

単線循環式軽架線(川口式)による間伐材搬出の経済効果に関する研究

誌名	愛媛県林業試験場研究報告
ISSN	03892875
著者名	西泉,敏行
発行元	愛媛県林業試験場
巻/号	9号
巻号補足	
掲載ページ	p. 57-70
発行年月	1984年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



単線循環式軽架線（川口式）による 間伐材搬出の経済効果に関する研究

西 泉 敏 行

I はじめに

戦後における積極的な造林政策によって、人工造林面積は増大し、これにともなって間伐を必要とする森林が増大している。この間伐を促進するためには、いかに低コストで能率的に安全に間伐材の搬出を行うかが大きな課題であるかは言うまでもありません。

モノケーブル式（単線循環式軽架線またジグザグ索道）は択伐、間伐材の搬出に最も能率のよい作業法として普及しているのであるが、索の支間傾斜角が25度を超えると、荷がスリップする危険があって、地形の急峻な（概ね30度以上）林業地帯では従来の方式に対しては批判的で、使用の範囲が限定されている。そのためモノケーブル式のスリップ防止に関する要望が強く、今回急勾配に対応可能な川口式ジグザグ金具が考案され、この川口式単線循環式軽架線を使用し、急傾斜地における間伐作業の安全かつ効率的な木寄せ及び集材作業、架線技術、工程調査予測、収支予測等を検討した。

なお、この課題は、県単独事業として試験を実施したものである。試験にあたりご援助を頂いた機械メーカー、試験地の提供をいただいた森林所有者、西条地方局三島出張所林業課の各位に厚くお礼申し上げます。

II 研究期間

昭和56年度～昭和58年度

III 研究方法

1 実施場所

伊予三島市金砂町小川山

伊予三島市富郷町寒川山

2 調査方法

（1）作業条件調査

この研究は、県内民有林の間伐現場において試験は、1981～1982年は伊予三島市金砂町小川山で、また1983年は伊予三島市富郷町寒川山で実施した。両試験地の概況、作業条件調査を行う。

（2）モノケーブル装置の架設と撤去作業、集材作業の方法及び工程架設、撤去作業と現場技術について検討する。

(3) 機械の性能及び集材作業

積載量、走行速度、作業仕組、集材作業工程について調査検討する。

(4) 経済性の検討

間伐条件、作業仕組、工程、事業収支等を把握することにより、モノケーブル集材の作業工程と経済性を予測検討する。

IV 結果と考察

1 作業条件調査

試験地の概況は表－1のとおりである。金砂町試験地はスギ、ヒノキ28年生間伐林2ha、標高650～700m平均傾斜度32度で北向急傾斜面の中復にあり外周はスギ、ヒノキ20～30年生の造林地である。富郷町試験地はスギ、ヒノキ25年生間伐林0.79ha、標高520～550m、平均傾斜度30度で東向急傾斜面の沢筋にあり外周はスギ、ヒノキ15～30年生の造林地である。

両試験地の間伐材搬出作業は川口式単線循環軽架線を使用する。金砂町は架線延長911m、富郷町は390m架設して間伐搬出作業の調査を行った。

2 モノケーブル装置の架設と撤去作業、集材作業の方法及び工程

(1) 架設作業

架設する前に集材予定区域を踏査し、支柱、集材機据付け場所、荷おろし土場の位置と広さ、循環索の路線を調査する。

1) 集材機据付け場所と荷おろし土場

集材機据付け場所は、循環索の内角でないこと。作業場所がやむをえず内角作業となる場合は、内側に立木または防護策等が必要である。また、台付けロープの切断によりガイドブロックが飛来するおそれのない所で、さらに落石や出水による被害を受けない所を選定すること。また、丸太などを敷いた上に機体を水平にすえられるよう平坦で安定のよい所で、集材機固定のためのしっかりしたアンカーが得られ、フリートアングルが十分得られるところ。運転席、荷おろし場がよく見えること、荷おろし場に近いこと。

荷おろし場は平坦地か緩傾斜地で、適当な広さがあり内角でないこと。林道に平行して材がおろせる場所。

2) 路線の選定と支柱

路線は材の集めやすい場所（急斜面の下部や谷の中）を選定すること。最初の支間が決定したらジグザグ滑車取付け位置の直下に立ち、分度器にて内角90度以内に次の支間方向をとる。選定した支柱には目印をつけジグザグ滑車の直下に簡易な杭を立てておき、次のジグザグ滑車取付け予定箇所へは、先の立木や地物を目標に前進するとよい。

表－１作業条件調査表

試 験 地		伊予三島市金砂町小川山	伊予三島市富郷町寒川山
林 況	樹 種 ・ 林 令	スギ, ヒノキ 28 年生	スギ, ヒノキ 25 年生
	平 均 胸 高 直 径 ・ 樹 高	18 cm 19 m	16 cm 15 m
	平 均 立 木 材 積	0.244 m ³	0.178 m ³
	H A 当 り 蓄 積	474 m ³	305 m ³
地 況	傾 斜	32° / 10 ～ 40°	30° / 5 ～ 46°
	間 伐 面 積	2.00 ha	0.79 ha
施 方	伐 採 率	本数率 40 %, 材積率 31 %	本数率 23 %, 材積率 11 %
業 法	伐 採 木 の 状 態	普通材 3 m	普通材 3 m
作 業 員	構 成 人 員	運転荷おろし 1 人, 荷積み 2 人	運転 1 人, 荷おろし 1 人, 荷積み 1 人
	副 作 業 人 員	架設人工 27 人, 撤去人工 6 人	架設人工 12 人, 撤去人工 3 人
供 試 機 械	発 動 機	ヤンマーディーゼル 110 型 10 PS	ヤンマーディーゼル N 15 型 13 PS
	集 材 機	南屋 KK 複胴直引能力 1,000 kg	長崎鉄工所複胴直引能力 1,300 kg
	循 環 索	6 × 19 o / o 12 m/m 1,000 m	6 × 19 o / o 12 m/m 500 m
	引 締 索 及 び 控 索	6 × 19 o / o 9 m/m 300 m	6 × 19 o / o 9 m/m 350 m
	リ ー ド ロ ー プ	ナイロンロープ 1,000 m	ワイヤロープ 6 × 19 o / o 6 m/m 500 m
	川 口 式 ジ グ ザ グ 滑 車	69 個	20 個
	ス ナ ッ チ ブ ロ ッ ク	3 個	3 個
	ヒ ー ル ブ ロ ッ ク	2 個	2 個
	川 口 式 荷 吊 り 金 具	60 個	30 個
	荷 縛 索 (クサリとワイヤロープ)	60 本	30 本
機 械	イ ン タ ー ホ ー ン	1 組	1 組
	張 力 計	T-5 張力計 1 台	T-5 張力計 1 台
	そ の 他	クリップ, クランプ, クランパー等	クリップ, クランプ, クランパー等
索 張 り 方 式		モノケーブル調整型 (ヒールブロック使用)	左と同じ
循 環 索 の 総 延 長		911 m	390 m
搬 送 区 間 の 支 間 距 離		12.7 m / 0.8 ～ 32.3 m	21.6 m / 4.0 ～ 51.0 m
搬 送 区 間 の 支 間 傾 斜 角		最大 39°	最大 40°
搬 送 区 間 の 最 大 内 角		120° (変向角 60°)	110° (変向角 70°)
搬 送 区 間 の 最 小 内 角		80° (変向角 100°)	80° (変向角 100°)
循 環 索 の 最 大 張 力		1,300 kg	1,300 kg
吊 り 荷 の 間 隔		20 ～ 25 m	35 ～ 40 m
荷 か け 方 法		2 点吊り	1 点吊り

支間距離（ジグザグ滑車の取付け間隔）は20～25mを標準とし、谷渡しの場合は障害がなければ60mでもよい。

循環索の内角は90～120 度（変向角90～60度）の範囲とする。

支間傾斜角は最大40度を目安とする。

峯越し作業もできるこの場合は頂上に水平路線をとること。

支柱には必ず控索2本以上を取る。

ジグザグ滑車の取付け位置は高すぎても低すぎても作業がやりにくくなる。長材、または大径材が搬走中地上に接しない程度の高さとするが、概ね地上2mの高さを基準とする。荷が滑車地点通過に、その先端が支柱に触れないようにするため、支柱の台付けロープ取付部からジグザグ滑車のシャックル部までの間かく70～100 cm位がよい。

3) 路線の幅員と支障木の範囲

単線式循環式軽架線作業では、残存木に損傷を与えないように注意し、支障木は極力少なくすることが必要である。

2点吊りの場合、直線部分については最小限度荷の幅と横ゆれの分を循環索の周辺に左右1m見込んでおけばよいが、ジグザグ滑車によって循環索が屈曲する部分は、材の長さ、荷吊り位置、内角の大小などによって支障木の区域は異なる。

集材区域で生産される材の最長のものを基準にしてスリングをかける位置を図-1の下図のように定めておくこと。（全幹材も同じ）

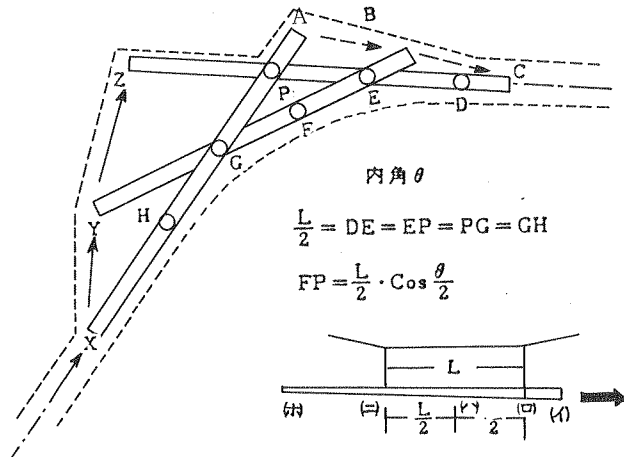


図-1

前端部（イ）は前方の吊り点（ロ）がP→E→Dと移動すると、A→B→Cと移動する軌跡を描く。このとき、後尾部（ホ）は後方の荷吊り点（ニ）がH→G→Pと動くにつれて、X→Y→Zを通る軌跡を描く。

内側は、2本の吊り索の中間点（ハ）が内角 θ の2等分線上にきたときの点Fを通り、LDPHに接する弧となる。

しかし、現場での設定を容易にするには、曲線や弧とせずX・Y・Z・P・A・B・C・D・F・Hを直線で結び、横ゆれ、前後ゆれ、荷の幅を若干余裕を見ることによって十分カバーできる。

4) ジグザグ滑車の取付け

滑車の取付けを終えると循環索を緊張して、滑車に添木として腕木を図-2のように取付ける。これは荷の重量が70kgを超えると、ジグザグ滑車のシャックル部分、滑車を通過するとき上下の振動が生じ、脱索を起す危険があるので、これを防止するための処置である。

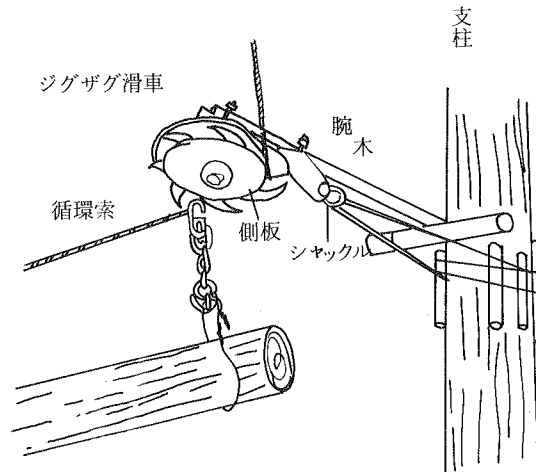


図-2

(2) 撤去作業

- ・ ヒールブロックをゆるめ、循環索がゆるむと索継ぎたした分部を切断し、エンドレスドラムを回転させながら循環索を撤収する。
- ・ ジグザグ滑車の取りはずし、控索のとりはずし撤去する。
- ・ 盤台の解体及び制動機また集材機の分解撤去する。

(3) 架設、撤去作業工程

架設、撤去作業は、3人組で行い、架設、撤去作業の工程は表-2のとおりである。作業現場により多少の差はあるが、1人1日の架接工程は、金砂町小川山試験地32.5m、富郷町寒川山試験地33.7mで、撤去作業の工程は金砂町小川山試験地130m、富郷町寒川山試験地151.8mであった。

100mあたり架線人工数は3.0～3.1人役、撤去人工数は0.7～0.8人役程度である。

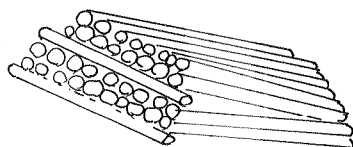
表－2 架設，撤去，作業工程表

作業区分	試験地	伊予三島市金砂町小川山	伊予三島市富郷町寒川山
架 設 延 長		911 m	390 m
路 線 測 量		3 人役	1.7 人役
集 材 機 の 設 置		2 人役	2 人役
ジグザグ滑車の運搬		3 人役	1 人役
当 て 木 作 り		1 人役	1 人役
ジグザグ滑車取付け		滑車 69 個 11 人役	滑車 20 個 3 人役
循 環 索 張 り		2 人役	0.8 人役
腕 木 取 付 け		3 人役	1.5 人役
控 索 取 付 け		2 人役	1 人役
計		27 人役	12 人役
1 人 1 日 当 り 工 程		33.7 m	32.5 m
撤 去 作 業		5 人役	2 人役
集 材 機 の 撤 去		1 人役	1 人役
計		6 人役	3 人役
1 人 1 日 当 り 工 程		151.8 m	130.0 m
100 m 当り架設人工数		3.0 人役	3.1 人役
100 m 当り撤去人工数		0.7 人役	0.8 人役

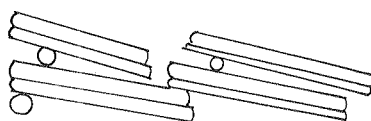
3 機械の性能及び集材作業

(1) 作業の方法

- ・ 木寄せし易い索張り，索張りし易い伐採というように，次の作業の能率を考えて作業することが大切である。
 - ・ 集材路線上の伐根はできる限り低く伐り，荷のひっかかりを防ぐ必要がある。
 - ・ 木寄せ場所は循環索の直下に集材して積込場を数か所作る。
- 2 段から 3 段に横木を入れ荷積場を作る。また，重ね積みを作ると作業能率がよい。



(重ね積み)

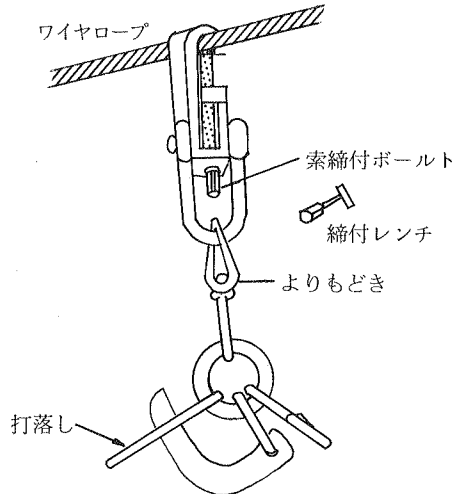


- ・ 積載量は荷 1 荷の重量は 300 kg 以下とする。(循環索 12mm)
- ・ 荷の間隔は 30～40m とする。荷重量の均等化をはかること。

- ・ 循環索の走行速度は毎分15m位とする。
- ・ 荷は2点吊りとする。ただし1点吊りも可能。
- ・ 循環索の張力は搬走時1,000 ～1,500 kgとする。
- ・ 作業仕組は3人組で運転，荷おろし作業1人，荷積み作業2人で行うのが効率的ある。
- ・ 各作業間のムラやムダを除くため，木寄せ作業は全員で行い，その後搬出作業に入る。
作業が単純化され労働の安全性を増す。

(2) 荷吊り金具取付け

循環索に引掛け，ボルトで締付け固定する。荷吊り金具は，図－3のように循環索に荷掛けの都度，専用の締付工具で固定するため，支間傾斜角が40度の急勾配に設定されてもスリップにとまらぬ危険が全く起こらない。さらに荷吊り金具の破壊テストの結果1.89トンが極限であって，通常の荷が1トンになっても金具の強度の上では心配がないと思われる。



図－3

(3) 荷掛け方法

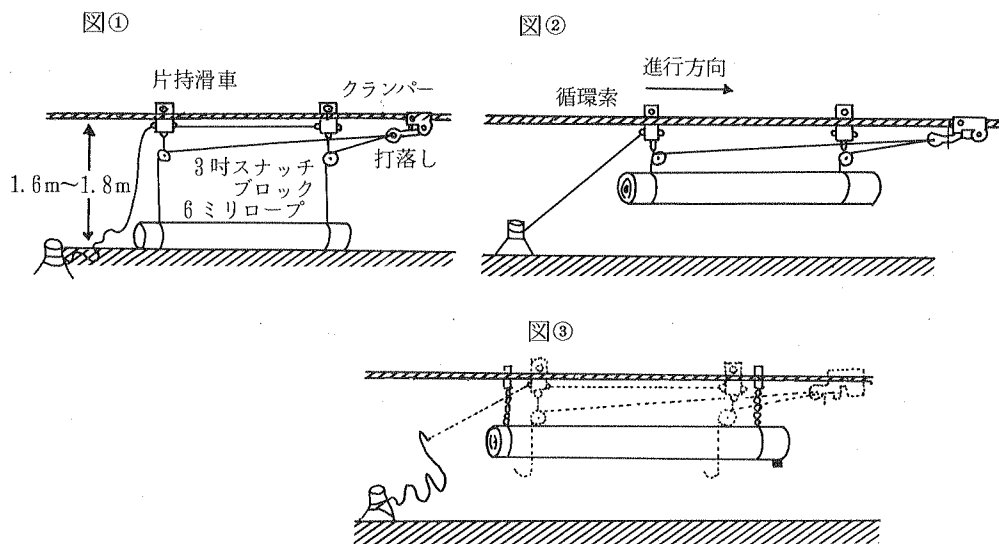
図①②③は荷掛けを容易にするため，片持滑車2個を利用して荷を吊り上げる要領を示したものである。

荷掛け場所は循環索の高さ1.6 ～1.8mの高さに設定しておく。

図①片持滑車（3吋スナッチブロック付）を循環索に引掛けクランパーを進行方向に仮締めしておき丸太を2点で縛る。

図②循環索を搬走方向え130 ～150 cm進行させて停止する。

図③荷吊り金具2個を循環索に固定し，仮締めクランパーを打落し，片持滑車を取りはずす。



(4) 搬出作業のパターン

荷積み作業と荷おろし作業の作業仕組は、表-3の作業時間分析表のとおりで、この試験は金砂町小川山で調査した。

荷積み作業時間調査は47回の測定、荷おろし作業時間調査は21回の測定を行い、平均値である。1台の平均積載量はスギ3 m材、7.8 本で材積は0.285 m³ であった。

表-3 1サイクル当りの荷積み、荷おろし作業時間分析表

荷 積 み 作 業	作 業 時 間	荷 お ろ し 作 業	作 業 時 間
荷 吊 り 滑 車 取 付	分 15 秒	運 転	1 分 07 秒
荷 造 り	2. 11	荷 お ろ し	41
荷 吊 り 索 巻 付 け	48	吊 り 金 具 は づ し	31
ク ラ ン バ ー 取 付 け	13	土 場 整 理	2. 11
巻 き 上 げ	10	荷 吊 り 作 業 運 転	15
吊 り 金 具, 吊 り 索 巻 付 け	1. 16	荷 吊 り 索 整 理	18
ク ラ ン バ ー は づ し	10	待 ち 時 間	27
待 ち 時 間	26	作 業 準 備 エ ン ジ ン 始 動	34
荷 吊 り 索 整 理	2	作 業 打 合 せ	9
積 込 場 移 動	56	荷 吊 り 索 運 搬 (人 肩)	21
木 寄 せ 作 業	7		
計	6. 34	計	6. 34

(5) 集材工程調査結果

1 サイクル当りの集材工程は表-4 のとおりである。金砂町小川山試験地は集材土場が間伐林地の中腹よりやや下にあり、最上部から2方向に右回りの搬出距離539 mで最初は下り勾配で途中から登り集材となる。左回りの搬出距離375 mで下り集材で行う。作業組員は3人組で(集材機の運転と荷おろし、土場整理作業1人、荷積み作業2人)で行う。

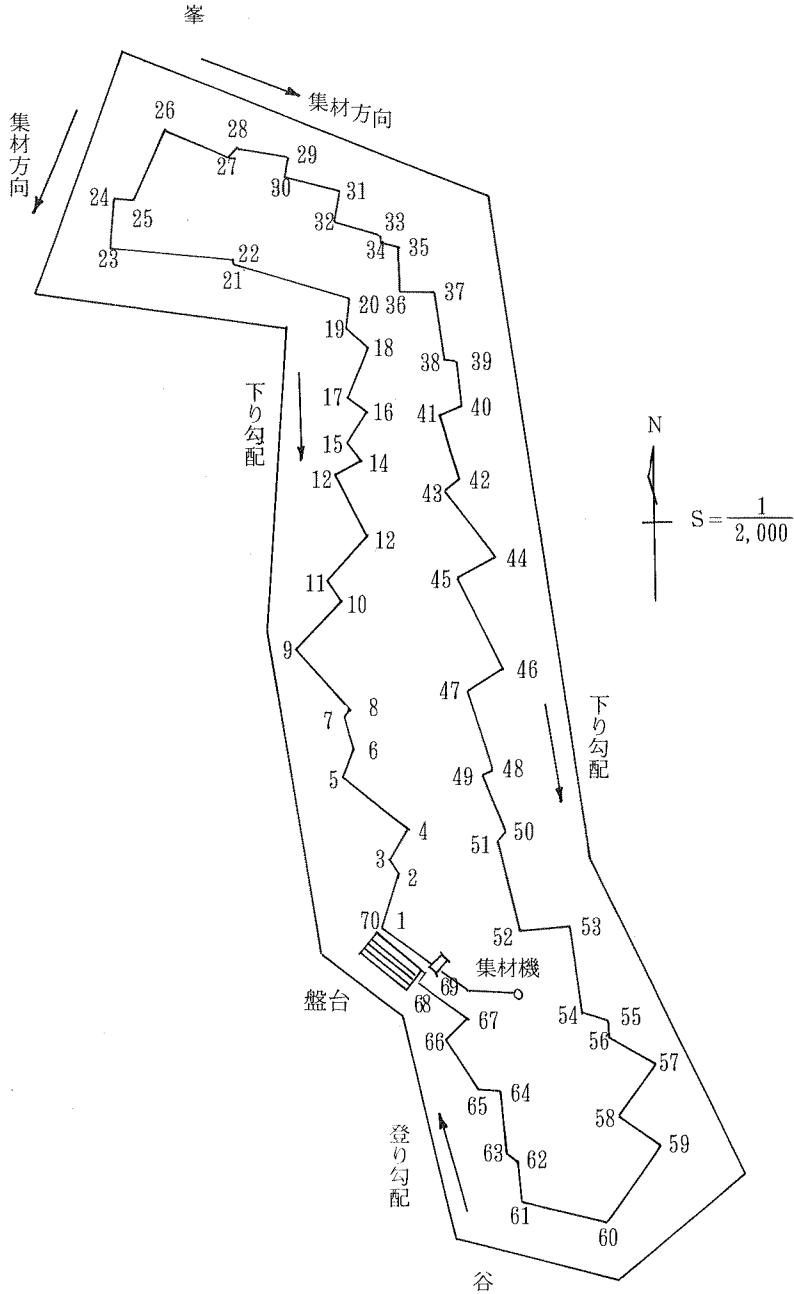
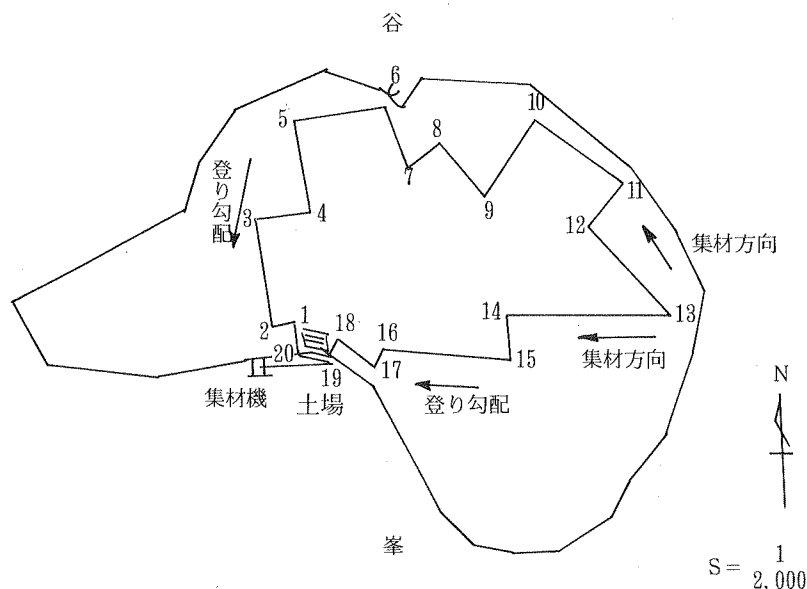


図-4 伊予三島金砂町小川山搬出試験地平面図



図ー5 伊予三島富郷町寒川山搬試験地平面図

富郷町寒川試験地の集材は、間材林地の最下部から2方向に右回りの搬出距離261 m、左回りの搬出距離127 mで2方向とも登り集材で行う。作業組員は3人組で（集材機の運転1人、荷積み作業1人、荷おろし、土場整理1人）で行う。

両試験地とも木寄せは、集材前に架線下まで人力で行い、木寄せ範囲は30m以内である。また、機械集材もできるが、間伐小径材の場合は人力作業が効率的である。

荷の1荷重量は300 kg以下として、金砂町小川山試験地は、荷の間隔は20～25mで、循環索の搬走速度は毎分15mで荷は2点吊りとした。1サイクルの集材量は 0.285 m^3 で、1日の作業工程は 15.675 m^3 、1日の集材回数は55回で1人1日当りの作業工程は 5.225 m^3 であった。

富郷町寒川山試験地は、荷の間隔は35～40mで、循環索の搬走速度は毎分22.4mで、荷は1点吊りとした。1サイクルの集材量は 0.211 m^3 で1日の作業工程は 13.720 m^3 、1日の集材回数65回で1人1日当りの作業工程は 4.570 m^3 であった。なお今回は、調査事例が少なく、作業工程を予測することは、非常にむずかしい。したがってここで示した工程は、事例による実績工程として揚げたものである。

表－４ １サイクル当り集材工程調査表

試 験 地		伊予三島市金砂町小川山		伊予三島市富郷町寒川山	
区 分		作業時間	%	作業時間	%
作業 別 所 時 間	荷 積 み	2 分53秒	43.9	2 分02秒	36.8
	運 行	1.07	17.0	1.47	32.2
	荷 おろし	41	10.4	25	7.5
	土場 整理	31	7.9	17	5.1
	積込場移動	56	14.2	46	13.9
	余裕 時間	26	6.6	15	4.5
	計	6.34	100	5.32	100
1サイクル当り集材量		7.8 本 0.285 m³		7.0 本 0.211 m³	
1 日 工 程		15.765 m³		13.720 m³	
作 業 人 員		3 人		3 人	
1 人1 日当り工程		5.225 m³		4.570 m³	
荷 の 間 隔		20～25m		35～40m	
1 日集材回数		55回		65回	

※ 1日の稼働時間は6時間とする

4 経済性の検討

(1) 川口式単線循環式軽架線によるスギ、ヒノキ25年生及び28年生の間伐材の搬出経費計算例。

例1 金砂町小川山試験地スギ、ヒノキ25年生。 m³ 当り搬出経費 2,010 円

1日当りの集材工程 (m³/日) を算出し、労賃、燃料、機械償却費、修理費等から次式で計算する。

$$K = \frac{C + F + H + I}{G} + J$$

K： m³ 当り単価 (円/ m³) 2,010 円

C：賃金 (作業員×単価) 8,000円×3人=24,000円

F：燃料費 (使用量×単価) 283 円

A 重油 3 ℓ ×80円=240 円

ギヤーオイル0.05 ℓ ×400 円=20円

グリス0.03kg×760 円=23円

H：機械償却費1,039,000 円×0.9 × $\frac{6}{3,500} \frac{H}{H}$ =1,603 円

$$I ; \text{修理費} \quad 1,039,000 \text{ 円} \times 0.75 \times \frac{6H}{3,500H} = 1,336 \text{ 円}$$

$$J ; \text{機材費} \quad 274 \text{ 円}$$

$$\text{循環索} \quad 12\text{mm} \quad \frac{202,000 \text{ 円}}{4,500 \text{ m}^3} = 45 \text{ 円}$$

$$\text{雑索} \quad 10\text{mm以下} \quad \frac{45,000 \text{ 円}}{3,800 \text{ m}^3} = 12 \text{ 円}$$

$$\text{ブロック支持金具類} \quad \frac{2,603,000 \text{ 円}}{12,000 \text{ m}^3} = 217 \text{ 円}$$

$$G ; \text{工程} \quad 15.675 \text{ m}^3$$

例2 富郷町寒川山試験地スギ，ヒノキ28年生。 m^3 当り搬出経費 2,171 円

$$K ; \text{m}^3 \text{ 当り単価 (円 / m}^3 \text{)} \quad 2,171 \text{ 円}$$

$$C ; \text{賃金 (作業員} \times \text{単価)} \quad 8,000 \text{ 円} \times 3 \text{ 人} = 24,000 \text{ 円}$$

$$F ; \text{燃料費 (使用量} \times \text{単価)} \quad 813 \text{ 円}$$

$$\text{軽油} \quad 7 \ell \times 110 \text{ 円} = 770 \text{ 円}$$

$$\text{ギヤーオイル} \quad 0.05 \ell \times 400 \text{ 円} = 20 \text{ 円}$$

$$\text{グリス} \quad 0.03\text{kg} \times 760 \text{ 円} = 23 \text{ 円}$$

$$H ; \text{機械償却費} \quad 1,435,000 \text{ 円} \times 0.9 \times \frac{6H}{45,000H} = 1,718 \text{ 円}$$

$$I ; \text{修理費} \quad 1,435,000 \text{ 円} \times 0.75 \times \frac{6H}{45,000H} = 1,431 \text{ 円}$$

$$J ; \text{機材費} \quad 133 \text{ 円}$$

$$\text{循環索} \quad 12\text{mm} \quad \frac{156,100}{4,500 \text{ m}^3} = 35 \text{ 円}$$

$$\text{雑索} \quad 10\text{mm以下} \quad \frac{47,000 \text{ 円}}{3,800 \text{ m}^3} = 12 \text{ 円}$$

$$\text{ブロック支持金具類} \quad \frac{1,026,900 \text{ 円}}{12,000 \text{ m}^3} = 86 \text{ 円}$$

$$G ; \text{工程} \quad 13.720 \text{ m}^3$$

(2) 収支

間伐事業全体の経費と収益は表－5のとおりである。

これを比率で示すと労務費は63.5%と60.5%を占め，機械，機材償却，燃料費2.6%と3.0%，間接費は19.7%と18.1%，トラック運賃は12.7%と14.8%を占めた。収益は13.3%と14.0%であった。前者は金砂町，後者は富郷町試験地とも収益を得た。

しかし、収益の半数以上（60～63％）が労務費で占められている。極力労務の省力化を図る必要がある。

表－５ 収支計算書

試 験 地		伊予三島市金砂町小川山		伊予三島市富郷町寒川山	
収支別	項 目	金 額	摘 要	金 額	摘 要
収入	木 材 販 売 代	1,317,602 円	材積 59 ㎥@2,233 円	618,352 円	材積 32.029 ㎥ @ 19,306 円
支出	選 木	50,000	賃金@ 10,000 円× 5 人役	27,000	賃金@ 9,000 円× 3 人役
	伐 木 造 材 費	248,000	〃 8,000 円× 31 人役	121,000	〃 11,000 円× 11 人役
	木寄せ集材費	184,000	〃 8,000 円× 23 人役	70,000	〃 10,000 円× 7 人役
	架設、撤去費	256,000	〃 8,000 円× 32 人役	110,000	〃 10,000 円× 11 人役
	機 械 償 却 費	27,922	修理費も含む	13,707	修理費も含む
	燃 料 費	2,028	重油、オイル、グリス代	2,446	軽油、オイル、グリス代
	雑 費	25,000		20,000	
	小 計	792,950		364,153	
	市 場 手 数 料	92,232	木材販売代金の 7 %	36,794	左と同じ
	市 場 整 理 費	35,400	㎥× 600 円	19,217	〃
	組 合 手 数 料	0	木材販売代金の %	0	〃
	労 災 保 険	94,464	128 円 / 1,000 円	41,984	〃
	トラック運賃	147,500	㎥× 2,500 円	80,072	〃
	小 計	369,596		178,067	
	合 計	1,162,546	1 ㎥当り経費 19,686 円	542,220	1 ㎥当り経費 16,929 円
差引		⊕ 155,056		⊕ 76,132	

V おわりに

川口式単線循環式軽架線集材法方は、間伐材搬出に理想的な作業方法であり、特に広範囲（間伐面積約 2 h a 以上）の集団地、急傾斜地、また大径材の間伐、択伐用集材に適する。しかし、特に小規模、小径木の間伐材搬出作業は効率的でなく、架設に多くの人工を要し、架設技術者の熟練を必要とする等問題点がある。

ただし、支間傾斜が急勾配（40度）で荷がスリップすることなく、この問題点は完全に解消された。

引用文献

沼田営林署：単線循環式集材運材作業指導書 技術開発報告 No.20

（1980・3）

越中貞蔵：川口式モノケーブル集材

機械化林業318号（1980・5）

辻 五郎：モノケーブル集材方式の改善・開発から スリーエムマガジン

No.236 （1980・11）

高橋護：白田金次郎：間伐における最適伐出方法の体系化に関する研究 山形県立林業

試験場報告 第14号（1984）