

研究報告第93号正誤表

頁	行	誤	正	摘要
30	上から 17, 18	枯死率は 9%	枯死率は 96%	不要
"	" 18 おわり	6		
"	Table 5 胸高直径の欄	19~64	19~62	(内訂正)
121	文献 4)	(未発表)	(日本化学会, 第6年会 発表)	
126	上から 2	合の 23.8%	合は 23.8%	図版いれちが いによる
127	図版	Fig.4 軽沸点留分(I)..	Fig.5 高沸点留分(II)..	
128	図版	Fig.5 高沸点留分(II)..	Fig.4 軽沸点留分(I)..	
"	本文上から 2	Band 3 もかなり強いが, Band 2 では	Band 2 もかなり強いが, Band 3 では	

本数密度からみたアカマツ 天然生幼令林分の解析

坂口 勝美⁽¹⁾・土井 恭次⁽²⁾
安藤 貴⁽³⁾・福田 英比古⁽⁴⁾

まえがき

森林の保育という仕事は、筆者の1人がすでにのべた²¹⁾ように、あるきまつた経営の目標に対して、もつとも経済価値がたかくなるように、能率的に林をそだてあげてゆくことである。ところが、経営目標はいろいろあるから、それらに対して最高の価値をもつ林の構造もさまざまであるだろう。林の構造をきめる因子はいろいろあつて、きわめて複雑である。しかしわれわれは、ひじょうにこんだ林の中に入ると、疎林にくらべてうすぐらく、枝の枯れあがりかたも大きく、幹が細いことに気がつく。このことから、林の構造をしめすいろいろの要因を、本数密度と対比することができそうだし、また、林の構造のちがいが、葉の同化作用や林地の栄養条件に影響をあたえて、林の生産力や生産物質の配分にちがいをおこし、ひいてはまた林の構造をかえてゆくという考えかたがもてそうである。

本数密度のちがいが、林木の成長やかたちにどういふ影響があるかは、古くから注目され、研究されてきた。1904年に設定した植栽密度試験地のうち、アカマツ、カラマツの成長についての結果を河田²²⁾、佐多たち²³⁾、および河田たち²¹⁰⁾が報告し、また1938年中村が計画実施したアカマツ植栽本数試験地の結果を扇田たち²⁷⁾、佐藤たち²⁶⁾がとりまとめた。またBAKER¹⁾はPonderosa pineの天然更新林分をつかつて本数密度と成長とについて論じ、REINKE²⁾は同令林の直径と本数密度との関係について論じた。

一方、農学方面においても、栽植密度と収量との関係は古くから研究されてきているが、近時吉良たちは¹¹⁾¹²⁾¹³⁾、栽植密度をかえて個体の成長をしらべ、個体の競争や、単位面積あたりの収量について、統一した立場で理解できる一般法則をうちたてた。

林木といえども、一般植物の生長法則の例外ではないだろうが、きわめて複雑にくみあわさつた環境条件の影響をうけつつ、長期間にわたつて成育するものである。そこで筆者たちは本数密度と林分の成長との関係にこの吉良たちの法則がかなうかどうか、また、それが林業上どういう意味をもっているかについて考察し、あわせて森林保育上の基礎的資料にしようと考え、この調査をはじめた。はじめの調査結果はすでに報告²²⁾したが、林分の規模が小さかつたのでもう少し大きい林分について資料をあつめようと考え、1954年11月30日から12月13日にかけて、岩手県下に2カ所の林分をえらび調査した。その結果いくつかの傾向がみられたので、ここに報告する。

今回の調査にあつては、現地でいろいろ御助言、御協力していただいた林業試験場青森支場の村井三郎技官、井沼正之技官、久慈営林署長小田中秀治技官、同徑営課長黒石正雄技官および営林署のかたがた、また資料のとりまとめに協力していただいた山本和子氏にあつくお礼をもうし上げる。

(1) 造林部長 (2),(3),(4) 造林部造林研究室員

なお、この調査にききだつて、適当な林分を選ぶため、筆者たちのうち2名が踏査をおこなつたが、このさい、いろいろ御便宜をあたえてくださった一ノ関、水沢、沼宮内、野辺地、乙供の各営林署の職員のかたがたにあつてお礼をもうしあげる。

調 査 地

調査地はつぎの2カ所である。

1. 侍浜 岩手県九戸郡侍浜村にある侍浜村牧野組合所有地。もと久慈営林署北野山国有林187林班で、1952年、この牧野組合に所属替になつたところである。地形はゆるい起伏があるが、ほとんど平坦であり、草原性黒色土壌で厚くおおわれており、地位は上とされている。ここは東側に、樹令約28年、平均樹高約22m、平均胸高直径約25cmのアカマツ天然生林分があり(186林班)、これを母樹として側方天然下種更新した林分が、巾20~50mで南北に長く成林していた(Phot. 1, 2参照)。この林分のなかに調査区をえらんだ。樹令は東から西へしだいに若くなつていく。放牧地、採草地ではあるが、所属替になつてからまがなないので、林分内にはほとんど手が入つていない。

2. 一の関 岩手県東磐井郡前田野村大住国有林のなかにあるアカマツ総合試験地。60林班を2およびへ小班。この地域はおよそ北に面した斜面で、低い平坦なところは草原性黒色土壌で、中腹から上は褐色森林土でおおわれている。海拔は低いところで260m、高いところで360mであるから標高差は100mである。1939年天然下種更新をはかり、1943年まで下刈等の保育をし、それから1949年まで放置してあつた。1950年にはつる切を行つた。1951年この区域に除伐試験区が設けられ、30×30m²の区12コを設定している。試験区に該当しない区域は放置されてあつた。今回の調査区は、この除伐試験区外の区域からとつた。

調 査 法

1. 調査区と調査木のえらびかた 調査区はできるかぎり、樹令ひとしく、樹高もほぼひとしく、立木の配置が比較的均等なところを選んだ。このなかでも、立木の配置にもつとも重点をおいたため、樹令にも樹高にも差を生じた。しかし、これはやむをえないことなので、調査区のいろいろの因子が厳密に均等であるよりも、密度のちがう林分をたくさん選ぶようにつとめて、傾向をつかもうとした。

調査区の面積は小さいのは3×3m²から大きいのは5×5m²ぐらゐまであつたが不整形である。外周の立木もおなじように均等に配置されていることを望んだが、意に満ちたものは少なかつた。適当な立木密度をもつ林分を探したら、立木の位置図がかけられるように樹間距離を測つた。日数と人手に限りがあるので、1調査区から2本の調査木をえらんだが、一部は1本のものもあつた。

調査木がきまれば、立木のまゝ枝をきりおとし、各輪生枝ごとにまとめ、そのあとで地ぎわから伐倒し、事業所に運搬し測定した。

2. 測定法 日数と人手にかぎりがあつたため、枝は各輪生枝ごとに、その平均生重量に近い2本をえらび、葉と枝の生重量をはかつた。ただし、一輪生枝内の枝が、大小ふぞろいのはなはだしいものや、枝数の少ないものは全数測定した。葉は調査した日の天候や、伐採から測定までの時間が異なるので一部をとつて80°Cの恒温器に入れて含水率をはかり乾量を出した。この選んだ枝について、いろいろ測定し

第 1 表 測定簡略法による誤差率
Table 1. Error Percentage in Shorten Measurement.

調査木 Tree No. 輪生枝番号 Verticillate Shoot No.	1									2									
	4			5			2			3			4			5			
	M	C	E	M	C	E	M	C	E	M	C	E	M	C	E	M	C	E	
	g	g	%	g	g	%	g	g	%	g	g	%	g	g	%	g	g	%	
当年生葉 1st yr. Leaves	1215	1162	-4.4	910	1015	11.5	510	507	-0.6	1114	1158	3.9	1142	1164	1.9	1253	1210	-3.5	
1 年生葉 2nd yr. Leaves	487	490	0.5	432	487	12.8	-	-	-	-	-	-	-	455	484	6.4	720	683	-5.1
枝 Shoots	2795	2826	1.1	4072	3947	-2.5	866	861	-0.6	1621	1548	-4.5	2214	2212	-0.1	3393	3307	-2.5	

備考：M....実測値，C....計算値，E....誤差率

Note: M....Measurement value, C....Calculated value, E....Error Percentage

た値は重量比率によつて輪生枝全体の値に換算した。このような方法で計算した値が実測値とどの程度の差があるか，2，3の例を第1表に示す。

幹はふつうの樹幹解析法によつて重量を測つてから材積を計算した。枝の解析は各令階ごとに，中央断面積を計算し，長さに乗じて材積をもとめた。当年生の枝は，キシロメーターで材積をもとめた。ひじょうに細い枝で断面積の測定のにくいものは，ひとまとめにして全材積をキシロメーターでもとめ，当年成長材積のわかつた部分の比率で，当年成長材積を算出した。しかし，下層の枝で1954年の成長量がほとんどないものは，計算によつて過大に算出されないよう注意した。

結果と考察

第 2 表 調査林分の樹令，樹高，本数密度
Table 2. Ages, Heights, and Densities of Sample Stands.

調査地 Area	調査区 Plot No.	調査木 Tree No.	樹令 Age yr.	樹高 Height cm	本数密度 Stand Density No./ha
侍 浜 Samuraihama	}	4	11	418	300
		5	1	495	900
		5	2	432	900
		3	1	465	1700
		3	2	482	1700
		9	1	496	4500
		10	2	493	5900
		10	1	473	8200
		2	1	525	15000
		2	2	529	15000
		1	1	522	22000
		1	2	537	22000
		6	1	543	30000
		6	2	508	30000
		8	1	485	32000
8	2	466	32000		
	平均 Mean		492		
一ノ関 Ichinoseki	}	1	14	720	400
		6	13	805	1000
		3	13	755	2300
		2	13	935	5000
		4	13	660	25000
	平均 Mean		775		

この報告は侍浜と一ノ関の調査結果が主であるが、前報²³⁾の結果も必要に応じてかけ、また前報で考察不十分な点もあわせて論議する。

1. 調査林分の大きさ

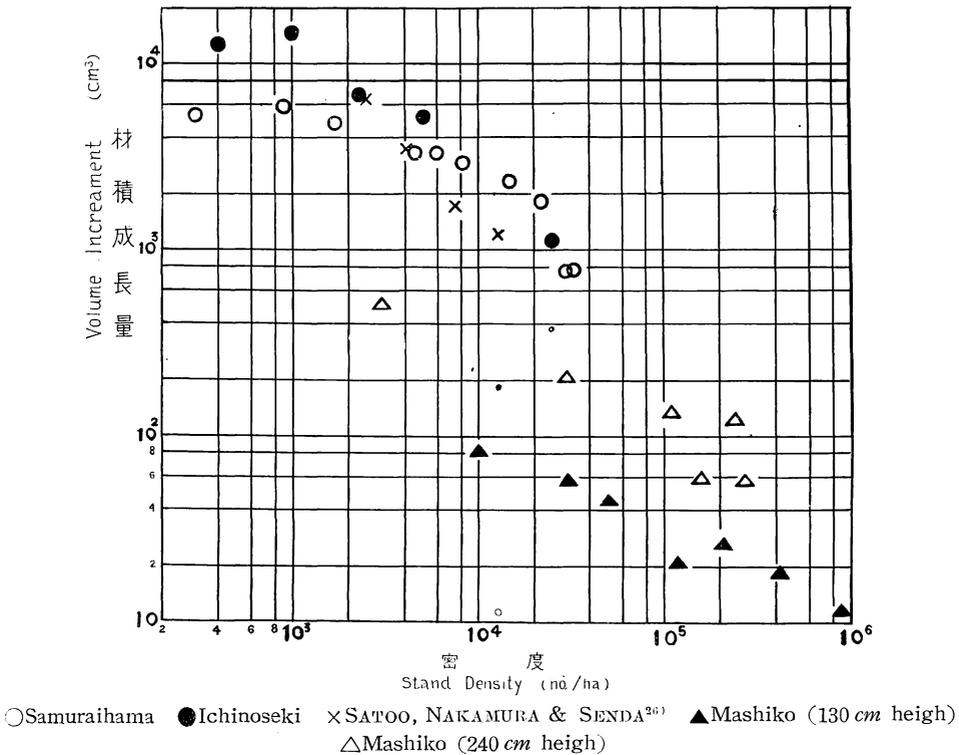
まず、調査林分の大きさがどのようであつたかを第2表にまとめる。まえにものべたように、樹令、樹高に差を生じたが、立木配置の均等なことを第一とすると、これ以上適当な林分をさがすことはむづかしかった。また、一ノ関は侍浜よりは成長の良好な林分であつた。各調査林分の様子は Phot. 3~16 にしめす。

さて、今回調査した林分の本数密度は、現在のそれであつて、過去どのような密度の経過をたどつて成長してきたかは、ほとんど知るすべがない。したがつて、ここでは論議をおもに 1954 年の成長量と本数密度との関係にとどめたいが、現存量についても二、三報告することにする。

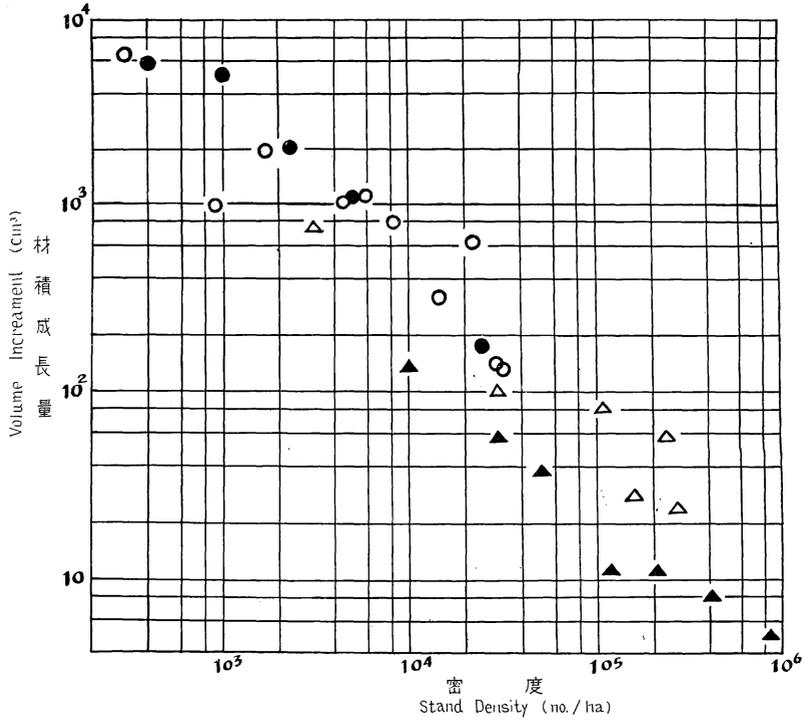
2. 材積年成長量

(i) 単木 1954 年に成長した単木の幹、枝およびその合計の材積と本数密度との関係を、両軸とも対数目盛で図示すれば、それぞれ、第1、2、3図のようになる。

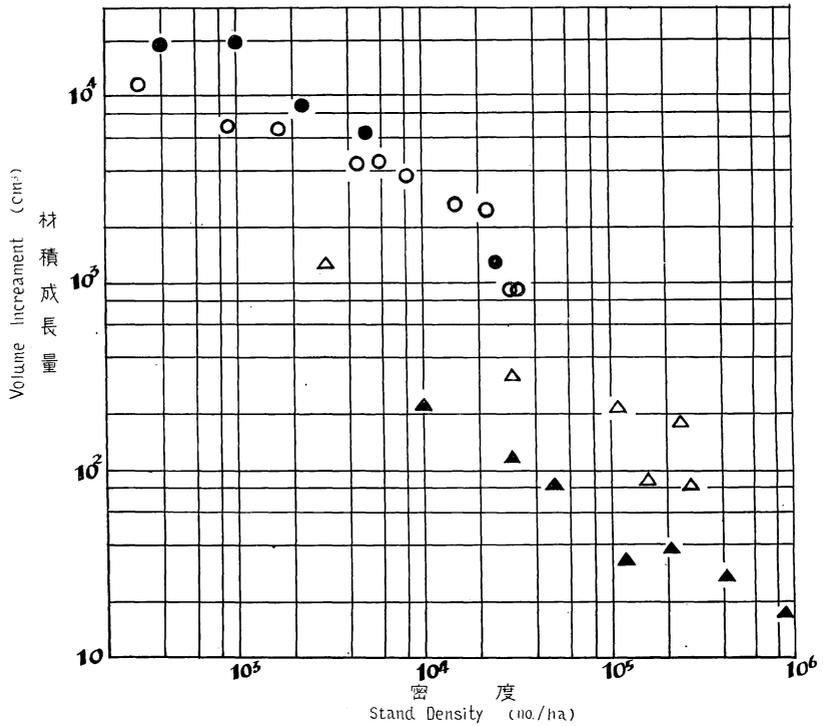
まず、幹材積については、密度 1000本/ha のところに屈曲点があつて、それより左、すなわち本数密度の低い方は、密度にかかわらずほぼ一定であり、それより右、すなわち本数密度の高い方は、密度の上昇とともに直線的に減少する傾向がある。この部分の直線のかたむきを、益子のばあいとくらべると、一ノ関では大きくなつてはいるが、侍浜では大差はない。



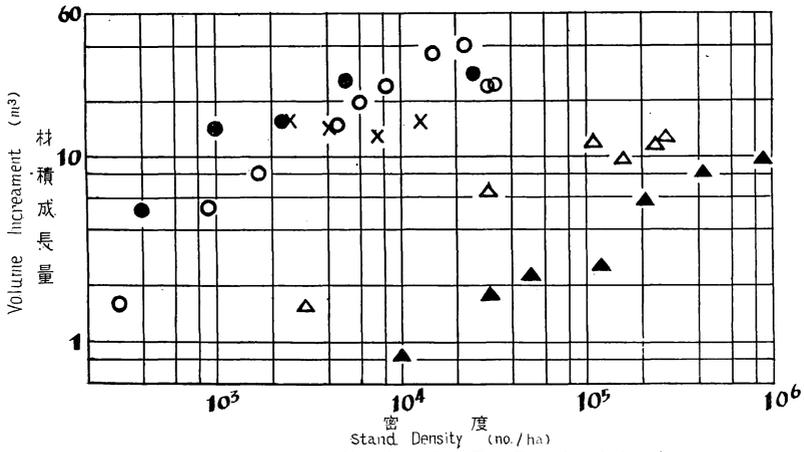
第1図 幹材積年成長量(1本あたり)
Fig. 1 Yearly increment of bole volume. (per one tree)



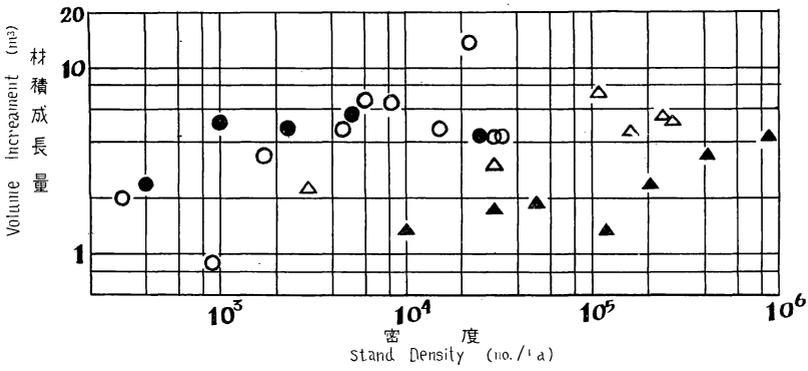
第 2 図 枝材積年成長量 (1本あたり)
Fig. 2 Yearly increment of branch volume. (per one tree)



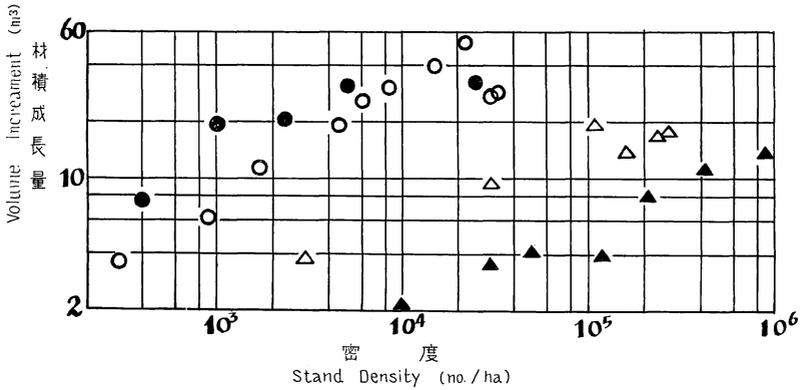
第 3 図 全材積年成長量 (1本あたり)
Fig. 3 Yearly increment of total (bole+branches) volume. (per one tree)



第4図 幹材積年成長量 (haあたり)
Fig. 4 Yearly increment of bole volume. (per ha)



第5図 枝材積年成長量 (haあたり)
Fig. 5 Yearly increment of branch volume. (per ha)



第6図 全材積年成長量 (haあたり)
Fig. 6 Yearly increment of total volume. (per ha)

つぎに、枝材積では幹のばあいの屈曲点が一ノ関では見られるが、侍浜でははつきりしなく、ともに密度の増加とともに直線的に減少するが、そのかたむきは幹よりも大きく、また、益子のばあいよりも大きい。

幹と枝の合計、すなわち全材積のばあいは、量的に多い幹の傾向が強くあらわれるから、幹にいた傾向をしめしている。

(ii) 単位面積あたり 単木のばあいの量から、単位面積（ここでは 1ha）あたりの量に換算して、幹、枝、全材積を図示すると第 4、5、6 図のようになる。

幹では、密度の上昇とともに直線的に増加するようであるが、単木のばあいの屈曲点がやはりここにもあらわれており、屈曲点の左側の直線のかたむきより、右側のそれの方がゆるやかになっている。

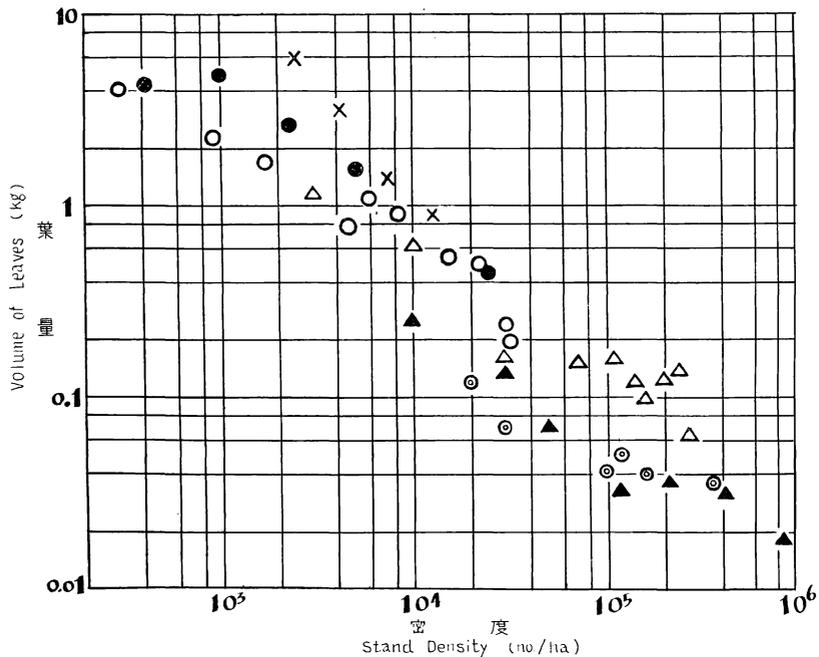
枝では、密度 1000 本/ha の付近を境として、それより密度のたかい方は、侍浜も一ノ関もほとんど密度にかかわらず一定になる傾向をしめして、益子のばあいといちじるしくちがつている。

全材積はまえにのべたとおなじように、幹の傾向ににている。

3. 葉の量

(i) 単木 葉の乾量と本数密度との関係を、おなじく両軸対数目盛で図示すると第 7 図のようになる。やはり本数密度の増加とともに直線的に減少するが、一ノ関では 1000 本/ha のところに屈曲点があるようである。益子のばあいは、高密度のところで、減少度合がおとろえているが、今回の調査ではそのような傾向はない。また、侍浜・一ノ関・益子を通じて共通の一つの直線的傾向があるようにうかがわれる。

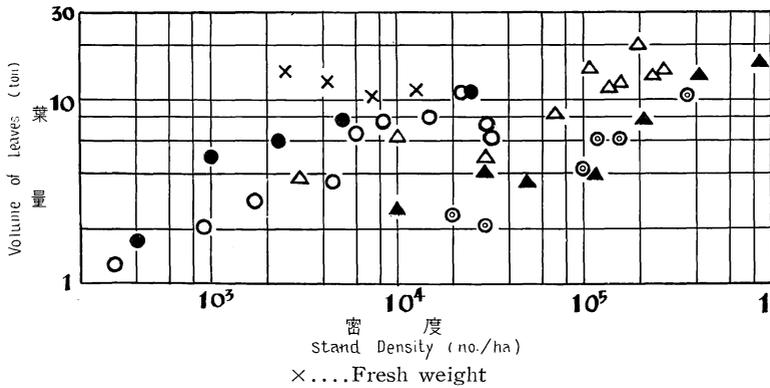
(ii) 単位面積あたり 第 8 図のようになつて、本数密度の増加とともに、直線的に増加する傾向がある。直線のかたむきは、林分の大きいほどゆるやかである。なお、測定した密度の範囲では単位面積あたりの量が恒量に達していないようである。



×....Fresh weight ◎....Mashiko (90 cm height)²²⁾

第 7 図 葉 量 (1 本あたり)

Fig. 7 Volume of leaves. (per one tree)

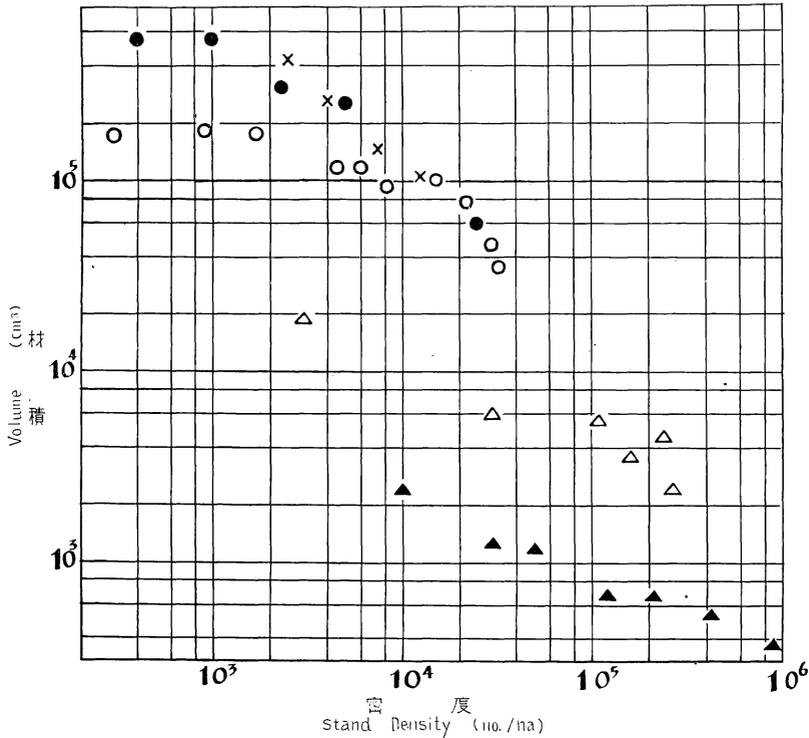


第8図 葉量 (haあたり)
Fig. 8 Volume of leaves. (per ha)

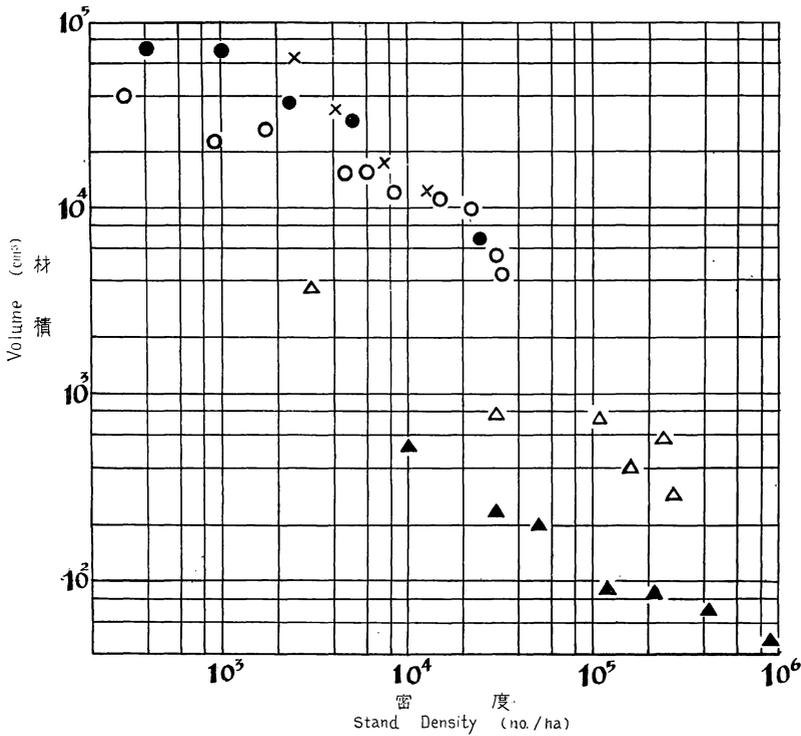
4. 現存材積

現存材積は、今までの成長過程の集積であるから、過去の本数密度などの環境条件による影響が大きくひびいていると考えられるが、一応現在の本数密度とくらべてみることにする。本数密度をヨコ軸に、現存材積を、幹、枝、その合計別に、それぞれタテ軸に、ともに対数目盛であらわすと、第9～14図のようになる。ともに年成長量とおなじような傾向がうかがえる。

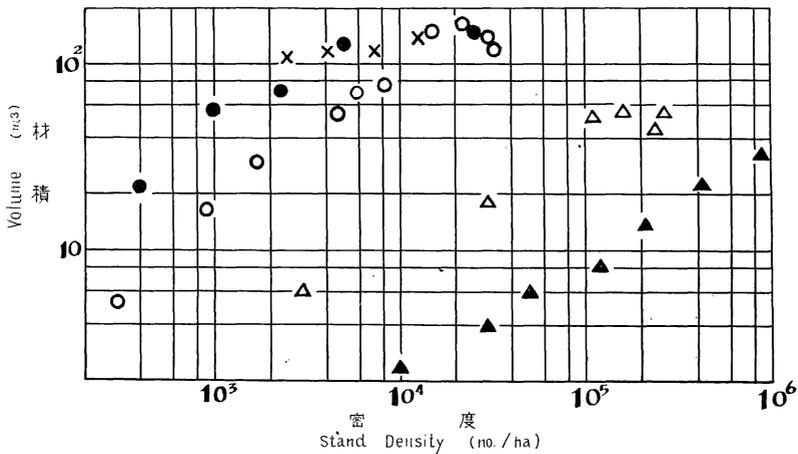
以上の結果をつうじて考えられることは、まず、このくらいの大きさの林分では、だいたい本数密度



第9図 現存幹材積量 (1本あたり)
Fig. 9 Standing crop of bole volume. (per one tree)



第 11 図 現存全材積量 (1本あたり)
 Fig. 11 Standing crop of total volume. (per one tree)



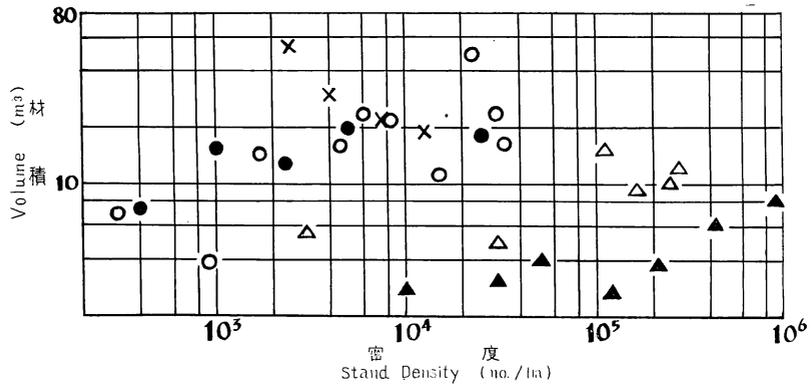
第 12 図 現存幹材積量 (ha あたり)
 Fig. 12 Standing crop of bole volume. (per ha)

が大きくなっていく。

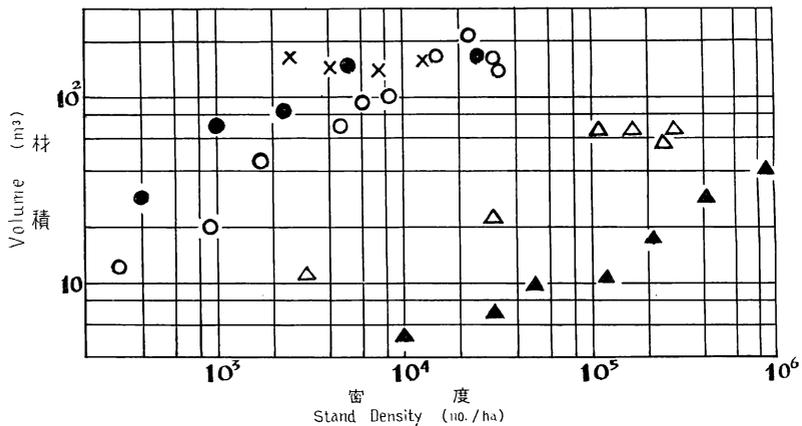
単位面積あたりの収量 (wd) と密度との関係は

$$\log wd = (1-a) \log d + K' \dots\dots\dots (3)$$

となつて、個体の無競争時代、すなわち $a=0$ ばあいには $\log d$ の係数 $1-a$ は 1 になるから横軸に 45° の傾きをなす直線となる。これがしだいに成長して高密度の方から競争に入ると、単木のばあいの屈曲点が



第 13 図 現 存 枝 材 積 量 ((ha あたり)
Fig. 13 Standing crop of branch volume. (per ha)



第 14 図 現 存 全 材 積 量 (ha あたり)
Fig. 14 Standing crop of total volume. (per ha)

やはり屈曲点となつて、それより左の部分は 45° のかたむきの直線であるが、それより右の直線のかたむきはゆるくなる。この屈曲点はしだいに左の方に移行するとともに、 a の値が大きくなるから $1-a$ の値はだんだん 0 に近づいて直線の横軸に対するかたむきが少なくなり、ついには $a=1$ となると、(3) 式の $\log d$ の係数は 0 となつて、直線はヨコ軸に平行になり、単位面積あたりの成長量は密度にかかわらず一定となる。

これは、栽植密度と個体または単位面積あたり成長量との関係の基本的型である。そしてこの法則は植物体全体の成長量にかぎらず、植物体の一部分の成長量のばあいにもあてはまるという。

この調査では、密度と成長量との関係を、このように生育時期を追つて調べることができなかつたが、全体を通じてこの基本的型に通じるところが多分にあるように観察される。益子²²⁾のばあいには無競争状態をしめしていないが、もつと低密度のところまでとれば、孤立木状態になる密度がはつきりしたとおもわれる。この林木相互の干渉がどのぐらいの大きさの林分のときに、どのぐらいの密度からはじまるかということは、あとでのべるように、干渉が林分の生産構造を変化させて、その結果生産物の配分状態が変わり、幹の形質に大きな影響をおよぼす点からいつてたいせつなことである。

また、さきのべたように、単位面積あたり枝材積では密度にかかわらず一定になつている。佐藤た

ち²⁶⁾の報告では、単位面積あたりの全材積(第12図)と葉の量(第8図)は密度にかかわらず一定であり、また、2回の調査のうち信頼度のたかい1950~1951年の単位面積あたり幹材積成長量(第4図)も密度にかかわらず一定になっている。このように林がそうとう大きくなるとやがては、単位面積あたりの現存材積や、材積成長量、あるいは葉の量は、吉良たちの報告¹²⁾とおなじように密度にかかわらず一定になる状態に入るのではなからうか。

もしこのようなことがいえるとすると、吉良たち¹²⁾がのべたように、たんに単位面積あたりの収穫材積量を最大にしたいばあいには、恒量の状態の範囲では、どの密度でも同じことになり、またさらに直径を大きくしたいなら、恒量の状態の最下限の密度が最も能率がよいことになるであろう。したがって、このような量的関係を明らかにすることは、林を仕立てるうえに大切なことがらになつてくる。ただ林木では主伐までの長い期間、間伐等によつて本数密度が変つてくるので、このような複雑な履歴のばあいに、量的関係がどのようになるかは、これだけの資料で論議することはできない。

つぎに、幹の直径やそのほかの形質がどのようになつているかをしらべてみよう。

5. 胸高直径、枝下高、クローネ率、胸高形数

これらは、調査時までの成長経過に影響されることが大きい、現在の本数密度順にならべてみると第3表のようになり、あきらかに密度がたかくなるにつれて、胸高直径とクローネ率は減少し、枝下高は増加する。また、胸高形数は、一ノ関では本数密度とともに増大し、佐藤たちの結果²⁶⁾と一致しているが、侍浜でははつきりした傾向がつかめない。

第3表 調査木の幹の形質を表わす諸量
Table 3. Values typifying the form of bole.

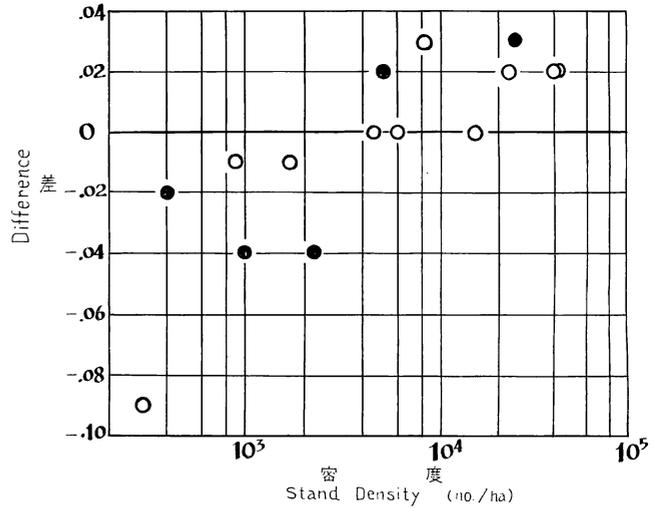
調査地 Area	調査区 Plot No.	本数密度 Stand density	胸高直径 D. B. H.	枝下高 Clear Length	クローネ率 Live Crown Ratio	胸高形数 Breast-Height Form Factor	年輪巾 Width of Annual Ring	肥大率 Growth Ratio at Breast Height	胸高直径率 Ratio of Diameter at 1/2 Height to D.B.H.		
									1954年 in 1954	1953年 in 1953	差 Difference
侍浜 Samurai-hama		no./ha	cm	cm	%		mm	%			
	4	300	8.7	8	98	0.712	8.0	25	0.58	0.67	-0.09
	5	900	8.6	20	96	0.685	7.6	23	0.65	0.66	-0.01
	3	1700	8.3	80	83	0.697	5.7	17	0.64	0.65	-0.01
	9	4500	6.6	140	72	0.695	3.9	14	0.75	0.75	0
	10 ₂	5900	6.7	143	71	0.674	4.6	17	0.75	0.75	0
	10 ₁	8200	6.1	199	58	0.687	4.7	19	0.81	0.78	0.03
	2	15000	6.0	246	53	0.670	3.1	12	0.80	0.80	0
	1	22000	5.3	208	61	0.647	2.6	12	0.82	0.80	0.02
一ノ関 Ichino-seki	6	30000	4.1	296	44	0.664	1.4	7	0.85	0.83	0.02
	8	32000	3.9	235	51	0.677	1.5	9	0.83	0.81	0.02
	1	400	14.9	195	73	0.435	7.2	12	0.60	0.62	-0.02
	6	1000	12.2	250	69	0.583	6.8	13	0.72	0.76	-0.04
	3	2300	9.2	320	58	0.620	4.8	13	0.77	0.81	-0.04
	2	5000	7.6	535	43	0.611	2.5	8	0.84	0.82	0.02
	4	25000	4.2	365	45	0.643	1.2	6	0.85	0.82	0.03

6. 年輪巾と肥大率

1954年の成長による、胸高の位置の平均年輪巾は、第3表のように、密度が増加するにつれて減少する。胸高直径そのものが、密度とともに減少するのだから、この1年間のふとりをしめず年輪巾を前年の胸高直径に対する百分率でしめせばふとりぐあいがでるから、これを肥大率となずけてしらべてみると、密度の増加とともに減少する。すなわち、密度の低い方は肥大しやすく、密度の高い方は肥大しにくい。

7. 胸高直径率

つぎに、幹の完満度がどうかわるかをしらべてみる。完満度をあらわすのに、胸高直径に対する、樹高 1/2 のところの直径の比をもちいた。このことについては異論があるが³²⁾、樹高は各林木の間にそれほどいちじるしい差はなく、また、胸高の 4 倍前後であるから、胸高直径率で完満度を比較してもさしつかえなからう。1953年と1954年とを比較するため、樹皮の内側の直径をはかった。これも第3表にまとめたが、両年も密度の低い方が大きい。そして1953年から1954年への変化をみると、密度が低い方は、胸高直径率は減少する傾向があり、密度が高い方は胸高直径率は増加する傾向があり、これを図に示すと第15図のようになり、胸高直径率の変化が - から + へかわる密度は、およそ 4000~5000本/ha のようである。



第 15 図 完満度の 1954 年と 1953 年との差と本数密度との関係
 Fig. 15 Relation between the difference of the grade of tapering and stand density. This difference is the value which subtracts the grade of tapering in 1953 from one in 1954; grade of tapering is expressed by the ratio of the diameter at 1/2 tree height to D. B. H.

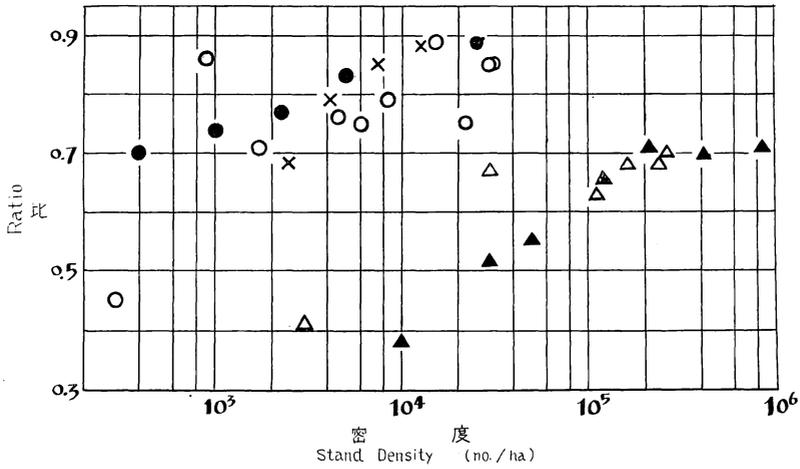
以上、幹の形から考えられることはつぎのとおりである。肥大成長を期待するには立木密度の低い方がよいが、幹の完満度はわるくなる。また、ある密度以下のばあいには、幹の完満度が年々減少してゆく傾向があるようだから、幹がうらごけにならないで、しかも直径成長の最大を期待するための密度の限界があるようにうかがえ、この密度の限界は、林木が大きくなるにしたがつて、密度の低い方へうつるであろう。というのは、この胸高直径率が減少する現象は、立木が成育して、相互干渉がつよくなれば、消えてしまい、逆に増加する方向にうつるだろうからである。しかし、このようなことは植栽密度試験林をもうけて、林分の成育過程を追跡してゆかなくてはわからないことで、将来の研究にまきたい。

このように、林の構造の要因を本数密度と対比して検討すると、いろいろの法則性があることがうかがえる。しかし森林保育は、林分を期待する構造に能率よく育てていかななくてはならない。能率を考えるには、林分が物質を同化し、それを呼吸などで消費しつつ、新しい組織を形成してゆく現象から、物質の生産・消費・蓄積の相互関係を量的につかまえば、ひじょうにつごうがよい。このことは、植物群落解析の面で門司が力説¹⁷⁾していることであつて、すでに群落の生産構造についていくつかの報告⁶⁾¹⁸⁾¹⁹⁾をしており、佐藤²⁴⁾²⁵⁾もおなじ立場で、林の育て方を論じている。

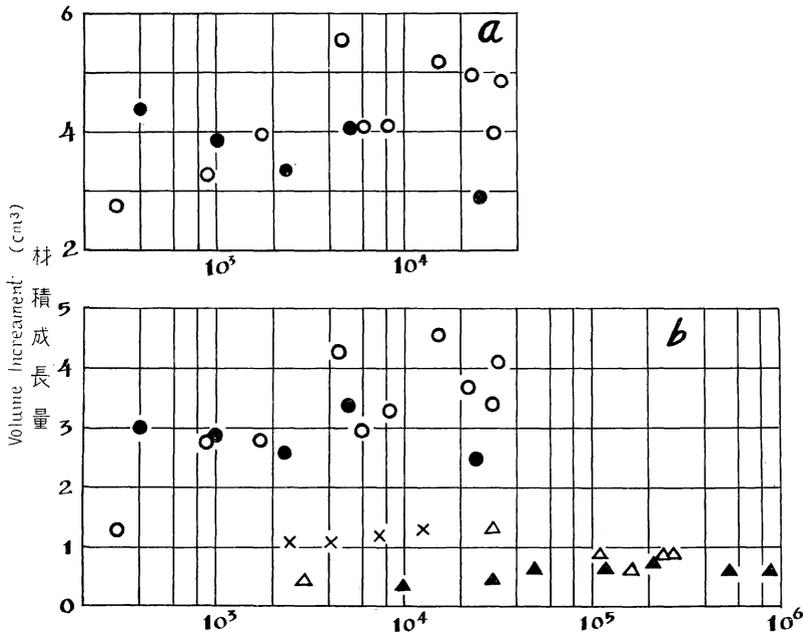
このためには門司¹⁷⁾がのべているように、「環境条件を定量化し、群落の生産構造を解析する」ことができるよう測定方法をしくまなくてはならないが、それは将来の研究にまつこととし、今回は、ただこのような立場でみたいいくつかの結果をのべて考察してみよう。

8. 幹材積成長量の全材積成長量に対するわりあい

幹も枝もふくめた全材積の最大を期待する森林経営は別として、幹の収穫を目標とするばあいには、幹と



第 16 図 幹材積年成長量の全材積年成長量にたいするわりあい
 Fig. 16 Ratio of the bole volume to the total (bole+branches) in yearly increment.



第 17 図 葉 1g あたりの材積年成長量
 17-a 全材積 (幹+枝) のばあい 17-b 幹材積のばあい
 Fig. 17 Ratio of the yearly volume increment to dry weight of leaves.
 17-a. On the total (bole+branches) volume,
 17-b. On the bole volume. (x...to fresh weight of leaves)²⁶⁾

枝の材積のわりあいが重要になる。

材積の年成長量のうち、幹の成長量がしめるわりあいが、本数密度によつてどのように変つてくるか、密度をヨコ軸に対数でとり、わりあいをタテに普通目盛でとると、第 16 図のようになる。待浜のあたいはなめらかでないが、一ノ関は、はつきりしており、いずれも密度とともに漸増するようである。益子²²⁾のばあいには、このあたいに上限があつて、0.7 に達すると密度にかかわりなく一定になつたようである

が、今回の調査では0.9をこえるばあいもあることがわかった。この値は、単木のばあいの幹材積と、枝材積が密度の増加にともなつて減少するどあいの大きさの違いであられるのであつて、益子のばあいには、密度の高いところで、枝材積の減少割合が低くなつたため、上限らしいものがみえるのである。

現存の全材積中しめる幹材積のわりあいもこの年成長量のばあいと大差ない。

9. 単位の葉の材積生産能率

葉の生産能率を考えるために、材積年成長量を葉の乾量で除した値、すなわち、葉の乾重1gが生産した平均年成長材積を全材積と幹材積との両方で算出してみた。第17図はヨコ軸に本数本数を対数目盛でとり、タテ軸にこの値を普通目盛でとつて示したものである。aは全材積のばあい、bは幹材積のばあいである。

全材積のばあいは、侍浜では4500本/haの近くにヤマがあるようで、この密度までは、本数密度の増加にしたがつて増加するが、それをこすと低下するようである。ところが、一ノ関では、反対に密度とともに減少してゆくようである。

幹材積のばあいは、全材積中しめるわりあいが密度とともに増加するので、前者ととしかわり、侍浜では20500本/ha付近までは密度とともに増加し、これをこすと低下するようであり、一ノ関では密度によるちがいがはつきりしない。

益子のばあいは、幹材積だけ示しておいたが、この値にヤマがあり、その本数密度は、幹材積の全材積に対する比率（ともに年成長量で）が一定になる本数密度と一致したと報告した。しかし、今回はそのような傾向はつかめなかつた。

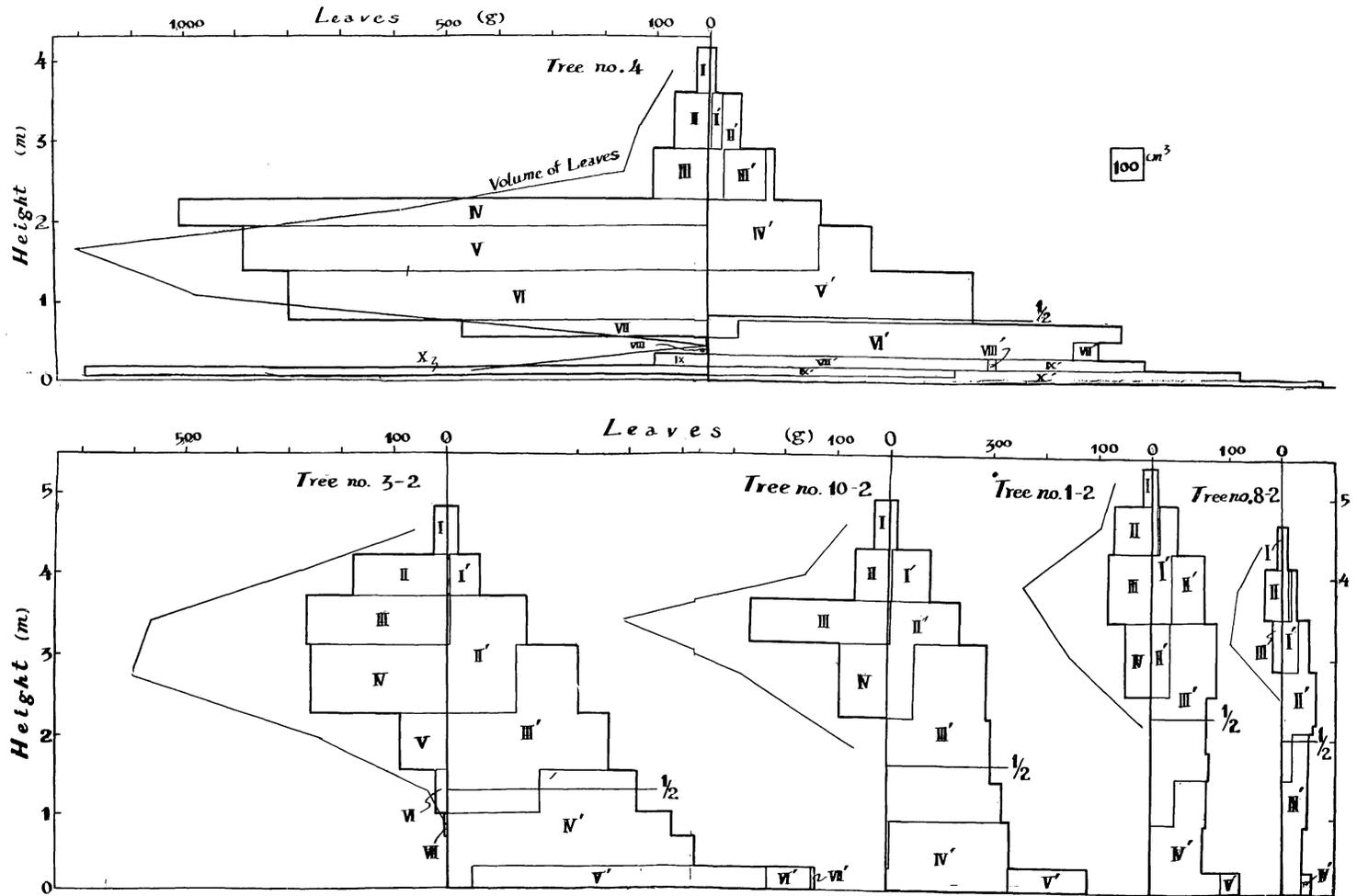
本数密度がひじょうに高ければ、単木の葉の量はそうとう少なくなるから（第7図）、葉の同化量も少なくなり、それが幹や枝や葉の呼吸につかわれるわりあいがふえて材積成長はおとろえるから、この値は高密度のところでは低下するだろう。佐藤たち²⁹⁾は2500本/haから13000本/haの間で、この値は立木密度とともに上昇するようだとのべている。じつさいにはクローネのなかの光条件は複雑で、葉の単位生産力はその着生位置や内的条件によつてかわるだろうから、このようなことがこまかくわからなければ生産能率ははつきりしてこない。

10. 葉の生産物の幹への分配関係

葉がどれだけの物質を生産し、それがどのように林分内に分配されるかは、研究がすすんでいないからはずきりいえないが、前項でのべた単位の葉の平均幹材積生産量をつかつて、各輪生枝についての葉の生産が、幹の成長のタテの配分にどう影響しているかをしらべてみた。

第18図は垂直に樹高をとり、各輪生枝の着生位置で区分し、枝下はキカイ的に地ギワから30cmその上は60cmごとに区分し、右側に幹の年成長材積、左に枝のそれを単位面積が単位材積を示すようにあらわしてみた。そして、幹および各輪生枝ごとの葉の量に、平均幹材積生産量を乗じた値が、幹またはその枝の葉がつくつた幹材積量として、上層から順に下層にむかつて、輪生枝ごとに区分した。調査木全部をかかげるほどでもないから、侍浜の5例だけあげてみた。

いま調査区10の2号木のばあいを説明する。幹についていた葉は、幹の第1層（上層から順に）と第2層の一部の生産にあづかつた。第1輪生枝についていた葉は、第1輪生枝の生産と、幹の第2層の大部分および第3層の一部、第2輪生枝についていた葉は、その枝と、幹の第3層の大部分と第4層の一部、第3輪生枝についていた葉は、その枝と、幹の第4層の大部、第5～6層、および第7層の一部、第4輪



第 18 图 幹と枝の年成長量の垂直的分配関係
 Fig. 18 Vertical distribution of yearly volume increment of bole and branches. Bole volume is arranged in the right of the centre line, and branches in the left.

生枝についていた葉は、その枝と、幹の第7層の大部と最下層の一部の生産にそれぞれあずかった。最下層の一部が残っているのは、第5輪生枝の葉の分である。第5輪生枝はその年の成長をしていなかったため、この図には枝の成長量が記入されていない。したがって、第5輪生枝の葉がたとえ同化生産しても呼吸によつて消費されてしまい、それが幹の生産に役立つことはないであろう。どこについている葉でも、みな等しい単位同化能をもっているとしたので、このような残りができたのである。また幹材積成長量の側に1/2線とあるのは、その線より上の材積成長量と、下の材積成長量と等しい線のことである。

低密度から高密度へとつた、この5つの例をみわたしてはつきりすることは、枝のかれ上りが密度とともに増し、それにしたがって1/2線が上昇する、すなわち幹の成長が、密度の低い方では下層にかたよりすぎるが、密度が高くなると上層に移つてゆく傾向のあることである。また、最も多量の葉をつけた枝の層までで幹の成長はおおよそ決定され、それ以下の層の葉はたいして役に立っていないことがわかる。今回の調査では、各林分内の光の垂直的減衰度合をはかつていないが、上層の葉ほど多くの光をうけているから、同化量も多いであろう。したがって各輪生枝の幹生産にあずかった最下線はもつと下になるであろう。

高原³⁰⁾は、クローネのうち最大多数の葉をつけた層までを陽樹冠、それ以下を陰樹冠としたとき、陰樹冠が幹生産にあずかることが少ないことをのべて

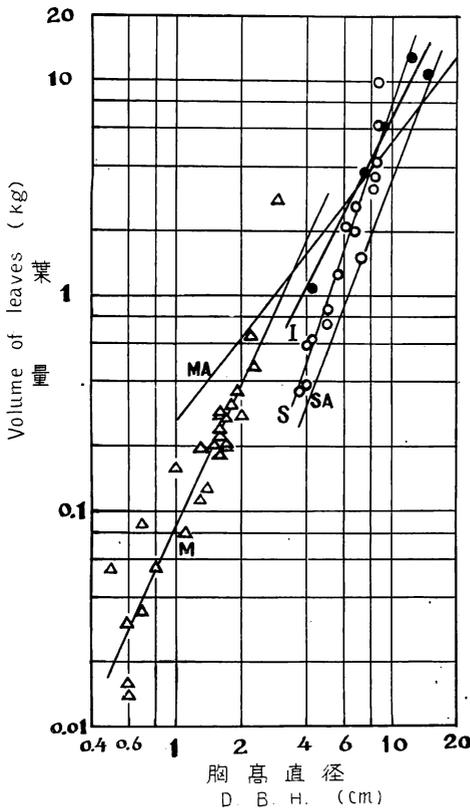
いるが、この関係はこの図でも明らかであろう。

11. 葉の量と胸高直径

本数密度も林の生産構造の一因子であろうが、これが、生産構造のほかの因子と重要な関係をもっていることの一つのあらわれを、葉の量と胸高直径との関係にみるができる。

第19図はヨコ軸に胸高直径を、タテ軸に葉の量を、それぞれ対数目盛でとり、侍浜、一ノ関、益子(240cm区)、佐藤たちの報告²⁰⁾、丸山たちの報告(秋の資料の分)¹⁶⁾の5つのばあいをかき入れた。佐藤、丸山たちの報告では生重量を用いているので、侍浜、一ノ関、益子の資料もすべて生重量を用いた。前2者については、それぞれの報告にある数値から直線だけを記入し、あとの3者は直線回帰をするものとして、常数を計算して直線を記入した。

侍浜、一ノ関の直線が佐藤たちの直線の左側にあることは、等しい葉量をもつていても前者の方が後者の方より直径の小さいことを示している。いずれも樹令は大差なく、また、1950~1953年3カ年の年平均樹高成長量は侍浜67cm、一ノ関72cmで、佐藤たちのばあい(52cm)の方がいささか劣っているが、葉の単位量あたりの幹生産能



第19図 葉量と胸高直径との関係

Fig. 19 Relation between the volume of leaves and the D. B. H.

S: Samuraihama, I: Ichinoseki, M: Mashiko²²⁾,
SA: SATO, NAKAMURA & SENDA²⁰⁾,
MA: MARUYAMA & SATO¹⁶⁾

率は大差ないので、おそらく天然更新林分とうえつけ造林林分のちがいであつて、前者の幼時の直径成長がゆつくりであることによるものと考えられる。

さて、丸山たちの直線のかたむきが、ほかの4者にくらべて、とくにゆるいことについて考えてみる。今回の調査および佐藤たちの対象とした林分は、地位のはぼ等しいところに、正確にまたははぼ等しい樹令の立木によつてつくられていて、ただ、本数密度がごく広い範囲にまたがって存在している林分である。したがつて、直径の大小は、本数密度に関連し、葉量は本数密度によつて変化することから、胸高直径と葉量との間に関係が生じているのであつて、林木が大きくなるにつれて、直線は平行的に左から右へと移つてゆくようである。

これに対して丸山たちが調査した林分は、一般施業林分で、とくに低密度のものも、また高密度のものもないようである。したがつて直径の大小は、樹令の大小と関連しており、樹令の大小が枝条量の大小と関連している。すなわち、直線の左の方は樹令の若い立木、右の方は樹令の高い立木となつている。

このように、本数密度を一般施業規準のつとつた林分のなかの立木の胸高直径と葉量との関係が、樹令ともうつりかわるようすと、本数密度がことなることによつてのそれとは、だいぶようすのちがうことがわかり、本数密度は生産構造の主要な因子である葉量に対して、きわめて重要な関係をもつことが明らかであろう。

したがつて、YAMAOKA³¹⁾ や KITTREDGE⁴¹⁾ のころみているような、胸高直径によつて葉量を推定しようとするものについては、葉量が本数密度と高い相関関係にあることに、じゆうぶん注意しなくてはならない。

CHAPMAN²⁾, GAINES³⁾, HAWLEY¹⁵⁾, SPURR²³⁾, STAHELIN²⁹⁾ は、間伐量決定の基準として、単位面積あたりの胸高断面積合計値を論じ、また LEXEN¹⁵⁾ は基準本数決定の植物生理学的根拠として幹の形成層の面積をとりあげ、佐藤たちは²⁶⁾、同化生産物の一部を消費する幹の呼吸量を推定するものとして、形成層の面積を皮下直径から算出している。

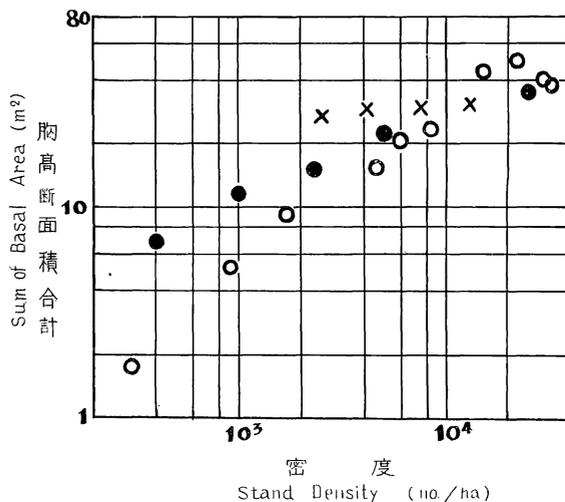
そこでこの2つの値が立木密度によつてどのように変化するかをしらべてみた。

12. 胸高断面積合計

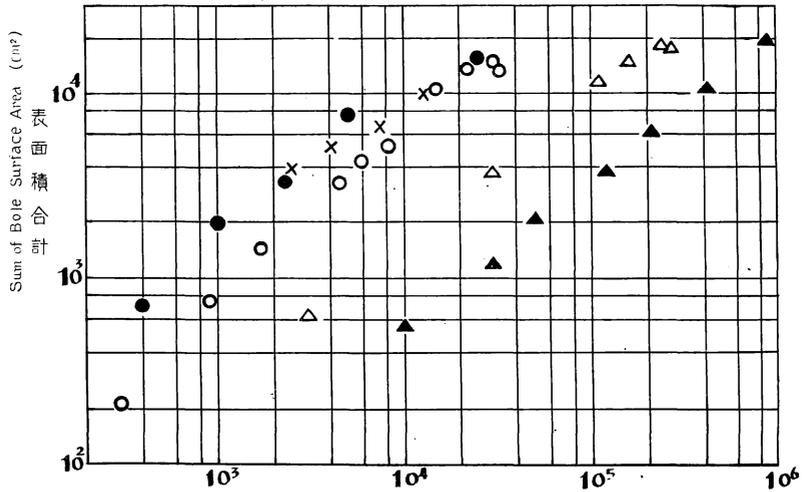
ヨコ軸に本数密度を、タテ軸に *ha* あたりの胸高断面積合計値を、ともに対数目盛でとると第20図のようになる。

本数密度の増加とともに直線的に上昇することがわかる。佐藤たち²⁶⁾のばあいはいくらか密度とともに増加するが、ごくわずかである。そして侍浜、一ノ関、佐藤たちのばあいの順に、直径成長が大きくなるにつれて、しだいに直線のかたむきがヨコ軸に平行になつてゆく傾向がうかがえ、ここにも吉良たち¹²⁾の法則性があらわれているようである。

13. 幹の表面積



第20図 胸高断面積合計 (*ha* あたり)
Fig. 20. Sum of the basal area. (per *ha*)



第 21 図 幹の表面積 (ha あたり)
Fig. 21 Sum of the bole surface area. (per ha)

幹の皮下直径から計算した表面積の 1ha あたり合計値と本数密度との関係を、対数目盛であらわすと第 21 図のようになる。益子の 240cm 区と 130cm 区、および佐藤たち²⁰⁾の資料もあわせて記入した。

いずれも本数密度の増加とともに直線的に増加する。そして筆者たちの調査した林分では、直線のかたむきがほとんど等しく、林木の大きさの順に右から左へとならんでいる。佐藤たちのばあいには、直線のかたむきがややゆるい。このちがいがなにに起因するかまだよくわかっていない。

総 括

森林保育上の基礎的資料として、林分の構造を本数密度と対比しつつ解析してみるために、岩手県下の 2カ所のアカマツ天然更新林から、本数密度のことなるいくつかの林分を選んで調査した。

調査林分は、つとめて立木の配置が均等になるようにしたので、樹齢、樹高にいくらかの差を生じたが、比較的広い密度範囲にわたって調査区をとり、傾向をつかもうとした。林分の大きさは第 2 表に示すとおりである。

調査の結果はつぎのとおりである。

1. 材積および葉の量

幹、枝、およびその合計の年成長材積と現存材積、ならびに葉の量は、第 1~11 図に示すように、本数密度との関係をいずれも対数目盛であらわせば、直線的傾向になる。そして、単木のばあいには、一般にこれらの値は密度の増加とともに減少するが、低密度の方に無競争状態にある林分の存在をみとめることができ、また林木の樹高が大きくなるにつれて直線のかたむきが増加する傾向にあることがわかる。単位面積あたりでは、一般にこれらの値は本数密度の上昇とともに増加するが、林木が大きくなると、密度のちがいがいかかわらず一定になる傾向をもっていることがうかがえる。

これらのことから林木のばあいでも、吉良たち¹²⁾がのべた栽植密度と個体の競争、または収量に関する法則の例外ではないことがわかる。

2. 幹の形

立木の質的な面に影響する諸量を、本数密度と対比してしらべてみた。

胸高直径、年輪巾、肥大率、クローネ率は本数密度の増加とともに減少し、胸高直径率はその反対である(第3表)。そこで低密度の方は胸高直径はふえるが、幹がうらごけになりやすい(第15図)。

単位面積あたりの成長量は密度が高いほど大きいか、または林木が大きくなれば、ある密度以上ではどの密度でも一定になるようであるから、森林保育上は、これら量的関係と幹の形質についての関係とを考慮に入れて、経営目的に応じた基準本数密度の限界がきまってくるものと考えられる。

3. 生産能率

林分が行う物質生産のしくみを直接しらべるほど研究がすすんでいないから、生産能率に関する諸量を本数密度と対比してしらべた。

材積の全成長量のうち、幹の成長にまわるわりあいは、本数密度の増加とともにいくらか増加するようである(第16図)。葉の単位量の平均幹材積生産量については、はつきりした傾向がつかめなかつた(第17図)。上層から下層へむかつて輪生枝別に葉の生産が、幹の成長の垂直的配分にどうひびいているかをしらべたが(第18図)、高原³⁰⁾がのべたように陰樹冠の葉が幹の生産にあずかることが少ないことがわかる。

4. そのほかの関係

葉量と胸高直径については、佐藤たち²⁶⁾、丸山たち¹⁶⁾の報告資料とともに検討したが(第19図)、この関係については本数密度にじゆうぶん考慮をはらわなくてはならないことがわかつた。

胸高断面積合計値は間伐量決定の基準と考えられているが、これと本数密度との関係は吉良たち¹³⁾の法則にかなうようである(第20図)。また幹の表面積の ha あたり合計値も本数密度との関係は対数目盛であらわせば直線的関係にあることがわかつた(第21図)。

文 献

- 1) BAKER, F. S.: Stand density and growth. Jour. Forestry 51, (1953) p. 95~97.
- 2) CHAPMAN, H. H.: Effects of thinning on yields of forest-grown longleaf and loblolly pines at Urania, La. Jour. Forestry 51, (1953) p. 16~26.
- 3) GAINES, E. M.: A longleaf pine thinning study. Jour. Forestry 49, (1951) p. 790~792.
- 4) HAWLEY, R. C.: A second progress report of the results secured in treating pure white pine stands on experimental plots at Keene, New Hampshire. Bull. Yale Univ., School of Forestry 20, (1927).
- 5) : Observation on thinning and management of eastern white pine (*Pinus strobus* LINNAEUS) in southern New Hampshire. Bull. Yale Univ., School of Forestry 42, (1936)
- 6) KASANAGA, H. and MONSI, M.: On the light-transmission of leaves, and its meaning for the production of matter in plant communities. Jap. Jour. Bot. 14, 304~324, (1954)
- 7) 河田 杰: あかまつ及からまつ植栽ノ疎密カ成林状態ニ及ボス影響(第1回報告)林業試験報告 25, (1924) p. 1~30.
- 8) : 同(第2回報告)同 27, (1927) p. 1~28.
- 9) : 木島藤太郎: 林木の枝張りに関する研究 同 41, (1949) p. 1~27.
- 10) : 金谷与十郎: アカマツ及びカラマツ植栽の疎密が成林状態に及ぼす影響(終結報告) 同 41, (1949) p. 29~62.

- 11) KIRA, T., OGAWA, H., and SAKAZAKI, N.: Intraspecific Competition among higher plants. I. Competition-yield-density interrelationship in regularly dispersed populations. *Jour. Inst. Polytech., Osaka City Univ.*, 4, Ser. D, (1953) p. 1~16.
- 12) 吉良竜夫・穂積和夫・小川房人・上野善和: 栽植密度問題の生態学的考察 園芸学研究集録 第6輯, (1953) p. 69~81.
- 13) KIRA, T., OGAWA, H., and HOZUMI, K.: Intraspecific competition among higher plants. II. Further discussions on MITSCHERLICH's law. *Jour. Inst. Polytech., Osaka City Univ.* 5, (1954) p. 1~17.
- 14) KITTREDGE, J.: Estimation of the amount of foliage of trees and stands. *Jour. Forestry* 42, (1944) p. 905~912.
- 15) LEXEN, B.: Bole area as an expression of growing stock. *Jour. Forestry* 41, (1943) p. 883~885.
- 16) 丸山岩三・佐藤 正: 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——*林業試験場報告* 65, (1953) p. 1~10.
- 17) 門司正三: 植物群落生態学の現状について *日本生態学会誌* 4, (1954) p. 34~35.
- 18) MONSI, M. und SAEKI, T.: Über den Lichtfactor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Jap. Jour. Bot.* 14, (1953) p. 22~52.
- 19) MONSI, M. and OSHIMA, Y.: A theoretical analysis of the succession process of plant community, based upon the production of matter. *Jap. Jour. Bot.* 15, (1955) p. 60~82.
- 20) REINEKE, L. H.: Perfecting a stand-density index for even-aged forests. *Jour. Agr. Res.* 46, (1933) p. 622~638.
- 21) 坂口勝美: 間伐の考え方 *山林* 832, (1953) p. 104~114.
- 22) 坂口勝美・土井恭次・安藤 貴: 立木密度からみたアカマツ幼令林の生産構造 アカマツに関する研究論文集 (1954) p. 312~327.
- 23) 佐多一至・大城川次郎・小池益夫: アカマツ及びカラマツ栽植の疎密が成林状態に及ぼす影響 (第3回報告) *林業試験報告* 37, (1941) p. 39~126.
- 24) 佐藤大七郎: 育林 (1952) p. 59~82.
- 25) : 間伐と生長 *山林* 832, (1953) p. 115~122.
- 26) ・中村賢太郎・扇田正二: 林分生長論資料1 立木密度のちがう若いアカマツ林 *東大農学部演習林報告* 48, (1955), p. 65~90.
- 27) 扇田正二・中村賢太郎・高原末基・佐藤大七郎: 林分の生産構造の研究(予報)——アカマツ栽植疎密試験地に於ける若干の解析——*同* 43, (1952), p. 49~57.
- 28) SPURR, S. H.: *Forest inventory*, (1952), p. 205~370.
- 29) STAHELIN, R.: Thinning even-aged loblolly and slash pine stands to specified densities. *Jour. Forestry* 47 (1949), p. 538~540.
- 30) 高原末基: スギおよびヒノキの枝打が幹の生長におよぼす影響 *東大農学部演習林報告* 46 (1954), p. 1~95.
- 31) YAMAOKA, Y.: Measurement of the total transpiration from a forest. *林業試験場報告* 54 (1952), p. 187~206.
- 32) 吉田正男: *測樹学要論* (1930), p. 181~191.

An Analysis of Pine (*Pinus densiflora*) Stands in the Thicket Stage based upon Different Stand Densities.

Katsumi SAKAGUCHI, Kyoozi DOT, Takashi ANDO and Hidehiko FUKUDA

(Résumé)

As one of the writers has mentioned previously²¹⁾, it is important to manage forests efficiently so as to have the most economical value for a certain managing purpose. There are various economical purposes, so the structures of forests which are most valuable for the purpose are also various.

The structure of a forest is affected by a number of factors. In the crowded forest, the penetration of light through the crown is less, the stem diameters are smaller, and the clear length of stems are longer than in the dispersed forest. Therefore, it is interesting to determine the relationships between stand density and the other factors which typify the forest structures.

These relations have been observed and investigated from far back in the past. For instance, in Japan, the yield and the structures of forests which were planted in various stand density in 1904, have been reported by KAWADA⁷⁾⁸⁾, SATA, ŌSHIRO & KOIKE²³⁾, and KAWADA & KANAYA¹⁰⁾. SENDA et al.²⁷⁾, and SATOO, NAKAMURA & SENDA²⁶⁾ have discussed the growth and structures of forests in similar experiments. In Western countries, BAKER¹⁾ has discussed the relation between the yield and density of natural regenerated forest of Ponderosa pine, and REINEKE²⁰⁾ has reported the relations between stand density and diameter of even-aged forest.

In addition KIRA et al.¹¹⁾¹²⁾¹³⁾ have investigated the relations between the density and the growth of agricultural crops, and discovered a law applying to the intraspecific competition in plant population.

Even though forest trees could not be made an exception to the general law about plant growth, they have been affected by complicated factors during the longer period. With this in mind the writers have pursued these investigation to explain the growth and structures of forests, and to contribute towards facilitating forest management practice.

This investigation was carried out at the two areas in Iwate Prefecture from November 11 to December 13, 1954. In both areas, young Japanese red pine (*Pinus densiflora*) stands, naturally regenerated, were left untouched. Sample plots were set in these stands.

The ages, heights and densities of sample stands are shown in table 2. There were some differences in the ages and heights, but it was not possible to make them equal. These phases of stands are shown in photographs 1—16. The stand density at that time was measured, but its changes up to that time are not evident. Therefore, mainly the relationships between yearly growth in 1954 and measured stand density are discussed in this paper.

1. Yearly increment and volume of leaves. The relation of yearly increments of stems, branches, and total (stem+branches) to the stand density are shown in figures 1—6, and the volume of leaves in figures 7 and 8. Figures 1—3 and 7 show these volumes per one tree, and figures 4—6 and 8 per unit area (*ha*). In the case of per one tree, when the stand density is smaller than 1000 trees per *ha*, these volumes are nearly constant, and when the stand density is larger than 1000 trees per *ha*, they decrease with the increase of stand density. In logarithmic graphs, these relations become almost linear. In the case of per *ha*, the correlation lines are inflected at the density of 1000 trees per *ha*. In view of the above mentioned facts, it seems in these stands that the competition among trees does not yet appear in the region where the stand density is smaller than 1000 trees per *ha*. When the stand density is 1000 trees per *ha*, the mean distance between trees, which is about 3.3 *m*, becomes 40—60% of tree height.

2. D. B. H., clear length of stem, and breast-height form factor. These values are

given in table 3, in order of the measured stand density. It is clear that D. B. H. decreases and clear length increases with the increase of stand density. The breast-height form factor increases with the increase of stand density at Ichinoseki, but there is no upward tendency at Samuraihama.

3. Width of annual ring at breast height. The width of annual ring at breast height, which has grown in 1954, decreases with the increase of stand density, and the growth rate to D. B. H. is similar.

4. Grade of tapering. The grade of tapering, which is expressed by the ratio of the diameter at 1/2 tree height to D. B. H., decreases with the increase of stand density (table 3), and the value, which subtracts the grade of tapering in 1953 from the one in 1954, changes from negative to positive at the density of 4000—5000 trees per *ha* (figure 15). Therefore, it is understood that the boles are apt to become tapered at lower density; but if the stand is left intact, this converting point will move from higher density to lower with increased intensity of competition.

5. Ratio of the bole volume to the total (bole+branches) in yearly increment. This increases with the increase of stand density, and the value becomes near 0.9 at the density of over 1000 trees per *ha*. In this region of stand density, it is not found that this value becomes constant as is the case in Mashiko. (figure 16).

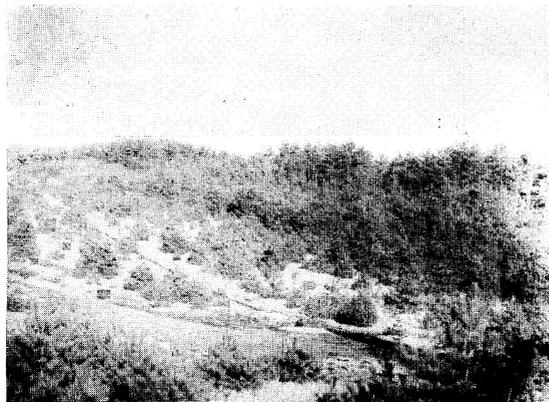
6. Ratio of volume increment to weight of leaves. The ratios of total (bole+branches) volume increment to 1 *g.* leaves are shown in figure 17-a. This value shows the productivity of leaves. At Ichinoseki, it decreases with the increase of stand density, but at Samuraihama, it seems that the maximum value exists at the density of 4500 trees per *ha*. The ratio of bole volume increment to 1 *g.* leaves increases with increase of stand density at Samuraihama, and is nearly constant at Ichinoseki. In the case of Mashiko, this value becomes the maximum at a certain stand density. SATOO, NAKAMURA & SENDA²⁶⁾ are of the opinion that this value of bole volume seems to increase with the increase of density. In fact the productivity of a unit volume of leaves varies with the factors which are related to the location of leaves in the crown, i. e. the light intensity, the age of leaf, and the other internal and external conditions. After these conditions for leaves were made clear, the real productivity of leaves could be obtained. Thereafter, the above value should be discussed.

7. Distribution of assimilated substances of leaves to the stem. Figure 18 shows the vertical distribution of the yearly increments; boles are given at the right, and branches at the left. From figure 18, it is clear that the location of the half line, which indicates that the volume above the line is equal to one below the line, becomes higher with the increase of stand density, and that the leaves of from top to the layer with the greatest part of leaves, mainly control the bole increment.

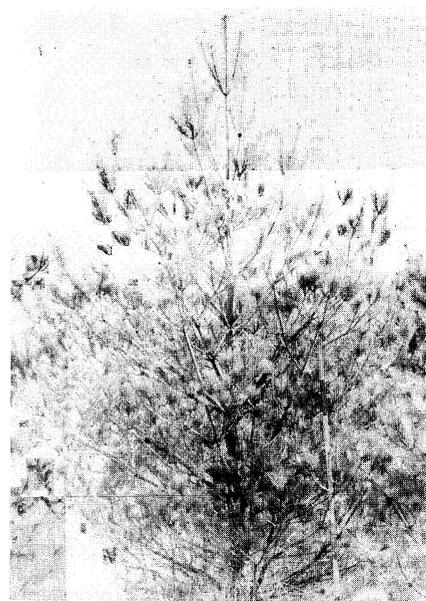
8. Relation between D. B. H. and the volume of leaves. Figure 19 shows the relation between D. B. H. and the fresh weight of leaves. The inclination of the "MA" line is more gentle than the other lines. In each case of these lines, "SA", "S", "I", and "M", the age of the stand is nearly equal, and the stand density has a wide range. Therefore, the lower density stands locate on the left side of these lines, and the higher density stands on the right. On the other hand, the stands investigated by MARUYAMA & SATO¹⁶⁾, are national forests which have been managed by the general working plan. Then, on the left-hand side of the "MA" line, younger stands locate, and on the right, older stands locate. Even if the D. B. H. is equal, the volume of leaves disperses widely. Therefore, when the volume of leaves is computed by D. B. H., as in the method of YAMAOKA²¹⁾ or KITTEDGE¹⁴⁾, it will be noted that the volume of leaves has a high correlation to the stand density.

9. Sum of basal area. The sum of basal area per *ha* increases with the increase of stand density, as shown in figure 20, and the inclination of the lines becomes more gentle with the increase of the height.

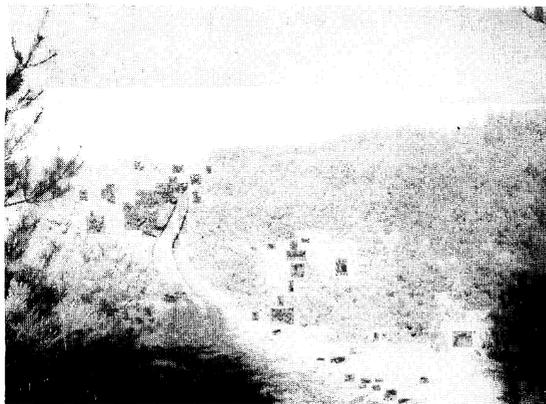
10. Sum of surface area of boles. The sum of surface area of boles (inside bark) per *ha* increases with the increase of stand density, and in spite of the stand age, the inclination of line is nearly constant (figure 21).



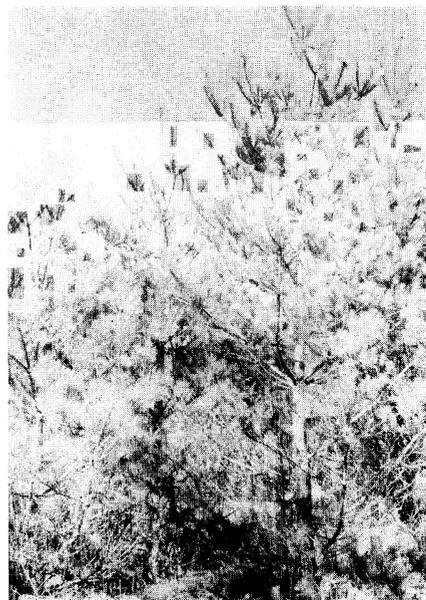
Phot. 1
Panoramic view of Samuraihama area. (1)



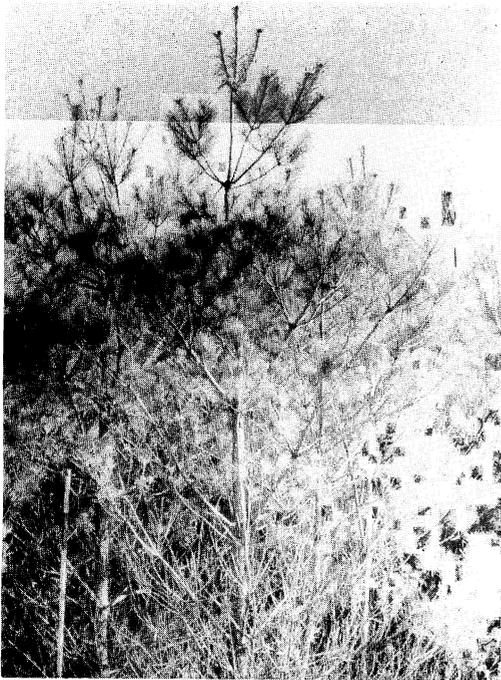
Phot. 3 Samuraihama Plot 4.
Stand Density 300 trees/ha.



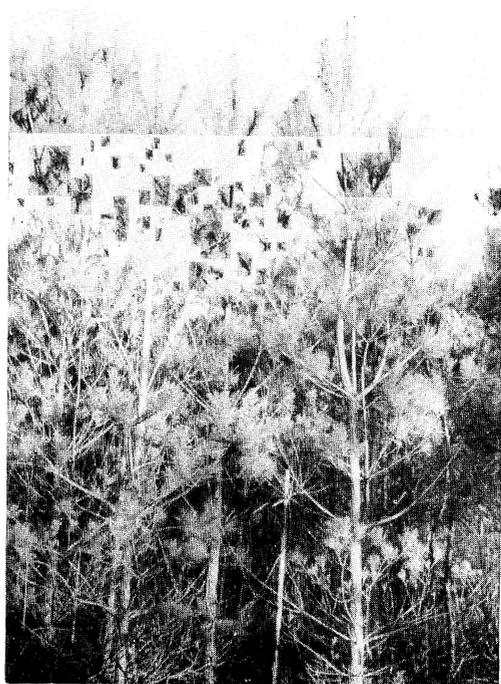
Phot. 2
Panoramic view of Samuraihama area. (2)



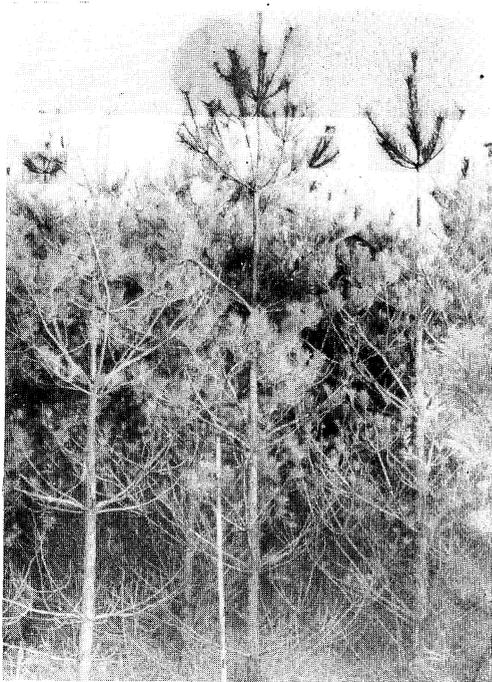
Phot. 4 Samuraihama Plot 5.
S. D. 900 trees/ha.



Phot. 5 Samurahiama Plot 3.
S. D. 1700 trees/ha.



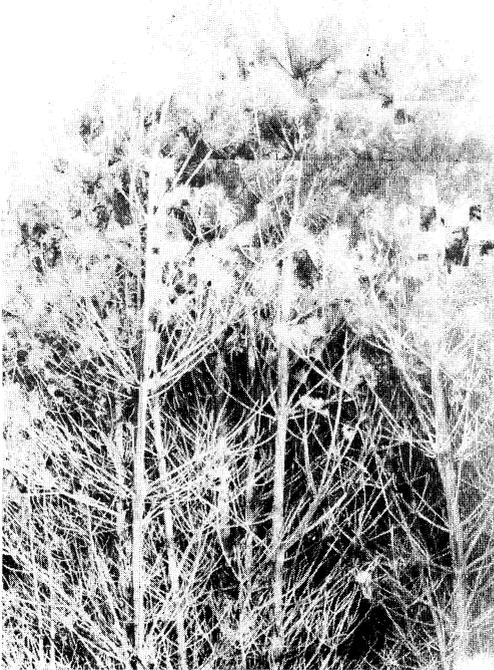
Phot. 6 Samurahiama Plot 9.
S. D. 4500 trees/ha.



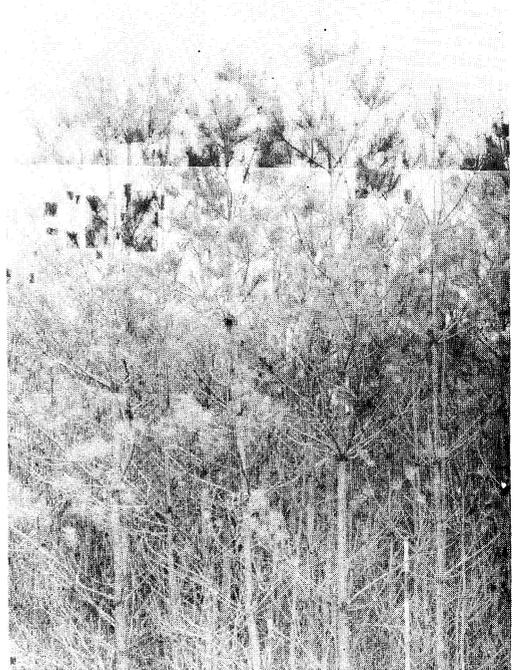
Phot. 7 Samurahiama Plot 10.
S. D. 5900 & 8200 trees/ha.



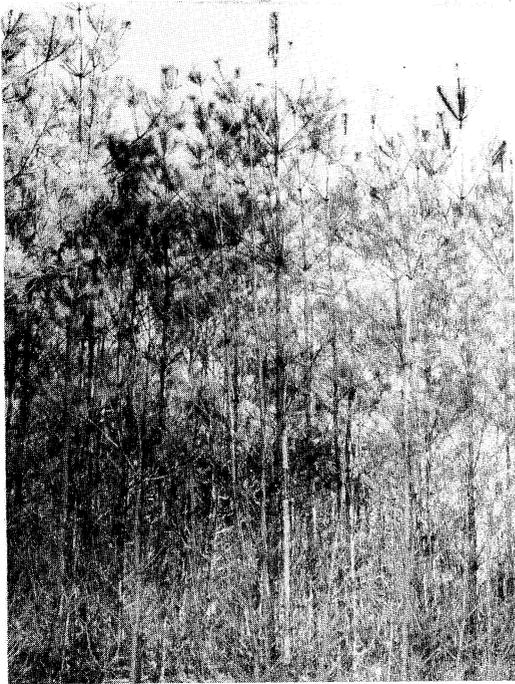
Phot. 8 Samurahiama Plot 2.
S. D. 15000 trees/ha.



Phot. 9 Samuraihama Plot 1.
S. D. 22000 trees/ha.



Phot. 10 Samuraihama Plot 6.
S. D. 30000 trees/ha.



Phot. 11 Samuraihama Plot 8.
S. D. 32000 trees/ha.



Phot. 12 Ichinoseki Plot 1.
S. D. 400 trees/ha.



Phot. 13 Ichinoseki Plot 6.
S. D. 1000 trees/ha.



Phot. 14 Ichinoseki Plot 3.
S. D. 2300 trees/ha.



Phot. 15 Ichinoseki Plot 2.
S. D. 5000 trees/ha.



Phot. 16 Ichinoseki Plot 4.
S. D. 25000 trees/ha.