



Title	重量の異なる2台のトラクターによる集材作業の工期及び経費に関する比較
Author(s)	小島, 幸治; KOJIMA, Kohji; 小笹, 康男 他
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 25(1), 147-165
Issue Date	1967-11
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/20849
Type	departmental bulletin paper
File Information	25(1)_P147-165.pdf



重量の異なる2台のトラクター による集材作業の工期及び 経費に関する比較*

小島幸治**
小笹康男*** 三井 裕****

A Comparison on the Efficiency and Cost between
Skidding Operations by Use of Two
Tractors Different in Weight

By

Kohji KOJIMA
Yasuo OZASA and Yutaka MITSUI

目 次

1. 緒 言	148
2. 観測対象とした集材作業	148
(1) 実施の時期	148
(2) 実施の場所	148
(3) 作業の行なわれた森林の状況	148
(4) 集材作業とその前後の作業との関係	149
(5) 作業に使用された機械および器具	149
(6) 作業員の編成および技能	149
(7) 作業進行の過程	154
3. 作業観測の方法、結果およびその取り纏め	155
(1) 観測方法	155
(2) 観測結果とその取り纏め	155
4. 2種類の集材作業の比較	159
(1) 作業工期と集材距離との関係について	159
(2) 集材直接経費の単価について	160
付 記	163
引 用 文 献	164
Summary	164

* この研究の概要を、第77回日本林学会大会において発表した。

** 小島幸治 北海道大学農学部演習林 教授 林学博士

*** 小笹康男 北海道大学農学部林産学科 学生

**** 三井 裕 北海道大学農学部林学科 学生

1. 緒 言

昭和23年に日本では恐らく最初のものと考えられるトラクター集材作業¹⁾(379)が行なわれて以来、日本においても諸外国におけると同様にトラクター集材作業がしばしば実行されている。一方トラクターそのものは、多くの用途を持つ機械の故に、多方面で使用され急速に進歩発達しつつある。従って新型トラクターが発表されるたびごとに、それが集材用機械としていかなる価値を有するかを判断する資料を提供することは、トラクター集材作業の進歩をうながし林業経営の合理化を推進する上に効果のあることと考えられる。数年前に日本において、ディーゼルエンジン付きで重量2t級の優れたクローラー型トラクターが発表された。この種のトラクターに対して林業界においては、それを集材作業に効果的に使い得るのではないかと、各方面から関心が寄せられて来たが、2t級クローラー型トラクターを使用した集材作業の成績に関する参考資料は、極めて僅かしか発表されていない。筆者等は、現在日本における集材用トラクターの主力機種である5t級クローラー型トラクターに対して、2t級クローラー型トラクターが、集材作業の工期および経費の点でどのような関係にあるかを判断するための一資料を得ることを目的として、昭和40年の夏に北海道大学雨竜地方演習林において、2t級と5t級のクローラー型トラクターによるアーチ集材作業(Arch skidding)を行ない、それぞれの観測結果を検討し、両機種による集材作業の工期と経費について概略の比較を行なった。

2. 観測対象とした集材作業

(1) 実施の時期

昭和40年(1965)7月20日~7月31日

(2) 実施の場所

北海道大学雨竜地方演習林、母子里事業区第2林班の一部。行政区画上、北海道空知支庁雨竜郡幌加内町に属しており、名寄市の南西約15kmの地域である。

(3) 作業の行なわれた森林の状況

森林は老齢の針葉樹天然林で、面積14.5ha、伐採直前の1ha当り立木蓄積は約150m³であった。林木樹種のうち針葉樹はアカエゾマツとトドマツで、この2樹種の材積が全立木の蓄積の約80%を占めていた。広葉樹の主なものにはミズナラ、ヤチダモ、カンパ類、センノキであった。林床植物の主なものにはクマイザサで、高さ1.5m、根元直径8mm内外のものが密生しており、そのほかにオオカメノキ、イタドリなどが所々に見出された。

林地は低い台地をなしており、地面の最大傾斜は、斜距離10mを単位として測定した場合、台地の周辺においては20°、面積の大部分を占める台地の頂部においては8°であ

った。林地表面の土壌は腐植に富むシルト質粘土でやや湿っており、礫を殆んど含まず、岩石の露頭が所々に存在していた。

(4) 集材作業とその前後の作業との関係

集材作業の行なわれた森林に対する施業上の作業種は択伐作業で、伐採率は材積において26%であった。集材作業に先立って、チェーンソーを1台ずつ持った2名の杣夫によって伐木が行なわれた。伐倒された樹木は伐倒地点において、原則として元口の方から順次、日本農林規格に定められた丸太の長さの2本分の長さを有する長材に造材された。

この長材はトラクターで山土場まで集材された後、ここで直ちにチェーンソーで、定尺即ち規格の長さの丸太に玉切れられ、次に人力によって2つの並列した極をなすように巻き立てられた。但し、原則通りに造材を行なっていくと、梢端部において定尺材が1本しか採材されないことになる場合には、その1本分の材をその元の方の長材と分離せずに、梢端部からは定尺丸太3本分の長さを有する長材を採材することにした。

ここに述べた長材丸太を、便宜上以後「半幹材」と呼ぶことにする。

山土場に巻き立てられた丸太は、トラックで鉄道の駅へ輸送される予定になっていた。

(5) 作業に使用された機械および器具

2t級トラクターとして、三菱重工業株式会社製の三菱BD2型営林用トラクターを、5t級トラクターとして、カウンティ コマーシャルカーズ株式会社(英国)(County commercial cars LTD)製のカウンティ CD50型(通称フォードソン クローラー型)トラクターをそれぞれ1台使用した。各トラクターの仕様は第1表および第2表に示されている。BD2型トラクターは、旭川市の鉄工場で製作した重量約350kgの小型ロッキングアーチを牽引し、CD50型トラクターは、岩手富士産業株式会社製のLS-3型ロッキングサルキー* (重量620kg)を牽引した。土場における玉切りに用いられたチェーンソーは、マッカラー(McCulloch)1-76型1台であった。

また丸太の一端に巻き付け、これによって丸太をウィンチのワイヤロープに連結するための短いワイヤロープ、即ちチョーカー(Choker)として、岩手富士産業株式会社製のBardon hook型チョーカー10本が使用され、土場における丸太の取り扱いのために、とびぐち3挺、木廻し3挺が使用された。

(6) 作業員の編成および技能

5t級トラクターによる作業に対して適当な作業員編成を定め、2t級トラクターによる作業も同じ作業員編成により、同じ人員を用いて行なった。

* ロッキングアーチ(Logging arch)のうち、2輪車形のものにはロッキングサルキー(Logging sulky)とも呼ばれる。

第1表 三菱 BD 2 型営林用トラクター (ウィンチおよび排土装置付き) の仕様

Table 1. Specifications of Mitsubishi BD 2 Forestry Tractor
(with a winch and a bulldozer)

エンジン Engine	名称 Make 三菱 4 DQ 11 C 型ディーゼルエンジン Mitsubishi 4 DQ 11 C Diesel engine 形式 Type 4 サイクル水冷直列 4-stroke-cycle, water cooled straight type engine 気筒数-内径×行程 Number of cylinders-Bore×Stroke 4-82 mm×94 mm 総行程容積 Total displacement 1,986 cc 定格回転速度 Rated revolution speed 2,500 rpm 作業時最大出力 Maximum engine HP in working order 30 PS 始動方式 Starting system 始動電動機式 Starting motor system
伝動装置 Power transmitting device	主クラッチ Main clutch 乾式単板足踏式クラッチ Dry type single plate foot operated clutch 変速機 Transmission 歯車式変速機 Gear type transmission 操向クラッチ Steering clutch 乾式多板手動式クラッチ Dry type multiple disk hand operated clutch 操向ブレーキ Steering brake 外部収縮バンド式ブレーキ (クラッチと連動) External contracting band brake (linked with steering clutch)
走行装置 Running device	形式 Type クローラー Crawler 懸架方式 Suspension system 半硬式前板バネ懸架 Semi rigid system with a front leaf spring 下部ローラー数 Number of track rollers 片側 4 組 4 on one side 上部ローラー数 Number of carrier rollers なし Nothing 履板数 Number of track shoes 片側 31 枚 31 on one side
ウィンチ Winch	形式 Type 単胴逆転装置付き Single drum type with reverse gears ドラム径 Diameter of drum 165.2 mm ドラム幅 Width of drum 200 mm ロープ容量 Rope capacity 13 mmφ×55 m ロープの最大速度 Maximum rope speed 第1巻 47 m/min Bare drum 最終巻 78 m/min Full drum ロープの最大引張力 Maximum rope pull 第1巻 2,500 kg Bare drum 最終巻 1,500 kg Full drum

第1表 (つづき)

排土装置 Bulldozer equipment	形 式 Type	アングリング ブレード (チルト可能) Angling blade type (tilting available)		
	昇降方式 Control system	油圧式 Hydraulic type		
	排土板取り付け方法 Installation system of dozer blade	Cフレーム式 C frame type		
	排土板寸法 (幅×高さ) Size of dozer blade (width×height)	2,250 mm×550 mm		
	排土板最大揚卸量 Limits to the lift and dig	上 660 mm, Lift	下 250 mm Dig	
	要 目 Dimensions	整備重量 Weight in working order	2,700 kg	
全 長 Overall length		3,255 mm		
全 幅 Overall width		2,250 mm		
全 高 (運転室上面) Height over canopy		2,200 mm		
履帯中心距離 Track gauge		1,130 mm		
最低地上高 Minimum ground clearance		305 mm		
履 板 幅 Width of track shoe		300 mm		
接 地 長 Ground contact length of track		1,230 mm		
接 地 圧 Ground contact pressure		0.37 kg/cm ²		
性 能 Efficiency		最大走行速度 Maximum speeds	前 進 Forward	第 1 速 1st gear
	第 2 速 2nd gear			3.6 km/hr
	第 3 速 3rd gear			5.3 km/hr
	第 4 速 4th gear			8.7 km/hr
	後 進 Reverse	第 1 速 1st gear	3.0 km/hr	
		第 2 速 2nd gear	4.4 km/hr	
	最大牽引力 Maximum drawbar pull	3,120 kg		
登坂能力 Hill climbing ability	30°			
最小回転半径 Minimum turning radius	(その場旋回) (Pivot turn)			

第2表 カウンティー CD 50 型トラクターの仕様 (ウィンチおよび排土装置付きの場合)

Table 2. Specifications of County CD 50 tractor (with a winch and a bulldozer)

エンジン Engine	名称 Make 形式 Type 気筒数—内径×行程 Number of cylinders—Bore×Stroke 総行程容積 Total displacement 定格回転速度 Rated revolution speed 作業時最大出力 Maximum engine IP in working order 始動方式 Starting system	フォードソン スーパーメジャー型ディーゼルエンジン Fordson Super Major type Diesel engine 4 サイクル水冷直列 4-stroke-cycle, Water cooled straight type engine 4—100 mm×115 mm 3,611 cc 1,600 rpm 51.8 PS 始動電動機式 Starting moter system
伝動装置 Power transmitting device	主クラッチ Main clutch 変速機 Transmission 操向クラッチ Steering clutch 操向ブレーキ Steering brake	乾式単板足踏式クラッチ Dry type single plate foot operated Clutch 歯車式変速機 Gear type transmission 乾式多板手動式クラッチ Dry type multiple disk hand operated clutch 外部収縮バンドブレーキ External contracting band brake
走行装置 Running device	形式 Type 懸架方式 Suspension system 下部ローラー数 Number of track rollers 上部ローラー数 Number of carrier rollers 履板数 Number of track shoes	クローラー Crawler 半硬式前板バネ懸架 Semi rigid system with front leaf springs 片側5組 5 on one side 片側1個 1 on one side 片側27枚 27 on one side
ウィンチ Winch	形式 Type ドラム径 Diameter of drum ドラム幅 Width of drum ロープ容量 Rope capacity ロープの最大速度 Maximum rope speed ロープの最大引張力 Maximum rope pull	単胴一方駆動式 Single drum type without reverse gears 200 mm 300 mm 16 mmφ×50 m 第1巻 30 m/min Bare drum 最終巻 50 m/min Full drum 第1巻 5,000 kg Bare drum 最終巻 3,000 kg Full drum

第2表 (つづき)

排土装置 Bulldozer equipment	形 式 Type	アングリング ブレード (チルト可能) Angling blade type (tilting available)			
	昇降方式 Control system	油圧式 Hydraulic type			
	排土板取り付け方式 Installation system of dozer blade	内側プッシュアーム式 Inside push arm type			
	排土板寸法 (幅×高さ) Size of dozer blade (width×height)	2,600 mm×740 mm			
	排土板最大揚卸量 Limits to the lift and dig	上 710 mm, Lift	下 230 mm Dig		
要 目 Dimensions	整備重量 Weight in working order	5,900 kg			
	全 長 Overall length	4,400 mm			
	全 幅 Overall width	2,600 mm			
	全 高 (運転室上面) Height over canopy	2,400 mm			
	履帯中心距離 Track gauge	1,346 mm			
	最低地上高 Minimum ground clearance	178 mm			
	履板幅 Width of track shoe	406 mm			
	接地長 Ground contact length of track	1,770 mm			
	接地圧 Ground contact pressure	0.41 kg/cm ²			
性 能 Efficiency	最大走行速度 Maximum speeds	前 進 Forward	第 1 速 1st gear	2.06 km/hr	
			第 2 速 2nd gear	2.91 km/hr	
			第 3 速 3rd gear	3.71 km/hr	
			第 4 速 4th gear	5.23 km/hr	
			第 5 速 5th gear	7.30 km/hr	
		後 進 Reverse	第 1 速 1st gear	2.78 km/hr	
			第 2 速 2nd gear	5.00 km/hr	
		最大牽引力 Maximum drawbar pull	5,500 kg		
		登坂能力 Hill climbing ability	30°		
		最小回転半径 Minimum turning radius	(その場旋回) (Pivot turn)		

編成の内訳は、トラクターの運転手1名、荷掛け係2名、玉切り係1名、荷おろし巻き立て係2名、計6名である。この作業員編成によって作業を行なった場合、2t級トラクターによる作業においては作業員の待ち時間が少し多くなる傾向が見られた。然しながら荷掛けおよび丸太巻き立てを行なうにはそれぞれ少なくとも2名の作業員が必要であったので、作業員の人数を減ずることはできなかった。トラクターの運転手は3年の運転経験を持ち、トラクター集材の経験は1年であった。その他の作業員は畜力集材作業の熟練者であって、トラクター集材作業については普通の技能を持っていた。

(7) 作業進行の過程

作業は次の如き過程を辿って行なわれた。即ち、トラクターは、アーチを牽引して、山土場から集材の対象である半幹材に向って走行する。その際進路上にある障害物は排土板で排除する。一方2名の荷掛け係は伐木地点において、集材される予定の半幹材の一端にあらかじめチョーカーを巻き付けておく。

トラクターが目的とする半幹材のそばに到着し、アーチおよびウィンチをその丸太の方に向け終ったならば、荷掛け係はアーチに積載されているチョーカーをアーチから卸し、続いて、既にチョーカーを巻き付けてある丸太に向ってウィンチのワイヤロープ〔ウィンチライン (Winch line) とも云う〕を引き出し、その先端についているフックに、チョーカーの自由端の金具を引掛ける。次にトラクターの運転手はウィンチでワイヤロープを巻き取り、丸太がアーチに向って引き寄せられ、その先端がアーチのフェアリードの下に到着したならば引き寄せるのを止める。必要に応じてこのような丸太の引き寄せ作業を数回行ない、1度の牽引走行に適当な量の丸太が引き寄せられたならば、運転手は荷掛け係に指示してそれらの丸太に巻きつけられているチョーカー全部を、ウィンチライン先端のフックに引っ掛けさせ、ウィンチラインを巻き取る。丸太の前端がフェアリードの下で吊り上げられたならば、巻き取るのを止めてウィンチのドラムにブレーキをかけ、次にトラクターを発進させて山土場に向う。

トラクターが山土場に到着したならば、トラクターの運転手はトラクターを停車させ、ウィンチのブレーキを弛めて丸太を地上に下ろす。次に2名の荷おろし巻き立て係は、この丸太のチョーカーの金具を解放し、運転手に合図を送ってトラクターを少し前進させて、チョーカーを丸太の下から引き抜き、これらのチョーカーをアーチの頭部に巻きつけて積載する。続いてトラクターは土場内で方向転換をして、次回に集材する予定の半幹材に向って走行する。

トラクターの作業は以上の作業の循環を基本として進められた。これらの作業の「1循環」を「1回」の集材作業と呼ぶことにする。

なおトラクターが再び山土場に入ってくるまでの間に、玉切り係は、山土場まで運ば

れた半幹材をチェーンソーで玉切りして、定尺の丸太にする。荷おろし巻き立て係は、造材の終わった丸太を人力で斜面の上から下に向かって転動させて極積し、必要に応じて土場の整理を行なう。極積の際は、2つの極を左右に並べて同様な進捗で大きくしていく。造材を終えた玉切り係は、荷おろし巻き立て係と協力して極積作業や土場整理作業を行なう。

トラクターの循環作業が始まる前に、山土場と集材経路幹線の開設が行なわれた。これらの作業は、トラクターの排土板を使って地表の障害物を排除することによって遂行された。これらの作業のように、集材作業を進めるために直接必要な作業ではあるが、循環作業の中に含めることが妥当と考えられないものを、非循環作業と呼ぶことにする。筆者等はトラクターの循環作業を次のように4つの項目に分類した。

- 1) トラクターが山土場から、集材の対象である半幹材の付近まで走行すること（これを「上山」と呼ぶ）。
- 2) トラクターがウィンチとロッキングアーチによって、半幹材を引きよせ、1度の牽引走行に適当な量の丸太を集めて吊り上げること（これを「荷掛け」と呼ぶ）。
- 3) 荷掛けされた半幹材をトラクターが山土場まで運搬すること（これを「下山」と呼ぶ）。
- 4) トラクターが土場において、運搬して来た半幹材をおろし、必要に応じそれを極積すること（これを「荷おろし」と呼ぶ）。

3. 作業観測の方法、結果およびその取り纏め

(1) 観測方法

観測員は4名で、そのうちの1名はトラクターの作業に着目し、ストップウォッチを使って時間分析を行ない、他の1名はこれを記録した。なお時間分析は、トラクターの動きを第3表に示されている小項目にまで細分した上で行なわれた。

残りの2名は、玉切られた丸太の樹種および寸法の記録、集材距離および集材経路の勾配の測定を行なった。

(2) 観測結果とその取り纏め

観測結果の概要を第4表に示した。

また、使用されたトラクターの種類ごとに、毎回の集材についての観測値を、無限回の集材の観測値の中から無作為に抽出されたものとみなし、1回ごとの集材における、単位材積当り循環作業時間と、集材材積、半幹材の本数、および集材距離との関係を、式(1)の型の重回帰方程式によって表現し、偏回帰係数が危険率5%において有意でない変量を削除した結果、2t級のトラクターを用いて集材した場合について式(2)を、5t級のトラクターを用いて集材した場合について式(3)を得た¹⁾(445~463)。

第3表 アーチ集材作業におけるトラクターの動きの分類

Table 3. A classification of the movement of a tractor in arch skidding

名 称		内 容 (トラクターを主体として表現した)	
大項目	中項目 小項目		
循 環 作 業	上 山	上山走行	山土場から集材の対象である半幹材に向って走行する〔写真1〕。
		上山走行困難	悪路、障害物、急斜面などのために上山走行を妨げられる。
		上山障害物排除	上山走行に対する障害物を排除する〔写真2〕。
		上山障害物除去待ち	上山走行に対する障害物が人力で除去されるのを待つ。
	荷 掛	荷掛け障害物排除	トラクターで半幹材の引き寄せに対する障害物を排除する〔写真3〕。
		荷掛け障害物除去待ち	半幹材の引き寄せに対する障害物が人力で除去されるのを待つ。
		荷掛け方向転換・移動	半幹材を寄せ集めるために、向きを変えたり移動したりする〔写真4〕。
		チョーカーおろし待ち	アーチに積み込まれたチョーカーがアーチからおろされるのを待つ。
		木直し	トラクターで半幹材の位置や向きを変える。
		チョーカー巻き付け待ち	チョーカーが半幹材に巻き付けられるのを待つ〔写真5〕。
	掛 け	ロープ送り出し	ウィンチラインを送り出す〔写真6〕。
		チョーカー引っ掛け待ち	チョーカーの自由端がウィンチラインのフックに引っ掛けられるのを待つ。
		丸太引き寄せ	ウィンチで半幹材を引き寄せる。
		木直し待ち	荷掛け係が人力で半幹材の位置や向きを変えるのを待つ。
	業	丸太曳行	集材1回分の半幹材を寄せ集める作業の途中において、半幹材を曳いて走行する。
荷掛けチョーカー付け直し待ち		チョーカーの半幹材への巻き付け位置が変えられるのを待つ。	
玉切り待ち		牽引に困難な半幹材が玉切りされるのを待つ。	
荷纏め待ち		引き寄せられた半幹材のチョーカーが、纏めてウィンチラインのフックに引っ掛けられるのを待つ。	
荷物吊り上げ		引き寄せられた半幹材全部の前端をウィンチでフェアリードの下に吊り上げる〔写真7〕。	

第3表 (つづき)

名 称		内 容 (トラクターを主体として表現した)		
大項目	中項目 小項目			
循 環 作 業	下 山	下山走行	荷物吊り上げを完了したうえで山土場に向って走行する〔写真8, 10, 11〕。	
		下山走行困難	悪路、障害物、過大な荷物などのために下山走行を妨げられる。	
		下山障害物排除	下山走行に対する障害物を排除する〔写真9〕。	
		下山障害物除去待ち	下山走行に対する障害物が人力で除去されるのを待つ。	
		ウィンチ解放下山	ウィンチのブレーキを弛め、下山走行の荷物を地上に置いたまま山土場に向って走行する。	
		下山チョーカー付け直し待ち	下山走行の途中において、チョーカーの巻き付け位置が変えられるのを待つ。	
		荷物引き寄せ	置き去りにされた下山走行の荷物を、ウィンチで引き寄せる。	
	荷 作 業	土 場	土場整理待ち	トラクターの土場への進入を妨げている丸太が人力で整理されるのを待つ。
			チョーカー外し待ち	半幹材に巻き付けられていたチョーカーの輪状部の金具が解放されるのを待つ〔写真12〕。
			チョーカー引き抜き	運ばれて来た半幹材の下敷きになっているチョーカーを引き抜く。
		お ろ	ロープ巻き取り	ウィンチラインを巻き込む。
			チョーカー積み込み待ち	チョーカーがアーチに積み込まれるのを待つ。
			荷おろし方向転換・移動	次回の上山を行なうために土場内で向きを変えたり移動したりする〔写真13〕。
			し	排土板による丸太桎積
		ロープによる丸太桎積		玉切りされた丸太をワイヤロープと滑車で引き上げて桎積する。
荷おろし障害物排除		土場の作業に対する障害物を排除する。		
非循環作業		荷おろし障害物除去待ち	土場の作業に対する障害物が人力で排除されるのを待つ。	
	土場開設・拡張	土場用地の障害物排除または整地を行なう。		
	集材経路開設	集材経路幹線の予定地を、排土板によって整備する。		
除 外 作 業	相 談 待 ち	作業員が作業の進め方について相談するのを待つ。		
	トラクター調整待ち	作業中、トラクターの機械が調整されるのを待つ。		
	次の土場移動	或る山土場への集材を完了し次の山土場へ移動する。		
	損失動作	作業員の失策によって無駄な動作をする。		
	そ の 他	上記以外の動作をする。例えば宿舎から土場まで走行する。大故障のために休業する。例外的悪条件のために作業に手間どるなど。		

$$\hat{T} = a + b_1/V + b_2 \cdot N/V + b_3 \cdot D/V \quad (1)$$

ただし \hat{T} : 半幹材 1 m³ 当りの循環作業時間の推定値 (分)
 V : 1回の集材における集材材積 (m³)
 N : 1回の集材における半幹材の本数
 D : 1回の集材における集材距離 (m)
 a : 回帰常数
 b_1, b_2, b_3 : 偏回帰係数

第4表 トラクター集材作業の観測結果概要

Table 4. The summary of the performance of observed tractor skiddings

項 目 Items	使用トラクター Tractors used	2 t 級トラクター A tractor of 2 ton class	5 t 級トラクター A tractor of 5 ton class
集材回数合計 Total number of round trips of tractor		114	107
集材された半幹材の本数合計 Total number of long logs skidded		272	370
集材材積合計 Total volume of logs skidded	(m ³)	169.743	246.175
半幹材1本の材積 Volume of a single long log skidded	(m ³)	0.044~2.651	0.027~5.163
半幹材1本当りの平均材積 Average volume of logs per long log	(m ³)	0.6241	0.6653
1回の集材における半幹材の本数 Number of long logs in one round trip		1~4	1~7
1回の集材における集材材積 Volume of logs in one round trip	(m ³)	0.575~3.302	0.357~5.263
集材1回当りの半幹材の平均本数 Average number of long logs per round trip		2.386	3.458
集材1回当りの平均集材材積 Average volume of logs per round trip	(m ³)	1.489	2.301
1回の集材における集材距離* Skidding distance in one round trip	(m)	6~418	14~438
集材1回当りの平均集材距離 Average skidding distance per round trip	(m)	191.8	229.4
循環作業時間合計** Total time for circulating work	(分) (min)	1577.47	1708.78
非循環作業時間合計 Total time for non-circulating work	(分) (min)	167.77	214.42
1回の集材における循環作業時間 Time for circulating work in one round trip	(分) (min)	1.87~50.20	3.32~56.12
集材1回当りの平均循環作業時間 Average time for circulating work per round trip	(分) (min)	13.84	15.97

* 半幹材にチョーカーを巻き付けた地点から荷おろし地点までの、半幹材移動経路の延長である。
 Skidding distance means the length of a course of long logs skidded between the point where chokers are set around long logs and the point of unloading.

** この表における「時間」はすべてトラクター1台だけについての時間であって、全作業員の延べ時間ではない。
 Every "Time" in this table is the time regarding a tractor only, and is not total time of all workers.

$$\hat{T}_2 = 1.90 + 2.30N/V + 0.0296D/V \quad (2)$$

$$\hat{T}_5 = 1.34 + 3.47/V + 1.47N/V + 0.0256D/V \quad (3)$$

ただし \hat{T}_2 および \hat{T}_5 はそれぞれ、2t 級および 5t 級のトラクターを用いて集材する場合の、半幹材 1 m³ 当りの循環作業時間の推定値

式(2)および式(3)について、実測値に対する推定値の重相関係数をそれぞれ R_2, R_5 であらわせば、 $R_2 = 0.8392$, $R_5 = 0.7639$ であり、共に危険率 1% の水準で回帰は有意である。なお集材材積 1 m³ 当りのトラクターの非循環作業時間を、2t 級トラクターによる作業および 5t 級トラクターによる作業について、それぞれ T_{n2} および T_{n5} (分) であらわせば、 $T_{n2} = 0.99$, $T_{n5} = 0.87$ である。半幹材 1 m³ 当りの循環作業時間と非循環作業時間の合計の推定値を、2t 級および 5t 級のトラクターを用いて集材する場合についてそれぞれ \hat{T}'_2 および \hat{T}'_5 (分) であらわせば、 \hat{T}'_2 は前述の \hat{T}_2 に T_{n2} を、 \hat{T}'_5 は前述の \hat{T}_5 に T_{n5} を加えることによって求められる。即ち

$$\hat{T}'_2 = 2.89 + 2.30N/V + 0.0296D/V \quad (2')$$

$$\hat{T}'_5 = 2.21 + 3.47/V + 1.47N/V + 0.0256D/V \quad (3')$$

4. 2種類の集材作業の比較

(1) 作業工期と集材距離との関係について

この研究に使われた林分と、地況、林況の同じ林分において、今回と同じ作業方法によって集材作業を行なう場合を想定し、2t 級トラクターを使用する場合と 5t 級トラクターを使用する場合の工期を、式(2')および(3')を使って推定し、これらを比較してみる。

今回の実測の結果によれば、1回の集材における集材材積 V の平均値は、2t 級トラクターの場合 1.49 (m³)、5t 級トラクターの場合 2.30 (m³) であった。また集材地域全体についての、半幹材 1 m³ 当りの平均半幹材本数は、1.54 (本/m³) であった。

そこで式(2')において、

$$N/V = 1.54, \quad V = 1.49$$

とし、式(3')において

$$N/V = 1.54, \quad V = 2.30$$

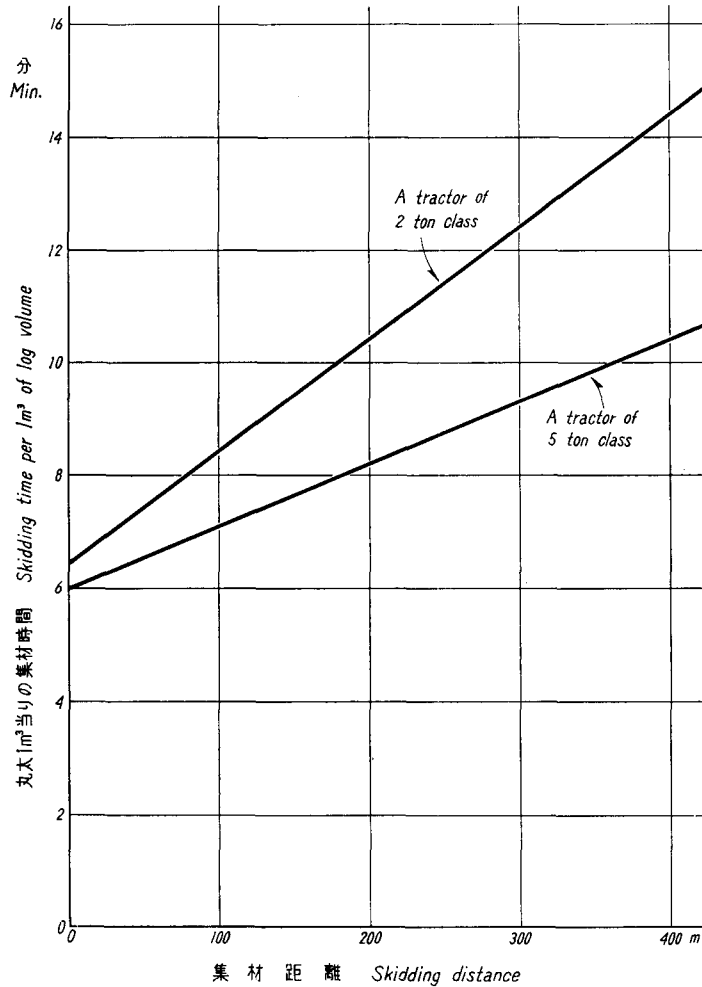
とすれば、

$$\hat{T}'_2 = 2.89 + 2.30 \times 1.54 + 0.0296D/1.49 = 6.43 + 0.0199D \quad (4)$$

$$\hat{T}'_5 = 2.21 + 3.47/2.30 + 1.47 \times 1.54 + 0.0256D/2.30 = 5.98 + 0.0111D \quad (5)$$

式(4)と(5)を比較してみると、常数においても D の係数においても式(5)の方が小さいか

ら、平均集材距離の大小に拘らず、 $\bar{T}'_2 > \bar{T}'_5$ である。即ちトラクター1台当りの功程は、5t級トラクターによる場合の方が高い。第1図はこの関係を示したものである。



第1図 丸太1m³当りの集材時間と集材距離との関係

Fig. 1. Relation between skidding time per 1 m³ of log volume and skidding distance.

(2) 集材直接経費の単価について

次に丸太1m³当りの集材直接経費について、2t級トラクターを使用する場合と5t級トラクターを使用する場合を比較してみる。まず、集材作業に使われる機械、器具、および作業員の、循環並びに非循環作業を込みにした作業時間1分間当りの経費を求める。

1) 2t級トラクターの場合

- ① トラクターの減価償却費および固定資本費 (利子, 税金, 保険料, 保管料など)

トラクターの購入費: 260万円 (ロッキングアーチを含む)

トラクターの修理費: 156万円 (償却期間中に購入費の60%かかるとする)

計 416万円

減価償却期間を7年間とすれば、1年間当りの減価償却費は、 $416/7=59.43$ (万円) となる。購入費および修理費に対する1年間当りの平均投資額 I_a は次の式によって求められる。

$$I_a = \frac{I(n+1)}{2n}$$

ただし I : 初年度の投資額
 n : 償却年数

この場合 $I=416$ (万円), $n=7$ (年) であるから、

$$I_a = \frac{416(7+1)}{2 \times 7} = 237.7 \text{ (万円)}$$

固定資本費率を平均投資額の10%とすれば、1年間当りの固定資本費は、

$$237.7 \times 0.1 = 23.77 \text{ (万円)}$$

となる。従って1年間当りの減価償却費と固定資本費の合計は、83.2万円となる。トラクターが1年間に100日稼働するとすれば、1日当りの額は8,320円となる。

② トラクターの燃料および潤滑油の経費は、実績にもとづいて1日当たり600円とする。

③ トラクターの運転手の賃金は、1日につき1,500円。

④ 玉切り係の賃金は1日につき1,500円。

⑤ 玉切り用チェーンソーの使用経費 (減価償却費、固定資本費を含めて) は、実績にもとづいて1日当たり480円とする²⁾。

⑥ 荷掛け係および荷おろし巻き立て係の賃金は、1人1日につき1,300円、4人分で5,200円。

⑦ とびぐち、木廻し、チョーカー、フック等、器具類全部の1日当りの使用経費 (減価償却費、固定資本費の合計) は40円となる。

以上の①~⑦の1日当り経費の合計は、17,640円である。

トラクターの1日当り平均作業時間 (循環および非循環) は、2t級トラクターと5t級トラクターの実績を一緒にして計算すると、 $3668.39 \text{ (分)} / 10 \text{ (日)} \div 367 \text{ (分)}$

従って作業時間1分間当りの経費は、 $17,640 \text{ (円)} / 367 \text{ (分)} = 48.07 \text{ (円)}$ となる。

2) 5t級トラクターの場合

① トラクターの減価償却費および固定資本費

トラクターの購入費：405万円（ロッキングアーチを含む）

トラクターの修理費：243万円（償却期間中に購入費の60%かかるとする）

計 648万円

減価償却期間を7年間とすれば、1年間当りの減価償却費は、 $648/7=92.57$ (万円)となる。購入費および修理費に対する1年間当りの平均投資額は、 $I_a=648 \times 8/14=370.3$ (万円)、1年間当りの固定資本費は、 $370.3 \times 0.1=37.03$ 万円となる。従って1年間当りの減価償却費と固定資本費の合計は、129.6万円となる。トラクターが1年間に100日稼働するとすれば、1日当りの額は12,960円となる。

② トラクターの燃料および潤滑油の経費は、実績にもとづいて1日当たり900円とする。

③～⑦は2t級トラクターの場合の③～⑦と同じとする。

以上の①～⑦の1日当り経費の合計は、22,580円となる。

トラクターの1日当り平均作業時間は、前述の通り367分である。従って作業時間1分間当りの経費は、 $22,580(\text{円})/367(\text{分})=61.53(\text{円})$ となる。

以上の計算の結果、2t級トラクターを使用する場合の作業時間1分間当りの経費を $C_{m2}(\text{円})$ 、5t級トラクターを使用する場合のそれを $C_{m5}(\text{円})$ であらわせば、

$$C_{m2} = 48.07(\text{円}), \quad C_{m5} = 61.53(\text{円})$$

次に、丸太 1m^3 当りの集材直接経費の推定値を、2t級トラクターによる作業および5t級トラクターによる作業について、それぞれ \hat{C}_{v2} および $\hat{C}_{v5}(\text{円}/\text{m}^3)$ であらわせば、 \hat{C}_{v2} は式(4)の \hat{T}'_2 に C_{m2} を、 \hat{C}_{v5} は式(5)の \hat{T}'_5 に C_{m5} をそれぞれ乗ずることによって求められる。即ち、

$$\hat{C}_{v2} = \hat{T}'_2 C_{m2} = (6.43 + 0.0199D) \times 48.07 = 309 + 0.957D \quad (6)$$

$$\hat{C}_{v5} = \hat{T}'_5 C_{m5} = (5.98 + 0.0111D) \times 61.53 = 368 + 0.683D \quad (7)$$

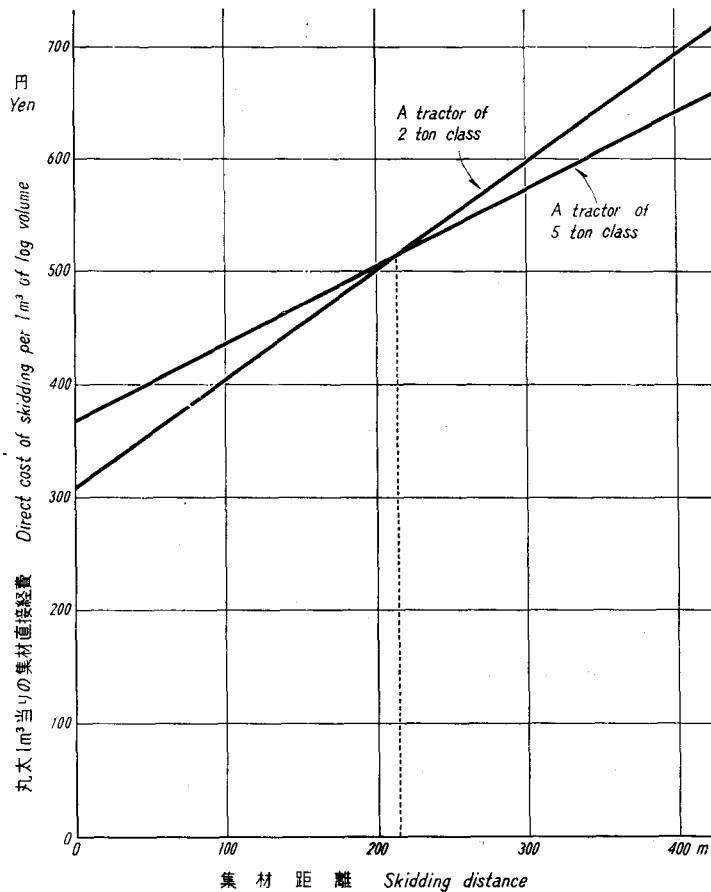
ここにおいて $\hat{C}_{v2} = \hat{C}_{v5}$ として D を求めると、

$$309 + 0.957D = 368 + 0.683D$$

$$0.274D = 59$$

$$D = \frac{59}{0.274} = 215 \quad (\text{m})$$

従って平均集材距離215m内外の場合には、2t級トラクターと5t級トラクターのどちらを用いても、丸太 1m^3 当りの集材直接経費は同じであるが、集材距離が215mよりも短かければ、2t級トラクターを用いる方が集材直接経費の点で有利であり、集材距離がそれよりも長かければ、5t級トラクターを用いる方が有利であることになる。第2図はこの関係を示したものである。



第2図 丸太1m³当りの集材直接経費と集材距離との関係

Fig. 2. Relation between direct cost of skidding per 1 m³ of log volume and skidding distance.

この経費の比較は、特定の林分において特定の銘柄のトラクターを使用して集材を行なった際の資料を用い、概略の経費の計算にもとづいて行なったものであるから、215 m という集材距離が一般的な損益分岐点であるとは云えないが、この比較によって、集材距離の短い場合には、2t級トラクターによる集材作業の方が5t級トラクターによる集材作業よりも、集材直接経費の点で有利であり得ることが明らかになった。

附 記

この研究は北海道大学演習林の研究活動の一部として行なわれた。集材作業の実行と観測に協力して頂いた演習林の各位に衷心から感謝する。またこの研究を行なうに当たって、研究者の一人小笹は、株式会社新宮商行から奨学金の給付を受け、研究に専念することができた。同社に対し深謝の意を表す。

引用文献

- 1) 小島幸治: トラクター集材作業に関する研究. 北大演報. Vol. 22 No. 2, 1963.
- 2) 光永 基: チェンソー造材の能率について. 第5回製品生産事業研究発表会報告集(札幌営林局), 1962.

Summary

In Japan, excellent makes of crawler type Diesel tractors of 2 ton class in weight were put on the market several years ago. Japanese forest industry has desired earnestly to know whether these tractors can be used efficiently for skidding logs or not.

The authors attempted to obtain data to consider the relation of the crawler tractor of 2 ton class to that of 5 ton class, which is the main force of Japanese skidding tractors at present, and to estimate the efficiency and the cost of skidding operation, and roughly made a comparison of the arch skidding operation by 2 ton class crawler tractor with that by 5 ton class crawler tractor.

Observed skidding operations were conducted from July 20th to 31st in 1965 in the northern soft wood forest in Hokkaido, Japan. The area of the forest used for the research was 14.5 ha, and the slope of the ground was under 8° in most places. The length of long logs skidded was 7.3 m for the most part and 11 m for the rest.

As a crawler type Diesel tractor of 2 ton class, a Mitsubishi BD 2 Forestry tractor was selected, and as that of 5 ton class, a County CD 50 tractor was selected. Specifications of these tractors are shown in Table 1 and Table 2.

1 tractor driver, 2 choker setters, 1 bucking man and 2 men for unloading and piling organized the skidding crew.

Time analysis was made in regard to the tractor's movements. The summary of the performance of observed tractor skiddings is shown in Table 4.

On the basis of the data obtained from the observation of foregoing tractor skiddings, the relations among skidding time per unit volume of logs and three kinds of its factor were expressed by following multiple regression formulas.

For the skidding operation by 2 ton class crawler tractor:

$$\hat{T}_2 = 2.89 + 2.30N/V + 0.0296D/V$$

For the skidding operation by 5 ton class crawler tractor:

$$\hat{T}_5 = 2.21 + 3.47/V + 1.47N/V + 0.0256D/V$$

where \hat{T}_2 and \hat{T}_5 are estimates of the skidding time per unit volume of logs (min/m³).

V is the volume of logs skidded in one turn (m³).

N is the number of logs skidded in one turn.

D is the skidding distance in one turn (m).

Assuming that skidding is conducted by the same method and under the same conditions of the ground and forest as at the time of the observed operations for this research, the efficiency of the skidding operation by 5 ton class tractor is higher

than that by 2 ton class tractor regardless of the skidding distances. Fig. 1 shows this relation.

Direct cost of tractor skidding per 1 minute of operation time is 48.07 yen in case of 2 ton class tractor, and 61.53 yen in case of 5 ton class tractor, hereby in case where the skidding distance is shorter than 215 m, skidding by 2 ton calss tractor is more economical than that by 5 ton class tractor regarding the direct cost of skidding per unit volume of logs, and in case where the skidding distance is longer than 215 m, skidding by 5 ton class tractor is more economical. Fig. 2 shows this relation.



写真1. 上山走行 (土場出発) (BD 2 型トラクター)

Photo 1. Mitsubishi BD 2 tractor running from a landing to long logs to be skidded.



写真2. 上山障害物排除 (BD 2 型トラクター)

Photo 2. Mitsubishi BD 2 tractor breaking through obstacles on its way to long logs.



写真3. 荷掛け障害物排除 (BD 2 型トラクター)

Photo 3. Mitsubishi BD 2 tractor removing obstacles at a loading point.



写真4. 荷掛け方向転換・移動 (BD 2 型トラクター)

Photo 4. Mitsubishi BD 2 tractor approaching to long logs at a loading point.



写真5. チョーカー巻き付け待ち (CD 50 型トラクター)

Photo 5. County CD 50 tractor waiting for chokers to be set.



写真6. ロープ送り出し (CD 50 型トラクター)

Photo 6. County CD 50 tractor sending out a winch line.

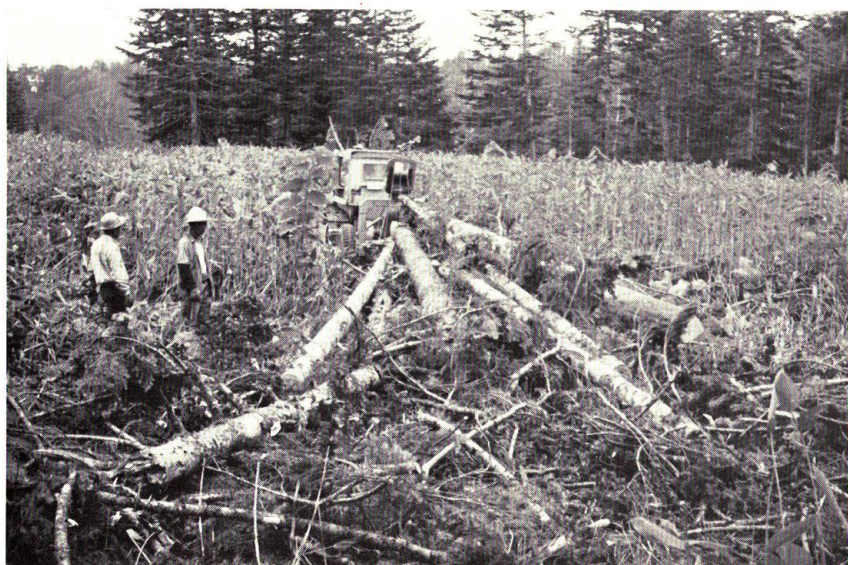


写真7. 荷物吊り上げ (CD 50 型トラクター)

Photo 7. County CD 50 tractor hanging up a load of long logs.



写真8. 下山走行 (CD 50 型トラクター)

Photo 8. County CD 50 tractor skidding long logs to a landing.



写真 9. 下山障害物排除 (BD 2 型トラクター)

Photo 9. Mitsubishi BD 2 tractor pushing obstacles aside on its way to a landing.



写真 10. 下山走行 (土場到着) (BD 2 型トラクター)

Photo 10. Mitsubishi BD 2 tractor with a sulky and long logs arriving at a landing.



写真 11. 下山走行 (土場到着) (CD 50 型トラクター)

Photo 11. County CD 50 tractor with a sulky and long logs arriving at a landing.



写真 12. チョーカー外し待ち (CD 50 型トラクター)

Photo 12. County CD 50 tractor waiting for chokers to be unfastened.



写真13. 荷おろし方向転換・移動 (BD 2 型トラクター)

Photo 13. Mitsubishi BD 2 tractor taking a turn at a landing for the next round trip.



写真14. 土場における半幹材の玉切り

Photo 14. Bucking a long log with a chain saw at a landing.



写真 15. 人力による丸太の樁積

Photo 15. Piling logs at a landing by man power.



写真 16. 排土板による丸太樁積 (CD 50 型トラクター)

Photo 16. County CD 50 tractor piling at a landing.