

道央地方におけるミズナラ二次林の林分構造と立地条件

寺沢和彦* 薄井五郎* 江州克弘*

Relationship between site and stand structure of mizunara oak (*Quercus mongolica var. grosseserrata*) secondary forests in central Hokkaido.

Kazuhiko Terasawa Gorô Usui Katsuhiko Gôsyu

要 旨

尾根に近い場所に成立したミズナラ二次林において、斜面方位、斜面内の位置、土壌層厚などの立地条件と林分構造との関係について調査した。林分構造は斜面の乾湿傾度とよく対応している。乾性な斜面では、高木類の中でのミズナラの比率が高く、種多様度は低い。やや湿性な斜面では、シナノキ、ウダイカンバなどが混交し、高木類の種多様度が高い。ミズナラとシナノキが混交した林分では、斜面方位、斜面内の位置、地形の凹凸に応じ、乾性側にミズナラが、湿性側にシナノキが互いに離反的に分布している。ミズナラの中大径木の平均樹高と枝下高はパ乾性な斜面で低い。このような乾性立地は、優良なミズナラの生産には適さないと考えられた。

はじめに

ミズナラ、ウダイカンバ、ハリギリ、ヤチダモなどの道産広葉樹は、その優れた材質から家具材や建築内装材として内外の高い評価を得てきた。しかし、近年これらの広葉樹資源の蓄積減少と低質化が憂慮され、優良材の保続的生産のために天然生広葉樹林の育成技術の確立が急務となっている。

道産広葉樹の中でも最も高い蓄積量をもつミズナラについては、更新に関わる堅果の散布(菊沢ほか, 1986), 収量 - 密度図による保育技術(菊沢, 1979), あるいは遺伝的変異に関する研究(賞崎ほか, 1985)などの基礎的研究が蓄積されつつある。これらの基礎的研究を育林技術として体系化していく上で、優良なミズナラを生産しうる自然的立地条件を明らかにしておくことが不可欠であろう。

ミズナラの生長を立地条件との関連で解析した研究としては、北関東および東北地方で最近取り組まれたものがある(大角, 1986)が、北海道では行われていない。また広葉樹の場合、生産材の質的な側面も極めて重要であるが、その要因のひとつである樹幹形質と立地条件との関係についてはほとんど未解明である。

この研究の目的は、ミズナラを主とする林分の構造を立地面から解析し、その生産適地解明の基礎資料を得ることである。ここでは、道央地方の山火再生林において、斜面方位、斜面内の位置、地形の凹凸、土壌の深さなどの立地条件の違いが、本数 - 材積関係や樹種構成、林分の垂直的、平面的構造に、

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

〔北海道林業試験場研究報告 第26号 平成元年1月, Bulletin of the Hokkaido Forest Experiment Station, No. 26. January, 1989〕

どのように反映されているかについて報告する。また、利用上の歩止まりに関わる枝下高についても検討を加えた。

この調査を行うにあたって、調査地の選定等に御協力をいただいた岩見沢林務署、および同岩見沢事業所の各位に対して厚く感謝する。また、伐根の樹種同定をいただいた北海道立林産試験場乾燥科の川口信隆研究職員に対して深謝する。

調査地と調査方法

調査地

三笠市幌内にある道有林岩見沢経営区 67, 68 林班の広葉樹二次林に 3 ヲ所の調査地 , , を設けた。調査地の位置と周辺の地形を図 - 1 に示す。北海道のほぼ中央部にある夕張山地の西縁に当たり、標高は 210 ~ 250 m , 地形的にはいずれも尾根に近い場所である。表層地質は古第三紀の泥岩である。

林相は、上層ではいずれの調査地においてもミズナラが優占する。中下層には、イタヤカエデ、ハウチワカエデ、アズキナシ、ヤマウルシ、オオカメノキ、オオバスノキなどがほとんどすべてのプロットに出現する。林床には、エゾユズリノハソルシキミなどの常緑低木類、ソタウルシ、ヤマブドウなどのツル類、シシガシラなどのシダ類、アキノキリンソウ、ルイヨウショウマ、マイズルソウなどの草本類が生育している。調査地 と調査地 の南西斜面の一部にはクマイザサが疎に生育しているが、他の調査地にはササはない。

林齢は、調査地 , のミズナラ上層木から採取した生長錐コアの年輪数から、約 70 年と推定した。また、調査地 に残存する前生樹の伐根が焼けており、土壌表面に木炭片がみられる。これらのことから、調査地周辺の広葉樹二次林は、約 70 年前の山火事跡に再生した林であると推測される。間伐などの施業は現在まで行われていないようである。

調査地 に残存する焼残伐根の樹種は、イチイ 9 本、ミズナラ 4 本、シナノキ 1 本で、伐根直径は、イチイが 21 ~ 30 cm , ミズナラが 46 ~ 66 cm , シナノキが 35 cm であった。これらのことから、前生林分は壮齢の針広混交林であったと推測される。

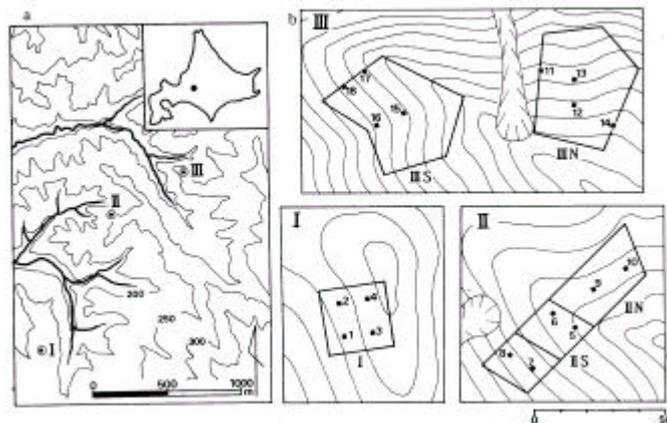


図 - 1 調査地の位置 (a) とプロット周辺の地形 (b)
b 図中の番号 (1 ~ 18) は土壌水分の測定位置を示す。

表 - 1 調査プロットの概況

プロット No.	面積 (ha)	方位	傾斜 (度)	立木本数 (本/ha)	林分材積 (m ³ /ha)	ミズナラの	
						本数率 (%)	平均樹高 ± S.D.* (m)
	0.063	WSW	25	2,816	279	32	16.2 ± 1.5a**
N	0.064	NNW	30	2,068	316	28	16.7 ± 1.9a
S 上部	0.035	SW	29	2,630	244	47	15.0 ± 1.1b
S 下部	0.035	SW	38	1,858	285	37	16.7 ± 1.4a
N	0.13	N	34	2,239	267	21	16.2 ± 1.3a
S	0.13	SW-W	37	2,613	176	27	2 ± 1.4c

* ミズナラの平均樹高 ± S.D. は、胸高直径 16cm 以上の固体について求めた。

**異なるアルファベットを付した平均値間で有意差 (危険率 1%) がある。

これらの3つの調査地において、斜面方位と斜面内の位置による林分構造の違いを比較するためのプロットを設けた。調査地 I には方形区 (以下, No.), 調査地 II には尾根を横断する帯状区 (以下, No.), また調査地 III には、北斜面、南西斜面にそれぞれ不斉形の調査区 (以下, No. N, S) を設定した。No. は尾根を境として北側、南側 (No. N, S) に分け、さらに南側斜面を上下に2分した。No. N と No. S を不斉形としたのは、プロット内に凸部と凹部を含むようにするためである。各プロットの概況を表 - 1 に示す。

各プロットの土壌は類似しており、いずれも風化泥岩を母材とする褐色森林土である。最表層に厚さ約 5 cm の粗粒の火山灰を含むプロットがあるが、B 層付近の土性は埴壤土である。NO. S では深さ 30 ~ 40 cm で未風化の基岩に達するが、これ以外のプロットでは風化土壌層が 80 cm 以上ある。

乾湿傾度上での各プロットの序列を、斜面方位、斜面内の位置、および土壌層厚から判断すると、南向き斜面の下部 (NO. S 下部) と北向き斜面の上・中部 (No. N, N) 南又は西向き斜面の上部 (NO. I, S 上部) 土壌層厚の浅い南向き斜面 (NO. S)

の順序で湿潤から乾燥に向かう。

調査方法

調査は、1985 年と 1986 年の夏に行った。プロット内の胸高直径 4 cm 以上の生立木について、樹高、胸高直径をそれぞれ測高ポール、直径巻尺を用いて毎木測定するとともに、根元位置を記録した。直径 16cm 以上のミズナラについては、生枝下高を測定した。この場合、胸高位置以上の幹の分岐も枝とみなした。

乾湿傾度上での各プロットの序列を補完するため、1986 年 6 月 13 日から 7 月 14 日までの 1 ヶ月間、図 - 1b 中に示した位置に水銀マンノメーター式テンシオメータを埋設し、深さ 50cm の部位の土壌水分の pF 値 (以下, pF という) を測定した。ただし、NO. S では、土壌層が 50cm 未満であるので、30 ~ 40cm の部位で測定した。テンシオメータのセンサー内の水と土壌水分が平衡に達するまでのタイムラグを考慮して、測定はセンサーを埋設後 3 日以上経過してから行った。

結 果

1 調査プロットでのpF 測定結果

図 - 2 に、1986年6月13日から7月14日までのpFの推移を示す。日降水量は、調査地の西約12 kmにある岩見沢測候所の観測値を示した。6月1日から7月1日までの約1ヵ月の間、6月17、18日にそれぞれ10mm以下の降雨があったほかは、ほとんど無降雨で推移した。この期間中にpFはすべての測定点で上昇した。pFの推移は次の4タイプに区分できた。

A 測定開始期のpFが低く(2.0以下)、上昇速度が遅いタイプ。

B タイプAに似るが、測定開始期のpFがやや高い(2.0~2.5)タイプ。

C 6月20日に、すでに2.5を超えているタイプ。

D 降雨後のpFの低下とその後の上昇が顕著であるタイプ。

プロットごとにpFの推移の特徴をみると、次のようである。No. 1では、1, 2はタイプA, 3,

4はタイプBに属し、斜面内での上下位置による差が明らかである。特に斜面下部では、6月1日から10日以上ほとんど無降雨で推移した後であるにもかかわらず、この時期のpFは1.9以下と低い。No.

Nでは、やや凹部にある9はタイプAであるが、凸部の10はタイプCで、斜面内の凹凸による違いがみられる。No. Sでは、斜面上部の5, 6はタイプBとタイプCに属しているのに対して下部にある7, 8はともにタイプAで、No. と同様に斜面内の位置による差が顕著である。No. Nでは、凸部の11, 14はタイプC、もしくはタイプBであるが、凹部の12, 13はタイプDであり、降雨によるpFの一時的な低下がみられる。No. Sでは、17のみがタイプBで、他の3点はタイプCであり、凹部においても測定開始期からすでに乾燥している。これは、このプロットの土壤層が30~40cmと浅いため、土壤層に保持できる水分の絶対量が小さく、上部斜面からの移動水分量も小さいことと、土壤浅層の乾燥に際して深層からの水の毛管上昇がないことによると考える。

ここに示した結果は、6月中旬から1ヵ月足らずの期間の、土壤中の一つの深さでのpF測定結果である。これによって、生育期間を通じての各プロットの水分環境を類推することは困難である。しかし、pFの上昇過程や小降雨の影響を比較した結果から、乾湿傾度上での各プロットの序列は、No. 1を除いて前述のとおりで妥当と考える。西向き斜面上部のNo. のpFの推移がやや湿ったタイプであったのは、斜面の傾斜が他のプロットに比べてやや緩やかで、斜面下方への水の流去が緩慢であったためであろう。

2 本数 - 材積の関係

直径の大きい木から積算した積算本数と積算材積の関係を図 - 3に示す。どのプロットにおいても、Y - N曲線(菊沢, 1978)との適合はよい。Y - N曲線の位置を決定するBポイントの座標は、北向き斜面と南西斜面下部(No. N, No. S下部, No. N), 南西・西斜面上部(No. , No. S上部),

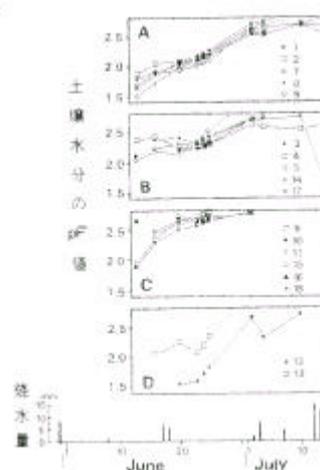


図 - 2 1986年6月13日7月14日までの土壤水分のpF 値の推移

破線は、次の測定時にテンシオメータの測定限界(pF 約2.8)を超えていたことを示す。

および土壌層の浅い南西斜面 (No. S) で分離しており (図 - 4), 斜面方位, 斜面内の位置, 土壌層厚など立地条件の違いが, 本数 - 材積関係に反映していることが明らかである。

Bポイントは, どの林分においても, ミズナラを主とする林分について設定されたBポイント線 (菊沢, 1979) の右側に位置し, これらの林分が極めて林分緊密度 (菊沢, 1983b) の高い一斉林型の林分構造をもっていることが示されている。

総本数や直径 10cm 以上の木の本数は南西・西斜面上部で多いが, 直径 20 cm 以上の木の本数では, その関係がほぼ逆転し, 北向き斜面や南西斜面下部の方が多くなる。

3 直径階別本数分布と樹種構成

図 - 5 に, 胸高直径階別の本数分布と, 直径階を 8 cm 間隔で 3~4 クラスにまとめた場合の各直径クラス内での主要樹種の本数率を示す。直径分布は, どのプロットにおいても最小直径階にピークをもつ L 字型を示す。しかし, ほとんどすべてのプロットにおいて, 20 cm 前後に別の小ピークがみられる。

12~20cm の直径クラスでの樹種別の本数率は, No.

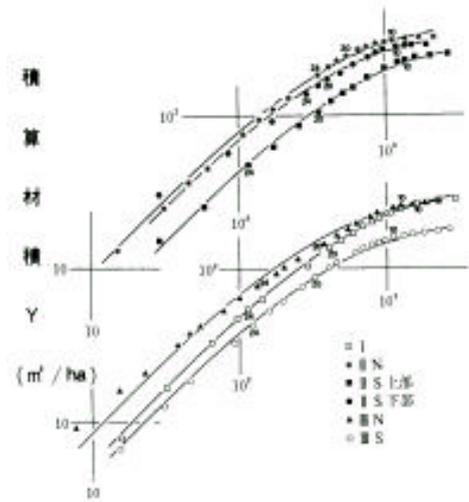
N と No. N 以外のプロットではミズナラだけで 50% を超えており, No. N, No. N においてもこれにシナノキを加えると 60% を超える。山火事跡にいち早く萌芽更新したミズナラ, シナノキ, その他若干の萌芽更新樹種が, 主に中大径木階を構成して一つのピークを作り, その後に萌芽を継続した樹種と実生によって定着した樹種が, 中小径木階を構成して左上がりの L 字型を形成していると考えられる。

樹種構成と立地条件の関係をみると, 直径 12 cm 以上の中大径木クラスでは, 南西斜面下部 (No.

S 下部) や北向き斜面 (No. N, No. N) には

シナノキ, ウダイカンバなどがみられる。南西・西斜面上部 (No. S 上部, No. S の上部) や土壌の浅い南西斜面 (No. S) ではこれらの樹種はみられず, ミズナラの本数率が相対的に高くなる。No. S では, アズキナシがこの直径クラスに高い比率で出現していることと, イヌエンジュが中径木クラスに出現しているのが特徴的である。直径 12cm 未満の小径木クラスでは, イタヤカエデ, ハウチワカエデ, アズキナシなどがほぼ共通的にみられる。南西斜面上部 (No. S 上部) や土壌の浅い南西斜面 (No.

S) でハウチワカエデの比率が高くなり, 南西斜面下部 (No. S 下部) や北向き斜面 (No. N) にはサワシバが出現する。



積算本数 (本 / ha)

図 - 3 各プロットの Y - N 曲線

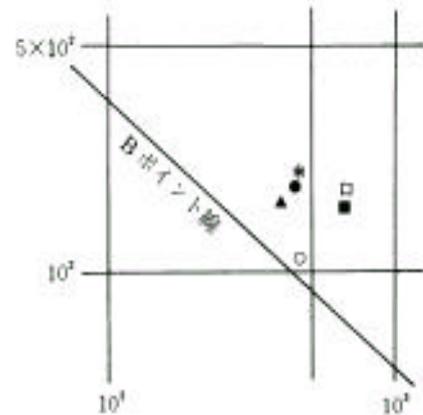


図 - 4 各プロットの B ポイント

シンボルは図 - 3 に同じ

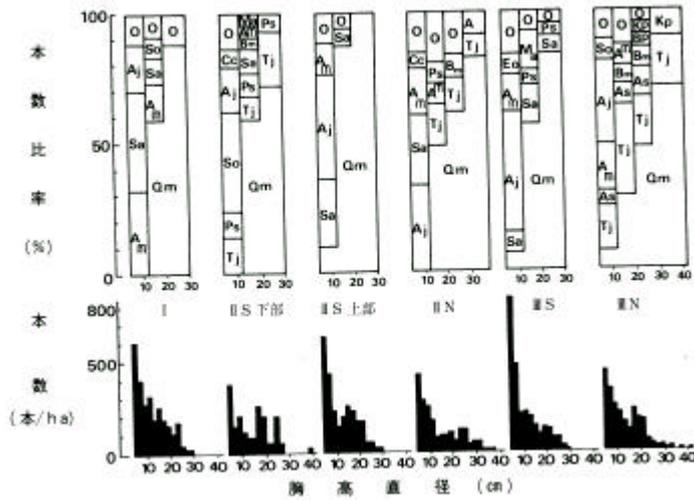


図 - 5 胸高直径別本数分布と直径クラスごとの主要樹種の本数比率

Qm : ミズナラ, Tj : シナノキ, Kp : ハリギリ, Bm : ウダイカンバ, Bp : シラカンバ, Ps : エゾヤマザクラ
 As : コシアブラ, Am : イタヤカエデ, Aj : ハウチワカエデ, So : ハクウンボク, Sa : アズキナシ
 Ma : イヌエンジュ, Eo : ツリバナ, Cc : サワシバ, O : その他

4 構成樹種の多様性

この解析には、森下 (1967) の多様度指数 を用いた。 は次式で表される。

$$= N(N - 1) / \sum ni (ni - 1)$$

ここで N は総個体数, ni は第 i 番目の種に属する個体数である。 は、群集が 1 種のみで構成されている場合に 1 となり、種数の増加するにつれ、またそれぞれの種に属する個体数の均衡するにつれて大きくなる。ここでは種構成の多様度を垂直的にみるため、ある樹高階以上の樹高をもつ個体について

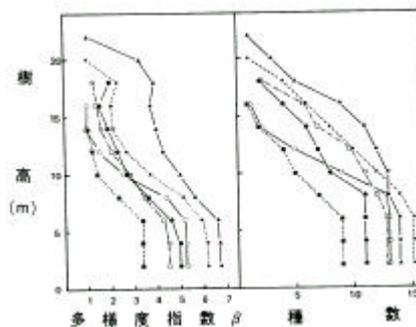


図 - 6 ある樹高階以上の樹高をもつ木の種数と多様度指数

シンボルは図 - 3 に同じ

を計算し、種数とともに図 - 6 に示した。上層を構成する樹種群の多様度は、おおむね乾湿傾度にしたがった違いがみられる。すなわち、北向き斜面で南向き斜面より高く、南向き斜面内でも斜面下部は斜面上部より高い。これは、斜面上部や南向き斜面では、上層はほとんどミズナラによって占められているのに対して、斜面下部や北向き斜面では、ミズナラのほかにシナノキ、ウダイカンバ、シラカンバコシアブラ、ホオノキなどの高木類が上層に達しているためである。

中下層に向かうにつれて樹種数が積算されて増加するので、どのプロットにおいても種多様度は当然高くなる。概して、上層の種多様度の高いプロットでは中下層の樹種を含めた場合でも種多様度は高く、逆に上層の種多様度が低いプロットでは中下層の樹種を含めた場合でも種多様度は相対的に低い。ただし、No. Sでは、ツリバナ、ナナカマド、イヌエンジユ、ヤマモミジ、ヤマウルシなど他のプロットではみられないか、ごく少ない樹種が、8~12mの層に比較的高い率で出現するため、中下層に向かって種多様度が急激に高くなっている。全生立木（胸高直径4cm以上）の種多様度は、樹高階2mにおけるで示され、南西斜面上部（No. S上部）の3.4から北向き斜面（No. N）の6.7まで、かなりの差がみられる。

5 ミズナラ、シナノキの平面的分布

前述のように No. と No. Nでは、ミズナラに加えてシナノキが中上層で大きな本数比率を示す。この2樹種の平面的分布を解析するため、これらのプロットを5m×5mの方形区に区分し、さらにこれらの方形区を集合して10m×10mの方形区も設定した。プロットが不斉形であるために、プロット内にあってもどの方形区にも含まれない立木がわずかに存在する。

2樹種の分布相関をIwao(1977)の指数を用いて解析した。この指数は次のように定義される。

$$(ind)のとき \\ = (\quad - (ind)) / (1 - (ind))$$

$$nrのとき \\ = (\quad - (ind)) / (ind)$$

$$ただし、 = \sum xy / \sqrt{\sum x^2 \sum y^2}$$

$$(ind) = (\sum x \sum y / \sqrt{\sum x^2 \sum y^2}) / q$$

ここで、x、yは方形区内の両種の個体数、qは方形区数である。両種は、>0のときに共存的、<0のときに離反的、=0のときに無関係に分布する。

一辺が5m、10mの方形区で計算したミズナラとシナノキの指数を表-2に示す。どちらのプロットにおいても、指数は負の値であり、両樹種が互いに離反的に分布していることが示されている。

この2樹種およびウダイカンバの分布と地形の関係を図-7に示す。ミズナラは、No. では北西斜面と南西斜面を分ける尾根付近に集中して分布し、No. NではNo. ほど明瞭ではないが、5角形のプロットの3辺を形成する凸部上に集中している傾向がみられる。それに対して、シナノキは、No. では南西斜面下部や北西斜面には分布するが、尾根付近や南西斜面上部にはみられず、No. Nでは凸

表-2 ミズナラとシナノキの指数

プロット	5m×5m	10m×10m
	-0.516	-0.486
N	-0.288	-0.294

部よりむしろプロット中央部の凹部に沿って分布している。中大径木階でミズナラに次いでシナノキの比率の比較的高いこれらのプロットでは、両樹種は、斜面方位や斜面内の位置、あるいは地形的な凹凸に応じて、いわば住み分け的に分布している。ウダイカンバは、シナノキと同様に、尾根付近や斜面上部、斜面内の凸部には分布せず、北向き斜面の凹部に集中している。

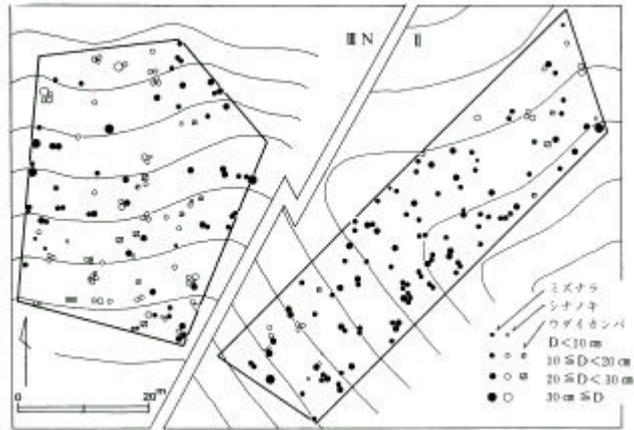


図-7 プロット および Nにおけるミズナラ、シナノキ、ウダイカンバの平面的分布

6 ミズナラの樹高と枝下高

表-1中に示したように、直径16cm以上のミズナラの平均樹高は、S下部 < N I = N > S上部 > Sであった。

直径16cm以上30cm未満のミズナラについて、枝下高の度数分布と各枝下高階ごとの樹冠長比((樹高 - 枝下高) / 樹高)の平均値を図-8に示す。枝下高の平均値とモードは、北向き斜面と南西斜面下部(N, S下部, N)で最も高く、南西・西斜面上部(, S上部)がこれに次ぎ、土壌層の浅い南西斜面(S)で最も低い。すなわち、樹高の高い林分ほど枝下高が高い傾向がみられる。

樹冠長は樹高から枝下高を差し引いて表わされるため、枝下高が高くなるほど樹冠長比は小さくなる。No. I, S, Nなどでは、枝下高は最高11~13mに達するが、これらの個体の多くは樹冠長比が0.3以下であり、いわゆる枯れ上がった形態を示している。

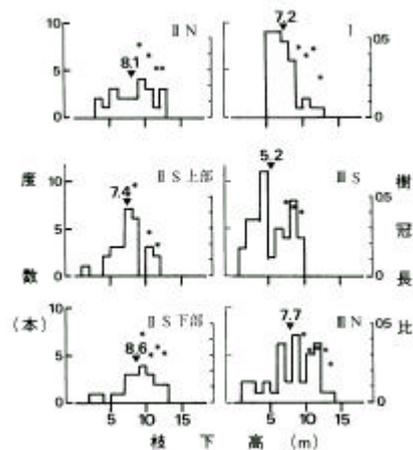


図-8 直径16cm以上30cm未満のミズナラの枝下高の度数分布(ヒストグラム)と、各枝下高階での平均樹冠長比(*)

ヒストグラム中の数字は各プロットの平均枝下高を示す。

考 察

ミズナラは、冷温帯における極盛相の構成樹種であり、遷移後期の樹種とされている。しかし、山火事跡や皆伐跡の残存伐根からの萌芽更新が主体となった再生林などでは、二次遷移の初期から高い比率で混交し、ミズナラ林と呼ばれる林相を呈することがある（菊沢，1983a）。道内の広葉樹資源の内容を把握するために行われた広葉樹賦存状況調査の結果（北海道林務部森林計画課，1987）によれば、一般民有林で調査された施業可能広葉樹林 1,748 プロットのうち、ミズナラの本数比率が 30%以上の林分は 259 プロットで全体の 15%にのぼる。このようなミズナラの混交比率の高い林分は、土壌が比較的乾燥しやすい立地に多い（寺沢，1986）。今回の調査林分も、尾根に近い急傾斜地に成立したミズナラ林であり、マクロ的にはどの調査プロットも乾燥しやすい立地条件にあるといえるだろう。にもかかわらず、その林分構造は地形や土壌など立地条件のわずかな違いによって異なっていた。

積算本数と積算材積の関係では、どのプロットも林分緊密度の高い一斉林型を示したが、全立木や直径 10 cm 以上の木の本数は乾性側で多く、直径 20 cm 以上の木の本数は湿性側で多いことが示された。これは、林分の生育段階が湿性側で乾性側より進んでいる結果であるのか、それとも更新当初から異なった立木密度で推移してきた結果であるのか、現時点の調査結果からは判断できない。各プロットの B ポイントの将来の動きを検討することによって判断ができるだろう。

樹種構成では、特に中大径木クラスにおいてプロット間の特徴がみられた。湿性側ではミズナラのほかにシナノキ、ウダイカンバなどがこのクラスにかなりの比率で出現するが、乾性側ではこれらの樹種はみられずミズナラの比率が高くなる。その結果、樹高 12m 以上の高木・亜高木階の種多様度は、湿性側で高く乾性側で低い。木本種の種多様度と乾湿傾度との関係については、若い森林群落では中間的な乾湿条件下で最も多様性が高く、両極に向かって低くなるのがかなり広く認められているようである（伊藤・宮田，1977）。北海道の天然生林においても、釧路内陸部（大畠ほか，1982）や上川・網走地方（寺沢，1986）で、低湿地の種多様度が斜面のそれよりも低いことが認められている。今回の結果では、高木・亜高木階では乾性側で種多様度が低くなることが示されたが、低木階も含めた種多様度では No. 5 の例にみられるように、乾湿傾度との関係は必ずしも明瞭ではなかった。

乾性側でミズナラの比率が高く湿性側でシナノキなどの比率が増す傾向は、No. 4 でみられたように、一斜面内の凹凸にも表れていた。本調査地とは、土壌、気候などマクロな環境では異なる地域の例であるが、今田（1977）は十勝内陸部の天然生広葉樹林で、比高 10~15m の隣接する小尾根と小沢の樹種構成を比較し、小尾根ではミズナラとイタヤカエデが、小沢ではシナノキが、それぞれ高い本数比率を占めることを報告している。今回の結果は、斜面内の比高 5 m に満たないような凹凸も、これらの樹種の地形的分布に関わる一因になりうることを示す一例である。

このように、ミズナラの本数比率は乾性側で高いが、胸高直径 16cm 以上のミズナラの平均樹高は湿性側で高かった。この直径クラスのミズナラはほとんどが上層に達しているので、樹高に及ぼす被圧の影響は小さいと考えられる。したがって、その平均樹高はミズナラに対する林地の生産力の一指標とみなすことができるだろう。すなわち、ミズナラに対する林地生産力は、湿性側で高く乾性側で低い。また、樹高の高いプロットでは枝下高も高い傾向がみられた。

高木類の中でのミズナラの比率が乾性側で相対的に高まることは、この地域に生育する他の高木種に比べて、ミズナラが乾性立地に対してより適応的な樹種特性を有しているためと考えられる。これらの樹種特性についてはベ今後それを効率的な更新技術に応用していくためにも、明らかにする必要がある。だが、そのような乾性立地が、優良なミズナラの生産に適しているかどうかは別問題である。樹高で示される生産力は、明らかに乾性側で劣っていた。利用上重要な因子である枝下高を比較した場合でも、

乾性側で低かった。これらのことから、尾根上や南向き斜面上部のような乾燥しやすい立地条件は、優良なミズナラの生産には適さないと考えられる。

今回の調査林分は、いずれも尾根に近く比較的乾燥しやすい地形上の位置にあった。しかし、ミズナラの生産の対象となる林地は、もっと湿性側の立地にも存在するだろう。したがって、今後はもっと広い水分環境にわたって、ミズナラの分布、生長、形質と立地条件の関係を明らかにしなければならない。

引用文献

- 北海道林務部森林計画課 1987 広葉樹賦存状況調査報告書(業務資料) 169p
- 今田盛生 1977 広葉樹天然生林の山腹斜面における小尾根・小沢の林分構成．九大農演報 50 : 69 - 82
- 伊藤秀三・宮田逸夫 1977 群落の種多様性．「群落の組成と構造」(伊藤秀三編) 76 - 111 朝倉書店 東京
- Iwao, S 1977 Analysis of spatial association between two species based on the interspecies mean crowding. Res.Popul.Ecol.18:243 - 260
- 菊沢喜八郎 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
- 1979 ミズナラを主とする広葉樹林の収量 - 密度図．日林誌 61 : 8 - 14
- 1983a 北海道の広葉樹林．152p 北海道造林振興協会 札幌
- 1983b 林分の緊密度とそれを応用した収量 - 密度図の改良．北林試報 21 : 1 - 7
- ・宮木雅美・水井憲推 1986 ドングリとネズミ類．北方林業 38 : 198 - 200
- 宮崎安貞・井上 晋・野上啓一郎・五十嵐恒夫・松田 彊・船越三朗・門松昌彦・倉橋昭夫 1985 北海道産ナラ類の森林生態遺伝学的研究() - 道東, 道北, 道央地域における遺伝的差異について．96回日林論 : 309 - 310
- 森下正明 1967 京都附近における蝶の季節分布．「自然・生態学的研究」(森下正明・吉良竜夫編) 95 - 132 中央公論社 東京
- 大畠誠一・竹内典之・和田茂彦 1982 道東地方の広葉樹林の種構造とその特徴．京大演習林集報 15 : 43 - 53
- 大角泰夫 1986 ミズナラの適地判定技術．「広葉樹を育てる」(浅川澄彦・黒田義治編) 58 - 70．全国林業改良普及協会 東京
- 寺沢和彦 1986 天然生広葉樹林の樹種構成と立地条件, 昭和60年度道林研論 108 - 109