

# 非皆伐施業に適した機械化作業システムに関する研究

阪本勝則・倉岡光博<sup>1</sup>・糸川隆康

和歌山県農林水産総合技術センター 林業試験場

Studies on System Using Forestry Machines for Non-Clear-Felling

Katunori Sakamoto, Mituhiro Kuraoka and Takayasu Itogawa

Forestry Experiment Station

Wakayama Research Center of Agriculture, Forestry and Fisheries

## 緒 言

近年、木材価格等の低迷により木材搬出後の植栽費、その後の保育費等が賄えず未植栽地が増加する傾向にある。また、森林の多面的機能の発揮を期待するためには、皆伐一新植を主体とする画一的な施業に比べ、抜き切りを繰り返しつつ徐々に更新を行う非皆伐循環施業を導入することが望ましい。しかし、和歌山県では非皆伐循環施業を導入していくために必要な効率的な高齢級（10 齢級以上）間伐方法が確立されていないのが現状である。そこで、本県のように急傾斜地の多い施業地では架線系システムによる集材作業が基本となることから、タワーヤーダ、スイングヤーダ及び自走式搬器の林業機械を使用して、列状間伐（帯状間伐）及び点状間伐における労働生産性や生産コストを調査するとともに、作業システムが残存木及び林地に与える影響について検討するため、3 カ年にわたり実証試験を行ったので、その内容について報告する。

## 材料および方法

### 1. 試験区の概要

実証試験は、田辺市下川上地内（第1試験区）と同和田地内（第2試験区、第3試験区）の3カ所で行い、第1試験区と第2試験区は帯状間伐を、第3試験区は点状間伐を実施した。その概要を第1表に示す。

### 2. 作業システム

伐出方法については、伐倒はチェーンソー（45～54 cc）による伐採、集材は本県主流である架線系の主索式自走式搬器（BCR-04A）、非主索式のタワーヤーダ（RME-300T）、ス

第1表 試験区の概要

	第1試験区	第2試験区	第3試験区
所 在	田辺市下川上地内	田辺市和田地内	田辺市和田地内
樹種・林齢	スギ・ヒノキ 62年生	スギ・ヒノキ 50年生	スギ・ヒノキ 50年生
立木本数（本/ha）	900	880	970
平均胸高直径（cm）	28.1	31.4	32.5
平均樹高（m）	20.5	23.8	25.0
平均傾斜（度）	38	38	38
間伐方法	帯状間伐	帯状間伐	点状間伐
設定間伐率（%）	本数40(38) 材積40(38)	本数40(41) 材積40(41)	本数40(42) 材積40(42)
注）	（ ）数値は、実間伐率		

<sup>1</sup>現在：串本建設部農林道課

イングヤーダ (HC-20) によるものとし、造材は先山でのチェーンソー (45 ~ 54 cc)、極積はグラップル (GS95LSA) (短幹集材)、土場での造材・極積はプロセッサ (GP-30A) (全木集材) を使用した。その作業システムの内容を第2表に示す。

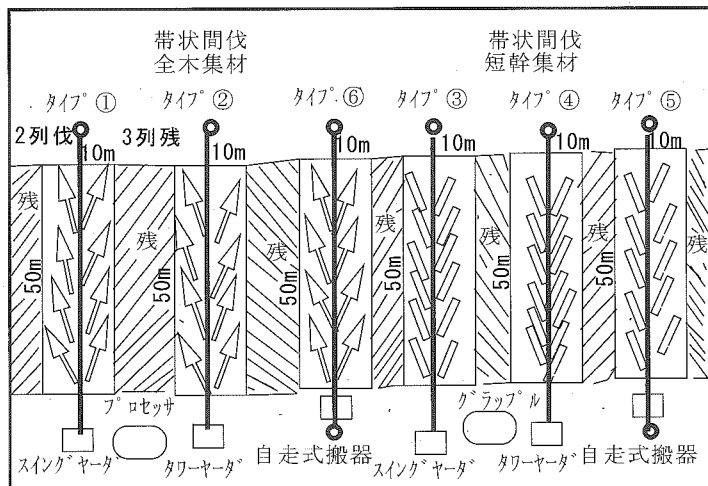
以上3試験区において、9タイプすべて下荷集材で行い、各タイプごとに斜面方向に縦長の10m×50mの調査プロットを設定し作業工程調査を実施した。また、各施業における残存木損傷の比較及び林地攪乱の比較を行い、各施業による影響を検討した。

なお、帯状間伐及び点状間伐の概念図を第1図、第2図に示す。

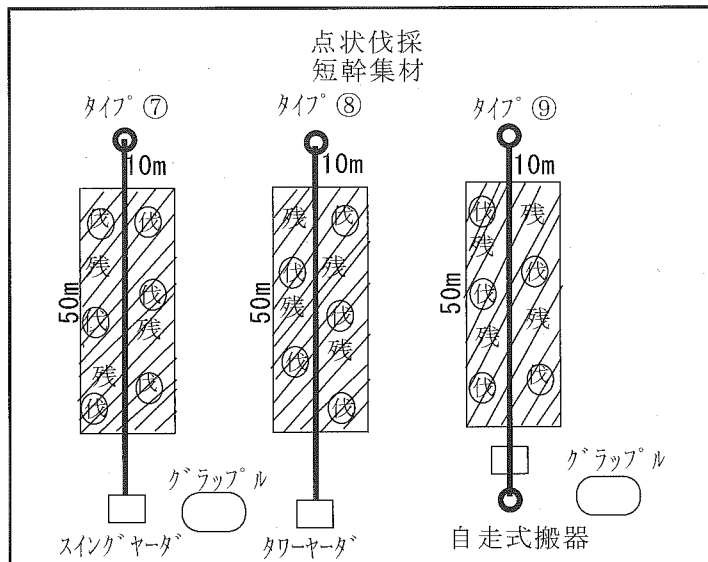
第2表 作業システム

作業工程		スパン長(m)
第1試験区	タイプ① 伐倒(チェーンソー)→全木集材(イングヤーダ)→造材・極積(プロセッサ)	121(76)
	タイプ② 伐倒(チェーンソー)→全木集材(タワヤーダ)→造材・極積(プロセッサ)	117(72)
	タイプ③ 伐倒・造材(チェーンソー)→短幹集材(イングヤーダ)→極積(グラップル)	145(85)
	タイプ④ 伐倒・造材(チェーンソー)→短幹集材(タワヤーダ)→極積(グラップル)	145(84)
第2試験区	タイプ⑤ 伐倒・造材(チェーンソー)→短幹集材(自走式搬器)→極積(グラップル)	126(55)
	タイプ⑥ 伐倒(チェーンソー)→全木集材(自走式搬器)→造材・極積(プロセッサ)	127(53)
第3試験区	タイプ⑦ 伐倒・造材(チェーンソー)→短幹集材(イングヤーダ)→極積(グラップル)	120(55)
	タイプ⑧ 伐倒・造材(チェーンソー)→短幹集材(タワヤーダ)→極積(グラップル)	127(53)
	タイプ⑨ 伐倒・造材(チェーンソー)→短幹集材(自走式搬器)→極積(グラップル)	121(52)

注) スパン長の ( ) 数値は平均集材距離



第1図 帯状間伐概念図



第2図 点状間伐概念図

## 結果および考察

### 1. 労働生産性

#### 1) 帯状間伐

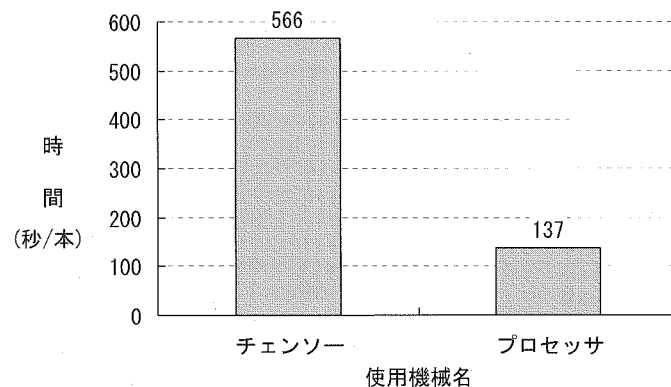
帯状間伐を行った第1試験区及び第2試験区の作業工程調査によるタイプ別各プロット毎の架線架設撤去を含む労働生産性及び架設撤去を除く労働生産性は、第3表に示すとおりとなった。架線架設撤去を含む場合では、全木集材で自走式搬器、タワーヤーダ、スイングヤーダの順に高い結果になったが、通常、スイングヤーダは本体がバックホウであるため、本体の移動並びに左右旋回ができ、荷掛け位置が機械本体に近ければ架線を左右に振ることにより横取り作業が減少することから、タワーヤーダよりは効率的で、上記の結果になったものと考えられた。しかし、短幹集材では自走式搬器、スイングヤーダ、タワーヤーダの順になり、スイングヤーダとタワーヤーダが逆転したが、これは、短幹集材のタイプ③スイングヤーダの索張りが地形傾斜に対し、斜めに索張りしたため、搬出材が斜面方向に流れてしまい作業に手間取ったことが一つの要因と考えられる。一方、架線架設撤去を除く場合では、全木集材、短幹集材とも、自走式搬器がスイングヤーダやタワーヤーダよりも生産性は高くなったが、このことは、逆に自走式搬器は架設撤去に時間がかかることを示している。これは、自走式搬器の索張りが主索式であるのに対し、スイングヤーダやタワーヤーダは非主索式であり、自走式搬器の場合、架設撤去に時間を要したためと考えられる。また、集材方法別では全木集材による作業システムの方が短幹集材よりも高い結果となり、帯状間伐では全木集材が優位であると考えられる。これは、チェンソー造材（短幹集材）とプロセッサ造材（全木集材）の造材時間の比較を行ったところ約4倍の差になり、プロセッサ造材の方が作業効率が良く、労働生産性が高くなることを示している（第3図）。

次に各タイプの労働生産性の比較において、より条件を平準化するために、荷下ろし位置からプロットまでの距離を同一として架線架設撤去を含む労働生産性を試算すると第4図のような結果となった。この結果においても、短幹集材より全木集材に優位性があり、特にスイングヤーダによる全木集材が、最も優位であることが認められた。

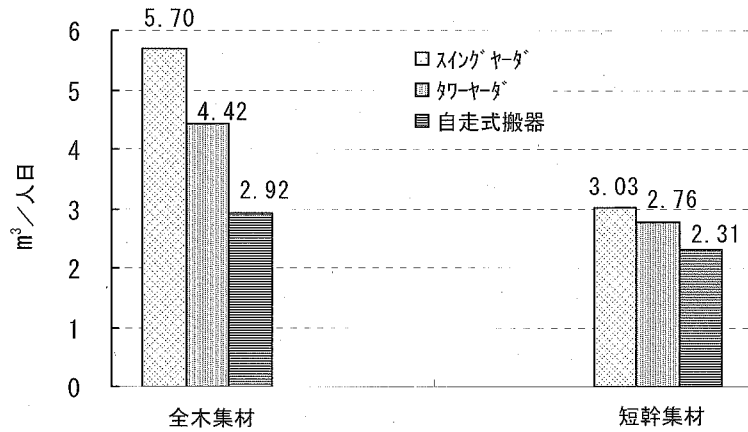
第3表 労働生産性

単位：m<sup>3</sup>/人日

区分	集材機種	集材方法	架線架設撤去含む	架線架設撤去除く	
第1試験区	タイプ①	スイングヤーダ	全木	5.64	8.72
	タイプ②	タワーヤーダ	全木	4.25	6.29
	タイプ③	スイングヤーダ	短幹	2.83	3.39
	タイプ④	タワーヤーダ	短幹	2.93	4.42
第2試験区	タイプ⑤	自走式搬器	短幹	2.58	5.66
	タイプ⑥	自走式搬器	全木	3.17	8.72



第3図 使用機械別造材時間の比較



第4図 帯状間伐における集材機種別労働生産性

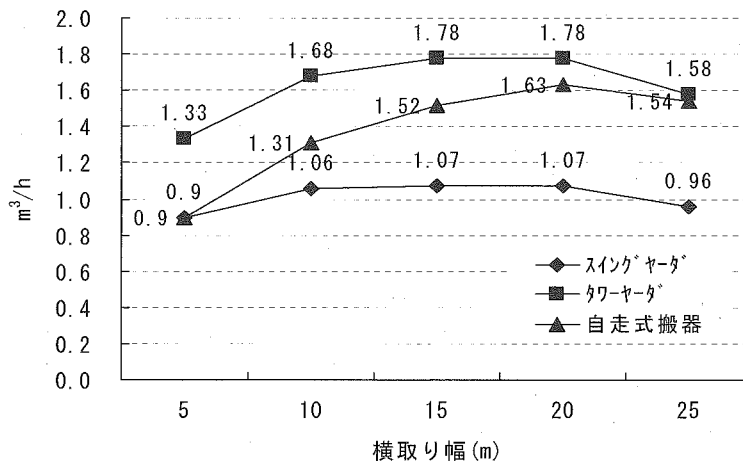
2) 点状間伐

点状間伐を行った第3試験区のタイプ別各プロット毎の作業工程調査による労働生産性は、第4表の結果となった。架線架設撤去を含む場合ではタイプ⑧が、除いた場合ではタイプ⑧、タイプ⑨の優位性が認められた。また、第1試験区及び第2試験区の帯状間伐実施数値(第3表)と第3試験区の点状間伐実施数値(第4表)を比較すると帯状間伐に優位性がみられた。

また、点状間伐については横取り幅を帯状間伐と同様の5m幅でプロットを設定したため、架線1線当たりの集材量が帯状間伐の時よりもかなり少なかったことから、調査結果を基に横取り幅を5m毎増やしていく試算を行った。結果は、横取り幅が20mにおいて1線当たりの労働生産性がピークをむかえた。このことから、今回のシステムでは点状間伐の最適横取り幅は20mであると考えられた(第5図)。

第4表 点状間伐における労働生産性 単位: m³/人日

区分	集材機種	集材方法	架線架設撤去含む	架線架設撤去除く	
第3試験区	タイプ⑦	スイングヤード	短幹	1.69	2.25
	タイプ⑧	クレーヤード	短幹	2.34	3.74
	タイプ⑨	自走式搬器	短幹	1.78	3.89



第5図 横取り幅と時間当たり集材量の関係 (架線架設撤去を含む)

## 2. 生産コスト

### 1) 帯状間伐

生産コストは、人件費（15,000 円/人）、機械損料、燃料・油脂費、機械回送費から算出した。算出に当たり、使用した各単価及び損料率等は第5表のとおりである。

第1試験区と第2試験区の各タイプ別プロット毎の作業量・出材量で算出した数値は、第6表のとおりである。

また、各プロット毎の実数値で比較を行うと、それぞれの作業量・出材量が少数であることから機械の回送費が全コストの約2分の1を占めており、通常予測される数値からかけ離れる恐れがあるため、試算値として同じ作業を8列行う数値（間伐面積1ha）を算出し比較を行った。

この試算数値を基に比較を行うと全木集材の場合は、スイングヤーダ、自走式搬器、タワーヤーダの順にコストは高くなり、短幹集材では自走式搬器、タワーヤーダ、スイングヤーダの順にコストが高くなる結果となった。全6タイプの比較では、スイングヤーダによる全木集材が最も優位であることが認められた。

次に、スイングヤーダと自走式搬器での全木集材の試算値（第6表）にあまり差がないことから、列数の違いによるコスト比較を行ったところ、7列未満では自走式搬器の方が優位であるという結果となった。これは、自走式搬器については、機械経費と回送費が低く抑えられることから、張り替えをあまりしない小面積の間伐では低コストになるためと考えられる（第7表）。

第5表 試算単価一覧表

区	分	価格(円)	損料率(%)
使用機械	チェーンソー	170,000	0.1147
	スイングヤーダ	18,000,000	0.0272
	タワーヤーダ	18,000,000	0.0272
	自走式搬器	1,845,000	0.0486
	プロセッサ	18,000,000	0.0209
	グラップル	9,500,000	0.0209
燃料・油脂	軽油	87	
	混合油	127	

第6表 帯状間伐における生産コスト一覧

単位：円/m<sup>3</sup>

集材方法	機種	タイプ	プロット実数値	試算値(8列)
全木集材	スイングヤーダ	①	11,440	5,170
	タワーヤーダ	②	13,340	6,800
	自走式搬器	⑥	7,710	5,200
短幹集材	スイングヤーダ	③	18,490	9,910
	タワーヤーダ	④	17,200	8,610
	自走式搬器	⑤	8,990	6,650

第7表 スイングヤーダと自走式搬器の列数生産コスト比較

単位：円/m<sup>3</sup>

	実数値	6列	7列	8列	9列	10列
スイングヤーダ	11,440	5,450	5,290	5,170	5,090	4,990
自走式搬器	7,710	5,310	5,250	5,200	5,160	5,130

## 2) 点状間伐

生産コストは、帯状間伐と同様、人件費（15,000 円/人）、機械損料、燃料・油脂費、機械回送費から算出した。

点状間伐を行った第3試験区のタイプ別各プロット毎の作業量・出材量で算出した場合は、第8表の結果となった。また、点状間伐では最適横取り幅が20 mとなることから、これを基に、架線1線当たりの伐採幅を40 m（横取り幅20 m）とし5回張替えを行い1ha間伐した場合の作業量・出材量でコスト試算を行ったところ、結果は第8表の試算値（5回張替え）の値となった。集材機種別では自走式搬器、タワーヤーダ、スイングヤーダの順にコストは高くなり、労働生産性に大きな差がない場合では機械経費等に安価な自走式搬器に優位性がみられた。

第8表 点状間伐における生産コスト一覧

単位：円/m<sup>2</sup>

集材方法	機種	タイプ	プロット実数値	試算値（5回張替え）
短幹集材	スイングヤーダ	⑦	26,460	13,490
	タワーヤーダ	⑧	21,180	8,590
	自走式搬器	⑨	15,210	6,650

## 3. 残存木損傷の比較

第1試験区での伐出作業後の残存木の損傷については、タイプ①・タイプ②（以下全木プロット）とタイプ③・タイプ④（以下短幹プロット）を比較した結果、全木プロットの残存木損傷率（軽微なものも含む）は15%、短幹プロットは23%となった。この差は、全木プロットの場合、原則上方伐倒とし伐採列内に全て伐倒すれば損傷木の発生もかなり抑えられるが、急傾斜地という悪条件の中、全てうまくいくとは限らず、ある程度ばらけてしまう結果になり、損傷木が発生した。また、短幹プロットは、伐倒後の造材作業を考慮し、原則横または斜め上方向に伐倒するため、伐採列から外に出てしまう木が多数発生し損傷木が多くなる結果となった。

第2試験区では、タイプ⑤とタイプ⑥を比較した結果、損傷率（軽微なもの含む）はタイプ⑤で33%、タイプ⑥で30%となり、あまり大きな差は見られなかった。第1試験区の帯状伐採では全木集材プロットが15%、短幹集材プロットが23%であったが、これに比べ今回のプロットの損傷率は高くなった。この理由としてタイプ⑤では集材の障害になる岩塊があり、中央に架線が張れなかったこと、また落石による損傷も多く見られたことが上げられる。タイプ⑥では上部の伐倒が伐採列内に出来ず、斜め上方から横への伐倒になってしまったためと考えられる。

第3試験区では、タイプ⑦～タイプ⑨を比較した結果、辺材内部まで損傷したものはなく樹皮剥離のみであった。しかし、損傷率（軽微なもの含む）はすべてのプロットにおいて45%を超え高い数値となった。

以上のことから、残存木の損傷に関しては、伐倒方法の違いから帯状間伐の方が点状間伐より残存木に損傷を与えないことが分かった。なお、点状間伐の場合には、損傷率が高くなることから、残存木に対し何らかの保護が必要であると考えられた。また、帯状間伐でも点状間伐よりは損傷率が低いものの、索張り方向、伐倒の方法や施業地の地質や地形の状況により損傷率は変動することから、これらの点にも注意を払う必要があると思われる。

## 4. 林地攪乱の比較

第1試験区の1プロット0.05haに対する攪乱面積割合は、全木プロットと短幹プロットを比較した結果、全木プロット平均は38%、短幹プロット平均は18%となった。長材の全木プロットに比べ、短材の短幹プロットの方が集材作業時に林地を荒らさない結果となった。同じ短幹プロットでも、斜面方向に索張りしたタイプ④は13%、斜面に対し斜めに索張りしたタイプ③は23%となり、材が斜面方向

に流れ林地攪乱を引き起こしやすい結果となった。

第2試験区の1プロット0.05haに対する攪乱面積割合は、比較した結果、タイプ⑤が13%、タイプ⑥が26%となり、元口持ち上げでの地擦り集材となる全木プロットより、宙づりでの集材が可能な短幹プロットの方が林地を荒らさない結果となった。

第3試験区での1プロット0.05haに対する攪乱面積割合は、地擦り集材を原則とするタイプ⑦のスイングヤーダが32%、タイプ⑧のタワーヤーダは24%、主索式の自走式搬器のタイプ⑨が21%となり、宙づりが可能なタワーヤーダと自走式搬器の数値が低く抑えられた。

以上の結果から、林地を荒らさない機種としては、宙づりでの集材が可能なタワーヤーダや主索式の自走式搬器が優位であり、また、元口持ち上げでの地擦り集材となる全木集材より、宙づりが可能な短幹集材の方が林地を荒らさないことが認められた。

## 摘 要

和歌山県のような急傾斜地において、非主索式によるスイングヤーダやタワーヤーダ、主索式の自走式搬器を使用して下荷集材作業を行う場合、带状間伐のような架線の架設・撤去を繰り返し行う集材作業では、機械本体の設置・撤去が簡易なスイングヤーダが優位である。また、非主索式による架線集材の索張りについては、斜面方向に架設した方が効率性・林地保全性の面において優位である。なお、今回のシステムでは、点状間伐における最適横取り幅は20mであることが認められた。

残存木損傷の面では、点状間伐並びに架線集材による横取り作業を伴う場合には、損傷率が高くなることから、残存木に対し何らかの保護が必要である。

林地保全面に関しては、宙づりが可能であるタワーヤーダと自走式搬器は比較的林地を荒らさない結果になったが、労働生産性や生産コスト面で優位であるスイングヤーダを使用する場合は、ある程度林地を荒らすことになることを踏まえておく必要がある。

なお、今回は伐出に関する実証試験に留まったが、非皆伐循環施業を推進していくためには、林地攪乱後の林地の回復状況、樹下植栽木の成長調査や保育施業に関する研究を更に行っていくことが必要であり今後の課題であると考えます。

最後に、本実証試験を行うに当たって、試験地の提供をしていただいた山二木材株式会社代表取締役社長細尾周平氏、また、試験方法等についてご助言とご指導をいただいた井裕啓次氏、栗原秀嘉氏、平岡照章氏、現地で実証試験にご協力いただいた堅山農林、中辺路町森林組合の方々に厚くお礼申し上げます。

## 引用文献

- 倉岡光博ら. 和歌山県農林水産総合技術センター林業試験場. 2002. 平成14年度業務報告: 48-50  
2003. 平成15年度業務報告: 43-45.  
糸川隆康. 和歌山県農林水産総合技術センター林業試験場. 2004. 平成16年度業務報告: 56-58

