

トドマツ人工林の施業法に関する研究 ()

—— 53 年生林分の現存量 ——

阿 部 信 行*

Studies on the management of *Abies sachalinensis* MAST .

planted forest ()

On biomass estimation of 53 year old stand

Nobuyuki ABE*

はじめに

この研究の目的は、作業法別に生長量がどのように変わるかを調べ、これを基にどのような施業方法がそれぞれの地域で最も適しているかを決定することを目指している。前報(阿部, 1980)では、一斉林を対象としたトドマツ人工林収穫予想表を作成した。トドマツは大面積の一斉造林だけでなく、保残木作業等種々な作業法がとられる。

収穫表に記載してある幹材積の生長量は林分葉量もたらすものである。作業内容に応じた生長予測を論じるには作業のとり方により林分葉量がどう変化し、それに応じて幹材積がどう変わるのかを究明しなければならない。そうした意味から今回はまず基準となるトドマツ一斉人工林の現存量を調査した。

わが国では既に各種の森林の現存量が調べられており、トドマツ林においても測定結果が報告されている(加藤, 1961; SATO, 1974; 四大学合同調査班, 1960; 四手井ら, 1962; 原田ら, 1971; 春木ら, 1972; 春木, 1979)。しかし、トドマツ高齢人工林の現存量となると、今まで報告例がない。今回、道有林雄武経営区で高齢人工林の現存量を測定したので結果を報告する。また、前報(阿部, 1980)で調整した収穫表の数値を、現存量調査で解析した現実の生長量等と比較検討する。

本調査では、現地の雄武林務署の各位に全面的なご協力を頂いた。また、大量の枝葉の絶乾重量を求める作業は道立林産試験場乾燥科で実行し、絶乾重の測定は材質科長山本 宏氏および科員の方々のご協力を得て行われた。

現存量の測定方法に関しては、当场造林科菊沢喜八郎氏、当场道北支場浅井達弘氏に数々の助言を受けた。こうした方々に深く感謝する次第である。

* 北海道立林業試験場 Hokkaido Forest Experiment Station, Bibai, Hokkaido 079 01

表 -1 林分概況

Table 1. Outline of the stand

	トドマツ A. sachalinensis	アカエゾマツを含む Including P. glehnii
林齢 Stand age	53	53
立木本数 Tree density (number/ha)	523	545
胸高断面積 Basal area (m ² /ha)	38.9	40.0
最大樹高 Maximum tree height (m)	22.0	22.0
平均樹高 Mean tree height (m)	20.0	20.0
最大胸高直径 Maximum diameter at breast height (cm)	44.8	44.8
平均胸高直径 Mean diameter at breast height (cm)	30.1	29.8
平均枝下高 Mean clear length (m)	9.1	9.1
幹材積 Stem volume (m ³ /ha)	390.2	400.8

調査地の概況

調査地は雄武林務署管内 46 林班 53 小班，1927 年植栽（調査時林齢 53 年生）のトドマツ高齡人工林である。この団地は通称川向団地と呼ばれ、地位は I 等地に該当する個所である。小班面積 24.64ha 内に帯状 2 段林施業実施のため、3.04ha の試験地を設定した。試験地内で、20m × 153m の帯状区を皆伐し、伐倒木の一部を解析に用いた。伐採帯は標高約 270m、北西斜面に位置し、傾斜は約 13~20° である。林床植生は特に優占種はなく、クマイザサ、ヨツバムグラ、ゴトウズル、ミヤママタタビ、ツタウルシ、エビガライチゴ等が点在していた。

調査林分は過去数度の間伐を経ているが、最近 10 年間は間伐が行われていない。現在の林分概況は表 - 1 に、また直径階別本数は図 - 1 に示した。この林分は山引き苗により植栽されたものであり、アカエゾマツが混生している。帯状に皆伐したプロット内、169 本中 7 本がアカエゾマツであった。

調査方法

1979 年 8 月に上記 20m × 153m 内に 15m × 10m の精密調査区を設定し、この中に含まれる 17 本を伐倒して供試木とした。これらの供試木の内、林分の各直径階を代表する 5 本については、できるだけ精度の高い現存量を推定するため、残りの 12 本と区別して測定したので、調査方法をわけて記述する。

各直径階を代表する 5 本（456, 460, 467, 450, 500）：枝下部は地上から 0.0m, 0.3m, 1.3m... それ以上は 1m ごとに切りわけた。樹冠部は各枝階ごとに中間部より切った。枝下部は各々切りわけられた部分別に重量を測定した。樹冠部内の幹重量は各枝階ごとに輪生枝、節間枝を切り離した後に切りわけなものについて測定した。枝葉の重量は、枝階ごとの葉つき輪生枝、葉つき節間枝を測定した。輪生枝、節間枝の名称および区分は浅井ら（1979）の方法による。生長解析用並びに絶乾比率用に、各々切り分けられた部分から円板を採集した。枝と葉に分離する作業は現場では困難であるため、全枝階別の全枝葉をビニール袋に入れて試験場に持ち帰った。

残りの 12 本（上記立木番号以外）：枝下部は地上から 0.0m, 0.3m, 1.3m, それ以上は通常の丸太採材長に従い、3.65m で切った。重量は測定しなかったが、樹幹解析用の円板を採集した。樹冠部の幹部はさきの 5 本と全く同様に切り、重量を測定し、さらに円板を採集した。枝葉の測定もさきの 5 本と同様に葉つきの重量測定を行ったが、枝と葉の分離のために試験場に持ち帰ったのはサンプル枝のみとした。

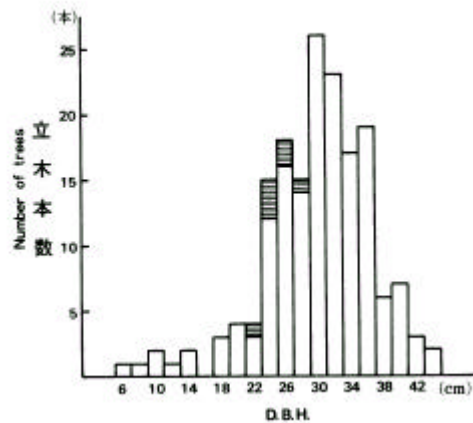


図 - 1 胸高直径 (DBH) の頻度分布

Fig. 1. Frequency distribution of diameter at breast height (DBH)

アカエゾマツ Picea glehnii

持ち帰った枝葉は枝と葉に分離した後、北海道立林産試験場の大型乾燥室を用い90℃で96時間乾燥して枝、葉の絶乾重を求めた。幹重は、採集した円板を温風式乾燥器を用いて90℃、96時間で絶乾重を求め、現場生重との比から幹の絶乾重を求めた。

帯状に伐採する林分内の真中で1m間隔に153点の照度を測定し、同時に測定した裸地の照度との比から相対照度を求めた。

結果と考察

枝階別枝葉量の推定

トドマツの葉量測定は葉と枝との分離に多大の労力を要する。従って全数調査が難かしいため浅井ら(1979)がアカエゾマツを対象に行った葉つき枝生重と葉つき枝絶乾重との関係を利用する絶乾比率法で推定を試みた。

各輪生枝、節間枝から無作為にサンプル枝を抽出して現場で葉つき枝生重を測定後、別なビニール袋に入れておいた。この場合、枝階1~5は枝が小さいのと、結実年にあたり球果が付いていたために全部の枝を持ち帰り、測定した。なお、記号は浅井ら(1979)と同一にした。

$$\text{葉つき枝生重} \quad W_{B+L}(Z)$$

$$\text{葉つき枝乾重} \quad w_{B+L}(Z)$$

$$\text{枝乾重} \quad w_B(Z)$$

$$\text{葉乾重} \quad w_L(Z)$$

サンプルは全体を()で囲み、推定値は△を付して示す。なお、Zは枝階を示す。絶乾比率法で枝葉の推定を行うには次の仮定が成立することが必要である。

1) 仮定

枝階ごとの全体とサンプルの含水率が等しいこと。

枝階ごとの全体とサンプルの葉/枝比が等しいこと。

上記の仮定が成立するならば、サンプル枝の測定値を用いて枝階全体の絶乾葉重、絶乾枝葉を推定することが可能である。そこで、この仮定を調べるため、優勢木の456と劣勢木の450を対象に、各枝階の絶乾率

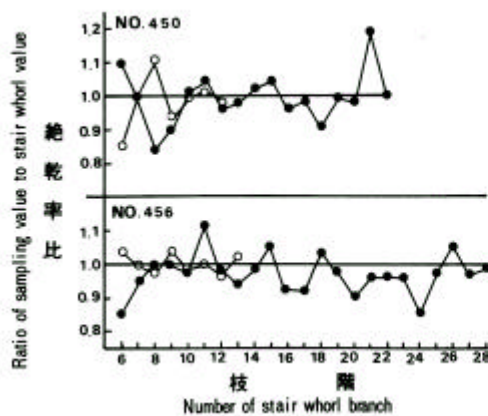


図-2 各枝階の絶乾率とサンプル枝の絶乾率との比較

Fig. 2. Comparison of the rate of dry weight to fresh weight of stair whorl branches with the rate of dry weight to fresh weight of sampling branch
輪生枝 Whorl branch
節間枝 Internode branch

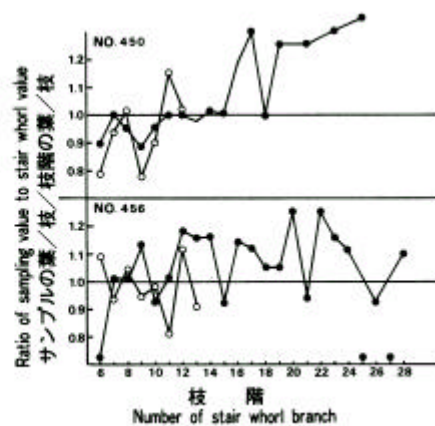


図-3 各枝階の葉/枝比とサンプル枝の葉/枝比との比較

Fig. 3. Comparison of the rate of leaf dry weight to branch dry weight of stair whorl branches with the rate of leaf dry weight to branch dry weight of sampling branch
輪生枝 Whorl branch
節間枝 Internode branch

$w_{B+L}(Z) / W_{B+L}(Z)$ と同じ枝階からのサンプル枝の絶乾率 ($w_{B+L}(Z) / (W_{B+L}(Z))$) との比 (サンプルの絶乾率/枝階の絶乾率) を調べた。図 - 2 に示すように、いずれの場合も変動幅は小さく、各枝階とも 1.0 前後に集中している。また、の仮定については、枝階別の輪生枝、節間枝の絶乾葉重と絶乾枝重との比 $w_L(Z) / w_B(Z)$ と同じ枝階からのサンプル枝の ($w_L(Z) / w_B(Z)$) 比 (サンプルの葉/枝 / 枝階の葉/枝) を調べて図 - 3 に示した。劣勢木の輪生枝において枝階番号 19 以降、サンプルの枝の葉 / 枝比が枝階の葉 / 枝比より大きくなる傾向が認められるが、他は特に傾向はない。そこで、サンプルで得た ($w_L(Z) / (w_B(Z))$) の値がそのサンプルの属する枝階全体の $w_L(Z) / w_B(Z)$ に等しいと仮定した。すなわち、以下の式 (浅井ら, 1979) により、枝量 $w_B(Z)$ 、葉量 $w_L(Z)$ を求めた。

$$\mathbf{v}_{B+L}(Z) = W_{B+L}(Z) \times \frac{(\mathbf{v}_B + L(Z))}{(W_B + L(Z))} \quad (1)$$

$$\mathbf{v}_B(Z) = \mathbf{v}_{B+L}(Z) \times \frac{(\mathbf{v}_B(Z))}{(w_B(Z)) + (w_L(Z))} \quad (2)$$

$$\mathbf{v}_L(Z) = \mathbf{v}_{B+L}(Z) \times \frac{(wL(Z))}{(\mathbf{v}_B(Z)) + (w_L(Z))} \quad (3)$$

2) 推定の精度

優勢木 (456) における絶乾比率法の推定結果例を図 - 4 に、また劣勢木 (450) の場合を図 - 5 に示した。いずれも、葉・枝共、全枝階にわたって推定精度がよく、ほぼ 45° 線上にのった。各枝階ごとの推定誤差率、|実測値 - 推定値| / 実測値 × 100 の平均値は優勢木の枝 7%、葉 8%、劣勢木の枝 9%、葉 9.9% を示し、個体間による推定率の差は認められなかった。表 - 2 に、サンプル枝をとった枝階番号 6 以降の各枝階別に推定した値を合計した場合の精度を掲げた。全体の推定では、枝階ごとの誤差が相殺されて精度がよくなり、絶乾比

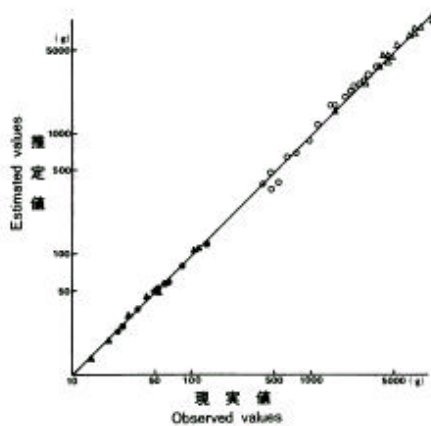


図 - 4 枝階別枝葉量の推定結果 (優勢木 456)

Fig.4. Comparison of the estimated values of dry leaf weight and dry branch weight in each separate stair of whole branches with the observed values in case of dominant tree (456)

輪生枝	枝 Whole branch	branch
葉	leaf	leaf
節間枝	枝 Internode branch	branch
葉	leaf	leaf

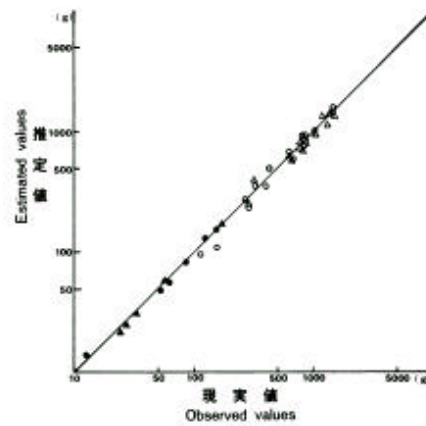


図 - 5 枝階別枝葉量の推定結果 (劣勢木 450)

Fig.5. Comparison of the estimated values of dry leaf weight and dry branch weight in each separate stair of whole branches with the observed values in case of suppressed tree (450)

輪生枝	枝 Whole branch	branch
葉	leaf	leaf
節間枝	枝 Internode branch	branch
葉	leaf	leaf

率法ではいずれの場合も 6%以下である。以上のように、絶乾比率法による推定方法は実用上、十分な精度を示している。

全枝葉の分離を実行した以外の 12 本は、現場で枝階ごとに葉つき生重の重さを測定後、サンプル枝を 1 枝階から 1 本抽出して (1) ~ (3) 式を用いて、枝階ごとに絶乾葉重、絶乾枝重を推定した。

現存量の推定

現存量の推定には二つの方法を用いた。一つは断面積配分法である (只木, 1965)。供試木は各直径階を代表するように選ばれているので、標準地の断面積合計を G 、供試木のそれを G' 、標準地の現存量合計を y 、供試木のそれを y' とするとき、

$$y = y'G / G' \tag{4}$$

として断面積の比例配分で y を求めることができる。

他の一つの方法は、もっとも一般的に行われている相対生長法則を利用するものである。ここで、幹重を W_S 、葉重を W_L 、枝重を W_B (いずれも絶乾重であり、単位は kg とする) とすれば供試木の D^2H (D は胸高直径 cm, H は樹高 m) と、 W_S 、 W_L 、 W_B の相対生長関係は図 - 6 ~ 8 に示す通りである。この場合、林分の各直径階別の樹高推定は図 - 9 に示すように带状区内の伐倒木 89 本の実測値による樹高 (H) と胸高直径 (DBH) との樹高曲線式によった。

$$H = \frac{DBH^2}{(0.9630 + 0.1965DBH)^2} + 1.3 \tag{5}$$

この式を用いて、各直径階ごとに樹高を推定して標準地の胸高直径分布を D^2H の分布におきかえ、次式を利用して標準地の現存量を計算した。 D^2H と幹重量と関係を除いてやや測定値がばらつく傾向も認められるが、一

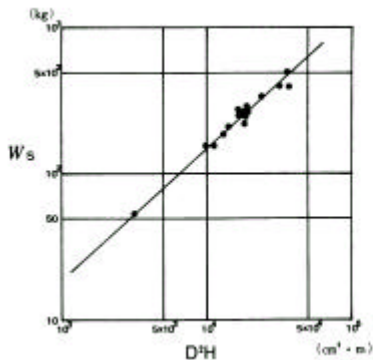


図 - 6 幹乾重 (W_S) と D^2H の相対生長関係
Fig.6. Allometric relationship between stem dry weight (W_S) and D^2H .
 D and H represent the D.B.H and tree height

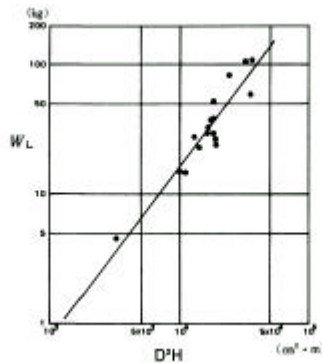


図 - 7 葉乾重 (W_L) と D^2H の相対生長関係
Fig.7. Allometric relationship between leaf dry weight (W_L) and D^2H

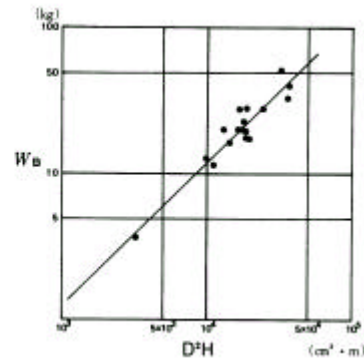


図 - 8 枝乾重 (W_B) と D^2H の相対生長関係
Fig.8. Allometric relationship between branch dry weight (W_B) and D^2H

表 - 2 推定法の精度

Table 2. Standard error of estimates in each separate stair of whorl branches of dominant and suppressed trees

			実測値 Observed value (g)	絶乾比率法 Dry weight ratio method (g)
優勢木 Dominant tree	輪生枝 Whole branch	枝 Branch	111,943	105,599 (5.6)
	葉 Leaf	枝 Branch	39,747	39,996 (- 0.63)
	節間枝 Internode branch	枝 Branch	444	449 (- 1.3)
	葉 Leaf	枝 Branch	480	472 (1.68)
劣勢木 Suppressed tree	輪生枝 Whole branch	枝 Branch	14,170	13,776 (2.7)
	葉 Leaf	枝 Branch	10,568	10,675 (- 1.0)
	節間枝 Internode branch	枝 Branch	208	202 (3.1)
	葉 Leaf	枝 Branch	506	499 (1.4)

応近似式をつぎのように求めた。

$$\log W_S = 0.8828 \log D^2 H - 3.1053 \quad (6)$$

$$\log W_L = 0.9837 \log D^2 H - 6.5624 \quad (7)$$

$$\log W_B = 1.3203 \log D^2 H - 9.3608 \quad (8)$$

以上二つの方法による地上部の現存量推定値をまとめて表 - 3 に示した。2 方法による推定値間に差は認められない。

50 年生以上のトドマツ高齡人工林の現存量に関する報告例はなく、似たような林分と数値を直陵比較することはできない。トドマツ人工林に関する現存量の調査報告例も決して多くはない。しかも、供試木は林分の標準木を 1~3 本伐倒して現存量を推定している例も多く、林分内容に応じてどの程度が妥当かはデータの集積を待つほかない。春木 (1979) は今までに北海道内で行われたトドマツの現存量調査を天然林と人工林にわけて報告しているが、主な調査例の数値を述べてみる。

トドマツを対象に行った本格的な調査は四大学 (1960) の調査例である。対象林分は天然林であるが、同化器管である ha あたり葉量の最大値はサロマ 76 林班 2,400 本/ha の 18.9ton/ha であった。今回の葉量の 12.3ton/ha と比較してやや大きな値といえる。対象林分は表 - 3 に示したように一部アカエゾマツを含んでいるが、この本数を含めて断面積配分法で葉量を求めてみると 12.6ton/ha であり、トドマツのみを対象にした場合とほとんど変わらない値となっている。

人工林については、加藤 (1961) は密度階が 7,000~18,000 本/ha 林齢 15~28 年の 5 林分を調査し葉量約 15ton/ha が十分な密度における最大量ではないかと報告している。この場合の幹重は 116.57ton/ha、枝は 13.36ton/ha となっている。今回の対象林分は幹重で 141ton/ha、枝重で 21.47ton/ha となっており、林分葉量は低下しているが、高齡林分なので幹、枝も加藤 (1961) の報告をうわまわっている。

SATOO (1974) は林齢 26 年、平均樹高 10.9m、立木

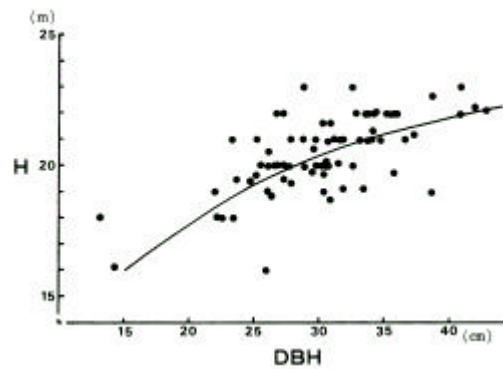


図 - 9 胸高直径 (DBH) と樹高 (H) との関係
Fig.9. Tree height in relation to diameter at breast height of sample trees

表 - 3 二つの方法で推定した現存量
Table 3 Biomass estimated by the different ways

	(1)	アカエゾマツを含む (Including <i>P. glehnii</i>)	(2)	(1)/(2)
幹乾重 Stem dry weight (ton/ha)	140.8	144.7	141.0	0.99
枝乾重 Branch dry weight (ton/ha)	22.6	23.2	21.5	1.05
葉乾重 Leaf dry weight (ton/ha)	12.3	12.6	12.2	1.01
地上部乾重 Above ground dry weight (ton/ha)	175.7	180.5	174.7	1.01

(1): (4) 式から推定

(2): (6) ~ (8), (5) 式と毎木調査から推定

(1) estimated after Eq(4) $y = y' G / G'$, where y and G denote the standing crop and the basal area per plot, and y' and G' show those of the sample trees in total.

(2) estimated after Eqs. (6) ~ (8), (5) and the tree census of the plot.

本数 2,400 本/ha の林分で 7 本の伐倒木から調べた現存量では、断面積配分法で幹、枝、葉の乾物重量を 64.13ton/ha, 18.82ton/ha, 15.17ton/ha と報告している。

春木ら (1972) は林齢 11 年の 8,300 本/ha, および 5,000 本/ha の林分から 7 本の供試本を伐倒して現存量を調査した。その結果、まず 8,300 本/ha 区では幹、枝、葉はそれぞれ 7.97ton/ha, 3.58ton/ha, 6.72ton/ha であり、5,000 本区は 4.27ton/ha, 2.27ton/ha, 3.58ton/ha であった。一方、春木 (1979) は 10 林分 (林齢 38 年以下) の供試木から調整した径級別の樹体各器官の乾重量を算出している。

只木 (1976) はわが国の森林の葉量について文献をもとに総括し、トドマツは 22.8 ± 3.7 ton/ha とした。この数値の基になっているのは原田ら (1971), TSUTSUMI (1971), 四大学 (1960) 等である。原田ら (1971) の報告は、北見の林齢 37 年、平均樹高 14.4m, ha あたり幹材積 341m^3 の林分と、同じく標津の 37 年生、平均樹高 12.8m, ha あたり幹材積 240m^3 のトドマツ 2 林分に対し、各々胸高直径階に応じて各林分 5 本ずつの供試木を伐倒して現存量を調べたものである。それによると、前記の林分は幹、枝、葉の乾物重量を 149.4ton/ha, 42.4ton/ha, 25.6ton/ha, 他の林分では 108.9ton/ha, 33.7ton/ha, 22.2ton/ha となっており、今回の林分と比較すると、北見の林分では幹重はわずかにうまわっているにすぎないが、枝、葉とも倍近い。標津の例では、幹重はしたまわっているが、枝重・葉重とも今回の測定値を大幅にうまわっている。同じく原田ら (1972) は上記の林分より生長がよいと考えられる林齢 38 年、平均樹高 17.8m, 平均胸高直径 20.2cm, 立木密度 1,050 本/ha の林分で伐倒木 5 本による現存量の推定では幹、枝、葉の乾物重量を 120ton/ha, 21.7ton/ha, 16.4ton/ha と報告している。

以上が今までにトドマツ人工林を対象に行われた現存量の主な数値例である。生産量に結びつく林分葉量の比較では、20ton/ha 以下の現存量を示した林分が多かった。従来調査されてきた林分は概して立木密度の高い林分例が多かったが、今回対象にした高齢林分は一般の施業林分であり、過去数度にわたる間伐を経過し、調査時 523 本/ha となっている。

林分葉量は、ある時期から以降では密度に関係なくほぼ一定になる傾向が以下の例で観察されている。佐藤ら (1981) は 20 年生トドマツ人工林を対象に、植栽密度 2,000 本/ha ~ 6,000 本/ha の林分葉量を調べたところ、10.2 ~ 14.6ton/ha であり、植栽本数程の差は認められない。同様に佐藤ら (1955) は、密度をかえて植えた 13 年生アカマツ林の葉量がほぼ一定になることを確かめている。

葉量と林齢との関係は、安藤ら (1968) がスギ人工林を対象に調べたところ、20 ~ 25 年頃までは林齢とともに増加し、23 ~ 25ton/ha くらいに達し、その後 40 年頃までは 17 ~ 21 ton/ha とやや低い値を保ちつづけ、その後 28 ~ 30ton/ha とふたたび増加するような傾向を認めている。こうした傾向は OSHIMA ら (1958) の縞枯山のシラベオオシラビン林にも認められる。この林分は縞枯れ後に稚樹が一斉にのび始め、約 30 年で葉量はピークに達し、その後やや葉量を減じ、以後長期間にわたって一定葉量を維持している。

以上のように林分葉量は同樹種の純林であれば、立木密度や林齢には無関係にほぼ一定を保つ例が観察されている。こうしたことが事実であれば、今回の調査林分は林齢を考えてもほぼ葉量一定の期間に達しているものと判断されるが従来の報告の数値と比較してやや低い。トドマツ人工林の林分葉量がどの値で安定するのかは、今後のデータの蓄積を待って、その動向を検討していきたい。なお、供試木の現存量は表 - 4 に示す通りである。枝階別の単本単位の枝葉量はその一部を発表 (阿部ら 1979) したが、枝階別の幹重量も含めての検討は稿を改めて行う予定である。

表 - 4 供試木の概要および現存量 (乾重量)

Table 5. General description of sample trees in terms of size and dry weight

	H (m)	H _B (m)	DBH (cm)	D _{0.3} (cm)	D ₀ (cm)	D _B (cm)	W _S (kg)	W _B (kg)	W _L (kg)	V _S (m ³)	ΔV _S (m ³ /yr)
456	21.96	8.9	40.80	44.42	49.15	29.1	403.0	113.8	49.2	1.292	0.033
460	19.70	8.02	35.20	39.13	42.65	26.8	342.8	84.9	28.0	0.878	0.017
467	20.10	9.5	30.00	34.23	50.03	21.2	224.8	30.2	19.9	0.724	0.025
450	19.23	11.6	24.00	27.38	30.00	16.2	158.5	14.4	11.1	0.481	0.009
500	16.14	9.35	14.20	14.8	16.73	10.7	54.0	4.6	3.8	0.158	0.004
440	22.26	11.02	40.20	43.75	49.13	27.6	500.6	61.3	33.4	1.282	0.026
452	22.72	5.51	37.60	42.75	49.23	31.3	416.4	108.7	52.0	1.066	0.037
454	19.10	9.4	31.80	35.10	39.30	21.4	269.4	24.4	17.8	0.690	0.011
457	19.12	6.02	31.20	35.13	40.75	24.5	252.3	52.2	28.5	0.646	0.025
455	18.82	7.07	30.60	32.60	36.10	24.9	268.9	38.1	20.8	0.689	0.020
466	19.69	4.81	30.20	31.4	35.48	25.1	259.4	38.8	23.0	0.664	0.020
449	20.90	12.7	30.00	35.05	41.4	18.4	294.5	26.7	18.1	0.754	0.015
453	19.76	10.28	29.00	32.50	34.00	19.5	256.5	30.0	20.4	0.657	0.020
439	20.67	11.4	28.40	31.05	34.3	20.2	275.3	32.9	27.7	0.705	0.017
448	19.36	10.68	27.20	29.88	34.9	17.1	210.7	22.9	16.6	0.540	0.011
458	18.77	8.04	26.40	29.2	35.75	18.6	189.0	28.2	20.2	0.484	0.020
438	19.48	10.56	23.00	25.45	28.08	15.7	157.8	15.1	13.0	0.404	0.010

生産量の推定

伐採時期が8月中旬のことを考慮し、最近5年間の生長量から、最近1年間の材積生長量(ΔV_S)

を次式(四大学1960)から推定した

$$\Delta V_S = V_S (1 - e^{-r}) \quad (9)$$

$$\text{ただし } r = \frac{1}{5} \log e \left(V_S / V_S' \right)$$

V_S: 現在の材積

V_S[']: 5年前の材積

このΔV_Sを最近1年間の材積生長量と考えることにする。(9)式を用いて求めた供試木の材積生長量(m³)は以下の手順により絶乾重に変換した。生幹重(F_{WS})を実測した5本の供試木から、平均の比重を求めたところ0.707となった。従って、各供試木の材積生長量に比重を乗じて生幹重生長量を求めた。この生幹重生長量を絶乾幹重生長量へと変換するには、現場で重量を測定した円板を絶乾にし、両者の重量比を求めた。図-10に示すように、各供試木は円板の採集高にかかわらず重量比はほぼ一定であり、その値を0.466とした。すなわち、

$$W_S = 0.466 F_{WS} \quad (10)$$

とした。比重の値と(10)式を利用することにより、最近1年間の材積生長量から、幹重量生長量ΔW_Sを推定できる。

供試木のD²Hとこの幹重量生長量ΔW_Sとの相対生長関係は図-11に示す通りである。ややばらつきは認められるが次式で近似して幹重量生長式の推定式とした。

$$\log \Delta W_S = 0.8885 \log D^2 H - 6.9715 \quad (11)$$

枝の1年間の重量生長量 ΔW_B は W_B を枝の絶幹重量, W_S を絶幹重, ΔW_S を1年間の幹の重量生長量とすれば

$$W_B = AL \cdot W_S^{hL} \quad (12)$$

$$\Delta W_S = A' \cdot W_S^{h'} \quad (13)$$

の相対生長関係が、現時点と1年間とで変わらなかったとすると、両式を時間 t で微分して得られる次式を利用して、菅ら(1965)は ΔW_B を推定する近似式を得た。

$$\Delta W_B = h_L \cdot AL \cdot A' \cdot W_S^{hL+h'-1} \quad (14)$$

ここで、 W_B と W_S との相対生長および ΔW_S と W_S との相対生長関係は図-12,13に示した。近似式を以下のよう

$$\log \Delta W_S = 0.9709 \log W_S - 3.6497 \quad (15)$$

$$\log W_B = 1.4389 \log W_S - 4.4228 \quad (16)$$

従って、

$$\log \Delta W_B = 1.4098 \log W_S - 7.7063 \quad (17)$$

の近似式を得た。

葉の1年間の生産量 ΔW_L は、供試木が高齢林からの大径木だったこともあり、新葉量は測定していない。新葉量に関する報告例は少ないが、四大学(1960)の調査結果では全葉中新葉のしめる割合は9.4~25.9%、平均で16.7%であった。

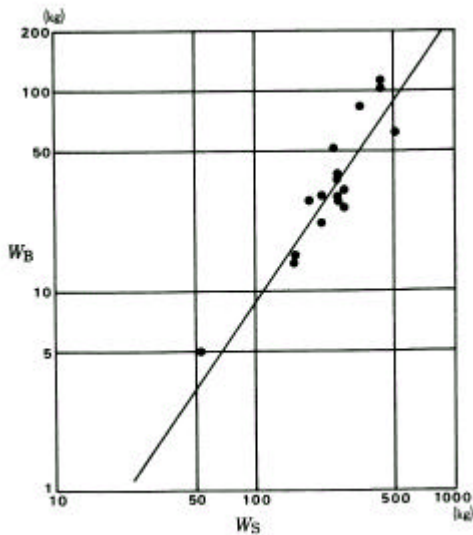


図-12 枝乾重(W_B)と幹乾重(W_S)の相対生長関係
Fig.12. Allometric relationship between branch dry weight (W_B) and stem dry weight (W_S)

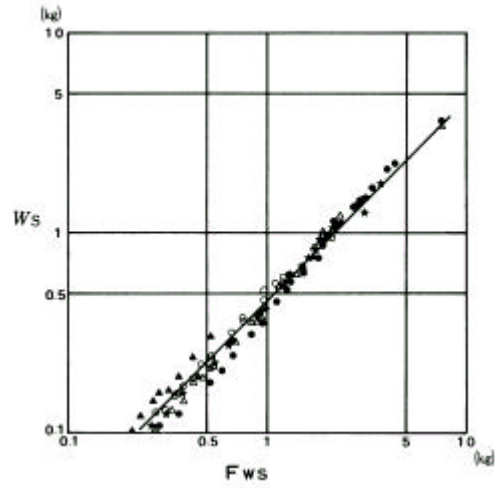


図-10 幹乾重(W_S)と幹生重(F_{WS})との関係
Fig.10. Relationship between stem dry weight (W_S) and stem fresh weight (F_{WS})
456, 450, 467,
500, 460

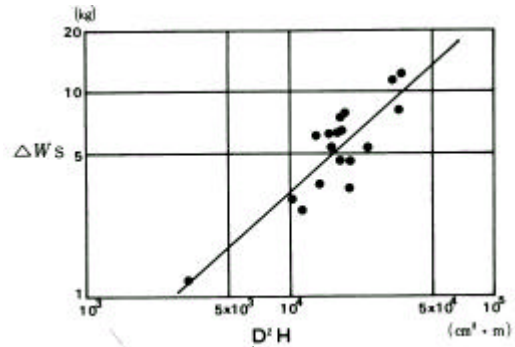


図-11 幹乾重生長量(ΔW_S)と D^2H の相対生長関係
Fig.11. Allometric relationship between annual stem increment in dry weight (ΔW_S) and D^2H

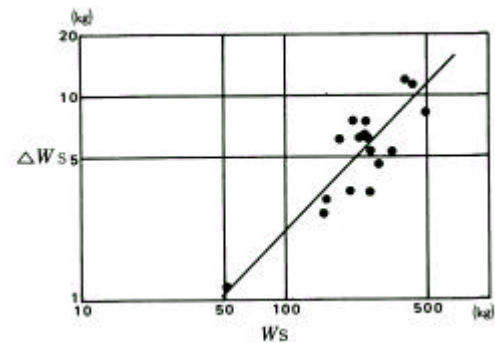


図-13 幹乾重生長量(ΔW_S)と幹乾重(W_S)との相対生長関係
Fig.13. Allometric relationship between annual stem increment in dry weight (ΔW_S) and stem dry weight (W_S)

今回は、この新葉量の割合を用いて全葉量の 16.7% を新葉量とした。

脱落量や被食量を無視し、また、この 1 年間に枯死した個体が枯死するまでの間に生産した乾物量を 0 とすると、現存個体の生長量の総和 ($\sum \Delta W$) がこの 1 年間の林分の生産量をあらわす。この報告ではこの値を生産量として取り扱う。

以上、(9) ~ (17) 式及び比重、重量比、新葉量比等を用いて幹生産量、枝生産量、葉生産量、純生産量を算出した。結果を表 - 5 にまとめて示した。幹の当年生産量は 3.13ton/ha、10m³/ha である。この林分の下ばえの生産量、落葉枝量、被食量等を無視した純生産量は 5.84ton/ha である。雄武トドマツ高齡人工林の場合、1ha あたり 12.3ton の葉を持った 53 年生の植栽林は地上部だけで 1 年 1ha あたり 5.84ton の乾物を生産し、その 54% は幹である。

四大学 (1960) は留辺蘂町オンネユのトドマツ林の調査で主林木の樹齡 35 ~ 40 年、直径 15 ~ 30cm の壯齡林で当年の純生産量が 21ton/ha、うち幹生産量は 10ton/ha の高い数値を報告している。この純生産量の算出は根の生産量を幹の生産量の 30% と仮定してある。今回、根の生産量は算出していないが、仮りに幹生産量の 30% と仮定すると当年の純生産量は 6.78ton/ha となる。枝の生産量は四大学 (1960) の場合、幹の 30% としているが、雄武の場合、枝生産量は幹生産量の 21% になった。

表 - 5 生産量のまとめ

Table 5. Summary of net production

幹生産量 (ton/ha · year)	3.13
Stem production	
枝生産量 (ton/ha · year)	0.66
Branch production	
葉生産量 (ton/ha · year)	2.05
Leaf production	
純生産量 (ton/ha · year)	5.84
Net production of the stand	

純生産量、幹生産量共、四大学 (1960) の場合は今回に比較して約 3 倍の高い生産量を示す。報告書の中で、幹生産量の値は壯齡林なので面積あたりの葉量が最大を示す時期であろうと述べている。今回は高齡林分なので生産量も低下しているものと考えられる。葉の年間生産量をみると、1ton の葉は年間 2.85ton の地上部乾重を生産している。この値は高橋ら (1974) が報告している、約 40 年生のシラカンバ林の 3.9ton を下まわる。また、SATOO (1974) は 26 年生で地上部だけで年間 14.5ton/ha の乾物を生産し、林分葉量は 13.8ton/ha と報告している。葉量が今回とそう変わらなくても高い生産力を示しているので、林分葉量と生産量の関係はさらに検討する余地があると考ええる。

林分の生産構造

さきに述べたように、試料木は枝、葉、幹共枝階別に現存量を算出している。これらの枝階別の量の検討は別稿とし、単位高さあたりの現存量ということで、枝階ごとの測定値を 1m ごとの層別にまとめて、ha あたりの値に換算した標準地の生産構造図を図 - 14 に示した。葉量は 13.3 ~ 14.3m で最大値を示し、その後減少し最下層は 7.3m である。一般に針葉樹の葉量の垂直方向の配分は下層に最大値が現われる、いわゆるイネ科型を示すといわれている (四手井, 1963) 今回もこうした現象が認められる。枝も葉量とほぼ同じ傾向を示している。

伐採前に林内の各所で相対照度を測定したところ、地上高 0.3m で平均相対照度は 27% であった。BEER LAMBERT の法則をもちいて求めた葉の吸光係数は 0.087 である。林冠層での照度の減衰は通過する林冠層の葉量と指数関数関係にあり、その減衰過程を推定し図 - 14 の生産構造図に曲線で示した。

収穫予想表との比較

前報 (阿部, 1980) で筆者は道有林トドマツ人工林収穫予想表を作成した。今回の現存量調査から得られた数値と収穫表の予想値とを比較してみる。まず、対象林分の林齡 53 年、上層高 22m から判断して前報 (阿部, 1980) の収穫表の地位指数 14 に該当するとし、現実林分 (対象林分の保残帯, 1.76 ha) と収穫表の値を対比

して表 - 6 に示した。現実林分の各数値は収穫表に非常によく近似しているが、材積は現実林分の方が約 14% 低くなっている。

連年生長量：前報（阿部，1980）の収穫表の連年生長量の値は、主副合計の材積差として示していたが、間伐の影響を除いた総収穫の差（間伐直後から次期の間伐前）として表示した方が現実林分の生長量と比較する場合便利である。そこで、前報の収穫表の連年生長量を主林木の間伐直後から次期の主副合計の値を使って修正したものを表 - 7 に示した。そうすると、今回の対象林分にほぼ該当する地位指数 14、50~55 年生時の連年生長量をみると、 15m^3 となっている。一方、(11) 式から推定した対象林分の当年の ha あたり絶乾幹重量生長量 ΔW_S は 3.13ton である（表 - 5）。この値を (10) 式及び比重 0.707 を用いて m^3 に換算すると 10m^3 となった。

直径分布：新しく調整した収穫表は各林齢別に 4cm 括約で直径分布を示している。前報（阿部，1980）には各林齢時のワイブル分布のパラメーターも揭示してある。このパラメーターを代入して 2cm 括約で地位指数 14、林齢 55 年時の直径分布を推定して、対象林分の保残帯の直径分布と対比させて図 - 15 に示した。この図をみると、上位の直径階で過大推定を与えていることがわかる。幹材積の数値の比較で、立木本数が収穫表と現実林分ではほぼ等しいのに、収穫表の幹材積がうわまわるのは大径木の数が多いためであろう。この原因は直径分布を確率密度関数で推定するために、確率が 0 になるまで上位の直径階の本数が推定されるためであり、実用上は例えば上位の直径階の本数が 5 本以下（今回の場合は 48cm の直径階以上）はまとめて材積を計算すればかなり改善される。こうした傾向が林齢と共にどう変化するかは現実林分と対比していかなければならない。

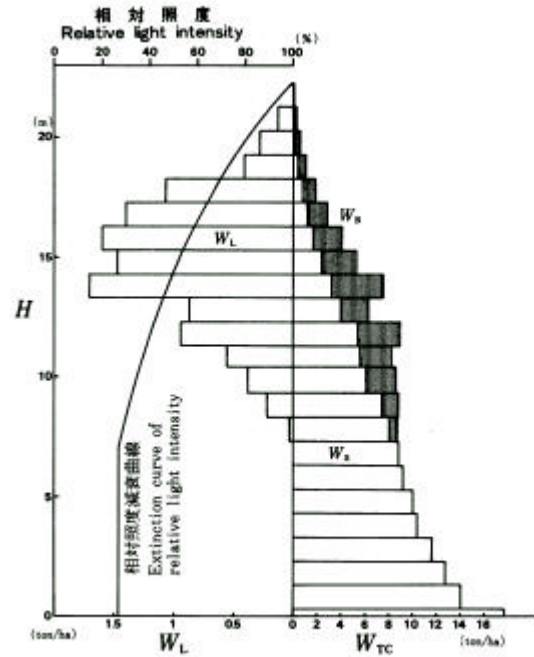


図 - 14 林分の生産構造図
Fig.14. Production structure diagram of the stand

- W_L : 葉乾重量 leaf dry weight
- W_B : 枝乾重量 branch dry weight
- W_S : 幹乾重量 stem dry weight
- W_{TC} : 地上部非同化部乾重量 amount of above ground woody part in dry weight

表 - 6 現実林分と前報の収穫表との比較

Table 6. Comparison of observed stand values with yield table (After Abe 1980)

	地位指数	林齢	上層高	平均樹高	平均胸高	ha あたり	ha あたり
	Site index	Age (年)	Top height (m)	Height (m)	直径 DBH (cm)	立木本数 (本)	材積 (m ³)
収穫表 Yield table	14	55	22.27	19.8	29.21	470	351.03
現実林分 Observed stand		53	22.0	20.0	30.1	523	390.2

表 - 7 前報の収穫表の連年生長量を修正した表
Table 7. Correction of current annual volume increment of yield table (After Abe 1980)

林齡 Stand age	地位指数 Site index			
	16 (m ³)	14 (m ³)	12 (m ³)	10 (m ³)
10				
15	11			
20	14	10		
25	14	16	10	
30	17	14	15	9
35	18	15	12	13
40	18	15	15	12
45	17	16	13	12
50	16	14	14	13
55	17	15	13	12
60	15	12	12	11
65		13	11	11
70			9	10

樹高分布：前報（阿部，1980）の収穫表は直径分布と同様に樹高曲線による樹高分布を推定している。前報の収穫表では地位，林齡別に樹高曲線のパラメータを示している。そこで，このパラメータを使用して，樹高分布を推定した精度を調べてみた。伐倒木による樹高の実測値はなかなか得られないが，今回，帯状に伐採した際，0.168 ha 内の 89 本の樹高を実測した資料を用いた。

現実の樹高分布と理論分布とを対比して図 - 16 に示した。樹高分布を推定するのは材積を算出するのが主な理由である。そこでこの点から現実値と予測値との対応の良否を検討してみた。両者の分布幅はほぼ一致しており，直径分布に比べると，樹高分布の方が現実値との対応は良好といえる。

摘 要

53 年生トドマツ人工林の物質現存量を調査した。

1. この林分の立木本数は 523 本/ha であり，平均樹高は 20m，平均胸高直径は 30 cm である。
2. 標準地から 17 本の供試木を伐倒し，枝階別刈取法により幹重，枝重，葉重を測定した。
3. 林分の現存量は断面積配分法（4 式）と相対生長法（6～8 式）とで推定した。2 方法による推定値の差は認められなかった。

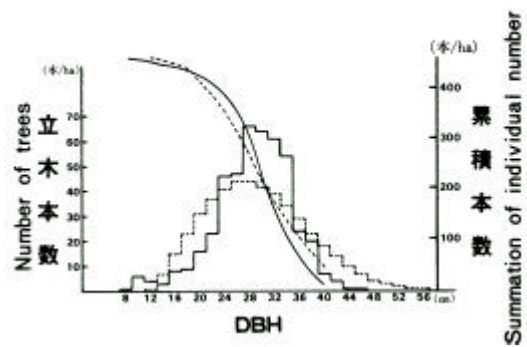


図 - 15 直径分布の比較

Fig.15. Comparison of DBH distribution between observed stand and stand table (Table 9) at the same growth stage as the former
 図中の曲線は大径木からの累積を示す
 Summation of individual number from the maximum diametered tree to a certain boundary diametered one showed in the same drawing
 —— 現実林分 Observed DBH distribution
 収穫表 DBH distribution of stand table

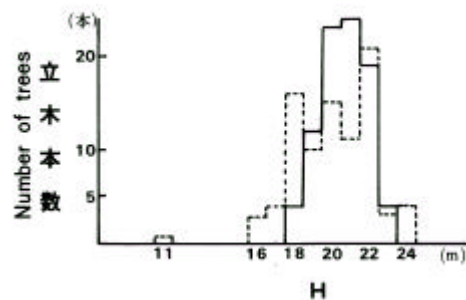


図 - 16 樹高分布の比較

Fig.16. Comparison of height distribution between observed stand and calculated from height diameter curve at the same growth stage as the former
 —— 現実林分 Observed height distribution
 樹高曲線による分布 Calculated from height diameter curve

4. 各器官の現存量は表 - 3 にまとめた。
 (a) この林分の地上部の現存量は 174.7ton/ha であった。
 (b) 葉の現存量は 12.2ton/ha であった。
5. 地上部の純生産量は表 - 6 にまとめた。
 (a) 下生え, 根の量, 落葉枝量, 被食量等を無視した当年の純生産量は 5.84ton/ha であった。
 (b) 葉乾重 1 ton あたり年間 2.85ton/ha の乾物を生産した。
6. 現実林分の幹材積, 樹高分布, 直径分布等を作成した収穫表 (表 - 7, 表 - 9) と比較したところ, 収穫表の数値はほぼ近似した値であることがわかった。

文 献

- 阿部信行・浅井達弘・佐々木信悦 1979 トドマツ高齡人工林の枝階別枝葉量. 日林北支講 28 : 42 44
 ————1980 トドマツ人工林の施業法に関する研究 () 道有林におけるトドマツ人工林の収穫予想表の作成. 北林試報 18 : 71 93
- 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
- 浅井達弘・福地 稔・菊沢喜八郎・水谷栄一 1979 アカエゾマツの枝打ちに関する研究 (I) 枝階別の枝葉量とその推定方法 . 日林北支講 28 : 39 41
- 原田 洸・山本 肇・塩崎正雄 1971 アカエゾマツの成長と土壤条件ならびに養分含量について () アカエゾマツ林の養分現存量 . 第 28 回日林講 : 85 87
 ————・真田 勝・塩崎正雄 1972 北見市若松のアカエゾマツ優良造林地の養分現存量. 日林北支講 21 : 51 54
- 春木雅寛・中須賀常雄・中尾考一・松田 彊 1972 トドマツ人工林の現存量について, 日林北支講 21 : 115 118
- 春木雅寛 1979 トドマツ人工林の物質現存量に関する基礎的研究. 北大農演報 36 (1): 147 254
- 加藤亮助 1961 トドマツ人工林の解析の 1 例 その現存量と相対生長 . 北方林業 13 (1): 27 30
- OSHIMA, Y., M. KIMURA, H. IWAKI and S. KUROIWA., 1958 Ecological and physiological studies on the vegetation of Mt. Shimagare I. Bot. Mag. 71 : 289 301
- 佐藤清左衛門・坂本 武 1981 植栽本数と生産量. 北方林業 33 : 118 123
- 佐藤大七郎・中村賢太郎・扇田正二 1955 林分生長論資料, 立木密度のちがう若いアカマツ林. 東大演報 48 : 65 90
- SATOO, T. 1974 Primary production relations in a young plantation of *Abies sachalinensis* in Hokkaido : Materials for the studies of growth in forest stands. Bull. TOKYO. Uni. For. 66 : 127 137
- 四手井綱英・堤 利夫 1962 天然生トドマツ林の乾物養分現存量 (予報). 72 回日林講 : 177 179
- 四手井綱英 (編) 1963 アカマツ林の造成——基礎と実際——. 326 p 地球出版 東京
- 菅 誠・斎藤秀樹・四手井綱英 1965 常緑広葉樹林の物質生産力について. 京大演報 (37): 55 75
- 只木良也 1965 森林の生産構造に関する研究 () 立木密度の高いモリシマアカシヤ林の生産力. 日林誌 47 : 384 391
 ————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 (11): 416 423
- 高橋幸男・浅井達弘・菊沢喜八郎 1974 名寄のシラカンバ林の現存量について. 北林試報 12 : 29 37

Summary

This paper presents the dry-matter production of 53-year-old plantation of *Abies sachalinensis* MAST.

1. The mean height and the mean diameter at breast height in the sample plot were 20 m and 30 cm respectively. Stand density was 523 trees per hectare.

2. Seventeen sample trees chosen in the plot were felled. Each felled tree was weighed its stem, branches and leaves by the method of each separate stair of whorl branch-clipping.

3. Biomass was estimated by the two different methods; basal area proportional allotment-Eq. (4) and allometric relations (Fig. 6 ~ Fig.8) -Eqs. 6 ~ 7 and (8). The two estimates were very similar with each other (Table 3).

4. The biomasses of each organ per ha were estimated (Table 3).

(a) Biomass of the forest stand (exclusive root biomass) was estimated at 174.7 ton per ha.

(b) The leaf biomass was estimated at 12.2 ton per ha.

5. The net primary production (above ground part of the forest) was estimated (Table 6).

(a) The annual dry matter production was estimated at 5.84 ton per ha.

(b) The annual dry matter production per unit weight of leaf amounted to 2.85 ton/ton · ha.

6. Total volume, annual volume increment, height distribution and diameter distribution of the stand observed in the present study were compared with those of the yield table of similar age. Fairly well agreement were observed between the two.