

スギ・ヒノキ人工林における直径階別 収獲量の推定について

中川 一 川尻秀樹 中林幹夫※

目 次

はじめに.....	1	2.2 ヒノキ人工林.....	6
1. 試験方法.....	1	2.2.1 ベータ型Y-N曲線の精度.....	6
2. 結果と考察.....	2	2.2.2 ベータ型Y-N曲線の定型化.....	7
2.1 スギ人工林.....	2	2.2.3 等限界直径線、等平均直径線.....	8
2.1.1 ベータ型Y-N曲線の精度.....	2	2.2.4 ベータ型Y-N曲線のあてはめ.....	8
2.1.2 ベータ型Y-N曲線の定型化.....	2	まとめ.....	8
2.1.3 等限界直径線、等平均直径線.....	4	引用文献.....	9
2.1.4 ベータ型Y-N曲線の変化.....	4		
2.1.5 ベータ型Y-N曲線のあてはめ.....	6		

は じ め に

戦後、積極的に進められてきたスギ、ヒノキの拡大造林は、現在、間伐期に達して、盛んに間伐が進められている。間伐を実行するための間伐収獲量の推定には、主に林分密度管理図（9、10）が適用されている。この方法は、立木密度と平均胸高直径又は平均樹高から間伐材積、間伐本数の全体量が推定できる。しかし、森林経営の面からみると、さらに、直径階別の間伐材積、間伐本数が推定できることが望まれている。

岐阜県内の広葉樹林については、Y-N曲線（4）を用いた収量密度図（6、7、8）が作成され、直径階別の立木本数、林分材積の推定が可能となった。そこで、本報告では、造林樹種としてもっとも重要なスギ、ヒノキの人工林について、トドマツ人工林、カラマツ人工林でよく適合したベータ型Y-N曲線（1、5）を適用して胸高直径階別の林分材積、立木密度を推定した。

1 試 験 方 法

直径階別の林分材積、立木密度を求めるために用いた分布密度関数は、ベータ型Y-N曲線で下式のとおりである。

$$Y = \frac{B}{1-A} N - \frac{A}{1-A} \left(\frac{A}{C} \right)^{(1-A)/A} N^{1/A}$$

Y：胸高直径の大きい個体から任意胸高直径までの積算林分材積

N：胸高直径の大きい個体から任意胸高直径までの積算立木密度

A、B、C：パラメーター

ただし、パラメーターは、 $B = \omega / P_0$ 、 $C = P_0 A B^{-A(1-A)}$ で決まる（5）ため、Aを決定することによりB、Cを求めた。なお、 ω は林分材積であり、 P_0 は立木密度である。

ベータ型Y-N曲線の適合性と収量密度図の作成のため、県林業振興課が調査した人工林現況調査

※ 現 岐阜県森林整備課

の資料を用いた。この調査は、県内の主に10～60年生の人工林を対象として、20年生以下を約0.05ha、21年生以上を約0.1haの標準地調査として実施された。スギ人工林では300林分、ヒノキ人工林では310林分が調査された。

ベータ型Y-N曲線の経年的な変化と面積的な変化を検討するため、長期間、測定を実施している郡上郡明方村小川の成木施肥試験地(11)の林分を調べた。

2 結果と考察

2.1 スギ人工林

2.1.1 ベータ型Y-N曲線の適合性

ベータ型Y-N曲線は、図-1に示すとおり、縦軸を林分材積、横軸を立木密度とした両対数グラフ上で右上がりの曲線となる。この曲線は、1林分において、胸高直径の大きい立木から順に積算した林分材積、林分密度をプロットして得られ、林分により異なる形となる。曲線の左端は、林分における最大直径の立木の林分材積、立木密度を示す。曲線の右端は、林分全体の林分材積、立木密度を示す。曲線の勾配は、パラメーターAによって決定される。パラメーターAの値が大きい林分は、勾配が緩く、立木本数の増加に対する林分材積の増加量が少ない。

資料林分の概況は、表-1のとおりである。林分の構成状態には、非常に大きなバラツキがあり、ベータ型Y-N曲線のパラメーターにもバラツキが大きい。パラメーターAは0.30～0.99で、平均値0.63である。パラメーターBは、0.01～1.87で平均値0.43である。パラメーターCは、87～ 2.2×10^{22} で平均値 7.4×10^{19} である。

パラメーターAの度数分布は、表-2のとおりである。パラメーターAは、0.50から0.70までに58%と大部分が分布し、0.50未満、0.70以上では分布が少ない。

ベータ型Y-N曲線の精度を表-3に示した。誤差は、ベータ型Y-N曲線と資料林分とに生じた差異のうち、材積比率で最大のものとした。誤差は、最大27.5%であったが、15%未満が92%と適合性が良かった。

2.1.2 ベータ型Y-N曲線の定型化

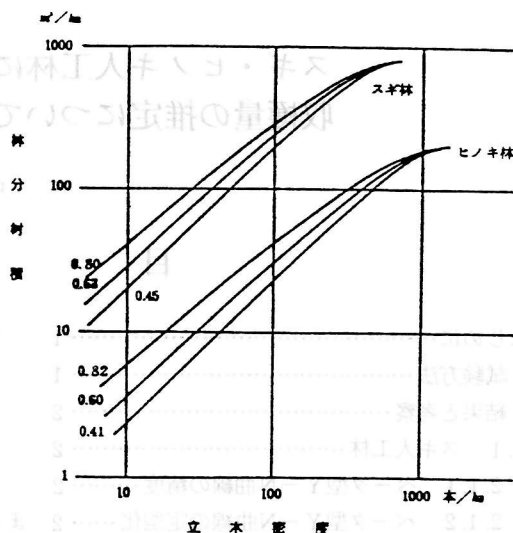


図-1 ベータ型Y-N曲線

表-1 資料林分の概況(スギ)

	平均値	最大値	最小値
林 齢	37	65	11
平均胸高直径 cm	21	42	7
平均樹高 m	17	33	5
林分材積 m^3/ha	414	1,001	24
立木密度 本/ha	1,415	4,920	326
Ry	0.71	0.95	0.32
ベータ型Y-N 曲線のパラメーター	A	0.63	0.99
	B	0.43	1.87
	C	7.4×10^{19}	2.2×10^{22}

表-2 パラメーターAの度数分布

パラメーターA	頻 度
0.40未満	4 %
0.40～0.50	11
0.50～0.60	28
0.60～0.70	30
0.70～0.80	14
0.80～0.90	8
0.90以上	5

ベータ型Y-N曲線、等平均直径線、等限界直径線からなる収量密度図から、任意林分の胸高直径階別の林分材積、立木密度を求めるには、林分により変化するベータ型Y-N曲線の型を固定する必要がある。曲線型を固定するためには、パラメーターAの固定が必要である。そこで、曲線の固定は、パラメーターAを資料林分の平均値0.63の1個にした場合、2個にした場合、3個にした場合について検討した。

パラメーターAを2又は3個に決めることは、林分によって適用するパラメーターAをどれかに決めなければならない。そこで、林分状態からパラメーターAを決定するため、林分状態を示す項目とパラメーターAとの相関を調べた。相関の最も高いのは、胸高直径の変動係数で相関係数0.8089であり、次いで樹高の変動係数0.6989である。その他の項目では、相関係数の絶対値が0.3以下と低かった。従って、パラメーターAの固定は胸高直径の変動係数から検討した。

パラメーターA(Y)と胸高直径の変動係数(X)との回帰式は、 $Y = 0.2168 + 0.0150 X$ である。資料林分を2分する胸高直径の変動係数は0.27である。2分した資料林分のそれぞれのパラメーターAの平均値は、0.54、0.72である。これを2個のパラメーターAとした。

パラメーターAを3個にする場合は、中間の値を0.63とし、できるだけ誤差を少なくする両側の値として0.45、0.80が求められた。この場合、3区分する胸高直径の変動係数は、0.20未満、0.20以上0.35未満、0.35以上である。

ベータ型Y-N曲線の型を1～3個に定型化した場合、これらの曲線の精度を表-4に示した。3個にした場合、約90%の林分は材積の誤差を30%未満とすることができた。

資料林分について、胸高直径の変動係数で3区分した場合、直径階別の本数分布を図-2に示した。この図からベータ型Y-N曲線を3個に定型化した場合、次のように林分を振り分けることができる。

① 胸高直径のバラツキの小さい林分型

平均胸高直径の半分以下の太さの立木がほとんどない林分である。胸高直径の変動係数は0.20未満である。パラメーターAは0.45を適用する。

② 胸高直径のバラツキの大きい林分型

平均胸高直径の立木本数は、平均胸高直径の半分の太さの立木本数とほぼ等しい林分である。パラメーターAは0.80を適用する。

③ 胸高直径のバラツキが中庸的林分型

①、②以外の林分である。胸高直径の変動係数は、0.20以上、0.35未満である。パラメーターAは0.63を適用する。

表-3 ベータ型Y-N曲線の精度

誤 差	頻 度
5%未満	20%
5～10	38
10～15	34
15～20	7
20%以上	1

表-4 ベータ型Y-N曲線を定型化した場合の精度

誤 差	1 曲線型 A=0.63	2 曲線型 A=0.54, 0.72	3 曲線型 A=0.45, 0.63, 0.80
10%未満	15%	17%	15%
～20%	40	40	45
～30%	23	28	29
～40%	12	11	8
40%以上	10	4	3

資料林分では、①の林分型が14%、②の林分型が15%、③の林分型が71%占める。

各林分型の示すベータ型Y-N曲線は、林分材積800 m^3/ha 、立木密度700本/haの場合、図-1のとおりである。

2.1.3 等限界直径線、等平均直径線

等限界直径線は、図-3に示すとおりである。これは、各資料林分において、ある胸高直径（限界直径）以上の立木を積算した林分材積、立木密度でプロットして得られる。等限界直径線とベータ型Y-N曲線の交点が、その曲線の林分で求めようとするある胸高直径以上の林分材積、立木密度である。

等平均直径線は、図-4に示すとおりである。これは、各資料林分ごとに胸高直径の大きい方から部分集団を考えた場合、この集団の平均胸高直径ごとに積算した林分材積、立木密度を示す。等平均直径線とベータ型Y-N曲線の交点が、その曲線の林分で求めようとするある平均胸高直径となる林分材積、立木密度である。等平均直径線は、北関東・東山地方スギ林分密度管理図(10)の等平均直径曲線にやや近い曲線であるが、やや左寄りで、より直線的な勾配約45°の曲線である。

等限界直径線と等平均直径線を同一

同一図上に示すと、図-5のとおりである。現実林分の適用では、平均胸高直径と立木密度を等平均直径線にあてはめて、林分材積を求めることができる。次に、胸高直径のバラツキからベータ型Y-N曲線の線型を決定し、この曲線の右上端を林分材積、立木密度に移動する。この曲線と等限界直径線の交点を読み取れば、直径階別の林分材積、立木密度が推定できる。なお、平均胸高直径又は上層木の平均樹高と立木密度から林分密度管理図が適用できるが、収量密度図の等平均直径線と林分密度管理図の等平均直径線とに差があるため、推定値はやや誤差が生ずる。

2.1.4 ベータ型Y-N曲線の変化

ベータ型Y-N曲線の経年的、面積的变化を郡上郡明方村小川の成木施肥試験地(11)でみてみた。試験地は、1941年に植栽されたサシキ林である。1試験区当たりの面積は、100~200 m^2 と小さい。試験地は、B₁E型土壌で均一な土壌条件の斜面に、試験区間を5~7 mあけて、施肥区、無施肥区の2区が2回繰り返して設定されている。胸高直径で肥効指数116と

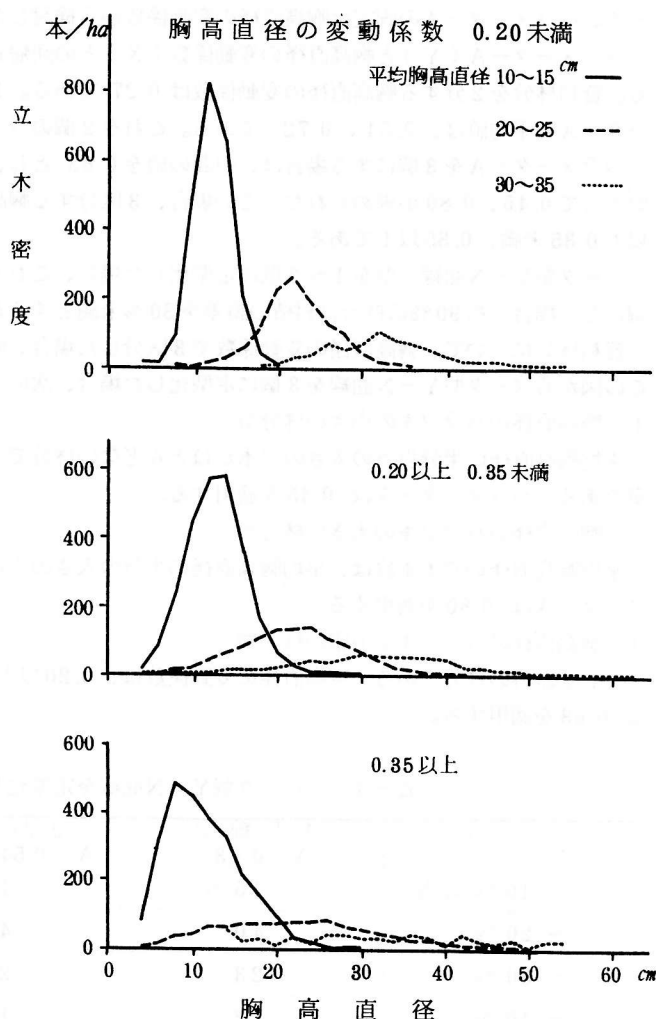


図-2 スギ林の直径階別本数分布

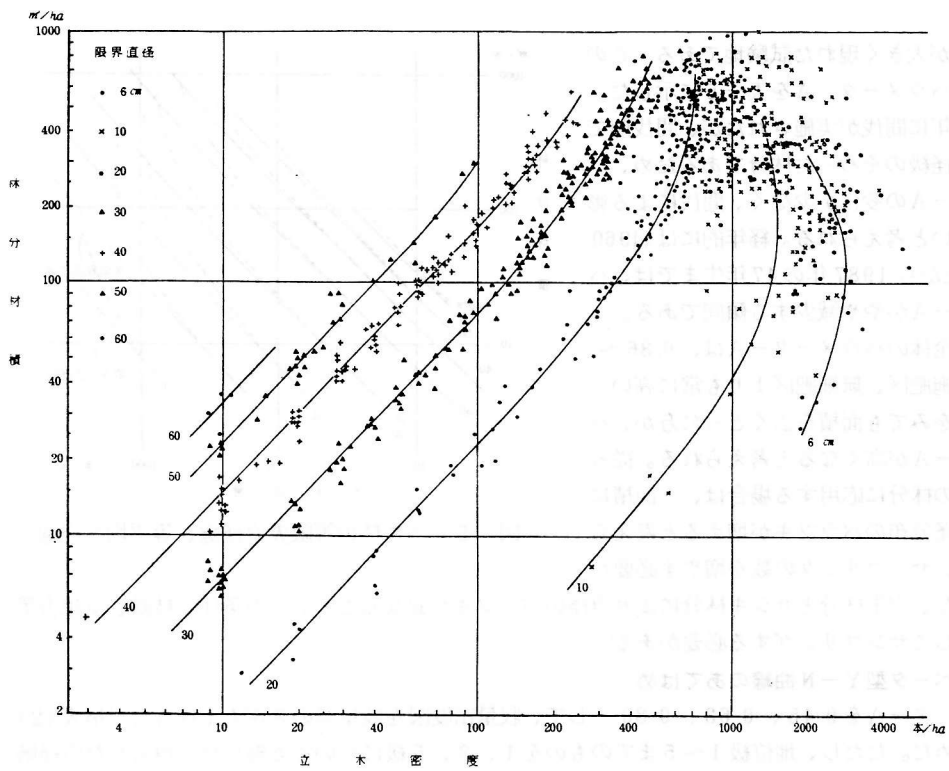


図-3 スギ林の等限界直径線

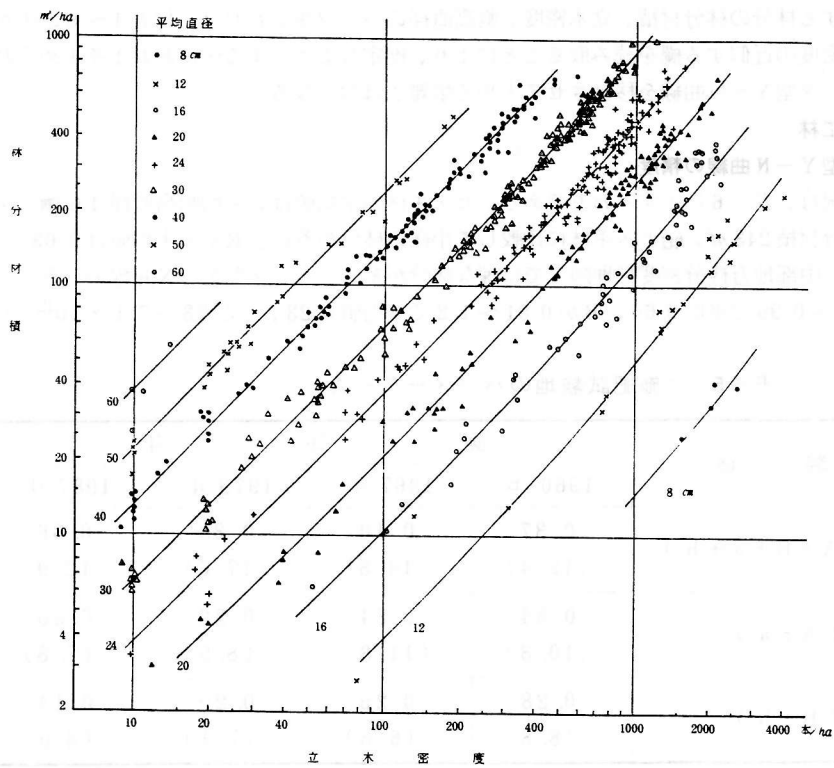


図-4 スギ林の等平均直径線

施肥効果が大きく現れた試験地である。この試験地のパラメーターAを表-5に示した。

1977年に間伐が実施されたが、間伐前でも比較的径級のそろった林分であるため、パラメーターAの変化が少なく、間伐による影響は少ないと考えられる。経年的には、1960の20年生から1987年の47年生までは、パラメーターAがやや減少する傾向である。

試験区全体のパラメーターAは、0.36～0.40と施肥区、無施肥区よりも常に高い。肥効の差をみても面積を広くとった方が、パラメーターAが高くなると考えられる。従って、現実の林分に応用する場合は、大面積になると直径分布のバラツキが増えると考えられるため、サンプリングの数を増やす必要がある。また、実生林分とサシキ林分により直径のバラツキが異なること、立地条件、林齢、気象害等には注意してサンプリングする必要がある。

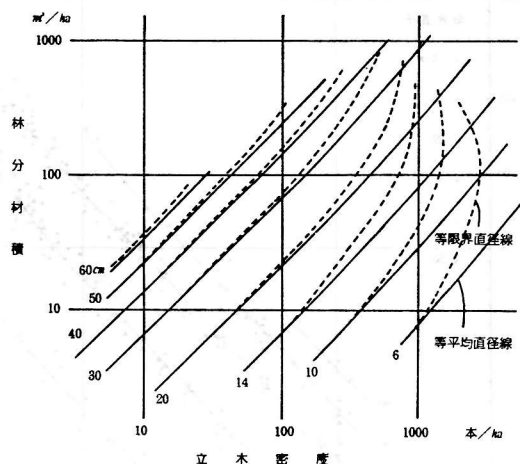


図-5 スギ林の等限界直径線、等平均直径線

2.1.5 ベータ型Y-N曲線のあてはめ

パラメーターAを0.45、0.63、0.80として、収量密度図を岐阜県のスギ人工林林分材積表(2)にあてはめた。ただし、地位級1～5までのものを1、3、5級について実施した。得られた直径階別の林分材積、立木密度を付表1～6に示した。

推定しようとする林分の林分材積、立木密度、胸高直径のバラツキが判れば、付表1～6の中から林分材積、立木密度の近似する欄を読み取ることにより、推定しようとする値がおおよそ求められる。付表により、ベータ型Y-N曲線を移動させて求める煩雑さはなくなる。

2.2 ヒノキ人工林

2.2.1 ベータ型Y-N曲線の精度

資料林分の概況は、表-6に示すとおりである。ヒノキ林の平均値は、平均胸高直径16cm、平均樹高13m、林分材積243m³/haとスギ林に比較して小径の林分が多い。Ryの平均値は0.63とかなり低く、関東、中部地方林分密度管理図上では疎な林分が多い。ベータ型Y-N曲線のパラメーターは、Aが0.15～0.99で平均0.60、Bが0.01～1.2で平均値0.23、Cが33～7.1×10¹²で平

表-5 施肥試験地のパラメーターA

試 験 区	測 定 年			
	1960 年	1967 年	1979 年	1987 年
全 体 (A+B+a+b)	0.37 (12.4)	0.40 (14.3)	0.38 (17.6)	0.36 (12.9)
施 肥 区 (A+a)	0.34 (10.3)	0.34 (11.3)	0.32 (8.9)	0.30 (7.8)
無施肥区 (B+b)	0.28 (8.8)	0.25 (6.3)	0.20 (7.1)	0.14 (4.0)

裸書きはパラメーターA、()書きは誤差%

表-6 資料林分の概況（ヒノキ）

		平均値	最大値	最小値
林	齢	39	113	8
平均胸高直径	cm	16	42	0
平均樹高	m	13	24	3
林分材積	m ³ /ha	243	796	3
立木密度	本/ha	1,655	5,053	229
R y		0.63	0.95	0.15
ベータ型Y-N曲線のパラメーター	A	0.60	0.99	0.15
	B	0.23	1.2	0.01
	C	2.5×10^{10}	7.1×10^{12}	33

均値 2.5×10^{10} である。

資料林分におけるパラメーターAの度数分布は、表-7に示すとおりである。パラメーターAは0.40～0.70に71%と多く分布し、ほぼスギ林に近い分布状態である。

ベータ型Y-N曲線の精度は表-8のとおりである。すなわち、誤差15%未満に88%と良い精度である。

2. 2. 2 ベータ型Y-N曲線の定型化

ヒノキ林について、収量密度図を適用し易くするため、ベータ型Y-N曲線の定型化を検討した。ヒノキ林では、曲線型を1個と3個の場合について、スギ林と同様に行った。曲線型1個の場合は、パラメーターAを平均値の0.60を用いた。

曲線型を3個にするため、林分状態を示す項目とパラメーターAとの相関を調べた。パラメーターAとの相関は、胸高直径の変動係数と0.7771、樹高の変動係数と0.6795と高かった。その他の項目とでは、相関係数の絶対値が0.4以下と低かった。曲線型を3個に固定して、資料林分とベータ型Y-N曲線の誤差を少なくするためには、胸高直径の変動係数の区分を0.17未満、0.17以上0.34未満、0.34以上となった。

曲線型を定型化した場合の精度を表-9に示した。曲線型が1個の場合、3個の場合、ともに誤差30%未満に約80%と大差がない。このことは、3個とした場合でもパラメーターAを0.60にあてはめた林分が84%と多くを占めたためである。従って、現実林分の適用に際して、胸高直径のバラツキの大きい林分、小さい林分でも精度を高めて推定するには3個の曲線型が必要と考えられる。

ヒノキ林について、胸高直径の変動係数を0.17未満、0.17以上0.34未満、0.34以上とした場合の直径階別本数分布を図-6に示した。ベータ型Y-N曲線を3個に定型化した場合、次のように林分を振り分けることができる。

表-7 パラメーターAの度数分布

パラメーターA	頻 度
0.30 未満	1
0.30～0.40	6
0.40～0.50	18
0.50～0.60	27
0.60～0.70	26
0.70～0.80	14
0.80～0.90	5
0.90 以上	3

表-8 ベータ型Y-N曲線の精度

誤 差	頻 度
5 % 未満	16 %
5 ～ 10	38
10 ～ 15	34
15 ～ 20	11
20 ～ 25	1

① 胸高直径のバラツキの小さい林分型
平均胸高直径の半分以下の太さの立木がほとんどない林分である。胸高直径の変動係数は、0.17 未満である。パラメーター A は、0.41 を適用する。

② 胸高直径のバラツキの大きい林分型
平均胸高直径の立木本数は、平均胸高直径の半分の太さの立木本数とほぼ等しい林分である。胸高直径の変動係数は、0.34 以上である。パラメーター A は、0.82 を適用する。

③ 胸高直径のバラツキ中庸的林分型

①、②以外の林分である。胸高直径の変動係数は、0.17 以上、0.34 未満である。パラメーター A は、0.60 を適用する。

資料林分では、①の林分型が 8 %、②の林分型が 8 %、③の林分型が 84 % 占める。

各林分型の示すベータ型 Y-N 曲線は、林分材積 $200 \text{ m}^3/\text{ha}$ 、立木密度 $1,500 \text{ 本/ha}$ の場合、図-1 のとおりである。

2. 2. 3 等限界直径線、等平均直径線

等限界直径線を図-7 に示した。

等平均直径線を図-8 に示した。等平均直径線は、スギ林と同様、関東、中部地方ヒノキ林分密度管理図(3)の等平均直径曲線にやや近い曲線であるが、やや左寄り、より直線的な勾配約 45° の曲線である。

等限界直径線と等平均直径線を同一図上に示すと図-9 のとおりである。

2. 2. 4 ベータ型 Y-N 曲線のあてはめ

パラメーター A を 0.41、0.60、0.81 とし、収量密度図を岐阜県のヒノキ人工林林分材積表(3)にあてはめた。ただし、地位級 1~5 までのものを 1、3、5 級について実施した。得られた直径階別の林分材積、立木密度を付表 7~12 に示した。

ま と め

スギ、ヒノキ人工林について、直径階別の林分材積、立木密度を推定するため、ベータ型 Y-N 曲線の適用を検討した結果、次のとおりである。

1. 現実林分にベータ型 Y-N 曲線をあてはめた場合、精度は良かった。また、林分の胸高直径のバラツキからベータ型 Y-N 曲線を 3 個に定型化した場合でも、精度は比較的良かった。
2. 曲線型を 3 個に定型化した場合、パラメーター A は、スギが 0.45、0.63、0.80、ヒノキが

表-9 ベータ型 Y-N 曲線を定型化した場合の精度

誤 差	1 曲線型 A=0.60	3 曲線型 A=0.41, 0.60, 0.82
10 % 未満	13 %	14 %
~ 20	42	47
~ 30	24	23
~ 40	12	11
40 % 以上	9	5

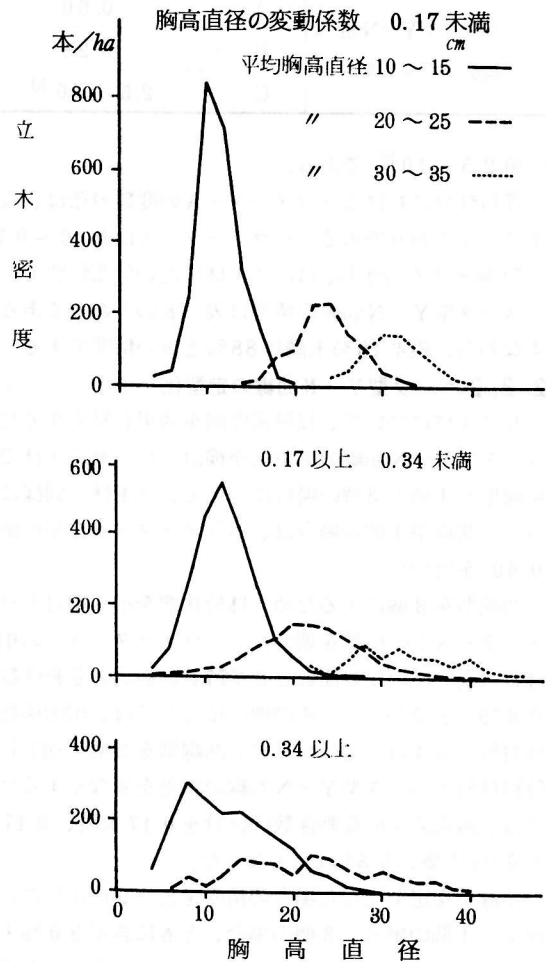


図-6 ヒノキ林の直径階別本数分布

0.41、0.60、0.82 である。

3. スギ、ヒノキ人工林ともに、曲線型を3個に定型化した場合について、人工林林分材積表の胸高直径階別林分材積、立木密度を推定した。現実林分の適用にあたっては、この推定値を用いれば簡単に直径階別の値が求められる。

引用文献

- (1) 阿部信行・菊沢喜八郎：間伐効果に関する定量的研究(Ⅱ) ベータ型Y-N曲線による間伐試験林分の解析：日林誌，65：207～214，1983
- (2) 岐阜県林政部：スギ人工林林分材積表林分収獲予想表：93 PP，1983
- (3) ————：ヒノキ人工林林分材積表林分収獲予想表：184 PP，1984
- (4) 菊沢喜八郎：北海道における天然生広葉樹林の収量－密度図：日林誌，60：56～63，1978
- (5) KIKUZAWA, K：Yield－density Diagram for Todo－fir Plantations (1) A New Y－N Curve Based on the Beta－Type Distribution：日林誌，63：442～450，1981
- (6) 中川 一：岐阜県の民有広葉樹林について：岐阜林セ研報17：1～41，1989
- (7) ————：揖斐川、宮庄川森林計画区の広葉樹林：岐阜林セ研報15：1～40，1987
- (8) ————：木曽川森林計画区の広葉樹林：岐阜林セ研報13：1～14，1985

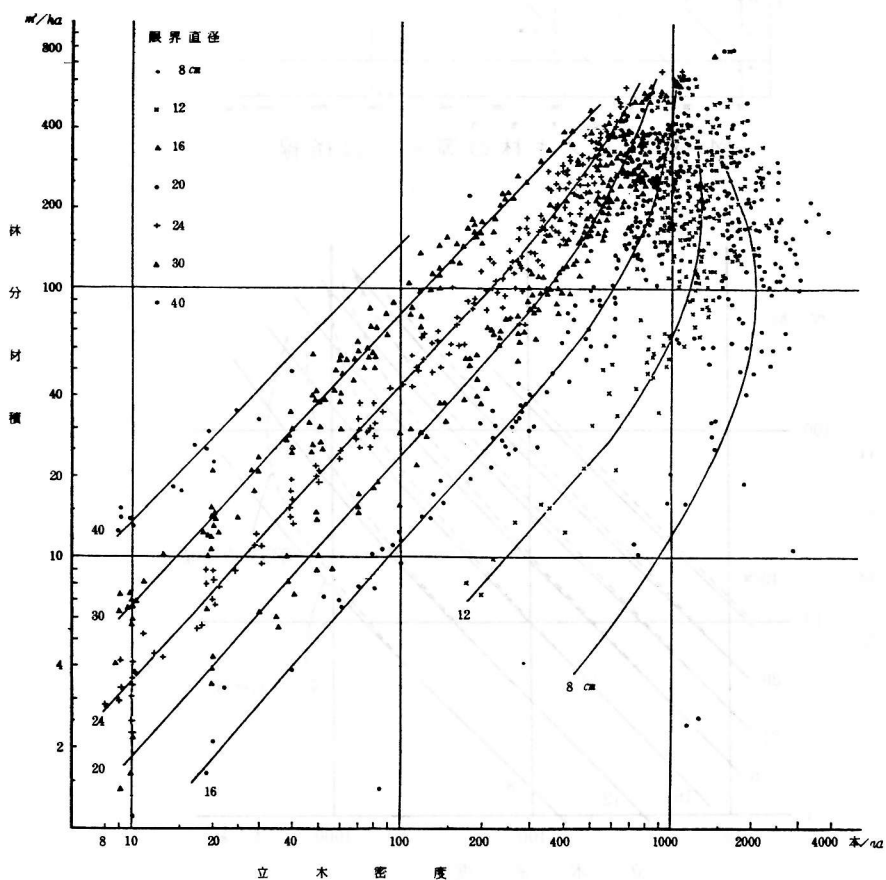


図-7 ヒノキ林の等限界直径線

- (9) 林野庁：関東、中部地方ヒノキ林分密度管理図，1982
 (10) ———：北関東・東山地方スギ林分密度管理図，1981
 (11) 竹下純一郎，中川 一：スギ22年生林分に対する肥培効果：岐阜林セ研報7：1～18，1978

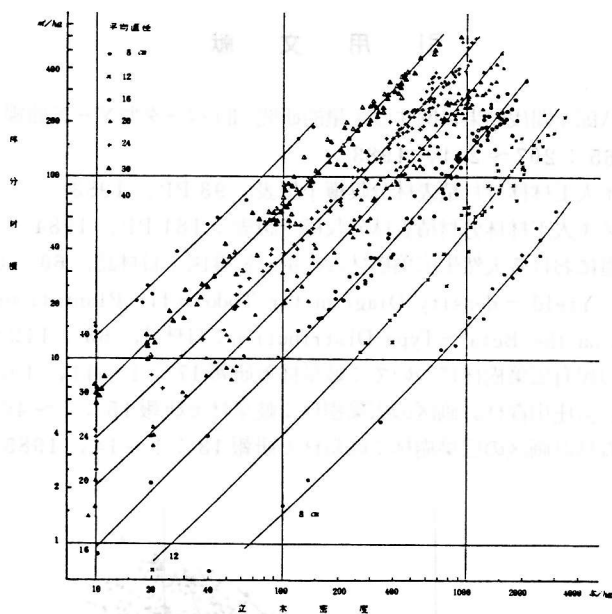


図-8 ヒノキ林の等平均直径線

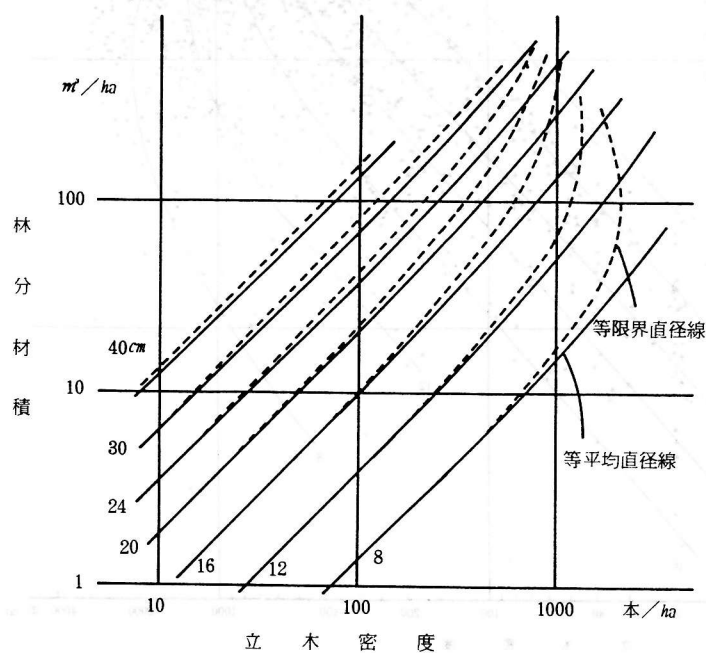


図-9 ヒノキ林の等限界直径線，等平均直径線

付表-1 直径階別林分材積，立木密度

スギ 一般地域 パラメーター A=0.45 (バラツキ小)

地位	林齢	V m³/ha	N 本/ha	D cm	H m	直径階 cm								
						6未満	6～	10～	14～	20～	30～	40～	50～	60以上
1	10	137	2867	10.8	8.6		1447 39	1260 84	160 14					
	20	342	1552	18.2	15.5		102 2	450 45	490 110	510 185				
	30	501	976	24.7	20.6				276 41	515 300	185 160			
	40	625	724	29.7	24.5					344 135	338 424	42 66		
	50	720	592	33.6	27.5					142 60	260 290	183 354	7 16	
	60	788	508	36.7	29.7					28 8	230 220	186 390	64 170	
	70	837	452	39.1	31.4						182 167	170 350	100 320	
	80	872	415	41.0	32.7						135 192	165 280	87 295	28 105
3	10	92	3079	9.3	7.1	249 2	1700 38	1130 52						
	20	254	2002	15.0	12.6		502 18	620 66	790 150	90 20				
	30	386	1370	19.8	16.9			380 36	410 100	580 250				
	40	484	1029	23.9	20.0			39 4	300 50	539 304	151 126			
	50	556	835	27.1	22.4				125 26	420 228	290 302			
	60	616	737	29.4	24.3				27 4	350 167	341 416	19 29		
	70	661	671	31.3	25.6					266 106	291 361	114 194		
	80	695	625	32.5	26.7					195 75	270 325	160 295		
5	10	52	3140	7.7	5.5	710 3	2120 40	310 9						
	20	169	2581	12.0	9.8		1081 33	930 73	570 63					
	30	268	1924	15.5	13.1		444 18	560 60	750 144	170 46				
	40	345	1541	18.3	15.6		131 5	430 50	486 112	494 178				
	50	404	1302	20.5	17.4			302 29	400 100	600 275				
	60	447	1147	22.3	18.8			137 7	350 75	641 352	19 13			
	70	480	1042	23.7	19.9				362 65	548 310	132 105			
	80	504	969	24.8	20.7				279 44	510 300	180 160			

V：林分材積 N：立木密度 D：平均胸高直径 H：上層樹高
上段：立木密度 本/ha 下段：林分材積 m³/ha

付表-2 直径階別林分材積，立木密度

スギ 一般地域 パラメーターA=0.63 (バラツキ中)

地位	林齡	V m³/ha	N 本/ha	D cm	H m	直 径 階										cm	
						6未満	6～	10～	14～	20～	30～	40～	50～	60以上			
1	10	137	2867	10.8	8.6		1427 31	1020 63	420 43								
	20	342	1552	18.2	15.5		152 4	410 38	440 70	550 230							
	30	501	976	24.7	20.6				286 36	440 211	250 254						
	40	625	724	29.7	24.5					324 95	252 262	148 268					
	50	720	592	33.6	27.5					142 30	226 220	162 305	62 165				
	60	788	508	36.7	29.7					28 8	218 155	160 403	102 222				
	70	837	452	39.1	31.4						177 117	159 300	77 258	39 162			
	80	872	415	41.0	32.7						135 82	152 290	76 256	52 244			
3	10	92	3079	9.3	7.1	229 1	1610 28	1158 57	82 6								
	20	254	2002	15.0	12.6		502 16	590 50	6152 108	295 80							
	30	386	1370	19.8	16.9			380 31	270 70	700 271	20 14						
	40	484	1029	23.9	20.0				334 44	465 225	230 215						
	50	556	835	27.1	22.4				125 21	385 165	283 303	42 67					
	60	616	737	29.4	24.3					347 116	252 255	138 245					
	70	661	671	31.2	25.6					251 81	235 225	162 298	23 57				
	80	695	625	32.5	26.7					185 55	220 220	172 297	48 123				
5	10	52	3140	7.7	5.5	690 3	1810 27	640 22									
	20	169	2581	12.0	9.8		1081 27	780 51	720 91								
	30	268	1924	15.5	13.1		424 18	560 40	600 112	340 98							
	40	345	1541	18.3	15.6		131 5	410 35	440 65	560 240							
	50	404	1302	20.5	17.4			282 24	380 65	569 262	71 53						
	60	447	1147	22.3	18.8			127 7	345 60	510 242	165 138						
	70	480	1042	23.7	19.9				346 55	466 227	230 198						
	80	504	969	24.8	20.7				269 39	440 203	257 258	3 4					

上段：立木密度 本/ha 下段：林分材積 m³/ha

付表-3 直径階別林分材積，立木密度

スギ 一般地域 パラメーターA=0.80 (バラツキ大)

地位	林齡	V m ³ /ha	N 本/ha	D cm	H m	直 徑 階									cm	
						6未満	6～	10～	14～	20～	30～	40～	50～	60以上		
1	10	137	2867	10.8	8.6		1367 24	930 51	570 62							
	20	342	1552	18.2	15.5		132 2	420 30	420 72	534 205	46 33					
	30	501	976	24.7	20.6				266 26	422 175	240 224	48 76				
	40	625	724	29.7	24.5				14 2	305 88	233 210	125 205	47 120			
	50	720	592	33.6	27.5					127 35	220 160	147 255	98 270			
	60	788	508	36.7	29.7						233 123	150 245	61 165	64 255		
	70	837	452	39.1	31.4						157 87	155 335	56 50	84 365		
	80	872	415	41.0	32.7						110 52	155 220	45 125	105 475		
3	10	92	3079	9.3	7.1	259 1	1540 23	1060 50	220 18							
	20	254	2002	15.0	12.6		502 14	580 42	565 93	355 105						
	30	386	1370	19.8	16.9				750 86	495 203	125 97					
	40	484	1029	23.9	20.0				329 34	435 185	235 219	30 46				
	50	556	835	27.1	22.4				125 16	370 140	235 220	92 151	13 29			
	60	616	737	29.4	24.3					347 96	225 205	123 210	42 105			
	70	661	671	31.2	25.6					241 61	228 195	133 220	69 185			
	80	695	625	32.5	26.7					185 35	220 175	138 235	82 230			
5	10	52	3140	7.9	5.5	660 2	1720 23	760 27								
	20	169	2581	12.0	9.8		1081 23	440 44	696 88	64 14						
	30	268	1924	15.5	13.1		424 13	580 43	520 87	395 122	5 3					
	40	345	1541	18.3	15.6		141 4	430 36	390 65	525 200	55 40					
	50	404	1302	20.5	17.4			312 19	350 55	490 208	150 122					
	60	447	1147	22.3	18.8			157 7	310 50	468 195	201 179	11 16				
	70	480	1042	23.7	19.9				352 40	435 185	229 216	26 39				
	80	504	969	24.8	20.7				279 24	410 180	228 217	52 83				

上段：立木密度 本/ha

下段：林分材積 m³/ha

付表-4 直径階別林分材積，立木密度

スギ 多雪地域 パラメーターA=0.45 (バラツキ小)

地位	林齢	V m³/ha	N 本/ha	D cm	H m	直径階								
						6未満	6～	10～	14～	20～	30～	40～	50～	60以上
1	10	107	2383	10.9	8.1		1013 20	1234 76	136 11					
	20	319	1509	18.1	15.0		89 7	420 40	558 124	442 148				
	30	497	969	24.7	220.6				269 49	522 296	178 152			
	40	661	758	29.6	25.0					378 181	367 460	13 20		
	50	791	624	33.7	28.4						154 73	275 323	195 395	
	60	892	535	37.1	31.2						273 254	177 398	85 240	
	70	970	473	39.9	33.4						188 170	162 380	123 420	
	80	1030	430	42.2	35.1						142 130	156 380	82 310	50 210
3	10	59	2575	8.8	6.1		1795 30	780 29						
	20	201	1923	14.3	11.4		423 11	680 60	820 130					
	30	337	1443	18.7	15.6			493 47	450 105	500 185				
	40	443	1099	22.7	18.9				439 78	622 338	38 27			
	50	533	918	25.7	21.5				218 33	475 285	225 215			
	60	611	816	28.1	23.6				116 21	390 228	306 356	4 6		
	70	673	744	29.9	25.3					364 173	342 438	38 62		
	80	722	692	31.5	26.6					270 112	284 360	138 250		
5	10	24	2613	6.5	4.2	793 3	1820 21							
	20	99	2433	10.5	7.8		1073 20	630 74	730 5					
	30	177	2024	13.6	10.6		494 15	750 57	780 105					
	40	248	1750	15.8	12.9		250 8	580 55	720 136	200 49				
	50	307	1559	17.6	14.7			589 42	500 109	470 156				
	60	352	1387	19.3	16.1			387 32	440 90	560 230				
	70	388	1265	20.6	17.2			265 18	380 90	620 280				
	80	417	1176	21.7	18.1				526 92	645 322	5 3			

上段：立木密度 本/ha

下段：林分材積 m³/ha

付表-5 直径階別林分材積，立木密度

スギ 多雪地域 パラメーターA=0.63 (バラツキ中)

地位	林齢	V m ³ /ha	N 本/ha	D cm	H m	直径階								
						cm								
						6未満	6～	10～	14～	20～	30～	40～	50～	60以上
1	10	107	2383	10.9	8.1		1003 16	1000 54	380 37					
	20	319	1509	18.1	15.0			539 39	450 85	520 195				
	30	497	9969	24.7	20.6				279 37	435 210	255 250			
	40	661	758	29.6	25.0					368 141	250 270	140 250		
	50	791	624	33.7	28.4					154 51	230 210	164 320	76 210	
	60	892	535	37.1	31.2						235 162	158 280	98 285	44 165
	70	970	473	39.9	33.4						171 110	134 250	88 270	80 340
	80	1030	430	42.2	35.1						127 70	157 330	80 596	66 34
3	10	59	2575	8.8	6.1		1615 20	960 39						
	20	201	1923	14.3	11.4		403 7	650 44	690 107	180 43				
	30	337	1443	18.7	15.6			443 35	440 77	554 221	6 4			
	40	443	1099	22.7	18.9				419 58	504 233	176 152			
	50	533	918	28.1	23.6				218 33	420 190	268 293	12 17		
	60	611	816	28.1	23.6					451 161	271 295	94 155		
	70	673	744	29.9	25.3					334 118	248 260	162 295		
	80	722	692	31.5	26.6					247 77	243 241	173 330	29 74	
5	10	24	2613	6.5	4.2	793 3	1820 21							
	20	99	2433	10.5	7.8		1073 17	1080 56	280 26					
	30	177	2024	13.5	10.6		494 11	710 45	779 112	41 9				
	40	248	1750	15.8	12.9		250 8	560 40	590 100	350 100				
	50	307	1559	17.6	14.7			579 32	460 85	520 190				
	60	352	1387	19.3	16.1			387 27	420 77	580 248				
	70	388	1265	20.6	17.2			265 13	370 73	564 253	66 49			
	80	417	1176	21.7	18.1			176 12	340 77	525 220	135 108			

上段：立木密度 本/ha

下段：林分材積 m³/ha

付表-6 直径階別林分材積、立木密度

スギ 多雪地域 パラメーターA=0.80 (バラツキ大)

地位	林齡	V m ³ /ha	N 本/ha	D cm	H m	直 径 階 cm									
						6未満	6～	10～	14～	20～	30～	40～	50～	60以上	
1	10	107	2383	10.9	8.1		983 10	930 48	470 49						
	20	319	1509	18.1	15.0		109 4	400 25	460 68	515 204	25 18				
	30	497	969	24.7	20.6				269 37	430 175	234 228	36 57			
	40	661	758	29.6	25.0					358 121	232 220	124 205	44 115		
	50	791	624	33.7	28.4					156 51	218 170	152 270	98 300		
	60	892	535	37.1	31.2						255 122	152 308	72 212	56 250	
	70	970	473	39.9	33.4						173 100	158 280	72 232	70 358	
	80	1030	430	42.2	35.1						128 70	140 240	86 290	76 430	
3	10	59	2575	8.8	6.1		1555 17	1020 42							
	20	201	1923	14.3	11.4		423 9	620 36	610 86	270 70					
	30	337	1443	18.7	15.6			483 33	370 60	529 199	61 45				
	40	443	1099	22.7	18.9			109 23	300 20	467 195	210 188	13 17			
	50	533	918	25.7	21.5				208 25	390 158	244 226	76 124			
	60	611	816	28.1	23.6					428 121	240 230	122 198	26 62		
	70	673	744	29.9	25.3					324 103	228 205	135 219	57 146		
	80	722	692	31.5	26.6					234 47	228 205	150 250	80 220		
5	10	24	2613	6.5	4.2	913 3	1555 17	145 4							
	20	99	2433	10.5	7.8		1053 14	980 45	400 40						
	30	177	2024	13.5	10.6		524 9	670 38	650 87	180 43					
	40	248	1750	15.8	12.9		250 8	570 34	540 84	390 122					
	50	307	1559	17.6	14.7		129 2	460 29	450 68	495 190	25 18				
	60	352	1387	19.3	16.1			427 27	350 59	524 202	86 64				
	70	388	1265	20.6	17.2			315 18	305 50	495 200	150 120				
	80	417	1176	21.7	18.1			256 17	250 40	490 705	174 146	6 9			

上段：立木密度 本/ha

下段：林分材積 m³/ha

付表-7 直径階別林分材積，立木密度

ヒノキ 一般地域 パラメーターA=0.41 (パラツキ小)

地位	林齢	V m ³ /ha	N 本/ha	D cm	H m	直径階							
						8未満	8～	12～	14～	20～	24～	30～	40以上
1	10	95	2949	10.4	6.7	899 11	1360 49	690 35					
	20	235	1843	15.8	11.9	143 5	400 22	600 73	662 127	38 8			
	30	340	1300	19.9	15.7			390 40	360 80	458 180	92 40		
	40	414	1005	23.1	18.6				305 54	250 90	433 258	17 12	
	50	466	830	25.6	20.7				70 6	150 40	385 220	225 200	
	60	502	720	27.6	22.2					60 7	235 70	425 425	
	70	528	648	29.2	23.4						128 28	494 465	26 35
	80	547	600	30.3	24.2						60 22	445 385	95 140
3	10	65	3298	9.0	5.5	1348 12	1950 53						
	20	174	2246	13.6	9.7	296 4	680 33	995 102	275 35				
	30	261	1690	16.8	12.8		390 13	470 56	630 139	200 53			
	40	325	1368	19.3	15.2		108 5	340 30	400 100	483 175	37 15		
	50	370	1170	21.2	16.9			210 15	320 75	350 135	290 145		
	60	403	1043	22.6	18.1				333 43	250 100	460 260		
	70	427	957	23.7	19.1				217 27	210 70	492 293	38 37	
	80	445	898	24.6	19.8				128 15	190 40	470 300	110 90	
5	10	37	3496	7.5	4.3	2076 14	1420 23						
	20	116	2738	11.4	10.0	678 9	1080 43	980 64					
	30	181	2195	13.8	10.0	295 3	620 30	910 98	370 50				
	40	231	1864	15.7	11.8	124 3	440 22	600 74	675 125	25 7			
	50	268	1651	17.1	13.1	11 1	360 17	450 55	610 137	220 58			
	60	295	1509	18.1	14.1		249 10	380 50	485 111	389 122	6 2		
	70	315	1412	18.9	14.8		162 10	350 40	420 100	463 159	17 6		
	80	330	1344	19.5	15.4		104 5	320 30	385 95	475 175	60 25		

上段：立木密度 本/ha 下段：林分材積 m³/ha

付表-8 直径階別林分材積，立木密度

ヒノキ 一般地域 パラメーターA=0.60 (バラツキ中)

地位	林齢	Y m/ha	N 本/ha	D cm	H m	直径階 cm							
						8未満	8～	12～	16～	20～	24～	30～	40以上
1	10	95	2949	10.4	6.7	869 7	1180 35	900 53					
	20	235	1843	15.8	11.9	143 5	400 15	520 53	555 103	225 59			
	30	340	1300	19.9	15.7			370 32	320 58	335 108	275 142		
	40	414	1005	19.9	15.7			235 14	130 20	210 52	388 208	142 120	
	50	466	880	25.6	20.7				50 6	150 20	245 90	375 326	10 14
	60	502	720	27.6	22.2						220 42	405 320	95 140
	70	528	648	29.2	23.4						108 18	360 235	180 275
	80	547	600	30.3	24.2						70 7	318 215	212 325
3	10	65	3298	9.0	5.5	1338 9	1610 41	350 15					
	20	174	2246	13.6	9.7	296 4	670 25	770 68	493 74	17 3			
	30	261	1690	16.8	12.8		390 13	450 38	470 96	359 106	21 8		
	40	325	1368	19.3	15.2			448 30	340 70	350 115	230 110		
	50	370	1170	21.2	16.9			210 12	300 52	260 86	364 193	36 27	
	60	403	1043	22.6	18.1			53 3	280 34	200 56	388 210	122 100	
	70	427	957	23.7	19.1				217 25	170 42	362 180	208 180	
	80	445	898	24.6	19.8				128 17	160 26	320 142	290 260	
5	10	37	3496	7.5	4.3	1966 10	1530 27						
	20	116	2738	11.3	7.5	638 10	1995 31	67 71	38 4				
	30	181	2195	13.8	10.0	295 3	600 24	750 67	530 83	20 4			
	40	231	1864	15.7	11.8	124 6	440 17	540 52	550 102	210 54			
	50	268	1651	17.1	13.1		351 16	440 50	460 80	368 113	32 9		
	60	295	1509	18.1	14.1		229 15	380 32	410 82	409 131	81 35		
	70	315	1412	18.9	14.8		142 15	360 30	370 70	385 130	155 70		
	80	330	1344	19.5	15.4		84 10	340 26	340 64	330 110	250 120		

上段：立木密度 本/ha 下段：林分材積 m³/ha

付表-9 直径階別林分材積，立木密度

ヒノキ 一般地域 パラメーターA=0.82 (バラツキ大)

地位	林齢	V m ³ /ha	N 本/ha	D cm	H m	直径階 cm							
						8未満	8～	12～	16～	20～	24～	30～	40以上
1	10	95	2949	10.4	6.7	869 7	1100 26	905 54	75 8				
	20	235	1843	15.8	11.9	163 5	380 14	490 36	750 155	60 25			
	30	340	1300	19.9	15.7		390 22	280 48	250 65	306 145	74 60		
	40	414	1005	23.1	18.6				295 29	160 35	285 120	243 198	22 32
	50	466	830	25.6	20.7				90 6	120 20	198 55	317 230	105 155
	60	502	720	27.6	22.2					70 7	145 25	345 215	160 255
	70	528	648	29.2	23.4						118 18	305 160	225 350
	80	547	600	30.3	24.2						60 7	295 130	245 410
3	10	65	3298	9.0	5.5	1338 8	1360 29	600 28					
	20	174	2246	13.6	9.7	306 4	650 20	690 50	490 73	103 25	7 2		
	30	261	1690	16.8	12.8		390 11	420 22	410 76	334 90	128 57	8 5	
	40	325	1368	19.3	15.2		108 5	320 20	340 50	260 72	283 134	57 44	
	50	370	1170	21.2	16.9			210 12	280 38	220 55	320 149	140 116	
	60	403	1043	22.6	18.1				313 25	190 38	295 130	227 185	18 25
	70	427	957	23.7	19.1				207 17	170 30	270 104	270 219	40 57
	80	445	898	24.6	19.8				128 7	160 28	240 80	305 236	65 94
5	10	37	3496	7.5	4.3	1916 8	1530 27	50 2					
	20	116	2738	11.3	7.5	688 8	95 24	905 60	185 22	10 2			
	30	181	2195	13.8	10.0	295 6	620 17	660 51	485 73	126 31	9 3		
	40	231	1864	15.7	11.8	124 3	440 16	510 40	450 72	283 76	57 24		
	50	268	1651	17.1	13.1		351 16	440 30	380 62	342 97	130 57	8 6	
	60	295	1509	18.1	14.1		249 10	370 29	350 56	300 85	217 100	23 15	
	70	315	1412	18.9	14.8		162 13	340 22	330 50	284 80	259 122	37 28	
	80	330	1344	19.5	15.4		94 8	330 22	320 45	260 75	281 134	59 46	

上段：立木密度 本/ha 下段：林分材積 m³/ha

付表-10 直径階別林分材積，立木密度

ヒノキ 多雪地域 パラメーターA=0.41 (パラツキ小)

地位	林齢	V m ³ /ha	N 本/ha	D cm	H m	直径階							
						cm							
						8未満	8～	12～	14～	20～	24～	30～	40以上
1	10	55	2488	9.6	5.5	538 3	1835 48	115 4					
	20	203	1675	15.9	11.3		375 13	620 67	663 117	17 6			
	30	324	1225	20.1	15.5			295 24	350 75	460 172	120 53		
	40	413	972	23.0	18.7				242 33	230 80	475 282	25 18	
	50	484	847	25.6	21.0				77 4	140 35	330 180	300 265	
	60	535	765	27.3	22.7					105 25	170 60	490 450	
	70	573	710	28.6	24.0						160 33	538 524	12 16
	80	601	679	29.6	25.0						109 63	497 432	73 106
3	10	32	2527	8.1	4.4	1027 7	1500 25						
	20	139	1984	13.5	9.0		744 23	1102 100	138 16				
	30	234	1546	17.0	12.4		256 9	480 50	654 136	156 39			
	40	305	1286	19.5	14.9		46 3	330 32	400 86	475 170	35 14		
	50	358	1121	21.4	16.7			171 18	330 70	345 135	275 135		
	60	396	1005	22.9	18.1			45 4	260 42	260 95	431 249	9 6	
	70	427	946	23.8	19.1				206 29	220 73	420 245	100 80	
	80	450	905	24.6	19.9				145 12	180 58	542 352	38 28	
5	10	15	2556	6.4	3.3	1976 10	580 5						
	20	81	2349	10.9	6.7	269 3	1310 33	770 45					
	30	145	1952	13.7	9.2		732 25	1050 99	170 21				
	40	197	1701	15.7	11.1		381 15	670 68	634 111	16 3			
	50	236	1537	17.1	12.4		237 8	490 53	640 133	170 42			
	60	265	1425	18.1	13.5		145 5	410 42	510 112	360 106			
	70	287	1348	18.8	14.2		68 7	390 35	430 95	450 146	10 4		
	80	303	1298	19.4	14.8			378 28	400 90	478 168	42 17		

上段：立木密度 本/ha, 下段：林分材積 m³/ha

付表-11 直径階別林分材積，立木密度

ヒノキ 多雪地域 パラメーターA=0.60 (バラツキ中)

地位	林齢	V m ³ /ha	N 本/ha	D cm	H m	直径階 cm							
						8未満	8～	12～	16～	20～	24～	30～	40以上
1	10	55	2488	9.6	5.5	548 3	1450 31	490 21					
	20	203	1675	15.9	11.3		375 11	560 47	540 93	200 52			
	30	324	1225	20.1	15.5			285 20	340 54	300 98	286 143	14 9	
	40	413	972	23.0	18.7			32 2	220 21	180 48	350 180	190 162	
	50	484	847	25.7	21.0				77 4	140 24	240 91	390 365	
	60	535	765	27.3	22.7					95 19	170 46	500 470	
	70	573	710	28.6	24.0						170 38	375 277	165 258
	80	601	679	29.6	25.0						129 21	348 250	202 330
3	10	32	2527	8.1	4.4	987 5	1540 27						
	20	139	1984	13.5	9.0		784 19	790 62	410 58				
	30	234	1546	17.0	12.4		246 8	490 38	470 86	278 85	62 17		
	40	305	1286	19.5	14.9			376 23	330 57	320 101	260 124		
	50	358	1121	21.4	16.7			171 16	300 47	260 65	359 207	31 23	
	60	396	1005	22.9	18.1				305 36	200 55	380 207	120 98	
	70	427	946	23.8	19.1				216 17	170 50	338 165	222 195	
	80	450	905	24.5	19.9				155 10	145 40	320 145	285 255	
5	10	15	2556	6.4	3.3	1786 7	770 8						
	20	81	2349	10.9	6.7	349 3	1120 25	880 53					
	30	145	1952	13.7	9.2		712 17	790 64	450 64				
	40	197	1701	15.7	11.1		421 14	580 48	570 102	130 33			
	50	236	1537	17.1	12.4		237 6	480 40	495 87	312 98	13 5		
	60	265	1425	18.1	13.5			545 35	410 75	412 130	58 25		
	70	287	1348	18.8	14.2			448 32	390 70	385 128	125 57		
	80	303	1298	19.4	14.8			378 18	350 40	340 135	230 110		

上段：立木密度 本/ha 下段：林分材積 m³/ha

付表-12 直径階別林分材積，立木密度

ヒノキ 多雪地域 パラメーターA=0.82 (バラツキ大)

地位	林齢	V m ³ /ha	N 本/ha	D cm	H m	直径階 cm							
						8未満	8～	12～	16～	20～	24～	30～	40以上
1	10	55	2488	9.6	5.5	538 3	1320 22	611 29	19 1				
	20	203	1675	15.9	11.8		375 8	520 35	455 66	273 73	52 21		
	30	324	1225	20.1	15.5			275 12	320 42	240 50	306 154	84 66	
	40	413	972	23.0	18.7				232 18	160 30	290 110	258 209	32 46
	50	484	847	25.6	21.0				57 4	150 20	208 62	326 240	106 158
	60	535	765	27.3	22.7					75 11	160 24	378 250	152 250
	70	573	710	28.6	24.0						140 23	390 232	180 318
	80	601	679	29.6	25.0						89 11	390 228	200 362
3	10	32	2527	8.1	4.4	947 4	1440 23	140 5					
	20	139	1984	13.5	9.0		744 13	710 46	448 61	82 19			
	30	234	1546	17.0	12.4		266 8	440 32	405 58	305 85	123 48	7 3	
	40	305	1286	19.5	14.9		36 1	330 19	330 45	260 72	290 115	40 53	
	50	358	1121	21.4	16.7			171 14	280 32	220 54	310 142	140 116	
	60	396	1005	22.9	18.1			55 6	230 20	200 42	286 125	216 179	18 24
	70	427	946	23.8	19.1				196 15	170 32	260 95	277 232	43 53
	80	450	905	24.5	19.9				135 10	170 30	240 85	291 225	69 100
5	10	15	2556	6.4	3.8	1636 5	920 10						
	20	81	2349	10.9	6.7	299 2	1090 19	860 49	100 11				
	30	145	1952	13.7	9.2		692 15	720 45	446 63	88 20	6 2		
	40	197	1701	15.7	11.1		401 12	550 35	450 66	259 68	41 16		
	50	236	1537	17.1	12.4		237 6	460 30	400 60	320 86	112 49	8 5	
	60	265	1425	18.1	13.5		125 5	400 20	390 58	185 14	307 156	18 12	
	70	287	1348	18.8	14.2			428 37	360 38	288 77	238 110	34 25	
	80	303	1298	19.4	14.8			368 17	330 42	384 142	161 60	55 42	

上段：立木密度 本/ha 下段：林分材積 m³/ha