

# 列状間伐作業の三事例

林産部長 川村公慶

# 目 次

要 旨 .....	6
1. はじめに .....	6
2. 試験計画のあらまし .....	7
3. 伐木の工期調査 .....	7
(1) スギ20年生の3：1列状間伐 .....	8
(2) カラマツ21年生の2：1列状間伐 .....	9
(3) カラマツ25年生の2：1列状間伐 .....	10
(4) 伐採作業の反省と伐木費 .....	11
4. 木寄せの工期 .....	11
5. 集材の工期と作業の改善 .....	12
(1) 急斜地の軽トラクタ集材 .....	12
(2) 急斜地のジグザグ索道集材 .....	15
(3) 緩斜地の林内作業車集材 .....	19
(4) 集材方法別工期のまとめ .....	21
6. 集材方法別・距離別経費の算出 .....	22
7. 集材材積別、損益分岐距離 .....	29
8. 列状間伐後の問題点 .....	33

## 要 旨

間伐など保育作業が遅れているのは間伐収入以上の伐出経費を要するためと思われるので、伐採・集材とも普通間伐より能率的だとされる列状間伐と機械搬出の組み合わせにより工期をあげ、コストを節減する方法を検討したが、その結果は次のとおりである。

1. 列状間伐の選木は、一般的に列が揃っておらず、必ずしも容易でないが、列状伐採はかかり木が少なく、普通B種間伐と比べ、費用はスギ20年生では5%減少して1㎡当たり2,422円に、カラマツ25年生では32%減少して1,078円であった。
2. 列状伐採により木寄せ作業が容易になり、傾斜地では人力引落しが能率的で機械作業を検討する余地がなかった。
3. 軽トラクタ（10PS程度）や林内作業車（24PS程度）は緩斜地の間伐木集材に簡易に利用できる。軽トラクタに鉄板製王ぞりや軽自動車車軸を用いたトレーラを試作してけん引させ、300mの区間での木寄せ・集材の1日工期（7時間）は5.1㎡であり、材内作業車で列状伐採列を走行し、300m区間の木寄せ・集材の1日工期は8.3㎡で、また普通区の中に27m間隔で列状伐採した集材路300m区間の1日工期は7.1㎡くらいであった。
4. ジグザグ索道は急斜地の間伐材集材に利用した。距離300mでは延11.2人の架線人員を要するが、1日4人の7時間労働では19.4㎡の工期であった。
5. カラマツ間伐材を4.0m、1.8mに採材したときの1㎡当たりの丸太市場価格がおよそ11,000円であったので、試験結果の因子により集材の材積別、方法別に損益分岐距離を試算した。材積が25㎡のときは軽トラクタが有利でおよそ350mまで、50㎡では林内作業車が有利でおよそ650mまで、100㎡となるとジグザグ索道が有利で、およそ1,000mまで収益が見込まれ、材積が多くなる程、距離が長くなる程収益がよくなる傾向とみられる。

### 1 はじめに

本県では昭和20年代後半から民有林の造林が促進されたが、その初期の造林地は既に20年生余となっている。これらの造林地から間伐により収入を得、伐出の経費に充てたいとしている経営者が多いが、最近の間伐材など小径木の需要が少なく、また価格が低迷し、更に年ごとの労賃や機材費が高くなっているため、間伐を取り止める事例も多く見受けられる。

このため要保育林分が急増し、今後の保育上の大きな問題点となっているので、行政上からは間伐促進のための諸施策が行われている。一方、間伐材は、その形質や材質上から、材価の大幅な向上は期待できないと考えられるので、伐出経費を節減し、除間伐作業の工期の向上方法が望まれている。

このため、機械作業が行いやすいと考えられる列状除間伐作業法を採用し、諸種の伐木と集材方法並びに費用等を検討し、間伐促進の一助に資したいと考え、昭和48年度から50年度までの3年間実験を行ったのでその概要を報告する。

この研究は、総合助成試験事業の一環として研究費の国庫補助を受けたものである。

なお、この研究に当たって、間伐材が処分困難の折、心よく試験地を提供された県有林課、盛岡並び

に江刺農林事務所、岩手林業株式会社の諸機関と、実験に協力された次席専門技術員藤島明氏\*並びに県有林搬出受託者各位、及び3年間諸機械を無償で貸与された岩手富士産業株式会社に厚く御礼申し上げます。

## 2 試験計画のあらまし

間伐作業の要素は、大きく分けて伐採・小出し並びに集材の3つである。列状間伐は普通B種間伐に比べて機械化作業が行いやすく工期の向上が図りやすいと思われたが、間伐作業の工期と経費を分析した文献が少なかったため、間伐作業の3要素に分け、経費の積算を行い、また搬出距離の長短によっても経費の目算ができるよう、更に作業要素の分解を行うこととした。

また種々の列状間伐と機械集材作業の組み合わせにより間伐作業を実行し、更にその能率を高めるための工夫を行い、事後の作業の指針となるようとりまとめたことを考えた。

## 3 伐木作業の工期調査

間伐木の選定は、今まで寺崎式B種間伐が主体に行われており、林齢20年生頃は下層木、被害木、二又木、細長木、暴れ木などを対象として、弱度の間伐（本数率35～45%、材積率20～30%程度・河田氏）が実施され、更に数年おきに間伐を繰り返されて長大な主林木となり、皆伐に至るのが普通である。

しかし、間伐木の伐採は、樹齢が若く樹高が低いときには隣接木にかかることが少ないが、樹高が高くなるにつれて、かかり木となり、伐木の工期が著しく低くなることが想定される。

また間伐木の集材は、今まで人肩や馬力に頼っており、間伐林内に有効な幅のある直線的な集材路がないため、初回から最終間伐まで機械化が困難な実態であった。

このため、第1回の除伐や間伐を列状とすることにより、伐木の能率を高め、また畜力や機械力による集材を容易にし、第2回以後の伐出についても能率化が期待できるのではないかと考え、特に民有林に多い急斜地の間伐地で3回実験を行った。

その試験地の概要は表-1の左欄に示すとおりである。

残存列と伐採列の比については2:1、3:1、4:1、10:1等いろいろ考えられるが、樹齢に関係なく、樹種ごとの耐陰度や樹高の因子により残存本数を決定する本数密度管理にゆだねるのが適当と思われたので、スギ20年生の樹高8.9mでは3:1に、カラマツ21年生と25年生の樹高15～16mでは2:1として伐採を行った。

列状間伐の選木は機械的で容易なはずであったが、伐採予定の列に優勢木があったり残存木のあるべき所に雪害やつる被害などで穴があったりするので、なかなか選木しにくいことが多かった。

列状間伐は、手入れが行き届き、欠株がなく、樹高が揃っている林分ほど行いやすいようである。このため、直径階分布が狭いカラマツとか、スギさし木林のような直径差や樹高差の少ない林分ほど適しているといえる。

3回の列状間伐と普通B種間伐の伐採状況は表-1の右欄のとおりである。

---

\* 現林業水産部林業課勤務

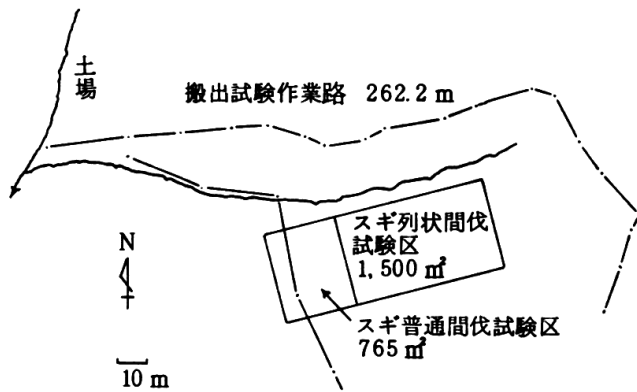
表一 1 普通・列状間伐試験地の間伐の状況

試験地	林況		作業方法			間伐		
						間伐		
	樹種	樹令	間伐区	面積	間伐方法	本数	材積	平均直径
盛岡市上米内 (48年度)	スギ	20年	普通区	756㎡	B種	2,156本	140㎡	12.2cm
			列状区	1,500	3:1	2,280	152	12.4
岩手町川口 (49年度)	カラマツ	21年	普通区	858	B種	1,259	142	11.9
			列状区	1,537	2:1	1,269	185	13.3
江刺市伊手 (50年度)	カラマツ	25年	普通区	2,730	B種	1,436	255	15.6
			列状区	2,520	2:1	1,536	257	15.1

(1) スギ20年生の3:1列状間伐

昭和48年度、盛岡市上米内県行造林上米内事業区の、面積 11.93 ha の中に、傾斜度25度の比較的凹凸の少ないスギ林を選び、3:1の列状区 1,500㎡と、また対照区として普通B種間伐区 756㎡を設定し、

毎木の伐採ごとに伐倒と玉切に分けて時間計測を行った。



図一 1 S 48 試験地平面図  
(盛岡市上米内県行造林上米内事業区)

普通区・列状区とも平均直径は12cm前後、平均樹高は 8.9 m であった。普通区の伐木方法はチェーンソーで伐倒後直ちに玉切を行ったが、列状区は能率向上を考えて一列ごとに谷側に倒しながら傾斜下部から上部に伐倒を進め、次いで上部から下部に玉切を行った。列状区は3列残ることとなるが、この中に細長木や被圧木で将来の生長見込みがうすいものもあるので、この際補正伐した。

表一 2 普通・列状間伐試験地の伐木作業時間

試験地	試験地の概要			出材材			
	樹種	間伐区	面積	試験地内総材積			
				樹種	長さ	本数	材積
盛岡市上米内 (48年度)	スギ	普通区	756㎡	スギ	2・3・4 m	50本	0.734㎡
				アカマツ	2・3・3.6	8	0.150
				小計		58	0.882
	"	列状区	1,500	スギ	2・3・4	185	3.702
				アカマツ	2・3.6	3	0.075
				小計		188	3.777
岩手町川口 (49年度)	カラマツ	普通区	858	カラマツ	3・4・1.8	138	2.117
	"	列状区	1,537	"	3・4・1.8	239	5.255
江刺市伊手 (50年度)	カラマツ	普通区	2,730	カラマツ	1.8・2.6・4	480	9.930
	"	列状区	2,520	"	1.8・2.6・4	598	15.450

の 状 況 ( ha 当 たり )							収量比数の変化 ( Ry )	
前	間 伐 木		残 存 木		間 伐 率		間 伐 前	間 伐 後
平均樹高	本 数	材 積	本 数	材 積	本 数	材 積		
8.9 m	476本	25 m <sup>3</sup>	1,680本	115 m <sup>3</sup>	0.22%	0.18%	0.72	0.64
8.9	807	50	1,473	102	0.35	0.33	0.73	0.60
14.7	606	36	653	106	0.48	0.25	0.80	0.58
15.8	397	41	871	144	0.31	0.21	0.83	0.70
16.8	593	62	850	193	0.41	0.24	0.91	0.72
16.5	563	77	1,004	180	0.36	0.30	0.91	0.76

この結果は表-1にみるとおり、普通区の間伐率は本数で22%、材積で18%、列状区の間伐率は本数で35%、材積で33%であった。

ha当たりの普通区からの出材材積は表-2でみるとおり12 m<sup>3</sup>で、その総作業時間は1,534分、1 m<sup>3</sup>当たりに換算すれば131分13秒であった。

また、ha当たりの列状区からの出材材積は25 m<sup>3</sup>で、その総作業時間は3,139分であったので、1 m<sup>3</sup>当たりに換算すれば124分42秒となり、約5%の工期の向上が認められた。

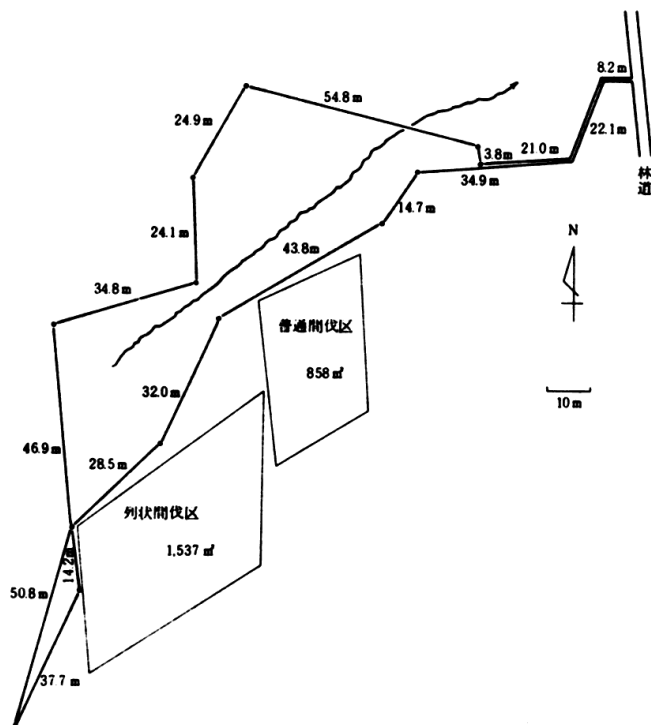
伐木の状況を見ると、平均樹高が8.9 mと低いこともあって、普通区内にあるアカマツなど特に太い木以外は、隣接木へのかかり木も少なく、工期の違いはさして見られなかった。

## (2) カラマツ21年生の2:1列状間伐

昭和49年度は岩手町川口字丸泉寺地内岩手林業株式会社が所有するカラマツ21年生のなかに、0.78 haの試験地を設けた。この試験地は平均傾斜度が30度前後あり、最近林業構造改善事業で林道が開設されたものの、それ以前は交通不便なため、下刈やつる切などの保育が十分行われず、林内には雪害による倒状枯損による空間があり、またつるがからんで一部に伐倒しにくい立木もあった。

積		作 業 時 間						
ha 当 たり		ha 当 たり			1 m <sup>3</sup> 当 たり			
本 数	材 積	伐 倒	玉 切	計	伐 倒	玉 切	計	直接経費
本	m <sup>3</sup>	分	分	分	分 秒	分 秒	分 秒	円
767	12	595'	939'	1,534'	50'54''	80'19''	131'13''	2,552
1,253	25	1,186	1,953	3,139	47'07	77'34	124'42	2,422
1,608	25	649	1,246	1,895	26'17	50'31	76'48	1,491
1,555	34	638	3,062	3,700	18'39	89'29	108'08	2,100
1,758	36	711	2,470	3,181	19'33	67'55	87'28	1,701
2,373	61	624	2,777	3,401	10'10	45'15	55'25	1,078

この中に比較的立木度の多い地域を選び、2 : 1の列状間伐区(1,537㎡)と、普通B種間伐区(858㎡)を設け、チェーンソーにより伐倒、枝払い、玉切を行ってその工期を比較した。



図一2 S49試験地平面図  
(岩手町川口丸泉寺)

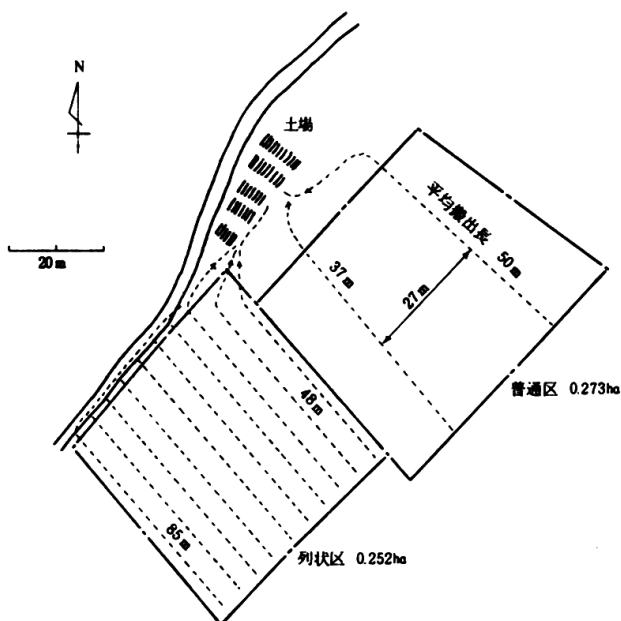
総作業時間は3,700分、1㎡あたりでは108分8秒となり、列状区は29%多く時間を要した結果となった。

この要因は普通区は被害木等も含めて伐木本数が多く、隣接木へのかかり木が少なかったことと、列状区では伐倒だけを先行して、あとから玉切を行ったため、カラマツの枝条が重なり、枝払い・玉切や木廻しに思いのほか時間が費されたからだと思われた。

### (3) カラマツ25年生の2 : 1列状間伐

昭和50年度には江刺市伊手字阿原山1の9、県行造林221林班地内に普通B種間伐区0.273ha、列状間伐区0.252haの試験地を設けた。樹種はカラマツ25年生で、平均直径は15.4cm前後、平均樹高は16.6m前後であり、緩い起伏のある12度前後の緩斜地である。

普通間伐区はカラマツ中、下層木を中心に伐倒と玉切を行い、積雪のため丸太が見えなくなるので数本ずつむかで見えなくなると伏せ状に木寄せをした。伐倒は選木した単木を1本ずつ伐倒し、直ちに玉切を行って伐倒、玉切、休憩、給油時間をそれぞれ計測した。



図一3 S50試験地平面図(江刺市伊手県行造林阿原山事業区)

列状間伐区は、列が不ぞろいのため2本おきに1本の伐採列をとるのが容易でなかったため、林分の両側に作業員を配置し、2本おきのおよそ5.4 mごとに見通しをつけてこれを伐採列とし、3.5 mの幅に伐開して2:1の列状区とした。また更に残存木の中から将来生長の見込みのない被圧木を補正して選木し、伐採した。

伐採作業は49年度は傾斜地のため列状区を下部から全部伐倒後上部から順次枝切りしたところ、枝が重なり思いの外時間を要したので、50年度は普通区と同じく単木ごとに伐倒したあと、すぐ枝払い玉切をした。

この結果は表-1にみるとおり、普通区の間伐率は本数で41%、材積で24%となったが列状区の間伐率は本数で36%、材積で30%となった。

ha当たりの普通区からの出材材積は、表-2でみるとおり36 m<sup>3</sup>で、その総作業時間は3,181分、1 m<sup>3</sup>に換算すると87分28秒であった。またha当たりの列状区からの出材材積は61 m<sup>3</sup>で、その総作業時間は3,401分、1 m<sup>3</sup>当たりに換算すると50分12秒であり、列状区は普通区に比べ63%の時間しか要しないこととなった。

伐木作業をみると、普通区は大半が伐採木が隣接木にかかり木となり、列倒後根元を引き寄せ倒すなど労力と時間が多くかかっていたが、列状区は伐採列が真直ぐなのでかかり木は少なかった。枝払い、玉切は普通区、列状区とも同じような条件にみえたが、列状伐採して歩き固めた雪のうえを歩いたので、幾分工期のうえで利があったように思われる。

#### (4) 伐採作業の反省と伐木費

伐採を列状とすることにより、伐採時間の減少と1 m<sup>3</sup>当たりの経費節減がみられる。また、列状伐採でも、1列全部の伐倒後玉切を行うと枝が交差し玉切時間が多くなる傾向なので、1本ごとに伐倒後すぐ玉切する必要がある。

列状区と普通区の伐倒時間の比較では、スギ20年生ではほとんど差がなかったが、カラマツ21年生では、普通区は列状区よりも41%多く、カラマツ25年生では92%も多くなっている。

伐木作業員の感想でも、列状間伐は伐木がしやすく、非常に好ましいとしているようである。

一方玉切の工期は、さきに述べた理由でカラマツ21年生では列状区が普通区より77%多かったが、改善の結果カラマツ25年生では列状区は普通区に比べて33%も減少し得た。

1 m<sup>3</sup>当たりの伐木時間は、列状区も普通区も樹齢が高く直径が太くなるに従って大幅に減少し、20年生スギが130分前後を要したのに、25年生カラマツが55~80分前後となっている。

チェーンソー作業員1日の賃金を7,000円とし、1日6時間の実働時間とすれば、1 m<sup>3</sup>当たりの伐木の直接経費はスギ20年生間伐で2,500円前後、カラマツ25年生では普通B種間伐で1,701円、列状間伐で1,078円となった。

## 4 木寄せの工期

昭和49年度岩手町川口において、試験区下部に設置予定の索道付近までの木寄せ時間をはかった。

間伐材試験地から生産される丸太は、長さが3 m・4 m、未口径が平均12 cm前後で、最高重量500 kgくらいでそう重くなく、また山腹の勾配が約30度前後で積雪もあったこと、木寄せ距離が最長40 m、平均



20m前後であったことなどで、列状区1列の木寄せ材積が、0.482 m<sup>3</sup>～1.391 m<sup>3</sup>の範囲では21分から35分でトビによる人力木寄せを終了しており、これに代るべき能率的な機械木寄せの方法が見つからなかった。

表一3 間伐区別木寄せ時間

49年度 岩手町川口

区 別	列	最 長 距 離	材 積	人力木寄 時間	1 m <sup>3</sup> 当たり	1 m <sup>3</sup> 当経費
列状区	1	35	0.658 m <sup>3</sup>	22 分	33.4 分	398 円
	2	36	1.391	23	16.5	196
	3	37	0.637	30	47.1	561
	4	38	0.956	17	17.8	212
	5	39	1.131	35	30.9	368
	6	40	0.482	21	43.6	519
計			5.255	148	28.2	336
普通区		36	2.117	72	34.0	405

間伐材が太くなり、勾配が緩くなってくると、人力では容易でなくなる。緩勾配ではトラクタのウインチで引き、急勾配ではジグザグ索道の主索に鬼頭クリップを使用して、これに引き出しロープを取りつけ、動力による木寄せを行うとか、野猿による搬送が期待されるが、装置の設置時間

との勘案のうえで実行されるべきであろう。

列状区と普通区の木寄せ工期を比較してみると、列状区全体では5,255 m<sup>3</sup>の材積に対し148分を要しており、1 m<sup>3</sup>当たりでは28.2分であった。普通区は2,117 m<sup>3</sup>の材積に対し、72分を要しており、1 m<sup>3</sup>当たりでは34分となったので、列状区より20%多く時間を要している。

傾斜地でのトビを使つての木寄せは、列状区が搬出路も真直ぐなので、作業状況の観察でも割合容易なように見受けられた。

1 m<sup>3</sup>当たりの小出し経費を、作業1人1日の賃金を5,000円として試算してみると、列状区は336円普通区は405円であった。

## 5 集材の工期と作業の改善

間伐材伐出の採算をとる場合、チェーンソーによる伐採はおおよその見当がつけられるが集材経費は間伐地の傾斜とか距離により差があり、目算を立てにくいのが現状である。

このため、昭和48年度は狭い間伐林地内を自由に走行できる軽トラクタ（車幅1m前後）で急斜地集材を、49年度は1.5m幅伐開によってジグザグ索道による急斜地集材を、50年度は中型タイヤ走行の林内作業車（車幅1.6m）による緩斜地集材を試み、その工期と作業方法の改善点を見いだそうとした。

集材方法別の作業内容は次のとおりである。

### (1) 急斜地の軽トラクタ集材

昭和48年県行造林上米内事業区内で平均勾配12度、実距離270mの作業道を作り、小型トラクタにより集材工期を調査した。

軽トラクタは移動ウインチ（岩手富士産業KK試作ウインチ付ミニバックホー・CT-12H・1.3t・18PS・キャタピラ走行）と、ウインチ付軽トラクタ（コマツユニカ・WG-10型・0.6t・10PS・ウインチ付・キャタピラ走行・林業講習所備品）の2機種であった。

一般にトラクタは平地の場合自重と同重量の木材をけん引するといわれる。

この2機種のけん引力を調査したところ、岩手富士CT-12Hの車体けん引力は12度の下り勾配で1,000 kg、12度の上り勾配で800 kgであり、ウインチけん引力は12度下り勾配で600 kg、12度の上り勾配で500 kgあった。またコマツユニカの車体けん引力は12度の下り勾配で600 kg、12度の上り勾配で400 kgあり、またウインチけん引力は同じ下り勾配で400 kg、同じ上り勾配で300 kgあることが確かめられた。

#### ア、ミニバックホーによる作業道開設

伐採地から土場までは270 mあり、ワイヤロープによる地引きを行うと最終集材までに3～4工程となり、コストが高くつく見込みとなったので列状間伐地の下部まで作業道を通し、トラクタによって1工程で土場まで結びつけるよう、さきの岩手富士製CT-12Hにバックホーを取りつけ作業道を開設した。

傾斜が25度もある斜面を走行するので、最も簡易な作設方法として、斜面の上をバックホーにより掘削して谷側に土砂を捨て、両キャタピラが水平に進み得るようにし、中央の高い部分を排土板で排土する方法を考えた。

試験地での開設工程は、抜根や掘削土量の違いもあるが、路幅1.5 mでは1日70mであった。

#### イ、ミニバックホーによる集材工程

ミニバックホーウインチ付(CT-12H)を利用し、間伐材を積載した鉄板製玉ぞりをけん引させて集材工程を調査した。

ミニバックホーのキャタピラ駆動は油圧によるもので、時速は最高1.6 km(分速26 m)と遅く、けん引用としては用いられないものであったが、けん引力が強いので試用した。

これに従事した労務者は積込2人、運転1人計3人で、積込場、卸し場では3人とも積込、卸作業を行った。

鉄板製玉ぞりは図-5のとおりで、盛岡市下厨川岩脇鉄工所で製作したものを利用したが、重量が重く操作が困難だったので、試験地を包含した上米内事業区の伐出受託者高江長五郎氏のものを借用した。

玉ぞりには間伐材が1回15本から54本、平均0.61 m<sup>3</sup>を積載したので、荷締器で締めても材の抜けが多かった。このためチェーン8本の先にカスガイをつけた、たこ足状の抜け止めを高江氏から借り、地面に触れる丸太の8本にカスガイを打ちつけ、更に荷締器で締める方法をとった

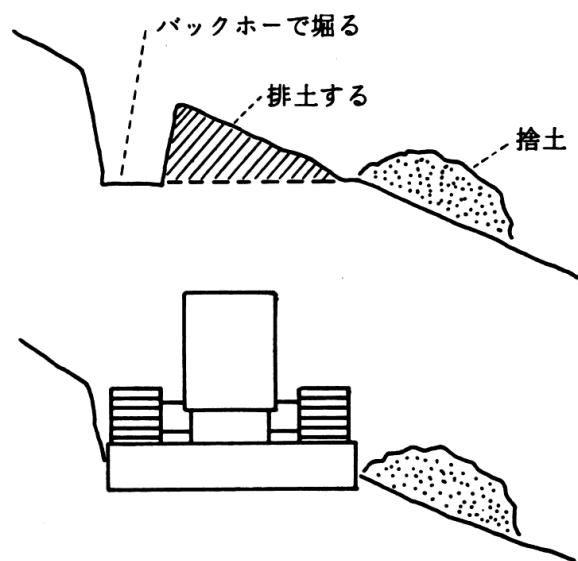


図-4 バックホーによる作業道作り

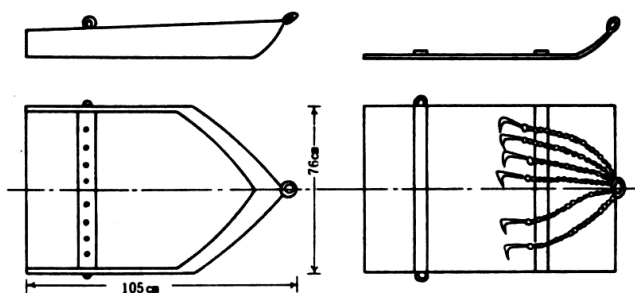


図-5 鉄板製玉ぞり

ところ、抜けの心配がなくなった。

ミニバックホーは車体が軽いうえに玉ぞりと長尺の丸太が一体となつてがっちり地面に食い込んでいるので、作業道の急カーブや荷卸し場では、バックホーを再三後退し方向転換をしないと廻り切れなかった。

この結果、集材1サイクルは間伐材小集めと積込みに平均17分47秒、搬送に15分41秒（搬走速度17.7m/分）、卸しに5分14秒、逆走に22分56秒（逆走速度11.8m/分）、計61分38秒を要した。

#### ウ、コマツユニカによる集材工期

同上の区間でコマツユニカWG-10型を利用し、同様に鉄板製玉ぞりをけん引させて集材工期を調査した。

エンジンは10PSで、ギヤにより減速し、キャタピラに伝導して駆動する構造であり、時速は最高14.9km（分速248m/分）となっている。車体後部にウインチ1箇を装備したので簡単な木材の引き寄せ作業ができる。車重はミニバックホーの2分の1以下の0.6tと軽い。ホイールやキャタピラが弱いので作業中時折ホイールのねじれ、脱輪などの故障が発生した。

玉ぞりによる集材は、ミニバックホーと同じく、急カーブでは2～3回往復して方向転換を凶らないと玉ぞりのけん引ができない状態であった。

走行装置の構造の違いから、直線区間ではスピードアップができるので、1回平均0.55m<sup>3</sup>を積載して、集材1サイクルは間伐材小集めと積み込みに平均19分57秒、搬走には10分56秒（搬走速度24.8m/分）、卸しに5分39秒、逆走に7分33秒（逆走速度35.8m/分）、計44分2秒を要した。

1回当たりの集材材積はミニバックホーより若干少ないものの、搬走や逆走速度が早かったため表-4のとおり、1日当たりの集材材積は幾分勝った結果となった。

しかし、このコマツユニカは昭和40年度に購入したが48年度には既に生産中止となっており、部品の補充は困難となった。

ミニバックホーとコマツユニカの集材時間観測を基として、集材距離別に、1日7時間の稼働とした場合の、1日当たりの集材材積は表-4のとおりとなる。

表-4 軽トラクタの距離別1日当たり集材材積

スギ20年生間伐木 48年度上米内事業区

使用機	距離	1回当 搬出材積	集材-サイクル時間					7時間 当回数	1日当 搬出材積	摘 要
			積 込	搬 走	卸 し	送 走	計			
岩手富士 CT-12H (鉄板玉ぞり)	50	0.61 m <sup>3</sup>	17'47"	2'49"	5'14"	4'14"	30'04"	13.7回	8.3 m <sup>3</sup>	速度
	100	"	"	5'39"	"	8'28"	37'08"	11.3	6.9	搬走
	200	"	"	11'18"	"	16'57"	51'16"	8.2	5.0	17.7m/分
	300	"	"	16'57"	"	25'25"	65'23"	6.4	3.8	逆走
	500	"	"	28'15"	"	42'22"	93'38"	4.5	2.7	11.8m/分
コマツユニカ WG-10 (鉄板玉ぞり)	50	0.55	19'57"	2'00"	5'39"	1'19"	28'55"	15.7	8.6	速度
	100	"	"	4'00"	"	2'48"	32'24"	13.9	7.6	搬走
	200	"	"	8'01"	"	5'35"	39'12"	11.1	6.1	24.8m/分
	300	"	"	12'01"	"	8'23"	46'00"	9.6	5.3	逆走
	500	"	"	20'10"	"	13'58"	59'44"	7.3	4.0	35.8m/分

## エ、軽トラクタによる間伐材集材の問題点

狭い間伐林の中を集材するためには、車幅の狭い車輛が要求されるが、小型ほど重量が軽く、けん引量は減少する。

車輛そのものは30度前後の勾配まで登坂できる性能を有しているが、横方向の傾斜に弱く、10度前後でも伐根に乗り上げたり、けん引を行う場合には、車輛が倒れるおそれがあるので、バックホーなどにより山側の土を掘り、両キャタピラを水平に安定させないと山地を安心して走行できない。

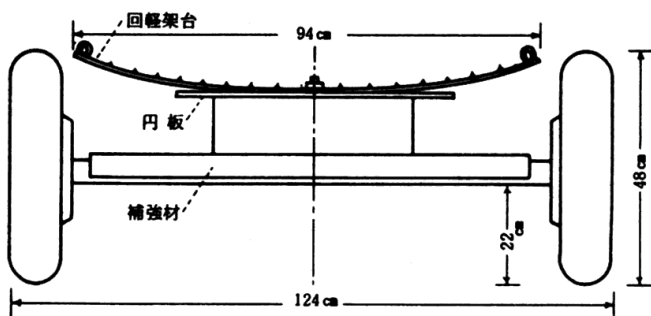
また実験の結果、作業道に逆勾配があると著しくけん引量が少なくなり、2分の1ほどに玉ぞりの積載量を減らした例もあった。

なお、玉ぞりに代り、急カーブでも方向転換が楽に行えるよう、車バツを製作した。車軸にデフがなく、前記2車輛に見合う大きさとして、ホンダ軽自動車の後車軸を利用し、車軸に回転架台を

取りつけたところ、カーブの走行は非常にスムーズであった。(製作費23,000円)

車輛のけん引量を増すためには、車輛の後部に回転架台を作り丸太の一端を乗せるとよい。車輛の重量が増加し、地面との粘着係数が高くなって積載量が増えるほか、材の抜けを防ぐ効果が大いと思われる。

既に数社からこのような構想のもとに小型車輛が市販されているので、その作業上の参考に資し



図一六 ホンダ車軸利用回転架台付トレーラー  
たい。(付表参照)

## (2) 急斜地のジグザグ索道集材

前年度において幅90cmの船首型の鉄板製玉ぞりを製作し、CT-12ウィンチにより平均距離110m、平均勾配20度の区間でエンドレス地引き集材を試みたところ、積載量は平均0.55㎡で往復時間は14分13秒であった。

この作業には積込2人、運転1人、卸し1人の計4人が従事したが、100mの集材距離に換算すると往復時間は13分51秒であり、1日7時間作業では30.3回運行し、16.7㎡を集材したので、前年度の小型トラクタの集材工期より2.2倍も能率的であり、かつ起伏の中で凹地を選び、直線状に搬出すれば作業道が不要であると考えられた。

これは搬送が毎分46.5m、逆走が毎分144mと軽トラクタとは比較にならない速度が得られたからである。

この地引集材は、直線的な路線に限られる上に土場までの集材が3～4工程となり、全体的な工期が著しく低下するので、エンドレス索架線による地引集材の特徴を十分に生かすためには、ジグザグ集材によるほかないと考え、昭和49年度は岩手町川口字丸泉寺地内岩手林業株式会社の所有林、カラムツ21年生、30度前後の傾斜地に試験地を求めた。

ジグザグ索道は某メーカーの呼称であり、正式には単線循環式索道と呼ばれるべきであるが、索道の特徴をよく表わしており、分りやすいので以下ジグザグ索道という。

既に欧州ではラッソーなどの方法が発明されていたが、日本の実態に即して実用化したのは元青森営林局技官（現農林省林業試験場勤務）巻田源久氏である。

#### ア、架線の工期

間伐材集材用に、主索は10mmのワイヤロープでも鼻上げ地引き方法で十分と思い、その問題点と工期を調査するため、次のようにジグザグ架線を行った。（図－2 参照）

使用主索：6×19 0/0 10mm

架線総延長：551.7 m（斜距離総延長）

使用滑車：金崎式9インチ、南星式9インチ、岩手式12インチ、計18箇

支間斜距離：最大55.8 m、最小3.8 m

ウインチ：岩手富士KK製 CT-12H（18PSウインチ付）

完全に空中搬出の場合、ジグザグ索道の安全計算書は下記のとおりである。

主索破断強度：B = 5.50t 単位重量P = 0.364 kg/m

中央垂下比：s = 0.03 安全率N = 3

(1) 主索の破断強度  $B' = B \times 0.8 = 4.400 \text{ kg}$ （ショートスプライス）

(2) 滑車の摩擦係数  $F = 0.01$

(3) 主索の張力  $T = \frac{B'}{N} = \frac{4.400}{3} = 1,467 \text{ kg}$

(4) 最大スパン  $L = \frac{B' \cdot 8 \cdot s}{N \cdot P} = \frac{4.400 \times 8 \times 0.03}{3 \times 0.364} = 967 \text{ m}$

(5) 荷重計  $nw = P(L - \ell) = 0.364(967 - 54.8) = 332 \text{ kg}$

(6) 摩擦力  $F = \sum \mu T = (0.01 + 0.01) \times 1,467 = 29 \text{ kg}$

(7) 自動運搬可能勾配  $\sin \theta = \frac{F}{nw} = \frac{29}{332} = 0.08735$

三角函数表より 5度

(8) 一荷の許容荷重（2荷の場合）  $W = \frac{nw}{n} = \frac{332}{2} = 166 \text{ kg}$

（1荷の場合）  $W = \frac{nw}{n} = \frac{332}{1} = 332 \text{ kg}$

架線は図－2にみるとおり、試験地ばかりでなく、沢の両側にある間伐木も集材するため、また木寄せ材の集材に便利で、間伐林の下縁を通るように架線位置を設定した。支柱は地形の凸部にあり、しかも直径が太いカラマツを選び、主索の偏向角が20度～60度以内、また支間距離が20～50 mに収まるよう目測して、エンドレスに索張りした。支柱の作設作業は現地で調達した簡単な2 mのはしごを支柱に立てかけて足場とし、高さ3～4 mくらいの位置に、立木保護具を取り付け、台付けロープで滑車と控え索を結びつけた。

立木保護具はガスパイプを40cmに切断して中に針金を通し、これを4～5本並べてその両側に2本の自転車のチューブで連ね、針金で結びつけたものである。

この立木保護具の取付けが簡単なため、この取り付けの実所要時間は3～6分、平均4分17秒の

短時間で済ますことができた。

控索の取り付けは、立木の太さの割に主索の張力が大きく、立木が倒壊する恐れがあるので全立木に行った。伸線は最初5mmのリードロープを用い、3人で各滑車に通して、1周した後、ウインチのエンドレスドラムで引きながら10mmの主索を引き廻した。

ウインチは岩手富士製CT-12Hウインチ付きを用いた。

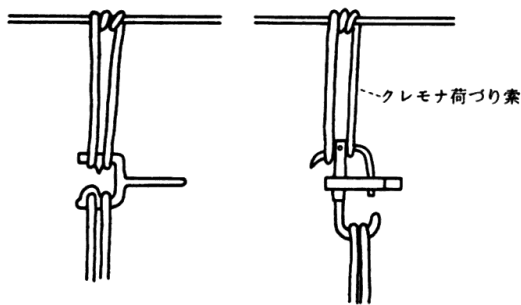
この結果、表一5にみるとおり、片距離276m、索延長551.7mの索張りとは試運転までの架線所要時間は、準備に延べ1,059分、ウインチ据付に341分、支柱及び張索作業に1,908分、点検に477分、試運転に290分、余裕時間に150分、合計作業時間は4,225分であり、1日7時間労働するとほぼ10人で架線することができた。この架線は全員が全くの未経験者ばかりであったので、習熟すると若干の工期短縮が期待できる。

表一5 ジグザグ索道架設作業時間観則 49年度岩手町川口 単位：分

作業区分	要素作業	作業員							備考	
		A	B	C	D	E	F	計		
勤実	準備	打合せ	25	25	5	20	20	25	120	F:研究担当者
		荷づくり	125	90		125	125		465	
		員数点検	23	23	8	15	15	23	107	
		踏査	52	52	52			101	257	
		測 量		55				55	110	
	計	225	245	65	160	160	204	1,059		
務働	据付	土場整理	21	21		21	21		84	
		インタホン取付		20		20	20	20	80	
		機械据付台作設	30	30					60	
		アンカースタンプ作り		30				30	60	
		据付作業	19	19				19	57	
	計	70	120		41	41	69	341		
時間	支張柱索伸ワイ	滑車の取付	211	211	211			211	844	
		索取付	160	160	65			160	545	
		線運搬	80	80		9	9	68	246	
		ワイヤ継ぎ	91	91				91	273	
		計	542	542	276	9	9	530	1,908	
間	点検	支障木伐採	116	137		67	67		387	
		張り上げ調整	30	30				30	90	
		計	146	167		67	67	30	477	
間	試運転	運転	50	50		50	50	50	250	
		手直し	8	8		8	8	8	40	
		計	58	58		58	58	58	290	
	実働時間計	1,041	1,132	341	335	335	891	4,075		
間	余裕時間	待機	14	14		14	14		56	
		休み・息ぬき	27	27	13			27	94	
		計	41	41	13	14	14	27	150	
	勤務時間合計	1,082	1,173	354	349	349	918	4,225		
除外時間	食事・食事休み	計	195	195	70	65	65	195	785	
			195	195	70	65	65	195	785	
	総時間	1,277	1,368	424	414	414	1,113	5,010		

イ、集材の工期

索道の荷づり装置は秋田県林試考案のものと奈良県林試考案のフックをそれぞれ50箇所ずつ前記の岩脇鉄工所で製作した。



図一七 荷づりフック

1.8 m丸太は3～4本、3～4 m丸太は1～2本ずつクレモナの荷づり索に結びつけ、一点づりで先端は鼻上げとし、他端は地面を擦りながらエンドレスドラムで巻き上げてけん引きした。一荷の重量は50kgから270kg、平均120kgくらいで、30m間隔で次々と発送したので、ウインチは荷卸場まで6～7荷の丸太をけん引したこととなる。

丸太の重量が大きく、主索を動かしながらの荷づり索の主索巻き付けが困難なので、インタホン

によりウインチ運転者に合図し、ウインチを止めて荷づりを行った。

30分ごとに集材の工期調査を行った結果は表一六のとおりである。

表一六 ジグザグ索道による間伐材集材実績

49年度・岩手町川口

測定区分	作業時間分	休憩時間	付帯作業時間	計	集材材積							
					3 m丸太		4 m丸太		1.8 m丸太		計	
					本数本	材積㎡	本数	材積	本数	材積	本数	材積
1	30	—	—	30	3	0.103	10	0.714	37	0.479	50	1.296
2	30	—	—	30	2	0.086	10	0.770	25	0.365	37	1.221
3	28	—	2	30	6	0.364	7	0.720	35	0.492	48	1.576
4	30	—	—	30	5	0.339	7	1.202	72	1.061	84	2.602
5	15	15	—	30	2	0.120	2	0.146	34	0.553	38	0.819
6	30	—	—	30	3	0.276	4	0.422	56	0.917	63	1.615
7	20	—	—	20	2	0.110	4	0.244	26	0.345	32	0.699
8	10	—	20	30	—	—	—	—	15	0.229	15	0.229
9	15	—	15	30	2	0.066	6	0.546	24	0.363	32	0.975
計	208	15	37	260	25	1.464	50	4.764	324	4.804	399	11.032
	1日6時間 360分	1日2時間 120分		計8時間 480分							690	19.592

最も集材量が多かったのは第4次目で、丸太84本の2,602㎡（1日当たり31㎡）を運搬した。この間滑車の移動、主索の緊張、スプライスなどの付帯作業が全くなかったこともあるが、1.8 mの丸太が多く、荷積みがスムーズだったことが大きな要因と思われる。

連送式のため荷積み作業が多忙で、息抜きの余裕が少なく、工期は荷積み如何に左右されるようである。

実働208分で11,032㎡を集材したので、1日8時間労働とし、付帯作業と休憩時間を2時間、実働6時間とすると、1日当たり690本、19,592㎡を集材できる予想であり、通常の皆伐小型集材機

作業に対比させても功程が高いと思われる。

なお、集材距離が長くなると、1日の運材量は若干低下するが、距離にあまり関係なく一定量の集材ができるものと推定される。

#### ウ、架線や集材上の問題点

伐間幅は約2mとしたが、傾斜地の集材では、スリングロープ取り付け反対側の間伐材の端が谷川に流れ、残存立木に衝突してブレーキとなり、しばしばクレモナロープの荷づり索が滑って切断された。

また、架線が低いところでは、重量が多い材は地面に大きく接触し、十分につることができず、これもクレモナロープ切断の原因になったので、伐間幅は場所により補正するとともに、架線の高さは材長以上に、十分にとる必要があった。

荷づり索は消耗品で、化繊ロープは滑車通過数40～110箇くらいで断線した報告(1)(2)があるが、約1週間の作業で200m巻き(2万円)のクレモナロープの半分を消費し、この経費の採算上に及ぼす影響は大きい。

このため垂鉛メッキを施した軟かい3mmワイヤロープを用いたが、滑りやすい欠点がある。

青森県大間営林署ではヒバの択伐木集材で6×Fi(25)0/0 12.5mmの主索を用い、未口60cm程度の大径木を搬送していたが、その荷づり索は6×19、0/0、6mmロープを用い、両側のアイスプライスは合金の圧縮止めとして、圧縮止機器と備えつけ、能率よく生産していた。

荷づり索は消耗品である以上、断線しにくく、しかも滑りにくい材料を探して今後も検討を要す事項であろう。

ちなみにこの択伐木集材では、120馬力大型集材機を動力とし、張力管理器を用いて主索の安全係数を4にとり、1往復1荷として1日約20㎡を搬送していた。

### (3) 緩斜地の林内作業車集材

昭和50年度の列状間伐試験地は、江刺市伊手県行造林阿原山事業区内に設けることができた。試験区内は1部に17～18度の傾斜地があるが、平均して12度前後なので、林内作業車による集材が効果的だと考えたので、岩手富士産業KK水沢工場の御好意により林内作業車T-20を借用し、狭い間伐林内の集材試験に供した。その主要諸元は次のとおりである。

#### T-20 主要諸元

機構の特徴：低圧タイヤ4輪駆動・車体屈折式

総重量：約2,800kg

速度：2.6km/h～13.9km/h (43m/分～232m/分)

登坂能力：35度

エンジン：24PS/2,500r.p.m. いすゞディゼル3気筒

ウィンチ：2ドラム、正逆4段変速

T-20の実用的なけん引力を調査するため平坦地黒ぼく土じょうの上で、力量計を用い4輪ともチェーンを付けた状態で駆動を行いその引張力を検定したところ、約1,200kgで車輪がスリップし始めた。また木材つり上げに多用する上部ドラムに10mmワイヤを半量巻き込んだ状態でウィンチの引張力を調



査したところ、約2,200kgで車体の前部が浮き上り、危険を感じたので計測を中止した。

#### ア、長距離パルプ材集材

間伐試験地の間伐木集材工程調査に先立ち局部的に15度近い勾配があり、4輪トラックでは走行が困難な平均勾配8度前後の作業道で、T-20を用い、距離435mの区間において、1回0.7m<sup>3</sup>の広葉樹パルプ材を後部につるして集材を試みた。

パルプ材をできるだけ多く、しかも高くつるためには、別途に台付けワイヤを用いるとうまくつるることができないので、大きいシャックルのボルトを抜きとり、シャックルの穴にドラムからのワイヤを通してアイスプライスを行い、数十本のパルプ材を巻いてシャックルに掛け、車体の後部に横抱きにつるすと能率的であった。

搬走速度の平均は毎分43.3m、逆走速度は毎分37.4mで、1サイクルの所要時間は平均で積込みが14分13秒、搬送が10分3秒、卸しが5分25秒、逆送は11分38秒、計41分19秒であったので、1日7時間稼動すると17.4回運搬し12.2m<sup>3</sup>の材を集材し得たこととなる。

T-20の馬力には十分な余裕があり、パルプ材の1日の集材量を増すためには、大きなトレーラーを用いれば1回当たりの積載量は増加するが、毎回の積載に手間どり、1日の運行回数が減るので、トレーラー2台の保有が必要と考えられた。

#### イ、間伐材集材

試験地は伐木調査と同じく江刺市県行造林阿原山事業区内のカラマツ25年生林で行った。平均傾斜度は12度で、積雪量はおよそ30cmであったのでタイヤにチェーンを装着した。

列状間伐区と普通B種間伐区の集材経路は図-3のとおりである。

列状間伐区は2:1の列状間伐を行ったので、その伐採列が集材線となり、およその幅は3.5mくらいと思われる。T-20の後にあるダブルウインチの上段ドラムには10mmのワイヤ(6×19、0/0)を、下段には8mmのワイヤ(6×24、G/O)を巻き、両方とも使用して林内に散在する間伐材を引き寄せ、搬走に当たっては4m材を走行方向に並べてウインチで元口を引き上げ、その上に2.6m材(りんごわい化栽培用支柱)と1.8m材(パルプ材)を横抱きにウインチで引き上げ積載した。その平均積載量は4m材7本・0.506m<sup>3</sup>、2.6m材10本・0.100m<sup>3</sup>、1.8m材13本0.206m<sup>3</sup>の計30本0.812m<sup>3</sup>であった。横抱きに抱えた2.6m材と1.8m材が集材路一杯の幅となり、また路面も伐根や転石などがあるため、両側の立木を傷つけぬよう、T-20をゆっくり走行させる必要があった。

列状間伐区の集材距離は、最長で85m、最短で48m、平均66.5mあり、列状区の区域外となって走行の上で支障がある林道付近のカラマツを5本を伐採し併せて集材したが、計21回で621本、17,060m<sup>3</sup>を集材し、その総集材時間は530分55秒であった。

従事者は運転手1名、ワイヤによる小集め・積込・抜け材処理・卸し・巻立ての諸業務を兼務する2人の計3名である。

列状区は搬走・逆走時間を55mに換算すると、1回当たりでは表-7のとおり、積み込み12分58秒、搬走3分32秒、卸し5分44秒、逆走3分2秒、計25分16秒となり、1日7時間稼動とすると16.6m<sup>3</sup>の集材量となる。

表一 7 T-20の普通区・列状区集材工期

距離 55 m 50年度江刺市

功程 区分	集材材積								集材時間					備考 m/分
	2.6 m		4.0 m		1.8 m		計		積込	搬走	卸し	逆走	計	
	本数	材積	本数	材積	本数	材積	本数	材積						
普通区	本	m <sup>3</sup>	本	m <sup>3</sup>	本	m <sup>3</sup>	本	m <sup>3</sup>	分秒	分秒	分秒	分秒	分秒	速度
1 回当	11	0.108	4	0.260	17	0.294	32	0.662	11 37	3 29	4 47	3 40	23 33	搬走 15.80
1 m <sup>3</sup> 当									17 34	5 15	7 13	5 32	35 34	逆走 15.03
列状区														速度
1 回当	10	0.100	7	0.506	13	0.206	30	0.812	12 58	3 32	5 44	3 02	25 16	搬走 15.54
1 m <sup>3</sup> 当									15 58	4 21	7 04	3 44	31 07	逆走 18.09

普通間伐区の集材距離は最長で50 m、最短で37 mであった。面積 0.273 haの間伐材の集材は15回で480本、9,930 m<sup>3</sup>で、その総所要時間は353分4秒であったが、列状区と同じく搬走・逆走時間を55 mに換算してみると、1回当たり積込11分37秒、搬走3分29秒、卸し4分47秒、逆走3分40秒計23分33秒となり、集材材積1 m<sup>3</sup>当たりでは35分34秒で列状区に比較すると14%時間が余分にかかっている結果となった。

普通区は列状区に比べると細物が多く、1回当たりでは1分43秒集材時間が減った代わりに、材は4 mものが3本減じて1.8 mものが4本多くなり、1回当たりの集材材積が0.150 m<sup>3</sup>減少したことがこの大きな原因と考えられる。

また1回当たりの木寄せ面積は、列状区が12 m<sup>2</sup>なのに、普通区は18.2 m<sup>2</sup>と50%も多く、間伐木が林内に散在して、しかも細物が多く、巻いたワイヤの間から丸太が抜け落ちる現状からは、列状区・普通区とも、これ以上木寄せに時間をかけ、1回の積載量を多くできない状況と判断され、T-20の車体けん引力1.2 tの半分にも満たない、およそ500 kgの集材が余儀ないものと思われた。

なお、普通区の中には集材路を2本設置し、その相互の間隔を約27 mとったが、これは10:1の列状間伐と同じである。2:1の列状区と比べて1回当たりの集材時間は大差がなく、普通間伐でも適宜に集材路を設ければ2:1の列状と変わりなく集材ができそうである。

#### (4) 集材方法別工期のまとめ

1列を列状伐採した3.5 m幅の間伐林内に侵入し得る車輛類を使用し、比較的平坦地で集材作業を行った場合と、急斜地で車輛類が使用困難なため、ジグザグ索道を用いた場合の1日当たりの集材工期は、実験の時間分析から表一8のように推察した。

前述のとおり、1回当たりの間伐材集材量は、小型トラクタで0.55 m<sup>3</sup>、林内作業車は0.8 m<sup>3</sup>、ジグザグ索道は0.22 m<sup>3</sup>くらいである。

林内作業車は、列状伐採区内走行を100 mとし、それ以上の遠距離の場合は伐開幅が広い高速走行が可能な作業路を走行することとして計算した。

表一 8 集材方法別・距離別功程

集材方法	50 m	100 m	300 m	500 m	700 m	1,000 m	摘 要
軽トラクタ	14.5回 8.0 m <sup>3</sup>	13.2回 7.3 m <sup>3</sup>	9.2回 5.1 m <sup>3</sup>	7.1回 3.9 m <sup>3</sup>	5.7回 3.1 m <sup>3</sup>	4.5回 2.5 m <sup>3</sup>	列状伐採区内走行
林内作業車 (T-20)	17.0回 13.8 m <sup>3</sup>	13.7回 11.1 m <sup>3</sup>	10.3回 8.4 m <sup>3</sup>	8.3回 6.7 m <sup>3</sup>	6.9回 5.6 m <sup>3</sup>	5.6回 4.5 m <sup>3</sup>	列状伐採区内走行 100m それ以上は作業路走行
ジグザグ 索道	—	75回 20.3 m <sup>3</sup>	72回 19.4 m <sup>3</sup>	65回 17.6 m <sup>3</sup>	60回 16.2 m <sup>3</sup>	55回 14.8 m <sup>3</sup>	林内 (2 m幅) 搬出

## 6 集材方法別・距離別経費の算出

少ない実験であるが、そのデータを基として、軽トラクタ、林内作業車、及びジグザグ索道の間伐木集材経費の算出を行った。

集材方法別の固定経費と、装置を運軽した場合の1日当たりの変動経費は表一9のとおりである。

表一 9 集材方法別固定経費と変動経費

	軽トラクタ			中型トラクタ			単線循環式索道		
	費目	金額 <sup>円</sup>	内 容	金額	内 容	金額	内 容		
固定 経費		30,000	移動 小型トラック 15,000 <sup>円</sup> ×2	60,000	移動 中型トラック 30,000 <sup>円</sup> ×2	60,000	移動 中型トラック 30,000 <sup>円</sup> ×2 架線 (別表、距離により異なる)		
	小計	30,000		60,000		—			
変 動 経 費	機械 償却	3,376	1,930 <sup>円</sup> ÷4,000時×7時	5,880	4,200 <sup>円</sup> ÷5,000時×7時	—	距離により異なる 別表		
	油脂	963	燃 料…… 683 円 1.5 ℓ× 65 <sup>円</sup> ×7時 オ イ ル…… 140 円 0.05ℓ×400 <sup>円</sup> ×7時 ギヤオイル…… 140 円 0.05ℓ×400 <sup>円</sup> ×7時	1,872	燃 料 2.6 ℓ× 65×7=1,183 オ イ ル 0.09ℓ×400×7= 252 ギヤオイル 0.09ℓ×400×7= 252 作 動 油 0.03ℓ×250×7= 53 グ リ ー ス 0.03ℓ×630×7= 132	940	燃 料 1日 12 ℓ× 65 <sup>円</sup> = 780 オ イ ル 1日 0.4 ℓ×400 <sup>円</sup> =160		
	賃金	15,000	5,000 <sup>円</sup> ×3人	15,000	5,000 <sup>円</sup> ×3人	20,000	5,000 <sup>円</sup> ×4人		
	修繕	1,621	$\frac{1,930円 \times 0.48}{4,000時} \times 7時$	2,822	$\frac{4,200円 \times 0.48}{5,000時} \times 7時$	320	集材機 $\frac{200円}{5,000時} \times 6時$		
	小計	20,960		25,584		—			

軽トラクタは実験では2台使用したが、ミニバックホーは油圧駆動キャタピラで集材用機械としての使用が困難であり、またコマツユニカは既に生産中止となっているので、市販の乗用タイプ・ウインチ付の中から1機種として富士キャトラを選び、固定経費と変動経費を積算した。

間伐材の積込み・卸し時間と、搬走・逆走速度は共に実際の作業に合わせるように、コマツユニカの例によって距離別に1往復の時間を算出した。なお、1回の運搬量は、スギ20年生間伐材集材では0.55 m<sup>3</sup>であったが、富士キャトラ等は車体後部のターンテーブルに約2 m<sup>3</sup>積載し得るといわれるが、コマツユニカの例によった。

軽トラクタの走行は傾斜直角方向は20度前後までは登坂できるが、横方向の傾斜に弱く走行や間伐材集材に危険が伴うので、10度以下の緩斜地作業が望ましい。1列の伐開により幅員を確保し、伐根を低く切除すれば直ちに稼働できる長所がある反面、林内走行速度が遅いので、遠距離になると著しく1日当たりの集材功程が低下し、1 m<sup>3</sup>当たりの経費が増大する欠点がある。

トレーラを使用すると積載量は増加するが、間伐材の集材と、腰高のトレーラに積載する労力・時間の増加も予想されるので、とう載ウインチの上手な利用を図る必要がある。

林内作業車は、軽トラクタと同じく固定経費は移動のみとし、変動経費は機械償却費、油脂費、運搬人工数、修繕費を計上した。

軽トラクタと同じく、最大傾斜30度前後の登坂力があり、大型低圧タイヤを装着しているので、転石や伐根などの障害物の踏破性能に富んでいるが、実用的には平均傾斜度10度前後に適合していると思われる。

3.5 mの列状伐開幅での集材時間を測定した上で1日功程を計算したが、林内作業車の性能を生かすため、間伐林内に幅員5 m程度の高速作業路を適宜配置することにより、搬走速度が2.8倍、逆走速度は2倍となるので、集材距離のうち100 mは列状伐採地のなかを、それ以上は作業路によることとした。

ジグザグ索道の機材運搬と架線賃金は固定経費とし、機材償却費、油脂費、運搬人工数、修理費は作業日数に伴って増減するので変動経費とした。

ジグザグ索道は架線を必要とし固定経費が大きい短所があるが、トラクタ類の搬走より速度が早く、連送式なので距離が長くなっても運材量はあまり減らない長所を有する。

架線距離別に必要な機材量や費用が異なるので、その機材費を表-10に、またその償却費を表-11に示した。

これらの固定経費や変動経費を基として集材距離別・材積別に集材作業の総経費を計算してみると表-12のとおりである。

なお、この経費に、集材作業を委託するために必要な費用として、現場管理費12.5%、委託請負手数料7.5%、保険料その他6.8%、計26.8%を加算して1 m<sup>3</sup>当たりの経費に換算すると表-13のとおりである。

表-10 ジグザグ索道の機材費

品名		規格	単位	単価	平	
					100 m	
機械	集材機	KO NS-65、6 PS 未満	台	515,000円	( 1)	515,000円
	または	KKO NS-90、6~10 PS	”	921,000		
	運材機	KKI NS-130、10~15 PS	”	1,175,000		
	計					515,000
ブロック類	専用滑車	9 吋	個	11,500	( 3)	34,500
	”	12 吋	”	14,500		
	ガイドブロック	6 吋	”	5,400	( 5)	27,000
	”	7 吋	”	8,700		
	”	8 吋	”	10,700		
	計					61,500
器材類	ジャックル	12 mm用	個	165	( 4)	660
	ワイヤクリップ	10 mm用	”	180	( 40)	7,200
	”	12 mm用	”	240		
	キトクリップ	10 mm用	”	4,000	( 2)	8,000
	荷掛フック			400	( 20)	8,000
	計					23,860
ワイヤーロープ類	主索	6 × 19 0 / 0 10 mm	m	125	( 300)	37,500
	”	6 × 19 0 / 0 12 mm	”	168		
	控索	6 × 19 0 / 0 10 mm	”	125	( 160)	20,000
	台付ロープ	6 × 19 0 / 0 10 mm	本	500	( 10)	5,000
	荷吊ロープ	6 × 24 G / 0 5 mm	”	100	( 40)	4,000
	計					66,500
電話	インタホーン	9 V用	組	30,000	( 1)	30,000
	計	電話線	m	50	( 100)	5,000
合計						701,860

均 搬 出 距 離				備 考
300 m	500 m	700 m	1,000 m	
( 1) 921,000円 921,000	( 1) 1,175,000円 1,175,000	( 1) 1,175,000円 1,175,000	1,175,000円 1,175,000	( )は台数 " "
( 6) 69,000  ( 10) 54,000  123,000	( 10) 115,000  ( 15) 81,000  196,000	( 15) 217,500 ( 10) 54,000 ( 10) 87,000  358,500	( 20) 290,000  ( 15) 130,500 ( 10) 107,000  527,500	( )は使用個数 " " " "
( 4) 660 ( 70) 12,600  ( 2) 8,000 ( 40) 16,000 37,260	( 4) 660 (120) 21,600  ( 2) 8,000 ( 60) 24,000 54,260	( 10) 1,650 (150) 27,000 ( 10) 2,400 ( 2) 8,000 ( 80) 32,000 71,050	( 10) 1,650 (200) 36,000 ( 10) 2,400 ( 2) 8,000 (100) 40,000 88,050	( )は使用個数 " " " "
(700) 87,500  (320) 40,000 ( 20) 10,000 ( 80) 8,000 145,500	(1,200) 150,000  (500) 62,500 ( 30) 15,000 (120) 12,000 239,500	(1,600) 268,800 (700) 87,500 ( 40) 20,000 (160) 16,000 292,300	(2,200) 369,600 (900) 112,500 ( 50) 25,000 (200) 20,000 527,100	( )は長さ " " ( )は使用本数 "
( 1) 30,000 (300) 15,000 45,000	( 1) 30,000 (500) 25,000 55,000	( 1) 30,000 (700) 35,000 65,000	( 1) 30,000 (1,000) 50,000 80,000	( )は使用組数 ( )は長さ
1,271,760	1,731,760	2,077,850	2,397,650	

表-11 ジグザグ索道の機材償却費の積算

品名		規格	単位当たり 価格	耐用時間 耐用数量	標準運 転時間 (1日)	耐用日数
動力 機械	集材機	6 P S未満	515,000円	4,000時	6時	666日
	または	6~10 P S	921,000	6,000	6	1,000
	運材機	10~15 P S	1,175,000	6,000	6	"
	小計					
ブ ロ ッ ク 類	ジグザグブロック	9 吋	11,500	12,000	6	1日18m平 均 667日
	"	12 吋	14,500	"	6	"
	ガイドブロック	6 吋	5,400	"	6	"
	"	7 吋	8,700	"	6	"
	"	8 吋	10,700	"	6	"
小計						
器 材 類	シャックル	12mm用	165	6,000	6	333
	ワイヤクリップ	10mm用	180	"	6	"
	"	12mm用	240	"	6	"
	キトークリップ	10mm用	4,000	"	6	"
	荷掛フック	荷掛フック	400	1,000	6	56
	インターホン	普通インタホン	30,000	7,000	6	389
	電話線		50	"	6	
小計						
ワイヤ ロープ 線	主索	6×19 0/0 10mm	125	5,000 m <sup>2</sup>	6	278
	"	6×19 0/0 12mm	168	7,000	6	389
	控索	6×19 0/0 10mm	125	"	6	"
	台付ロープ	6×19 0/0 10mm	500	5,000	6	278
	荷吊ロープ	6×24 G/0 5mm	100	100	6	12
小計						
合計						

1日当たり 1個当たり 償却費	集材距離別1日当たり全償却費				
	100 m (数量)	300 m (数量)	500 m (数量)	700 m (数量)	1,000 m (数量)
773円 921 1,175	( 1) 773円 773	円 ( 1) 921 921	円 ( 1) 1,175 1,175	円 ( 1) 1,175 1,175	円 ( 1) 1,175 1,175
17 22 8 13 16	( 3) 51 91	( 6) 102 182	( 10) 170 290	( 15) 330 ( 10) 80 ( 10) 130 540	( 20) 440 ( 15) 195 ( 10) 160 795
0.50 0.54 0.72 12 7.14 77 0.13	( 4) 2 ( 40) 22 281	( 4) 2 ( 70) 38 39	( 4) 2 (120) 65 661	( 10) 5 (150) 81 ( 10) 7 ( 2) 24 ( 80) 571 ( 1) 77 (700) 91 856	( 10) 5 (200) 108 ( 10) 7 ( 2) 24 (100) 714 ( 1) 77 (1,000) 130 1,065
0.45 0.43 0.45 1.83 8	(300) 135 545	(700) 315 1,136	(1,200) 540 1,780	(1,600) 688 (700) 315 ( 40) 73 (160) 1,280 2,356	(2,200) 946 (900) 405 ( 50) 92 (200) 1,600 3,043
	1,690	2,705	3,906	4,927	6,078



表-12 集材総経費

単位：円・㎡

集材機械	集材材積	集材総経費					
		50 m	100 m	300 m	500 m	700 m	1,000 m
軽 トラクタ (富士キャ タトラ)	25	95,605	101,683	132,704	164,354	198,938	239,600
	50	161,000	173,577	235,408	298,707	368,085	447,200
	100	292,001	317,152	441,025	567,414	706,169	868,400
	500	1,340,001	1,465,550	2,084,919	2,717,072	3,410,638	4,222,000
	1,000	2,650,000	2,901,310	4,139,837	5,404,354	6,791,277	8,414,000
林内 作業車 (T-20)	25	106,289	117,542	136,211	151,391	174,060	202,191
	50	152,579	175,083	212,165	250,782	288,375	343,871
	100	245,412	290,166	364,331	441,053	517,775	627,420
	500	987,058	1,212,109	1,581,653	1,978,199	2,323,758	2,901,270
	1,000	1,914,115	2,364,217	3,103,306	3,878,199	4,627,516	5,742,541
ジグザグ 索道	25		123,609	175,110	227,246	278,499	345,222
	50		152,017	205,785	268,233	319,751	391,423
	100		208,753	267,376	334,446	400,464	483,824
	500		654,513	760,575	908,490	1,047,020	1,222,502
	1,000		1,288,651	1,376,955	1,625,469	1,855,414	2,146,248

表-13 1㎡当たり集材経費

単位：円・㎡

集材機械	集材材積	1㎡当たり集材費用					
		50 m	100 m	300 m	500 m	700 m	1,000 m
軽 トラクタ (富士キャ タトラ)	25	4,849	5,157	6,731	8,336	10,028	12,153
	50	4,083	4,402	5,970	7,575	9,335	11,392
	100	3,703	4,021	5,592	7,195	8,955	11,011
	500	3,398	3,717	5,288	6,880	8,649	10,707
	1,000	3,360	3,678	5,250	6,852	8,611	10,669
林内 作業車 (T-20)	25	5,392	5,962	6,908	7,679	8,828	10,256
	50	3,870	4,441	5,380	6,359	7,352	8,720
	100	3,112	3,680	4,619	5,593	6,566	7,955
	500	2,503	3,074	4,011	5,016	5,894	7,358
	1,000	2,426	2,998	3,934	4,917	5,868	7,282
ジグザグ 索道	25		6,229	8,881	11,526	14,126	17,510
	50		3,855	5,219	6,803	8,109	9,926
	100		2,648	3,391	4,240	5,078	6,135
	500		1,660	1,929	2,304	2,655	3,100
	1,000		1,557	1,745	2,061	2,352	2,721

○現場管理費12.5%、委託請負手数料7.5%、保険料その他6.8%、計26.8%加算

## 7 集材材積別・損益分岐距離

### (1) 間伐材販売収入の見積り

表一14 間伐材販売収入見積り

(カラマツ25年生) 単位：本・㎡・円

材種	本数	材積	単価	金額
4.0 m	147	10.628	12,240	130,086
1.8 m	266	4.324	9,000	38,916
2.6 m	208	2.108	9,000	18,972
(わい化支注)				
計		17.060		187,974
1 ㎡当				11,018

江刺市阿原山県行造林においては、カラマツ25年生間伐木の採材が、地元の特需要があって、2.6 mのりんごわい化栽培用支注を生産し㎡当たり33千円もの価格となったが、通常は4 m製材用と1.8 mパルプ用材に限定されるので、1例として市場価格を算定すると表一14のとおり、1㎡当たり11,018円であった。

### (2) その他支出経費の見積り

ジグザグ索道集材の場合、30度内外の急斜地における索下までの木寄せ直接経費は、距離40 mでは336円であったので、諸経費26.8%を加算して426円とした。

また、トラック運賃は、1日30,000円で1日2往復で12㎡運搬できる見込みなので、1㎡当たり2,500円の運賃とした。

なお、伐木費はカラマツ25年生の列状間伐を想定して直接経費は1,078円、諸経費は26.8%込みで計1,367円とした。

### (3) 間伐利益と損益分岐距離の推定

㎡当たり集材費に前述の木寄せ費（ジグザグ集材のみ加算）、伐木経費、及びトラック運賃を合計した間伐総経費は表一15のとおりである。

表一15 1㎡当たり間伐総経費

単位：㎡・円

集材方法	集材材積	1㎡当たり全伐出費用					
		50 m	100 m	300 m	500 m	700 m	1,000 m
軽トラクタ (富士キャタトラ)	25	8,716	9,024	10,598	12,203	13,895	16,020
	50	7,950	8,269	9,837	11,442	13,202	15,259
	100	7,570	7,888	9,459	11,062	12,822	14,878
	500	7,265	7,614	9,155	10,747	12,516	14,574
	1,000	7,227	7,545	9,117	10,719	12,478	14,536
林内作業車 (T-20)	25	9,259	9,829	10,775	11,546	12,695	14,123
	50	7,737	8,308	9,247	10,226	11,219	12,587
	100	6,974	7,547	8,486	9,460	10,433	11,822
	500	6,370	6,941	7,878	8,883	9,761	11,225
	1,000	6,293	6,865	7,801	8,784	9,734	11,149
ジグザグ索道	25		10,522	13,174	15,819	18,419	21,803
	50		8,148	9,512	11,096	12,402	14,219
	100		6,941	7,684	8,533	9,371	10,428
	500		5,953	6,222	6,597	6,948	7,393
	1,000		5,850	6,038	6,354	6,645	7,014

したがって、 $m^3$ 当たりの間伐収入 11,018円から、間伐総経費を差し引くと、表-16のとおり、集材方法別、距離別、材積別伐出利益が算定される。

表-16 1  $m^3$  当たり間伐材伐出利益

単位：  $m^3 \cdot \text{円}$

集材方法	集材材積	1 $m^3$ 当たり					
		50 m	100 m	300 m	500 m	700 m	1,000 m
軽トラクタ (富士キャタトラ)	25	2,302	1,994	420	△	△	△
	50	3,068	1,751	1,181	△	△	△
	100	3,448	3,130	1,559	△	△	△
	500	3,753	3,404	1,863	△	△	△
	1,000	3,791	3,473	1,901	299	△	△
中型トラクタ (T-20)	25	1,759	1,184	243	△	△	△
	50	3,281	2,710	1,771	792	△	△
	100	4,044	3,471	2,532	1,558	585	△
	500	4,648	4,077	3,140	2,135	1,257	△
	1,000	4,725	4,153	3,217	2,234	1,284	△
ジグザグ索道	25	—	496	△	△	△	△
	50	—	2,870	1,506	△	△	△
	100	—	3,447	3,334	2,485	1,647	590
	500	—	5,065	4,796	4,421	4,070	3,625
	1,000	—	5,168	4,980	4,664	4,373	4,004

また、表-14により、集材材積別にグラフを作成してみると、図-8、9、10、11、12のとおりで各集材方法別に距離別に損益分岐距離が推定できる。

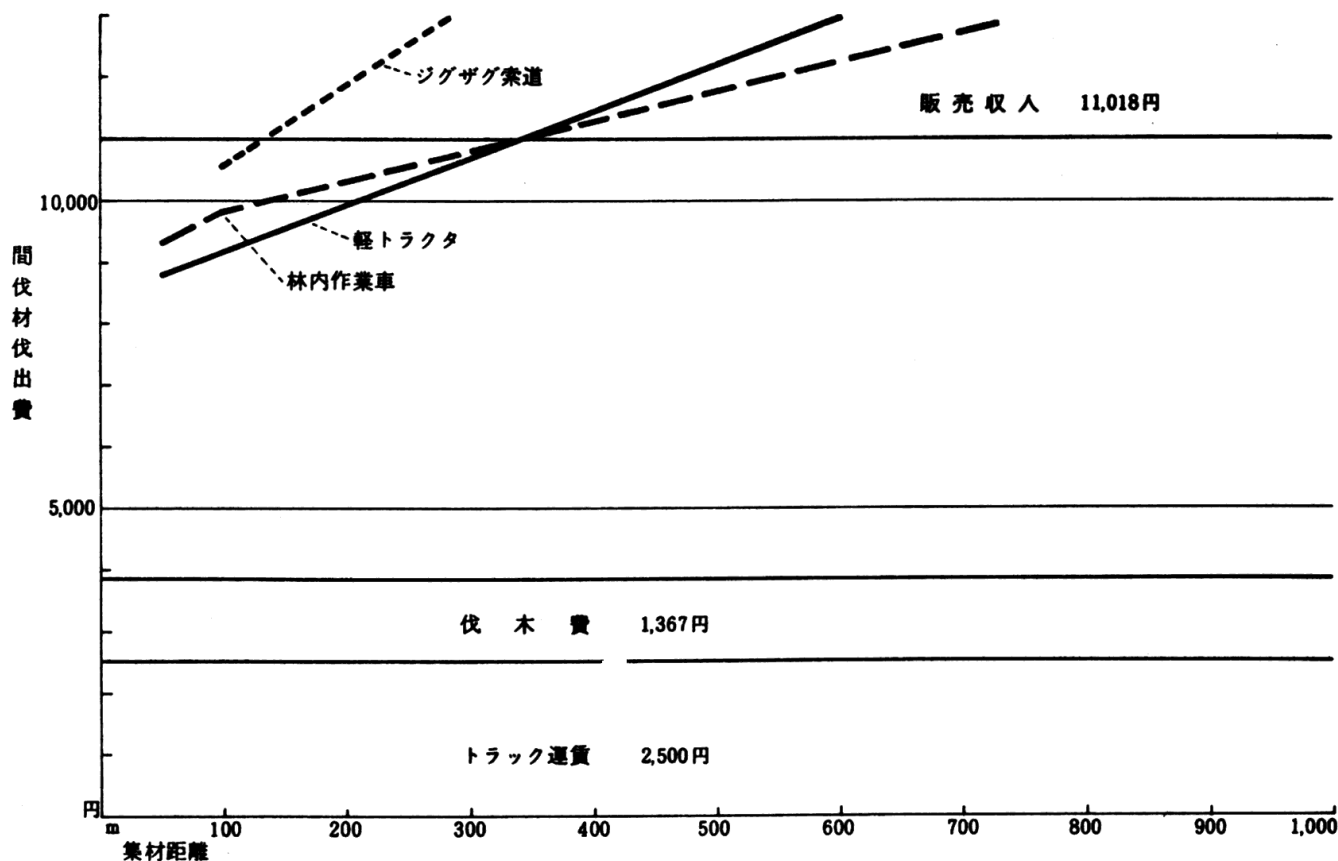


図-8 集材材積25  $m^3$  の間伐経費比較

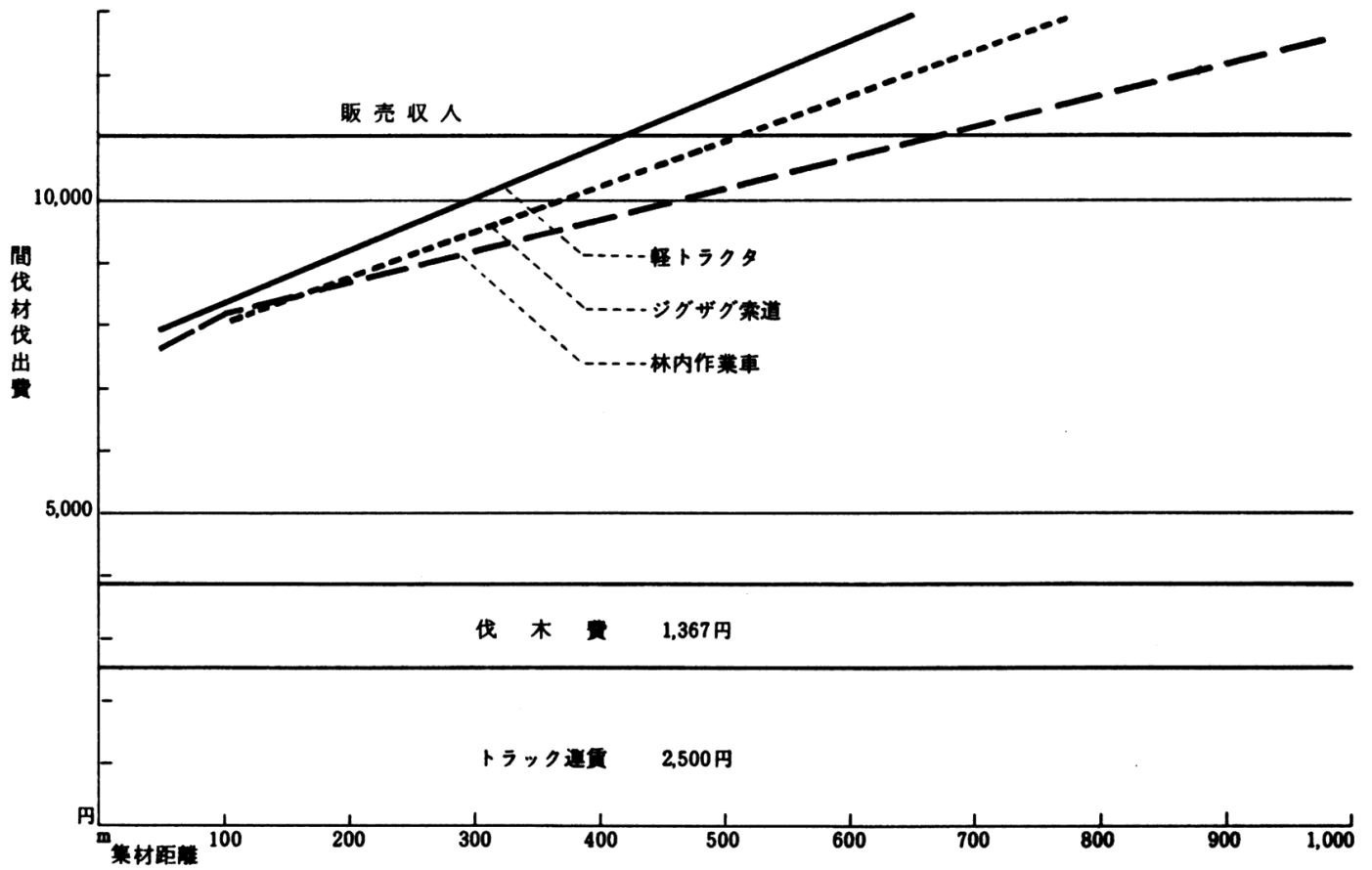


図-9 集材材積50 m³の間伐経費比較

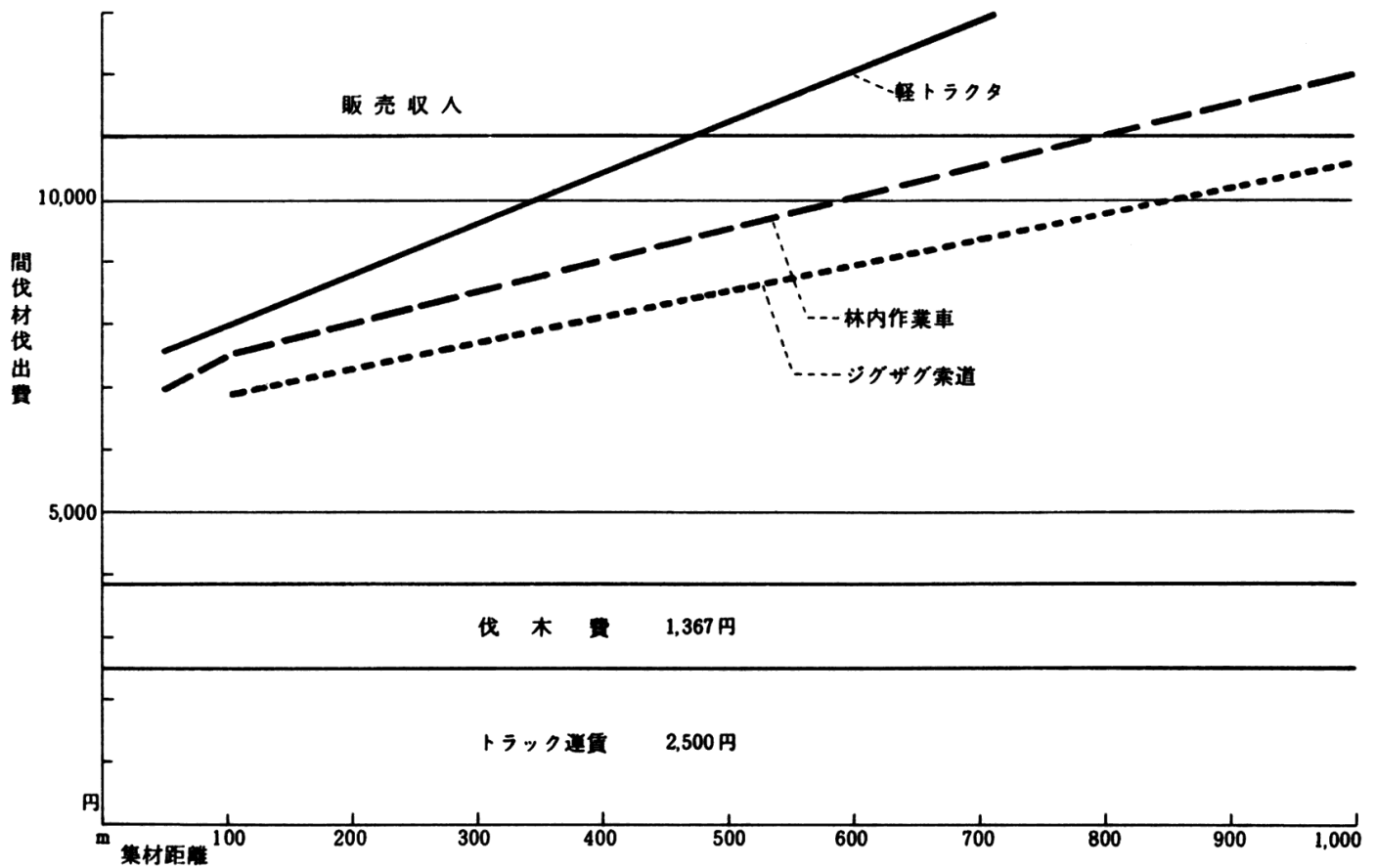


図-10 集材材積100 m³の間伐経費比較

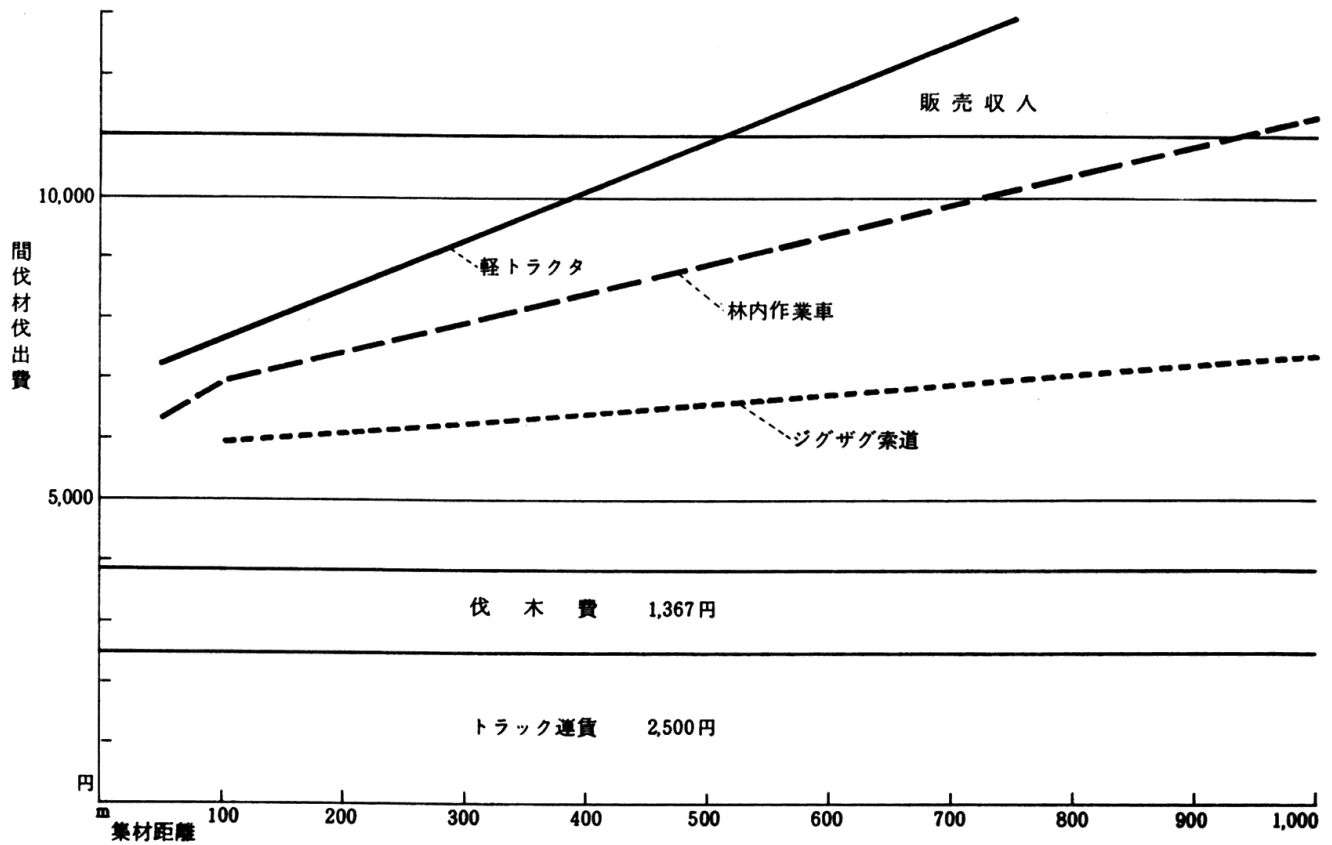


図-11 集材材積 500 m<sup>3</sup>の間伐経費比較

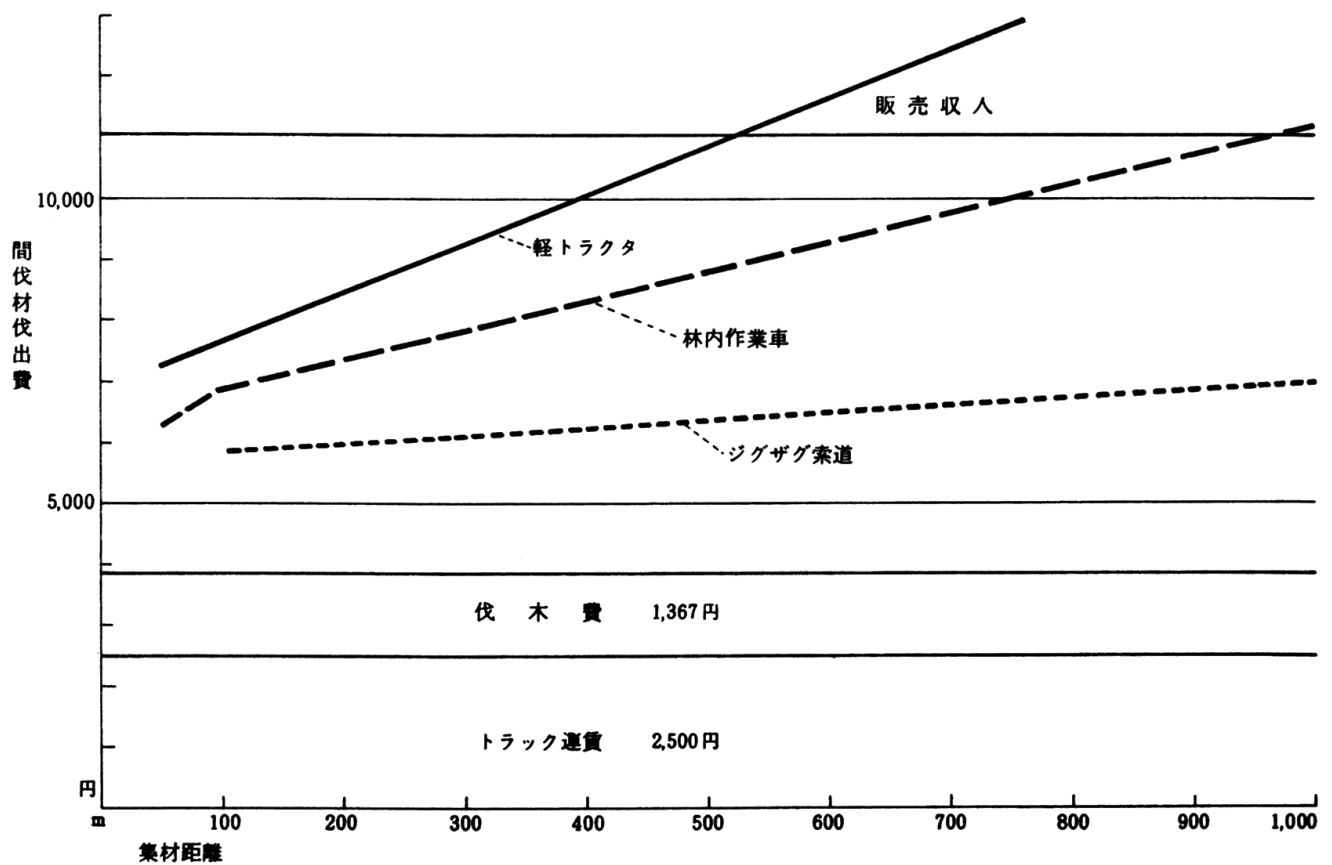


図-12 集材材積 1,000 m<sup>3</sup>の間伐経費比較

要集材材積が25 m<sup>3</sup>の場合は軽トラクタが有利で、集材距離 350 mまで利益が計上できる。

集材材積50 m<sup>3</sup>では林内作業車が最も有利でおよそ 650 mで損益分岐距離に達し、距離 300 mでは 1,771 円の利益があると推定される。

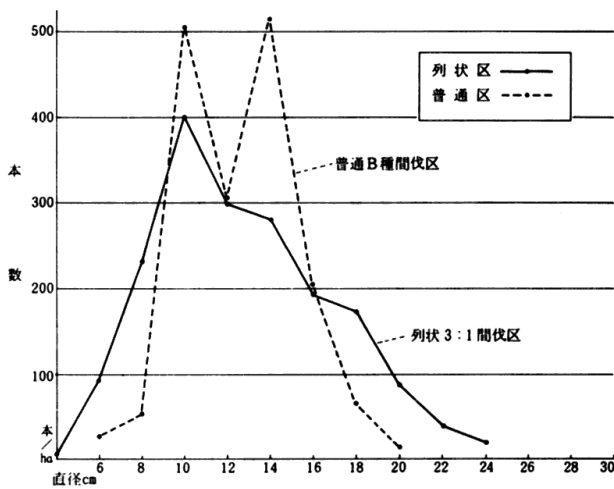
集材材積 100 m<sup>3</sup>ではジグザグ索道が有利で距離 1,100 mが損益分岐距離となっており、集材材積が増加するに従い、損益分岐距離が長くなって集材の利益が大きいように見受けられる。

これらの結果は、試験の実例から算出したものであって、伐木は3年程度の経験がある労務者により行われたものの、集材は機械や架線に全くの未経験の人によって実行されたので、習熟により工期が向上する可能性も強いが、傾斜や林分の状態など土地条件により工期が悪くなることも考えられる。

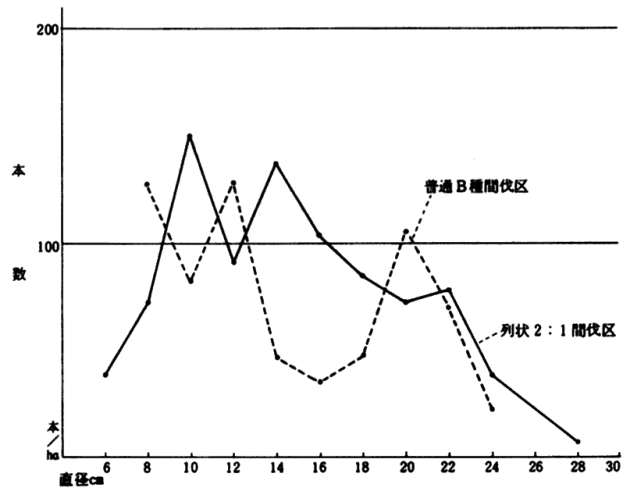
しかし、間伐が事業的にどの程度の距離まで引き合うか、どのくらいの利益が上げられるかの一応のめどがつけられたが、今後とも間伐材集材方法の安定的な技術開発を行う必要があると思われる。

## 8 列状間伐後の問題点

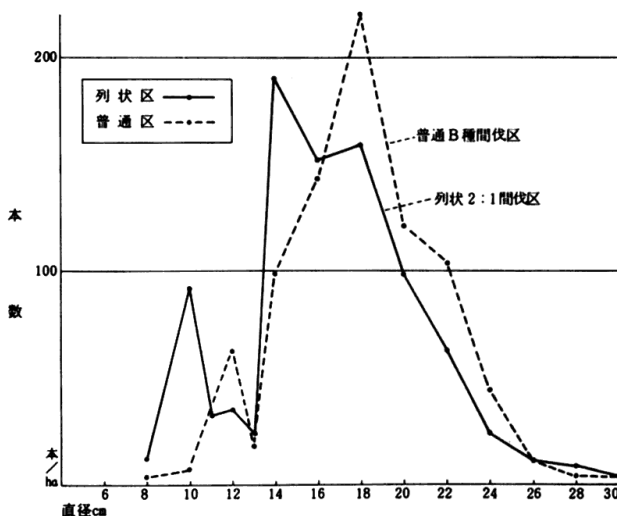
伐出の工期調査を離れて、林木の保育から列状間伐を眺めた場合、列状区の間伐採例の林冠を直線的に切り開いたことにより、残された単木の年輪が偏き生長をしたり、風雪害の被害を受けやすいのではないかと心配がある。



図一13 スギ間伐後の直径別本数分布 (S. 48・上米内・20年生)



図一14 カラマツ間伐後の直径別本数分布 (S49・岩手町丸泉寺・21年生)



図一15 カラマツ間伐後の直径別本数分布 (S50・江刺市阿原山・25年生)

残存木の普通B種間伐を列状区の直径別本数は図一13、図一14、図一15のとおりである。

図一14のカラマツ21年生ではあまり明らかではないが、図一13のスギ20年生、図一15のカラマツ25年生では、列状伐採により列状区は全直径階とも均等に伐採されたので、普通区に比し直径の細いものが多く残り、反対に直径の太いものが伐採されている。

今のところ、伐採後の樹冠の疎開は、写真一7

8・9でみるとおり、林の空間がない限りでは、そう大きいものではなく、4～5年後には全く閉合するものが多いと考えられる。

昭和46年に県有北部模範林釜沢事業区内に設置されたアカマツ列状間伐試験地を1事例として調査したが、いまだ雪害等の目立った被害は見られない。参考までに試験区別の材積生長調査結果を表一17に掲げて、今後の検討の資料にしたい。

表一17 アカマツ列状間伐の材積生長

二戸市釜沢 ha当たり

伐区	面積	平均傾斜度	46年7月				50年3月	3.5年分の生長量	
			平均直径	選木方法	残存材積	間伐率(材積)	現在立木材積	生長量	生長率
1	0.392 ha	23度	13	2 : 1	80.34 m <sup>3</sup>	28	111.01 m <sup>3</sup>	47.09 m <sup>3</sup>	1.59
2	0.509	28	11	4 : 1	51.23	23	103.46	55.54	2.08
3	0.220	25	12	6 : 1	72.51	21	107.91	46.77	1.65
4	0.398	28	13	普通	72.78	21	117.01	47.50	1.65
5	0.248	20	13	4 : 1	69.00	24	103.55	39.80	1.58
6	0.192	22	12	4 : 2	100.21	30	106.20	5.21	1.05

## 9 文 献

- 1) 間伐材の伐出技術に関する試験、P 27～57 (1975. 7)、関西地区林業試験研究機関連絡協議会
- 2) 低質広葉樹集材のための簡易集材の方式に関する研究報告書(1973. 8)、林業試験研究推進東北ブロック協議会
- 3) 林業機械化 第264～5、(1975. 11～12)・小山田孝二・田口俊男・岩崎正之：小型ホイールタイプトラクタ(T-20)の実地試験



写真-1 バックホーによる作業道作り



写真-2 CT-12による玉ぞりけん引



写真-3 コマツユニカによる玉ぞりけん引





写真-4 コマツユニカ車ばつけん引



写真-5 ジグザグ索道の積み込み



写真-6 ジグザグ索道の土場



写真-7 スギ20年生列状間伐後



写真-8 カラマツ21年生列状間伐後



写真-9 カラマツ25年生列状間伐後

付表 間伐材集材に利用可能車輛

称 呼	小 型 ( 10 P S 程 度 )			
	富士キャタトラ	陵 岑 号	移 動 ウ イ ン チ	三菱不整地走行車
機 種 名	FCT 2,300 T	RM 2 型	SKY-2,000	AT-81
販 売 所	盛岡市名須川町 18-20 塚本 索道	宮城県登米郡登米 町寺池 4 及川自動車整備工場	能代市養蚕  金崎工業	紫波郡都南村永井  極東機械
運 転	乗用型	乗用型	乗用型	乗用型
走行				
装 置	キャタピラ	前輪 W、後輪 W	キャタピラ	8 輪全輪駆動
速 度	1.8~6.2 km/h	20 km/h	1.4~6.0 km/h	14.9 km/h
登坂能力	30°	33°	30°	30°
接 地 圧	0.18~0.39 kg/cm <sup>2</sup>	—	0.23 kg/cm <sup>2</sup>	—
エンジン	ヤンマー NS-117	スバル	タボタ	メイキ G8L-2E
燃 料	重 油	混合油	軽 油	ガソリン
機 関	水冷 1 シリンダ	空冷 2 シリンダ	水冷 1 シリンダ	空冷 1 シリンダ
最大馬力	11 PS	30 PS	13 PS	11 PS
ウインチ				
ド ラ ム 数	1 軸 1 胴		1 軸 2 胴	1 軸 1 胴
索 速	17.4 m/分		40~220 m/分	8.6 m/分
直 引 力	700 kg	400 kg	1,200 kg	
ロ ー プ 量	8 mm 100 m	9 mm 80 m	8 mm 480 m 12 mm 210 m	9 mm 100 m
その他				
全 幅	133 cm	110 cm		150 cm
全 重 量	1,700 kg	1,680 kg		590 kg
運 搬 方 法	積載 2,000 kg	積載 1,800 kg	けん引	積載
価 格	1,930 千円	ウインチ込 900 千円	2,300 千円	1,530 千円

	中 型 ( 20 ~ 30 ) P S 程 度		
クローラマン	林 内 作 業 車	小 松 ブ ル	三 菱 ブ ル
1,500	T-20	D-20 A	B D 2 E
宮城県泉市上谷刈	水沢市三本木 7	盛岡市上野川横長根 52	滝沢村大釜大畑
サンワ車輛	岩手富士産業	小松製作所	キャタピラ三菱
乗用型	乗用型	乗用型	乗用型
ゴムキャタピラ 2.4 ~ 9.8 km/h 30° 0.152 kg/cm <sup>3</sup>	低圧タイヤ4輪駆動 2.6 ~ 13.9 km/h 35° —	キャタピラ 2.8 ~ 7.4 km/h 30° 0.33 kg/cm <sup>3</sup>	キャタピラ 2.6 ~ 8.7 km/h  0.33 kg/cm <sup>3</sup>
自 由	いすゞ3 A A I 軽 油 水冷3シリンダ 24 PS	こまつ4 D-92 軽 油 水冷4シリンダ 35 PS	三菱4 D Q 5 O C 軽 油 水冷4シリンダ 35 PS
な し	2軸2胴  37 ~ 195 m/分 3,500 kg 12 mm 100 m 10 mm 150 m	1軸1胴 ガイドローラ フェアリード付 220 m/分 4,200 kg 12 mm 50 m	1軸1胴 ガイドローラ フェアリード付 38 ~ 60 m/分 4,860 kg
156 cm 650 kg 積載	169 cm 2,800 kg けん引	230 cm 3,330 kg けん引	2,250 (1,430) 3,400 kg けん引
630 千円	4,200 千円	4,580 千円	4,870 千円