

ホイールタイプトラクタによる集材作業について

佐々木功・沼田邦彦・高畑史郎・泉谷洋光・川俣信一郎

On the Skidding Operation by the Wheel Type Tractor

Isao SASAKI, Kunihiko NUMATA, Shiro TAKAHATA,
Hiromitsu IZUTANI and Shinichiro KAWAMATA

目 次

要 旨	263	5. 集材作業におけるトラクタの 必要性能	267
1. はじめに	264	6. 集材作業の功程	269
2. 現在の集材作業の形態と考察	264	参考文献	277
3. ホイールタイプトラクタの現況	265	Résumé	277
4. トラクタによる集材作業法	266		

要 旨

林内作業車による集材作業の功程に関し、つぎの点を検討した。

1. 林地勾配、集材距離と索延伸時間の関係から、人力延伸は、荷掛手が斜面を下り索を延伸する上荷の場合、急峻地においても同一直線の傾向をもち集材距離の増加とともに延伸時間は増加する。しかし 16° の緩い下荷の場合、短距離集材では前者と大差ないが、長距離になると延伸時間は前者より短くなり、 24° の下荷になると延伸時間は集材距離とともに急激に増加し、荷掛手の労働負担が非常に大きくなる。エンドレス組延伸は機械動力により索延伸がなされるから、上荷、下荷とも延伸時間に変動はなく、集材距離に対してもあまり変動せず、ほぼ一定値になる。スカイライン索張りの場合はスカイライン上を滑車が自重降下するため、延伸時間は集材距離の増加とともに直線的に緩やかに増加している。

以上の点から延伸形式の集材距離に対する延伸時間の関係は25~35 m以下では人力延伸、それ以上でエンドレス索張り、スカイライン索張り、とくに50 m以上ではエンドレス索張りが有利である。

巻取時間については、人力延伸は他の方式に比して圧倒的に長時間を要している。これは他の方式と異なり、集材木がハイリッド形態で集材できないからである。

2. 作業待ちの関係については、集材距離の短い人力延伸の場合では運転手、荷掛手が土場整理を手伝い、土場作業員との相互の作業待ちは均等化している。このように仕事量の集中している部所である土場作業の一部が分担される。しかし3人組の場合、運転手の作業待ちが更に低下し、土場作業を分担する割合が増加するが、荷掛手は4人組の場合と大差ない。長距離集材のエレドレス索張りでは荷掛手と運転手の作業待ちの比率が非常に大きくなり、各々の作業部所の分化が明確化する。一方スカイライン索張りでは運転手の作業待ちは低下し、作業の進行を規制することにもなる。

3. 集材木の材積が大きいほど、単位時間内により大量の材積を処理できる傾向にある。またその他の要素作業とも関係するから、平均集材積について考慮し、組人員と索張り形式の比較を検討すると、組人員では4人組より3人組の方が、1人当りの単位時間内処理材積は高く、索張り形式ではエンドレス索張りの工期が最も良い結果を得た。

1. はじめに

近年林業労働力その他産業への流出による急激な減少、労働賃金の急騰、強労働からの解放、労働の安全度の要請などのために、森林における作業の機械化が必然的に推進されてきたが、今後ますますその速度が速まるであろう。このことは人口密度の低い北欧、カナダ、米国などの機械化の現状をみれば明白なことである。すなわち油圧式切断機による伐採、油圧式の把み積込機、同集材機、枝払い、皮剥ぎ、定尺玉切と一連の作業をするプロセッサなどによる伐出作業が進められている。

しかし機械化作業は大規模な事業であればあるほど経済的になるので、架線運材方式も大面積皆伐の方向に進展し、その結果として伐採跡地の肥土流亡、土砂流出など好ましくない現象をまねき、土地生産力に依存する林業の基盤をかえって危くしてきた。

そもそも林業は土地産業であるから本質的に地力の恒続的増進をはかり、林分の蓄積を多くし森林のもつ効用を最大限に発揮させ、価値生産を高め、さらに収穫の保続をはかることが理想である。したがって機械化によって、かえって林地の荒廃をきたすことのないよう林業の経営に当っては常に意を注がねばならないことは論ずるまでもあるまい。

しからば、林業の機械化をはかりながら、この理想に進むための方途は如何？それがためには、欧米あるいはわが国において積極的に林業と取り組んでいる林業経営家がすでに進めている林内道路（経営道）の密度の飛躍的な拡大を措いて道はない。これによって集約的な施業を進め「林道の効用は林業の総てに通じる」という堅い理念によって林業を推進せしめねばならないと、彼等は指向している。その結果林道の高密度網を基盤としたきわめて集約的な本格的動力機械化作業による育林伐出の作業が遂行されるものとなる。

それではどのような動力機械が利用されるのか？そのような機械での作業法は？その作業工期は？集材作業経費は？その作業を行なうのに適当な林道密度は？……などの問題がつきからつきと出てくるが、これらの問題を解決するために数年前より機会ある毎に調査を進めてきたが、その一部を取纏めたので報告する次第である。

2. 現在の集材作業の形態と考察

北海道の大部分および本州、九州の一部にみられるような緩やかな地形の地域（大体傾斜20%以下）では装軌式もしくは装輪式のトラクタを用いて集材作業が行なわれているが、その他の地域ではほとんどエンデンとドラムによって構成された集材機によって架線集材作業が行なわれている。

この方法は集材機を、トラックまたは他の輸送設備によって林道または作業道を利用して集材作業地まで輸送し、その道路の近くに設置し、鋼索の架空索ならびに作業索の助けによって集材を行なうのであるが、地形、林道の如何によっては2段、3段にも集材架線を張って集材が行なわれる場合もある。

この形態を機械的な観点からみればエンデンとドラムの働きによるものであり、林道または作

業道を利用しなければならないから、当然自走できる集材機というものが存在すべきである。

この様なタイプの集材機は外国において数種みられるが、このタイプの機械は、比較的重量のあるワイヤーを巻込んだドラムを塔載しなければならないので、比較的強力な動力を備えている必要がある。それ故、トラックまたはトラクタにその動力によって駆動できるドラムを載せた車輛あるいは、そのように製作された車輛が考えられる。このようなものは取りもおさず装輪式のトラクタとみることができよう。

さらに緩やかな地形においてはこの車輛が林内に入って林道まで集材することになるであろう。また傾斜地においては林道から集材することになるであろう。いずれにしても樹木の間を縫って走るか、または狭い(約巾4m)林道上で方向を変えるかなどが必要であるので小廻りのきく構造の車輛でなければならないだろう。

なお慾をいえば、林内を全木または全幹の長い材を引き出すには様々の困難が伴うので、伐倒木を立てたまま保持して走行できるような車輛または装置を備えたものが要求されるであろう。これによって平面上を横になった線でなく、点として伐倒木を移動することができ種々の困難な問題が解決されることになるであろう。

3. ホイールタイプトラクタの現況

外国ではホイールタイプトラクタによる集材作業(主として林内での)が可能な地形の林地が多いために、近年林業用の特殊なホイールタイプトラクタが出現している。

すなわちツリーファーマー(Tree Farmer), ペイロッガー(Pay Logger), テイラー(Tay Lor), ジョンディアー(John Deere), ティンバージャック(Timberjack), レインジャー(Ranger) スキッドキングス(Skid Kings) などインテグラルアーチのついたもの、また、ただ農業用トラクタにダブルウインチを取付けたものが製作使用されている。

国産のもので、このような形態の集材車または、適当なウインチを装備することによって同じような働きができるとみられる農業用トラクタを調べれば可成りの数にのぼるが、そのうち数種のをあげれば、第1表に示すとおりである。

表中農業用トラクタの登坂能力については記載されていないが、普通ホイールタイプのトラクタでも装軌式のハーフトラックにすれば十分30度位まで登坂する能力を与えることが可能であろう。

表-1 ホイールトラクタの諸元
Table 1. Specification of some Wheel-tractors in Japan.

Name	Kubota L-33	Iseki TB-20	Mitsubishi R 210	Komatsu LT-6000	Mitsubishi FT-2	Iwate Fuji T-50	Mitsubishi 2W 400
weight (Kg)	1,391.5 (1715.5)	1,015 (1,322.5)	1,014 (1,267.5)	2,565	3,050	5,700	4,560
length (mm)	2,977	2,945	2,930	3,240	4,260	5,155	3,905
width (mm)	1,639	1,480	1,010	1,725	1,680	2,280	1,690
height (mm)	2,060	1,285	1,810	2,500	2,280	2,470	2,060
wheel base (mm)	1,710	1,560	1,400	2,100	2,030	2,720	2,200
width of track (mm)	1,120 ~ 1,520	900 ~ 1,500	990 ~ 1,390	1,320 ~ 1,820	1,390	1,840	1,380 ~ 1,390

表 1 続き

minimum ground clearance (mm)	415	328	290	360	380	490	380
engine	Kubota D1700 DE	Iseki KD2000 DE	Mitsubishi AD100 DE	Isuzu DA220 DE	Mitsubishi 40Q11 DE	Hino DM100 DE	Mitsubishi 40Q11 DE
nominated horse power (ps)	33	20	20	60/2000rpm	60/4200rpm (38/2500)	63	60/4200rpm (38/2500)
speed change	6(For.) 1(Back)	6 2	6 2	5 1	4 1	4 1	8 2
speed (km/h) high low	19.65 1.35	13.39 1.25	14.04 1.15	25.4 3.0	44.0 4.0	27.0 2.2	70.0 0.83
driving system	rear wheel	rear wheel	rear wheel	rear wheel	all wheel	all wheel	all wheel
maximum drawbar pull (kg)	1205	771.0	727.5				
minimum radius of curvature (m)	2.62	2.30	2.0	3.4	3.3	4.7	5.2
ability to climb up					35°	35°	35°
tractive force of winch (kg)					3,500	6,500	3,500

4. トラクタによる集材作業法

トラクタが林地内を自由に縦横に走行できるような緩傾斜地においては、チョーカーまたは鉤つき鎖を木材の一端に緊結し、それをトラクタの後部にあるけん引桿、またはウインチロープに繋いで、林道まで引き出す方法——地曳き集材法——があるが、この方法は木材の前端が土に喰い込み、けん引抵抗を増し、かつ木材を損傷することがあるので、鉄玉櫓 (Skidding pan) の鉄板上に木材の先端をのせて引き出す方法——パン集材法——、さらに鉄玉櫓よりもよりけん引抵抗を少なくするために三角形または半円形のアーチ状のフレームをもった無限軌道あるいは大形のタイヤを履いた車で木材の一端を吊り上げてけん引する方法——サルキー集材法——などが採られる。なお地曳き集材法は急傾斜地でも林道上でトラクタを停止させて、後部ウインチのロープを利用して行なうことができる。

さらにトラクタのけん引力を増す一法としてトラクタの重量を大きくすることが考えられるので、木材の重量の一部をトラクタに載せて曳行する——半載荷式集材法——ことも行なわれる。

すなわち以上の集材作業法は、伐倒木の近くでトラクタが停止し、後部にあるウインチのロープを荷掛手が引き出し、搬出しようとする伐倒木に巻き付け、そのロープをウインチドラムに巻き込んで材をトラクタの処まで引き寄せ、林道端に設けられた土場まで地曳きして運搬し、材が全木または全幹の場合はそこで造材し、巻き立てする作業で、作業員の構成は通常荷掛作業をする者1名、トラクタ運転手1名、および土場で枝払い玉切り、造材する作業員1～2名である。

この方法は間伐材の搬出に適し、列状に間伐する場合に特に能率が発揮される。さらに小面積

皆伐においてもトラクタが自由に林内に立ち入れるような林地での皆伐、または急斜地でも林道または作業道附近の伐倒木の搬出には適している。しかしトラクタが自由に立ち入れないような傾斜地においては、林道または作業道からロープを引き出して作業を行なわなければならないので、伐倒木の位置がトラクタから離れる程ロープの引き出し距離が長くなり、荷掛手は伐根枝条の散在する不整地をロープを引き出す歩行時間も長く、また急傾斜面を上下左右に歩行するための疲れも激しくなる。さらに集材サイクルタイムも急激に長くなるので作業能率の低下も甚だしく、加えて木材の擦過による損傷、折損も大きくなるものと察せられる。

そこで、林地が急峻である特性を利用して、トラクタの後部に装備された2個のウインチを集材機のドラムと同様な機能をもたせて、種々の架空線集材索張り——ハイリード式、(エンドレス式) ウィッセン式、タイラー式、ホーリング式など——による集材作業を行なうことができる。

すなわち、ハイリード式(エンドレス式)は、それぞれ別々に巻き取りや逆転が可能な2個のドラムをトラクタの後部に取り付け、そのドラムに巻かれたロープを滑車を介してエンドレスに継ぎ、ドラムを交互に回転させることによって材を集材する方法である。このような索張りの場合は一方のロープが引き寄せ索となり、他のロープが引き戻し索となる。この作業法では滑車を順次場所換えることによって伐採地全域の集材が可能であり、また緩傾斜地にも利用でき、下げ荷集材の場合に、とくに荷掛作業員の疲労は軽減され、集材距離の多少の変化による集材サイクルタイムへの影響はほとんどないので効果的である。さらに間伐材や択伐された材が予め定められた集材線上に部分的に木寄せされている場合には利用できる方法でもある。この作業方式での作業人員構成は前述の地曳き集材作業と同じでよい。

ウィッセン式は、集材作業地の地形が比較的急な場合(搬器が自重で降下できる傾斜約10度以上)には、トラクタの一方のウインチロープを架空索、他方を引き寄せ索として用いる集材法である。すなわち架空索として用いるロープの一端を搬器が自重で降下しう範囲の伐採区界近くの先柱となる伐根または立木に固定し、架空索上の搬器の滑車を通して他方のロープを下降させ、その先端に荷縛りしてロープを巻き取り集材する。材の一端が吊り上げられ、他端は林地を曳きづりながら集材されるため比較的けん引抵抗が少なく林道端まで材を引き寄せることができる。もし土場が近い場合には、引き寄せ索側のドラムの回転を止め、他方架空索側のドラムのブレーキを施めてトラクタが土場まで道路上を走行すれば、材を土場まで曳行することができる。荷外し後は架空索側のドラムを回転させてロープを巻き取りながら所定の地点まで後退し再び集材を始めることができる。この方法で作業を行なえば荷掛け作業員の身体の疲れは少なくなり、ロープの繰出しも搬器の自重によって行なえるので能率的である。作業人員の構成もハイリード作業の場合と同様でよい。

その他の索張り方式、(タイラー式、ホーリング式など)による集材作業法は普通の架線集材作業と特に異なる処はないのでここで述べる必要はないであろう。

5. 集材作業におけるトラクタの必要性能

トラクタによる集材作業の能力は単位時間当りのけん引量、換言すればトラクタのけん引量と走行速度または引き寄せ索の速度との相関で示めされる。したがってこれに関係するトラクタの諸性能にはトラクタ重量、エンジン出力、走行速度、けん引出力、登坂力、最小回転半径、最低地上高などがあるが、集材作業においてはウインチによる木材の巻込み量とその巻込み速度、ならびにトラクタのけん引力とけん引速度とが大きな要素となる。すなわちトラクタの粘着けん引力とウインチの巻込力が重点性能と考えて差支えない。

まず粘着けん引力は実際の路面条件によって決まる最大けん引力であって、エンジン出力がどれほど大きくても、車輪が路面上でスリップすれば空転して物を引く力はえられないし、路面との間の粘着力が大きければエンジンによるけん引力も満度に利用できる。すなわち、トラクタの粘着けん引力はトラクタとそれが走行する地面との間の粘着力によって制約を受け、トラクタの駆動輪にかかる重量を W_D 、トラクタと路面との間の粘着係数を f とすれば、水平面でのトラクタの粘着けん引力 T は次式で示めされる。

$$T = f \cdot W_D$$

この式より判るように粘着係数が大きいほど、またトラクタの重量が大きいほどトラクタの粘着けん引力は大きくなるのである。粘着係数は第2表に示すように普通道路上では大体 0.2~0.6

表-2 トラクタの粘着係数
Table 2. Coefficient of adhesion of Tractor.

ground condition		crawler tractor	wheel tractor
concrete	dry	0.45	0.88
clay	dry	0.58	0.55
	wet	0.46	0.45
sandy clay	dry	0.56	0.35
	wet	0.42	0.20
black humus soil	dry	0.56	0.35
	wet	0.29	0.15
sandy humus soil	dry	0.53	0.35
	wet	0.27	0.17
sand	dry	0.29	0.20
	wet	0.32	0.35
slippery rock	dry	0.20	0.50
	wet	0.15	0.20
gravel		—	0.36
hard settled snow		—	0.20
ice		0.12	0.12

の範囲にあり、ある特定の土質の道では粘着係数は一定であるから駆動輪荷重が大きいほど粘着けん引力が大きくなり、一回のけん引量を大きくすることができると、けん引量の一部をトラクタに載荷させ駆動輪荷重を増加させるような手段、例えばインテグラルアーチを車体に取り付けるなどが採られ、これを半載荷式と呼んでいる。また、トラクタの全荷重を利用した方が得策であるため

全輪駆動方式が採用される。さらにホイールにチェーンを巻くか、ハーフトラック形式にするなどの方法によって粘着係数の増加をはかることもある。

つぎにトラクタの後部に装備されたウインチで材を引き寄せる場合ウインチに必要な引張力は大きいほどよいと考えられるが、トラクタの出力に関係し、トラクタの最大けん引量に見合う木材が一度に引き寄せられるのが最も好ましい。すなわちトラクタの粘着けん引力とウインチの巻込力とのバランスがとれている必要がある。ときには、地形条件により引き寄せ材の抵抗が大きくなり、トラクタが逆に引張られたり、トラクタの前端が浮き揚がったりする場合があります、運転者に危険な感じをいだかせるような状態がある。これを予防するために後部にアウトリガーなどの支え棒を取り付けることもある。

いまトラクタの最大粘着けん引量を W 、けん引材と地面との間の摺動抵抗係数を f_w とすれば、水平な処においてウインチの必要引張力 T_w は一般に次式で示される。

$$T_w \geq f_w \cdot W$$

この式は水平面での力の関係であるから、地形勾配、インテグラルアーチの位置などによって変形しなければならない。式中の摺動抵抗係数 f_w は材が皮付きか否か、枝葉の有無、材の吊り方、林地表面の条件、土質、乾湿の状態などにより可成りの差異があるが、おおよそ 0.3~0.7*) の範囲にある。

集材作業の能力は上記のけん引力の外に、けん引速度が関係する。その速度すなわちウインチの巻込速度、トラクタのけん引速度はトラクタのエンジン出力が定まっていれば一般につきの式が成立する。

$$v=75\eta N/F$$

ここに N はエンジンの出力、 F はウインチの巻込力またはトラクタのけん引力、 v はウインチの巻込速度またはけん引速度、 η はトラクタの機械効率。

この式より明らかなようにエンジンの出力が一定であればけん引力、巻込力とそれぞれの速度との間には逆の相関があるから、作業地の条件によって工期の最大を目標とする場合、けん引量かけん引速度かいづれに主眼をおく方が適切であるか否か経験、技術を基として判断しなければならない。

その他森林で使用するためには車輛の回転半径、デフロック装置、低圧高輪形式、強い登坂力、簡単な排土装置などの諸性能が要求される。

6. 集材作業の工期

林内作業車による集材作業の工期を取り上げる前に、その伐採方式、索延伸形式、集材状態につき、その概略を説明する。

伐採方式は皆伐、列状皆伐、淘汰間伐の3種類に大略的に分類できる。皆伐方式は面積的に如何なる範囲までが皆伐であるのかその定義は確定的ではない。全山皆伐に至るものから2ha以下の小面積皆伐などその範囲は不定である。そこで、森林の伐採が面積的な広がりをもって行なわれるか（面状伐採）、列状に1列～3列などの形態で伐採され、残存立木の関係から線状の集材を余儀なくされるか（線状伐採）、劣勢木を選択的に伐採し、伐採により形成される空間が点状に分散しているか（点状伐採）という林内作業車による集材作業の観点から3種類に分類できる。

索延伸の形式は荷掛手が自力で索を曳出すもの（人力延伸）、作業車に装備された2個のウインチのドラムに巻かれた索の一端に滑車を取付け、他方の索は滑車を介してエンドレス形式で索を曳出すもの（エンドレス索張り）、2本の索の一方を伐根あるいは立木に固定し、架空索とし、他方の索は架空索上の滑車を通して降下するウイツセン形式で索を曳出すもの（スカイライン索張り）の3種類に分ける。

集材される全木材の吊り下げ状態により、吊り下げ部分が地面に接するもの（地曳集材）、吊り下げ部分が宙吊りになっているもの（ハイリード集材）の2種類に分ける。林内作業車による集材では完全な宙吊り状態は存在しなかったもので、省略する。

以上を整理すると

伐採方式

- 1) 面状伐採 2) 線状伐採 3) 点状伐採

索延伸形式

- イ) 人力延伸 ロ) エンドレス索張り延伸 ハ) スカイライン索張り延伸

集材状態

- A) 地曳集材 B) ハイリード集材

林内作業車による集材作業の工期については次の点を取り上げて考えることにする。

1. 索の延伸形式に関する作業

- 1) 索の延伸形式に対する林地勾配と集材距離に関する延伸時間の関係

- 2) 索の延伸形式により発生すると考えられる作業待ちの関係
 - 3) 索の延伸形式による作業上の障害
2. 組人員に対する労働生産性の関係

索の延伸形式の違いによる集材作業は地形的に種々の制限を受ける。また索延伸距離に対する有利な延伸形式が考えられる。そして、各作業員間の実作業に従事する場合、各作業部所に対する作業の専門化の程度、作業上の障害など各延伸形式により変化するであろう。このような点を含め、林地の地形、林地勾配、集材距離の関係から林内作業車による組作業の労働生産性を索延伸形式について考察する。

1. 索の延伸形式に関する作業

索の延伸形式に対する作業上の問題点について説明する。

人力延伸の場合

下荷集材の場合、荷掛手が林内作業車のドラムから索を延伸する際に、延伸した索の重量および索の地面接触抵抗の負荷の上に、さらに登り勾配の林地を作業員自体が移動することになるから、急峻地の林地においては、人力延伸は不可能でないとしても、荷掛手にかかる負担および作業能率の面から、現実の作業対象となりえない。他方、上荷集材においては索の巻取りの際に、登り勾配の林地を移動することになり、林地勾配と索の延伸距離とは荷掛手に与える負担面で大きな規制要因になると考えられる。林内作業車の位置関係については、林内作業車は延伸位置から土場造材処理地点間の作業道上を自由に走行できるため、林内作業車により集材木を土場まで牽引し、そこで土場整理の枝条処理あるいは玉切された材の巻立てを行なうことができる。

エンドレス索張りの場合

一般的に如何なる地形に対してもエンドレス索張りで作業が行なえる点では汎用性に富む。しかし、人力延伸の如く即座に延伸・巻取りの集材作業を行なえず、エンドレス索張り用の架設が必要であり、またエンドレス索張りのため、林内作業車は固定的状態に置かれ、固定した集材機としての役割を果たすことになる。比較的長い距離になれば、索の機械送りににより、荷掛手を無駄な索延伸のための林内歩行移動要素から解放し、荷掛作業のみに専業させ、労働負担の軽減を果し、エンドレス索張りの持ち味が発揮できる。このエンドレス索張りには一応の制限が存在するであろう。それはエンドレス索張りの索が林地に接触せず、宙吊りの状態が確保されるところが望ましいからである。またこの架設は土場上に渡るように行なわれ、集材木が直接土場処理地点に曳き込まれるようになされる必要がある。林道土場という観点からすれば、土場作業が十分行なえる林道上へ集材できるように架設する必要がある。伐倒木の集材はエンドレス索張りで固定された索の近辺にあるものが集材され、索下の材の集材が完了すれば、ガイドブロックを適宜つけ換えて索張りが移動される。エンドレス索張りの場合の索の延伸は下荷集材の際に、集材木の転落を避け、安全に集材を行ない、集材木や林道に損傷を与えない長所がある。

スカイライン索張りの場合

スカイラインに掛けた作業索が自重降下するものであるから、地形による制限を強く受ける。まず第1に上荷集材に限られる点であり、地形的には作業索が弛緩しても索が林地に接しない凹状の地形であり、スカイラインの支点間の勾配が 10° 以上取れるところに限定される。またその条件が満たされる範囲内の林道上においては、索の延伸・巻取を自由にできる。林内作業車は索延伸地点と土場作業地点間で集材木の牽引ができるが、その都度スカイラインの弛緩と緊張が必要であり、土場における枝条処理や処理材の巻き立てはできず、半固定集材機としての役割を果たすことになる。

1) 索の延伸形式に対する林地勾配と集材距離に関する延伸時間の関係

イ) 面状伐採について、人力延伸の場合(上荷, 林地平均勾配 40°), エンドレス索張りの場合(下荷, 37°), スカイライン索張りの場合(上荷, 40°)についての延伸時間と水平集材距離との関係を検討してみる。(図1参照)

人力延伸は水平集材距離で約 35 m 以下しか行なわれていない。これは荷掛手が索を延伸する途中で体調を調整することができず、一気に荷掛地点まで移動するため、索延伸距離の増加につれ、荷掛手にかかる負担は急速に増加していくものと考えられる。人力延伸の時間は距離の増加とともに直線的に急激に増加している。この傾向はさらに水平集材距離が増加しても同様であると推定される。(図3参照)

エンドレス索張りの場合の延伸は水平集材

距離で約 25 m 地点以上の距離から行なわれている。索の延伸時間は距離にあまり関係せず、ほぼ一定になるものと推定される。(図6参照) これは長距離集材になるとウインチの索送り速度を高速度に切換えることにより延伸時間に大きな変動を与えないものと考えられる。エンドレス索張りの場合の延伸は機械動力でなされることにより、上荷、下荷による変動は大差ないものと推定される。(図6参照) エンドレス索張りの場合の延伸は索が林地表面に接している場合、索の延伸・巻取りの際に索の緊張がなされるため、一層索が林地に食い込み、エンドレス索張りになっている滑車が地面にめり込み、索延伸・巻取り時間に大きなバラツキを生じる原因となる。

スカイライン索張りの場合の延伸は水平集材距離で約 20 m 以上の距離で行なわれている。索の延伸時間は距離の増加につれ、人力延伸の場合ほど急激ではないが、増加傾向にある。これはエンドレス索張りの場合の如く機械動力の助けなく、自重によるスカイライン上の自重降下であるから当然のことである。

以上3種類の延伸形式に対し、3者が重なり合っている領域は水平集材距離で 25~35 m の範囲である。集材距離に対する延伸時間の有利性は 25~35 m 以内では人力延伸、25~35 m 以上でエンドレス索張りまたはスカイライン索張りによる延伸にあるとみられるが、さらにスカイライン索張り延伸の場合の傾向から察して 50 m 以上ではエンドレス索張りによる方が有利と考えられる。この点についてはスカイラインの支点間勾配により、その有意性は変動すると思われるが、ここではスカイラインの支点間勾配 18° の場合についての比較検討である。

ロ) 人力延伸について、上荷、下荷つまり、荷掛手が斜面を下る場合と登る場合について、林地勾配と水平集材距離の関係を考察してみる。(図2, 3, 4)

荷掛手が斜面を下る場合、面状伐採地 40° と点状伐採地 35° をみるとほぼ同一直線の傾きをもって集材距離の増加とともに延伸時間は増加している。荷掛手が自個の体重を掛けて索を延伸していくわけであるから、上荷の索延伸は同様の比例傾向にあるものと考えられる。上荷は材の巻取時に作業員が斜面を登らねばならないから、勾配の関係は巻取に対し大きく影響してくる。(図2の人力延伸時の巻取参照) 16° の下荷、 35° の上荷の関係をみると短距離的には相違はみられないが、長距離になると勾配の緩い 16° の登り勾配の方が、 35° の急峻地を下る場合よりも延伸時間

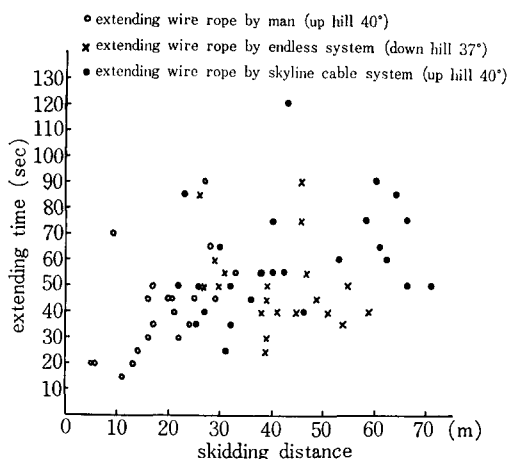


Fig. 1. The relation between skidding distance and extending time of hauling line in clear cutting area

は短くなっていく。また 24° の下荷をみると延伸時間は集材距離とともに急激に増加しており、下荷の場合、勾配が増加すると長い距離の集材では荷掛手の負担が非常に大きくなり問題がある。

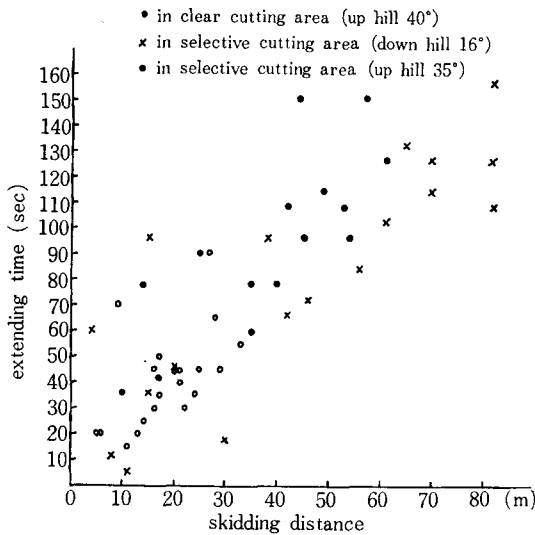


Fig. 2. The relation skidding distance and extending time of hauling line by man

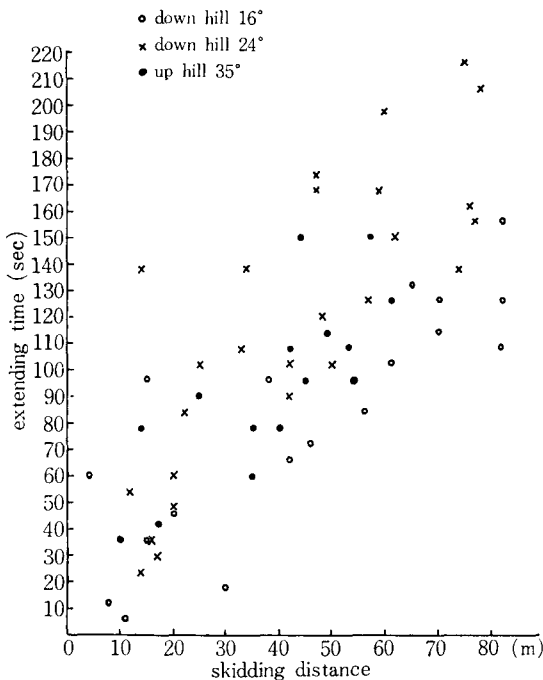


Fig. 3. The relation skidding distance and extending time of hauling line by man in selective cutting area

ハ) エンドレス索張りの場合の延伸について、面状伐採（下荷、 37° ）と（上荷、 25° ）は傾向として同一範囲内に分散しており、勾配に無関係であると推定される。（図 4 参照）延伸時間は水平集材距離 30～75 m に渡って 30～60 秒の範囲内に分散している。このことから人力延伸、スカイライン索張りの場合の延伸と比較すると、人力延伸の場合、集材距離 35 m 以上になると林地勾配と上荷、下荷に関係なく延伸時間は 60 秒以上となり、スカイライン索張りの場合の延伸には集材距離が 50 m 以上になると延伸時間は 60 秒以上に達するものが圧倒的に多くなる。なお、エンドレス索張りの場合の延伸は点状伐採（下荷、 16° ）をみればわかるように、架設が悪いと非常に時間を要することになる。これは林地表面にほぼ全面に渡ってエンドレス索が強く接し、エンドレス部の接合点に用いた滑車ご林地に食い込み索の走行が思わしくなかった場合のものである。

ニ) 集材距離に関係する索巻取に対し、人力延伸の場合の巻取、エンドレス索張りの場合の巻取、スカイライン索張りの場合の巻取について分析してみる。（図 5 参照）

人力延伸の場合の巻取が圧倒的に長時間を要している。これはエンドレス索張り、スカイライン索張りの場合には索の緊張により吊り下げられた集材木の鼻が宙吊りとなり、ハイリッド集材の形態をなすから、集材木と林地表面との抵抗が少なくなり、さらに集材木と林地の障害物とのトラブルを避けることができるからである。

点状伐採における索巻取についてみる。（図 6 参照）

索巻取時間は集材距離の増加とともに

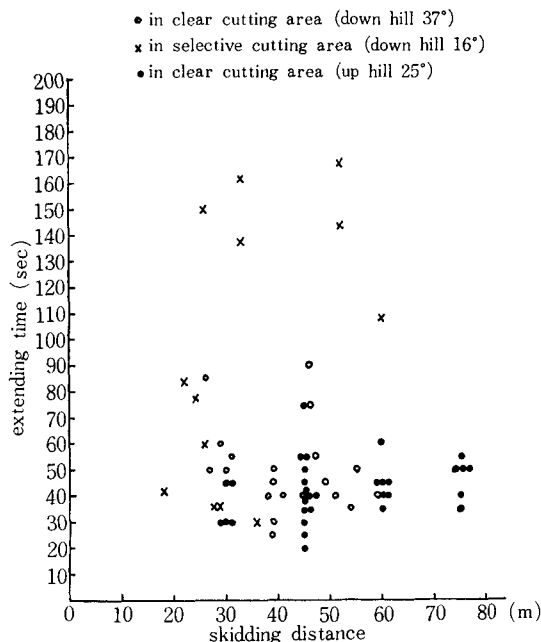


Fig. 4. The relation between skidding distance and extending time of hauling line by endless system

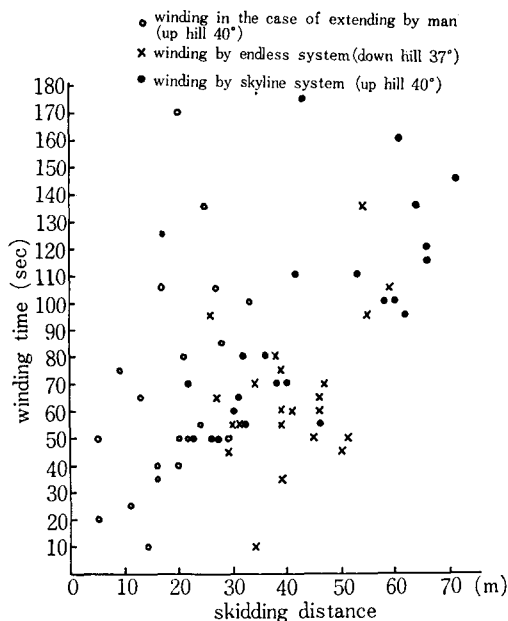


Fig. 5. The relation between skidding distance and winding time of hauling line in clear cutting area

比例的に増加しているが、その分散度は集材距離の増加につれて大きくなっている。この点状伐採においては残存立木と集材木との擦傷や衝突を防止するため、荷掛手が集材木の誘導を行なっている。従って、索巻取時間は立木の位置関係や集材木の経路により、集材木との擦傷の頻度に変動し、集材距離が長くなれば、それだけ擦傷の機会も増加し、分散の割合が大きくなるものと考えられる。この点状伐採では集材はすべて地曳形態でなされ、集材木の抵抗ばかりでなく、集材木と地面との突き刺さりや立木の間に挟まるなどのトラブルがあり、索巻取時間は面状伐採地におけるエンドレス索張りおよびスカイライン索張りの1.5～4倍の時間を要している。

点状伐採における上荷の場合、荷掛手が集材木の誘導のため、索速度に合わせて、集材木と共に林内と移動する場合には巻取時間が長びき、それを断念した場合には短くなっている。このことは索速度に合わせて急峻地を登る動きをすることは不可能であることを表わしている。

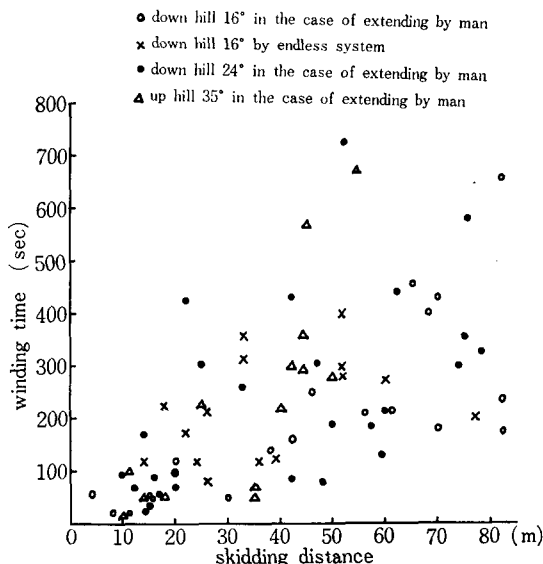


Fig. 6. The relation between skidding distance and winding time of hauling line in selection cutting area

2) 索の延伸形式により発生すると考えられる作業待ちの関係

組員3人組と4人組に対する平均集材サイクル当りの作業待ち時間について取扱う。

(表3参照)

表-3 組員3人組と4人組に対する平均集材サイクル当りの作業待ち時間

Table 3. Waiting time per mean skidding cycle time concerning three member team and four member team.

in clear cutting area

	extending by man (up hill, 40°)				extending by endless system (down hill, 37°)				extending by sky line system (up hill, 40°)			
	sec.	%	sec.	%	sec.	%	sec.	%	sec.	%	sec.	%
3 member team												
operator	59.2	17.5	70.0	18.6	190.0	60.2	120.5	49.0	85.8	22.0	140.6	28.3
chokerman	103.3	30.6	110.0	29.3	193.6	61.4	195.5	79.5	276.7	71.4	358.8	72.2
worker A on the landing	46.0	13.7	53.0	14.9	40.0	14.3	38.1	16.1	102.0	25.1	138.8	29.1
4 member team												
operator	112.5	32.4							98.3	26.3	101.3	26.7
chokerman	114.5	29.9							255.0	68.0	299.4	79.1
worker A on the landing	86.3	22.9							186.7	41.2	176.3	46.6
worker B on the landing	100.0	27.6							125.0	27.6	187.5	49.6

in selective cutting area

	extending by man (down hill, 16°)		extending by endless system (down hill, 16°)		extending by man (down hill, 24°)		extending by man (up hill, 35°)	
	min.	%	min.	%	min.	%	min.	%
3 member team								
operator	0.35	3.3	3.00	21.2	1.39	11.8	1.14	7.3
two chokermen	3.58	16.4	2.83	9.7	3.07	13.2	6.67	20.2

(the values of symbol % represent the ratio that waiting time occupies in mean skidding cycle time)

面状伐採の場合

人力延伸の4人組では作業待ち時間は運転手の方が荷掛手より少し上まわっている。両者は約30%の作業待ちであるのに対し、土場作業員はさらに少なくなっているが、3者は比較的均等な作業待ちとなっている。これは集材距離が短いために、集材に要する時間が短かく、運転手、荷掛手は土場作業へ手伝に参加するから、作業待ちが均等化しているのである。このように人力延伸形式の場合、各作業部所の分化が一応成立してはいるが、各メンバーが近接した場所にいることから、仕事量の集中している部所である土場作業の一部を分担することになる。3人組の場合には運転手の作業待ちが18%前後まで低下し、土場作業の一部を分担する割合が大きいものに対し、荷掛手の作業待ちは4人組の場合と同様30%前後であることから、荷掛手が行なう索の延伸と急傾斜林地の登り移動のため、労働負担が激しく、この点を考慮すると、30%前後の作業待ちは待ちではなくて、むしろ、体力回復に要する必要余裕を意味するとも考えられる。一方土場作業員は3人組になると一層仕事の集中が生じ、その作業待ちは15%以下まで低下している。

エンドレス索張りの場合の延伸では荷掛手と運転手の作業待ちが非常に大きい割合を占めるようになり、特に荷掛手はその傾向が顕著である。これは作業部所の分化の表われである。荷掛手は、エンドレス索張りによる長い距離の集材のため、索の延伸・巻取は機械的に行なわれ、そのための林内歩行移動から解放されることになり、林内での作業待ちが急増したことになる。一方

運転手は、エンドレス索張りの特長として林内作業車が固定した集材機の役割を演じることから、土場作業を手伝う度合いは減少する結果になったことを示している。それ故に、土場作業員の仕事の進行が集材時間を規制することになり、土場は仕事に追われがちであり、作業待ちは15%前後の低い割合となる。

スカイライン索張りの場合の延伸では荷掛手はエンドレス索張りの場合の延伸と同様に作業待ちの割合は非常に高く、荷掛作業が完全に分化していることを示している。一方運転手の方は待ちの割合が25%前後であることは集材木を土場まで牽引し、スカイライン索とホールバックラインの操作では時間を要するからである。この形式は長距離集材に応用されるため、集材時間が長びき、4人組作業では運転手が仕事の進行を規制することにもなる。それ故に運転手の作業待ちも土場作業員に関係せず、ほぼ一定しているものと考えられる。従って、土場作業員は人数分だけ作業待ちが増加することになる。

点状伐採の場合、運転手、荷掛手ともに作業待ちが少なくなっている。これは集材による残存立木の損傷を防止するために精力を費いやしたこと、さらには点状伐採の作業過程の中では土場作業員がなく、運転手が林内作業車へブレードで集材木の巻き立てをし、その間林内作業員が林内の伐倒木に荷掛け用のロープを巻きつける作業が平行していたことによる。エンドレス索張りの場合の延伸では、運転手は固定した集材機と化した林内作業車に規制されるため、それだけ待ちの割合が増加している。他方、人力延伸35°上荷の場合、荷掛手が急峻地の林内を移動しえずに集材木の誘導を断念した結果、作業待ちが20%になっているのであり、これは疲労回復の待ちであると同時に、作業の実行が無理なことを意味していると考えられる。

以上から、作業待ちという観点からみてきたが、重量物の取扱いという危険性をともなう索延伸・巻取りを担う運転手と荷掛手が独立の作業部所に分化することにより、労働負担の軽減と環境に対する判断が洗練され、各作業部所の責任において障害や故障を防止する措置を予測し、前もって対処することになるであろう。その場合問題となるのは土場作業への仕事量の集中である。土場要員を人数的に増加し、作業分担の均一化を図ることは労働生産性の面から問題があり、近年の労働事情からも困難である。この点の有効な作業方法、作業任組を今後検討しなければならぬ。

3) 索の延伸形式に対する作業上の障害

作業上の障害は主に索巻取の際に発生する。それ故、障害に対する処理は荷掛手の仕事となり、場合によっては運転手も援助するが、いずれにしても両者は障害により直接的に影響を受けることになる。このように林内における支障は各作業部所に平常作業以外の作業の必要を生じさせる。一般的には土場作業員は林内に関する作業とは直接的な関係にないから、土場作業が継続されることになる。そこで、直接支障に対処する荷掛手の時間的割合について考察してみよう。

(表4参照)

表-4 荷掛手の索巻取時に障害に対処する時間

Table 4. The time that the chokerman copes with accidents which happen while winding hauling line. in clear cutting area

	extending by man (up hill, 40°)				extending by endless system (down hill, 37°)				extending by sky line system (up hill, 40°)			
	4 member team		3 member team		4 member team		3 member team		4 member team		3 member team	
	sec.	%	sec.	%	sec.	%	sec.	%	sec.	%	sec.	%
chokerman	115.0	30.0	55.0	16.3	—	—	23.6	7.4	55.0	14.7	3.0	0.9
	—	—	43.0	11.4	—	—	3.0	1.2	10.6	2.7	72.5	14.6

支障に対処する時間的割合は人力索延伸の場合が最も多く、集材時にハイリード形態の集材が不可能であり、林内の障害を直接的に受ける地曳集材にならざるをえないことが大きな原因であろう。スカイライン索張りの場合の延伸の障害処理時間の割合はエンドレス索張りの場合の延伸より相対的に大きくなっている。そこで個々の障害事例についてみると、すべての索延伸形式に対して共通に発生しているものは集材木が長く、重量が大きいため、巾員の狭い林道上へ曳き上げる際に起きる障害である。これは林地が急峻であるから林道上へ曳き上げる際に集材木の穂の方に荷掛けされたものは自重で最大傾斜線の方へ向き、横すべりをして曳き上げることができなくなるからである。地曳集材に特長的な障害はハイリード形態にならず、林地を這うように集材なされるため、林内の伐根や伐倒木、林地の起伏の激しい所で索の絡り、穂先の折れ、林地への突き刺さりなどである。スカイライン索張り形式の場合に特長的な障害は、重量の重い元口集材を行なうことによりハイリード形態が維持できず地曳集材の欠陥をそのまま受けること、また2本の索を近接して使用することにより、索がよじれて走行不能となったり、滑車が索にからまることである。

このような障害が発生しないような作業環境を整えることにより、作業の流れを円滑にすることができる。

2. 組人員に対する労働生産性の関係

面状伐採について組人員に対する集材処理材積を索の延伸形式別にみることにする。人力延伸の3人組作業についてみると、平均集材材積が 0.469 m^3 の場合より、 0.620 m^3 の場合の方が実働6.5時間における集材処理材積に関しては高い。このことは材積処理量と処理時間の関係において、集材処理木の材積が大きいほど、単位時間内に、より大量の材積を処理できることを表わしている。この傾向はスカイライン索張りの場合の延伸3人組についても平均集材材積 0.237 m^3 の場合より 0.7480 m^3 の場合の方が、4人組についても 0.236 m^3 の場合より、 0.331 m^3 の場合の方が単位時間内に比較的大量の材積を処理している。すでに作業上の障害という項で述べたように集材木の材積が大きくなると、集材木の長さが長くなり、重量も重くなってくるからそれによるトラブルが発生してくる点については技術的な方策を考慮する必要がある。また平均集材材積量に関する待ち時間の発生についてみると、材積量の大きいものの方がより多くの待ち時間を生じている。(表5参照)

表-5 平均集材材積量に関する作業待ち時間の比率

Table 5. The ratio of waiting time per mean skidding cycle time concerning mean volume of skidded trees.

	extending by man		extending by skyline			
	3 member team		3 member team		4 member team	
mean volume (m^3)	0.469	0.620	0.237	0.748	0.236	0.331
operator	17.5	18.6	22.0	28.3	26.2	26.7
chokerman	30.6	29.3	71.4	72.2	68.0	79.1
worker A						
on the landing	13.7	14.9	25.1	29.1	41.2	46.6
worker B						
on the landing					27.6	49.6

表より判るように運転手と荷掛手の待ち時間の比率には、平均集材材積の影響はみられないが、土場作業員に対してその影響がみられる。このことは集材木の材積が大きくなるほど、土場作業員に多くの余裕時間を与えているものと考えられる。このように平均集材材積が集材処理時間に

種々の影響を与えているため、組人員に対する比較をする場合にこの点を考慮する必要がある。

人力索延伸について、3人組の平均集材材積 0.469 m^3 と4人組の平均集材材積 0.488 m^3 に関する実力6.5時間における1人当りの集材処理材積の推定値をみると、3人組は 10.839 m^3 、4人組は 8.222 m^3 であり、3人組の場合の方が処理材積は多くなっている。作業待ちの項です

で述べたように3人組の場合には土場に仕事量が集中し、各作業員が土場で仕事をする場合は3人組の場合に急激に増加することがわかる。(表6参照)

スカイライン索張りの場合の延伸について3人組の平均集材材積 0.237 m^3 と4人組の平均集材材積 0.236 m^3 に関する実働6.5時間における1人当りの集材処理材積の推定値をみると、3人組は 4.771 m^3 、4人組は 3.682 m^3 である。これは人力索延伸の場合と同様に3人組の方が処理材積は多くなっている。機械式の索延伸であるから、人力索延伸の場合と異なり、土場作業へ参加せず、土場作業員がすべての土場作業を処理することになる。

つぎに3人組の各索の延伸形式についてみることにする。

人力索延伸、エンドレス索張り延伸、スカイライン索張り延伸についての平均集材材積が各々 0.620 m^3 、 0.577 m^3 、 0.748 m^3 である場合の実働6.5時間における1人当りの集材処理材積の推定値は 12.862 m^3 、 14.269 m^3 、 11.742 m^3 である。ここで人力索延伸は集材距離の点で最も短く、35m以下であるから、直接的に比較できないし、また集材距離に関する索延伸時間の項ですでに述べたように、水平集材距離が25~35mの場合には他の索延伸方式より能率的であったし、機械式索延伸形式においては長い距離の集材にその利点が明確化することから、人力索延伸に関する功程は比較の対象ではなく、具体的な数値としてみるにとどめる。エンドレス索張りとはスカイライン索張りの比較については集材方式において汎用的で地形に制限されないエンドレス索張りの方が、平均集材材積の点でも少々不利な比較状況にあるにもかかわらず、高い功程を示している。

参 考 文 献

- 1) 諸戸民和：林内作業車と林道網を中心とした機械化作業—林内作業車は日本林業の担い手となるか—，機械化林業，7~10，(1967)
- 2) 諸戸民和：急峻な山岳地における森林施業の問題—日本の私有林における最近の発展—，(第14回IUFRO会議32部会)，(1967)
- 3) 佐々木功・神崎康一・村上正康・山根啓義：トラクター集運材作業について，京大演，報28(1958)
- 4) 佐々木功：三菱林内作業車FT2による全幹集伐作業実績，諸戸民和氏42-4-8森林利用研究会討論会資料抄録，(1967)
- 5) 佐々木功：新しいホイール・タイプについて，森林利用研究会講演，(1968)
- 6) 佐々木功，他共著：林業新技術33選，全国林業普及協会，(1970)
- 7) 佐々木功：集伐作業車による集材作業法とその功程，第81回日林講，(1970)

Résumé

In the first half of this report, we point out the problems that confront the forest industry today, focus forest tractors as one way to solve them, and describe general subjects about forest tractors.

In the latter half, we study the following points as to the performance of skidding operations.

1. The relation between grade of forest land or skidding distance and extending time of wire rope.

We take up about extending time by a chokerman at first. When he takes a wire rope in his hands and go down on a slope; that is skidding up hill, extending time varies directly as skidding distance, even if a steep slope. On the other hand, as regards skidding down on a gentle slope, or 16° , the gradient of the linear reference has the same tendency as the former only in the range of shorter skidding distance and it becomes gentler in the range of longer one. In the case of skidding down on a steeper slope, or 24° , it becomes rapidly large.

Extending of wire rope by endless system is performed by a winch. Therefore, the extending time does not change so much whether skidding up hill or down hill and short or long. It is within a constant space, or 30 to 60 seconds.

Extending by skyline system is performed by gravity, or a block slides gravitationally down on a skyline, whose gradient needs to keep beyond 10° . The extending time varies gradually with skidding distance.

As above-mentioned, the methods of extending by a chokerman below 25~35 meters, by endless and skyline system beyond 25~35 meters, and by endless system beyond 50 meters are the most advantageous.

It takes extremely much time when a wire rope is wound in the case of extending by a chokerman. This matter is ocured by the ground skidding without high lead one.

2. The relation of waiting time that happens between each worker or each extending method.

Since the method of extending by a chokerman is practised in short skidding distance, an operator and a chokerman assist workers on the landing, so each worker's waiting time tends to become equal. Thus, even the former two workers participate in a part of operations that concentrate in one working field, or operations on the landing. In the case of three men's team, the operator's waiting time decreases, but the chokerman's does not change.

The method of extending by endless system is used in long skidding distance, and the waiting time excluding workers on the landing is very long, so each worker's operations specialize definitely.

On the other hand, in the method of extending by skyline system, the operator's waiting time is shorter, so his operations are apt to restrict the working process.

3. The bigger the volume of skidded timber is, the more the workers tend to dispose of it in a unit time, and then, the volume has a great influence on other many elemental operations. Therefore, we need to take it in mind when we compare the performance of working team, the method of extending a wire rope and so forth. We get the result that three men's team can dispose of more volume than four men's team and that the performance as to the method of extending by endless system is best.

表-7 索延伸形式に対する平均集材サイクルの要素作業時間の比率と平均集材量

Table 7. The time ratio of elemental operations and the mean volume of skidded trees per mean skidding cycle concerning each method of extending hauling line

In clear cutting area

extending hauling line by man (3 member team, uphill 40°)

operator	%	12.8	16.0		14.8	4.0	4.2	8.2	17.5	22.5	
		延伸	実取巻		実走前進	空走前進	空巻取	空走後進	待ち	土場整理	
chokerman	%	7.2	4.0	19.0		30.6		1.7	21.2	16.3	
		延伸	荷掛	移動		待ち			土場整理	障碍除去	
巻取合図←											
worker A on the landing	%	4.2	25.4		36.4			13.7		20.3	
		荷外	玉切		土場整理			待ち		測尺	

skidded tree length 19.0~23.2 m volume a skidded tree 0.189~0.555 m³mean disposed volume a skidding cycle 0.469 m³presumed value of disposing volume per 6.5 hours 32.517 m³presumed value of disposing volume per 6.5 hours' man 10.839 m³

extending hauling line by man (4 member team, uphill 40°)

operator	%	14.2	19.8		12.7	1.2	5.7	9.6	32.4		4.4	
		延 伸	実 巻 取		実走前進	空巻取	空走後進		待 ち		土場整理	
空走前進												
chokerman	%	9.0	7.5	19.9		29.9		0.8	0.1	2.8	30.0	
		延 伸	荷 掛	移 動		待 ち				障 碍 除 去		
巻取合図 荷外 土場整理												
worker A on the landing	%	3.4	37.1			28.0			3.2	1.8	22.9	3.6
		荷 外	玉 切			土 場 整 理			枝 払	待 ち		その他
退避移動												
worker B on the landing	%	5.6	16.1	1.6	27.6		49.1					
		荷 外	土場整理		待 ち		測 尺					
退避移動												

skidded tree length 14.2~26.6 m volume a skidded tree 0.210~0.651 m³mean disposed volume a skidding cycle 0.488 m³presumed value of disposing volume per 6.5 hours 32.889 m³presumed value of disposing volume per 6.5 hours' man 8.222 m³

extending hauling line by man (3 member team, uphill 40°)

operator	%	11.7	18.6	12.0	4.0	8.0	18.6	27.1	
		延 伸	実 巻 取	実走前進	空 巻 取	空走後進	待 ち	土 場 整 理	
chokerman	%	10.1	3.7	19.4	29.3	1.9	1.6	0.5	22.1
		延 伸	荷 掛	移 動	待 ち	退避移動	巻 取 合 図	土 場 整 理	障 碍 除 去
worker A on the landing	%	3.4	26.3	39.2	14.9	16.2			
		荷 外	玉 切	土 場 整 理	待 ち	測 尺			

skidded tree length 17.0~26.0 m volume a skidded tree 0.355~0.814 m³

mean disposed volume a skidding cycle 0.620 m³

presumed value of disposing volume per 6.5 hours 38.585 m³

presumed value of disposing volume per 6.5 hours' man 12.862 m³

extending hauling line by endless system (3 member team, down hill 37°)

operator	%	15.3	21.4	60.2	3.1	
		延 伸	巻 取	待 ち	そ の 他	
chokerman	%	4.0	17.4	61.4	3.6	1.4
		荷 掛	移 動	待 ち	退 避	障 碍 除 去
worker A on the landing	%	3.7	41.0	11.7	1.6	14.3
		荷 外	玉 切	土 場 整 理	待 ち	測 尺

skidded tree length 20.0~24.5 m volume a skidded tree 0.388~1.049 m³

mean disposed volume a skidding cycle 0.577 m³

presumed value of disposing volume per 6.5 hours 42.808 m³

presumed value of disposing volume per 6.5 hours' man 14.269 m³

extending hauling line by sky line system (3 member team, uphill 40°)

operator	%	17.5	33.5	6.8	8.1	10.0	2.1	22.0
		延 伸	巻 取	実走前進	空巻取	空走後進		待 ち
						移動		
chokerman	%	4.5	17.4	71.4			1.3	0.9
		荷 掛	移 動	待 ち			退 避	
							延伸・巻取の合図	障害除去
worker A on the landing	%	5.4	19.7	30.2	1.2	25.1		18.4
		荷 外	玉 切	土 場 整 理		待 ち		測 尺
					枝払			

skidded tree length 14.0~20.5 m volume a skidded tree 0.140~0.374 m³

mean disposed volume a skidding cycle 0.237 m³

presumed value of disposing volume per 6.5 hours 14.312 m³

presumed value of disposing volume per 6.5 hours' man 4.771 m³

extending hauling line by sky line system (4 member team, uphill 40°)

operator	%	17.8	28.9	8.0	9.7	7.6	1.8	26.2
		延 伸	巻 取	実走前進	実巻取	実走後進		待 ち
						移動		
chokerman	%	2.7	11.5	68.0			0.4	2.7
		荷 掛	移 動	待 ち			障 碍 除 去	
							延伸停止の合図	退避
worker A on the landing	%	0.7	29.0	23.6		41.2		5.5
			玉 切	土 場 整 理		待 ち		そ の 他
		荷外						
worker B on the landing	%	0.7	30.5	1.1	4.1	27.6		36.0
			土 場 整 理	枝 払	待 ち		測 尺	
		荷外		退避				

skidded tree length 14.0~15.3 volume a skidded tree 0.109~0.225 m³

mean disposed volume a skidding cycle 0.236 m³

presumed value of disposing volume per 6.5 hours 14.726 m³

presumed value of disposing volume per 6.5 hours' man 3.682 m³

extending hauling line by sky line system (3 member team, uphill 40°)

operator	%	11.7	16.7	9.3	6.6	7.8	1.0	28.3	18.6	
		延 伸	巻 取	実 走 前 進	空 巻 取	空 走 後 進		待 ち	土 場 整 理	
						↓ 移動				
chokerman	%	3.3	5.4		72.2			2.1	2.4	14.6
		荷 掛	移 動		待 ち					障 碍 除 去
								↓ 延伸停止の合図	↓ 退避	
worker A on the landing	%	1.5	18.6		38.6			29.1	12.2	
		玉 切		土 場 整 理				待 ち	測 尺	
		↓ 荷外								

skidded tree length 23.0~29.0 m volume a skidded tree 0.479~0.916 m³

mean disposed volume a skidding cycle 0.748 m³

presumed value of disposing volume per 6.5 hours 35.225 m³

presumed value of disposing volume per 6.5 hours' man 11.742 m³

extending hauling line by sky line system (4 member team, uphill 40°)

operator	%	14.0	26.0	10.2	11.4	9.9	1.8	26.7
		延 伸	巻 取	実 走 前 進	空 巻 取 空	空 走 後 進		待 ち
						↓ 移動		
chokerman	%	4.5	7.6		79.1			2.5 3.6 2.7
		荷 掛	移 動		待 ち			退 避
							延伸停止 の合図	障害除去
worker A on the landing	%	1.2	21.6		30.1	0.5		46.6
		玉 切		土 場 整 理				待 ち
		↓ 荷外				↓ 退避		
worker B on the landing	%		26.4	1.2		49.6		22.8
			土 場 整 理			待 ち		測 尺
				↓ 退避				

skidded tree length 13.9~29.0 m volume a skidded tree 0.107~0.698 m³

mean disposed volume a skidding cycle 0.331 m³

presumed value of disposing volume per 6.5 hours 20.436 m³

presumed value of disposing volume per 6.5 hours' man 5.109 m³