

## 間伐材の生産費低減に関する調査研究

誌名	福島県林業試験場研究報告 = Bulletin of the Fukushima Prefectural Forest Experiment Station
ISSN	09101179
著者	荒井, 賛 大久保, 圭二
巻/号	22号
掲載ページ	p. 101-137
発行年月	1989年11月

## 間伐材の生産費低減に関する調査研究

(パソコンによるスギ林の間伐経費計算プログラムの試み)

造林経営部 専門研究員 荒 井 賛  
研 究 員 大久保 圭 二

### I はじめに

間伐の普及を進めて行くなかで、対象林分の経営目標に即した間伐必要量等の把握、間伐された材の最も有利な採材方法、さらには、これらの材の最も安全かつ安価な搬出方法及びその経費等について速やかな回答を必要とする場合が少なくない。

このため、間伐経費の速算表の作成が要請されたが、各種環境に対応した速算表は煩雑になるのでパソコン・プログラム(BASICによる)を作成し各環境の情報を入力することにより求めるデータを計算表示させることとした。

プログラムの作成に際し既往の文献の算定方法をそのまま活用し、あるいはそれらの数表から回帰式を求め活用したところが極めて多い。

筆者らは林業機械やパソコンのプログラムについては全く浅学であり、誤った部分が多々あると思われるがその節はご指摘をいただき修正していきたいと考えている。

### II プログラムの概要

#### 1. プログラム言語

プログラムの作成はPC-9801、N88-H日本語BASIC(86)を用いたが、MSXやホケットコンピュータ等の容量の小さな機種にも容易に移植できるよう一般的なコマンド、関数に止め、また、各セクションも単独で動くようにした。

用いた主なBASIC用語は

(一般命令)

DEFDBL、DIM、END、GOSUB、GOTO  
IF...THEN~ELSE、IF...GOTO~ELSE  
ON...GOSUB、ON...GOTO、REM、RETURN

(テキスト画面制御)

CLS、PRINT、PRINT USING

(算術関数)

EXP、INT、LOG、SQR

(文字列操作)

VAL

(キー制御)

INPUT、INKY\$

(プリンタ制御)

LPRINT、LPRINT USING

等である。なお、コンピューターのメモリの都合上GOSUB文は極力少なくした。

## 2. プログラムの流れの概要

プログラムの流れの概要は図-1に示すとおりである。これらはオートスタートの実行できるフロッピーディスク上に3つのプログラム("K-0"、"K-1"、"K-2")としてSAVEされ、それぞれのプログラムはLOAD文により連結されている。

なお、各セクションのプログラムはON...GOTO文により連結されている。

## 3. 各セクションの概要

(プログラム-a)

初期画面で、間伐対象地の位置の入力を行う。これにより、今後の材積計算式や生長曲線式等の係数に対する選択肢を決定する。

(プログラム-b)

林分測定野帳の集計を行うもので、毎木調査の生データを入力することにより、材積、平均樹高、平均胸高直径、林分密度等間伐に必要な数値を算出する。

(プログラム-c)

間伐対象林分の地位指数、現在の収量比数を算出するとともに、適当と思われる経営目標を表示する。また、経営目標に応じた収量比数を入力することにより間伐必要量を算出表示する。

(プログラム-d)

伐木造林にかかる経費を求めるもので、間伐対象木の胸高直径別本数、林地の状態、賃金単価、使用機種等の情報を入力することにより算出する。

(プログラム-e)

伐採木の有利な採材を検討するもので、木材市況等を参考にした各規模の素材単価をもとに、各種樹高、胸高直径、形状の伐採木に対し根元部から順次採材長を入力することによりその材の市況価格を表示する。

採材長を適宜変えて入力し、その材の単価が最も高くなる採材方法を検討する。

(プログラム-f)

間伐対象地の面積、傾斜度、搬出距離、搬出材積、材の大きさ等を入力することにより適当と思われる搬出手段、作業員構成、機種を表示する。

搬出手段として「簡易索張り」「モノケーブル」「自走式搬器」「林内作業車(ホイールタイプ)」「林内作業車(クローラータイプ)」「モノレール」「ウィンチ」「人工修羅」「人力」「畜力」「農用機械(耕運機)」「農用機械(トラクター)」を取り上げた。

(プログラム-g)

間伐材の搬出にかかる経費を算出するもので、(プログラム-g)により選出された搬出法から適当と思われるものを選定し、賃金単価、使用機材の価格、燃料費等を入力することにより経費を求める。

木寄せや作業路の設置を必要とする場合には(プログラム-h)、(プログラム-i)を用い一括

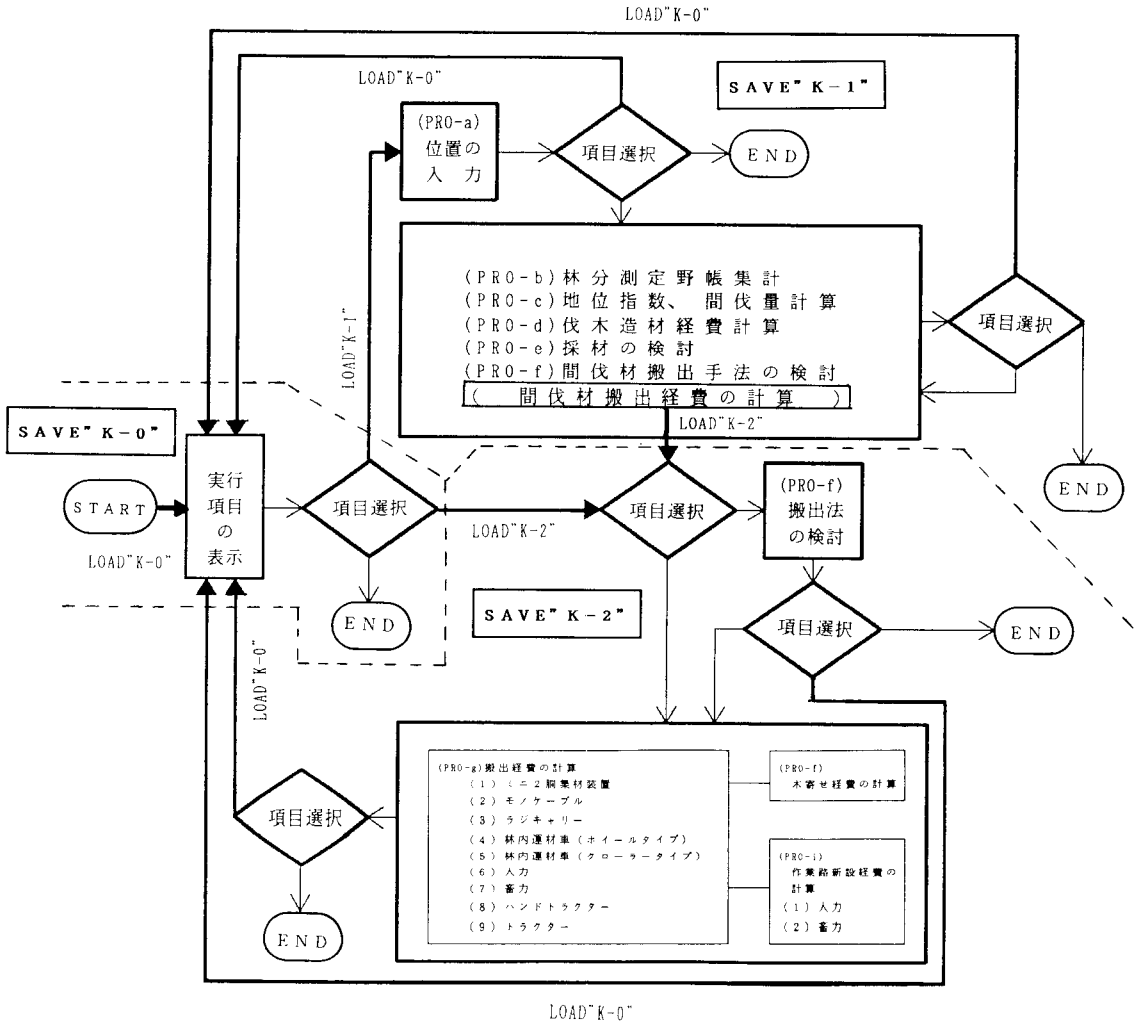


図-1 プログラムの流れの概要

計算する。

なお、「モノレール」「ウィンチ」「人工修羅」についてはプログラムを作成するのに必要な適当な資料が見つからないので割愛した。

(プログラム-h)

木寄せにかかる経費を求めるもので、木寄せを必要とする材積、平均木寄せ距離、林床や斜面の状態、賃金単価等を入力することにより経費を算出する。

(プログラム-i)

作業路の新設経費を算出するもので、木馬道以外は何れも幅員 1.8 m のデルピス道を人力で設置する場合の経費と同等と仮定し求める。

木馬道の場合は種類別(土道、桁栈道、片栈道、全栈道)に設定距離を入力し人力で設定する場合の経費を計算する。

なお、これらには資材費を含んでいない。

### Ⅲ プログラム作成の基本的な考え

#### 1. 地域区分

林木の生育を考えていく場合、精度を上げるためには地域区分が有効な手段となるが、本県のスギについては一般林業地区、東南林業地区、会津地区の3地域に区分される。

これらは、それぞれ ITI = 1、2、3 (1:一般林業地区、2:東南林業地区、3:会津地区)とし、幹材積の計算式、生長曲線式の選択を行う。

#### 2. 調査野帳の集計

##### (1) 標準木調査からの樹高曲線式の作成

標準木の胸高直径と樹高を順次入力し、最小2乗法により回帰式を求めるが、回帰式として

$$H = a \cdot D^b$$

式中、H:樹高(m)

D:胸高直径(cm)

a、b:係数

を用いることとする。

##### (2) 毎木調査の集計

胸高直径とその本数を順次入力する。樹高は前述で求めた樹高曲線式により、また、単木幹材積は<sup>1)2)</sup>

$$\log V = a + b \log D + c \log H$$

式中、V:単木幹材積(m<sup>3</sup>)

D:胸高直径(cm)

H:樹高(m)

a、b、c:係数(表-1参照)

表-1 単木幹材積求積式係数

地域区分	直径範囲 (cm)	a	b	c
一般林業地区	6~20	-4.26049	1.77199	1.11782
	22~30	-4.35146	1.75408	1.21073
	32以上	-3.985061	1.724489	0.972313
東南林業地区	6~30	-4.28649	1.77510	1.13788
	32以上	-4.288909	1.642209	1.285170
会津地方	4~20	-4.28740	1.80698	1.09942
	22以上	-4.23359	1.66668	1.20700
一般式	$\log V = a + b \cdot \log D + c \cdot \log H$			

を用いることとする。

調査が上層木と下層木に分けて行われている場合は、それぞれについて計算を行う。

上層木と下層木の集計結果は平均胸高直径 (cm)、平均樹高 (m)、総本数 (本)、平均幹材積 (m<sup>3</sup>)、総材積 (m<sup>3</sup>) について表示し、林分全体については林齢 (年)、面積 (ha)、上層木平均樹高 (m)、平均胸高直径 (cm)、林分密度 (本/ha) について表示する。

### 3. 地位指数、収量比数、経営目標、間伐量の検討

#### (1) 地位指数および地位

地位指数は林齢と上層木平均樹高を「齢階別、地位級別樹高曲線<sup>3)4)</sup>より求めた式

$$Q = (0.4269 + 22.7025/A) \cdot H \dots\dots(1)$$

$$Q = 29.24/A^{0.93} \cdot H \dots\dots(2)$$

式中、Q：地位指数

A：林齢 (年)

H：上層木平均樹高 (m)

① 式は一般、東南林業地区

② 式は会津地方

に当てはめ算出する。

なお、地位指数と地位の関係は表-2による。

#### (2) 収量比数

収量比数は「林分密度管理図<sup>5)6)</sup>」の説明欄にある次式

$$V = (a \cdot H^b + c \cdot H^d / N)^{-1}$$

$$HF = e + f \cdot H + g \cdot \sqrt{N} \cdot H / 100$$

$$G = V / HF$$

$$dg = 200 \sqrt{G} / (\pi / N)$$

$$D = h + i \cdot Dg - j \sqrt{N} \cdot H / 100$$

$$Ry = V / VRf \quad (Ry = Vc / VRf)$$

$$VRf = (a \cdot H^b + c \cdot H^d / NRf)^{-1}$$

$$NRf = 10k / H^l$$

$$Vc = V \cdot (D/d)^2$$

式中、V：ha当たり材積

H：上層樹高

N：ha当たり本数

HF：林分形状高

G：ha当たり断面積

Dg：断面積平均直径

D：平均胸高直径

Ry：収量比数

VRf：最多密度におけるha当たり材積

NRf：最多密度におけるha当たり本数

表-2 地位指数と地位

地位	地位指数の範囲 (m)		備 考
	中浜通り地方	会 津 地 方	
1	~23.9	~24.2	中浜通り地方とは一般林業地区 東南林業地区を指す。 指数は30年生時の樹高
2	23.9~21.3	24.2~22.0	
3	21.3~18.8	22.0~19.8	
4	18.8~16.3	19.8~17.6	
5	16.2以下	17.6以下	

D : 実測平均胸高直径

Vc : 補正した材積

a~l : 係数 (表-3 参照)

(3) 経営目標

経営目標は算出した地位により一般的な内容を表示する。

ここでは、表-4<sup>3)4)</sup>を対応させる。

(4) 間伐量の計算

間伐量は経営目標を達成するために必要な密度管理を考慮し、適正な収量比数を設定する。

現実林分との差を間伐材積とするが、間伐本数、間伐材積は次式により求める。

$$V_2 = Ry_2 \cdot V_{Rf}$$

$$V_c = V_1 - V_2$$

$$N_2 = c \cdot H^d /$$

$$(1/V_2 - a \cdot H^b)$$

$$N_c = N_2 - N_1$$

表-3 収量比数計算式の係数

係数	中浜通り地方	会津地方	備考
a	0.057326	0.060047	中浜通り地方とは一般林業地区 東南林業地区を指す。
b	-1.38938	-1.35234	
c	6475.3	3743.3	
d	-2.90221	-2.82483	
e	0.723894	0.667196	
f	0.410411	0.387485	
g	0.15519	0.189976	
h	-0.113656	-0.382224	
i	0.995045	0.986197	
j	-0.057512	0.000000	
k	5.33888	5.29374	
l	1.51283	1.47249	

式中、Ry<sub>2</sub> : 間伐後 (目標とする) 収量比数

N<sub>1</sub> : 間伐前の本数

V<sub>Rf</sub> : 最多密度におけるLa当たり材積

N<sub>2</sub> : 間伐後の本数

V<sub>1</sub> : 間伐前の材積

N<sub>c</sub> : 間伐本数

V<sub>2</sub> : 間伐後の材積

H : 上層樹高

V<sub>c</sub> : 間伐材積

a~d : 係数 (表-3 参照)

表-4 地位別経営目標

地位	中浜通り地方	会津地方	備考
1~2	長伐期 (70~80年) 優良材の生産	長伐期 (80年) 優良材「造作材、柱材」の生産	中浜通り地方とは一般林業地区 東南林業地区を指す。
3	長伐期 (70~80年) 優良材または一般材 (60年) の生産	中伐期 (80年) 優良材または一般材「無節の柱材」の生産	
4~5	中伐期 (40~50年) 優良材または一般材の生産	中伐期 (50年) 優良材または一般材「節ある柱材」の生産	

#### 4. 伐木造材にかかる経費

間伐木の胸高直径と本数を順次入力し、前述の樹高曲線式、幹材積計算式より樹高と材積を求める。

間伐にかかる伐木造材の工期は伐採木の大きさにより異なるが、これについては「伐木造材工期標準表（スギ）」<sup>7)</sup>をもとに作成した下記の標準工期の算定式により求める。

$D < 7$ 、 $H < 5$  のとき

$$K = 0.2$$

$7 < D < 9$  のとき

$$K = 0.1127 \cdot H - 0.36361$$

$9 \leq D < 11$  のとき

$$K = 0.2016 \cdot H$$

$11 \leq D < 13$  のとき

$$K = 0.2146 \cdot H - 0.909$$

$13 \leq D$  のとき

$$K = 0.215358 \cdot H + 0.334651 \cdot D - 4.6373$$

式中、 $D$ ：胸高直径（cm）

$H$ ：樹高（m）

$K$ ：伐木造材量

（ $\text{m}^3/\text{日}/\text{人}$ ）

なお、胸高直径の材の材積を  $V1$ （ $\text{m}^3$ ）とすれば、これらの伐木造材に必要な作業員数（ $K0$ ）は

$$K0 = V1 / K$$

であり、間伐木全体の伐木造材に必要な「標準作業員数」は全ての胸高直径にかかる総和で求める。

伐木造材の工期を左右する外的要因としては、傾斜度、地表植生、間伐率、チェーンソー排気量を考慮する。

間伐率補正は

$$KH = (0.651247 + 3.73161 / 10^3 \cdot P) \cdot 200$$

式中、 $KH$ ：間伐率補正

$P$ ：間伐率（%）

により求めるが、その他は表-5による。

表-5 伐木造材補正係数

林地傾斜度補正係数（KAHO）

傾斜度	20°以下	20°～30°	30°以下
KAHO	1.05	1.00	0.90

地表植生補正係数（SYOHO）

地表植生の状態	用具を持ち歩行するに支障がなく、かつ根際の支障木は僅少で作業に支障を感じない程度	小柴、灌木類等の発生はあるが普通の状態では用具を持ち歩行するのに支障を感じない程度	マネガリダケ等の高さ1.5m以上笹類の密生地等で用具を持ち歩くに支障が大きく若干刈り払いを必要とする程度
SYOHO	1.05	1.00	1.09

チェーンソー排気量補正係数（CHNHO）

排気量	50cc以下	50cc～80cc	80cc以上
CHNHO	0.95	1.00	1.05



最終的に必要な総作業員数は先の標準作業員数にこれらの補正係数を乗じて求める。

次に経費については賃金、機械損料、燃料費の総和として求めるが、賃金は総作業員数に賃金単価を乗じ、機械損料はチェーンソーの購入価格に表-6の1日当たりの損料率及び総作業員数を乗じ、燃料費は1日当たりの燃料消費量、総作業員数、及び燃料の単価を乗じて求める。

なお、切り捨て間伐で、伐倒のみを行う場合は25%、枝払いも実施する場合は90%を計上することとする。

表-6 機械損料率

機 械 名	規 格	1 耐用時間 (時間)	2 年間稼働 時 間 (時間)	3 年間稼働 日 数 (日)	4 残存率 (%)	5 修理整 備費率 (%)	6 年間管 理費率 (%)	1 時 間 当 た り の 損 料 率				1 日 当 た り の 損 料 率 (%)			
								7 償却費率 0.9 1 (%)		8 修理整備費率 5 1 (%)			9 管理費率 6 2 (%)		10 計 7 + 8 + 9 (%)
								0.9	1	5	1		6	2	
集材機		4.000	667	111	0.1	0.50	0.050	0.0225	0.0125	0.0074	0.0424	0.2544			
ウィンナ	ミニ2割	1.800	600	100	0.1	0.50	0.050	0.0500	0.0278	0.0083	0.0861	0.5166			
トラクタ	8 t	6.000	1,200	200	0.1	1.05	0.065	0.0150	0.0175	0.0054	0.0379	0.2274			
	6 t	5.500	1,100	183	0.1	1.00	0.065	0.0164	0.0183	0.0059	0.0403	0.2418			
	3 t	4.500	900	150	0.1	0.85	0.050	0.0200	0.0188	0.0072	0.0460	0.2760			
デルス	16 PS	1.800	600	100	0.1	0.60	0.050	0.0500	0.0333	0.0083	0.0916	0.5496			
リウシン号		1.800	600	100	0.1	0.60	0.050	0.0500	0.0333	0.0083	0.0916	0.5496			
キャット		1.800	600	100	0.1	0.60	0.050	0.0500	0.0333	0.0083	0.0916	0.5496			
ハンドトラクタ		3.600	600	100	0.1	0.30	0.050	0.0250	0.0083	0.0083	0.0416	0.2496			
サルキ		5.000	1,000	167	0.1	0.20	0.050	0.0180	0.0040	0.0050	0.0270	0.1620			
ランキョリ		3.600	600	100	0.1	0.35	0.050	0.0250	0.0097	0.0083	0.0430	0.2580			

5. 有利な採材の検討

素材の規格は多種多様であるが、ここでは表-7の規格に限定し検討することとし、各規格の価格は木材市況等を参考に1㎡当たりの価格を入力するものとする。

伐採木の細りについては「相対幹曲線式」を利用するものとする。

相対幹曲線式とは樹高を1、梢端から0.9の位置の半径を0.5とした時の関係を3次式

$$y = a \cdot x + b \cdot x^2 + c \cdot x^3$$

式中、 x : 梢端からの相対長さ (0~1)

y : 梢端から x の位置の相対半径

a~c : 係数

で表したもので、現実樹高、胸高直径に変換し各部位の半径を求める。係数 a、b、c は地域により異なり適切なものを求めておく必要があるが、ここでは大隅の求めた式<sup>8)</sup>より

(うらごけ材) a = 1.0295、 b = 0.9434、 c = 0.4631

(やや完満材) a = 1.3807、 b = 1.8316、 c = 1.0164

表-7 採材規格

材 長	末 口 径
1.80 m	16 cm 以上
3.00 m	3 ~ 13 cm
3.00 m	14 cm 以上
3.65 m	18 cm 以上
4.00 m	3 ~ 9 cm
4.00 m	10 cm 以上

(完満材)  $a = 1.5487$ 、 $b = 2.0488$ 、 $c = 1.0503$

を用いることとする。

根元部より順次規格にあった長径を入力することにより末口径、材積、材価を計算させ、何れの材長に対しても規格に対応した末口径が得られなくなった場合はその材からの採材本数、合計金額、利用材積、利用率を表示することとする。

これらは好きなだけ繰り返し計算できるものとし、この中から最も有利な採材を見つけだすこととする。

なお、伐採木の材積は毎木調査で用いた幹材積式を、採材部の材積は末口2乗法を用いることとする。

## 6. 木寄せ経費の算定<sup>7)</sup>

木寄せは搬出手段の施行が可能となるよう造材木を集積する作業と解され、一部木寄せと搬出とが同時的に行われ、木寄せ経費の積み上げを必要としない場合もあるが、多くは木寄せと搬出を別途に計算する必要がある。

木寄せの標準工期は

$$KO = (0.12003 + 2.18735 / 1000 \cdot KL)^{-1}$$

式中、KO：標準工期 (m<sup>3</sup>/日/人)

KL：平均木寄せ距離 (m)

とし、補正は林床の植生の状態、傾斜度の2種とし、それぞれの補正係数は表-8を用いる。

なお、搬出経費を計算する際に木寄せ経費も求める必要がある場合は、このプログラムを用いることとする。

## 7. 間伐材搬出方法の選定

間伐材の生産費の低減を図る上で最も重要な点は、如何に安価で安全な搬出法を採用するかである。

搬出方法には架線、車両、滑落構造物、人力、畜力等を利用した様々なものがあるが、搬出方法の選定にあたっては、対象地の環境に適合したものでなければならない。

搬出手段の制限要因として主なものには搬出材積、搬出距離、搬出材の大きさ、搬出路の勾配、集材面積等があげられる。

今回はこれらの基準として表-9を用い、これらを全てクリアーしたものを適性(使用可能)手段として表示することとした。<sup>7)9)</sup>

## 8. 搬出方法による間伐材搬出経費の算定

### (1) 計算手順の概要

間伐経費は

$$\text{総経費} = \text{賃金} + \text{機械損料} + \text{運転経費}$$

として求め、労災保険、その他諸経費については考慮しない。

表-8 木寄せ補正係数  
傾斜度補正係数 (KSH)

斜面の状態	下げ荷	上げ荷		
		10°以下	10～20°	20°以上
KSH	0.7	0.9	1.0	1.1

地表植生補正係数(表-5に同じ)

表-9 搬出手段の検索

搬出手段	傾斜度(度)	搬出距離(m)	最大幹材積(m³)	搬出量(m³)	集材面積(m²)
簡易索張り	-	150以下	0.3未満	100未満	1未満
モノケーブル	25未満	100以上	0.6未満	80以上	-
自走式搬機	25未満	250~1000	0.1以上	30以上	6未満
林内運材車(ホイール)	25未満	250未満	-	-	6未満
林内運材車(クロラ)	25未満	100~700	0.1~0.6	-	6未満
モノレール	15~25	100~400	0.3未満	-	3未満
ウィンチ	-	100未満	0.3未満	-	1未満
修羅	20以上	100未満	0.3未満	-	1未満
人力	15以上	200未満	0.6未満	30未満	3未満
畜力	15~25	100~700	0.1~0.3	100未満	3未満
耕運機	10未満	-	0.3未満	100未満	3未満
トラクター	15~25	700未満	0.6未満	-	6未満

賃金(人件費)は、搬出材積に対し、標準工期に各補正係数を乗じ補正したものにより、搬出に必要な作業員数、作業日数を算出し賃金単価を乗じ求める。

機械損料は機械購入費に表-6の1日当たりの損料率及び作業日数を乗じて求める。

運転経費には、燃料費と消耗機材費を含む。

なお、通勤(往復の時間)に対する補正は

$$TUHO = 1 - 0.0021 \cdot T$$

式中、TUHO: 通勤補正係数

T: 通勤(往復)時間(分)

とし、標準工期に乗ずる。

(2) 搬出方法別計算内容

1) 簡易索張り

ミニ2胴ウィンチを用いた場合の経費とし、標準作業員編成は、機械集材夫1名、人力集材夫1名の計2名とし算出する。

標準工期は

$$z = (17.5 - 0.28 \cdot XL)$$

$$k = 1.00063 + 4.54333 \cdot XL$$

なお、

$$Z = z \cdot AS$$

$$K = k$$

式中、z: 1日当たりの基準搬出材積(m³/日)

XL: 搬出距離(m)

k: XLmの架線の架設撤収人数(人)

Z: 1日当たり搬出材積(m³/日)

AS: 傾斜補正係数

K: 架線の架設、張り替え、撤収に要する人数(人)

とする。

傾斜補正は、上げ荷の時 0.7、平坦、下げ荷のときは 1 とする。

2) モノケーブル<sup>7)</sup>

単線循環式軽架線を用いた場合の経費とし、標準作業員編成は、機械集材夫 1 名、人力集材夫 3 名の計 4 名とし算出する。

標準工期は

$$z = 17.3494 - 1.70228 \cdot XL^{0.5}$$

$$k = 4.85714 + 0.0533929 \cdot XL$$

なお、

$$Z = z \cdot AS$$

$$K = k \cdot BS$$

式中、 $z$ 、 $Z$ 、 $k$ 、 $K$ 、 $XL$ ： 1) と同じ

$AS$ 、 $BS$ ：地曳き補正係数

とする。

地曳き補正は

$$\textcircled{1} \quad \text{1点吊りで半地曳きが可能な場合} \quad AS = 1.5$$

$$BS = 0.8$$

$$\textcircled{2} \quad \text{不可能な場合} \quad AS = 1.0$$

$$BS = 1.0$$

3) 自走式搬器<sup>10)</sup>

ラジキャリーを用いた場合の経費とし、標準作業員編成は機械集材夫 2 名として算出する。

標準工期は

$$dv = UK \cdot AV$$

$$AV = 0.0309511 + 4.36384 / 10000 \cdot AH$$

$$UK = (10a / XL^b)$$

$$KT = c + d \cdot KL$$

なお、

$$DV = dv \cdot JK$$

式中、 $dv$ ：1日当たりの標準搬出材積 ( $m^3/日$ )

$AV$ ：1回の積載量 ( $m^3/回$ )

$AH$ ：林分の平均樹高 (m)

$UK$ ：1日当たりの運行回数 (回/日)

$XL$ ：平均搬出距離 (m)

$KT$ ：架線の架設撤収人数 (人)

$a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ ：設定条件による係数

$DV$ ：1日当たりの搬出材積 ( $m^3/日$ )

$JK$ ：林況補正係数

とする。

林況補正は

- (1) 標準作業条件 = 1  
(傾斜角30度以内、荷付け、荷卸作業条件良好)
- (2) 作業条件やや不良 = 0.9  
(傾斜角30度以内であるが、部分的に急斜地があり、荷付け、荷卸し作業に部分的制約を伴う)
- (3) 作業条件不良 = 0.85  
(傾斜角30度以上で、荷付け、荷卸し作業条件に制約を伴う)

とする。

功程計算式のうち設定条件によって変わる係数 a、b、c、d については表-10によるものとする。

4) 林内運材車<sup>2)</sup>

ホイールタイプとしてデルビスまたはリョウシン号をクローラータイプとしてキャタトラを用いた場合の経費を計算する。

標準作業員編成は何れも運転手1名、荷掛け手1名、卸巻き立て手1名の計3名とする。

標準功程は

デルビス

$$f_x = (0.0710043 + 7.95843 \cdot XL / 100000) \cdot 1$$

リョウシン号

$$f_x = (9.95359 - 2.12707 \cdot XL / 1000)$$

キャタトラ

$$f_x = (9.46071 - 5.27381 \cdot XL / 1000)$$

なお、

$$FX = f_x \cdot KXP \cdot KXS \cdot KRO$$

式中、 $f_x$  : 1日当たり標準搬出量 (m<sup>3</sup>/日)

XL : 平均搬出距離 (m)

FX : 1日当たり搬出量 (m<sup>3</sup>/日)

表-10 ラジキャリアー標準功程係数  
搬出標準功程式係数

設定条件		平均横取り幅 (m)			
		10		15	
		a	b	a	b
荷上げ索 巻き上げ 高 (m)	10	2.37855	0.507556	-	-
	15	2.34666	0.497015	-	-
	20	-	-	2.27259	0.473231
	25	-	-	2.24791	0.466082
	30	-	-	2.22019	0.454262

架線架設功程式係数

係数	傾斜度 (°)	
	30°未満	30°以上
c	0.7266670	0.840001
d	0.0157212	0.017200

KXP：小径材率補正係数

KXS：傾斜補正係数

KRO：路面補正係数

とする。

小径材率補正は末114cm未満の材の占める材積率による。

路面補正は車両の走行面が

① 平坦もしくは下りの緩傾斜で路面が整備されている状態

② 普通の状態

③ 転石が多いもしくは泥濘状態で走行が困難な状態

に分類、選択する。

なお、各補正係数は表-11を用いることとする。

5) モノレール

適当な資料がないので省略する。

6) ウィンチ

適当な資料がないので省略する。

7) 修 羅

適当な資料がないので省略する。

8) 人 力<sup>7)</sup>

人肩、木馬、雪橇（人力）による搬出経費を算出する。

標準工期は

$$y = (a - b \log XL) \cdot v$$

なお、

$$Y = y \cdot SX$$

式中、 y：1日当たり標準搬出材積（m<sup>3</sup>/日）

a、b：搬出方法別の係数

XL：搬出距離（m）

v：1回の積載量（m<sup>3</sup>）

Y：1日当たりの搬出量（m<sup>3</sup>/日）

SX：傾斜補正係数

各搬出法による係数、積載量および傾斜補正係数は表-12によるものとする。

傾斜については

① 平坦な部分が多く逆勾配がない

表-11 林内運材車補正係数

係 数	搬出の 条 件	機 種			備 考
		デルビス	リョウシ 号	キャ タ ラ	
KXP	50%以上	0.93	0.96	0.89	
	50%未満	1.00	1.00	1.00	
KXS	20°<	0.93	0.96	0.89	
	7~20°	1.00	1.00	1.00	
	7°	1.05	1.07	1.10	
KRO	①	1.05	1.07	0.89	
	②	1.00	1.00	1.00	
	③	0.93	0.96	1.11	

- ② 緩斜地の部分が多く逆勾配がない
- ③ 逆勾配がある

に分類、選択する。

9) 畜力<sup>7)</sup>

牛馬車、馬櫓（畜力雪櫓）、土曳（畜力）による搬出経費を算出する。

標準功程は

$$y = (a - b \log XL) \cdot v$$

なお、

$$Y = y \cdot SX$$

式中、y：1日当たり標準搬出材積 (m<sup>3</sup>/日)

a、b：搬出方法別の係数

XL：搬出距離 (m)

v：1回の積載量 (m<sup>3</sup>)

Y：1日当たりの搬出量 (m<sup>3</sup>/日)

SX：傾斜補正係数

各搬出法による係数、積載量および傾斜補正係数は表-13によるものとする。

傾斜については

- ① 平坦な部分が多く逆勾配がない
- ② 緩斜地の部分が多く逆勾配がない
- ③ 逆勾配がある

に分類、選択する。

10) 農用機械（耕運機）<sup>7)</sup>

耕運機による搬出経費を算出する。

ただし、出材量が少なく、径級も中丸太以下、緩勾配（10°未満）で、農道沿いの場合にのみ利用できるものとし、標準作業員編成は2名とする。

標準功程は

（距離が300m以下の場合）

$$Z = a - b \cdot XL$$

（距離が300mを越える場合）

$$Z = c - d \cdot XL$$

表-12 人力標準功程式係数、積載量、傾斜補正係数

搬出法	標準功程式係数 (m)		積載量 (m <sup>3</sup> )	傾斜補正係数			
	係数	XL ≤ 900		XL > 900	①	②	③
人 肩	a	80.2062	25.8876	0.06	1.00	1.17	0.90
	b	19.1827	5.00486				
木 馬	a	11.7232	2.87042	1.00	1.00	1.20	0.80
	b	14.6211	3.81145				
雪 櫓	a	32.3900	9.33378	0.30	1.00	1.10	0.90
	b	20.6250	5.32215				

表-13 畜力標準功程式係数、積載量、傾斜補正係数

搬出法	標準功程式係数 (m)		積載量 (m <sup>3</sup> )	傾斜補正係数			
	係数	XL ≤ 900		XL > 900	①	②	③
牛馬車	a	12.7608	15.1694	1.10	1.00	1.20	0.80
	b	2.62085	3.43114				
馬 櫓	a	14.6754	19.8988	1.10	1.00	1.20	0.80
	b	3.19109	4.97617				
土 曳	a	57.6527	36.9908	0.30	1.00	1.20	0.80
	b	16.8123	9.86875				

式中、 Z：1日当たり搬出  
量 (m<sup>3</sup>/日)  
XL：搬出距離 (m)  
a、b、c、d：地形  
による係数

表-14 耕運機標準功程式係数

地形の状態	搬出距離 (m)			
	300 m未満		300 m以上	
平坦	a	10.8667	c	1.02754
上り緩斜面	b	0.0185	d	1300.22
下り緩斜面	a	16.4000	c	1.54137
	b	0.0285	d	1922.30

とする。

なお、地形は

- ① 平坦もしくは上り緩斜面
- ② 下り緩斜面

の2種とし、その係数は表-14によるものとする。

11) 農用機械 (トラクター)<sup>7)</sup>

運用トラクターは3 t、6 t、8 tのクローラータイプトラクターを用いた場合の搬出経費とし、搬出距離が150 mを越える場合はサルキーを用いるものとする。

標準作業員編成は、運転手1名、荷掛け手1名、卸巻き立て手2名の計4名とする。

標準功程式は

$$k_t = 63.5335 - 16.1974 \log XL$$

なお、

$$KT = k_t \cdot TR \cdot RO$$

式中、k<sub>t</sub>：1日当たりの標準搬出量 (m<sup>3</sup>/日)

XL：搬出距離 (m)

KT：1日当たりの搬出量 (m<sup>3</sup>/日)

TR：トラクターによる補正係数

RO：搬出路面補正係数

各補正係数は表-15によるが、搬出路面補正は

表-15 トラクター補正係数

トラクターによる補正係数 (TR)			搬出路の状態による補正係数 (RO)			
3 t	6 t	8 t	①	②	③	④
0.9	1.0	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8

- ① 下り勾配で路面は普通
- ② 下り勾配で路面は悪い
- ③ 上り勾配で路面は普通
- ④ 上り勾配で路面は悪い

の4種とする。

9. 作業路の新設経費の算定

1) デルビス道<sup>7)</sup>

幅員1.8 mの道路を人力で開設するものとして下記により算出する。

$$KIKO = 0.16 \cdot SRO1 + 0.12 \cdot SRO2 + 0.08 \cdot SRO3$$

$$KIKE = KIKO \cdot TING$$

式中、KIKO：新設に必要な作業員数

SRO1：岩石の取り除きや構作物を必要とする距離 (m)



(1 m当たり0.16人必要)

SRO2: 簡易な構造物を必要とする距離 (m)

(1 m当たり0.12人必要)

SRO3: トラクターの排土板で作設できる距離 (m)

(1 m当たり0.08人必要)

KIKE: 開設に必要な経費

TING: 運材夫賃金単価

2) 木馬道<sup>7)</sup>

地形やその他の条件を勘案し土道部、桁栈道部、片栈道部、全栈道部の距離を入力、表-16の工期により開設に必要な作業員数を求め賃金単価を乗じて経費を算出する。

表-16 木馬道新設工期

土道部				(人/m)
①	②	③	④	
0.05	0.03	0.08	0.08	

- ① 普通土または大玉石、砂の混交が50%程度の土質であり、施工上切り取り、盛り土を必要とする箇所の延長が40~60%程度
- ② 土質が中の場合またはこれより良質で、施工上切り取り、盛り土を必要とする箇所の延長が40%以下
- ③ 土質が中程度であるが、施工上切り取り、盛り土を必要とする箇所の延長が60%以上
- ④ 砂、大玉石の混交が50%以上もしくは緊結した砂利、凝結した火山灰、軽石等が多く混交している土質で施工上切り取り(盛り土)を必要とする。

栈道部				(人/m)
足場の状態	①	②	③	
桁 栈 道	0.10	0.07	0.15	
片 栈 道	0.15	0.10	0.20	
全 栈 道	0.30	0.20	0.40	

- ① 足場の状態が普通で高さが3~4m程度
- ② 足場の状態が普通で架設に足場丸太を必要としない程度で高さが2m以下
- ③ 足場の状態が悪く、架設に足場丸太を多く必要とし、高さが5m以上

IV プログラム

P 118~137のとおりである。

註) saveに当たって100~280を"K-0"、1000~7290を"K-1"、10000~20120を"K-2"と3個のプログラムとして別個にsaveすること。またオートスタートさせるためシステムディスクのID部を書換え、run "K-0"を書き込んで置くこと。

## V おわりに

間伐を実施する場合、その対象地の環境、作業従事者の能力、使用機器等は千差万別であり単純な数式や指標により間伐の最適仕組みや経費を正確に導き出すことは不可能である。

しかしながら、間伐を推進して行くに当たり精度はそれほど高くなくともある程度根拠のある目安を得ることは重要であろう。

このような観点からこのパソコンプログラムを作成したが、デバグが充分でなく、採用した式の問題、画面表示、そのた多くの面で不満が残っており、また、専門の方からみればおかしな点多々あると思われる。

今後、これらの点を踏まえ改善を図って行きたいと思っているので、きたんのないご意見を頂きたい。

最後に、プログラムの中で多くの方々の試験、調査結果、あるいは考え方を採用させていただいた。厚く御礼申し上げる次第である。

## 引用文献

- 1) 村上 正外：福島県民有林中通り浜通りスギ立木幹材積表調整説明書 福島県林試 1972
- 2) 伊関治郎外：福島県民有林アカマツ・会津地方スギ立木幹材積表調整説明書 福島県林試研報 1977
- 3) —————：すぎ人工林の実態調査結果とその応用について（表日本－福島県中・浜通り地方） 1980
- 4) —————：すぎ人工林の実態調査結果とその応用について（裏日本－福島県会津地方） 1982
- 5) 林 野 庁：表東北地方スギ林分密度管理図 日林協 1979
- 6) 林 野 庁：裏東北北陸地方スギ林分密度管理図 日林協 1979
- 7) —————：非皆伐施業における小型林業機械による搬出方法 福島県農地林務部
- 8) 大隅 真一：幹形に関する研究（1）相対幹形について 日林誌 41-12 P 471-479 1959
- 9) 林野庁外：森林路網－コストダウンのための路網と機械 林業改良普及双書 99 全国林業改良普及協会 1988
- 10) 堀内 健吾：ラジキャリーによる集材原価計算資料 機械化林業No.384 1985