

有峰におけるカラマツ人工林の生長と生産力

阪上 俊郎

Growth and Productivity of *Larix leptolepis* Plantation
in Arimine, Toyama.

Toshio SAKAUE

要旨：ブナ林を伐採した跡地に植栽された18年生のカラマツ林の現存量と生長を解析した。樹幹解析によって樹高生長および材質生長を求めた。MITSCHERLICH 式にあてはめて樹高生長曲線を描き、30年で16m、40年で20mになると予測した。材積は指数関数的な増加を示し、低下する傾向はみられない。層別刈取法を用いて求めた幹、枝、葉の現存量はそれぞれ、乾重で81.60ton/ha、16.79ton/ha、6.32ton/haであった。また下層のササの現存量は17.92ton/haであった。最近1年間の幹の生長量は乾重で10.97ton/ha・yr、材積で21.02m³/ha・yrであった。枝と根の生長量は幹の生長量の30%として、また枯死量および被食量を無視して純生産量を算出すると約24ton/ha・yrとなる。葉の生産能率は3.8ton/ha・yrであるから、この調査地の純生産量の多さは、葉量の多さが最も大きな原因であると考えられる。

I はじめに

カラマツ (*Larix leptolepis* GORDON) はわが国の主要な造林樹種の一つで、生長が早く、耐寒性があり、瘠せた土壤にも生育することから、原産地の中部地方だけでなく、北海道・東北から九州まで広く造林されて来た。

富山県における天然分布は黒部川沿いを中心に、剣岳・業師岳周辺の海拔1000~2000mのところ広がっている。一方人工造林は、ブナ林を伐採した跡地で、海拔1000~1400mのところで行われてきたが、日本海側の湿雪のためにつぶされたり、根がえりなどにより成林している林は少ない。

本調査は、ブナ林伐採後に植栽された種々な樹種の実態を把握して、冷温帯における造林に関する基礎資料を得る目的で着手された。

なお、調査にあたって協力をいただいた富山県林業試験場の職員各位に深く感謝する。

II 調査地の概況および調査方法

調査地は富山県中新川郡大山町有峰の西谷地内である。岐阜県境に近い常願寺川支流和田川の源流地帯で標高1200mにある。この調査地から北西約6kmにある猪根平での観測値(標高約1100m、1965~1975年観測)は年平均気温7.1℃、最高気温23.3℃、最低気温-7.6℃、年降

水量2579mm、最深積雪4.15mである。暖かさの指数(WI)57.8℃、寒さの指数(CI)-33.0℃であり、冷温帯落葉広葉樹林帯に属している。

調査地は南西向き屋根下部斜面で、傾斜約12°である。土壤はPw(i)II型土壤である。林冠は閉鎖してお

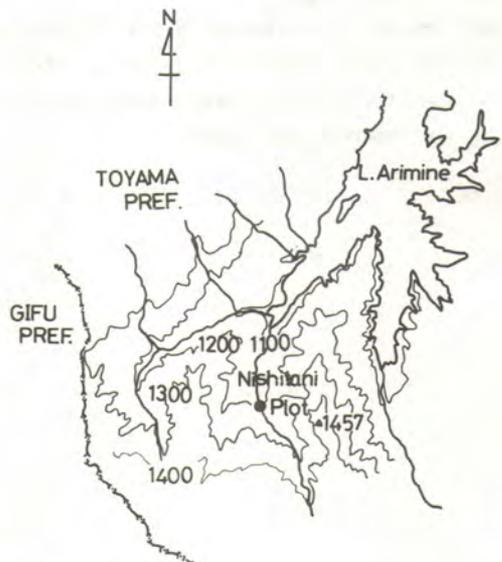


図-1 調査地の位置

Fig. 1. Map of survey area and sampling plot.

り、下層には一面にササが密生している。林分の状況は表-1に示す通りである。1963年10月に植栽され、林分高は9~12m、立木本数は2400本/haで、除間伐は行われた形跡はなく、また枯死した個体もない。

調査は1980年9月に行い、5m×5mの方形プロットを設け、全立木6本を伐倒した。下層のササは0.5m×0.5mのサブプロットを設け、全刈した。立木は胸高直径・樹高・当年伸長量、枝下高を測定後、層厚2mとして、層別刈取法を用いて、幹・枝・葉に分けて生重量を測定した。試料木の各層の各々の部分のサンプルを採り、研究室に持ち帰って105℃で乾燥し、含水率を求めて、生重量を絶対重量に換算した。また樹幹解析用に各層の幹の下部から円板を採取した。なお、本報告の重量データはすべて絶対重量で表記してある。

Ⅲ 調査結果および考察

1. 樹高生長

樹幹解析によって各個体の樹高生長を求め、これらを平均して林分樹高曲線を描いた(図-2)。樹高曲線は生長期間を通じ、生育環境が一定ならば、なめらかなS字曲線をとる。しかし、単木的にみると、他の個体との競争などの偶然的な生育環境の変化に対応して、生長曲線

には凹凸が生じる。そこで偶然的な要素の影響を少なくするために、南雲ら¹⁾が用いたように上層木を集めて、本質的な法則性を確かめた。ここでは伐採時点をそろえているから、南雲らのモデルⅢに相当する。

カラマツは初期生長が良く、胸高直径・樹高ともに上に凸な生長曲線を描き、²⁾³⁾1階の定差式で直線になるから、MITSCHERLICH式に非線形の最小自乗法によってあてはめると

$$\bar{H}(t) = 47.223(1 - 1.006e^{-0.0140t}) \dots\dots\dots (1)$$

$\bar{H}(t)$: t年における平均樹高

となる。

(1)式から、30年で約16m、40年で約20mになると推定された。これは小林²⁾の北海道での地位指数16、西沢ら⁴⁾の長野での地位指数20に相当する。小林・西沢では上限樹高は30m前後となっているが、(1)式ではこの値より大きい。これは調査時の樹齢が低く、生長の低下はわずかしら認められないために過大に推定されたと考えられる。したがって(1)式は現時点までの樹高生長とは良くあうが、必ずしも伐期齢まで、実際の生長と近似し得るとはいえない。しかし小林が北海道で、西沢らが長野の標高1200~1400mで調べた値であることを考慮すると、この調査地の40年で20mという値は、いくぶん過大推定にはなるが、実際ではこれに近い値を示すだろう。

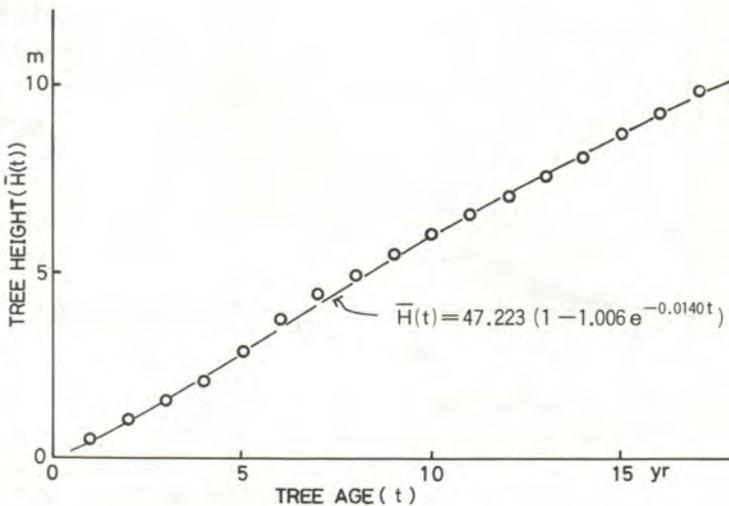


図-2 平均樹高曲線
 Fig. 2. The average height growth curve of this stand
 ○ Observed data

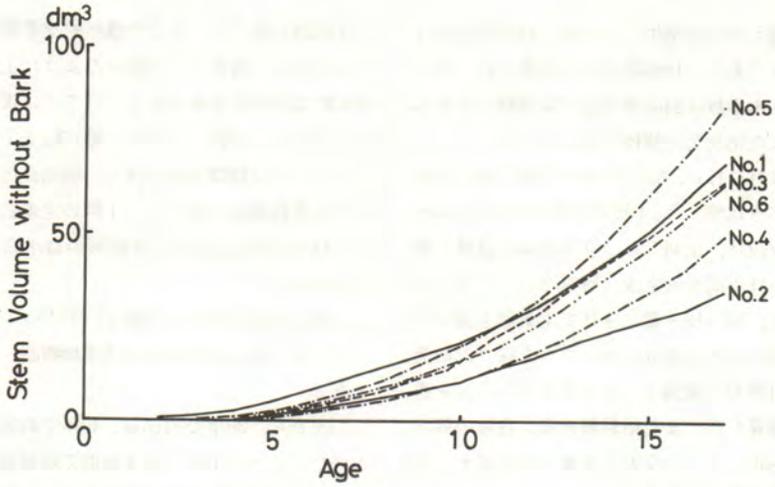


図-3 材積生長曲線 (皮なし)
 Fig.3. Stem volume curves without bark

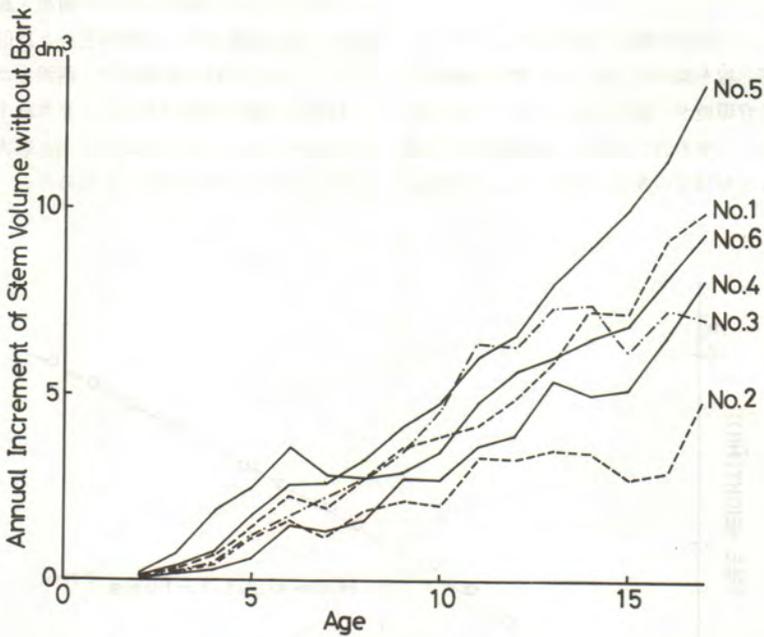
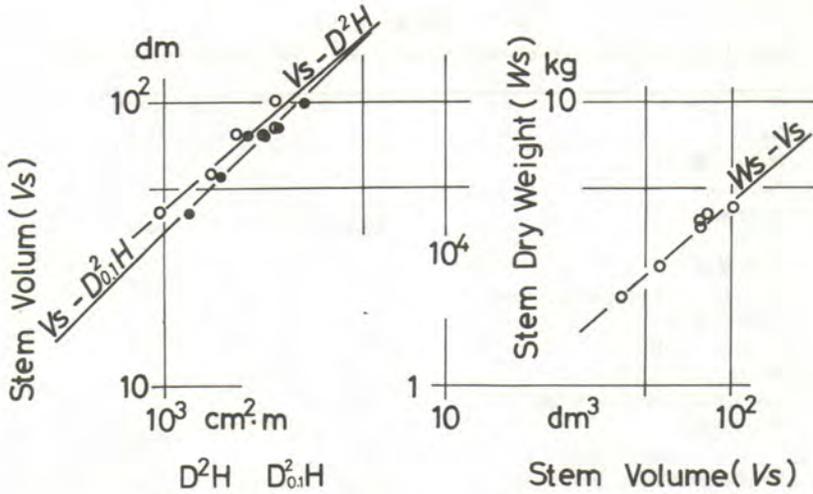


図-4 連年生長曲線 (皮なし)
 Fig.4. Curves of annual increment of stem without bark

2. 材積生長

各個体の皮なしの材積生長曲線, 材積の連年生長曲線をそれぞれ図-3, 図-4に示した。材積生長曲線も一般理論生長曲線にしたがってS字状になるが, 現在では

まだ指数関数的な増加を示す。調査時点で, 材積の連年生長量 (皮なし) は劣勢木を除いてまだ増加しており, 最多の時期を迎えていない。したがって, この調査地のカラマツの材積は今後しばらくは指数関数的生長を持続すると思われる。



図一五 幹材積 (V_s) と 胸高直径の2乗×樹高 (D^2H), 幹材積と樹高の1割直径の2乗×樹高 ($D_{0.1}^2H$), 幹材積と幹重 (w_s) との相対生長関係

Fig. 5. Allometric relations between stem volume (V_s) and (square of DBH) × (tree height), between stem volume and (square of diameter at 1/10 tree height) × (tree height), between stem volume and stem dry weight.

$$\begin{aligned} \log V_s &= 0.880 \log D^2H - 1.017 \\ V_s &= 0.034 D_{0.1}^2H \\ \log w_s &= 0.877 \log V_s - 0.100 \end{aligned}$$

3. 幹の相対生長関係

生物個体の任意の2つの部分間に成立する相対生長関係 (allometry) は現存量を推定するためだけでなく、樹種、林分等の比較にも用いられる。

幹材積 (V_s) と胸高直径の2乗×樹高 (D^2H) との関係は

$$\begin{aligned} \log V_s &= 0.880 \log D^2H - 1.017 \dots \dots \dots (2) \\ V_s (\text{dm}^3), D^2H (\text{cm}^2 \cdot \text{m}) \end{aligned}$$

で示される。浅田ら⁵⁾の報告で示された回帰式の勾配0.989より小さく、切片も大きい。これは胸高が、個体の大小によって樹幹全体での相対位置が変わるために、胸高の意味が樹形的に異なるためだと思われる。このために、胸高直径の代わりに、樹高の1割高の直径 ($D_{0.1}$)を測り、幹材積と $D_{0.1}^2H$ との関係調べた。

$$\begin{aligned} V_s &= 0.034 D_{0.1}^2H \dots \dots \dots (3) \\ V_s (\text{dm}^3), D_{0.1}^2H (\text{cm}^2 \cdot \text{m}) \end{aligned}$$

V_s と $D_{0.1}^2H$ は両対数上で勾配1となる。(2)式の比例定数は菅⁶⁾が調べた値 0.039より小さく、歩どまりの悪い幹形をしていることになる。

また幹材積と幹重 (w_s) の関係は

$$\begin{aligned} \log w_s &= 0.877 \log V_s - 0.100 \dots \dots \dots (4) \\ w_s (\text{kg}), V_s (\text{dm}^3) \end{aligned}$$

となる。この調査林分の幹比重は0.42~0.50kg/dm³の範囲にあり、個体の大小で異なるが、カラマツの場合、スギと異って、生長の良し悪しのみでは林分の幹比重の分離傾向は説明できないという⁶⁾。

4. 林分現存量

この調査ではプロット内の全立木を伐倒したので、その実測値を ha 当りに換算した値を表一に示す。

幹現存量 (y_s) は81.60ton/ha (材積では174.63 m³/ha) であり、単位高さ当りの幹現存量 y_s/\bar{H} は7.76ton/ha·m (16.60 m³/ha·m) であった。林野庁調査の収穫表調整資料の標準地データからカラマツの場合は信州地方で、17~18 m³/ha·m という値を示しており、これから y_v/\bar{H} の最大値は約17 m³/ha·m だと考えられる⁷⁾ という。したがって、この調査地は蓄積としては十分な量を持っているといえる。

枝現存量 (y_b) は 16.79ton/ha であった。枝量の場合は、林齢だけでなく、立木本数に影響され、いちがいに比較できないが、本林分とよく似た信州では10~12 ton/ha,⁸⁾ 北海道では12ton/ha⁹⁾ であることから、この林分は多い方である。

葉現存量 (y_l) は、6.32ton/ha であった。これは四大

表-1 現存量・その他

Table 1. Biomass and other properties of *Larix leptolepis* at Arimine region

林分		有峰西谷 Arimine, Nishitani
Stand age	yr	17
立木密度 Stand density	No/ha	2400
平均樹高 Average height of dominant trees	m	10.52
平均胸高直径 Average of DBH	cm	13.20
平均枝下高 Average of clear bole length	m	2.84
平均生長量 Average of height growth	m/yr	0.68
胸高断面積合計 Total basal area at breast height	m ² /ha	32.96
現存量 Biomass per hectare	ton/ha	
幹 Stem		81.60
材積 (Volume)	m ³ /ha	174.63
枝 Branch		16.79
葉 Leaf		6.32
地上部 Aboveground parts	ton/ha	104.71
下層植生 Undergrowth		
ササ Sasa	ton/ha	17.92

学および信大合同調査班⁸⁾の信州での値2.8~4.5 ton/ha、北海道での4.5 ton/haに比べて大きい。葉量は密度だけでなく林齢によっても変化し、特に閉鎖直後の若い林分で最も多くなる傾向にある。¹⁰⁾この調査地の林分も閉鎖直後であるため大きな葉量を持っていると思われるが、それでも蜂屋ら¹¹⁾が、高密度若齢林分において、カラマツ林の持ち得る最大の葉量とした値5.3 ton/haよりも大きい。

また林床にはササ(*Sasa kurilensis*, *Sasa paniculata*)が密生し、その現存量は17.92 ton/ha・yrであった。

5. 林分の生産量

幹重量生長量(ΔW_s)は樹幹解析から最近1年間の幹材積生長量(ΔV_s)を求めて、これに幹比重をかけて算出した。枝と根の生長量は幹重量生長量の30%とした。⁸⁾

したがって、全重量生長量(ΔW)は

$$\Delta W = 1.6\Delta W_s + W_L \dots\dots\dots(5)$$

で示される。幹重量生長量(ΔW_s)は10.97 ton/ha・yr (材積では21.02 m³/ha・yr)であった。葉の生産量を葉の現存量とし、枯死量・被食量を無視すると純生産量は地上部で約21 ton/ha・yr、地下部を含めた全体(ΔW)で約24 ton/ha・yrと推定された。

今回調査した林分は、北海道の21年生の林分での19 ton/ha・yr,⁹⁾高密度の13年生林分での21 ton/ha・yr,¹¹⁾岩手県の39年生林分での14.6 ton/ha・yr¹²⁾に比べて大きい。これまで、一般にカラマツ人工林の生産力は10~15 ton/ha・yrにモードがあり、常緑の広葉樹やスギ林より劣るといわれていたが、この調査地のカラマツ林では、それらの常

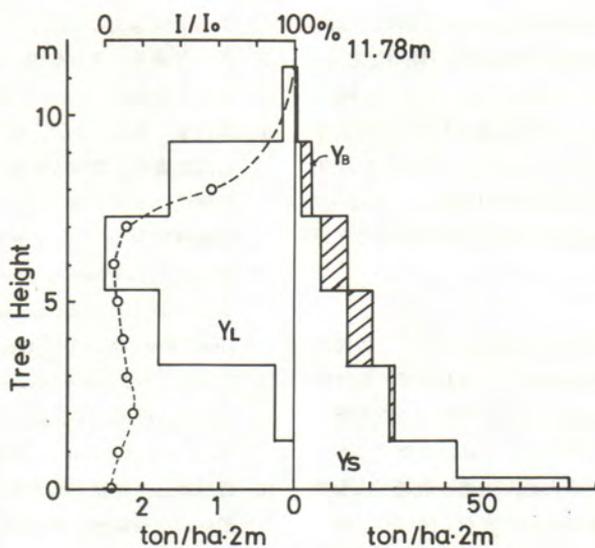


図-6 林分の生産構造図

Fig. 6. Vertical distributions of leaf biomass (y_L), branch biomass (y_B) and stem biomass (y_S), and vertical distribution curve of relative light intensity (I/I_0).

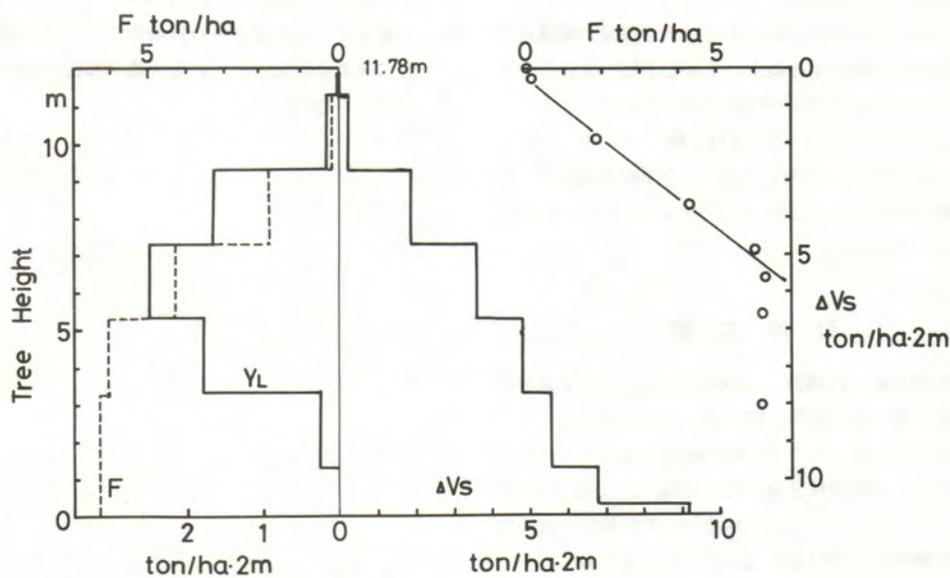


図-7 材積生産構造図

Fig. 7. Vertical distributions of leaf biomass (y_L), accumulated leaf amount (F) and stem volume increment (ΔV_S).

緑樹に匹敵する生産力が得られた。

葉の幹生産能率は重量で1.74ton/ton·yr, 材積で, 3.33 m³/ton·yrであった。また葉の全生産能率(純同化率 net assimilation rate)は3.78ton/ton·yrであった。この値は、四大学合同調査班⁸⁾の3.5ton/ton·yrより大きい、高密度林分¹¹⁾の3.97ton/ton·yrより小さい。したがって、この調査林分の24ton/ha·yrという大きな生産力は、6.32ton/haという林分葉量の多さが、最も大きな要因であると思われる。

6. 林分の生産構造

この調査は層別刈取法を用いて測定したので、各部分の乾重を用いて、生産構造図を描き、あわせて、相対照度の垂直分布も図示した(図-6)。同化器官である葉は上部から下部まで分布している。これは、カラマツが針葉樹である上に落葉樹であるため、陽光の透過が広葉樹より大であり、加えて、針葉のつき方が2種あり、新しい長枝が樹冠の外層上部を占め、叢生する短枝は樹冠内部の古い枝につくため、かなり下部まで葉が着生していると考えられる。⁸⁾

生産構造図では、非同化組織の大半を占める幹が現存量で示され、現在の生産器官である葉に対する生産の機構を示すのに不便である。そこで、樹幹解析から各層ごとの材積生長量を求めて、四手井・只木¹³⁾¹⁴⁾の提案した材積生産構造図を作成した(図-7)

群落頂部から任意の距離 z までにある葉量の積算値を $F(z)$ とすると、葉の生産能率が上層と下層で変化しなければ、 $F(z)$ と z 層での幹材積生長量 $\Delta V_s(z)$ とは、

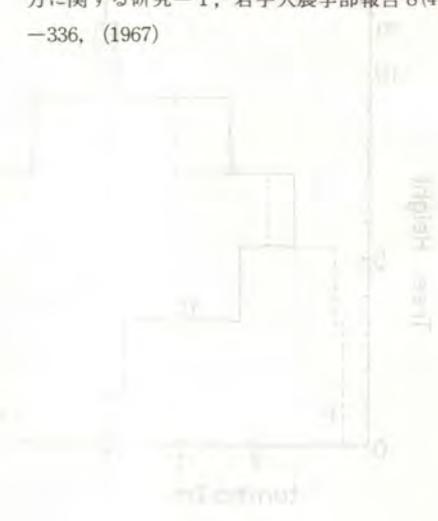
$$\Delta V_s(z) = a \cdot F(z) - b \quad (a, b \text{ は定数}) \dots \dots \dots (6)$$

の関係が成立する。カラマツのような陽樹の場合は、根ばりの部分を除いて、図-7にみられるように $\Delta V_s(z)$ と $F(z)$ は比例する。

引用文献

- 1) 南雲秀次郎・佐藤健：Mitscherlich式による森林の生長予測, 東大演報, 61, 37-102, (1965)
- 2) 小林正吾：カラマツ人工林の林分生長モデルに関する研究, 北海道林試報, 15, 別刊, 1-164, (1977)
- 3) ————：カラマツ人工林の林分生長解析—直径変動の推移—, 85回日林講, 53-55, (1974)
- 4) 西沢正久・直下育久・川端幸蔵：数量化による地位指数の推定法, 林試研報, 176, 1-49, (1965)
- 5) 浅田節夫・菅 誠：カラマツ人工林の林分管理と生産力に関する研究, 長野営林局報告, 49pp., (1968)

- 6) 菅 誠：人工一斉林の林分密度に関する生態学的研究(学位論文), 117pp., (1967)
- 7) 四手井綱英・赤井龍男・斉藤秀樹・河原輝彦：ヒノキ林, 地球社, 375pp., (1974)
- 8) 四大学(北大, 東大, 京大, 大阪市大)および信大合同調査班：森林の生産力に関する研究 第II報 信州産カラマツ林について, 日本林業技術協会育林技術研究会, 61pp., (1964)
- 9) SATOO, T.: Primary production relations in a plantation of *Larix leptolepis* in Hokkaido. Bull. Tokyo Univ. For., 66, 119-126, (1973)
- 10) TADAKI, Y.: Some discussion on the leaf biomass of forest stands and trees. Bull. Gov. For. Exp. Sta., 184, 135-161, (1966)
- 11) 蜂屋欣二・羽秋一延・藤森隆郎：高密度カラマツ幼齢林の生長解析, 日林誌, 48, 445-448, (1966)
- 12) SATOO, T.: Primary production in a plantation of japanese larch, *Larix leptolepis*: a summarized report of JPTF-66 KOIWAI. J. Jop. For. Soc., 52, 152-158, (1970)
- 13) 只木良也・四手井綱英：材積生産構造図の提案(1), 日林講, 70, 294-295, (1960)
- 14) 四手井綱英・只木良也：材積生産構造図の提案(2), 日林講, 70, 295-297, (1960)
- 15) 千葉宗男・永野正造・戸沢俊治：カラマツ林の生産力に関する研究—1, 岩手大農学部報告 8(4), 325-336, (1967)



Summary

The growth and biomass of a 17-year-old *Larix leptolepis* plantation were investigated, which was planted on clear-felling stand of the beech stand.

The growth was obtained by stem analysis. The average height curve could be expressed by means of the MITSCHERLICH'S formula, and it was predicted from the equation that the average height of the stand at 30 and 40 years would become 16 and 20 m respectively. The stem volume curves of the trees are increasing exponentially and that condition will be keeping for any length of time. With the stratified clipping method, the biomass of stem, branch and leaf were amounted to 81.60 ton/ha, 16.79ton/ha and 6.32ton/ha respectively, and the undergrowth, *Sasa kurilensis* and *S. paniculata*, was 17.92 ton/ha. The increments of stem were amounted to 10.97ton/ha·yr in dry weight and 21.02m³/ha·yr in volume. Assuming that branch and root increments are 30 percent of stem increment respectively and neglecting losses by the death and the consumers, the net production of this stand is estimated at about 24ton/ha·yr. The rate of net production to leaf biomass (net assimilation rate) was about 3.8ton/ton·yr, and the high productivity of this stand greatly depended on the large amount of leaf diomass and was independent of the efficiency of leaf.