複層林施業における集材方法の機械化に関する研究

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	7号
巻号補足	
掲載ページ	p. 71-87
発行年月	1982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

複層林施業における集材方法の機械化に関する研究

西　泉　敏　行

Ⅰ　はじめに

複層林施業は，林地の保全，生産の保続，気象災害回避等多くの利点があるため，次第に関心が高まっている。しかし，この施業法は上木の伐倒，搬出によって下木が損傷を受けることが大きな難点となっており，複層林における伐倒，搬出技術の開発が強く望まれている。この研究は下木の損傷が少なく，しかも能率的な作業法を確立するために国補メニュー試験として実施したものである。

試験実施にあたり，ご指導ご援助を頂いた機械メーカー商社，試験地の提供を頂いた森林所有者，調査にご協力頂いた松山地方局久万出張所林業課の各位に厚くお礼申し上げます。

Ⅱ　試験期間

昭和５４年度～昭和５６年度

Ⅲ　試験実施場所

上浮穴郡久万町上畑野川

林況は上層木スギ６６年生，下層木ヒノキ１１年生の複層林（二段林）施業，面積0.３８*ha*で平均傾斜１２度の緩傾斜地である。

Ⅳ　試験方法

１　植栽した下木の損傷を少なくするための方策

(1)　伐倒方向と植栽方法

伐倒は下木植栽の損傷を最小限にとめるように伐倒する。また，植栽形，下木植栽本数の調査，今後複層林施業を実行する場合の下木植栽方法を検討する。

(2)　伐倒前の枝払い功程調査

伐倒前に枝払いをすれば，下木植栽の損傷が少なくなるのでないかと推測して，枝払いを試みた。枝払い作業はジュラルミン製５*m*はしごと，ぶり縄，枝打ち鉈を使用する。

２　伐倒，玉切り作業功程調査

５５年度調査地は，伐倒して玉切作業を行なう，伐木造材は２人組の作業でチェンソー，斧を

使用する。枝払いは斧で行なう。

５６年度調査地は，伐倒後枝葉を付けたままで約３カ月間林内に放置葉干乾燥してから玉切り作業をする。

3　伐倒，集材作業による下木植栽の損傷調査

上木伐倒による被害と，集材による被害と別けて調査する。被害内容を幹折れ（地上３m以上のところから幹の折れたもの），梢折れ（先端部0.５m以内が折れたもの），倒伏（自力で回復できない傾きのもの），幹傷（表皮が剥げ木質部が見えるもの），生育不能（地上３m以下の幹が折れたもの，倒伏して根が引きぬかれたもの）各被害別に調査する。

4　複層林集材作業実態調査

集材作業実態調査として，作業条件調査，功程調査，経済性検討のための諸元調査をする。

(1)　作業条件調査

作業地の林況，地況を始め施業法，使用機械の性能諸元，路線延長，作業員の構成等を調査する。

(2)　功程調査

使用機種ヤンマーキャタトラＹＣＴ２０Ｗ及び，日野レンジャー４Ｄユニッククレーンで地引き集材作業の作業時間，集材功程，燃料消費量，路線距離等を調査する。

(3)　経済性検討のための諸元調査

使用機械，器具類，賃金等を調査する。

5　経済性の比較

ヤンマーキャタトラによる集材経費と日野レンジャー４Ｄユニッククレーンによる集材経費の経済性を比較検討する。

Ⅴ　結果と検討

試験実施場所は，海抜７６０m，傾斜は５度から２２度の平均傾斜１２度の緩傾斜地で，上層木スギ６６年生，下層木ヒノキ１１年生の複層林（二段林）で調査面積は0.３８haをＡ区0.２１haとＢ区0.１７haに別けて２か年間で調査する。Ａ区は上層木スギ立木本数７７本（ha当り３６７本），下層木ヒノキ立木本数６３４本（ha当り3,０１９本），伐採は上層木スギ３６本で，Ｂ区は上層木スギ立木本数７１本（ha当り４１８本），下層木ヒノキ立木本数４５８本（ha当り2,６９４本），伐採は上層木スギ２４本を伐倒して集材を行なった。

表－１は複層林集材作業条件調査，表－２は集材作業等調査をとりまとめたものである。

表－１　複層林集材作業条件調査表

調査地	所在地		愛媛県上浮穴郡久万町上畑野川　A区			同左　B区		
調査地	地況		平均傾斜度　10°／5°～15°			12°／5°～22°		
調査地	面積		0.21 *ha*			0.17 *ha*		
調査地	林況		二段林			二段林		
調査地	林況		上層林	下層林	伐採木	上層林	下層林	伐採木
調査地	林況	樹種	スギ	ヒノキ	スギ	スギ	ヒノキ	スギ
調査地	林況	樹高 (m)	24	7	24	24	7	22
調査地	林況	胸高直径 (cm)	36	7	32	38	6	31
調査地	林況	平均材積 (㎥)	1,121	－	0.892	1,237	－	0.843
調査地	林況	本数 (本)	77	634	36	71	458	24
調査地	林況	林令 (年生)	66	11	66	67	12	67
施業法	樹種，令級配分林型など		スギXIV令級，ヒノキIII令級，スギ林が主体林層を形成している。			同左		
施業法	植栽方法，本数		上層木は3,000本／*ha*の正方形植えである。下層木は3,100本／*ha*の正方形植である。			同左		
施業法	選定，伐採搬出の方法		ヤンマーキャタトラによる地引き集材を行なう。			伐採木の選定は，間隔とか劣勢木と思われるものを主体として選んだ，集材はトラッククレーンによる地引き集材を行なう。		
施業法	これまでの経過・経験		大径材生産を目的として，林地の高度利用と，下刈経費の節減のため二段林を造成している。ここで50年生で下層植栽をしているが，普通は35年生程度になると下木植栽ができる。			同左		
機械施設	使用した機械の型式諸元		ヤンマーキャタトラ　YCT20W 機関出力　9.5～11PS 発坂力　25°（800kg） 積載能力　1,800kg 速度　1速　1.8km／hr 2速　3.2　〃 3速　6.2　〃 後進　2.1　〃 ウインチ内装形　鉄クローラ型 ウインチ直引力　700kg　速度正　21.2*m*／min ワイヤー巻込量　8*mm*，80*m*　逆　59.7*m*／min			日野レンジャー4Dユニッククレーン付 型式：EH700型ディーゼルエンジン 燃焼室型式：直接噴射式（HMMS） 総排気量：6,443cc 最高出力：170PS／3,200rpm 最大積載量：4.0t 全長　8,460*mm*　荷台長さ　4,850*mm* 幅　2,370*mm*　車両総重量　7,765kg ユニッククレーンTM－302 最大定格総荷重　2,900kg　ワイヤロープ 9*mm*長さ39*m*　ブーム長さ　3.25*m*～5.38*m*		

表－２　集材作業等調査表

調査地		愛媛県上浮穴郡久万町大字上畑野川Ａ区			同　左　Ｂ区		
伐木造材作業	方法	チェンソー２台，枝払い斧を使用する。			同　左		
	所要日数	１　日	人工数	４　人	2.5日	人工数	５　人
集材作業	方法	ヤンマーキャタトラによる地引き集材			レンジャー４Dユニッククレーンによる地引き集材		
	所要日数	２　日	人工数	4.7人	1.5日	人工数	4.5人
	距離	２８m／１０～５３m			１３m／３～２５m		
	数量	19.296 ㎥	功　程	6,925 ㎥/人	18,410 ㎥	功　程	4,750 ㎥/人
残在木の被害状況	伐木造材作業中	６９本／６３４本　被害率 10.9％			５７本／４５８本　被害率 12.4％		
	集材作業中	４４本／６３４本　〃　6.9％			４９本／４５８本　〃　10.7％		
	計	１１３本／６３４本　〃　17.8％			１０６本／４５８本　〃　23.1％		
作業者の事故	内容	な　し			な　し		
	原因						
備考							

各試験項目別の試験結果と検討内容は以下のとおりである。

1　植栽した下木の損傷を少なくするための方策

(1)　伐倒方向と植栽方法の検討

試験地の植栽は正方形植えで，下層木は*ha*当り3,１００本で現在 2,８７４本と上層木３８９本で合計 3,２６３本と植栽木は濃密である。

伐倒方向は，下木の損傷を少なくするためにすきまの多い方向に伐倒した。図－１に示す。

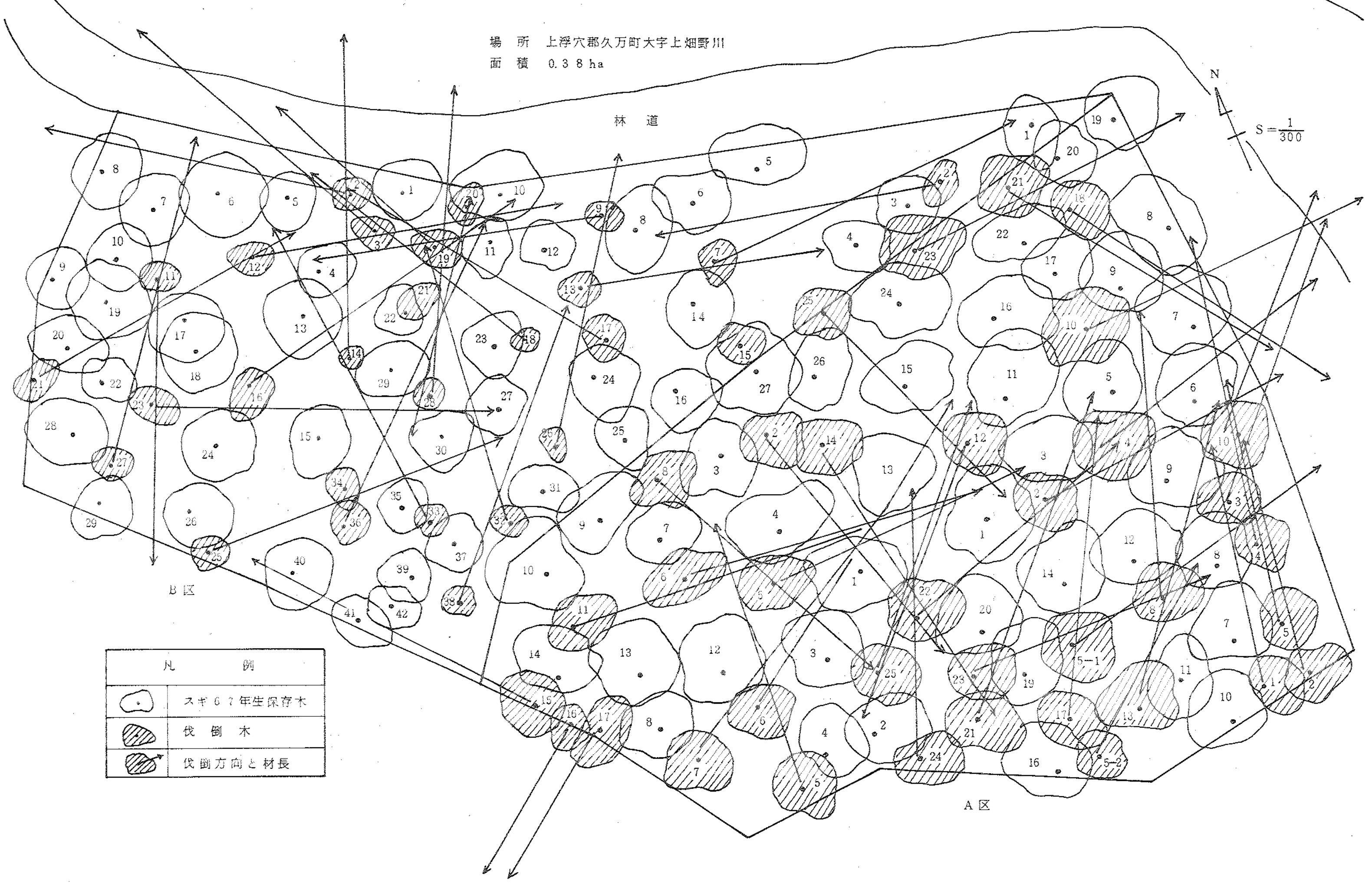
今後複層林施業を推進する場合は，特に伐採搬出を考慮に入れて植栽時に伐倒方向，搬出予定路線にあたる所は植付間隔を十分にとることが必要である。

植栽本数の決定は，上層木の本数，照度等の関係もあり，今回の試験では決めがたい。なお，この点については検討を要する。

(2)　伐倒前の枝払い功程調査

試験地Ｂ区は，下木の損傷を少なくするため，伐倒前に枝払いを試みたが，さほど効果は見られなかった。それよりも作業員の伐倒技術の優劣の差の方が大きいと思われる。枝払いを行ったため伐倒木に３本の損傷がでた。

図－1　複層林施業地伐倒作業実測図面

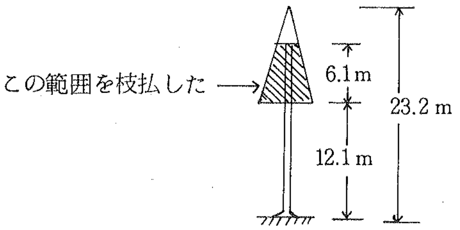


枝払い作業はジュラルミン製５mはしごをかけて，それより上部をぶり縄で登る。枝打ちは枝打ち鉈を使用する。枝払い木２５本，平均樹高２３m，枝払いの長さ平均6m，樹高の７９％まで枝払いを行った。枝張り状態は上方は1.１０mから4.００m平均2.２６m，下方は0.８０mから3.６０m平均1.９２m，左方は0.９０mから4.００m平均1.９７m，右方は0.９０mから4.10 m平均2.２２mであり残枝長は約1.３０m程度になった。枝払いの功程は１人１日２５本で，１本当り枝払い経費は３２０円であった。

表－３は伐倒前の枝払い功程調査，表－４は枝払い作業時間観測調査表である。

表－３　伐倒前の枝払い功程調査表

枝払い木	２５本
平均木樹高	２3.2m／１7.9m～２6.0m
〃　枝下高	１2.1m／　9.4m～１５.１m
枝払いの程度	７９％
１本当り枝払いの時間	１２分３４秒
１人１日功程	２５本



2　伐倒，玉切り作業功程調査

伐倒造材は２人組の作業で，チェンソーと斧を使用する。伐倒木４５本について，伐倒，玉切りの時間分析をする。

試験地Ａ区とＢ区では，Ｂ区においては伐倒前に枝払いを行なったから時間に少々相違がある。１本当りの伐倒時間は８分４６秒から７分０８秒平均７分５７秒である。玉切り作業時間は１分０４秒から２分３０秒平均１分４７秒である。伐倒から玉切り作業時間は9分５０秒から９分３８秒平均９分４４秒である。玉切りの材長は3mから８mで，玉数は３玉から７玉に造材して，１本当りの伐倒，玉切り材積は0.８４３㎥から0.９１８㎥で平均は0.８８１㎥である。１人１日当りの功程は１6.８０５㎥から１5.５９５㎥で平均１6.２００㎥で，伐木造材本数は３７本である。表－５，表－６，表－７は伐倒，玉切り作業功程調査表である。

表－4　枝払い作業時間観測集計表

No.	標高	枝下高	枝払い	樹冠長	時間観測（秒）								摘要
	m	*m*	長さ*m*	率 %	準備	木登り	枝払い	木降り	移動	小休	その他	計	
A－2	21.6	12.8	4.5	80	80	280	420	130	110		70	1,090	
A－7	24.7	14.0	6.6	83	110	310	540	170	30	10	30	1,200	
A－9	22.8	12.7	4.9	77	30	260	200	100	10			600	
A－13	17.9	10.3	4.1	80	90	140	150	80	50			510	
A－15	26.0	15.0	5.0	77	40	280	460	110	30		90	1,010	
A－17	22.8	12.2	5.7	79	50	280	240	140	30	20	30	790	
A－18	20.4	10.0	6.2	79	10	200	280	80	60			630	
A－21	21.0	11.5	5.0	79	60	210	150	140	80		30	670	
A－26	22.2	12.8	4.6	79	50	210	280	110	10			660	
A－28	23.4	11.0	6.8	76	40	260	340	140	50	160		990	
A－32	22.5	9.4	7.6	76	30	200	640	110	10			990	
A－33	25.0	13.0	6.8	79	60	320	430	130	70			1,010	
A－34	24.0	11.0	5.5	69	10	270	320	110	20			730	
A－36	24.7	14.6	5.2	80	90	260	310	120	90	20	50	940	
A－38	23.5	11.0	7.6	79	30	190	250	180				650	
B－2	22.4	10.8	6.2	76		190	410	100	30			730	
B－3	22.8	9.8	7.4	76	20	260	190	130	80		10	690	
B－11	21.5	12.9	4.7	82	30	190	290	130	60		60	760	
B－12	23.6	13.9	5.0	80		290	650	160	30		10	1,140	
B－14	24.5	11.5	7.8	79	10	270	530	150	50			1,010	
B－16	24.6	10.8	8.6	79		240	400	160				800	
B－21	22.8	12.4	5.8	80		210	390	120	60			780	
B－23	25.0	11.1	8.6	79	20	300	240	150	40	10	20	780	
B－25	23.8	13.4	6.4	83	40	340	580	130	40			1,130	
B－27	25.7	15.1	5.9	82	30	360	390	180	50	40	30	1,080	
計	579.2	303.0	152.5		930	6,320	9,080	3,260	1,090	260	430	21,370	
平均	23.2	12.1	6.1	79	37	253	363	130	44	10	17	854	

表－5　伐倒，玉切り作業功程調査表

調査地		A区			B区			備考
区分		時間（秒）	平均（秒）	%	時間（秒）	平均（秒）	%	
伐倒作業	受口作り	42～115	63	10.7	10～130	55	9.5	1本当り作業時間
	追口切り	53～145	95	16.1	10～220	91	15.7	
	枝払い	173～483	313	53.1	10～133	64	11.1	
	準備	35～93	55	9.3	10～150	83	14.4	
	その他	—	—		20～320	135	23.3	
	計	310～681	526	89.2	80～675	428	74.0	
玉切り作業		27～153	64	10.8	69～249	150	26.0	3玉～7玉
伐倒，玉切り時間合計		337～834	590	100	149～863	578	100	
1本当り伐倒玉切り材積		0.918 ㎥			0.843 ㎥			
1日功程		33.610 ㎥			31.191 ㎥			
作業人員		2人			2人			
1人1日当りの功程		16.805 ㎥			15.595 ㎥			
1日伐木造材本数		36本			37本			

表— 6　　伐倒，玉切作業功程調査表

伐倒木No.	組人員数(人)	樹種	伐倒作業 伐倒木 樹高(m)	枝下高(m)	胸高直径(cm)	立木材積(m³)	作業時間(秒) 受口作り	追切り	枝払い	準備	計	玉切作業 作業時間(秒) 第一玉	第二玉	第三玉	第四玉	第五玉	第六玉	第七玉	計	玉切材積計(m³)	伐倒玉切時間計	下層木の被害状態 幹折れ	梢折れ	倒伏	幹傷	計
1	2	スキ	21.4	13.7	32	0.780	62	74	432	52	620	19	17	8	11	4			59	0.702	679		2		1	3
2	〃	〃	22.2	12.1	38	1.128	69	145	366	63	643	66	7	8	11	5			97	1.049	740	3	1			4
3	〃	〃	21.5	12.7	30	0.690	52	70	483	37	642	13	10	7					30	0.634	672	2		1	2	5
4	〃	〃	22.7	12.5	30	0.756	61	62	293	50	406	26	10	5	2				43	0.680	509	1	2			3
5	〃	〃	22.3	13.1	30	0.723	58	99	309	65	531	15	12	7	4	3			41	0.658	572	1	2	1		4
6	〃	〃	22.6	10.1	36	0.973	70	202	265	72	609	16	10	6	2				34	0.905	643		1		1	2
7	〃	〃	20.3	12.0	28	0.579	56	73	262	35	426	19	9	6	4	2			40	0.521	466		1		1	2
8	〃	〃	24.3	14.6	38	1.230	86	70	241	55	452	51	25	くさり木 24	34	11	5	3	153	1.144	605		1			1
9	〃	〃	23.8	14.1	38	1.230	46	109	309	67	531	21	12	7	6	3			49	1.132	580			1	1	2
10	〃	〃	22.9	13.6	40	1.295	49	131	281	72	533	17	14	12	3				46	1.165	579		1		2	3
11	〃	〃	19.6	13.4	28	0.579	115	64	175	45	399	11	8	5	3				27	0.532	426		4			4
12	〃	〃	23.2	13.3	38	1.179	75	64	396	63	598	76	12	6	4				98	1.061	696		2	1	1	4
13	〃	〃	28.1	18.0	48	2.209	59	153	352	65	629	51	21	18	12	7	5	3	117	1.922	746	1	2			3
14	〃	〃	25.0	8.2	44	1.630	52	115	312	52	531	36	19	10	7	5			77	1.467	608	2	6	1	1	10
15	〃	〃	21.9	10.2	36	1.019	67	95	278	62	502	31	16	12	9	7	4		79	0.907	581	1	2	1		4
16	〃	〃	20.4	6.9	30	0.657	57	92	291	36	476	25	14	9	6	4			58	0.578	634			2		2
17	〃	〃	22.3	7.7	34	0.958	56	72	324	36	488	18	16	8	6	4			52	0.862	530	3	1			4
18	〃	〃	24.4	8.4	36	1.112	64	81	295	49	289	17	11	7	4	3			42	0.967	531	1	3		1	6
19	〃	〃	22.6	10.20	32	0.855	52	65	316	52	485	21	16	9	5				51	0.770	536			1		1
20	〃	〃	24.2	7.5	40	1.351	73	97	418	93	681	24	19	13	10	6	4		76	1.216	757		2	2		4
21	〃	〃	20.7	11.1	24	0.454	42	53	173	42	310	22	15	11	9	6	5	3	71	0.404	381					0
計			477.4	243.4	730	21.387	1.321	1.986	6.571	1.163	11.041	595	293	198	152	70	23	9	1,340	19.296	12.471	15	33	11	11	71
平均			22.7	11.6	34.8	1.018	63	95	313	55	526	28	14	10	7	4	1		64	0.918	590					3.4

表－7　　伐倒，玉切作業功程調査表

伐倒木No.	組人員数(人)	伐倒作業											玉切作業									伐倒玉切時間計(秒)	下層木の被害状態				
		伐倒木					作業時間(秒)						作業時間(秒)								玉切材積計(m³)						
		樹種	樹高(m)	枝下高(m)	胸高直径(cm)	立木材積(m³)	受口作り	追切り	枝払い	準備	その他	計	第一玉	第二玉	第三玉	第四玉	第五玉	第六玉	その他	計			幹折れ(本)	梢折れ(本)	倒伏(本)	幹傷(本)	計(本)
A－2	2	スギ	21.6	17.3	34	0.917	50	220	32	130	240	672	47	26	19	13	8		30	143	0.887	815		3	2		5
A－7	〃	〃	24.7	20.6	42	1.407	40	90	63	90	180	463	36	30	28	16	13		26	149	1.328	612	1	5	1	1	8
A－9	〃	〃	22.8	17.6	24	0.497	30	50	21	40	80	221	24	26	17	13	9		15	104	0.447	325		2			2
A－13	〃	〃	17.9	14.4	14	0.144	20	20	10	10	20	80	15	13	11	9	7		15	70	0.129	150		4			4
A－17	〃	〃	22.8	17.9	32	0.855	20	40	28	50	130	268	37	26	21	17	12		15	128	0.770	396		1	1		2
A－18	〃	〃	20.4	16.2	28	0.579	20	50	61	60	170	361	45	30	25	19	15	11	24	169	0.461	530		2	1		3
A－19	〃	〃	11.0	7.1	12	0.076	10	10	40	—	20	80	20	15	13				21	69	0.068	149					0
A－20	〃	〃	18.7	11.0	18	0.244	20	20	63	30	—	133	45	30	24	16			26	141	0.238	274	1				1
A－26	〃	〃	22.2	17.4	28	0.637	30	70	31	30	120	281	46	40	27	16	11		15	155	0.573	436		2	1		3
A－28	〃	〃	23.4	17.8	28	0.666	30	130	99	100	130	489	45	36	28	23			13	145	0.612	634					0
A－32	〃	〃	22.5	17.0	30	0.756	80	80	92	150	130	532	75	41	29	23	16		36	220	0.697	752			1		1
A－33	〃	〃	25.0	19.8	32	0.929	130	90	87	100	190	597	56	26	21	18	16	14	37	188	0.912	785		2	1		3
A－36	〃	〃	24.7	19.8	32	0.929	90	120	50	90	170	520	46	26	20	18	15	13	20	158	0.871	678		1			1
A－38	〃	〃	23.5	18.6	32	0.892	40	80	46	40	100	306	32	27	22	16	10		18	125	0.837	431					0
B－2	〃	〃	22.4	17.0	32	0.817	30	70	112	90	320	622	47	26	19	13	8		25	138	0.792	760					0
B－3	〃	〃	22.8	17.2	32	0.855	50	80	61	40	70	301	25	23	16	8			17	89	0.549	390					0
B－11	〃	〃	21.5	17.6	30	0.723	30	60	45	60	90	285	34	23	18	18	14		30	137	0.651	422	1	1	3	1	6
B－12	〃	〃	23.6	18.9	36	1.112	70	100	61	130	130	491	59	54	49	41	25		21	249	1.001	740	1	2	1		4
B－14	〃	〃	24.5	19.3	40	1.407	110	110	105	150	200	675	71	28	22	19			30	170	1.209	845		2	3		5
B－16	〃	〃	24.6	19.4	36	1.158	90	90	122	120	150	572	46	30	27	21	15		31	170	1.126	742					0
B－21	〃	ヒノキ	22.8	18.2	32	0.790	110	140	83	150	170	653	37	26	22	18	15		35	153	0.711	806	1	1			2
B－23	〃	スギ	25.0	19.7	36	1.158	80	90	31	110	100	411	44	28	22	18	18	17	26	173	1.125	584		3			3
B－25	〃	〃	23.8	19.8	38	1.230	80	190	65	90	180	605	45	25	24	18	15		35	162	1.107	767		1	1		2
B－27	〃	〃	25.7	21.0	40	1.464	50	180	133	140	160	663	52	25	23	25	19	13	43	200	1.318	863		2			2
計			537.9	420.6	738	20.242	1.310	2.180	1.541	2.000	3.250	10.281	1.029	680	547	416	261	68	604	3.605	18.419	13.886	5	34	16	2	57
平均			22.4	17.5	30.8	0.843	55	91	64	83	135	428	43	28	23	17	11	3	25	150	0.767	578	0.2	1.4	0.7	0.1	2.4

3　伐倒，集材作業による下木植栽の損傷調査

伐倒および集材別に損傷調査を行なう。試験地A区はヤンマーキャタトラによる地引き集材，B区は日野レンジャー４Dユニッククレーンによる地引き集材である。

損傷木の調査方法は，各植栽下木に番号をつけておき，伐倒，集材の際そのつど損傷状況をチェックして行く方法をとる。調査面積は0.3.8 *ha*の下木植栽ヒノキ1,０９２本の内損傷木２１９本で損傷率２０％の伐倒，集材による被害があった。この内伐倒による損傷は１２６本で１1.5％，集材による損傷は９３本で8.5％と伐倒による損傷が多い。両機種とも地引き集材で行なったが機種別損傷状況は相違が見られない。損傷区分の特徴としては伐倒作業では梢折れ，倒伏が多く，集材作業では幹傷が多い。また，損傷木の内生育不能は３７本で損傷率3.4％であり倒伏しているものは木起し作業が必要である。

表－８　伐倒集材作業による下木植栽の損傷調査表

	A区						B区					
調査区分	幹折れ	梢折れ	倒伏	幹傷	生育不能	計	幹折れ	梢折れ	倒伏	幹傷	生育不能	計
伐倒による被害(本)	2	31	14	5	17	69	1	34	16	2	4	57
集材による被害(本)			1	33	10	44			2	41	6	49
計	2	31	15	38	27	113	1	34	18	43	10	106
比率％	1.8	27.4	13.3	33.6	23.9	100	0.9	32.1	17.0	40.6	9.4	100

表－８は伐倒集材作業による下木植栽の損傷調査をとりまとめたものである。

4　複層林集材作業実態調査

(1)　作業条件調査

試験地の概況および使用機種の主要諸元は先程述べたとおり表－１および表－２に示すとおりである。

(2)　功程調査

複層林地内へ林道を１５０*m*程新設してその林道上部に試験地を設定する（図－１を参照）集材作業はヤンマーキャタトラYCT２０Wおよび日野レンジャー４Dユニッククレーンにより，伐倒方向に両者とも移動しながら林道上を起点として地引き集材方法で作業する。前者は傾斜５度から１５度の下り勾配で集材距離は１０*m*から５３*m*の範囲内を作業員３人組で運転手１人，荷かけ荷おろし２人で作業をする。地引き集材はワニ口を使用する。１回の集材は１玉で，集材平均距離２7.7*m*，１サイクルの集材量0.２７７㎥，集材時間は４分４６秒，この功程は１日の稼動６時間とすれば，１日当りの功程は２0.7７５㎥，１日の集材回数は７５回で１人１日の功程は6.9２５㎥と推定される。

後者は傾斜５度から２２度の下り勾配で集材距離は５mから３０mの範囲内を作業員３人組で，クレーン操作１人，荷かけ集材中の誘導，トラックへの積込み整理作業をする。１サイクルの集材量0.２５９㎥で１回の集材は１玉から５玉で，集材平均距離１３m，前者と同じくこの功程は稼動時間１日６時間とすれば，１日当りの功程は１４.２５０㎥，１日の集材回数は５５回で１人１日当り功程は4.７５０㎥と推定される。後者は地引き集材の際キャップ等の器具を使用しないため切株，岩石，立木等に当り集材時間にロスがあった。地引き集材作業を行なう場合はキャップ等の器具を使用することにより作業能率の向上が図れる。表－９，表－10はヤンマーキャタトラによる集材作業功程調査であり，表－11，表－12は日野レンジャー４Ｄユニッククレーンによる集材，車積み込み功程調査したものである。

表－９　ヤンマーキャタトラによる集材作業功程調査表

（１サイクル当り）

区分		作業時間(秒)	平均(秒)	%
作業別所要時間	荷かけ	３～１１	８	2.８
	運行	２８～１４１	７９	２７.６
	荷おろし	１１～１９	１５	５.２
	索引き戻し	２６～１４２	７５	２６.２
	G.B索通し	１１～３０	１６	５.６
	G.B索はずし	１１～２５	１５	５.３
	余裕時間	４５～６７	５６	１９.６
	小計	１３０～４０９	２６４	９２.３
	ヤンマーキャタトラ移動	３０～６５	２２	７.７
	１サイクル時間計	１３０～４７４	２８６	１００
１サイクルの集材量		１本　０.２７７㎥		
１日功程		７５本　２０.７７５㎥		
作業人員		３人		
１人１日当り功程		６.９２５㎥		
集材距離		２７.７m		
１日集材回数		７５回		

表－11　日野レンジャー４Ｄユニッククレーンによる集材，車積み込み功程調査表　（１サイクル当り）

区分		作業時間(秒)	平均(秒)	%
作業別所要時間	ワイヤロープ引き伸し	１５～１７３	５４	１３.８
	荷かけ	４～１５７	２４	６.１
	引き寄せ	１０～４９３	９９	２５.２
	荷おろし	３～５５	１４	３.６
	車積み込み	２７～３０５	１０９	２７.８
	余裕時間	６～２２５	８０	２０.４
	トラックの移動	７３～３８０	１２	３.１
	計	１３０～６７８	３９２	１００
１サイクルの集材量		０.２５９㎥		
１日功程		１４.２５０㎥		
作業人員		３人		
１人１日当り功程		４.７５０㎥		
集材距離		１３m		
１日集材回数		５５回		

表－10　集材作業功程調査表

サイクルNo.	組人員数(人)	主作業 使用機械 ヤンマーキャタトラYCT20W	作業時間(秒) 荷かけ	運行	荷おろし	索引き戻し	G.B索通し	G.B索はずし	余裕時間	計	副作業 作業時間 ヤンマーキャタトラの移動	サイクル時間	搬出材 材長(m)	本数(本)	材積(㎥)	集材作業条件 位置	距離(m)	勾配(度)	集材跡地の損傷度 上木	下木	稚樹
1	3	〃	3	57	16	56	30	18	56	236		236	3	1	0.077		20	10			
2	〃	〃	5	61	15	52	28	21	61	243		243	4	1	0.160		20	10			
3	〃	〃	5	58	16	51	26	23	65	244		244	3	1	0.235		20	10			
4	〃	〃	10	141	17	133	27	19	61	408	61	469	4	1	0.194		50	15		○	
5	〃	〃	7	113	10	106	25	23	45	329		329	4	1	0.360		40	15		○	
6	〃	〃	6	28	19	27	21	22	52	175	52	227	3	1	0.097		10	5			
7	〃	〃	5	150	15	142	22	24	51	409	65	474	3	1	0.077		53	15		○	
8	〃	〃	7	99	18	91	25	25	63	328		328	8	1	0.461		35	12		○	
9	〃	〃	7	131	17	122	23	22	61	383	51	434	4	1	0.194		46	12		○	
10	〃	〃	6	116	16	106	26	24	55	349		349	3	1	0.097		41	10		○	
11	〃	〃	8	74	16	69	25	21	52	265		265	4	1	0.314		26	10			
12	〃	〃	11	91	19	85	21	21	63	311		311	4	1	0.270		32	8		○	
13	〃	〃	9	72	15	68	29	25	54	272	35	307	4	1	0.160		25	7			
14	〃	〃	11	29	12	27			67	146	47	193	4	1	0.160	↘	10	6			
15	〃	〃	5	28	15	26			56	130		130	4	1	0.230	↘	10	6			
16	〃	〃	6	42	16	40			62	166	38	204	4	1	0.194	↙	15	7			
17	〃	〃	10	44	15	39			61	169		169	3	1	0.077	↙	15	7			
18	〃	〃	8	48	13	45			49	163		163	4	1	0.194	↙	17	6			
19	〃	〃	7	71	19	66	25	15	54	257	65	322	3	1	0.097		25	5		○	
20	〃	〃	5	85	16	80	21	16	52	275		275	3	1	0.077		30	7		○	
21	〃	〃	5	85	11	79	26	19	48	273		273	4	1	0.270		30	11			
22	〃	〃	11	99	15	93	17	13	51	299	54	353	8	1	0.353		35	13		○	
23	〃	〃	10	71	17	93	22	15	50	278		278	4	1	0.230		25	10		○	
24	〃	〃	9	76	16	72	23	16	60	272		272	4	1	0.116		27	12		○	
25	〃	〃	6	52	12	66	20	14	52	222	46	268	4	1	0.144		18	8			
26	〃	〃	8	45	15	42			33	163		163	9	1	0.456	↘	16	5			
27	〃	〃	7	114	15	106	16	14	52	324	55	379	8	1	0.720		40	14		○	
28	〃	〃	6	127	11	119	14	11	55	343		343	9	1	0.731		45	13		○	
29	〃	〃	10	99	13	93	19	13	46	293	30	323	9	1	0.951		35	10		○	
30	〃	〃	11	57	16	57	11	9	63	224	47	271	8	1	0.627		20	10			
計			224	2,363	456	3,251	542	443	1,670	7,949	646	8,595			8.323		831			15	
平均			8	79	15	75	16	15	56	264	22	286			0.277		27.7			0.5	

表－１２　　集材作業功程調査表

サイクルNo.	組人員数(人)	主作業 使用機械 日野レンジャー4Dユニッククレーン	主作業 作業時間(秒) ワイヤロープ引伸し	荷かけ	引き寄せ	荷おろし	車積み込み	余裕時間	計	副作業 作業時間 トラックの移動	サイクル時間	搬出材 材長(m)	本数(本)	材積(m³)	集材作業条件 位置	距離(m)	勾配(度)	集材跡地の損傷度 上木(本)	下木(本)	稚樹
1	3	〃					305	130	435		435	4	1	0.194	道路上の積み込み					
2	〃	〃					84	120	204		204	4	1	0.160	〃					
3	〃	〃					65	150	215		215	4	1	0.102	〃					
4	〃	〃					140	120	260		260	6	1	0.265	〃					
5	〃	〃	30	5	64	7	117	87	310		310	4	1	0.314	↓	7	20			
6	〃	〃	35	5	73	10	96	120	339		339	8	1	0.819	↓	8	20		幹傷 2	
7	〃	〃	25	5	51	5	104	130	320		320	4	1	0.462	↓	8	15		幹傷 2	
8	〃	〃	35	4	55	3	80	140	317		317	4	1	0.314	↙	8	15		幹傷 1,倒伏 1	
9	〃	〃	15	5	10	7	45	10	92	77	169	4	1	0.270	↙	3	13		幹傷 3	
10	〃	〃	25	4	15	8	152	21	225		225	6	1	0.317	↓	5	16			
11	〃	〃	20	5	18	8	35	24	130		130	4	1	0.360	↓	6	10			
12	〃	〃	27	4	18	10	41	10	110	110	220	4	1	0.314	↘	6	10			
13	〃	〃	23	4	14	12	70	47	170		170	4	1	0.314	↘	5	10		幹傷 3	
14	〃	〃	21	5	15	10	75	40	166		166	4	1	0.314	↘	5	10			
15	〃	〃	20	30	41	25	219	98	433		433	6	1	0.577	↙	5	10		幹傷 3	
16	〃	〃	22	7	16	12	52	46	155		155	4	1	0.230	↙	5	10		幹傷 2,倒伏 3	(生育不能)
17	〃	〃	48	5	45	5	110	16	229		229	3	1	0.120	↓	8	15			
18	〃	〃	36	7	47	6	80	25	201		201	4	1	0.314	↘	8	15		幹傷 3	
19	〃	〃	45	10	41	7	163	44	310		310	3	1	0.145	↘	10	15			
20	〃	〃	47	12	42	4	155	32	292		292	4	1	0.270	↘	13	15			
21	〃	〃	34	13	56	5	27	60	195	120	315	4	2	0.540	↓	15	10			
22	〃	〃	44	15	154	10	150	110	483		483	4	2	0.584	↓	15	10			
23	〃	〃	69	10	96	15	170	120	480		480	4	2	0.500	↓	20	10			
24	〃	〃	49	54	126	10	284	115	638		638	4	2	0.460	↓	18	10			
25	〃	〃	45	90	101	10	56	6	308		308	6	1	0.653	↘	10	10		幹傷 3	
26	〃	〃	51	34	120	5	112	45	367		367	2, 3	2	0.116	↘	7	15			
27	〃	〃	57	25	95	10	78	29	294		294	3	2	0.110	↓	10	15			
28	〃	〃	65	15	116	15	85	47	343		343	2, 3	3	0.076	↓	10	15			
29	〃	〃	45	36	123	15	69	62	350		350	2	2	0.155	↓	15	17			
30	〃	〃	51	28	141	16	75	53	364		364	3	2	0.089	↓	15	17			
31	〃	〃	67	45	152	21	54	56	395		395	3, 4	3	0.233	↓	15	15			
32	〃	〃	49	51	131	13	96	47	387		387	3, 4	3	0.190	↘	15	17			
33	〃	〃	53	61	177	29	77	45	442		442	3, 4	3	0.103	↓	10	22			
34	〃	〃	164	52	206	14	68	63	567		567	3, 4	2	0.119	↓	25	17			
35	〃	〃	173	48	194	17	96	43	571		571	3	2	0.119	↓	25	17			
36	〃	〃					212	112	324		324	2, 3, 4	4	0.094	道路上の積み込み					
37	〃	〃					198	131	329		329	2, 3	5	0.115	〃					

サイクルNo.	組人員数(人)	使用機械 日野レンジャー 4Dユニッククレーン	主作業 作業時間(秒) ワイヤロープ引伸し	荷かけ	引寄せ	荷おろし	車積込み	余裕時間	計	副作業 作業時間 トラックの移動	サイクル時間	搬出材 材長(m)	本数(本)	材積(㎥)	集材作業条件 位置	距離(m)	勾配(度)	集材跡地の損傷度 上木(本)	下木(本)	稚樹
38	3	〃					141	127	268		268	3, 4	4	0.105	道路上の積み込み					
39	〃	〃					125	161	286		286	3, 4	3	0.161	〃					
40	〃	〃					136	153	289		289	3, 4	3	0.082	〃					
41	〃	〃	94	72	145	27	198	115	651		651	3	2	0.212	↘	10	15		幹傷 2,倒伏 1	
42	〃	〃	75	64	162	32	143	109	585		585	3, 4	2	0.403	↘	10	15			
43	〃	〃	87	81	156	36	182	130	672		672	3	2	0.253	↓	15	15			
44	〃	〃	96	45	137	24	197	98	597		597	4	1	0.230	↓	15	10			
45	〃	〃	121	52	187	18	73	164	615		615	3	1	0.097	↓	20	10			
46	〃	〃	67	157	291	21	54	56	646		646	4	1	0.270	↓	15	10			
47	〃	〃	54	21	131	16	172	284	678		678	3	2	0.217	↓	10	10			
48	〃	〃	106	15	110	15	169	249	664		664	3, 4	2	0.241	↓	20	10			
49	〃	〃	105	15	91	10	75	185	481		481	4	1	0.230	↓	20	10		幹傷 4	
50	〃	〃	54	20	156	30	59	43	362		362	4	1	0.314	↙	15	10		幹傷 4,倒伏 1	(生育不能)
51	〃	〃	62	38	167	17	60	30	374		374	4	1	0.462	↙	20	10		幹傷 4,倒伏 1	(生育不能)
52	〃	〃	133	21	215	19	142	225	755		755	4	1	0.230	↙	25	10			
53	〃	〃	106	25	140	55	78	24	428		428	4	1	0.194	↙	20	10			
54	〃	〃	96	25	163	21	72	56	433		433	3, 4	2	0.083	↓	20	15			
55	〃	〃	59	26	124	15	68	76	368		368	3	1	0.307	↓	20	17			
56	〃	〃	71	18	115	13	132	81	430		430	3	2	0.101	↓	15	18			
57	〃	〃	43	11	98	21	70	63	306		306	4	1	0.160		15	14	↓		
58	〃	〃	51	23	76	14	83	85	332		332	4	1	0.194		15	16	↘		
59	〃	〃	93	21	124	16	80	65	399		399	3	2	0.079		20	17	↘		
60	〃	〃	109	18	193	19	87	33	459	73	532	4	1	0.230		20	15	↓		
61	〃	〃	58	35	118	21	72	43	347		347	4	2	0.424		15	15	↓		
62	〃	〃	75	21	72	36	62	46	312		312	3	2	0.228		15	15	↓		
63	〃	〃	64	23	109	18	152	52	418		418	4	2	0.388		20	15	↓		
64	〃	〃	54	26	77	17	99	55	328		328	4	2	0.226		20	15	↓		
65	〃	〃	71	25	105	21	48	67	337		337	4	1	0.194		25	15	↓		
66	〃	〃	80	25	152	18	105	41	421		421	4	1	0.194		28	15	↓		
67	〃	〃	85	20	216	25	100	32	478		478	3	1	0.433		30	15	↓	幹傷 2,倒伏 1	(生育不能)
68	〃	〃	40	21	150	15	64	55	345		345	4	1	0.194		25	15	↓		
69	〃	〃	40	10	33	13	67	45	208	127	335	2	1	0.157		10	15	↓		
70	〃	〃	66	15	493	26	140	53	793	380	1, 173	6	1	0.437		25	15	↓	幹傷 3	
71	〃	〃					104	56	160		160	3	5	0.249	道路上の積み込み					
合計			3, 805	1, 683	7, 059	993	7, 724	5, 711	26,975	887	27,862		119	18.410		888	843		49	
平均			54	24	99	14	109	80	380	12	392		1.7	0.259		12.5	12		0.8	

(3) 経済性検討のための諸元調査

使用機械のヤンマーキャタトラYCT20Wおよび日野レンジャー4Dユニッククレーンの器具類，賃金等を調査する。表－13，表－14のとおりである。

表－13 経済性検討のための諸元表

使用機械	名称（会社名）			ヤンマーディーゼル株式会社
	型式			ヤンマーキャタトラYCT20W
	構造			ウインチ内装型
	エンジン馬力			9.5～11PS
	ウインチ仕様	ドラム数		1個
		ドラム巻込容量		8㎜φ×80m
		性能	けん引力	直引力700kg
			速度	正21.2m/min 逆59.7m/min
	自重			1,565kg
	積載重量			1,800kg
	消費燃量			1.7ℓ/h
	価格			2,090,000円
器具数	アタッチメント	ターンテーブル		52,000円
		ソリフレーム		40,000円
		ワニ口		54,000円
		簡易クレーン装置		25,000円
		ワイヤ案内ローラ		12,000円
		延長荷台		18,000円
		計		201,000円
賃金	日給払	一日の所得	最低	6,300円
			最高	6,800円
			平均	6,550円
		月平均所得		25日×6,550円＝163,750円
備考	男，女別年令			男 30～60才

表－14 経済性検討のための諸元表

使用機械	名称（会社名）			日野自動車販売株式会社
	型式			日野レンジャー4Dユニッククレーン
	構造			ユニッククレーン付2段油圧伸縮式
	エンジン馬力			170PS 13,200rpm
	クレーンの性能	けん引力		2,900kg
		速度		15.75m/min
	価格			4,500,000円
賃金	日給払	1日の所得	最低	7,000円
			最高	10,000円
			平均	8,000円
		月平均所得		25日×8,000円＝200,000円
備考	男女別年令			男 30～55才

5　経済性の比較

集材作業に使用した，ヤンマーキャタトラによる集材経費と日野レンジャー４Ｄユニッククレーンによる集材経費の経済性を比較検討すると，集材量および集材距離に多少の相違いはあるが，前者の１㎥当りの集材経費は2,３７７円で後者の集材経費は3,８７５円と前者の方が1,４９８円安価に集材することができた。両者とも張力は十分であった。前者は集運材専用に製作されており集材には後者より有利であることが認められる。表－１４は集材作業の経済性を試算した表である。

Ⅵ　おわりに

高密路網の地域では，ヤンマーキャタトラＹＣＴ20W，日野レンジャー４Ｄユニッククレーンによる集材は，架線集材方式と違って架設，撤去作業は不要であり，今回の試験地のように小面積で地引き集材作業の場合は集材位置を簡単に移動し集材をするから大径材の集材，木寄せ作業には適しており効率的である。技術的にも簡単で少人数で作業ができる。ただし，地引き集材を行うから植栽下木に損傷があり，この点注意を要する。地引き用キャップ等の器具を利用することがのぞましい。

今後複層林施業で大径材生産事業の集材，搬出作業に十分活躍するものと期待するものである。

表－１４　集材作業経済性調査

	ヤンマーキャタトラによる集材作業		日野レンジャー４Dユニッククレーンによる集材作業	
A	機械の購入価格ヤンマーキャタトラおよびアタッチメント器具一式	2,291,000円	日野レンジャー４Dユニッククレーン付トラック（４t車）	4,500,000円
B	機材費スナッチブロック３個３３,０００円 ワイヤーロープ６×１９％8mm 80m １１,０４０円	44,040円	スナッチブロック２個　@１１,０００円	22,000円
C	賃金　３人×８,０００円	24,000円	賃金　３人×８,０００円	24,000円
D	作業道開設費　1,０００,０００円／2,０００m³×２０,７７５m³	10,388円	作業道開設費　1,０００,０００円／2,000m³×14,245m³	7,123円
E	総搬出材積	19.296m³	総搬出材積	18,410m³
F	燃料費　1.7ℓ／h　１０.２ℓ×９０円	918円	燃料費７ℓ／h　４２ℓ×９０円	3,780円
G	１日当りの功程	20.775m³	１日当りの功程	14,250m³
H	１日当り機械償却費２,２９１,０００円×０.９×運転時間６h／耐用時間３,０００h	4,124円	４,５００,０００円×０.９×６h／６,０００h	4,050円
I	整理修理費２,２９１,０００円×０.７５×運転時間６h／耐用時間３,０００h	3,437円	４,５００,０００円×０.７５×６h／６,０００h	3,375円
J	機材費　スナッチブロック購入価格１１,０４０円／耐用数量１２,０００m³×２０,７７５m³ ワイヤロープ購入価格３３,０００円／耐用数量３,８００m³×２０,７７５m³	125円	スナッチブロック　22,000円／12,000m³×14,245m³	29円
K	m³当り価格 $K=\frac{24,000円+918円+4,124円+3,437円+125円+10,398円}{20,775m^3}$	2,070円	m³当り単価 $K=\frac{24,000円+3,780円+4,050円+3,375円+29円+7,123円}{14,245m^3}$	2,974円
L	集材機械作業の総経費　L＝１９.２９６m³×２,０７０円	39,943円	集材機械作業の総経費　L＝18,410m³×２,９７４円	54,751円