

ツリーラックによる間伐材搬出法について

伏見 知道*・江崎 次夫**・藤 久正文**

Studies on the hauling method of thinned log by the use of Tree-rack

Tomomichi FUSHIMI, Tsugio EZAKI and Masafumi FUJIHISA

Summary : The authors attempted to examine the method by Tree-rack for the hauling of thinned log has devised by a maker in Matsuyama city, Ehime prefecture. In this device, the up-side down "T" type rail with the welded rack is hung from a wire rope of diameter 8 millimeters, and the train is hung from the rail with rack as shown in figure 1, therefore, the train is traveled by the mechanism of rack and pinion. The train consists of an engine car, brake car and two trucks.

The amount of work for downhill yarding by Tree-rack is expected above 10-12 cubic meters per day in a group consisted of two men (or women) at loading place and a man (or a woman) at landing place. The volume of loaded log on two trucks amounted to about 0.5 cubic meter per a time.

The method by Tree-rack seems to easier system than the other monocable systems etc. for use as a hauling machine in forestry.

要 旨 間伐材搬出施設として創案されたツリーラックによる搬出作業法を実験した。秋から翌春にかけての短期的、移動型搬出施設として、簡便な機械である。搬出能力は、2車輻連結で1回に最大0.5m³程度の積載が可能で、約250mの搬出1サイクル当り、約12分前後、1日10ないし12m³以上が期待できる。作業は、男女の別なく、初心者であっても、一定の能率水準に、容易に達することができるが、より軽量化による性能向上が望まれる。林業現場に常備すべき施設の一つとして、林業以外の一般的立場からも、妥当視される性格のものの一つである。

I は じ め に

わが国林業をめぐる当面の諸問題の中で、素材生産の合理化が、特に重視される状況にあることは、いまさら言うまでもあるまい。素材生産の合理化は、伐木造材の面と搬出運材の面に大別される。前者は同一立木から最大商品価値を有する素材を採材生産する方法の問題であり、後者は生産された素材の運搬費を最低にする方法の問題である。運搬費の軽減は、林道開設の主目的として、常に指摘されてきた課題である。最近では、運材だけでなく林業

* 森林工学研究室 Laboratory of Forest Engineering

** 附属演習林 University Forest

活動を行う上で、経営の基盤として路網を拡充整備するということの必要性が強く認識支持されるようになってきた。その結果、いろいろの予算措置に裏付けられた林業用自動車道の開設整備が実行される一方、林業経営者自身による開設も進んでいる。

わが国の民間林業のような、小規模分散所有林地を対象として、素材生産合理化を考える時には、上述のような路網の拡充整備を前提にする事なしには、いかんともしがたい現状である。路網が整備されつゝあるといつてもなお、路網端までの集材路線あるいは有効な伐出技術なくしては、素材生産の合理化を期待することは困難である。

昨今、民有林の伐出技術に関する問題として、(1) 現有機械そのものについて、機械自体と対する人の面、(2) 機械を含めた伐出システムの工夫開発、(3) 林業育成意欲、といった項目の指摘がなされている。民有林の林業機械普及の現状と、最近のすう勢と合わせて、注目されるものとして、次の点があげられている。すなわち、

- (1) 集材機普及台数が頭打ち、小型林内作業車あるいは各種の類似品が増している。
- (2) 集材機の中では、単線循環式特にジグザグ方式の採用とその改良工夫の例がある。
- (3) 高品質材の搬出用固定施設に、モノレールを使用する例があること。

いずれの場合も、設備コスト面からの採算性の問題があり、機械を導入するにはむずかしい面がある。また、自動車道の整備が前提に立つことは言うまでもない。

このような状況に対応して、集材路線機械化の有効な手段とするべく、ツリーラックが開発された。ツリーラックは、急傾斜果樹園用運搬車モノラック（あるいはモノレール）類の創案者である米山工業株式会社（愛媛県松山市）のスタッフが、始めから木材搬出用施設として考案したものである。

われわれは、ツリーラックが開発実演された昭和53年から、これを実見する機会を得て、その有望性を痛感し、普及を期待していたのであるが、今回ようやく実験する機会を与えられたので、まず運搬工程の実際について得た若干の知見をとりまとめ報告する。なお、設備面で協力いただいた米山工業KKに感謝するとともに、搬出試験に協力いただいた森林工学研究室職員、専攻学生及び演習林米野々事業所の諸兄に深甚の謝意を表する。

II ツリーラックの概要

ツリーラックは運搬機械部分とレール部分とからなる。両者は、下面にラックを溶接した逆T型レールを図-1に示すように、吊り下げ金具（最新型は掛け部が低位一段の短小型を基本とし、補助吊り具を組み合わせ、割ピン脱落に起因する停車事故の防止を考えている）によって、ワイヤロープに吊り下げ、これに懸架される諸車輛のピニオンがラックと噛み合い走行する機構になっている。そのおもな仕様は表-1のとおりである。

機関車は、エンジン、変速機、ピニオンローラー、懸架ローラー、停止ブレー

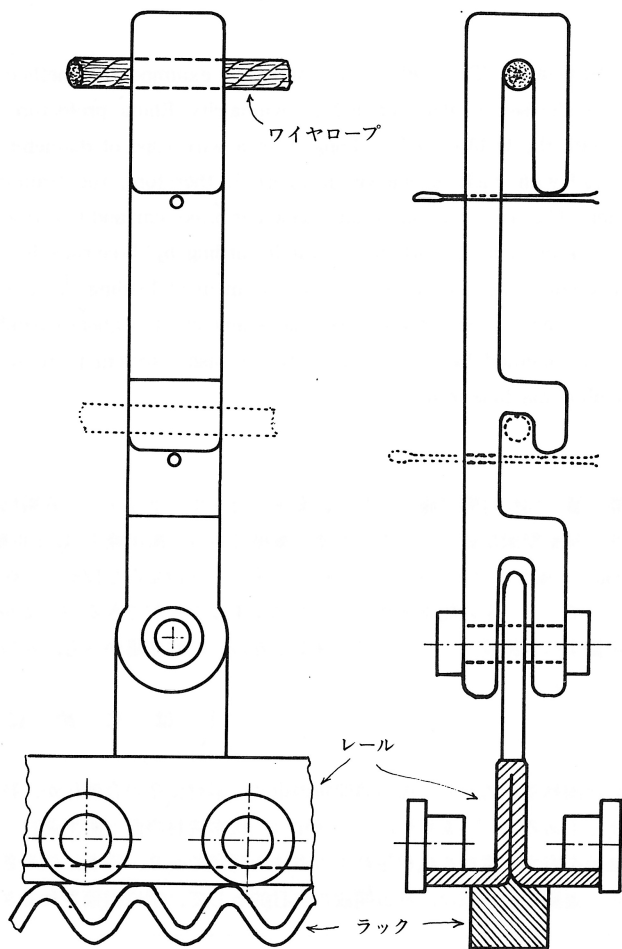


図-1 ツリーラックのレール部と吊り下げ金具
Fig. 1 The rail of Tree-rack and the hanging metal hook

表-1 ツリーラックの仕様

ツリーラック	全長 全幅 全高 重量 速度 " " 変速 最大登坂角 積載 " "	長 幅 高 量 度 度 度 量 量	780 mm 420 mm 570 mm 95kg (エンジン共) 低速40m/分 (上り荷重) 高速80m/分 (下り荷重, 上り空車) 前進・後進 各2段 45° 200kg/45°上り勾配 300kg/20°上り勾配 500kg/下り勾配 (2両連結)
ブレーキ車	全長 全幅 全高 重量	長 幅 高 量	660 mm 385 mm 515 mm 70 kg
エンジン	型 最大出力 排気量 タンク容量 消費燃料	式 量 量 料	L2P-2G (三菱メイキエンジン) 5PS/5,000rpm 105 cc 2.5 l (混合油・20:1) 1.2 l / 1時間
レール	型 全長 重量 大きさ 支柱 (含門型支柱) 間隔 使用ワイヤーロープ	式 長 量 さ 間 隔 幅	ラック式 5 m・2 m 17kg・8 kg 高さ52mm×幅46mm 4 m~5 m 8 mm

ーキからなり、変速レバー、前後進チェンジレバー及び発進・停止レバーが出ていて、高速あるいは低速の一定速度で走行する。また、ブレーキレバーに連動したタッチャーがあり、任意の必要位置に設けられたストッパーに接触すると自動的に、機関車の動きを完全に停止するようになっている。

ブレーキ車は、下げ荷走行時の安全を高めるために、標準装備として機関車に連結されている。一定回転数以上になると、遠心ブレーキが作動し一定速度を保つ。ブレーキライニンが接触するブレーキドラムの外周を、水で冷却できるようにし、摩擦勢による制動力の低下を抑制している。

機関車を最高位置におき、下方にブレーキ車を経て荷積トロッコ2輛の4輛を以て、標準編成としている。

レールを懸吊りしているワイヤーロープの中間支持は、立木型支柱、門型支柱、鎖 (単独あるいはナイロンスリングと併用) を使用して立木その他に固定する等、適宜の支持方法を組み合わせて、図-2の例のように実行する。鎖の使用にあたっては、古チューブ等の樹体保護具を併用する。

架設は比較的簡単であるが、機関車やブレーキ車の持ち上げ装着時及びレールの接続に際しては、傾斜地であるため3~4人の人手がある方が、作業が容易迅速に実施できるものと思われる。

積荷は吊り下げ方式であるので、運行中の揺れがほとんどなく走行が安定している。荷卸しは、ワンタッチ落下方式となっていて簡便である。したがって、積込み2名と荷卸し1名で十分作業が可能であり、特別の技能者を必要としない。

III 搬出作業の結果と考察

愛媛大学演習林 (松山市米野町) のスギ林において、ツリーラックを架設し、間伐材の搬出作業を実施したので、その結果につき考察する。

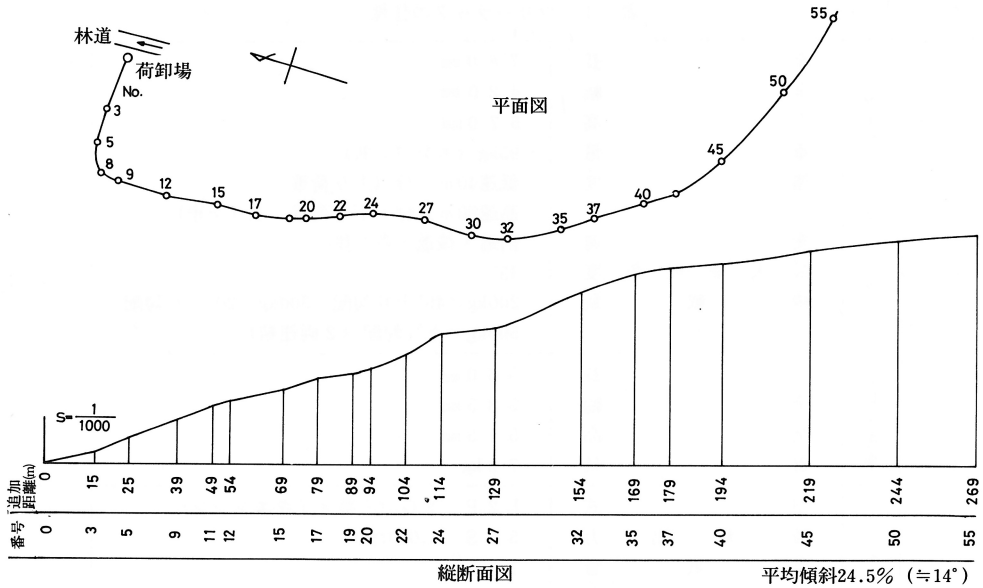


図-2 ツリーラック・レール位置 (愛媛大学・演習林における例)
Fig. 2 The profile and plane of Tree-rack set up

1. レールの架設支持

レール架設位置の平面図及び縦断面図は、図-2に示すとおりで延長約270m、平均傾斜は24.5% (14°)であるが、部分的には30°近い急傾斜や、崩壊跡地も通過している。急曲部は半径約9mの円弧状線形を描いて、90°の方向変換を行っている。

次に、ワイヤーロープ支持のための支柱の種類と配置について、図-3に示す。立木型支柱25本、門型支柱15本、鎖使用34箇所、立木のみ12箇所からなる。その間隔は、レール曲線部や地型の褶曲等のため短い所は2m間隔に長い所で5m間隔となり、平均3m程度となっている。

レールの支持高さは、実車運行にさしつかえなく積込みも容易な高さとしなければならないが、本例では1.30~1.65mであった。実車通過時、一旦いく分上昇した後垂下する場合があるけれども、一般的なレールの垂下量は20cm前後で、ワイヤーロープの支間長に対し4%前後の垂下率を示す。だが、支持方法の組み合わせによっては最大30cmの垂下量を示す位置があった。

No.2

レール		支 持		レール		支 持	
番号	距離	番号	形式	番号	距離	番号	形式
21	99	30		32	154	45	
		31				46	
22	104	32		33	159	47	
		33				48	
23	109	34		34	164	49	
		35				50	
24	114	36		35	169	51	
		37				52	
25	119	38		36	174	53	
		39				54	
26	124	40		37	179	55	
		41				56	
27	129	42		38	184	57	
		43				58	
28	134	44		40	194		
29	139						
30	144						
31	149						

図-3 ツリーラック・レール支持実施形式 (愛媛大学・演習林における例)

Fig. 3 The supporting forms of rail of Tree-rack

2. ツリーラックの走向所要時間

ツリーラックの走向所要時間の平均的例を図-4に示す。走行所要時間は積荷の程度、路線の傾斜、支間内の撓み、曲線路等により影響されて変化する。したがって、同じ空車の運行でも、上り高速では毎分64~83m、下り高速ではやゝ速く71~92mを示した。実車運行では、下り高速でみると毎分76~85mで、いく分安定した走向を示しているようである。また、下り低速では毎分35~50mで、高速時の(46~58%)平均2分の1程度である。さらに実車の上り低速を見ると、毎分28~35mで、実車下り低速時の70~80%であったが、地形の緩急の影響が現われるようである。

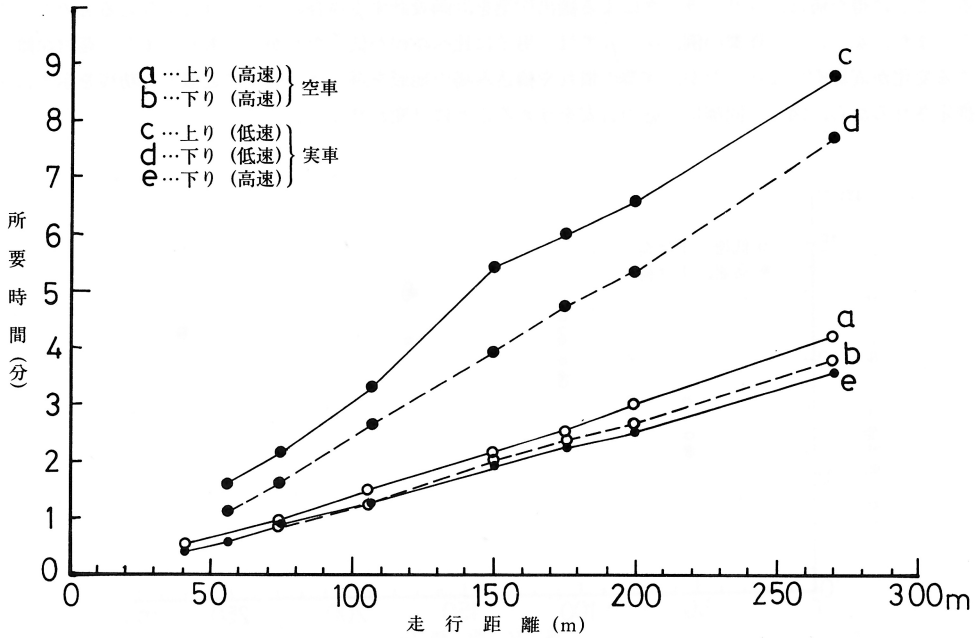


図-4 ツリーラック走行所要時間 (愛媛大学・演習林における例)
Fig. 4 The hauling distance and the travelling time of Tree-rack

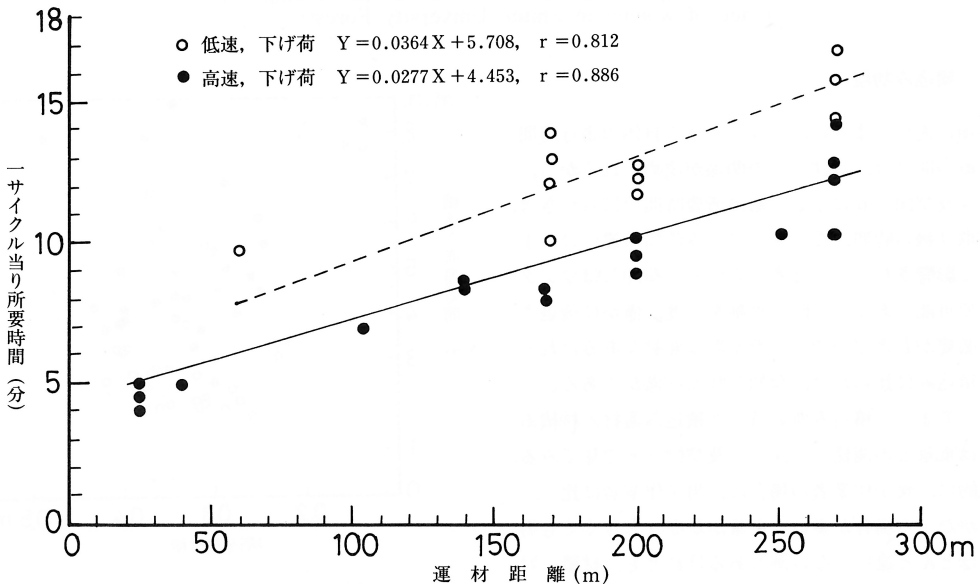


図-5 運材距離と工期 (男子, 初心者を含む) (愛媛大学・演習林における例)
Fig. 5 The hauling distance and the time of one hauling cycle (case of men in Ehime University Forest)

3. 搬出距離と工期

架設レールの近くに集められた材を積み込み、集材土場まで搬出し、再び積み込み地点に上昇してきて、次の積み込み作業に移るまでを1サイクルとして、その所要時間と搬出距離の関係を見た。図-5に示すように、男子作業では、両者の間にほぼ一定の関係が認められる。点のばらつきの原因については、路線勾配は途中で緩急入り交じっていて、その影響は論外であるけれども、積み込み現場の傾斜、レール高さ、したがって積み込み高さ、材の散らばり、材の太さと重量、積み込み総量、作業者の体力と経験等の違いによって、材の取り扱い時間に変動を生ずる結果と考えられる。ここに得た値は、ツリーラックによる搬出作業を計画設計する場合の一つの目安を与えるものとして使用できる。また、女子による作業の例、図-6では、男子に比べ工期が低くなりがちであり、また、運材距離の違いに対する変化が直線的でなかったが、作業の慣れや積み込み場の地形を選べば、男子に近似した工期を示すに至るものと推定されるから、図-5同様に一応の目安を与えることには変わらない。

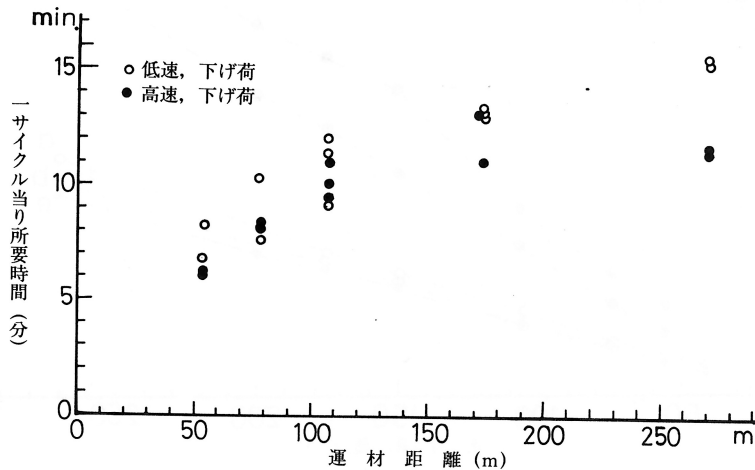


図-6 運材距離と工期(女子, 初心者を含む) (愛媛大学・演習林における)
Fig. 6 The hauling distance and the time of one hauling cycle (case of women in Ehime University Forest)

4. 積み込み工期

前項に述べたように、ツリーラック自体の走行時間と距離の間には、ほぼ一定の関係が認められるから、図-5及び図-6に示した搬出所要時間のばらつきは、木材取り扱い時間、なかでも積み込み時間の違いに、主として影響されるものと考えられる。荷卸しはワンタッチで可能であるが、時に車輻を一度、僅かに後退させる必要がおきるので、所要時間に変動があるけれども、積み込みに比べれば、荷卸し時間は僅かである。

そこでまず、積み込み所要時間と積み込み素材の材積あるいは重量との関係を、図-7及び図-8で見してみる。概観的に、女子作業者の場合は、男子作業者に比べ、時間がかかる場合が多い。重量がかなり大きくても男子とほとんど違いのない例もあるけれども、材積に対しては、女子が遅れるような結果となっている。もっとも、積み込み時間を左右する因子が素材の重量なの

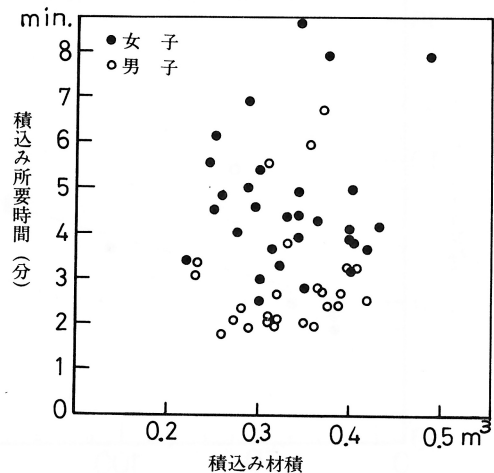


図-7 積み込み材積と時間
Fig. 7 The volume of the loaded log and the time in one loading

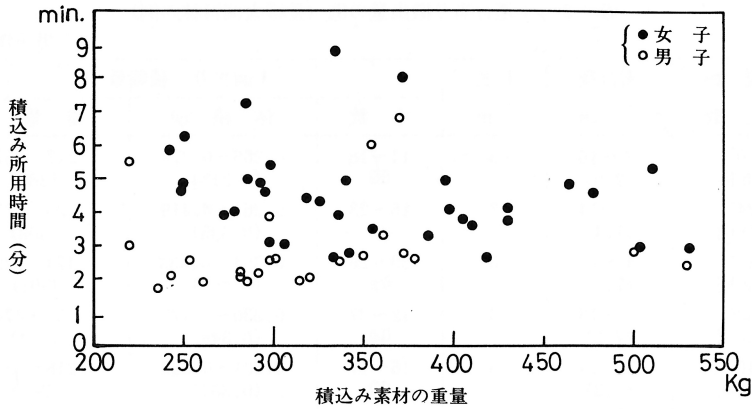


図-8 積み重量と時間
Fig. 8 The weight of the loaded log and the time in one loading

か、材積なのか、両者の影響度合については、今後の検討にまたなければならぬ。供試素材は、一定量の間伐材を反復使用しているから、毎回搬出される材の径級分布はほぼ一様な値に近いのだが、重量は長雨の影響もあって著しく変動があった。それゆえ、比較的取り上げやすい因子として、現場の山腹傾斜だけを考え、積み時間の変動を図-9に示してみた。もちろん、各回の積み量が同一でないから、単純に比較できないが、積み量の例については、表-2により次項で述べる。

男子作業者の場合は、傾斜による積み時間の変化は少ないが、女子作業者の場合は、男子に比べかなり変動が認められ、傾斜に影響される場合が多いことがうかがえる。この結果によって、女子作業の工程を示した図-6における曲線の傾向が、凸部が傾斜の急な現場であったことから、女子作業における当然性として裏付けられた。男女とも著しく時間がかっている例は、吊り金具がはずれたり、向きを変えるための掛け変え等によるものであるが、女子の場合は、傾斜やレール高の影響が比較的現れやすいようである。男子の場合でも、急傾斜地での作業量が増せば、疲労のため次第に所要時間も増加に向かうであろうから、この結果はまた、架設時の路線選定が重要であることを示している。

5. 搬出量

ツリーラックの1運行当り搬出量、すなわち積み量の例を表-2に示す。スギ間伐材であるが、生材、かなり乾燥した材、また本年は降雨が著しく多く、降雨を吸水し著しく重量を増している場合があり、同一材積でも積載重量にはかなり変動があった。積載状況について特に指示しなかったが、一般的積載材積は0.3m³前後で、積載限度に対し余裕がある場合が多かった。積載の限度重量は、上り45°で200kg、上り20°で300kgとなっているが、今回の例では、低速上昇時に626kg積載のとき図-2の曲線部始点附近、レール勾配28°で上昇不能であったが、550~560kg程度まで登坂可能であった。図-5の平均値から、搬出距離270m、トロッコ2輛による1日搬出量を推算すると、積み男子2名、荷卸し女子1名で1サイクル平均12分とし、余裕1分、1日実働7時間の場合、約10~12m²となる。したがって、1回当り積載量を限度に近づけるよう注意し、搬出量を高め、実働時間の余裕を増すよう

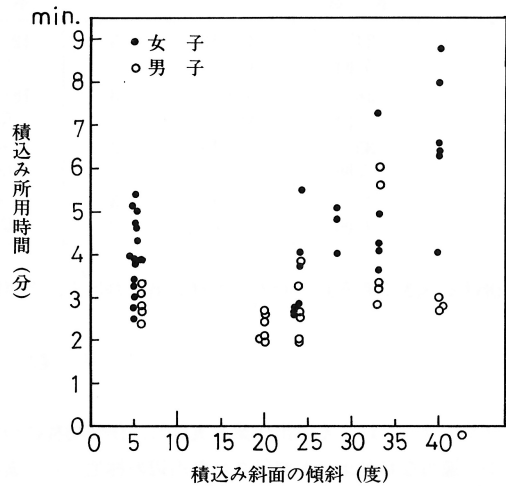


図-9 積み工程と傾斜
Fig. 9 The amount of loading work and the gradient of the hillside slope

表-2 1 運行当り搬出量の例 (愛媛大演習林の例)

男子作業

傾斜回数	末口径 cm	材長 m	1 回当り 積載量		
			本数	体積 m ³	重量 kg
20° 6回	3~16 (7.9)	3	14~18 (16)	0.269~0.374 (0.318)	242~337 (286)
24° 9回	3~14 (7.4)	3	16~23 (19)	0.261~0.419 (0.355)	235~377 (302)
28° 2回	4~13 (7.7)	3	20~26 (23)	0.394~0.533 (0.463)	474~529 (501)
33° 5回	3~18 (7.2)	3	12~27 (18)	0.230~0.477 (0.349)	159~474 (314)
40° 3回	3~14 (7.2)	3	16~17 (17)	0.231~0.369 (0.304)	218~348 (287)

女子作業

傾斜回数	末口径 cm	材長 m	1 回当り 積載量		
			本数	体積 cm ³	重量 kg
24° 7回	4~13 (7.7)	3	12~24 (19)	0.282~0.521 (0.361)	277~535 (432)
28° 4回	3~12 (6.9)	3	18~28 (23)	0.254~0.490 (0.355)	250~482 (349)
33° 5回	3~14 (7.2)	3	16~24 (19)	0.290~0.402 (0.342)	285~467 (387)
40° 6回	3~14 (7.4)	3	18~28 (21)	0.254~0.562 (0.382)	249~552 (376)

心掛けるべきである。今回のスギ材搬出における、2車輦1回の最大積載可能量は、約0.5m³であった。

V む す び

ツリーラックによる搬出作業を実験し、作業工程について得た要点をまとめると次のとおりである。

- (1) 適当な自動車道が整備された周辺の林地から、素材を搬出する施設であるから、密度の高い路網の整備が前提になる。
- (2) 秋から春先にかけての伐出期における、短期間・移動搬出施設として、小規模分散林地に対しても、適用可能である。
- (3) モノラックのように固定的施設として、通年使用を考える場合は、門型支柱を中心に架設するのが無難であろう。もし立木支柱を使う場合は、樹木生長期の見廻りと締め具の掛け換え点検が不可欠である。
- (4) 2車輦で1回に最大0.5m³程度積載可能であり、また下げ荷集材では、運行距離270mで1サイクル当り平均12分程度であるから、かなりの能率が期待できる。
- (5) 男女の初心者でも、作業に対する慣れは早く、特殊の技術者がいなくても、安全作業が可能である。
- (6) 積み込み時間の多少が全工程を左右する主因子であるから、積み込み作業の容易な地点を通過するよう路線選定することが大切である。
- (7) 架設には最低3~4人を要し、機関車、ブレーキ車の必要能力と合わせ、より軽量化が望ましい。
- (8) モノケーブル式その他の小規模搬出施設と同様に、搬出作業全体としては、木寄せ作業の問題があるが、機関車の動力を取り出し使用できる木寄せ機が開発されつゝある。

以上を総合すると、ツリーラックは、林業用搬出施設として簡易で、使いやすい機械であるようだ。

林業以外の人の眼には、この種の搬出施設が林業現場で使用されることは、当然のことと映っている。今後この種の施設の改良発展が望まれるので、我々もさらに作業実験を重ね、適用性について検討してゆきたい。

(1980年8月30日受理)