

日高地方における広葉樹林の林分構造と生長量

菊 沢 喜 八 郎* 浅 井 達 弘*

Structure and growth of a deciduous hardwood
forest stand at Hidaka district, in Hokkaido

Kihachiro KIKUZAWA* and Tatsuhiro ASAI*

はじめに

北海道には、山火後に再生した二次林を主とする多くの広葉樹林がある。これら広葉樹林は一般に多くの樹種を混交しており、単一樹種の一斉林よりも虫害や気象害などの諸害に対して強く、また森林に対する多様な要求にこたえ得る可能性を有している。さらに、カンバ類などの一斉林を除けば、広葉樹二次林の構成樹種は、中部北海道における極相林と考えられる針広混交林のそれと比較的よく似ている。つまり、天然に成立した広葉樹二次林の多くは、生態的にもきわめて安定した樹種構成をしているものと考えてよい。したがって、このような広葉樹林を育成して、多様な要求にこたえつつ有用広葉樹材を生産することは、林業的にも有望でかつ有意義な事業であるということができよう。

ところが従来の育林技術は、針葉樹を主とした単純林の育成に重点が置かれており、広葉樹のしかも多樹種を混交した林分については知識も少なく、ましてその施業技術の体系化はほど遠い状態にあった。この理由としては、従来は優良大径材が抜き伐り的に利用されるのみで、育成についての考慮がはらわれていなかったことがあげられる。また、育成への志向があった場合でも、多樹種を混交した林分の解析方法がきわめて困難であり、その方法が確立されていなかったのが実情であった。広葉樹林についての解析方法を確立し施業体系を作るためには、一方においてはそれぞれの樹種に関する知識を蓄積するとともに、他方では様々な林分についてその構造を知り、生長・枯損等の動態を把握する必要がある。これらによって得られた知識を実践によってためし、施業体系を作り上げていくことが望まれる。

以上のような考えから、著者らは北海道内のいくつかの広葉樹林について、その構造の解析と動態の調査を行っている(菊沢ら 1974, 1976, 1977)。ここでは、日高三石町有林における対象林分の構造の解析を行い、つぎに林分現存量の推定と生長量・枯損量などを含めた林分の動態について報告し、最後に間伐試験の概要を述べ、今後の保育指針について考察した。

本論に入るに先立ち、調査に終始ご協力をいただいた三石町林業課の岡崎昇課長をはじめ、小池幸治、長船輝男、盛岡光志の諸氏に感謝の意を表す。試験地設定に際しては、竹永弘行氏(現留萌支庁)をはじめ日高支庁林務課の方々のご協力を得た。また道立林業試験場からは、森田健次郎(現農林水産省林業試験場)、水井憲雄、斎藤満、北条貞夫(現林務部道有林第二課)の諸氏が調査に参加した。以上の方々に感謝の意を表す。

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

[北海道林業試験場報告 第16号 和54年2月 Bulletin of the Hokkaido Forest Experiment Station, No.16, February, 1979]

調査地と調査方法

試験林は日高地方の三石町に位置し、海岸線から約 15km ほど内陸に入った町有林に属する林分で、ほぼ平坦な山麓の台地上に成立した広葉樹の二次林である (図-1)。この台地面の海拔高は約 100m であり、台地上には広葉樹林が成立している。このような台地は山麓部を 100~300m ほどの幅でとりまいており、山側に向ってゆるやかな斜面となり、つづいて短い急斜面となって尾根へとつらなっている。斜面にはトドマツと広葉樹が混交して成立し、尾根部ではトドマツが主でいくらか広葉樹がまじっている。台地の一方の端は急斜面となって、河岸沿いの道路へと下っている。

試験林の樹種構成は、ミズナラ、コナラ、アサダ、エゾヤマザクラ、ウダイカンバ、カツラなどが上層を占め、中~下層はアカシデ、イタヤカエデ、ハクウンボク、ヤマモミジ、アオダモ、ハウチワカエデ、サワシバ、ハンドイなどより成っている。一部にトドマツがわずかに混じっている。構成樹種数は 40 種に達する。胸高直径 1 cm 以上の立木本数は 2,000~2,500 本/ha 材積は 300m³/ha 以上に達している。林床にはミヤコザサが優占し、木本の稚樹は少ない。

1972 年に、この林分内に 50m×50m のプロットを 3 個設置した。そのうち二つのプロット (プロット 1, 2) は間伐試験区とし、他の一つは対照区 (プロット 3) とした。試験区内の胸高以上の樹高を有する全立木にナンバーテープをつけ、それぞれの胸高直径を測定した。1972 年の測定は輪尺を、1973 年以降は直径巻尺を使用した。また立木位置図を作成するとともに、全立木の樹高および生枝下高を目測によって推定した。1973 年には各プロットの中央に 10m×50m のサブプロット (中央区) を設けた。

サブプロットについては、全立木の胸高位置に赤のラッカーでしるしをつけ、再測時により正確な直径生長量の測定ができるようにした。また樹冠投影図および林分断面図を作成した。1973 年から 1977 年まで、2 年間隔で 2 回、毎木調査をくり返した。この報告では、林分の蓄積については全プロットの資料を、生長量推定のためには中央区の資料を用いた。

1972 年に二つの間伐試験区について間伐を実行した。間伐区では、プロットの周囲 10m の幅はプロット内と同様の伐採を行った。

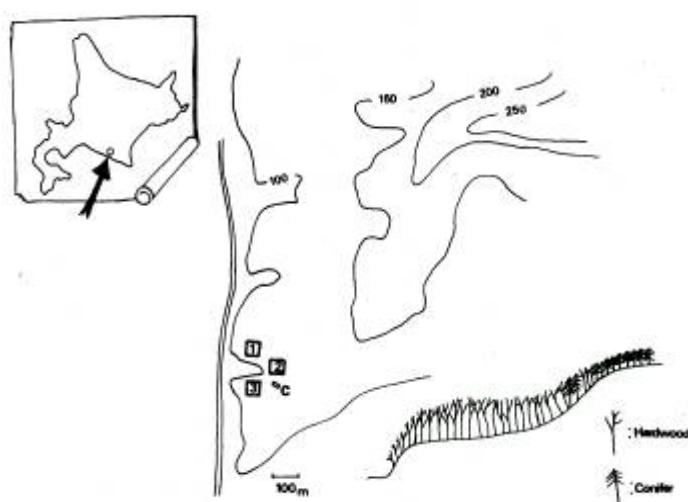


図-1 プロットの位置図および断面の模式図

Fig.1. Location of the plots. And the projection diagram of the plot.

1973年にはプロット3の中央にリタートラップを設置した。リタートラップは1m×1mの木枠にサランネットをはりつけ、塩化ビニール製の柱によって約1mの高さに固定した。設定数は10個である。以後1977年まで落葉枝の回収を行った。回収は冬期間を除いて毎月1回である。

1975年に各プロットの林床にそれぞれ1個ずつの稚樹調査区を設けた。調査区は2m×4mの8m²の面積であり、区内の稚樹にラベルを付して年1回の継続調査を行った。

1977年6月に伐倒調査を行った。伐倒区はプロット2の近くに設けた。面積は20m×5mの100m²であり、区内の全立木を地際から伐倒した。伐倒した標本木は、胸高直径と樹高を測定した後、幹・枝・葉に切り分けて各部分重量を測定した。また樹幹解析用の円板を切りとり、区分求積法によって幹材積を算定した。

林分の構造

ここでいう林分構造は、林分を構成する各個体の相互関係の総体を指す。具体的には、林木の相互関係の量的側面（直径階毎の本数分布、個体材積の頻度分布、立木の空間的配置など）、およびその質的側面（樹種構成、樹齢構成など）である。これら諸側面は互いに独立なのではなく、これらの間にも相互関係が存在していることはいうまでもない。

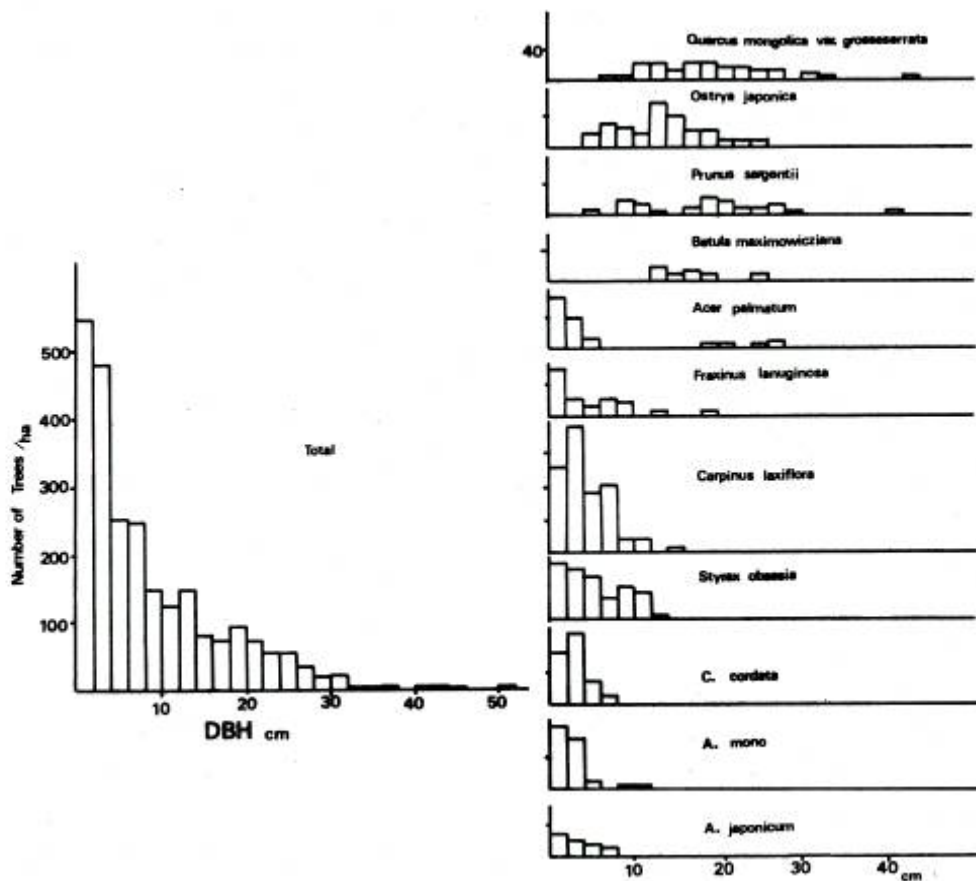


図-2 胸高直径階毎の本数分布の本数分布

Fig.2. Frequency distributions of individual trees on each diameter class.

胸高直径階毎の本数分布

図-2に、プロット3の胸高直径階毎の本数分布を示した。図-2の左側は全樹種についての本数分布である。これは最小径階の本数が最大になっており、明らかなL型分布を示している。普通このようなL型分布は「択伐林型」(藤島, 1930)と称されている。けれども、具体的に択伐林型をなしているかどうか、つまり直径の大きさと樹齢とが対応しているかどうかについては即断できない。この林分のように上・下層で樹種構成が異なっている場合は、樹種構成を反映して分布がL型化する可能性もあるからである。

図-2の右側には主な樹種の直径階毎の本数分布を示した。ミズナラ、アサダ、エゾヤマザクラ、ウダイカンバなどは直径階の比較的大きい方に分布しており、小径階での分布は切れている。これに対し、アオダモ、アカシデ、ハクウンボク、サワシバ、イタヤカエデ、ハウチワカエデなどは小径階に多く分布し、20 cm以上の大径階には分布していない。このように各樹種により直径階毎の本数分布は異なっており、それらが複合した結果として全樹種がL型分布をなしていることがわかる。このような樹種による分布傾向は、他の二つのプロットにおいてもほぼ同様に認められた。

次に樹齢をしらべた。図-3には伐倒調査木の26本の資料と、間伐木から任意に選んだ28本の資料をあわせて、樹齢と胸高直径との関係を示した。直径40 cm、樹齢200年を越えるヤマモミジを除くと、他は全て樹齢100年以下である。これらのうち、樹齢が60年前後、40年前後、20年前後のものが多い。60年前後のものに注目すると、直径4 cmのイタヤカエデから直径30 cmを越えるコナラまであり、ほぼ同じ年齢であってもその直径の分布幅はきわめて広いことがわかる。したがってこれだけを見ると樹種・個体による生長速度のちがいを反映したものにはすぎず、胸高直径は樹齢とは相関がないかのように思われる。しかし、樹齢40年前後・20年前後のものをも含めてみると、図に点線で示したように樹齢は胸高直径と大まかながら関連が認められ、大径木は高齢であり小径木は若齢であるといえる。

図-2と図-3とを併せると、主な樹種について直径階毎の本数分布の特性を次のように類型化することができる。

(A)ミズナラ、コナラ、アサダ、ウダイカンバなどは、生長速度がはやく大径木階の個体が多く、林分の上層林冠を占めるグループである。

(B)ヤマモミジ、イタヤカエデは、生長速度は遅いが十分な時間があればかなりの大径木に生長する。直径階毎の本数分布は、大径木グループと小径木グループとの中間的な型を示すことが多い(菊沢ほか 1977)(C)ハウチワカエデ、ハクウンボク、サワシバなどは中～小径木グループに属する。

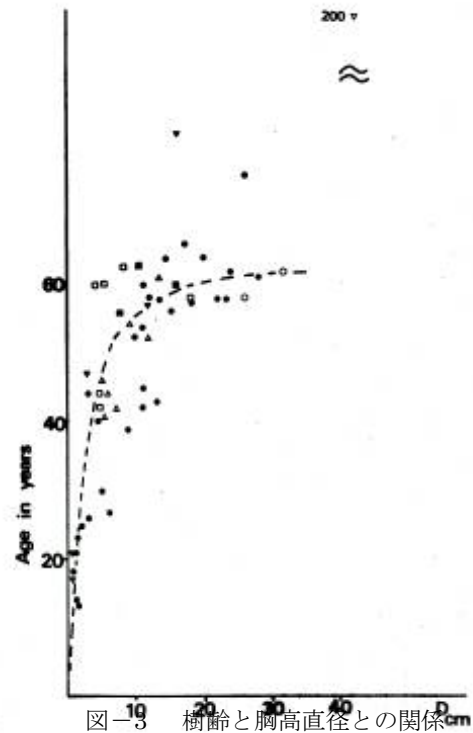


Fig. 3. Relation between tree age and its diameter.

- | | | |
|---|--------|----------------------------|
| ○ | コナラ | <i>Quercus serrata</i> |
| □ | イタヤカエデ | <i>Acer mono</i> |
| ▼ | アオダモ | <i>Fraxinus lanuginosa</i> |
| ■ | アサダ | <i>Ostrya japonica</i> |
| △ | ハクウンボク | <i>Styrax obassia</i> |
| ▽ | ヤマモミジ | <i>Acer palmatum</i> |

以上から、林分全体の直径階毎の本数分布は、各樹種毎の分布のちがいと樹齢のちがいの両者を内包していることが明らかである。

林分の階層構造

図-4にプロット3（中央区）の林分断面図を示した。上層林冠をミズナラ、エゾヤマザクラ、オオスボダイジュ、アサダなどが占め中層にはハクウンボク、アカシデ、アサダなどがあり、それよりさらに下をサワシバ、アカシデなどが占めている。

この林分における階層構造を明確につかむために、OGAWA, et al(1965)による葉層図を図-5に示した。葉層図は、樹高の積算頻度分布を示す Height Curve と、ある高さに樹冠を有する木の相対本数を示す Crown Curve, および樹高と生枝下高の関係を示す H-H_B 図よりなる。H-H_B 図には 8~10m の

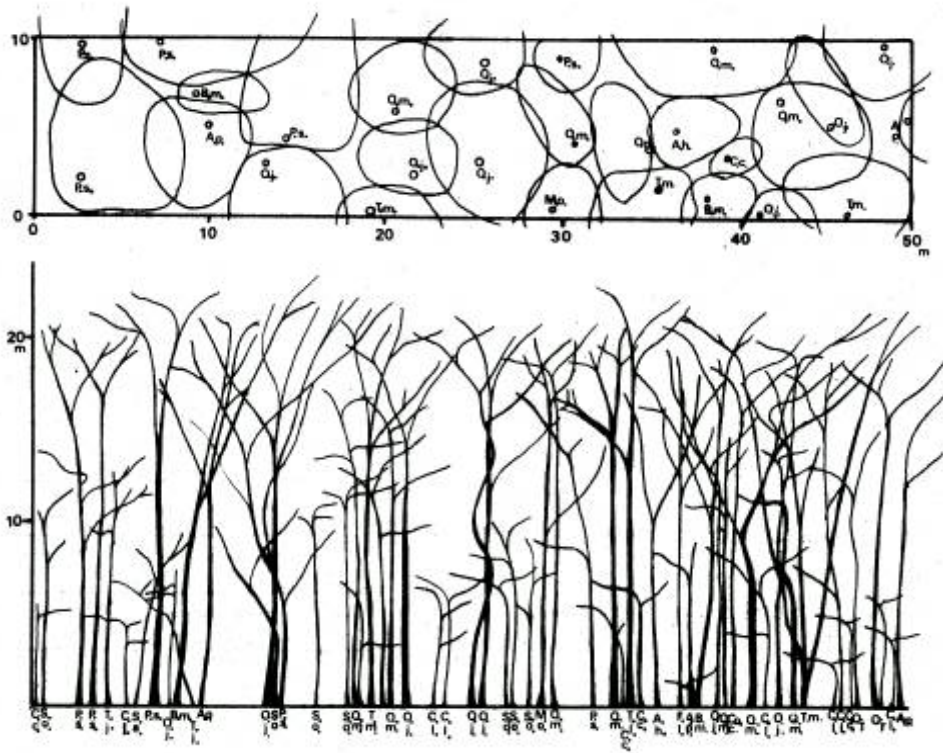


図-4 樹冠投影図と断面図（プロット，中央区）

Fig.4. Crown projection diagram and a profile of the center of plot 3.

P.S. :	Prunus sargentii エゾヤマザクラ	Q.m. :	Quercus mongolica var. grosseserrata ミズナラ
B.m. :	Betula maximowicziana ウダイカンバ	O.j. :	Ostrya japonica アサダ
A.p. :	Acer palmatum ヤマモミジ	T.m. :	Tilia maximowicziana オオバボダイジュ
M.o. :	Magnolia obovata ホオノキ	A.h. :	Alnus hirsuta ケヤマハンノキ
C.c. :	Carpinus cordata サワシバ	C.l. :	Carpinus laxiflora アカシデ
S.o. :	Styrax obassia ハクウンボク	S.a. :	Sorbus alnifolia アズキナシ
T.j. :	Tilia japonica シナノキ	F.l. :	Fraxinus lanuginosa アオダモ
Co.c. :	Cornus controversa ミズキ		

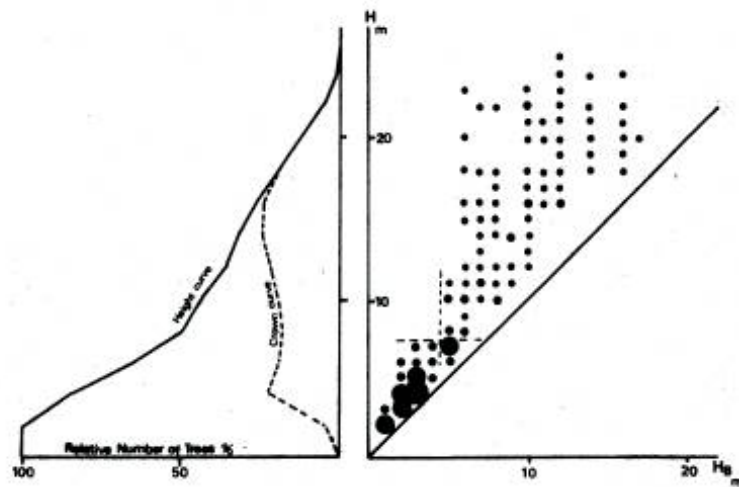


図-5 プロット3の葉層図

Fig.5. Crown depth diagram in plot 3.
The size the closed circles in H·H_B diagram roughly correlates with the number of trees.

あたりで階段状の段差がある。Crown Curve には 15~16m と 5~6m の高さにそれぞれピークがあり、その中間の高さの 8~10m にくぼみがある。また Height Curve も 8~10m のあたりで変曲している。すなわち葉層図で判断すると、8~10m に階層の切れめがあり、これより上を上層、下を下層として分け得る。10m以上の高さでは林冠はほぼ連続的である。

図-6 には主な樹種についての樹高階別本数分布を示した。ミズナラ、アサダ、ウダイカンバ、エゾヤマザクラでは樹高 20mを越えるものがかなりあり、上層林冠を形成していることが明らかである。またこれらは、低樹高のものは少ないか、または存在しない。ヤマモミジも樹高 20mの木が存在し上層林冠に加わっているが、10m以下に本数のピークがあり、上層林冠を形成する他の木とは分布の型が異なっている。先にも述べたようにヤマモミジは中間型の樹種であるといえる。すなわち、生長速度は遅いが時間が十分にあれば上層林冠にも到達するものと考えられる。アオダモ、アカシデ、ハクウンボクは樹高 15~16mに達するがそれ以上のものはなく、また 10m以下の本数が多いなど上層木とは異なっている。全樹種をこみにした葉層図では検出で

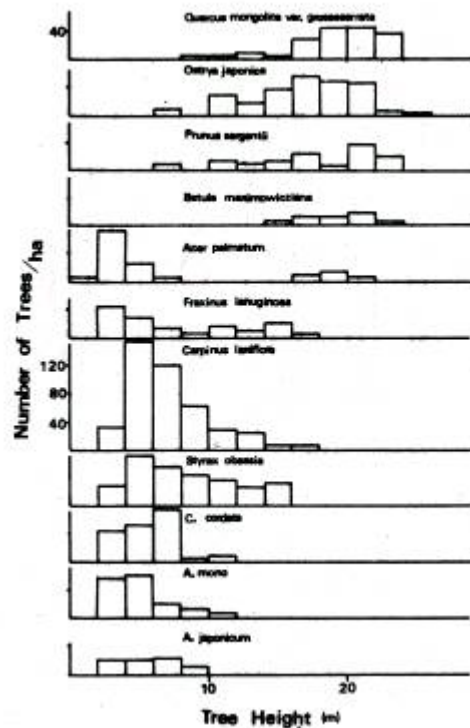


図-6 樹高階別本数分布

Fig.6. Frequency distribution of individual trees on each height class.

きなかったが、各樹種についてみるとこのように 15~16m を境界として上層と中層とに分けるのが適当であると考えられる。さらに、サワシバ、イタヤカエデ、ハウチワカエデの分布は 10m 付近までであり、このあたりで中層と下層とを分けるのが適当である。これは葉層図による分析と一致する。なおイタヤカエデは図-6 でみるたぎり下層木に分類されるが、他のプロットでは上層に達する木もあってヤマモミジと似た分布（中間型）として分類するのが適当である。以上から樹高分布によって樹種を類型化すると、ミズナラなどの上層木、ハクウンボクなどの中層木、ハウチワカエデなどの下層木、およびヤマモミジなどの中間型の四つに分けることができる。これを直径階毎の本数分布による類型化と対応させると、前者における中~小径木グループを中層木と下層木とに細分したものであることがわかる。

最後に林床稚樹を見ておこう。対照区の 8m² のプロットに成立していた稚樹は計 30 本であり、1 m² 当り 4 本弱ときわめて少ない。これらは樹高 40 cm 以下のものばかりであり、ミヤコザサの高さ（50 ~ 70 cm）を越えるものはなかった。これらのうちトドマツが 10 本を占め広葉樹は 20 本であった。しかもこれらは、アオダモ、イタヤカエデ、ヤマモミジの 3 樹種にかぎられていた。

立木の平面分布

各プロットを 10m×10m の小区画 25 個に分け、小区画毎の立木本数の分布を MORISITA (1959) *I_s* 指数を用いて検討した。*I_s* 指数は分布がランダムであれば 1 に、集中分布であれば 1 より大きく、一様分布であれば 1 より小さくなる。

各プロット、各樹種毎に *I_s* 指数を計算し表-1 に示した。二、三の例外を除けば各樹種の分布は多かれ少なかれ集中分布をしている。特にハウチワカエデ、ヤマモミジは各プロットともにきわだった集中分布である。

表-1 各樹種毎の *I_s* 指数値
Table 1. *I_s* indices of each species.

樹種		プ	ロ	ツ	ト
		1	2	3	3
アカシデ	<i>Carpinus laxiflora</i>	2.2117	4.1660		1.7047
イタヤカエデ	<i>Acer mono</i>	1.6304	1.2360		0.9957
エゾヤマザクラ	<i>Prunus sargentii</i>	5.0000	2.1428		1.7241
アオダモ	<i>Fraxinus lanuginosa</i>	2.1739	1.0406		1.8270
ウダイカンバ	<i>Betula maximowicziana</i>		1.3888		1.8939
コナラ	<i>Quercus serrata</i>	1.3736	1.81159		
ミズナラ	<i>Q. mongolica var.grosseserrata</i>	1.3533			1.9230
サワシバ	<i>C. cordata</i>	1.9565	1.2773		1.2121
アサダ	<i>Ostrya japonica</i>	1.3198	2.6190		1.2704
ハウチワカエデ	<i>A. japonicum</i>	10.000	6.2500		5.9941
ハクウンボク	<i>Styrax obassia</i>	0.9615	1.3617		1.0261
ヤマモミジ	<i>A. palmatum</i>	5.0000	4.6195		3.4778
全体	Total	1.0395	1.0245		1.0392
全体 (D ≥ 20 cm)	Total (D ≥ 20 cm)	0.8978	0.8735		0.9221

枠の大きさ : 10m×10m, 枠の数 : 25 個
unit size : 10m×10m, sample size : 25

次に全樹種をこみにした全個体の分布をみると、どのプロットにおいても I_s は 1 に近い値を示す。すなわち全個体の分布はランダム分布をしているといえる。

全樹種の胸高直径 20 cm 以上の大径木についてその分布を調べると、どのプロットにおいても I_s は 1 より小さくなった。すなわち大径木の分布はランダムよりもやや均質な分布であると見ることができる。

林分の現存量

標本木の幹・枝・葉それぞれの乾重量と個体の D^2H ((胸高直径)²×樹高) との相対生長関係を図-7 に示した。図にみられるように、 D^2H の大きい側に関しては両対数直線関係が認められる。しかし D^2H の小さい側に関しては直線関係からはずれてくるようだ。これはおそらく小径木、特に樹高の低いものでは胸高位置が相対的に高くなり、その結果 D^2H が大径木に比べて相対的に過小に評価されることによるものだろう。ただし、このような小径木のはずれは、林分現存量の推定値に対しては全く影響をおよぼさない。したがってここでは幹重 (W_s : ton)、枝重 (W_B : ton)、葉重 (W_L : ton) と D^2H (m^3) との相対生長関係はそれぞれ次のような両対数直線関係で近似した。

$$W_s = 0.2247 (D^2H)^{0.9627} \quad (1)$$

$$W_B = 0.063 (D^2H)^{1.1025} \quad (2)$$

$$W_L = 0.0042 (D^2H)^{0.750} \quad (3)$$

また幹材積 V_s (m^3) は

$$V_s = 0.44 (D^2H)^{0.98} \quad (4)$$

で近似した。

図-7 にみられるように、幹に関しては直線のまわりの点のばらつきは比較的すくないが、枝・葉では大きい。これは、幹の形は樹種がちがっても大まかには相似形と見なせるのに対し、枝や葉は樹種・個体による差がきわめて大きいことを示している。

実際に毎木調査でくり返し測定されるのは胸高直径だけであるので、(1) ~ (4) 式から H を消去する必要がある。このため、伐倒木から D と H の関係を求め図-8 に示した。 D (cm) と H (m) との関係は次の逆数式で近似した。

$$\frac{1}{H} = \frac{0.437}{D} + 0.0301 \quad (5)$$

(5) 式の H を (1) ~ (4) 式に代入し、胸高直径 1 変数 I による各部分重量および材積の推定式を得た。これらに毎木調査による胸高直径の値を代入して、林分当りの各部分重量と材積とを推定した。表-2 に、

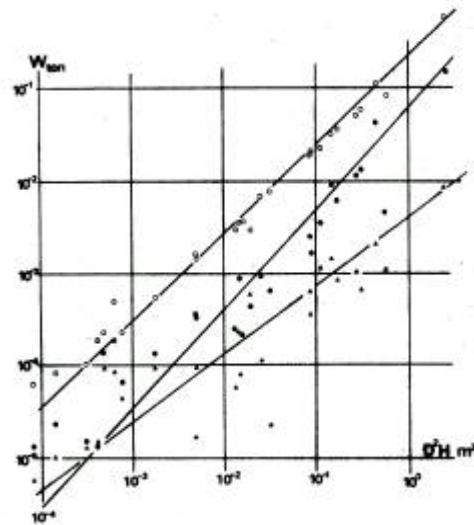


Fig. 7. Allometric relations between D^2H (m^3) and weights (ton) of each part (leaf, branch, and stem).
 ○ stem (W_s): $W_s = 0.2247(D^2H)^{0.9627}$
 ● branch (W_B): $W_B = 0.063 (D^2H)^{1.1025}$
 ▲ leaf (W_L): $W_L = 0.0042(D^2H)^{0.750}$

表-2 プロット3の現存量
Table 2. Biomass in plot 3.

葉	枝	幹	計	幹材積
Leaf	Branch	Stem	Total	Stem volume
				(m^3 /ha)
3.84	61.6	210.0	275.4	361.0

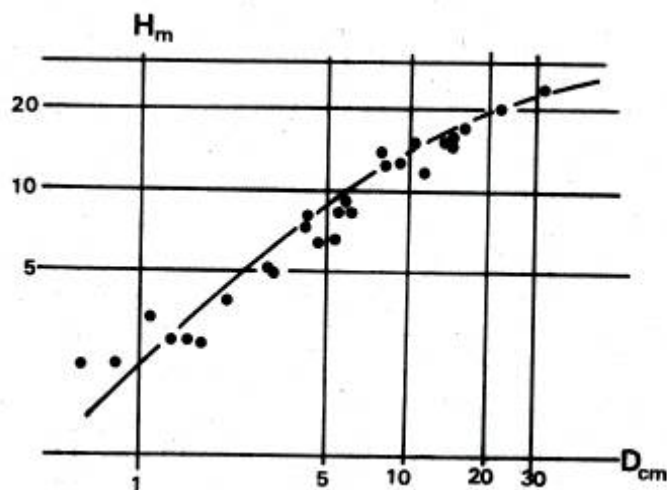


図-8 胸高直径と樹高の関係

Fig.8. Relation between tree diameter (D) and its height (H).

$$\frac{1}{H} = \frac{0.437}{D} + 0.0301$$

1977年度のプロット3の現存量推定値を示した。葉の重量は3.8tonに達し、落葉広葉樹林としてはかなり大きな値を示している。幹重量は210ton、材積は360m³に達し、二次林としてはかなり大きな蓄積を有していることがわかる。

林分の動態

この章では、対照区における調査期間中の林分の生長、枯損等の動態について述べる。間伐区との比較は次の章において行う。

落葉量

リタートラップに落下した落葉量の季節変化を、1973年度について図-9に示した。落葉は10月に多くが集中していて、1m²当り300g(乾重)、ha当りに換算すると3tonがこの時期に落下している。年間の全落葉量はha当り3.8tonであったから、その約80%が10月の1か月間に落下している。また9月と11月をも合わせれば、秋期にほとんど大部分の葉が落下することがわかる。このような傾向は他の年においても変らなかった。すなわちこの林分では、夏期に保持していた葉をほとんど全て秋期に一斉に落下させていて、夏期の現存量推定値(表-2)と年間落葉量とはほぼ等しい値を示している。

主な樹種について落葉量の季節変化をみると、どの樹種でも10月にその最大量が落下している。特にミズナラは10月の落下量が大部分を占めている。これに対しアサダ、エゾヤマザクラなどは9月の落下量もかなり多い。また、ヤマモミジ、ハクウンボクは10月について11月の落下量が多い。このように樹種によって落葉時期にいくらかのちがいはあるが、秋期にほとんど全てが落下するという傾向はどの樹種においても共通であった。

1973~1977の5年間の、年間全落葉量は、3.4~3.8ton/ha・yr.の範囲にあり、年による変動はきわめて少なく、葉の生産量は安定しているようであった。

枯損量

調査期間中の枯損木は、ha当り256本に達した。すなわち、5年間で本数比で約10%が枯損してい

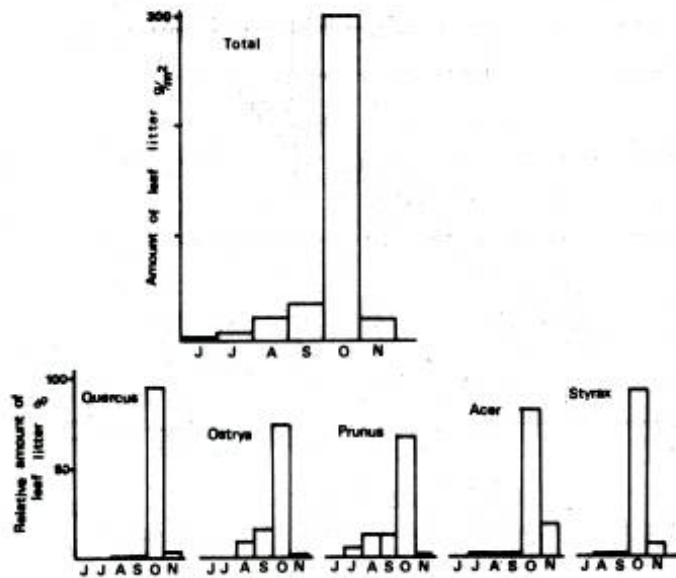


図-9 落葉量の季節変化

上： 全落葉量の季節変化
 下： 各樹種の年間落葉量を 100 とした場合の各月の相対値

Fig.9. Seasonal changes in the amount of the leaf litter.
 upper : Total amount of the left litter.
 lower : Relative amount of leaf litter of each species.

る。もっとも枯損本数の多かった樹種はハクウンボクであり、さらにハリギリ、アカシデ、アサダ、サワシバ、イタヤカエデ、アオダモ、エゾヤマザクラ、アオハダなどが挙げられる。ハリギリとアオハダを除けば、他はこのプロットで本数の多かったものであり、特に樹種による枯損の特徴は認められない。ハリギリとアオハダは、それぞれ ha 当たり 24 本と 20 本が枯損したが、両樹種の枯損率が特に高い原因は明らかでない。

径級別にみると、枯損木中の最大直径のものは 16 cm のハリギリであり、多くは直径 10 cm 以下であった。しかもその大部分は 5 cm 以下の小径木に集中していた。

純生産量

中央区で測定した毎木調査結果から、対照区での ha 当たり幹生長量を求めた。4 年間の幹重量生産量 $11.1 \text{ ton/ha} \cdot 4 \text{ yrs.}$ であった。枯損量は $4.3 \text{ ton/ha} \cdot 4 \text{ yrs.}$ であったから、幹の純生産量は $15.4 \text{ ton/ha} \cdot 4 \text{ yrs.}$ と推定された。幹材積に換算すると純生長量は $19.2 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot 4 \text{ yrs.}$ 、粗生長量は $26.6 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot 4 \text{ yrs.}$ である。

枝・葉の純生産量推定値としては、リタートラツプに落下したものをを用いた。

以上をまとめて、1 年間の平均純生量として、表-3 に示した。これによると、年間の地上部純生産量は $8.1 \text{ ton/ha} \cdot \text{yr.}$ に達する。これは落葉広葉樹林として、ほぼ平均的な値であるようだ(依田 1971)。

表-3 プロット 3 の純生産量
 Table 3. Net production in plot 3.

葉 Leaf	枝 Branch ($\text{ton/ha} \cdot \text{yr}$)	幹 Stem	計 Total	幹材積 Stem volume ($\text{m}^3/\text{ha} \cdot \text{yr.}$)
3.6	0.6	3.9	8.1	6.6

間 伐 試 験

間伐試験の概要

プロット1, 2は間伐区として, 1972年に間伐試験を実施した。プロット1では上層木に, プロット2では中層木に主力を置いた選木が行われたが, 両プロットとも形質不良木(曲がり, 二股, 被害木)や2本以上近接しているものなどが優占して伐採対象とされているので, 選木結果としては両プロットの間伐率に大差は出なかった。なお, 直径10 cm以下の小径木は伐採対象とはしなかったけれども, 実際には伐倒・搬出の際の支障木がいくらかでている。

表-4 間伐試験の概要

Table 4. Outline of the thinning experiment

	間 伐 前		間 伐 後	
	Before thinning		Trees thinned	
	本 数	材 積	本 数	材 積
	number/ha	volume m ³ /ha	number/ha	volume m ³ /ha
Plot 1	2168	308	380	100
Plot 2	2228	287	264	82
Plot 3 (control)	2468	361	—	—

両プロットにおける間伐試験の概要を表-4に示した。伐採本数はプロット1, 2でそれぞれ380本/ha, および264本/haで, 本数比では18%と

12%に相当する。両プロットでいくらかちがうのは, 支障木の本数がちがうからである。間伐木の材積は, ha当り100m³と82m³であり, これらは材積比で32%と29%に相当する。結論として, 間伐率は両プロットで大差はないといえる。

生長量の比較

間伐区の中央区において幹材積の生長量を求め, それらを年間の平均生長量として表-5に示した。表からわかるように, 幹材積純生長量は, 対照区が4.8m³/ha・yr. であるのに対し, 間伐区では6.2~7.5m³/ha・yr. となっており, 間伐区の方が大きい値を示している。この結果から, 間伐は残存木の生長に対して効果をおよぼしているといえることができる。もちろん, 間伐区の方が立木本数が少ないから, 単木当りの生長量ではさらに大きなちがいが生じることは言うまでもない。

表-5 各プロットにおける幹材積生長量

Table 5. Stem volume increments in the three plots.

	純生長量	枯損量	粗生長量
	net increment	mortalities	gross increment
	(m ³ /ha・yr.)		
Plot 1(thinning)	7.5	0.0	7.5
Plot 2(thinning)	6.2	0	6.2
Plot 3(control)	4.8	1.8	6.6

ところで対照区では枯損量がかなりあるのに対して, 間伐区ではすくない。したがって枯損量をも含めた幹材

積粗生長量を比較すると, 間伐区も対照区もほぼ同一レベルの値となり大きな差は見出せない。すなわち間伐区でも対照区でも生産される幹量はほとんど変わらないけれども, 間伐区ではそれらの多くが幹材積の増加量となるのに対し, 対照区では枯損量として消費される量が多いというわけである。したがって間伐とは, ほぼ同一レベルの林分生産量をどのように各個体に配分するかという, すぐれて林分構造にかかわる課題であるというごとができます。

収量-密度図による表示

間伐前後の林況の変化および間伐後の生長にともなう林分の変化を, 収量-密度図(菊沢1977a・b, 1978)を用いて表わした(図-10)。プロット1における例を図に示したが, 間伐前(A)および間伐後(B)の林況はそれぞれY-N曲線に適合しており, 間伐によってY-N曲線の成立は大きな影響を

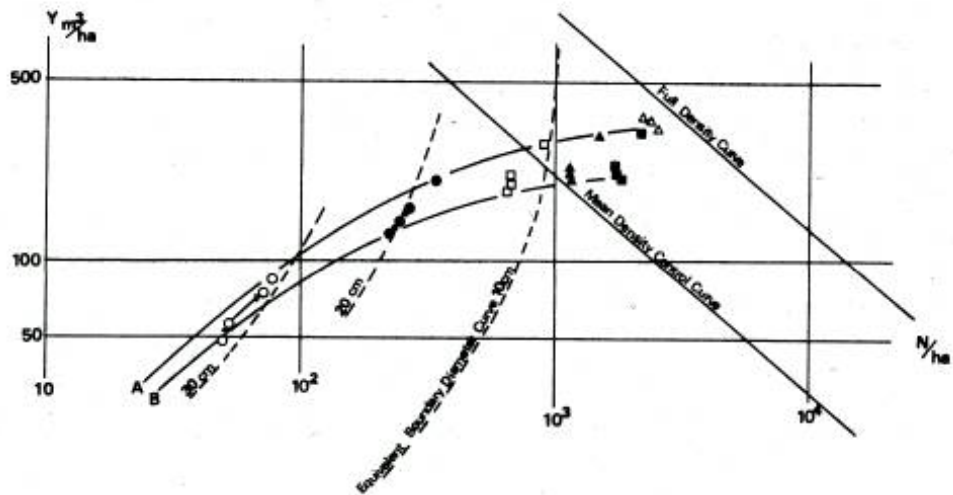


図-10 間伐方式および間伐後の生長経過の収量-密度図表示

Fig.10. Outline of the thinning experiment and growth of the stand illustrated on the yield-density diagram.

A : before thinning

B : after thinning

Thinning plot (plot 1) : ○ 30 cm, ● 20 cm, □ 10 cm, ▲ 5 cm, ■ total

Control plot (plot 3) : △ total

受けていない。30 cm, 20 cm, および 10 cmの各限界直径点は、それぞれほぼ 45° の角度の直線上を、間伐前後で移動している。しかし 5 cmおよび全林分の点は移動の勾配が 45° よりは急である。つまり、胸高直径 10 cm以上の全立木については各直径階からほぼ均等に伐採されているが、10 cm以下の木の伐採率はやや低いことがわかる。

間伐後の生長にともなう各限界直径点の動きを見ると、各点はそれぞれ各等限界直径線にほぼ平行に動いているようである。

図-10 で対照区の全本数は、ほぼ最多密度線に平行にその近くを移動している。すなわちこの林分は、胸高直径 1 cm以上の木を対象とした場合の最多密度にほぼ達していることがわかる。

保育の指針としては、主林木の本数を平均管理曲線に近づけるのがよいと考えられる(菊沢 1977b)。ただしこの林分のような複層の混交林においては、間伐後の残存木の全てを主林木として扱うのは適当でない。ここでは中層以上の木をそのめやすとしよう。そうすると図-5, 6 に明らかなように、それは樹高 8~10m以上のものである。図-8 のD-H関係から推定すると、これらは直径 5~6 cm以上のものに相当する。仮に 5 cm以上としてみよう。図-10 で明らかなように、5 cmの等限界直径点はほぼ平均管理曲線に沿った位置にある。今後の林分管理の指針としてはこの点に注目し、これを管理曲線に沿わせる方向が考えられる。

考 察

林分構造に関して

胸高直径階毎の本数分布は、測定が容易で手軽に作れるために、林分調査では普通に作成され広く利用されてきた。また直径階毎の本数分布から、択伐林型や一斉林型などの林型の判断もなされてきた。

極言すれば従来は直径階毎の本数分布だけに基づく林型によって、林分構造が判断されてきたといつてよい。しかしながら直径階毎の本数分布だけから林分構造を判断するのは危険性の大きいことである。たとえば、道有林興部経営区の例では山火後約 20 年を経た一斉林であっても直径階毎の本数分布はL型を示した (KIKUZAWA 1976)。このように多樹種の混交林分では、一斉林であっても樹種による生長速度のちがいを反映して分布はL型化する傾向がある。

今回調査した林分では、上・中・下層で構成樹種が異なり (図-6)、また樹齢も異なり、さらに同じ樹齢であっても樹種・個体による生長速度のちがいを反映して直径の大きさが異なっている (図-3) ので、直径階毎の本数分布の内容は複雑である。したがって直径だけに頼ることなく、他の知識をも加えて林分構造を総合的に判断することが必要となる。

立木の平面分布については次のような傾向が認められた。すなわち、①各樹種の分布はほとんどが集中分布である。②全樹種をこみにした分布はランダムな分布となる。③全樹種で大径木だけの分布をみると一様分布になる。このような傾向は、閉鎖した天然生広葉樹林であればふつうに見られることのものである (OMURA 1969)。この現象については次のように簡単に説明することができる。各樹種はそれぞれ好適な局所環境を選びそのまわりに集中して分布しているのであろう。これら各樹種の分布がモザイク状に組み合わせられて、全樹種の分布はほぼランダムになるのであろう。また大径木は上層林冠において樹冠が互いに触れ合うようなかたちで生育しており、その結果、相互に排他的となり一様分布となるものと考えられる。

著者らはさきに、以上のような現象を簡単なモデルによって説明した (菊沢・浅井 1974)。すなわち、各樹種は集中塊をつくって生育し、集中塊はほぼ一様に分布する。また各集中塊のなかで一本だけが大きくなるものとするれば、上の現象を統一的に説明できる。問題はこのモデルに適合するような分布の成因論である。たとえば母樹のまわりに稚幼樹が萌芽または実生で成立しているといった場合は、このモデルにうまく適合する。また稚樹がランダムに成立している場合でも、樹種により生き残るのに適した環境がいくらか異なり、それらがモザイク状に組み合わせられて分布している例を考えれば、これも上のモデルに適合する一例となろう。

現存量に関して

今回の報告では、葉・枝・幹を含めた地上部現存量は対照区について求め、間伐試験との比較は幹量のみを用いて行った。この理由は、葉・枝とD²Hとの相対生長関係は、林分や時間によって大きく変わり、いわゆる林分分離や林分内分離を起こしやすい (斎藤ら 1968) とされているのに対し、幹については直径と樹高とから予測される相似形からは大きくはずれないと考えられたからである。間伐後の生長ともなう葉や枝の量的変化については、さらにくわしい調査と分析を必要とするであろう。

葉の推定現存量は 3.8ton/ha に達した。陽樹であるカンバ類の純林では 1.2~2.6ton/ha の葉量が報告されており (只木ら 1961, SATOO 1974, 高橋ら 1974)、これらにくらべればこの林分の値はかなり大きいものといえよう。また、落葉広葉樹林の平均的な葉量は 3.0ton/ha とされているから (依田 1971) この林分の値はそれよりもさらに大きい。それは多樹種が混交した複層の林型をなしていることによるものと考えられる。

落葉量と純生産量に関して

落葉量の季節変化のパターンは、ほとんどの樹種で秋期に大部分の葉を落下させる年一山型であった。コバノヤマハンノキ (浅井・菊沢 1976)、グルチノーザハンノキ (WITKAMP&DRIFT 1961)、ルブラハンノキ (GESSEL&TURNER 1974) などでは、夏期と秋期に落葉のピークがある年二山型の季節変化が報告されている。このような林分では年間の葉生産量は現存量よりも必然的に大きくなるが、今回

しらべた林分では夏期の葉現存量が年間の葉生産量とほぼ等しかった。なおこのような落葉量の季節変化のパターンは、それぞれの樹種にほぼ固有の型があるようだが（菊沢 1976）、林分構造や気象条件などにも影響されるようであり（GESSEL&TURNER 1974）今後検討を要する事項の一つである。

林分の純生産量は、落葉広葉樹林の平均的な値であった。したがって、幹材積の生長量もまたほぼ平均的な値であろうと考えられる。ミズナラを主とするような広葉樹二次林の生長量をしらべた例は多くない。青木ら（1964）によれば、九大演習林におけるミズナラ二次林の6つのプロットの年平均幹材積粗生長量は $3.3\sim 6.6\text{m}^3/\text{ha}$ であった。したがって、今回得た生長量は青木らの資料のほぼ最大の値に相当している。

間伐試験

材積間伐率は両プロットとも約 30%となった。林冠の閉鎖を破るような強度の伐採を行わないかぎり、林分の生産量に大差は生じないということは、すでに MÖLLER (1945), BAKER (1950) らによって報告されている。この限界の間伐率は材積(または胸高断面積)にして約 40%のようだ(MÖLLER 1945, BAKER 1950)。したがって、林分生長を落さずに残存木の個体生長を高めるには、この限界近くまで伐採することが望ましい。実際には多少の危険率を見込む必要があるから、30%の間伐率はほぼ妥当な数字であるといえよう。

上記の間伐率は現場での選木め結果、最終的な数字となって表われたものであり、あらかじめ何%の間伐率が適当かという基準によって間伐したものではない。しかしながら、間伐によって残存木を保育しようとする場合には、客観的な保育指針が必要とされよう。この報告では広葉樹林の収量-密度図（菊沢 1977 a・b, 1978）を用いて、林況の変化を表示した（図-10）。直径階毎の間伐率や間伐前後の Y-N 曲線の変化などの間伐方式は、収量-密度図上で適確に表現されることがわかった。また保育の指針は、5 cm の限界直径点を平均管理曲線上に沿わせることによって与えられることを示した。ただし、生長にともなう林分構造の変化を考慮すれば、直径 5 cm 以上の木が常に上・中層木であるとは限らない。したがって林分構造の変化によって、目安となる限界直径を変えていくなどの配慮が必要である。さらに間伐後の林分の変化も収量-密度図上に表現されるが、測定間隔が短く生長量がわずかであるため傾向は明確でない。今後、息の長い継続調査によつて、林分動態についての信頼しうる資料を得たいと考えている。

おわりに

この報告では林分構造と現存量、生産量をしらべた。現存量は生産量の蓄積されたものであり、生産量は葉による太陽エネルギーの固定量である。しかしながら、現存量、生産量は太陽エネルギーや葉の量によって直接に規定されているだけでなく、様々な林分構造によって媒介されて実現したものである。たとえば葉の垂直分布、林分の垂直構造などが重要であり、この報告においてもいくらかの考察をおこなった。さらに、林分構造と生産とのかかわり、すなわち森林の構造と機能との両側面にわたる有機的研究は、一林分において解析を深めるとともに、様々な林分の比較を通じてより深く認識されるものと考えられる。

収量-密度図の Y-N 曲線は、林分の大きさ構造の一つの表現に他ならない。このような林分構造の解析法が、具体的な密度管理の指針を得るための有力な武器となるわけである。この方式によれば、林分の平均値だけでなく林分構造に関する情報-直径階毎の本数・材積-を得ることができる。したがって従来の人工-斉林の密度管理方式を一步超えたものであるといえよう。この他にも林分構造に関する知識、たとえば立木の空間分布は保育・更新のための伐採木選定に際して有用な指針を与えるであろう。

すなわち各樹種が集中分布をすることから、伐採・更新等も群状になされることが望ましい、といったことが容易に考えられる。しかしながら群の大きさに関する吟味などは今後更に検討を要するであろう。集中塊の大きさは林分によってまた樹種によって異なるであろう。これらのちがいは、おそらくその種の種子散布・更新の様式と深くかかわっているものと考えられる。今後の研究が必要である。

摘 要

1. 日高三石町の広葉樹林において、林分構造をしらべ、現存量・生長量を推定した。また間伐試験を行って、間伐後の生長量をしらべた。
2. この林分は樹高 16m以上の上層、10~16mの中層、10m以下の下層の3層に分けられる。上層はミズナラ、コナラ、アサダ、エゾヤマザクラ、ウダイカンバなどが占め、中層はハクウンボク、アカシデ、アオダモなど、下層はサワシバ、ハウチワカエデなどがそれぞれ占めている。またヤマモミジ、イタヤカエデなどは中下層木が多いが上層にも達するので、中間型の樹種であるとした。
3. 樹齢は60年前後、40年前後、20年前後のものが多かった。樹齢と胸高直径との間には大まかには関係が認められたが、樹種・個体による差が大きい。
4. 各樹種は多少とも集中した分布を示した。全樹種・全個体の分布はランダム分布であり、20 cm以上の大径木の分布は一様分布であった。
5. 幹の蓄積はha当り360m³に達した。これは広葉樹二次林としてはきわめて大きい値である。葉の量は3.8ton/haであり、落葉広葉樹林としてはかなり多い量であった。
6. 年間の落葉は、秋期に集中して起こり、落葉量と葉の現存量とはほぼ等しかった。地上部の年間純生産量は8.1 ton/haであった。これは落葉広葉樹林の平均的な値である。
7. 幹材積の年間粗生長量は、対照区でも間伐区でもほぼ等しく、6~7m³/ha・yr. であった。対照区は間伐区にくらべて枯損量が多いため、年間純生長量は小さく4.8m³/ha・yr. であった。
8. 間伐前後の林況の変化や保育の指針は、広葉樹林の収量-密度図を利用して適確に表現できる。

文 献

- 青木尊重・柿原道喜・今田盛生 1964 九州大学北海道演習林におけるミズナラ二次林の林分構成ならびに生長量について. 日林講 75: 86-89
- 浅井達弘・菊沢喜八郎 1976 コバノヤマハンノキ林の落葉量. 日林北支講 25: 3-5
- BAKERF. S. 1950 Principles of silviculture. 414p. McGraw-Hill, New York.
- 藤島信太郎 1930 造林学. 546 p. 養賢堂
- GESSEL, S. P. & TURNER, J. 1974. Litter production by red alder in western Washington. For. Sci. 20: 325-330.
- 菊沢喜八郎・浅井達弘 1974 北海道日高地方の広葉樹林の林分構造について. 日林講 85: 160-161
- KIKUZAWA, K. 1976. Structure and growth of young deciduous hardwood forest stand in Hokkaido. Bull. Hokkaido For. Expt. Sta. 14: 17-26.
- 菊沢喜八郎 1976 ケヤマハンノキの葉の生命表. 日林北支講 25: 6-8
- ・浅井達弘・北条貞夫 1977 北海道中西部における広葉樹林め動態. 日林論 88: 213-214
- 1977 a 広葉樹林施業に関する生態学的研究 (I). 広葉樹林の収量-密度図. 日林北支講 26: 48-50
- 1977 b 広葉樹林施業に関する生態学的研究 (II). ミズナラ型林分の収量-密度図. 日

林北支講 26:51-54

- 1978 北海道における天然生広葉樹林の収量—密度図. 日林誌 60 : 56-63
- MÖLLER, C. M. 1945. Untersuchungen über Laubmenge, Stoffverlust und Stoffproduction des Waldes. Det Ftrstl. Ftrsögsv. i Danmark 17 : 1-287.
- MORISITA, M. 1959. Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns. Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ. Ser. E (Biol.) 2 : 215-235.
- OGAWA, H., YODA, K., KIRA, T., OGINO, K., SHIDEI, T., RATANAWONGSE, D & APASUTAYA, C. 1965. Comparative ecological study on three main types of forest vegetation in Thailand I. Structure and floristic composition. Nature & Life in S. E. Asia 4 : 13-48.
- OMURA, M., MIYATA, I. & HOSOKAWA, T. 1969. Forest vegetation of Minamata special research area of IBP. Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ. Ser. E 5 : 77-94.
- 斎藤秀樹・四手井綱英 1968 小径木間伐に関する研究 (II). 第1回間伐2年後の林況の変化について. 京大農演報 40 : 81-92
- SATOO, T. 1974. Primary production relations in a natural forest of *Butula maximowicziana* in Hokkaido : Materials for the studies of growth in forest stand 9. Bull. Tokyo Univ. For. 66 : 109-117.
- 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). シラカンバ幼令林における現存量の推定と生産力についての若干の解析. 日林誌 43 : 19-26
- 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
- WITKAMP, M. & DRIFT, van der 1961. Breakdown of forest litter in relation to environmental factors. Plant & Soil 15 : 295-311.
- 依田恭二 1971 森林の生態学. 331p. 築地書館

Summary

The structure, biomass and growth of a deciduous hardwood forest stand at Hidaka district, Hokkaido were investigated. Thinning experiments were also carried out in the stand.

The crown layer of the stand was divided into three strata according to tree height and species composition. The upper stratum, which was over 16 m, was composed of *Quercus mongolica* var. *grosseserrata*, *Q. serrata*, *Ostrya japonica*, *Betula maximowicziana*, *Prunus sargentii* and so on. *Styrax obassia*, *Carinus laxiflora*, *Fraxinus lanuginosa* etc. constituted the middle stratum, from 10 m to 16 m. The lower stratum, below 10 m, was composed of *Carpinus cordata*, *Acer japonicum* and so on. *A. palmatum* and *A. mono* were considered to be intermediate species which covered a wide range in the three strata.

The ages of the trees distributed a round about 60, 40, and 20 years. Although a rough correlation was observed between the age and diameter of trees, there was a large amount of variation among species and among individuals of the species.

The spatial distribution of the standing trees of each species showed more or less contagious patterns. When all the species were combined, the distributional pattern of the total trees became somewhat random. On the other hand the distribution of the trees more than 20 cm in

diameter was

uniform.

The total volume of stems in the stand attained to 360 m³/ha. The leaf biomass of the stand was 3.8 ton/ha ; this value was somewhat large compared with other deciduous hardwood stands.

Litter falls largely occurred in autumn. The annual leaf production was nearly equal to summer leaf biomass. The total above-ground net production attained to 8.1 ton/ha·yr. , which nearly agrees with the mean production value for deciduous hardwood stands hitherto studied.

Stem volume net productions were 6-7 m³/ha·yr. , in both the thinning and control plots. The stem volume increment of the control plot was 4.8 m³/ha·yr. , which was lesser than in the thinning plots, since the mortality of the trees in the former plot was larger than in the latter.

Changes in stand volume and density after thinning, including the prediction of the stand volume increments could be illustrated on the yield-density diagram.