

国有林林道の新設にかかる
優先順位の判定基準について

国有林林道の新設にかかる優先順位 の判定基準について

I 試験担当者

生産技術部作業技術科林道研究室

大川畑修
澤口勇雄
市原恒一
梅田修史

II 要旨

林道は、林業生産活動に利用されるほか、レクリエーション利用、地元住民の利用等多くの利用機能を有している。本研究は、林道の有する多様な利用機能に関して、統一的な評価算定法を導き、これを用いて林道の新設順位の判定基準の設定を行うものである。

林道の開設効果の区分として奥地開発型（未開発地区等、林道の新規開設により、木材等の物品、人員の輸送が可能になる効果）と経路等短縮型（既設の道路は存在するが、新規の林道の開設により、通行時間の短縮が図られる効果）とに分けた。また、林道の開設効果を、木材等の物品輸送面と作業員等の人員輸送面とに区分し、各区分ごとに、利用機能に応じた林道の開設効果の算定式を導いた。林道の開設効果の計算例の算定に当たっては、国有林における標準的な林道開設及び利用区域のモデルを設定した。

林道の開設効果を林道の開設維持費（開設費と維持費の合計）で除した値を林道の開設効果率とした。また、各種機能の効果の合計値を総合開設効果とし、この値を林道の開設維持費で除したものを総合開設効果率とした。林道の新設順位の決定には、総合開設効果率の値が判定基準となることとした。

多様な森林施業や林分状況における木材の収穫面を統一的に取り扱う方法として、前価収穫量（将来生産される木材の収穫量を計算の基準時点に換算したもの）の計算法を示した。前価計算の手法は、収穫量のほか、林道を通行するすべての輸送量に適用した。

木材収穫の計算例として、人工林の一斉皆伐、分散伐採、間伐林分、法正林、複層林、無立木地造林、天然林の択伐、ぼう芽、皆伐保残木施業についての前価収穫量の算定を行った。

レクリエーション利用については、自然公園等の利用状況を明らかにするとともに、公園の面積と利用者数との関係式を導いた。

地元住民の利用における物品輸送に関しては、木材、農産物、特用林産物、生活物資の

輸送量の算定法を示した。また、人員輸送面においては、上記の生産物生産における所要人工数の算定法を示した。さらに、集落が国有林内にある場合など、林道が地元住民の生活に密接に結びついている場合の算定法として、集落等の住民数に基づいた利用者数の算定法を示した。

III 試験目的

林道は、その建設に多額の費用を要するため、投資効果等の観点から、林道の開設順位に関して合理的な判定法が必要となる。このため、林道の開設順位に関して、これまでに幾つかの研究がなされてきた。南雲^{1)~3)}は、齢級配置が多様な森林区域において、純収益を最大にすることを目的として、開設順序及び開設時期の決定法を求めた。木平⁴⁾は、路網計画と関連づけた保続計算法を示した。小林⁵⁾は、費用便益費を尺度として、開設順序の決定に関する研究を行った。また、国有林においては、林道開設の優先度に関連して、昭和54年に定めた林野庁長官通達⁶⁾がある。すなわち、林業効果指数、投資効果指数、経営寄与指数等の指数を定め、これらを基本的な指針として優先順位を検討する方法である。

一方、近年の我が国における森林施業法は多様化してきており、国有林においても、かつての大面积の一斉皆伐を中心とした施業から小面積分散伐採、複層林施業、育成天然林施業等が積極的に進められるようになってきている。このため、林道の開設順位の決定に当たっても、このような変化に対応していく必要性が生じてきている。また、林道の開設効果は、木材生産や造林等の林業生産活動のみならず、レクリエーション利用、地元住民の利用等多岐にわたっており、これらの機能を的確に数量化する必要がある。

以上のような点を踏まえ、本研究は、林道の有する各種機能を統一的に評価しうる林道の開設効果の算定法を導き、これを用いて林道の開設順位の判定基準の設定等を行うものである。

IV 試験の方法と結果

1. 林道の開設モデル

1) 林道の開設効果の区分

林道路線は、既設道路との連結状態から、突込型と連結型とに区分することができる。また、開設効果の面からは以下のように区分することができる。

①奥地開発型：林道の未整備区域等において、新規の林道の開設により、車両による木材等の物品、作業員等人員の輸送が可能となる効果。

②経路短縮型：連結型の林道の開設により、既設の道路を利用する場合に比べ通行距離の短縮、走行速度の向上により通行に要する時間の短縮が可能となることもある。このよ

うな場合の林道開設による輸送時間の短縮効果。

突込型の林道の開設効果は①であり、連結型の林道の開設効果は、一般的には、①と②の両方である。

2) 突込型林道の開設モデル

本稿では、突込型林道の開設モデル例として、図1のモデルを設定し、後述の計算例はこのモデルに基づいて行うことにする。このモデルは以下を勘案して設定したものである。

①我が国における林道の整備目標は、「森林資源に関する基本計画」に掲げられており、この目標設定に関する解説書⁷⁾では、国有林における施業林地（禁伐及び除地を除いた林地）の目標とする林内道路の密度は19.8m/haとなっている。

②林道等道路の迂回率は、標準的な林地傾斜（30°とした）では0.5程度となる⁸⁾。

③国有林における自動車道の1路線当たりの平均延長は3,614m（平成2年度末、文献9より算定）で、約3,600mとなる。

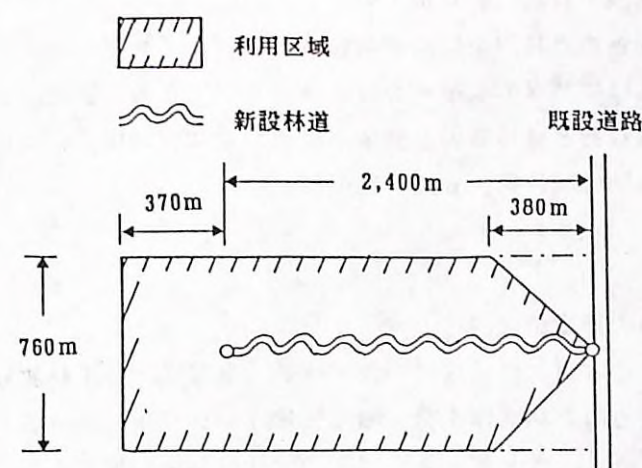


図-1. 林道の開設、利用区域のモデル

3) 延長利用率

開設された林道を利用して、例えば集運材を行う場合、林道の終点で集材を行うときには、開設された林道は運材面で満度に利用されるが、林道の途中の地点で集材を行うときには、運材面では林道の一部しか利用しないことになる。そこで、林道の延長を X_R (m)、そのうち利用される距離の平均を利用延長 X (m)とし、 X_R に対する X の比（ $= X/X_R$ ）を延長利用率 R_A とする。すなわち、

$$X = R_A \cdot X_R \quad \dots\dots\dots (1)$$

となる。林道の起点から x_k (m)の地点から輸送量 n_k (単位は m^3 , t, 人等で、計算対象により定まる)が林道の起点を通過することになると、 R_A は

$$R_R = \frac{\sum n_k \cdot x_k}{X_R \cdot \sum n_k} \dots\dots\dots (2)$$

により算定される。ここで、図1のモデルにおける延長利用率を求めると、 R_R の値は60.5%となる。これより、図1のモデルの延長利用率の適用値には概数値として60%を用いることにする。また、筆者が国有林林道において突込型の林道における延長利用率を計測した結果では60.1%であった。連結型では、通行距離が短縮される場合など、開設された林道を満度に利用することもあり、この場合には延長利用率は100%となる。

4) 林道の開設モデルにおける計算数値

図1のモデルを用いた後述の計算にかかわる主な数値を以下に示す。

①林道の延長: $X_R = 3,600 \text{ m}$ (3)

②林道の利用延長: $X = 2,160 \text{ m}$ (4)

③利用区域の面積: $S_R = 196.1 \text{ ha}$ (5)

④利用区域の林道密度: $d_R = 18.36 \text{ m/ha}$ (6)

ただし、既設道路を含めた林内全体の道路密度は19.8m/haとなる。以上の数値より、図1は国有林におけるほぼ標準的なモデルといえることができる。また、m当たりの林道の開設維持費(林道の開設費と維持費の合計値、後述)を30,000円/m(後述)とすると、

⑤ha当たりの林道の開設維持費: $R_{HA} = 550,800 \text{ 円/ha}$ (7)

となる。

2. 林道の開設効果の算定法

林道の開設効果は、木材、地元住民の生産物品(農産物、特産林産物等)、生活物資等物品の輸送に関するものと林業作業員、地元住民、レクリエーション利用者等人員の輸送に関するものとに区分することができ、以下の方法で効果の算定を行うことにする。

①奥地開発型: 物品の輸送は、林道が開設されている場合には車両輸送(トラック運搬)によることとし、林道が開設されていない場合には、架線を用いた輸送によることとする。また、人員の輸送については、林道が開設されている場合には、車両輸送によることとし、道路が存在しない場合には、歩行により目的地に到達することとする。林道の開設効果は、上記の輸送手段の輸送コストの差に基づいて算定することとする。

②経路等短縮型: 新規路線の開設に伴い通行時間が短縮される場合、短縮される時間に基づいて開設効果の算定を行うことにする。

1) 単位当たりの開設効果

林道を輸送利用する物品、人員の単位として、木材は[m³]、その他物品は[t]、人員は[人]を用いることにし、以下、単位当たりの開設効果を求めることにする。

(1) 奥地開発型

ア. 物品輸送

ア) 架線運搬費

まず、架線により木材を運搬する場合の経費を求める。架線運搬作業員の1人1日当たりの賃金を W_D (円/人・日)、架線による運搬距離を L_K (m)として、m³当たりの架線運材費を q_H (円/m³)とすると、 q_H は積算の結果(付属資料1)、次のようになる。

$$q_H = (1.25365 \times 10^{-4} W_D + 0.72635) L_K + 0.03155 W_D + 187 \dots\dots\dots (8)$$

林道は、通常迂回があるのに対し、架線は直線的に架設される場合が多い。そこで、架線の迂回率は0とみなし、林道の迂回率を η とし、林道の利用延長を X (m)とすると、

$$X = (1 + \eta) L_K \dots\dots\dots (9)$$

となる。 η の値を0.5とし、(8)、(9)式より q_H を X の関数として表すと、次式を得る。

$$q_H = (0.83577 \times 10^{-4} W_D + 0.48423) X + 0.03155 W_D + 187 \dots\dots\dots (10)$$

架線運搬作業員の賃金には、国有林においては基幹作業職員の日給相当額を、民有林においては農林業等就業者の金額を用いることにする(表1)。この場合、国有林における架線運材費は、(10)式に $W_D = 20,850 \text{ 円/人・日}$ を代入して、

$$q_H = 2.2268 X + 845 \dots\dots\dots (11)$$

となる。また、民有林における架線運材費は、(10)式に $W_D = 9,436 \text{ 円/人・日}$ を代入して、以下のようになる。

$$q_H = 1.2729 X + 485 \dots\dots\dots (12)$$

以上、木材1m³当たりの架線運材費を求めたが、次に、一般的な物品の運搬にも適用可能とするため、t当たりの架線運搬費を求めることにする。木材の比重を0.8⁽¹⁰⁾とすると、t当たりの架線運搬費 q_T (円/t)は、(10)式を0.8で除して

$$q_T = q_H / 0.8 \\ = (1.04471 \times 10^{-4} W_D + 0.60529) X + 0.03944 W_D + 234 \dots\dots\dots (13)$$

表1. 日給及び時給

職 種 区 分	日 給 (円/人・日)	時 給 (円/人・時)
①国有林, 基幹作業職員	20,850	2,606
②国有林, 管理一般職員	22,712	2,839
③民間勤労者	22,900	2,863
④農林業等就業者	9,436	1,180

注: ①, ②は文献9に基づき、年間就労日数を238日として算定した。③は文献11に基づき、年間賞与を5.45月として算定した。④は文献12における小規模林家の1日当たりの所得の算定値を適用した。

表2. 木材、物品輸送における林道の開設効果I (奥地開発型)

区 分	項 目	単 位	算 定 式
①架線運搬	国有林, 木材	円/m ³	$q_n = 2.2268X + 845$ (1)
	民有林, 木材	円/m ³	$q_n = 1.2729X + 485$ (2)
	地元利用, 物品	円/トン	$q_r = 1.5911X + 606$ (3)
②トラック運搬	国有林, 木材	円/m ³	$t_n = 0.0286X$ (4)
	民有林, 木材	円/m ³	$t_n = 0.0286X$ (5)
	地元利用, 物品	円/トン	$t_r = 0.0918X$ (6)
③開設効果 (①-②)	国有林, 木材	円/m ³	$e_n = 2.1982X + 845$ (7)
	民有林, 木材	円/m ³	$e_n = 1.2443X + 485$ (8)
	地元利用, 物品	円/トン	$e_r = 1.4993X + 606$ (9)

となる。地元住民の利用による物品の輸送を行う場合、(13)式の W_D に農林業等就業者の賃金($W_D = 9,436$ 円/人・日)を代入して、

$$q_r = 1.5911X + 606 \quad \text{..... (14)}$$

となる。以上の架線運搬費の算定式を取りまとめると、表2の①のとおりになる。

イ) トラック運搬費

木材の運搬には、国有林、民有林とも8tトラックを用い、地元利用に関する物品の輸送には2tトラックを用いることにする。トラック運搬費は、運輸省の認可している路線トラック事業の距離制運賃率表¹³⁾(関東陸運局管内の値を使用)に基づくこととする。林道上を X (m)輸送する場合のm³当たりの木材運搬費 t_n (円/m³)及び地元利用における物品運搬費 t_r (円/t)は、運賃率表より算定式を求めると、表2の(4)~(6)式のようになる。

ウ) 物品輸送面における林道の開設効果

物品輸送面における林道の開設効果を架線運搬費とトラック運搬費との差によって表すことにする。林道上を X (m)輸送する場合の、木材運搬におけるm³当たりの林道開設効果 e_n (円/m³)及び地元利用に関する物品輸送におけるt当たりの林道の開設効果 e_r (円/t)は、表2の(7)~(9)式のようになる。

イ. 人員輸送

ア) 歩行費

歩行に要する時間的損失を経費とみなし、これを歩行費と呼ぶことにする。歩行により1時間あたりに往復しうる距離を往復歩行速度 V_H (m/時)と呼ぶことにし、1人1時

間当たりの賃金を W_H (円/時)とすると、1人1m当たりの歩行費 a_H (円/人・m)は、次式により求まる。

$$a_H = \frac{W_H}{V_H} \quad \text{..... (15)}$$

林道の利用者の職種として、基幹作業職員(国有林における木材収穫、造林)、国有林の管理一般職員(国有林の森林管理)、民間勤労者(レクリエーション利用)、農林業等就業者(地元住民の利用)に区分することにし、給与の金額には、表1の数値を用いることにする。また、往復歩行速度には、1,714 m/時を用いることにする。この値は、歩道はほぼ林道予定線上に存在するとの前提にたち、林道の平均的な勾配を6%とし、このときの往復歩行速度の算定値である(付属資料2)。以上の数値及び(15)式を用いて1人1m当たりの歩行費を求めると、表3に示すようになる。

表3. 林道の1人1m当たりの開設効果
(単位: 円/人・m)

区 分	適用職種	①歩行費	②車両利用費	③開設効果 ①-②
木材収穫, 造林	基幹作業職員	1.5204	0.2224	1.2980
森林管理	管理一般職員	1.6564	0.2607	1.3957
レクリエーション利用	民間勤労者	1.6704	0.2651	1.4053
地元利用	農林業就業者	0.6884	0.1661	0.5223

イ) 車両利用費

林道の各利用機能における適用職種、利用車種、1台当たりの乗車人員を以下のように設定する(表3~5)。

- ①国有林の木材収穫、造林は基幹作業職員が行うこととし、マイクロバスを利用することにする。セット人員は6人とし、この値を乗車人員とする。
- ②国有林の森林管理は、国有林の管理一般職員が行うこととし、軽自動車を用いることにする。平均乗車人員は1.8人とする(表26より算定)。
- ③レクリエーション利用には民間勤労者を適用することとし、乗用車を用いることにする。平均乗車人員は3.3人とする。これは、我が国のレクリエーション旅行においては、家族旅行が最も多く、平均の家族人数3.3人¹⁴⁾を用いたものである。
- ④林道の地元利用には、農林業等就業者を適用することとし、利用車種は乗用車と軽自動車込み(乗用車を68%, 軽自動車を32%)¹⁵⁾とする。また、平均乗車人員は1.4人とする。この値は、我が国における自家用車の平均乗車人員の数¹⁵⁾を用いたものである。

以上に基づいて、車両を利用する場合の1人1m当たりの費用を以下に算定する。まず、

車両1台を1m往復走行する場合の燃料費及び機械損料の合計を損燃料費とし、各車両ごとの損燃料費を算定すると、その結果は表4ようになる。次に、損燃料費を乗車人員で除したものを1人1m往復当たりの機械経費 C_{KH} (円/人・m) とすると、この算定値は、表5に示すとおりになる。

また、車両利用による場合においても、歩行と同様に、人員輸送には時間的損失を伴う。そこで、1人1m往復当たりの乗車時の時間的損失を乗車時間費 C_{ZH} (円/人・m) とし、車両の走行速度を V_s (km/時) とすると、

$$C_{ZH} = \frac{W_H}{500 V_s} \quad \dots\dots\dots (16)$$

となる。この式の W_H に表1の時給を、 V_s に25km/時(林道規程に定める2級及び3級林道の設計速度の中間値)を代入して乗車時間費を算定すると、その結果は表5に示すとおりになる。機械経費と乗車時間費の和を車両利用費とすると、1人1m当たりの車両利用費 C_{SH} (円/人・m) は、

$$C_{SH} = C_{KH} + C_{ZH} \quad \dots\dots\dots (17)$$

となり、その算定値は表5に示すとおりとなる。

表4. 車両のm当たりの損燃料費

車種区分	①車両価格 (円)	②機械損料率 (1/m)	③機械損料 (円/m) ①×②	④燃料費 (円/m)	⑤損燃料費 (円/m) ③+④
(1)マイクロバス	1,491,000	1.3472×10^{-8}	0.0201	0.0217	0.0418
(2)軽自動車	738,000	2.6465×10^{-8}	0.0195	0.0107	0.0302
(3)乗用車	1,782,000	2.5502×10^{-8}	0.0454	0.0142	0.0596
(4)乗用車, 軽込	1,448,000	2.5622×10^{-8}	0.0371	0.0131	0.0502

注1: 車両価格は、標準的な車両の定価の平均値の90%とした(文献16により算定)。
 2: 機械損料率は、(1)は文献17, (2), (3)は積算により算出した(付属資料3, 4)。
 3: 距離当たりの燃料費は、実績(文献15)により算定した。

表5. 車両利用費I (1人1m当たり費用)

区 分	損燃料費 (円/m)	乗車人員 (人)	機械経費 (円/人・m)	乗車時間費 (円/人・m)	車両利用費 (円/人・m)
木材収穫, 造林	0.0418	6.0	0.0139	0.2085	0.2224
森林管理	0.0302	1.8	0.0336	0.2271	0.2607
レクリエーション利用	0.0596	3.3	0.0361	0.2290	0.2651
地元利用	0.0502	1.4	0.0717	0.0944	0.1661

ウ) 人員輸送面における林道の開設効果

人員輸送面における林道の開設効果は、歩行費と車両利用費との差によって表すことにする。人員輸送面における1人1m当たりの林道の開設効果を e_{ZH} (円/人・m) とすると、 e_{ZH} は(15), (17)式より

$$e_{ZH} = a_H - C_{SH} \quad \dots\dots\dots (18)$$

となり、その算定値は表3に示すとおりとなる。また、林道の利用延長 X (m) における1人当たりの林道の開設効果 e_Z (円/人) は、次式のようになる。

$$e_Z = e_{ZH} \cdot X \quad \dots\dots\dots (19)$$

(2) 経路等短縮型

既設の道路がある場合においても、新たな林道の開設により、居住地から勤務地等への人員輸送面や生産現地から市場等への物品輸送面において、通行距離の短縮あるいは走行速度の向上により、通行時間の短縮がなされる場合もある。以下、このような場合の林道の開設効果の算定を行うことにする。

既設の道路を利用する場合の既設道路(以下、道路1という。)の利用延長を X_1 (m), 新設される林道(以下、道路2という。)の利用延長を X_2 (m) とする。また、道路1を利用するときの車両の走行速度を V_1 (km/時), 道路2を利用するときの車両の走行速度を V_2 (km/時) とする。この場合、道路1を1m往復するのに要する時間を t_1 (時間), 道路2の場合を t_2 (時間) とすると、

$$t_1 = \frac{X_1}{500 V_1} \quad \dots\dots\dots (20)$$

$$t_2 = \frac{X_2}{500 V_2} \quad \dots\dots\dots (21)$$

となる。また、道路1を通行する場合と道路2を通行する場合との通行時間の差を通行短縮時間 t_E (時間) とすると、

$$t_E = t_1 - t_2 = \frac{1}{500} \left(\frac{X_1}{V_1} - \frac{X_2}{V_2} \right) \quad \dots\dots\dots (22)$$

となる。ここで特に、 V_1 と V_2 が等しい場合、すなわち

$$V_1 = V_2 = V_s \quad \dots\dots\dots (23)$$

ただし、 V_s : 車両の走行速度 (km/時)

の場合、(22)式は次のようになる。

$$t_E = \frac{X_1 - X_2}{500 V_s} \quad \dots\dots\dots (24)$$

ア. 物品輸送機能

木材の運搬には、前述のように、国有林、民有林とも8tトラックを用い、地元利用に関する物品の輸送には2tトラックを用いることにする。また、トラックの運搬費は、運輸省の認可している路線トラック事業の時間制運賃率表¹³⁾（関東陸運局管内の値を使用）に基づくこととする。林道上を t_E （時間）輸送する場合の m^3 当たりの木材運搬費 g_H （円/ m^3 ）及び地元利用における物品運搬費 g_I （円/t）は、運賃率表より算定式を求めると、表6のようになる。この g_H 及び g_I が、経路等短縮型における物品輸送面の林道の開設効果となる。

表6. 木材、物品輸送における林道の開設効果II（経路等短縮型）

項 目	単 位	算 定 式
木材（国有林、民有林）	円/ m^3	$g_H = 467 t_E \dots\dots (1)$
地元利用、物品	円/トン	$g_I = 1,526 t_E \dots\dots (2)$

イ. 人員輸送機能

まず、車両の1時間当たりの損燃料費を算定すると、表7のようになる。次に、1人1時間当たりの車両利用費を算定すると、表8のようになる。この表で、機械経費の算定は、表5と同様にして求め、乗車時間費は表1の時給を適用したものである。表8の車両利用費が人員輸送面における1人1時間当たりの林道の時間短縮効果で、これを e_{ZH} （円/人・時）とすると、通行短縮時間が t_E （時間）のときの、人員輸送面における1人当たりの林道の開設効果 g_Z （円/人）は、

$$g_Z = e_{ZH} \cdot t_E \dots\dots\dots (25)$$

となる。

表7. 車両の時間当たりの損燃料費

車 種 区 分	①車両価格 （円）	②機械損料率 （1/時）	③機械損料 （円/時） ①×②	④燃料費 （円/時）	⑤損燃料費 （円/時） ③+④
(1)マイクロバス	1,491,000	3.368×10^{-4}	502	543	1,045
(2)軽自動車	738,000	6.617×10^{-4}	488	267	755
(3)乗用車	1,782,000	6.376×10^{-4}	1,136	354	1,490
(4)乗用車、軽込	1,448,000	6.416×10^{-4}	929	326	1,255

表8. 車両利用費II（1人1時間当たり費用）

区 分	損燃料費 （円/m）	乗車人員 （人）	機械経費 （円/人・時）	乗車時間費 （円/人・時）	車両利用費 （円/人・時）
①木材収穫、造林	1,045	6.0	174	2,606	2,780
②森林管理	755	1.8	419	2,839	3,258
③レクリエーション利用	1,490	3.3	452	2,863	3,315
④地元利用	1,255	1.4	896	1,180	2,076

注：損燃料費の算定に当たっては、①はマイクロバスを、②は軽自動車を、③は乗用車を、④は乗用車、軽込を適用した。

2) 林道の開設効果

前項で求めた単位 [m^3 , t, 人] 当たりの林道の開設効果に輸送量に乗じたものが林道の開設効果となる。ここで、林道の利用機能 i に関する林道の開設効果を E_i （円）とし、木材の輸送量を M （ m^3 ）、地元利用における物品の輸送量を B （t）、輸送人員を N （人）とする。前項で求めた算定式を用い、 E_i を各輸送量及び林道の利用延長 X （m）あるいは通行短縮時間 t_E （時間）の関数として表すと、その算定式は表9のとおりとなる。

表9. 林道の開設効果の算定式

区 分	算 定 式
1. 奥地開発型	
(1)物品輸送	
国有林、木材	$E_1 = (2.1982X + 845) M \dots\dots\dots (1)$
民有林、木材	$E_2 = (1.2443X + 485) M \dots\dots\dots (2)$
地元利用、物品	$E_3 = (1.4993X + 606) B \dots\dots\dots (3)$
(2)人員輸送	
木材収穫、造林（国有林）	$E_4 = 1.2980N \cdot X \dots\dots\dots (4)$
森林管理（国有林）	$E_5 = 1.3957N \cdot X \dots\dots\dots (5)$
レクリエーション利用	$E_6 = 1.4053N \cdot X \dots\dots\dots (6)$
地元利用	$E_7 = 0.5223N \cdot X \dots\dots\dots (7)$
2. 経路等短縮型	
(1)物品輸送	
木材（国有林、民有林）	$E_8 = 467M \cdot t_E \dots\dots\dots (8)$
地元利用、物品	$E_9 = 1,526B \cdot t_E \dots\dots\dots (9)$
(2)人員輸送	
木材収穫、造林（国有林）	$E_{10} = 2,780N \cdot t_E \dots\dots\dots (10)$
森林管理（国有林）	$E_{11} = 3,258N \cdot t_E \dots\dots\dots (11)$
レクリエーション利用	$E_{12} = 3,315N \cdot t_E \dots\dots\dots (12)$
地元利用	$E_{13} = 2,076N \cdot t_E \dots\dots\dots (13)$

注：民有林の木材収穫、造林に関する人員輸送は、「地元利用」の区分に含まれる。

3) 前価輸送量

(1) 前価係数

本稿では、一度建設された林道は永続的に利用されるものとし、将来にわたる輸送量は、前価計算により計算基準時点に換算されることにする。ここで、計算上の前提を以下のよ

うに設けることにする。

①計算の基準とする年を0年目とする。

②林道は計算の基準とする年の当初に完成する。

③計算の基準とする年から林道の利用、維持補修を行う。
計算の基準時点からj年後の経済価値を計算基準時点へ換算する係数を前価係数 K_j とすると、林業利率を p 〔%〕として

$$K_j = \frac{1}{(1.0p)^j} \quad \dots\dots\dots (26)$$

となる。本稿では、 p の値として5%を用いることにする。

木材の収穫予定量の算定においては、分期ごとに計算を行う場合が多い。そこで、木材の収穫量、収穫に要する人工数等の算定に当たっては、分期、計算の基準とする年、その年からの経過年数等を以下のように定めることにする。

①1分期は5年とする。

②計算の基準とする年は1分期の中央年とする。主伐等初回の収穫はこの年に行うこととする。新植は皆伐等の次年に行うこととし、このときの新生林分の林齢を1年生とする。

③以上より、分期 m の中央年の計算基準時点からの経過年数は $5(m-1)$ 年となる。

④主間伐等の施業は各分期の中央年に行う。

前価計算を行う場合、あらかじめ前価係数を算定しておけば、利便性は高い。1分期の中央年を前価計算の基準とする場合、 m 分期中央年の前価係数 K_m は、

$$K_m = \frac{1}{(1.0p)^{5(m-1)}} \quad \dots\dots\dots (27)$$

となる。 p の値を5%とし、各分期の K_m の値を求めると表10のようになる。

また、輪伐期を u 〔年〕とする施業を永続的に繰り返す場合の前価係数を $K_u(u)$ とすると

$$K_u = \frac{(1.0p)^u}{(1.0p)^u - 1} \quad \dots\dots\dots (28)$$

となる。後述の計算例で使用する K_u の算定を行うと、その結果は表11のとおりである。ここで、 $u = a$ 〔年〕のときの K_u の値を $K_u(a)$ として表すことにする(表17以降に使用)。例えば、 $u = 50$ 〔年〕の場合

$$K_u(50) = 1.096 \quad \dots\dots\dots (29)$$

となる。

表10. 前価係数 K_m

分期	K_m の値	分期	K_m の値	分期	K_m の値
1	1.000	11	0.087	21	0.008
2	0.784	12	0.068	22	0.006
3	0.614	13	0.054	23	0.005
4	0.481	14	0.042	24	0.004
5	0.377	15	0.033	25	0.003
6	0.295	16	0.026	26	0.002
7	0.231	17	0.020	27	0.002
8	0.181	18	0.016	28	0.001
9	0.142	19	0.012	29	0.001
10	0.111	20	0.010	30	0.001

表11. 前価係数 K_u

輪伐期 〔年〕	K_u の値
1	21.000
20	1.605
30	1.301
50	1.096
70	1.034
125	1.002

さらに、毎年の輸送量が一定とみなしうる場合の前価係数 K_E は(28)式の u に1〔年〕を代入して、

$$K_E = \frac{1.0p}{0.0p} \quad \dots\dots\dots (30)$$

となる。 $p = 5\%$ のときには、 K_E の値は21となる。

(2) 前価輸送量、前価収穫量、前価人工数

木材、人員等の輸送費は、輸送単価に輸送量を乗じて算定されるものとする。将来の輸送費の計算基準時点への換算は、輸送量に前価係数を乗じた量と輸送単価との積として捉えることができる。ここで、計算の基準とする時点からj年後の輸送量を Z_j 〔単位は m^3 , t, 人, m^3/ha , t/ha, 人/ha〕とし、輸送は永続的に行われることとすると、 $j = 0 \sim \infty$ の間における前価輸送量 Z 〔単位は同上〕は

$$Z = \sum_{j=0}^{\infty} \frac{Z_j}{(1.0p)^j} \quad \dots\dots\dots (31)$$

により算定できる。ここで、前価輸送量のうち、木材収穫量に関する場合を前価収穫量、収穫、造林等の人工数に関する場合を前価人工数、レクリエーション利用など、利用者数に関する場合を前価利用者数と呼ぶことにする。

また、特に毎年の輸送量が一定とみなしうる場合、年間の輸送量を Z_a 〔 m^3 , t, 人, m^3/ha , t/ha, 人/ha〕とすると、(31)式は次のようになる。

$$Z = \frac{1.0p \cdot Z_a}{0.0p} \quad \dots\dots\dots (32)$$

3. 林道の開設維持費

国有林における林道開設費の状況は表12に示すとおりである。表より、昭61～平2年度平均的林道開設単価は28,207円/mとなる。これより、本稿ではm当たりの林道開設費 r_k (円/m) の値として 28,200円/mを用いることにする。また、林道維持費の状況は表13に示すとおりで、昭61～平2年度平均の年間の林道維持費は87.7円/mとなる。これより、m当たり年間の林道維持費 r_i (円/m) の値として88円/mを用いることにする。

表12. 林道開設費

年 度	開設延長 (km)	金 額 (百万円)	単 価 (円/m)
昭61	681	20,137	29,570
62	717	19,245	26,841
63	663	18,106	27,309
平元	622	17,734	28,511
2	610	17,664	28,957
平均	659	18,577	28,207

資料：文献18及び林野庁調べによる。

表13. 林道維持費

年 度	現況延長 (km)	修繕費 (百万円)	災害復旧費 (百万円)	費用計 (百万円)	単 価 (円/m)
昭61	39,173	1,159	2,063	3,222	82.3
62	39,766	1,204	1,557	2,761	69.4
63	40,215	1,178	1,819	2,997	74.5
平元	40,793	1,171	3,343	4,514	110.7
2	41,314	1,263	2,895	4,158	100.6
平均	40,252	1,195	2,335	3,530	87.7

資料：文献18及び林野庁調べによる。

林道の維持は永続的に続けるものとする。m当たりの前価林道維持費 r_{12} (円/m) は、次式で計算される。

$$r_{12} = \frac{1.0p \cdot r_i}{0.0p} \quad \dots\dots\dots (33)$$

この式に $p=5\%$ 、 $r_i=88$ 円/mを代入すると、 r_{12} の値は 1,848円/mとなる。これより本稿では、 r_{12} の値には、概数として 1,800円/mを用いることにする。ここで、林道開設費と前価林道維持費の合計を開設維持費と呼ぶことにすると、m当たりの開設維持費 r_{ki} (円/m) は

$$r_{ki} = r_k + r_{12} \quad \dots\dots\dots (34)$$

で表せ、この式に上記の値を代入すると r_{ki} の値は30,000円/mとなる。この値を本稿では、標準的なm当たりの林道の開設維持費とする。

また、延長 X_R (m) の林道全体の開設維持費 R_{ki} (円) は、次式で表せる。

$$R_{ki} = r_{ki} \cdot X_R \quad \dots\dots\dots (35)$$

4. 林道の新設にかかる優先順位の判定基準

1) 合成開設効果、総合開設効果

林道は、一つの路線に幾つかの利用機能が存在しているのが一般的であり、これらの機能のうち、幾つかを加算して評価することも必要となる。例えば、皆伐新植施業においては、収穫した木材の輸送機能に木材の収穫及び造林に必要な人員の輸送機能を加えたものが一つの評価基準となる。このように、幾つかの開設効果を加算したものを合成開設効果 E_g (円) とする。すなわち、 E_g は

$$E_g = \sum E_i \quad \dots\dots\dots (36)$$

により算定される。ここで、 E_g のうち計算対象とするすべての利用機能の開設効果を加算したものを総合開設効果 E_a (円) と呼ぶことにする。

2) 開設効果率

林道の開設効果を相対的に表し、開設の優先度や開設の適否を判断する指標の一つとして、林道を開設した場合に得られる便益と林道の開設維持費との比率の値を用いることができる。そこで、林道の利用機能 i に関する林道の開設効果 E_i (円) と林道の開設維持費 R_{ki} (円) との比率を林道の開設効果率 f_i とし

$$f_i = \frac{E_i}{R_{ki}} \quad \dots\dots\dots (37)$$

により算定することにする。また、合成開設効果 E_g 、総合開設効果 E_a を R_{ki} で除して、合成開設効果率 f_g 、総合開設効果率 f_a とすると、

$$f_g = \frac{E_g}{R_{ki}} \quad \dots\dots\dots (38)$$

$$f_a = \frac{E_a}{R_{ki}} \quad \dots\dots\dots (39)$$

となる。開設効果率の算定は、ha単位で計算を行う方が利便性の高いこともある。そこで、ha当たりの林道の開設効果を E_{ha} (円/ha)、ha当たりの林道の開設維持費を R_{ha} (円/ha) とすると、林道の開設効果率 f は次式により算定できる。

$$f = \frac{E_{ha}}{R_{ha}} \quad \dots\dots\dots (40)$$

3) 林道開設の優先順位の判定基準

林道の総合開設効果率 F_a の値は、林道の投資効率を表すものであり、投資の効率性を重視する観点からは、 F_a の値の大きい林道が新設の優先度の高い林道となる。そこで本稿では、林道の総合開設効果率 F_a を林道の新設にかかる優先順位の判定基準とすることにする。

また、林道の開設効果が林道の開設維持費より大きい場合には、林道の開設は適切であると判断することができる。そこで本稿では、 F_A 、 F_G または f_i の値が1より大きいかな否かにより、林道の開設適否の判定基準とする。この場合、逆に、林道の投資限度額は、 F_A 、 F_G または f_i の値が1となる金額、すなわち、林道の開設効果の金額により与えられることになる。

5. 開設許容値

林道の有する利用機能のうち、一つあるいは幾つかを組み合わせた機能において林道の開設効果率を1以上とする輸送量等を開設許容値 Z_k (m^3 , t , 人, ha等) とする。開設許容値は、林道の開設適否を簡明に判断する上で有用性がある。

ここでは、奥地開発型において、林道の終点に目的地 (集材土場, 造林地, レクリエーションエリアの入口, 農耕地, 集落等) がある場合、すなわち林道の延長利用率を1とする場合における開設許容値を求めることにする。

まず、一つの機能における開設許容値を求める。開設した林道の物品あるいは人員の輸送量を Z (m^3 , t , 人) とすると、奥地開発型における林道の利用機能 i の開設効果 E_i (円) は、表9の(1)~(7)式より、 X の関数として

$$E_i = (a_i \cdot X + b_i) Z \quad \dots\dots\dots (41)$$

ただし、 a_i : E_i の変動費の係数 (円/ $m^3 \cdot m$, 円/ $t \cdot m$, 円/人 $\cdot m$)

b_i : E_i の固定費 (円/ m^3 , 円/ t , 円/人)

で表せる ($b_i = 0$ の場合を含む)。林道の開設効率を1以上とする場合、(35), (37), (41)式から

$$\frac{(a_i \cdot X + b_i) Z}{r_{ki} \cdot X_R} \geq 1 \quad \dots\dots\dots (42)$$

となる。延長利用率を1、すなわち林道の延長 X_R と利用延長 X を等しいものとし、(42)式を整理すると

$$(a_i \cdot Z - r_{ki}) X + b_i \cdot Z \geq 0 \quad \dots\dots\dots (43)$$

となる。表9の(1)~(7)式において $b_i \geq 0$ であるから、 $X \geq 0$ なるすべての X に対して(43)式の不等式が成り立つための条件は、

$$a_i \cdot Z - r_{ki} \geq 0 \quad \dots\dots\dots (44)$$

すなわち

$$Z \geq \frac{r_{ki}}{a_i} \quad \dots\dots\dots (45)$$

となる。この式の等号を成り立たせる Z の値が開設許容値で、

$$Z_k = \frac{r_{ki}}{a_i} \quad \dots\dots\dots (46)$$

となる。また、林道の地元利用やレクリエーション利用など、毎年の利用量がほぼ一定とみなしうる場合、開設許容値を与える年間の輸送数値を年間許容値 Z_N (m^3 , t , 人) とすると、 Z_N は Z_k を K_E (30式) で除して、次式のようになる。

$$Z_N = \frac{0.0p \cdot Z_k}{1.0p} \quad \dots\dots\dots (47)$$

ここで、開設許容値の計算例を示す。(46)式において、林道の開設維持費 r_{ki} の値を30,000円/ m とする。 a_i の数値には、物品輸送については表9の(1)~(3)式の係数の値を、人員輸送については同表の(4)~(7)式の係数の値を代入して開設許容値を求めると表14のようになる。さらに、(47)式を用いて年間許容値を求めると同表に示すようになる。この表から、例えば、林道の終点から13,648 m^3 以上の運材量がある場合には、林道の延長にかかわりなく、林道の開設は適切であると判断できる。

表14. 開設許容値(1)

区 分	項 目	開設許容値	年間許容値
物品輸送	国有林, 木材	13,648 m^3	650 m^3
	民有林, 木材	24,110〃	1,148〃
	地元利用, 物品	20,009 t	953 t
人員輸送	国有林, 木材収穫, 造林	23,112人	1,101人
	〃 森林管理	21,495〃	1,024〃
	レクリエーション利用	21,348〃	1,017〃
	地元利用	57,438〃	2,735〃

次に、幾つかの利用機能を組み合わせた場合の開設許容値について述べる。森林作業等においては、幾つかの利用機能を組み合わせた場合の林道の開設効果や開設許容値の算定が必要となることもある。例えば、前述のように皆伐新植作業においては、収穫された木材の輸送、収穫及び造林に要する作業員の輸送を組み合わせた林道の開設効果の算定が必要となる。そこでここでは、haを計算の基準単位とし、この場合の幾つかの利用機能を組み合わせた開設許容値の算定法を求める。

いま、利用機能 i に関するha当たりの輸送量を Z_i (m^3 /ha, t /ha, 人/ha) とし、これらを幾つか組み合わせた場合、ha当たり m 当たりの開設効果の変動費の係数を A_{HA} (円/ha $\cdot m$) とすると

$$A_{HA} = \sum a_i \cdot Z_i \quad \dots\dots\dots (48)$$

で算定される。この場合の開設許容値 Z_k (ha) は、(46)式の算定法と同様に求めると、

$$Z_k = \frac{r_{ki}}{A_{HA}} \quad \dots\dots\dots (49)$$

となる。この計算例については後述する。

6. 木材収穫面での利用

1) 国有林における木材収穫の状況

国有林における昭61～平2年平均の木材収穫の状況は表15に示すとおりである（文献8の昭61～平2年版による）。収穫面積では択伐が最も多く56%，次いで間伐28%，皆伐14%，漸伐2%となっている。材積的には皆伐が最も多く48%，次いで択伐の34%，間伐の16%，漸伐の3%となっている。ha当たりの収穫材積は，皆伐が243m³/ha，漸伐114m³/ha，択伐44m³/ha，間伐43m³/haとなっている。

表15. 国有林における木材収穫の状況

区 分	単 位	皆 伐	択 伐	漸 伐	間 伐	計
伐採面積	(%)	(14.4)	(56.2)	(1.9)	(27.5)	(100.0)
	ha	20,863	81,109	2,693	39,721	144,387
伐採材積	(%)	(47.6)	(33.5)	(2.9)	(16.0)	(100.0)
	千m ³	5,042	3,549	304	1,690	10,586
ha当たり材積	m ³ /ha	242.6	43.8	114.3	42.6	73.2

2) 多様な森林施業法に適応しうる木材収穫量の算定法

近年，多様化してきている森林施業に共通して適応しうる木材収穫量の算定法を以下に求める。輸送の観点からは，木材の収穫は，収穫される時期（計算の基準とする時点から何年後に収穫を行うか）及びその量の面から捉えることができる。ここで，計算の基準時点からj年後にV_j (m³)の木材が収穫されるものとし，林業生産活動が永続的に行われるものとする，前価収穫量V₂ (m³)は(31)式より

$$V_2 = \sum_{j=0}^{\infty} \frac{V_j}{(1.0p)^j} \quad \dots\dots\dots (50)$$

により算定される。この計算法を用いることにより，多様な森林施業，林分状況に対応した木材収穫量の算定を統一的行うことが可能である。

表16. 前価収穫量

3) 前価収穫量の計算例

ha当たりの前価収穫量を V_{HA} (m³/ha) とし，各種の森林施業，林分状況におけるV_{HA}の計算例を以下に示す。計算は，表16に掲げる林種，施業法等について，下記に述べる方法により行った。その結果は同表に示すとおりである。なお，下記の(1)～(4)の計算に当たっては，付属資料5に示す収穫予想表を用いた。

林種，施業方法等	前価収穫量 (m ³ /ha)
①人工林，一斉皆伐	279
② “ ，分散伐採	253
③ “ ，間伐	155
④ “ ，法正林	128
⑤無立木地，新植造林	36
⑥人工林，複層林	263
⑦天然林，皆伐保残木	173
⑧ “ ，皆伐ぼう芽	91
⑨ “ ，択伐	71

(1) 一斉皆伐林，新植造林

50年生の一斉林について皆伐を行う。新生林分については，30年生，40年生時点で間伐を行い，50年生時点で主伐を行う。この施業を永続的に繰り返すこととして，前価収穫量を求めると279m³/haとなる（表17）。

また，表17における新生林分の前価収穫量 36m³/haは，表16の⑤の無立木地における新植造林の前価収穫量に相当する値である。

表17. 一斉皆伐林の前価収穫量

区 分	分 期	林 齢 (年)	伐採区分	収穫材積 (m ³ /ha)	同前価値 (m ³ /ha)
現存林分	1	50	主伐	243	243.000
新生林分	7	30	間伐	30	6.930
	9	40	“	32	4.544
	11	50	主伐	243	21.141
	計			305	32.615
				K _u (50)=(1.096)×32.615= 35.746	
計					278.746

(2) 分散伐採

50年生の一斉林のうち，1分期に50%を伐採区として皆伐，新植を行い，残り50%については保残区として間伐を行い，3分期に保残区の皆伐，新植を行う。伐採区の前価収穫量は前項の一斉皆伐林と同量（278.746m³/ha）とする。保残区の前価収穫量は表18に示すとおりである（226.636m³/ha）。これより，分散伐採の前価収穫量は253m³/ha（= 278.746m³/ha×0.50+226.636m³/ha×0.50）となる。

表18. 分散伐採，保残区の前価収穫量

区 分	分 期	林 齢 (年)	伐採区分	収穫材積 (m ³ /ha)	同前価値 (m ³ /ha)
現存林分	1	50	間伐	32	32.000
	3	60	主伐	281	172.534
	計				204.534
新生林分	9	30	間伐	30	4.260
	11	40	“	32	2.784
	13	50	主伐	243	13.122
	計				20.166
				K _u (50)=(1.096)×20.166= 22.102	
計					226.636

(3) 間伐林

間伐林道の場合のように、当面は間伐が収穫の対象となる林分について計算を行う。計算の基準時点における林齢を30年生とし、30年生及び40年生時点で間伐を行い、50年生時点で皆伐を行うこととする。新生林分については、一斉皆伐林と同様の施業を行うこととして、前価収穫量の算定を行うと $155\text{m}^3/\text{ha}$ となる(表19)。

表19. 間伐林の前価収穫量

区分	分期	林齢 (年)	伐採区分	収穫材積 (m^3/ha)	同前価値 (m^3/ha)
現存林分	1	30	間伐	30	30.000
	3	40	〃	32	19.648
	5	50	主伐	243	91.611
	計				141.259
新生林分	11	30	間伐	30	2.610
	13	40	〃	32	1.728
	15	50	主伐	243	8.019
	計				12.357
				$K_u(50)=(1.096)\times 12.357=$	13.543
計					154.802

(4) 法正林

開設される林道の利用区域における林分が1~50年生の法正林で構成されている場合についての前価収穫量を求める。1~50年生の林分が1haずつ計50haの法正林が存在する場合、毎年の収穫量は表17より主伐 243m^3 、間伐1回目 30m^3 、2回目 32m^3 、計 305m^3 となる。ha当たりの年間収穫量は $6.1\text{m}^3/\text{ha}$ ($=305\text{m}^3\div 50\text{ha}$)となり、前価収穫量は $128\text{m}^3/\text{ha}$ ($=K_u(1)(=21)\times 6.1\text{m}^3/\text{ha}$)となる。

(5) 複層林

長伐期2段林の場合について計算を行う。上木が70年生時点で植栽伐を行い、80、90年生時点で受光伐、100年生時点(下木が30年生時点)で終伐を行うことにする。収穫量の算定には付属資料5の複層林の収穫予想表を用いる。複層林の施業内容及び収穫量は表20のとおりで、前価収穫量は $263\text{m}^3/\text{ha}$ となる。

表20. 複層林の前価収穫量

区分	分期	林齢 (年)	伐採区分	収穫材積 (m^3/ha)	同前価値 (m^3/ha)
現存林分	1	70	植栽伐	188	188.000
	3	80	受光伐	27	16.578
	5	90	〃	27	10.179
	7	100	終伐	117	27.027
	計				241.784
新生林分	7	30	間伐	19	4.389
	9	40	〃	29	4.118
	11	50	〃	32	2.784
	13	60	〃	31	1.674
	15	70	植栽伐	186	6.138
	17	80	受光伐	25	0.500
	19	90	〃	25	0.300
	21	100	終伐	110	0.880
	計				20.783
				$K_u(70)=(1.034)\times 20.783=$	21.490
計					263.274

(6) 皆伐保残木施業林

漸伐とも呼ばれる施業で、ブナ林を例として計算を行う。120年生時点で下種伐を行い、母樹は135年生時点で伐採を行う。更新は、下種伐の6年後に行われ、このときの新生林分の林齢を1年生とする。新生林分は60年生、90年生時点で間伐を行い、その後は上記と同様の施業を行う。収穫を行う時期及び収穫量は表21に示すとおりで、前価収穫量は $173\text{m}^3/\text{ha}$ となる。

表21. 皆伐保残木林の前価収穫量

区分	分期	林齢 (年)	伐採区分	収穫材積 (m^3/ha)	同前価値 (m^3/ha)
現存林分	1	120	下種伐	152	152.000
	4	135	母樹伐採	39	18.759
	計				170.759
新生林分	14	60	間伐	25	1.050
	20	90	〃	41	0.410
	26	120	下種伐	152	0.304
	29	135	母樹伐採	39	0.039
	計				1.803
				$K_u(125)=(1.002)\times 1.803=$	1.807
計					172.566

(7) 皆伐ぼう芽

しいたけ等原木林を計算例とする。30年生時点で皆伐を行い、このときの収穫量を70 m³/haとする。この場合の前価収穫量は91m³/ha (= K_u(30)(=1.301)×70m³/ha)となる。

(8) 択伐

林分蓄積176m³/ha, 伐採率25%, 回帰年20年として計算を行う。1回当たりの収穫量は44m³/ha (= 176m³/ha×0.25)となる。これより前価収穫量は71m³/ha (= K_u(20)(=1.605)×44m³/ha)となる。

4) 林道の開設効果率の計算例

以上算定したha当たりの前価収穫量 V_{HA} (m³/ha) の値を図1のモデルに適用し、この場合の開設効果率の算定を行うことにする。

ha当たりの林道の開設効果 E_{HA} (円/ha) は、表9の(1)式のXに 2,160m (4式) を、Mに V_{HA} を代入して

$$E_{HA} = 5,593 V_{HA} \quad \dots\dots\dots (51)$$

となる。ha当たりの林道の開設維持費 R_{HA} は、550,800円/ha (7式) であるから、(40)式より林道の開設効果率 f は

$$f = \frac{5,593 V_{HA}}{550,800} \quad \dots\dots\dots (52)$$

となる。この式の V_{HA} に表16の前価収穫量の値を代入すると、f の値は表22のとおりとなる。この表の①～④及び⑥、⑦は、f の値は1以上で、収穫された木材の運搬機能面のみで林道の開設が適切であると判定できる。

次に、収穫作業に必要な作業員の人員輸送面の開設効果率の算定を行う。ha当たりの収穫等の前価人工数を n_{HA} (人/ha) とすると、ha当たりの林道の開設効果 E_{HA} (円/ha) は、表9の(4)式のXに2,160m を、Nに n_{HA} を代入して

$$E_{HA} = 2,804 n_{HA} \quad \dots\dots\dots (53)$$

となる。この場合の林道の開設効率 f は、(52)式と同様に

$$f = \frac{2,804 n_{HA}}{550,800} \quad \dots\dots\dots (54)$$

となる。ここで、計算例として、一斉皆伐作業における林道の開設効果率を求めることに

する。収穫作業における所要人工数は表23のとおりとする。この場合、前価人工数は87人/haで、この値を(54)式の n_{HA} に代入すると

$$f = 0.44 \quad \dots\dots\dots (55)$$

となる。木材収穫全体における林道の開設効果率は、この値に木材輸送面における林道の開設効果率2.83 (表22の①) を加えたもので、合成開設効果率 F_o は

$$F_o = 3.27 \quad \dots\dots\dots (56)$$

となる。

表23. 一斉皆伐林収穫の前価所要人工数

区分	分期	林齢 (年)	伐採区分	収穫材積 (m ³ /ha)	利用材積 (m ³ /ha)	功 程 (m ³ /人)	人工数 (人/ha)	同前価 (人/ha)
現存林分	1	50	主伐	243	174.3	2.40	72.6	72.600
新生林分	7	30	間伐	30	18.5	0.92	20.1	4.643
	9	40	〃	32	21.5	1.33	16.2	2.300
	11	50	主伐	243	174.3	2.40	72.6	6.316
	計						108.9	13.259
K _u (50)(=1.096)×13.259=								14.532
計								87.132

7. 造林面での利用

1) 造林面における林道の開設効果

林道が造林面で果たす利用機能は、主として造林作業員の輸送機能である。この機能に関する林道の開設効果の算定は、表9の(4)式を用いて行うことができる。

ここで、計算例として、新植作業における林道の開設効果の算定を行うことにする。造林作業の内容、所要人工数は表24の数値を用いることにする。地拵作業を行う年を計算の基準時とすると、ha当たりの前価人工数 n_{HA} は78人/haとなる。図1に示したモデルにおける計算を行うと、ha当たりの林道の開設効果は(53)式、林道の開設効果率 f は(54)式で算定される。(54)式の n_{HA} に78人/haを代入すると

$$f = 0.40 \quad \dots\dots\dots (57)$$

となる。f の値は1よりかなり小さく、造林作業のみを対象とする場合には、標準的な林道 (開設維持費30,000円/m) の開設は困難である。

次に、皆伐新植作業における林道の開設効果率の計算例を示す。図1のモデルにおける皆伐作業の木材輸送及び人員輸送に関する林道の開設効果率は、3.27 (56式) で、これに新植作業に関する林道の開設効果率0.40 (57式) を加えると、皆伐新植作業における林道の開設効果率は

表24. 造林の前価所要人工数

経過年数	区 分	功 程 (人/ha)	前価係数	人工数の前価値 (人/ha)
0	地 拵	18	1.000	18.000
1	植 栽	15	0.952	14.280
2	下 刈	6	0.907	5.442
3	"	"	0.864	5.184
4	"	"	0.823	4.938
5	"	"	0.784	4.704
6	"	"	0.746	4.476
7	つる切	3	0.711	2.133
9	除 伐	10	0.645	6.450
12	"	10	0.557	5.570
計		86		71.177
				$K_a(50) = (1.096) \times 71.177 = 78.010$

$$f = 3.67 \quad \dots\dots\dots (58)$$

となる。

2) 皆伐新植作業における林道の開設許容値

ここで、皆伐新植作業における林道の開設許容値を面積単位で表すこととし、その計算例を示すことにする。

まず、皆伐作業における開設許容値を求める。皆伐作業におけるha当たりの前価収穫量を $279\text{m}^3/\text{ha}$ (表17)、前価人工数を $87\text{人}/\text{ha}$ (表23) とする。この数値と表9に示した木材輸送及び人員輸送の開設効果の変動費の係数により、(48)式を用いて A_{HA} を求めると $726\text{円}/\text{ha}\cdot\text{m}$ となる (表25)。林道のm当たりの開設維持費 r_{KI} を $30,000\text{円}/\text{m}$ とすると、開設許容値は(49)式より 41.3ha となる (表25)。次に、新植造林作業における開設許容値を求める。新植造林作業における前価人工数を $78\text{人}/\text{ha}$ (表24) とする。この数値を用いて前述と同様に算定を行うと、 E_{HA} は $101\text{円}/\text{ha}\cdot\text{m}$ 、開設許容値は 297ha となる (表25)。以上より、皆伐新植作業全体における E_{HA} は $827\text{円}/\text{ha}\cdot\text{m}$ となり、開設許容値は 36.3ha となる (表25)。すなわち、林道の開設維持費を $30,000\text{円}/\text{m}$ とすると、林道の終点付近に皆伐新植施業地の面積が 36.3ha 以上ある場合には、林道の延長にかかわりなく、林道の開設は適切であると判定できる。

表25. 開設許容値(2)

区 分	項 目	輸送量	変動費の係数	開設効果 (円/ha・m)	開設許容値 (ha)
皆伐新植	収穫材輸送	$279\text{m}^3/\text{ha}$	$2.1982\text{円}/\text{m}^3\cdot\text{m}$	613	48.9
	収穫人員輸送	$87\text{人}/\text{ha}$	$1.2980\text{円}/\text{人}\cdot\text{m}$	113	—
	小計	—	—	726	41.3
新植造林	新植造林	$78\text{人}/\text{ha}$	$1.2980\text{円}/\text{人}\cdot\text{m}$	101	297.0
	計	—	—	827	36.3
農業生産	収穫物輸送	$369\text{t}/\text{ha}$	$1.4993\text{円}/\text{t}\cdot\text{m}$	553	54.2
	生産者輸送	$2,392\text{人}/\text{ha}$	$0.5223\text{円}/\text{人}\cdot\text{m}$	1,249	—
	計	—	—	1,802	16.6

3) 造林用道路の投資限度額

(57)式の f の値は、林道の開設維持費を $30,000\text{円}$ として算定したもので、この場合、道路の開設は不可と判定される。そこで、道路の利用機能の計算対象を造林作業面に限定する場合、道路の開設効果率が1以上となるような開設維持費を求めることにする。図1のモデルの場合、ha当たりの林道の開設効果 E_{HA} (円/ha) は、(53)式の n_{HA} に $78\text{人}/\text{ha}$ (表24) を代入すると

$$E_{HA} = 218,712 \quad \dots\dots\dots (59)$$

となる。この額がha当たりの林道の投資限度額で、モデルにおける林道の密度は $18.36\text{m}/\text{ha}$ (6式) であるから、m当たりの投資限度額は $11,912\text{円}/\text{m}$ ($= 218,712/18.36$) となる。

8. 森林管理面での利用

主伐、間伐、造林等を行う場合、現場での実際の作業のほか、事前の計画、調査、作業実行時の指導、現場打合せ等が必要となる。また、森林の状況等を常に的確に把握しておくためには、適度の林内巡視が必要となる。ここで森林管理に関する計算例として、輪伐期を50年とし、この間におけるha当たりの管理に必要な人工数の算定結果を示すと、表26のようになる。この計算の場合、所要人工数は $40\text{人}/\text{ha}$ で、ha当たりの年間の所要人工数は 0.8人 となる。管理に必要な人工数は、主間伐等の作業時に多くを必要とする場合が多いが、簡略的に所要人工数を毎年ほぼ一定とみなすことにすると、前価人工数は(32)式より $16.8\text{人}/\text{ha}$ となる。

表26. 管理所要人工数

項 目	区 分	人工数	積 算 基 礎
林内巡視		10.0人/ha	2人, 1回/年, 1日10ha, 50回
主伐	計画	0.5	2人, 1日4ha, 1回
	周囲測量	1.0	4人, 1日4ha, 1回
	材積調査	2.0	2人, 1日1ha, 1回
	現場指導, 打合せ	2.5	1人, 1箇所(4ha) 当たり10回
	跡地検査	0.5	2人, 1日4ha, 1回
	計画	1.0	2人, 1日4ha, 2回
間伐	材積調査, 選木	4.0	2人, 1日1ha, 2回
	現地指導, 打合せ	2.0	1人, 1箇所(4ha) 当たり4回×2回
	跡地検査	1.0	2人, 1日4ha, 2回
造林	計画	5.0	2人, 1回/年, 1日4ha, 10回
	現地指導, 打合せ	2.5	1人, 1箇所(4ha) 当たり1回/年, 10回
	跡地検査	5.0	2人, 1回/年, 1日4ha, 10回
施業計画		1.0	2人, 1日20ha, 10回
その他		2.0	保護, 治山等
計		40.0	

9. レクリエーション面での利用

1) 自然公園等の利用状況

我が国における自然公園には、国立公園、国定公園、都道府県立自然公園、レクリエーションの森等がある。これらの公園の設定状況、利用状況は表27のとおりである。自然公園における箇所ごとの利用者数、利用密度には大きな差異がある。例えば、国立公園の中で最も利用者数の多いのは、富士箱根伊豆で、10,132千人（平成元年）¹⁹⁾であるのに対し、最も利用者数が少ないのは小笠原で、23千人にすぎない状況にある。利用者数に関係する因子としては、大都市や周辺都市からの距離、交通至便性、公園独自の魅力度、知名度、利用施設の状況、PRやイベントの状況など多くのものが考えられる。

以上のように、個々の箇所の利用状況の差異は大きいですが、自然公園の種類ごとの平均の利用密度（利用者数を公園等の面積で除したもの）は、139～323人/haとなっている（表27）。

表27. 自然公園の利用状況

種 類	箇所数 〔箇所〕	面 積 〔ha〕	利用者数 〔千人〕	1箇所当 たり面積 〔ha〕	1箇所当 たり利用者数 〔人〕	利用密度 〔人/ha〕
①国立公園	28	2,042,008	386,859	72,929	13,816,392	189
②国定公園	54	1,291,044	291,696	23,908	5,401,778	226
③都道府県立自然公園	300	1,985,342	276,267	6,618	920,890	139
④レクリエーションの森	1,230	552,933	178,400	450	145,041	323

資料：①～③は文献19による。④は文献20による。

2) 国有林等におけるレクリエーション利用

国有林におけるレクリエーションの森の設定状況、利用状況は表28に示すとおりで、1箇所当たりの年間利用者数は平均で145千人となっている。利用密度は、平均で323人/haとなっている。レクリエーションの森の1箇所当たりの面積を S_L 〔ha〕、1箇所当たりの年間利用者数を N_L 〔人〕とし、表28の数値から両者の間の回帰式を求めると次のようになる。

$$N_L = 245 S_L + 39,630 \quad \dots\dots\dots (60)$$

$$(r=0.727)$$

また、利用者数を利用密度を用いて表すこととし、レクリエーションの森等の利用密度を D_L 〔人/ha〕とすると

$$N_L = D_L \cdot S_L \quad \dots\dots\dots (61)$$

となる。利用密度の実績値は表28に示すとおりである。

表28. レクリエーションの森の利用状況

種 類	箇所数 〔箇所〕	面 積 〔ha〕	利用者数 〔千人〕	1箇所当 たり面積 〔ha〕	1箇所当 たり利用者数 〔人〕	利用密度 〔人/ha〕
自然休養林	92	113,240	36,227	1,231	393,772	320
自然観察教育林	201	35,240	23,293	175	115,886	661
野外スポーツ林	211	35,326	48,760	167	231,090	1,380
風景林	626	344,065	65,177	550	104,117	189
森林スポーツ林	13	2,100	954	162	73,385	454
野外スポーツ地域	64	14,112	3,807	221	59,484	270
風致探勝林	23	8,850	182	385	7,913	21
計	1,230	552,933	178,400	450	145,041	323

資料：文献20

さらに、レクリエーションの森をその性格に応じて以下のように区分すると、この場合の利用者数と区域面積の関係式は次のようになる。

①自然休養林、自然観察教育林

$$N_L = 401 S_L \quad \dots\dots\dots (62)$$

②野外スポーツ林、森林スポーツ林、野外スポーツ地域

$$N_L = 1,038 S_L \quad \dots\dots\dots (63)$$

③風景林、風致探勝林

$$N_L = 185 S_L \quad \dots\dots\dots (64)$$

④以上全体

$$N_L = 323 S_L \quad \dots\dots\dots (65)$$

以上のほか、レクリエーション施設等の設定、利用状況を示すと表29のとおりで、レクリエーションの森施設の1箇所当たりの利用者数は10,675人、国営・国設スキー場の1箇所当たりの利用者数は258,883人となっている。また、林業構造改善事業の森林総合利用促進事業における森林レクリエーション施設の利用者数は、1箇所当たり30,928人となっている。さらに、国民休暇村、家族旅行村、長距離自然歩道の利用状況等は表29、30に示すとおりである。

表29. レクリエーション施設等の森の利用状況

種 類	箇所数 〔箇所〕	面 積 〔ha〕	利用者数 〔千人〕	1箇所当 たり面積 〔ha〕	1箇所当 り利用者数 〔人〕	利用密度 〔人/ha〕
①レクリエーションの森施設	1,423	726	15,191	0.51	10,675	20,924
②国営・国設スキー場	197	27,853	51,000	141	258,883	1,831
③森林総合利用促進事業	388	—	12,000	—	30,928	—
④国民休暇村	30	1,706	4,355	57	145,167	2,553
⑤家族旅行村	29	—	3,632	—	125,241	—

資料：①は文献7による。②は文献20による。③は文献21による。④⑤は文献22による。

表30. 長距離自然歩道の利用状況

名 称	総延長 〔km〕	利用者数 〔千人〕	km当たり利用者数 〔人/km〕
東海自然歩道	1,343	6,060	4,512
九州 "	2,043	7,880	3,857
中国 "	1,906	2,030	1,065
四国 "	1,673	2,980	1,781
首都圏 "	1,665	4,640	2,787
計	8,630	23,590	2,733

資料：文献22

個別の箇所ごとに森林レクリエーションの利用者数の推定を正確に行うことは、かなり難しいものと思われるが、概略的な方法として、前述の計算式により算定を行い、さらに周辺の森林レクリエーションの利用実態を踏まえ、総合的に判断して推定を行う必要がある。

3) レクリエーション利用における林道の開設効果

森林のレクリエーション利用の主たる対象区域を一定のエリアとして捉える場合、そのエリアの入口部分まで林道が存在する場合には、それを利用して到達することができる。林道が存在しない場合には、既設道路から歩行によってレクリエーションエリアの入口まで到達することにする。そこで、レクリエーション利用者の歩行費と車両利用費との差をもって林道の開設効果とすることができる。

レクリエーション利用に関する林道の開設効果は、表9の(6)式により算定できる。また、林道のレクリエーション利用の開設許容値は、表14より21,348人で、年間許容値は1,017人となる。すなわち、年間のレクリエーション利用者が1,017人以上見込める箇所においては、林道の延長にかかわらず、林道の開設は適当であると判定できる。

国有林におけるレクリエーションの森の利用状況は、1箇所当たり平均で年間145,041人となっている(表28)。レクリエーションの森に到達するには、複数の経路があったり、公道利用による場合もあり、林道1路線当たりの利用者数は明確ではないが、前述の年間許容値1,017人を大幅に超えていることから、平均的には、現在レクリエーション区域に配置されている林道は、レクリエーション利用に十分に機能を果していると言えよう。

10. 地元住民の利用

1) 物品輸送

国有林地帯内あるいは国有林地近くに民有林地、農耕地、特用林産物生産地、集落等の存在する場合には、生産物や住民の生活物資等の運搬に国有林林道が利用されることがある。これらの物品の輸送量は、現地の実態に即して適切に見込む必要があるが、ha当たりの生産量等の標準的な数値をあらかじめ求めておくことも有用である。以下、これらの数値の算定例等について述べることにする。

(1) 木材

木材の前価収穫量は、正確には林分の状況(樹種、林齢、蓄積、成長予想等)や箇所ごとの収穫計画に基づいて算定されるものであるが、収穫予定時期が不明確であるなど、資料の入手の困難な場合や計算の単純化を図る場合には、簡易な算定法が必要となる。その例として、ha当たりの前価収穫量 M_H (m^3/ha)の算定法を示す。

ha当たりの木材の年平均収穫量を m_H (m^3/ha)とし、 m_H の値にはha当たりの主間伐

材積の合計を伐期齢で除した値を見込むこととする。この場合、 M_n は(31)式より

$$M_n = \frac{1.0 p \cdot m_n}{0.0 p} \dots\dots\dots (66)$$

となる。ここで、年平均収穫量等の算定例を表31に示す。この表の人工林の値は、我が国の森林資源の現況²³⁾に基づき、10齢級を基準として、この齢級における林分材積及びそれまでの間伐材積(主伐材積の26%とした。表17により算定)の合計値を10齢級中央年の林齢48年で除して求めたものである。天然林は資料の関係で9~10齢級込みを基準とし、中央年の林齢を45.5年として算定した。この表より、例えば、人工林の年平均収穫量は $7.51\text{m}^3/\text{ha}$ 、人工林天然林込みの場合は $5.05\text{m}^3/\text{ha}$ となる。

表31. 年平均収穫量, 年平均収穫人工数

人天別	針広別	樹種	林地面積 (千ha)	平均収穫量 (m^3/ha)	年平均人工数 (人/ha)
人工林	針葉樹	スギ	4,390	9.40	3.21
		ヒノキ	2,134	6.92	2.36
		マツ類	1,203	4.81	1.64
		カラマツ	1,112	5.39	1.84
		その他N	854	5.84	1.99
		計	9,694	7.51	2.56
	広葉樹		153	4.26	1.45
	計		9,847	7.46	2.55
天然林			12,893	3.21	1.10
計			22,740	5.05	1.72

(2) 農産物

ha当たりの農産物の前価収穫量を B_n (t/ha)、ha当たりの年間収穫量を b_n (t/ha)とすると、 B_n は(31)式より

$$B_n = \frac{1.0 p \cdot b_n}{0.0 p} \dots\dots\dots (67)$$

となる。

農産物のha当たりの収穫量及び労働人工数を示すと表32のとおりになる^{24, 25)}。農業生産における農地の利用については、稲作のように年1回の収穫を主体とする場合や野菜生産のように、年間に何回かの収穫を行う場合など多様である。ha当たりの年間の収穫量の算定に当たっては、正確には計算対象地の生産実態に基づいて定める必要があるが、我が国全体における農作物の耕地利用率の値は1.03となっており²⁵⁾、1に近いことなどから、

概略の計算を行う場合には、耕地利用率は無視し得る。すなわち、表32の収穫量の値を b_n に適用することができる。

(3) 特用林産物

国有林地帯内の民有地や国有林野の貸付地において特用林産物の生産がなされていることも少なくない。我が国における主要な特用林産物の単位(m^3 , t , ha)当たりの年間生産量及び生産に必要な資材の年間使用量の算定例を示すと、表33のとおりである^{26)~28)}。

表32. 農産物生産の収穫量, 労働人工数

区分	作付面積 (千ha)	収穫量 (t/ha)	労働人工数 (人/ha)
①稲	2,097	4.93	57.6
②麦類	399	3.41	11.9
③いも類	177	27.97	36.9
④豆類	265	1.73	30.5
⑤雑穀	28	0.82	—
⑥野菜	632	27.69	322.0
⑦果樹	353	15.08	297.3
⑧桑・工芸作物	299	30.00	106.9
⑨飼肥料作物	1,089	41.31	—
⑩その他作物	87	—	—
平均(計)	(5,426)	17.59	113.9

資料: 文献24, 25

注: 収量の平均は①~⑨の面積加重平均である。

労働人工数の平均は①~⑧の面積加重平均である。

表33. 特用林産物の単位当たり生産量等

品名	計算単位(当たり)	年間所要人工数	年間生産量	生産資材年間使用量
乾しいたけ	年間原木伏込量 1m^3	$4.45\text{人}/\text{m}^3$	$19.3\text{kg}/\text{m}^3$	$910\text{kg}/\text{m}^3$ (原木)
生しいたけ	"	5.79 "	97.5 "	910 "(")
えのきたけ	年間生産量 1t	$17.0\text{人}/\text{t}$	$1,000\text{kg}/\text{t}$	$2,730\text{kg}/\text{t}$ (オガコ等)
ひらたけ	"	32.3 "	$1,000$ "	$7,140$ "(")
ぶなしめじ	"	16.2 "	$1,000$ "	$6,680$ "(")
まつたけ	環境整備林 1ha	$18.0\text{人}/\text{ha}$	$44.6\text{kg}/\text{ha}$	—
ほんしめじ	"	10.9 "	44.6 "	—
くり	樹園 1ha	45.8 "	$3,000$ "	$500\text{kg}/\text{ha}$ (肥料)
くるみ	"	144.5 "	$3,000$ "	$1,500$ "(")
うるし	"	30.9 "	15.0 "	230 "(")
はぜ	"	118.6 "	$7,500$ "	150 "(")
水わさび	わさび田 1ha	$1,000$ "	$4,890$ "	—
畑わさび	"	$1,125$ "	$7,500$ "	—
桐	樹園 1ha	13.5 "	$3,240$ "	$780\text{kg}/\text{ha}$ (肥料)
竹材	竹林 1ha	45.0 "	$9,000$ "	$1,000$ "(")
たけのこ	"	125.0 "	$10,000$ "	$2,100$ "(")
オウレン	栽培地 1ha	33.3 "	40 "	50 "(")
キハダ	樹園 1ha	11.9 "	560 "	70 "(")
わらび	栽培地 1ha	398.0 "	$5,000$ "	590 "(")
ぜんまい	"	143.0 "	286 "	630 "(")
黒炭	年間生産量 1t	$16.1\text{人}/\text{t}$	$1,000\text{kg}/\text{t}$	$4,360\text{kg}/\text{t}$ (原木)
白炭	"	18.9 "	$1,000$ "	$4,380$ "(")

(4) 生活物資

我が国における貨物自動車による物品輸送の品目は多岐にわたるが、このうち国民の日常生活にかかわりが大きいと思われる品目の年間輸送量を掲げると、表34のとおりになる(平2)¹⁵⁾。各品目の合計値827,073千t及び我が国の人口数123,612千人(平2)²⁹⁾より、国民1人当たりの年間輸送量を求めると6.69tとなる。各品目の輸送は、多様な流通経路を通じて最終需要者に達するのが実状であるが、ここでは単純に、生産者→市場・卸売業→小売業→消費者と3段階にわたって流通するものとし、6.69tを3で除した数値を消費者1人当たりの輸送量とすると、2.23tとなる。農山村住民の1人当たりの年間の生活物資の輸送量にこの値を適用することができる。

2) 人員輸送

地元住民の林道の利用にかかわる人員輸送量の算定法として次の2つがあげられる。

①総括算定法：国有林内に集落がある場合や経路等短縮型の場合などで、交通量が住民の数にほぼ比例するとみなしうる場合、住民数に一定の係数を乗じて人員輸送量を概略的に求める方法。

②個別算定法：開設される林道の利用区域内に民有林地、農地等がある場合など、民有林業、農業等の生産活動や集落住民の就労状況等の内容に応じた通行人員数の積算により人員輸送量を求める方法。

この2つの算定法について、以下に述べる。

(1) 総括算定法

平成2年度の我が国の自家用車による人員輸送量は45,788,010千人となっている¹⁵⁾。この値及び我が国の人口数123,612千人から、国民1人当たりの乗車回数は370回となる。この回数を2で除して、単純に往復回数とすると、1人当たり年間の自家用車による往復回数は185回となる。農山村住民の自家用車の利用状況が我が国全体の利用状況と大差がないものとする、上記の数値を農山村の住民にも適用することができる。地元住民が通勤等に開設される林道のみを利用する場合、集落等の住民数を N_z (人)とすると、当該林道の年間の人員輸送量 N_N (人)は

$$N_N = 185 N_z \quad \dots\dots\dots (68)$$

となる。

表34. 品目別輸送量

品 目	輸送量(千t)
穀 物	43,749
野菜・果物	84,512
その他農産品	24,084
畜 産 品	33,766
水 産 品	48,353
食料工業品	320,475
日 用 品	183,198
繊維工業品	27,814
石 油	61,122
計	827,073

また、開設される林道とは別に既設道路が存在するなど、利用しうる道路が複数ある場合、当該林道への人員輸送面での利用する比率を人員輸送利用率 R_z とすると、

$$N_N = 185 R_z \cdot N_z \quad \dots\dots\dots (69)$$

となる。

(2) 個別算定法

ア. 林業生産

ア) 木材収穫

我が国における1人1日当たりの素材生産量は、 $2.06 \text{ m}^3/\text{人}$ となっている(昭和60年林業動態調査に基づき算定)³⁰⁾。木材収穫の平均利用率を70.3%(表23より算定)とすると、立木に換算した収穫工程は $2.93 \text{ m}^3/\text{人}$ ($= 2.06/0.703$)となる。表31の平均収穫量をこの収穫工程で除した値を収穫作業の年平均人工数(人/ha)とすると、その値は同表に示すとおりである。この表から、例えば、人工林の年平均人工数は2.56人/haとなる。

イ) 造林

造林の作業労働は、通常、造林初期に集中するが、造林計画が明確でない場合や計算の単純化を図る場合など、年間の造林に要する人工数の期待値として、年平均造林人工数を用いることができる。

民有林における樹種別等の林地面積は表35のとおりで³¹⁾、人工林針葉樹の造林に要するha当たりの人工数の算定値は、同表のとおりである。この表の造林人工数は、文献32に基づき算定した推定値(資料に示された人工数に請負に要した費用から推定した人工数を加えたもの)である。また、年平均人工数は、植栽後50年に要する造林人工数を50(年)で除した値である。この表から、例えば、人工林の造林に要するha当たりの年平均人工数は3.31人/haとなる。

イ. 農業生産

農業生産におけるha当たりの労働人工数は表32のとおりである。農産物生産全体のha当たりの労働人工数は、耕地利用率を1とすると、年間113.9人/haとなる。

ここで計算例として、農産物生産における開設許容値を求めることにする。適用数値には、農産物生産の平均値を用いることにし(表32)、ha当たりの年間収穫量は $17.59 \text{ t}/\text{ha}$ 、労働人工数は $113.9 \text{ 人}/\text{ha}$ とする。この数値を用いて前述と同様に算定を行うと、農産物生産における開設許容値は16.6haとなる(表25)。

表35. 造林人工数等(民有林)

人天別	針広別	樹種	林地面積 〔千ha〕	造林人工数 〔人/ha〕	年平均人工数 〔人/ha〕
人工林	針葉樹	スギ	3,653	196.3	3.93
		ヒノキ	1,850	202.7	4.05
		マツ類	927	74.3	1.49
		カラマツ	713	86.0	1.72
		エゾ, トド	330	45.2	0.90
		その他N	67	—	—
		計	7,540	165.6	3.31
	広葉樹		94	—	—
	計		7,634	165.6	3.31
天然林			8,989	—	—
計			16,623	76.1	1.52

注: —は不明。人工林の計欄の人工数の算定においては, —の箇所は除いた。
人天計欄の人工数の算定においては, —の箇所は0とした。

ウ. 特用林産物生産

特用林産物生産における単位〔m³, t, ha〕当たりの年間所要人工数の算定結果は表32のとおりである。

エ. その他

上記のほか, その他の生産物生産, 地元企業への就労, 生活関連等に林道を利用する場合は, 現地の実態に即して算定する必要がある。我が国における自家用車の目的別輸送状況³³⁾は, 表36に示すとおりで, 生活関連が最も多く53.2%, 次いで通勤・通学28.8%, 業務18.0%となっている。また, 林道の年間の往復利用回数を前述の185回とすると, 項目ごとの年間利用回数は同表に示すとおりである。農山村住民の車両の利用状況として我が国全体の利用状況を用いることにすると, 表36の数値を林道の利用人数の積算に利用することができる。

表36. 自家用車目的別輸送状況

項目	比率 (%)	年間利用回数 (往復)
①通勤・通学	28.8	53.3
②業務	18.0	33.3
③生活関連等	53.2	98.4
買物	15.5	28.7
送迎	12.1	22.4
レジャー	10.0	18.5
その他	15.6	28.8
計	100.0	185.0

11. 林道の開設効果等の計算例

以上述べてきた計算法, 数値等を用いて, 以下に奥地開発型及び経路等短縮型における林道の開設効果, 開設効果率の計算例を示すことにする。

1) 計算例1(奥地開発型)

計算対象地として, 図2のモデルを用いることにする。図において利用区域内の森林は法正状態とし, Cは民有林地, Dは農業生産地である。林道の開設効果等の算定に必要な因子を図より測定した結果等は以下のとおりである(表37)。

林道の路線延長(AB間の延長)は, 2,543mである。林道のm当たりの開設維持費を30,000円/mとすると, 路線全体の開設維持費は76,290千円となる。国有林の林地面積は154.30ha, 利用延長は1,399mである。利用延長の測定に当たっては, 図に100m×100mのメッシュをかけ, 利用区域内の各格子点から最も近い林道部分と起点Aとの間の延長を求め, その平均を利用延長とした(2式においてn_kを一定値として求めた延長利用率は55%となる)。民有林の林地面積は11.84ha, 利用延長は1,905mである。また, 農業生産地の面積は3.10ha, 利用延長は1,220mである。

図2のモデルにおける林道の開設効果等の計算結果は, 表37のとおりで, 以下, その計算法等について説明を行う。

(1) 林業生産(国有林)

まず, 木材輸送に関する計算は以下のように行った。③のha当たりの年間の木材収穫量は, 表17を用いて法正林の年間収穫量を算定した(305m³/ha÷50〔年〕=6.10m³/ha)。④のha当たりの前価量は, ③に(30)式の前価係数K_E(=21)を乗じたもの(6.10m³/ha×21=128m³/ha)あるいは表16の④によるものである。⑤は, ④に①の林地面積を乗じ

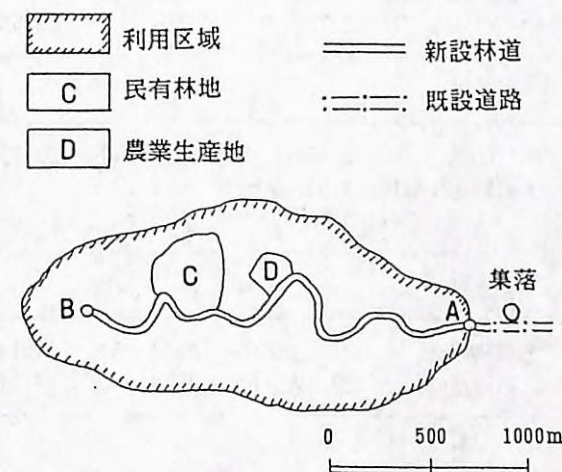


図2. 奥地開発型の林道

たものである ($128\text{m}^3/\text{ha} \times 154.30\text{ha} = 19,750\text{m}^3$)。⑥の開設効果は表9の(1)式の利用延長Xに②の1,399mを、輸送量Mに⑤の19,750 m^3 を代入して求めたものである。⑦は、⑥を林道の開設維持費76,290千円で除した値である。

次に、収穫における人員輸送の計算では、表23の所要人工数、表9の(4)式の開設効果の算定式を用い、上記と同様に計算を行った。また、造林に関する人員輸送の計算では、表24、表9の(4)式を用いた。

(2) 林業生産(民有林)

民有林における樹種はスギとし、年平均収穫量、収穫に要する人工数には表31を用いた。また、造林の人工数に関しては表35の値を用いた。開設効果の計算には、木材輸送については表9の(2)式を、人員輸送には同表の(7)式を用いた。

(3) 農業生産

生産物の収穫量及び労働人工数には、表32の各農産物の平均の値を用いた。開設効果の計算には、生産物輸送には表9の(3)式を、人員輸送には同表の(7)式を用いた。

(4) 計算結果

林道の開設効果率は、国有林における林業生産で1.316、民有林における林業生産で0.110、農業生産で0.099となり、合計で1.525となる。総合開設効果率は1以上で、林道の開設は許容されることになる。

表37. 林道の開設効果等の計算例(奥地開発型)

区分	① 面積 [ha]	② 利用延長 [m]	項目	③ ha当たり の年間量	④ ha当たり の前価量	⑤ 区域全体 の前価量	⑥ 開設効果 [千円]	⑦ 開設効果 率
林業生産 (国有林)	154.30	1,399	木材輸送	6.10 m^3/ha	128 m^3/ha	19,750 m^3	77,426	1.015
			人員輸送: 収穫	2.18人/ha	46人/ha	7,098人	12,889	0.169
			": 造林	1.72 "	36 "	5,555 "	10,087	0.132
			計				100,402	1.316
林業生産 (民有林)	11.84	1,905	木材輸送	9.40 m^3/ha	197 m^3/ha	2,332 m^3	6,659	0.087
			人員輸送: 収穫	3.21人/ha	67人/ha	793人	789	0.010
			": 造林	3.93 "	83 "	983 "	978	0.013
			計				8,426	0.110
農業生産	3.10	1,220	生産物輸送	17.59t/ha	369t/ha	1,144t	2,786	0.037
			人員輸送	113.9人/ha	2,392人/ha	7,415人	4,725	0.062
			計				7,511	0.099
合計							116,339	1.525

2) 計算例2(経路等短縮型)

計算対象地として、図3のモデルを用いることにする。図のAB間の既設道路(道路1)の延長は3,663m、新設林道(道路2)の延長は1,280mで、通行延長は2,383m短縮される。集落から都市・市場等への通行には、すべての車両が新設林道を利用することにする。車両の走行速度は、道路1、2とも25km/時とする。集落の住民数は30人とする。また、林道2にかかわる利用区域(国有林)の森林面積は56.12haで、林況は法正林とする。林道2のm当たりの開設維持費を30,000円/mとすると、路線全体の開設維持費は38,400千円となる。図3のモデルにおける林道の開設効果等の計算結果は、表38のとおりで、以下、その計算法等について説明を行う。

(1) 地元利用

通行距離の短縮による通行短縮時間は、(24)式より0.1906時間となる。これらを用いて、まず、地元住民の人員輸送に関する林道の開設効果等の計算を以下のように行った。

③の住民1人当たりの年間の林道の利用回数は前述の185往復とする。④の集落全体の年間利用者数は③に①の集落の住民数30人を乗じたものである。⑤の集落全体の前価量は、④に(30)式の前価係数 $K_E (=21)$ を乗じたものである。⑥開設効果は、表9の(13)式のNに⑤の116,550人を、 t_E に②の0.1906時間を代入して求めたものである。⑦開設効果率は、⑥を新設林道の開設維持費38,400千円で除した値である。

次に、生活物資の輸送に関する林道の開設効果の計算を以下のように行った。③の住民1人当たりの年間の生活物資の輸送量は前述の2.23tとする。④は、③に①を乗じたものである。⑤は、④に(30)式の K_E を乗じたものである。⑥開設効果は、表9の(9)式のBに⑤を、 t_E に②を代入して求めたものである。

以上より、地元住民の生活利用面における林道の開設効果は46,526千円、開設効果率は1.212となり、この利用機能面のみで林道の開設は許容されることになる。

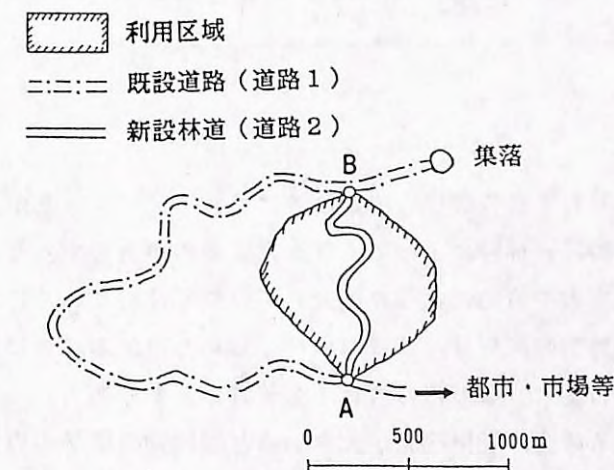


図3. 経路等短縮型の林道

(2) 林業生産

国有林の利用区域における林業生産に関する林道の利用延長は、計測の結果、669mであった。表37と同様の方法で計算を行った結果、林道の開設効果は20,629千円、開設効果率は0.537となる。

(3) 計算結果

地元利用面と国有林の林業生産面における林道の開設効果の合計値は67,155千円、総合開設効果率は1.749となる。この値は、計算例1の開設効果率1.525(表37)より大きい。これより、計算例2の林道の方が計算例1の林道より林道の開設順位の優先度は高くなる。

表38. 林道の開設効果等の計算例(距離等短縮型)

① 地元利用	② 住民数	③ 短縮時間 〔時間〕	④ 項 目	⑤ 単位当たり 年間輸送量	⑥ 集落全体の 年間輸送量	⑦ 集落全体の 前価量	⑧ 開設効果 〔千円〕	⑨ 開設効果 率
	30人	0.1906	住民の人員輸送 生活物資の輸送	185往復/人 2.23 t/人	5,550人 67 t	116,550人 1,407 t	46,117 409	1.201 0.011
計							46,526	1.212
① 林業生産 (国有林)	② 面積 〔ha〕	③ 利用延長 〔m〕	④ 項 目	⑤ ha当たり の年間量	⑥ ha当たり の前価量	⑦ 区域全体の 前価量	⑧ 開設効果 〔千円〕	⑨ 開設効果 率
	56.12	669	木材輸送	6.10m ³ /ha	128m ³ /ha	7,183m ³	16,633	0.433
			人員輸送: 収穫	2.18人/ha	46人/ha	2,582人	2,242	0.058
			〃 : 造林	1.72 〃	36 〃	2,020 〃	1,754	0.046
計							20,629	0.537
合 計							67,155	1.749

V ま と め

以上、林道の新設に関して優先順位の決定法等について述べてきたが、その主要な因子である木材収穫量は、樹種や林齢によって大きく異なるのが実情であり、実際の順位の決定に当たっては、施業内容や目的ごと等に区分して順位を定めていくことも有用であると考えられる。例えば、建築等用材林、間伐対象林、しいたけ原木林等に区分し、それぞれに優先順位を決定していくような方法についても検討の必要がある。

また、本計算法による場合、利用区域が大きいほど開設効果率等の算定値は大きくなる。このため、利用区域が現実的な集材範囲を超えて過大となり過ぎないようにするなど、利用区域の設定法についても検討を行っていく必要がある。

《 付 属 資 料 》

1. 架線運搬費

1) 集材機運材の工期

架線運材の距離を L_k (m)、1日当たりの運材量を V_u (m³/日)とし、 V_u には以下の工期(筆者の調査、調整による工期)を用いることにする。

$$V_u = \frac{1}{4.0955 \times 10^{-5} L_k + 0.0102336} \quad \dots\dots\dots (70)$$

2) 1日当たり経費

架線運搬のセット人員数を3人、1人1日当たりの賃金を W_d (円/人・日)とし、1日当たりの経費として、以下を見込む。

労賃	3人・日× W_d (円/人・日) =	$3W_d$ 円
集材機損料	3,173,000円/台× 2.911×10^{-3} =	9,237円
軽油	12.0ℓ×77円/ℓ =	924円
モビルオイル	0.50ℓ×237円/ℓ =	119円
ギャオイル	0.05ℓ×232円/ℓ =	12円
グリス	0.05kg×361円/kg =	18円
計		$3W_d + 10,310$ 円

注: 集材機の価格は文献34による(20~55ps未満)。損料率は文献17による。

3) m³当たりの直接作業費

(70)、(71)式より、架線運材の直接作業費 q_T (円/m³)は以下ようになる。

$$q_T = (3W_d + 10,310) (4.0955 \times 10^{-5} L_k + 0.0102336) \\ = (1.22865 \times 10^{-4} W_d + 0.42225) L_k + 0.0307 W_d + 106 \quad \dots\dots\dots (72)$$

4) 集材機付属器具損料

集材機付属器具のm³当たりの損料を q_F (円/m³)とし、以下のように見込む。

$$q_F = 0.3041 L_k + 81 \quad \dots\dots\dots (73)$$

5) 運材施設の設置撤去費

運材施設の設置撤去(架線の架設撤去及び集材機の据付撤去)に要するm³当たりの費用を q_u (円/m³)とする。運材施設の設置撤去に要する人工数 n_u (人)を

$$n_u = 0.04 L_k + 13.6 \quad \dots\dots\dots (74)$$

とする。運材施設の耐用運材数量として、主索(直径22mm以上)の耐用数量16,000m³を用いることにする(文献17による)と、 q_u は次式のようにになる。

$$q_u = W_d (0.04 L_k + 13.6) / 16,000 \\ = 0.025 \times 10^{-4} W_d \cdot L_k + 8.5 \times 10^{-4} W_d \quad \dots\dots\dots (75)$$

6) m³当たりの運材費

m³当たりの運材費 q_n (円/m³) は, (72), (73), (75)式の合計とし, 次式のようになる。

$$q_n = (1.25365 \times 10^{-4} W_D + 0.72635) L_k + 0.03155 W_D + 187 \quad \dots\dots (76)$$

2. 歩行速度

歩行の速度は, 歩道の傾斜によって異なってくる。歩行速度の算定法及び算定結果に関する資料³⁶⁾を用い, 傾斜に応じた歩行速度を示すと表39のとおりとなる。この表の値は初期値として平坦地(傾斜勾配 = 0%)における歩行速度を 4,000m/時として求めたものである。

谷沿いに突込型の林道を開設する場合など, 林道の予定線と現存する歩道との位置がほぼ一致することとも少なくない。国有林林道の縦断勾配について筆者が調査した結果では, 勾配の平均は 5.9%, すなわち約 6% となった。以上から, 林道開設予定線上に歩道が存在する場合を想定して, 歩道の勾配の値として 6% を 1 つの基準的な値として用いることとした。

また, 表39の往復歩行速度 V_H (m/時) は, 行き速度を V_A (m/時), 帰りの速度を V_B (m/時) として, 次式により求めたものである。

$$V_H = \frac{1}{\frac{1}{V_A} + \frac{1}{V_B}} \quad \dots\dots (77)$$

表39. 歩行速度

傾斜 (%)	歩行速度 (m/時)		
	上り	下り	往復
0	4,000	4,000	2,000
1	3,795	4,011	1,950
2	3,596	4,023	1,899
3	3,417	4,038	1,851
4	3,248	4,056	1,804
5	3,088	4,077	1,757
6	2,944	4,102	1,714
7	2,804	4,128	1,670
8	2,683	4,159	1,631
9	2,567	4,191	1,592
10	2,462	4,227	1,556
11	2,364	4,263	1,521
12	2,274	4,301	1,487
13	2,195	4,340	1,458
14	2,120	4,381	1,429
15	2,056	4,423	1,404
16	1,995	4,466	1,379
17	1,941	4,511	1,357
18	1,888	4,557	1,335
19	1,839	4,602	1,314
20	1,794	4,646	1,294

3. マイクロバスの乗車利用費

1) 損料

マイクロバスの1時間当たりの損料率 3.368×10^{-4} /時とし(文献17に基づき算定, 9人乗以下の乗合自動車), 車両の走行速度を 25km/時とする。

km当たりの損料率: $3.368 \times 10^{-4} / \text{時} \div 25 \text{km} / \text{時} = 1.347 \times 10^{-5} / \text{km}$

マイクロバスの車両価格は, 1,491,000円とする。

①マイクロバスの1km当たりの損料:

$$1,491,000 \text{円} \times 1.347 \times 10^{-5} / \text{km} = 20.084 \text{円} / \text{km}$$

2) 燃料等経費

$$\text{ガソリン費} \quad 126 \text{円} / \text{ℓ} \times 0.17 \text{ℓ} / \text{km} = 21.420 \text{円} / \text{km}$$

$$\text{オイル費} \quad 366 \text{円} / \text{ℓ} \times 4 \text{ℓ} / 5,000 \text{km} = 0.293 \text{円} / \text{km}$$

$$\text{②計} \quad 21.713 \text{円} / \text{km}$$

3) 費用計(①+②)

$$20.084 \text{円} / \text{km} + 21.713 \text{円} / \text{km} = 41.797 \text{円} / \text{km}$$

4) マイクロバスの乗車利用費

マイクロバスの乗車人員数を 6人とする(荷掛手1人, 荷卸手1人, 造材手1人, 集材機運転手1人, 伐倒手2人。また, 造林班においても6人程度を見込むことにする)。この場合, 1人1m当たりの往復費用は以下になる。

$$41.797 \text{円} / \text{km} \div 1000 \text{m} / \text{時} \div 6 \text{人} \times 2 (\text{往復}) = 0.0139 \text{円} / \text{人} \cdot \text{m}$$

4. 自家用乗用車の車両費

1) 自家用乗用車の総走行キロ

我が国における自家用乗用車の利用実態の調査の結果¹⁵⁾によると, 平均的な利用状況は

①実働1日当たりの走行キロ……40.53km

②実働率(走行した日数の比率)……70.91%

となっている。1年を365日とすると, 1年の走行日数は259日となり,

③年間走行キロ: $259 \text{日} \times 40.53 \text{km} / \text{日} = 10,497 \text{km} / \text{年}$

となる。乗用車の耐用年数は, 大蔵省令³⁶⁾の定めるところでは, 6年となっており, これより

④総走行キロ: $10,497 \text{km} / \text{年} \times 6 \text{年} = 62,982 \text{km}$

となる。

2) 車両価格

車両価格には, 自家用乗用車(軽自動車を含まない)の平均的な車両の購入費として

⑤車両価格……1,782,000円

を用いることにする（文献16に基づき算定）。

3) 車両の維持整備費、減価償却費

(1) 税金

消費税	1,782,000円×4.5% =	80,190円
自動車取得税	1,782,000円×5% =	89,100円
重量税：購入時		56,700円
：車検時	37,800円/回×2回 =	75,600円
自動車税	39,500円/年×6年 =	237,000円

(2) 保険料

自賠責保険料：購入時（37カ月分）		54,550円
：車検時（24カ月分）	38,200円/回×2回 =	76,400円
任意保険料	39,500円/年×6年 =	237,000円

(3) 車両購入時諸費用

登録手続き代行費用		12,300円
車庫証明手続き代行費用		11,600円
納車費用		6,700円
以上消費税		918円
登録手続き法定費用		2,886円
車庫証明手続き法定費用		2,500円

(4) 整備費等

車検（税金、保険料を除く）	74,000円/回×2回 =	148,000円
定期点検	15,000円/回×9回 =	135,000円
交換部品：タイヤ	6,000円/本×4本 =	24,000円
：バッテリー	4,000円/回×2回 =	8,000円

(5) 減価償却費：⑤×0.9÷④

1,782,000円×0.9 =	1,603,800円
------------------	------------

⑥合 計

2,862,244円

4) m当たりの機械損料率：⑥/（④×⑤）

$$2,862,244円 / (62,982,000m \times 1,782,000円) = 2.5502 \times 10^{-8}$$

5) m当たりの燃料等経費

km当たりの燃料消費量は、文献15による。

ガソリン費：	126円/ℓ×0.11ℓ/km =	13.9円/km
オイル費：	366円/ℓ×4ℓ/5,000km =	0.3円/km

計

14.2円/km

以上より、m当たりの燃料等経費は0.0142円/mとなる。

5. 収穫予想表

1) 単層林

表40. 単層林の収穫予想表

年齢 級	主 林 木				副 林 木			
	胸高 直径 cm	樹高 m	本数 本	材積 m ³	胸高 直径 cm	樹高 m	本数 本	材積 m ³
1	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—
3	4.6	3.6	—	21	—	—	—	—
4	8.0	5.6	2,850	46	—	—	—	3
5	10.6	7.2	2,360	74	6.8	5.0	490	6
6	13.0	8.5	1,980	107	10.2	7.0	380	11
7	14.7	9.6	1,700	141	12.4	8.1	280	13
8	16.3	10.6	1,475	174	14.0	9.2	225	16
9	17.8	11.6	1,310	202	15.3	10.0	165	16
10	19.2	12.5	1,180	227	16.5	10.8	130	16
11	20.3	13.1	1,080	248	18.0	11.7	100	16
12	21.2	13.5	1,000	266	19.0	12.4	80	15
13	22.0	13.9	940	281	19.9	12.9	60	13
14	22.7	14.2	891	295	20.7	13.2	49	12
15	23.3	14.5	850	308	21.3	13.5	41	11
16	23.8	14.8	817	321	21.8	13.8	33	10
17	24.3	15.1	788	333	22.3	14.0	29	9
18	24.8	15.4	763	345	22.6	14.2	25	8
19	25.2	15.6	741	356	22.9	14.4	22	8
20	25.6	15.8	720	366	23.2	14.6	21	8

2) 複層林

(1) 1代目

表4 1. 複層林の収穫予想表 (1代目)

級	主 林 木						副 林 木					
	林 況				収 穫		林 況				収 穫	
	胸高 直径 cm	樹高 m	本数 本	材積 m ³	本数 本	材積 m ³	胸高 直径 cm	樹高 m	本数 本	材積 m ³	本数 本	立木 材積 m ³
1	—	—	—	—			—	—	—	—		
2	—	—	—	—			—	—	—	—		
3	4.6	3.6	—	21			—	—	—	—		
4	8.0	5.6	2,850	46			—	—	—	3		(3)
5	10.6	7.2	2,360	74			6.8	5.0	490	6	490	6
6	13.0	8.5	1,980	107			10.2	7.0	380	11	380	11
7	14.7	9.6	1,700	141			12.4	8.1	280	13	280	13
8	16.3	10.6	1,475	174			14.0	9.2	225	16	225	16
9	17.8	11.6	1,310	202			15.3	10.0	165	16	165	16
10	19.2	12.5	1,180	227			16.5	10.8	130	16	130	16
11	20.3	13.1	1,080	248			17.9	11.7	100	16	100	16
12	21.2	13.5	1,000	266			19.0	12.4	80	15	80	15
13	22.0	13.9	940	281			19.9	12.9	60	13	60	13
14	22.7	14.2	891	295	531	176	20.8	13.3	49	12	49	12
15	23.3	14.5	360	130								
16	23.8	14.8	360	141	70	27						
17	24.3	15.1	290	123								
18	24.8	15.4	290	131	60	27						
19	25.2	15.6	230	110								
20	25.6	15.8	230	117	230	117						

(2) 2代目以降

表4 2. 複層林の収穫予想表 (2代目以降)

級	主 林 木						副 林 木					
	林 況				収 穫		林 況				収 穫	
	胸高 直径 cm	樹高 m	本数 本	材積 m ³	本数 本	材積 m ³	胸高 直径 cm	樹高 m	本数 本	材積 m ³	本数 本	材積 m ³
1	—	—	—	—			—	—	—	—		
2	—	—	—	—			—	—	—	—		
3	4.0	3.1	—	15			—	—	—	—		
4	6.9	4.8	—	35			—	—	—	1		(1)
5	9.2	6.2	2,750	56			5.6	4.4	—	3		3
6	11.3	7.4	2,310	81			8.4	5.9	440	7	440	7
7	13.0	8.5	1,980	107			10.1	6.9	330	9	330	9
8	14.7	9.6	1,700	141			12.4	8.1	280	13	280	13
9	16.3	10.6	1,475	174			14.0	9.2	225	16	225	16
10	17.8	11.6	1,310	202			15.3	9.9	165	16	165	16
11	19.2	12.5	1,180	228			16.5	10.8	130	16	130	16
12	20.3	13.1	1,080	248			17.9	11.7	100	16	100	16
13	21.2	13.5	1,000	266			19.0	12.4	80	15	80	15
14	22.0	13.9	940	281	580	173	19.9	12.9	60	13	60	13
15	22.7	14.2	360	119								
16	23.3	14.5	360	130	70	25						
17	23.8	14.8	290	114								
18	24.3	15.1	290	123	60	25						
19	24.8	15.4	230	104								
20	25.2	15.6	230	110	230	110						

注：複層林の下木は、初期成長時（1～30年生）に、上木に陽光が奪われる分だけ（上木の成長量分だけ）成長が遅れることとして、本表を作成した。

引用文献

- (1) 南雲秀次郎ほか：天然林開発計画に対するLPの一適用法（Ⅰ），日林誌，49(12)，（1967）
- (2) 南雲秀次郎ほか：天然林開発計画に対するLPの一適用法（Ⅱ），日林誌，50(2)，（1968）
- (3) 南雲秀次郎：線形モデルによる収獲予定法の研究（Ⅰ）－0-1計画法の適用－，日林誌，56(4)，（1974）
- (4) 木平勇吉：保続収獲のための路網計画，森林利用研究会資料，101，2～7（1981）
- (5) 小林洋司：山岳林における林道網計画法に関する研究，宇大学術報告特集，38，1～101（1983）
- (6) 林野庁長官通達：国有林林道に係る林業効果指数等の算出について（昭和54年10月2日付54林野業第225号），林業土木必携，58～61（1988）
- (7) 森林計画研究会：新たな森林・林業の長期ビジョン，地球社，415pp.（1987）
- (8) 大川畑修：架線集材における路網計画に関する研究，林試研報，351，1～79（1988）
- (9) 林野庁：国有林野事業統計書（平成3年），43，161pp.（1992）
- (10) 林業試験場監修：木材の物理的性質，木材工業ハンドブック（改訂3版），102～103（1982）
- (11) 総務庁統計局：産業別常用労働者1人平均月間現金給与総額，日本統計年鑑，41，92～93，（1991）
- (12) 農林水産省統計情報部：小規模林家の林業経営，林家経済調査報告（平成元年度），188～197（1991）
- (13) 経済調査会：貨物自動車運賃，積算資料，801,745～756（1992）
- (14) 総理府：観光レクリエーションの実態，大蔵省印刷局，397pp.（1987）
- (15) 運輸省運輸政策局情報管理部：自動車輸送統計年報（平成2年度分），28(13)，71pp.（発行年不記載）
- (16) 自動車工業振興会：自動車ガイドブック（1992～'93），39，自動車工業振興会，502pp.（1992）
- (17) 森 好弘：素材生産請負契約の実務，日本林業調査会，239pp.（1977）
- (18) 林野弘済会：日本林業年鑑（1990），林野弘済会，478pp.（1990）
- (19) 環境庁自然保護局：自然公園利用状況調（昭和64・平成元年），50pp.（発行年不記載）
- (20) 林野庁業務第二課国有林野総合利用推進室：国有林の森林空間総合利用事業，林野時報，38(6)，2～26（1991）
- (21) 谷口勝正ほか：新林業構造改善事業の実施状況について，林講情報，66，22～40（1989）

- (22) 総理府：観光白書（平成3年版），大蔵省印刷局，431pp.（1991）
- (23) 林野庁監修：日本の森林資源，日本林業技術協会，161pp.（1982）
- (24) 農林水産省統計情報部：農林水産省統計表，66，農林統計協会，647pp.（1991）
- (25) 農林水産省統計情報部：作物統計（平成元年度），32，農林統計協会，535pp.（1991）
- (26) 日本特用林産振興会：特用林産物栽培技術モデル，日本特用林産振興会，233pp.（1992）
- (27) 全国特殊林産振興会：特用林産ハンドブック，地球社，347pp.（1991）
- (28) 日本特用林産振興会企画委員会：身近な森を生かす山菜・薬草栽培，農村文化社，157pp.（1991）
- (29) 総務庁統計局：人口の推移，日本統計年鑑，41，23～25（1991）
- (30) 熊崎 寛編著：林業を担う主体の動向，全国農林統計協会連合会，167pp.（1987）
- (31) 農林水産省統計情報部：林業生産統計年報（平成元年），農林統計協会，109pp.（1991）
- (32) 農林水産省統計情報部：林家経済調査育林費調査報告（昭和61年度），農林統計協会，193pp.（1988）
- (33) 運輸省運輸政策局情報管理部：平成元年度自動車輸送の概要，自動車輸送統計年報（平成元年度分），27(13)，6～14（発行年不記載）
- (34) 林業機械化協会：林業機械便覧，林業機械化協会，285pp.（1991）
- (35) 山下特夫編著：減価償却資産の耐用年数表，税務研究会出版局，182pp.（1984）
- (36) 林業科学技術振興所：山地の歩行，北方系大型ササ資源の収集・搬送に関する事前評価，126～134（1983）