

カラマツ幼齡林の現存量・生産力

内田 煌二*・荒木 眞之*・黒田 吉雄*

Standing Crop and Productivity of Young Larch (*Larix leptolepis* Gord.) Stand.

Kohji UCHIDA, Masayuki ARAKI, and Yoshio KURODA

目 次

I. はじめに……………	163	3. 根の相対成長式……………	166
II. 調査林分および方法……………	164	4. 現存量……………	167
III. 結果および考察……………	164	5. 生産力……………	169
1. 林分の概要……………	164	IV. ま と め……………	171
2. 幹・枝・葉の相対生長式……………	164		

I. はじめに

カラマツ林の生産力は、これまでに5大学(1)によった諏訪地方の壮齡林の例、(旧)林試東北支場によった人工壮齡林の例(2)、野辺山の集団植栽の例(3)、などが調査されてきた。最近、群落光合成の観点からの調査(4-7)が行われているものの、全体的に調査例が多いとは云えない。そこで、生産力と地形の関係を把握するため、幼齡林を用いて根の掘り取り調査、短枝葉・長枝葉の分別秤量、当年枝・その他の枝の分別秤量などを含む比較的細密な調査を行なった。なお、短枝葉、長枝葉、当年枝、その他の枝などの内容は以下の通りである。すなわち、カラマツの短枝とは針葉が菊座状に叢生している長さ3~4 mm以下の節間が極端に短くなった枝(8)で、長枝とはその他の枝である。但し、長枝上に直接着生している針葉は、その当年生部分に螺旋上に配列している(8)針葉のみである。ここでは記述の簡素化のため、長枝の当年生部分を単に当年枝と略称し、当年枝と当年生の幹に着生する針葉を長枝葉と呼ぶ。また、短枝上に叢生する葉を短枝葉と呼ぶ。

* 筑波大学農林学系

Institute of Agriculture and Forestry, University of Tsukuba, Tsukuba-shi, Ibaraki 305

II. 調査林分および方法

調査林分は、長野県南佐久郡川上村にある筑波大学農林技術センター川上演習林の3林班ち小班で、標高1430 m、傾斜26°の西南西向き斜面上に生育する12年生幼齡人工林である。林内に約1500 m²の調査区を設け、1988年8月末（以下88年と略）に区内の424個体について樹高（H:cm 単位）と胸高直径（D: 0.1 cm 単位）の毎木調査を行なった。そして、サイズが異なる試料個体を選定・伐倒して層別刈り取り調査を行ない、各部分重の測定値を得た。林分が幼齡のため、試料数は6個体とし層別刈り取りの層深度は1 mとした。葉むしりサンプルの採取率は層当り枝量の1/3以上と、一般例より大きく設定し、全量をむしった層も多い。続いて、各部分の乾燥率・相対成長式などを計測・算出し、現存量を推定した。さらに、翌1989年の8月末（89年と略）にも、この調査区において全く同様の調査を繰返した。そして、現存量の差から生産力を求めた。

この調査で用いた根重測定法は以下の通りである。すなわち、地上部伐倒後の試料個体から、5個体（1個体は89年の試料個体を使用）を選定し、根株から直接分岐している根（1次根と称する）を各個体から大小6本ずつ選んで先端まで掘り出した。この根を切断された根の重量を推定するためのサンプル（根サンプル）として最基部から切断・採取し、切断面の最大径・最小径を測った。他の1次根はある程度の長さを掘り出し、先を切捨てた。但し、切断部の直径はすべて記録した。このようにすべての1次根を切断して根株をとりだし生重を測定した。そして、根株の一部と根サンプルから求めた乾燥率を用いて、生重値を乾重に換算した。

III. 結果および考察

1. 林分の概要

この林分は、本数密度2790本/ha、平均樹高6.5 m、平均胸高直径8.3 cmで、胸高直径および樹高の相対頻度分布は共に明確な正規分布傾向を示す。信州地方カラマツ林分収穫表（9）を比較基準とすると、この林の本数密度はその約1.4倍も高いので、自己間引きの進行が遅れていると云える。しかし、枝葉の交差が起って個体間の優劣差が明確化しつつあるので、今後急速に自己間引きが進むと思われる。

2. 幹・枝・葉の相対成長式

幹・長枝葉・短枝葉・葉（合計量）・枝など、各部分の個体当り乾重（g 単位）とD²H（リットル単位）との間の相対成長式は、表-1に示すように（但し、根の式も併記する）各々極めて大きなF検定の分散比を示し全て0.1%水準で有意となる。それは、図-1の通り未だ相対成長関係の頭打ち現象が起っていないからである。これらの係数値は、同じ林分で89年に算出した係数値と極めて近い値であり、共分散分析の結果からも傾き・y切片共に差が無いことが判った。

但し、D²Hと葉重間の成長式の適合性は現状でも分散比で135.94、有意水準0.1%と十分に高い

表-1 D²H と各部分重間の相対成長式の係数

部分重	傾き	y 切片	分散比
全重	0.9759	2.5507	4459.5
幹重	0.9283	2.3190	2025.1
根重	1.0675	1.8968	1549.5
枝重	0.9939	1.6645	495.5
当枝重	1.0380	0.2827	52.3
他枝重	0.9927	1.6416	357.7
枯枝重	0.7027	1.4191	95.7
葉重	0.9441	1.3196	135.9
長枝葉	0.9143	0.7082	72.6
短枝葉	0.9505	1.1968	121.4

注) 当枝重=当年枝重, 他枝重=他の枝の重さ
 長(短)枝葉=長(短)枝葉重

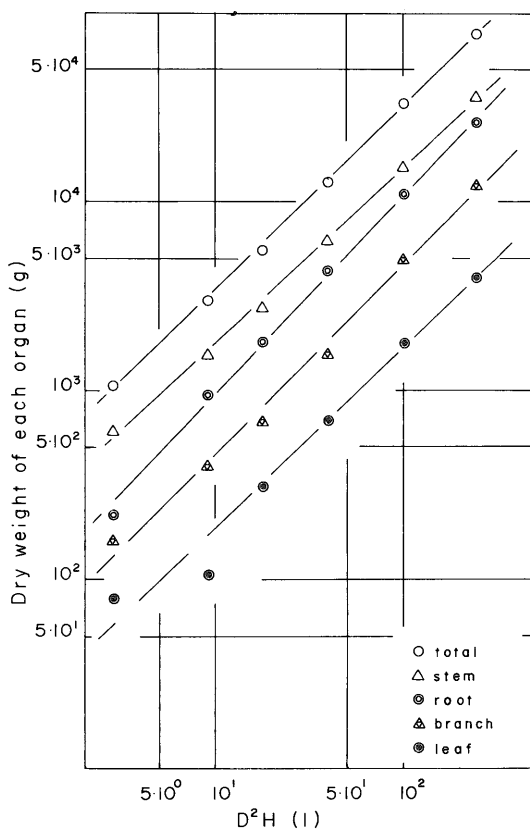


図-1 D²H と各部分重間の相対成長関係

が、独立変量を生枝下直径の2乗と樹冠長の積に変更すると、式の適合性はさらに高まり分散比は269.64となる。しかしながら、生枝下直径の毎木調査は困難であるので、ここでは葉量推定についてもD²Hを独立変量として相対成長式を用いることとした。

3. 根の相対成長式

まず、5個体から個別に採取した根サンプルを乾燥し、図-2のように根基部の平均直径と乾重間の相対成長式を個体毎に計算した。ついで、個体毎の式を共分散分析にかけたところ、成長式には傾き・切片共に個体間分離が認められないことが判ったので、全個体の試料を一括して(1)式を求めた。ただし、W_{rp}は一次根の乾重でD_{rp}は切断面の平均直径である。

$$\log W_{rp} = 1.8244 \cdot \log D_{rp} - 0.6644 \dots\dots\dots (1)$$

(n=31, F=254, 有意水準=0.1%)

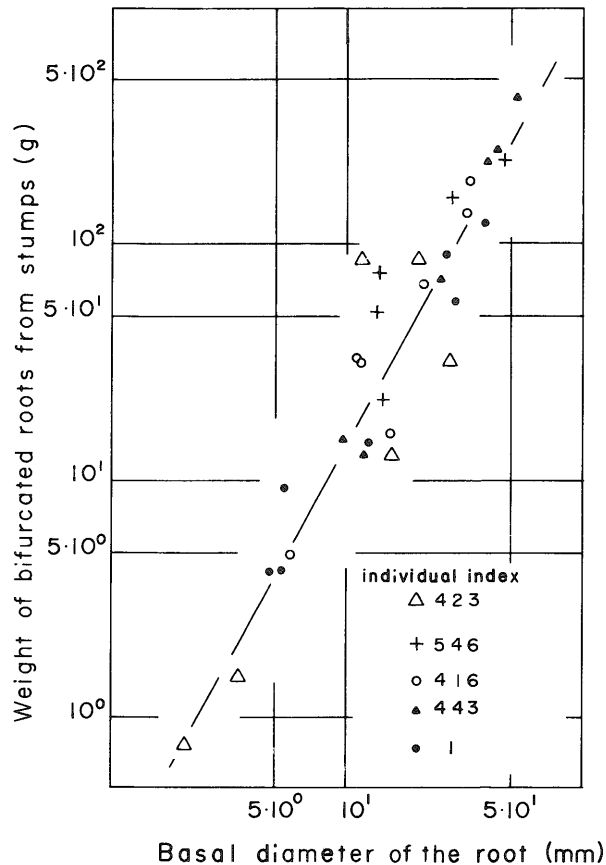


図-2 1次根の直径と乾重の関係
注) 1次根=根株から直接分岐している根

この式に、根株の掘り取り時に記録しておいた各個体の一次根の各切断部直径を代入して、切捨てた各根の乾重を推定した。それらの値を根株乾重に加算して各個体の根全体の重量を推定し、根重とした。D²Hと根重との間の相対成長関係は図-3に示すように極めて良好な直線となるため、すでに表-1に示したように分散比が大きな回帰式が得られた。

4. 現存量

毎木調査から求めた非伐倒個体のD²H、表-1の相対成長式、伐倒個体の乾重及び区画面積などから計算した88年の部分現存量は、幹重22.36、枝重6.53、葉重2.39、根重15.24、枯枝重1.11 (ton/ha)であった。林分現存量は、枯れ枝以外の部分現存量の合計値から46.52 (ton/ha)と推定出来るが、この場合は表-1のようにD²Hと個体全重間の成長式から直接推定することも出来、46.57 (ton/ha)となる。両者の値は極めて近似しているので、本調査の場合各々の相対成長式のあてはめが高精度で行なわれたことが判る。枝重の内の0.33 (ton/ha)が当年枝重で、葉重の内

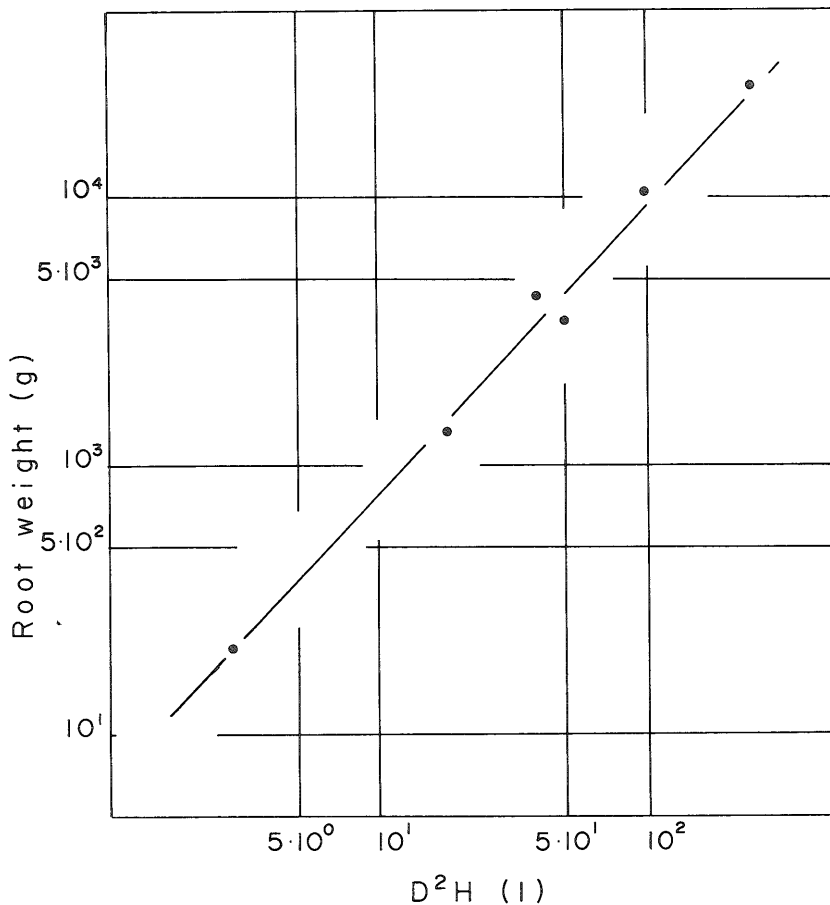


図-3 D²Hと根重の相対成長関係

の0.52 (ton/ha) が長枝葉の重量である。なお、当年枝重及び長枝葉重は全枝量あるいは全葉重に対して常に一定の比率をとるものではなく、個体サイズに応じて個体毎に変化すること、したがって林分全体としては個体サイズの構成状態によって変化することが判った。また、ここでいう枯枝重は樹体から未脱落のものを指している。

根重は、全重の約30%で地上部乾重の約49%と比較的多いことが判ったが、この原因は林齢が若いからであろう。次に、この林分の現存量が特異な値ではないことを確認するため、前述の文献記載値と比較した。記載値は地上部のみ現存量であるため、本調査の例は根重を差引いた値を再度計算して用いた。また、記載されている林分はそれぞれ林齢が異なるため、ここでは林分の平均樹高に対する関係を見た。図-4には、現存量の足し上げを直径を独立変量とする相対成長式で行なった例(1-2)、D²Hを独立変量として行なった例(3)とが混在しているため、特に樹高が高い林分で値のバラツキが大きいにせよ、樹高の増加に伴う現存量の増加が明瞭である。いずれにしても、本調査例は図の下端近くに位置するものの特異な値ではないと云えよう。

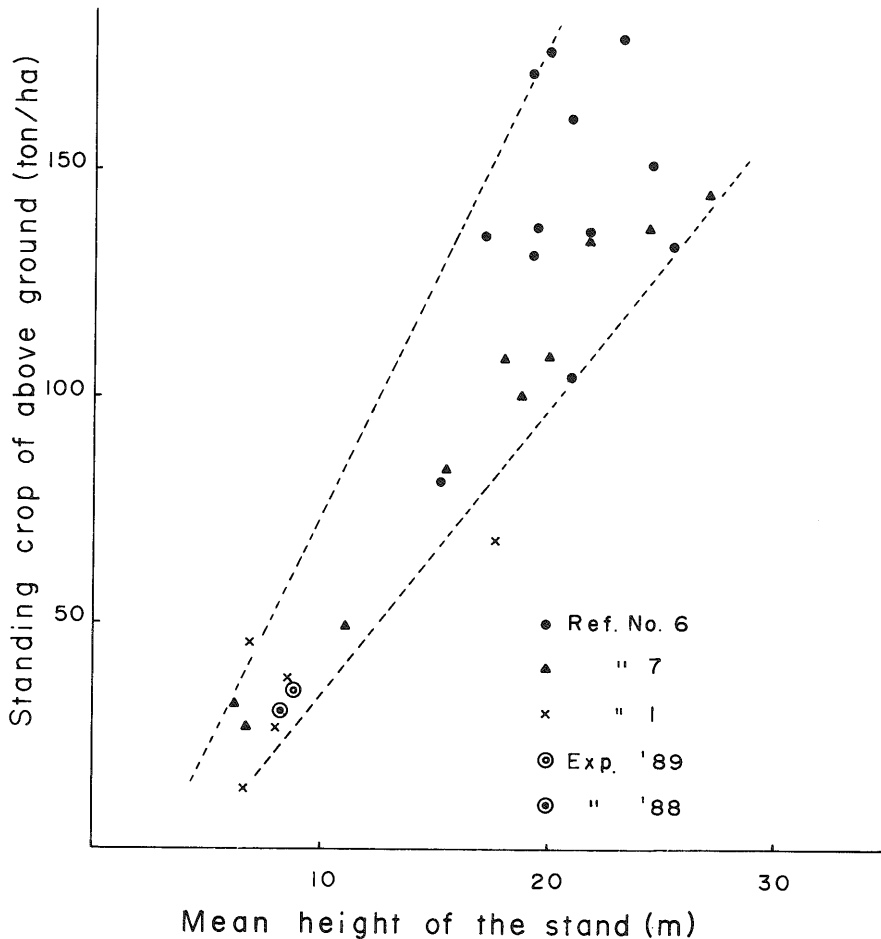


図-4 林分の平均樹高と地上部現存量の関係

5. 生産力

林分生産力の推定は可能なかぎり、いわゆる生産力推定の1法（10）、すなわちある期間の最初と最後の現存量の差から求める方法、によるべきであるが、現実には調査が1回で済むことから生産力推定の2法（10）によった例が多い。同一林分で2つの調査法を比較した例が多数欲しいところであるが、スギ幼齢林の例（11）の他には少ない。本調査では前述の通り、同一の個体群において88、89年の両年に樹高と胸高直径の毎木調査を行なった。また、両年とも試料個体の伐倒調査を行なっているので、 D^2H と各部分重間の相対成長式が2組ある。そこで、これらの試料などを使って、1法によった結果と2法によった結果を比較した。

5・1 1法による結果

最初に、1法を常法通りに適用した結果を示す。まず、88年の毎木調査から求めた非伐倒個体の D^2H を88年に求めた D^2H と各部分重間の相対成長式に代入して、88年の現存量を推定した。但し、この結果についてはすでに述べた。次に、88～89年の1年間における相対成長式の変化は無いものとして、同じ相対成長式に89年の毎木調査から求めた D^2H を代入して89年の現存量を推定した。すると、例えば幹現存量は25.96 (ton/ha)と推定された。なお、88年の幹現存量推定値は前述したように22.36 (ton/ha)である。したがって、この1年間における幹の成長量(Δy_s)は3.60 (ton/ha)となる。このようにして求めた幹・枝・根の成長量合計値に、カラマツは落葉樹のため89年の葉の現存量、ならびに89年開葉時から秋までのリター量を加算して生産力10.43 (ton/ha)を求めた。但し、被食量は無視している。手法を要約すれば、推定－実測の型である。

一方、前述したように89年にも相対成長式の算出を行なっているので、その式を用いた場合の生産力を推定した。すなわち、88年の例と全く同様に、89年の成長式と89年の個体の D^2H から89年秋の現存量が計算でき、幹現存量は24.98 (ton/ha)と計算された。次いで、通常は行なわないが前例とは全く逆に、89年の成長式に88年の D^2H を代入して88年の現存量を推定した。すると88年の幹現存量は21.60 (ton/ha)で、88～89年の間の幹の成長量は3.38 (ton/ha)となった。そして、このようにして求めた幹・枝・根の成長量合計値に89年の葉の現存量、リター量を加算し求めた生産力は10.40 (ton/ha)と推定された。この手法は、実測－推定の型と要約される。この値（後例）と先に求めた生産力値（前例）の違いは、前例を V_1 ・後例を V_2 とし、 V_1 と V_2 との間の差の程度をDDと名付けて（2）式で表現した場合、DDは0.3%であるのでほぼ等しいと云って良い。

$$DD (\%) = (|V_1 - V_2| / ((V_1 + V_2) / 2)) \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

但し、微小ながらも差が生じた原因は、前例・後例とも相対成長式に代入した各個体の D^2H 値が同じであるため、成長式の差に由来する。

さらに、88年、89年ともにその時に求めた成長式を用いて期前（期間の最初）と期後（期間の最後）の現存量を算出し、それを用いた生産力推定を試行した。実測－実測の型である。例えば、期前の幹現存量は前記の通り22.36 (ton/ha)で、期後のそれは24.98 (ton/ha)であるから、幹生長

量は、2.62 (ton/ha) となり、これらを足し上げ葉の現存量等も加算した生産力は10.54 (ton/ha) となった。この値を V_2 ・通常求められる前例の値を V_1 として DD 値を求めると1.0% となった。先の0.3%より増加しているものの、問題にする程度の誤差ではない。

5・2 1法について

以上の、推定-実測、実測-推定、実測-実測という3通りの生産力計算法のどれもが相互にはほぼ等しい値を示した理由は、前述のように D^2H と各部分間の相対成長式が88年、89年の式ともほぼ等しく、共分散分析の結果でも有意差が認められなかったためである。すなわち、1法を使用する前提となる相対成長式に変化が生じない期間は1年以上で、1年程度の場合は前提条件が完全に成立することを意味している。また、相対成長式の作成を期前及び期後のどちらにおいても差し支えないことも意味している。但し、さらに厳密に試料個体の伐倒跡に生じるギャップの影響まで考慮するなら、通常行なわれているような期前ではなく期後の方が良いとも考えられる。

5・3 2法による結果

まず、89年の試料個体について樹幹解析を行ない、胸高位置における樹皮を除いた幹の平均直径（皮無し直径）を求めると共に、年輪から89年から遡る各年度の平均直径と樹高を推定した。但し、樹皮を除いた樹高も樹皮を除かない樹高に等しいと考えたので、樹高の推定は通常の方法と異なり、最上段の円盤に現われた年輪が示す樹高は皮無し直径と樹高とを結んだ線に平行な線を引いて求めた。また、年輪から求めた直径は以降 D' とし、例えば88年のものは $D'_{(88)}$ と表す。但し89年は年輪の完成前であったが、89年秋の皮なし直径も $D'_{(89)}$ と表す。

次に、6本の試料個体について、 $D'_{(89)}^2H$ と幹・枝・根間の各相対成長式を計算した結果、表-2のように3つの式とも適合性が良く、極めて高い分散比を示して成立することが判った。これらの式に樹幹解析結果から求めた各個体の $D'_{(88)}^2H$ を代入して、88年秋つまり89年春における各個体・各部分の乾重を推定し、その推定値を89年秋の各個体・各部分の乾重実測値からそれぞれ差し引き部分成長量を求めた。89年に枝重が過小値を示していた個体は負の成長となったためこれを除き、部分成長量を合計して個体当り成長量を推定した。そして、(3)式に示すような個体当り成長量 Δ_w と89年の D^2H 間の相対成長式を求めた。

表-2 D'^2H と各部分重間の相対成長式の係数

部分重	傾き	y切片	分散比
幹重	0.9050	2.4430	1045.4
枝重	1.0629	1.7179	92.4
根重	1.0470	2.0439	284.9

注) D' = 皮なし直径

$$\Delta_w = 1.0057 \log D^2H + 1.7362 \quad (F=198.1) \quad \dots\dots\dots(3)$$

この成長式に89年の毎木調査から得られた各非伐採個体の D^2H を代入して、個体毎の成長量を推定・加算し、さらに葉の現存量・リター量も加えて生産力12.41 (ton/ha) を求めた。この値を V_2 とし、先の1法によった2つの値を平均して V_1 として式(2)によってDD値を求めると17.4%となった。すなわち、2法は既に指摘されているように1法より精度がかなり劣ることが追認された。

IV. ま と め

カラマツ幼齡林において、長枝葉・短枝葉の分別秤量、当年枝・その他の枝の分別秤量及び根重測定を含めた層別刈り取り調査を行なった。これにより現存量を推定した。そして、1年後に全く同じ林分で同じ調査を繰返した。そこで、いわゆる生産力調査の1法および2法の比較を行なうと共に、1法を応用した別の2種の方法によった生産力推定も行なった。それらを相互に比較したところ、1法によった3通りの結果は極めて近い値となった。なお、個体の過去の乾重推定に際して、皮なし直径 D' と樹高 H から求めた D'^2H と各部分重間の相対成長式を用いた理由は、過去の正しい皮付直径 D については D^2H が求められないからである。

引用文献

- (1) 4大学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 信州産カラマツについて－. 日林協, 61 pp, 1964, 東京
- (2) 山谷孝一ほか6：東北地方におけるカラマツ人工林の成長と土壌条件. 林試研報 293:1～87, 1977
- (3) 荒木眞之・今井三千穂：カラマツの集団植栽に関する生態学的研究, 東京教育大演報 2:40～82, 1970
- (4) 倉地奈保子・萩原秋男・穂積和雄：カラマツ人工林の光合成. 93回日林論:225-226, 1982
- (5) ——・——・——：カラマツ人工林の光合成 (Ⅳ). —非同化部による遮光の光合成産の推定に与える影響—. 94回日林論:353-354, 1983
- (6) ——・——・——：カラマツ人工林の光合成 (Ⅴ). —樹冠内照度分布について—. 95回日林論:369-370, 1984
- (7) ——・——・——：カラマツ人工林の光合成 (Ⅵ). —群落内の長枝葉・短枝葉の現存量とそれらの光合成量—. 96回日林論:417-418, 1985
- (8) 岩田利治・草下正夫：邦産松柏類図説, 247 pp, 産業図書, 東京, 1959
- (9) 三浦伊八郎：森林家必携. 793 pp, 林野共済会, 東京, 1961

- (10) Newbould, P. J.: Methods for estimating the primary production of forests, (IBP Handbook 2), 62 pp, Blackwell, Oxford, 1967
- (11) 斎藤秀樹・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

Summary

Standing crop and productivity of a 12 year-old larch stand grown in the Tukuba University Forest at Nagano prefecture were analysed with 4 different procedures employing allometric formulae. The stand located on a gentle slope faced to WSW direction and at 1430 m in altitude. The standing crops of respective organs such as stem, branch, leaf and root was estimated by the allometric formulae established after measurement of sample trees on their D^2H and dry weight of respective organs, for D^2H of non-sampled trees. There was noted a good fit between the estimated values with 4 different procedures. They were calculated as follows: stem 22.36, branch 6.53, leaf 2.39, root 15.24, total 46.52 (ton/ha). The productivity of the stand was estimated as 10.43 (ton/ha). These values were considered as been common values by the comparison with the reported values of the other larch stands with similar height.