

ヒノキ単層林を対象とした強度列状間伐の有効性

時光 博史

時光博史：ヒノキ単層林を対象とした強度列状間伐の有効性，広島県林技セ研報33：25～36，2001．間伐の実施は人工林経営の緊急課題となっている。この間伐作業の作業効率を高め，併せて間伐収入を増加させるため，比婆郡西城町の平均樹高15m，平均胸高直径17cmの42年生ヒノキ林に強度な列状間伐を実施した。伐採は斜面方向に平行な列を単位として1列残存3列伐採の75%間伐と2列残存2列伐採の50%間伐とし，これに伴う非列状間伐を一部で行った。1本当たり伐倒時間は75%間伐で33秒，50%間伐で38秒，非列状間伐では，かかり木処理に時間を要して125秒であった。また間伐木は全木を斜面下方の作業道に搬出，集材した。搬出は主としてスキップT-30のワイヤーによって引き出し，グラップルにより作業道近傍の引き出しと土場への移動を行い，チェーンソーで材長3mの丸太に玉切り，丸太は路側にグラップルで積み上げた。伐採，搬出，造材には5人で2日間を要し，丸太38m³が生産された。間伐及び丸太生産のコストは立木1本当たりa=700円であった。また材長3m，末口径14cmの柱径級丸太の山土場価格を1本当たりb=1,500円と推定した。その結果，収入間伐を初めて実施するような全体に細い径級の多いヒノキ林分については間伐対象立木数Nとそのうち柱径級丸太の生産を見込む本数nによって間伐収益(bn-aN)が概算できると考えられた。列状間伐は生産規模拡大，道路網整備，高性能機械導入により更に効率化が可能であり，間伐の低コスト化に有効と思われた。

[キーワード]

間伐作業工程，全木集材，強度間伐，ヒノキ単層林，列状間伐

1. はじめに

広島県の民有林には16万5千haの人工植栽された単層林がある。そのうち54%の8万9千haはヒノキ林で占められている。更にヒノキ林の78%の6万9千haは3～8齢級であり，この範囲の林齢で10年に1回の間伐を行うと年7千haの間伐が実施される程の規模である。しかし間伐の実施は広島県全体で年間2～4千haにとどまっておき間伐の促進が緊急の課題となっている。間伐を促進するためには間伐の低コスト化が求められている。

下層，列状，択伐による実施例の比較によると間伐の事業費は工程によって決まり，工程は地形や間伐径級などにより左右されやすい。また収益面でどのような間伐が有利かは，その時々市場価格に影響される⁶⁾。

高価な優良木や小径木を販売することができた1970年代には，間伐といえば下層間伐のことを意味し，列状間伐は選木の必要のないクローンなど個体間の品質に差のないような造林地のみで有効¹⁰⁾とされた。しかし下層間伐では伐採されない大径木も列状間伐では間伐対象木となりうる。そして列状間伐は間伐に際し，間伐作業が画

一的になり作業の標準化が可能で，機械力の導入が行われやすい¹⁰⁾。伐採範囲をテープで区画するだけで技術を要する選木は不要になり間伐作業実行の指示監督に要する時間も短縮が期待できる。

そこで間伐を低コスト化するために作業効率を上げる方法として列状間伐を採用し，収入間伐として収益を上げるために伐採列数は通常行われる1列より多い2及び3列とし伐採本数率を50%及び75%として強度列状間伐を実施した。

2. 材料と方法

2.1 材 料

- ・実施日：平成11年9月27～29日（29日の作業は1時間）
- ・対象林分：広島県比婆郡西城町小鳥原42年生ヒノキ林（写真1は搬出後）

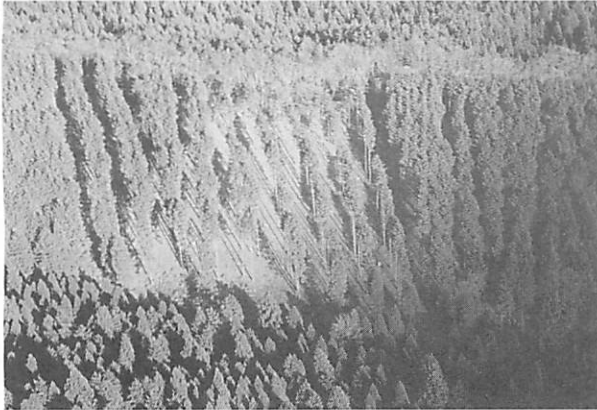


写真1 強度列状間伐試験地

・地況：西向き斜面，傾斜30度，面積0.32ha，適潤性褐色森林土，基岩花崗岩類¹⁾

・林分等調査方法

試験地内の全立木の胸高直径を輪尺によって2cm単位で計測した。樹高は6分の1の本数を比例式測高器によって0.5m単位で計測した。また伐採列と残存列の間には林床にテープを伸ばして作業の境界を明示した。

また間伐終了後に全残存木にペンキで胸高帯と一連番号を付し，胸高直径と樹高を計測した。胸高直径は斜面方向とこれに直交する2つの方向を輪尺によってmm単位，樹高は比例式測高器によって0.1m単位とした。一連番号は残存ブロック別に斜面の上部から下部に向い，又は下部から上部に向かった順とした。立木の配置は付図-1のとおり。

立木材積の算出は林野庁計画化編の立木幹材積表西日本編の中国地方の材積式によった。また，生産された丸太材積は末口二乗法によった。更に林地残材を間伐作業の過程で生ずる損失として把握することとし，長さを0.1m単位，末口径と元口径をmm単位で計測した。林地残材の材積計算は樹木全体が残っているものは幹材積表により，切断された丸太は次式によった。

$$\text{材積} = \text{材長} \times \pi (\text{末口径}^2 + \text{元口径}^2) / 8$$

番号のうち○は伐採木のまとまりを示すブロック番号，裸書は残存木のまとまりを示すブロック番号

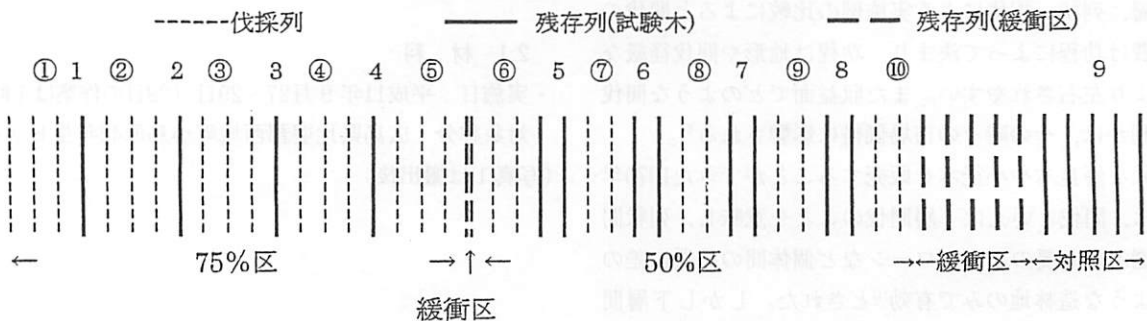


図-1 列状間伐実施模式図

・間伐方法：チェーンソーで次のとおり列状に立木を伐倒した(写真2は3列伐採ブロック)。



写真2 列状伐採ブロック(3列伐採)

75%区は1列残存3列伐採(4列残存，15列伐採)：第①～⑤ブロック

50%区は2列残存2列伐採(8列残存，10列伐採)：第⑥～⑩ブロック

対照区は5列残存：第9ブロック

緩衝区は7列残存(75%区と50%区の間に2列，50%区と対照区の間に5列)

・集材・玉切方法：ロギングトラクターT-30のウィンチを用いて斜面下方へ搬出する下げ荷で全木集材し，林外へ搬出，林縁から作業土場までイワフジ製グラップルを装着した日立EX120で全木を移動，チェーンソーで枝払い・玉切り，同グラップルで路側に丸太積み，枝条処理した(写真3)。



写真3 スキッドT-30とグラップル

- ・間伐作業人数：27・29日は5人，28日は4人，延べ10人日
 - ・作業員の配置：図-2のとおり
 - ・林分諸量と間伐量：平均胸高直径17cm，林分平均樹高15m，立木本数840本(本数密度2,600本/ha)，植栽列数49列
- このうちの立木470本，立木材積89.4m³を間伐対象とした。そのうち75%区は289本で55.7m³，50%区は167本で31.3m³であった。植栽列は斜面方向に明らかであり，1列当たり平均18本，立木材積3.5m³であった。平均樹高は15m，平均胸高直径は17cmであった。

作業工程調査の対象とした列状間伐の間伐量は表-1のとおり。

表-1 伐採ブロック別の間伐量

区分	ブロック番号	立木材積(m ³)	立木本数	平均胸高直径(cm)	平均樹高(m)	備考
75%区	①	13.5(4.5)	77(26)	17/8~26	14.5	
	②	11.9(4.0)	61(20)	18/10~28	14.7	スギ3本含む
	③	10.8(3.6)	55(18)	17/10~40	14.7	スギ1本含む
	④	9.7(3.2)	46(15)	18/10~30	14.8	
	⑤	9.7(3.2)	50(17)	17/10~26	14.7	
75%区計		55.7(3.7)	289(19)	17/8~40	14.7	
50%区	⑥	6.9(3.4)	31(16)	19/10~28	15.1	
	⑦	5.9(3.0)	31(16)	17/10~26	14.8	
	⑧	5.9(3.0)	32(16)	17/12~28	14.6	
	⑨	7.0(3.5)	40(20)	16/10~34	14.4	スギ1本含む
	⑩	5.5(2.7)	33(17)	16/10~24	14.3	
50%区計		31.3(3.1)	167(17)	17/10~34	14.6	
その他		2.4	14	16/10~24	14.3	
計		89.4(3.6)	470(18)	17/8~40	14.7	

(注) ()内は1列当たりの材積又は本数，胸高直径は平均値[上段]と範囲[下段]を示した

また，斜面上の立木は斜面上方に向かって樹高と胸高直径が低下する傾向がみられた。この傾向は作業工程や収益に影響すると思われたので，残存木に付した番号と胸高直径，樹高との関係を図-3及び図-4に示した。番号はほぼ斜面方向の順に付されており，斜面上の相対的な位置を示している。

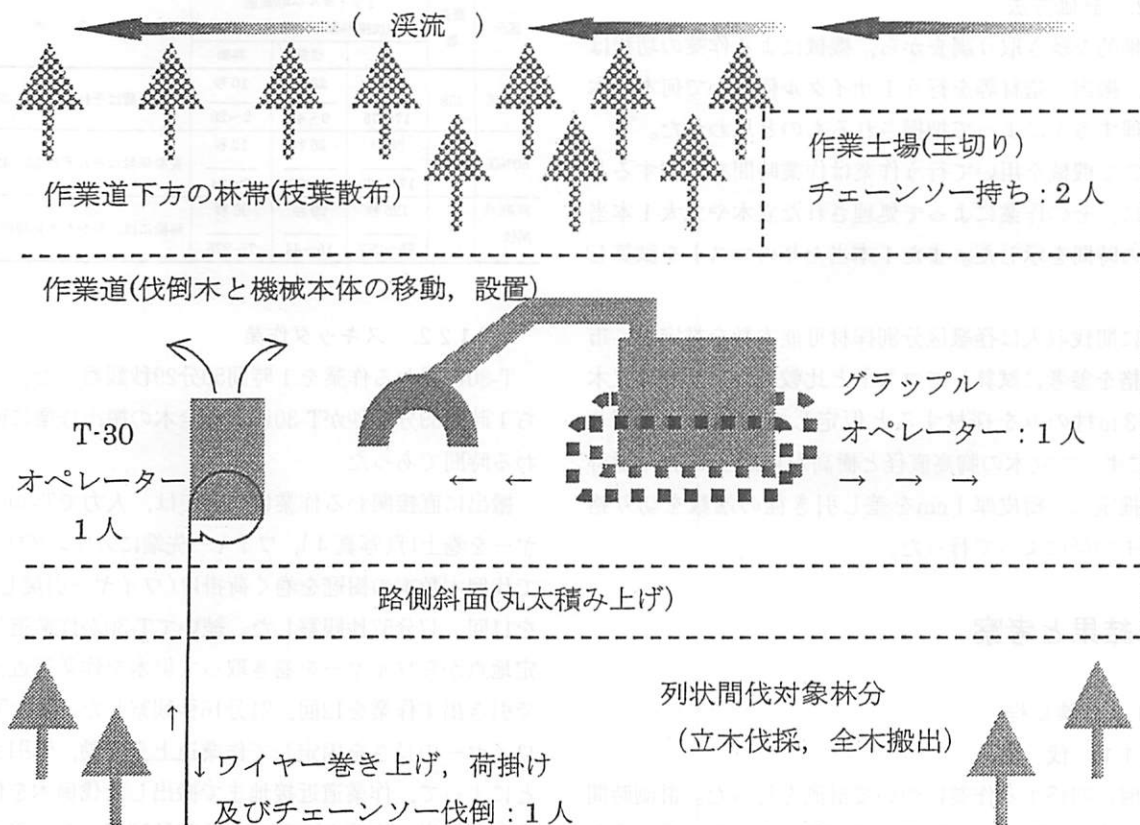
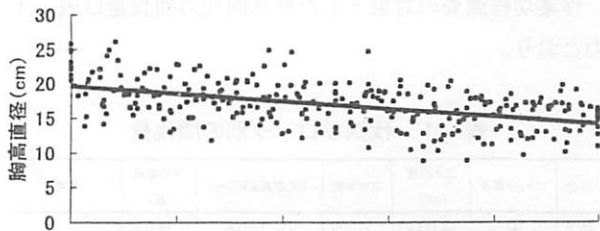
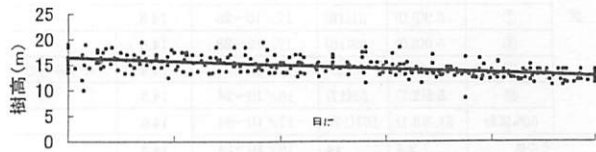


図-2 人員配置図



立木番号: 下方←(斜面上の位置)→上方
 図-3 斜面位置による胸高直径分布状況
 (立木番号は斜面の方向にほぼ対応している)



立木番号: 下方←(斜面上の位置)→上方
 図-4 斜面位置による樹高分布状況
 (立木番号は斜面の方向にほぼ対応している)

$$\text{胸高直径(cm)} = -0.0547 \times \text{位置(\%)} + 19.666 \quad (1)$$

$$\text{樹高(m)} = -0.0367 \times \text{位置(\%)} + 16.447 \quad (2)$$

立木の全数調査による方法と併せて、この式からも柱級柱材比率を推定することとした。

2.2. 評価方法

予備的な聴き取り調査から、機械による作業の工程は伐倒、搬出、造材等を行う1サイクル何分かで何本の木を処理するかによって把握されるものと思われた。

そこで機械を用いて行う作業は作業時間を計測するとともに、その作業によって処理された立木や丸太1本当たりの時間を示した。また1本当たりのコストを試算した。

更に間伐収入は径級区分別採材可能本数を推定し、市場価格を参考に試算してコストと比較した。試算は立木から3m材のみを採材すると仮定して、林野庁の細り表¹²⁾によって立木の胸高直径と樹高から地上高別の樹幹径を推定し、樹皮厚1cmを差し引き径の端数を切り捨てた末口径によって行った。

3. 結果と考察

3.1. 作業工程

3.1.1. 伐倒

伐倒に関係する作業について計測を行った。計測時間は昼食休憩を除いて4時間28分37秒であった。そのうち直接伐倒に関わる作業は275サイクル、2時間51分24秒

を記録した。列間等の距離の長い林内移動は8回、31分39秒、給油は3回、20分49秒、作業休憩は1回、22分36秒、チェーンソーの目立ては1回、15分7秒、支障木処理等の「その他」作業は5回、7分2秒であった。記録した時間の63.8%が伐倒に直接関係する作業であった。

直接伐倒に関わる作業1サイクルに要した時間は、表-2のとおりであった。1サイクル所用時間、立木の伐採時間、立木間の移動時間とも75%区、50%区、非列状間伐の順に多く時間を要した。

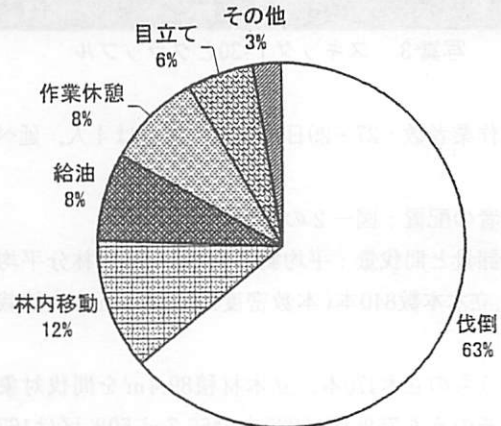


図-5 伐倒関係作業記録時間

表-2 1本の立木伐倒に要した時間

区分	調査数	1サイクル平均/範囲 (伐採, 移動, かかり木処理)			備考
		計	伐採	移動	
75%区	158	33秒	28秒	10秒	変動係数はそれぞれ 29, 35, 42%
		17~75	9~48	2~29	
50%区	106	38秒	26秒	12秒	変動係数はそれぞれ 35, 42, 46%
		17~120	8~96	2~24	
非列状間伐	8	125秒	29秒	96秒	移動には、かかり木処理作業を含む
		35~297	15~44	7~275	

3.1.2.2. スキッド作業

T-30に関わる作業を1時間50分29秒観察した。このうち1時間39分36秒がT-30による全木の搬出作業に直接関わる時間であった。

搬出に直接関わる作業については、人力でT-30のワイヤーを巻上げ(写真4)、ワイヤー先端にスリングワイヤーで伐倒木数本の樹冠を巻く荷掛け(ワイヤー引戻し)作業を11回、47分57秒観察した。続いてT-30が作業道上の一定地点からワイヤーを巻き取って倒木を作業道近接地まで引き出す作業を12回、21分16秒観察した。またT-30がワイヤーの長さを固定して作業道上を移動、牽引することによって、作業道近接地まで搬出した伐倒木を作業道まで引き出す作業を5回、14分38秒観察した。以上の2つ又は3つの作業が連続して観察された場合を1サイク

ルとして9サイクルを観察した。なお、観察した作業中に機械の始動待ち、支障となる切り株の切除等短時間の作業の中断を8回、15分45秒観察した。ワイヤーの人力による巻上げ時間が観測時間全体の44%と最も多くを占めていた。



写真4 荷掛け作業 (ワイヤーロープ人力巻上)

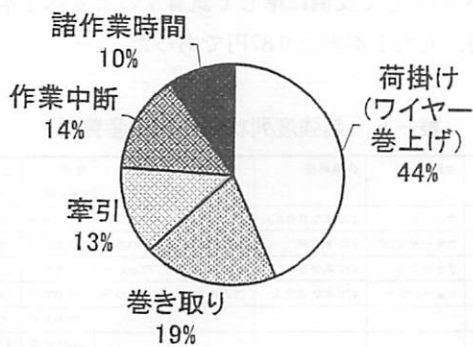


図-6 スキッド関係作業記録時間

直接搬出に関わるスキッド作業1回当たりの所用時間は表-3のとおりであった。

表-3 1回のスキッド作業に要した時間

区分	観察回数	1サイクル所用時間		
		平均	最大	最小
荷掛け(巻上げ)	11回	4分22秒	10分3秒	57秒
巻き取り	12回	1分46秒	3分21秒	55秒
牽引	5回	2分56秒	4分38秒	1分28秒
作業途中の中断	12回(実質8回)	1分19秒	3分40秒	0秒
1サイクル全体	9サイクル	7分48秒	12分2秒	3分17秒

伐倒木搬出に直接関わる1サイクルの作業の合間に行われた「諸作業」の時間は10分53秒で10%を占めた。諸作業とはサイクル間の作業空間確保等のための伐倒木の移動や伐倒木移動を容易にするための梢端部切り落とし等のため行われた3回の作業である。作業がなかった場合を0秒として合わせて8回観察し、所用時間は0～7分10秒、平均は1分22秒であった。

1回の搬出本数は目視により12回の平均8本、最大20本、最小2本であった。搬出本数と作業時間の関係は明らかでなかった。

また搬出された伐倒木のうち最も作業道から遠い元口から作業道までの目視距離は10回の平均18m、最長30m、最短8mであった。搬出距離が短いと搬出時間が短くなるという関係は示されなかった。これは搬出距離が短い場合には上方の伐倒木に抑えられた搬出木を引き出すことになり、円滑な引出しが困難となったためであると思われる。

3.1.2.3. グラップル作業

グラップルによる林縁からの伐倒木の引き出し、作業土場への運搬、造材丸太の作業道路側への移動、積み上げ、土場からの枝葉の除去について昼休憩1時間8分を除いて3時間59分57秒観察した。また作業土場では1～4人によるチェーンソーによる造材が2日間と1時間の間、断続的に行われた。

作業内容を区分して時間を記録することができた作業は次のとおり。T-30によって作業道に直交して引き出された全木又は作業道近傍の伐倒木をグラップルによって作業道上に引き出し、作業道方向に全木の向きを変える作業を13回、27分15秒観察した。1回に平均7本が引き出された。作業道に平行となっている全木を車両の通行や作業の移動の支障とならないよう移動する作業を12回、16分45秒観察した。作業土場で玉切りができるように全木を持ち込み、道路に直交する丸太上に道路と平行に全木を設置して準備を整える作業を12回、27分36秒観察した。1回に平均5本が設置された。作業土場で玉切られた丸太を作業土場からつかみ上げ、作業道の反対側の路側まで移動し、丸太を路側に積み上げる作業を14回、1時間2分44秒観察した。玉切後作業土場に残った枝葉や作業道上に散乱した枝葉を取り除く1回1～2分の作業と、近接する林内に移動し、軽く下方に押し付ける作業を6回、37分44秒観察した。路側への丸太積み上げ26%、枝葉の処理16%の時間が多かった。

1回当たりの所用時間を計測することができたグラップル作業は表-4のとおりであった。

表-4 1回のグラップル作業に要した時間

区分	観察回数	平均	最大	最小
引き出し	13回	2分6秒	5分0秒	33秒
全木移動	12回	1分24秒	3分35秒	31秒
玉切り準備	12回	2分18秒	9分19秒	27秒
丸太積み	14回	4分29秒	15分0秒	38秒
枝葉処理	6回	6分17秒	28分40秒	1分0秒

また、作業間の機械の休止は9回、1時間6分56秒観察した。所用時間は最大31分14秒、最小52秒、平均は7分26秒であった。

作業道上で他の作業を伴わない車両の移動は4回観察し、合計57秒であった。

更に、作業土場へ全木が設置されると、チェーンソーによる玉切作業が速やかに開始され、玉切作業が終了するとグラブプルができるだけ速やかに丸太の取り除きを開始した。この間を玉切作業時間とみなすと、玉切作業は12回で65本の全木が丸太となった。丸太数は計数できなかったが事業全体の比率では1本の全木から1.5本の丸太が生産されていた。連続した玉切り作業は8回が観察され、総時間は34分10秒で最大所用時間は8分58秒、平均は4分16秒であった。1回当たり5.4本の全木が玉切れ、8.1本の丸太が生産されたとみなすと、全木1本当たり47秒、丸太1本当たり32秒が玉切りに要した時間であった。

3.1.3. 丸太生産

表-5のとおりヒノキ715本36.3m³、スギ13本1.4m³計37.7m³の丸太が生産された。

ヒノキのうち市場で高価に販売される末口14cm以上の丸太は245本18.4m³であった。これは生産されたヒノキ全体に対して本数で34%、材積で51%に当たる。各丸太は、それぞれ何番玉から生産されたものであるかは追跡できなかった。

なお間伐実施前の毎木調査結果から樹幹の歩落ちを考慮し、樹皮の厚さを5mmと仮定して各立木から採材が予測される3m材の末口径を算定¹²⁾すると、末口径14cm以上のヒノキ丸太の本数は、元玉からの本数324本、2番玉から136本、31本、計491本であった。生産された本数を予測した本数と比べると、元玉からの予測数に対して76%、元～2番玉からの予測数に対して53%、元～3番玉からの予測数に対して50%であった。

また林地には伐倒木全木や切断された丸太55本が残されていた。立木材積89.4m³に対して、生産された丸太の素材材積は42.2%の37.7m³、林地残材は2.9%の2.6m³であった。

表-5 生産された丸太

区分	材長 3m			材長 4m			素材材積計
	本数	平均末口径	素材材積	本数	平均末口径	素材材積	
ヒノキ	707	12.6cm(7~22)	84.9m ³	8	20.5cm(18~24)	1.4m ³	86.3m ³
スギ	10	14.5cm(11~20)	0.6m ³	3	25.3cm(20~30)	0.8m ³	1.4m ³
計	717		85.5m ³	11		2.1m ³	87.7m ³

3.2. 間伐コスト

3.2.1. 費用

広島県立林業技術センターの間伐材搬出経費試算方法²⁾に準じてスキッド価格700万円、グラブプル価格1,000万円、作業者賃金16,000円とし、諸経費・間接費を一律40%と簡略化して間伐材生産経費を試算すると表-6のとおりであった。

この試算によると470本89.4m³の立木から728本37.7m³の丸太を生産する作業に386,100円を要したことになる。生産に要した費用は立木1本当たり822円、生産された丸太1m³当たり10,241円に当たる。

なお作業内容を区分して作業時間が他と容易に区別できる伐倒及びT-30による林外搬出については、1本当たり作業時間は1日8時間労働で実働約60%として5時間の作業が行われたと仮定すると、伐倒は35秒/本として48円/本、T-30による林外搬出は59秒/本として234円/本の費用で行われたことになる。また玉切りは2人が行ったものとして伐倒に準じて試算すると立木1本当たり128円、丸太1本当たり87円であった。

表-6 超強度列状間伐木生産費用

区分	手段	作業単位	単価	区数	総額 (×1.4)	立木1本 当たり
伐採	チェーンソー	470本/2日/0.5人	17,500円/日	17,500円	24,500円	52円/本
林外搬出	スキッドT-30	470本/2日	51,000円/日	102,000円	142,800円	304円/本
道上移動	グラブプル	470本/2日	36,000円/日	72,000円	100,800円	214円/本
造材・玉切	チェーンソー	470本/2日/2人	17,500円/日	70,000円	98,000円	209円/本
車両運搬			-	-	20,000円	43円/本
全体					386,100円	822円/本

3.2.2. 収支

生産されたヒノキ材35.6m³の市場価格を16千円/m³、スギ材2.1m³の市場価格を1万円/m³とし、市場へのトラック運搬費、市場手数料等を合計5,000円/m³として控除して試算すると402,100円の山元での収入となる。生産費用386,100円を差し引くと16,000円の収益が見込まれた。

3.3. 残存木の被害

更に伐採直後に残存木のうち数本の根元に傷が認められ(写真5)、それ以外にも時間経過にしたがって樹皮の剥離が認められた。平成12年11月に樹皮が無い又は樹皮の剥離が認められた残存木は付図-1のとおり7本であった。傷の位置は地上20cmまでが4本、40cmまでが3本あり、後者のうち1本には更に60~80cmの位置に傷があった。



写真5 材搬出に伴う残存木の傷

平面状の位置は斜面下方の林縁に3本、そのうち1本を含み非列状間伐木が玉切れ搬出された経路に3本が位置していた。それ以外の傷は斜面に直交する水平方向に伐倒された全木の樹幹が搬出時に接触した残存ブロック2の立木番号228と、同じ搬出木が残存ブロック1と交差したため切り落とした梢端部が、移動中に激突した立木番号207に生じた。更に梢端部を切り落としたこの搬出木の切断部分は下方の切り株に当たって作業が中断し、2分36秒が失われた。

3.4. 間伐効果

間伐の実施によって促進されると考えられる残存木の成長については残存木の形状の計測値について現段階では示すことはできないが、間伐を行ったことにより林内は明るくなった。成長を行うために光を必要とする植物に対して供給される限られた日光について余剰が生じたといえる。このような意味で改善されたといえる林内光環境は次のとおりであった。

大成化工株式会社のオプトリーフシステムを用いて平成12年7月6日から12日までの夏季6日間、日射計フィルムY-1Wによる積算日射量を調査した。調査位置は地上0.3、0.6m及び1.2mの高さで各調査区内に21地点を設定し、林外裸地の6地点に対照調査点を設定した。積算日射量推定値は表-7のとおりであった。地上高1.2mにおける積算日射量は、林外を基準にして75%区は43%、50%区は39%、無間伐対照区は20%と推定され、間伐区と対照区の差は明瞭であった。

表-7 オプトリーフシステムにより推定した1日当たり積算日射量

区分	7月の日射量: MJ/m ² 日(裸地の地上高1.2mの日射量との比較), 6日間平均			
地上高	裸地	75%区	50%区	無間伐
1.2m	13.7(100%)	5.9(43%)	5.4(39%)	2.8(20%)
0.6m	12.7(93%)	5.4(39%)	4.7(34%)	2.6(19%)
0.3m	13.5(99%)	5.1(37%)	3.6(26%)	3.0(22%)

3.5. 柱径級丸太の生産予測

また本論の列状間伐対象林分から3m採材として、元~3番丸太について高価な販売が見込める末口14cm以上の太さの柱径級の丸太は胸高直径、樹高と図-7のとおり生産が予測された。

図-7の上段は現地斜面の下方から上方に至る立木について、測定結果をもとに元~3番玉は末口14cmの3m柱径級の丸太が採材できる大きさであるかどうかを算定して示されている。柱径級丸太が採材できる大きさの立木の部分は、斜面下方に多いが斜面上方であっても3番丸太までである大径木があり、その部分は斜面全体にばらついていた。この部分とは太さは十分であっても現実には樹幹の曲がり、樹皮厚等によって柱径級の丸太が採材できない場合もあるので、図-7は柱径級の丸太が生産される可能性を示すものである。

中段の図は測定結果により立木を太い順に並べたものであり、太い立木から順に選ぶと、7%までの立木であれば3番丸太まで、29%までであれば2丸太まで、70%までであれば元玉だけは柱径級丸太が採材可能な太さである。

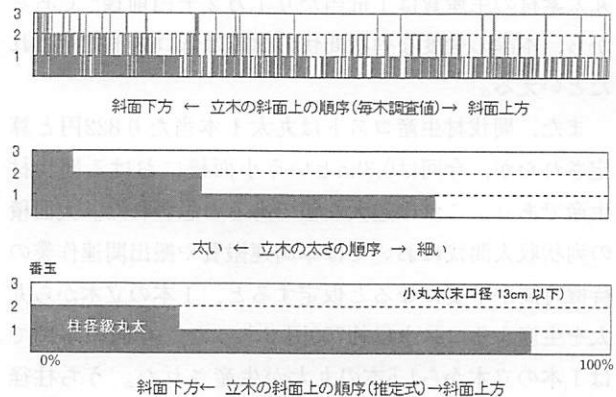


図-7 材長3mの元~3番玉の末口径区分別本数割合 (灰色は末口径14cm以上の丸太)

また下段は測定値ではなく(1)式及び(2)式により斜面上の立木の胸高直径と樹高を推定して柱径級丸太(末口14cm, 材長3m)の有無を示したものである。この推定によると元玉は87%、2番玉は25%が柱材径級であった。3番玉は全く採材不能という推定結果になった。元~2番玉全体の56%、元~3番玉の37%が柱径級であると推定された。林内全体にばらつく径級の変化の傾向と斜面上の径級の変化の傾向とは理論的には異なるものであるが、図-7によって径級のばらつきは、ある程度近似されることが示された。この類似は林分全体の平均値だけではなく、ばらつきを推定する必要がある場合に利用できるものと思われた。

3.6. 考察

42年生のヒノキ林分では1本当たりの間伐木伐倒に75%の列状間伐で33秒、50%の列状間伐で38秒を要した。金額にして1本当たり約50円(表-6)であった。非列状間伐は伐採後かかり木処理が必要となるために1本当たり125秒と3倍以上の時間を要し、同様に試算すると1本当たり180円となった。列状間伐は林外への搬出も観察によれば効率的に行われた。平均して立木1本は35秒で伐倒され、T-30により59秒で搬出され、47秒で玉切られた。搬出作業では人力によるワイヤーの巻上げが時間の半ばを占めていた。搬出以降の処理は1人のオペレーターが担当するグラップル作業の貢献度が高いと思われる、グラップル作業は玉切り後の丸太の路側への積み上げと枝葉の処理時間が4割以上を占めていた。巻上げ時のT-30の待機時間と各作業間のグラップル作業が終了するまでの玉切り作業等の待機時間を短縮することが、間伐材生産作業全体の時間を短縮することにつながると思われた。

また列状間伐を主体とした本論の丸太の生産費は1㎡当たり約1万円となった。主伐材を主体とした一般的な丸太素材の生産費は1㎡当たり1万2千円前後¹³⁾であるから、本論の強度な列状間伐の試みは低コストで行われたといえる。

また、間伐材生産コストは丸太1本当たり822円と算定されたが、今回は0.3haという小面積における間伐材生産であり、これは過大な値であると思われた。大面積の列状収入間伐においては車両運搬費や搬出関連作業の待機時間が不要になると仮定すると、1本の立木から丸太を生産するコストは約700円であった。今回の事例では1本の立木から1.5本の丸太が生産された。うち柱径級は0.5本であった。立木1本当たり処理コスト700円のうち、伐倒コストは強度列状間伐によって低減された結果1割以下となり、T-30の搬出コストは3分の1を占め、造材玉切りコストは2~3割を占め、多様な作業を担当するグラップルのコストが3割を占めた。今回の事例では小面積作業のためにT-30の休止時間が長くなったものと思われるが、人力巻上げという単価の低い作業の時間がそのままT-30の待機時間となっていたことは改善の余地がある。T-30の稼働率を高めることが、本論の作業仕組みについてのコスト低減の課題であると考えられた。一方、需要の少ない小径材の市場逆算価は山土場で0円/㎡に近いが、高価に販売される末口14cm以上すべての径級の丸太の山土場価格を2万5千円/㎡と仮定すると、3m材は1本当たり約1,500円である。この場合に収支がつりあう限界を考えると、収入間伐開始前に末口

14cm以上だけに目的を限って生産し、立木本数に対して47%以上の本数に当たる柱径級の丸太が生産されれば収支は合う。これが対象事例の損益分岐点である。本論の列状間伐では立木本数に対して柱径級丸太本数は53%が生産された。この関係をまとめると、収入間伐の対象林分から採材される柱径級の丸太直材の本数が収入の上限を決めることとなり、また、その材を元玉とみなして柱径級丸太を採材可能な立木の本数割合が間伐収益の指標になると考えられた。この関係を柱径級丸太山土場価格を1,500円/本として図-8に示す。今回の事例は図中に丸印で示した。今回の事例では1本の柱径級丸太によって1500円の収入が得られたので、縦軸に示した柱径級丸太1本の丸太の生産に対応する立木1本の間伐材生産費が横軸1500円が横軸に示され、1本の立木から0.5本相当の柱径級丸太が生産され、これに対応する立木1本の間伐材生産費が700円であった。これが図中丸印として示され、損益の分岐を示す斜線に接して、かろうじて収益が得られることが表されている。

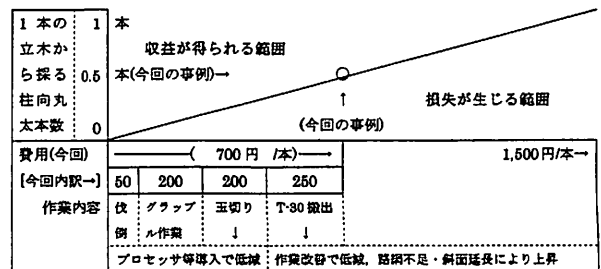


図-8 立木1本当たりの損益

更に列状伐採後の損失については、残存木への傷と残存木が大きな風雪害を受けることなく、正常に成長するかどうかに関心がもたれる。残存木の傷は本試験で列状間伐によって少なくすることができると思われた。また樹幹が楕円形となって肥大成長するのではないかと不安に対しては1~1.5列程度の伐採を行った後の樹幹はヒノキについては県内で5年後¹⁰⁾、鹿児島県で10年後⁹⁾、スギについては愛媛県で5年後⁵⁾、鹿児島県で8年後⁹⁾に林業的には問題にならない程度であることが示されている。残存木の成長については列状間伐の間伐効果は一般にイメージされているほど大きく劣るものではないが、定性間伐に若干劣り、残存木をある程度追加して伐採しなければならない⁸⁾とされることは、残存木の総本数や不良木本数の密度によっては考慮する必要がある。

個々の収入間伐事業の収支は条件によるが、総合的にみて、間伐手遅れ林分では間伐しないよりは列状間伐、

中径木間伐いずれでも間伐するほうが良い結果¹⁴⁾になるといわれる。成長に伴い高密度となって間伐が必要な林分は放置するよりも、効率の良い伐倒を行うことのできる列状間伐の選択を検討するべきであろう。

以上から本論の場合のように短い斜面上の林分について全木を下方に40m程度引き出す列状の収入間伐に当たって次の指針案が得られた。(1)式及び(2)式は本論のように全立木を計測しなくても、サンプル調査によって得ることが可能と思われるので、斜面方向の列を単位に何列かの立木を計測して、回帰式を求め、胸高直径、樹高から径級別採材本数を推定して収入の見通しを立てる。立木の樹幹の細り方が特異であれば何本か伐倒して採材見込みを補正する。太く高い立木の多い斜面下方から行う列状間伐が有利であるから、作業道は沢沿いに整備する。作業道から沢までの間は全木の処理を行った後の枝葉や曲がり材を貯留し、分解を促進する空間とするために、数mの幅を残す。斜面下部から上方の一定距離まで谷側下方に向けて列状間伐するが、細い立木が多い斜面上部の立木は残す。残った斜面上部の立木は全木搬出後に列状伐採して林分密度を調整し、搬出対象木の上に重なることを避ける。残存木が高密度又は不良木が多い場合には非列状間伐を必要に応じて追加する。

しかし図-6上段のように柱径級丸太の採材が期待される立木の部分は林内でばらついている。また谷側への伐採、全木の下方への引き出しは危険も伴う。更に直材のとれる割合はこれまでの育林の結果として上限が定まっている。直材採材を見込む率や間伐材生産をどの位置まで行うか、安全対策はどのようにするかといった作業の指針や予測、見積りの精度は現場の経験と改善によって向上させるべきであろう。路網や集材方向も林分の条件によって最適なものを検討する必要がある。県内には既に斜面長が100mを超える間伐対象林地において尾根筋に作業道を整備し、上げ荷集材で列状間伐を行う試み¹⁷⁾も始まっている。

更に、これから導入が進むと思われる高性能林業機械作業システムにおいても車両系のハーベストとフォワーダで列状は単木間伐の1.8倍の生産性を示し、架線系のタワーヤードとプロセッサでも横取り作業は1.5倍の生産性となって、残存木の被害も少なくなる¹⁸⁾ことが示されている。また高性能機械を使用した列状間伐は下層間伐の0.5~0.8倍の素材生産費で1.9~3.3倍の素材収穫量が得られる³⁾と試算されている。

以上を考慮すると作業コストを低減させ、また収入をあげるために列状間伐を導入すれば伐倒と搬出の効率は高まり、林内路網の整備とあわせて高性能林業機械につ

いて機械のメンテナンス能力と木材市況を踏まえた技術の適用能力を備えたオペレーターの養成により適正な導入を行って作業効率を高めることができれば、今回の試験以上に効率的で更に低コストになることが期待される。そのためには近接地に相当量の事業量を確保することも重要である。更に事業量をまとめることができれば、今回の事例では利用できなかった立木材積の6割に当たる曲がり材や小径の幹部分及びグラップル作業を要した枝葉をチップ化し発電や熱供給のためのバイオマス¹⁹⁾として利用することも将来可能になるであろう。

4. おわりに

本論では間伐の1事例により、強度な列状間伐によるコスト低減例が示され、間伐対象林分の立木の直径と直材率が収入を左右するという関係が明らかになった。今後、間伐材生産コスト、林分の構造、生産材の内容及び販売額についての更に多くの調査データを集積し、間伐による損益分岐点を明らかにしたい。

また弱度の列状間伐については、ある程度の知見が得られているが、本試験のような強度の列状間伐では残存木への影響はどのようになるものか明らかではない。今後調査を続け、強度な列状間伐が長期的な視点からも低コストといえるか否かを評価したい。

最後に、間伐の実施と調査にご協力いただいた西城町森林組合の皆様、当林業技術センターの兵藤博林業生産部長、吉岡寿副主任研究員、涌嶋智研究員、池田博行主任専門技術員に御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 広島県(1996)土地分類基本調査「頓原・多里(5万分の1)」。60pp.
- 2) 広島県立林業技術センター(2000)高性能機械による間伐材の搬出—高性能林業機械による実証事業を実施して—。40pp.
- 3) 細田和男(1999)高性能機械を使用した列状間伐の採算性。平成10年度森林総合研究所関西支所年報40,18p.
- 4) 井上源基・竹内郁雄・大川畑修・豊川勝生・広部伸二(1999)高性能機械作業システムの構築。森林総合研究所平成10年度研究成果撰集, 12~13pp.
- 5) 石川実・谷山徹・豊田信行・岡田恭一・中岡圭一(2000)列状伐採後の残存木の成長。日本林学会関西支部第51回大会研究発表要旨集, 25p.

- 6) 関西地区林業試験研究機関連絡協議会四国ブロック
間伐共同試験部会(1973)四国ブロック間伐共同試験
報告. 30pp.
- 7) 中原信義(2000)新たな間伐への挑戦ー思い切った
列状間伐. 林業技術700,42~43pp.
- 8) 中島嘉彦・旦良則(2000)小型タワーヤーダを用い
た列状間伐の間伐効果Ⅱー目視による間伐効果の判
定ー. 森林応用研究9(2), 19~22pp.
- 9) 中山富士男(1997)列状間伐の林分に与える影響に
ついて. 日林九支研論集50,79~80pp.
- 10) 野上光康(1997)列状間伐実施5年後の経過報告.
平成9年度大阪営林局業務研究発表集録, 78~85pp.
- 11) Pentti Hakkila(2001)森林バイオマスの燃料利
用~フィンランドの経験から~.木質バイオマス利用
研究会.15pp.
- 12) 林野庁(1963)針葉樹立木用材の採材補助表(歩落
表). 223pp.
- 13) 林野庁企画課調査資料班(2000)平成11年度素材
生産費等調査報告書(概要版),36pp.
- 14) 竹内郁雄・只木良也・蜂屋欣二・河原輝彦・佐藤明
(1975)ヒノキ30年生林分の間伐試験ー列状間伐を中
心としてー. 林試研報272,141~155pp.

Evaluation of Hyper Line Thinning Applied for a Hinoki Stand

TOKIMITSU, Hiroshi

Summary

Thinning is the urgent matter of artificial single storied stands spread over Japan. It is expected that we introduce a low cost or effective thinning method. I tried a new method of hyper line thinning on a stand in Saijo-cho Hiroshima Pref. The 42-aged Hinoki stand held the average height 15m and the average DBH 17cm. There were evident files of trees, and they were arranged in slope direction. Three files of each 4-files were felled on an experimental plot. Two files of each 4-files were felled on another plot. I called the former 75%-thinning plot, and the latter 50%-thinning plot. And some trees of the stand were felled by normal thinning method. It took 33sec. a tree on 75%-thinning plot, 38sec. a tree on 50%-thinning plot, and 125sec. a tree by normal method. Last time was longer than the other two ones because of lodged trees. After thinning whole trees were skidded out of the stand to the spur road beneath the stand by a skidder T-30. Then a grapple loader on the road brought whole trees off, and set them up in a work-space for cross-cutting. After 3m cross-cutting the loader took the logs off and piled them beside the road. It took 2 days and was done by 5 men. Finally the amount of logs produced was 38m³. The cost was 700-yen a tree. And the delivery price at landing calculated from market price was 1,500-yen a Hinoki-log which was 3m and 14cm at small end and was straight enough to be used for a pillar. The result said that the rate of numbers of logs for pillars should be the indicator of profitability of this case. Moreover it could be said that this felling method of hyper line thinning was easy to make the cost lower through managing large lot of logs, developing road-net or introducing a new machine system.

[Key words]

Hinoki single storied stand, hyper thinning, line thinning, thinning time, whole tree logging