

収量密度図を使った
アテ択伐林の密度管理方法

平成 6 年 3 月

石川県輪島林業事務所



アテを主とする択伐林



スギ・アテ二段林



アテの伏条更新

はじめに

アテは、奥能登地域の代表的な樹種であり、昔からこの地域の林業経営の中心である。現在でも、柱材においてはスギよりも高値で取引され、林業収入に占める割合は高い。

しかしながら、現在の奥能登地域の林家1個当たりの林業経営規模は、日本国内で見られる経営規模の傾向とはほぼ似かよっており、5ha未満の小規模林家が9割以上を占めている。これらの林家は、収入源の大半を第2・第3次産業から得ており、山林所得の占める割合は低い。しかも、平成3年の19号台風は林家離れに拍車をかけ、小規模林家の山林への道のりがますます遠のいてしまったのが実状である。

このような現状から、小規模林家でも継続して安定的に、しかも地域の特産である「能登のアテ」を自信を持って供給できる山作りに着手することが急務である。そのためには、アテの特徴をフルに活用したアテ択伐林経営が最有力であり、今後の能登林業発展のためにはこの技術の再考が重要と思われる。しかし、択伐林の現状をみると、理想的な林型を崩し徐々に一斉林型に近づきつつある林分が大半であり、法正林状態の保たれていない林分が目につく。このことは、市場性の問題や労働力の問題が根幹にあると思われるが、もう一つ林分の管理基準の曖昧さがあげられよう。つまり、以前の択伐林は林分管理という見方があまりなされず、必要に応じた利用径級木の伐採とその空間への植栽の繰り返しの結果的に択伐状態を維持してきたものと思われる。適正な密度管理は、資源と収入の持続性を保つものであり、そのための基準作りは継続的な労働の確保にもつながるものと思われる。

以上の観点から、アテ択伐林の保続経営のための密度管理基準を定めるに当たって、収量密度図が最適な管理手法と思われ着手を試みた。なお、アテの択伐林施業に関する技術指針等はすでに2、3の完成度の高いものが報告されているので、本書面においては密度管理以外の細かな施業技術についてはふれていない。

詳しい施業内容を要求される方はそちらを参考にしていきたい。

なお、この報告書は平成5年度林業普及指導事業（技術開発支援事業）によりとりまとめられたものである。

収量密度図を使ったアテ択伐林の密度管理方法 ー目次ー

I	アテ択伐林型の特徴	1
1)	直径階別本数分布	1
2)	収穫目標および林分の仕立て目標	1
①	収穫目標	1
②	仕立て目標	2
③	伏条更新と植栽本数	3
II	収量密度図に関する各要因	4
1)	密度管理図との違い	4
2)	Y-N曲線	4
3)	最多密度線	5
4)	Bポイント線	5
5)	等限界直径線	6
III	収量密度図の使い方	7
1)	収量密度図の見方	7
2)	択伐への応用	7
3)	択伐林の事例とY-N曲線	8
①	事例1	8
②	事例2	9
③	事例3	10
④	事例4	11
⑤	事例5	12
4)	収量密度図をうまく使うには	13
①	毎木調査	13
②	測定データの処理	14
③	Y-N曲線を描く	15
④	択伐への利用	15

I アテ択伐林型の特徴

1) 直径階別本数分布図

今ある林の現状を最も正確に把握するためには、一定面積当たりの本数や材積や幹の断面積の合計を知ること概ねその目的は達成されたものとみなせる。しかし、材積や断面積は細かな計算を要するので、めんどろな面が多い。そこで、手っ取り早い方法として、胸高直径毎の本数を調べるのがよくなされる。この直径毎の本数の割合が一斉林と択伐林では大きく異なる。

図-1は、一斉林における本数分布図である。このように、一斉林ではある場所をピークとして1山型になる。ところが、図-2のとおり択伐林では直径の小さな所ほど本数が多く、直径が大きくなるにつれて本数が少なくなる形となる。これが、一般に言われる典型的な択伐林型である。

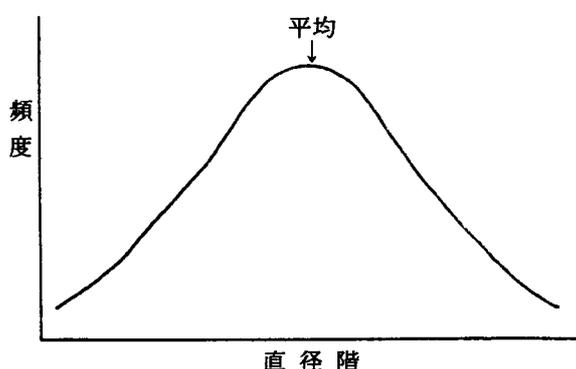


図-1 直径階別本数分布図（一斉林の場合）

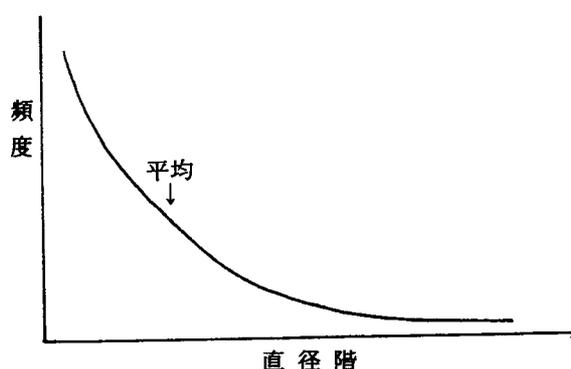


図-2 直径階別本数分布図（択伐林の場合）

この両図を比べてみるとわかるとおり、一斉林型では同齢であるので中心の最も本数の多いものがその林分の代表になるわけである。つまり、我々がよく口にする平均胸高直径となるわけである。しかし、択伐林型では小径木ほど多くなる傾向があり、平均胸高直径はいくらと言っても単なる計算上の数字であり、それは林分全体の代表者とはならないのである。したがって、胸高断面積の合計や林分材積を求める際に平均値を使うと、現実林分よりも過小になる危険がある。

直径毎の本数割合を描いてみると、もう一つ重要なことがわかる。それは、現在の林が両図のどちらに近いのか、つまり択伐林型が崩れていないかどうかの目安にもなるというわけである。

2) 収穫目標および林分の仕立て目標

① 収穫目標

図-3は、安井(4)の調べた末口径と木材単価との関係図である。このように、末口

径16～18cmが一つのピークとなり、また径級が大きくなると共に材価も上昇している。このことから、択伐林としての収穫目標を立てる場合、1つは末口径16～18cmの柱材を採るための択伐林と、大径材を含めた柱材と造作材との組み合わせの択伐林が想定される。もちろん、これだけが収穫の目標ではないが、現実の林分をみても大方両者の林分が仕立て方の中心となるようである。

これらから考えると、柱材を生産するには胸高直径にして22～24cmが目安となると考えられる。また、大径材では40cm以上になればかなり高価に取引されるようだ。

②仕立て目標

図-4は、柱材生産林の直径毎の本数分布図である。また、図-5は大径材生産林の同図である。柱材生産林では目標径級に達したもののから伐採することになり、径級へ達するまでに数年の休閑期間を置く場合が生ずる。それに比べ、大径材生産林では大径木から伐れることもできるし、柱材を採ることもできことから比較的柔軟な対応が可能である。しかし、大径材生産林ではいわゆる“中落ち”の期間が長くなり、その期間に下層木

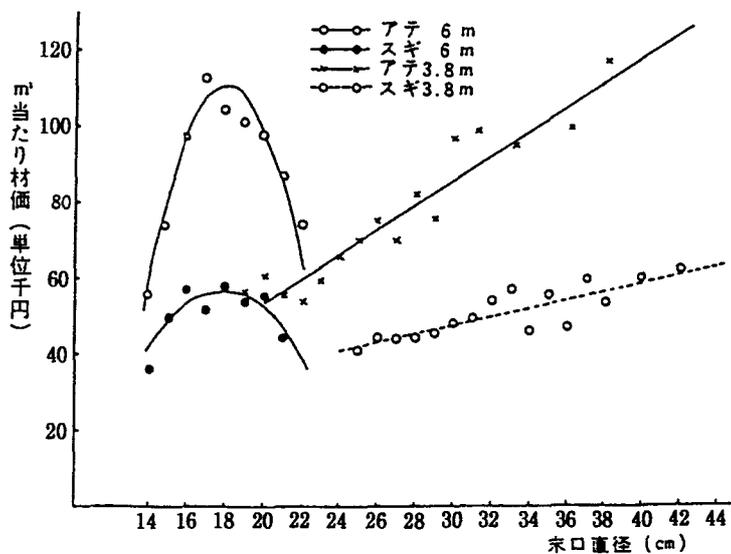


図-3 末口径と材価との関係 (安井、1993)

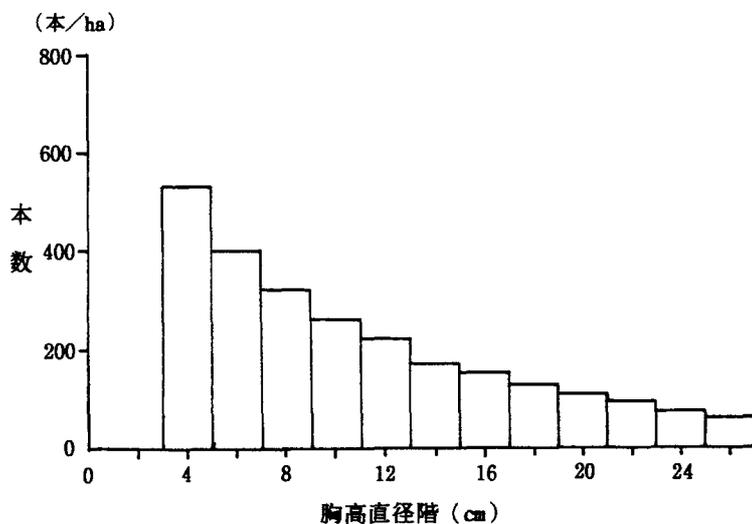


図-4 柱材生産林における胸高直径階別本数分布図

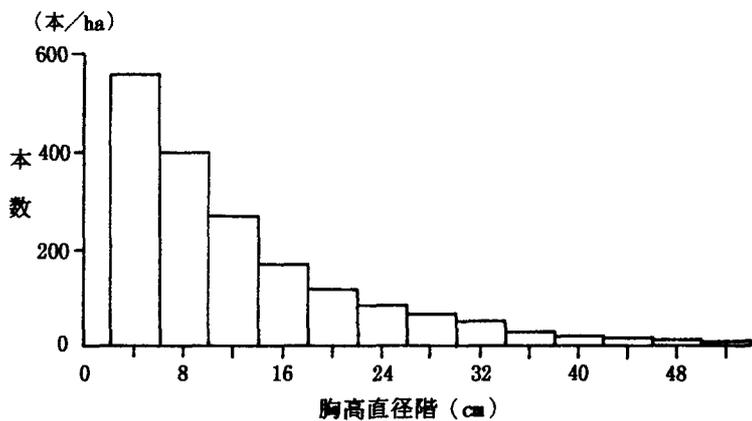


図-5 大径材生産林における胸高直径階別本数分布図

を枯らさないように管理することが重要になる。

また、両図からわかるとおり、択伐林は直径が大きくなるにつれて本数が少なくなっている。これは、1つには木が大きくなるにつれて、競争が激しくなるために一定面積内の本数は減ることに原因がある。それともう1つは、小径木ほど悪条件下（光の当たる量が少なくなる）にあるため、数を多くしないと枯損率が高くなる可能性が高いということである。したがって、直径2 cm以下の後継樹は4 cmの径級木よりも本数が多いことが理想である。つまり、柱材生産林では2 cm階の径級木はおおよそ700本/ha、それ未満の径級木は1000本/haは必要と思われる。大径材生産林においてもほぼ同様な本数があれば確実と思われる。

3) 伏条更新と植栽本数

アテの最大の特徴は耐陰性が高いということである。このことが、樹下植栽へ適した木ということである。また、発根性も高く、両者の性質が最も活かされているのが伏条更新である。伏条更新はスギなどでも可能であるが、アテではそれが容易であり、昔から択伐林では欠かせない施業である。この方法等については、他(1, 2)の技術指針書で詳しく述べられているので省略するが、1本の親木から2, 3本の伏条更新が容易である。石下(2)によれば、主木(最初に植えたもの)が3mになりしだい、地際のしっかりとした枝を地面に接してやれば1, 2年で独立して芯立ちするという。

今、仮に植栽本数が1, 500本/haとしよう。すると、植栽木が3mに達した時点で親木から2本の伏条更新を行ったとすると、3, 000本/haの後継樹が出来たことになり、合計4, 500本/haとなる。次に、伏条更新させた3, 000本のものがさらに伏条更新可能な大きさになったとする。ここで、親木から1本の子供をつくったとすると、さらに3, 000本増え合計7, 500本/haということになる。実際には、2代目以降は林内で光が十分当たらない条件下にあるため、1度にすべて伏条更新が行えない場合が考えられる。さらに、自然枯死や密度調整伐や択伐との兼ね合いで、仕立てたすべてが同じ期間内に併存することはない。しかし、やり方1つで本数調整は十分可能と思われる。

このことから、択伐林ではスタート時点での植栽本数はその後の伏条更新を考慮した場合、あまり多くする必要がないという点が有利になるとと思われる。

Ⅱ 収量密度図に關係する各要因

1) 密度管理図との違い

先にも述べたとおり、一斉林では平均値によって林分の状態を表すことができる。その性質を使って、林分管理を行うために開発されたのが密度管理図である。ところが、密度管理図は上層木の平均樹高に基づき、林分の収量を調節する機能を持っており、樹高の測定が正確でなければ適合性に欠ける。

樹高を測定するのは決して簡単ではない。

このような点から、平均値が使えない択伐林型の密度管理方法として、菊沢(3)の開発した収量密度図が最も適すると思われる。この収量密度図は、表-1のように、各直径階ごとの本数と材積を直径の大きいものから順に並び替え、それらを積算していく作業からとりかかる。

収量密度図の最も便利な点は、一定面積当たりの本数と各直径の情報さえ分かれば収量が把握出来る点にある。

表-1 データの集計表

胸高直径階 (cm)	① 本数 (本/ha)	② 単木材積 (m ³)	①×② 材積 (m ³ /ha)	積算本数 N (本/ha)	積算材積 Y (m ³ /ha)
26	60	0.4520	27.120	60	27.120
24	70	0.3690	25.830	130	52.950
22	90	0.2960	26.640	220	79.590
20	105	0.2330	24.465	325	104.055
18	125	0.1690	21.125	450	125.180
16	150	0.1250	18.750	600	143.930
14	170	0.0900	15.300	770	159.230
12	220	0.0610	13.420	990	172.650
10	260	0.0358	9.308	1250	181.958
8	320	0.0208	6.656	1570	188.614
6	400	0.0090	3.600	1970	192.214
4	530	0.0034	1.802	2500	194.016

注) 積算本数と積算材積は上から順に加えていく

2) Y-N曲線

表-1で、各直径階毎の積算本数と積算材積をグラフにプロットして、曲線式に当てはめて描いたものをY-N曲線という。つまり、この1曲線が1林分の内容を表す(図-6)。図中の白丸は大きい直径から積算した各直径までの本数と材積を表している。つまり、この曲線から各直径までの積算本数と積算材積がわかり、さらに各直径間毎の本数と材積もわかること

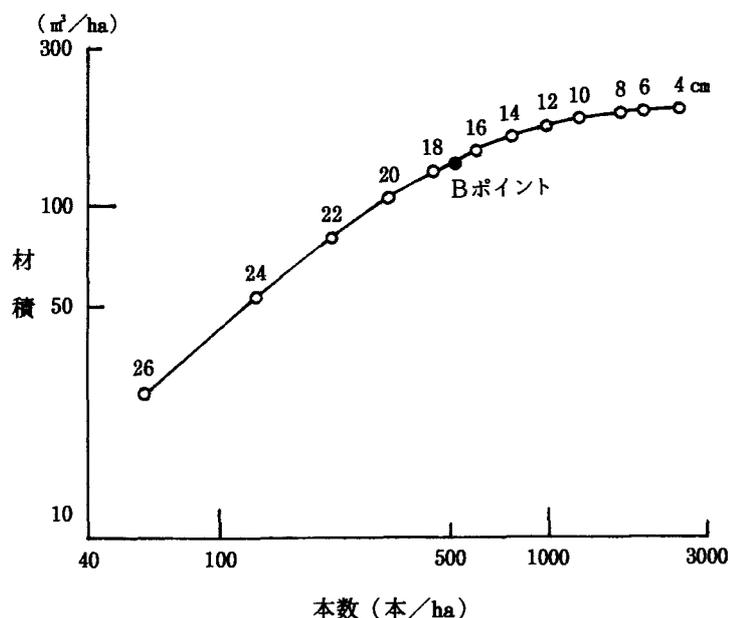


図-6 Y-N曲線

白丸は各直径階までの本数と材積を示す。

になる。択伐林型では、どの林分でも図のような曲線が描け曲線の適合性も良い。

もう1つこのY-N曲線の利点は、毎木調査の際に直径の測定限界の如何にかかわらず、適合性がよいということである。つまり、胸高直径4 cmまでしか測定しなかったとか、8 cmまでしか測定しなかったとかいった場合でも、曲線の位置は変わることがないのでそのまま使えるということである。

3) 最多密度線

輪島市内の2カ所で調査した択伐林を、このY-N曲線にあてはめグラフにプロットして、その最も小さい直径階での積算本数と積算材積（つまりはその林分のトータルの本数と材積）をプロットしたものを図-7に示す。ちなみに、アテ-斉林で調べられた最多密度（もうこれ以上詰め込むことが出来ない限界林分）線も同図に示す。2つほどこの最多密度線を越えているが、ほぼこの線よりも左側に位置していることから、とりあえずこの線を最多密度線として利用することにした。

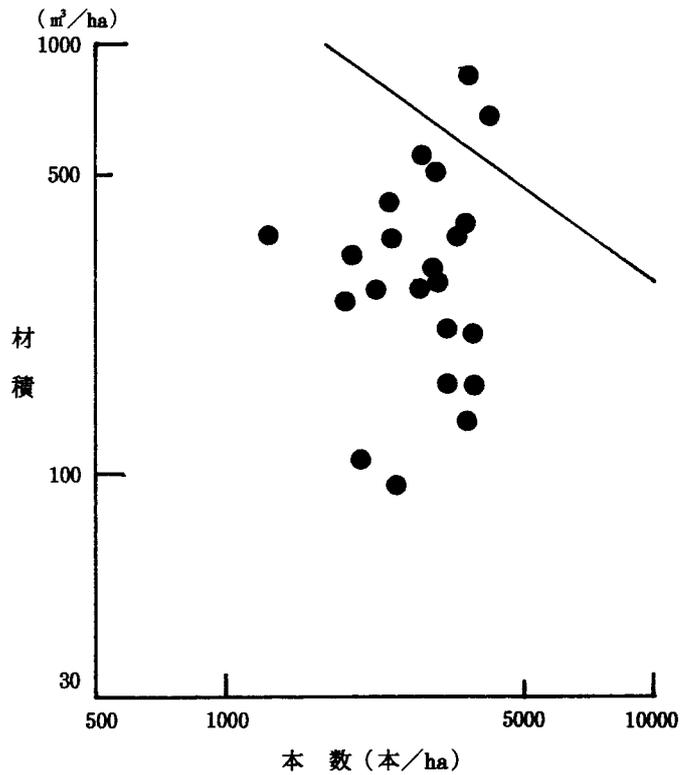


図-7 最多密度線

4) Bポイント線

Y-N曲線の変曲点をBポイントという。さらに、様々な林分でのBポイントを寄せ集めて最多密度線に平行に引かれた線をBポイント線という。このBポイントは最多密度に対して半分の材積を示す点とされている。つまり、この線は、密度管理図でいう収量比数 $R_y = 0.5$ に当たる。図-8

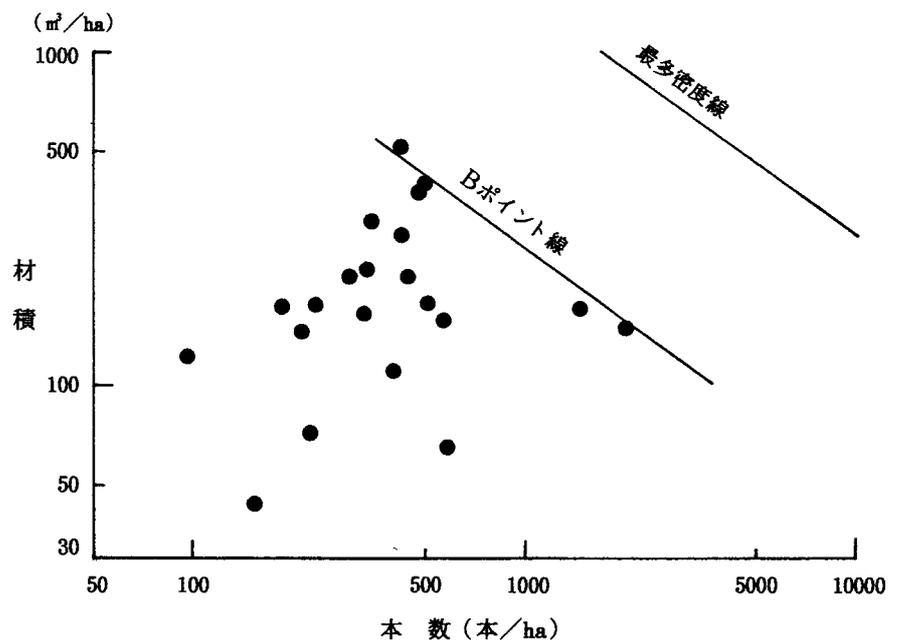


図-8 BポイントおよびBポイント線

は今回調査した22林分のBポイントの最も外側に、Bポイント線として作図したものである。これによると、今回調べた林分では、一斉林で作成された密度管理図の $Ry = 0.5$ にほぼ一致した線となった。

また、Bポイントは林分の構成状態によって異なり、径級が揃ったものが多いほど、Bポイントは右上側に位置する。つまり、同じ材積の林分でも一斉林に近いほど右上側に、択伐林に近いほど左下側に位置するということである(図-8)。したがって、Y-N曲線を描いてみて、Bポイントの位置を確かめることが択伐状態を見る上での1つの目安になる。

5) 等限界直径線

様々な林分でY-N曲線を引き、各林分毎のある直径階までの本数と材積の点をプロットしてみると、一定の傾向がでてくる。図-9は、最も密度の高い4林分において各直径の点を結んだ図である。このように、右に凸型の線が引かれ、各直径間は一定の間隔を保って平行になる傾向が伺われる。これは、1番下のY-N曲線の林分がなにも手を掛けずに放っておかれると右に凸の軌道を取りながら1番上のY-N曲線の林分になることを示している。

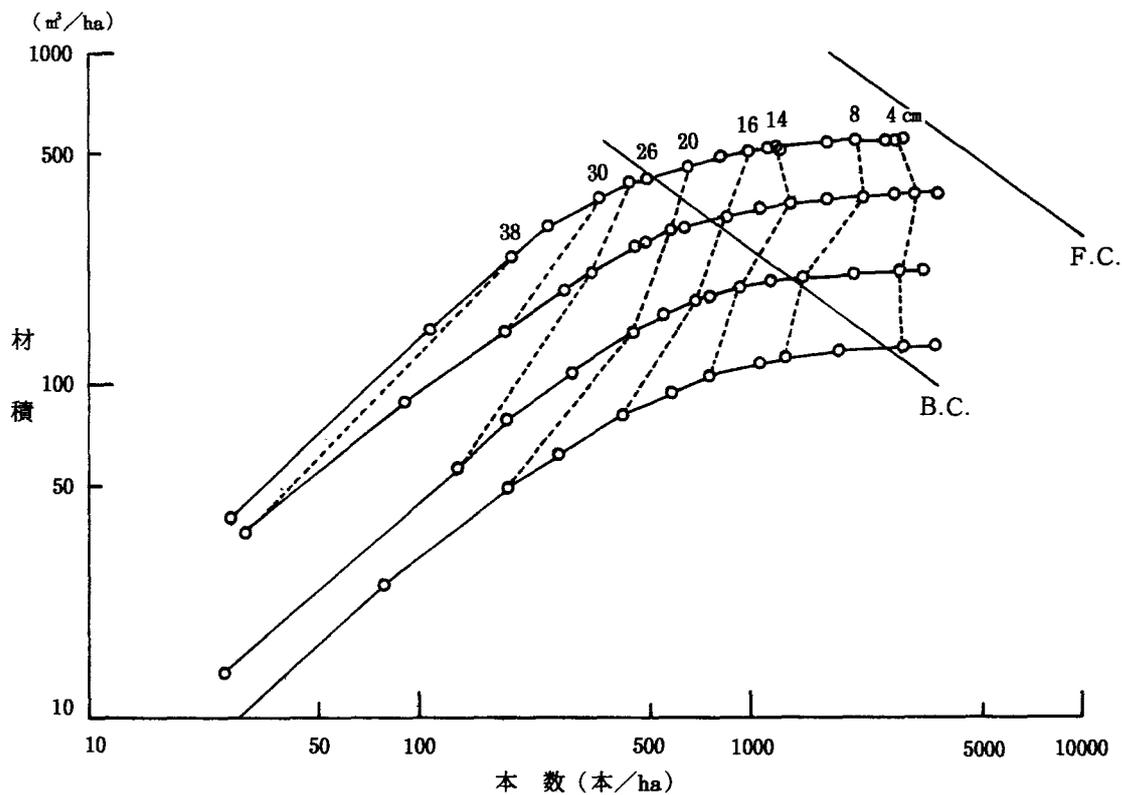


図-9 等限界直径線
F.C.: 最多密度線、B.C.: Bポイント線

Ⅲ 収量密度図の使い方

1) 収量密度図の見方

図-10は、Y-N曲線、最多密度線、Bポイント線、等限界直径線のそれぞれの線を組み合わせて作成したアテを主とする択伐林の収量密度図である。ただし、これは最多密度線を $Ry = 1.0$ としてY-N曲線を描き、その変曲点をBポイント ($Ry = 0.5$)として引いて作成した収量密度図である。したがって、Bポイント線は図-8で示したものに比べかなり低い位置で設定されている。また、等限界直径線も図上で示されたY-N曲線と調査した林分データを基にして設定されている。したがって、この等限界直径線を上回る林分や下回る林分があると思われるが、あくまでも理想的な林分での話として見ていただきたい。

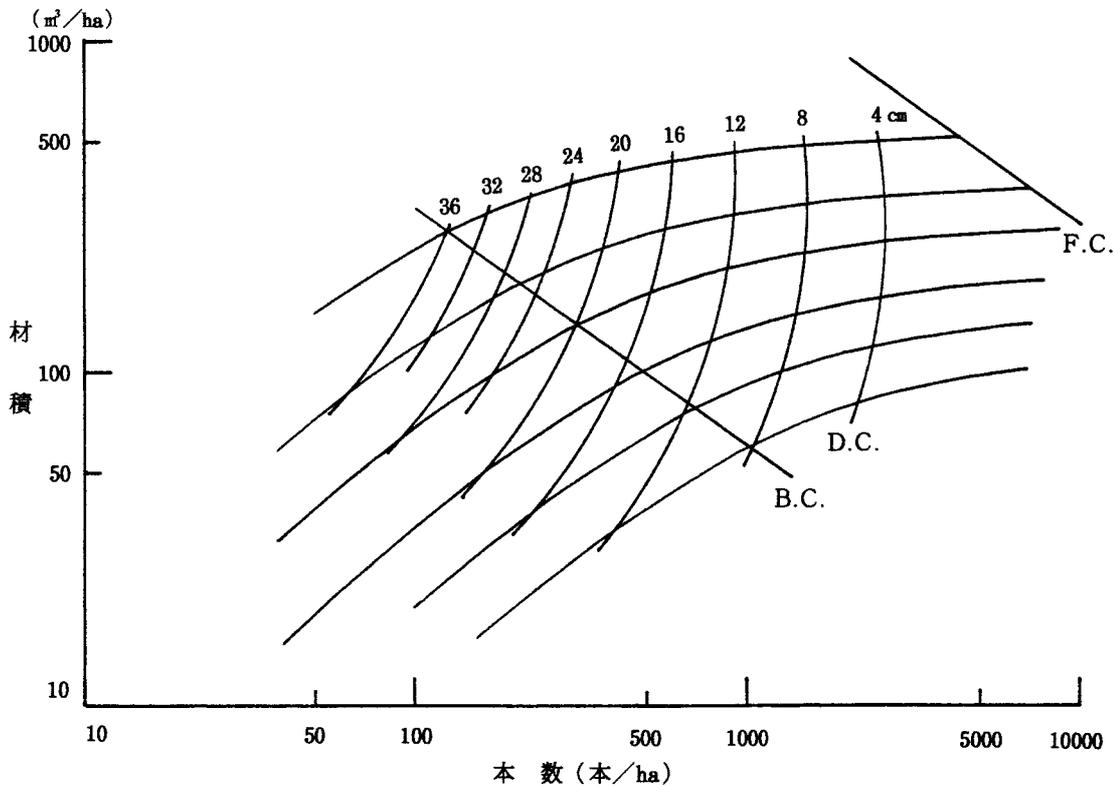


図-10 アテを主とする択伐林の収量密度図

F.C.: 最多密度曲、B.C.: Bポイント線、D.C.: 等限界直径線

2) 択伐への応用

先に示した図-4および図-5はそれぞれ柱材生産林および大径材生産林の理想的な直径分布を示している。そこで、それらのY-N曲線を描くと図-11のAおよびCのようになる。安井(4)によれば、択伐林の理想的な収獲管理方法としては、回期年を5年として1回当たり20%程度の択伐が最も理想的であるとしている。このことを基に、林分から上位の利用径級木を材積にして20%択伐したと仮定して、択伐後のY-N曲線を図-

11のBおよびDとして示す。

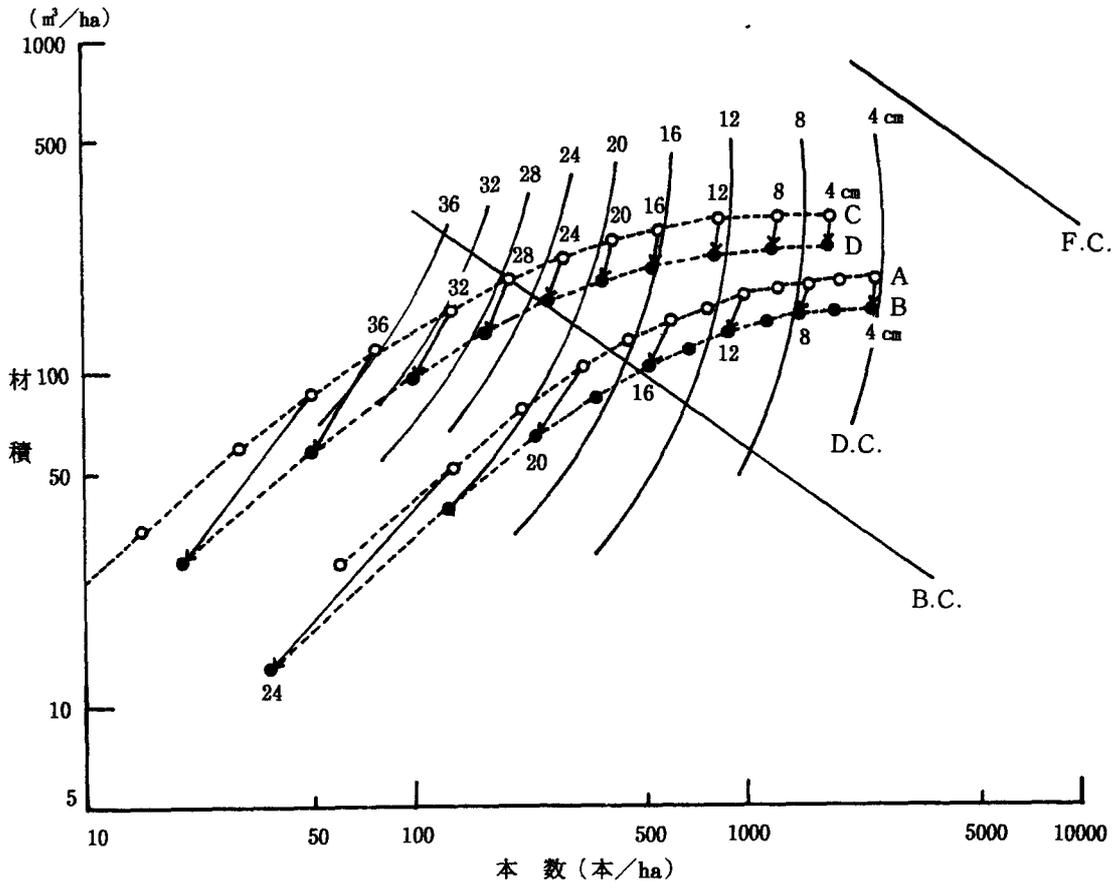


図-11 択伐によるY-N曲線の動き

A : 柱材生産林の択伐前、 B : 同林の択伐後
C : 大径材生産林の択伐前、 D : 同林の択伐後

このように、各直径階ごとの本数と材積の点は等限界直径線に沿って下へ平行移動していることがわかる。これは、上位の径級木がなくなった分それ以下の径級木が左下にずれたためである。しかし、伐採分だけ苗木を補給していれば、林分の成長と共に何年か後にはおそらくY-N曲線はまたAおよびCの位置に戻り、各直径階の本数と材積もほぼ同じ位置に達するというわけである。このことから考えると、択伐林は定期的な伐採と植栽がきちんに行われていれば、永久に持続可能な林分であることが、図上で手に取るようにわかる。

このように、林分毎のY-N曲線を描くことによって現在の林分状況がわかるばかりでなく、理想的な林分誘導への本数管理が可能である。

3) 択伐林の事例とY-N曲線

①事例1

図-12は、柱材生産林での事例である。この林は、択伐林としては理想に近い林型を保っていると思われる。Y-N曲線で示すと図-13のようになる。このように、各直径

ごとの本数と材積の点は等限界直径線に近い位置にあることがわかる。したがって、この林分はほぼこのままの状態を利用径級木を択伐すればよいことになる。

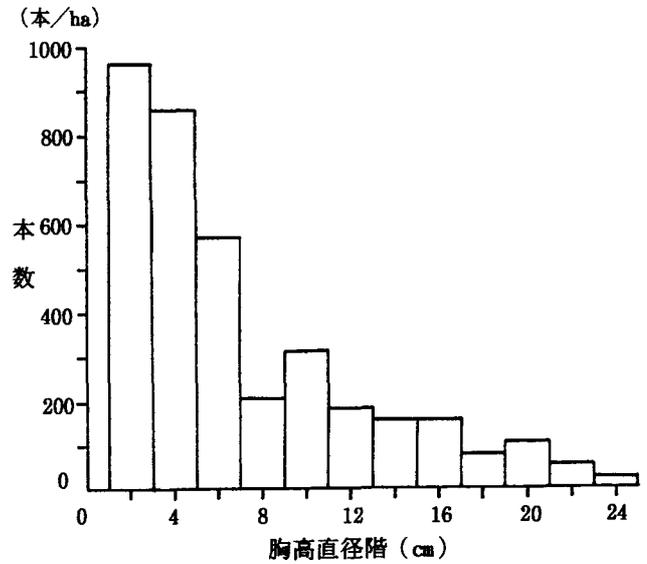


図-12 胸高直径階別本数分布図 (事例1)

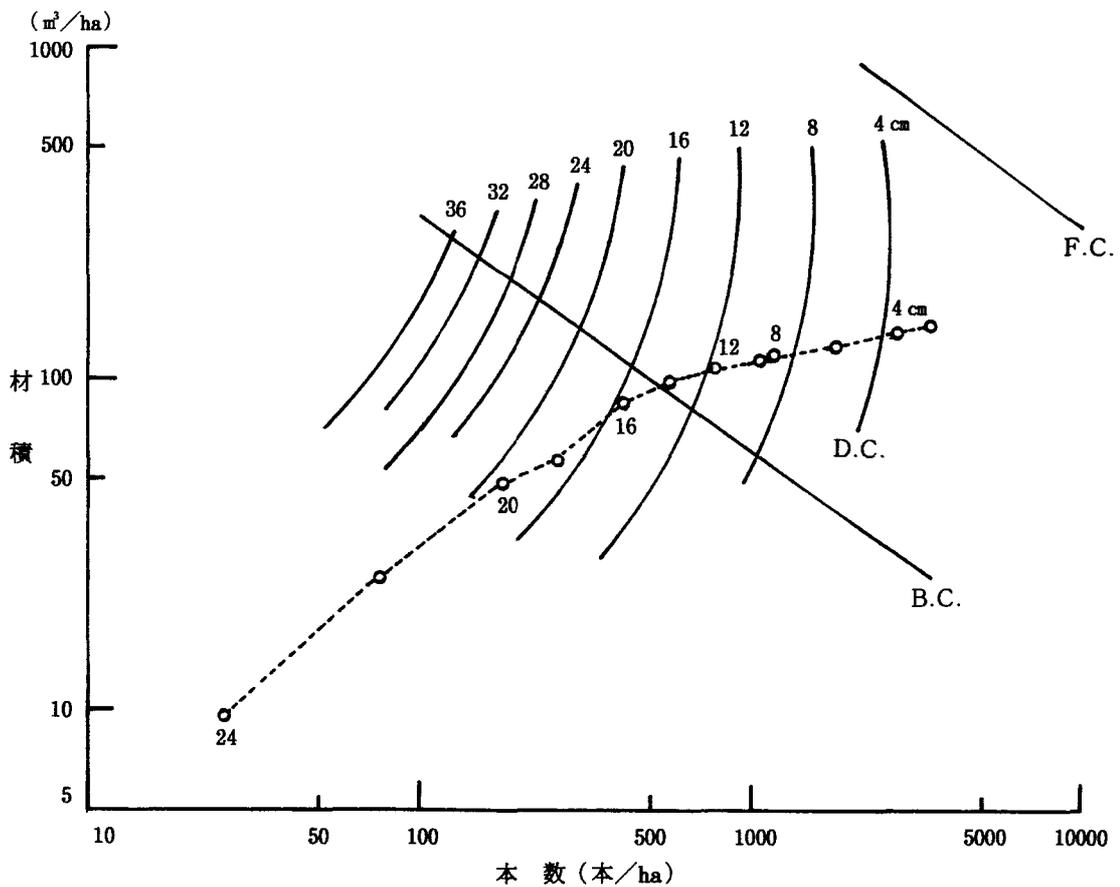


図-13 事例1のY-N曲線

②事例2

図-14は、スギが混交した柱材生産林での事例である。直径の大きいものはほとんどスギである。この林は、4~6 cm階および10~14 cm階の2山型である。つまり、一斉植栽したもののから伏条更新によって択伐林へ誘導したものである。Y-N曲線で示す

と図-15のようになる。このままの状態では、一斉林に逆もどりする可能性があるため、理想的な択伐林へ誘導するためには10~14cm階を多少減らす必要がある。また、このままでは2cm以下の後継木が少ないようであるが、林内には2cm未満の後継樹が多数存在していたのでそれらを枯らさないようにすることが大切である。そのためにも、上木の管理が大切だろう。

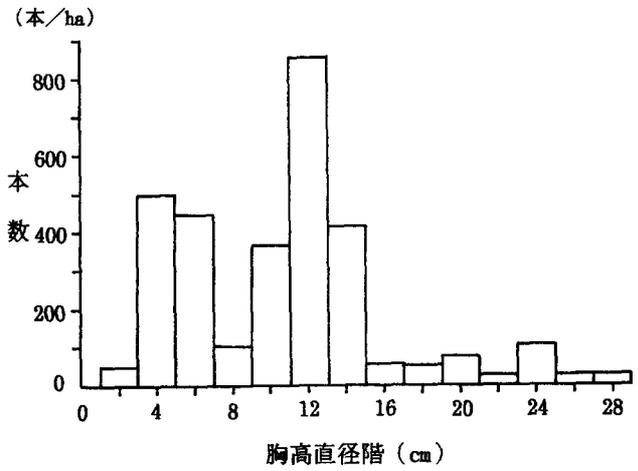


図-14 胸高直径階別本数分布図 (事例2)

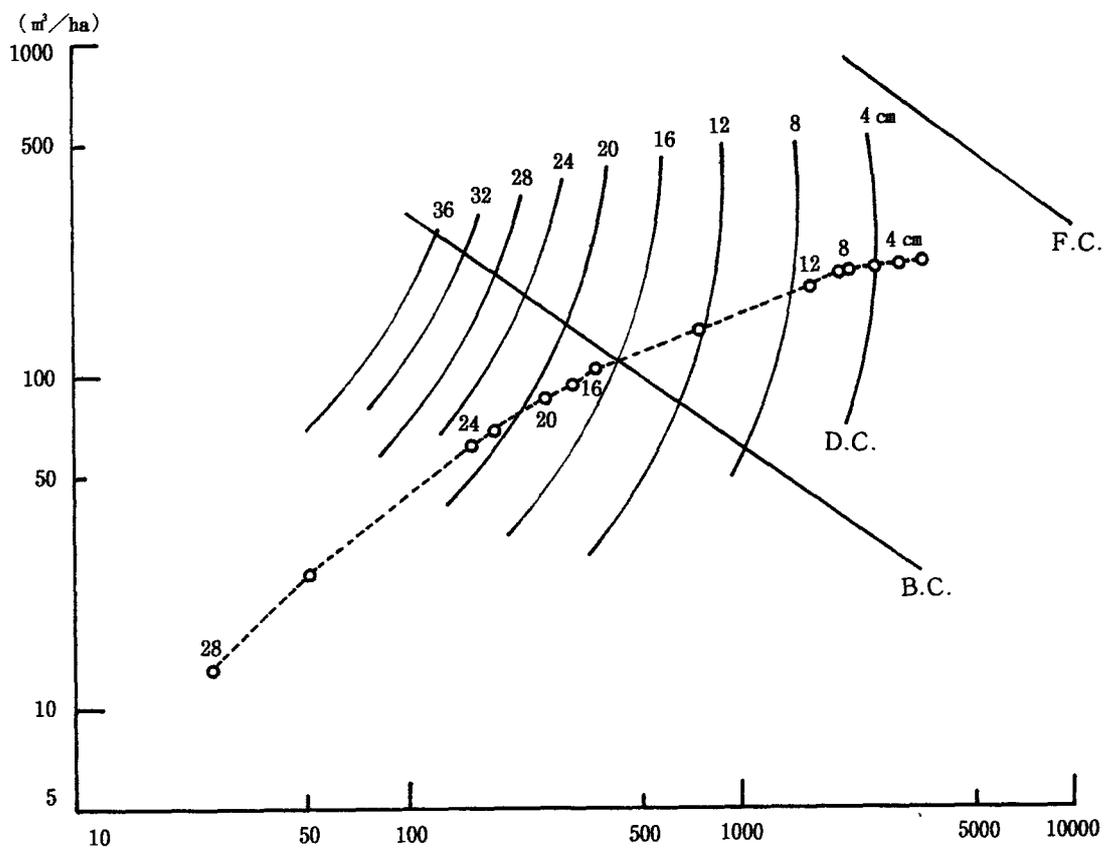


図-15 事例2のY-N曲線

③事例3

図-16は、事例2よりもさらに初期の誘導状態である。この林分のY-N曲線は図-17である。Y-N曲線の性質として、一斉林に近い状態では直線に近づく。つまり、択伐林へ誘導するつもりなら上木を減らすと共に、後継木をもう少し増やす必要がある。また、この林分の場合二段林も考えられるが、いずれにしても後継木を増やす必要がある。

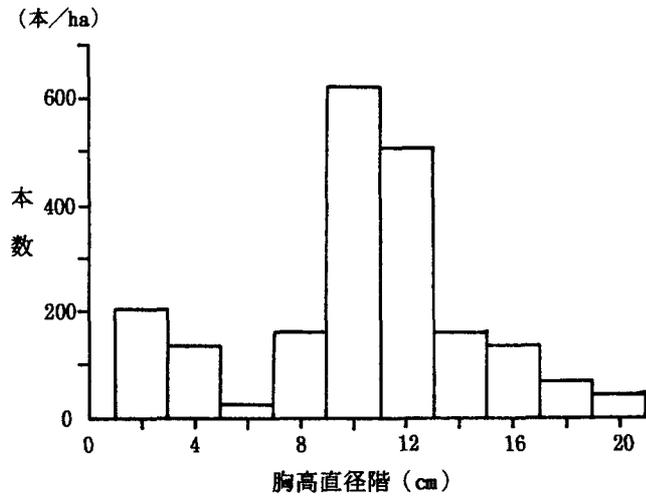


図-16 胸高直径階別本数分布図 (事例3)

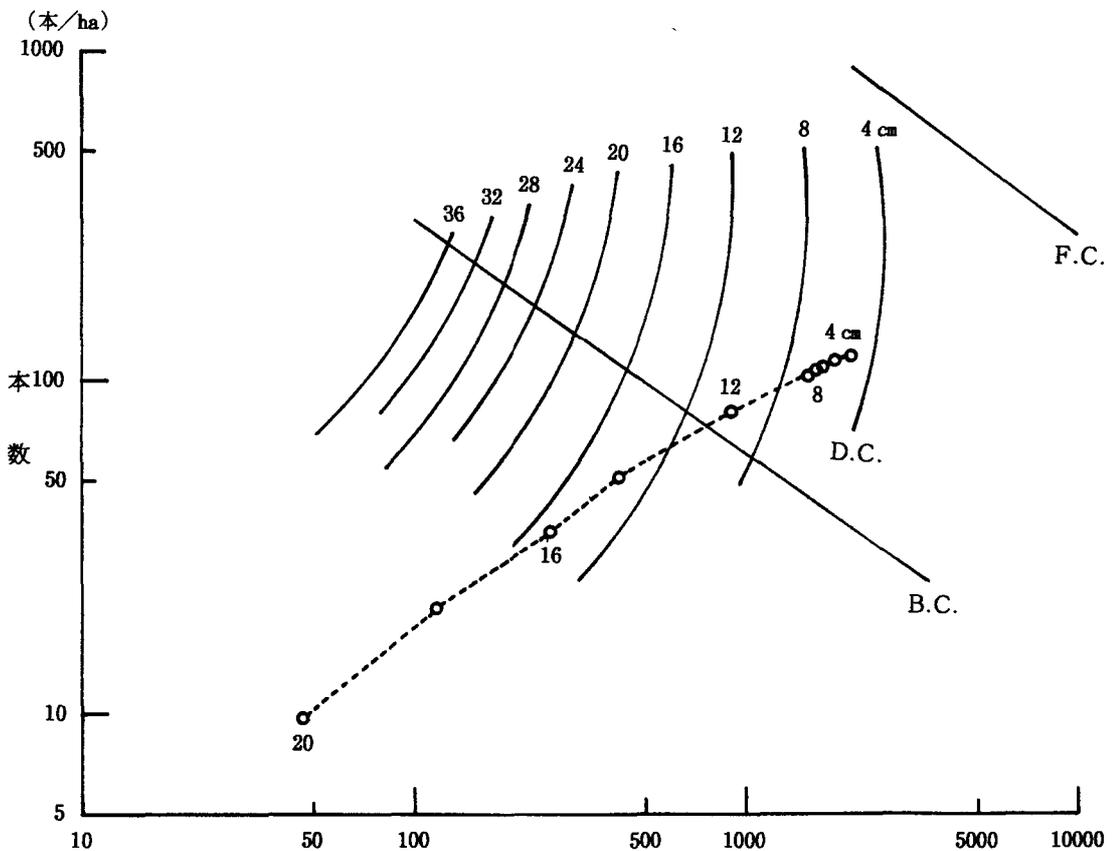


図-17 事例3のY-N曲線

④事例4

図-18は、大径材生産林の事例である。上木の大径材はスギである。林型としては理想に近いが、上木の大径材の占める割合が大きいため、小径木に枯れが見られた。それをY-N曲線で示すと図-19のようになる。各直径ごとの点は等限界直径線を大きく上回って最多密度に近い。このことから、この林分では、上木を択伐することによって理想

に近い択伐林へ誘導可能と思われる。

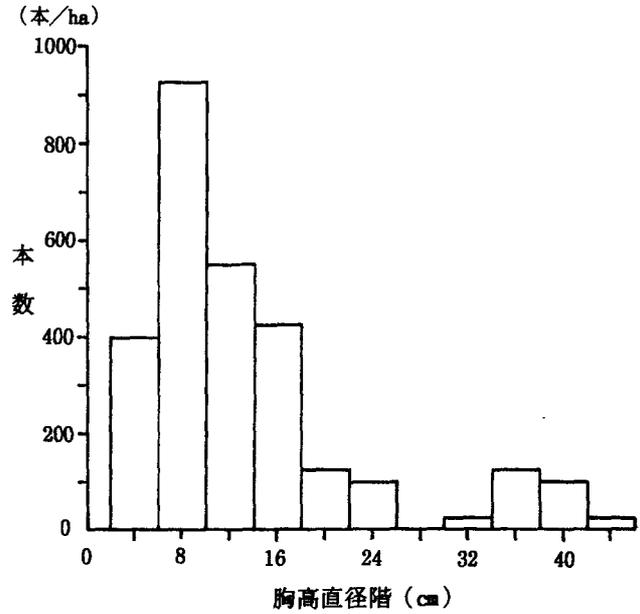


図-18 胸高直径階別本数分布図 (事例4)

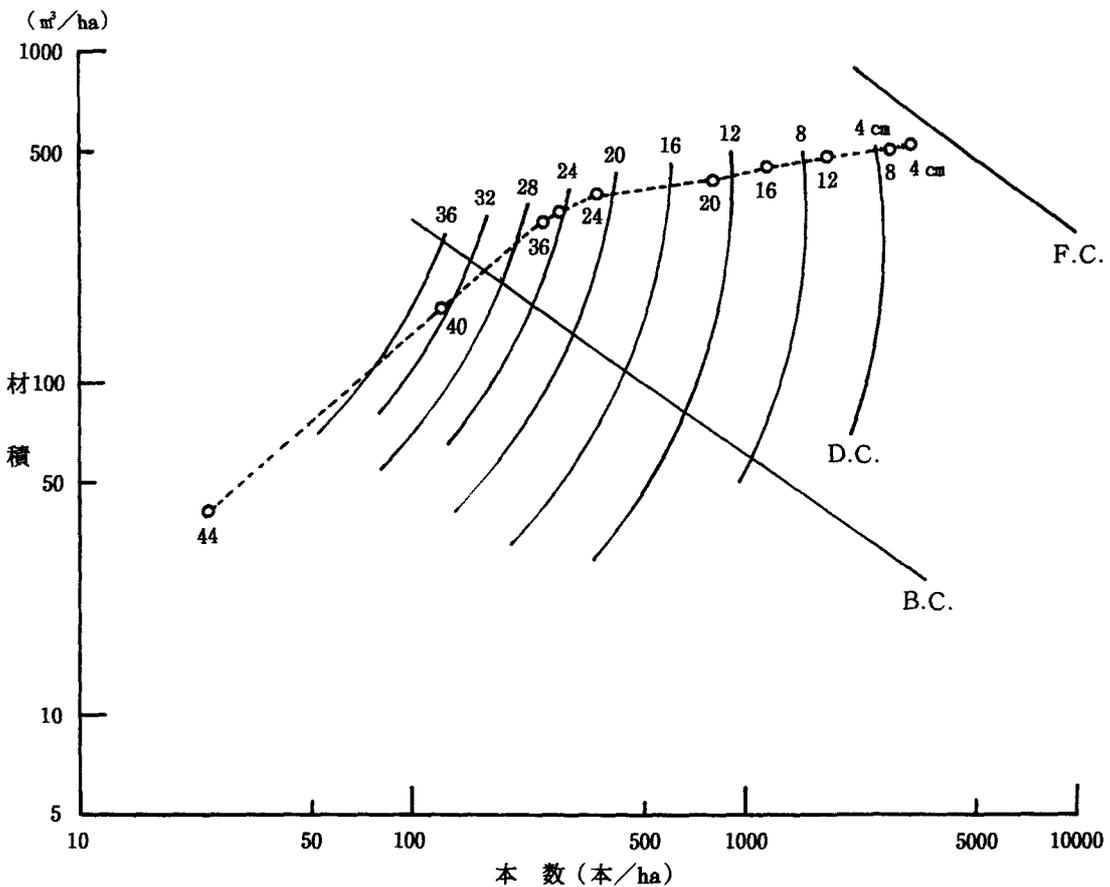


図-19 事例4のY-N曲線

⑤事例5

図-20は、以前柱材生産林として維持されていたと思われる林分の事例である。現在は放置状態で、小径木階は枯損木が多く見られた。また、この林分では上木が柱材として

の適期を越つつあるものも見られる。このままの状態では、一斉林型へと変わっていくと考えられる。柱材生産林として維持していくには、適木を択伐すると共に、後継稚樹を植え込む必要がある。また、大径材林へと誘導するにしても、伐

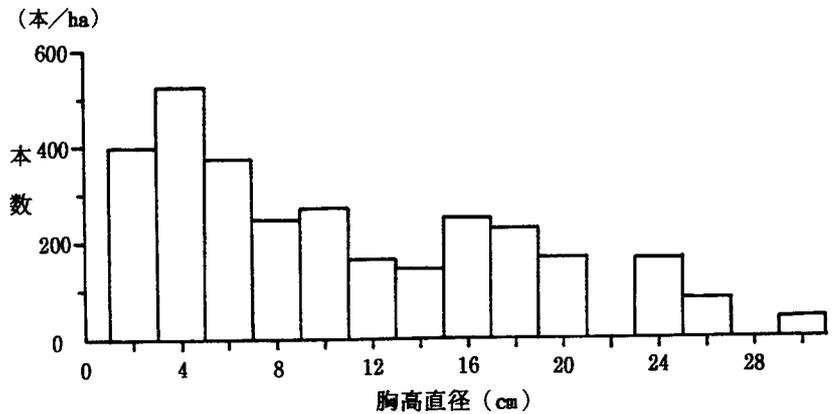


図-20 胸高直径階別本数分布図(事例5)

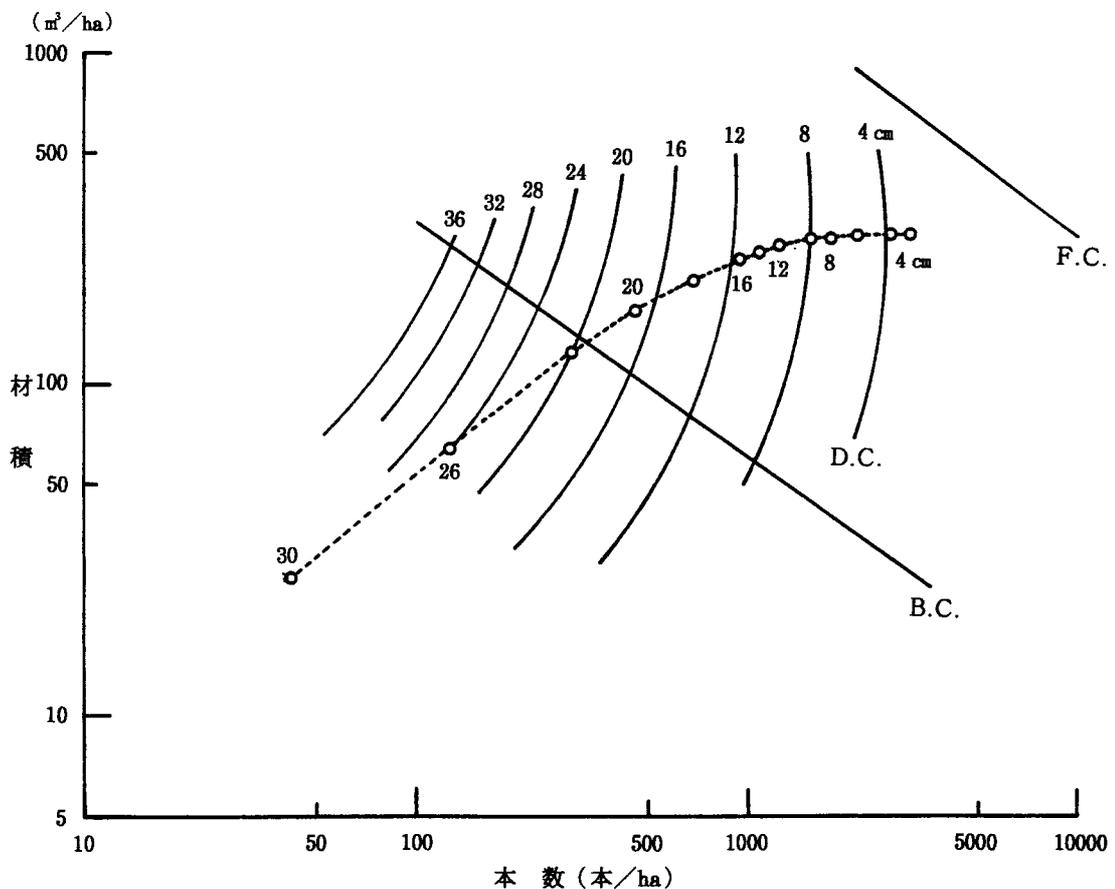


図-21 事例5のY-N曲線

採可能なものの択伐が必要であるばかりでなく、後継稚樹の補償が必要である。図-21は、この林分のY-N曲線である。この図からもわかるとおり、16 cm以下の径級木をもう少し減らす必要がある。

4) 収量密度図をうまく使うには

① 毎木調査

密度管理図を使う場合でも毎木調査は必要であるが、収量密度図においてもきちんとし

た調査を行っておけば、その後の管理は非常に楽である。

林分全体を調査することが理想であるが、なかなかそうした時間はない。したがって、標準地による方法が手っ取り早い。少なくとも400㎡（20m四方）は必要であろう。しかし、樹高は極度に地位の低い所を除けばあまり真面目に計る必要はない。胸高直径の測定限界は、低ければ低いほどよいが、2cmの径級木までが限界と思われる。それ以下はカウントのみでよい。

胸高直径の測定は、山側から2cm括躍の輪尺を用いて行くとよい。野帳は雨の日でも使えるものをお薦めする。

②測定データの処理

調査データは持ち帰り、まず直径の大きいものから順番に直径ごとの本数を1ha当たりで計算する。これには標準地の面積が関係するが、400㎡であれば25倍すれば算出できる。

次に、各直径ごとの単木材積を材積表から読みとり、本数を記入した欄の右側に記入する。ちなみに、アテの直径ごとの材積表を表2に示す。樹高が異なれば、材積も若干異なるが、さほど影響はないので直径のみの材積表で十分である。

次に、各直径ごとに本数と単木材積を掛け合わせ、それぞれの直径階ごとに1ha当たりの材積を計算し、単木材積の右欄に記入する。

そして、最後に直径の大きいものから順番に本数と材積を加えていき、加えたデータをそれぞれの直径階ごとに記入していく。これで、Y-N曲線の準備ができたわけである。一連の作業を行ったのが第II章の表-

表-2 主な樹種の材積表

胸高直径 (cm)	樹 種			
	アテ	スギ	マツ	広葉樹
4	0.0034	0.0024	0.0027	0.0024
6	0.0090	0.0067	0.0075	0.0064
8	0.0208	0.0170	0.0158	0.0133
10	0.0358	0.0297	0.0283	0.0258
12	0.061	0.053	0.046	0.041
14	0.090	0.078	0.069	0.060
16	0.125	0.110	0.099	0.086
18	0.169	0.161	0.136	0.118
20	0.233	0.210	0.181	0.155
22	0.296	0.268	0.234	0.203
24	0.369	0.355	0.296	0.241
26	0.452	0.435	0.368	0.305
28	0.546	0.526	0.450	0.379
30	0.652	0.627	0.543	0.475
32	0.770	0.741	0.648	0.540
34	0.901	0.906	0.729	0.648
36	1.045	1.049	0.855	0.727
38	1.203	1.206	0.993	0.857
40	1.375	1.326	1.145	1.027
42	1.513	1.505	1.260	1.132
44	1.711	1.701	1.436	1.242
46	1.925	1.913	1.628	1.462
48	2.156	2.141	1.769	1.592
50	2.335	2.307	1.987	1.728

1である。

また、この段階で直径階別の本数分布図も描いておけば、Y-N曲線と対比できるので便利である。

③Y-N曲線を描く

Y-N曲線を描くには、両対数グラフが必要である。両対数グラフは、文房具屋にたのめば取り寄せてもらえるので、使う際に購入すればよいが、本冊子の最終ページにあるものを利用していただければよい。

先ほどの、各直径ごとの加えていった本数と材積のデータを使って両対数グラフへ点を打っていけば、Y-N曲線のガイドラインは出来上がりである。

④択伐への利用

次に、図-10で示した等限界直径線と自分で描いたY-N曲線上での各直径階の点との対比を行う。どの直径階での本数が多すぎるかまたは少なすぎるかを検討するわけである。少ない場合は、やむを得ないが、多い場合は密度調整が必要ということになる。この場合も、先に示した直径階別の本数分布図を見ながら検討すると便利である。

理想的な択伐林の場合、直径の大きなものから伐採すればよいことになるので、択伐を行った後のY-N曲線は元の位置から下へ平行に移動する(図-11)。しかし、途中の直径階の本数を減らすと、減らした直径階以下は傾きが減ることになる(曲線が頭打ちになる)。したがって、事前に択伐後のY-N曲線も描いて検討しておくといよい。それによって、各直径階ごとの本数と材積をなるべく理想に近い形に誘導しながら、収穫していくことが可能である。

おわりに

収量密度図は、もともと落葉広葉樹二次林の間伐のために開発されたものである。したがって、県内のコナラやミズナラなどでも試していただきたい。Y-N曲線の最も大きな特徴は、密度管理図と違って林分全体だけでなく各直径階ごとの情報が逐次理解出来る点にある。一斉林においてもこの方法を使うことをお薦めする。ただし、現在行われている一斉林での間伐は下層間伐（保育間伐）が主体であるので、林分の中身まで知る必要はないということになる。したがって、一斉林でY-N曲線を利用する場合は利用間伐か上層間伐（優勢木と劣性木を伐る）の場合に有効な方法と思われる。

ここに示した収量密度図は単なる1方策である。択伐林経営に限らず、経営方法には絶対的なものはない。個々で独自の方策があれば、それで行うこともよいと思われる。しかし、今後の山林経営の動向を推察するに、森林組合が主体となった施業が中心になると思われる。しかるに、ある程度統一的な方針を打ち出しておく必要があると思われる。おわりに当たって、そのことを付記したい。

引用文献

- (1) 石川県農林水産部：複層林施業技術指針，pp32，1990
- (2) 石下哲雄：アテ林業，林業技術623，12～16，1994
- (3) 菊沢喜八郎：北海道の広葉樹林，北海道造林振興会，pp152，1983，札幌
- (4) 安井 鈞：能登のアテ択伐，島根大学森林環境学講座編，1～7，森林計画学会出版局，1993

1000

100

10

1

10

100

1000

10000

