

名寄のシラカンバ林の現存量について

高橋幸男* 浅井達弘* 菊沢喜八郎*

On biomass estimation of *Betula platyphylla* var. *japonica* forest stand in Nayoro

Yukio TAKAHASHI*, Tatsuhiro ASAI*,
and Kihachiro KIKUZAWA*

はじめに

本州中部から北海道全土にわたって広く分布するシラカンバは、山火跡地の先駆樹で天然更新が良好であり、しかも初回生長の旺盛な樹種として知られている。シラカンバを主体とした二次林の多くは林種転換のために伐採されたり、そのまま放置されたりしている。こうした二次林を林種転換によらずに施業しようとするとき、どうしてもこれらの林の現存量や生産量などを把握しておく必要がある。そのために間伐、除伐などの撫育が全く行なわれていない二次林を選び林木および林床植生の現存量推定の調査を行なった。

調査は 1965 年 8 月に名寄林務署管内道有林において大阪市立大学小川房人氏の指導のもとに京都大学の斎藤秀樹・河原邦彦両氏および当场造林科・育種科・経営科職員ならびに名寄林務署員の参加・協力を得て行なわれた。ここに指導ならびに協力を得た関係各位に深く感謝の意を表す。

調査地概要

調査地は名寄市智恵文にある道有林名寄経営区 55 林班り小班である。この地帯は天塩山地と北見山地のあいだにあり、中央低地帯と呼ばれている。地質は安山岩質で礫の多い BD 型土壌である。この地方の気象を調べてみると道内でも有数の多雪地帯で、最深積雪量は 185 cm である。降水量は年間 1,201 mm であり、年平均気温は 5.1°C、暖かさの指数 62.0 度、寒さの指数 -61.1 度と寒暖の差のはげしいところである。

調査林分は標高約 200m の南西向き約 3°C の緩傾斜の丘陵地にあり、撫育の行なわれていないシラカンバを主体とした二次林である。上層林冠は約 40 年生のシラカンバが優占し、中下層にはミズナラ、イタヤカエデ、シナノキ、ヤマグワなどの広葉樹のほかにもトドマツが僅かながらみられる。林床にはクマイザサが密生しており、ほかにツタウルシが少しみられる。

この林分は表-1 に示すように立木本数 2,400 本/ha、最高樹高 21m、最大胸高直径 31cm である。この林分の樹高と胸高直径の関係をみると図-1 のように樹高 12m 位でシラカンバとその他の樹種との分離がみられる。上層林冠をしめるシラカンバは平均樹高 15.5m、平均胸高直径 14.8cm である。また後継樹種とみられるミズナラ、イタヤカエデ、シナノキなどの平均樹高は 8.3 m、平均胸高直径は 7.4cm である。シラカンバの立枯本は 360 本/ha でその立木本数 1,290 本/ha に対し約 28% にあたる。林分全体の立枯本数 490 本/ha に対して約 73% にあ

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

[北海道林業試験場報告第 12 号 昭和 49 年 10 月 Bulletin of the Hokkaido Forest Experiment Station, No, 12, October, 1974]

表-1 林分概況
Table 1. Outline of the stand.

	全体 Total	シラカンバ <i>Betula platyphylla</i>
林 齢 Age in years of the stand	40	40
立木本数 Tree density number/ha	2,400	1,290
立枯本数 Number of standing dead trees/ha	490	360
最大樹高 Maximum tree height(m)	21.0	
平均樹高 Mean tree height(m)	11.7	15.5
最大胸高直径 Maximum diameter at breast height(cm)	31.0	
平均胸高直径 Mean diameter at breast height(cm)	11.2	14.8
幹 材 積 Stem volume(m ³ /ha)	258.6	213.3

たり、シラカンバの立枯が他の樹種に比較して著しく多い。この林分は樹冠投影図(図-2)に示すように完全にうっ閉している。

この林分の構成樹種の林齢を 21 本の供試木でみてみると大部分が 35~40 年生であり、樹種間の差は認めがたい。わずかにイタヤカエデ(15 年生)とシナノキ(60 年生)の 2 本が例外である。このシナノキは山火の際に焼け残ったものと考えられ、胸高直径では標準地内で最大の個体である。なお樹高 7.5m, 胸高直径 8.1cm のトドマツも樹齢は 40 年生であり、山火後シラカンバなどの広葉樹と同時に侵入したようである。

またこの林分の 0.1ha の標準地に生育する主な樹種の胸高直径の頻度分布をみると(図-3)10cm 以上ではシラカンバが大多数をしめ、その他にシナノキとミズナラのごく一部と初期生長の早いケヤマハンノキの分布がみられる。ヤマグワ、イタヤカデ、シナノキ、ミズナラなどが胸高直径の小さい方にかたよって位置している。このように樹種間に樹齢の差はないが、上層のほとんどをシラカンバがしめているのは、シラカンバがほかの樹種と比較して初期生長が早いためである。

鮫島 (1971) によるとシラカンバの平均胸高直径に対応する立木密度は 15cm では約 700 本/ha とされてお

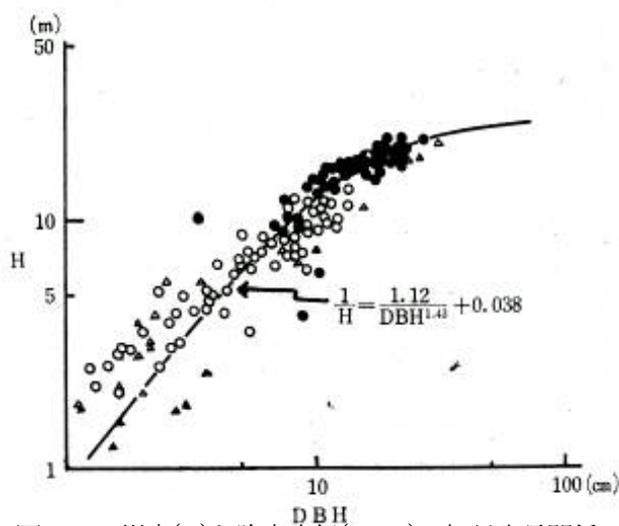


図-1 樹高(H)と胸高直径(DBH)の相対生長関係

- シラカンバ △ シナノキ, ケヤマハンノキ
- ▲ トドマツ ○ その他

Fig.1. Allometric relationship between tree height (H) and diameter at breast height (DBH).

- *Betula platyphylla* △ *Tilia japonica*, *Alnus hirsuta*
- ▲ *Abies sachalinensis* ○ Others

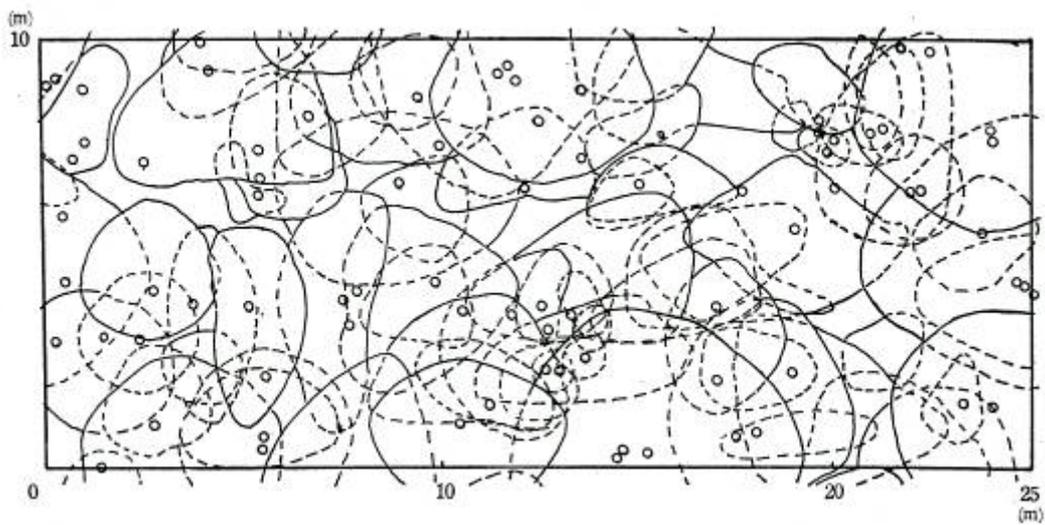


図-2 樹冠投影図
Fig.2. Crown projection diagram.

り、それにくらべればこの林分の 1,290 本/ha はかなり多いといえる。事実、前にも述べたとおりシラカンバの立枯木が多く、これからも径級の小さい個体を中心に枯死していくものと予想される。これらのことから、この林分は除々にではあるがシラカンバが後退して、後継樹が育ちつつある状態と考えられる。

調査方法

林外からの影響の少ないと思われるところを選んで 0.1ha の標準地を設けた。標準地に生立する全個体の胸高直径(DBH)、地際直径(D₀)および地上 30cm 部位の直径(D₃₀)を 1mm 括約で、樹高(H)と枝下高(H_B)を 10cm 括約でそれぞれ測定した。枝張り は 4 方向を測り樹冠投影図を同時に作成した。

つぎに標準地内の毎木調査から各直径階、樹高階を代表する個体および林分中最大の樹高、胸高直径をもつ個体、計 21 本を選びだし供試木として伐倒した。供試木については胸高直径、地際直径、地上 30cm 部位の直径および生枝下直径(D_B)を 1mm 括約、樹高と枝下高は 5cm 括約、樹冠幅は 10cm 括約でそれぞれ測定した。つぎに地上から 0.0m、

0.3m、1.3m それ以上は 2m ごとの層別刈取りを行ない、幹、枝、葉の生重量を測定した。

また各層から任意に少量の幹、枝、葉を取り生重量測定後、乾物率や比重を求めるための

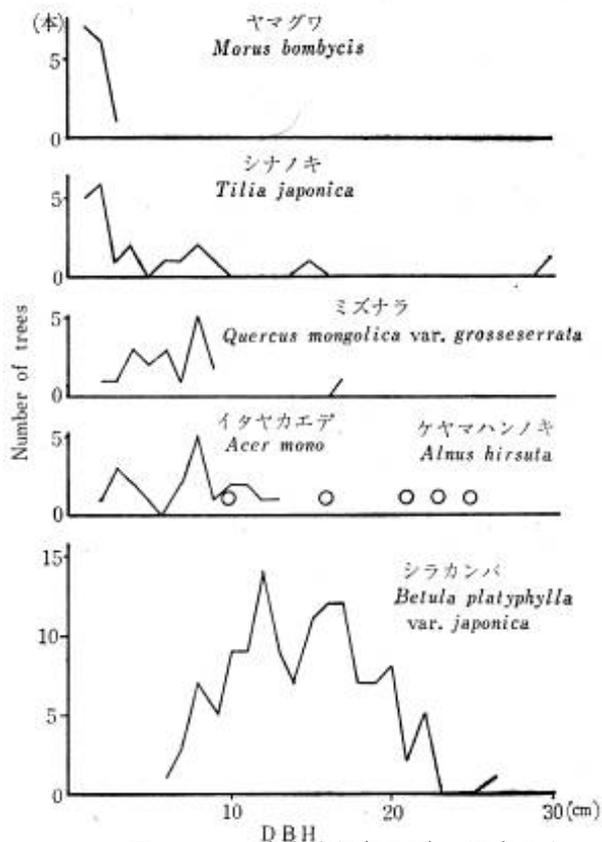


図-3 胸高直径(DBH)の頻度分布
Fig.3. Frequency distribution of diameter at breast height(DBH)

資料としてもちかえった。葉は葉面積測定のため少量を複写した。供試木は材積測定のため円板をもちかえって樹幹折解を行なった。

林内の地表の0m, 地上から1.2m(クマイザサの上部), 地上6m, 地上10mおよび地上13mの高さで照度測定を行なった。林内の明るさは同時に測定した裸地の照度との相対照度で表わした。

林床植生であるクマイザサを1m²ずつ4カ所で全刈りして非同化部分および同化部分の生重量を測定した。林分外との比較のために調査林分に近いクマイザサの群落でも同様の調査を行なった。

この報告にもちいた重量はすべて絶乾重量であり, もちいた植物の学名・和名はすべて大井(1953)によった。

結果および考察

現存量の推定

相対生長法則を樹木に適用した研究は多くなされてい、樹木の各部の現存量の推定には媒体として胸高断面面積やD²Hなどをもちいるが、D²Hをもちいると各部分、とくに幹との適合度がよいとされている(四大学合同調査班1960)。この調査では供試木のD²Hと幹、枝、葉などの各部重量との相対生長関係にもとづく回帰式を求め、各部の現存量推定式とした。標準地の各個体の現存量はこれらの推定式に毎木調査によって得られたD²Hを代入して算出された値である。

i) 幹重量

供試木のD²Hと幹重量(w_s)との相対生長関係を両対数グラフにプロットすると図-4のようにバラツキの小さい直線関係が得られる。この関係は樹種が違っていても満足されている。この林分の幹重量推定式を次式で近似する。

$$\log w_s = \log D^2 H + 2.301 \quad (1)$$

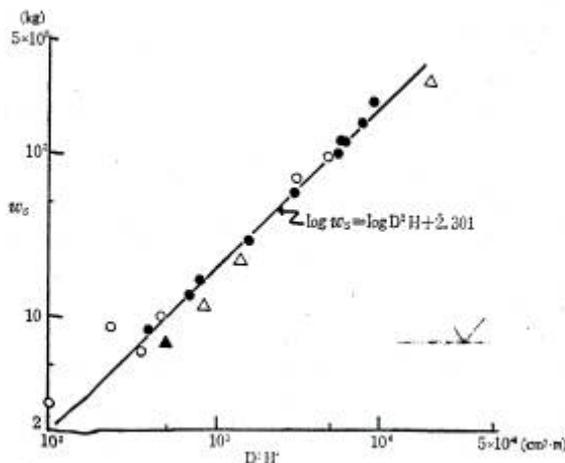


図-4 幹乾重量(w_s)とD²Hの相対生長関係
● シラカンバ △ シナノキ, ケヤマハンノキ
▲ トドマツ ○ その他

Fig.4. Allometric relationship between stem dry weight (w_s) and D²H (Product of square of diameter at breast height by height of the tree).

- *Betula platyphylla*
- △ *Tilia japonica, Alnus hirsuta*
- ▲ *Abies sachalinensis* ○ Others

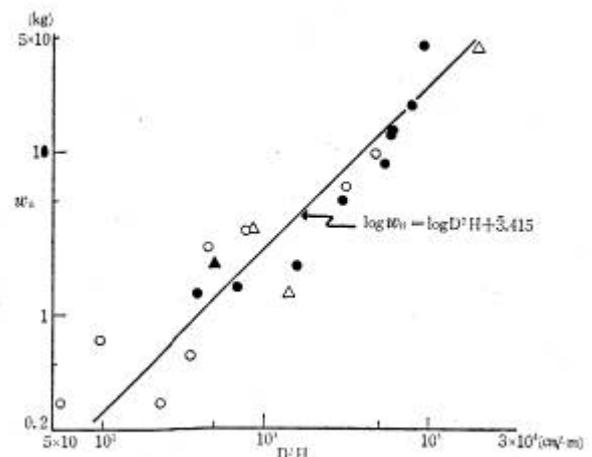


図-5 枝乾重量(w_b)とD²Hの相対生長関係

- シラカンバ △ シナノキ, ケヤマハンノキ
- ▲ トドマツ ○ その他

Fig.5. Allometric relationship between branch dry weight (w_b) and D²H.

- *Betula platyphylla*
- △ *Tilia japonica, Alnus hirsuta*
- ▲ *Abies sachalinensis* ○ Others

ii) 枝重量

D²Hと枝重量(w_B)との相対生長関係は図-5のとおりである。この関係は幹の場合と比較するとバラツキは少し大きい、樹種間の差は幹と同様に認められない。この関係の近似式は

$$\log w_B = \log D^2 H + 3.415 \quad (2)$$

である。

iii) 葉重量

胸高断面積あるいはD²Hと葉重量(w_L)との相対生長関係は林分や立木密度、生育段階などによって変化することが確認されている(只木 1963)。

この林分のD²Hと葉重量との相対生長関係においても図-6のようにシラカンバと他の樹種とのあいだに分離がおきている。ここでは林分、立木密度、生育段階はほぼ同じとみなせるのでこの分離の原因をつぎのように考える。上層に達しているシラカンバの個体は陽光を十分に受けて葉量も必要なだけもっているが、上層に達することができないシラカンバの個体は極端な陽樹であるために被陰に耐えられず急速に葉量を減少させて枯死へと向かうと考えられる。一方、ミズナラなどの比較的耐陰性がある樹種の個体は中下層の少ない陽光の下でも個体の生命を維持するだけの葉量をもっていると考えられる。このような樹種による耐陰性の差が回帰直線の勾配差となってあらわれていると考えられる。この林分の葉重量推定式もつぎの2式に分けて近似する。

シラカンバ $\log w_L = \log D^2 H + 4.556 \quad (3)$

その他の樹種 $\log w_L = 0.8 \log D^2 H + 3.494 \quad (4)$

葉面積の推定

点数法により求めた供試木の葉面積(u)と供試木の葉重量との関係にもとづく回帰式を求めて葉面積の推定式とした。標準地の各個体の葉面積はこの推定式にD²Hによって得られた各個体のw_Lを代入して算出された

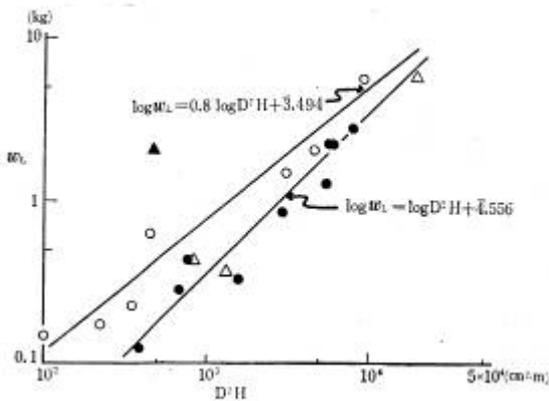


図-6 葉重量(w_L)とD²Hの相対生長関

- シラカンバ △ シナノキ, ケヤマハンノキ
- ▲ トドマツ ○ その他

Fig.6. Allometric relationship between leaf dry weight (w_L) and D²H.
 ● *Betula platyphylla*
 △ *Tilia japonica, Alnus hirsuta*
 ▲ *Abies sachalinensis* ○ Others

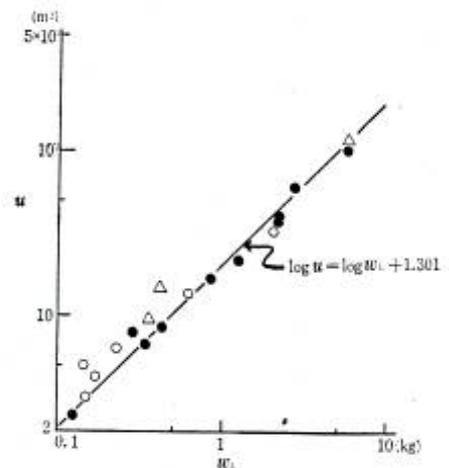


図-7 葉面積(u)と葉乾重(w_L)の関係

- シラカンバ △ シナノキ, ケヤマハンノキ
- ▲ トドマツ ○ その他

Fig.7. Relationship between leaf area (u) and leaf dry weight (w_L).
 ● *Betula platyphylla*
 △ *Tilia japonica, Alnus hirsuta*
 ○ Others

値である。供試木の w_L と u との関係を両対数グラフにプロットすると図-7 のようにバラツキが小さい直線関係が得られる。この関係は樹種による差がなく葉面積推定式として次式で近似できる。

$$\log u = \log w_L + 1.301 \quad (5)$$

生産量の推定

個体の生長量の推定には最近5年間の材積生長の平均の値をもちいると過小評価となるので現在の材積(V_s)と5年前の材積(V'_s)との間のつぎの関係をもちいるのが良いようである (四大学合同調査班 1960)。

$$V_s = V'_s (1 - e^{-r}) \quad (6)$$

ただし $r = 1/5 \log e(V_s / V'_s)$

e 自然対数の底

この V_s を最近1年間の材積生長量と考えることにする。(6)式をもちいて求めた供試木の材積生長量に比重を乗じて供試木の重量生長量を求める。供試木の D^2H と幹重量生長量(w_s) との相対生長関係を両対数グラフにプロットすると図-8 のように樹種間の差はなく、割合バラツキの小さい直線関係が得られる。この直線の回帰式を次式で近似して幹重量生長量の推定式とする。

$$\log w_s = 0.85 \log D^2H + 3.564 \quad (7)$$

枝の1年間の葉量生長量(w_B) は(1), (2)式から D^2H を消去して WS と WB の関係式を求め、これを時間で微分して得られる次式により求められる。

$$w_B = 0.13 w_s \quad (8)$$

脱落量や被食量を無視すると1年間の生産量は現存している個体の個体重量の増分(w)とこの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との和である。ところがこの1年間に枯死した個体のこの期間中の生長はほとんどないものと考えてよい。そこでこの1年間に枯死した個体の生長量が0であるとの仮定をおくと、現存個体の生長量の総和($\sum w$)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。

葉のこの1年間の生産量については8月現在の葉の現存量をもって当年の生産量とする。

以上の推定式(1)~(8)などから標準地のha当りの林木の現存量、生産量および葉面積を推定し表-2 にしめた。比較のために調査林分に隣接したクマイザサ群落と只木ら(1961)のしらべたシラカンバ幼齢林のデータをもあわせてしめた。

根を除いたこの林分の林木の現存量は 145.9 ton/ha で、下生えのクマイザサを含めると 152.5 ton/ha である。林木の地上部現存量の各部への配分率は幹 87%, 枝 11%, 葉 2%で樹種間の差はほとんどない。また幹の当年生産量は 6.7 ton/ha, 11.3 m³/ha である。この林分のクマイザサや根の生産量, 落葉枝量, 枝食量などを無

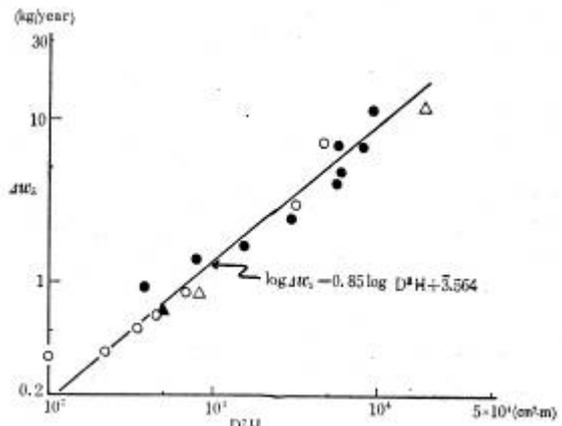


図-8 幹乾重生長量(w_s) と D^2H の相対生長関係
 ● シラカンバ △ シナノキ, ケヤマハンノキ
 ▲ トドマツ ○ その他
 Fig. 8. Allometric relationship between annual stem increment in dry weight (w_s) and D^2H

- *Betula platyphylla*
- △ *Tilia japonica, Alnus hirsuta*
- ▲ *Abies sachalinensis* ○ Others

表-2 現存量と純生産量のまとめ

Table 2. Summary the estimated biomass and net production.

	名寄シラカンバ林 <i>Betula platyphylla</i> forest stand in Nayoro (present investigation)	標茶シラカンバ 幼齢林(只木ら 1961) Yong <i>Betula</i> <i>platyphylla</i> stand in Shibechea (after TADAKI <i>et al</i> 1961)	名寄クマイザサ群落 <i>Sasa senanensis</i> community in Nayoro (present investigation)
幹現存量 Stem biomass y_s (ton/ha)	126.4 (101.7)	14.0-16.8	
枝現存量 Branch biomass y_B (ton/ha)	16.9 (13.4)	3.8-4.5	
葉現存量 Leaf biomass y_L (ton/ha)	2.6 (1.8)	1.2	
幹現存量(ササ) Stem biomass of <i>Sasa</i> (ton/ha)	5.2		10.7
葉現存量(ササ) Leaf biomass of <i>Sasa</i> (ton/ha)	1.4		3.3
全現存量 Total biomass y (ton/ha)	152.5 (116.9)	19.0-22.0	14.0
葉面積 Leaf area u (ha)	5.2 (3.6)	3.5	
ササ葉面積 Leaf area of <i>Sasa</i> (ha)	3.0		3.3
幹生産量 Stem production (ton/ha.year)	6.7 (5.3)	3.1	
枝生産量 Branch production (ton/ha.year)	0.9 (0.7)		
葉生産量 Leaf production (ton/ha.year)	2.6 (1.8)		
純生産量 Net production of the stand (ton/ha.year)	10.2 (7.8)		

注：()内数値はシラカンバのみ

Note: Figures in the parenthesis is the values of *Betula platyphylla*

視した純生産量は 10.2ton/ha である。これらを四大学合同調査班 (1960) がしらべた北海道の郷土樹種であるトドマツの天然林と比較してみる。留辺蘂町オンネユの樹齢 35~40 年、直径 15~30cm 程度のトドマツ壮齢林で幹の現存量は 170ton/ha、純生産量 21.0ton/ha である。この純生産量の算出には根の生産量を幹の生産量の 30%として含んでいることと枝の生産量も幹の 30%としていることなどを考えると、おおよそ名寄のシラカンバ林の 1.5 倍程度の生産量である。また北海道林務部 (1970) の道有林名寄・美深経営区でのトドマツ人工林の収穫予想表によって比較すると、名寄のシラカンバ林は蓄積では 40 年生の II 等地に該当するが、連年生長ではトドマツ林の 7 割程度の生長である。一方、松井ら (1959) の天北地帯のカンバ二次林の収穫予想表によると 40 年生で蓄積 159m³/ha、連年生長で約 4m³/ha であり、これにくらべると名寄のシラカンバ林はかなり高い生産量をもつことになる。名寄のシラカンバ林について、シラカンバとその他の後継樹の比較をしてみるとシラカンバでは全現存量 116.9ton に対して純生産量 7.8ton であり、その他の後継樹ではそれぞれ 29.0ton、2.4ton であり全現存量に対する純生産量の百分率をとってみるとシラカンバでは 6.7%であり、その他の樹種では 8.3%とわずかなではあるが後継樹種がシラカンバを上まわっている。これは主として葉の生産量の差に起因するものであるが、将来的には後継樹がシラカンバにとってかわることを示唆していると考えられる。以上のことから、名寄のシラ

カンバ二次林は 40 年生現在ではほぼ同じ林齢のトドマツ林の 7 割程度の純生産量をもっているが、シラカンバの生産量がおちはじめれており、トドマツ林との生産量の差は開いていくようである。

葉の年間生産量についてみると、1 ton の葉は年間 3.9ton の乾物を生産し、葉面積 1 ha の葉は年間 2 ton の乾物を生産する。只木ら(1961)の報告では重量 1 ton の葉は約 4 ton の乾物を生産するとされているが、40 年生のこの林分のシラカンバの葉の生産能率と変わらないことが認められる。

林分の生産構造

この調査では 2 m ごとの層別刈取りによって幹、枝、葉の重量測定を行なったが、ha 当りの値に換算された標準地の植生の生産構造図は図-9のとおりである。葉量の垂直分布は上から 3 層の位置で最大であり、以下漸減するが最下層まで分布する。一般に成熟した落葉広葉樹林での葉量の垂直分布は上方に葉の大部分が集中するが、この調査林分ではミズナラ、イタヤカエデなどの後継樹が生育してきているために、このような葉量分布になっている。枝量についても葉量とよく似た分布が認められる。

林内の各層で照度を測定したが、地上 1.2m (クマイザサの上部)の高さでの相対照度は 8.7% であり、葉面積は 5.2ha であった。これらの値から BEER-LAMBERT の法則をもちいて求めた葉の吸光係数は 0.475 であった。地表に到達した光は相対照度で 0.6% であった。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生産構造図に曲線でしめた。

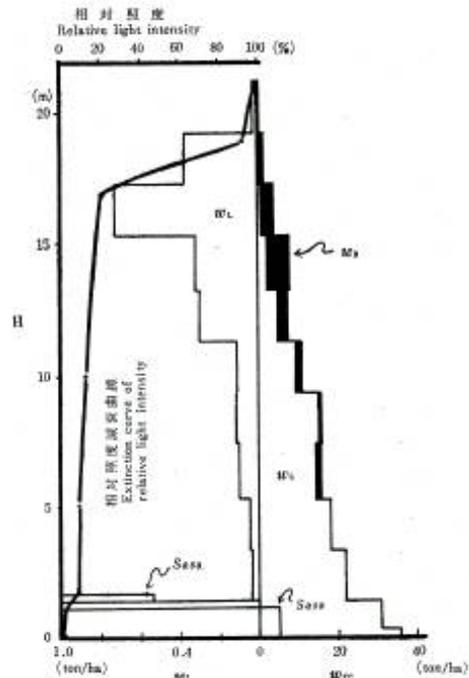


図-9 林分の生産構造図

ωL : 葉乾重量 ωB : 枝乾重量
 ωS : 幹乾重量 ωTC : 地上部非同化部乾重量

Fig.9 Production structure diagram of the stand.
 ωL : leaf dry weight ωB : branch dry weight
 ωS : stem dry weight
 ωTC : amount of above ground woody part in dry weight

摘 要

全く撫育の行なわれていない名寄の山火跡地のシラカンバ二次林(40年生)の現存量を推定し、その生産構造について若干の解析を試みた。この林分の立木本数は 2,400 本/ha であり、平均樹高は 11.7m、平均胸高直径は 11.2cm である。21 本の供試木の層別刈取りを行ない、 D^2H と各部分重量との相対生長関係から各個体の現存量を推定した。両対数グラフにプロットされた D^2H と w_s の関係はバラツキが小さく、きれいな直線関係が得られた(図-4)。この直線関係はこの林分に生育するシラカンバ以外のミズナラ、イタヤカエデ、シナノキなどの後継

樹にも適合し、樹種差はなかった。 D^2H と、 w_B 、 w_S との関係もほぼ同様であった(図-5, 8)。 D^2H と w_L との関係では上層をしめるシラカンバとその他の樹種との間で回帰式が分離した(図-6)。

根量を除いたこの林分の林木の現存量は 146ton/ha であり、下生えのクマイザサの現存量は 6.6ton/ha であった。クマイザサや根の量、落葉枝量、被食量などを無視した当年の乾物生産量(純生産量)は 10.2ton/ha で、葉重量 1 ton 当り年間約 4 ton/ha の乾物を生産した。

葉の垂直分布は後継樹があるために複層林型となり地表近くまで葉の分布がみられた(図-9)。地上 1.2m(クマイザサの上部)の相対照度は 8.7%であった。葉面積指数は 5.2 であった。これらの値から BEER-LAMBERT の法則をもちいて求めた葉の吸光係数は 0.475 であった。

文 献

- 北海道林務部 1970 道有林における人工林収獲予想表. 34 p
松井善喜・篠原久夫・横田荘平 1959 天北地帯のカンバ二次林について. 日林北支講 8 : 72-75
大井次三郎 1953 日本植物誌. 顕花編 1383 p 至文堂
鮫島惇一郎 1971 北海道産カンバ類の生長. 北方林業叢書 48 : 47-72 北方林業会
只木良也 1963 森林の生産構造に関する研究(IV). 日林誌 45 : 249-256
只木良也・四手井綱英・酒瀬川武五郎・荻野和彦 1961 森林の生産構造に関する研究(II). 日林誌 43 : 19-26
依田恭二 1971 森林の生態学. 331 p 築地書館
四大学合同調査班 1960 森林の生産力に関する研究第 1 報. 98 p 国策パルプ

Summary

Biomass estimation of *Betula platyphylla* var. *japonica* forest stand was made in Nayoro, central part of Hokkaido. The stand investigated was composed of about 2, 400 standing trees per hectare. The mean height and the mean diameter at breast height in the sample plot of 0.1 ha in area were 11.7m and 11.2cm respectively. Twenty one sample trees chosen in the plot were felled. Stems, branches and leaves of the sample trees were weighed separately.

Linear relationships on double logarithmic coordinate between D^2H (product of square of diameter at breast height by height of the tree) and weight of each part of the sample trees, such as weight of stem(ωs), branch(ωB) and leaf(ωL) were obtained as shown in Figs. 4-6. Allometric relationship between D^2H and annual increment of stem weight of the sample tree (w_s) was also obtained (Fig. 8). The allometric relationship between D^2H and ωL of *Betulla* which consisted of the upper canopy of the stand was sharply distinguished from that of the other succeeding tree species such as *Tilia japonica*, *Quercus mongolica* var. *groosseserrata*, *Acer mono* and so on. While in case of the relationships between D^2H and ωs and ωB , the common allometric regression lines could be applicable to all tree species of the stand. Utilizing the allometries thus obtained, biomass of the forest stand (exclusive root biomass) was estimated at 146 ton per ha. Leaf area index of the stand was estimated at 5.2 ha/ha

In the above ground part of the forest stand investigated, it was estimated that 10.2 ton of dry matter were produced annually in the current year per ha. The annual dry matter production per unit weight of leaf in terms of ton/ton · ha amounted to 4.

Relative light intensity at the 1.2m height above ground in the stand averaged at 8.7%. The light extinction coefficient of leaves in the stand was calculated at 0.47.