cc	0.197	0.165	0.172
	g/cm ²	0.448	0.283	0.143
Leaves/Stem + Branches	葉/幹+枝 g/cc	0.181	0.154	0.156
	g/cm ²	0.281	0.171	0.111

ない。しかし 優勢木と 平均木のあいだにはチガイがあるとはいえない。ある程度以上おおきな木が 効率のいい枝をついていることは それらが 光をおおくうけることに 関係がありそうだ。この関係は まえに チョウセンヤマナラシ (佐藤ほか 1956) について見られた このような関係と まったく反対だ。このことが どういうことによるのかを 考えるにはもつとおおくの 例をあつめる必要があるが、まえにのべた ひとつひとつの木についている 葉の量と 葉の単位量あたりの幹の材の生産量との関係が おなじように ふたつのばあいに まったく反対だ。しかし その結果として 単位量の枝についている 葉の量がおおいものほど 葉の単位量あたりの 幹の材の生産量が おおいという点で ふたつのばあいは 一致している。さらに まえに報告した 立木密度のことなる アカマツ (佐藤ほか 1955) および ストローブマツ林 (扇田, 佐藤1956) のばあいにも おなじように ひとつの樹種のなかでは 単位量の枝についている 葉の量がおおいばあいほど 葉の単位量あたりの 幹の材の生産量が おおい傾向があきらかだ。この傾向はいいかえれば 葉の量がおなじならば 枝の量がすくないばあいほど 幹の生長量がおおいことであり、4 樹種についての 5 例とも 一致している (第 26 図) から いちおう 一般的なものと 考えてもよさそうだ。単位量の葉あたりの 枝の量がおければお

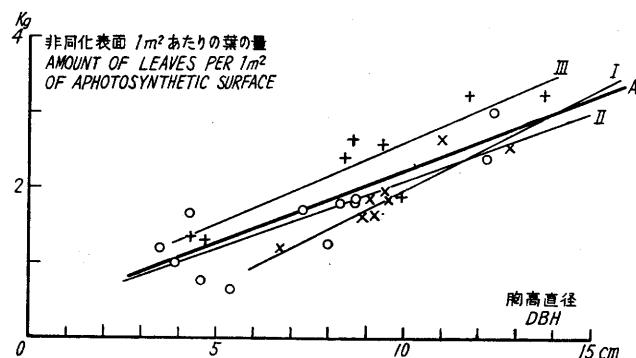


第 26 図 葉の単位量あたりの枝の量と葉の単位量あたりの幹の生長量の関係

Fig 26. The relations between the amount of branch per unit weight of leaves and growth of stem per unit weight of leaves

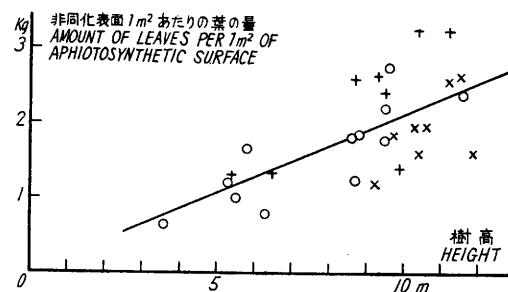
おいほど 葉による 同化生産物のうちで 枝の生長や 呼吸につかわれるも ののワリアイが おおいことはあきらかで、したがつて 幹の生長につかわれるもののワリアイが すくなくなるはずだ。このことは 枝の生産については すでに チョウセンヤマナラシについては あきらかだ。しかし このカンガエカタがなりたつためには 葉の 平均的な同化量が どのような木でもひとしい という仮定が必要で、この仮定は すくなくとも 優勢木と劣勢木などのあいだでは なりたたないだろうし、立木密度がちがうばあいにもなりたつとはかぎらない。このカンガエカタをすすめるためには 葉の平均的な同化量だけでなく 枝や幹の呼吸量と 枝の生産量についての 資料が必要で、さらにたちいつた考察をくわえるには それらについての資料と もつとおおくの例をくわえることが 必要だ。また この傾向はそれぞれのばあいの 平均値としては あきらかに なりたつが、ひとつひとつの木のあいだではかならずしも あきらかではなかつた。

単位量の枝についている 葉の量は ヒノキは アカマツ、ストローブマツ、および チョウ



第 27 図 非同化表面 1m^2 あたりの葉の量 (ナマのオモサ)
と胸高直径との関係 (第 3 図の説明を見よ)

Fig. 27. The relation between the amount of leaves in green weight per 1m^2 of aphotosynthetic surface and the diameter breast high. (see the explanation of Fig. 3.)



第 28 図 非同化表面 1m^2 あたりの葉の量 (ナマのオモサ)
と樹高との関係 (第 3 図の説明を見よ)

Fig. 28. The relation between the amount of leaves in green weight per 1m^2 of aphotosynthetic surface and the height of tree. (see the explanation of Fig. 3.)

第 13 表 非同化表面 1m^2 あたりの葉の量と
胸高直径および樹高との相関係数

Table 13. Correlation coefficient between
the amount of leaves per 1m^2 photosynthetic surface and dbh or height.

Correlation with		胸高直径 dbh	樹高 height
調査地	plot		
I		0.95	—
II		0.82	0.88
III		0.87	0.76
全體 All samples		0.78	0.68

第 14 表 非同化表面 1m^2 あたりた葉の量
($y \text{ kg}$) と胸高直径 ($x \text{ cm}$) または樹高 ($x \text{ m}$)
との関係 $y=a+bx$ における a と b のアタイ
Table 14. The values of a and b in the
formula $y=a+bx$ where y is the amount
of leave (kg) per 1m^2 photosynthetic
surface and x is dbh (cm) or height (m).

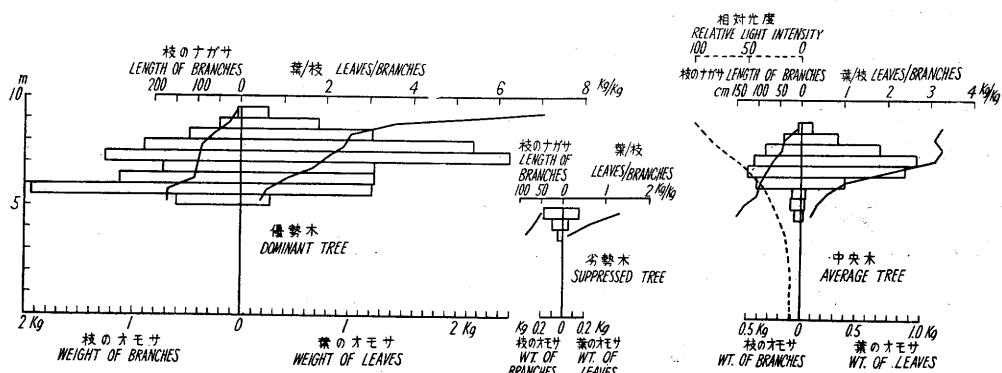
Correlation with		胸高直径 dbh	樹高 height		
調査地	plot	a	b	a	b
I		-0.600	0.262	—	—
II		0.314	0.178	-0.253	0.241
III		0.476	0.214	0.004	0.318
全體 All samples		0.295	0.193	-0.0003	0.213

センヤマナラシにくらべると とびはなれておおい。

つぎに、非同化表面 1m^2 あたりの 葉の量も 第 27, 28 図にしめすように 胸高直径や
樹高と密接な関係があり、それらのあいだには 第 13 表にしめすような 相関係数がもとめられ、調査地 I における 樹高との関係のほかは いちじるしく密接な 相関係数があることが
みとめられた。また、非同化表面 1m^2 あたりの 葉の量 ($y \text{ kg}$) と 胸高直径 ($x \text{ cm}$) または
樹高 ($x \text{ m}$) のあいだには、調査地 I における 樹高との関係をのぞいては、直線回帰がみとめられ、その回帰方程式 $y=a+bx$ の常数は 第 14 表にしめすとおりだ。このように おおきな
木ほど 単位量の 非同化部分に対する 葉の量がおおいということは 第 12 表にしめした
優勢木 中央木 劣勢木の関係からも みとめられる。幹 および 幹と枝をあわせた 材積の
単位量あたりの 葉の量の 優勢木 中央木 劣勢木の順位は まえに報告した チョウセンヤ
マナラシのばあいと おなじだ。

9. 枝と葉の 空間での配置

葉と枝の クローネ層のなかでの タテの分布の もつイミについては、すでにのべた (佐藤



第 29 図 枝、葉および林内の相対光度のタテの分布

Fig. 29. The vertical distribution of branches, leaves and relative light intensity.

ほか 1955, 佐藤 1955)。地上からの タカサ 50cm ごとに 幹をくぎつて、そのあいだについている枝と葉のオモサの合計、枝のナガサの平均、および枝 1kgあたりについている葉のナマのオモサの平均をもとめた。いずれの調査地のばあいにも ほぼ おなじようなので、調査地 II における 5 本の平均木の平均および 1 本ずつの優勢と劣勢木について、これらのアタイを第 29 図にしめす。葉と枝のタテの分布のもようは、優勢木と平均木とではあまりちがわないが、劣勢木では、それらとは、かなりちがつている。優勢木と平均木では、葉と枝の量はクローネの上のほうではなく、しだいに下に向つてふえて、クローネのナカホドで 最大となり、それからふたたびへつていく。優勢木では 平均木よりも ヘリカタが ゆるやかだ。ところが 劣勢木では 葉と枝の量は 上のほうほどおおく、下の方にむかつてすくなくなり、あたかも 平均木のクローネの ナカバ以下のような 分布をしめしている。このことは、単位量の枝についている 葉の量についてもあてはまり、劣勢木 の単位量の枝についている 葉の量は 平均木や優勢木のクローネの 下のほうと ほぼ おなじくらいだ。劣勢木のクローネが 優勢木や平均木のクローネの 下の方とてていることは まえに報告した チョウセンヤマナラシのばあい(佐藤ほか 1956)と おおいに ことなつている。これは このふたつの樹種の 樹型のチガイによるものとも 考えられるが、アカマツの 劣勢木のばあいは むしろ チョウセンヤマナラシに ちかかつたことから 考えると それだけではなさそうで、さらに検討を要する。単位量の枝についている 葉の量は いずれのばあいにも クローネの上のほうほど おおいことは まえに報告した アカマツ および チョウセンヤマナラシのばあいと おなじだ。

1953 年の 11 月 25 日の 10 時から 12 時のあいだに、林内の 代表的とおもわれるところで EDER HECHT 光度計をもひいて 相対的なアカルサの タテの分布をしらべた。アカルサは 地上から 1m ごとのタカサではかり、裸地のアタイに対する ワリアイをもとめた。いろいろなタカサでの 相対的なアカルサの平均を 第 29 図にしめす。クローネ層の 下のハシあたりまでは とおつた クローネ層のアツサにおうじて しだいに アカルサがおちてゆくが、それから下では あまりかわらず、地上で 9.1% 地上 1m で 10.3%, 2m で 9.0%, 3m で 15.7%, 4m で 12.3%といつたアタイをしめしており、このハカリカタの精度からいつても あまりこまかなる数字はイミがないから クローネ層の下のアカルサは 裸地の およそ 10% とみてよさそうだ。ただし この林は 尾根の上にあるから 側方からの光線も かなりはいつて いると 考えられる。この測定と前後して おなじ方法で はかつた わかいアカマツ林内のアカルサは 立木密度にかかわりなく 林外の 20% ぐらいだつた(佐藤ほか 1955)。この アカルサのチガイは 葉の量のチガイの アラワレと 考えられる。

10. まとめ

林木が ウッペイをたもつて 林分として そだつばあいの 生長のアリサマを 解析する

資料を得るために、東京大学農学部付属千葉県演習林の 28 年生の ヒノキの 人工林について 葉の量と生産の関係を中心をおいて 調査をおこなつた。3 個の ちいさな調査地から 優勢木 平均木 劣勢木をふくむ しめて 28 本の 供試木をとり、調査地ごとに 枝と葉の量、幹の生産量、枝と葉のタテの分布などをしらべた。

ひとつひとつの木についている 枝と葉の量は その木の胸高直径と密接な関係があるが、枝と葉の量は 直径には比例せず、直径がおおきいほど 比例以上におおく、枝 または葉の量の対数は 胸高直径の対数と 直線関係がみとめられた。このようなヒノキ林の 1 ha にある葉の量は 平均して ナマのオモサで およそ 30 トン、絶乾のオモサで およそ 13 トンとおさえた。おなじく 枝の量は 平均して オモサで 16.5 トン、材積で 12 m³、表面積で 0.4 ha とおさえた。

ひとつひとつの木がついている 葉の量がおおいほど 幹の材の生産量はおおく、幹の材の生産量は おおきくみれば ほぼ 葉の量に比例しており、とくに 幹の材の生産量を 乾物量であらわすばあいのほうが、材積であらわすばあいよりも 葉の量との関係は密接だつた。しかし、こまかくみると 葉の量がすくなく 胸高直径のちいさなものあいだでは、葉をおおくついている木ほど 葉の単位量あたりの 幹の材の生産量がおおい傾向が見られるが、葉の量がおおく、胸高直径のおおきな木のあいだでは、ひとつひとつの木についている葉の量がおおくてもあるいは 胸高直径がおおきくとも、それほど 葉の単位量あたりの 幹の材の生産量はおおくならないという 傾向が見られた。すなわち 劣勢木の 葉の単位量あたりの 幹の材の生産量は 平均木や優勢木よりも すくないが、平均木と優勢木のあいだには あまり チガイがなかつた。葉の単位量あたりの 幹の材の生産量は 樹高と密接な関係があり、樹高がたかいほど おおかつた。ナマのオモサで 1 kg の葉に対する 幹の材の生産量は 調査地によつてことなるが 400~600 cc あるいは 160~200 g と推定された。

単位量の枝についている葉の量は 胸高直径や 樹高が おおきいほど おおきかつた。これまでにしらべた アカマツ ストローブマツ ヤマナラシ および ヒノキの いずれのばあいにも、葉の単位量あたりの 枝の量がおおいばあいほど 葉の単位量あたりの 幹の材の生産量がおおいことがみとめられた。枝と葉の クローネのなかでの タテの分布は、優勢木と平均木のあいだには あまり チガイがなかつたが、劣勢木は これらと ひどくちがつており、劣勢木のクローネのなかでの 枝と葉の分布のもようは ちょうど ナミの木のクローネの 下の部分をとりだしたような型をしめしていた。

11. 文 献

BAKER, F. S., 1950 Principles of silviculture. 287

BOYSEN JENSEN, P., 1930 Undersøgelser over stoffproduktionen i yngre bevoksninger af ask og bøg. II. Forstl. Forsøgsrv. Danmark 10: 365~391

- og MÜLLER, D., 1927. Undersøgelse over stoffproduktionen i yngre bevoksninger af ask og bøg. Forstl. Forsøgsrv. Danmark **9**: 221-268.
- BURGER, H., 1929. Holz, Blattmenge und Zuwachs. I. Die Weymouthföhre. Mitteil. Schweiz. Centralanst. Forstl. Versuchsw. **15**: 243-292.
1935. Holz, Blattmenge und Zuwachs. II. Mitteil. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. **19**: 21-72.
1937. Holz, Blattmenge und Zuwachs. III. Nadelmenge und Zuwachs bei Föhren und Fichten verschiedener Herkunft. Mitteil. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. **21**: 101-114.
- 1939 a. Der Kronenaufbau gleichalteriger Nadelholzbestände. Mitteil. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. **21**: 5-57.
- 1939 b. Baumkrone und Zuwachs in zwei hiebsreifen Fichtenbeständen. Mitteil. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. **21**: 147-176.
1940. Holz, Blattmenge und Zuwachs. IV. Ein 80 jähriger Buchenbestand. Mitteil. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. **21**: 307-348.
1941. Holz, Blattmenge und Zuwachs. V. Fichten und Föhren verschiedener Herkunft auf verschiedenen Kulturoren. Mitteil. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. **22**: 10-62.
1945. Holz, Blattmenge und Zuwachs. VII. Die Lärche. Mitteil. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. **24**: 7-103.
1947. Holz, Blattmenge und Zuwachs. VIII. Eiche. Mitteil. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. **25**: 211-279.
1948. Holz, Blattmenge und Zuwachs. IX. Die Föhre. Mitteil. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. **25**: 435-493.
1950. Holz, Blattmenge und Zuwachs. X. Die Buche. Mitteil. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. **26**: 419-463.
1951. Holz, Blattmenge und Zuwachs. XI. Die Tanne. Mitteil. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. **27**: 247-286.
1952. Holz, Blattmenge und Zuwachs. XII. Fichten im Plenterwald. Mitteil. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. **28**: 109-156.
1953. Holz, Blattmenge und Zuwachs. XIII. Fichten im gleichalterigen Hochwald. Mitteil. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. **59**: 38-130.
- BUSSE, 1930. Baumkrone und Schaftzuwachs. Forstw. Cbl. **52**: 310-318.
- DENGLER, A., 1937. Kronengröße, Nadelmenge und Zuwachsleistung von Altkiefern. Z. f. Forst- u. Jagdwes. **64**: 321-336.
- GOODWIN, R., and GODDARD, D., 1940. The oxygen consumption of isolated woody tissues. Am. J. Bot. **27**: 234-237.
- 平井信二, 1958. 林木の重量生長に関する研究 6. 千葉県演習林産ヒノキ. 東大演報 **54**: 199-217.
- KITTREDGE, J., 1944. Estimation of amount of foliage of trees and stands. J. Forestry **42**: 905-912.
- 丸山岩三, 佐藤正, 1953. 林木および林分の葉量に関する研究 (第1報) 岩手県地方のアカマツについて. 林試報 **65**: 1-10.
- MÖLLER, C. M., 1945. Untersuchungen über Laubmenge, Stoffverlust und Stoffproduktion des Waldes. Forstl. Forsøgsrv. Danmark **17**: 1-287.
- , og MÜLLER, D., 1938. Aanding i äldre Stammer. Forstl. Forsøgsrv. Danmark

- 15: 113-138.
- _____, _____, and NIELSEN, J. 1954 a. Respiration in stem and branches of beech. Forstl. Forsøgsv. Danmark, 21: 273-301.
- _____, _____ 1954 b. Graphic representation of dry matter production of European beech. Forstl. Forsøgsv. Danmark 21: 327-335.
- 佐藤大七郎, 1955. 林木の生長の物質的基礎. 育林学新説 116-141.
- _____, 功力六郎, 条川昭夫: 1956. 林分生長論資料 3. チヨウセソマナラシの再生林における葉の量と生長の関係. 東大演報 52: 33-51.
- _____, 中村賢太郎, 扇田正二: 1955. 林分生長論資料 1. 立木密度のちがう若いアカマツ林. 東大演報 48: 65-90.
- SCHMIDT, H., 1953. Kronen- und Zuwachsuntersuchungen an Fichten des bayerischen Alpenvorlandes. Forstw. Cbl. 72: 276-286.
- 扇田正二, 中村賢太郎, 高原末基, 佐藤大七郎, 1952. 林分の生産構造の研究(予報). アカマツ植栽疏密試験地に於ける若干の解析. 東大演報 43: 49-57.
- _____, 佐藤大七郎, 1956. 林分生長論資料 2. いろいろなツヨサの間伐をした北海道のストローブマツ林. 東大演報 52: 15-31.

Résumé

Studies were made to obtain materials for the analysis of the growth in closed stand in a 28 years old plantation of *Chamaecyparis obtusa* in Tokyo University Forest in Tiba. 28 sample trees consist of dominant, average, and suppressed trees were taken from three rather small sample plots, and measurement were made on the standing amount of leaves and branches, on current increment of stems, and on the vertical distribution of branches and leaves.

The amount of leaves and branches per tree showed close connection with diameter breast high of the stem, these Values increased with increasing diameter of the stem more than their proportion to the diameter. The logarithm of the amount of leaves and of branches showed linear relation with the logarithm of the diameter breast high. The amount of leaves per 1 ha of woodland was estimated as about 30 metric tons in green weight and about 13 metric tons in oven dry weight. As for the amount of branch per 1 ha of woodland, which is significant as the consumer of the photosynthate in the economy of carbohydrate in woodlands, was estimated as about 16.5 metric ton in green weight, 12 cubic meter in volume, and 0.4 hectare in their surface area.

Stem wood production per tree increased with increasing amount of leaves per tree, and, in a rather larger scope, the amount of stem wood production per tree was proportional to the amount of leaves per tree. The connection between the stem wood production and the amount of leaves was more close when the stem wood production was shown in dry matter than when it was presented in volume. The stem wood production per 1 kg of green leaves was 400-600 cc in volume or 160-200 g in dry weight, though it differs according to the conditions of sample plots. If these relations were analyzed in a rather smaller scope, however, among

trees with less leaves and with smaller diameter breast high, the stem wood production per unit amount of leaves increased with increasing amount of leaves per tree and with increasing diameter; whereas among those with larger amount of leaves and with larger diameter, it was not so much affected by the amount of leaves per tree and by the diameter. The stem wood production per unit amount of leaves was smaller in the suppressed trees but there was no difference between dominant and average trees in this respect. The stem wood production per unit amount of leaves increased with increasing height of the tree.

The amount of leaves attached to an unit amount of branches increased with increasing diameter and height, and the value was markedly high as compared with those species previously reported.

In cases of the stands of all four species already studied, *Pinus densiflora*, *P. strobus*, *Populus Davidiana* and *Chamaecyparis obtusa*, the stem wood production per unit weight of leaves increased with decreasing amount of branches per unit weight of leaves. This trend suggest the importance of the study of growth and consumption of photosynthate by each part of a tree.

The vertical distribution of leaves and branches in the crown of dominant trees was similar to that of average trees, though differs in their amount. However, the crown of suppressed trees differed from them not only in the amount but also in the distribution, the distribution of leaves and branches of them resembled to the one in the lowermost parts of the crown of dominant and average trees.