

スギ幼齡林における地上部現存量の経年変化*

根岸賢一郎**・鈴木 誠**・佐倉詔夫**・丹下 健**
鈴木貞夫**・斯波義宏***

Changes in Aboveground Biomass with Age in Young *Cryptomeria japonica* Stands*

Ken'itiroo NEGISI**, Makoto SUZUKI**, Tsuguo SAKURA**, Takeshi TANGE**,
Sadao SUZUKI** and Yoshihiro SHIBA***

I はじめに

森林の物質生産に関する研究は、1920年代にデンマークで着手された⁴⁾。わが国をはじめ世界各国で、この方面の研究がさかんになったのは、それよりずっと遅れて、1950~60年代以降のことであるが、今日では、かなりの資料がえられている。

とくに、測定に特別な機器を必要としない、森林の現存量や純生産量に関する調査はすすみ、わが国ではスギなどの重要樹種を中心に、多くの資料が蓄積されている。しかし大部分は、いろいろな森林についての一回かぎりの調査の結果で、同一林分につき継続して調べた例は少ない。

林齢と林木の現存量の関係には、部分によるちがいがあがる。一般に、幹、枝および幹の延長の根株の現存量は、木質の蓄積にともない、林齢とともに増加する。これに対して、葉の現存量は、林冠の閉鎖まではふえつづけ、その後は、あまりかわらなくなる。なお、葉の現存量は林冠の閉鎖前後に、一時的に高くなるといわれているが^{11, 13, 27, 29, 30)}、多くは林齢のちがう、いろいろな林分の比較からえた結果なので、その存在や程度については、資料の充実がのぞまれている²³⁾。

ここでは、立木密度のちがうスギ幼齡3林分について、林冠の閉鎖前後の6年間にわたり、現存量の変化をしらべた。その結果、葉の現存量などについて興味ある経年変化をえたので報告する。なお、これらの林分については、その後、現存量のほか、枯損枝葉量³²⁾、脱落量、生長量、樹皮呼吸量などの測定を開始し、継続中なので、立木密度と物質生産の全般的な関係については、それらの結果をふくめ、別の機会に報告することになる。

本調査の計画は1980年春に、根岸、鈴木(誠)、佐倉がたてた。野外調査は主として、東京大学農学部林学科学学生の造林学実験(3年夏学期)の一部として、千葉演習林でおこなわれる造林実習の日程のなかで実行し、鈴木(貞)の指示のもとに演習林職員が協力した。本郷キャンパスでの試料の処理や、資料の整理も、ひきつづき造林学実験の一部としておこない、斯波が担当し

* 本報告の一部を第98回日本林学会大会(1987年4月、福岡)で発表した。なお研究費の一部は、文部省科学研究費補助金、一般研究(B)60480061(昭和60~62年度)によった。

** 東京大学農学部千葉演習林
University Forest in Chiba, Faculty of Agriculture, University of Tokyo.

*** 東京大学農学部林学科
Department of Forestry, Faculty of Agriculture, University of Tokyo.

た。資料の整理結果には、かなり誤りがあったので、みなおしと必要な再計算を、丹下がおこなった。それらをもとに、根岸がまとめた草稿について、全員で検討し確定稿とした。

本調査に御協力をいただいた千葉演習林および造林学教室の方々に、お礼申し上げます。なお、現地調査の参加者を測定年別に、つぎにあげる。

仁ノ沢密度試験地現地調査参加者氏名（実習学生をのぞく）

年/月/日	造 林 学 教 室	千 葉 演 習 林
1980/5/6~7	根岸賢一郎, 斯波義宏	鈴木 誠, 佐倉詔夫, 鈴木貞夫, 山下重夫, 唐鎌 勇
1981/5/13~14	真下育久, 斯波義宏, 松本陽介	鈴木 誠, 鈴木貞夫, 山下重夫, 唐鎌 勇
1982/5/8~9	真下育久, 斯波義宏, 松本陽介, 丹下 健	石原 猛, 鈴木貞夫, 山下重夫, 唐鎌 勇
1984/5/8~9	根岸賢一郎, 斯波義宏, 松本陽介, 丹下 健, 中田 誠	鈴木貞夫, 山下重夫, 唐鎌 勇, 菅野信一, 鈴木ユキエ, 大宮スエ
1986/5/8~9	斯波義宏, 松本陽介, 白旗 学	根岸賢一郎, 鈴木 誠, 佐倉詔夫, 丹下 健, 鈴木貞夫, 唐鎌 勇, 菅野信一, 鈴木祐紀

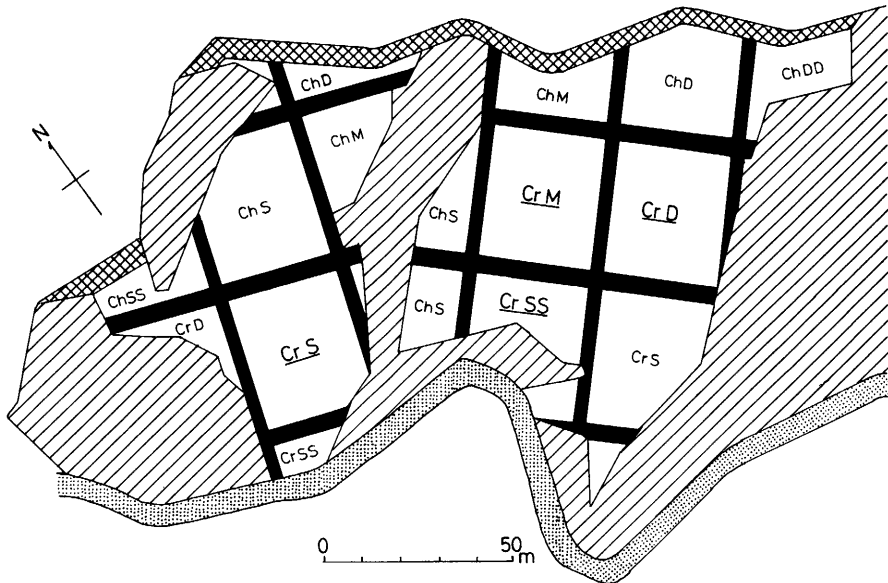


図-1 仁ノ沢密度試験地（39林班 $C_{2.1}$ 小班）の区画配置

Fig. 1. Location map of spacing experiment stand plots.

Studies were made mainly in the plots CrD , CrM and CrS , and partly $CrSS$, underlined respectively. **Cr**: *Cryptomeria japonica* stand, **Ch**: *Chamaecyparis obtusa* stand, **DD**: 0.75 m along slope \times 0.5 m along contour line in square planting space and 26,667 trees \cdot ha $^{-1}$ in density, **D**: 1.0 m \times 0.75 m and 13,333 trees \cdot ha $^{-1}$, **M**: 1.5 m \times 1.0 m and 6,667 trees \cdot ha $^{-1}$, **S**: 2.0 m \times 1.5 m and 3,333 trees \cdot ha $^{-1}$, **SS**: 3.0 m \times 2.0 m and 1,667 trees \cdot ha $^{-1}$, **Hatched part with meshes**: windbreak consisting of *Quercus myrsinaefolia* and other species trees, **Hatched part with oblique lines**: broadleaved forest for fuelwood, **Hatched part with dots**: Ninosawa stream, **Black part**: buffer zone consisting of Sanbusugi, a local cultivar of *Cryptomeria japonica*, or *Pinus taeda*.

表-1 継続測定区の植栽間隔, 地形, 土壌条件

Table 1. Planting space, topography and soil conditions in each continuous study plot

		継続測定区 Continuous study plot		
		D	M	S
植栽間隔	Planting space m	1.0 m*×0.75 m**	1.5 m×1.0 m	2.0 m×1.5 m
立木密度	Tree density No・ha ⁻¹	13,333	6,667	3,333
斜面 Slope	方位 Aspect	SW	WSW	SSW
	傾斜角 Gradient	28	38	31
	形 Form	平衡 Rectilinear	平衡～微凸 Rectilinear or slightly convex	平衡～微凹 Rectilinear or slightly concave
土壌 Soil	型 Type	B _D	B _D ～B _{D(d)}	B _D
	堆積様式 Mode of deposition	匍行土 Creeping soil	匍行土 Creeping soil	匍行土～崩積土 Creeping and colluvial soils

* 斜面方向 along slope.

** 等高線方向 along contour line.

II 調査地

東京大学農学部附属演習林千葉演習林の清澄作業所管内にある仁ノ沢密度試験地 (39 林班 C₂₋₁ 小班) に調査地をおいた。この密度試験地は、スギおよびヒノキ人工林の伐採跡地に 1966 年に設定された。試験地は図-1 のようで、沢ちかくにスギの、尾根ちかくにヒノキの区画がある。図-1 の説明のようにスギでは 4 段階の、ヒノキでは 5 段階の密度区画が配置された。完全な形の区画は、水平距離で斜面方向に約 35 m, 等高線方向に約 30 m の方形であるが、多くの区画は地形の関係から小さく不規則な形になっている。

1966 年 4 月、郷台苗畑産の満 3 年生実生・地スギまたは満 4 年生実生・地ヒノキ苗を植栽、以後、下刈り、除伐、つる切りなどの手入れがおこなわれた。各区画の境界には、斜面方向には 3 m, 等高線方向には 4 m の幅の緩衝帯がおかれ、サンブスギ、テーダマツが植えられた。

ここでは、図-1 のスギの区画で CrD (水平面積 1,080 m²), CrM (1,080 m²), CrS (1,057.86 m²) を、おもな調査対象とした。いずれも 35 m×30 m の方形か、それにほぼちかい。各区画のほぼ中央に、斜面方向に約 20 m, 等高線方向に約 10 m の方形をとり、それぞれ継続測定区 D (密植区 dense), M (中庸区 medium), S (疎植区 sparse) とした。それぞれの継続測定区で樹木位置図を作成し、1980 年の測定開始以前に枯れた個体数をたしかめ、各生立木に個体番号をつけた。

各継続測定区の植栽密度、地形、土壌などを、表-1 にしめす。千葉演習林は地形が細かく急峻なので、環境の局地的変化がいちじるしい。このため、各区画間ではもちろんのこと、ときには同一区画内でも、立地条件による生育差がみられる。

III 調査と方法

測定は 1980 年 (林齢 14 年生) から 1986 年 (林齢 20 年生) までの 6 年間に計 5 回おこなっ

表-2 各測定年の調査項目*
Table 2. Measurements in each year*

調査年/月/日 Year/Month/Day	林齢 年 Stand age yr	継続測定区 Continuous study plot		
		D	M	S
1980/5/6~7	14	D, H, B(5), L, U	D, H, B(5), L, U	D, H, B(5), L, U
1981/5/13~14	15	D, H, B(5)**, L, U	D, H, B(5), L, U	D, H, B(5), L, U
1982/5/8~9	16	D, -, B(5), L, U	D***, -, B(5), L, U	D, H, B(5), L, U
1984/5/8~9	18	D, H, B(7), -, U	D, H, B(7), -, U	-, -, -, -, -
1986/5/8~9****	20	D, H, B(5), L, -	D, H, B(5), L, -	D, H, B(5), L, -

* D: 胸高直径 DBH, H: 樹高 Height, B: 林木現存量 (伐倒試料木数) Tree biomass (Number of cut sample tree), L: 相対照度 Relative light intensity, U: 下草現存量 Undergrowth biomass.

** 平均胸高直径にちかい伐倒試料木の資料を紛失 Data of a cut sample tree nearly mean DBH were lost.

*** 胸高直径測定野帳を紛失 Field note of DBH was lost.

**** DとHは, 1985年12月の測定値 DBH and height were measured in Dec., 1985.

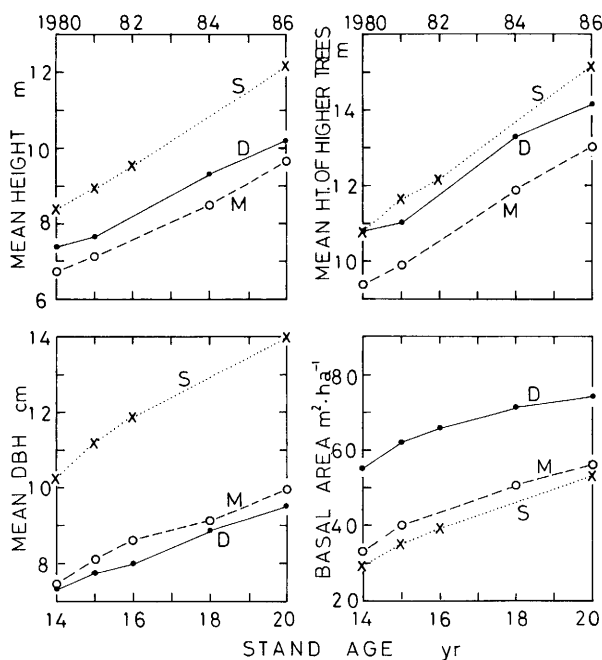


図-2 樹高 (全個体または上位3個体の平均), 胸高直径, 胸高断面積の経年変化
Fig. 2. Growth in height, diameter breast high, and basal area with age in each continuous study plot.

Height in the upper left figure is an average of all the trees and that in the upper right figure is an average of 1st to 3rd trees in higher rank.

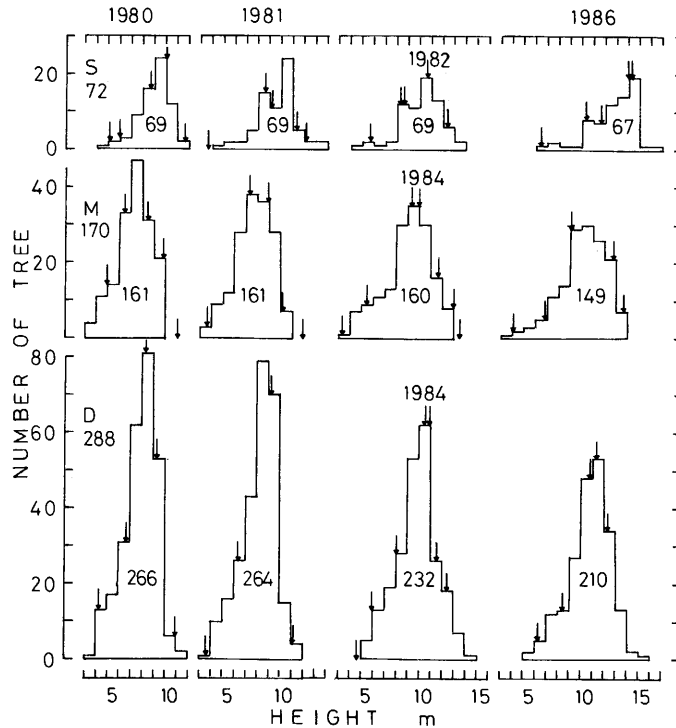


図-3 樹高の頻度分布の経年変化

Fig. 3. Changes in frequency distribution of height with age in each continuous study plot. Arrows show the values of cut sample tree and numerals in the bar graph show the tree number in each plot.

た。測定の時期は、主として5月上～中旬で、測定の手順は、ほぼつぎのようである。

まず継続測定区で、相対照度の測定と毎木調査をおこなった。相対照度は、各継続測定区の対角線上で1 mおきに、地上0 m (地表)、1 m、2 mの水平照度を、光電池照度計(東京光学 SPI-71)で測定し、裸地照度との比から算出した。時間のつごうから1984年は照度の測定が、できなかった。毎木調査は、胸高直径を輪尺で直角二方向をmmまで、樹高を測竿でcmまで測定した。ただし、樹高の測定は時間のつごうで実行できないことがあった。

つぎに継続測定区外で、1 m×1 mの方形区を数カ所とって、下草現存量を測定した。この調査は林冠の閉鎖がすすみ、下草量がわずかになってからは中止した。

ついで現存量推定のための伐倒試料木を、それぞれの継続測定区外の各密度区区内からえらんだ。伐倒試料木は、継続測定区の平均、最大、最小、および、それぞれの中間の胸高直径の個体にはほぼ対応する大小5本としたが、1984年は大小7本とした。またS区では立木本数が少ないため、1984年の測定は中止した。

試料木は伐倒後、幹を地上高0 m、0.3 m、1.3 m、…と1 mごとに切断し、各区間ごとに幹、枝、葉にわけ、生重量を測定した。それぞれの区間の枝、葉の一部は、乾重量(85°C乾燥)推定用の試料とした。また幹は、各切断高から樹幹解析用の円盤を採取し、年輪測定後は乾重量推定用の試料とした。

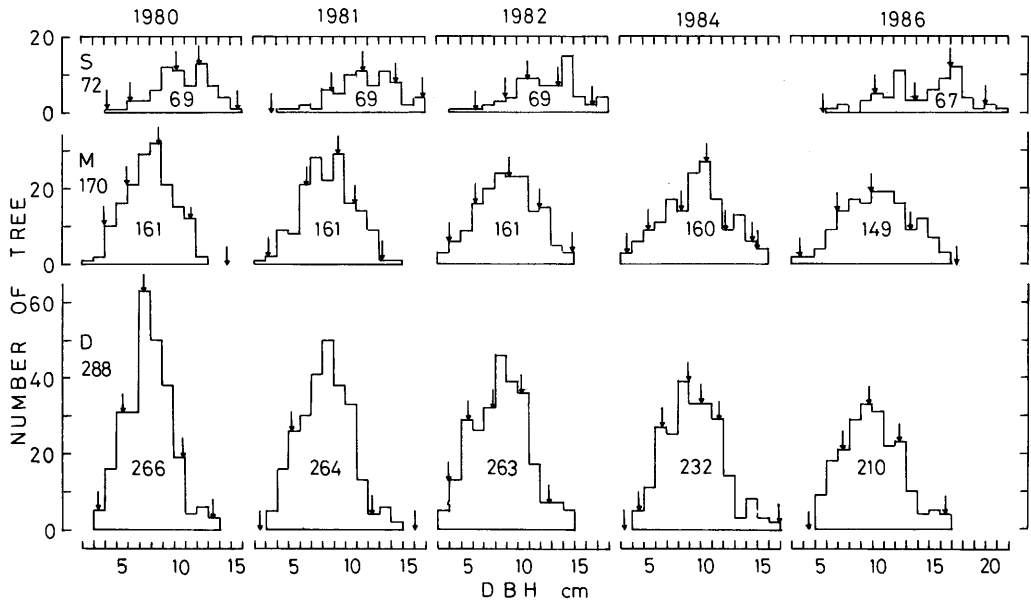


図-4 胸高直径の頻度分布の経年変化

Fig. 4. Changes in frequency distribution of diameter breast high with age in each continuous study plot.

Arrows and numerals are the same as in Fig. 3.

以上のべた測定項目の各測定年における実行状況を、表-2にします。なお、1986年には比較のために、S区より疎植の区画CrSS(図-1)につき、胸高直径と樹高の毎木調査をおこなった。

IV 結果と検討

1. 樹高, 胸高直径, 胸高断面積合計の経年変化

各継続測定区の樹高生長は、表-1の土地条件の差に対応している。すなわち、一部が微凹斜面で崩積土のあるS区の樹高生長がすぐれ、一部が微凸斜面で $B_{D(d)}$ 土壌もみられるM区でおとる。こうした樹高生長の順位 $S > D > M$ 区は、図-2(左上)のように、平均樹高でもみられる。しかし各区、とくに高密度のD区では被圧木が多いので、それらをのぞいた、たとえば樹高生長が1~3位のすぐれた3個体の平均値、図-2(右上)の経過のほうが、各区の土地条件を、より反映しているといえよう。

各区の胸高直径の生長経過は、図-2(左下)のように密度の影響が大きい。平均胸高直径は $S > M > D$ 区で、密度とともに小さくなる。

各区の胸高断面積合計の増加速度は、図-2(右下)のように林齢とともに低下してきている。現存量との関係がふかい胸高断面積合計値は $D > M > S$ 区で、密度とともに大きくなる。

2. 樹高, 胸高直径の頻度分布と自然間引き

図-3, 図-4のように、各区とも林齢とともに個体間の競争による被圧木がふえ、樹高生長, 直

表-3 立木密度、胸高直径、樹高、現存量などの経年変化

Table 3. Changes in tree density, diameter, height, and biomass with age

継続測定区 (面積 m ²) Continuous study plot (Area m ²)	林齢 年 Stand age yr	立木数 本 Tree number	立木密度 本・ha ⁻¹ Tree density No・ha ⁻¹	平均胸高 直径 cm Mean DBH cm	最多密度 本・ha ⁻¹ Max. tree density No・ha ⁻¹	相对立木 密度 % Rel. tree density %	断面積 合計 m ² Basal area m ² ・ha ⁻¹	平均 樹高 m Mean height m	現存量* Biomass		幹* 生長量 Stem growth ・yr ⁻¹	
									葉 Leaf DW	幹 Stem DW		
D (216.3)	14	266	12,299	7.28	12,709	96.8	55.07	7.40	41.5	10.0	96.8	14.1
	15	264	12,207	7.72	11,549	105.7	61.74	7.69	43.3	16.6	106.5	11.2
	16	263	12,160	7.96	10,987	110.7	66.00	-	44.4	18.0	134.0	12.7
	18	232	10,727	8.87	9,209	116.5	71.17	9.35	38.7	13.6	138.5	13.2
	20	210	9,710	9.49	8,248	117.7	73.86	10.26	30.5	8.7	159.9	17.5
M (225.7)	14	161	7,133	7.44	12,267	58.1	33.29	6.74	19.2	6.6	60.0	10.0
	15	161	7,133	8.15	10,572	67.5	40.10	7.10	29.3	8.4	76.7	10.2
	16	161	7,133	(8.60)**	9,685	73.6	-	-	(27.6	8.6	78.8	12.2)**
	18	160	7,089	9.13	8,785	80.7	50.61	8.51	42.0	11.0	109.3	12.2
	20	149	6,602	9.97	7,611	86.7	56.05	9.65	33.5	15.1	135.0	13.9
S (204.2)	14	69	3,378	10.24	7,286	46.4	29.26	8.42	26.1	8.8	50.1	8.1
	15	69	3,378	11.22	6,277	53.8	35.27	8.95	31.2	10.8	66.8	10.3
	16	69	3,378	11.89	5,711	59.1	39.62	9.58	30.4	9.2	83.1	17.4
	18	測定せず Not measured										
20	67	3,280	14.00	4,375	75.0	53.42	12.18	27.0	10.2	115.7	13.4	

* 胸高断面積比による推定 Estimated by basal area ratio.

** 胸高直径測定野帳を紛失 Field note of DBH was lost.

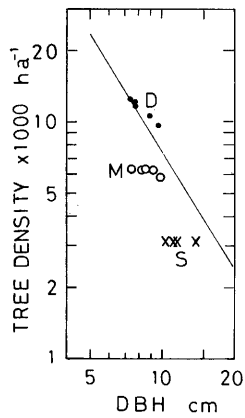


図-5 立木密度—平均胸高直径関係の経年変化
 Fig. 5. Decrease in tree density and increase in mean diameter breast high with age in each continuous study plot. The line shows the maximum tree density.

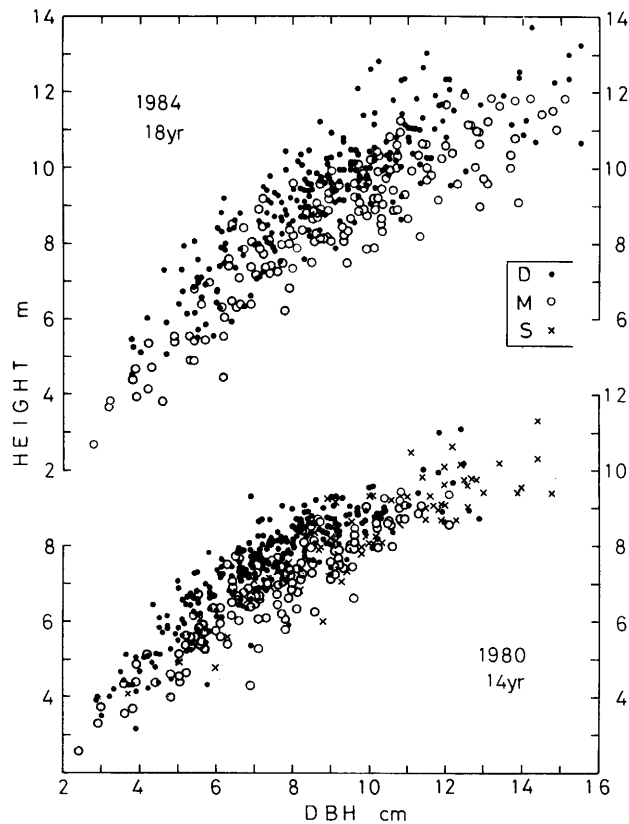


図-6 各立木の胸高直径と樹高 (1980年と1984年)
 Fig. 6. Diameter breast high and height of each tree in each continuous study plot in 1980 and in 1984.

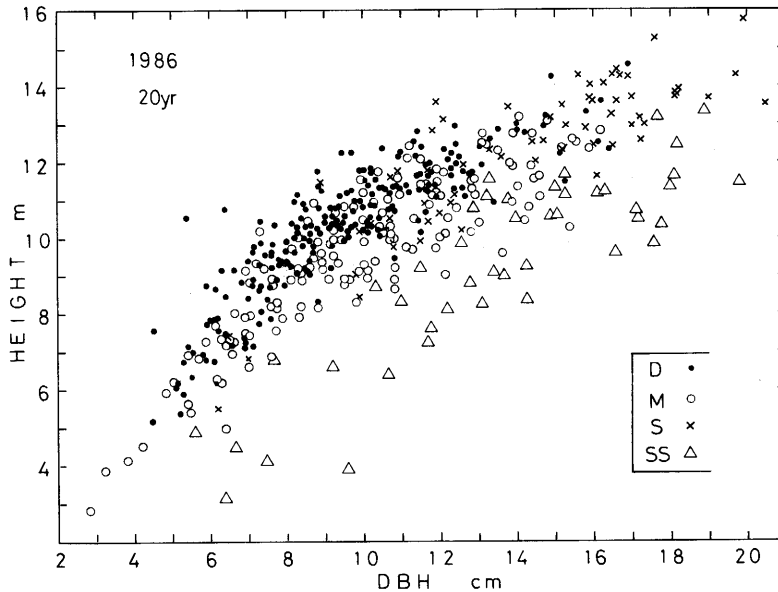


図-7 各立木の胸高直径と樹高 (1986年)

Fig. 7. Diameter breast high and height of each tree in each continuous study plot in 1986.

径生長の優劣の幅がめだってくる。スギの最多密度²²⁾と比較した各区の立木密度を表-3, 図-5にしめす。D区では、調査を開始した1980年(林齢14年生)の相対密度が97%で、すでに最多密度にちかく、その後100%をこえた。1982年(林齢16年生)以降は自然間引きがいちじるしく、最多密度線にそった密度の低下がつついている。

M区は最多密度には、まだ達していないが、1984年(林齢18年生)以降、自然間引きによる密度の低下がみられる。S区の密度は最多密度より低く、自然間引きはまだあきらかでない。

3. 胸高直径と樹高の関係, 形数比, 樹冠曲線

各継続測定区を構成する個体の胸高直径と樹高を、1980年, 1984年について図-6に, 1986年について図-7にしめす。いずれも, 土地条件のおとるM区はD区にくらべて, 胸高直径のわりに樹高の低い個体が多い。S区は土地も良く密度も低いので, 胸高直径, 樹高ともD区, M区より大きい個体がめだつ。1986年には, 密度の低いCrSS区(図-1)の毎木調査もおこなったが, 図-7のように, ほかの区にくらべて胸高直径のわりに樹高が低い。CrSS区は, 傾斜が急で土地条件が悪いほかに, いまだに林冠の閉鎖が充分でなく, 下刈り終了後もある期間, 雑草木による被圧の影響が大きかったと思われる。

樹高(cm)/胸高直径(cm)である形状比の頻度分布を図-8にしめす。図-2のように直径生長は密度が高くなると低下するので, S, M, D区の順に, 形状比の大きい個体の比率がふえる。また林齢とともに, 形状比の大きい個体の比率がふえる傾向もみられる。

枝下高の毎木調査もおこなった1980年と1986年について, 樹高との関係からえられる樹冠曲線²⁾を図-9にしめす。密度の高い区ほど下枝が枯れあがるので, 当然のことながら, 樹冠は幹

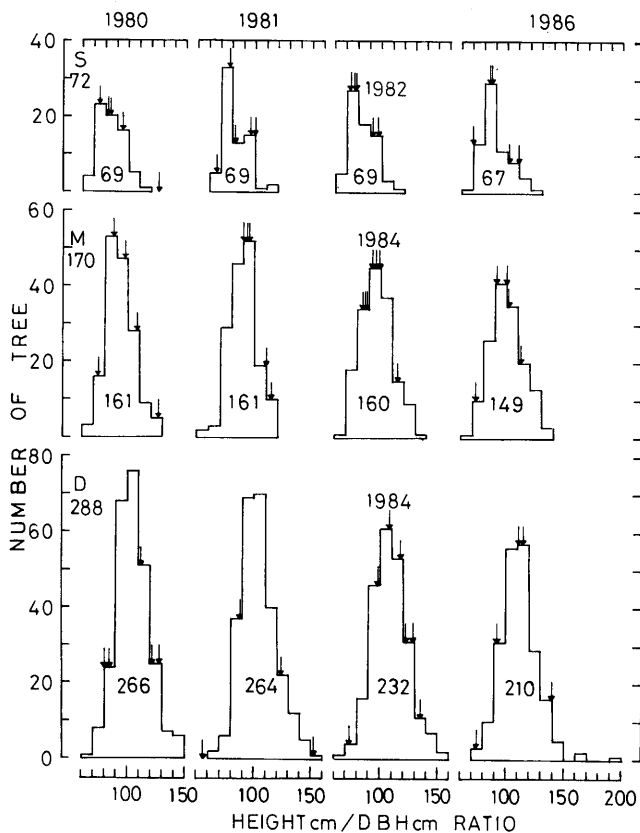


図-8 形状比（樹高/胸高直径）の頻度分布の経年変化

Fig. 8. Changes in frequency distribution of height cm/diameter breast high cm ratio with age in each continuous study plot.

Arrows and numerals are the same as in Fig. 3.

の高い位置に限定されることになる。

4. 伐倒試料木における部分量、幹生長量と胸高直径、樹高との相対生長関係

図-4 の各継続測定区内の胸高直径の分布状況を参考に、図示のような胸高直径の個体を、区外からえらんで、伐倒試料木とした。そのさい樹高は考慮しなかったが、結果としては図-3 のように、あまり偏ったえらびかたには、ならなかったと思われる。このことは、樹高と胸高直径の比である図-8 の形状比についてもいえよう。

各測定年の伐倒試料木でえた数値を、密度区画別に付表-1, 2, 3 にしめす。区画別の胸高直径 (DBH) との相対生長関係を、葉量について図-10 に、枝量について図-11 に、幹量について図-12 に、幹生長量について図-13 にしめす。図にあきらかなように幹の部分量のばあいにくらべ、それ以外の相対生長関係は、ばらつきが大きい。

このことは、各密度区画でえた数値を部分ごとにまとめた図-14, 図-15 でも、あきらかにみと

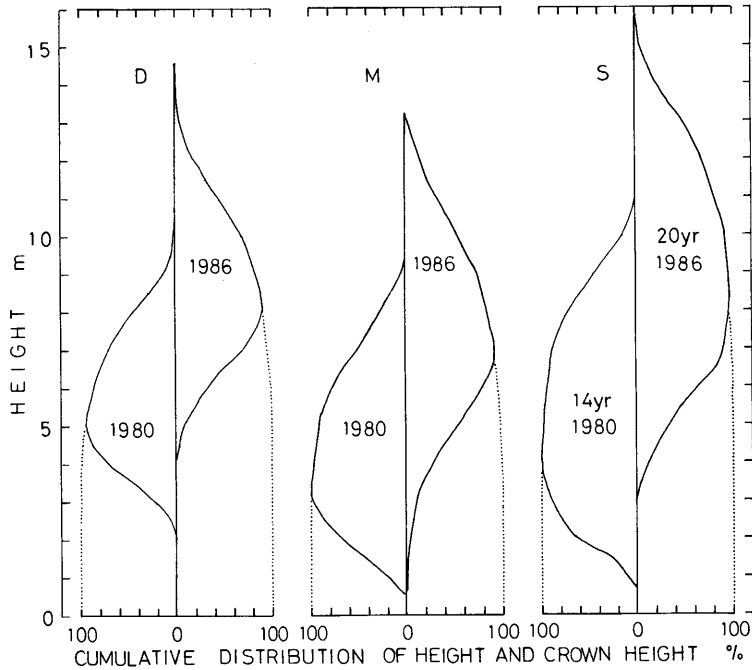


図-9 樹高と枝下高の分布からえた樹冠曲線 (1980年と1986年)

Fig. 9. Crown curve drawn by cumulative distribution of tree height and crown height in each continuous study plot in 1980 and in 1986.

められる。図-14の葉や枝、とくに葉では、胸高直径の細い部分で、胸高直径のわりに葉量の少ない個体がみられる。こうした個体は、密度の高い区画ほど多く、葉量が少ないのは被圧の影響によると考えられる。

胸高直径は幹量を直接しめす一指標なので、両者の関係のばらつきは小さい。胸高直径は幹の木質の蓄積期間、すなわち林齢に対応するが、葉量、枝量、および幹生長量は、最近の生育状態に対応し、被圧の影響などでかわってくる。したがって胸高直径とこれらの相対生長関係は、ばらつきが大きくなる。同じことが、胸高直径の自乗×樹高(D^2H)との相対生長関係についてもいえる。

以上の結果から被圧木と、それ以外について、別々に相対生長関係をもとめることがのぞましいが、それには多数の伐倒試料木が必要となる。しかし、各密度区画内のかぎられた本数の立木で、継続的な測定を目的とする本調査では、そうした方法を採用できなかった。

5. 各部分の現存量および幹生長量の推定値と経年変化

上記の相対生長関係をあらわす数式の係数と定数を付表-4にしめす。これらの関係式を各継続測定区の毎木調査結果へあてはめたり、あるいは、伐倒試料木の胸高断面積合計と継続測定区内立木の胸高断面積合計の比をつかって、各区の現存量や幹生長量を、表-4のように推定した。

推定値には、推定方法による差がみられる。S区での差は、3方法でえた平均推定値に対して数

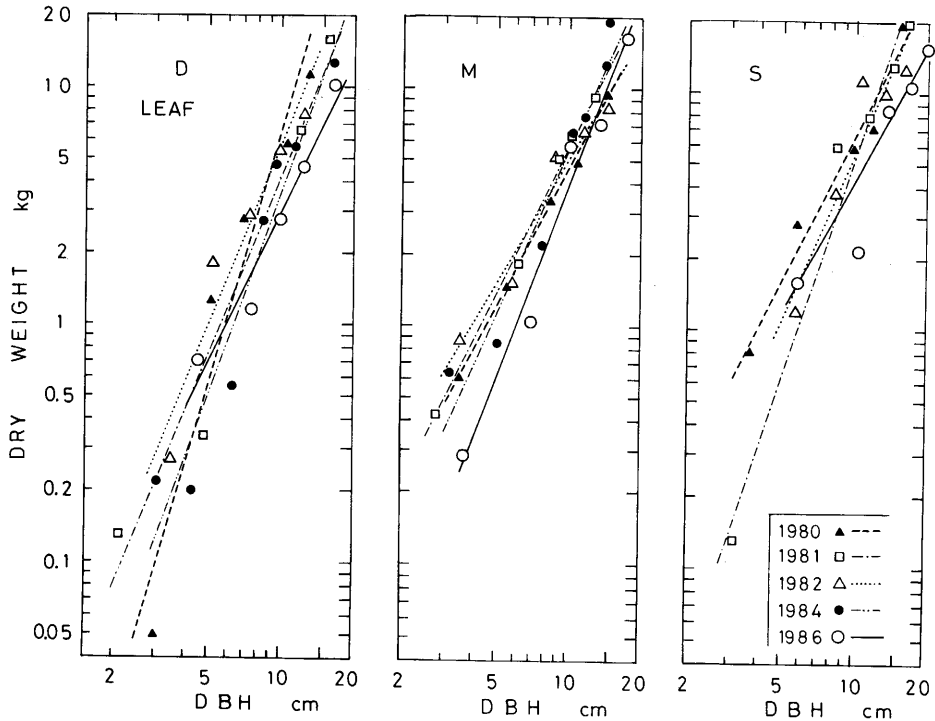


図-10 葉乾重—胸高直径関係の経年変化

Fig. 10. Changes in leaf dry weight-diameter breast high relationship of cut sample trees with age in each study plot.

%内であるが、D区、M区では、10%前後のことが多く、ときには20%をこえた。推定値の大小を比較すると、胸高断面比からえた値は相対生長関係からえた値にくらべ、大きいことが多い。とくに、被圧の影響のいちじるしいD区、M区で差がめだつのは、対数の使用による系統的誤差¹⁾によるものであろう。相対生長関係による推定では、DBHと D^2H からの推定値の大小は、まちまちであった。一部の調査資料の紛失や、樹高の欠測などで、相対生長関係からの推定値には欠落ができた。ここでは主として、胸高断面比からの推定値によって、経年変化を検討する。

(1) 葉の現存量

表-3のように、D区での葉量は、はじめ林齢とともに増加し、16年生で最高、その後減少する。17年生時の調査を欠くが、18年生以降のへりかたから、16年生での値がほぼ最高と思われる。16年生以降、自然間引きがいちじるしくなり、相対立木密度はなお上昇を続けるが、葉量の減少がみられる。

M区での葉量も、はじめは林齢とともに増加し、最高は18年生時にみられる。相対立木密度は、その後も増加するが、自然間引きとともに葉量は減少する。16年生時(1982年)の葉量が低いのは、図-10のように、胸高直径が平均より大きい伐倒試料木が2個体とも、胸高直径のわりに葉量が少なかったためと考えられる。

S区での葉量は、18年生時の調査を欠くので、経年変化を明確につかめないが、14年生および

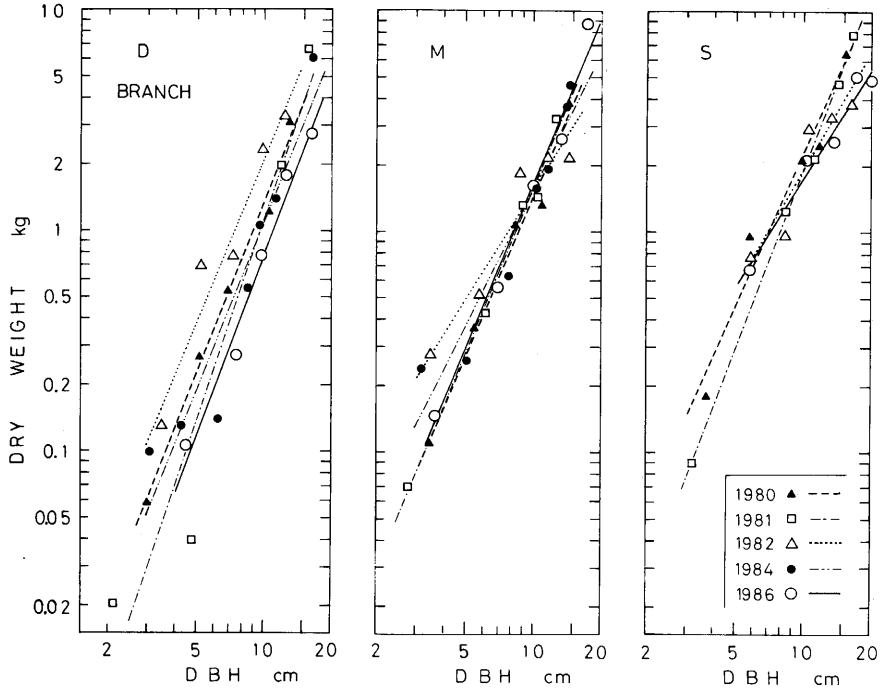


図-11 枝乾重—胸高直径関係の経年変化

Fig. 11. Changes in branch dry weight-diameter breast high relationship of cut sample trees with age in each study plot.

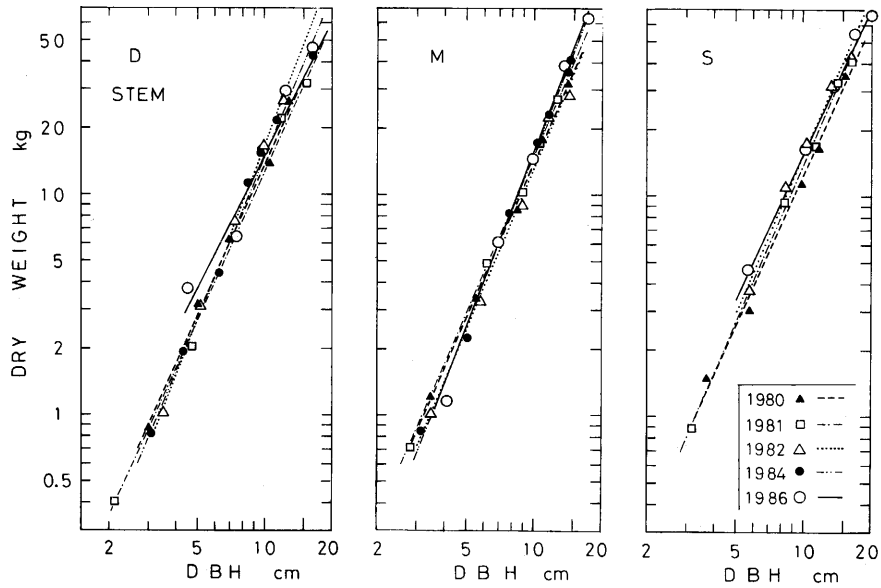


図-12 幹乾重—胸高直径関係の経年変化

Fig. 12. Changes in stem dry weight-diameter breast high relationship of cut sample trees with age in each study plot.

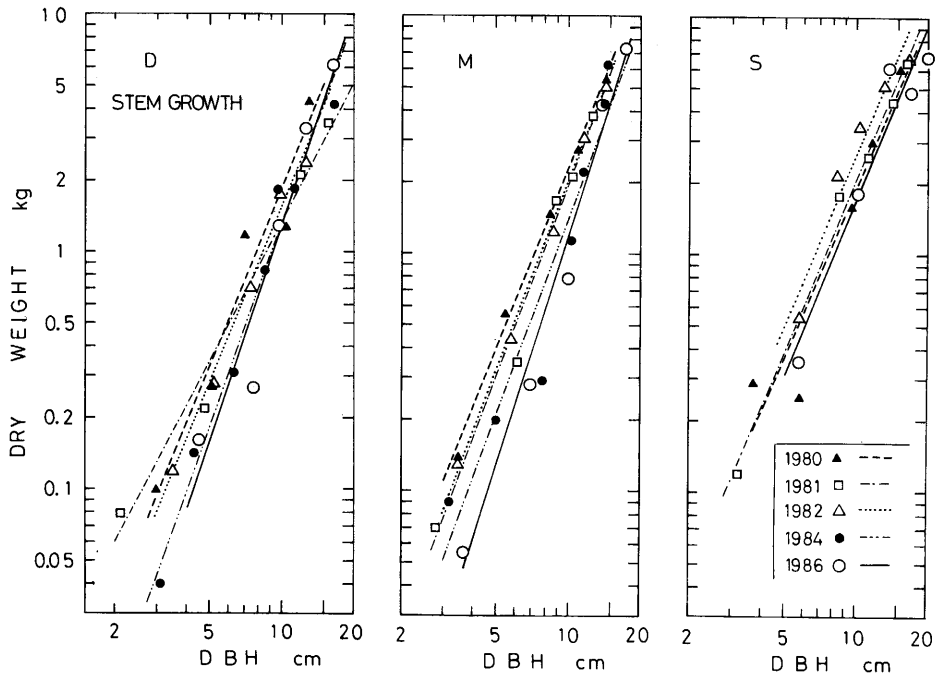


図-13 幹生長乾重—胸高直径関係の経年変化

Fig. 13. Changes in stem wood growth dry weight-diameter breast high relationship of cut sample trees with age in each study plot.

20年生時に比べ、15, 16年生時の葉量が大きい。この間、相対立木密度はふえ続けるが、自然間引きは、あきらかでない。以上は、胸高断面面積比から推定した葉量の経年変化であるが、相対生長関係からの推定値についても、ほぼ同じ傾向がみられる。

以上の葉の現存量の経年変化を、スギ林でこれまでにえられている主な葉量^{3, 5, 6, 10, 15, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 28, 33})とともに、図-16にしめす。図は生育状態のちがう、いろいろな林分の値をまとめたもので、横軸には林齢のかわりに幹の現存量をとった。また葉の現存量には、ある程度まで立木密度の影響が考えられるので²³)、おおまかに区分した。多くの林分の値の比較では、林冠の閉鎖前後に葉量が一時的に高くなるかどうかは、あきらかでない。

これまで葉の現存量の経年変化は、いくつかの樹種でとりあげられているが、ラジアータマツ林¹³)のほかは、別個の森林の調査結果をまとめたものである。そのなかには、縞枯山のシラベ、アオモリトドマツ林¹⁶)やニュージーランドのラジアータマツ人工林¹³)のように、自然の密度変化にまかせた高密度林と、ある程度まで密度管理をおこなっているアカマツ林^{9, 14})、ヨーロッパアカマツ林¹⁷)、スギ林^{3, 34})がある。密度が管理されているばあいは、林冠の閉鎖前後の葉量の検討にあたり、保育間伐の影響が考えられる。

ここでとりあげたスギ林は、密度変化を自然にまかす点では、シラベ、アオモリトドマツ林¹⁶)や、ラジアータマツ林¹³)の扱いにちかい。葉の現存量が、これまでに調査された多数のスギ林にくらべて大きいのは、立木密度が高いためと考えられる。D区、M区、S区をくらべると、高密

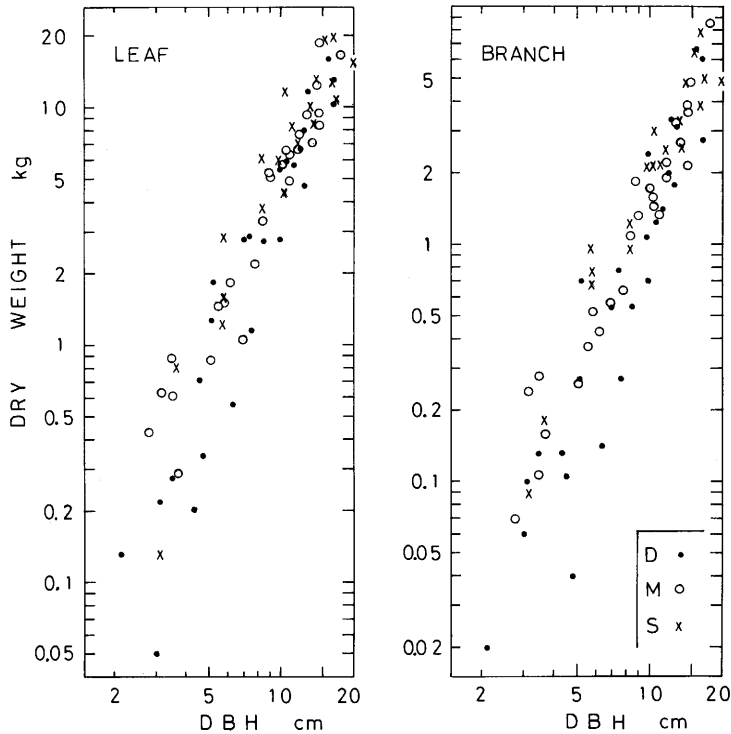


図-14 葉乾重一、枝乾重—胸高直径関係と立木密度

Fig. 14. Comparison of leaf dry weight-, and branch dry weight-diameter breast high relationships of cut sample trees among different densities.

度な区ほど林冠の開鎖前後の葉量の変化がはげしく、最高値が高い。この点については、千葉演習林に設定されている同じようなスギ幼齢密度試験地について、今後たしかめる必要がある。

(2) 枝および幹の現存量

枝、幹とも現存量は、林齢にともなう木質の蓄積によって、一般に増加する。ただし、D区の枝現存量は葉のばあいと同様に、16年生時が最高、その後減少し、20年生時にはM区、S区よりも少なくなる。

立木密度と各部分の現存量の関係で、高密度での枝現存量の低下が報告^{8, 23, 24)}されている。ここでえた結果は、そうした例に相当するものと考えられるが、葉のばあいとともに、さらに資料を充実させる必要がある。

6. 葉量の垂直分布、葉密度、葉の幹生産能率

伐倒試料木でえた1mごとの層別葉量から、胸高断面積比によって、葉の現存量の垂直分布を図-17のように推定した。ただし、図の縦軸は葉が位置する高さではなく、葉がついていた枝のつけ根の高さをしめす。また森林では、林冠内の同一葉層でも、水平的な位置によって葉量には、いちじるしい差がある。したがって図-17は、草本群落におけるような葉の生産構造とはいえないが、葉量のおおよその垂直分布をあらわすといえよう。

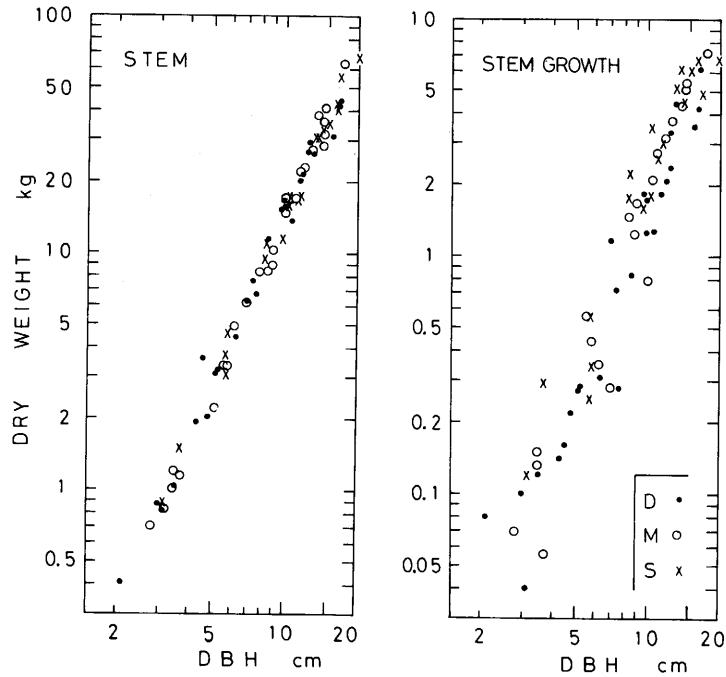


図-15 幹乾重一、幹生長乾重—胸高直径関係と立木密度

Fig. 15. Comparison of stem dry weight-, and stem wood growth dry weight-diameter breast height relationships of cut sample trees among different densities.

各継続測定区とも樹高生長にともない、着葉層も高くなる。D区は、M区、S区にくらべ、枝の枯れあがりがいちじるしい。D区は葉の現存量が大きい、葉層1mあたりの現存量には $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ 前後に上限がある。同じような上限値がM区でもみられる。

葉量の垂直分布から計算した葉密度(乾重)の経年変化を表-5にしめす。葉密度の計算のさいの空間範囲のとりかたにより多少ちがうが、各継続測定区とも葉密度は、葉の現存量が最高になるまでは上昇し、その後低下する。葉層1mあたりの葉密度の最大値は、葉の現存量の上限と対応して $1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 前後である。

幹生長量は表-4のように、林齢とともに増加の傾向がある。いずれも胸高断面積比をつかって、単位葉量あたりの幹生長量、すなわち葉の幹生産能率を計算すると、表-5のようになる。推定には、かなりの誤差があると思われるが、葉の現存量が大きく、葉密度が高いばあいの幹生産能率は低い傾向がある。

林冠の閉鎖前後の葉の現存量が一時的に高くなる時期に対応して、総生産量にも高い期間があるとの考えがある^{11, 31)}。この点を検討するには、幹以外の生長量、枯死・脱落量、呼吸消費量などを測定して、総生産量を推定する必要がある。直接、光合成生産量を推定する方法もあるが、そのばあいには林冠ないし樹冠を、垂直方向要素だけでなく、水平方向要素にも細分して、葉量と光などの環境条件との関係をしらべること^{たとえば7, 12)}も重要となる。

表-4 胸高断面積比 (BA), 相対生長関係 (DBH, D²H) による現存量, 幹生長量推定値の経年変化
Table 4. Changes in tree biomass and stem growth estimated by basal area ratio and allometry

連続測定区 Continuous study plot	測定年 Year measured	林齢 Stand age yr	葉現存量 t·ha ⁻¹ Leaf biomass			枝現存量 t·ha ⁻¹ Branch biomass			幹現存量 t·ha ⁻¹ Stem biomass			幹生長量 t·ha ⁻¹ ·yr ⁻¹ Stem growth		
			BA	ratio	D ² H	BA	ratio	D ² H	BA	ratio	D ² H	BA	ratio	D ² H
D	1980	14	41.5	34.3	35.0	10.0	8.5	8.6	96.8	90.6	91.7	14.1	11.7	11.9
	1981	15	43.3	(29.6)	32.9)*	16.6	(7.9)	8.7)*	106.5	(95.0)	103.2)*	11.2	(10.7)	11.5)*
	1982	16	44.4	45.2	-	18.0	17.5	-	134.0	130.5	-	12.7	12.3	-
	1984	18	38.7	32.8	33.1	13.6	9.7	9.7	138.5	133.9	135.5	13.2	12.1	12.3
	1986	20	30.5	28.4	29.7	8.7	7.6	8.0	159.9	154.5	161.6	17.5	13.3	14.2
M	1980	14	19.2	19.6	18.8	6.6	5.6	5.4	60.0	54.2	51.6	10.0	8.7	8.2
	1981	15	29.3	28.5	25.5	8.4	7.6	6.6	76.7	72.8	65.4	10.2	9.0	7.9
	1982	16	(27.6)**	-	-	(8.6)**	-	-	(78.8)**	-	-	(12.2)**	-	-
	1984	18	42.0	36.7	35.5	11.0	9.9	9.6	109.3	99.6	95.5	12.2	8.9	8.4
	1986	20	33.5	29.0	29.5	15.1	12.4	12.6	135.0	119.9	122.3	13.9	9.7	9.9
S	1980	14	26.1	25.0	24.7	8.8	8.6	8.4	50.1	47.0	47.0	8.1	7.1	7.0
	1981	15	31.2	30.7	30.2	10.8	9.8	9.6	66.8	64.8	64.1	10.3	10.1	10.0
	1982	16	30.4	30.8	30.9	9.2	9.0	9.0	83.1	84.9	85.8	14.1	14.7	14.8
	1984	測定せず Not measured												
	1986	20	27.0	27.3	27.7	10.2	10.3	10.5	115.7	114.6	116.8	13.4	13.2	13.5

* 平均胸高直径にちかい伐倒試料木の資料を紛失 Data of a cut sample tree nearly mean DBH were lost.

** 胸高直径測定野帳を紛失 Field note of DBH was lost.

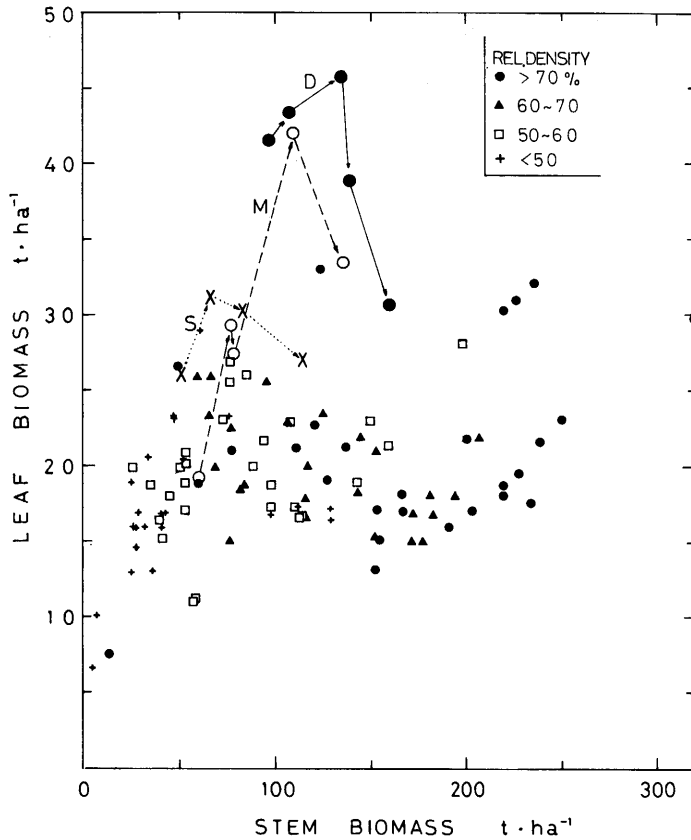


図-16 幹現存量の増加にともなう葉現存量の変化

Fig. 16. Changes in leaf biomass with accumulating stem biomass in *Cryptomeria japonica* stand. Larger symbols are values obtained in this study and smaller ones are those cited from other sources. Smaller symbols are divided by relative density in percentage to the maximum tree density.

7. 林内照度と下草量

表-6のように各継続測定区とも、林内照度は葉の現存量と関係がふかい。林内の相対照度は、はじめ林齢とともに低下し、その後、葉量が最大値から減少するにしたがって上昇する傾向がみられる。しかし欠測年があり、この傾向をたしかめるには、さらに資料の充実が必要である。

下草の現存量は表-6のように、どの区も林齢とともに減少し、20年生時には、量的にわずかだったので、測定しなかった。下層植生の種組成には、林齢にともなう変化（佐倉ほか、未発表）がみられる。

V おわりに

スギ幼齢密度試験地について現存量の経年変化をしらべ、とくに林冠の閉鎖前後に、葉の現存量が一時的に増加することを確認できた。このあと葉量が、どのくらいの水準に安定するか、興

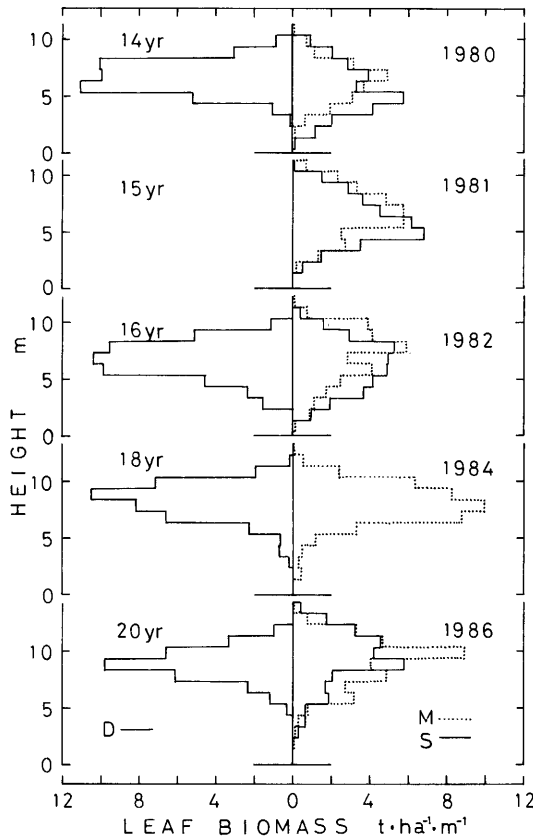


図-17 葉現存量の垂直分布の経年変化

Fig. 17. Changes in vertical distribution of leaf biomass with age in each continuous study plot. Height in the ordinate is not of the leaves but of bases of branches to which the total leaves in corresponding layer attached.

味もたれる。したがって、仁ノ沢密度試験地（39林班 C_{2.1}小班）の今後の扱いとしては、密度は自然のなりゆきにまかせ、これまでのような測定の継続が考えられる。雪害や、風害をうけないかぎり、樹高と各区画の広さからみて、あと10～15年後程度までの測定は、可能と思われる。

千葉演習林には、ほかにも幼齢密度試験地があるが、地形が細かく、生育条件の局地的変化がいちじるしい。それゆえ、ひとつの試験地の区画間の比較によって、物質生産に対する立木密度の影響をあきらかにすることは容易でない。むしろ各区画において、ここでおこなったような継続的な測定をおこなって、本報告の結果を補足することが考えられる。多数の試験地について、ある期間の資料がえられれば、それらをまとめて立木密度の影響を、くわしく検討することもできよう。

要 旨

スギ林の地上部現存量、とくに葉の現存量が林冠の閉鎖前後に、どのようにかわるかを、同じ

表-5 葉密度（乾重）と葉の幹生産能率

Table 5. Leaf density in dry weight and stem wood production per unit leaf weight

継続 測定区 Continuous study plot	林齢 年 Stand age yr	葉密度 Leaf density DW kg・m ⁻³				葉の 幹生産能率 Stem production per unit leaf DWkg・kg ⁻¹ ・yr ⁻¹
		林分全体 空間 Per space occupied by stand	樹冠層 全体空間 Per space occupied by crown	最大 集中層 At most concentrated layer	90%葉量 占有空間 Per space including 90% leaf biomass	
D	14	0.40	0.52	1.12	0.89	0.34
	15	層別資料紛失 Field note of each layer was lost				0.26
	16	0.43	0.56	1.04	0.78	0.29
	18	0.34	0.39	1.10	0.71	0.34
	20	0.25	0.38	0.98	0.57	0.57
M	14	0.17	0.19	0.49	0.31	0.52
	15	0.26	0.29	0.57	0.40	0.35
	16	0.23	0.23	0.59	0.36	0.44
	18	0.32	0.35	1.00	0.67	0.29
	20	0.25	0.31	0.89	0.47	0.41
S	14	0.25	0.26	0.58	0.38	0.31
	15	0.28	0.31	0.68	0.45	0.33
	16	0.27	0.30	0.53	0.40	0.57
	18	測定せず Not measured				
	20	0.19	0.23	0.58	0.32	0.50

表-6 林内照度と下草量の経年変化

Table 6. Changes in relative light intensity (RLI) under forest canopy and biomass of undergrowth with age

継続測定区 Continuous study plot	林齢 年 Stand age yr	葉現存量 Leaf biomass DW t・ha ⁻¹	相対照度 RLI % 地上高 Ht. above forest floor			下草現存量 Undergrowth kg・ha ⁻¹
			0 m	1 m	2 m	
D	14	41.5	2.1	1.6	1.6	80
	15	43.3	1.2	1.6	1.1	14
	16	44.4	0.9	0.8	0.9	10
	18	38.7	測定せず Not measured			ca.0
	20	30.5	3.2	4.0	4.6	
M	14	19.2	4.5	4.7	6.3	405
	15	29.3	3.4	7.4	4.6	344
	16	27.6	2.3	2.9	5.7	247
	18	42.0	測定せず Not measured			10
	20	33.5	2.3	3.2	3.5	
S	14	26.1	7.6	10.6	5.6	527
	15	31.2	5.1	4.6	4.7	389
	16	30.4	2.6	2.6	3.0	98
	18	測定せず Not measured				
	20	27.0	5.2	6.4	5.8	

林分で時をおってしらべた。

調査林分は、東京大学千葉演習林仁ノ沢 (39 林班 C_{2,1} 小班) 所在の密度試験地の一部で、3 段階の密度区画を対象とした。各区画は 35 m×30 m の長方形で、それぞれの中央に 20 m×10 m の継続測定区、D 区 (植栽密度 13,333 本・ha⁻¹)、M 区 (6,667 本・ha⁻¹)、S 区 (3,333 本・ha⁻¹) を設置、周辺部から試料木を伐倒し、継続測定区の現存量を推定した。調査は林齢 14 年生 (1980 年) から 20 年生 (1986 年) の間に 5 回、いずれも 5 月前半におこなった。

葉の現存量は林冠の閉鎖時に、一時的に大きくなる。最大値は、D 区が 44.4 t・ha⁻¹ (16 年生時)、M 区が 42.0 t・ha⁻¹ (18 年生時)、S 区が 31.2 t・ha⁻¹ (15 年生時) で、D 区、M 区では、その後、自然間引きがおこり、葉の現存量の減少がいちじるしい。立木密度が高いほど、下枝が枯れあがるので、葉が部分的に集中するが、葉密度 (乾重) は 1 kg・m⁻³ 前後に上限がみられた。

枝や幹の現存量は、木質の蓄積により林齢とともに増加する。しかし、D 区の枝の現存量だけは、葉と同じように 16 年生時が最大、以後減少した。

今後、葉の現存量がどの程度の値におちつくかは、さらに測定を継続しなければわからない。また、密度と葉の現存量の経年変化の関係を、よりあきらかにするには、同じような密度試験地での測定のくりかえしが必要である。

引用文献

- 1) 安藤 貴 (1965) : 相対生長法による林分の現存量推定についての問題点, 76 回日林講 : 171-172.
- 2) 安藤 貴 (1968) : 密度管理, 246p. 農林出版, 東京.
- 3) 安藤 貴, 蜂屋欣二, 土井恭次, 片岡寛純, 加藤善忠, 坂口勝美 (1968) : スギ林の保育形式に関する研究, 林試研報 209: 1-76.
- 4) BOYSEN JENSEN, P. (1932): Die Stoffproduktion der Pflanzen, 108 p. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- 5) 原田 洸, 佐藤久男, 堀田 庸, 只木良也 (1969) : 28 年生スギ林およびヒノキ林の養分含有量, 日林誌 51: 125-133.
- 6) 原田 洸 (1970) : スギの成長と養分含有量およびこれに及ぼす施肥の効果に関する研究, 林試研報 230: 1-104.
- 7) 橋本良二 (1985) : スギ人工林の樹冠及び林分構造と光合成生産機構に関する数理解析的研究, 岩手大演報 16: 1-87.
- 8) 蜂屋欣二, 安藤 貴 (1964) : 植栽本数と間伐 —保育形式の決め方—, 最近の林業技術 2, 52p. 日林協, 東京.
- 9) 蜂屋欣二 (1985) : 高密度のアカマツ林の一次生産の解析, 東京大学博士論文, 135p.
- 10) 加藤亮助, 森 麻須夫, 樋口国雄 (1971) : 枝打後 17 年を経過したスギ人工林の生長, 日林東北支部 22 回講演集 : 67-70.
- 11) KIRA, T. & SHIDEI, T. (1967): Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the western Pacific, 日生態会誌 17: 70-87.
- 12) KURACHI, N., HAGIHARA, A. & HOZUMI, K. (1986): Distribution of leaf- and branch-biomass density within a crown of Japanese larch and its relationship to primary production: analysis by sainome-cutting, Proc. Crown and Canopy Structure in Relation to Productivity (edited by FUJIMORI, T. & WHITEHEAD, D.): 308-322.
- 13) MADGWICK, H. A. I. & OLIVER, G. R. (1985): Dry matter content and production of closed-spaced *Pinus radiata*, N. Z. Jour. For. Sci. 15: 135-141.
- 14) 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—, 林試研報 65: 1-10.
- 15) 大久保政利, 斎藤秀樹, 竹岡政治 (1981) : 滋賀県日野町にある 63 年生コウヤマキ人工林の物質生産, 日生態会誌 31: 295-305.
- 16) OSHIMA, Y., KIMURA, M., IWAKI, H. & KUROIWA, S. (1958): Ecological and physiological studies on the vegetation of Mt. Shimagare. 1. Preliminary survey of the vegetation of Mt. Shimagare, 植雑

- 71: 279-301.
- 17) OVINGTON, J. D. (1957): Dry matter production by *Pinus sylvestris* L., Ann. Bot. n. s. **82**: 287-314.
 - 18) 斎藤秀樹, 菅 誠, 四手井綱英 (1966): 小径木間伐に関する研究 (I) 第 1 回間伐前後の林況の変化について, 京大演報 **38**: 50-67.
 - 19) 斎藤秀樹, 山田 勇, 四手井綱英 (1967): 小径木間伐に関する研究 (II) 第 1 回間伐 1 年後の林況の変化について, 京大演報 **39**: 64-78.
 - 20) 斎藤秀樹, 玉井重信, 荻野和彦, 四手井綱英 (1968): 小径木間伐に関する研究 (III) 第 1 回間伐 2 年後の林況の変化について, 京大演報 **40**: 81-92.
 - 21) 斎藤秀樹, 四手井綱英 (1973): スギ幼齢林の一次生産力とその推定法の検討, 日林誌 **55**: 52-62.
 - 22) 坂口勝美 (1961): 間伐の本質に関する研究, 林試研報 **131**: 1-95.
 - 23) 佐藤大七郎 (1973): 陸上植物群落の物質生産, Ia—森林一, 95p. 共立出版, 東京.
 - 24) 扇田正二, 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.
 - 25) 只木良也, 尾方信夫, 長友安男, 吉岡 清, 宮川良幸 (1964): 森林の生産構造に関する研究 (VI) 足場丸太生産スギ林の生産力について, 日林誌 **46**: 246-253.
 - 26) 只木良也, 尾方信夫, 長友安男 (1965): 九州スギ林の物質生産力, 林試研報 **173**: 45-66.
 - 27) TADAKI, Y. (1966): Some discussions on the leaf biomass of forest stands and trees, 林試研報 **184**: 135-161.
 - 28) 只木良也, 尾方信夫, 長友安男 (1967): 森林の生産構造に関する研究 (XI) サシキスギと実生スギの 28 年生造林地の物質生産力, 林試研報 **199**: 47-65.
 - 29) 只木良也, 蜂屋欣二 (1968): 森林生態系とその物質生産, 64p. 林業科学振興所, 東京.
 - 30) 只木良也 (1976): 森林の現存量 —とくにわが国の森林の葉量について—, 日林誌 **58**: 416-423.
 - 31) 只木良也 (1978): 森林の現存量と物質生産, In: 大政正隆監修: 森林学, 63-83, 共立出版, 東京.
 - 32) 丹下 健, 鈴木 誠, 根岸賢一郎, 鈴木貞夫 (1987): スギ幼齢密度試験地における枯損枝葉量, 98 回日林論: 405-406.
 - 33) 四大学 (北大, 東大, 京大, 大阪市大) および信大合同調査班 (1966): 森林の生産力に関する研究 (III) スギ人工林の物質生産について, 63p. 日林協, 東京.
 - 34) 汰木達郎 (1964): 林木の成長を支配する要因に関する解析的研究, 九大演報 **37**: 85-178.
(1987 年 5 月 28 日受理)

Summary

Changes in aboveground biomass, especially in leaf biomass, of a young manmade *Cryptomeria japonica* forest were followed in the same plots during the period before and after canopy closing.

The study plots were in a spacing experiment stand in Tokyo University Forest in Chiba and 35 m×30 m in rectangle, respectively, and differed in planting density; 13,333 trees·ha⁻¹ in CrD, 6,667 trees·ha⁻¹ in CrM, and 3,333 trees·ha⁻¹ in CrS. The continuous study plot, 20 m×10 m in rectangle, was divided in the middle of each study plot; D(dense) in CrD, M(medium) in CrM, and S(sparse) in CrS.

The biomasses of the plots, D, M, and S were estimated by cutting trees selected from the part around each continuous study plot, respectively. The estimations were made five times during years 1980 to 1986, i. e. 14-, 15-, 16-, 18-, and 20- year-old in stand age. The measurements in each year were made in the first half of May before the beginning of vigorous growth.

A passing higher level of leaf biomass was observed when the forest canopy was closing. The maximum leaf biomass in each continuous study plot was 44.4 t·ha⁻¹ in D of 16-

year-old, $42.0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ in M of 18-year-old, and $31.2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ in S of 15-year-old. After the maximum, the leaf biomass decreased rapidly with the beginning of natural thinning in the plots D and M. The clear length of tree increased with density, and the leaf density in the crown layer became higher. But there was an upper limit in leaf density, nearly at $1 \text{ kg dry weight} \cdot \text{m}^{-3}$.

The branch and stem biomasses increased with age by accumulation of wood except the branch in D. The branch biomass in D showed a passing higher level as seen in leaf biomass.

The measurements in these plots will be continued to follow the biomass in the future. Further data may be necessary for checking the effect of density on leaf biomass changes.

付表-1 伐倒試料木の胸高直径, 樹高, 葉・枝・幹量, 幹生長量 (CrD 区)

測定年 Year measured	林齢 Stand age yr	試料木 Sample tree No.	胸高 直径 DBH cm	樹高 Height m	胸高 断面積, BA cm ²	葉量 Leaf DW kg	枝量 Branch DW kg	幹量 Stem		幹生長 St.growth		
								Vol cm ³	DW kg	Vol cm ³ ・yr ⁻¹	DW kg・yr ⁻¹	
1980	14	1	3.0	3.8	7.07	0.05	0.06	1,509	0.88	168	0.10	
		2	5.1	6.2	20.43	1.27	0.27	7,238	3.08	608	0.27	
		3	7.0	7.8	38.48	2.78	0.54	15,057	6.25	2,689	1.18	
		4	10.5	8.7	86.59	5.85	1.22	38,630	13.77	3,668	1.28	
		5	13.0	10.4	132.73	11.54	3.10	63,728	26.13	10,831	4.45	
1981	15	1	2.1	3.2	3.46	0.13	0.02	957	0.41	193	0.08	
		2	4.8	5.9	18.10	0.34	0.04	5,470	2.04	577	0.22	
		3	資料紛失 Data were lost									
		4	12.0	10.6	113.10	6.66	2.00	60,982	21.87	5,816	2.09	
		5	15.6	8.8	191.13	15.71	6.70	84,069	31.88	9,278	3.52	
1982	16	1	3.5	4.7	9.62	0.27	0.13	2,493	1.03	284	0.12	
		2	5.2	5.9	21.24	1.84	0.70	5,608	3.13	640	0.28	
		3	7.4	8.4	43.01	2.85	0.78	21,717	7.61	2,012	0.71	
		4	9.9	9.8	76.98	5.46	2.42	44,119	16.79	4,582	1.74	
		5	12.4	10.3	120.76	7.85	3.38	64,704	26.60	5,797	2.38	
1984	18	1	3.1	4.2	7.55	0.22	0.10	3,454	0.82	162	0.04	
		2	4.3	5.5	14.52	0.20	0.13	5,033	1.94	358	0.14	
		3	6.3	7.6	31.17	0.55	0.14	12,381	4.45	850	0.31	
		4	8.5	10.0	56.75	2.73	0.54	30,624	11.22	2,264	0.83	
		5	9.6	10.4	72.38	4.78	1.07	42,150	15.34	4,985	1.82	
		6	11.2	11.1	98.52	5.62	1.40	56,726	20.36	5,159	1.85	
		7	16.5	12.1	213.82	12.77	6.06	128,077	42.13	12,850	4.20	
1986	20	1	4.5	6.3	15.90	0.71	0.10	8,746	3.67	386	0.16	
		2	7.5	8.5	44.18	1.16	0.27	20,993	6.83	821	0.27	
		3	9.8	10.9	75.43	2.77	0.70	50,400	15.37	4,200	1.28	
		4	12.4	11.4	120.76	4.68	1.77	74,238	29.53	8,300	3.30	
		5	16.5	12.3	213.82	10.11	2.72	136,111	46.37	18,006	6.13	

付表-2 伐倒試料木の胸高直径、樹高、葉・枝・幹量、幹生長量 (CrM区)
 Appendix table 2. DBH, height, and amounts of leaf, branch, stem and stem growth of each cut sample tree in study plot CrM

測定年 Year measured	林齢 Stand age yr	試料木 Sample tree No.	胸高 直径 DBH cm	樹高 Height m	胸高 断面積 BA cm ²	葉量 Leaf DW kg	枝量 Branch DW kg	幹量 Stem		幹生長 St. growth	
								Vol cm ³	DW kg	Vol cm ³ ·yr ⁻¹	DW kg·yr ⁻¹
1980	14	1	3.5	4.4	9.62	0.61	0.11	2,590	1.21	330	0.15
		2	5.5	5.9	23.76	1.46	0.37	7,540	3.38	1,250	0.56
		3	8.4	8.1	55.42	3.40	1.07	20,200	8.48	3,500	1.47
		4	11.0	9.5	95.03	4.92	1.33	42,500	17.46	6,620	2.72
		5	14.3	10.6	160.60	9.48	3.90	82,100	31.59	14,200	5.46
1981	15	1	2.8	3.2	6.16	0.43	0.07	1,613	0.71	150	0.07
		2	6.2	6.8	30.19	1.84	0.43	10,736	4.90	760	0.35
		3	9.0	8.5	63.62	5.04	1.32	27,952	10.33	4,549	1.68
		4	10.4	9.7	84.95	6.24	1.45	47,201	16.86	5,876	2.10
		5	12.8	11.5	128.68	9.38	3.26	80,293	27.16	11,171	3.78
1982	16	1	3.5	3.0	9.62	0.88	0.28	1,957	1.02	257	0.13
		2	5.8	5.9	26.42	1.50	0.52	6,549	3.31	868	0.44
		3	8.8	7.4	60.82	5.17	1.86	24,170	8.90	3,439	1.24
		4	11.6	10.8	105.68	6.65	2.20	55,146	22.60	7,503	3.07
		5	14.4	11.4	162.86	8.32	2.15	86,472	28.34	15,449	5.06
1984	18	1	3.2	2.8	8.04	0.63	0.24	2,163	0.84	235	0.09
		2	5.1	4.9	20.43	0.85	0.26	6,442	2.24	593	0.20
		3	7.9	8.9	49.02	2.21	0.63	23,120	8.45	790	0.29
		4	10.3	9.5	83.32	6.57	1.57	44,170	17.06	2,900	1.12
		5	11.9	11.2	111.22	7.70	1.91	69,670	23.23	6,610	2.20
		6	14.2	12.5	158.37	12.48	3.66	103,546	36.22	12,053	4.22
		7	14.6	13.0	167.42	19.13	4.77	123,809	41.12	18,758	6.23
1986	20	1	3.7	4.1	10.75	0.29	0.16	3,140	1.14	153	0.06
		2	7.0	7.0	38.48	1.04	0.56	15,300	6.19	702	0.28
		3	10.0	9.1	78.54	5.76	1.71	41,700	14.60	2,250	0.79
		4	13.5	13.7	143.14	7.03	2.62	109,000	38.60	12,134	4.30
		5	17.5	12.8	240.53	16.45	8.69	171,000	62.60	19,820	7.26

付表-3 伐倒試料木の胸高直径, 樹高, 葉・枝・幹量, 幹生長量 (CrS区)
 Appendix table 3. DBH, height, and amounts of leaf, branch, stem and stem growth of each cut sample tree in study plot CrS

測定年 Year measured	林齢 Stand age yr	試料木 Sample tree No.	胸高 直径 DBH cm	樹高 Height m	胸高 断面積 BA cm ²	葉量 Leaf DW kg	枝量 Branch DW kg	幹量 Stem		幹生長 St. growth		
								Vol cm ³	DW kg	Vol cm ³ ·yr ⁻¹	DW kg·yr ⁻¹	
1980	14	1	3.7	4.7	10.75	0.81	0.18	3,430	1.49	670	0.29	
		2	5.8	5.5	26.42	2.84	0.97	8,670	3.05	710	0.25	
		3	9.8	8.2	75.43	5.88	2.12	32,060	11.43	4,480	1.60	
		4	11.8	9.5	109.36	7.08	2.48	53,480	17.50	9,110	2.98	
		5	15.2	11.3	181.46	19.37	6.39	106,950	35.59	18,150	6.04	
1981	15	1	3.2	3.2	8.04	0.13	0.09	1,859	0.89	260	0.12	
		2	8.4	8.1	55.42	5.97	1.24	22,357	9.36	4,220	1.77	
		3	11.2	8.7	98.52	8.00	2.16	42,311	16.67	6,570	2.59	
		4	14.1	11.6	156.15	13.01	4.78	84,423	32.71	11,510	4.46	
		5	16.4	10.8	211.24	19.65	7.91	106,180	40.56	16,900	6.46	
1982	16	1	5.8	5.3	26.42	1.20	0.77	8,499	3.74	1,247	0.55	
		2	8.4	8.1	55.42	3.79	0.96	25,689	11.03	5,130	2.20	
		3	10.4	7.9	84.95	11.37	2.95	36,044	17.38	7,246	3.49	
		4	13.2	10.2	136.85	9.94	3.31	74,096	31.27	12,248	5.17	
		5	16.2	11.9	206.12	12.82	3.82	122,093	43.48	19,015	6.77	
1984	18	測定せず Not measured										
1986	20	1	5.8	6.4	26.42	1.59	0.68	13,540	4.64	1,041	0.36	
		2	10.3	10.4	83.32	4.37	2.12	45,860	16.29	5,133	1.82	
		3	13.8	11.6	149.57	8.49	2.57	111,800	30.89	22,506	6.22	
		4	17.0	14.3	226.98	10.81	5.05	178,800	55.05	15,934	4.91	
		5	20.1	14.0	317.31	15.34	4.92	231,800	67.23	23,600	6.84	

付表-4 相対生長式 $\log Y$ (部分量または生長量) = $b \log X$ (DBH または D^2H) + a の係数 (b) と定数 (a)
 Appendix table 4. Coefficients (b) and constants (a) for the allometry equations $\log Y$ (amount of part or growth) = $b \log X$ (DBH or D^2H) + a

Y DW kg	測定年 Year measured	林齢 Stand age yr	継続測定区 Continuous study plot						
			D		M		S		
			b	a	b	a	b	a	
X=DBH cm	葉量 Leaf amount	1980	14	3.4966	-2.6973	1.9097	-1.2526	2.0315	-1.2058
		1981	15	(2.4640	-1.8516)*	2.0634	-1.3083	3.0615	-2.3250
		1982	16	2.5169	-1.7668	1.7158	-1.0202	2.3399	-1.5924
		1984	18	2.8160	-2.2614	2.2769	-1.5257	測定せず Not measured	
		1986	20	2.0929	-1.6153	2.6450	-2.0716	1.8278	-1.1940
	枝量 Branch amount	1980	14	2.5584	-2.4272	2.4011	-2.2448	2.2940	-1.9461
		1981	15	(3.0075	-2.9554)*	2.4769	-2.2843	2.6901	-2.4135
		1982	16	2.4607	-2.1233	1.6196	-1.4279	1.7540	-1.4781
		1984	18	2.5121	-2.4828	2.0394	-1.8534	測定せず Not measured	
		1986	20	2.6933	-2.8102	2.4822	-2.2678	1.6439	-1.3990
	幹量 Stem amount	1980	14	2.2604	-1.1259	2.3210	-1.1886	2.2654	-1.1716
		1981	15	(2.2410	-1.1438)*	2.3822	-1.2141	2.3658	-1.2383
		1982	16	2.5884	-1.3758	2.4387	-1.3257	2.4002	-1.2191
		1984	18	2.4179	-1.2480	2.5993	-1.4233	測定せず Not measured	
		1986	20	2.0585	-0.8443	2.6188	-1.4278	2.2053	-1.0163
	幹生長量 Stem growth •yr ⁻¹	1980	14	2.4541	-2.1925	2.5075	-2.1567	2.3521	-2.0890
		1981	15	(1.9501	-1.8190)*	2.6854	-2.4163	2.4200	-2.1039
		1982	16	2.4626	-2.2787	2.6162	-2.3330	2.4103	-1.9932
1984		18	2.8373	-2.7151	2.7425	-2.6199	測定せず Not measured		
1986		20	3.0472	-2.9341	3.2037	-3.1436	2.4386	-2.2307	
X=D ² H cm ³	葉量 Leaf amount	1980	14	1.3317	-3.1274	0.7220	-1.4669	0.7655	-1.4148
		1981	15	(0.9528	-2.1674)*	0.7271	-1.4096	1.1040	-2.4811
		1982	16	0.9433	-2.0597	0.5774	-1.0039	0.8406	-1.7050
		1984	18	1.0506	-2.5971	0.7521	-1.4861	測定せず Not measured	
		1986	20	0.8201	-1.9837	0.9400	-2.2153	0.6858	-1.4084
	枝量 Branch amount	1980	14	0.9642	-2.7164	0.9073	-2.5130	0.8620	-2.1755
		1981	15	(1.1590	-3.3313)*	0.8732	-2.4070	0.9632	-2.5312
		1982	16	0.9182	-2.3993	0.5470	-1.4178	0.6208	-1.5352
		1984	18	0.9236	-2.7461	0.6720	-1.8133	測定せず Not measured	
		1986	20	1.0598	-3.2973	0.8780	-2.3910	0.6226	-1.6104
	幹量 Stem amount	1980	14	0.8512	-1.3796	0.8776	-1.4494	0.8588	-1.4186
		1981	15	(0.8742	-1.4497)*	0.8410	-1.3352	0.8488	-1.3468
		1982	16	0.9711	-1.6795	0.8272	-1.3199	0.8721	-1.3634
		1984	18	0.9039	-1.5413	0.8671	-1.4015	測定せず Not measured	
		1986	20	0.8091	-1.2138	0.9362	-1.5861	0.8301	-1.2837
	幹生長量 Stem growth •yr ⁻¹	1980	14	0.9273	-2.4760	0.9484	-2.4390	0.8989	-2.3650
		1981	15	(0.7569	-2.0758)*	0.9447	-2.5441	0.8697	-2.2188
		1982	16	0.9248	-2.5700	0.8855	-2.3217	0.8779	-2.1442
1984		18	1.0618	-3.0620	0.9019	-2.5612	測定せず Not measured		
1986		20	1.1986	-3.4839	1.1465	-3.3404	0.9178	-2.5259	

* 平均胸高直径にちかい伐倒試料木の試料を紛失 Data of a cut sample tree nearly mean DBH were lost.