

— 研究資料 —

間伐収入及び生産コスト予測システムの開発
— ヒノキ林の間伐における利用率の推定 —

中島嘉彦・黒瀬勝雄

— D A T A —

The development of the estimating system on thinning income and cost.

— The estimation of the merchantable volume-ratio of thinning in the case of the Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) forest. —

Yoshihiko NAKASHIMA, Katsuo KUROSE

キーワード：間伐，利用率，相対幹曲線式

I はじめに

間伐の収支予測を行うには、生産材積の予測が生産経費予測と同様に重要である。そのため、事前にプロット調査等により生産材積の予測を行う方法として、芦田ら（1998）がKunze式を用いパソコンの表計算により見積る方法を「立木評価の手引き」で提案している。

この方法は利用率の予測精度も高く、優れた方法であるが、利用するにはパソコンが必要であり、曲がりや病害虫による利用率の低下は考慮されていないものである。また、家原（1989）や高田（1987）のように林分全体の利用材積の推定を行っているものはあるが、実用的な間伐対象の生産材積推定に取り組んだ例は少ない。

そこで、現場で使用しやすくするため、ヒノキ林を対象にしたパソコンを用いない図表による簡易で実用的な利用率予測のための方法を考案したので報告する。

なお、ここでは一本の間伐対象木から丸太としてどれだけ利用できるかを「採材率」とし、間伐対象木全体の幹材積のうち、切り捨て木等を考慮して丸太としてどれだけ利用できるかを「利用率」とした。

II. 利用率の推定法

1. 間伐方法と利用率の推定

個別の立木の形質等を考慮しない列状間伐では、選木前に毎木あるいはサンプリング調査を行い利用率を推定し、これを基に、伐採幅の増減により目的の利用材積を確保することができる。

これに対して、単木的に間伐対象を選ぶ従来の間伐法では利用率は選木方法によって大きく左右される。極端な場合、不良木ばかり間伐対象とすればほとんど利用できないが、優良木ばかり選木すれば採材率＝利用率となる。そのため、選木後に間伐対象木について毎木あるいはサンプリング調査により、利用率推定に必要なデータを得る必要がある。間伐率を増加させて収入と経費の均衡を図ろうとする場合などは、

再度選木し直して調査する必要がある、列状間伐に比べて複雑な作業となる。

2. 利用率の把握のために必要な調査項目

実用的な利用率を見積るためには以下の項目について調査する必要がある。

平均樹高，平均直径

間伐対象林の平均値を用いる。直径階別本数割合，直径階別の平均樹高を毎木あるいはサンプリング調査し，直径階別に計算すれば採材率の推定はより正確になる。しかし，他の要因による変動幅が大きいので，煩雑な計算を必要とする割には，利用率の精度が向上するとは限らない。

形質不良木率

曲がりや病害虫等により丸太として出荷する価値のないものや，一部は切り捨てる必要がある立木の本数割合で，正常木，一部切り捨て木，採材不能木に3区分した。

3. 幹曲線式による採材率の算出

1) 算出に用いた式

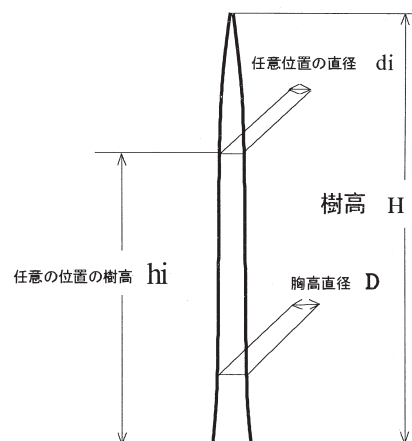


図-1 相対幹曲線式で表される樹幹

正確に採材できる丸太材積を求めるには算出しようとする林分に適合する幹曲線式を用いる必要がある。Kunze式をはじめ多くの幹曲線式が提案されており、それぞれ特徴があるが、今回はその中でも林齢、樹高、胸高直径等が異なった樹幹の形状を一つの式で表現できるとされる相対幹曲線式を使用した。なお、現時点で岡山県内に適用できるヒノキの相対幹曲線式は得られていないので、詳細な検討が行われている鈴木ら(1999)の胸高直径を基準にしたヒノキの相対幹曲線式を用いた。

これによると任意の相対樹高に対する相対皮内直径は

$$y = 1.84028x - 1.49254x^2 + 0.58931x^3 \dots\dots a \text{式}$$

で表される。ただし、

$$\text{相対皮内直径 } y = \frac{d_i}{D}$$

$$\text{相 対 樹 高 } x = \left(1 - \frac{h_i}{H}\right)$$

D: 胸高直径 cm

H: 樹高 m

d_i: 任意の相対位置における上部皮内直径 cm

h_i: 任意の相対位置における高さ m

である。

2) 採材率の算出手順

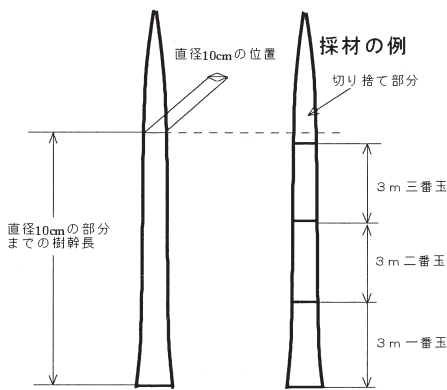


図-2 採材の模式図

a式を用いて間伐対象となる林分の平均樹高Hと平均胸高直径Dから直径10cmとなる位置(相対高さH_i)を求め(図-2)、その部分の樹幹長を求めた(表-1)。

これは、a式のxに0から1までの値を微小に増加させながら与え、yが前もって定めた値の範囲内になった時、そのxを近似解とするニュートン法により求めたものである。この方法は複雑な方程式を解かなくても必要な近似値をパソコンの簡単な表計算ソフトあるいはプログラムによって求めることができ実用的である。(文末にプログラム例を掲載)

次に、表-1で求めた樹幹部から3mの丸太が何本とれるかを算出し(表-2)、それぞれの丸太の材積を末口二乗法

により求め、その合計(立木1本当たりの造材材積)を求めた(表-3)。

なお、検討の対象とした間伐対象木は胸高直径12~32cm、樹高10~24mの範囲とし、算出を単純にするため末口直径10cm以上の3m材を生産するものと仮定した。

こうして求めた3m材の材積と表-4の立木幹材積表を比較すれば大まかな採材率の傾向(表-5, 図-3)を知ることができる。

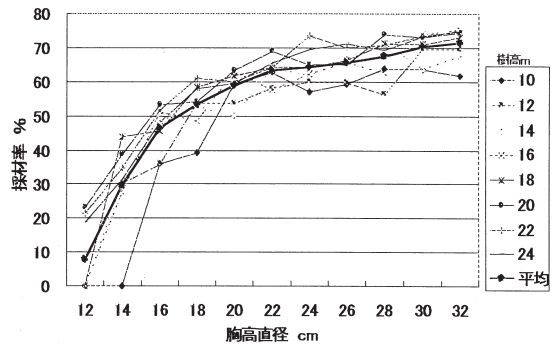


図-3 間伐木の採

採材率は胸高直径20cm程度までは急激に増加し、それ以上になると胸高直径の増加につれて60%から70%程度まで緩やかに増大していることがわかる。

従来、小径木の間伐は採算がとれるかどうかやってみなければ分からない、つまり事前の予測が難しいとされてきた。これは、図-3から読みとれるように胸高直径20cm以下、樹高14m以下では採材率が低く、かつ急激に変化していることがその理由と考えられる。

4. 切り捨て部を考慮した生産材積の計算

実際の生産材積は採材率と病虫害や曲がりによる切り捨て部分の割合(切り捨て率)を考慮して推定する必要がある。一般的な採材パターンは図-4に示すような3パターンとなるが、一部切り捨ての場合、切り捨てる割合は病虫害被害や曲がりの程度によって大きく異なっている。

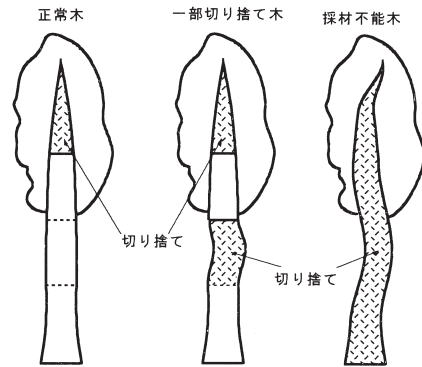


図-4 採材パターンの模式図

採材に支障のある不良木の実態を把握するため、無作為に抽出した林分で、大まかな区分により不良木調査を行った結

果を表-6に示す。詳しい調査を行えば正確性は増すが、この3段階程度の区分が実用的ではないかと考える。

表-6 採材に影響する不良木の割合

調査地番号	立木本数 /ha	不良木の割合 (%)		
		正常木率	一部切り捨て木率	採材不能木率
236	1400	60	31	9
103	1466	80	19	1
110	1933	61	32	7
235	2000	45	43	12
115	2333	63	20	17
102	2466	67	12	21
111	2466	62	31	7
237	2666	65	27	8
104	2800	56	20	24
105	3400	47	41	12
平均	2293	60.6	27.6	11.8

・正常木率

採材に支障となる病虫害や曲がりがないもの本数割合。

・一部切り捨て木率

樹幹の一部を切り捨てれば、残りは利用できる立木の本数割合である。幹曲がりや病虫害等により切り捨てる長さはそれぞれの木によって異なり、これを詳細に調査することは現場での実行は難しい。そこで、図-4の一部切り捨て木の模式図に示すように、1玉を切り捨てれば残りは利用できると仮定した。

ただし、根本曲がり是一部切り捨てではなく樹高から根曲がり部分の材長を引いた樹高を用いることによって採材率に反映させることが適当と考える。(図-5)

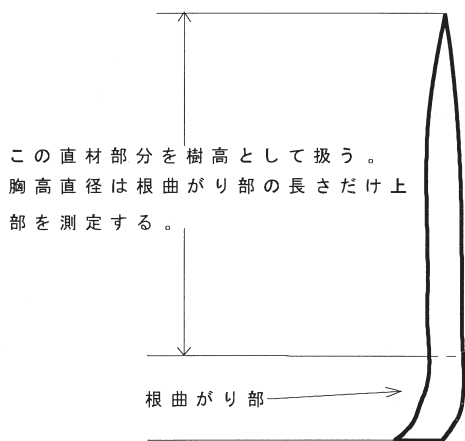


図-5 根曲がりのある木の処理

・採材不能木率

採材不能な木の本数割合とする。

これらを用いて正常木換算率(割合は以下%で表す)を算出する。例えば、採材可能玉数が3本の立木からなる林分で、1玉切り捨て一部切り捨て木が30本あるとすると、利用できる玉数は各2玉、合計60玉である。これは20本正常木があ

ることと同じである。このように考えて、次の式で正常木に換算する。

$$Tc = Tn + Tp \times \left(\frac{Ln - Lw}{Ln} \right)$$

Tn : 正常木率

Tc : 正常木換算率

Tp : 一部切り捨て木率

Ln : 採材玉数(表-2より求める)

Lw : 切り捨て玉数

よって丸太生産量Vpは表-3の直径、樹高に応じた立木1本当たりの造材可能材積Vtに間伐本数Ncと正常木換算率Tcnを乗じて算出する。

$$Vp = Vt \times Nc \times Tcn$$

Vp : 丸太生産量

Vt : 造材可能材積

Nc : 間伐本数

なお、これを具体的な調査結果から算出する方法を資料として文末に例示する。

図-3のように採材率は胸高直径18cmを境にそれ以上は一定になる傾向があるが、それ以下になると急激に低下している。平均胸高直径が18cmとしても、林内には採材率の異なる木が混在しており、過去にどのような除間伐が行われたかによって直径分布は大きく異なる可能性がある。

そこで、資料に例示したように平均値を用いて算出するのではなく、事前調査時に直径階別本数と直径階別平均樹高を求め、これによって計算すれば、間伐対象全体の平均値を用いたものより正確な値が推定できる。

III. 相対幹曲線式の検討

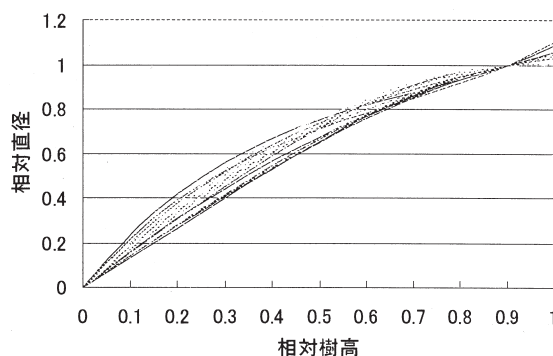


図-6 サンプル調査した各立木の相対幹曲線

「立木評価の手引き」において岡山県北部4か所17サンプルの立木の細りが調査されているので、これを用いてサンプル間のばらつきや、今回使用した鈴木ら(1999)の相対幹曲線式との適合度を検討した。

表-7にサンプルの計測結果を示す。この各サンプルについて適合する3次の幹曲線式を最小二乗法により求めた。なお、これらの計算は表計算ソフト「エクセル2000」の近似曲線の作成機能を用いた。この結果を相対幹曲線で表したものを図-6に示す。

また、この17サンプルの各相対直径の平均値（相対樹高0.1刻み）から求めた相対幹曲線式と今回の試算に用いた鈴木ら（1999）の相対幹曲線式を比較したところ図-7に示すとおり、ほとんど差がないものであった。

しかし、図-6のとおり、各サンプルごとの幹曲線にはばらつきがあり、最も大きいところは相対樹高0.3（梢端から樹高の30%下部）で相対直径 0.466 ± 0.051 （平均値±標準偏差）であった。これはこの相対幹曲線式を用いた場合、たとえば樹高15m、胸高直径24cm程度の林分を調査すれば10.5mの高さの部分の直径で推定値と実測値の差が±1.2cmの範囲に約2/3のものが入るということを示している。

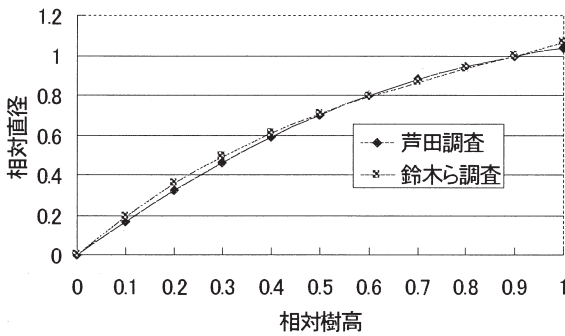


図-7 相対幹曲線式の比較

これは少数のサンプルからの推定例であるが、利用率の推定に単一の相対幹曲線式を用いた場合はこのような誤差は必ず生じるものである。更に適合度を高くするには、対象林分において何本かのサンプルを伐倒し、細りのデータを収集しこれから相対幹曲線式を求め、前述の方法により計算に必要な各種数値を求める必要がある。また、どのような林分を同一の相対幹曲線で扱えるかについては調査例も少なく、この点は今後の課題である。

しかし、伐倒調査に多くの労力をかけて相対幹曲線式の精度向上を図っても、例示した調査法では曲がりや病虫害による利用率低下の推定誤差の方がはるかに大きいため意義があるか疑問である。今後は、これらの要因による推定誤差が利用率推定に及ぼす寄与率を明らかにし、省力的で高精度の利用率推定ができる調査法を研究する必要がある。

IV. おわりに

採材率については相対幹曲線式を用いて目安となるものを示すことができたが、曲がりや病虫害による切り捨てについては林分によって大きく状況が異なり標準的な指標を示すことができなかった。

一般的に間伐は不良木を対象にするので、間伐を進めて立木本数が少なくなれば、形質の良い立木が多くなると考えら

れるが、表-6の調査例が示すとおり、例外も多く一般的な傾向とは言えなかった。

このため、利用率の把握にはプロット調査による現状把握が不可欠である。そこで、どのような方法でこれを行えばよいか調査例を文末に記載した。

なお、相対幹曲線式に用いたパラメーターについては他の調査例からの引用であり、地域の実情にあったものを用いる必要がある。

相対幹曲線式は梶原（1987）が指摘するようにこれまで別々に検討作成されてきた細り表と林分材積表を一つの考え方で統一的に扱うこと、40年生以上では相対幹形が安定してくることなど、長伐期施業にとって有利な要素があるのでさらに検討を進めたい。今後は省力的で高精度の利用率推定や、スギの利用率推定の研究を進める予定である。

引用文献

芦田素廣ら（1998）：立木評価の手引き，70pp，岡山県農林水産部林政課・岡山県林試
 家原敏郎（1998）：ヒノキ林の利用材積と素材価格の推定に関する検討，日林論100:157-160
 梶原幹弘（1987）：相対幹形とその幹材積推定への利用に関する研究(VIII)，日林誌69巻1号1-9
 鈴木善郎・野上啓一郎（1999）：長伐期に対応するスギ及びヒノキ細り表，静岡県林技セ研報27: 9-21
 高田和彦（1987）：可変利用最小径と丸太長に対するスギの利用材積推定システム，日林誌69巻6号:232-235

参 考

相対高さの近似解を求めるプログラム例

樹高を0.0001刻みで増加させて相対直径を求め、これが目的の相対直径±0.0001以内であれば近似解とするニュートン法によるBASICプログラム。

相対幹曲線式には適用できますが、すべての3次式に適用できるものではありません。

h = (樹高)
 d = (胸高直径)
 ld = (目的位置の直径)
 tgy = ld/d (目的位置の相対直径)
 i = 0

```
While Not (y > (tgy-0.0001) And y < (tgy+0.0001))
  x = (1-i/h)
  y = 1.84028 * x - 1.49254 * x^2 + 0.58931 * x^3
  i = i + 0.00001
```

```
Wend
Print "樹高      =", h
Print "胸高直径  =", d
Print "目的の直径 =", ld
Print "相対樹高   =", x
Print "相対直径   =", y
Print "樹高      =", i
end
```

表-1 直径10cm以上の樹幹部分の長さ (m)

胸高直径 cm	相対高さ	樹高 (m)							
		10	12	14	16	18	20	22	24
12	0.175	1.75	2.10	2.45	2.80	3.15	3.50	3.85	4.20
14	0.370	3.70	4.44	5.18	5.92	6.66	7.40	8.14	8.88
16	0.494	4.94	5.93	6.92	7.90	8.89	9.88	10.87	11.86
18	0.577	5.77	6.92	8.08	9.23	10.39	11.54	12.69	13.85
20	0.636	6.36	7.63	8.90	10.18	11.45	12.72	13.99	15.26
22	0.681	6.81	8.17	9.53	10.90	12.26	13.62	14.98	16.34
24	0.715	7.15	8.58	10.01	11.44	12.87	14.30	15.73	17.16
26	0.743	7.43	8.92	10.40	11.89	13.37	14.86	16.35	17.83
28	0.765	7.65	9.18	10.71	12.24	13.77	15.30	16.83	18.36
30	0.784	7.84	9.41	10.98	12.54	14.11	15.68	17.25	18.82
32	0.800	8.00	9.60	11.20	12.80	14.40	16.00	17.60	19.20

表-2 3 m材がとれる本数

胸高直径 cm	相対高さ	樹高 (m)							
		10	12	14	16	18	20	22	24
12	0.175	0	0	0	0	0	1	1	1
14	0.370	1	1	1	1	2	2	2	2
16	0.494	1	1	2	2	2	3	3	3
18	0.577	1	2	2	2	3	3	4	4
20	0.636	2	2	2	3	3	4	4	4
22	0.681	2	2	3	3	3	4	4	5
24	0.715	2	2	3	3	4	4	5	5
26	0.743	2	2	3	3	4	4	5	5
28	0.765	2	2	3	3	4	5	5	6
30	0.784	2	3	3	4	4	5	5	6
32	0.800	2	3	3	4	4	5	5	6

注) 算出は表-1の樹幹部分を根株及び余尺分として根本から0.3m除き, 3.0mに玉切って得られる丸太本数で, 3.0m以下のものは除いたもの。

表-3 立木1本当たりの造材可能材積 (m³)

胸高直径 cm	樹高 (m)							
	10	12	14	16	18	20	22	24
12	0	0	0	0	0	0.030	0.030	0.030
14	0.030	0.030	0.036	0.036	0.066	0.066	0.066	0.066
16	0.036	0.043	0.073	0.087	0.087	0.117	0.124	0.130
18	0.051	0.081	0.095	0.102	0.140	0.146	0.183	0.191
20	0.089	0.102	0.110	0.164	0.179	0.209	0.223	0.238
22	0.113	0.128	0.166	0.179	0.225	0.269	0.276	0.314
24	0.120	0.156	0.192	0.225	0.263	0.299	0.375	0.389
26	0.148	0.179	0.240	0.276	0.312	0.345	0.414	0.464
28	0.179	0.197	0.293	0.301	0.385	0.451	0.482	0.520
30	0.204	0.272	0.301	0.400	0.441	0.504	0.566	0.624
32	0.222	0.306	0.352	0.461	0.504	0.581	0.652	0.713

注) 算出は表-1の樹幹部分を根株及び余尺分として根本から0.3m除き, 3.0mに玉切ったとして各丸太の末口径を求め, 日本農林規格の計算法(末口二乗法, 材径14cm未満は1cm, それ以上は2cm活約)により材積を求めた。下図に表中に枠で示した胸高直径18cm, 樹高12mの計算例を模式的に示す。

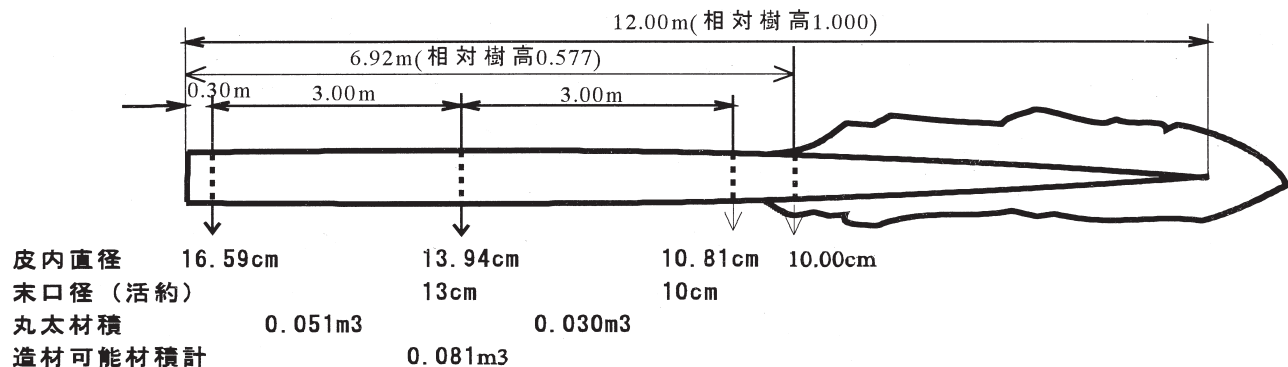


表-4 ヒノキの立木幹材積表 (近畿, 中国, 石川, 福井地方)

胸高直径 cm	樹高 m							
	10	12	14	16	18	20	22	24
12	0.06	0.07	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16
14	0.08	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.19	0.21
16	0.10	0.12	0.15	0.17	0.19	0.22	0.24	0.27
18	0.13	0.15	0.18	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33
20	0.15	0.19	0.22	0.26	0.29	0.33	0.37	0.40
22	0.18	0.22	0.26	0.31	0.35	0.39	0.43	0.48
24	0.21	0.26	0.31	0.36	0.41	0.46	0.51	0.56
26	0.25	0.30	0.36	0.42	0.47	0.53	0.59	0.65
28	0.28	0.35	0.41	0.48	0.54	0.61	0.68	0.75
30	0.32	0.39	0.47	0.54	0.62	0.69	0.77	0.85
32	0.36	0.44	0.52	0.61	0.69	0.78	0.87	0.95

注)「立木幹材積表-西日本編-」日本林業調査会による

表-5 胸高直径・樹高別の推定採材率 (%)

胸高直径 cm	樹高 (m)							
	10	12	14	16	18	20	22	24
12	0	0	27	24	22	23	21	19
14	0	30	30	46	44	39	35	43
16	36	36	49	51	58	53	52	57
18	39	54	53	60	58	54	61	58
20	59	54	50	63	62	63	60	66
22	63	58	64	58	71	69	70	65
24	57	60	62	63	64	65	74	69
26	59	60	67	66	66	65	70	71
28	64	56	71	63	71	69	71	65
30	64	70	64	74	71	73	74	73
32	62	70	68	76	73	74	75	75

注)採材率は表-3の材積と表-4の立木幹材積から求めた。

表-7 比較検討対象木の細り (樹高別の皮付き直径 樹高m, 胸高直径cm)

サンプル名	新見-1	新見-2	新見-3	奈義-1	奈義-2	奈義-3	奈義-4	奈義-5	加茂-1	加茂-2	新庄-1	新庄-2	新庄-3	新庄-4	美甘-1	美甘-2	美甘-3
樹齡	46	46	46	30	30	30	30	30	40	40	41	41	41	41	34	34	34
樹高	14.9	16.6	19.6	12.5	13	14.5	13.7	14.9	16.7	17	14.8	15.6	15.6	17.4	10.9	13.7	14.3
1.0	11.2	18.0	29.0	20.4	17.2	23.9	19.1	21.3	18.6	21.4	19.4	17.8	22.9	23.9	16.9	21.3	22.9
2.0	10.8	17.4	28.0	19.4	16.2	22.9	18.2	20.7	18.5	21.2	18.5	17.5	21.3	22.9	15.0	21.0	22.3
3.0	10.2	16.8	27.0	17.8	15.3	21.0	17.5	20.1	17.4	20.2	18.2	16.9	21.0	22.3	14.6	20.1	21.3
4.0	10.0	15.6	26.0	16.2	14.0	19.7	16.6	18.8	17.1	19.4	17.8	16.2	20.4	21.3	13.7	17.8	20.1
5.0	9.4	15.4	25.4	15.0	12.7	19.1	15.9	17.8	16.3	18.9	16.9	15.6	19.4	20.7	11.5	17.5	18.5
6.0	8.8	13.8	24.4	14.0	11.8	17.2	14.3	15.6	15.7	17.8	15.6	15.0	18.5	19.7	10.2	15.3	18.2
7.0	8.6	12.8	24.0	11.8	10.5	16.6	13.4	14.3	14.5	17.2	14.3	14.0	17.2	18.2	8.3	13.7	15.9
8.0	7.8	12.6	22.2	10.2	8.9	15.6	12.1	12.7	13.4	16.4	14.0	12.7	15.9	17.5	6.1	12.4	14.0
9.0	7.2	12.0	21.8	8.0	7.3	12.4	10.2	11.1	12.7	14.7	12.1	12.4	14.0	15.9	3.8	10.2	12.4
10.0	6.4	11.3	21.2	5.1	5.1	10.5	7.3	9.6	12.0	13.3	10.2	10.5	12.4	14.6	1.6	8.0	11.5
11.0	6.2	10.3	18.8	2.9	3.2	8.3	5.1	7.6	11.3	12.2	8.0	9.6	10.5	13.7	0.0	5.7	7.6
12.0	4.6	9.0	17.6	0.8	1.6	5.7	2.9	5.4	9.1	10.3	5.7	8.0	8.6	11.5		3.5	5.1
13.0	3.0	7.3	15.4	0.0	0.0	3.5	1.1	3.2	8.0	7.8	3.5	5.4	5.4	10.8		1.3	2.5
14.0	1.4	5.3	13.6			1.6	0.0	1.3	5.4	5.7	1.9	3.2	3.2	7.6		0.0	1.3
15.0	0.0	3.4	11.0			0.0		0.0	3.1	3.7	0.0	1.0	0.6	5.1			0.0
16.0		1.2	8.8						1.0	1.4		0.0	0.0	2.9			
17.0		0.0	6.8						0.0	0.0				0.5			
18.0			4.0											0.0			
19.0			1.0														
20.0			0.0														

注)「立木評価の手引き」芦田ら, 平成11年3月からの転載

標準地法による利用率予測調査の例

1 調査方法

4 mの棒を用いた半径4.0mの円形プロット（面積50m²）による簡易算出法を4か所で実施した。

（調査プロット数は対象面積，必要な精度等によって調整すること）

3 m材のみを生産するものとして予測する。直径階別のデータを用いず平均値による大まかな予測を行う。

2 調査結果（野帳）

調査木番号	胸高直径	樹高	樹幹の形質
1	16		V
2	14		V
3	14		△
4	18	16.0	V
5	18		V
6	20	17.0	△
~~~~~			
25	18		V
26	18		×
27	22	16.5	V
平均	20.4	16.3	

樹幹の形質	本数
正常木：チェックマーク V	18
一部切り捨て木：△	6
採材不能木：×	3

### 3 生産材積の予測

立木密度  $\frac{\text{円内の合計本数} \times 200}{\text{調査円の数}} = \text{ha当たりの成立本数}$   
 $\frac{27}{4} \times 200 = 1,350 \text{ (本/ha)}$

正常木率  $\frac{18}{27} = 66.7\%$   
 一部切り捨て木率  $\frac{6}{27} = 22.2\%$   
 採材不能木率  $\frac{3}{27} = 11.1\%$

表-2より 立木1本当たりの丸太採材本数は3本である。

$$\begin{aligned} \text{換算正常木率} &= \text{正常木率} + \text{一部切り捨て木率} \times \left( \frac{\text{採材玉数} - 1}{\text{採材玉数}} \right) \\ &= 66.7 + 22.2 \times (2/3) \\ &= 81.5 (\%) \end{aligned}$$

表-3より 根曲がりほとんどないので，樹高，胸高直径はそのまま用いる。  
 胸高直径20cm，樹高16mの場合立木1本当たりは 0.164m³ となる。

この間伐対象林で本数間伐率40%の列状間伐を実施したとすれば間伐本数は

$$1,350 \text{本/ha} \times 40 / 100 = 540 \text{本/ha}$$

利用材積 = 造材可能材積 × 間伐本数 × 換算正常木率

$$\begin{aligned} &= 0.164 \times 540 \times (81.5 / 100) \\ &\doteq 72.2 \text{ (m}^3\text{)} \end{aligned}$$

よって，この間伐によってha当たり約72.2m³の材が生産できると予測される。

利用率は表-4から立木幹材積を求めこれと1本当たりの平均利用材積から約46%となる。

$$0.134 \text{m}^3 / 0.29 \text{m}^3 \doteq 0.462$$