

# 機械化作業システムに適合した森林施業法の開発

1997年度～2001年度（国補大型プロジェクト）

菱田重寿 \*<sup>1</sup> 中山 学 \*<sup>1</sup> 大内山道男  
白井真和 \*<sup>2</sup> 岩瀬正博 熊川忠芳 大林育志

## 要 旨

タワーヤードないしはプロセッサの高性能林業機械を利用した間伐の生産性の実態を調べた。列状間伐15伐区、定性間伐2伐区計17伐区の伐出に係る生産性は1.3～4.6m<sup>3</sup>/人日で、平均では2.7m<sup>3</sup>/人日となり高い生産性が得られた。列状間伐の生産性の高低には、1列あたりの素材の生産量が大きく関与した。

定性間伐及び無間伐との比較により、列状間伐の森林に対する影響を調べたところ、林地攪乱は生じたが、間伐前後の土壌の硬度・理学性の変化や林地攪乱区分別樹下植栽木の成長状況から、列状間伐による林地生産力への影響はないと思われた。また、列状間伐による林内の光環境の改善効果は定性間伐より大きいと思われた。

### I はじめに

本県においてもタワーヤード、プロセッサなどの高性能林業機械が導入され、間伐などにおいて生産性の向上が見られ、間伐の推進に成果を上げている。しかしながら、緊急に間伐を必要とする林分は依然として多く存在し、また木材価格の低下などにより林業を取り巻く状況は、一層厳しい状態におかれ、安定して高い生産性が得られる作業システムの確立が求められている。また、持続可能な森林経営の観点から、生産性のみ追求した施業ではなく、林地攪乱など森林環境への影響を十分考慮した施業法も求められている。

特に間伐における機械化作業システムの確立に対する要望は大きく、従って本研究では、高性能林業機械の能力を十分に発揮し、かつ森林の保全をも考慮した間伐作業法の開発・改善に関する諸

問題を究明するとともに、本県の地形条件、林業条件等に適した高性能林業機械化作業システムの解明を目的に行った。

### II 方法

高性能林業機械を用いた間伐において、生産性や伐出コストの実態を明らかにするための実態調査と、伐採方法等の違いによる生産性の比較や森林への影響等を把握して森林環境を考慮した施業法を解明するための現地調査を行った。

#### 1. 機械化作業システムに関する実態調査

愛知県下の高性能林業機械を利用した間伐実施地において、その全体ないしは一部の伐区を調査対象に、生産性等の調査を行った。

なお、伐区の一部において、伐倒、集材、造材等に掛かる作業時間を測定した。同時に、個々の

Shigehisa Hishida, Manabu Nakayama, Michio Ouchiyama, Masakazu Shirai, Masahiro Iwase, Tadayoshi Kumagawa and Yasuyuki Obayashi : The development of forest working system suitable for mechanical logging by high quality forestry machine \*<sup>1</sup> 退職 \*<sup>2</sup> 現豊田加茂農林水産事務所

間伐木の胸高直径とその位置（作業道からの距離）も測定し、作業時間との関係を調べた。さらに、得られた結果を生産性の推定に使用した。

(1) 伐区調査

ア 生産性調査

ア) 作業条件

i) 地況

地形、平均傾斜、平均集材距離（斜距離）

ii) 林況

樹種、樹齢、胸高直径、樹高、林分密度、面積

イ) 作業実績

i) 伐木（または伐木造材）作業

伐採木（本数、幹材積）、伐採方式（定性、列状）、伐倒方向、作業人工数（機械のトラブルの処理に要した人工数は除く。以下同じ）

ii) 集材作業

集材方式（全木（枝葉付きの長材）、全幹（枝葉除去の長材）、短材）、索張方式、索張本数、集材方向、作業人工数

iii) 造材作業

作業場所、素材生産量、作業人工数

ウ) 生産性

出材量（素材材積）を、上記作業実績から求められる延べ人工数（または延べ時間数÷6時間で算出した延べ人工数）で除して求めた。

イ 生産コスト調査

生産費は、労務費、労災保険料、機械損料、プロセッサの運搬費及び森林組合の手数料（素材売上の6%）を合計して求め、機械の修理費は除いた。労務費は、1日の労務単価を15,000円（チェーンソー自分持ち、燃料込み）で算出し、また高性能林業機械の損料は、素材1m<sup>3</sup>あたり500円（燃料込み）で算出した。

生産コストは、上記により求められた生産費を、延べ作業人工数で除して求めた。

(2) 列状間伐の作業工程

ア 間伐木の調査

間伐木の胸高直径および作業道からの斜距離を測定した。

イ 伐倒時間

チェーンソーによる1本の間伐木の伐倒（懸り木処理を含む）に要した時間（秒）を測定した。

ウ 集材時間

タワーヤードによる1回の集材に要した時間（秒）を測定した。

エ 造材時間

プロセッサの1本の造材に要した時間（秒）を測定した。丸太や枝条等の整理に要した時間は均等割りして加算した。

(3) 列状間伐の生産性の推定

作業時間の測定により得られた列状間伐の作業工程を基に、間伐木の平均胸高直径と、その位置（集材距離）の2つの因子から、伐出の生産性を推定した。

2、高性能林業機械に適した森林施業法に関する現地調査

伐採方式による生産性の比較を行うため、列状間伐と定性間伐の試験区を設けた。さらに、間伐の効果や森林への影響を調べるため無間伐の試験区を設けるとともに、それぞれ試験区内に20m×20mの大きさの調査プロットを設定し、経年調査を行った。

(1) 伐採方式による生産性の比較

ア 作業方法

ア) 列状間伐

0.19haの試験区に、2残1伐方式で8列、チェーンソーで上方に伐倒し、タワーヤードで下げ荷により集材し、作業道上でプロセッサにより造材した。タワーヤードの架設は7回行い、1列は他の列から横取りした。

イ) 定性間伐

0.13haの試験区を設け、劣勢木を主体とした



間伐を行った。チェーンソーで伐倒・造材後、タワーヤードで集材した。

#### イ 調査方法

前記の伐区調査および功程調査と同様の調査を行った。

作業条件等については、列状間伐区は表-1のNo.3に、定性間伐区はNo.4に示した。

#### (2) 残存木損傷及び林地攪乱

##### ア 残存木損傷

調査プロット内の全残存木を対象に、伐出により発生した損傷を調査した。損傷は、「根系損傷」(根の損傷、剪断)、「樹皮剥皮」(辺材部がむき出しの状態)、「材損傷」(幹が裂けた状態)、「樹幹傾斜」、「幹折れ」の5種類に区分した。

また、損傷の変化を経年調査した。

##### イ 林地攪乱

調査プロット内の全区域を対象に、4種類の攪乱状態に区分けをし、それぞれの面積割合を調べた。区分の基準は、「攪乱なし」では地表が枝条等により被覆され、土壌が攪乱されていない状態をいい、「軽度」は無機質土は露出しておらず、しばらく放置すると攪乱の痕跡がわからなくなる状態、「中度」は一部無機質土が露出し、当分の間攪乱の痕跡が残る状態、「重度」は土壌が深く削られ、表層の大部分が露出し、放置しておけば雨水等による侵食で被害が拡大する恐れがある状態をいう。

また、攪乱状態の変化を経年調査した。

#### (3) 森林環境の変化

タワーヤードを利用した全木集材による列状間伐が、土壌及び林内の光環境にどのような影響を及ぼすか調べるため、土壌調査および林内照度の測定を行った。

##### ア 土壌調査

各調査プロット内に2箇所の調査点を設け、間伐の前と後に国有林林野土壌調査方法書(林野庁

・林業試験場、昭和30年)に基づいて、深さ5cm及び20cmの土壌の理化学性を調べた。また、同じ深さにおいて山中式硬度計を用いて土壌硬度を測定した。

##### イ 林内相対照度

照度計(TOPCON IM-3)を用いて各調査プロット内で12点測定した。林内の測定点は樹下植栽木の成長との関連を調べるため、植栽木の近くで測定した。対照は近くの作業道上にとった。

照度の変化を3年間継続調査した。

#### (4) 樹下植栽木および残存木の成長

##### ア 樹下植栽木の成長

間伐後、各調査プロット内にヒノキ3年生苗を各12本樹下植栽し、その樹高と根元径(地上5cmの位置、ノギスで測定)を3年間継続調査した。

##### イ 残存木の成長

各調査プロット内において、それぞれ12本選定し、直径巻尺を用いて胸高直径を3年間継続調査した。

### III 結果および考察

#### 1、機械化作業システムに関する実態調査

##### (1) 伐区調査

##### ア 列状間伐の生産性

高性能林業機械を利用した間伐現場において列状間伐15伐区、定性間伐2伐区計17伐区を調査した。(表-1)

列状間伐のなかには、魚骨状間伐が1伐区含まれ、それはタワーヤードに主索を張り、ラジキャリを用い、短材の状態が集材された。また、No.14の伐区は伐倒後梢端部だけ切り落とした後、タワーヤードで集材し、プロセッサで造材された。

調査地は、すべて作業道に接し、多くは道路上で作業が行われた。車の待避所など作業ポイントが設けられていた伐区は、5伐区存在した。その面積は、およそ50~100m<sup>2</sup>であった。

表一 1 間伐実態調査結果概要 (その1)

調査地 No.	地形		地況		林況		伐採方式				作業機械		造材			
	傾斜度	平均集材距離(斜)	作業場所	樹種	林齢	樹高	胸高直径	林分密度	面積	伐採区分	伐採形状	伐採率		伐採間隔	伐倒	集材
	度	m			年	m	cm	本/ha	ha			%				
1	27	43	4m道	スギ*50、ヒノキ	32	19.2	22.3	1478	1.86	間伐	定性	33	3列残1列伐	チェンソー	スワイノクキータ	チェンソー
2	30	40	3m道・100m2	ヒノキ	40	16.0	21.2	1800	0.56	〃	列状	25	2列残1列伐	〃	タリキータ	7°Dレック
3	20	38	3m道・100m2	ヒノキ	36	13.3	17.5	1873	0.19	〃	〃	33	〃	〃	〃	〃
4	34	33	3m道	ヒノキ	36	13.3	17.6	2307	0.13	〃	定性	36	2~3列残1列伐	チェンソー	〃	チェンソー
5	20	30	4m道	スギ*5、ヒノキ95	41	18.7	21.4	1533	0.17	〃	列状	33	〃	〃	〃	7°Dレック
6	12	39	4m道	スギ*35、ヒノキ65	41	19.9	24.1	1300	0.17	〃	〃	33	2列残1列伐	〃	〃	〃
7	21	29	3.6m道・50m2	スギ*90、ヒノキ10	スギ*49、ヒノキ85	20.9	30.3	694	0.54	〃	〃	21	6m残3m伐	クラフツノル付 スワイノクキータ	クラフツノル付 スワイノクキータ	同左・チェンソー
8	24	45	3.6m道	スギ*15、ヒノキ85	45	13.5	19.1	1126	1.38	〃	〃	33	2列残1列伐	〃	〃	7°Dレック
9	19	40	3.6m道	スギ*30、ヒノキ70	45	17.8	23.3	829	0.83	〃	〃	33	2列残1列伐	〃	〃	〃
10	11	45	4m道	ヒノキ	41	19.7	23.5	1125	0.19	〃	魚骨状	28	〃	〃	〃	チェンソー
11	14	32	4m道	ヒノキ	41~54	19.2	22.5	1410	1.54	〃	〃	28	2~3列残1列伐	〃	〃	7°Dレック
12	15	54	3m道・80m2	ヒノキ	39	14.3	19.8	1605	1.03	〃	〃	34	1~3列残1列伐	〃	〃	〃
13	12	31	林内	スギ*	30	23.1	29.1	884	0.85	〃	〃	33	4m残2m伐	クラフツノル付 スワイノクキータ	クラフツノル付 スワイノクキータ	同左・チェンソー
14	21	42	3m道	ヒノキ	34	15.6	18.2	1781	0.16	〃	〃	44	4m残3m伐	〃	〃	7°Dレック
15	16	48	4m道	ヒノキ	74	19.1	24.1	1232	0.16	〃	〃	50	3m残3m伐	〃	〃	〃
16	24	40	3m道・60m2	スギ*	43	17.3	21.5	1350	0.26	〃	〃	23	3~6m残2~4m伐	〃	〃	〃
17	16	58	3m道	ヒノキ	37	14.0	18.7	1713	0.26	〃	〃	32	3~6m残2~4m伐	〃	〃	〃
平均	19.8	40.4			42	17.3	22.0	1414	0.60			32				

表-1 間伐実態調査結果概要(その2)

調査地 No.	作業方法		索張方式	列数	索張数	伐倒	作業人数		生産量 素材	労働生産性 m3/人日	生産性等		備考
	集材方式	伐倒方向					集材	架設撤去			造材 7°以下	生産コスト	
1	短材	-	ラニソク・ホキ	0	3	1	3	3	67.85	4.3	5,355	19,230	円/m3
2	全木	上	〃	7	7	2	2	3	11.50	1.4	13,119	16,667	円/m3
3	〃	〃	〃	8	7	2	2	3	10.30	1.7	13,551	13,005	円/m3
4	短材	-	〃	0	2	2	2	2	7.46	1.8	11,208	13,200	円/m3
5	全木	上・下	〃	4	4	1	3	3	13.62	2.7	9,579	30,482	円/m3
6	〃	〃	〃	4	4	1	2	2	15.43	4.6	6,694	34,631	円/m3
7	全幹・短材	〃	ラニソク・ホキ 及びトラツカレ ラニソク・ホキ	7	7	1	2	3	40.90	3.8	7,804	41,975	円/m3
8	全木	〃	〃	10	10	1	3	3	25.04	1.3	14,851	23,991	円/m3
9	〃	〃	〃	9	9	1	3	3	44.85	2.6	8,537	24,714	円/m3
10	短材	〃	主索・ラジキヤ	5	1	1	2	3	13.69	2.3	9,542	32,097	円/m3
11	全木	上	ラニソク・ホキ	34	34	1~2	2~3	2~3	119.44	2.1	10,224	25,951	円/m3
12	〃	〃	〃	16	16	2	3~4	3~4	83.92	2.1	8,288	15,997	円/m3
13	全幹	下	〃	18	18	3	3	3	115.76	2.6	7,344	15,111	円/m3
14	頭落し材	〃	〃	3	3	1	3	3	17.40	2.0	13,481	21,079	円/m3
15	全木	上・下	〃	3	3	1	2	3	27.89	4.1	7,775	25,729	円/m3
16	全木	下	〃	3	3	1	2	2	15.07	3.8	8,315	13,976	円/m3
17	全木	上	〃	3	3	1	2	2	15.79	3.1	9,669	18,282	円/m3
平均									38.0	2.72	9,726	14,304	円/m3

生産コスト：労務単価@15,000、機械損料@500円/m3、組合手数料6% (素材売上に対し)



傾斜は、比較的緩やかなところが多く、とくに厳しい作業条件のところはなく、集材範囲も道から100m以内が大半であった。林齢は、7～9齢級が多くを占めた。集材に係る作業員は、2名ないし3名がほとんどであった。

全調査伐区の間伐に掛かる生産性は、1.3～4.6 m<sup>3</sup> /人日で、平均では2.7m<sup>3</sup> /人日であった。機械のオペレータの熟練度は様々であったが、総体的に高性能林業機械を利用することにより高い生産性が得られていた。定性間伐においてもタワーヤードを利用することにより、地形を活かした木寄せの工夫、索張り数の削減により列状間伐に劣らない高い生産性があった。

生産性の大きく異なる原因を検討するため、最初に間伐木の平均胸高直径との関係を調べた。両者の相関係数は、0.469が得られた。列状間伐区だけでは、0.489となったがともに有意な水準ではなかった。

次に、魚骨状間伐を除く列状間伐14伐区の各伐区において1列あたりの素材生産量を算出し、生産性との関係を調べ図-1に示した。相関係数0.571が得られ、平均1列あたりの素材生産量と生産性とは正比例の関係があった。ちなみに全調査伐区では0.496であり、ともに95%の有意水準にあった。

従って、タワーヤードを利用して間伐を行う場

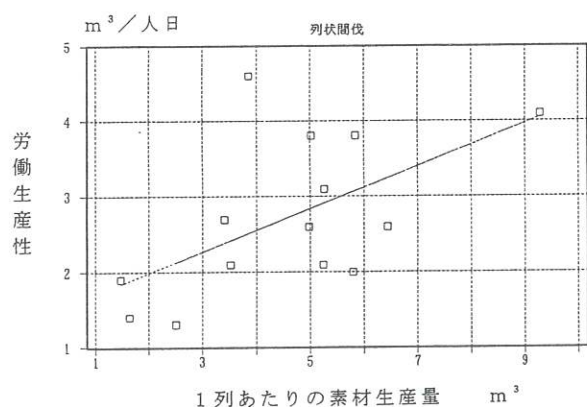


図-1 1列の素材生産量と生産性の関係

合、安定した高い生産性を得るための配慮の一つとして、1列あたりの素材生産量が挙げられる。

### イ 列状間伐の生産コスト

調査伐区の間伐の実施は、大部分は森林組合が所有者からの委託を受けて行われ、各伐区の間伐コストは1 m<sup>3</sup>あたり5,355円～14,851円であった。伐出コストには、労務費、機械損料、燃料、労災保険料、プロセッサの運搬費、森林組合の手数料が含まれている。

最も高かった伐出コストの伐区では、比較の間伐木も細く、1列あたりの素材生産量も2.5m<sup>3</sup>と小さく、また集材には3人作業で行われており、生産性も1.3m<sup>3</sup> /人日と最も低かった。この伐出コストの場合、スギの素材価格14,000円/m<sup>3</sup>ではマイナスの収支が予想され、ヒノキの売り上げによってプラスの収支が確保されていた。

全調査伐区の間伐の生産性と生産コストの関係を図-2に示した。生産性が低くなるに従って生産コストは高くなり、とくに生産性が2 m<sup>3</sup>以下では、急激に生産コストが高くなる傾向が見られる。

実際の経費には、さらに市場までの運搬費、市場でのはい積料や市場手数料が加算される。スギ林の間伐の採算性を考えると、現状のスギの価格では、少なくとも3 m<sup>3</sup> /人日以上生産性が必要と考えられる。図-1から3 m<sup>3</sup> /人日の生産性を得るには、1列あたり5 m<sup>3</sup>の素材生産量が

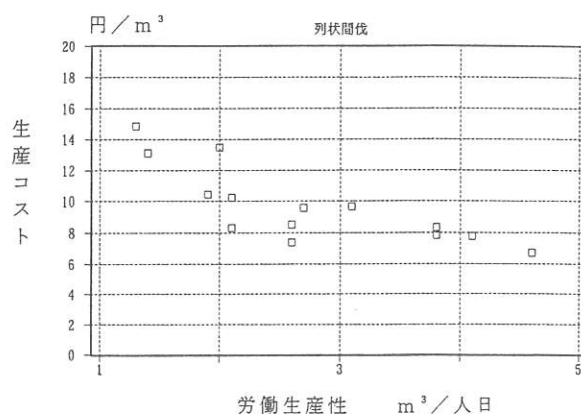


図-2 生産性と生産コストの関係

必要と推定された。1列あたり5m<sup>3</sup>が確保できない林分は、伐採する列幅を拡大するなどの工夫が必要である。

(2) 列状間伐の作業工程

表-1の調査地のNo.3、No.6、No.13、No.15、No.16およびNo.17の6カ所において、チェーンソーによる伐倒、タワーヤードによる集材およびプロセッサによる造材に掛かる作業時間を測定した。それに先立ち、間伐木の道からの斜距離と胸高直径を測定し、作業時間との関係を調べた。

胸高直径と伐倒時間（懸り木処理に要する時間を含む）の関係をスギ、ヒノキ別に図-3に示した。それぞれの回帰式と相関係数は次のとおりであった。

スギ  $T = 54 + 6.67D$  ( $r = 0.208$ ) ①

ヒノキ  $T = -86 + 13.90D$  ( $r = 0.334$ ) ②

ただしT：1本の伐倒時間（秒）

D：胸高直径

相関は、懸り木の処理に要する時間の影響で低かったが、胸高直径と伐倒時間は正比例の関係が読みとれる。さらに伐倒時間については、No.15の調査地で上方に伐倒する場合と下方に伐倒する場合の比較を行った。両者の胸高直径と伐倒時間の関係を図-4に示した。下方伐倒の方が上方伐倒より生産性は高かった。

次に集材時間について、1本ずつ集材する場合の集材時間と間伐木の道からの距離との関係をスギ、ヒノキ別に図-5に示した。今回の測定データからはスギとヒノキに大きな集材時間の差はないことが推測される。それぞれの回帰式と相関係数は次のとおりであった。

スギ  $T = 86 + 2.97L$  ( $r = 0.630$ ) ③

ヒノキ  $T = 60 + 3.26L$  ( $r = 0.667$ ) ④

ただし、T：1回の集材時間（秒）

L：間伐木の道からの斜距離（m）

また、胸高直径と間伐木の道からの斜距離の2

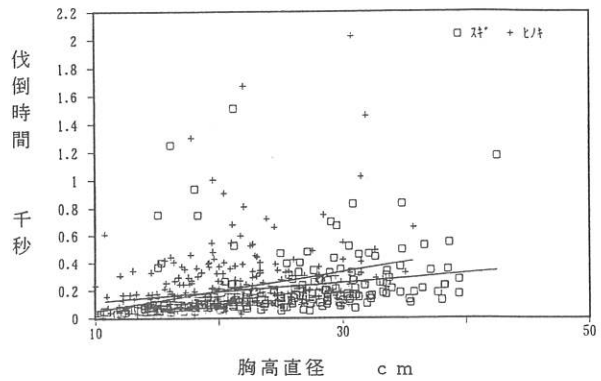


図-3 胸高直径と伐倒時間の関係

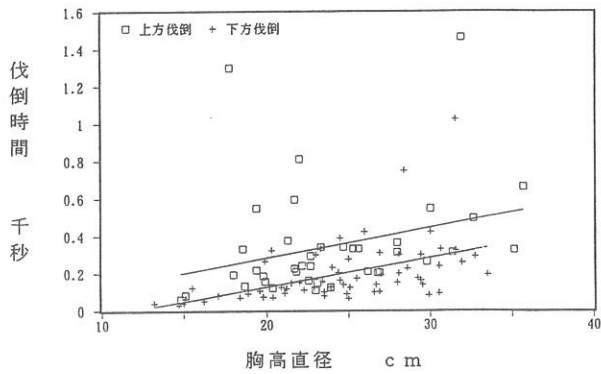


図-4 上方伐倒と下方伐倒の比較

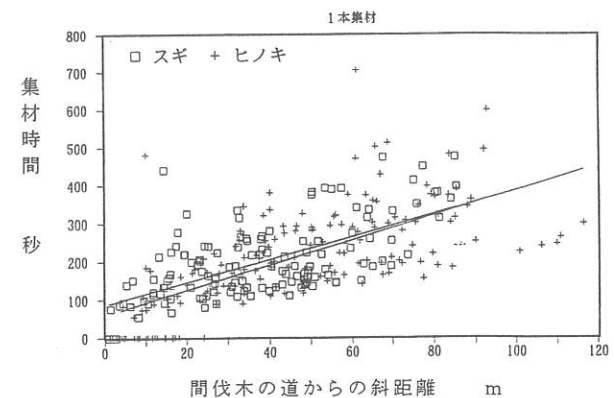


図-5 道からの距離と集材時間の関係

つの独立変数により回帰式を求めると次のとおりであった。

スギ  $T = 4 + 3.24D + 2.76L$  ⑤

ヒノキ  $T = -27 + 6.27D + 2.42L$  ⑥

ただし T：1回の集材時間（秒）



D : 胸高直径 (c m)

L : 間伐木の道からの斜距離 (m)

さらに、上げ荷の場合と下げ荷の場合の集材時間について、スギ・ヒノキの別なく、1本ずつ集材する場合の集材時間と間伐木の道からの斜距離との関係を図-6に示した。上げ荷と下げ荷に集材時間の差はなかった。ちなみに回帰式は次のとおりであった。

上げ荷  $T = 93 + 2.85L$  ( $r = 0.584$ ) ⑦

下げ荷  $T = 62 + 3.23L$  ( $r = 0.684$ ) ⑧

ただし T : 1回の集材時間 (秒)

L : 間伐木の道からの斜距離 (m)

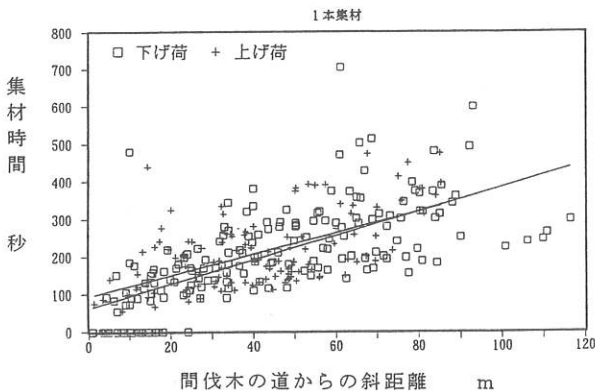


図-6 上げ荷と下げ荷の集材時間の比較

次に2本あるいは3本同時に集材する場合の効果について図-7、図-8に示した。2本あるいは3本同時に集材する場合、1本だけの場合よりも集材時間の値は大きくなるが、1本あたりに換算すれば、逆に小さくなり、集材の生産性の向上が図れた。

またNo.15の下げ荷の調査地において、上方に伐倒し根元を先にして集材する場合と、下方に伐倒し梢頭を先にして集材する場合の比較を行い、図-9に示した。

梢頭を先にして集材する場合は、道に近いところの間伐木は集材不要となり、それ以外の間伐木においても集材距離が伐倒位置よりも樹高分短く

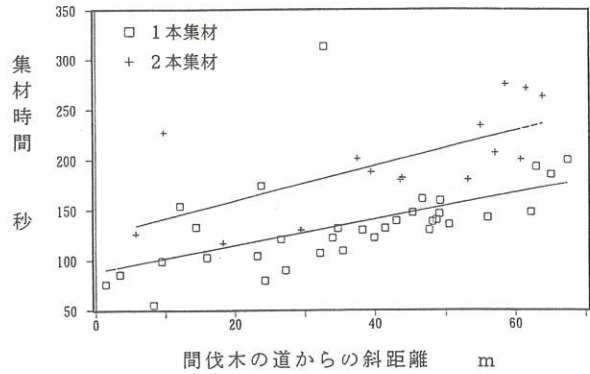


図-7 1回の集材本数の比較 (スギ)

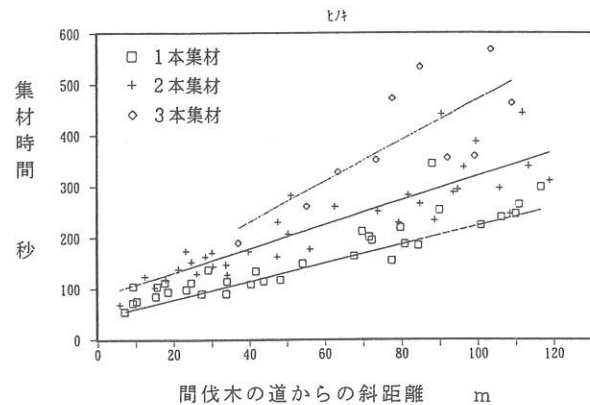


図-8 1回の集材本数の比較 (ヒノキ)

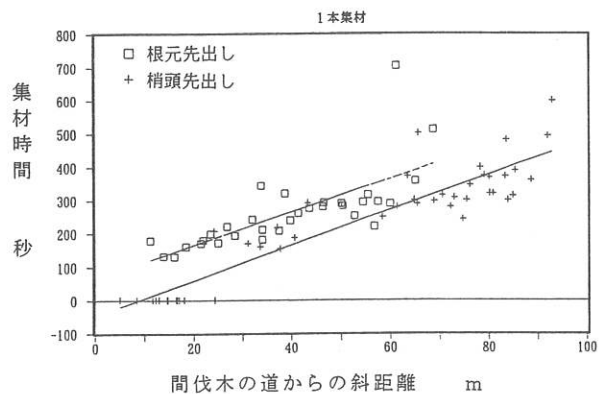


図-9 根元先と梢頭先の集材時間の比較

なり、集材時間の短縮が図れるという結果が得られた。

最後に造材時間について、まずスギ、ヒノキ別に胸高直径と造材時間の関係を図-10に示した。ヒノキは胸高直径が大きくなるに従い、造材時間



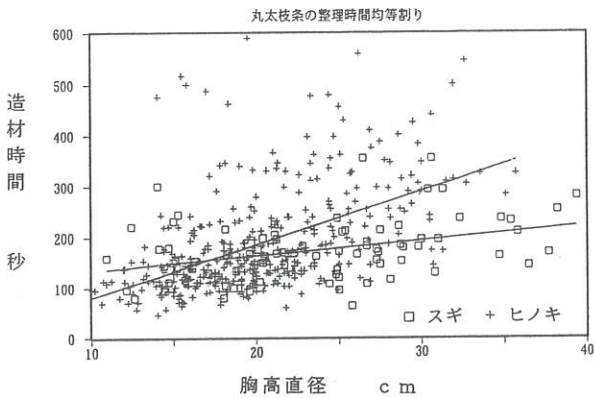


図-10 胸高直径と造材時間の関係

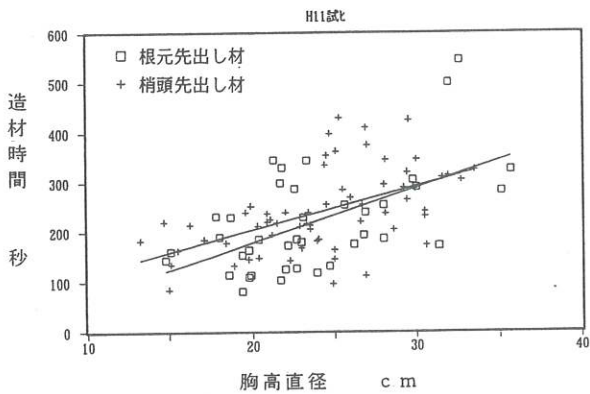


図-11 根元先と梢頭先の造材時間の比較

の増加がスギに比べて大きかった。スギとヒノキの枝の性質の違いが一因と思われる。得られた回帰式と相関係数は次のとおりであった。

スギ  $T = 104 + 2.98D$  ( $r = 0.630$ ) ⑨

ヒノキ  $T = -25 + 10.51D$  ( $r = 0.667$ ) ⑩

次に、先ほど図-4および図-9において下方の伐倒は、伐倒及び集材の生産性への効果があったが、下げ荷集材の場合梢頭から集材されることとなり、従って掘み直しの作業が必要となることから、プロセッサによる造材作業への影響を同じNo.15の下げ荷の調査地で調べた。

上方に伐倒し根元を先に集材された材と、下方に伐倒し梢頭から集材された材について造材時間を測定し、その結果を図-11に示した。梢頭から集材された材の方がやや造材時間がかかる傾向が

みられた。しかし、伐倒、集材において下方伐倒は上方伐倒よりも明らかに生産性は高く、全体的にみても下方伐倒の方が有利と思われた。梢頭からの集材の不利な点は、複数の本数を同時に集材する場合にあると思われる。

(3) 列状間伐の生産性の推定

図-3～図-11で見られたように、間伐木の胸高直径や間伐木の位置が、作業時間と関係が深かったことから、得られた回帰式を使って列状間伐の生産性の特性を間伐木の胸高直径および列の長さ(集材距離)を因子として調べた。

間伐する列の幅は3mとし、間伐木の胸高直径と間伐木の道からの距離の変化により、生産性がどのように変化するか検討した。間伐木の胸高直径はスギでは、15cm、20cm、25cm及び30cmの4種類、ヒノキでは15cm、20cm、及び25cmの3種類を想定した。また間伐する列の長さは50m、100m、150mの3種類とし、平均集材距離をその2分の1とした。1列に掛かる集材時間は、平均集材距離の位置における1本の伐出時間に、その列の間伐本数を乗じて算出した。伐採する1列の本数及び素材生産量は、立木の形状比を0.80として樹高を算出し、林分密度管理図を利用して林分密度を読みとり、間伐する本数と幹材積を算出した。人工数を算出する式は、伐倒では①、②の式を、集材では1本ずつ集材する場合の⑤、⑥の式を、造材は⑨、⑩の式を使用した。架設・撤去の時間は、列の長さに関係なく全て1時間20分×2人の同一値を使用した。

1列を伐採する場合の本数、素材生産量、人工数および労働生産性を表-2に示した。間伐木が太くなるに従って素材生産量は増加するが、作業人工数は減少する傾向がみられる。また間伐する列が長くなるに従い、素材生産量は同じ割合で増加するが、作業人工数はそれ以上の割合で増加する傾向がみられる。

表一 2 列状間伐1列の伐出に係る推定労働生産性

樹種	胸高直径	列の長さ											
		50m				100m				150m			
		本数	材積	人工数	生産性	本数	材積	人工数	生産性	本数	材積	人工数	生産性
cm	本	m <sup>3</sup>	人日	m <sup>3</sup> /人日	本	m <sup>3</sup>	人日	m <sup>3</sup> /人日	本	m <sup>3</sup>	人日	m <sup>3</sup> /人日	
スギ	15	30	1.6	0.75	1.3	59	3.1	1.88	1.3	89	4.7	3.39	1.2
	20	20	2.5	0.58	2.4	40	5.0	1.41	2.7	60	7.5	2.50	2.5
	25	14	3.4	0.47	3.7	29	6.8	1.13	4.4	43	10.3	1.97	4.3
	30	11	4.5	0.40	5.3	22	9.0	0.95	6.4	33	13.5	1.64	6.5
ヒノキ	15	33	1.7	0.77	1.4	65	3.4	1.91	1.5	98	5.2	3.42	1.3
	20	20	2.4	0.63	2.3	39	4.9	1.47	2.5	59	7.3	2.54	2.5
	25	13	3.3	0.53	3.4	26	6.5	1.20	4.0	39	9.8	2.01	4.0

1)列状伐採の幅：3m、2)1列の伐採本数の算出：林分密度管理図から立木密度を読み取り算出。形状比0.80  
3)造材歩留まり：0.50、4)1日の作業時間：6時間

例えば胸高直径が15cmのスギの林で、長さ50mの列状間伐を行った場合、生産性は1.3m<sup>3</sup>/人日と推定された。胸高直径が20cm、25cmと増加することにより、労働生産性は著しく増加した。それに対し、間伐する列の長さによる生産性の変化は小さかった。従って、今回の調査事例よりもさらに集材距離の長い列状間伐も十分可能と思われる。

かったことが挙げられる。そのため、タワーヤードの架設・撤去に要した人工数に大きな差が生じ、伐出全体の人工数に反映した結果による。1架線あたりの出材量も、列状間伐の1.5m<sup>3</sup>に対し、定性間伐では3.7m<sup>3</sup>となり効率のよい集材ができた。さらに定性間伐区では、架設位置を考慮

2 高性能林業機械に適した森林施業法に関する  
現地調査

(1) 伐採方式による生産性の比較

列状間伐、定性間伐および無間伐の各試験区設定の様子は図-12のとおりであり、間伐前後の林分の状況を表-3に示した。

列状間伐全木集材と定性間伐短材集材の生産性は表-4に示した。前者は1.72m<sup>3</sup>/人日、後者は1.78m<sup>3</sup>/人日となり、比較的小径の林分であったが、ともにある程度の生産性が得られた。しかし、プロセッサにより造材した列状間伐よりも、チェーンソーで造材した定性間伐短材集材の方がやや有利な結果となった。この原因として、架設・撤去が列状間伐では7回行ったのに対し、定性間伐では2回で、しかもタワーヤードの移動がな

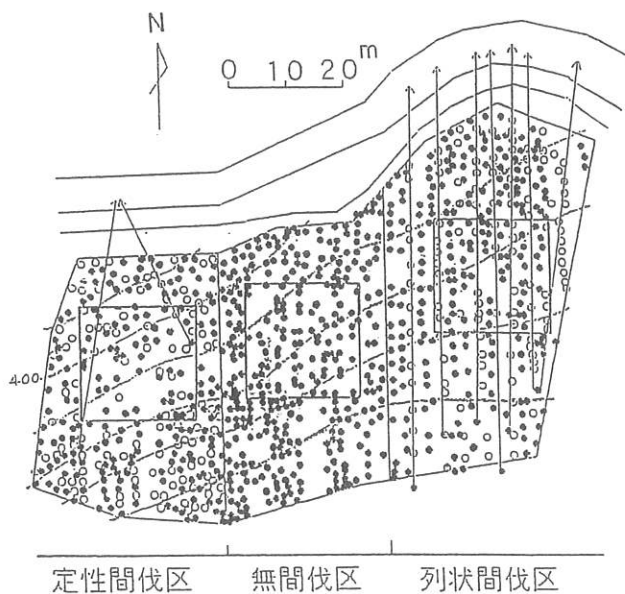


図-12 現地調査地

して伐倒が行なわれ、木寄せも傾斜を利用して能率よく行なわれ、荷掛け作業員の待機時間も少なく無駄な時間が少なかったことが挙げられる。

(2) 残存木損傷及び林地攪乱

調査プロット内での残存木の損傷は、列状間伐

では3本(損傷率5.5%)、定性間伐では1本に発生し、全て樹皮剥離であった。原因はタワーヤードで集材するときの横取りによって、幹と幹あるいは丸太が接触したためであった。

剥皮の周縁部にはカルスが形成され、剥皮部の

表-3 間伐前後の林分の状況

区分	面積 ha	間伐前				間伐		間伐後				間伐率	
		本数 本	平均胸高直径 cm	平均樹高 m	立木材積 m3	本数 本	立木材積 m3	本数 本	平均胸高直径 cm	平均樹高 m	立木材積 m3	本数 %	材積 %
列状間伐	0.19	356 (1,873)	17.5	13.3	53.4 (281)	119 (626)	17.7 (93)	237 (1,247)	17.4	12.7	35.7 (255)	33	33
定性間伐	0.13	300 (2,307)	17.6	13.3	48.1 (370)	108 (830)	13.9 (107)	192 (1,476)	18.7	13.6	34.2 (263)	36	29
対照区 (無間伐)	0.14	332 (2,371)	16.1	12.8	43.0 (307)	-	-	332 (2,371)	16.1	12.8	43.0 (307)	-	-
計	0.46	988 (2,147)	17.1	13.1	144.5 (314)	227	31.6	761 (1,654)			112.9 (245)		

( ): haあたり換算値

表-4 列状間伐と定性間伐の生産性の比較

区分	素材材積 m3	作業人工数						生産性 m3/人日	備考
		伐倒 人日	木寄せ 人日	集材 人日	架設・撤去 人日	造材 人日	計 人日		
列状間伐	10.30	1.39	-	1.61	2.25	0.75	6.00	1.72	
定性間伐	7.46	2.23	0.48	1.03	0.44	-	4.18	1.78	伐倒には造材を含む

表-5 残存木損傷の回復状況

試験区	損傷木 No.	損傷直後		3年後	
		縦×横 cm	摘要	縦×横 cm	摘要
列状間伐	88	13 × 5	樹皮剥離 (外樹皮剥離含む)	10.5 × 2.3	加形成進行中
	133	30 × 10	//	27.5 × 6.5	//
	159	10 × 5	外樹皮剥離	0 × 0	加形成なし
定性間伐	35	10 × 5	樹皮剥離 (外樹皮剥離含む)	0 × 0	加形成、被覆完了

調査面積: 20m\*20m



表-6 林地攪乱状況

試験区	林地攪乱区分	調査時期			備考
		H11.3 (初期) %	H12.3 (1年後) %	H13.3 (2年後) %	
列状間伐	なし	66	92	100	H12.3調査 識別難 H13.3調査 識別不可
	軽度	14	8	0	
	中度	16	0	0	
	重度	4	0	0	
定性間伐	なし	82	82	100	同上
	軽度	0	18	0	
	中度	0	0	0	
	重度	18	0	0	

調査区：20m×20m

縮小がみられた。その経過を表-5に示した。

また、林地攪乱状況とその後の経過を表-6に示した。列状間伐では、攪乱位置は伐倒した列に集中して発生したが、一部無機質土の露出がみられたものの、土壌が深く削られたような重度の攪乱はわずかであった。定性間伐では、木寄せ等により丸太が集中したところに発生し、その区域で

は無機質土と表層土が攪乱された状態がみられた。

しかし、それらのすべての状態は2年経過後は、外見上全く見分けがつかない状態になった。

(3) 森林環境の変化

土壌の硬度及び理化学性について調査結果を表-7に示した。列状間伐区では、林地攪乱が中程度と

表-7 土壌の硬度および理化学性

No.	試験区	時期	位置 (深さ) cm	土壌硬度		理化学性 (全容積に対する表示)					備考
				mm	%	全孔隙量 %	最大容水量 %	最小容気量 %	含有水分量 %	細孔隙量 %	
1	列状間伐	間伐前	5	12.0	70.0	54.2	15.8	30.0	32.9	37.2	林地攪乱 中
			20	21.1	53.2	51.9	1.2	38.7	39.1	14.0	
		間伐後	5	10.9	68.3	43.9	24.4	26.4	23.7	44.6	
			20	16.9	58.4	54.3	4.0	44.7	37.9	20.5	
2	列状間伐	間伐前	5	12.1	68.4	49.0	19.4	24.3	27.7	40.7	林地攪乱 軽
			20	20.3	58.6	55.1	3.5	32.5	35.6	22.9	
		間伐後	5	8.3	68.6	55.9	12.8	36.4	31.9	36.7	
			20	11.8	60.9	54.8	6.1	42.3	35.6	25.3	
3	定性間伐	間伐前	5	8.0	69.3	46.1	23.2	20.5	22.9	46.4	林地攪乱 無
			20	10.3	68.7	52.2	16.5	29.0	27.7	40.9	
		間伐後	5	6.0	71.0	52.4	18.6	31.8	26.9	44.1	
			20	11.5	68.6	56.8	11.8	39.5	30.8	37.8	
4	定性間伐	間伐前	5	10.3	59.8	30.7	29.1	17.9	17.8	42.0	林地攪乱 無
			20	11.2	61.7	53.0	8.7	34.9	33.9	27.7	
		間伐後	5	8.3	69.1	59.4	9.7	39.0	34.5	34.6	
			20	12.3	65.8	55.1	10.7	37.6	30.7	35.2	

理化学性調査方法：国有林野土壌調査方法書  
土壌硬度調査方法：山中式硬度計

軽度の区域で調査され、また定性間伐区及び無間伐区では、林地攪乱がなかった地点で調査されたが、どの調査点においても間伐の前後で土壌の硬度化や理学性の悪化など、土壌への影響はみられなかった。

また、林内の相対照度の変化を表-8に示した。定性間伐区では、本数間伐率36%の間伐により、

照度は4.2%から18.9へと変化した。一方列状間伐では33%の間伐により3.5%から27.0%へと変化したし、列状間伐の方が林内の光環境の改善が高かった。ちなみに材積間伐率は列状間伐33%、定性間伐29%であった。

以上のことから、タワーヤード集材による列状間伐は、森林環境に対し、マイナスの影響はない

表-8 林内相対照度の変化

試験区	平均照度					最大照度			最小照度		
	間伐前 %	間伐後 %	1年後 %	2年後 %	3年後 %	間伐前 %	間伐後 %	3年後 %	間伐前 %	間伐後 %	3年後 %
列状間伐	3.5	27.0	25.9	19.9	20.1	4.4	46.4	36.0	2.0	16.7	10.1
定性間伐	4.2	18.9	17.0	12.6	12.1	6.1	26.6	15.5	3.2	16.5	10.4
無間伐	4.8	6.0	4.2	3.8	3.9	6.0	7.4	4.4	3.9	4.4	3.4

表-9 残存木の胸高直径成長

試験区	胸高直径 (初期) cm	成長量				平均 cm/年
		1年目 cm	2年目 cm	3年目 cm		
列状間伐	15.9	0.38	0.32	0.32	0.34	
定性間伐	19.4	0.32	0.23	0.15	0.23	
無間伐	16.5	0.33	0.27	0.18	0.26	

植栽：H11.4、各試験区12本

表-10 樹下植栽木の成長

試験区	全体 cm/年	上長成長量				根元径成長量 cm/年	備考
		林地攪乱状況別					
		重度 cm/年	中度 cm/年	軽度 cm/年	なし cm/年		
列状間伐	30.8	—	35.8	29.5	28.7	0.30	
定性間伐	17.3	17.7	—	—	17.2	0.15	梢頭枯1本
無間伐	3.6	—	—	—	3.6	0.00	枯死5本、梢頭枯1本

調査木本数：各試験区12本（ただし生存木のみで平均を算出）

調査期間：植栽後3年間（H11~13）

根元径測定位置：地上5cm

と推測された。

(4) 伐採跡地の植栽木および残存木の成長

各試験区の毎年の胸高直径の平均成長量を表-8に示した。定性間伐と無間伐は、成長量の急激な低下がみられたが、列状間伐では緩やかであった。列状間伐では比較的細い立木の成長が良かったことが原因として考えられる。

また、植栽木の成長を表-10に示した。列状間伐の樹高成長量が最も良かったが、林地攪乱の成長への影響はみられなかった。定性間伐においても、攪乱状態によって成長の差はみられなかった。3試験区の植栽木の成長の差は、照度によると判断された。(図-13)

以上のことから、高性能林業機械を利用した列状間伐の森林環境への影響は、林地生産力の点ではほとんどないと判断された。

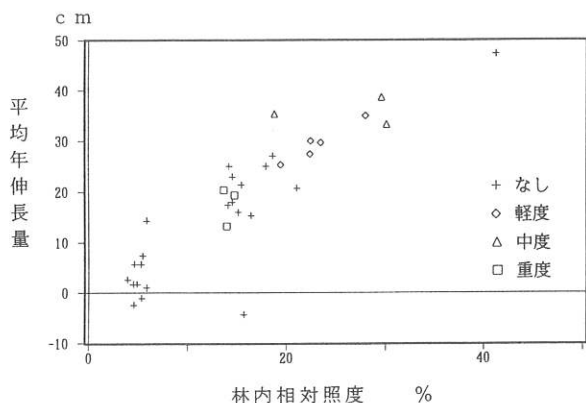


図-13 照度と伸長量の関係

IV おわりに

今回の調査において、高性能林業機械の熟練者は一部であったが、高性能林業機械を利用した列状間伐は、1列あたり生産される素材量を考慮することにより高い生産性が得られることが明らかになった。また、間伐木の太さについても生産性への影響は大きかった。

今回の調査事例では、集材距離はおよそ100m以内であったが、さらに長い距離でも間伐木の太

さや1列あたりの素材の生産量を考慮することにより、高い生産性は確保できると予測された。

タフヤーダ集材により林地攪乱が生じたが、林地生産力にほとんど影響がなかった。また、列状間伐の林内光環境の改善への効果は大きいと思われた。

残存木の成長については、さらに経過をみる必要があると思われた。

また、風害等の気象害の影響についても今後検討が必要と思われる。

V 参考文献

1. 中山学他：地域に適合した林業機械作業システム研究 愛知林セ報 No. 34 1997
2. 林野庁：大型プロジェクト研究成果 地域に適合した林業機械作業システム研究 1998
3. 林業機械化推進研究会：機械化のデザイン 1993
4. 愛知県：林業機械化推進基本方針書 1993