

小型林内作業車用の簡易専用路の開設に関する若干の考察*

愛媛県久万町の例を中心に

伏見 知道**・井上 章二**・青野 忠勝***

A few remarks on the establishment of an elementary exclusive road
for a small sized forestry vehicle*

An example in Kuma-cho Ehime prefecture

Tomomichi FUSHIMI**, Shoji INOUE** and Tadakatsu AONO***

Summary : Recently, there have been many examples of efficient hauling operations using a small-sized forestry vehicle and an elementary exclusive road. The author investigated an example at which an opened elementary road attained an optimal density determined by the owner's forester. The area investigated was a private forest 7.06 ha in Kuma-cho, Ehime Prefecture, as shown in Fig. 1. A pocket compass was used to identify the location of the road, and the road surface was surveyed. The author discussed some investigated examples and the obtained results were as follows:

1. The width of the elementary exclusive road for the small-sized forestry vehicle was narrow:1.5m to 2.0m.
2. The net-network of this narrow road should be established through one stand that is grouped one with adjacent forest land.
3. This narrow road was used for hauling thinned logs and the small-sized vehicle may be profitable under the conditions that the average hauling distance is about one hundred meters and the hauling volume of timber is under about one hundred and fifty cubic meters.
4. The following are the results of the survey of a narrow road for a small-sized vehicle in Kuma-cho.
 - 1) The maximum longitudinal grade was 24 degrees. About 38 percent of the total length was in the range of from 10 degrees to 19 degrees, and about 53 percent of

* 本研究は文部省科学研究費補助金「一般研究(C)課題番号61560170」で行われたものである。

** 森林工学研究室 Laboratory of Forest Engineering

*** 附属農業高等学校 Attached Senior Agricultural High School

the total length was under 10 degrees.

- 2) The maximum distance for hauling was 413 meters, and most of the hauling distance was in the range of from 200 meters to 400 meters.
- 3) The density of this narrow road for the small-sized vehicle was 303 meters per hectare; that of the adjacent section on a forest road was 47.4 meters per hectare.
- 4) The average prehauling distance was 20 meters.
- 5) The model of forest land with a narrow road for a small-sized forestry vehicle was 190 meters long and 40 meters wide as shown in Fig. 4. The detour rate of the narrow road and the truck road were 0.30 and 0.76 respectively.
- 6) Deformation of the road surface appeared more on the main section than on the branch section of the narrow road. Wheel ruts were over 10 cm in depth and over 35 cm in width on the main section, while most parts of the branch section was covered with vegetation.
- 7) A cross drain ditch should be dug every short interval on the narrow road surface over a gradient of about 10 degrees.

要 旨 今回、小型運材車による搬出作業のための林内作業車道を適切量開設していると考えられている例を実測した。実測地は愛媛県久万町の民有林地7.06haである。路線測量と路面調査等を実施するとともに、他地域の事例を合わせ、若干の考察を試みた。

1. 林内作業車道として、幅員 1.5mから 2.0mの簡易な専用道を開設している。
2. 小型林内作業車道網は、隣接地所有者と協議し、一団地として計画開設するのがよい。
3. 小型運材車と林内作業車道による搬出システムでは、間伐材や小径木の平均集材距離が 100 m前後であれば出材量が 100～150m³/ha以下でも有利であるが、平均集材距離が 200m以上か出材量が 200m³以上になると、集材機集材が有利のようである。
4. 実測地について、次の点が明らかである。
 - 1) 林内作業車道の縦断勾配は、最急部24度、平均20度以上の区間が 8.3%、10度未満が約53%で、小型運材車の登坂能力には十分適応している。
 - 2) 林内作業車道の集材距離は、最長 413m、20系統中 8個が 300～400m程度、7個が 200m以下である。
 - 3) 林内作業車道の開設密度は 303.9m/ha、隣接トラック道（林道または作業道）部分は47.4m/haである。
 - 4) 木寄せ距離は、最長部15～25m、平均的的最大木寄せ距離は20mである。
 - 5) 林地と林内作業車道をモデルで示すと、幅40m奥行き 190m、林内作業車道の迂回率0.33、延長 250mで、隣接トラック道の迂回率は0.76になる。
 - 6) 林内作業車道の路面変形は、幹線部分で大きく、深さ10cm以上、幅35cm以上に達する。しかし支線区間では侵入植生により路面の裸出や変形は少ない。
 - 7) 全般に、斜め横断排水溝等による保全的対策工が必要である。

I はじめに

わが国では、急峻地形が多いから、伐出技術の基本になるものは、整備された道路網を前提とした、さまざまな架空索集材方式であろう。しかしその中で、架空索方式とトラクターその他運搬車輛方式とを、どのように使いわけてゆくか、すなわち新しい搬出機械の開発と、それらの適応地形分類の見直しとが、今後の林業技術の1課題となるものと考えられる。

産業としての林業を考える時、運搬費とともに、素材生産費をどうしたら節減できるかという点が常に問題で、各種林業用路網の整備が進められてきた。そして現在も重視されるのは、素材生産費の中の特に木寄せ集材費の軽減を意図した路網の密度増大であろう。わが国の民有林の多くは、小面積分散所有されていて、間伐材搬出作業はもちろん主伐においても、小規模非皆伐作業の状況になっている。このような小零細林家の多い地域ほど、道路網の整備が重視されるものであり、佐賀県の七山村の例¹⁾では、道路から100～200mといった比較的近い位置の森林において、間伐はもちろん主伐も、件数及び面積率の50%以上が実行されていて、このことを実証している。その場合に利用される道路は国道や県道の沿線は少なく、林道・作業道及び村・農道であり、なかでも林道や作業道の沿線で実施される割合が多いということである。間伐材の搬出方法については、間伐実施の必要性とともに、繰り返し論じられてきているのであるが、ここ数年、民有林を中心にいろいろの工夫が展開されてきている。それらを大別すると²⁾次のようになる。

- 1) モノケーブル（単線循環）式架線による
- 2) その他の架線方式による
- 3) モノレールによる
- 4) 小型林内作業車による
- 5) 成型シラ材の利用

これらの方法を利用して、生産コストの低下を図るためには、いずれの場合も道路を密度高く整備して、集材距離をできるだけ短くすることが、必要前提条件である。

一般林道の開設費は、1m当たり4～5万円から10万円^{3) 4)}を越える場合もあり、その意味ではかなり高規格のものも含まれるのだが、低規格林道でも1m当たり1～3万円⁵⁾である。これらに対し作業道は、多くの地方自治体の当該部局による基準によって指導され、1m当り7～8千円から1万円程度^{3) 6)}、なかには簡易作業道と称して、単価が一層安い例^{6) 7)}もある。要するに作業道は、林道の開設が十分でない地域で、併行的に路線延長が進められているトラック走行用道路である。このような作業道は低規格であるために、のり面の侵食や崩壊の機会も多いと思われるので、その対策として、路面排水施設、法面保護工や残土処理等に配慮すると、開設費が上昇し基盤整備のために多額の先行投資を必要とすることになりかねない。そこで林業用路線整備の基本として、大型トラック用の高規格道すなわち1級及び2級林道と、より低構造規格の3級林道及び各種作業道を組み合わせることにより、路網体系が整ってくるとの見解⁸⁾が現われ、複合路網^{5) 7)}あるいは複合的路網⁴⁾として説明されるようになってきている。そこに示される複合路網では、小型運材車による通常1km以内の林道もしくは低規格林道上の運材を含む道路施設を計画するのが目的のようである。したがって筆者が、実地調査例に基づき述べようとしている、トラック道（林道及び作業道）より低規格の林内作業車の専用道を含めた路網体系とは、やゝ考え方が違うようである。

近年、各種の農林業用小型運搬車が開発され、林業用の型式を含め、急速に普及してきている。そこで筆者も、クローラ型と車輛型多目的農作業車の、運材車としての得失について昭和57年から試験⁹⁾を始めている。このような情勢に対応して、小型林内作業車の専用路線（幅員1.5m～

2.0m程度)を開設し、間伐を実施する事例報告が目立つようになった。小型林内作業車という呼称も、小型運材車と同義で固定したものではないけれども、その専用の道路の名称には、次のような多種類があり、統一の見解はないようである。

林内作業路：小型林内作業車用の幅員 1.5m程度の簡易路（愛媛県上浮穴郡林内作業路開設指導基準）。

林内作業車道：昭和60年度から県単独補助事業の対象に加えられた（愛媛県単独林内作業車道開設事業実施要領）。

施業路：小型林内作業車用の幅員 1.5m程度の簡易路（広島県庄原市）。

造林作業路：作業道と同一か、規格がやゝ緩い作業道との中間的構造の道（熊本県、宮崎県、鹿児島県）¹⁰⁾。

作業路：トラクタや林内作業車あるいは管理用ジープ等の特定車輛のための、一般に急勾配で狭幅員の専用道¹¹⁾。

簡易作業道：低コスト作業道で幅員 3.6m程度以内の道（山梨県¹²⁾）。幅員 3.0m以下の道で、最大幅 3.0mは4 tonトラック用、幅員 2.5mは2 tonトラック用へ、幅員 2.0mは1 tonトラックあるいは簡易運材車用（奈良県⁷⁾）。幅員 2 m以下の人員輸送可能軽車輛用と幅員 1.5~ 2.0mの小型林内車用路（岐阜県^{13) 14)}）。

運搬車道：（福岡県浮羽町¹⁰⁾）。

走行路：林内車（クローラ型運搬車）専用の臨時的な小幅員の道（佐賀県七山村¹¹⁾）。

作業車用搬出路：作業車だけが通行できる程度の搬出用路¹⁵⁾。

以上のうち「林内作業車道」が、地方自治体の公用名称になっているので、本文中でも使用することにした。

愛媛県上浮穴郡久万町では、昭和46~47年にブルドーザで、作業路を開設し搬出もしたのが始めて、その後昭和50年頃からバックホウによる作業路の開設と、小型林内作業車による搬出が始まった。更に昭和55年に現在最も普及している林業用運搬車の導入を見るのであるが、今では運搬車1台と森林組作業員1名で、間伐材の伐出のすべてを処理している。更に運搬車2台と作業員3名が交互に運転しながら伐出することで、低コストで最も能率よく間伐材の伐出が行なえると言う。このような久万地方の現状に対し、野田¹⁶⁾は、伐採（または間伐）を頻繁に行うことにより、林業収入を比較的継続的に得る方向（多間伐施業方式）へ向かうものと想定している。

そこで、林内作業車道の開設がほぼ目標に達したと称する事例と、他地域の実例を調査し、林内作業車道の配置と密度、搬出距離や林道（トラック道）からの進入状況等の実態

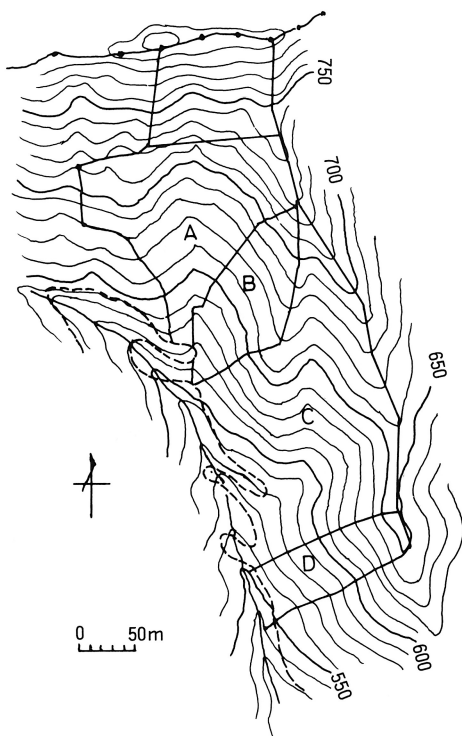


図-1 実測地の地形図

Fig.1 The contour map of the investigated area

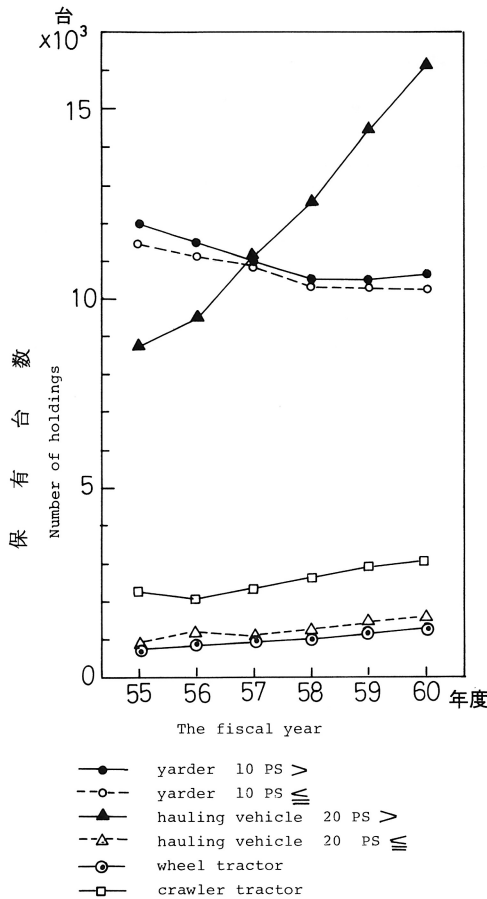


図-2 民有林の伐出機械保有台数の推移

Fig.2 The change of logging machine

holdings on the private forest in Japan

路面調査では、変形や侵食の著しい区間の横断測量と植生侵入の状況を調査し、路面の保全状況を確認した。

と問題点について若干の考察を試みた。この報告は、林内作業車道の実測結果を前提に、その具備すべき基準を明らかにするための基礎資料を得ようとするものである。

最後に、今回の調査に当り多大の御協力をいただいた久万町の西岡忠義氏及び久万町在住で本学卒業の梶川嘉徳氏、本学専攻学生の光田明德君及び竹崎宏和君に更に本論文を校閲し助言をくださった本学農業造構学中村忠春教授に感謝の意を表します。

II 調査方法

愛媛県では実測調査を、広島県では踏査を、その他について資料調査を行った。実測地は、愛媛県久万町露峰の民有林で、複数所有者からなる1団地(図-1参照)で、総面積7.064ha、標高600~700m、斜面勾配は28度ないし35度で最高部では40度に達する南西向斜面である。結晶片岩風化土壌からなり、一部にヒノキを含むスギ人工林である。昭和61年8月にポケットコンパスによる路線測量と路面調査を実施した。路線系統及び区間別に、最急勾配、最小勾配、平均勾配、集材及び木寄せ距離、林内作業車道及び取付け林道(トラック道)の密度と配置を考察した。また

III 結果と考察

1. 小型運材車の保有状況と利用性

統計資料¹⁷⁾により、民有林の伐採搬出機械の保有数の推移を見ると図-2のようになる。小型集材機(10PS未満)は、昭和55年度から年々漸減傾向を示し、昭和58年度から横ばい状態に変わっている。大型集材機(10PS以上)もほぼ同数で、しかも同様の推移を示している。小型運材車(20PS未満)は、昭和55年度の約8.8千台から年度の経過にほぼ比例して増加している。20PS以上の運材車は、小型運材車のほぼ10分の1の保有状況であるが、増加傾向は類似し、運材車は集材機に比べて著しく普及している様子が分かる。林業用トラクターの保有台数は、クローラ型が主流でホイール型の2倍強であるが、ホイール型は漸増の様相がうかがわれる。トラクター全体では運材車の約4分の1である。林業機械として最も普及し、この間にも漸増しつつあるチェーンソーと比べても、運材車の増加傾向はきわめて急速であることを示している。次に、都道府県別の搬出機械の保有状況を表-1でみてみよう。小型運材車の保有では、愛媛、広島、福岡、大分、鹿児島、群馬、栃木、岡山、茨城、福島、岩手の諸県が上位

表－1 府県別の搬出機械保有台数

Table 1 The holdings of forestry machine for yarding in each prefecture

(昭和61年3月31日現在)

府 県	小型運材車	小型集材機	モノレール	府 県	小型運材車	小型集材機	モノレール
prefecture	forwarding vehicle	yarder	monorail	prefecture	forwarding vehicle	yarder	monorail
	20PS>	20PS>			20PS>	20PS>	
北海道	50	109	0	滋賀	32	154	40
青森	63	76	0	京都	251	270	48
岩手	655	127	8	大阪	34	47	16
宮城	243	72	9	兵庫	184	379	89
秋田	282	135	5	奈良	375	463	251
山形	210	149	3	和歌山	24	273	38
福島	372	64	6	鳥取	97	195	18
茨城	431	84	25	島根	258	452	26
栃木	589	107	13	岡山	450	358	65
群馬	597	123	17	広島	490	242	72
埼玉	311	115	2	山口	323	268	53
千葉	100	108	1	徳島	40	265	43
東京	12	148	2	香川	131	118	9
神奈川	42	24	4	愛媛	944	345	224
新潟	164	336	7	高知	161	652	113
富山	30	53	1	福岡	922	133	202
石川	112	219	24	佐賀	62	141	5
福井	37	141	5	長崎	138	135	53
山梨	108	96	7	熊本	446	345	23
長野	292	271	28	大分	4540	360	154
岐阜	153	361	13	宮崎	358	569	17
静岡	245	636	84	鹿児島	621	276	42
愛知	87	318	20	沖縄	2	0	1
三重	90	365	25	合計	16156	10677	1911

を占めていて、集材機保有数が中位から比較的少ない地域で、小型運材車が比較的普及している状況になっているようである。

このように普及してきている小型運材車の利用の根拠について見てみよう。一般に、木材の

市場価が一定とすると、立木価格は平均集材距離が長くなるほど安くなる傾向があり、平均集材距離は路網密度が増すと短縮してゆき、集材費が低減すると同時に収益性が増してゆくこと¹⁸⁾が示されている。単一搬出施設についての集材距離と出材費の関係では、小型運材車は1回当り積載量が少なく、運行速度が遅いため、架空索集材機に比べ不利な条件がある。そこで小型運材車による搬出を有効にするには、この種車輛が通行可能な最小限度の規格の路線を十分に開設しておくことが前提になる。このような専用の簡易道の組み合わせによる伐出システムと、ハイリード方式とトラックの組み合わせ伐出システムに関する神崎¹⁵⁾の考察を見てみよう。トラックとハイリード方式による伐出システムでは、出材量がまとまってくると単位量当り出材費が低下してきて、明らかに有利になるのであるが、出材量が少ない場合は比較的長距離を集材しないと不利である。これに対し小型運材車と専用の簡易道による集材では、出材量が2~3倍になっても、単位出材量当り出材費の変動は少ない。そして出材量が100m³/ha程度なら平均集材距離40~140mで、また出材量が200m³/ha程度では平均集材距離が60m以内で、トラックとハイリード方式の組み合わせによる伐出システムより比較的安い出材費になっている。すなわちこの資料¹⁵⁾は、比較的少量出材でも平均集材距離100m内外の短距離集材が主になるような場合は、小型運材車と専用の簡易道による伐出システムは、合理的で採算が合う方式であるはずであることを示している。また、黒田等の調査結果¹⁾でも平均集材距離が短くなると、小規模な伐採で十分採算が取れるに至ることを示している。すなわち(1)集材距離の短縮による集材コスト低減効果は、林内作業車の方が集材機より大きく、(2)集材ロットの拡大による集材コストの低減効果は集材機で大きい。したがって両者を総合した現実の集材コストでは、短距離かつ小ロット集材では林内作業車の方が安い、ある距離ないしロット以上では集材機の方が安くなる。具体的には、集材距離200mでは集材機が有利であり、集材距離100mでは、集材ロットが150m³までは林内作業車の集材コストが安く、200m³以上では集材機の方が有利になっているということである。

愛媛県内の例では、「けた丸太」のような長大材の搬出には効果的で、搬出距離800m程度までと言っている。

2. 林内作業車による間伐材等搬出の概要

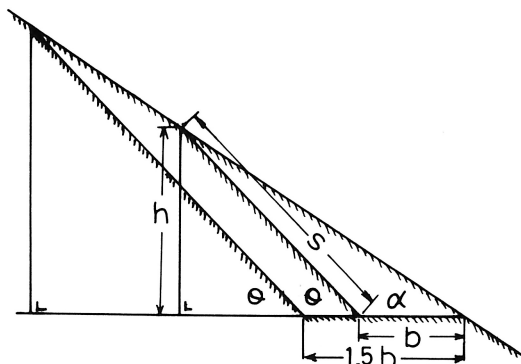
林内作業車道は、熟練運転手と搭乗型小型バックホウ(バケット容量0.1m³位)により、伐根を盛土路肩に逆さに並べ、そこに切土(切土高1.0~1.5m)を盛り付けながら前進し、機体幅程度で開設される。小型バックホウの現地搬入費は2000円、土工作業費は1時間3500円位であって、林内作業車道1m当り開設費は約200円、石英片岩がまざった堅い所でも1m当り1000円程度で効果的に開設ができているという。

一方この地域の間伐は、多少とも採算が取れる方向を基本に、小及び中径木を合わせて、本数及び材積とも20~30%程度以上の割合で実施している。その選木は、通直な木を残し更に通直に育てることが、除間伐を一貫した方針でなければならないということで、隣接樹冠が互いに押し合わないように、適度の空間を保つ方針で実施される。間伐材の搬出には硬質ゴムクローラ型林内作業車(全長1,920×全幅1,120×全高2,240mm)を使用し、搬出距離200~300mで1日当り4~6m³の功程で、急斜地では緩斜地に比べ効率がやゝ落ちるといふ。林道端に集荷された搬出材は、森林組合に連絡し、随時土場へ運搬される。この林内作業車は¹⁹⁾、平坦部で最高時速5km程度、傾斜部の登降坂では低速度段に切り換え時速2km程度になるため、能率を低下させないための適切な集材搬出距離限界が考えられるであろう。またこの硬質ゴムクローラ型林内作業車は、足回りが硬式で短いため、不整地走行時の不安感や、積荷位置の修正による重心位置の調整が問題になる場合がある。重心位置調節機構は別途に考えたい。更にこの車に用いる硬質ゴムクローラは、岩石質の路上の使用が多いと、鉄芯によりゴムが傷み易

く、2年足らずで交換（1本5万円程度）を要する例があり、耐久性にやゝ難点があるとの見解も聞かれる。

3. 林内作業車道の幅員と土工量

山腹を掘削し道を開設する時の幅員と土工量の関係を見てみよう。林道では盛土を少なくし、路盤の主体を切土面上に設けている例が多い。そこで、比較考察を単純化するため、図-3の



- b : road width (cutting width)
- h : cutting height
- s : length of a cutting slope
- θ : grade of a cutting slope
- α : grade of a hillside slope

図-3 山腹道路の切土断面説明図

Fig.3 The explanatory of a cutting profile on hillside road

mにすると約2倍の土工量が、更に2倍の4mに広げると約4倍の土工量が見込まれることを示している。林道の開設費は、第一に土工費、次いで構造物経費からなるものとする、必要最小限度の道幅にすることが最も効果的であることは明白である。天竜地域の作業道調査例³⁾によると、作業道は、幅員3.0mで3級林道の規格を備え、その土工量は地域内5市町村の平均値で、切土4.7m³/mと盛土1.3m³/mであり、同地域の林道は、切土11.9m³/mと盛土2.9m³/mである。作業道と林道の間のような違いについては、基本的には幅員が、作業道の3.0mに対し林道の4.0mと側溝を含むこと、更には林道では厳しい立地条件の所を通過開設し、その後、立地条件が比較的緩和されている所に、作業道が開設される結果であろうとして

表-2 山腹道路横断面における切土断面積の比

Table 2 The ratio of cutting area on a lateral profile of hillside road

	A ₂	A ₃	A ₄	
A ₂		2.25	4.00	A _{n+1} A _n
A ₃	0.44		1.78	
A ₄	0.25	0.56		
	A _n / A _{n+1}			

ようなモデル断面を仮定してみる。

b : 幅員 (切土幅), θ : 切土面勾配 (度)

h : 切土高 β = θ - α

α : 地山斜面勾配 (度),

正弦比例の法則により,

$$S / \sin \alpha = b / \sin \beta$$

$$\therefore S = b \cdot \sin \alpha / \sin \beta$$

また, h = S · sin θ であるから

$$h = [(\sin \theta \sin \alpha) / \sin \beta] b = C \cdot b$$

$$\text{ただし } C = (\sin \theta \sin \alpha) / \sin \beta$$

であり同一傾斜面では一定値になる。したがって切土面積 (A) は次のようになる。

$$A = 0.5 b h = 0.5 C b^2$$

いま、道幅 b (m) を、2、3、及び4とした時の切土面積を、それぞれ A₂、A₃及びA₄とすると、表-2のような比率になる。ここで、b = 2 (m) は林内作業車道の最大幅に相当し、b = 3 (m) は3級林道の全幅員または作業道に相当しようし、b = 4 (m) は2級林道の全幅員に相当する。ここで道幅2mを3

いる。このような幅員と土工量の関係は基本的には、前記モデルによる考察とはほぼ対応するものである。

また、裸出斜面における表面侵食や崩落が、斜面長の増加にほぼ比例的な現象と仮定すれば、(中尾¹⁰⁾によると切取りのり面長と崩壊発生比は比例関係を示す) 前述モデルから道幅と切

土斜面長とは比例し、表-3のような比率になるから、道幅の広い林道では、のり面保護工その他の保全対策の配慮を十分にしなければならないことになり、その経費も増大する。

以上のように、林業用の路網は、林道あるいは作業道を幹線としながらも、できるだけ狭い幅員の路線を活用するところの複合的路網を基本にすることが、

支出負担も少なくすむだけでなく、森林環境の維持のためにも望ましいものであり、ここに述べる幅員 1.5m 程度の林内作業車道の割合を重視することは比較的合理性があることを示している。

4. 路線の開設方針

小型林内作業車による搬出路は、林道あるいは作業道などのトラック運搬路から分岐するも

表-3 山腹道路横断面における切土斜面長の比
Table 3, The ratio of cutting slope length on a lateral profile of hillside road

	S_2	S_3	S_4	
S_2		1.50	2.00	$\frac{S_{n+1}}{S_n}$
S_3	0.66		1.33	
S_4	0.50	0.75		
	S_n / S_{n+1}			

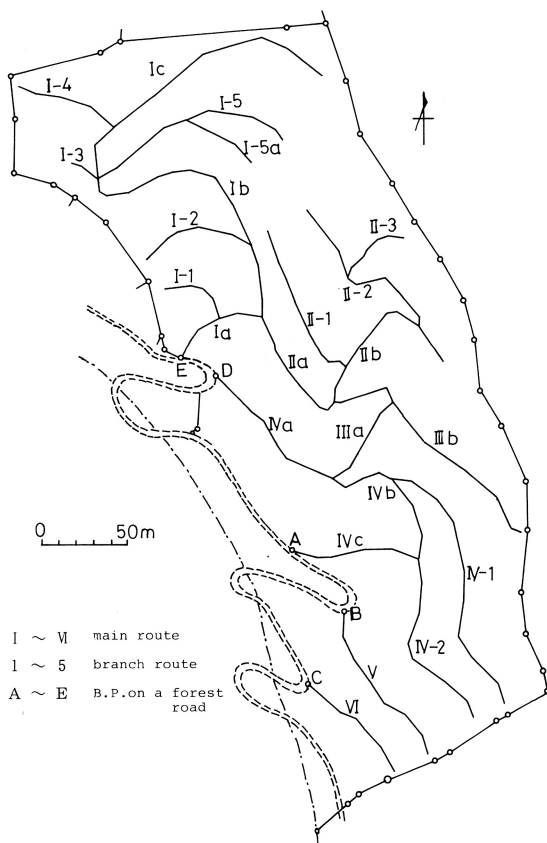


図-4 実測地における林内作業車道の配置

Fig.4 A network of the narrow roads used by a small-sized forestry vehicle arranged in the investigated area

のであり、その作設や路網の考え方は、おおむねトラクター路²⁰⁾に準ずるものようである。本調査地では図-4に示すように、林道からの分岐進入点が数ヶ所あり、単純な形式ではない。トラクター集材路網型にならって表現すると、幹線樹枝型配置を基本とする突込み型の路網と、数個の循環路線部を加えた複合様式になる。同じような簡易作業車道でも、(1) 人員輸送が主目的の軽車輛用(幅員 2.0m, 最急勾配16%, 最小回転半径 6~8 m)と(2) 簡易搬出路または施業路(幅員 1.5~ 2.0m, 最急勾配30%, 最小回転半径 6 m)とに区分し開設する例¹⁴⁾がある。青木²¹⁾は、自動車道を50m/ha以上の密度で入れた、いわゆる「高密度林道網」を整備して林業経営をするところの「高密度路網営林法」を提唱したが、路網の内容については、トラック道のほかに、より低規格の簡易車輛道や林内作業車道を区分計画し、林業用路網組織を整備するのが、より適切であることは、前項の考察からも明らかである。なお、本調査地は、複数所有者の林地からなるので、それらを一括し一団地として扱い、路網を計画開設し

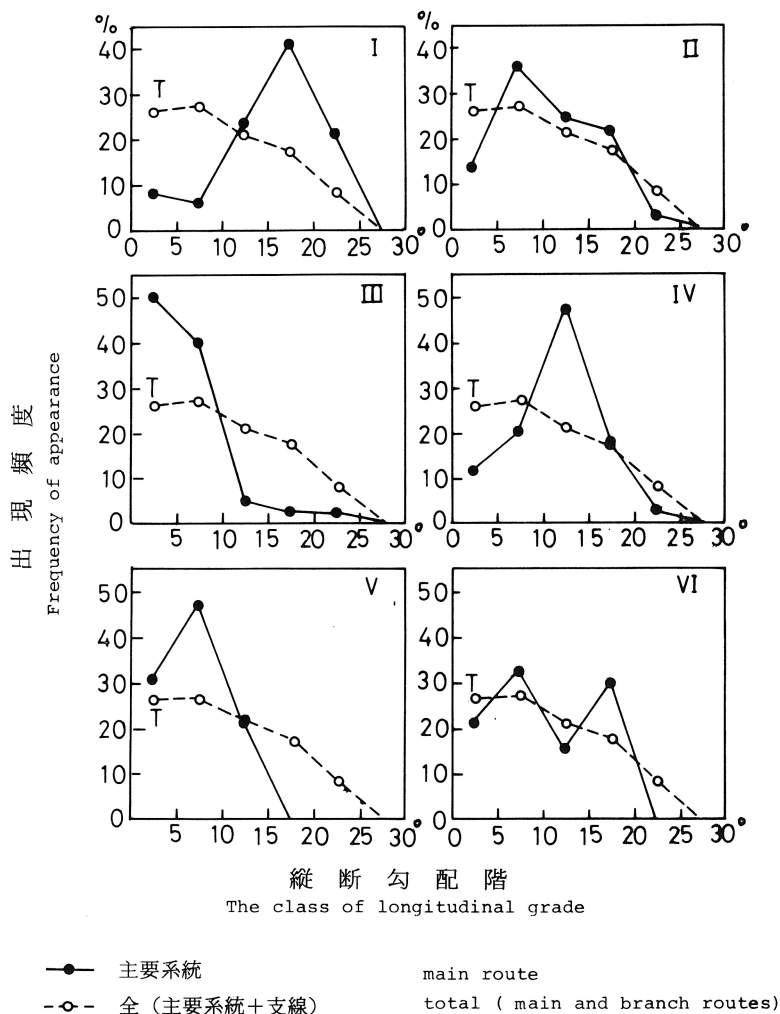


図-5 林内作業車道の縦断勾配の出現頻度

Fig.5 The frequency of appearance of longitudinal grade on the narrow road used by a small-sized vehicle for forwarding

表-4 林内作業車道の縦断勾配と区間長

Table 4 The longitudinal grade and the distance of the narrow road used by a small-sijed vehicle for forwarding

林内作業車道 系 統 route of narrow road	縦 断 勾 配 longitudinal grade			延 長 total distance
	average	maximum	minimum	
I a	21.1°	24.0°	17.8°	} m 413.60
I b	17.2	19.0	15.0	
I c	13.8	22.3	5.0	
I - 1	15.0	19.3	8.0	44.90
I - 2	4.2	11.5	0.5	71.02
I - 3	10.0	11.0	9.3	18.76
I - 4	15.3	22.5	11.0	63.18
I - 5	5.6	14.0	0.5	127.50
I - 5 a	11.6	20.0	7.3	46.99
II a	13.2	19.5	5.5	} 184.53
II b	10.1	20.5	4.3	
II - 1	8.4	15.8	3.0	96.23
II - 2	10.3	20.5	1.0	107.33
II - 3	14.7	22.0	4.5	44.87
E	16.6	20.0	7.5	42.19
III a	13.3	21.0	10.0	} 167.76
III b	5.4	11.3	1.0	
IV a	10.3	17.0	1.0	} 262.50
IV b	10.5	15.0	3.5	
IV c	15.5	22.0	9.0	
IV - 1	3.6	12.8	0.3	170.28
IV - 2	5.1	9.8	1.0	109.18
V	8.1	14.0	3.0	101.66
VI	10.7	19.3	3.3	74.93
総 計	—	24.0	0.3	2,147.40

ている。わが国の民有林では、林地の所有が小面積分散的で、相互の境界が複雑に入りくんでいる場合があり、集材路の迂回を強いられるなど、目的地への到達が容易でないことも多い。したがって、林内作業車道網の開設立案にあたっては、対象区域の林地を1つの団地として取扱うことができるよう、共同作業について協議することが大切である。

5. 林内作業車道の勾配

林内作業車道は、ミニバックホウが先行登坂し開設しているから、ほぼ同程度の走行機構を有する小型林内作業車にとっても、当然登坂能力以内の勾配になっている。表-4に示すように、最大勾配24度(44.5%)で、路線区間に勾配出現割合を図-5に示すが集計すると次のとおりである。すなわち、平均勾配が20度以上の区間は全体の8.3%にすぎず、大部分が平均勾配10度から20度の区間(約38%)と10度以下の区間(約53%)によって占められている。路線系統でみると、Iコースでは、平均勾配20度以上の区間が約50%を占め、急勾配区間の割合がやゝ多い点で、全体の平均的傾向と異なる。これはIコースの幹線区間中、接続林道に始まる区間が急勾配であることに起因している。これに対しIコースの支線区間では、平均勾配15度以下が主体である。Iコース以外の系統では、平均勾配15度以下が大部分で、しかも10度以下の区間が50%以上を占める。ちなみに、本調査地に接し林内作業車道が分岐しているトラック道区間の縦断勾配を、表-5で見よう。8度以下が約80%を占め、当然のことながら、

表-5 接続林道区間の縦断勾配分布

Table 5 The longitudinal grade of the adjacent section on a forest road

縦断勾配 (度) longitudinal grade	3.5~ 4.0° (6.0~ 7.0%)	~ 5.9° (~10.5%)	~ 7.9° (~14.0%)	8° ≤	延長 (m) total distance
区間長比率 (%) ratio of distance	3.71	33.86	41.14	21.29	670.00

林内作業車道とは全く性格が異なることが分かるであろう。

6. 林内作業車道の単一路線長

本調査地における林内作業車道各系統別の全長、すなわち最大搬出距離を、図-4及び表-6から見てみる。林道上始点EからIコース終点までの413.62mが最長、次に支線I-5の終点から始点Eまで359.86m、支線II-3の終点から始点Eまで335.18mなど、20路線系統中8系統の全長(最大搬出距離)が300~400m以内である。岐阜県、熊本県や愛媛県の事例及び間伐材搬出基準¹⁷⁾によると、林内作業車道の単一路線長は、地形や搬出材積の程度により左右されるが、主として間伐材のような短材を対象にする限り、最長500m程度で、平均的には300m内外としている。一方、クローラ型小型林内作業車の走行速度¹⁸⁾は、平坦地で積載量300~560kgの時に時速5km内外であるのに対し、傾斜地で積載量300kg程度の時に、傾斜による変動は少なく時速1.5km程度で、いずれもかなり低速である。したがって、集材距離があまり長くなると、運転時間が長くなり、集材サイクル数の減少と他の作業員の待ち時間の増加など、全体の効率が低下する結果になる。ただし、「けた丸太」のような大径の高価長材を搬出する例では、最長800mが可能としている点に注意する必要がある。

以上のように、本調査結果や他資料から見ても、小・中径の短材搬出を主対象とする場合の、林内作業車道の単一路線長は、最大500m程度で、平均的には300m内外が、開設限界の目安になると思われる。そして、トラック道からの林内作業車道の延長が著しく長くなる場合には、その前段にあるトラック道すなわち林道や作業道そのものの、延長開設と配置を考える必要がある。

7. 林内作業車道の密度と迂回率

調査地内の林内作業車道の全長は2,147mで、対象林地面積は7.064haであるから、その密

表-6 林内作業車道の系統別延長
(久万町 実測地の例)

Table 6 The length of each route of the narrow road used by a small sized vehicle for forwarding (an example in Kuma-cho)

番号 Number	路線系統 each route	最大搬出距離 maximum distance for yarding	迂回率 (A) rate of detour(A)
1	林道端(B.P.)E~I a + I b + I c (E. P.)	413.62m	1.26
2	E~I - 1 (E. P.)	80.52	0.96
3	E~I - 2 (E. P.)	175.44	1.83
4	E~I - 3 (E. P.)	251.12	0.92
5	E~I - 4 (E. P.)	329.92	0.79
6	E~I - 5 (E. P.)	359.86	1.40
7	E~I - 5 a (E. P.)	343.41	1.84
8	林道端(B.P.)E~I a + II a + II b (E. P.)	245.88	0.58
9	E~II - 1 (E. P.)	254.30	1.83
10	E~II - 2 (E. P.)	327.78	1.88
11	E~II - 3 (E. P.)	335.18	1.25
12	林道端(B.P.)E~I a + II a (II bとの分岐点)	136.62	
13	林道端(B.P.)D~IV a + III a + II a II b分岐点ま	193.36	
14	林道端(B.P.)D~IV a + III a + III b (E. P.)	260.58	0.30
15	D~IV a + IV - 1 (E. P.)	301.38	0.19
16	D~IV a + IV b + IV - 2 (E. P.)	293.57	0.18
17	林道端(B.P.)A~IV c + IV - 2 (E. P.)	187.29	0.31
18	A~IV c + IV - 1 (E. P.)	301.68	0.95
19	林道端(B.P.)B~V (E. P.)	101.66	0.07
20	林道端(B.P.)C~VI (E. P.)	74.93	0.04

度は 303.9m/haなる。次に調査地内での路線系統別の始点から終点までの直線到達距離に対する実路線長の割合から、これら路線の迂回の程度を迂回率 (A) として表-6に示した。路線系統 I 及び II の中では、左右への大幅な屈曲があるなどのため、迂回率が 1.0を越える例が多い。その他の路線系統では、始点と終点を結ぶ到達直線に対する屈曲が比較的少なく、迂回率は大多数が 0.3以下に納まっている。次に、大屈曲の多い路線系統については、大屈曲ごとに分割し小区間を設け、また支線区間ごとに、直線到達距離に対する区間内の実長から、迂回率 (B) をまとめてみると表-7のようになる。すなわち最大0.56, 最小0.01, 大多数は 0.

2~0.1である。

更に、林内作業車道が分岐する林道あるいは作業道、すなわちトラック道は調査地下方の沢沿いを上昇していて、調査地との対応区間長は 670 m である。これと直線距離 380 m から単純に、この区間のトラック道の迂回率 (η) を求めてみると、約 0.76 になる。この調査地は、谷筋と稜線に挟まれた 1 斜面であり、尾根を越えた隣の谷にも林道が入っている。そこで上記トラック道区間が、調査地面積の 2 倍の林地に対応する存在と単純に考えると、この部分の林道 (トラック道) 密度は 47.4 m/ha になる。

8. 木寄せ距離

調査地内における林内作業車道への木寄せ距離を見てみる。路線系統の区間別に、区間内各部分の最大木寄せ距離の範囲とその平均、更にそれらから推定される平均木寄せ距離の範囲とその平均を表-8 に示す。最長部では 12~25 m、最短部は 5~14 m の範囲にある。各区間内最長部の最大木寄せ距離は、調査地内の平均として 20 m 程度になるので、1 路線が受け持つ木寄せ対象林地幅は、平均的に 40 m 程度とみなせよう。愛媛県内の小型林内作業車による間伐材搬出例¹⁸⁾を表-9 にまとめたが、

木寄せ距離の範囲は、本調査結果とほぼ類似する。小型林内作業車にはウインチを装備している例²²⁾が多いのだが、簡易索張りによる木寄せ集材を考慮した機種では、ワイヤーロープ長が 240 m に及ぶものを含め 100~150 m の群と 45~80 m の群がある (表-10 参照)。ワイヤーロープの引き出しを長くすると、材が立木に掛るなどして、材の損傷や木寄せ能率の低下につながりかねないので、特に間伐では引き出し長は 30~60 m、平均的に 30 m 程度にするのがよいようである。市販の木寄せ用小型ウインチはロープ長が 70~150 m であるが、なお専用

表-7 分割区間ごとの迂回率 (B)

Table 7 The rate of detour in each divided section

分割区間 divided section	区間内迂回率 (B) rate of detour in a section
I a	0.14
I b-1	0.04
I b-2	0.17
I c	0.25
I-1	0.21
I-2	0.15
I-3	0.04
I-4	0.05
I-5	0.14
I-5 a	0.02
II a	0.18
II b-1	0.03
II b-2	0.03
III a	0.01
III b	0.03
IV a	0.04
IV a + IV b-1	0.12
IV b-2	0.07
IV-1	0.16
IV-2	0.13
IV c	0.06
II-1	0.06
II-2	0.12
II-3	0.12

小型ウインチの工夫を望む声がある。

9. 調査地対応の林地モデル

調査地のトラック道（林道）からの奥ゆきは、150～180mである。本調査結果からえられた接続トラック道（林道）部の密度47.4m/haとその迂回率 $\eta=0.76$ 及び最大木寄せ幅から想定される林内作業車道1本の担当幅の40mを用いて、モデル林地を図-6のように半円形端部を持つ長方形と仮定し、その奥行き（ χ ）を求めると、モデル林地は林道の両側対称的に存在するから、次のようになる。

$$\frac{40 \times (1 + 0.76) \times 10,000}{20^2 \pi + 2 \times 40 \chi} = 47.4 \quad \therefore \chi = 169.9 \text{ (m)}$$

すなわち、この値は本調査地のトラック道（林道）からの平均的奥行きを示している。

次に、前述の調査結果からえられた林内作業車道の密度 303.9m/haと、上に仮定した林地モデルの奥行き $\chi=170$ mを用いて、林内作業車道における平均的迂回率 η' を求めると次のようになる。

$$\frac{170 (1 + \eta') \times 10,000}{40 \times 170 + 20^2 \pi \div 2} = 303.9 \quad \therefore \eta' = 0.33$$

調査地対応の林地モデルの要素をまとめてみると、接続トラック道（林道あるいは作業車道）の迂回率 $\eta=0.76$

表-8 木寄せ距離

Table 8 Prehauling distance by a Forestry vehicle

でその密度が47.4m/ha、林内作業車道の迂回率 $\eta'=0.33$ でその密度が 303.9m/ha、林地幅40m、林地長は最長部約190mになる。

10. 林内作業車道の路面状態

林内作業車道は、一般的構造規格が、低規格林道に比べても低く、縦断勾配が著しく急である。このような路線が林内に高密度に開設される。急傾斜の狭小な道が雨水の流路となって侵食崩壊を促す例は多い。したがって路体自体はもちろん周辺林地に及ぼす影響を抑制するために、各地の実施例では、路線の開設当初から、維持管理を含め種々の配慮が施されている。そこ

分割区間 divided section	区域内最大 the maximum in a section		区域内平均 average in a section	
	範 囲 range	平 均 average	範 囲 range	平 均 average
I a	10~20m	17m	5~10m	8 m
I b	8~20	18	4~10	9
I c	10~22	15	5~11	8
I-1	15	15	8	8
I-2	10~20	16	5~10	8
I-3	5~17	10	3~9	5
I-4	10~22	15	6~12	9
I-5	8~20	14	4~10	7
I-5 a	7~12	10	4~6	5
II a	11~18	15	5~9	8
II b	5~22	18	3~11	9
II-1	8~18	14	4~9	7
II-2	5~25	18	3~12	9
II-3	5~25	18	3~12	9
E	10~18	14	5~9	7
III a	10~15	12	5~7	6
III b	10~22	15	5~11	8
IV a	14~22	16	7~11	8
IV b	10~20	14	5~10	7
IV c	10~20	14	5~10	7
IV-1	8~16	12	4~8	6
IV-2	10~18	14	5~9	7
V	8~20	16	4~10	8
VI	10~16	14	5~8	7

表-9 小型林内作業車による間伐材搬出事例（愛媛県昭和60年度）

Table 9 Examples of the hauling of thinned logs used a small-sized vehicle for forwarding

事例 case	1	2	3	4	5	6
実行面積 working area	ha 2.83	ha 0.86	ha 0.76	ha 0.40	ha 0.52	ha 0.76
林地傾斜 (平均) angle of forest land (average)	10~30° (20)	15~30° (20)	14~28° (24)	10~20° (15)	20~35° (28)	15~20° (17)
木寄せ距離 (平均) prehauling distance (average)	10~25m (15)	10~20m (15)	10~20m (15)	10~20m (15)	0~20m (10)	0~25m (13)
集材距離 hauling distance	1,600m	20~70m	—	—	m 100~160	m 250~480

で林内作業車道路面の変形及び植生侵入状況の実測結果と保全について考察する。

1) 変形

実測地の林内作業車道の路線系統中、林道に接続する幹線的部分、すなわち図-4の中の区間I a, I b, II a, II b, Na及びNbでは、通行回数が重なるため、路面の変形や侵食が明らかに認められる。変形状況は、附図や表-11の横断計測結果からうかがえるであろう。著しい変形部分は、下り方向の右側に偏在する場合が多く、その大きさは、附図2でも明らかのように、幅40cm内外、深さ10cm内外から最大16cmの溝状である。特に区間I bとII a, 更に両者の合流後の区間I a (附図3), あるいは区間IIIとEの合流点(附図4)等で変形が目立つ。現地で使用される林内作業車は、車体重量450kgを越える最大積載量(750kg)を、車体右側縦方向に積載する構造である。それゆえ右側接地圧が過大になり、土質や路面状況との関係もあって、片側に目立つ溝状変形が生じがちである。これが、流下雨水の集中を招き、変形を拡大することは当然である。

路面の侵食抑制のためには、縦断勾配の制限と、側方排水の適宜実施が基本である。急傾斜山腹では、歩道が水路になって流下し方向変換のできない場合に下方凹斜面(零次

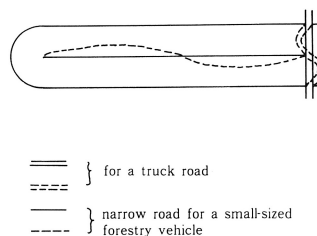


図-6 実測地における林地と林内作業車道のモデル

Fig.6 The model of a forest land with a narrow road used by a small-sized forestry vehicle in the investigated area

表-10 木寄せウインチの性能

Table 10 Performance of the winch for prehauling

機 種		ロ ー プ 長	ロ ー プ 径	引 張 力
kinds of winch		length of rope (m)	diameter of rope (mm)	tensile force (kg)
小型運材車搭載 mounted on the small-sized vehicle for forwarding	A	150	8	700
	B	50	6~8	480
	C	60	8	500
	D	45	6	300
	E	400	6	600
	E'	240	8	800
	F	80	8	3,000~ 4,000
	G	45	8	2,000
	H	120	8	800~ 1,800
リモコンウインチ remote control winch	A	150	6	
	B	125	6	
	C	70	6	

谷)へ集中流入するため、崩壊を招いている例がきわめて多い。それゆえ林内作業車についても、できるだけ緩い勾配、すなわち3級林道程度の制限勾配以内にするのが望まれる。しかし実測地の結果では、表-11に示す路面変形の著しい個所はもち論、表-5に示す縦断勾配の分布からみても、低規格林道の制限勾配を越える路線が大部分を占めている。これは、林内作業車の登坂性能を生かし、急地形にも対応するとすると、部分的に急勾配で上昇し、適宜等高線に近く分岐進入していく形を取りたい、という趣旨にならざるをえないからである。ここで、前記勾配制限を厳しくしたいということとの間に矛盾が避けられなくなるのである。そこで、林内作業車道については、勾配の抑制とともに、路面流下水の実態を確かめたうえで、侵食抑制について十分配慮することが必要であろう。

2) 植生侵入と路面対策

実測地内の林内作業車道の路面のうち区間I b及びI c線侵入部A点は、走行回数が比較的多いと推定されるにもかかわらず、附図5及び附図6に示すように、路面中央の凸部に、侵入植生がかなり認められる。この部分の縦断勾配の平均が17.2度及び15.5度であるにもかかわらず、南西向きで路面の日射量もかなりあるためと思われる。支線区間では更に、車輛の通行が少ないか、ほとんどない状況になっているため、附図7や附図8に示すように、全面に植生が侵入し裸地が見えにくくなっている例もある。それゆえ植生侵入を促す配慮が必要な反面、裸地状態が続く個所では、路面の侵食危険度を確かめ、適宜の対策を施す注意が大切である。

表-11 林内作業車道の路面変形

Table 11 Deformation of surface of narrow roads used by a small-sized forestry vehicle

資料番号 Number of survey	下降時右側 right side in downhill		下降時左側 left side in downhill		全幅員 total width	路線勾配 longitudinal grade
	幅 width	深 depth	幅 width	深 depth		
	1	45cm	16cm	50cm		
2	70	12	—	—	135	17.8
3	90	10	—	—	160	20.0
4	50	16	—	—	140	21.5
5	—	—	—	—	130	15.0
6	45	14	—	—	155	22.0
7	70	11	—	—	155	
8	50	10	—	—	140	
9	40	7	—	—	130	18.0
10	35	7	—	—	130	24.0
11	40	10	—	—	120	
12	35	6	35	6	140	15.0
13	35	11	30	6	120	16.8
14	35	12	—	—	145	
15	45	11	45	11	200	23.0
16	40	11	—	—	150	
17	50	12	50	10	220	曲線部

林内作業車道の事例報告を見ると、路面の保全あるいは路線開設に伴う林地への影響も含め、種々の配慮がされている。まず計画にあたっては、既往の歩道や木馬道があれば、これを活用するのがよく、施工時には、切土面を主に、盛土部を控え目にして路盤維持に配慮している。実測地でも、開設に際し、谷側の立木あるいは根株に掘取り根株や転石をもたせかけつゝ並べてゆき、その後に土を盛りつけてゆき、盛土部の安定保護に配慮している（附図9及び附図10参照）。



附図1 林内作業車道用開設林の状況



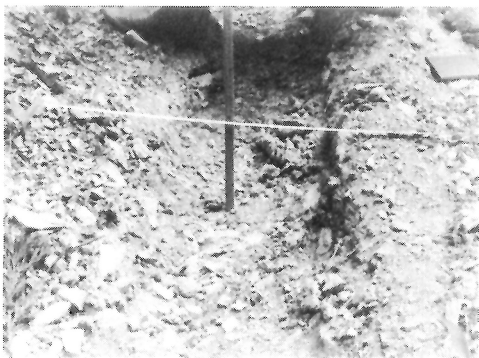
附図4 林内作業車道Ⅲ a とⅢ b との分岐点附近



附図2 林内作業車道E始点付近の
車両わだち痕



附図5 林内作業車道の侵入植生
(I a ~ I b 区間内)



附図3 林内作業車道 (I a 区内) の
車輪わだち痕



附図6 林内作業道A始点付近の状況



附図7 林内作業車道支線（I-5）
の植生侵入状況



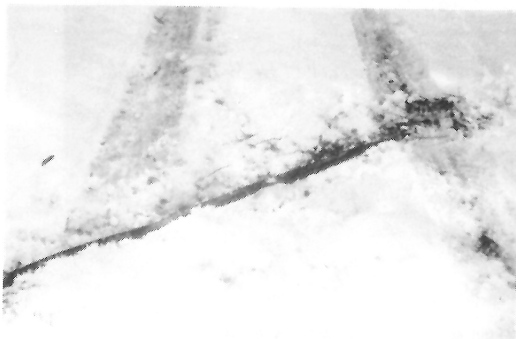
附図8 林内作業車道支線（I-3）の
植生侵入状況



附図9 林内作業車道の石盛りつけ路
肩部



附図10 林内作業車道の盛土路肩部の状況



附図11 中古コンベヤベルト使用の横断排水路

更に路面の横断排水であるが、間伐丸太を1ないし2本並べて、斜め横断排水溝を形成する方法が、一般にあげられる。なかには、中古コンベヤ用ベルトを15cm位路盤に埋め込み、斜め横断排水にしている例(熊本県、岐阜県、広島県等)もある(附図11)。また、間伐木の枝条によるそだ束や雑割石を履帯痕溝に直角に敷き並べ、車輪の滑りと路面の攪乱を抑制しつつ排水する例などもある。これらは特に新しい試みではなく、作業道における実施例をまとめた資料⁶⁾にも含まれるものである。特に滑りやすい所には、30cm長の杭をわだち痕に打ち込む例¹⁸⁾もあるが、これは滑り止めと、杭効果による路盤の強化が期待される。斜め横断排水の問題点は、流出土砂による排水機能の減退または喪失であり、また谷側斜面における落水による洗掘侵食の防止、すなわち流末処理を適切に実施することである。路面侵食防止対策としては、斜め横断排水のほか、舗装も考えられる。しかし急斜面での山腹舗装道は、雨水の集中と流下速度の加速を促すため、道を越えて林地に汜乱流入した場合、侵食崩壊の誘因となるおそれが大きい。したがって舗装を考えると、適宜に横断排水、特に曲線部での処理を誤らぬことと、林地への分散流下を考えることを忘れてはならない。

IV む す び

小型林内作業車用の簡易専用路である林内作業車道による間伐材搬出例を基にして、開設必要量に達していると思われる実地を測量し、路線を含む林地モデルを導き、トラック道(林道あるいは作業道)と林内作業車道との相対的關係の実例を明示した。今後は、路面状況の推移について観測を重ね路体構造基準の目安を確かめたい。

引 用 文 献

- 1) 黒田迪夫・堺正紘・岡森昭則：林道，作業道の開設に伴う森林施業の実態，林道効果調査報告書，佐賀県，1～76，1987
- 2) 小沼順一：伐出機械と作業方法の変遷，伐出機械，林業技術，495，7～11，1983
- 3) 岩川治・拓植寛：作業道の林業的評価に関する研究(1)天竜地域作業道の林道との関連からの考察，静岡大学農学部演習林報告，10，57～62，1986
- 4) 南方康・酒井秀夫・伊藤幸也：複合的路網の整備目標：東京大学農学部演習林報告74，81～96，1985
- 5) 南方康：将来の中核となるべき機械(3)将来的路網(複合路網)，北方林業，39(2)，16～20，1987
- 6) 西泉敏行・伊藤洋一：地域の特性に応じた作業道の設計作設についての合理的工法に関する研究・愛媛県林業試験場研究報告，10，13～33，1987
- 7) 中田清二・楠正美・更屋萬司・上辻健一郎：低位利用材搬出のための簡易作業道改良についての試験，機械化林業，305，10～22，1979
- 8) 上飯坂実：作業道的発想の必要性，機械化林業，397，1～2，1986
- 9) 伏見知道・青野忠勝：多用途農作業車の短材用荷台の試作と搬出試験について，94回日本林学会大会発表論文集，盛岡，679～680，1983
- 10) 中尾博美：林地保全と調和した作業道や林内作業路の構造について，森林利用研究会シンポジウム，福岡，1987
- 11) 酒井秀夫：合理的集運材方式に基づく長期林内路網計画に関する研究，東京大学演習林報告，76，1～85，1987

- 12) 中島政光：簡易作業道の作設試験，機械化林業， 305， 41～51， 1979
- 13) 細江銀一：間伐材の簡易搬出技術，機械化林業， 367， 3～9， 1984
- 14) 細江銀一：簡易作業道の開設技術と投資効果，林経協月報， 301， 14～21， 1986
- 15) 神崎康一・山下昌規・中村宗治：非皆伐伐出作業の事例と考察，機械化林業， 402， 31～38， 1987
- 16) 野田英志：愛媛県・久万林業における新しい素材生産仕組み，スリーエムマガジン， 310， 24～28， 1987
- 17) 林野庁普及課：都道府県別・林業機械保有台数調，昭和54年度～昭和60年度
- 18) 林業機械化協会：機械化による効率的な間伐作業の進め方，林業機械化協会，東京， 1～269， 1986
- 19) 伏見知道・青野忠勝・松本恵太：林内作業車に対する油圧駆動超信地操向方式8輪車の適応性に関する実験的研究，愛媛大学農学部演習林報告， 23， 15～40， 1985
- 20) 林業機械化協会：トラクタ集材と集材路，林業機械化協会，東京， 1～232， 1986
- 21) 青木信三：高密度林道網計画と施工，創文，東京， 1～280， 1970
- 22) 林業機械化協会：小型林内作業用機械とその作業，林業機械化協会，東京， 1～263， 1983

(1987年7月29日受理)