

# 機械化作業システムに適合した森林施業法の開発

－生産性の把握と作業時間解析作業工程の検討－

今井信・宮崎隆幸\*・近藤道治

壮齢林の間伐における伐倒・集材について調査を実施し、生産性・作業時間の解析・作業工程の検討を行った。工程ごとに作業時間と作業条件の関係を解析することにより作業時間算出式を得た。これを利用して作業条件と生産性の関係を求めた。

キーワード：間伐、生産性、作業時間算出式、作業工程

## 1 緒言

### 1.1 研究の背景と目的

長野県では平成2年(1990年)より高性能林業機械の導入が始まり、効率的な林業生産活動を目指した取り組みがなされている。しかし、森林は地形、樹種、林齢などが多様であり、現実に適した機械化作業システムはまだ十分に確立しているとはいえない。

そこで長野県の地形・林業条件に適合し、高性能林業機械の能力を十分に発揮する間伐作業システムの開発を目的として調査を行った。

### 1.2 研究項目

壮齢林の間伐における伐倒、集材について調査を実施し、生産性、作業時間、作業工程の検討を行った。

#### 1) 生産性

生産性は、生産時間と作業量(材積)の計測により把握した。

#### 2) 作業時間

作業時間の解析は、作業時間と作業条件の関係を明らかにし、作業時間が何に影響を受けているかを検討した。

#### 3) 作業工程

作業工程の検討は、作業時間の解析結果、関係式から作業時間算出式(サイクルタイム)を求め、作業工程を検討した。

なお、本課題は国庫補助大型プロジェクト研究「機械化作業システムに適合した森林施業法の開発」として1997年度から5年間実施した研究内容をとりまとめたものである。

## 2 伐倒

### 2.1 研究項目と調査方法

#### 2.1.1 研究項目

チェンソー伐倒作業について調査を実施した。

#### 2.1.2 調査地と調査方法

調査地の概要を表2-1に示した。川上村では、点状間伐と列状間伐の伐倒作業について、中野市1では列状間伐の伐倒作業について調査した。なお、作業には、枝払い・玉切り等の造材作業を含まない。

調査区域の全立木にナンバーテープを打った後に測量と毎木調査を行い、立木位置、胸高直径、樹高を測定した。伐倒作業時に固体番号を確認しながら全作業をビデオテープに収録した。持ち帰ったビデオテープにより作業時間を測定した。

表2-1 伐倒調査地の概要

調査地	間伐方法	樹種	林齢 (年)	間伐前本数 (本/ha)	間伐率 (%)	調査面積 (ha)
川上村	点状	カラマツ	40	760	30	0.20
	列状			660	28	0.20
中野市1	列状	スギ	32	1397	27	0.35

\*下伊那地方事務所林務課普及係主査

2.2 結果と考察

2.2.1 生産性

調査結果の概要を表 2-2 に示した。

川上村の点状間伐では、45 本 (9.98m<sup>3</sup>) の伐採に3時間36分を要し、生産性は2.76m<sup>3</sup>/時だった。また、列状間伐では、36 本 (14.14m<sup>3</sup>) の伐採に3時間6分を要し、生産性は4.56m<sup>3</sup>/時だった。

中野市1の列状間伐では、107 本 (42.38 m<sup>3</sup>) の伐採に2時間32分を要し、生産性は16.75 m<sup>3</sup>/時だった。

2.2.2 作業時間

川上村の点状間伐と列状間伐における伐採材積と作業時間の関係を図 2-1 に示した。

中野市1の列状間伐で、伐倒作業を移動、伐採前準備、受け口切り、追い口切り、伐倒補助、伐採後整理の6工程に区分し、工程ごとの作業時間を目的変数、他の2因子を説明変数として重回帰分析を行い、表 2-3 を得た。

2.2.3 作業工程

表 2-3 より下式を得た。

$$y = 1.6380 (X1) + 0.5424 (X2) + 8.5945 \quad (1)$$

ここで、y : サイクルタイム (秒)

X1 : 移動距離 (m)

X2 : 伐採木の胸高直径 (cm)

(1)式により、移動距離別 (5, 10, 15, 20m) の胸高直径と伐採本数 (生産性) の関係を求め図 2-2 に示した。

表2-2 伐倒調査結果の概要

調査地	間伐方法	伐倒本数 (本)	所要時間 (分)	伐倒材積 (m <sup>3</sup> )	生産性 (m <sup>3</sup> /時)	1サイクルの平均	
						所要時間 (秒)	伐採材積 (m <sup>3</sup> )
川上村	点状	45	216	9.98	2.76	288	0.22
	列状	36	186	14.14	4.56	310	0.39
中野市1	列状	107	152	42.38	16.75	85	0.40

表2-3 伐倒工程の回帰分析結果

目的変数	説明変数		定数項	重相関	平均時間
	移動距離	胸高直径			1本当り時間(秒)
作業時間					
移動	1.6380		8.5338	0.4304	
伐倒前準備					20
受口切り		0.5424	0.0606	0.4492	
追い口切り					20
伐倒補助					1
伐倒後整理					1
計	1.6380	0.5424	8.5945		42

図2-1 定性・列状間伐(川上村)材積別伐採所要時間

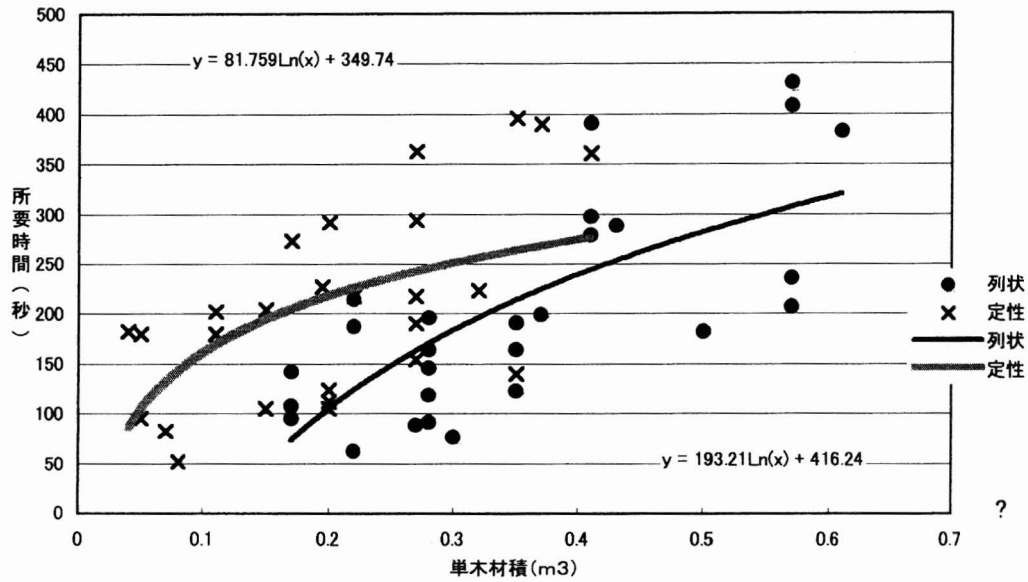
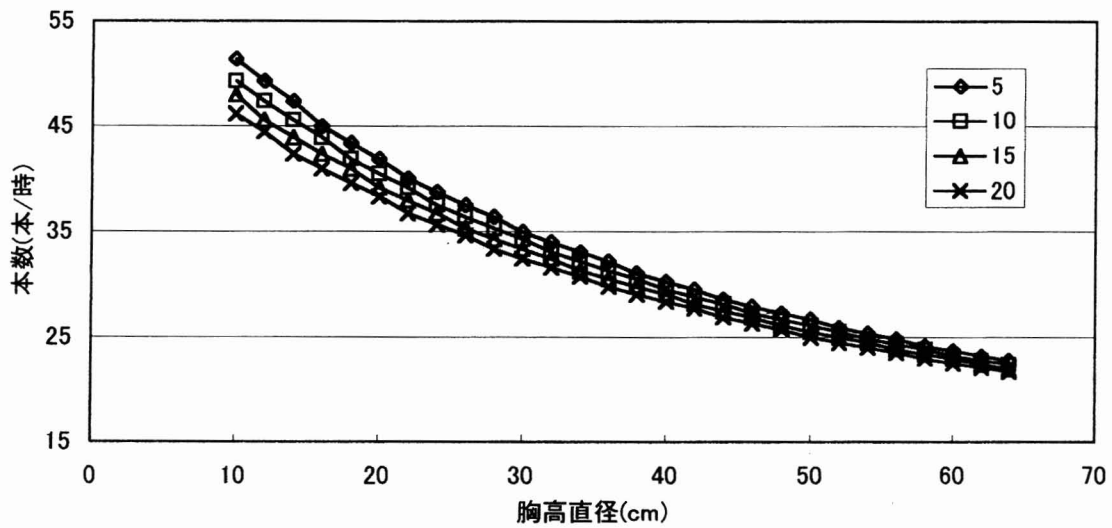


図2-2 列状間伐伐採 移動距離別 胸高直径—生産性



### 3 集材

#### 3.1 研究項目と調査方法

##### 3.1.1 研究項目

###### 1) 車両系

点状間伐ならびに列状間伐地で、クローラトラクタによる全木集材を調査した。

###### 2) 架線系

点状間伐地におけるタワーヤードによる全木集材（上げ荷，下げ荷），及び列状間伐地の下げ荷集材を調査した。

##### 3.1.2 調査地と調査方法

###### 1) 車両系

調査地の概要を表 3-1 に示した。点状間伐地および列状間伐地で、間伐木の伐倒が終了し伐倒木が点在する状態から行われたクローラトラクタ（イワフジ CT-75）による集材作業を調査した。

###### 2) 架線系

調査地の概要を表 3-2 に示した。高遠町 1 では、点状間伐の上げ荷と下げ荷集材作業を、高遠町 2 では点状間伐下げ荷集材作業を、中野市 2 では列状間伐（2 残 1 伐）の下げ荷集材作業について調査した。

高遠町 1 及び高遠町 2 では、ランニングスカイライン方式の索張りによるタワーヤード集材作業を調査した（イワフジ TY-U3）。

中野市 2 では、ハイリード方式の索張りによるタワーヤード集材作業を調査した（イワフジ TY-U4）。

表3-1 クローラトラクタ集材調査地の概要

調査地	間伐方法	樹種	林齢 (年)	間伐前本数 (本/ha)	間伐率 (%)	調査面積 (ha)
川上村	点状	カラマツ	40	760	30	0.2
	列状			660	28	0.2

表3-2 タワーヤード集材調査地の概要

調査地	間伐方法	集材方法	索張り方式	樹種	林齢 (年)	間伐前本数 (本/ha)	間伐率 (%)	調査面積 (ha)
高遠町1	点状	上げ荷	ランニング スカイライン	カラマツ	40	674	23	0.52
		下げ荷				665	28	0.68
高遠町2	点状	下げ荷				700	28	1.16
中野市2	列状	下げ荷	ハイリード	スギ	32	1,001	22	0.48

### 3.2 結果と考察

#### 3.2.1 生産性

##### 1) 車両系

調査結果の概要を表 3-3 に示した。

##### ①点状間伐集材

川上村の点状間伐集材では、37 本、9.68<sup>m</sup>の集材に4回(2時間57分)を要し、1回の集材量は9.25本(2.56<sup>m</sup>)で、生産性は3.27<sup>m</sup>/時だった。

##### ②列状間伐集材

列状間伐集材では、40 本、13.92<sup>m</sup>の集材に4回(2時間15分)を要し、1回の集材量は10本(3.34<sup>m</sup>)で、生産性は6.21<sup>m</sup>/時だった。

##### 2) 架線系

調査結果の概要を表 3-4 に示した。

##### ①点状間伐(上げ荷集材)

高遠町1で、17.70<sup>m</sup>の素材搬出に4線53回の集材が実施され、6時間11分を要した。生産性は2.86<sup>m</sup>/時だった。

##### ②点状間伐(下げ荷集材)

高遠町1で、31.40<sup>m</sup>の素材搬出に4線75回の集材が実施され、6時間15分を要した。生産性は4.63<sup>m</sup>/時だった。

高遠町2では、42.66<sup>m</sup>の素材搬出に3線54回の集材が実施され7時間36分を要した。生産性は5.61<sup>m</sup>/時だった。

##### ③列状間伐(下げ荷集材)

中野市2で、37.48<sup>m</sup>の素材搬出に5線91回の集材が実施され8時間12分を要した。生産性は、4.56<sup>m</sup>/時だった。

表3-3 車両集材結果の概要

調査地	間伐方法	集材回数 (回)	所要時間 (分)	集材材積 ( <sup>m</sup> )	生産性 ( <sup>m</sup> /時)	1サイクルの平均	
						所要時間 (分)	搬出材積 ( <sup>m</sup> )
川上村	点状	4	177	9.68	3.27	44	2.42
	列状	4	134	13.92	6.21	33	3.48

表3-4 架線集材結果の概要

調査地	間伐方法	集材方法	集材回数 (回)	所要時間 (分)	集材材積 ( <sup>m</sup> )	生産性 ( <sup>m</sup> /時)	1サイクルの平均			
							所要時間 (秒)	搬出材積 ( <sup>m</sup> )	搬器走行距離 (m)	横取り距離 (m)
高遠町1	点状	上げ荷	53	371	17.7	2.86	420	0.33	28.0	12.0
		下げ荷	75	375	31.4	4.63	300	0.42	23.0	12.0
高遠町2	点状	下げ荷	54	456	42.7	5.61	507	0.79	68.3	9.2
中野市2	列状	下げ荷	91	492	37.48	4.56	325	0.41	45.5	—

3.2.2 作業時間の解析

1) 車両系

集材作業を、空走行、ワイヤー引出し、引き寄せ、実走行、荷下ろしの5工程に区分し、工程ごとに作業時間を目的変数とし、傾斜、走行距離、材積、本数、ワイヤー延長を説明変数として重回帰分析を行った(表3-5)。

2) 架線系

①点状間伐下げ荷集材

集材作業を、索上げ、空搬器走行、索下げ、索引込み、荷掛け、横取り、実搬器走行、荷下げ、荷外しの9工程に区分し、工程ごとに作業

時間を目的変数、搬器走行距離・搬出材積・横取り距離の3因子を説明変数として重回帰分析を行った(表3-6)。

②列状間伐下げ荷集材

集材作業を、索上げ、空搬器走行、索下げ、荷掛け、荷上げ、実搬器走行、荷下げ、荷外しの8工程に区分し、工程ごとに作業時間を目的変数とし、搬器走行距離、ならびの搬出材積との間で重回帰分析を行った(表3-7)。

表3-5 クローラトラック集材工程の回帰分析結果

目的変数	各説明変数の回帰係数						重相関係数
	傾斜	走行距離	材積	本数	ワイヤー延長	定数項	
空走行	7.6965	0.9766				-76.9658	0.9887
ワイヤー引出し	-15.5855			53.3871	6.2122	2.4689	0.4268
引き寄せ				88.7663	1.8260	-148.1120	0.6409
実走行		0.7592	-125.7980			803.6758	0.4710
荷下ろし				19.6100		0.1242	
	-7.889	1.73583	-125.798	161.7634	8.03824	581.1911	

表3-6 タワーヤード集材工程(点状下げ荷)の回帰分析結果

目的変数	平均 所用時間 (秒)	各説明変数の回帰係数				定数項	重相関係数	
		搬器走行距離	横取り距離	搬出材積				
空荷	索上げ時間	28						
	空搬器走行時間		0.7355			-12.1298	0.49	
	索下げ時間	17						
実荷	索引込み時間			0.5589		83.4874	0.38	
	荷掛け時間				60.0291	-11.4597	0.57	
	横取り時間			2.1302	2.1015	62.6993	0.33	
	実搬器走行時間		1.4958			59.2669	-33.8779	0.46
	索下げ時間	22						
	荷外し時間					139.2569	18.9831	0.72
計		67	2.2313	2.6891	260.6544	107.7023		

図3-1 トラクタ集材 引寄せ距離別 搬出距離－生産性

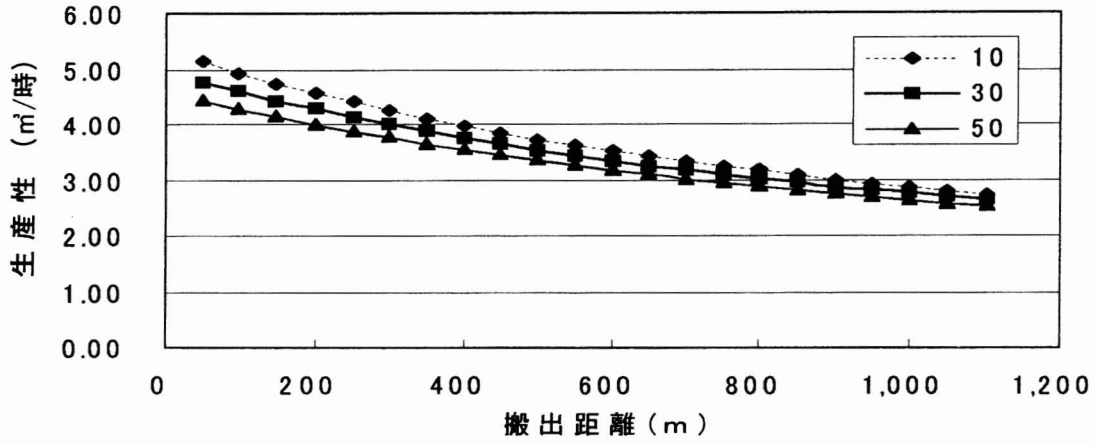


図3-2 タワーヤード集材 点状間伐下げ荷 搬出材積別搬器走行－生産性

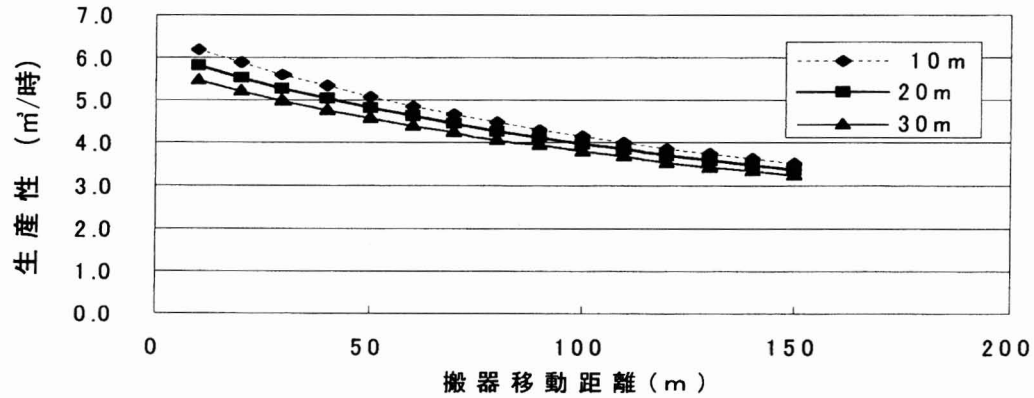


図3-3 タワーヤード集材 列状間伐下げ荷 搬出材積別搬器走行－生産性

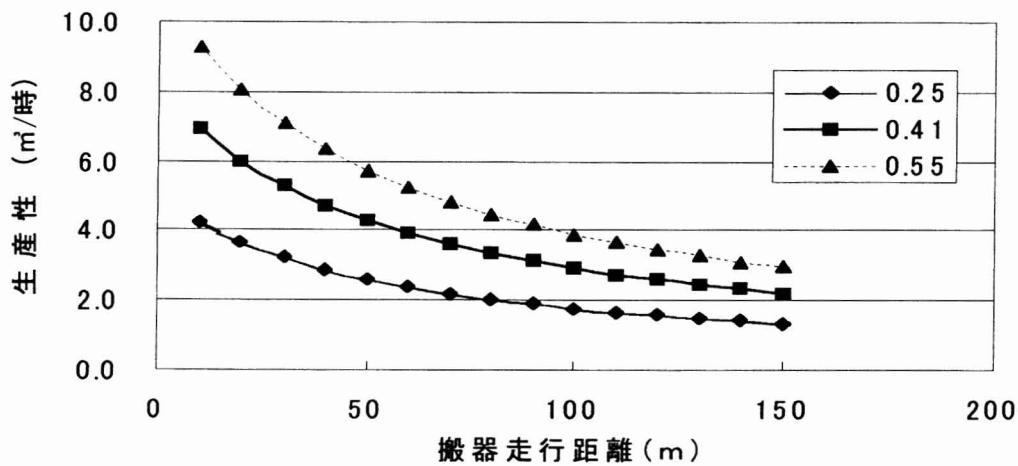


表3-7 タワーヤード集材工程(列状下げ荷)の回帰分析結果

目的変数	説明変数の回帰係数		重相関係数	平均時間
作業時間	搬器走行距離	定数項		(秒)
Y	X			
索上げ時間				14.7738
空搬器走行時間	1.4951	-7.1019	0.9336	
索下げ時間				4.7500
荷掛け時間				92.1868
荷上げ時間				13.6023
実搬器走行時間	1.7891	4.1133	0.8688	
荷下げ時間				10.3220
荷外し時間				48.1429
計	3.2842	-2.9886		183.7778

### 3.2.3 作業工期

#### 1) 車両系

分析結果(表3-5)から次式を得た。

$$Y = -7.8890(X1) + 1.7358(X2) - 125.7980(X3) + 161.7634(X4) + 8.0382(X5) + 581.1911 \quad (2)$$

ここで、 Y: サイクルタイム(秒)  
 X1: 傾斜(°)  
 X2: 走行距離(m)  
 X3: 材積(m<sup>3</sup>)  
 X4: 本数(本)  
 X5: ワイヤー引き出し長さ(m)

(2)式により得られた、引寄せ距離別の搬出距離と生産性の関係を図3-1に示した。

#### 2) 架線系

##### ①点状間伐下げ荷集材

分析結果(表3-6)から次式を得た。

$$Y = 2.2313(X1) + 2.6891(X2) + 260.6544(X3) + 174.7023 \quad (3)$$

ここで、 Y: サイクルタイム(秒)  
 X1: 搬器走行距離(m)  
 X2: 横取り距離(m)  
 X3: 材積(m<sup>3</sup>)

(3)式で得られた横取り距離別の搬器走行距離と生産性の関係を図3-2に示した。

##### ②列状間伐下げ荷集材

分析結果(表3-7)から次式を得た。

$$Y = 3.2842(X) + 180.7892 \quad (4)$$

ここで、 Y: サイクルタイム(秒)  
 X: 搬器走行距離(m)

(4)式により、搬器材積別の搬器走行距離と生産性の関係を図3-3に示した。

図3-3の0.41m<sup>3</sup>の曲線は調査地の平均立木(DBH=23cm, H=19m), 0.55m<sup>3</sup>はDBH=26cm, H=21mの立木, 0.25m<sup>3</sup>はDBH=20cm, H=16mの立木の場合である。

#### 参考文献

- 1) 中山富士男・柱敦史(1993) 林内作業車集材における作業時間等に関する算出式, 日林九支研論文集 No. 52