

択伐作業林における稚樹の生長と環境(Ⅶ)
スギ孔状択伐作業林の物質生産

藤本幸司*

On Growth of Regeneration Trees and Environmental Factors
in Selection Forests (Ⅶ)

Dry matter production in the group-selection stand of Sugi

Kôji FUJIMOTO

Summary: Dry matter production was observed in the group-selection stand of Sugi, which have been managing with the check method ever since the system was introduced in this stand in 1961. As the system was introduced in this stand, it was 31-year-old uniform stand. During 18 years till the end of 1979, the group-selective cutting was repeated 4 times on this stand, and the sum of cutting area (regeneration area) occupied 40~50% of the whole area. The results are summarized as follows;

1) The percentage of leaf-weight to above-ground weight of regeneration tree was smaller than that of the same height tree in the open-land (uniform stand).

2) The standing crop and the leaf-amount per hectare in this stand were guessed 215.4 ton and 24.3 ton. However, those of regeneration trees occupied only 6% and only 9% of these.

3) The standing crop and the leaf-amount per hectare in the group-cut plot N (the largest group-cut plot among the plots which were planted in 1966) were guessed 52.9 ton and 9.0 ton, and these were equivalent to 62% and 55% of those in the open-land which was planted in the same time. On the other hand, those in the group-cut plot K (the smallest group-cut plot among the plots which were planted in 1966) were guessed 19.1 ton and 3.6 ton.

4) The net production in the last one year per hectare in this stand was guessed 15.6 ton, and that of regeneration trees occupied 12% of this.

5) The net production in the last one year per hectare in the group-cut plot N was guessed 8.2 ton, and that in the group-cut plot K was guessed 2.6 ton. These were equivalent to 37% and 12% of that in the open-land.

6) The vertical distributions of leaf-amount and leaf-production of regeneration trees seemed to be comparatively even through every stratum.

* 森林計画学研究室 Laboratory of Forest Management

7) The stem volume increment in the last one year per unit leaf-weight in the group-cut plot N was guessed 1.27 m³/t, and that in the group-cut plot K was guessed 0.82 m³/t. These were equivalent to 71% and 46% of that in the open-land. While, that of upper trees was guessed 0.79 m³/t.

8) As the tree height was higher, the leaf weight ratio (LWR) was smaller. If the tree height was similar, the LWR was larger as the relative solar radiation on the planted position was larger.

9) The net assimilation rate and the relative growth rate increased as the relative solar radiation increased.

10) The percentage of leaf-production to leaf-amount in this stand was guessed 18%. This was quite small than that in the open-land.

要 旨 31年生スギ人工同齢林へ、孔状択伐作業を導入して以来、18年を経過した林分で、物質生産量を測定した。又、同林分内更新樹（林孔植栽木）の生産量を吟味するうえで、その対照とするため、隣接する開放地（皆伐跡地）植栽木……1966年植栽……でも、同様の調査を行った。結果を要約すると、次のとおりである。

- 1) 更新樹の各種相対生長式は開放地植栽木のそれらより、回帰常数は小さく、回帰係数は大きいという傾向が認められる。
- 2) 更新樹は開放地植栽木に比べて、幹重、枝重の割合が大きく、葉重の割合が小さい樹木と言える。
- 3) 本林分の単位面積当り物質現存量および葉重は215.4 t/ha, 24.3 t/haと推定される。しかし、面積的に40~50%を占める更新樹のそれらは、物質現存量で6%, 葉重で9%を占めるに過ぎない。
- 4) 1966年に植栽された更新樹の林孔別単位面積当り物質現存量および葉重は、林孔の大きさによってかなり大きな差が認められ、最も小さな林孔（130m²）で19.1 t/ha, 3.6 t/ha, 最も大きな林孔（629m²）で52.9 t/ha, 9.0 t/haと推定される。これらは開放地植栽木のそれらのほぼ20~60%にあたる。
- 5) 本林分の単位面積当り純生産量は15.6 t/ha·yrと推定される。このうち更新樹のそれは12%を占める。
- 6) 1966年に植栽された更新樹の林孔別単位面積当り純生産量は2.6~8.2 t/ha·yrと推定される。開放地植栽木のそれに比べて、最も大きな林孔でも37%を示すに過ぎないが、大きな林孔の直径生長量は平均6 mm前後あり、樹幹の直径生長に関しては不足はない。しかし、小さな林孔では、植栽木の直径生長量も小さく、何らかの生長促進の方策が必要である。
- 7) 物質現存量および物質生産量の垂直分布は、葉重分布などに、異齢林としての若干の特色が認められるとは言え、全般的には、いまだ一斉林型の色彩の強い分布と言える。
- 8) 上木（試験林設定当初からの樹木）の単位葉重当り幹材積生長量（ $\Delta V_s/y_L$ ）は0.79 m³/t·yr, 1966年に植栽された更新樹の林孔別 $\Delta V_s/y_L$ は0.82~1.27 m³/t·yrと推定される。この更新樹の $\Delta V_s/y_L$ は、開放地植栽木のその45~70%にあたる。
- 9) 上木の生長率（RGR）は0.07 t/t·yr, 1966年に植栽された更新樹の林孔別RGRは0.15~0.17 t/t·yrと推定される。更新樹のRGRは、開放地植栽木のその50~60%にあたる。
- 10) 単木の葉重量比（LWR）は、大きな木ほど小さい。大きさが同じなら、光環境の良い位置の木ほど大きい。
- 11) 本林分の新葉率は18%（上木18%, 更新樹17%）と推定される。開放地植栽木の新葉率26%に比べて、非常に小さい。

はじめに

択伐作業に関する総合的研究の一環として、当研究室では、スギ人工同齢林への孔状択伐作業の導入試験を実施している。試験林は、1961年12月、愛媛県久万町に設定され、1979年末現在、準経理期を含め4経理期を終了した。試験は緒に就いていまだ日が浅く、その林木構成状態も択伐林型と言うには十分ではないが、試験林設定以来18年を経過した現時点での、本林分の状況を把握し、記録することも、択伐作業林研究上、あるいは又、本林分の今後の施業実行上、有意義なことと思う。

かかる意味において、今回、本林分の物質生産量の調査に着手した。調査時期あるいは更新樹の相対生長式など

に、若干の問題点もあり、決して十分なものではないが、一応取りまとめたので、ここに報告する。非皆伐林施業の一資料となれば、幸いである。

本稿を草するにあたり、山畑教授には、いろいろと御教示いただいた。又、山本助手、三好技官ならびに専攻生諸君には、調査にあたり多大の御協力をいただいた。更に、久万町関係者各位にも、終始いろいろと御便宜をいただいている。ここに記して、満こうの謝意を表する。

なお、本報の諸計算には、愛媛大学電子計算機 MELCOM 70/20 を用いた。

調 査 林 分

調査は、愛媛県上浮穴郡久万町、町有林露峰山団地に設定されている、スギ孔状択伐作業導入試験林で行った。本試験林は、1961年12月、31年生スギ人工同齢林に設定され、1979年末現在、丸18年を経過している。その間、数回の択伐が繰返され(第1回択伐は1962年12月)、大小24個の孔状地(以下、林孔 Group-cut plot と呼ぶ)が設けられ、その全林分に対する面積割合は、40~50%に達している。ここには、伐採の翌年、原則としてスギの大苗が植栽され、既に大きなものでは樹高10mに達するものもある(以下、この林孔植栽木を更新樹 Regeneration tree と呼ぶ)。Table 1 は、植栽年度別更新樹、ならびに試験林設定当初からの樹木(以下、上木 Upper tree と呼ぶ)の直径階別本数分布を示したものである。更新樹と上木との間には、大きさにかなりの隔りがあり、現時点での林木構成は、一般に言われる択伐林型からすると、中層木群を欠く状態にあると言える。

Table 1 Number of trees in the experimental stand (1.085ha).
(As of Nov. 1979)

Diameter grade	Regeneration tree					Total	Upper tree	Whole stand
	Planted year							
	1963	1965	1966	1971	1976			
Under 4 cm	14		29	26	152	221		221
4	66	5	84	62		217		217
6	180	37	143	61		421		421
8	111	41	113	24		289		289
10	76	29	57	2		164	2	166
12	18	2	17			37	0	37
14	5		2			7	2	9
16	3		1			4	7	11
18							14	14
20							28	28
22							34	34
24							45	45
26							63	63
28							66	66
30							76	76
32							63	63
34							66	66
36							38	38
38							37	37
40							9	9
42							9	9
44							3	3
46							2	2
48							1	1
Total	473	114	446	175	152	1,360	565	1,925

本林分の施業経過の詳細については、山畑、山本らの一連の報告^{1~5)}を参照されたい。又、更新樹の物質生産量を吟味するうえで、本報では、1966年に植栽された林孔(主としてM孔とN孔)を取上げて、種々検討したが、これらについてはV報⁶⁾を参照されたい。更に、その対照として、隣接する皆伐跡地(以下、開放地 Open-land

と呼ぶ) 植栽木……1966年植栽……でも、同様の調査を行ったが、この開放地内標準地 (0.04ha) の直径階別本数分布は、Table 2 に示すとおりである。

Table 2 Number of trees per 0.04ha in the open-land (As of Nov. 1979)

Diameter grade	Number of trees
4 cm	4
6	13
8	46
10	43
12	23
14	10
16	3
18	2
20	1
Total	145

試料木および調査方法

物質現存量および物質生産量の推定には、相対生長関係を用いた。ここで、更新樹と上木との間には、大きさにかなりの違いが認められるため、それぞれ別個に、相対生長関係を調査した。

1. 更新樹

調査は、1977年10月と1979年10月の2回行った。両回共、1966年以前の植栽木を対象として試料木を選定し、1977年の調査では、7つの林孔から大小12本の木を、1979年の調査では、2つの林孔 (M孔およびN孔) から大小6本の木を選んだ。又、1979年の調査に際しては、対照として、隣接する開放地植栽木でも同様の調査を行ったが、供した試料木本数は10本である。

川那辺ら⁷⁾によれば、同年代に植栽された庇陰の異なるプロットの相対生長関係は、1本の線に近似されるといふ。このことからすれば、1966年以前に植栽された各林孔は、植栽年度が近く、ほぼ同年代に植栽されたものと見なせるため、林孔の大小にかかわらず、上述の試料木から求められた相対生長関係を用いても、大過ないものと思われる。これに対して、1971年、1976年植栽木は、いまだ幼齢であり、試料木との年齢差も大きく、これらを用いての諸数値の推定には、若干の偏り (特に葉重関係の推定において) が予想される。しかしながら、これらの誤差量は、林分の全量からすれば無視できる程度のもと考え、今回は全更新樹について、同一の相対生長関係を適用することとした。

地上部重の測定は、1 m層別刈取法によった。ここで、葉は原則として、先端より第3節目までの枝葉としたが、その部分の径の大きさにより (径2~3 mmを目安として)、適宜取捨した。又、枝重生長量の測定は、主軸については10cm区分Huber式で、側軸については30cm区分Huber式で材積生長量 (有皮の値) を求め、各枝ごとの比重を乗じて求めた。幹重生長量も樹幹析解で求めた層ごとの材積生長量 (有皮の値) に、層ごとの比重を乗じて求めた。なお、今回は、更新樹、上木共に、地下部重の測定は行わなかった。

2. 上木

調査は、1980年10月に行った。試料木本数は6本である。

上木も更新樹とほぼ同様の調査方法をとったが、対象木が大きいので、幹重は幹材積に層ごとの比重 (析解円板より測定) を乗じて求めた。又、各枝の新葉重、旧葉重、枝重および枝重生長量も、これらを全枝について測定することは、多大の労力を必要とするため、次のような重回帰式による推定方法によって求めた。

〔重回帰式による枝部分重の推定〕

① 各枝について、次のものを測定する。

枝葉生重 (W)

枝基部断面積生長量 (I_{A_1})

枝着生高 (対樹高相対値) (P_H)

主軸中央部直径 (D_2)

主軸長 (L)

主軸中央部断面積生長量 (I_{A_2})

枝基部直径 (D_1)

なお、ここで、枝基部は年輪が判別しにくく、又、やや隆起も見られるので、基部より5 cmの位置を基部として測定した。

② 上の測定項目より、重回帰式の独立変数として、次の12個の因子を考える。

W, P_H , P_H^2 , L, D_1 , D_2 , D_1^2L , D_2^2L , I_{A_1} , I_{A_2} , $I_{A_1}L$, $I_{A_2}L$

- ③ 各試料木ごとに、30～40本の枝を、着生順位によって、系統的に抽出する。これら抽出枝について、新葉重、旧葉重、枝重および枝重生長量の4つの推定項目を実測する。測定方法は更新樹の場合と同様であるが、枝重生長量測定のための区分積の区分長は、枝の長さに応じて10～50cmの範囲内で変化させた。
- ④ 各試料木の抽出枝について、推定項目ごとに、12個の独立変数を種々組合せた回帰方程式を計算する。これらの中から最も重相関係数の大きい式を、推定式として採用する。
- ⑤ 採用した推定式により、枝ごとに部分重を計算し、層ごとに合計する。ここで、計算の結果、負になるものはゼロとして処理した。したがって、推定はやや正に偏るが、その量はわずかであり、大きな影響はない。

Appendix 1-(1)～(4)は、推定項目別、試料木別に、主要な20個の回帰方程式について、その重相関係数を示したものである。今、最適推定式について、その独立変数を見ると、試料木によって多少の違いは認められるが、一般に、次のようなことが言える。

- 1) 各推定項目共に、W、 P_H 、 P_H^2 、 D^2L (あるいは D^2L)、 I_{A1} 、 $I_{A2}L$ (あるいは $I_{A1}L$)の7因子、あるいは P_H^2 を除く6因子の回帰が、比較的高い相関を示す。
- 2) 旧葉重、枝重の推定には、Wと D^2L の2因子だけでもかなり良い精度(重相関係数0.99以上)が期待できる。他の因子はそれほど有効でない。
- 3) 新葉重、枝重生長量の推定には、断面積生長量の因子(I_{A1} および I_{A2})を欠かすことはできない。しかし、比較的測定の面倒な I_{A1} は省くこともできる。
- 4) 位置の因子(P_H および P_H^2)は、新葉重の推定にやや有効な木もあるが、一般に無くてもよい。

結果および考察

各試料木の測定結果は、Appendix 2-(1)～(4)に示す。

1. 相対生長関係

4つの試料木グループ(1977年調査更新樹、1979年調査更新樹、上木、開放地植栽木)別に、胸高直径(D)、樹高(H)あるいは D^2H を独立変数(X)とし、各種部分重あるいは生長量を従属変数(Y)とする相対生長式

$$\log Y = \log a + b \cdot \log X \dots\dots\dots(1)$$

を計算した。

まず、調査年度の異なる2つの更新樹グループについて、その相対生長式を比べると、すべての式(3つの独立変数と8つの従属変数を組合せた24式)において、両者の間には、まったく有意の差(危険率5%)は認められなかった。枝重、葉重に関する相対生長式は、年によって若干異なることも報告されているが、⁸⁾今回の両年度の試料木間には、枝重、葉重のみならず、各種生長量の式にも、大きな差は認められなかったと言える。そこで、本報では、これら調査年の異なる2つの試料木グループを一括し、1つのグループとして取扱うこととした。

次に、H、Dおよび D^2H の、3つの独立変数に対する式の適合度を比べると、次のようであった。

- 1) Hに対する式は、他のものに比べて適合が悪く、わずかに上木の枝重生長量の式で、良い結果を与えたに過ぎない。
- 2) D^2H に対する式は、幹重式で、各試料木グループ共に、非常に良い結果を与えた。しかし、他の式では、一般にDに対する式よりも、やや劣るようであった。
- 3) Dに対する式は、各種部分重あるいは生長量の式において、各試料木グループ共に、比較的良好な結果を与えた。幹重式では D^2H に対する式よりも、やや劣るようであったが、その適合度に大差は認められなかった。

以上の結果と、適用が最も簡単なことから、本報では、Dに対する相対生長式を用いて、各種現存量および生産量の推定を行うこととした(Fig. 1-(1)～(8), Table 3)。

Table 4は、更新樹、上木および開放地植栽木の、3つの試料木グループの相対生長式(以下、すべてDに対する式)について、回帰常数($\log a$)および回帰係数(b)の有意差を検討(t-検定)したものである。ここで、

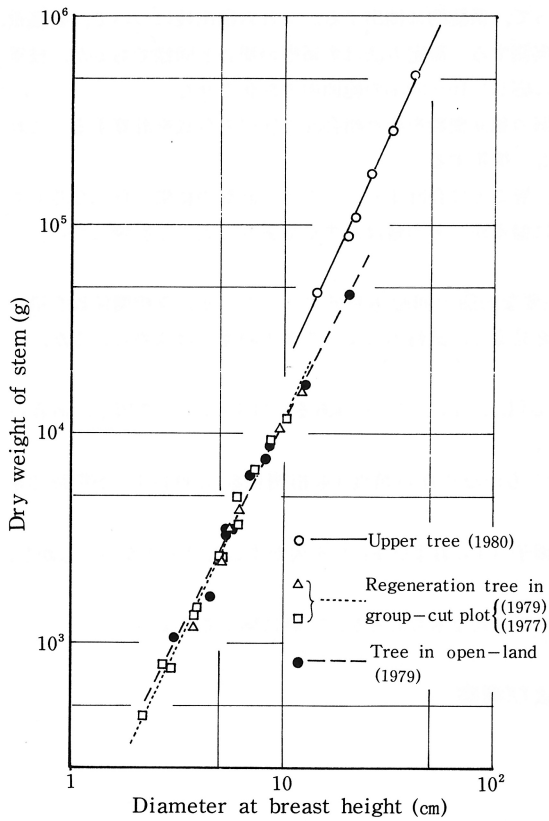


Fig. 1-(1) Allometric relations of dry weight of stem to diameter at breast height.

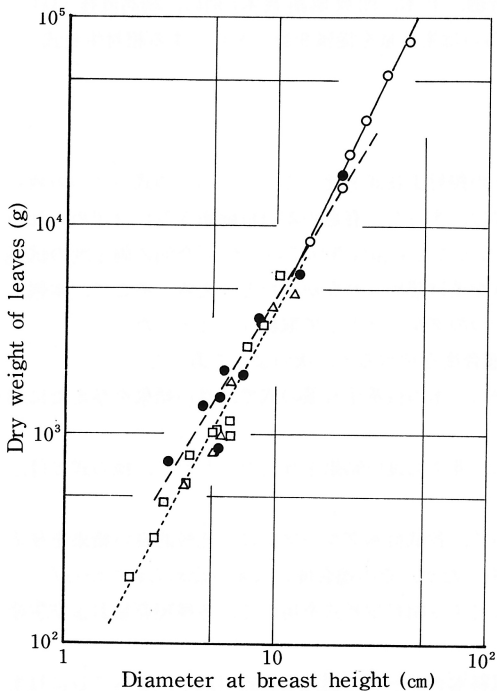


Fig. 1-(3) Allometric relations of dry weight of leaves to diameter at breast height.

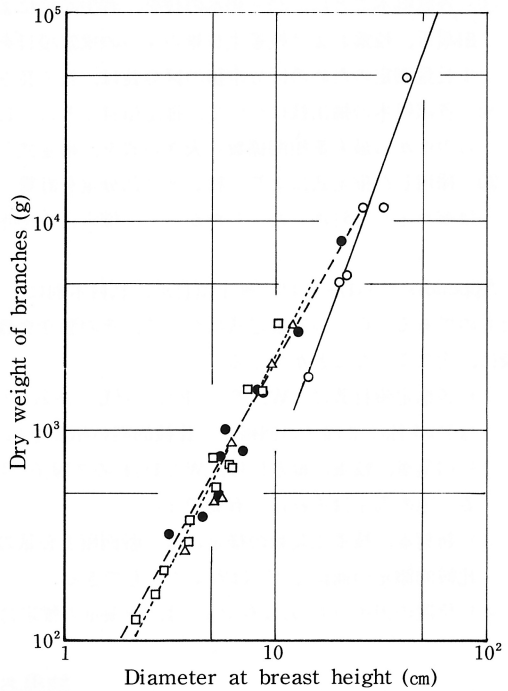


Fig. 1-(2) Allometric relations of dry weight of branches to diameter at breast height.

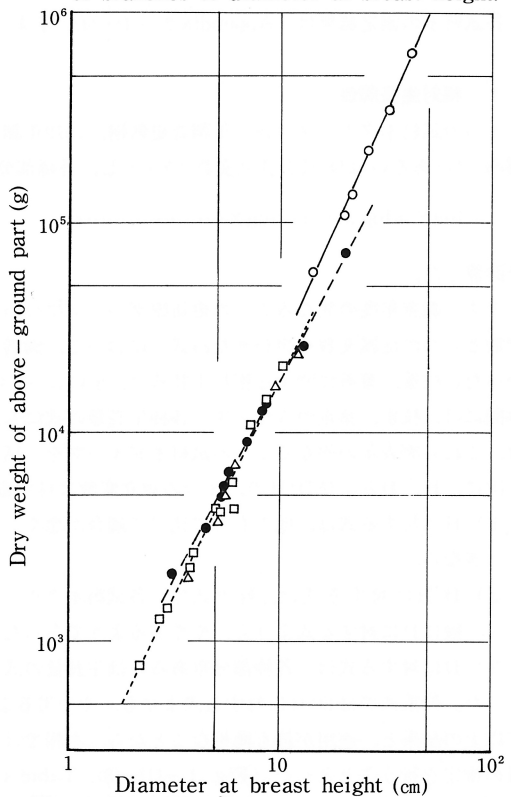


Fig. 1-(4) Allometric relations of dry weight of above-ground part to diameter at breast height.

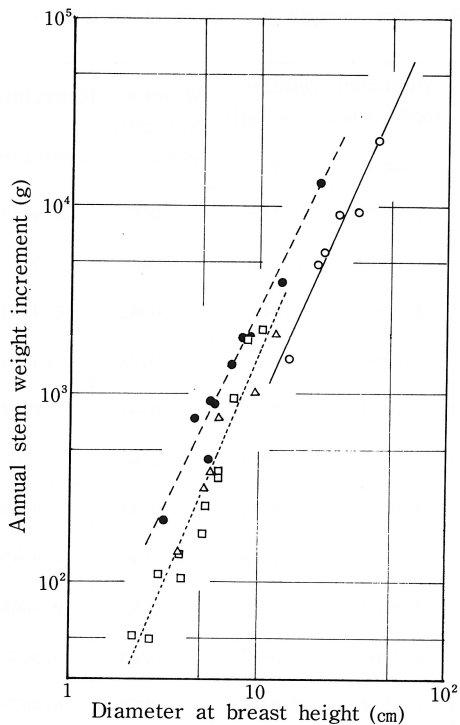


Fig. 1 - (5) Allometric relations of dry weight increment of stem in the last one year to diameter at breast height.

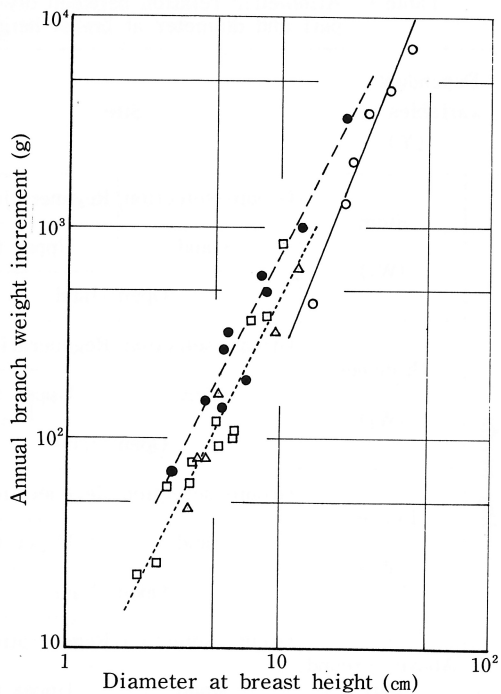


Fig. 1 - (6) Allometric relations of dry weight increment of branches in the last one year to diameter at breast height.

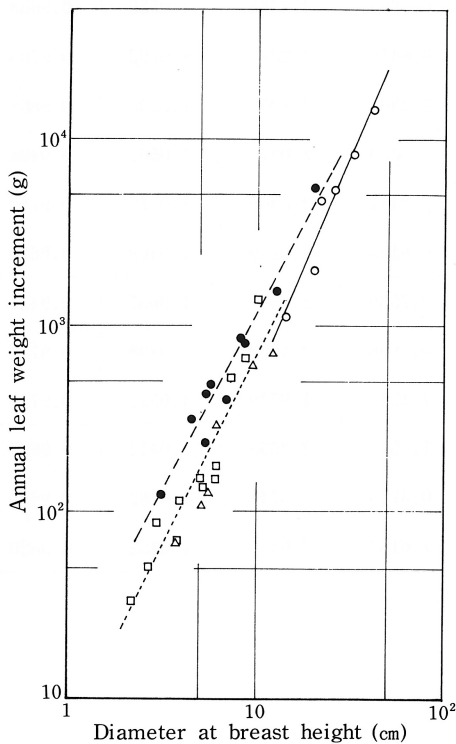


Fig. 1 - (7) Allometric relations of dry weight increment of leaves in the last one year to diameter at breast height.

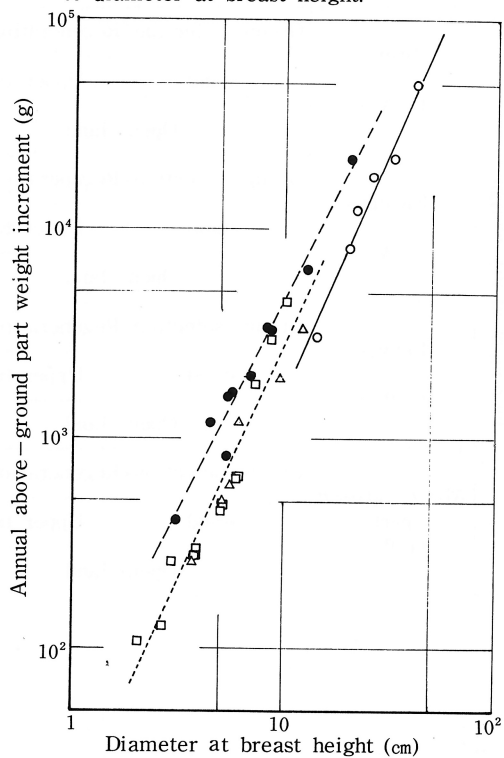


Fig. 1 - (8) Allometric relations of dry weight increment of above-ground part in the last one year to diameter at breast height.

Table 3 Allometric relation between dry-weight or dry-weight increment of each tree part and diameter at breast height.

Dependent variables (Y)		Site		Allometric relation $\log Y = \log a + b \cdot \log D$		Meyer's correction factor	Correlation coefficient
				log a	b		
Dry weight	Stem (W_s)	Group-selection stand	Regeneration tree	1.8935	2.1695	1.0062	0.9945
			Upper tree	2.0395	2.2620	1.0023	0.9975
		Open-land			1.9986	2.0483	1.0082
	Branches (W_B)	Group-selection stand	Regeneration tree	1.3386	2.0037	1.0193	0.9805
			Upper tree	0.0054	2.8217	1.0461	0.9697
		Open-land			1.5173	1.7879	1.0260
	Leaves (W_L)	Group-selection stand	Regeneration tree	1.6522	1.9332	1.0224	0.9758
			Upper tree	1.4737	2.1298	1.0049	0.9940
		Open-land			1.9183	1.7227	1.0355
	Above-ground part (W_T)	Group-selection stand	Regeneration tree	2.1585	2.0887	1.0055	0.9948
			Upper tree	2.1152	2.2739	1.0022	0.9976
		Open-land			2.3342	1.9126	1.0034
Increment of dry weight	Stem (ΔW_s)	Group-selection stand	Regeneration tree	0.7263	2.4682	1.0535	0.9658
			Upper tree	0.6416	2.2881	1.0292	0.9705
		Open-land			1.3301	2.1053	1.0298
	Branches (ΔW_B)	Group-selection stand	Regeneration tree	0.5739	2.0574	1.0561	0.9496
			Upper tree	-0.2411	2.5905	1.0326	0.9742
		Open-land			0.8166	2.0219	1.0469
	Leaves (ΔW_L)	Group-selection stand	Regeneration tree	0.7530	2.0580	1.0657	0.9421
			Upper tree	0.2898	2.4090	1.0298	0.9727
		Open-land			1.1312	1.9219	1.0321
	Above-ground part (ΔW_T)	Group-selection stand	Regeneration tree	1.1573	2.2658	1.0412	0.9684
			Upper tree	0.8255	2.3748	1.0182	0.9825
		Open-land			1.6184	2.0410	1.0252

Table 4 Comparison of allometric relations (t-test).

Dependent variables (Y)	Regeneration : Upper trees		Regeneration : Trees in open-land		Upper trees : Trees in open-land	
	log a	b	log a	b	log a	b
W_s	0.824	0.688	1.338	1.282	0.210	1.429
W_B	3.555***	2.873***	1.292	1.295	3.419***	3.046**
W_L	0.542	0.787	1.728*	1.135	1.144	1.364
W_T	0.260	1.464	2.687**	2.238**	1.620	3.484***
ΔW_s	0.162	0.453	3.019***	1.508	1.634	0.565
ΔW_B	1.514	1.304	1.126	0.137	2.113*	1.480
ΔW_L	0.808	0.807	1.734*	0.518	1.943*	1.465
ΔW_T	0.728	0.315	2.594**	1.051	2.140*	1.174

*** Significant at 1% level
 ** Significant at 5% level
 * Significant at 10% level

上木と他の2者との間の関係は、試料木の大きさがかなり異なるため一応参考までにとどめるが、本表およびTable 3から、次のようなことがうかがえる。

- 1) 模型林分の場合⁹⁾とは逆に、更新樹の相対生長式は開放地植栽木のそれらより、回帰常数は小さく、回帰係数は大きいという傾向が認められる。このことは、直径の小さい更新樹は、同じ直径の開放地植栽木より、すべての部分重および生長量で小さく、直径が大きくなるにしたがって、漸次開放地植栽木の値に近づくことを意味している。ちなみに、両者の値が一致する直径を求めると、幹重7.5cm、枝重6.9cm、地上部重9.8cmであり、葉重および各種生長量は、試料木の大きさの範囲内では一致しなかった。
- 2) 更新樹と開放地植栽木との相対生長式間には、多くの式で有意の差が見られる。特に、生長量関係の式は、枝重生長量を除く各式に有意の差が認められ、更新樹は開放地植栽木より、各種生長量の小さい樹木であると言える。
- 3) 上木の相対生長式は、幹重関係の式を除き、更新樹のそれらよりも、更に回帰常数は小さく、回帰係数は大きいという傾向が認められる。しかし、枝重式を除いて、有意の差は認められない。
- 4) 上木と開放地植栽木との相対生長式間には、多くの式で有意の差が認められ、有意水準を20%に下げれば、すべての式に有意の差があると言える。
- 5) 幹重式には3者間に有意の差は認められない。ただ、開放地植栽木と他の2者との間のt値はやや大きく、有意水準を20%に下げれば、有意の差が認められる。

回帰常数、回帰係数が林木の生育段階、競争状態あるいは立地条件などによって異なることはよく知られており¹⁰⁾又、これらの諸条件が幹形に影響を与えることも周知の事実である。そこで、次に、更新樹、上木および開放地植栽木の幹形と、これらの回帰常数、回帰係数との関係について調べてみた。ここで、これら3者の幹形を示す指標として、「林分相対幹曲線は林分正形状商 $\eta_{0.5}$ (正形状商 $\eta_{0.5}$ ……樹梢より樹高の9/10の位置の直径と樹幹の中央部直径との比……の平均値)によってほぼ完全に定まる¹¹⁾」ことから、林分正形状商を採上げた。これら3者の林分正形状商およびその95%信頼区間を示すと、次のようである。

更新樹	0.664 ± 0.025
上木	0.714 ± 0.030
開放地植栽木	0.600 ± 0.029

これら3者の林分正形状商の間には、危険率1% (更新樹と上木との間は危険率5%) で有意の差が認められ、林分正形状商の大きいものほど、一般に回帰常数は小さく、回帰係数は大きいという傾向を見ることができる。

なお、幹重(W_s)を独立変数とする各種部分重および生長量の相対生長式にも、一般に、林分正形状商の大きいものほど回帰常数は小さく、回帰係数は大きいという傾向が見られる。しかし、これらの回帰常数、回帰係数のt

検定の結果は、上木と他の2者との間の枝重式を除いて、すべて有意の差（危険率10%）は認められなかった。

2. 物質現存量

試験林分および開放地植栽木の1979年末現在のha当り物質現存量を示すと、Table 5のとおりである。なお、ここで用いた上木の相対生長式は1980年末現在のものであるが、1979年度も大差なかったものとして、同式を用いて計算した。本林分現存量の概数を把握するうえでは許されるものと思う。

Table 5 Standing crop

(t/ha)

Organ	Group-selection stand			Open-land
	Regeneration trees	Upper trees	Whole stand	
Stem (y _s)	6.41 (64.2%)	127.10 (80.7%)	133.51 (79.7%)	41.90 (63.5%)
Branches (y _B)	1.28 (12.8%)	8.51 (5.4%)	9.79 (5.8%)	7.58 (11.5%)
Leaves (y _L)	2.29 (23.0%)	21.96 (13.9%)	24.25 (14.5%)	16.46 (25.0%)
Above-ground part (y _T)	9.98 (100.0%)	157.57 (100.0%)	167.55 (100.0%)	65.94 (100.0%)
Roots ※ (y _R)	2.85	45.02	47.87	18.84
Total (y)	12.83	202.59	215.42	84.78

※ Amount of roots was estimated with T/R=3.5.

() Percentage to the total amount of above-ground part.

閉鎖したスギ林分の葉重として、四大学および信大合同調査班¹²⁾、安藤ら¹³⁾は17~30 t/ha、只木ら¹⁴⁾は17~22 t/haを、又、只木ら¹⁵⁾はその平均値として19.4±4.9 t/haの値をあげている。本報では、葉の定義を若干異なるため、これらと一概に比較することはできない。そこで、今回枝に含めた緑軸部分を、大まかに葉重の10~20%^{16,17)}として、上の諸報告と同様に葉重に含めると、本林分および開放地植栽木の枝重および葉重は、次のように推定される。

	枝重	葉重	
孔状択伐 作業林	更新樹	0.8 ~ 1.1 t/ha	2.5 ~ 2.7 t/ha
	上木	4.1 ~ 6.3 t/ha	24.1 ~ 26.4 t/ha
	全林	4.9 ~ 7.4 t/ha	26.7 ~ 29.1 t/ha
開放地植栽木	4.3 ~ 5.9 t/ha	18.1 ~ 19.8 t/ha	

試験林分全体としては、28 t/ha前後の葉重が予想され、スギ林分としては比較的多い部類に属する。しかしながら、その大部分（90%）は上木によって占められ、面積的に40~50%を占める更新樹のそれは極めて少ない。又、反面、上木のそれは、占有面積からすれば、非常に多いものと言える。林孔の存在により、林分内が比較的下方まで明るかったことも一つの原因であろう。

Table 6 Mean dry-weight of regeneration trees planted in 1966.

Site	Plot area	Number of trees per hectare	Stem (W _s)	Branches (W _B)	Leaves (W _L)	Above-ground part (W _T)	
Group-cut plot	K	130m ²	2,760	3.37kg	0.71kg	1.29kg	5.37kg
	Q	230	3,080	4.57	0.93	1.68	7.18
	L	285	2,470	3.92	0.81	1.47	6.20
	M	311	2,290	4.74	0.96	1.72	7.42
	P	331	2,200	7.68	1.51	2.68	11.87
	O	422	2,230	8.48	1.66	2.94	13.08
	N	629	2,480	10.87	2.08	3.64	16.59
Open-land		3,625	11.56	2.09	4.54	18.19	

更新樹の物質現存量をいまだ少し詳しく見るため、相対生長率が比較的無理なく適用できると思われる、1966年植栽の7個の林孔について、単木当り乾重を求めてみた。結果はTable 6 のとおりである。ここで、林孔面積は周囲上木の樹幹を結ぶ線と囲まれる範囲とし、ha当り立木本数はKöllerの幹距法¹⁸⁾によって推定した。

林孔面積が小さくなるにしたがって、一般に各部分重も小さくなっているが、V報⁶⁾での各林孔の平均直径の傾向からも、当然のことであろう。ただ、平均樹高、平均直径において、開放地植栽木とそれほどの差の見られなかったN孔⁶⁾においてさえ、その単位面積当り葉重は9.0 t/ha (緑軸を含めば9.9~10.8 t/ha) と推定され、開放地植栽木の16.5 t/ha、あるいは各地の同年代の一斉林の値^{8, 12~14, 19~21)}と比べて、非常に少ない。各林孔共、いまだ十分な閉鎖状態に達していないとも考えられるが、現在の林孔内の光環境 (Fig. 4) から見て、今後現在より大幅に閉鎖が進むとも考えられず、又、両者の相対生長関係 (Fig. 1-(3)) から見ても、林孔の葉重は開放地植栽木の葉重ほど大きくはなりそうにない。

地上部重中に占める幹重、枝重、葉重の割合を見ると (Table 5)、更新樹と開放地植栽木のそれは、枝重、葉重の割合に若干の違いは見られるが、全体的にはほぼ類似した傾向を示している。これに対して、上木は、林齢が高いため、幹重の占める割合が非常に大きく、枝重、葉重の割合が少ない。しかし、各地の同年代の一斉林^{12~14, 22)}と比べれば、上木の葉重の割合は比較的大きい方と言える。

次に、これを単木について見ると、Fig. 2 のようである。本図より、次のことが認められる。

- 1) 上木は、幹重の占める割合が大きく、その値は80~82%と、樹木の大小にかかわらず、ほぼ一定である。これに対して、更新樹および開放地植栽木は、直径が大きい樹木ほど、幹重の割合も大きくなる傾向が認められる。
- 2) 更新樹、上木、開放地植栽木共に、直径が大きい樹木ほど、葉重の占める割合は小さくなる傾向が認められる。只木ら¹⁴⁾は、壮齢林分では、これと逆の傾向のあることを認めているが、本林分上木のこの傾向は、小径木でもあまり強く被圧されていないことを示すものと思われ、本林分の一つの特色と考えられる。しかし、上木の小径木は、同程度の大きさの更新樹あるいは開放地植栽木と比べれば、枝重、葉重の割合の非常に少ない樹木と言える。

- 3) 更新樹は開放地植栽木に比べて、一般に幹重、

枝重の割合が大きく、葉重の割合の小さい樹木と言える。これは模型林分での傾向⁹⁾と一致する。

Fig. 3 は本試験林分および開放地植栽木の生産構造図を示したものである。本図には、各林分内の相対日射量 (RSR) を併記した。ただし、点線部分は相対日射量の減衰もBEER-LANBERTの法則に従うものとして

$$RSR = e^{-KW} \dots \dots \dots (2)$$

K: 吸光係数

W: 林冠層内のある点より上部にある葉重

で計算した値である。なお、林孔部分の相対日射量は、林孔の大きさ、植栽木の大きさ、あるいは林孔内の位置によって異なり、一概にこれを示すことは難しいので、Fig. 3 では省略した。そして、Fig. 4 に、その一例として、比較的大きな林孔N孔と比較的小きな林孔M孔 (面積的には中程度の林孔であるが、孔の形が細長く、光環境的に

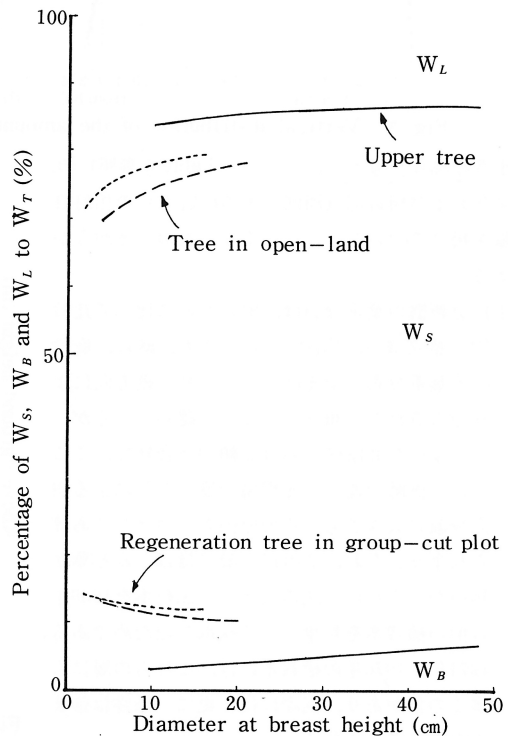


Fig. 2 Relations between diameter at breast height and percentage of leaves, branches and stem to above-ground part per tree in dry weight.

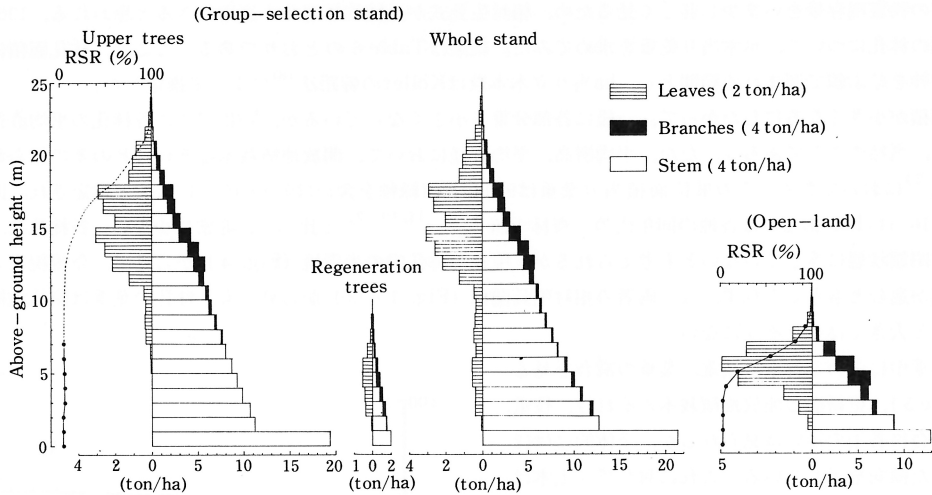


Fig. 3 Vertical distribution of the amount of leaves, branches and stem per hectare.

は小さな林孔と考えられる。……Table 6 参照) の、中央部および周辺部 (周囲上木の樹冠下) の相対日射量を掲げておいた。これらより、次のことがうかがえる。

1) 更新樹の葉重分布は、他のものに比べて比較的一様である。川那辺ら^{23, 24)}も、既に、庇陰区の葉重分布は全光区のそれより、縦方向によりならされた分布をすることを認めているが、このような庇陰区における傾向と合せて、ここでは、樹齢の違い、光環境の違いなどによる樹高分散の大きさも、その原因の一つとしてあげられよう。なお、2 m 以下層にはほとんど葉が無いが、これは上述のごとく、試料木を1966年以前の植栽木を対象として採取したためである。1971年、1976年の植栽木には、これらの層にも多くの葉があり、実際には、更に一様性は強まるものと考えられる。

2) 上木の林冠層は比較的長く、最大葉層は林冠層のほぼ中央部 (先端より11m 下部の層) にあり、全葉重の14% がここに存在する。

3) 本試験林分は、人工同齡林へ孔状択伐作業を導入して以来18年を経過しているが、上木と更新樹の間には、いまだ大きさにかなりの差があり、中層木群を欠く状態にある。したがって、葉重分布に異齡林としての若干の特色が認められるとはいえ、現段階では、一斉林型の色彩の強い生産構造と言える。

4) 上木群内の相対日射量は、林床付近で4~5%と、比較的明るく、(2)式で求められる吸光係数も0.14と、比較的小さい値を示した。^{10, 17, 19, 25)} 大小24個の林孔が各所に設けられており、側方からの光が葉重のわりに林分内を明るくしたものと考えられる。

5) M孔およびN孔の林床付近の相対日射量は1~3%と、上木群内より暗い。更新樹の先端部分では、林孔周辺部 (上木樹冠下) で10%以下、中央部でM孔27%、N孔70%という値であった。又、林孔周辺部ではM孔、N孔共に、大差ない光環境を示すようであった。「植栽木にとって、できれば20%以上、少なくとも5%以上の相対日射量が必要²⁶⁾」とするならば、中央部付近では、先端より3 m 程度の範囲がまずまずの光環境と考えられる。

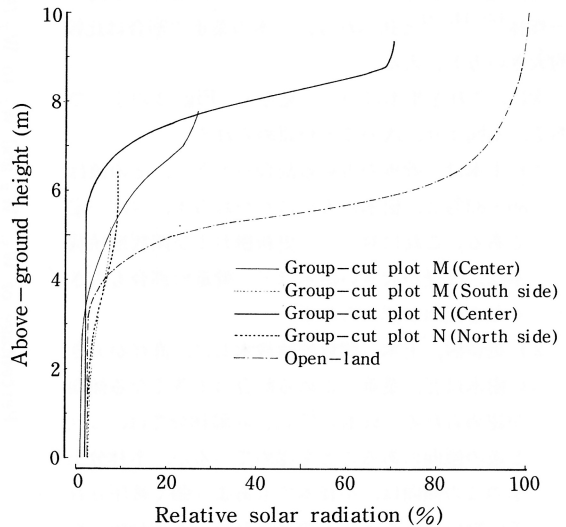


Fig. 4 Relative solar radiation in group-cut plot.

6) 開放地は、林床付近で2~3%の相対日射量を示し、林孔と大差はないが、上部では、林孔に比べてかなり下方まで比較的明るい。N孔中央部との間には、2~3mの差が認められる。なお、開放地実測相対日射量を(2)式に当てはめてみたが、残査百分率誤差は約36%と、あまり適合は良くなかった。日射量の測定位置が樹冠表面であった²⁶⁾ためであろうか。計算された吸光係数は0.22であった。

3. 純生産量

落葉、落枝あるいは動物による被食量を考慮外におき、調査時点において測定された各部分の1年間の生産量の合計を、年間純生産量として計算した。試験林分および開放地植栽木のそれを示すと、Table 7のとおりである。なお、地下部生産量(Δy_R)は実測していないので、安藤ら¹³⁾にならって、T/R率を3.5として地下部現存量を求め、これに幹重(y_s)と幹重生産量(Δy_s)との比を乗ずる次式で算出した。

$$\Delta y_R = \frac{y_T}{3.5} \cdot \frac{\Delta y_s}{y_s} \dots \dots \dots (3)$$

Table 7 Net production

(t/ha · yr)

Organ	Group-selection stand			Open-land
	Regeneration trees	Upper trees	Whole stand	
Stem (Δy_s)	0.86 (45.5%)	5.71 (41.6%)	6.57 (42.0%)	10.53 (47.3%)
Branches (Δy_B)	0.26 (13.8%)	2.14 (15.6%)	2.40 (15.4%)	2.69 (12.1%)
Leaves (Δy_L)	0.39 (20.6%)	3.86 (28.1%)	4.25 (27.2%)	4.30 (19.3%)
Above-ground part (Δy_T)	1.51	11.71	13.22	17.52
Roots* (Δy_R)	0.38 (20.1%)	2.02 (14.7%)	2.40 (15.4%)	4.73 (21.3%)
Total (Δy)	1.89	13.73	15.62	22.25

* Product of roots was estimated with $\Delta y_R = \frac{y_T}{3.5} \cdot \frac{\Delta y_s}{y_s}$

() Ratio of distribution of annual products among various organs.

試験林分の純生産量は、地下部生産量を加えれば15t/ha·yr前後が予想され、スギ林分としてはほぼ中庸、あるいはやや少ないものと考えられる。¹⁵⁾しかし、その大部分(約90%)は、やはり上木の生産量によって占められ、面積的に40~50%を占める更新樹のそれは極めて少ない。今、1966年植栽の7つの林孔について、林孔面積とha当り純生産量との関係を図示すると、Fig. 5のようである。同年植栽の開放地植栽木に比べて、大きな林孔でも40%弱、小さなものでは10%強の生産量を示すに過ぎず、植栽密度の影響があるにしても、かなり小さな値と言わざるを得ない。しかしながら、これを樹幹の直径生長の面から見ると、大きなものでは1cm以上の年輪幅を示す開放地植栽木の生長にも、問題はあると言え、V報⁶⁾でも述べたように、最も大きな林孔N孔における植栽木の直径生長には、それほど問題はない。ちなみに、毎木調査野帳から1979年度の半径生長量を求めると、N孔では平均2.9mm(最近5年間の平均では3.1mm)、比較的小きなM孔では平均1.6mm(同1.6mm)であった。一般に、良質材としての年輪幅は2~3mmが適当と言われ、^{27,28)}N孔のそれはほぼ満足しうる値である。ただ、M孔などの小さな林孔では、やはりその生長も悪く、何らかの生長促進の方策が必要であろう。

生産量の各部分への配分率を見ると、更新樹と開放地植栽木のそれはほぼ似通っているが、上木のそれは、これらに比べて枝、葉への配分が高く、幹、根への配分がやや少ない。只木ら¹⁵⁾は、「生産量の配分は、ごくおおざっぱに、幹へ40~50%、枝へ10~20%、根へ10~15%、葉へ20~30%と言ってよい」と述べており、安藤ら¹³⁾もほぼこれに近

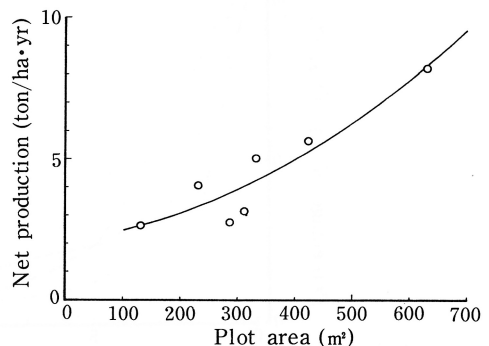


Fig. 5 Relation between area of group-cut plot and net production per hectare.

い値を得ている。これらからすると、むしろ更新樹、開放地植栽木の枝、葉への配分がやや少なく、根への配分が大きいとも言える。

次に、地下部生産量が推定量であるため、これを除き、地上部に限ってその生産量の配分率を求めると、次のようになる。

	孔状択伐作業林			開放地
	更新樹	上木	全林	植栽木
幹	57.0%	48.7%	49.7%	60.1%
枝	17.2%	18.3%	18.2%	15.4%
葉	25.8%	33.0%	32.1%	24.5%

更新樹、開放地植栽木の葉への配分率は約1/4、上木のそれは約1/3と、やはり更新樹および開放地植栽木の葉への配分の少なさ、幹への配分の多さが目立つ。しかしながら、生産物の枝葉への配分率は林齢によって異なることも認められており、¹²⁾必ずしも本林分更新樹あるいは開放地植栽木が、葉へ低配分するとも言えそうにない。若齢のためであろう。^{8, 20, 21)}又、このような上木の枝葉への高配分は、林齢の高さもさることながら、林孔の影響も見逃すことのできない原因の一つである。この上木の傾向は、大径木ほどやや強いようであった (Fig. 6)。

次に、参考のため、それぞれの新葉率を求めると、次のようであった。ここで()内は、試料木新葉率の分布範囲を示す。又、Fig. 7は林分の層別新葉率を3点平均でならしたものである。

孔状択伐 作業林	更新樹	17% (12~24%)
	上木	18% (13~21%)
	全林	18% (12~24%)
開放地植栽木		26% (17~30%)

汰木²⁹⁾は、スギの新葉率として22~30%程度の値(生重%, 幼齢木を除く)をあげている。開放地植栽木あるいはこの汰木の値からすれば、本試験林分の新葉率(生重%にすれば20%前後の値となる)はやや小さな値と言える。更新樹の新葉率の低さは、もちろん庇陰の影響であろうし、上木のそれには、林冠層の長さあるいは樹高生長の衰

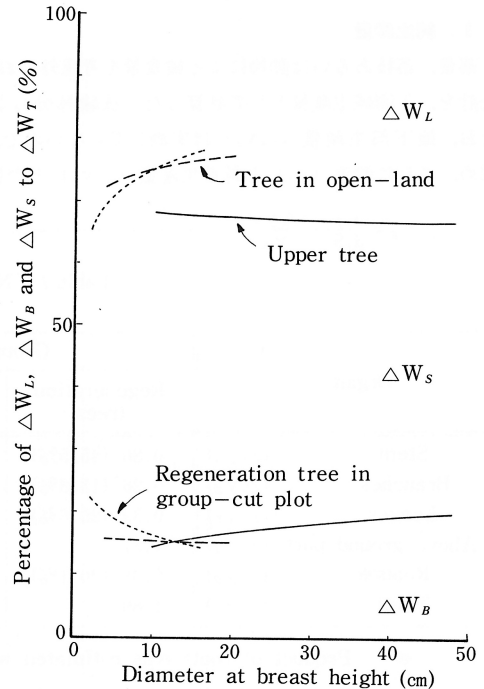


Fig. 6 Relations between diameter at breast height and percentage of annual increment of leaves, branches and stem to annual increment of above-ground part per tree in dry weight.

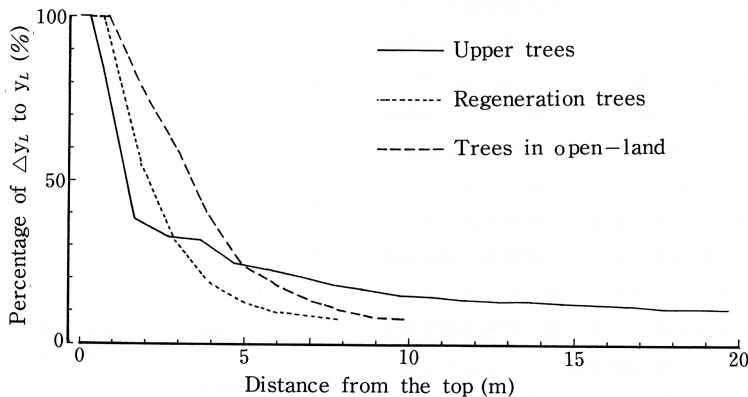


Fig. 7 Relation between distance from the top and percentage of new-leaf-amount to total leaf-amount by the stratum.

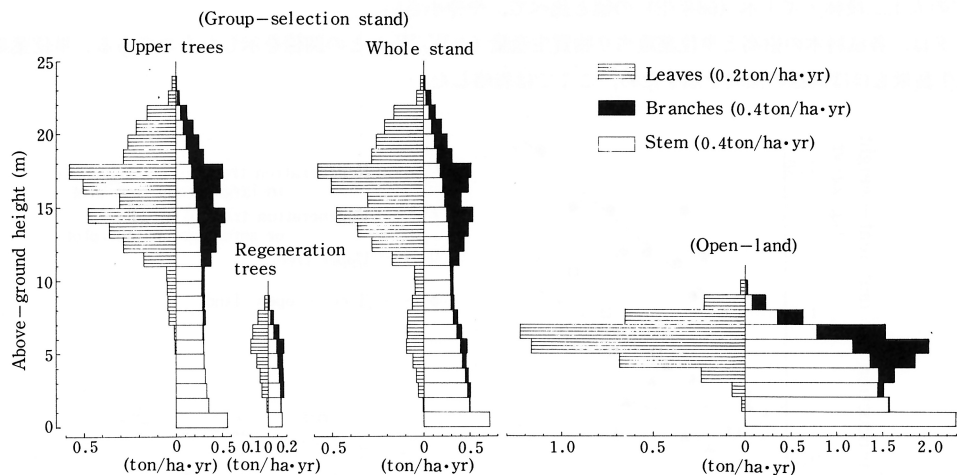


Fig. 8 Vertical distribution of the annual production of leaves, branches and stem per hectare.

えなどの影響が考えられる。

地上部生産量の垂直分布を示すと、Fig. 8 のようである。ここで、更新樹の葉重生産量（新葉重）は、前述の葉重の場合と同様に、実際には、2 m 以下層にも存在すると考えてよからう。本図から、次のようなことが言える。

- 1) 上木の葉重生産量の分布は、葉重の分布と同様に、比較的上下に長く、下部層にもかなりの量が認められる（新葉率10%以上）。葉重生産量の最大層は、林冠層の先端より約1/3の位置（先端より8 m 下部の層）にあり、ここに全葉重生産量の15%が存在する。
- 2) 幹重生産量の分布は、林冠層内では下部ほど大きいが、一般に最大葉重層の下あたりから変化が少なくなる（幹脚部は除く）。枝下高の高い上木で；この傾向は顕著である。
- 3) 試験林分全体で見ると、葉重および枝重の生産量は下部層にまで分布し、又、幹重生産量も下層ほど漸増し、不十分ではあるが、一応異齡林としての特色が現われつつあると言ってよい。

単位葉重当りの最近1年間の物質生産量 ($\Delta y/y_L$) ならびに幹材積生長量 ($\Delta V_s/y_L$) を示すと、次のようである。なお、本報では、葉に緑軸を含めていないため、下の数値は、緑軸を含めた場合より1.1~1.2倍程度大きな値と言ってよい。

	$\Delta y/y_L$	$\Delta V_s/y_L$	
更新樹	0.83 t/t·yr	1.04 m ³ /t·yr	
孔状択伐 作業林	(M孔)	0.80 "	0.99 "
	(N孔)	0.91 "	1.27 "
	上木	0.63 "	0.79 "
全林	0.64 "	0.81 "	
開放地植栽木	1.35 "	1.79 "	

両者共、ほぼ同じ傾向を示し、開放地植栽木が最も大きく、上木が最も小さい。試験林分全体としては、葉重現存量あるいは諸生産量に占める上木のそれらの割合が非常に大きいため、上木の結果に似たものとなっている。上木において、これらの値が小さいのは、全現存量中に占める非同化部分の割合が大きいためであろう。したがって、今、この上木を別にすれば、一般に、葉の生産能率は光環境の良い位置の植栽木ほど良いと言える。更新樹の葉の生産能率は、開放地植栽木のその45~70%程度と考えられる。

更新樹については、比べるべき適当な資料が見当たらないが、安藤ら¹³⁾の同年代の一斉林の値、あるいは只木ら¹⁹⁾の密植無間伐林の値などと比べると、ほぼ同等の値と言えそうである。したがって、開放地植栽木のそれは、これらの安藤ら、¹³⁾只木ら¹⁹⁾の値と比べると、非常に大きなものと言えるが、西村ら、²¹⁾齋藤ら、⁸⁾齋藤ら²⁰⁾の12年生林分の値と比べると、幾分大きい程度である。これに対して上木のそれは、各地の同年代の林分、^{12, 13, 22)}あるいは安

藤ら³⁰⁾の人工二段林スギ上木(68年生)の値と比べて、やや小さい。

Fig. 9は、各試料木の樹高と単位葉重当り物質生産量($\Delta W/W_L$)との関係を示したものである。単位葉重当り幹材積生長量もほぼ同様の傾向を示すため、ここでは省略した。

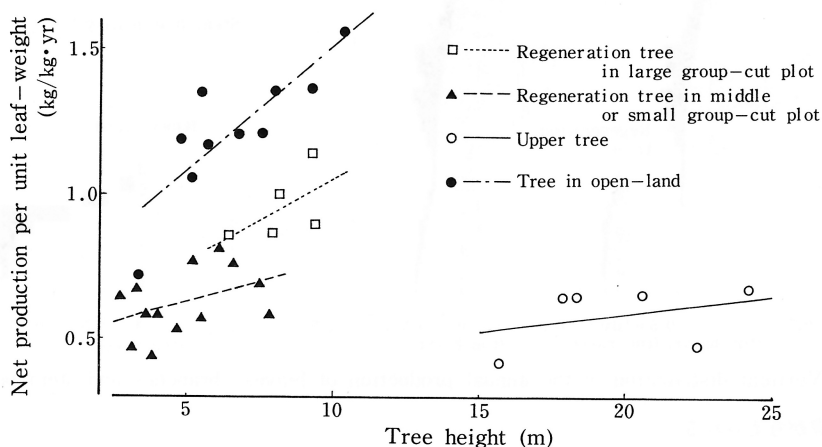


Fig. 9 Relation between tree height and net production per unit leaf-weight*

一般に、樹高の高い樹木ほど、葉の生産能率は良いが、変動が大きく、開放地植栽木を除いて、樹高との間に有意な相関は認められない。更新樹についても、全試料木を一括すれば、かなり高い相関が認められるが、図のように、大きな林孔の試料木と中小の林孔のそれらとを分けて考えれば、いずれも有意な相関は見られない。樹高が高い樹木ほど葉の生産能率が良いように見えるのは、更新樹の場合、樹高の高い樹木ほどより良い光環境を受けること³¹⁾にも、原因があるように思われる。

既報⁹⁾にならって、イギリス系の生長解析法による純同化率(NAR)、葉重量比(LWR)および生長率(RGR)を求めるとTable 8のようであった。

Table 8 Net assimilation rate (NAR), leaf weight ratio (LWR) and relative growth rate (RGR).

site		NAR (t/t·yr)	LWR (t/t)	RSR (t/t·yr)
Group-selection stand	Regeneration trees	0.90	0.18	0.16
	(Group-cut plot M)	0.88	0.18	0.16
	(Group-cut plot N)	1.00	0.17	0.17
	Upper trees	0.69	0.10	0.07
	Whole stand	0.71	0.11	0.08
Open-land		1.57	0.19	0.30

NARは $\Delta y/y_L$ と同じ意味のものであり、ここでは多くを述べないが、大きな林孔で開放地植栽木の64%、小さな林孔で50%という対開放地減少割合は、これらの林孔の明るさからすると、川那辺ら⁷⁾の落葉広葉樹林内に植栽されたスギの場合より、やや悪いようである。しかし、彼等の庇陰試験の結果²⁴⁾と比べれば、ほぼ同等な値と言える。

LWRを各地の同年代の林分^{8, 12-14, 19-22)}と比べると、緑軸あるいは計算方法の違いなどを考慮に入れば、更新樹および開放地植栽木のそれはほぼ似た値、あるいはやや小さな値、上木のそれはかなり大きな値と言える。又、このLWRを単木で見ると、個体の大きさが大きなものほど、LWRは小さく、この傾向は小径木で顕著である。大きな林孔より小さな林孔で、LWRがやや大きくなっているのは、このためであろう。個体の大きさが同じなら、開放地や大きな林孔の植栽木ほど、すなわち、光環境の良い位置の植栽木ほど、LWRは大きい (Fig. 2)。

NARとLWRの積の形で示されるRGRは、上木と開放地植栽木については、各地の林分^{8, 13, 14, 19-22)}あるいは

安藤ら³⁰⁾の二段林上木(68年生)と比べて、十分に大きな値である。ただ、四大学らの合同調査班の結果¹²⁾に比べれば、開放地植栽木のそれはやや小さい。このような開放地植栽木の傾向は、主として葉の生産能率の良さによってもたらされたものと言えるが、上木のそれは葉の生産能率の悪さを量でカバーした結果と言えそうである。これに対して、更新樹のRGRは、齋藤ら、⁸⁾安藤ら、¹³⁾只木ら¹⁹⁾の各地の一斉林の値と比べれば、それほどのその色は見られないが、開放地植栽木の50~60%を示すに過ぎず、川那辺ら⁷⁾の落葉広葉樹林内のスギ稚樹、あるいは彼ら²⁴⁾の庇陰試験における対全光区減少率と比べて、やや減少が大きい。なお、このRGRを単木について見ると、当然のこととして、光環境の良い位置の植栽木ほどRGRは大きい、樹高との間には、全く相関は見られない。

ま と め

スギ孔状択伐作業導入試験林において、物質生産量を調査した。

本林分は、施業開始後18年を経過しているが、いまだ更新樹は小さく、中層木群を欠く状態にある。したがって、更新樹は面積的には40~50%を占めるにもかかわらず、物質現存量で6%、葉重で9%、純生産量で12%を占めるに過ぎない。又、物質現存量あるいは生産量の垂直分布も、葉重などに異齡林としての若干の特色を認めうると言うものの、一斉林型の色彩の強い分布と言える。

更新樹の純生産量は、対照として調査した同年齢の開放地植栽木のその10~40%を示すに過ぎず、かなり小さな値と言える。しかし、大きなもので2cm以上の直径生長量を示す開放地植栽木の生長にも、問題は認められ、年輪幅2~3mmを目途とする良質材生産の立場からすれば、大きな林孔(N孔)の樹幹の直径生長に不足はない。又、大きな林孔では、その植栽木の純同化率、生長率も、各地の同年齢の一斉林のそれらと比べて、それほどのその色は見られない。しかし、小さな林孔では、やはり何らかの生長促進の方策が必要であろう。

今回の調査は、上述のごとく、施業開始後18年を経過した時点でのものであるが、施業が進むにつれて生産構造、生産力も逐次変化するであろうから、今後も定期的な調査が望まれる。なお、今回の調査では、更新樹の相対生長式として、全更新樹について同一式を適用したが、今後、更新樹の年齢幅が拡大するにしたがって、これについての検討も必要であろう。少なくとも、10年生以下のものについては、別に取扱う必要があるようであった。

引 用 文 献

- 1) 山畑一善・山本武：スギ人工同齡林への択伐作業の適用(1)。試験地の設定と基本的事項の決定。愛媛大演報17：101~106, 1980
- 2) 山畑一善・山本武：スギ人工同齡林への択伐作業の適用(2)。準経理期の施業と成果。愛媛大演報17：107~116, 1980
- 3) 山本武・山畑一善：スギ人工同齡林への択伐作業の適用(3)。第1経理期の施業と成果。日林論92：129~130, 1981
- 4) 山本武・山畑一善・三好博：スギ人工同齡林への択伐作業の適用(4)。第2経理期の施業と成果。日林論92：131~132, 1981
- 5) 山本武・山畑一善：スギ人工同齡林への択伐作業の適用(5)。第3経理期の施業と成果。愛媛大演報18：1~7, 1981
- 6) 藤本幸司：択伐作業林における稚樹の生長と環境(V)。スギ孔状択伐作業林における更新樹の生長と形質。愛媛大演報16：57~72, 1979
- 7) 川那辺三郎・四手井綱英：落葉広葉樹林内に樹下植栽されたスギの生長について。京大演報42：117~217, 1971
- 8) 齋藤秀樹・四手井綱英：スギ幼齡林の一次生産力とその推定法の検討。日林誌55：52~62, 1973
- 9) 藤本幸司：択伐作業林における稚樹の生長と環境(IV)。スギ孔状択伐作業林(模型)内植栽木の物質生産。愛媛大演報15：63~81, 1978
- 10) 只木良也：森林の生産構造に関する研究(IV)。林分および単木の葉量についての若干の考察。日林誌45：249

～256, 1963

- 11) 梶原幹弘：スギ同齡林における相対幹曲線の変動について。日林誌**54**：340～345, 1972
- 12) 四大学（北大，東大，京大，大阪市大）および信大（特別参加）合同調査班：森林の生産力に関する研究 第三報。スギ人工林の物質生産について。63pp, 日林協，東京，1966
- 13) 安藤貴・蜂屋欣二・土井恭次・片岡寛純・加藤善忠・坂口勝美：スギ林の保育形式に関する研究。林試報**209**：1～76, 1968
- 14) 只木良也・尾方信夫・長友安男：九州スギ林の物質生産力。林試報**173**：45～66, 1965
- 15) 只木良也・蜂屋欣二：森林生態系とその物質生産。わかりやすい林業研究解説シリーズ**29**, 64pp, 林業科学技術振興所，東京，1968
- 16) 小内功二：スギ孔状択伐作業における林孔地植栽木の現存量。愛大卒論，1977
- 17) 安藤貴・蜂屋欣二・土井恭次・福田英比古：標本調査によるスギの単木および林分枝葉量の推定。日林誌**41**：117～124, 1959
- 18) 鈴木太七・平田種男：測樹学新論抄。経営計画業務参考資料**13**, 165pp, 日本林業調査会，東京，1958
- 19) 只木良也・尾方信夫・長友安男・吉岡清・宮川良幸：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, 1964
- 20) 齋藤秀樹・玉井重信・荻野和彦・四手井綱英：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, 1968
- 21) 西村武二・川村奉文：高知大学農学部附属演習林における森林生産力調査(II)。12年生スギ造林地の生産力について。高知大演報**6**：45～54, 1978
- 22) 西村武二・徳永秀正・池本彰夫・永森通雄：高知大学農学部附属演習林における森林生産力調査(III)。壮令のスギ造林地およびヒノキ造林地の生産力について。高知大演報**8**：35～44, 1981
- 23) 川那辺三郎・四手井綱英：陽光量と樹木の生育に関する研究(I)。2, 3の落葉広葉樹苗木の庇陰効果について。日林誌**47**：9～16, 1965
- 24) 川那辺三郎・四手井綱英：陽光量と樹木の生育に関する研究(III)。針葉樹苗木の生育におよぼす被陰の影響。京大演報**40**：111～121, 1968
- 25) 玉井重信・四手井綱英：林内照度と林分葉量について。日林関西支講**25**：139～140, 1974
- 26) 藤本幸司：択伐作業林における稚樹の生長と環境(VI)。スギ孔状択伐作業林における更新樹の生長と光環境。愛媛大演報**17**：15～26, 1980
- 27) 全国林業改良普及協会：良質材の生産をめざして。これからの林業シリーズ**16**, 38pp, 全国林業改良普及協会，東京，1971
- 28) 岐阜県林政部：優良柱材生産の手引。29pp, 1976
- 29) 木本達郎：林木の生長を支配する要因に関する解析的研究。九大演報**37**：85～175, 1964
- 30) 安藤貴・竹内郁雄・齊藤明・渡辺秀彦：人工二段林における物質生産量の測定例。日林誌**51**：102～107, 1969
- 31) 藤本幸司：択伐作業林における稚樹の生長と環境(II)。孔状択伐作業林(模型)の光環境とスギ稚苗の生長。愛媛大演報**13**：175～192, 1976

(1981年8月24日受理)

Appendix 1 - (1) Multiple correlations of main 20 regression equations.
(Dependent variables : Dry weight of new leaves)

Independent variables										Diameter at breast height of sample tree (cm)							
W	P _H	P _H ²	L	D ₁	D ₂	D ₁ ² L	D ₂ ² L	I _{A1}	I _{A2}	I _{A1} L	I _{A2} L	14.25	20.05	21.70	25.80	32.75	41.45
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.6022	0.7537	0.7352	0.8314	0.5206	0.8631
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.6946	0.8235	0.9363	0.8952	0.8943	0.9347
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.7943	0.8995	0.9560	0.9475	0.8925	0.9533
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.7528	0.8749	0.9535	0.9369	0.9194	0.9445
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.8150	0.8671	0.9443	0.9666	0.9075	0.9078
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.8479	0.9000	0.9584	0.9751	0.9285	0.9712
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.8941	0.9506	0.9826	0.9697	0.9355	0.9888
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9081	0.9508	0.9832	0.9752	0.9363	0.9900
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9099	0.9535	0.9820	0.9748	0.9285	0.9900
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9086	0.9510	0.9833	0.9752	0.9380	0.9900
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9049	0.9484	0.9768	0.9760	0.9487	0.9902
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.8974	0.9515	0.9830	0.9774	0.9573	0.9912
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9171	0.9493	0.9911	0.9778	0.9580	0.9924
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9184	0.9516	0.9834	0.9796	0.9573	0.9923
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9174	0.9497	0.9911	0.9778	0.9580	0.9924
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9185	0.9518	0.9835	0.9797	0.9575	0.9923
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9192	0.9520	0.9909	0.9770	0.9557	0.9912
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9216	0.9537	0.9827	0.9784	0.9552	0.9912
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9190	0.9501	0.9661	0.9756	0.9397	0.9889
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9186	0.9519	0.9620	0.9786	0.9402	0.9911

Appendix 1 - (2) Multiple correlations of main 20 regression equations.
(Dependent variables : Dry weight of old leaves)

Independent variables										Diameter at breast height of sample tree (cm)							
W	P _H	P _H ²	L	D ₁	D ₂	D ₁ ² L	D ₂ ² L	I _{A1}	I _{A2}	I _{A1} L	I _{A2} L	14.25	20.05	21.70	25.80	32.75	41.45
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9745	0.9879	0.9953	0.9819	0.9624	0.9680
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9910	0.9952	0.9977	0.9913	0.9916	0.9888
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9865	0.9937	0.9975	0.9930	0.9941	0.9892
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9926	0.9956	0.9980	0.9935	0.9926	0.9900
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9914	0.9954	0.9977	0.9920	0.9928	0.9917
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9929	0.9958	0.9980	0.9935	0.9936	0.9934
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9938	0.9957	0.9981	0.9920	0.9936	0.9923
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9948	0.9957	0.9981	0.9931	0.9936	0.9943
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9910	0.9951	0.9978	0.9940	0.9946	0.9920
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9948	0.9958	0.9981	0.9941	0.9938	0.9943
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9946	0.9960	0.9980	0.9950	0.9957	0.9946
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9939	0.9958	0.9981	0.9935	0.9960	0.9924
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9948	0.9959	0.9983	0.9942	0.9960	0.9948
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9948	0.9958	0.9981	0.9939	0.9960	0.9944
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9949	0.9960	0.9983	0.9951	0.9961	0.9948
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9948	0.9959	0.9981	0.9947	0.9961	0.9944
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9912	0.9953	0.9981	0.9955	0.9956	0.9929
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9911	0.9951	0.9979	0.9948	0.9956	0.9921
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9797	0.9934	0.9984	0.9870	0.9752	0.9922
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9817	0.9930	0.9979	0.9879	0.9752	0.9917

Appendix 1 –(3) Multiple correlations of main 20 regression equations.
(Dependent variables : Dry weight of branches)

Independent variables										Diameter at breast height of sample tree (cm)							
W	P _H	P _H ²	L	D ₁	D ₂	D ₁ ² L	D ₂ ² L	I _{A1}	I _{A2}	I _{A1} L	I _{A2} L	14.25	20.05	21.70	25.80	32.75	41.45
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9623	0.9808	0.9712	0.9648	0.9648	0.9815
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9967	0.9967	0.9974	0.9957	0.9988	0.9963
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9951	0.9956	0.9952	0.9972	0.9980	0.9963
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9968	0.9969	0.9975	0.9962	0.9988	0.9965
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9991	0.9968	0.9974	0.9980	0.9988	0.9970
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9991	0.9969	0.9975	0.9984	0.9988	0.9970
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9991	0.9972	0.9975	0.9980	0.9988	0.9970
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9991	0.9972	0.9975	0.9981	0.9988	0.9971
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9955	0.9972	0.9954	0.9978	0.9983	0.9964
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9991	0.9972	0.9975	0.9984	0.9988	0.9971
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9994	0.9973	0.9980	0.9977	0.9993	0.9972
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9993	0.9973	0.9979	0.9981	0.9991	0.9975
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9995	0.9973	0.9980	0.9979	0.9993	0.9972
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9993	0.9973	0.9979	0.9981	0.9991	0.9975
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9995	0.9973	0.9980	0.9981	0.9993	0.9973
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9993	0.9973	0.9979	0.9984	0.9991	0.9975
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9955	0.9972	0.9968	0.9977	0.9983	0.9966
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9955	0.9976	0.9968	0.9978	0.9983	0.9969
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9835	0.9926	0.9908	0.9831	0.9869	0.9941
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9858	0.9924	0.9907	0.9851	0.9873	0.9968

Appendix 1 –(4) Multiple correlations of main 20 regression equations.
(Dependent variables : Dry weight increment of branches)

Independent variables										Diameter at breast height of sample tree (cm)							
W	P _H	P _H ²	L	D ₁	D ₂	D ₁ ² L	D ₂ ² L	I _{A1}	I _{A2}	I _{A1} L	I _{A2} L	14.25	20.05	21.70	25.80	32.75	41.45
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.7695	0.7202	0.8328	0.8874	0.6158	0.9251
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.8380	0.9134	0.9480	0.9336	0.9448	0.9398
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9130	0.8910	0.9608	0.9674	0.9157	0.9547
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.8508	0.9249	0.9494	0.9561	0.9481	0.9403
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9855	0.9555	0.9772	0.9838	0.9659	0.9407
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9882	0.9593	0.9774	0.9856	0.9675	0.9407
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9885	0.9593	0.9775	0.9842	0.9718	0.9721
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9894	0.9596	0.9777	0.9854	0.9719	0.9724
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9884	0.9657	0.9853	0.9875	0.9629	0.9722
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9894	0.9604	0.9777	0.9857	0.9719	0.9725
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9868	0.9821	0.9869	0.9876	0.9852	0.9550
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9898	0.9764	0.9917	0.9914	0.9804	0.9721
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9891	0.9815	0.9882	0.9887	0.9852	0.9580
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9902	0.9767	0.9918	0.9915	0.9811	0.9725
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9892	0.9824	0.9882	0.9888	0.9853	0.9584
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9902	0.9770	0.9918	0.9915	0.9817	0.9726
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9871	0.9831	0.9891	0.9899	0.9821	0.9639
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9888	0.9784	0.9929	0.9923	0.9781	0.9723
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9856	0.9803	0.9859	0.9859	0.9678	0.9582
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.9889	0.9721	0.9908	0.9855	0.9621	0.9766

Appendix 2 –(1) Dry weight of sample trees
 Stand : Group–selection stand (Regeneration tree)
 Investigated year : 1977

D. B. H. (cm)	Height (m)	Dry weight (kg)				Increment of dry weight (kg)			
		Stem	Branches	Leaves	Total	Stem	Branches	Leaves	Total
2.18	2.73	0.45	0.12	0.21	0.78	0.05	0.02	0.03	0.11
2.71	3.16	0.79	0.16	0.32	1.28	0.05	0.03	0.05	0.13
2.98	3.29	0.76	0.22	0.46	1.44	0.11	0.06	0.09	0.26
3.83	3.97	1.36	0.30	0.58	2.23	0.14	0.06	0.07	0.27
3.93	3.83	1.47	0.38	0.79	2.64	0.10	0.08	0.11	0.30
5.08	4.65	2.58	0.74	1.01	4.33	0.18	0.12	0.15	0.45
5.22	5.46	2.57	0.53	1.04	4.14	0.25	0.09	0.14	0.48
6.08	7.48	4.98	0.68	1.14	6.81	0.39	0.10	0.15	0.64
6.13	6.05	3.67	0.67	0.98	5.32	0.36	0.11	0.18	0.64
7.36	7.91	6.72	1.59	2.60	10.91	0.94	0.36	0.52	1.82
8.72	9.30	9.38	1.57	3.37	14.31	1.94	0.38	0.67	2.99
10.35	8.11	11.92	3.25	5.75	20.92	2.33	0.84	1.39	4.55

Appendix 2 –(2) Dry weight of sample trees
 Stand : Group–selection stand (Regeneration tree)
 Investigated year : 1979

D. B. H. (cm)	Height (m)	Dry weight (kg)				Increment of dry weight (kg)			
		Stem	Branches	Leaves	Total	Stem	Branches	Leaves	Total
3.75	3.60	1.18	0.27	0.57	2.02	0.14	0.05	0.07	0.26
5.13	5.17	2.44	0.46	0.83	3.73	0.31	0.08	0.11	0.50
5.58	6.57	3.52	0.48	0.99	4.98	0.39	0.08	0.13	0.59
6.14	6.43	4.36	0.87	1.78	7.01	0.74	0.16	0.29	1.19
9.58	7.77	10.57	2.06	4.04	16.68	1.01	0.32	0.61	1.93
12.13	9.36	15.78	3.15	4.69	23.62	2.03	0.64	0.70	3.37

Appendix 2 –(3) Dry weight of sample trees
 Stand : Group–selection stand (Upper tree)
 Investigated year : 1980

D. B. H. (cm)	Height (m)	Dry weight (kg)				Increment of dry weight (kg)			
		Stem	Branches	Leaves	Total	Stem	Branches	Leaves	Total
14.25	15.70	47.84	1.84	8.60	58.28	1.54	0.44	1.12	3.10
20.05	17.87	89.27	5.18	15.37	109.82	4.91	1.31	1.99	8.22
21.70	18.32	109.86	5.60	22.30	137.75	5.74	2.59	4.66	12.45
25.80	20.56	178.94	11.80	32.52	223.26	9.12	3.59	5.34	18.06
32.75	22.48	283.82	11.73	53.70	349.25	9.40	4.61	8.25	22.25
41.45	24.20	521.49	48.82	76.98	647.29	22.55	7.17	14.51	44.23

Appendix 2-(4) Dry weight of sample trees

Stand : Open-land

Investigated year : 1979

D. B. H. (cm)	Height (m)	Dry weight (kg)				Increment of dry weight (kg)			
		Stem	Branches	Leaves	Total	Stem	Branches	Leaves	Total
3.13	3.31	1.06	0.32	0.74	2.12	0.21	0.07	0.12	0.41
4.55	4.79	1.68	0.39	1.37	3.45	0.74	0.15	0.32	1.20
5.40	5.70	3.56	0.50	0.85	4.91	0.45	0.14	0.23	0.82
5.46	5.45	3.31	0.76	1.51	5.58	0.90	0.26	0.43	1.60
5.75	5.11	3.50	1.02	2.03	6.55	0.88	0.32	0.48	1.68
7.00	7.99	6.33	0.81	1.93	9.06	1.42	0.19	0.40	2.01
8.27	6.75	7.62	1.58	3.62	12.82	1.98	0.59	0.86	3.43
8.69	7.50	8.83	1.53	3.42	13.79	1.96	0.49	0.81	3.26
12.85	9.25	17.23	3.00	5.99	26.22	3.89	1.01	1.54	6.44
20.36	10.36	46.47	8.16	17.87	72.51	13.22	3.38	5.44	22.04