

林業試験場時報

第 15 号

昭和 37 年 3 月

The Bulletin of Fukuoka-ken Forest
Experiment Station

No. 15

March 1962

福岡県林業試験場

福岡県八女郡黒木町

Fukuoka-ken Forest Experiment Station

Kurogi, Fukuoka, Japan.

本数密度とスギ（品種）の成長に関する研究（第1報）

長 浜 三 千 治

Studies on the Different Stand Densities and
Their Relations to the Growth of Sugi
(*Cryptomeria*) races (1)

Mitiharu Nagahama

目 次

1. ま え が き..... 1	4. 3. 本数密度と林分断面積との関係
2. 調査地の概要..... 2	4. 4. 本数密度と樹高を考慮した林分断面積の関係
2. 1. 調査地の位置	4. 4. 1. 占有面積に基づく場合
2. 2. 調査地の地形・地形・基岩及び土壌	4. 4. 2. 樹冠面積に基づく場合
2. 3. 林 況	4. 5. 占有面積及び樹冠面積に基づく場合の両数式の適合性
2. 4. 過去の保育	4. 6. 本数密度と林分断面積との関係式
3. 調査の方法..... 3	4. 7. 本数密度と林分材積
3. 1. 考 え 方	4. 8. 本数密度と品種別成長量との関係
3. 2. 林木の調査	
3. 3. 立地小区分	文 献
3. 4. 林木の占有面積と樹冠面積	要 約
4. 調査結果及び考察..... 5	Résumé
4. 1. 品種間樹高成長	
4. 2. 平均樹高と林分断面積との関係	

1. ま え が き

最近、木材資源の欠亡により、その解決の一つの方法として短期育成林業が叫ばれ、その一環として、単位面積当りの収量を増大するために、植栽密度に関する研究調査が行なわれてきており、又、一般においてはすでに植林は往時に比して相当密植の傾向になつてきている。

もともと、本数の密度と林木成長量の関係については、森林の保育という仕事のなかで考えられてきたものであつて、例えば、吉野の密植樽丸林業や鉄肥の疎植弁甲材林業のように、あるきまつた経営の目標に対して、もつとも経済価値が高くなるように、能率的に林をそだててゆくために、立木本数を定めたものである¹⁾が、今日では先に述べたとおりもつとも利用率が高く、そして最大の生産物

をあげるための問題としてとりあげられるようになっていく。

本数密度のちがいが林木の成長とどのような関係にあるかについては、古くから数多く研究されてきており、河田³⁾、坂口¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁸⁾²⁰⁾、中村⁹⁾、坂口たち¹⁷⁾及び岸原⁶⁾など数多くの報告があるが、近年農業方面において吉良たち⁵⁾はこの問題に対する一般的法則を樹立したので、その後林業の方面においてもこれが実証の研究報告が、坂口たち¹⁹⁾及び四手井たち²⁾などによつて行なわれている。

筆者たちは、先ほどから適地に適品種の造林という問題解明のために研究を進めているが、その一環として、立木本数とスギ(品種)の成長という問題もとり入れて研究しており、先に発表した報告²²⁾と同じ調査地において調査を行ない、この問題を一部取纏めたのでここに第1報として報告する。本研究の実行に当り、現地におけるスギ品種その他について御教示賜つた矢部村の田川金吾氏、心よく種々御協力を賜つた当時青木義雄、橋本道夫、故中島莞爾、川島為一郎、斉城巧、田形正義、宇佐原末広、山本雅敏の諸氏に対して、あつくお礼を申し上げます。

なお、本研究を含む一連のスギ適地適品種解明の問題は、竹下敬司、中島康博、樋口真一、長浜三千治の4人が共同で実施しており、表記長浜は本報文を作製したに過ぎぬこととお断りしておく。

2. 調査地の概要

2. 1. 調査地の位置

福岡県八女郡矢部村、福岡県南部、有明海に注ぐ矢部川の上流域に属し、その支流鶴川東岸の山岳斜面に位する。

2. 2. 調査地の地形、地質、基岩及び土壌

調査地の標高は430~550 m、溝~晩壮年期的な開析斜面で、大形山脚の末端面を深く刻んだ谷状斜面と周辺の支小山脚凸面を含む細長い区域である。

基岩は結晶片岩の石墨~絹雲母~緑泥片岩によつて占められ、土壌型はB_D型~B_{Dw} ~B_E型が広く分布し、土壌の堆積様式も種々であつて変化に富んだ林分である。

(詳細は参考文献(22)によられたい)

2. 3. 林 況

本調査は昭和33年度と昭和34年度との2年間にわたつて行なつてものであり、昭和33年度に樹高と胸高直径を、昭和34年度に樹冠直径の測定を行なつた。昭和33年度調査当時の林令は35年(前報告(22)では林令33年と報告しているが、その後の樹幹析解により、当時林令35年であることが明らかになつた)、面積約1.6 ha、立木本数1,672本、総材積773.16 m³、ha当材積は約1,700石(475 m³)に達しており、直挿で成立した優良なスギ林分である。又、品種の本数割合は、ヤブクグリ5%、コバノウラセバル(地元ではヒコサンという)41%、ホンスギ2%、エダナガ1%、アヤスギ実生系その他3%から成つてているが、本報告では本数割合の多いヤブクグリとコバノウラセ

バルの2品種をとりあげた。

2. 4. 過去の保育

本調査林分は当時（昭和14年度）福岡県八女郡矢部村、及び福岡県浮羽郡浮羽町野上住五郎氏の御好意により寄附していただいた林分であり、その時までの下刈や除草伐の行われた詳細な資料はないが、下刈は普通に行れたと思われ、又直挿造林地であることから不適当な除伐が行われた事実はまづないものと思われる。そして、当場の所属となつてからの保育事項としては、調査直前の昭和33年3月に間伐300本を行なつており、樹冠直径測定までには1年2カ月経過している。

3. 調査の方法

3. 1. 考え方

今までに発表された本数密度と林分成長量に関する研究報告をみると、林木相互間の距離に基づく立木の占める立地面積即ち占有面積により単位面積当りの本数密度と林木成長量の関係を求めたために、アカマツとか広葉樹など天然生林の樹冠の閉塞した林分で調査された例が多く報告されており、比較的人工造林されているスギ林分では、保育の問題などもあつてかこの方面の報告は少いようである。

しかし一方、胸高直径と樹冠直径との間には対数直線関係があることが報告されており、²³⁾²⁴⁾²⁵⁾又育種の方面からは、樹冠巾の狭くて成長量の大きなものが選抜の目標の一つとされているところから、筆者は樹冠巾の狭くて成長量の大きいということは、単木成長量の外にもう一つ、単位面積当りの本数密度を多くし従つて林分の成長量を増大しようという目標が含まれているものと考えた。

そこで、ここでは人工スギ林における本数密度と林分成長量との関係については、林木相互間の距離による立木の占有面積と樹冠面積の両者を考慮に入れて、占有面積に基づくか或は又樹冠面積に基づくか、そのどちらであるか及び同じ本数密度でも品種間に成長量に相違があるかどうかを明らかにすべく研究にとりかかった。

3. 2. 林木の調査

全林について、林木位置図を作成し、樹高胸高直径及び樹冠直径の毎木調査を行い、胸高断面積及び材積を算出した。（材積表は熊本営林局材積表を使用した。）

林木位置図……1/200地形図を原図として150ヶの測量基準点により調整しながら全林木の位置図を作成し、樹木番号、品種を併記した。

樹高……ワイゼー測高器を用いて0.25mを最小単位として全林木に対して行なつた。

胸高直径……輪尺によりmm単位で東西・南北径の二方向を測定した。

樹冠直径……巻尺により0.1m単位で東西南北径の二方向を測定した。

3. 3. 立地小分区

全林分を、傾斜変換帯（線）に基づく地形及び土壌型並びに土壌の堆積様式により、9の単位斜面区と57の立地小分区に分割し、1/200地形図と林木位置図との両者を基準としてその境界を書き入れた上で面積を図上計算したが、林木相互間の中心点を立地小分区の境界がとおらず、従つて立地小分区の面積と占有面積の合計の間には、ある程度くい違つたところもある。又、樹冠面積も他の立地小分区の方にひろがつている部分があつても、その樹木の根元が属している立地小分区に属するものとして計算した。

3. 4. 林木の占有面積と樹冠面積

前述のように、本調査地は調査する前年に間伐300本を実施しており、樹冠は勿論閉塞しておらず、又、残存林木が間伐木の元占有地まで直ちに占拠するとは考えられないので、立地小分区の立木本数そのもので単位面積当りの立木密度を算出することはできない。

そこで、立木密度を算出するための因子として考えたのが、各樹木相互間の距離により表わすことのできる立地面積即ち所謂占有面積の合計面積と林木の樹冠面積の合計面積であつて、その両者でそれぞれ立地小分区の面積を除して、占有面積に基づく立木密度と樹冠面積に基づく立木密度とを算出した。

林木の占有面積の計算の仕方は、ある1本の林木とその周囲4～6本の林木までの間の距離を林木位置図上で測定し、その平均値(d_s)を直径とする円を考えた。

又樹冠面積は樹冠の東西・南北両径を測定し、その平均値(d_c)を直径とする円を考えた。即ち、

$$\text{単木の占有面積 } s = \frac{1}{4} \pi (\text{平均樹間距離})^2$$

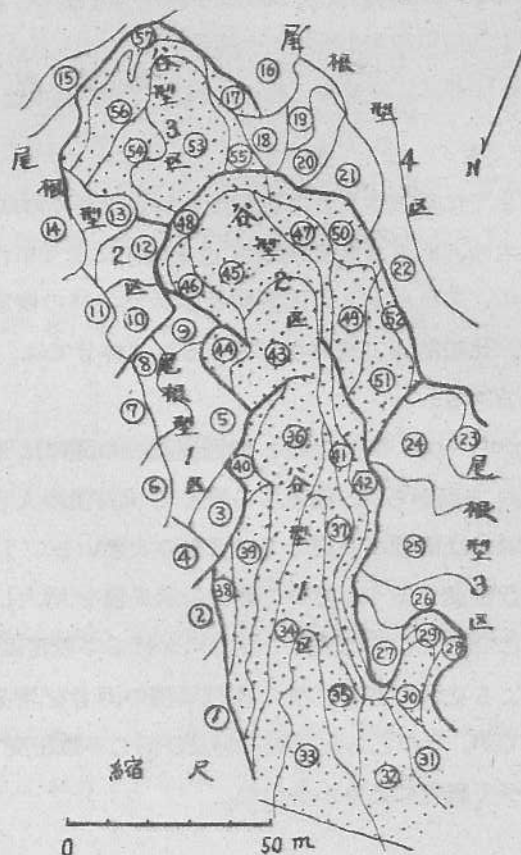
$$\text{故に 林木の占有面積合計 } S = s_1 + s_2 + \dots + s_n$$

$$\text{単木の樹冠面積 } c = \frac{1}{4} \pi (\text{平均樹冠直径})^2$$

$$\text{故に 林木の樹冠面積合計 } C = c_1 + c_2 + \dots + c_n$$

従つて、占有面積及び樹冠面積に基づく立木密度はそれぞれ次式のようにになる。

立地小分区劃図
Stand divisions map in study slope



占有面積に基づく場合

$$\text{本数密度 } N_s = \frac{\text{立地小分区の林木本数 } N}{\text{林木の占有面積合計 } S}$$

$$\text{断面積 } G_s = \frac{\text{立地小分区の断面積合計 } G}{\text{林木の占有面積 } S}$$

$$\text{材積 } V_s = \frac{\text{立地小分区の材積合計 } V}{\text{林木の占有面積 } S}$$

樹冠面積に基づく場合

$$\text{本数密度 } N_c = \frac{\text{立地小分区の林木本数 } N}{\text{林木の樹冠面積合計 } C}$$

$$\text{断面積 } G_c = \frac{\text{立地小分区の断面積合計 } G}{\text{林木の樹冠面積合計 } C}$$

$$\text{材積 } V_c = \frac{\text{立地小分区の材積合計 } V}{\text{林木の樹冠面積 } C}$$

4. 調査結果及び考察

全林の立地小分区別林分構成は表1(p. 5～)のとおりであるが、考察においては、成長量は材積を対称にとりあげるのが一見現実的ではあるが、材積は材積表による間接測定であるので、ここでは寧ろ直接測定のできる断面積を使用し、最後に一応の数値を求めるときのみ、樹高による胸高形数を使用して材積を算出した。

又、ヤブクグリとコバノウラセバル両品種間の樹高成長量を比較するときには、両品種それぞれ5本以上を含む立地小分区39区で検討を行い、本数密度と成長量との関係を求めるときには、一品種10本以上の小分区即ちヤブクグリ37区、コバノウラセバル28区で検討を行った。

4. 1. 両品種の樹高成長

各立地小分区毎に、ヤブクグリとコバノウラセバルの平均樹高を算出し、ヤブクグリの平均樹高 H_Y を基準として、これに対する同一立地小分区のコバノウラセバルの平均樹高 H_H の成長関係を求めると第1図(p. 14)のとおりである。

即ち、 H_Y と H_H との間には次式のような関係が成立するようである。

$$H_H = a + bH_Y + cH_Y^2$$

ヤブクグリの平均樹高 H_Y を x 、コバノウラセバルの平均樹高 H_H を y とおくと、もとの式は

$$y = a + bx + cx^2$$

今、パラメーター a, b, c の近似値を選点法から求め

$$\begin{cases} a_0 = -11 \\ b_0 = +2.2 \\ c_0 = -0.03 \end{cases}$$

表1. 立地小分區別林分構成

斜面区 番号	地区 番号	面積 m ²	品 種	本数	断面積 10 ⁻¹ m ²	材積 m ³	平均樹高 m	平均 直径 cm	平均 断面積 cm ²	平均 材積 m ³	10m の平均 断面積 cm ²	樹冠面積による					占有面積による				
												樹冠 面積 m ²	平均 樹冠 面積 m ²	ha 当り 本数	ha 当り 断面積 m ²	10mの ha 当り 断面積 m ²	占有 面積 m ²	平均 占有 面積 m ²	ha 当り 本数	ha 当り 断面積 m ²	10mの ha 当り 断面積 m ²
尾根型 斜面区 1	1	218	ヤブクマリ コバウラセ	27 8 19	7.879 5.043 12.836	17.250 5.013 12.237	19.6±2.87 19.7±1.83	28.1 29.2	676	0.627 0.484	343	309.74 70.26 239.48	12.60	793	53.60	27.2	212.56 60.46 152.10	8.01	1,249	84.39	42.8
	2	128	ヤブクマリ コバウラセ その他	16 10 5 1	7.608 4.691 2.639 0.278	6.669 4.065 2.423 0.181	17.5±1.19 18.6±1.79 13.5	24.2 25.8	469	0.407 0.485	268	122.26 72.75 43.35 6.16	7.28	1,375	64.48	36.8	94.73 58.31 31.51 4.91	5.83	1,715	80.45	46.0
	3	199	ヤブクマリ コバウラセ エダナガ	23 8 14 1	14.485 4.913 9.041 0.531	15.044 5.193 9.295 0.556	22.1±1.56 21.2±1.73 21.5	27.9 28.4	646	0.649 0.664	305	215.79 64.55 143.20 8.04	10.23	978	63.14	29.8	189.17 62.73 118.40 8.04	8.46	1,182	76.36	36.0
	4	102	ヤブクマリ コバウラセ	13 9 4	5.350 3.647 1.703	5.017 3.143 1.874	16.5±2.56 16.7±2.10	22.3 25.7		0.349 0.469		108.07 67.63 40.39					100.40 69.64 30.76				
	5	630	ヤブクマリ コバウラセ	63 24 39	33.854 13.307 20.547	32.759 12.838 19.921	19.5±1.72 19.5±1.41	26.5 25.8	554 527	0.535 0.511	284 270	563.28 190.32 372.96	7.93 9.56	1,261 1,046	69.92 55.09	35.9 28.3	510.74 174.02 336.72	7.25 8.63	1,379 1,158	76.47 61.02	39.2 31.3
	6	69	ヤブクマリ コバウラセ	10 3 7	5.380 1.516 3.864	4.163 1.218 2.945	16.0±0.87 15.4±0.96	25.3 26.4		0.406 0.421		94.38 21.71 72.67					67.29 19.31 47.98				
	7	85	ヤブクマリ	14	5.715	4.355	14.7±1.58	22.6	408	0.311	278	101.44	7.24	1,380	56.34	38.3	115.21	8.23	1,215	49.61	33.7
	8	139	ヤブクマリ コバウラセ	15 11 4	8.102 6.971 2.131	7.216 5.277 1.939	17.5±1.30 17.8±1.26	26.1 25.8	543	0.480 0.485	310	124.41 83.02 41.39	7.54	1,325	71.92	41.1	112.81 79.27 33.54	7.21	1,388	75.32	43.0
	9	156	ヤブクマリ コバウラセ	10 7 3	6.437 4.548 1.889	6.410 4.549 1.861	20.9±0.83 19.8±1.54	28.6 27.5		0.650 0.620		95.05 65.98 29.07					110.98 82.63 28.35				
斜面区 全体	1726		ヤブクマリ コバウラセ	191 94 95	104.810 49.351 54.650	98.883 45.651 52.495	18.3±2.72 19.3±2.11	25.6 26.9	523 575	0.486 0.553	287 298	1,734.42 737.71 982.51	7.85 10.34	1,274 967	66.90 55.62	36.6 28.9	1,513.89 721.58 779.36	7.68 8.20	1,303 1,219	68.39 70.12	37.4 36.3

要旨：本数密度とスギ（品種）の成長に関する研究（第1報）

斜面区 地区 番号	面積 m ²	品 種	本数	断面積 × 10 ⁻³ m ²	材積 m ³	平均樹高 m	平均 直径 cm	平均 断面積 cm ²	平均 材積 m ³	10m の平均 断面積 cm ²	樹 冠 面 積 に よ る					占 有 面 積 に よ る				
											樹 冠 面 積 m ²	平均 冠 面積 m ²	ha 当り 本数	ha 当り 断面積 m ²	10mの ha 当り 断面積 m ²	占 有 面積 m ²	平均 占有 面積 m ²	ha 当り 本数	ha 当り 断面積 m ²	10mの ha 当り 断面積 m ²
17	96	ヤブクグリ コバウラセ	10	4.046	3.246						78.12					93.88				
			3	1.269	0.966	15.6±0.79	23.2		0.322		23.66					32.22				
			7	2.777	2.280	16.1±0.72	22.5		0.326		54.46					61.66				
18	136	ヤブクグリ コバウラセ ホンスギ	11	4.499	3.804						86.97					112.96				
			2	0.849	0.699	17.3±0.35	23.2		0.350		16.34					22.13				
			8	3.409	2.871	16.3±1.05	23.2		0.359		65.72					77.63				
			1	0.241	0.234						4.91					13.20				
18 A	46	コバウラセ	4	1.853	1.591						33.89									
			4	1.853	1.591	16.9±1.19	24.2		0.398		33.89					39.10				
18 B	90	ヤブクグリ コバウラセ ホンスギ	7	2.646	2.213						53.08					73.86				
			2	0.849	0.699	17.3±0.35	23.2		0.350		16.34					22.13				
			4	1.556	1.280	15.6±0.24	22.2		0.320		31.53					38.53				
			1	0.241	0.234	17.0					4.91					13.20				
19	145	ヤブクグリ コバウラセ ホンスギ	15	6.883	5.229						129.50					156.40				
			3	1.642	1.305	16.4±0.90	26.2		0.435		28.18					31.71				
			10	4.384	3.393	14.9±1.80	23.1	438	0.339	294	88.94	8.89	1,124	49.29	33.1	107.90	10.79	927	40.63	27.3
			2	0.857	0.531	13.9					12.38					16.79				
20	191	ヤブクグリ コバウラセ	15	7.076	5.839						121.02					138.03				
			6	2.554	2.145	16.5±1.63	23.1		0.358		46.61					57.89				
			9	4.522	3.694	16.2±2.48	24.9		0.410		74.41					80.14				
21	288	ヤブクグリ コバウラセ	27	11.542	9.163						198.40					253.81				
			15	6.817	5.470	15.6±1.76	23.9	454	0.365	291	97.78	6.52	1,534	69.72	44.7	134.41	8.96	1,116	50.72	32.5
			12	4.725	3.693	14.5±3.01	21.8	394	0.308	272	100.62	8.39	1,193	46.97	32.4	119.40	9.95	1,005	39.57	27.3
22	673	ヤブクグリ コバウラセ ホンスギ その他	81	300.850	20.255						528.84					568.13				
			22	7.637	5.227	13.1±1.70	20.5	347	0.238	264	104.85	4.77	2,098	72.84	55.6	140.12	6.37	1,570	54.50	41.6
			34	12.756	8.764	12.9±1.50	21.5	375	0.258	291	255.69	7.52	1,330	49.89	38.7	265.71	7.82	1,280	48.01	37.2
			2	1.823	4.687						26.31					23.27				
			23	7.869	1.597						141.99					140.03				
整 面 区 体	2109	ヤブクグリ コバウラセ ホンスギ その他	227	88.464	64.258						1,685.45					1,863.51				
			63	25.963	19.611	14.5±2.29	22.5	412	0.311	284	404.59	6.42	1,557	64.17	44.3	515.32	8.18	1,223	50.38	34.8
			124	48.401	35.474	13.3±2.44	21.8	390	0.286	293	1,004.37	8.10	1,235	48.19	36.2	1,070.67	8.63	1,158	45.21	34.0
			7	3.226	5.667						48.12					62.44				
			33	10.874	3.506						228.37					215.08				

尾根型 3 区	23	152	ヤブクグリ コバウラセ ホンスギ その他	31 15 14 1 1	7.564 3.723 3.599 0.147 0.095	5.883 2.908 2.819 0.115 0.041	13.3±2.61 14.1±1.28 13.3 6.3	17.4 17.8	248 257	0.194 0.201	187 182	141.76 61.68 73.23 5.31 1.54	4.11 5.23	2,432 1,912	60.36 49.15	45.4 34.9	112.97 55.79 49.82 4.52 2.84	3.72 3.56	2,689 2,810	66.73 72.24	50.2 51.2
	24	478	ヤブクグリ コバウラセ ホンスギ	65 38 26 1	20.828 12.694 8.059 0.075	17.429 10.818 6.769 0.044	15.8±2.03 16.0±1.56 9.5	20.4 19.7	334 310	0.279 0.260	211 194	394.29 227.98 163.77 2.54	6.00 6.30	1,567 1,588	55.68 49.21	35.2 30.8	319.31 182.74 130.84 5.73	4.81 5.03	2,079 1,987	69.46 61.60	44.0 38.5
	25	681	ヤブクグリ コバウラセ ホンスギ その他	85 59 22 2 2	39.319 27.536 10.251 0.593 0.939	36.417 25.616 9.399 0.516 0.886	18.4±0.94 18.0±1.20 15.9 18.5	24.2 24.0	467 465	0.434 0.427	254 259	672.97 465.55 183.61 6.69 17.12	7.89 8.34	1,267 1,198	59.15 55.83	32.1 31.0	530.52 367.69 139.93 9.83 13.07	6.23 6.36	1,605 1,572	74.89 73.26	40.7 40.7
	26	512	ヤブクグリ コバウラセ	55 43 12	27.287 21.137 6.150	26.099 19.975 6.124	19.0±1.13 19.6±1.63	24.8 25.2	492 513	0.469 0.510	259 261	440.83 325.18 115.65	7.56 9.64	1,322 1,038	65.00 53.18	34.2 27.1	375.08 283.34 91.74	6.59 7.64	1,518 1,308	74.60 67.04	39.3 34.2
	27	170	ヤブクグリ コバウラセ	19 8 11	8.954 3.403 5.551	9.025 3.483 5.542	20.7±0.70 19.9±1.24	23.2 25.2	505	0.435 0.504	254	121.81 47.06 74.75	6.80	1,472	74.26	37.3	134.38 67.81 66.57	6.05	1,652	83.39	41.9
斜面 全 区	1993		ヤブクグリ コバウラセ ホンスギ その他	255 163 85 4 3	103.952 68.493 33.610 0.815 1.034	94.853 62.598 30.653 0.675 0.927	17.6±1.94 17.2±2.42	22.8 22.0	420 395	0.384 0.361	239 230	1,771.66 1,127.45 611.01 14.54 18.66	6.92 7.19	1,446 1,391	60.75 55.00	34.5 32.0	1,472.26 957.37 478.90 20.08 15.91	5.87 5.63	1,703 1,775	71.54 70.18	40.7 40.8
谷斜 1 新区	28	75	ヤブクグリ コバウラセ	8 7 1	4.918 4.052 0.866	5.201 4.218 0.983	20.7±2.19 23.0	26.4 33.2		0.603 0.983		88.43 75.86 12.57					58.65 51.58 7.07				
	29	46	ヤブクグリ コバウラセ	6 2 4	2.999 0.780 2.219	3.036 0.780 2.256	20.0±2.12 20.6±0.51	22.2 26.5		0.390 0.564		55.10 11.89 43.21					47.79 16.10 31.69				
	30	148	ヤブクグリ コバウラセ	14 9 5	7.795 4.974 2.821	8.406 5.330 3.076	21.2±0.70 22.1±2.53	26.5 26.2		0.592 0.613		135.15 75.86 59.29					102.90 57.99 44.91				
	31	97	ヤブクグリ コバウラセ ホンスギ	14 11 2 1	7.595 5.555 1.480 0.560	7.553 5.434 1.589 0.530	19.6±2.24 21.5±2.12 20.5	25.7 30.6	505	0.494 0.795	258	118.06 84.66 22.75 10.75	7.69	1,301	65.69	33.5	82.40 57.45 14.20 10.75	5.22	1,915	96.69	49.3

注：本数値は、(単位)の記号に因る誤差(第1報)

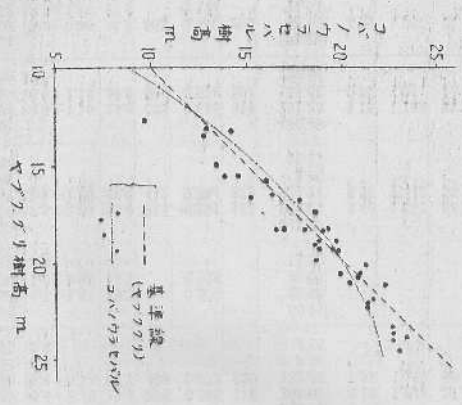
斜面区	地区 番号	面積 m ²	品 種	本数 ×	断面積 10 ⁻¹ m ²	材積 m ³	平均樹高 m	平均 直径 cm	平均 断面積 cm ²	平均 材積 m ³	10mの 平均断面積 cm ²	樹冠面積による					占有面積による				
												樹冠 面積 m ²	平均 樹冠 面積 m ²	ha 当り 本数	ha 当り 断面積 m ²	10mの ha 当り 断面積 m ²	占有 面積 m ²	平均 占有 面積 m ²	ha 当り 本数	ha 当り 断面積 m ²	10mの ha 当り 断面積 m ²
	32	484	ヤブクグリ コバウラセ ホンス その他	48	27.805	28.097	21.1±0.78	26.8	573	0.582	272	431.95	8.22	1,217	69.74	33.1	375.22	7.68	1,308	74.66	35.4
				26	14.903	15.119	20.4±0.97	26.3	547	0.543	268	213.68	9.31	1,075	58.73	28.8	199.60	8.40	1,190	65.03	31.9
				19	10.334	10.309	21.5					176.81					159.67				
				2	0.552	0.556	24.0					9.08					5.81				
斜面区 全体	850		ヤブクグリ コバウラセ ホンス その他	90	51.172	52.293	20.7±1.52	26.2	550	0.561	266	828.69	9.40	1,191	65.53	31.7	666.96	6.98	1,437	79.08	38.2
				55	30.264	30.881	20.8±2.16	26.8	573	0.558	276	461.85	10.15	984	56.48	27.2	382.72	8.31	1,204	69.00	33.2
				31	17.770	18.213						314.63					257.54				
				2	1.112	1.088						19.83					16.06				
谷 斜 1	33	763	ヤブクグリ コバウラセ ホンス その他	63	46.992	51.258	23.8±2.23	32.1	824	0.918	346	665.19	9.71	1,030	84.91	35.7	572.82	8.31	1,204	98.21	41.7
				36	29.672	33.042	22.6±1.74	29.7	718	0.781	318	349.44	12.12	825	59.29	26.2	299.08	10.94	914	65.68	29.0
				11	7.901	8.596	21.9					183.27					120.29				
				13	7.764	8.252	17.7					151.74					126.95				
A	33	570	ヤブクグリ コバウラセ ホンス その他	43	29.324	32.969	24.7±1.26	31.6	794	0.924	321	472.28	10.10	990	78.58	31.8	404.94	8.61	1,162	92.21	37.3
				20	15.872	18.471	22.9±1.36	28.7		0.726		201.99					172.12				
				9	5.883	6.531	19.3					111.77					96.10				
				12	6.774	7.209						139.79					116.77				
B	33	193	ヤブクグリ コバウラセ ホンス その他	20	17.668	18.289	22.7±2.70	32.7	862	0.911	380	192.85	9.22	1,085	93.59	41.2	167.88	7.94	1,260	108.70	47.9
				16	13.800	14.571	23.2±1.77	28.9	669	0.753	289	147.45					126.96				
				2	2.018	2.065	23.5					21.50					22.19				
				1	0.980	1.043	22.5					11.95					10.18				
34	646		ヤブクグリ コバウラセ エダナガ ホンス その他	40	28.379	31.854	24.0±1.58	31.6	796	0.855	332	476.31	12.22	819	65.13	27.1	398.98	9.22	1,085	86.31	36.0
				12	9.548	10.618	23.2±1.44	23.9		0.592		146.61	11.20	893	59.75	25.8	110.62	10.26	974	65.21	28.1
				24	16.065	18.071	29.0					268.87					246.34				
				1	1.548	1.953	23.5					27.34					12.57				
35	213		ヤブクグリ コバウラセ ホンス その他	1	0.531	0.606	17.2					13.85					10.75				
				2	0.687	0.616						19.64					18.70				
				18	9.261	10.030	22.4±0.95	26.1		0.489		167.39					119.89				
				9	4.829	5.331	21.7					76.75					59.97				
				6	2.739	2.936						55.14					41.44				
				3	1.693	1.763						35.50					18.48				

[illegible]

斜面区	地区 番号	面積 m ²	品 種	本数	断面積 × 10 ⁻¹ m ²	材積 m ³	平均樹高 m	平均 直径 cm	平均 断面 面積 cm ²	平均 材積 m ³	10mの 平均 断面 面積 cm ²	樹冠面積による					占有面積による				
												樹面 面積 m ²	冠 積 m ²	平均 樹冠 面積 m ²	ha 当り 本数	ha 当り 断面 面積 m ²	10mの ha 当り 断面 面積 m ²	占有 面積 m ²	平均 占有 面積 m ²	ha 当り 本数	ha 当り 断面 面積 m ²
斜面区	45	670	ヤブクグリ コバウラセ	59 44	32.928 24.655 8.273	35.395 26.396 8.999	22.0±1.27 21.5±1.48	26.6 26.4	560 552	0.599 0.600	255 257	522.65 374.58 148.07	8.51 9.87	1,175 1,013	65.82 55.87	29.9 26.0	601.66 457.20 144.46	10.39 9.63	962 1,038	53.93 57.27	24.5 26.6
	46	127	ヤブクグリ コバウラセ	10 9 1	5.332 5.051 0.281	5.623 5.363 0.263	21.4±1.11 19.0	26.4 18.9		0.596 0.260		88.79 79.17 9.62					108.51 91.16 17.35				
	47	192	ヤブクグリ コバウラセ その他	19 7 11 1	8.543 3.039 5.250 0.254	8.989 3.229 5.500 0.260	20.6±0.80 20.9±0.34 19.3	23.5 24.6	477	0.461 0.500	228	142.16 45.28 90.27 6.61	8.21	1,219	58.16	27.8	161.73 51.10 98.68 11.95	8.97	1,115	53.20	25.5
	48	188	ヤブクグリ コバウラセ エダナガ	12 5 6 1	7.722 2.894 3.882 0.946	7.518 2.810 3.808 0.900	19.7±1.16 19.7±1.22	27.1 28.5		0.562 0.635		130.82 38.28 71.30 21.24					140.07 58.89 61.54 19.64				
	48	24	ヤブクグリ コバウラセ	2 1 1	0.962 0.487 0.475	0.852 0.437 0.415	19.3 18.5	24.9 24.6		0.437 0.415		16.59 8.04 8.55					33.25 15.90 17.35				
	48	70	ヤブクグリ コバウラセ	4 2 2	2.621 1.100 1.521	2.603 1.114 1.489	19.5±2.12 20.5±0.71	26.5 31.1		0.557 0.745		43.44 14.14 29.30					45.38 22.09 23.29				
	48	94	ヤブクグリ コバウラセ エダナガ	6 2 3 1	4.139 1.307 1.886 0.946	4.063 1.259 1.904 0.900	20.0±2.24 19.6±1.44 21.0	28.9 28.1		0.630 0.635		70.79 16.10 33.45 21.24					61.44 20.90 20.90 19.64				
	斜面区 全体	1781	ヤブクグリ コバウラセ エダナガ その他	152 95 54 1 2	86.846 54.494 30.841 0.946 0.565	93.298 59.015 32.808 0.900 0.575	22.0±1.56 21.5±1.51	26.8 26.8	574 571	0.621 0.608	261 266	1,396.81 811.58 550.77 21.24 13.22	8.54 10.20	1,743 980	67.15 56.00	30.5 26.0	1,414.92 892.28 486.53 19.64 16.47	9.39 9.01	1,065 1,110	61.07 63.39	27.8 29.5
				24 11 13	8.930 3.817 5.113	8.704 3.611 4.893	19.1±1.28 18.6±1.21	20.8 22.1	347 393	0.346 0.376	182 211	139.86 58.37 81.49	5.31 6.27	1,885 1,595	65.39 62.74	34.2 33.7	165.58 70.14 95.44	6.38 7.34	1,568 1,362	54.42 53.57	28.5 28.8
谷斜 2旧区	49	248	ヤブクグリ コバウラセ	24 11 13	8.930 3.817 5.113	8.704 3.611 4.893	19.1±1.28 18.6±1.21	20.8 22.1	347 393	0.346 0.376	182 211	139.86 58.37 81.49	5.31 6.27	1,885 1,595	65.39 62.74	34.2 33.7	165.58 70.14 95.44	6.38 7.34	1,568 1,362	54.42 53.57	28.5 28.8

[illegible]

斜面区	地区 番号	面積 m ²	品 種	本数	断面積 10 ⁻¹ m ²	材積 m ³	平均樹高 m	平均 直径 cm	平均 断面積 cm ²	平均 材積 m ³	10mの 平均断面積 cm ²	樹 冠 面 積 に よ る					占 有 面 積 に よ る						
												樹 面 m ²	冠 積 m ²	平均冠 面積 m ²	ha 当り 本数	ha 当り 断面積 m ²	10mの ha 当り 断面積 m ²	占 面 m ²	有 積 m ²	平均有 面積 m ²	ha 当り 本数	ha 当り 断面積 m ²	10mの ha 当り 断面積 m ²
			エダナガ	8	7.623	7.341						157.29					109.91						
全 体	16,306		ヤブクグリ	1663	814.760	772.772						13,819.04					13,147.43						
			コバウラセ	867	431.715	415.625	18.7±3.53	24.8	498	0.479	268	6,631.23	7.65	1,307	65.10	34.8	6,717.98	7.75	1,291	64.26	34.4		
			ホンスギ	679	329.351	309.319	17.9±3.90	24.4	485	0.456	271	6,120.90	9.01	1,109	53.80	30.1	5,513.70	8.12	1,231	59.73	33.4		
			エダナガ	35	17.385	13.086						327.04					294.13						
			その他	13	12.799	20.246						254.47					171.09						
				69	23.510	14.496						485.40					450.53						



第1図 ヤブクグリの樹高成長とコバウラセの樹高成長の関係 (ヤブクグリ基準)
Fig. 1. Relation of growth of Kobanourasacharu to Yabukuguri, (based on growth of Yabu.)

とすると、表2（p. 15）により

$$\begin{aligned} A &= +0.248430 & B &= -0.2716423 & C &= +0.0157608 \\ a &= a_0 - A = -11.248430 & b &= b_0 - B = 2.4716423 \\ c &= c_0 - C = -0.04576080 \end{aligned}$$

で、求める方程式は

$$y = -11.2484 + 2.4716x - 0.045760x^2$$

となる。

なお $\min S = 15.420920$ であるから

$$\alpha^2 = 0.428358$$

従つて $H_H = -11.2484 + 2.4716H_T - 0.045760H_T^2$

各点の座標を計算して求めると表3（p. 15）のとおりである。

表2 ヤブクグリの平均樹高に対するコバノウラセバルの平均樹高の最小二乗計算表

行	A	B	C	1
I	18.170114	34.745576 $\times 10^1$	71.233742 $\times 10^1$	22.400397
2		71.093940 $\times 10^1$	145.898450 $\times 10^1$	45.458245 $\times 10^1$
3			305.283469 $\times 10^1$	102.525864 $\times 10^2$
4				59.090960
5		-66.441796 $\times 10^1$	-136.215840 $\times 10^1$	-42.834867 $\times 10^1$
II		4.652143 $\times 10^1$	9.682610 $\times 10^1$	2.623378 $\times 10^1$
6			-279.263294 $\times 10^1$	-87.818045 $\times 10^1$
7			-20.152629 $\times 10^1$	-5.460094 $\times 10^1$
III			5.867546 $\times 10^1$	9.247723
8				-27.615545
9				-1.479341
10				-14.575154
				15.420920 A=0.248430 B=-2.716423 $\times 10^{-1}$ C=1.576080 $\times 10^{-2}$
	$C_{11}=0.841709 \times 10^{-2}$ $C_{21}=-0.432186 \times 10^{-1}$ $C_{31}=0.010158 \times 10^{-2}$	$C_{12}=-0.432186 \times 10^{-1}$ $C_{22}=0.953235 \times 10^{-2}$ $C_{32}=-0.354717 \times 10^{-3}$	$C_{13}=0.010156 \times 10^{-2}$ $C_{23}=-0.354717 \times 10^{-3}$ $C_{33}=0.170429 \times 10^{-4}$	

表3 ヤブクグリノ平均樹高に対するコバノウラセバルの平均樹高の計算表

x	bx	-cx ²	y	x	bx	cx ²	y
10	24.716	4.576	8.892	18	44.488	14.826	18.414
11	27.187	5.536	10.403	19	46.960	16.519	19.193
12	29.659	6.589	11.912	20	49.432	18.304	19.870
13	32.130	7.733	13.149	21	51.903	20.180	20.475
14	34.602	8.968	14.386	22	54.375	22.147	20.980
15	37.074	10.296	15.530	23	56.846	24.207	21.391
16	39.545	11.714	16.583	24	59.318	26.357	21.713
17	42.017	13.224	17.545	25	61.790	28.600	21.942

即ちコバノウラセバルは樹高 15~18 m 附近でヤブクグリに優る成長を示している。

4. 2. 平均樹高と ha 当り断面積との関係

平均樹高に対する、占有面積に ha 当り断面積と樹冠面積に基づく ha 当り断面積との関係をそれぞれ両品種について求めると第2図 (p.16) 及び第5図 (p.17) のとおりで、両者の間には両品種ともいくつか傾向が認められ平均樹高 H と断面積 G との間には次の式が成り立つようである。即ち

$$G = f(H)$$

で、 H は地位が樹高成長に表われたものと考えられるが、しかし、地位はまた品種によつて樹高成長の程度が異なるのは前述のとおりである。

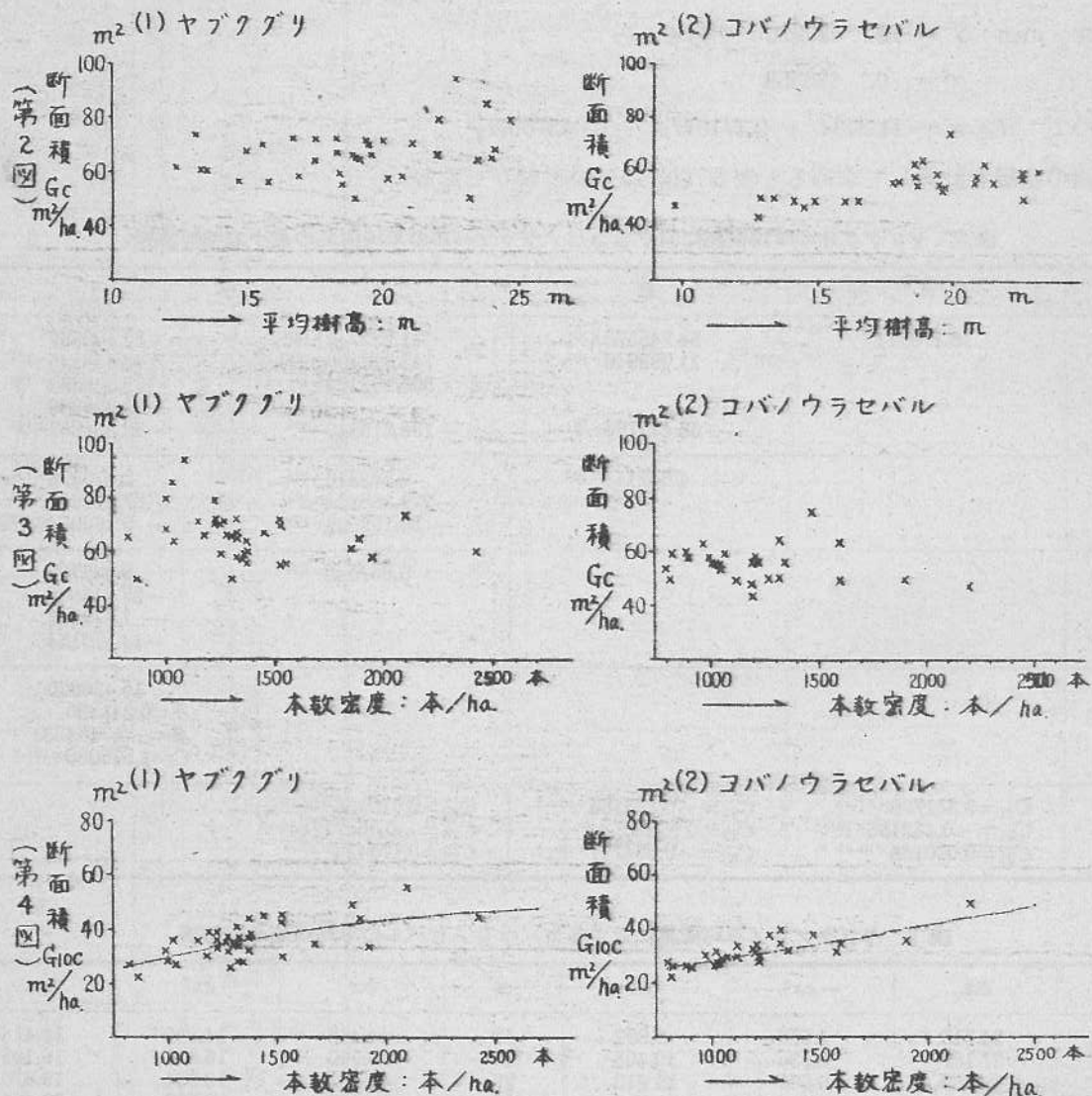


Fig. 2.—Fig. 4. In the case of that stand density is calculated by crown area.

Fig. 2. Relations of basal areas (G_c) to heights of trees on different races

(1) Yabukuguri (2) Kobanourasebaru

Fig. 3. Relations of basal areas to stand densities on different races.

Fig. 4. Relations of basal areas to stand densities in the case of heights of trees are 10m constant, on different races.

4. 3. 本数密度とha 当り断面積との関係

占有面積に基づく本数密度 N_s と ha 当り断面積 G_s の関係及び樹冠面積に基づく本数密度 N_o と ha 当り断面積 G_o との関係をそれぞれ両品種について求めると第3図 (p.16) 及び第6図 (p.17) のとおりで、両者の間には占有面積に基づいても又樹冠面積に基づいてもそれぞれ両品種共に幾らか傾向が認められ、次式のような関係が成り立つようである。即ち

$$G_s = f(N_s)$$

$$G_o = f(N_o)$$

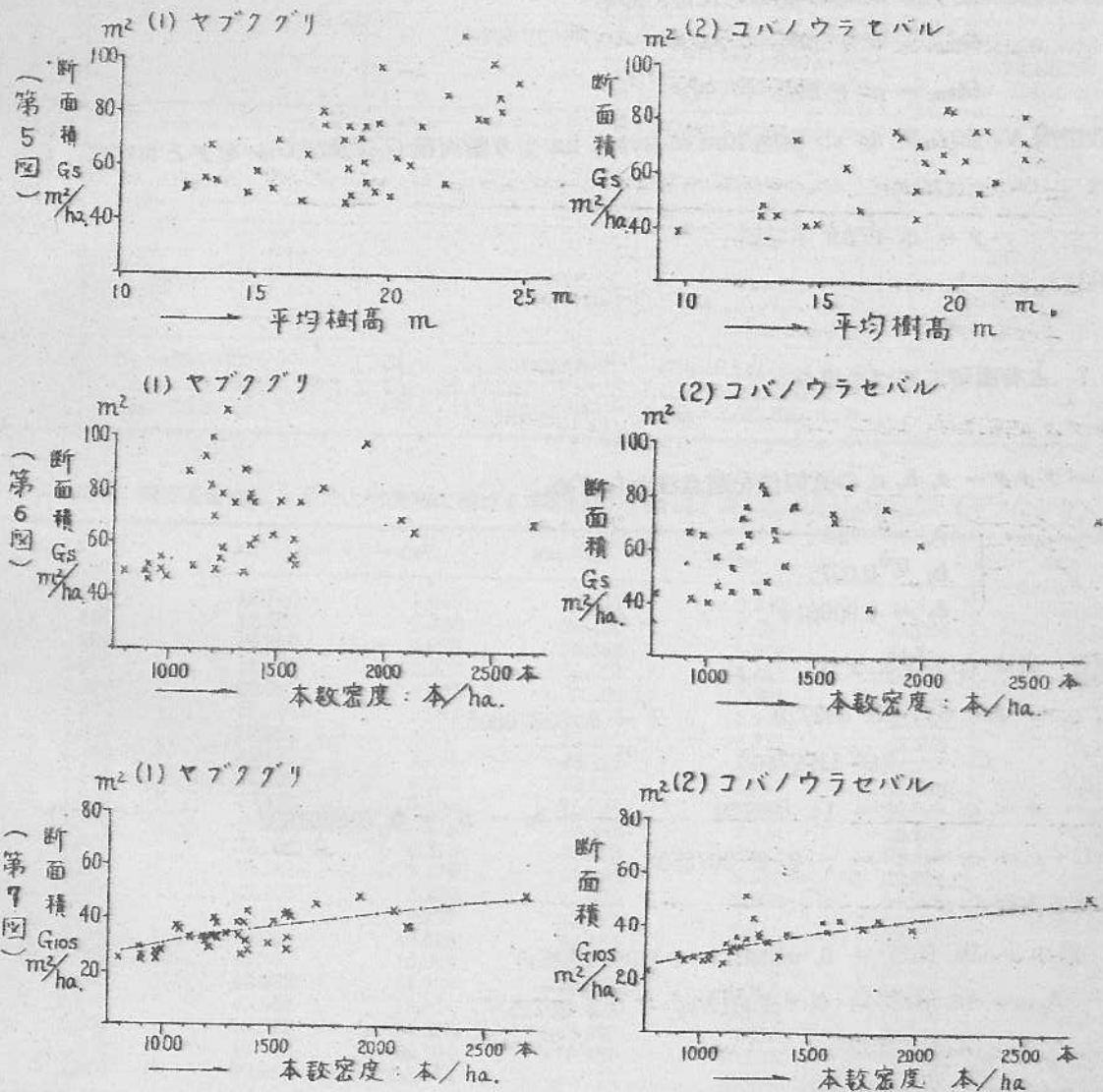


Fig. 5.—Fig. 7. In the case of that stand density is calculated by occupied space of ground.

Fig. 5. Relations of basal areas (G_o) to heights of trees on different races.

Fig. 6. Relations of basal areas to stand densities on diff. races.

Fig. 7. Relations of basal areas to stand densities on diff. races, in the case of heights of trees are 10m const.

4. 4. 本数密度と樹高を考慮に入れた ha 当り断面積の関係

前述のように, ha 当り断面積と樹高及び本数密度との間にはそれぞれ $G = f(H)$ 及び $G = f(N)$ なる成り立つようであるので

$$G/H = f(N)$$

なる関係も成り立つかどうかを確かめるためそれぞれ樹高を考慮に入れて (地位は樹高成長に表われると考え, 同一地位に換算するという意味を含んでいる), 10 m 当りの, 占有面積に基づく断面積 G_{10s} と本数密度 N_s の関係及び樹冠面積に基づく断面積 G_{10c} と本数密度 N_c との関係をそれぞれ両品種について求めてみると第4図 (p.16) 及び第7図 (p.17) のとおりで, あきらかに次のような二次式の関係が成り立つことが認められた. 即ち

$$G_{10s} = a + bN_s + cN_s^2$$

$$G_{10c} = a + bN_c + cN_c^2$$

本数密度 N_s 及び N_c を x , 樹高 10 m における ha 当り断面積 G_{10s} 及び G_{10c} を y とおけば, もとの式は

$$y = a + bx + cx^2$$

で表わされる.

4. 4. 1. 占有面積に基づく場合

ヤブクグリ

今, パラメーター a, b, c の近似値を選点法から求め,

$$\begin{cases} a_0 = -14 \\ b_0 = 0.057 \\ c_0 = 0.000014 \end{cases}$$

とすると, 表4 (p.19) により

$$A = -28.892729 \quad B = 0.038798062$$

$$C = -0.0^4 11927496$$

$$a = a_0 - A = 14.892729 \quad b = b_0 - B = 0.018201938$$

$$c = c_0 - C = -0.0^5 2072504$$

で, 求める方程式は

$$y = 14.8927 + 0.018201x - 0.0^5 20725x^2$$

即ち $G_{10sy} = 14.8927 + 0.018201N_{sy} - 0.0^5 20725N_s^2$

となる.

なお, $\min. S = 252.373437 \times 10^4$ であるから

$$\sigma^2 = 7.4227481 \times 10^4$$

又, $\sigma_y^2 = \{26.1038 \times 10^{-4} - 6.3507 \times 10^{-4} x$

$$+ 5.7690 \times 10^{-5} x - 2.3077 \times 10^{-6} x^2$$

$$+ 0.34357 \times 10^{-7} x^3 \times 7.4227481 \times 10^4$$

各点の座標と信頼限界を計算して求めると表5（p.19）のとおりである。

表4. 樹高を考慮に入れた占有面積に基づく本数密度とha当り断面積成長量の最小二乗計算表（ヤブクグリ）

行	A	B	C	1
I	10.017775×10^1	16.010644×10^7	27.117906×10^{10}	8.292382×10^1
2		27.107994×10^{10}	48.443484×10^{12}	11.337147×10^7
3			90.937362×10^{16}	12.540938×10^{10}
4				303.060345×10^1
5		$-25.588579 \times 10^{10}$	$-43.340461 \times 10^{12}$	-13.253075×10^1
II		1.519415×10^{10}	5.103023×10^{12}	-1.915928×10^7
6			$-73.407574 \times 10^{16}$	$-22.447295 \times 10^{10}$
7			$-17.138727 \times 10^{10}$	6.434728×10^{10}
III			0.291061×10^{10}	-3.471629×10^{10}
8				-6.864151×10^1
9				-2.415916×10^1
10				-41.407841×10^1
				252.373437×10^1
				$A = -28.892729$
				$B = 38.798062 \times 10^{-2}$
				$C = -11.927496 \times 10^{-6}$
	$C_{11} = 26.103874 \times 10^{-4}$	$C_{12} = -31.753902 \times 10^{-7}$	$C_{13} = 9.141467 \times 10^{-10}$	
	$C_{21} = -31.753884 \times 10^{-7}$	$C_{22} = 39.412289 \times 10^{-10}$	$C_{23} = -11.538967 \times 10^{-12}$	
	$C_{31} = 9.141465 \times 10^{-10}$	$C_{32} = -11.538969 \times 10^{-12}$	$C_{33} = 3.435705 \times 10^{-12}$	

表5. 樹高を考慮に入れた占有面積に基づく本数密度とha当り断面積成長量の計算表（ヤブクグリ）

x	bx	-cx ²	y=G ₁₀	t ₃₄ σ ₁₀	G ₁₅	G ₂₀
700	12.740	1.015	26.617	9.347	39.925	53.234
800	14.560	1.326	28.126	7.486	42.189	56.252
900	16.380	1.678	29.594	5.858	44.391	59.188
1,000	18.201	2.072	31.021	4.481	46.531	62.042
1,100	20.021	2.507	32.406	3.388	48.609	64.812
1,200	21.841	2.983	33.750	2.566	50.625	67.500
1,300	23.661	3.501	35.052	2.233	52.578	70.104
1,400	25.481	4.061	36.312	2.162	54.468	72.624
1,500	27.301	4.662	37.531	2.260	56.296	75.062
1,600	29.121	5.304	38.709	2.386	58.063	77.418
1,700	30.941	5.988	39.845	2.474	59.767	79.690
1,800	32.761	6.713	40.940	2.513	61.410	81.880
1,900	34.581	7.479	41.994	2.537	62.991	83.988
2,000	36.402	8.288	43.006	2.635	64.509	86.012
2,100	38.222	9.137	43.977	2.917	65.965	87.954
2,200	40.042	10.028	44.906	3.478	67.359	89.812
2,300	41.862	10.960	45.794	4.343	68.691	91.588
2,400	43.682	11.934	46.640	5.505	69.960	93.280
2,500	45.502	12.950	47.444	6.938	71.166	94.888
2,600	47.322	14.006	48.208	8.619	72.312	96.416
2,700	49.142	15.104	48.930	10.536	73.395	97.860
2,800	50.962	16.244	49.610	12.678	74.415	99.220

コバノウラセバル

パラメータ a, b, c の近似値を選点法から求め

$$\begin{cases} a_0 = -4.6 \\ b_0 = 0.044 \\ c_0 = -0.0001 \end{cases}$$

とすると、表6 (p.20) により

$$A = -15.961272 \quad B = 0.02328463$$

$$C = -0.0^{\circ} 7458838$$

$$a = 11.361272$$

$$b = 0.020715137$$

$$c = 0.0^{\circ} 2541162$$

で、求める方程式は

$$y = 11.3612 + 0.02715x - 0.0^{\circ} 25411x^2$$

即ち $G_{10}^{SK} = 11.3612 + 0.020715N^{SK} - 0.0^{\circ} 25411N^{SK^2}$

となる。

なお、 $\min. S = 73.705600 \times 10^4$ であるから

$$\sigma^2 = 2.9348224 \times 10^4$$

又、 $\sigma_y^2 = \{13.8802 \times 10^{-4} - 3.2344 \times 10^{-4} x$

$$+ 2.8110 \times 10^{-5} x^2 - 1.0706 \times 10^{-6} x^3$$

$$+ 0.15227 \times 10^{-7} x^4\} \times 2.9348224 \times 10^4$$

各点の座標と信頼限界を計算して求めると表7 (p.21) のとおりである。

表6. 樹高を等差に入れた占有面積に基づく本数密度とha当り断面積成長量の最小二乗計算表(コバノウラセバル)

行	A	B	C	1
I	7.665493×10^4	11.638320×10^7	19.195942×10^{10}	5.466244×10^4
2		19.181393×10^{10}	34.457489×10^{13}	3.860918×10^7
3			67.404456×10^6	-6.812725×10^{10}
4				126.838307×10^4
5		$-17.670158 \times 10^{10}$	$-29.144699 \times 10^{13}$	-8.299256×10^7
II		1.511235×10^{10}	5.312790×10^{13}	4.438338×10^7
6			$-48.070497 \times 10^{16}$	$-13.688573 \times 10^{10}$
7			$-18.677262 \times 10^{16}$	15.603101×10^{10}
III			0.656697×10^{16}	-4.898197×10^{10}
8				-3.897962×10^4
9				-13.034928×10^4
10				-36.534857×10^4
				73.70560 A=-15.961272 B=23.284863×10 ⁻³ C=-7.458838×10 ⁻⁶
	$C_{11}=13.880281 \times 10^{-4}$ $C_{21}=-16.172480 \times 10^{-7}$ $C_{31}=4.314521 \times 10^{-10}$	$C_{12}=-16.172482 \times 10^{-10}$ $C_{22}=19.481558 \times 10^{-10}$ $C_{32}=-5.35348 \times 10^{-13}$	$C_{13}=4.314521 \times 10^{-10}$ $C_{23}=-5.353348 \times 10^{-13}$ $C_{33}=1.522772 \times 10^{-16}$	

表7. 樹高を考慮に入れた占有面積に基づく本数密度とha当り
断面積成長量の計算表（コバノウラセバル）

x	bx	$-cx^2$	$y=G_{10}$	$t_{25}G_{10}$	G_{15}	G_{20}
700	14.500	1.245	24.616	4.610	36.924	49.232
800	16.572	1.626	26.370	3.763	39.460	52.614
900	18.643	2.058	27.946	3.022	41.919	55.892
1,000	20.715	2.541	29.535	2.266	44.302	59.070
1,100	22.786	3.074	31.074	1.913	46.611	62.148
1,200	24.858	3.659	32.560	1.590	48.840	65.120
1,300	26.929	4.294	33.996	1.439	50.994	67.992
1,400	29.001	4.980	35.382	1.439	53.073	70.764
1,500	31.072	5.717	36.716	1.528	55.074	73.432
1,600	33.144	6.504	38.001	1.650	57.001	76.002
1,700	35.215	7.343	39.233	1.771	58.849	78.466
1,800	37.287	8.232	40.416	1.882	60.624	80.832
1,900	39.358	9.193	41.526	1.979	62.289	83.052
2,000	41.430	10.164	42.627	2.078	63.940	85.254
2,100	43.501	11.205	43.657	2.198	65.485	87.314
2,200	45.573	12.398	44.536	2.362	66.804	89.072
2,300	47.644	13.441	45.564	2.597	68.346	91.128
2,400	49.716	14.636	46.441	2.925	69.661	92.882
2,500	51.787	15.881	47.267	3.359	70.900	94.534
2,600	53.859	17.177	48.043	3.903	72.064	96.086
2,700	55.930	18.523	48.768	4.558	73.152	97.536
2,800	58.002	19.921	49.442	5.320	74.163	98.884

4. 4. 2. 樹冠面積に基づく場合

ヤブクグリ

パラメータ a, b, c の近似値を選点法から求め

$$\begin{cases} a_0 = 2.6 \\ b_0 = 0.032 \\ c_0 = -0.0000055 \end{cases}$$

とすると、表8により

$$A = -3.553434 \quad B = 0.003401213$$

$$C = -0.0^633472$$

$$a = a_0 - A = 6.153434$$

$$b = b_0 - B = 0.028598787$$

$$c = c_0 - C = -0.0^54866528$$

で、求める方程式は

$$y = 6.1534 + 0.028598x - 0.0^548665x^2$$

$$\text{即ち } G_{10cr} = 6.1534 + 0.028598N_c - 0.0^548665N_{cr}^2$$

となる。

$$\text{なお, } \min. S = 334.637785 \times 10^4$$

$$\sigma^2 = 9.84228779 \times 10^4$$

表 8. 樹高を考慮に入れた樹冠面に基づく本数密度とha当り断面積成長量の最小二乗計算表 (ヤブケグリ)

行	A	B	C	1
I	10.277968×10^4	15.419231×10^7 24.787160×10^{10}	24.810390×10^{10} 42.776862×10^{13} 78.844214×10^{16}	0.205318×10^4 2.417271×10^7 7.360245×10^{10} 337.467345×10^4
2				
3				
4				
5		$-23.132254 \times 10^{10}$	$-37.221068 \times 10^{13}$	-0.308022×10^7
II		1.654906×10^{10}	5.555794×10^{13} $-59.890768 \times 10^{16}$ $-18.651717 \times 10^{16}$	2.109249×10^7 -0.495625×10^{10} -7.081096×10^{10}
6				
7				
III			0.341729×10^{16}	-0.216476×10^{10} -0.004101×10^4 -2.688328×10^4 -0.137131×10^4
8				
9				
10				
				334.637785×10^4 $A = -3.553434$ $B = 3.401213 \times 10^{-3}$ $C = -0.633472 \times 10^{-5}$

各点の座標を計算により求めると表 10 (p.23) のとおりである。

コバノウラセバル

パラメータ a, b, c の近似値を選点法から求め

$$\begin{cases} a_0 = 15 \\ b_0 = 0.014 \\ c_0 = -0.0000008 \end{cases}$$

とすると、表 9 により

$$A = -0.287226 \quad B = 0.00187628$$

$$C = -0.051269461$$

表 9. 樹高を考慮に入れた樹冠面積に基づく本数密度とha当り断面積成長量の最小二乗計算表 (コバノウラセバル)

行	A	B	C	1
I	11.375421×10^4	13.899093×10^7 18.212749×10^{10}	18.224732×10^{10} 25.789157×10^{13} 39.530295×10^{16}	-4.547430×10^4 -7.718316×10^7 $-13.795029 \times 10^{10}$ 10.5875447×10^4
2				
3				
4				
5		$-16.982648 \times 10^{10}$	$-22.267943 \times 10^{13}$	5.556290×10^7
II		1.230101×10^{10}	3.521214×10^{13} $-29.198098 \times 10^{16}$ $-10.079615 \times 10^{16}$	-2.162026×10^7 7.285501×10^{10} 6.188885×10^{10}
6				
7				
III			0.252582×10^{16}	-0.320643×10^{10} -1.817876×10^4 -3.799976×10^4 -0.407043×10^4
8				
9				
10				
				97.850552×10^4 $A = -0.287226$ $B = 1.876282 \times 10^{-3}$ $C = -1.269461 \times 10^{-5}$

$$a = a_0 - A = 15.287226$$

$$b = b_0 - B = 0.012123718$$

$$c = c_0 - C = 0.0^{\circ}469461$$

で、求める方程式は

$$y = 15.2872 + 0.012123x + 0.0^{\circ}46946x^2$$

$$\text{即ち } G_{10CK} = 15.2872 + 0.012123N_{CK} + 0.0^{\circ}46946N_{CK}^2$$

$$\text{なお } \min S = 97.850552 \times 10^4 \sigma^2 = 3.9140228 \times 10^4$$

各点の座標を計算により求めると、表 10 (p.) のとおりである。

表 10. 樹高を考慮に入れた樹冠面積に基づく本数密度と ha 当り断面積の計算表

品 種 x	ヤ ブ ク グ リ			コ バ ノ ウ ラ セ バ ル		
	bx	-cx ²	y=G ₁₀	bx	cx ²	y=G ₁₀
700	20.018	2.384	23.787	8.486	0.230	24.003
809	22.878	3.114	25.917	9.698	0.300	25.285
900	25.738	3.941	27.950	10.910	0.380	26.577
1,000	28.598	4.866	29.885	12.123	0.469	27.879
1,100	31.457	5.887	31.723	13.335	0.567	29.189
1,200	34.317	7.007	33.463	14.547	0.675	30.509
1,300	37.177	8.223	35.107	15.759	0.793	31.839
1,400	40.037	9.537	36.653	16.972	0.920	33.179
1,500	42.897	10.948	38.102	18.184	1.056	34.527
1,600	45.756	12.456	39.453	19.396	1.201	35.884
1,700	48.616	14.062	40.707	20.609	1.356	37.252
1,800	51.476	15.765	41.864	21.821	1.520	38.628
1,900	54.336	17.566	42.923	23.033	1.694	40.014
2,000	57.196	19.464	43.885	24.246	1.877	41.410
2,100	60.055	21.459	44.749	25.458	2.070	42.815
2,200	62.915	23.551	45.517	26.670	2.271	44.228
2,300	65.775	25.741	46.187	27.882	2.483	45.652
2,400	68.635	28.028	46.760	29.095	2.703	47.085
2,500	71.495	30.412	47.236	30.307	2.933	48.527
2,600	74.354	32.894	47.613	31.519	3.173	49.979
2,700	77.214	35.473	47.894	32.732	3.421	51.440
2,800	80.074	38.149	48.078	33.944	3.680	52.911

4. 5. 占有面積及び樹冠面積に基づく場合の両数式の適合性

占有面積に基づく樹高 10 m の ha 当り断面積の推定式と樹冠面積に基づく樹高 10 m の ha 当り断面積の推定式とからそれぞれ両品種について計算値を求めたものは、前掲表 5 (p.19), 表 7 (p.21), 表10 (p.23) 及び第 4 図 (p.16), 第 7 図 (p.17) のとおりとなり、明らかに樹冠面積に基づいて求めた ha 当り断面積の計算値は適合しない。

従つて、本数密度と ha 当り断面積の関係は、樹間距離による占有面積に基づくものといえる。

4. 6. 本数密度と ha 当り断面積との関係式

前述のように、本数密度と ha 当り断面積の関係は樹間距離による占有面積に基づくことが証明できるので、ヤブクグリとコバノウラセバル両品種のそれぞれの関係式は次式のように決定できる。

$$G_{SK}/H_r = 6.1534 + 0.028598N_s - 0.0^{\circ}48665N_s^2$$

$$G_{SK}/H_K = 11.3612 + 0.020715N_S - 0.0^5285411N_S^2$$

樹高 10 m, 15 m 及び 20 m の場合の ha 当り断面積 G の計算値を算出すると, それぞれ前掲表 5 (p.19) 及び表 7 (p.21) のとおりで, それを図示すると第 8 図 (p.24) のとおりである。

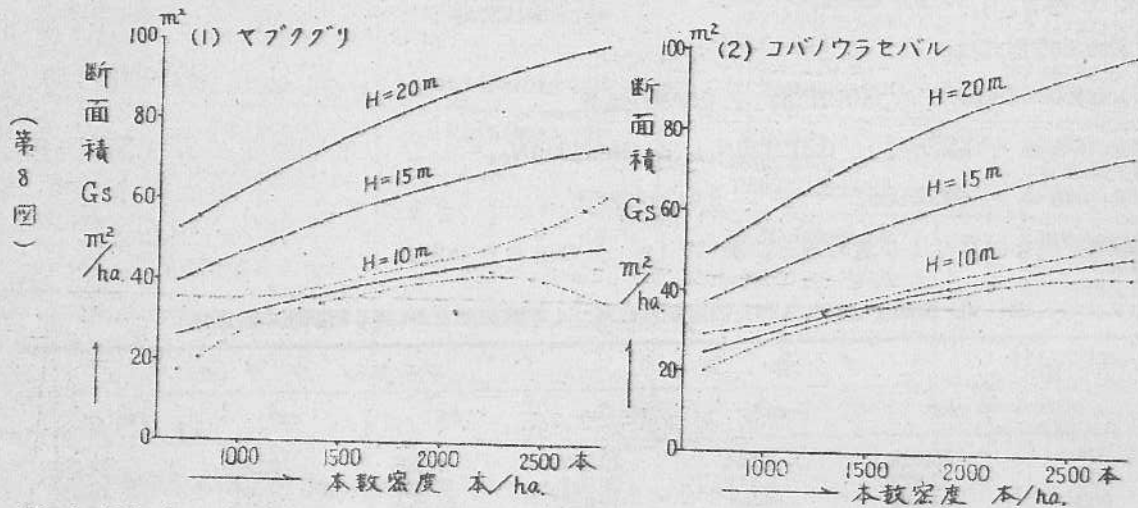


Fig.8. Relations between basal area (G_s) and stand density, which is based on occupied space of ground. (ranked by height of tree)

4. 7. 本数密度と ha 当り材積

林分材積 V と林分断面積合計 G との間には次の関係がある。

$$V = F \cdot G \cdot H$$

F林分形数

H林分平均樹高

この式に前式の本数密度と ha 当り断面積との関係式を代入すれば, ヤブクグリとコバノウラセバルの ha 当り材積 V と V_K はそれぞれ次のようになる。

$$V_Y = F \cdot G_Y \cdot H_Y$$

$$= \{6.1534 + 0.028598N_S - 0.0^548665N_S^2\} \times H_Y^2 \times F$$

$$V_K = F \cdot G_K \cdot H_K = \{11.3612 + 0.020715N_S - 0.0^5285411N_S^2\} \times H_K^2 \times F$$

品種により林分形数は異なるであろうし, 又, 単木の胸高形数を林分形数に使用するのは独断的ではあるが, 一応の材積のめあすを得るために, 林分形数を和田⁽¹⁰⁾の胸高形数式の数値からとり, 樹高 10 m, 15 m 及び 20 m の時の形数をそれぞれ $F_{10}=0.5238$, $F_{15}=0.4846$ 及び $F_{20}=0.4647$ とし, ヤブクグリ及びコバノウラセバルの樹高 10 m, 15 m 及び 20 m における ha 当り材積を求めると表 11 (p.25) 及び第 9 図 (p.25) のとおりとなる。

4. 8. 本数密度と品種別成長量との関係

先に求めた本数密度と成長量との関係式によれば, 表 5 (p.19) 及び表 7 (p.21) や第 8 図 (p.24)

表 11. 樹高を考慮に入れた占有面積に基づく本数密度と ha 当材積の計算表

品 種 N_s	ヤ ブ ク グ リ			コ バ ノ ウ ラ セ バ ル		
	V_{10}	V_{15}	V_{20}	V_{10}	V_{15}	V_{20}
700	139.419	290.218	494.756	128.938	268.400	457.562
800	147.323	306.671	522.806	137.796	286.838	488.994
900	155.013	322.678	550.093	146.381	304.709	519.460
1,000	162.487	338.237	576.618	154.704	322.034	548.996
1,100	169.742	353.338	602.362	162.765	338.815	577.603
1,200	176.782	367.993	627.345	170.549	355.017	605.225
1,300	183.602	382.189	651.546	178.071	370.675	631.917
1,400	190.202	395.927	674.967	185.330	385.787	657.680
1,500	196.587	409.219	697.621	192.318	400.332	682.477
1,600	202.757	422.063	719.522	199.049	414.343	706.362
1,700	208.708	433.449	740.638	205.502	427.777	729.263
1,800	214.443	446.389	760.992	211.699	440.675	751.252
1,900	219.964	457.881	780.584	217.513	452.778	771.885
2,000	225.265	468.915	799.395	223.280	464.783	792.350
2,100	230.351	479.503	817.444	228.675	476.014	811.496
2,200	235.217	489.632	834.712	233.279	485.598	827.835
2,300	239.868	499.314	851.311	238.664	496.807	846.943
2,800	244.300	506.576	866.944	243.257	506.369	863.245
2,500	248.511	517.305	881.889	247.584	515.375	878.598
2,600	252.513	525.635	896.090	251.649	523.836	893.023
2,700	256.295	535.508	905.510	255.446	531.741	906.499
2,800	259.857	540.922	922.150	258.977	539.090	919.027

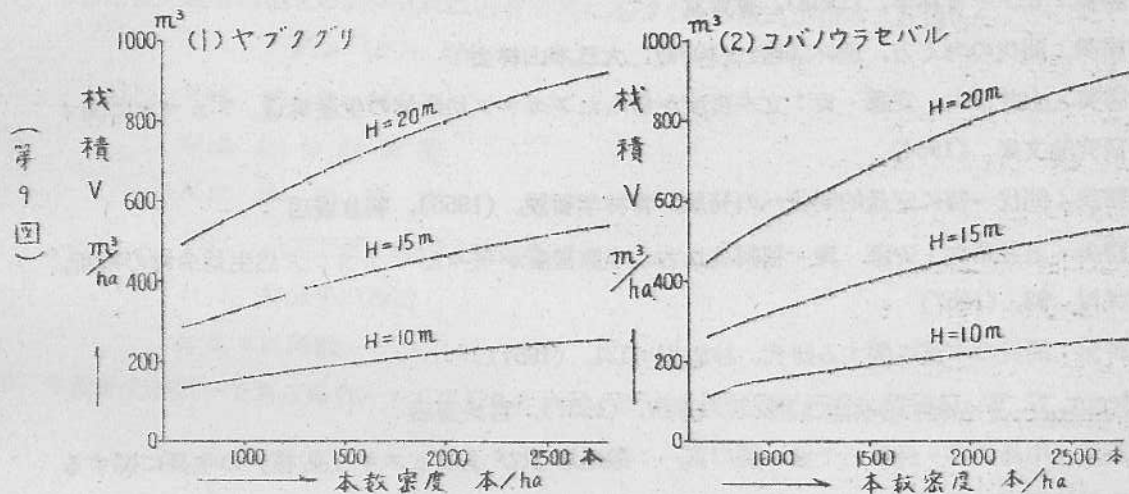


Fig. 9. Relations between volume and stand density, which is based on occupied space of ground. (ranked by height of tree)

が示すとおり、ヤブクグリとコバノウラセバルの両品種間には本数密度が同じであればほとんど同様な断面積成長を示すようであり、明らかな相違は認められない。又材積成長においても樹高の成長差は影響するが、品種毎の形数のこともあり、両品種間に材積成長量の相違があるとはいえない。

文 献

- 1) Deming, W. E. (森口繁一訳)：推計学によるデータのまとめ方, (1957), 岩波書店
- 2) 北大・東大・大阪市大合同調査班：森林生産力に関する研究（第1報）, (1960), 国策パルプ工

業株式会社

- 3) 河田 杰：スギ林間伐試験の成績（第2回），林試報 76，(1954)
- 4) 木梨謙吉：推計学を基とした測樹学，(1954)，朝倉書店
- 5) 吉良竜夫編：植物生態学(2)，(1960)，古今書院
- 6) 岸原信義：林分材積と樹高・本数の関係について，日林九講，(1961)
- 7) 近藤正巳：林業技術のための推計学入門，(1959)，養賢堂
- 8) 嶺 一三：測樹，(1952)朝倉書店
- 9) 中村賢太郎：枝打をおこなう必要があるか，造林講座，(1954)，大日本山林会
- 10) 中山博一：林木材積測定学，(1957)，金原出版
- 11) 西沢正久：森林測定法，(1956)，地球出版社
- 12) 西沢正久：林分成長量の推定および予測方法に関する研究，林試報，(1961)
- 13) 林 野 庁・林業試験場：収穫表調製に関する基礎的研究と信州地方カラマツ林収穫表の調製（嶺一三調製），収穫表調製業務参考資料 12 号，(1955)
- 14) 林 野 庁・高知営林局：ヒノキ人工林立木材積表調製説明書，収穫表調製業務資料17号，(1960)
- 15) 坂口勝美：ヒノキ育林学，(1952)，養賢堂
- 16) 坂口勝美：間伐の考え方，造林講座，(1954)，大日本山林会
- 17) 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)
- 18) 坂口勝美：間伐一特に定量的間伐への発展，育林学新説，(1955)，朝倉書店
- 19) 坂口勝美・土井恭次・安藤 貴・福岡英比古：本数密度からみたアカマツ天然生幼令林の解析，林試報 93，(1957)
- 20) 坂口勝美：間伐の本質に関する研究，林試報 131，(1961)
- 21) Snedecor, G. W. (畑村など訳)：統計的方法，(1957)，岩波書店
- 22) 竹下敬司・中島康博・長浜三千治・樋口真一：微地形及び土壌とスギ（品種）の生長に関する森林立地学的研究（第1報），福岡県林業試験場時報 No. 12号，(1960)
- 23) 戸田良吉：枝張の程度のあらわしかた，Ⅰクリスマスアカマツでしらべた例，日林誌 35，(1953)
- 24) 戸田良吉：枝張の程度のあらわしかた，Ⅱスギクモトオシとヒウガアカマツでの影響，日林誌 36，(1954)
- 25) 戸田良吉：スギの遺伝変動に関する研究，林誌報 132，(1961)

要 約

1. 昭和33年来，福岡県下矢部川の上流地帯におけるスギの一団地につき，本数密度と林分成長に関する調査を行つたが，その一部を報告する。

2. 本調査は、スギの林分成長とその本数密度の関係について、樹間距離による占有面積にもとづくものか、樹冠面積にもとづくものかを明らかにすべく行つたものである。
3. 調査地は標高 430~550 m, 満~壮年期的な開析斜面であり、基岩は結晶片岩系の石墨-絹雲母-緑泥片岩によつてしめられ年間降雨量 2,500 mm, 年平均気温 14°C, 実測当時の林令は 35 年, ha 当り材積約 500 m³ 面積 1.6 ha となつている。
4. 林分の成長量としては直接測定のできる断面積を用いた。
5. 樹高と林分断面積との間には漠然とではあるが、 $G=f(H)$ なる関係が認められた。
6. 本数密度と林分断面積との間にも漠然とではあるが $G=f(N)$ なる関係が認められた。
7. 本数密度と一定樹高当りの林分断面積との間には、明らかに $G/H=f(N)$ なる関係が認められたが、次の数式には占有面積に基づく場合が良く適合した。

$$G/H = a + bN + cN^2$$

8. 本数密度と林分断面積との関係式には、占有面積に基づく次の数式が採用され得る

$$G_s = (a + bN_s + cN_s^2) \times H$$

9. 本数密度と林分材積との関係式には占有面積に基づく次の数式が採用され得る

$$V = (a + bN_s + cN_s^2) \times F \times H^2$$

但し V は 林 分 材 積

G は 林 分 断 面 積

N は 本 数 密 度

N_s は 占有面積に基づく本数密度

H は 林分平均樹高

a, b, c は係数

10. 本数密度が同一である場合、ヤブクグリとコパノウラセバルの間に成長量の差があるとは認め難

Studies on the Different Stand Densities and their Relations to the Growth of Sugi (Cryptomeria) Races (1)

Michiharu Nagahama

Resume

The writer reports in this paper a result of studies, done by measurements of different stand densities and of growth of trees in the mountainous slope which is covered with sugi-forest (cryptomeria-forest), from 1958 up to now.

The objective this study is to make research and discovery of relationships between growth of tree and various stand density which is calculated by occupied space of ground and by crown area per tree.

The study area belongs in the district along the head-waters of the River Yabe in the southern part of Fukuoka prefecture.

The investigated forest constituted by some different sugi-races such as Yabukuguri, Kobanourasebaru and others, and they were 33 years old at that time, about 1.6 ha. in area.

As a unit-area for measurement of forest stand, the writer used stand divisions which are characterized by environment factors such as topography and soil. (p.4) Growth of trees are indicated not only by volume, but by basal area (cross-section-area breast high) whose measurement is done directly. Data of above mentioned concerning one tree and forest stand are shown in the Table 1 (p.5).

On the relations of height of tree to basal area, some positive tendencies were recognized.

Relative relationships between basal areas and stand densities were recognized. When the data were ranked in constant order-divisions by height of tree, clear tendencies were recognized between them in the both case of that calculations of stand densities based on occupied space of ground and crown area. These relations may be expressed by next function, but in this case, the former more fit than the latter,

$$G/H = a + bN + cN^2$$

where ; G =basal area, H =height of tree,

N =stand density, a, b, c =const..

It seemed that the equation of basal area to stand density, which is in the case based on occupied space of ground, may be possible to actual use. It is shown as follow,

$$G_s = (a + bN_s + cN_s^2) \times H$$

where ; G_s =basal area
 N_s =stand density } in the case; based on occupied space of ground.

The equation of volume to stand density, which may be possible to use, is expressed as follow,

$$V = (a + bN + cN^2)^2 \times F \times H$$

where; V =volume (in the case; stand density based on
occupied space of ground,)

F =stand form factor.

In the case of the same stand density, the clear difference were not recognized between the growth of Yabukuguri and Kobanoursebaru.