

昭和60年度国有林野事業特別
会計技術開発試験成績報告書

蓄積経理システムの開発

昭和62年3月

林業試験場

蓄積経理システムの開発

蓄積経理システムの開発

I 試験担当者

経営部経営第2科長	栗屋 仁 志
〃 測定研究室	樋渡 ミヨ子
北海道支場経営研究室	眞 辺 昭
〃 〃	篠原 久 夫
〃	(昭和60年3月まで)
〃	猪瀬 光 雄
〃	小 木 和 彦
東北支場経営第1研究室	小 坂 淳 一
〃 〃	金 豊 太 郎
関西支場経営研究室	長谷川 敬 一
四国支場経営研究室	都 築 和 夫
〃 〃	佐 竹 和 夫
〃 〃	吉 田 実
九州支場経営研究室	本 田 健二郎
〃 〃	森 田 栄 一
〃 〃	黒 木 重 郎
木曾分場造林研究室	上 野 賢 爾
〃	(昭和60年3月まで)
〃	原 光 好

II 試験目的

多様化する森林施業に対応して、蓄積経理の基となる収穫予想表を、施業別に早急に整備する必要がある。このため、従来の単一施業法に基づく収穫予想表の作成方法に代って、各種の本数密度管理方式による収穫予想が可能である林分密度管理図による方法の採用が考えられ、各営林局ごとに主要造林樹種について林分密度管理図が作成されている。しかし、林分密度管理図を構成している等平均封高曲線、等平均直径曲線などによって求められる林分構成因子の値は、作成に用いた資料の平均的大態を示すもので、個々の林分については、かなりの差のみられるものもある。

また、林分密度管理図は、閉鎖林分を対象として作成されているので、間伐直後の林分因子の推定

には、さらに誤差が累積する恐れがある。

このため、林分密度管理図を用いて本数管理を主体とする施業体系別の収穫予想表の作成手法の基礎として、収穫試験地の継続調査結果を用いて、より精度の高い林分構成因子の値および間伐材積の推定手法の検討を行うこととした。

さらに、施業体系の組立方法として、標準的な密度管理方式を示している林分収穫表値を収穫試験地の調査結果で補強して、各営林局での間伐指針の作成手法の検討も併せて行なうこととした。

この報告は、林分密度管理図を用いて蓄積経理に必要な施業体系別の収穫予想方式の開発のため、各支分場で進めてきた研究成果の代表的なものを掲載したものであり、これらの方法を組合せることにより、より合理的な収穫予想表の作成ができると考えられる。

III 試験の経過と得られた成果

1. 林分密度管理図による蓄積、間伐量の予測方法 — 北海道地方カラマツ

1) まえがき

昭和36年に開始された北海道の収穫試験では、これまでにトドマツ33、カラマツ34、エゾマツ2の試験地を道内各地の国有林内に設定し、ほぼ5年ごとの測定を繰返してきている。この結果、現在までの延測定回数はトドマツで159、カラマツでは144に達している。

各試験地の成績は過去2回にわたり中間報告として公表し、また、トドマツでは林分密度管理図の適合度吟味と生長予測式の改良のために活用してきた。ここでは引続いて、カラマツに対する同様な分析の結果を述べる。

2) 等平均樹高曲線の適合度とその改良

北海道地方のカラマツ林分密度管理図の等平均樹高曲線は、逆数式

$$V = (0.0651368 H^{-1.230184} + 9492.9 H^{-2.948559} / N)^{-1} \quad (1)$$

で与えられる。ここでHは上層木平均樹高、VとNはそれぞれha当たり材積と本数である。

(1)式のあてはめにおける重相関係数は0.9517であるが、個々の林分についてみると(1)式による推定材積はかなりの誤差をとまう。異常値を棄却する前の管理図作成データ936プロットで計算した推定誤差の標準偏差は $42.0 \text{ m}^3/\text{ha}$ であった。この値はトドマツの林分密度管理図で得られた $49.7 \text{ m}^3/\text{ha}$ よりは低い、それでもデータの中には推定材積が実材積の $\frac{1}{2}$ となるプロットや $220 \text{ m}^3/\text{ha}$ 以上の誤差を示すプロットがある。

こうした誤差の原因は、トドマツについて示したように、林分構造、特に樹高分布が等平均樹高曲線で代表される平均的林分と著しく相違することにある。樹高分布の幅が小さく、典型的な単層林になるほど推定は過少となり、逆に樹高の変動が大きくて、構造の不揃いな林分では過大推定の傾向が生れる。

林分密度の影響は、直接的には直径生長の上に明瞭に現れる。密度条件が改善されたときの直

径肥大の仕組みは、樹冠の拡張によって葉量が増し、同化生産が促進されることによって増加した材積生長量が胸高位置に配分・加算されるというプロセスである。単位葉量当たりの同化生産量は無制限に大きくなることはないから、密度を疎な状態に落したとしても、当初から疎立して生育してきた林の直径を追い越すことは難しい。このように、過去の密度管理の履歴に強く影響される直径を無視して、上層木樹高と本数だけで林分材積を推定するところに林分密度管理図の不適合原因がある。

逆に、現実林分の平均直径を補助情報として利用できれば、(1)式の推定材積の精度をあげることができる。

林分密度管理図上で、特定の樹高と本数に対応する材積と平均直径を理論材積と理論直径、また理論直径の計算過程で出てくる ha 当たり断面積を理論断面積とよぶ。そうして、これらの理論値に対する現実林分の材積、平均直径、断面積の比を、それぞれ R_V 、 R_D 、 R_G とおく。さきの 936 プロットのデータで R_D と R_V の関係をみると、図 1 のように直線傾向が認められる。これは

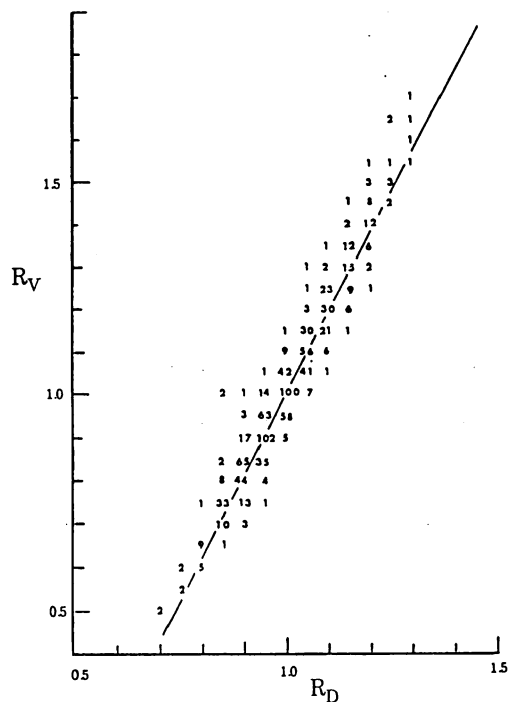


図-1 R_D と R_V の関係

$$R_V = -0.8713 + 1.8786 R_D \quad (r = 0.9710) \quad (2)$$

と表わせる。相対直径 R_D の小さいところと大きいところで僅かに曲線性が認められるが、それでも相関係数の大ききから、相対材積 R_V の変動の94%までが、相対直径 R_D の変動に連動していることが判る。

(2)式から得られる相対材積を補正係数として、上記の 963 プロットのデータで補正材積を計算

すると、誤差の標準偏差は補正前の $42.0 \text{ m}^3/\text{ha}$ から $8.5 \text{ m}^3/\text{ha}$ (約 $\frac{1}{5}$)に減少する。

R_V と R_D の関係が、僅かながら曲線性を示すことから、次元をあげて相対断面 R_G と R_V の関係をみると、図2のようになる。

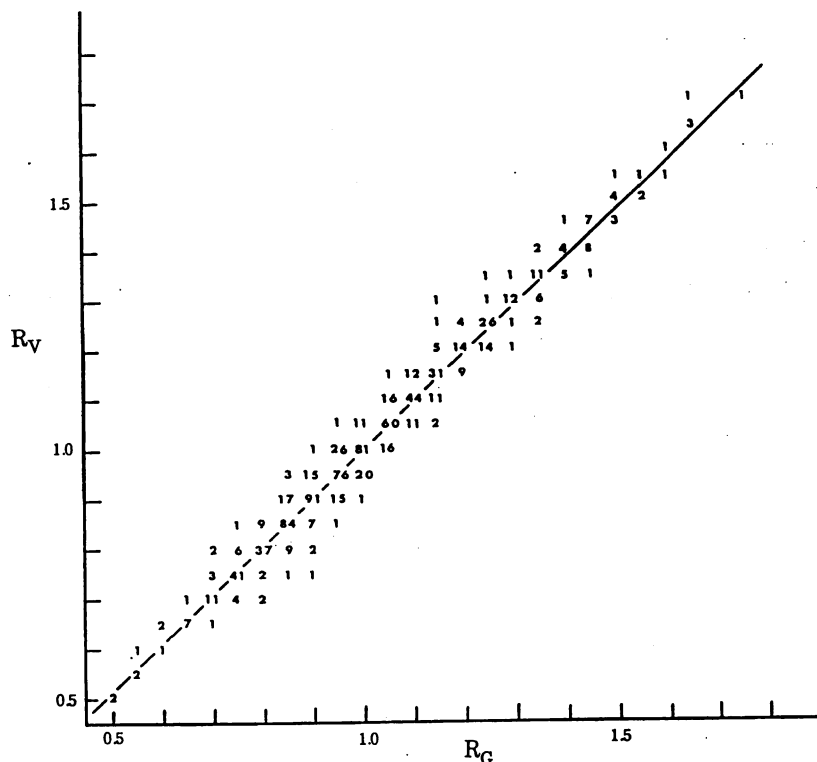


図-2 R_G と R_V の関係

この場合は、原点のすぐ近くを通り傾きがほぼ1の直線回帰

$$R_V = 0.0344 + 0.9640 R_G \quad (r = 0.9904) \quad (3)$$

が得られる。 R_G の寄与率($=r^2$)は0.98で、 R_V の実質的な変動は全体の2%であることがわかる。

(3)式から計算される立木度で補正した推定材積の誤差の標準偏差は $4.9 \text{ m}^3/\text{ha}$ で、無補正のときの $\frac{1}{9}$ である。

(3)式の定数項と R_G の係数の値から、 $R_V \div R_G$ とする補正方法も考えられ、またその近似として、 $(R_D)^2$ も使用できる。これらを補正係数としたときの推定材積の誤差の標準偏差は $5.2 \text{ m}^3/\text{ha}$ と $8.3 \text{ m}^3/\text{ha}$ で、(3)式には及ばないが、いずれも著しい精度の向上を示した。このような補正方法の妥当性を検討するため、収穫試験の117注)回の調査結果に対し、前記の4種の補正を行ったときの誤差の減少の状態を表1に示す。

林分構造の整った収穫試験地では、表の左側に示した密度管理図作成資料の場合よりも、

注) 高齢林分のデータが少ないので、民有林の間伐試験地の8回の調査結果を加えた。この試験地では5回の間伐が行われており、最終測定時の林齢は38年である。

表-1 材積補正の方法と誤差の標準偏差

材 積 補 正 の 方 法	誤 差 の 標 準 偏 差 m^3/ha	
	密度管理図作成データ	収 穫 試 験 デ ー タ
無 補 正 (逆数式)	42.0	23.2
$-0.8713 + 1.8786R_D$	8.5	9.3
$0.0344 + 0.9640R_G$	4.9	9.2
R_G	5.2	9.2
$(R_D)^2$	8.3	9.5

逆数式の適合度は良好で、誤差は約 $\frac{1}{2}$ になる。しかし補正材積の誤差はやや大きく、どの方法でも $9m^3/ha$ 程度である。しかし使いやすさの点では、 R_G または $(R_D)^2$ による補正が適当と思われる、そのときの誤差は、表-1から平均して $10m^3/ha$ 以下になることが期待される。

3) 立木度の時間的变化

密度管理図の推定材積を前述した方法で補正することによって推定精度は大幅に向上するが、 R_V は時間の経過によって変化する。収穫試験成績の期首と期末(5年期間)の R_V を対比すると図3のようになる。

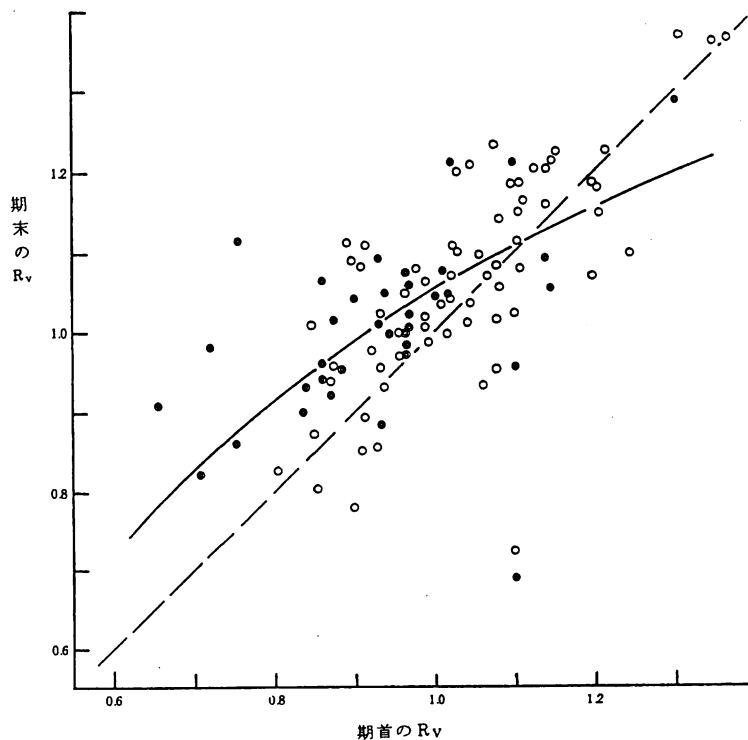


図 - 3 R_V の時間的变化

期末の R_V が大きくなっている例が圧倒的であるが、減少しているデータもかなりある。(2)式の示すように、 R_V の増減は、生育段階の進行にともなう直径生長が密度管理図の標準より大きい小さいかできまる。したがって、期首の年齢や林分構造、間伐実行の有無、間伐内容等が複雑に影響するものと思われる。しかし、収穫試験では30年生以上のデータが少ないので、ここでは期首と期末 R_V の関係を次のような簡単な回帰式で与えた。

$$R_{VY} = 1.8460 e^{-0.5620/R_{VX}} \quad (r = 0.6959) \quad (4)$$

ここで R_{VY} は期末、 R_{VX} は期首の相対材積である。

期首の R_V が知られていて、(4)式で期末の値を推定し、補正材積を計算したときの誤差は、標準偏差で $18.0m^3/ha$ となり、無補正の $23.2m^3/ha$ より22%ほど低くなった。

4) 間伐および残存材積の推定

間伐の実行は、弱度の下層間伐でない限り R_V を低下させる。ただし、この場合には間伐方法と関連づけて間伐材積と残存木材積を直接求める方が容易である。

間伐の内容は、林冠層のどの部分を主体に伐採するかという間伐種と、伐採の強さを表わす本数間伐率で特徴づけられる。

J OERGENSEN と Warrackは、間伐の種類が間伐前の平均直径 D に対する間伐木の平均直径 d の比で表せるとして、次のような区分を示した。

$d/D < 0.65$	除 伐
$0.65 < d/D < 0.75$	下層間伐
$0.75 < d/D < 0.90$	強度の下層間伐
$0.90 < d/D < 1.00$	強度の上層間伐
$1.00 < d/D$	択伐の間伐

これは選木内容の数量的な完義として使い易い指標であるが、下層間伐でも伐採率が高くなれば上層木が選木される機会が多くなるので、間伐の強さと必ずしも独立ではない。しかし、これを本数間伐率と組合せて使えば材積間伐率を極めて精度よく推定できる。収穫試験の58回の間伐データから推定式を求めると次のようになる。

$$\log P_{TV} = -0.0282 + 0.9696 + \log P_{TN} + 2.1755 \log (d/D) \quad (R = 0.9898) \quad (5)$$

ここで、 P_{TV} と P_{TN} は材積と本数の間伐率である。与えられた間伐前材積に上式で得られる材積間伐率を乗じて間伐材積を計算すると、推定値の誤差標準偏差は $2.64 m^3/ha$ となった。間伐材積の推定値と実測値の対比を図-4に示す。

残存木材積は(間伐前材積)($1 - P_{TV}$)であるから、その推定誤差は間伐木のものと同じである。

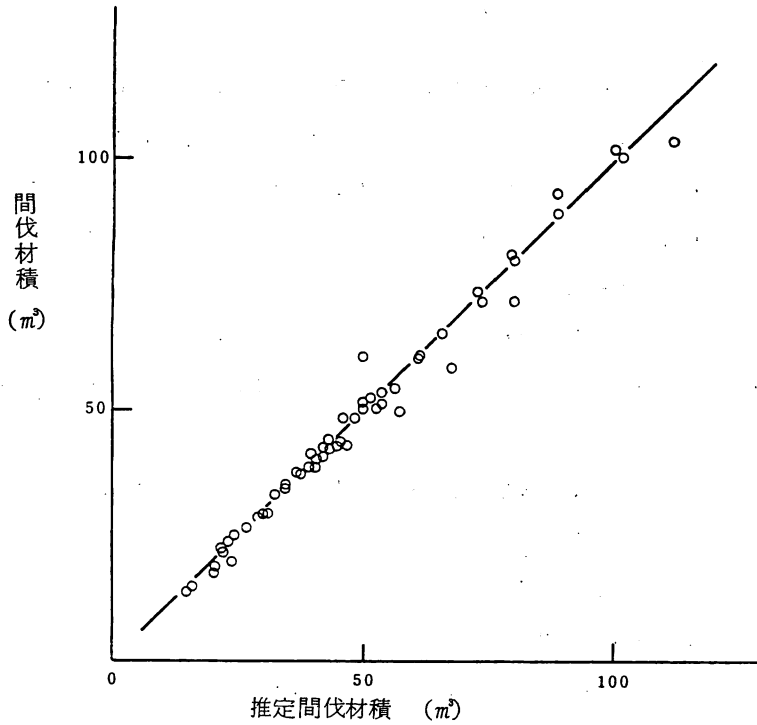


図-4 本数間伐率と $\frac{d}{D}$ 比による間伐材積の推定

5) 現実林分の収量比数

林分密度管理図では管理の基準を収量比数 R_y で示し、 R_y が1に近いほど密な林分ということになっている。

収量比数が与えられたときの林分材積と本数の関係は

$$V = K_2' N^{1+K_1} \quad (6)$$

$$K_1 = b_4 / (b_2 - b_4) \quad (7)$$

$$K_2' = \frac{(1-R_y)R_y}{b_1} \left[\frac{b_1}{b_3} \cdot \frac{1-(1-R_f)R_y}{(1-R_f)R_y} \right]^{\frac{b_2}{b_2-b_4}} \quad (8)$$

ここで $b_1 \sim b_4$ は(1)式の定数で、 R_f は限界競争比数である。

上層木平均樹高が H で本数 N の林分があり、その材積 V が逆数式(1)の理論材積と一致しているとすれば、(6)~(8)より、

$$N = \frac{(1-R_f)R_y}{1-(1-R_f)R_y} \cdot \frac{b_3}{b_1} H^{b_4-b_2} \quad (9)$$

が得られ、収量比数 R_y が H と N から

$$R_y = \frac{N}{(1-R_f) \left(\frac{b_3}{b_1} H^{b_4-b_2} + N \right)} \quad (10)$$

として計算できることになる。

しかし、現実林の材積は、図-1の R_V の分布にみられるように、(1)式の理論材積の0.5～1.7倍の範囲にある。もし、 R_V が1より大きい林について、密度管理図から収量比数を判定したとすると、それは(1)式から R_y を求めたことになり、林分密度を過少評価することになる。密度管理図の現地適用において、実際には過密状態の林相であるにもかかわらず、管理図では収量比数の適応値が示されるという矛盾もこれに帰因する。

このようなことから、 $R_V = 1$ でない限り収量比数は(6)～(8)式で求めなければならないが、(6)式を直接 R_y について解くことはできない。そこで、一般の場合に適用できる R_y の近似式を次のようにして求める。

まず(8)式をもとにして、 K_2' と R_y の関係を求める。すなわち、0.5～1.0、間隔0.01の R_y について K_2' を求め、これをデータとして近似式

$$R_y = (p + q K_2'^r)^{-1} \quad (11)$$

をあてはめる。カラマツの林分密度管理図の定数

$$b_1 = 0.0651368 \quad b_2 = -1.230184$$

$$b_4 = 9492.9 \quad b_4 = -2.948559$$

$$Rf = 0.347963$$

によると、(11)式の定数は

$$p = 0.4828 \quad q = 777.9 \quad r = -0.649624$$

となる。

これに対し、本数 N 、材積 V が与えられているとき、 K_2' の値は(6)式によって

$$K_2' = V / N^{1+K_1} \quad (12)$$

となるから、(11)式の K_2' を(12)式の右辺でおきかえて

$$R_y = (0.4828 + 777 V^{-0.649624} N^{-0.465066})^{-1} \quad (13)$$

を得る。この精度は、 $R_y < 0.515$ のとき-0.001、 $R_y > 0.975$ のとき+0.001の誤差を生ずるほかは、小数点以下3桁まで正確な値が得られる。

6) 地位指数曲線

林分密度管理図による生長予測で、林分の動きを与えるのは、地位および年齢に応ずる樹高生長である。これまで、北海道のカラマツ林では、高齢林分のデータの入手が難しいため、データに裏づけられた地位曲線を書くことが難しかった。現在でもこの事情は大きく変わっていないが、収穫試験地の中にも林齢30年を越すものが出始めているので、それらを用いて若干の検討を行うことにする。

始めに、林分密度管理図の齢階別平均樹高をもとにして、次のような上層木平均樹高の平均生

長傾向を求めた。

$$\log h_1(t) = 1.334436 - 1.151112 (0.918075)^t \quad (14)$$

また、この中心線のまわりの樹高変動は

$$h_2(t) = 3.3361 - 4.01777 (0.942651)^t \quad (15)$$

となった。ここで t は林齢である。

地位指数曲線は、地位指数を S 、基準年齢を40年とすると、

$$H_t = h_1(t) + (S - h_1(40)) \cdot h_2(t) / h_2(40) \quad (16)$$

また林齢 t 、上層木平均樹高 H_t の林の地位指数は

$$S = h_1(t) + (H_t - h_1(t)) h_2(40) / h_2(t) \quad (17)$$

で推定できる。

この地位指数曲線が適用地域内の色々な地位の樹高生長の傾向を正しく表わしているとすれば、固定試験地の調査ごとの林齢と樹高から(17)式で推定される地位指数の系列は、平行な直線群になる筈である。34箇所の収穫試験地データについてこの吟味を行ったところ、林齢15年以下で地位指数の変動が大きく現れた。

このため、収穫試験地の資料だけを使って Baur の帯線法で地位指数曲線式を再調製した。

すなわち、グラフ上におとした各試験地の樹高生長傾向の、上限と下限を通る滑らかな曲線を描き、この二つの曲線間の差と平均をそれぞれ $h_2(t)$, $h_1(t)$ のデータとして、次式を求めた。

$$h_1(t) = 31.895 - 34.4866 (0.966433)^t \quad (18)$$

$$\log h_2(t) = 0.921217 - 0.679095 (0.896529)^t \quad (19)$$

(18), (19), および(17)式によって推定した収穫試験地の地位指数の推移を表2に示す。この場合にも、15年生以下ではやはり地位指数が上下に変動しているが特定の傾向はなく、全体として密度管理図資料による(14), (15)式のものより安定した傾向を示す。

このようにして、利用できる範囲のデータでは、現実林の動きを代表する地位曲線群が得られたが、使用したデータの最高林齢が30年前後ということから、今後高齢木の樹幹解析資料などを加えて、改良していく必要があると考える。(18), (19)および(16)式で計算される地位指数ごとの推定樹高を表3に示す。

(小木和彦, 真辺 昭)

表-2 収獲試験地の地位指数の推移

試験地	林齢年	上層高 _m	地位指数	林齢年	上層高 _m	地位指数	林齢年	上層高 _m	地位指数	林齢年	上層高 _m	地位指数	林齢年	上層高 _m	地位指数
下 頓 別	14	8.2	19.91	19	13.1	22.18	24	16.3	22.66	29	18.6	22.59			
美 華 牛	9	4.5	19.52	14	7.5	18.95	19	11.4	20.15	24	14.6	20.79			
北 幾 寅	10	5.6	20.14	15	10.2	21.73	20	14.2	22.77	25	17.0	22.87			
和 寒	10	7.4	23.12	15	13.9	26.64	20	17.2	26.28	25	19.4	25.47			
伊 の 沢	10	6.4	21.46	15	9.7	21.06	20	13.7	22.19	25	16.5	22.33			
幌 延	18	11.3	20.72	23	13.4	20.01	28	15.9	20.21	33	16.9	19.19			
風 連	9	7.3	24.45	14	12.3	25.55	19	16.4	26.11	24	19.0	25.62			
生 田 原	9	6.1	22.33	14	11.7	24.73	19	16.5	26.23	24	19.2	25.84			
東 藻 琴	13	6.1	17.84	19	12.2	21.10	24	13.6	19.69	29	15.5	19.34			
上 金 華	7	4.1	21.80	12	8.1	21.75	17	13.2	23.85	23	17.2	24.24			
忠 志	11	10.1	26.07	17	14.6	25.60	21	17.1	25.44						
秋 田	15	13.4	25.98	19	16.9	26.71	25	19.4	25.47	30	22.0	25.68			
札 弦	8	8.1	27.70	13	14.2	29.43	18	17.3	28.05	22	19.6	27.59			
養 老 牛	13	8.0	20.56	19	11.5	20.27	24	13.1	19.14	29	16.1	19.97			
太 田	8	6.8	25.26	14	10.9	23.63	19	13.3	22.42	24	16.3	22.66			
西上音更	8	6.4	24.50	13	11.2	25.14	18	14.3	24.38	23	18.0	25.13			
春 別	13	9.0	21.99	18	11.6	21.09	23	13.8	20.46	28	16.3	20.63			
広 内	13	8.9	21.85	23	13.4	20.01	25	14.5	20.15	32	16.3	18.95			
鹿 の 沢	11	8.2	23.08	16	12.3	23.58	21	14.8	22.80	26	18.1	23.52			
仙 美 里	13	11.9	26.14	18	14.1	24.14	23	16.5	23.46	28	19.5	24.00			
斗 満	12	6.9	19.95	17	10.5	20.47	22	14.7	22.05	27	16.9	21.74			
余 市	8	7.3	26.20	14	10.8	23.49	19	14.3	23.61	23	17.6	24.69			
芦 別	10	8.5	24.94	15	12.6	24.91	20	16.4	25.35	25	19.6	25.69			
恵 庭	14	12.7	26.10	19	15.5	25.04	24	16.5	22.88	29	19.6	23.64			
厚 賀	9	8.5	26.56	14	13.1	26.65	19	16.5	26.23						
湯 の 岱	16	13.8	25.51	21	18.1	26.59	26	20.7	26.32	31	23.0	26.27			
稀 府	12	9.9	24.44	17	12.5	22.98	22	15.1	22.50	27	19.3	24.29			
濁 川	12	9.6	23.99	17	13.2	23.85	22	15.4	22.84	27	17.2	22.05			
大 沼	18	15.3	25.61	22	17.8	25.55	27	20.1	25.14	32	22.4	25.22			
コモナイ	17	12.2	22.60	22	14.9	22.28	27	17.4	22.27	32	18.7	21.42			
精進川	17	11.0	21.10	20	11.8	19.97	25	14.5	20.15	30	16.2	19.65			
ヨビタラシ	16	12.1	23.32	21	14.5	22.45	26	16.8	22.13	31	18.4	21.51			
万 字	11	8.3	23.24	16	11.5	22.55	21	14.7	22.68	26	17.2	22.56	29	18.5	22.48
丸 瀬 布	13	11.2	25.14	18	16.0	26.46	23	19.6	26.91	28	22.3	26.96			

表-3 カラマツの暫定地位指数曲線

林齡 年	地位指数・齡階別推定樹高 (m)									
	1 6	1 7	1 8	1 9	2 0	2 1	2 2	2 3	2 4	2 5
5	—	0.31	0.72	1.13	1.54	1.96	2.37	2.78	3.19	3.61
10	3.10	3.70	4.31	4.91	5.52	6.12	6.72	7.33	7.93	8.53
15	5.89	6.64	7.40	8.15	8.90	9.65	10.41	11.16	11.91	12.66
20	8.40	9.26	10.12	10.97	11.83	12.68	13.54	14.39	15.25	16.10
25	10.67	11.59	12.51	13.44	14.36	15.28	16.20	17.12	18.04	18.96
30	12.69	13.65	14.61	15.58	16.54	17.50	18.46	19.42	20.38	21.35
35	14.46	15.45	16.43	17.42	18.41	19.39	20.38	21.36	22.35	23.33
40	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	25.00
45	17.32	18.33	19.34	20.35	21.36	22.36	23.37	24.38	25.39	26.40
50	18.45	19.46	20.48	21.49	22.50	23.52	24.53	25.54	26.56	27.57
55	19.41	20.43	21.45	22.46	23.48	24.49	25.51	26.53	27.54	28.56
60	20.23	21.25	22.26	23.28	24.30	25.32	26.34	27.35	28.37	29.39
65	20.92	21.94	22.96	23.98	24.99	26.01	27.03	28.05	29.07	30.09
70	21.50	22.52	23.54	24.56	25.58	26.60	27.62	28.64	29.66	30.68

2. 林分密度管理図による蓄積，間伐量の予測方法 — 四国地方スギ，ヒノキ

1) まえがき

林分密度管理図を用いて蓄積経理のための基となる施業別の収穫予測を行なう場合，施業による林分構造の相違に対応して林分密度管理図による推定材積を補正する必要がある。

そのため，高知営林局管内の収穫試験地の調査資料を用いて，収穫予測に必要な補正方法の検討を行なった。

2) 林分材積の補正方法

高知営林局管内にある収穫試験地の調査資料スギ74点，ヒノキ57点を用い，四国地方国有林林分密度管理図から各資料の平均直径と材積の推定値を求め実測値との差や誤差率 $(\hat{V} - V)/V \times 100$ ，但し $\hat{V}$ は管理図による推定材積， V は実測材積 を求めて推定精度を検討した。また推定材積 $(\hat{V})$ を次に示す式によって補正した場合についても検討した。

$$\text{補正式} \quad \text{スギ: } V_c = \hat{V} \times D^2 / \hat{D}^2 \quad (20)$$

$$: V_c = \hat{V} (1.57563 D / \hat{D} - 0.57628) \cdots (R = 0.91) \quad (21)$$

ヒノキ: スギと同じ

$$: V_c = \hat{V} (1.6098 D / \hat{D} - 0.6081) \quad (21')$$

但し V_c は補正材積， $\hat{D}$ は管理図による推定直径， D は実測直径で，またスギの(2)式は管理図作成に用いた資料から作成したものである。

収穫試験地資料の推定材積の誤差率と補正後の誤差率について示すと図5のとおりである。

スギは資料数74点のうち，推定材積の誤差率が $\pm 10\%$ 以下のもの33点(45%)， $\pm 20\%$ 以下のもの68点(93%)，平均誤差率(絶対値の平均)12%であり，ほとんどのものは20%以下の誤差範囲の中に入っている。またスギの図の左寄りのA・B・C試験地は推定材積のほとんどが，正の誤差率($\hat{V} > V$)であるが，それより右側のものは，負の誤差率($\hat{V} < V$)である。A・B・C試験地は過去に間伐が行なわれた林分であるが，右側のものは未間伐の資料が大部分で，試験地のようによくまとまった林分(樹木の配置が均一)で，しかも未間伐の場合は，推定材積より実材積の方が大きい場合が多いと思われる。ヒノキは57点の資料中推定材積の誤差率が $\pm 10\%$ 以下は30点(53%)， $\pm 20\%$ 以下は40点(70%)，平均誤差率はスギと同じく12%であった。

各補正式による補正後の誤差率はスギでは $\pm 10\%$ 以下のものが(20)式で補正すると64点(86%)，(21)式では67点(91%)，平均誤差率は(20)式で5.2%，(21)式で4.2%となった。ヒノキは $\pm 10\%$ 以下は(20)式で48点(84%)，(21)'式で50点(88%)，平均誤差率は(20)式で6.3%，(21)'式で5.2%となり両樹種とも補正前に比べて誤差が著しく減少した。しかし，補正前後の誤差を個々の資料についてみると，補正前に比べて誤差率の正負の符号が変わるものや，補正によってかえって誤差が大きくなるものがある。このようなことがおこる場合を1式で補正する場合につい

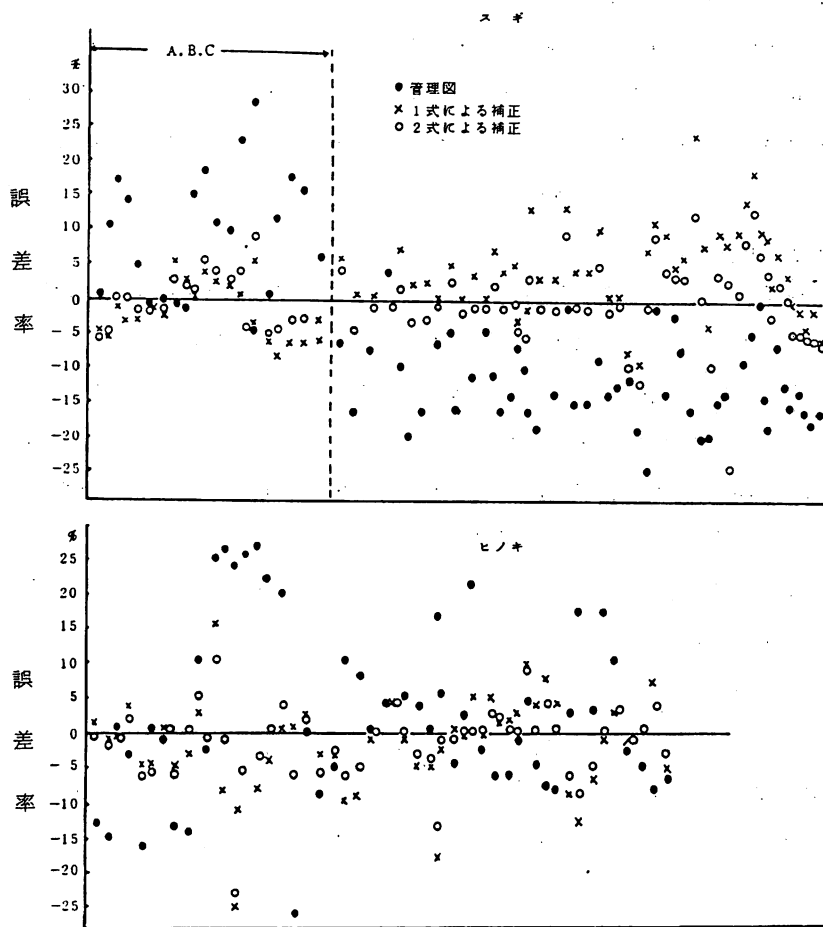


図-5 個々の資料の管理図による推定材積と補正後の材積の誤差率

てみるとつぎのようになる。

- ① 補正前の $\hat{V}$ と V の関係が $\hat{V} < V$, $\hat{V} > V$, $\hat{V} = V$ のいずれの場合でも $D^2 / \hat{D}^2 > V / \hat{V}$ であれば補正後の材積が実材積より大きく, $D^2 / \hat{D}^2 < V / \hat{V}$ であれば補正後の材積が実材積より小さい。
- ② 補正前に $D / \hat{D} < 1$ のとき $D / \hat{D} > \sqrt{\frac{2V - \hat{V}}{\hat{V}}}$ か, $D / \hat{D} > 1$ のとき $D / \hat{D} < \sqrt{\frac{2V - \hat{V}}{\hat{V}}}$ であれば補正によって誤差が小さくなる。
- ③ 補正前に $D / \hat{D} < 1$ のとき $D / \hat{D} < \sqrt{\frac{2V - \hat{V}}{\hat{V}}}$ か, $D / \hat{D} > 1$ のとき $D / \hat{D} > \sqrt{\frac{2V - \hat{V}}{\hat{V}}}$ であれば補正によって誤差が大きくなる。

収穫試験地資料で補正前に比べて補正後正負の符号が変わったものはスギでは20式で55点(74%) (21式で33点(45%)), ヒノキは20式で35点(61%), (21式で32点(56%))であった。また補正により誤差が大きくなったものはスギでは20式で18点(24%), (21式で13点(18%)), ヒ

ノキは(20)式で14点(25%)、(2)式で10点(18%)であった。管理図作成資料(スギ370, ヒノキ340点)でも1式で補正した場合により誤差が大きくなるものはスギ, ヒノキとも約20%あり, このような林分が実際には相当数あることが考えられるので注意を要する。このように, 補正効果は(20)と(21)又は(21)'式間に大きな差はないとしても, 補正後の誤差率や上記のような問題点の出現度からみて(20)式より(21)又は(21)'式によって補正することが望ましい。

3) 間伐材積の補正方法

スギ収穫試験地のうち10個の間伐実行資料について, 間伐前後の材積, 間伐量などの実測値と推定値, 補正結果などを示すと表4のとおりである。(ヒノキは間伐資料がないので検討しなかった。)表4のように各資料とも間伐後は間伐前に比べて $V/\hat{V}$ の値が小さくなっている。

すなわち, 推定材積は実材積に比べて間伐前に対する減少の度合いが小さく, したがって間伐量(間伐前後の材積差)は推定値が実測値より小さな値となる。すなわち, 推定値は実測値より1ha当り4~66 m^3 小さく, 誤差率では-18~-52%, 平均-34%となり3割以上も実測よりも小さい。このような誤差と間伐木の大きさとの関係を $D_T/\bar{D}$ 比(D_T は間伐木の平均直径, $\bar{D}$ は間伐前の平均直径)により検討すると次のようになる。

$D_T/\bar{D}$ が0.74と0.77で他の8資料より $D_T/\bar{D}$ が小さいH・I試験地は間伐量の誤差も-4, -7 m^3 と小さく, $D_T/\bar{D}$ の比が0.79~0.85の8資料は誤差量が, -30~-66 m^3 と大きい。しかし, この8資料の個々の比較では $D_T/\bar{D}$ が大きいものが必ず負の誤差も大きいという関係はみられなかった。

このため, 林分密度管理図の同じ等平均樹高曲線上で間伐前後の本数に対応する材積差として求められる間伐量を補正する必要がある。その方法として, 間伐前後の推定材積を前述の1式又は2式でそれぞれ補正してその差を間伐量とする方法と3式に示す材積間伐率(P_{TV})と本数間伐率(P_{TN})および間伐木と全林木の平均直径の比($D_T/\bar{D}$)との関係を利用する方法について検討した。

$$\log P_{TV} = 0.012462 + 1.007668 \log P_{TN} + 2.471703 \log \left(\frac{D_T}{\bar{D}} \right) (R = 0.99) \quad (22)$$

$$\text{又は } P_{TV} = -44.956 + 0.6213 P_{TN} + 56.4016 \left(\frac{D_T}{\bar{D}} \right) (R = 0.99) \quad (22)'$$

(22), (22)'式によって材積間伐率を算出し, これを間伐前の材積にかけると間伐量が精度よく推定でき, 表4のように推定間伐量の誤差率の平均は2%に低下した。また(20)式, (21)式によって間伐前後の材積を補正して求めた間伐量の推定誤差率も平均して(20)式で9.6%, (21)式で4.4%となり補正前の34%に比べて誤差率が大幅に低下した。

このような方法によって間伐量の推定精度の向上が期待できるが, このためには上層木平均樹高, 間伐前後の1ha当り本数とともに間伐前後の直径を知る必要がある。収穫試験地の資料で検討した結果, 間伐前に対する間伐後の直径比率(間伐後の平均直径/間伐前の平均直径)と本数間伐率(P_T)の関係はつぎのようになる。

表-4 間伐前・後の材積と間伐量の推定誤差と補正後の誤差

試 験 地	上層木 平均高 (m)	胸高直径 (cm)			HA当り 本 数 (本)	HA当り材積 (m ²)			誤 差 率 (%)	1式による補正		2式による補正		3式による補正	
		実 測 (D)	管理図 (D̄)	D / D̄		実 測 (V)	管理図 (V̄)	V / V̄		材 積 (m ³)	誤 差 率 (%)	材 積 (m ³)	誤 差 率 (%)	材 積 (m ³)	誤 差 率 (%)
A	17.9	21.2	21.6	0.98	1,477	497	501	0.99	0.8	483	-3.2	477	-4.0	144	0
		24.2	26.2	0.92	826	353	393	0.90	11.3	335	-5.1	337	-4.5		
					651	144	108		-25.0	148	1.4	140	-2.8		
B 1回目間伐	13.0	13.7	13.3	1.03	3,266	355	348	1.02	-20.0	369	3.9	364	2.6	99	-2.0
		15.2	16.2	0.94	1,926	254	293	0.86	15.5	258	1.6	265	4.3		
					1,340	101	55		-45.5	111	9.9	99	-2.0		
B 2回目間伐	17.0	18.4	19.1	0.96	1,926	449	494	0.91	10.0	459	2.2	463	3.0	108	-0.9
		20.2	22.4	0.90	1,232	340	421	0.81	23.8	343	0.9	354	4.1		
					694	109	73		-33.0	116	6.4	109	0		
C	13.9	16.7	17.4	0.96	1,771	317	322	0.98	1.6	297	-6.3	301	-4.9	114	1.8
		19.2	21.2	0.91	881	205	230	0.89	12.2	189	-7.8	197	-3.8		
					890	112	92		-17.9	108	-3.6	104	-7.1		
D	18.1	20.0	19.2	1.04	2,103	613	570	1.08	-7.0	618	0.8	606	-1.2	147	-2.0
		22.5	23.1	0.97	1,275	463	485	0.95	4.8	460	-0.6	462	-0.3		
					828	150	85		-43.3	158	5.3	144	-4.0		
E	17.9	21.6	19.6	1.10	1,953	649	547	1.19	-15.7	664	2.3	632	-2.5	123	-3.1
		23.4	22.5	1.04	1,358	522	486	1.07	-6.9	526	0.8	516	-1.1		
					595	127	61		-52.0	138	8.7	116	-8.7		
F	16.4	20.0	18.5	1.08	2,000	529	467	1.13	-11.7	546	3.2	526	-0.6	121	1.7
		22.6	21.9	1.03	1,236	411	391	1.05	-4.9	416	1.2	409	-0.4		
					764	118	76		-35.6	130	10.2	117	-0.8		
G	10.5	12.3	10.9	1.13	3,819	280	243	1.15	-13.2	309	10.4	293	4.5	81	5.2
		13.6	13.1	1.04	2,270	203	199	1.02	-2.0	214	5.4	211	4.0		
					1,549	77	44		-42.9	95	23.4	82	6.5		
H	7.9	9.3	8.2	1.13	4,929	177	152	1.16	-14.1	196	10.7	183	3.4	18	0
		10.0	8.9	1.12	3,858	159	138	1.15	-13.2	174	9.4	164	3.1		
					1,071	18	14		-22.2	22	22.2	19	5.6		
I	7.2	8.2	7.3	1.12	5,438	143	131	1.09	-8.4	165	15.4	156	9.1	30	-3.2
		9.3	8.3	1.12	3,438	112	107	1.05	-4.5	134	19.6	127	13.4		
					2,000	31	24		-22.6	31	0	29	-6.5		
間伐量の推定誤差の 平均									34.0		9.6		4.4		2.0

$$\hat{D}_{\text{後}}/\hat{D}_{\text{前}} = 0.0027369 (P_T) + 1.012818 \quad (R = 0.86) \quad (23)$$

このような関係式から間伐前の全林の平均直径と本数間伐率がわかれば、間伐後の平均直径（＝間伐前の直径×間伐前後の直径比率）や間伐木の平均直径（＝ $\frac{\text{間伐前の直径} - \text{間伐後の直径}}{\text{本数間伐率}}$ ）が推定できる。

4) 林分の各構成要素と $V/\hat{V}$ の関係

林分密度管理図による推定材積と実材積とのに差が生ずる原因の一つとしては、管理図を構成する各曲線が示す平均的な林分と現実林の林分構造の相違が考えられる。したがって、推定材積と実材積の比に対する林分の構成要素との関係を解析した。

(1) 直径分布および樹高分布と $V/\hat{V}$ の関係

直径および樹高について、変動の尺度となる変動係数（ C_v ）と $V/\hat{V}$ の関係を収穫試験地の各資料について示すと、図6、図7のとおりである。

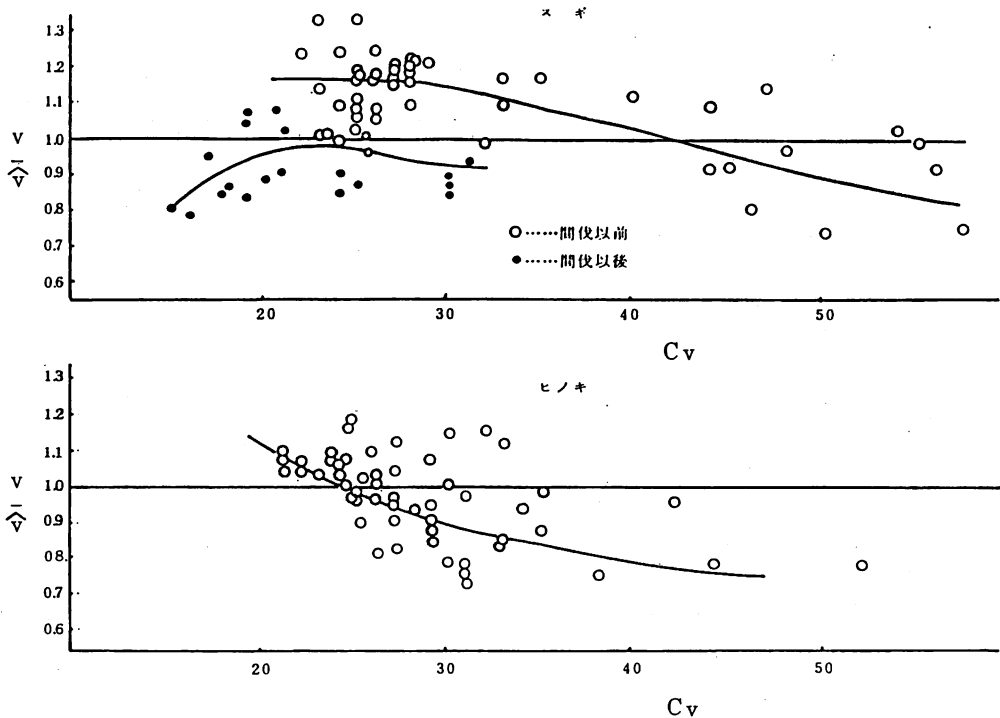


図 - 6 直径の変動係数と $\frac{V}{\hat{V}}$

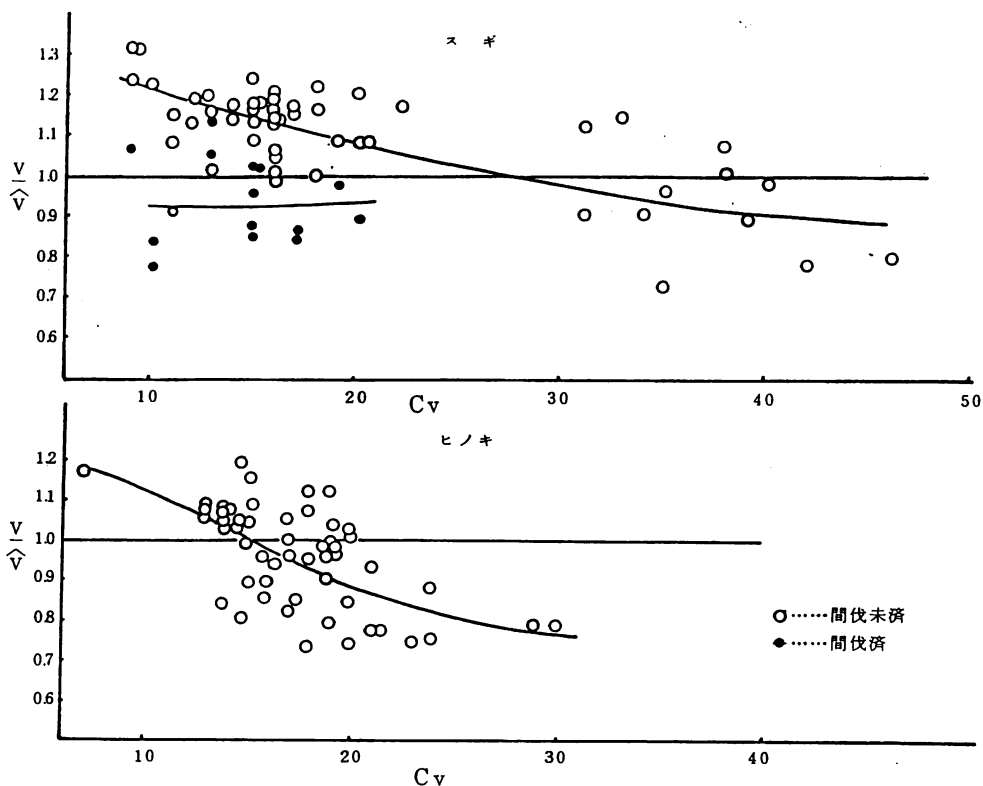


図 - 7 樹高の変動係数と $\frac{V}{\hat{V}}$

スギについては間伐実行以前と間伐実行以後について示した。ヒノキはすべて間伐実行以前である。スギおよびヒノキの間伐実行以前では、直径、樹高の C_v に対する $V/\hat{V}$ のチラバリの幅はいつでも大きいが、分布の中心線を3次式によって示すと次のようになる。

間伐実行以前

直径の C_v と $V/\hat{V}$ の関係

$$\text{スギ: } V/\hat{V} = 0.19544 + 0.081237 C_v - 0.0021358 C_v^2 + 0.0000159 C_v^3 \quad R = 0.72$$

$$\text{ヒノキ: } V/\hat{V} = 2.63871 - 0.12238 C_v + 0.0027812 C_v^2 - 0.00002074 C_v^3 \quad R = 0.53$$

樹高の C_v と $V/\hat{V}$ の関係

$$\text{スギ: } V/\hat{V} = 1.3338 - 0.020899 C_v + 0.0006497 C_v^2 - 0.0000101 C_v^3 \quad R = 0.73$$

$$\text{ヒノキ: } V/\hat{V} = 1.14991 + 0.011625 C_v - 0.0019986 C_v^2 + 0.0000396 C_v^3 \quad R = 0.59$$

間伐実行以後

直径の C_v と $V/\hat{V}$ の関係

$$\text{スギ: } V/\hat{V} = -2.303 + 0.3962 C_v - 0.0157 C_v^2 \quad R = 0.428$$

このように収穫試験地の資料では間伐実行以前では直径、樹高の C_v と $V/\hat{V}$ 間にはいずれも密接な関係があるとは言えず、またヒノキはスギに比べて R の値が小さい。いずれの場合も中心線は C_v が大きくなるにつれて $V/\hat{V}$ の値が小さくなっている。すなわち、 C_v の大きい林分では実材積より管理図材積が大きい場合が多く、中心線では直径の C_v がスギで42%、ヒノキで24%を越えると $V/\hat{V}$ が1より小さくなることを示している。

スギの間伐実行以後では、間伐実行以前とは異なる傾向を示し、 C_v の大きさに関係なく、 $V/\hat{V}$ はほとんど1以下となっている。

(2) 林分形状比 ($\bar{H}/\bar{D}$) と $V/\hat{V}$ の関係

林分密度管理図による推定材積は上層木平均樹高と本数から求められるが、この場合同じ樹高と本数であれば平均直径の大きい林分は小さい林分より多くの場合材積が多いことが想像される。したがって材積に関係のある樹高と直径について、その比率 ($\bar{H}/\bar{D}$) と $V/\hat{V}$ の関係を管理図作成資料を用いて検討した。

まず、 $\bar{H}/\bar{D}$ と $V/\hat{V}$ の関係式を3次式により求めると次のようになる。

$$\text{スギ: } V/\hat{V} = 2.0284 - 1.4008 \left(\frac{\bar{H}}{\bar{D} \times 100} \right) - 0.3933 \left(\frac{\bar{H}}{\bar{D}} \right)^2 + 0.5232 \left(\frac{\bar{H}}{\bar{D} \times 100} \right)^3 \quad R = 0.67$$

$$\text{ヒノキ: } V/\hat{V} = 4.2851 - 11.9859 \left(\frac{\bar{H}}{\bar{D} \times 100} \right) + 15.3698 \left(\frac{\bar{H}}{\bar{D} \times 100} \right)^2 - 7.1315 \left(\frac{\bar{H}}{\bar{D} \times 100} \right)^3 \quad R = 0.67$$

このように $\bar{H}/\bar{D}$ と $V/\hat{V}$ の関係はあまり高いとはいえない。

5) $V/\hat{V}$ の経時的变化

$V/\hat{V}$ の経時的变化や間伐前後の変化をみるため、収穫試験地の調査間隔である5年間、および間伐前後の $V/\hat{V}$ の変化を示すと図8のとおりである。まず $V/\hat{V}$ の5年間における変化では期首の値がスギ1.15、ヒノキ1.05まではほとんどの場合期首より期末(5年後)の方が大きく、期首の値がそれより大きいと逆に期末の方が期首より小さくなるものがみられた。またスギでは期首の値が1.00~1.05の間が期末の増え方が最大で、それより期首の値が小さくなるにつれて期末の増え方も次第に小さくなっているが、ヒノキではこのような傾向がみられない。間伐実行以後では間伐直後は間伐前に比べて、 $V/\hat{V}$ の値が小さくなり、さらに次回調査時(間伐後3~5年目)も間伐直後より $V/\hat{V}$ の値がわずかながらでも小さくなるものが多いが、それ以後は調査回数の増すごとに期末の値が大きくなっている。

間伐実行以前および間伐後5年経過後における場合の $V/\hat{V}$ の経時的(5年間)変化は次式で示される。

$$\text{スギ: } R_{VY} + 2.797 (R_{VX})^2 + 6.651 (R_{VX}) - 2.768$$

$$\text{ヒノキ: } R_{VY} = -0.760 (R_{VX})^2 + 2.239 (R_{VX}) - 0.426$$

R_{VY} , R_{VX} は期末期首の各 $V/\hat{V}$ で、このような変化から現在の $V/\hat{V}$ の値がわかれば将来の $V/\hat{V}$ の値が推定できる。管理図によって林分材積の動きを予測するには $V/\hat{V}$ の時間的変化を加える必要があり、将来の年数に応じた上層木平均樹高の伸長に対応させて求めた管理図材積にその経過年数に応じた $V/\hat{V}$ の値を乗ずることによってその時点の材積を、より精度よく推定できると考えられる。

(佐竹和夫)

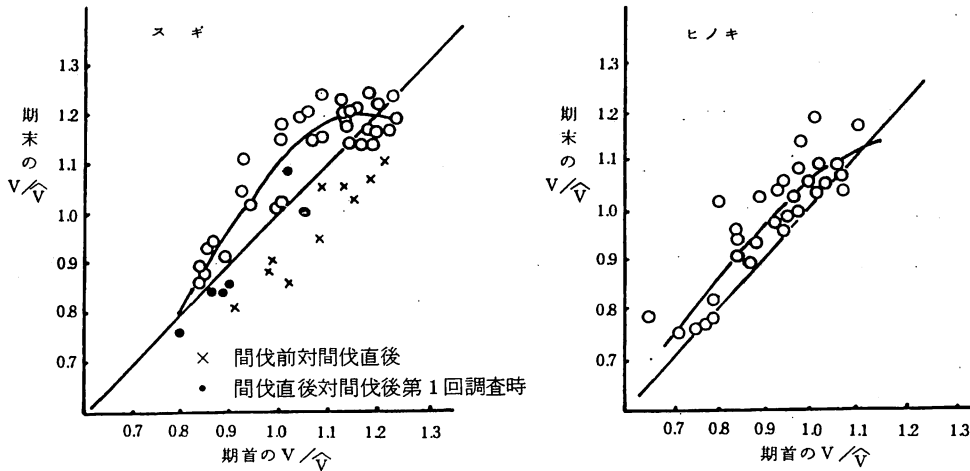


図 - 8 $\frac{V}{\hat{V}}$ の時間的変化

3. 林分密度管理図による間伐指針の検討

1) まえがき

主伐林の生産目標等の林分構成推定や、現実林を目標林に誘導する密度管理指針として、地域・樹種ごとに林分密度管理図が作成された。

東北地方国有林を対象にした林分密度管理図はスギ（秋田地方，山形地方，青森・岩手・宮城地方），アカマツ（東北全域），カラマツ（東北全域）が作成されている。

林分密度管理図の活用により，特定の地域，樹種について林分の構造，生長予測ができ，植栽から主伐期にいたる各過程の林分生長予測を簡便に把握できる。これによって，主伐期の生産目標の設定と，目標実現の具体的な林分管理法の検討が容易である。

従来の間伐指針は平均直径及び樹型級区分を基にした，定量的間伐法がとられてきた。これら間伐法は，林地生産力の基礎になる地位ごとの収穫量や，生産目標にそった密度管理基準の設定がむづかしく，林分を期待径級に導くことが困難であった。

これに対し，林分密度管理図を用いた間伐法は，地位を直接的に反映している上層樹高を間伐量決定の因子とするので，間伐該当林分の生育状況を量的に把握できる。また，生産目標の設定や個々の林分実態に応じた，適切な間伐設計の容易なことと，保育経過に応じた将来の林分状況の予測が可能で，将来を見通した間伐計画の樹立，林分の連続的経営管理が容易になる。

間伐指針として林分密度管理図を，どのように活用するか，秋田地方国有林のスギ林を対象に検討した。

2) 密度管理基準の検討

収量比数を基準にした密度管理のとき，主伐目標林分の収量比数や，間伐前後の収量比数をどのように定めるか問題になる。

間伐後林分の適正な密度指標である収量比数解明のため，正常林分収穫表調製資料を用いて，主林木の収量比数実態，固定試験地資料を用いて，収量比数と枝積生長量の関係，現実林の間伐実態から，適正な間伐基準の収量比数の大きさ等を検討した。

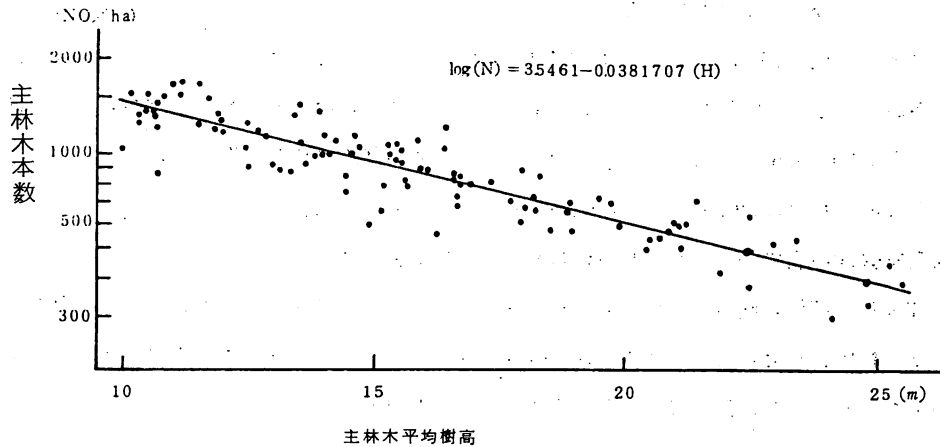
(1) 正常林分収穫表調製資料による適正収量比数の検討

正常林分収穫表調製のため収集された標準地は，樹冠の粗密度及び立木本数が適正で，健全な生育林を対象に，林齢，地位に相応した寺崎型式B種間伐を施行した場合，残存される林木を主林木として選定している。

このように標準地資料は正常な生育林を対象に，林分の生育・構成状態に応じた間伐施業後の残存木の配置と，適正な間伐量を検討・査定しているので，適正間伐による残存木密度の収量比数推定に適している。

秋田地方スギ林収穫表調製標準地より，間伐が可能と思われる主林木平均樹高10 m以上の

林分を研究資料に用いた。



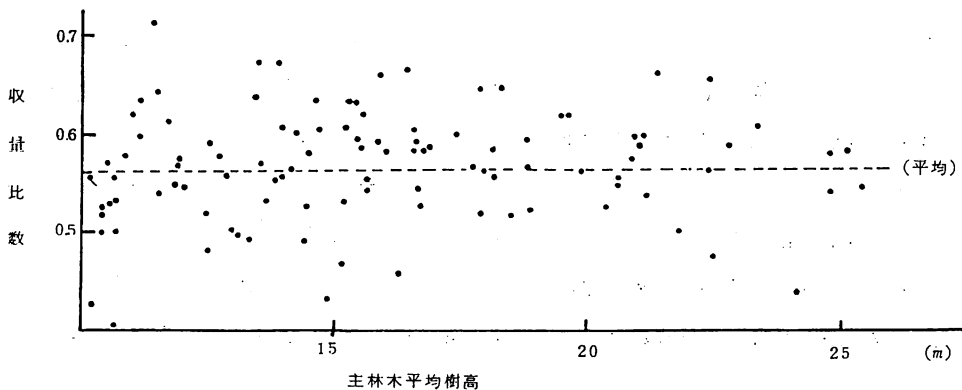
図－9 主林木平均樹高と本数の関係（秋田地方スギ）

主林木平均樹高の生長につれ、どのような本数管理が行われているか図－9に示した。ha当たり本数は樹高生長につれ、一定の減少傾向を示し、主林木平均樹高（H）と間伐後の残存本数（N）は相関が高く、（24）式の関係がみられる。

$$\text{Log} (N) = 3.56461 + 0.0381707 (H) \quad (24)$$

相関係数＝－0.925

この関係を収量比数上から考察するため、秋田地方スギ林分密度管理図を構成する各式の係数を用いて、標準地の間伐後の収量比数を算出し、主林木平均樹高との関係を分析した（図－10）。



図－10 主林木平均樹高と収量比数の関係（秋田地方スギ）

$$V = (b_1 H^{b_2} + b_3 H^{b_4} / N)^{-1} \quad (25)$$

$$Ry = (1 - \frac{V}{N} \times b_3 H^{b_4}) / (1 - Rf) \quad (26)$$

V ; ha当たり材積, Ry ; 収量比数

Rf ; 限界競争比数

主林木平均樹高10~25m 林分では、樹高と収量比数の相関係数は0.022の低位で、収量比数は樹高の大きさに関係なく、平均0.571を中心として、ほぼ一様な分布(標準地の大半は収量比数0.50~0.65)を示している。このことから、生育状況に応じた間伐後の密度は、収量比数からみておおよそ0.50~0.65の範囲であることがわかった。

(2) 固定試験地の成績からみた、収量比数別の材積生長量の検討

昭和9年収穫試験施行方法が定められ、収穫試験に着手してから、すでに50年の歳月が経過した。秋田営林局管内のスギ林収穫試験地資料を用いて、各収量比数ごとに5年間の材積生長量を分析し、材積生長量からみた適正な収量比数を検討した。

収穫試験地の調査記録から、地

位II等地、林齢20~70年生林分を対象に、収量比数の大きさと5か年間の定期材積生長量を図-11に示した。

期首林分の収量比数と定期材積生長量の相関係数は0.232と低かった。収量比数0.50~0.90の密度範囲の材積生長量は90~170 m^3/ha で、密度の大きさと関係なくほぼ一定範囲の材積生長量を示している。

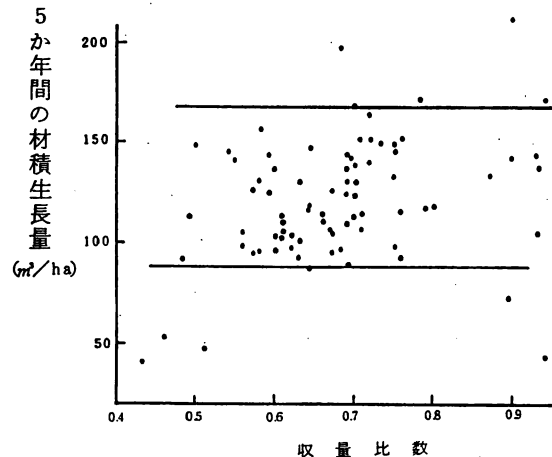


図-11 収量比数別林分の5か年間材積生長量
(秋田地方スギ、地位2等地)

これから、地位級II等地林分の

材積生長量は、通常取扱う密度調整の範囲内では、ほぼ一定範囲の生長量を示すことがわかった。

地位級I~III等地を対象に同様の考察を行った(表-5参照)。収量比数別の5か年間の材積生長量は、地位間で大きな違いがみられた。しかし、同一地位内の差は小さく、収量比数と材積生長量との相関係数は、地位級I, II等地で小さく、III等地でやや大きい値を示した。

表－５ 収量比数の大きさと５か年間の材積成長量の関係秋田営林局管内
スギ収穫試験地成績記録から

		地 位 級		
		I	II	III
収 量 比 数	0.4 0			31.8
	0.5 0	124.1	118.7	54.2
	0.6 0	130.9	113.4	88.2
	0.7 0	139.1	129.5	81.5
	0.8 0		124.3	100.9
	0.9 0		132.1	
相 関 係 数		0.268	0.232	0.673

(地位級分類は秋田地方スギ林収穫表による)

各地位級ごとに、各収量比数間の材積生長量の差について検討を行った。収量比数ごとに標本数、標本平均、標本標準偏差を用いて、Welch による t -検定を行なった。

この結果、地位級 I、II 等地は、各収量比数間の材積生長量は、有意な差が認められなかった。

地位級 III 等地は、収量比数 0.4 と 0.5 間の材積生長量に 5 % の有意差があり、収量比数 0.4、0.5 と 0.6 以上間の材積生長量に 1 % の有意差が認められた。また、収量比数 0.6、0.7、0.8 間の材積生長量には有意な差が認められなかった。

以上のことから、材積生長量を考慮した間伐後残存木の適正収量比数は、地位級 I、II 等地で 0.5 以上、III 等地で 0.6 以上あることが判明した。

(3) 現実林の間伐実態からみた適正収量比数の検討

間伐基準の収量比数を明らかにするため、秋田営林局管内スギ施業地の比較的多い計画区を対象に、間伐指定林より表 6 に示す 69 林分を選び毎木調査による林分型態、間伐木の選定、間伐前・後林分の収量比数などを調べた。

これらの林分について、現実の間伐該当林分は、間伐後どの程度の収量比数まで密度を下げているか、これらのう閉度は適正か、林木の健全度を示す林分形状比 (H/D) は収量比数の大きさによってどう変化するかなど検討した。

① 間伐前林分の密度構成

間伐対象林の本数密度は、収量比数からみると 0.40～0.90 の広範囲にわたり、低密度～

表－6 間伐実態調査林分数

計 画 区	事 業 区	計
米 代 川	十和田・大館・鷹ノ巣・阿仁	25
八 郎 潟	合川・二ッ井・能代・秋田	20
秋 田 南 部	大曲・湯沢・本荘・矢島	24
計		69

(秋田管林局管内スギ林)

高密度からなっている。

間伐収穫量を、間伐によって減少した収量比数差からみると、表7に示すように大部分は整理伐程度の弱度から収量比数差0.15の範囲までに及び、0.16以上の強度間伐例は少なかった。

表－7 間伐の実態

間 伐 前 の 収 量 比 数	間伐によって減少した収量比数				
	～ 0.05	0.06～0.10	0.11～0.15	0.16～	計
～ 0.59	13	10	4	-	27
0.60～0.69	5	5	5	-	15
0.70～0.79	3	5	8	3	19
0.80～	-	1	4	3	8
計	21	21	21	6	69

② 間伐前後の収量比数差と枝積間伐率、および林分形状比の関係

適正な間伐量を求めるため、間伐前後の収量比数の差と枝積間伐率との関係、林木の健全度を表す林分形状比との関係を検討した。

ある程度の間伐収穫量を期待して、間伐前後の収量比数の差を0.15減少させた間伐の場合の枝積間伐率および林分形状比の変化を表8に示した。

この結果、間伐前林分の収量比数が0.65～0.80のとき、収量比数差0.15減少する間伐では枝積間伐率は約20～25%にあたり、密な林分ほど枝積間伐率の小さい適正な間伐量であった。また、収量比数差0.15以内の間伐では林分形状比の減少は小さく、林分構造を急激

表－8 収量比数基準の間伐と材積間伐率，林分形状比の変化

間伐前の収量比数	間伐後の収量比数	材積間伐率	林分形状比の減少値
0.65	0.50	23 %	6
0.70	0.55	21	7
0.75	0.60	20	8
0.80	0.70	19	10

に変化させていないことが判明した。

③ 間伐後林分の密度構成

間伐林分の残存木収量比数の実態，間伐木平均直径（ d ）と間伐前平均直径（ D ）比で定義した，間伐種別の実態を表9に示した。

表－9 間伐後林分の収量比数，間伐種別林分数

間伐後の収量比数	林分数	%	間伐種及び間伐尺度	林分数	%
～ 0.49	15	21.7	除 伐 的 間 伐 ～ 0.65	13	18.8
0.50 ～ 0.59	25	36.3	弱度下層間伐 0.66 ～ 0.75	14	20.3
0.60 ～ 0.69	22	31.9	強度下層間伐 0.76 ～ 0.90	28	40.7
0.70 ～ 0.79	7	10.1	上 層 間 伐 0.91 ～ 1.00	7	10.1
			択伐的間伐 1.00 ～	7	10.1
計	69		計	69	

（間伐尺度は間伐木平均直径(d)/間伐前平均直径(D)による）

間伐後林分の残存木密度は，収量比数0.50～0.70の範囲に多くの林分（約70%）が含まれ，0.50以下の低密度の林分は少なかった。

間伐実行林を（ d/D ）の尺度で分類した間伐種でみると，上層間伐，択伐的間伐林分は少く，下層木主体の保育間伐林が大勢を占めている。

間伐後林分の妥当な収量比数を求めるため，間伐後林分の収量比数（0.50～0.65対象）と樹冠疎密度（樹冠面積/林地面積）の関係を図12に示す。この図から，収量比数0.60～0.65林分は樹冠疎密度で約70%以上に該当し，さらに間伐すべき林木や，数年後新たな間伐対象木の発生が予想される林分構成を呈している。これに対し，収量比数0.50～0.55林

分は樹冠疎密度60～65%に相当し、次回間伐の発生は7～10年後と予想される適正な間伐
実行直後林分の構成・林木配置を示していた。

④ 主伐目標林分の検討

主伐収穫木の生産目標検討として、高齢級（林齢56～85年）の171林分を対象に、表10
に示す上層木平均樹高に対する平均直径の大きさを検討した。

上層木平均樹高を基準にした平均直径は、種々の密度林のため広範囲に出現している。
今後、計画的な間伐導入によって収穫目標を、各上層樹高毎の平均直径分布の上位グルー
プ林（ほぼ上位から1/2までの林分を対象）として、その収量比数を求めた。

この結果から、上層平均樹高20m以上の林分は、伐期収穫木の密度を収量比数0.70に誘
導することが望ましいと考えられる。

3) 間伐指針作成方針

秋田営林局管内スギ人工林を対象にした各種の考察から次のことが判明した。

林齢・地位など生育実態に応じた適正林分の間伐残存木の収量比数は0.50～0.60であった。

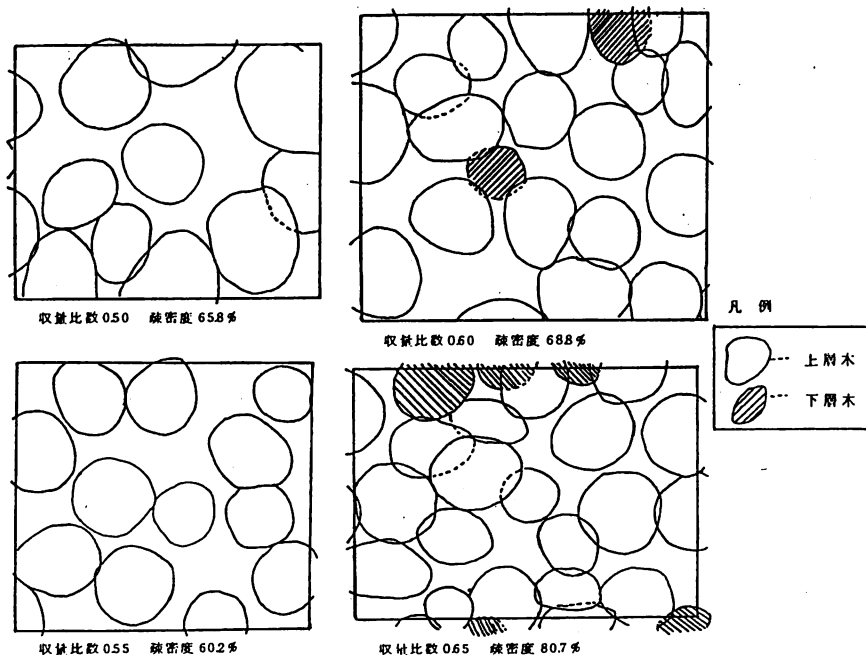


図-12 収量比数別の樹冠疎密状況

表－10 主伐林分の形態と収量比数の実態

上層木平均樹高	平均直径の範囲	上位グループ 林分の平均直径	上位グループ 林分の収量比数
15m	17～26cm	24cm	0.45
20	21～32	28	0.67
25	27～37	34	0.69
30	32～42	40	0.71

(秋田営林局スギ主伐林分資料から)

地位級Ⅲ等地0.60以上であった。

現実の間伐指定林の収量比数は0.40～0.90の広範囲にわたり、1回の間伐では収量比数の差0.15以下の密度管理がほとんどである。

間伐前後の収量比数差0.15の密度管理は、残存間伐率25%以下に相当し、林分の健全度を示す林分形状比の減少は10以下で林分構造の急激な変化はみられない。

間伐施行林の収量比数は0.50～0.70林分が多く、間伐種は保育を主目的とした下層弱度から強度に及んでいる。

主伐時の目標を伐期における各上層平均樹高に対応した、適正な平均直径を目標にすると、伐期の収量比数が0.70になるように誘導する必要がある。

したがって林分密度管理図を用いた、秋田地方国有林スギの間伐指針は、下記の事項を骨格として組み立てることが望ましいと考える。

- ① 間伐実施林分の収量比数は、地位級Ⅰ・Ⅱ等地0.60以上、地位級Ⅲ等地0.70以上を目安にする。
- ② 間伐率は、間伐による収量比数の差は0.15を目安にする。(残存間伐率25%以内)
- ③ 間伐後の収量比数は、地位級Ⅰ・Ⅱ等地0.50以上、地位級Ⅲ等地0.60以上を保つようにする。
- ④ 間伐繰返し期間は、間伐後7～10年経過し、うっ閉状況により次回間伐を計画する。
- ⑤ 最終間伐は、主伐時期のおおよそ10年前とする。
- ⑥ 主伐枝の生産目標は、主伐期の収量比数が0.70になるよう、間伐時期、間伐の程度をコントロールする。

(小坂淳一)