

複合的路網の整備目標

Planning of Synthetic Forest-Road Networks of High and Low Quality

南方 康*, 酒井 秀夫*, 伊藤 幸也**

Yasushi MINAMIKATA*, Hideo SAKAI* and Koya ITO**

I はじめに

路網計画には大別して対象地域に必要な道路施設の量的基準を定める密度計画と、その結果得られる道路の総量を現地にどのように配置させるかという路線配置計画とがある。このうち密度計画では、林道と同様に林業に対する施業機能を有する公道等は、林内路網の構成要素に含めて考えていた。この点に関する妥当性は聊かも変るものではなく、今後ともこの種の道路は林道以外の道路であっても従来と同様の扱いをして行くべきである。

また、林道そのものについては、林道として6~10tクラスの普通トラックが走行可能なもののみを考えて、集材システム、地形、資源量などとの関連で、これをどの程度まで整備拡充すべきかという方向で従来の林道網計画は進められてきた。この場合の林道を林道規程上の種別で示せば、1級または2級林道がこれに該当する。

しかし最近では、林道事業以外の各事業で進められる各種作業用の道路施設の開設が量的にも非常に多くなり、林道と構造的・機能的に殆んど区別をつけ難い、いわゆる基幹作業道や、逆に極めて低規格構造の作業道、間伐林道などが、それぞれの行政的ニーズに応じて全国的に大量に作設されるようになってきた。最近の統計資料（昭和52年~昭和54年）によれば、林道が年平均約1,850km作設されたのに対し、林道と見做してもよい作業道は約2,500km以上にも達するのが現状である。

このような実態を直視すれば、雑多な林内道路を構造・規格、および機能面から整理し、一

* 東京大学農学部林学科

Department of Forestry, Faculty of Agriculture, University of Tokyo.

** 東京大学農学部秩父演習林

University Forest at Chichibu, Faculty of Agriculture, University of Tokyo.

定限度以上の、林道と同一の機能を有するものは計画路網の構成要素と見做して、新たな林内路網密度の整備基準を確立する必要が生じてくる。林道網の整備目標を一元化するための“あるべき林内路網密度”は、従って、普通トラックを対象にした高規格の林道のみを考えるのではなく、少くともそれより構造・規格の劣る道路が多用されている現状を認識し、これらを総合したものでなければならない。

従って本稿においては、現行林道規程の2級以上の普通ないし上級規格の林道と、それより規格の劣る3級、もしくは作業道と呼ばれるものであっても永続的な使用に供し得る低規格の林道なども加えた複合的な路網体系を考え、それぞれの林道の必要量を把握することを試みる。

II 複合路網密度の算定式

現在の林内路網密度算定式は、林道開設費、集材費および非生産的労務費からなる、次に示すような主要生産費関数（K）から得られたものである¹⁾。

$$K = K_r + K_s + K_w \quad (1)$$

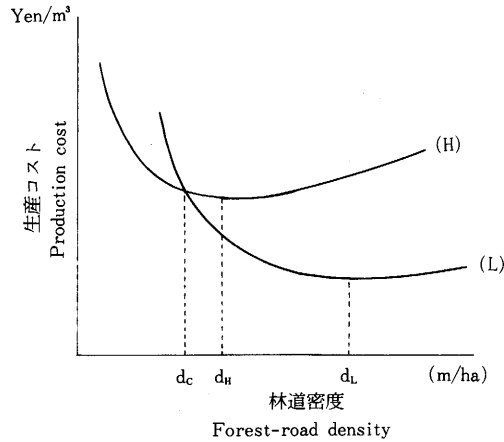
ただし K_r は林道開設費 ($= r \cdot A \cdot d$)、 K_s は集材費 ($= 10^4 \cdot \alpha \cdot V(1 + \eta)(1 + \eta')A/4(d + d_0) + \beta \cdot V \cdot A$)、 K_w は非生産的労務費 ($= 5k(1 + \eta)C_w \cdot N_w \cdot A/v_w(d + d_0)$) であり、各記号は以下のとおりである。

r ：林道開設単価、 α 、 β ：集材費に関する係数、 V ：蓄積 (m^3/ha)、 $(1 + \eta)$ 、 $(1 + \eta')$ ：林道および集材路の迂回率、 k ：距離修正係数、 v_w ：林内歩行速度 (km/hr)、 C_w ：労働単価 ($円/hr$)、 N_w ：労働投入量 ($人/ha$)、 d ：林道密度 (m/ha)、 d_0 ：公道密度 (m/ha)、 A ：対象区面積 (ha)。

複合路網密度を求める場合も、(1)式に示す費用関数を適用することができる。すなわち、通常の林道と低規格の林道とで複合的に路網を形成するとすれば、開設単価は一般に低規格の林道の方が安いから、林道のみを考えた場合の密度より高い値の道路施設を林内に開設し得ることになる。その結果、平均集材距離は短くなり、そこに使用される集材システムは中ないし小規模の生産条件に適したものが選択されるようになるであろう。

従って、複合的路網体系を考えた場合、これまでの林道だけに対応する生産システムにおける生産費を K_H 、より高密度状態の路網に対応した中・小規模生産システムにおける生産費を K_L とすれば、(1)式より2つの異なる作業体系における生産費は、(2)式のように表すことができる。

$$\left. \begin{aligned} K_H &= K_{rH} + K_{sH} + K_{wH} \\ K_L &= K_{rL} + K_{sL} + K_{wL} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$



図一 1 複合的路網密度算定の概念図

Fig. 1 Synthetic forest-road density

(H) : 林道と大規模集材システムを対象にしたときの生産コスト

Production cost using high-standard forest-roads and high-horsepower logging machines

(L) : 低規格の林道と小規模集材システムを対象にしたときの生産コスト

Production cost using low-standard forest-roads and light-type logging machines

図一 1 は(2)式を模式的に示したものであるが、同図から明らかなように、複合的路網を考える場合の終局的な路網密度は、低規格の林道を前提に路網を考えた時の適正密度 d_L ということになる。

今、林道密度が零の状態から d_L まで拡充されるまでのプロセスを考えると、林道密度が両作業費曲線(H), (L)の交点に対応する密度 d_c に達するまでは、上級規格の林道の開設とこれに対応する大規模な集材システムで作業を進めるのが有利であり、それ以上は低規格の林道と小規模集材システムを用いるのが合理的であることがわかる。

(1), (2)式より上記 d_L , d_c の算定式を求めると(3), (4)式のとおりである。

$$d_L = 50 \sqrt{\frac{\alpha_L \cdot V \cdot (1 + \eta) (1 + \eta_L)}{r_L} + \frac{k(1 + \eta) C_w \cdot N_w}{500 v_w r_L}} - d_0 \quad (3)$$

$$d_c = \sqrt{\frac{p^2}{4} - q} - \frac{p}{2} \quad (4)$$

ただし

$$p = d_0 + \frac{\beta_H - \beta_L}{r_H - r_L} \cdot V$$

$$q = (p - d_0) d_0 + \frac{2500V(1+\eta)\{\alpha_H(1+\eta'_H) - \alpha_L(1+\eta'_L)\}}{r_H - r_L}$$

であり、サフィックスH, Lのついた因子は、H, L作業システムにおけるそれぞれの値である。

III 林道密度の算定因子

(3), (4)式に含まれる各算定因子のうち、労働投入量 N_w は計画対象森林の機能区分に応じた施業区分ごとの値を平均した値、また蓄積 V は立地級、地位級、樹種などの林地特性から求められる期待生産量の平均値である。

さらに林道開設単価 r 、歩行距離係数 k 、林内歩行速度 v_w 、林道および集材路の迂回率 $(1+\eta)$ 、 $(1+\eta')$ などは、対象区域の地形解析の結果求められる因子である。

次に集材費に関する係数 α 、 β の値の推定であるが、従来は計画区域の地形級ごとに、そこで実施される集材システムを一種類想定してその値を決めていた。複合的路網を考える場合も同様に、地形級に応じた集材作業システムを想定する必要があるが、従来の作業システムの他に、路網が高密度化したときの小規模作業システムも同時に考慮しなければならない。実際に数千ヘクタール程度の計画対象区域を想定する場合、その中の地形は様々であるから、局地的な視点を或る程度無視しない限り、林道および低規格の林道を前提にした集材システムを単純に一つずつ決めることはむずかしい。しかしながら路網の全体計画は個々の伐区を対象にした伐出計画の一部ではないのであるから、対象区域全体の地形級から優勢かつ一般的と考えられる作業システムを選定する以外に方法はなく、また精度的観点からもそれで十分なのである。この結果、局部的に生ずる林道の不足あるいは集材システムの現実との不一致は、具体的な生産区域単位の伐出計画で補正するのが本来の姿と考える。以上のような観点から極めて大胆ではあるが、徐々に普及し始めた新しい各種の作業システムなどを考慮しながら、地形級ごとの作業システムの組合せをここでは次のように考えることにした（表-1）。

表-1に示した各集材作業システムの集材費に関する係数の値を求める必要があるが、これらを現場の作業実績から直接求めるのは、作業条件が現場によって区々たる状態を示す場合が多いので容易に把握し難い。従って、搬器や車両の移動速度、荷掛・荷卸し時間など基本的な要素を実地調査もしくは既往の文献などから求め、これらの値を理論方程式にあてはめ、その結果から集材距離と単位材積当りの集材費の関係、すなわち α 、 β の値を求めるのが最も現実的な方法である。

なお、ここでは各集材方式のサイクルタイムを以下の式で求めることとした。

表一 地形級と集材作業の組合せ

Table 1 Combination of terrain condition and production systems

地形クラス Terrain condition	林道等を対象にした集材法 High-level production system	低規格の林道を対象にした集材法 Low-level production system
急峻地形 Very steep	長距離架線集材 Long-span skyline logging	中距離または短距離架線集材 Semi-long span or short-span skyline logging
急地形 Steep	中距離架線集材 Semi-long span skyline logging	短距離架線または林内作業車集材 Short-span skyline logging or light forwarding vehicles
中地形 Hilly	トラクタ集材 Tractor logging	} クレーンまたは林内作業車集材 } Truck and crane logging or light forwarding vehicles
緩地形 Gentle	トラック・クレーン集材 Truck and crane logging	

(1) 集材機集材作業およびトラクタ集材作業のサイクルタイム算定式

$$T = L \left(\frac{1}{V_1} + \frac{1}{V_2} \right) + T_L + T_U + L' \left(\frac{1}{V_1'} + \frac{1}{V_2'} \right) \quad (5)$$

ただし、 T ：サイクルタイム (min)， L ：平均集材距離 (m)， L' ：平均横取距離 (m)， V_1 ：搬器返送速度またはトラクタ空車速度 (m/min)， V_2 ：実搬器速度またはトラクタ実車速度 (m/min)， V_1' ：搬器引込み速度またはトラクタのウインチ延伸速度 (m/min)， V_2' ：横取速度またはトラクタのウインチ引寄せ速度 (m/min)， T_L ：荷掛け時間 (min)， T_U ：荷卸し時間 (min)。

(2) クレーンおよび林内作業車集材のサイクルタイム算出式

林内作業車は、通常、1,000m 以内の林道もしくは低規格の林道上の運材を含むのであるが、集材作業そのものは道路上あるいは多少林内に立入って付属のクレーンで木寄せするのが普通であり、ここでは1,000m 以内の運材が出来るような道路施設を計画するのが目的であるから、林道上の運材は集材に入れないのが合理的である。従って林内作業車による集材作業のサイクルタイム算出式は次に示すクレーン作業の式と同一と考えてよい。

$$T = L' \left(\frac{1}{V_1} + \frac{1}{V_2} \right) + T_L + T_U \quad (6)$$

ただし記号は(5)式と同じである。

以上のいずれかの式によってサイクルタイムが求まれば、理論功程は次式で求めることができる。

$$V = \frac{360}{T} \times V_U \quad (7)$$

ただし、1日の実働時間は6時間とし、 V ：1日当りの功程 (m³/日)， V_U ：集材1回当りの積

表一2 集材距離別功程算出のための基礎データ

Table 2 Parameters for calculating for production cost

作業種別	長距離架線作業 Long-span skyline logging	中距離架線作業 Semi-long span skyline logging	短距離架線作業 Short-span skyline logging	トラクタ系集材作業 Tractor logging	クレーン系集材作業 Truck and crane logging	林内作業車系集材作業 Light forwarding vehicles
実搬器速度 Velocity of loaded carriage m/min	200	150	100	25	—	—
空搬器速度 Velocity of unloaded carriage m/min	160	120	80	30	—	—
引込速度 Velocity of lateral yarding (unloaded) m/min	100	50	20	20	20	15
横取速度 Velocity of lateral yarding (loaded) m/min	35	30	25	20	20	20
荷掛時間 Hooking time min	8	6	4	3.5	3.0	1.0
荷卸時間 Unhooking time min	4	3	2	1.0	0.5	0.5
1 荷の積載量 Payload m ³	1.5	1.0	0.5	1.5	1.2	0.5

載量 (m³/回)。

また、上記サイクルタイム算出に用いる諸数値は、表一 2 に示すような値を平均値として用いる。単線循環式集材を対象とする場合は、それ以外の集材法がいずれもエレベータ方式であるのに対し、これはエスカレータ方式なので、サイクルタイムは索速度と搬器間隔で決ってしまう。従ってこの場合は、索速度を80m/min、搬器間隔を120m(積込時間が約1.5分)、1荷の積載量を0.07m³/回程度とすればよい。

以上に示した各式を用いて集材費に関する係数 α 、 β の値を求めるには次のようにして行なう。すなわち(5)または(6)式および(7)式によって集材距離別の工期を算出したのち、単位材積当りの集材費を集材距離ごとに求め、これらの直線回帰式を求める。この時、回帰直線の勾配が α 、定数項が β にあたる。なお、各集材システムごとの集材距離別集材コストを算出するために、表一 3 に示すような計算表を用いた。同表中の機械の価格、標準作業組人数、機械損料、燃料消費量、平均横取り距離、蓄積等は、使用する機械の種類、現場の作業条件によって可成り変動するものであるが、ここでは個々の具体的な作業現場を想定するのではなく、密度算定式に用いられる諸数値が極めて平均的の数値であることを考慮して、各機械作業システムごとに代表と思われる値を用いることとした。それらの数値は以下に示すとおりである。

a) 長距離架線集材

一応、伐区面積を 2 ha 程度とし、索張り方式はエンドレスタイラーとする。

機械出力級：75PS 以上（ここでは100PS）、機械価格：4,000,000円、標準作業組人数：4人、機械全損料率：0.0368%、燃料日使用量：13ℓ、潤滑油日使用量：0.65ℓ、平均横取り幅：75m、平均蓄積：300m³/ha。

また一般に架線集材を行なう場合は張替えが行なわれるのが普通であるが、架線規模に応じた平均的張替数の把握が困難であるため、ここではいずれの場合も架設・撤去のみを考慮した伐区モデルを考える。平均蓄積は α の値に影響しないこと、また β の値にも概ね 1 割以下の差しか生じないことなどから、全体の計算過程を簡略化するために代表値としていずれの場合にも 300m³/ha を一率に使用する。

また、表一 3 中の伐区長比は、図一 2 に示すように、平均集材距離(L)に対する伐区長の比であり、ここでは(m)で表わす。更に平均集材距離に対する集材区域の幅を横取幅比(t)と仮称する。したがってm、tの値はそれぞれ次式で示される。

$$m = \frac{20,000^*}{\text{伐区幅} \times \text{平均集材距離}} \quad (8)$$

$$t = \frac{\text{伐区幅}}{\text{平均集材距離}} \quad (9)$$

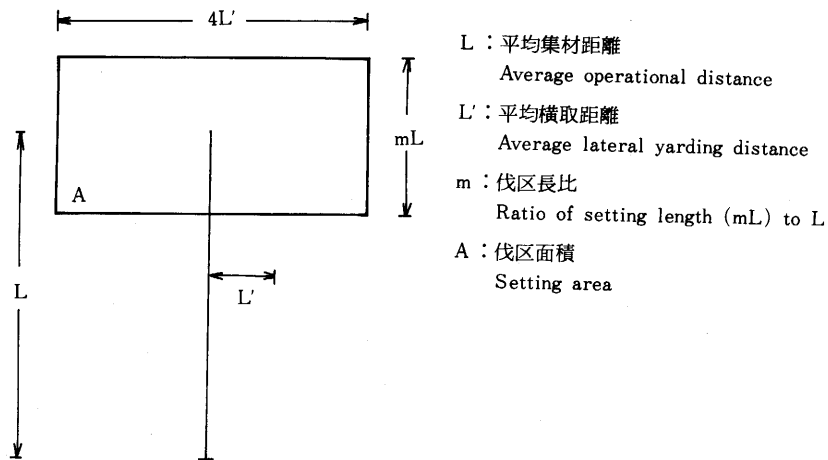
* 伐区が 1 ha のときは10,000を使用

表-3 集材費算出表

Table 3 Calculating sheet of yarding cost

機械名 Machine

機械出力級 Horsepower	PS	
價格 Machine price	円	$COSTL = \frac{WAGE * NCREW}{OUTPUT}$
標準組人数 Crew size	人	$COSTM = \frac{MPRICE * COMPAR * 6}{100 * OUTPUT}$
平均石廻り Payload	㎡	$COSTF = \frac{FUELV * FUELC + MOBILV * MOBILC}{OUTPUT}$
賃金 Wage	円/人	$COSTO = 0.5 * COSTF$
燃料単価 Fuel cost	円/ℓ	$COSTR = \frac{2500 * RIGGIN * WAGE}{DIST * WIDTH * COVRAT * VOLHA}$
潤滑油単価 Oil cost	円/ℓ	
全損料率 Compensation rate	%	
燃料日使用量 Fuel consumption	ℓ	
潤滑油日使用量 Oil consumption	ℓ	
横取距離 Lateral yarding distance	m	
平均蓄積 Average stock volume	㎡/ha	
平均集材距離 Average operational distance (m)	DIST	50 100 150 200 250 300
標準日功程 Output (㎡/day)	OUTPUT	
架設撤去計 Labor for rigging and dismantling (man-day)	RIGGIN	
伐区長比 Ratio of setting length to operational distance	COVRAT	
集材費 Yarding cost (Yen/m³)	SKIDUC	



図一 2 伐区モデル

Fig. 2 A model of a setting

Aの値は短距離架線集材および林内作業車集材の場合は1ha, その他は2haとして伐区長比を算出する。

A is 1 ha for short-span skyline logging or light forwarding vehicles, and 2ha for other logging systems.

b) 中距離架線集材

伐区面積は長距離架線集材の場合と同様2 haとし, 索張り方式は全国的に可成り普及しているダブルエンドレス方式を用いるものとする。その他の条件は以下のとおりである。

機械の出力級: 20~75PS(ここでは50PS), 機械の価格: 2,600,000円, 標準作業組人数: 4人, 機械全損料率: 0.0485%, 燃料日使用量: 9 ℓ, 潤滑油日使用量: 0.5 ℓ, 平均横取り幅: 30m, 平均蓄積: 300m³/ha。

c) 短距離架線集材

伐区面積は1 haとし, 索張り方式はランニング・スカイライン式またはスラックライン式とする。

機械の出力級: 20PS以下(ここでは15PS), 機械の価格: 1,700,000円, 標準作業組人数: 4人, 機械全損料率: 0.0439%, 燃料日消費量: 6 ℓ, 潤滑油日使用量: 0.5 ℓ, 平均横取り幅: 15m, 平均蓄積: 300m³/ha。

d) トラクタ系集材

伐区面積は2 haとし, 林道または低規格の林道の作設を前提にしているのであるから, 架線作業の架設・撤去費に相当するトラクタ道の作設費は特に見込まず, ストリップ道のみを考える。トラクタのストリップ道上の走行が架線の走行に, またウインチ曳き(延伸は人力)が架線の横取りに対応するものとしてコスト計算を行なう。

機械の出力級：30PS ホイール型，機械の価格：5,600,000円，標準作業組人数：3人，機械全損料率：0.0425%，燃料日使用量：19ℓ，潤滑油日使用量：0.6ℓ，平均横取り幅：25m，平均蓄積：300m³/ha。

e) クレーン系集材

林道または低規格林道上から直接索を引寄せただけであるから，伐区面積は特に設定しない。しかし，コスト計算には架線集材と同一の式を用いて計算処理する関係上，横取り幅は単位距離1mとする。

機械の出力級：4t車搭載，2～3t吊り程度，機械の価格：4,600,000円(車両共)，標準作業組人数：3人，機械全損料率：0.0299%，燃料日消費量：13ℓ，潤滑油日消費量：0.65ℓ，平均横取り幅：1m，平均蓄積：300m³/ha。

f) クレーン搭載林内作業車系集材

低規格林道の作設が前提であるから，低規格林道上の小運搬は運材工程とみなし，集材作業はクレーンによる引寄せ作業だけを考える。小型林内作業車の長距離の林内走行は能率が悪いので極く短距離に限るべきだというのが理由であり，このためコスト算出法は前記のクレーンの場合と同じということになる。

機械の出力級：15PS程度，機械の価格：1,500,000円，標準作業組人数：2人，機械全損料率：0.0417%，燃料日使用量：8ℓ，潤滑油日使用量：0.5ℓ，平均横取り幅：1m，平均蓄積：300m³/ha。

これまで示して来た諸数値を用い，表—3に従って集材距離別に集材コストを求め，更にこれを1次回帰することによって，集材費に関する係数 α , β の値を求めた結果は表—4に示すとおりである。

表—4 集材費に関する係数

Table 4 Parameters α and β for yarding cost

	長距離架線作業 Long-span skyline logging	中距離架線作業 Semi-long span skyline logging	短距離架線作業 Short-span skyline logging	トラクタ系 集材作業 Tractor logging	クレーン系 集材作業 Truck and crane logging	林内作業車系 集材作業 Light forwarding vehicles
α	3.4	4.6	9.3	7.6	11.7	19.7
β	1,797	1,823	2,295	725	420	240

IV 複合的路網密度の算定結果

次に急地形および緩地形の計画対象区域を想定し、林道密度を決定する場合に主要な影響力を及ぼす因子の変化に応じて、複合的路網密度がどのように変化するかを例示する。

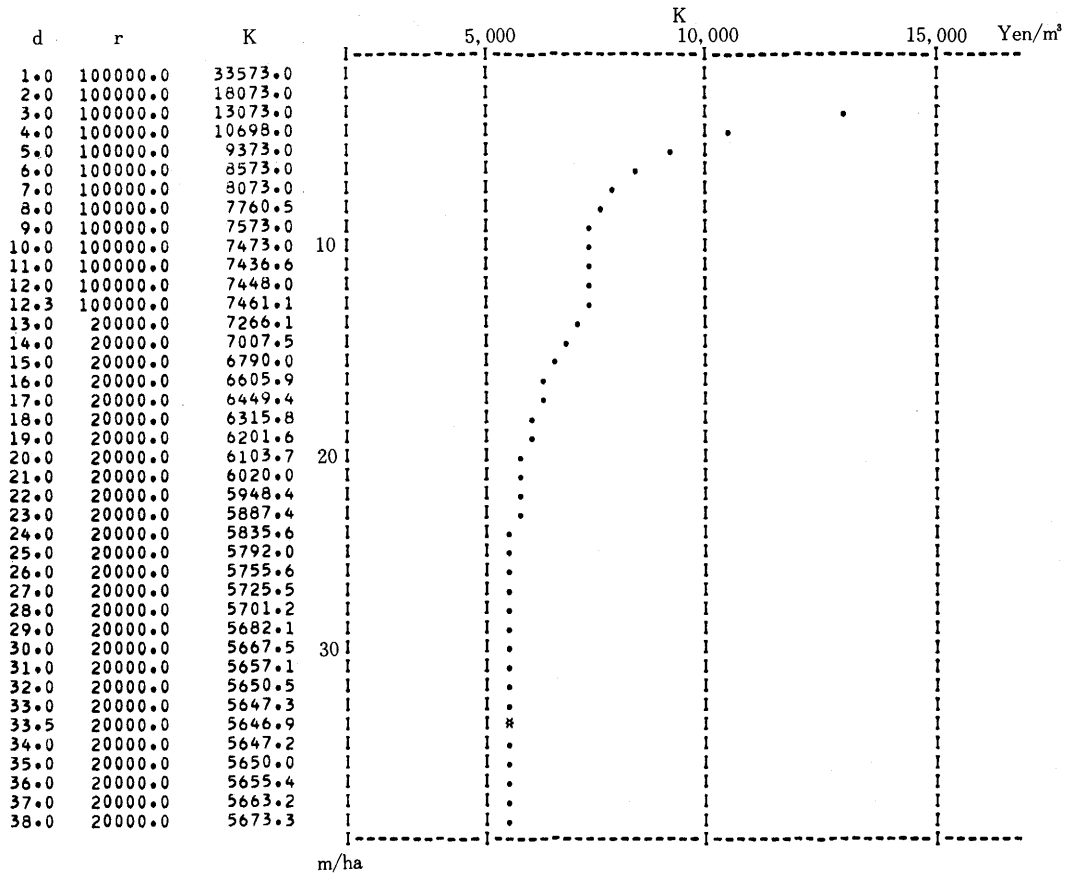
計算に使用する因子の値は以下のとおりであり、簡単のため公道密度は零とする。

表-5 急地形の路網密度

Table 5 Calculated forest-road density in steep terrain

〔林道単価が100,000円/mの場合
High-standard forest-road cost=100,000Yen/m〕

低規格の林道単価 Low-standard forest-road cost Yen/m	期待蓄積 Average harvesting volume to be expected m ³ /ha	労働投入量 Labor consumption in men for hectare during plantation period man/ha	林道の密度 High-standard forest-road density m/ha	複合路網の密度 Synthetic forest- road density m/ha
10,000	300	300	8.9	38.3
		400	8.9	39.5
	400	300	10.5	43.1
		400	10.5	44.2
15,000	300	300	9.2	31.3
		400	9.2	32.3
	400	300	10.8	35.2
		400	10.8	36.1
20,000	300	300	9.5	27.1
		400	9.5	28.0
	400	300	11.2	30.5
		400	11.2	31.3
25,000	300	300	9.9	24.2
		400	9.9	25.0
	400	300	11.6	27.2
		400	11.6	28.0
30,000	300	300	10.3	22.1
		400	10.3	22.8
	400	300	12.1	24.9
		400	12.1	25.5



図一 3 生産費の算出例

Fig. 3 An example of production cost

1) 急地形における路網密度

林道開設単価 (r_H) : 100,000円/m, 低規格の林道の開設単価 (r_L) : 10,000, 15,000, 20,000, 25,000, 30,000円/m, 平均蓄積 : 300, 400m³/ha, 労働投入量 : 300, 400人/ha, 歩行距離修正係数(k) : 2, 林内歩行速度 (v_w) : 2 km/hr, 中距離架線集材の集材費に関する定数 : $\alpha_H=4.6$, $\beta_H=1,823$, 短距離架線集材の集材費に関する定数 : $\alpha_L=9.3$, $\beta_L=2,295$ 。ただし労務単価は $C_w=1,400$ 円/hr とする。

以上の諸数値を(3)式, 及び(4)式に代入し, 複合路網密度 d_L , 通常林道から低規格の林道によるシステムへ切替える時の路網密度 d_c の値を主要因子ごとに算出した結果は, 表一 5 に示すとおりである。また図一 3 は林道密度の変化に応じた生産費の変化を示す図である。

2) 緩地形における路網密度

林道開設単価：60,000円/m, 低規格の林道の開設単価：10,000, 15,000, 20,000円/m, トラクタ集材システムの集材費に関する定数： $\alpha_H=7.6$, $\beta_H=725$, クレーン集材システムの集材費に関する定数： $\alpha_L=11.1$, $\beta_L=420$, 歩行距離係数：1, その他は1)の場合と同様とする。表-6は, 緩地形における複合路網密度の算定例である。

表-5, 6を得るためのデータとして, 林道単価を急地形の場合100,000円/m, 緩地形の場合60,000円/mとし, 低規格の林道の単価は10,000円/m以上, 林道単価の1/2以下の範囲で5,000円きざみで変化させた。従って両表の結果は, トラクタ+クレーン集材システム(緩地形)の場合が, 低規格の林道単価が相対的に高いものが採用されていることになる。両表を対比して見る場合にはこの点を考慮して, 上下2種類の林道単価の比が同程度のもの同志を比較することが必要である。森林の期待蓄積(林地生産力), 労働投入量は, いずれも300, 400m³/ha(または人/ha)の2つのケースについて試算した。

表-6 緩地形の路網密度

Table 6 Calculated forest-road density in gentle slope

(林道単価が60,000円/mの場合
High-standard forest-road cost=60,000Yen/m)

低規格の林道単価 Low-standard forest-road cost Yen/m	期待蓄積 Average harvesting volume to be expected m ³ /ha	労働投入量 Labor consumption in men for hectare during plantation period man/ha	林道の密度 High-standard forest-road density m/ha	複合路網の密度 Synthetic forest- road density m/ha
10,000	300	300	8.5	39.3
		400	8.5	39.9
	400	300	9.6	44.9
		400	9.6	45.4
15,000	300	300	8.9	32.1
		400	8.9	32.6
	400	300	10.1	36.6
		400	10.1	37.1
20,000	300	300	9.4	27.8
		400	9.4	28.2
	400	300	10.6	31.7
		400	10.6	32.1

以上述べたように、複合的路網密度を算定するには、まず地形に応じて集材システムの組合せを行ない、それぞれのシステムの標準的作業速度を定めたのち、集材費に関する係数 α_H , α_L , β_H , β_L などを求めれば、(3), (4)式により複合的路網密度 (d_L), 境界密度 (d_c) あるいは主要生産費などを求めることができる。またこのように複合的路網の構築を考えれば、表-5, 6から明かなように、建設費の非常に高い通常の林道のみを考慮する場合に比べて、はるかに高い密度まで林内に道路施設を整備し得ることになる。

V 複合路網体系と路線の制限勾配

最近の低規格林道に対する全国的な根強い要求は、その開設延長が1, 2級林道合計の2倍以上に達している事実からも窺い知ることができる。従って今日すでに、路網計画を進める場合には、予め低規格の林道も含めた現実的なものとすべき段階に達している訳であるが、防災の観点からも複合的路網を整備・推進する上で指摘しておかねばならないことがある。

林道の制限勾配は、従来、上級のもの程低い値に抑えられており、3級林道では通常10%、地形的に止むを得ない場合には100mの区間に限って14%とすることができることになっている。

複合的路網の対象となる林道は、この3級林道もしくは、林道規程外のもので永続的に使用される作業道も含むのであるから、過去の実例では勾配が14%以上の路線が開設される事例が極めて多い。一方路線の縦断勾配が急であり、適切な路面排水処理の行なわれない路線の被災率は非常に高くなる。従って複合的路網の構成要素である各クラスの林道の縦断勾配を体系的に再検討することなしに、現状のままで低規格の林道の開設を進めるとすれば、降雨時における路面流水にもとづく路体の崩壊、更にはこれが誘引となって生ずる山腹崩壊が激増することは明らかである。

将来、このような事態を招くことは如何にしても未然に防ぐ必要があるが、そのためには、林道の縦断勾配に対する従来からの考え方を、一部根本的に転換する必要がある。すなわち今日まで急勾配も可とされてきた低規格の林道は、将来とも土砂道のままで使用せざるを得ないのであるから、縦断勾配を4~5%以内に制限して路面流水に対する抵抗性を高めると共に、量的にも少なく建設費も相応の経費が許容される上級の林道は、地形条件、全体の路網の状態等、必要に応じて現在の3級林道程度まで制限勾配を緩和するような視点が不可欠である。そのかわり勾配の緩和に対抗する措置として、開設当初から路面の舗装と排水施設の充実が図られねばならない。もし舗装が実施し得ない場合には、縦断勾配に応じた濃密な「斜め横断排水溝」とその流末処理に万全を期すべきである。林道における舗装は、現在すでに10%強の舗装率となっており決して非現実的措置ではなく、舗装に伴う経費増も、3~4%の勾配増によ

る路線長の短縮で十分補い得るものである。

以上述べたように、現在の計画路網密度の1.5～2倍に達する濃密な路網を将来構築して行くには、林道の構造に対する伝統的思考にとらわれず、林道および林地の防災的視点をより重視して行く必要がある。

要 旨

低規格構造の林道は、開設費が安価なため、その開設延長は急増しており、将来、これら低規格の林道と上級林道を組合せた複合的な路網体系の確立が急務である。

ここで高規格林道に対応する生産システムの生産費を K_H とし、低規格林道に対応する生産システムの生産費を K_L とする。 K は林道開設費 K_r 、集材費 K_s 、および非生産的労務費 K_w の関数である。 K_L を最小にする林道密度が低規格林道の適正林道密度 d_L となる。一方、 $K_H=K_L$ のときの林道密度 d_c に対して、林道密度が d_c に達するまでは高規格林道を利用した大規模な集材システムで作業が行われる。 d_c 以上では低規格林道を中心とした小規模集材システムが有利となる。

本文表-1に想定した各作業システムの集材費 K_s ($\text{円}/\text{m}^2$) = $\alpha L + \beta$ (L : 平均集材距離) は、理論方程式に基づいて一回帰した結果、表-4のようになる。このとき複合路網密度の算定結果は、表-5、6のようになる。

複合的路網では低規格林道の開設量が多くなるので、防災的観点から、縦断勾配を4～5%以内に制限することが必要である。一方、高規格林道は必要に応じて制限勾配を緩和し、舗装や排水施設の充実が図られるべきである。

参 考 文 献

- 1) 南方 康：林内における基礎的路網密度，日林誌 59(8)，1977
- 2) 峰松浩彦・南方 康：横断排水溝の間隔に関する研究，日林誌 64(5)，1982
- 3) 峰松浩彦・南方 康・西尾邦彦・伊藤幸也，神田一宏：林道における適正横断排水溝間隔に関与する因子，日林誌 65(7)，1983

(1984年5月28日受理)

Summary

Low-standard forest roads are so inexpensive that they have been constructed increasingly. We analyze synthetic forest-road networks of high and low quality, and derived the optimum road density for each.

We define K_H as the high-level production cost using high-standard forest-roads and high-horsepower logging machines, and K_L as the low-level production cost using low-standard forest-roads and light-type logging machines. Here, K is the sum of the forest-road cost K_r , the yarding cost K_s , and the travel cost K_w of labor to the operational site. The high-level production systems are built until the forest-road density reaches d_c which is the density when K_H is equal to K_L . The optimum density of low-standard forest-roads is d_L , which makes K_L a minimum. The low-level production systems are more available than the high-level ones when the road density is over d_c .

Some examples of operating systems are shown in Table 1. Each K_s , where $K_s = \alpha L + \beta$ and L is the average operational distance, is determined by the theoretical operational efficiency. The synthetic forest-road densities are shown in Tables 5 and 6.

In realizing synthetic forest-road network systems, it is important to restrict the longitudinal grade of the low-standard forest-roads to less than 4 or 5 percent because the more low-standard forest-roads are constructed, the greater is the probability of suffering from disasters. High-standard forest-roads must be paved and always provided with drainage in case of unavoidable steep longitudinal grades.