

# 低コスト素材

利用間伐事例調査(H15~16)報告

# 生産に向けて



平成19年3月

島根県中山間地域研究センター

## 1.はじめに

本県における人工林は成熟期に達し、森林施業も保育中心から木材の伐採搬出を行いながら森林整備を進める時期にきています。本県では、高性能林業機械等を積極的に導入し間伐等素材生産事業に取り組んでいます。しかし、地域や作業現場によっては、同じ高性能林業機械の作業システムを用いても、期待した効果が上がっていない林業事業体があることから、それぞれの作業現場に適した低コストで効率的な作業システムの構築が必要とされています。

本冊子は、各事業体が効率的な素材生産システムを検討するための基礎資料となることを目的とし、研究課題「森林GISを活用した効率的な森林施業体系の構築（平成14～17年度）」において、島根県内の林業事業体が平成15～16年度に実施した間伐事業についてその結果をとりまとめたものです。収集した事例について作業システム、素材生産コスト、労働生産性を分析しました。

### 素材生産コストと労働生産性について

今回の調査では、低コスト素材生産を表す指標として、本冊子では「素材生産コスト」と「労働生産性」を用いました。

各事業体においては、伐木、集材、造材までの一連の作業を1班3～4名程度で実施していました。

そこで調査事例を比較、分析する指標の「素材生産コスト」は、1m<sup>3</sup>の間伐材(素材)を生産するのに要した経費とし、「労働生産性」は、1人が1日で生産できる素材生産量(m<sup>3</sup>)としました。

そして、「素材生産コスト」の数値は低いほど低コストで素材が生産されたことになり、「労働生産性」の数値は高いほど効率的な素材生産が実施されたこととなります。

なお、「素材生産コスト」「労働生産性」とも、伐採から山土場までの搬出作業にかかるものを調査対象とし、作業路開設にかかるものは除外しました。

$$\text{素材生産コスト (円/m}^3\text{)} = \frac{\text{間伐材 (素材) 搬出事業費 (円)}}{\text{素材生産量 (m}^3\text{)}}$$

$$\text{全工程の労働生産性 (m}^3\text{/人・日)} = \frac{1}{1/q_1 + 1/q_2 + 1/q_3 \cdots + 1/q_n}$$

※ $1/q_1 + 1/q_2 + 1/q_3 \cdots + 1/q_n$  は各工程の労働生産性

## 2. 間伐の方法と特徴

### ■ 定性間伐と定量間伐

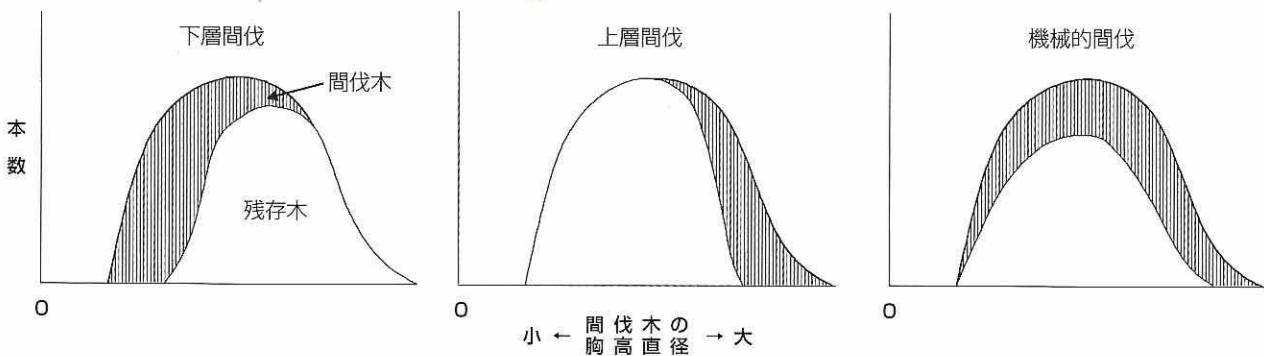
定性間伐…林木の形質に重点をおき、伐るべき個体を先に決定した結果、間伐量が決まります。

定量間伐…林分の蓄積や成長に重点をおき、間伐すべき量、残すべき量を先に決め、それに合うように間伐を行います。

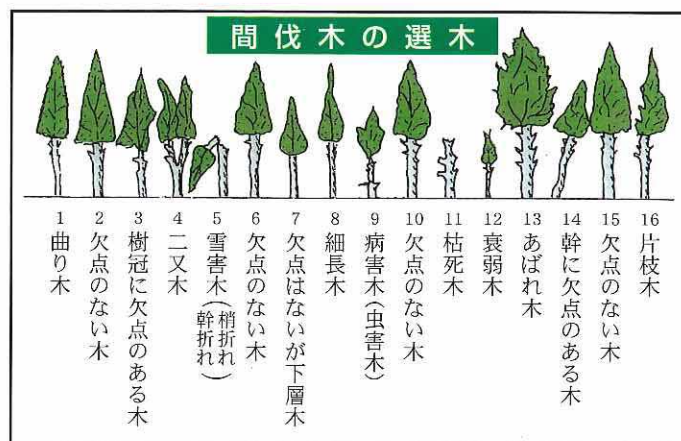
間伐の方法	間伐対象木	間伐後の林分状況	集材の難易	雪害等の耐性	間伐時の収益性	特 徴
下層間伐	形質不良木 成長不良木	優勢木が残存し、残存木の配置が均等。	×	○	×	径級が細いため、材価が低く、経費大。間伐後の形状比が低くなり、雪害等に対する耐性が高まる。
上層間伐	優勢木 あばれ木	優勢木でない個体が残存、配置は不均一。	×	×	○	主伐が遅れ、伐採搬出に手間がかかる。形状比は、下層間伐より高くなるが、無間伐で放置するより低くなる。
機械的間伐	列状、 魚骨状等	形質に関わりなく残存、配置は不均一。	○	△	△	伐採列が直線で、集材が容易。形状比は無間伐林より低くなるが、列の隣の個体は、樹冠に偏奇が生じやすい。

※本県においては、下層間伐・上層間伐のいずれとも、定性間伐および定量間伐で実施されています。ただし、機械的間伐は定量間伐が中心です。

### ■ 間伐のタイプと間伐木の大きさ



### ■ 選木の基準



### 3.島根県の現状

表-1に、調査対象地の概況について示しました。17事業体（11森林組合、6事業体）から、合計118事例を調査しました。同一事業体でも、事業地の地況や林況は大きく異なることに加え、森林所有者の間伐方法に対する要望もあり、その作業システムは様々でした。

なお、調査票は冊子裏面に掲載していますが、事業体の提出数字にも濃淡があり、分析数字の中が大きくなっています。

表-1 調査対象地の概況

調査事例数	面積(ha)	平均傾斜(°)	樹種	齢級	平均胸高直径(cm)	間伐前密度(本/ha)	間伐回数	本数間伐率(%)	間伐方法
118	0.1~28.0	0~35	スギ、ヒノキ	4~9	16~30	900~4,000	1~4	20~45	列状、定性

図1に、事業面積、ヘクタール当たり搬出材積、素材生産コスト、労働生産性について示しました。1事業地の面積は、3ha以内の事業地が最も多く全体の70%以上を占めており、そのうち半分は1ha以内の事業地でした。しかし、小面積で分散している事業地を団地化して事業の効率化を図っている事例もありました。

ヘクタール当たり搬出材積は10~30m<sup>3</sup>の事例が最も多く全体の50%でした。平均では35m<sup>3</sup>/ha、最高で150m<sup>3</sup>/haを搬出していました。

m<sup>3</sup>当たりの素材生産コストは10~15千円の事例が多く全体の30%を占め、もっとも低かったのは7千円/m<sup>3</sup>でした。

労働生産性は1.01~2.00m<sup>3</sup>/人・日が半数以上でしたが、平均1.6m<sup>3</sup>/人・日、最高で5m<sup>3</sup>/人・日でした。

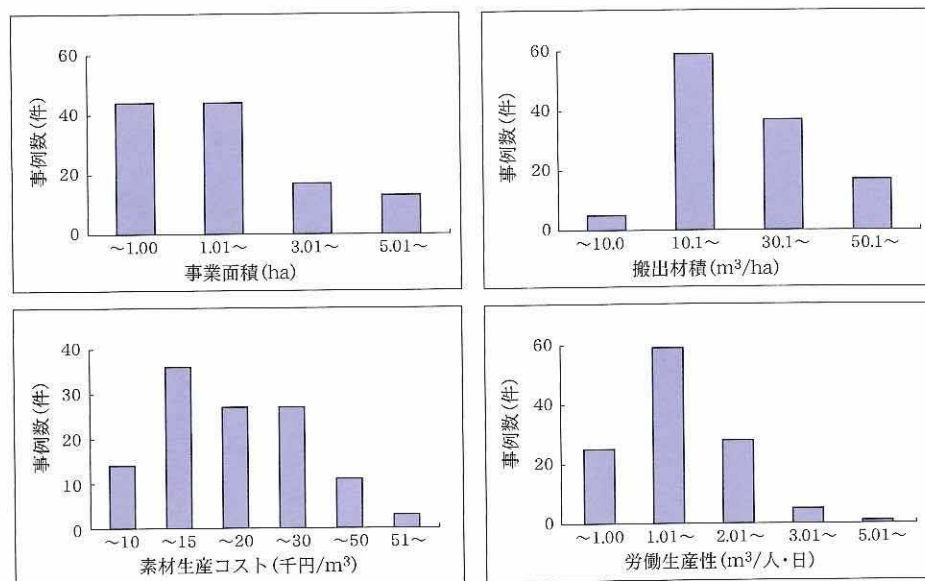


図-1 各項目における事例数

## 4. 作業システム ～伐採から搬出まで～

本県の利用間伐の作業システムは、表－2に示すように6つの型に分けられました。  
また、各作業システムにおける素材生産コストと労働生産性は表－3に示しました。

表－2 島根県における作業システムと事例数

(単位：件)

作業システム	造材工程	集材工程	間伐方法	集材方式		事例数 合計
				全木・全幹	短幹	
I型	プロセッサ	スイングヤーダ	列状	8	0	15
			定性	7	0	
II型	"	タワーヤーダ	列状	5	0	5
			定性	0	0	
III型	チェーンソー	スイングヤーダ	列状	8	2	26
			定性	12	4	
IV型	"	タワーヤーダ	列状	3	0	12
			定性	2	7	
V型	"	林内作業車	列状	0	0	49
			定性	4	45	
VI型	"	その他非架線系	列状	0	0	11
			定性	3	8	

表－3 各作業システムの素材生産コストと労働生産性

作業システム	集材方式および 間伐方法	素材生産コスト(千円/m <sup>3</sup> )		労働生産性(m <sup>3</sup> /人・日)	
		全木・全幹	短幹	全木・全幹	短幹
I型	列状	11～29	—	1.2～2.6	—
	定性	18～25	—	1.3～2.1	—
II型	列状	9～10	—	2.0～4.5	—
	定性	—	—	—	—
III型	列状	11～28	16～20	0.7～2.8	1.1～2.8
	定性	13～45	12～19	0.5～2.4	1.1～1.6
IV型	列状	10～21	—	1.3～2.4	—
	定性	29～31	11～24	0.9～2.3	0.7～2.3
V型	列状	—	—	—	—
	定性	24～54	7～58	0.4～0.6	0.2～5.0
VI型	列状	—	—	—	—
	定性	9～24	6～33	0.9～2.1	0.7～4.3

■ 各作業工程(造材～集材)における数値は以下のとおりでした。

1) 伐木作業

伐木作業は全てチェーンソーで行っていました。伐採木の林齢や径級によって、労働生産性は0.2～5.0m<sup>3</sup>/人・日とバラツキがありました。

しかし、列状間伐など定量間伐は定性間伐と比較して労働生産性が高く、素材生産コストは低くなりました。

※列状間伐の実践についてはP 7から後述。



列状間伐による伐木



伐木作業(チェーンソー)

	事業面積 (ha)	搬出材積 (m <sup>3</sup> /ha)	素材生産コスト (円/m <sup>3</sup> )	労働生産性 (m <sup>3</sup> /人・日)
プロセッサ	0.5～28	13～124	9～28	1.2～4.5
	4.8	46	17	2.0
チェーンソー	0.1～10	3～150	6～57	0.2～5.0
	1.9	32	19	1.6

※労働生産性はシステム全体の労働生産性

(上段：範囲、下段：平均)

2) 造材作業

造材作業は、チェーンソーまたはプロセッサによって実施されていました。

プロセッサは労働力確保支援センターによるリースと自社所有があり、ベースマシンはバケット容量0.25m<sup>3</sup> (7 tクラス) の小型機械がよく使用されていました。労働生産性は1.2～4.5m<sup>3</sup>/人・日で実施されていました。



造材作業(プロセッサ)

	事業面積 (ha)	搬出材積 (m <sup>3</sup> /ha)	素材生産コスト (円/m <sup>3</sup> )	労働生産性 (m <sup>3</sup> /人・日)
列状間伐	0.5～12	13～124	9～28	0.6～4.5
	3.2	40	16	2.0
定性間伐	0.1～28	3～150	6～57	0.2～5.0
	2.2	33	20	1.5

※労働生産性はシステム全体の労働生産性

(上段：範囲、下段：平均)

### 3) 集材作業

集材作業は、スイングヤーダやタワーヤーダによる架線系と、林内作業車やフォワーダによる非架線系に分かれ、架線系と非架線系の割合はほぼ同率でした。

また、集材方式は全木・全幹方式と短幹方式に分かれますが、その比率もほぼ同率でした。

近年、本県ではスイングヤーダの利用が増加しており（11台：平成17年度末現在）、架線系システムの7割を占めていました。その理由として、架設撤去が容易であることに加え、アタッチメントにグラップルや、バケット付きグラップルを取り付けることで、作業路開設や材の積み込みも可能となり、汎用性が高いことが上げられます。

タワーヤーダによる集材は架線系システムの3割でしたが、スパン長がスイングヤーダで40m前後であったのに対し、タワーヤーダでは60m前後で実施されていました。

非架線系システムでは、ほとんどが積載量1m<sup>3</sup>以下の小型林内作業車で行われていました。チェーンソーによって伐木・造材された材を、付属のウインチで集材するため集材距離も最長で20m程度であり短幹集材のみでした。

作業システムは、地況や林況、間伐方法（列状・定性）、集材方式（全木・全幹・短幹）により異なってきますが、造材作業をプロセッサにすることで、さらなるコストダウンが図られていました。



集材作業(スイングヤーダ)



集材作業(タワーヤーダ)



集材作業(林内作業車)

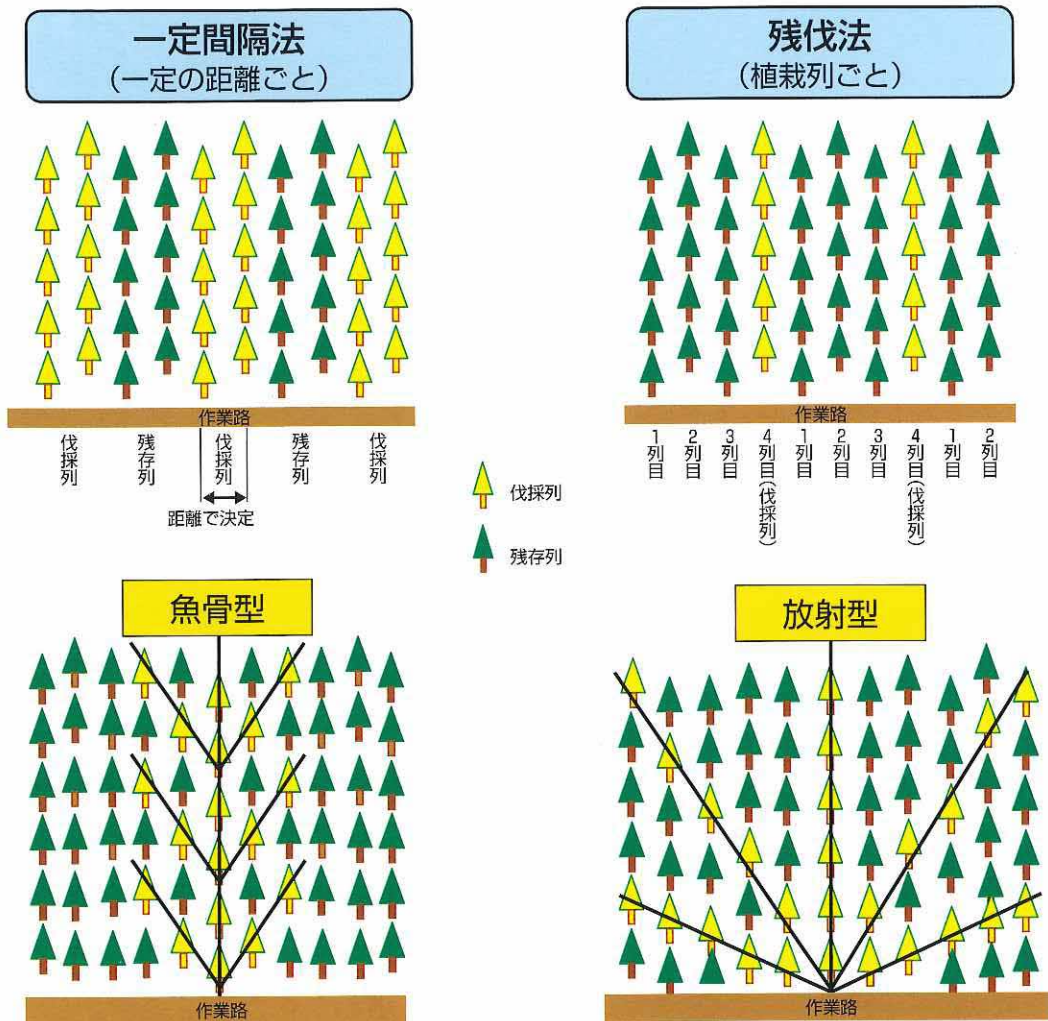
	事業面積 (ha)	搬出材積 (m <sup>3</sup> /ha)	素材生産コスト (円/m <sup>3</sup> )	労働生産性 (m <sup>3</sup> /人・日)
スイング ヤーダ	0.4~28 3.7	5~124 36	11~44 21	0.5~2.8 1.6
タワー ヤーダ	0.5~6.2 2.7	10~99 36	9~31 16	0.7~4.5 1.9
林内作業車	0.1~6.8 1.2	3~150 34	7~57 18	0.2~5.0 1.6

※労働生産性はシステム全体の労働生産性

(上段：範囲，下段：平均)

## 5.列状間伐による低コスト素材生産の実践

列状間伐とは、一定の間隔で伐採する列を決め、その列内の立木をすべて伐採し、搬出する間伐方法です。この伐採列は、植栽列ごとあるいは一定の距離ごとに設定します。列の間隔、幅、方向および形については、木の生育状況や密度、目標とする間伐率や作業道の位置、林地の形状を考慮して決定します。



伐採間隔	間伐率	伐採列間の距離	地位
4残1伐	20.0% 弱	9.0m 間隔	下
3残1伐	25.0%	7.2m 間隔	↑
2残1伐	33.3%	5.4m 間隔	↑
4残2伐	33.3%	9.0m 間隔	↓
3残2伐	40.0%	7.2m 間隔	↓
2残2伐	50.0% 強	5.4m 間隔	上

※3,000本/ha植え,立木間を1.8mとした場合



## ■ 列状間伐の利点と問題点

列状間伐の利点と問題点および対処法を整理すると、以下のようになります。

<p>利 点</p>	<p>①選木は機械的に行うため、容易である。</p> <p>②かかり木が発生しにくく、伐木作業の効率は高く、安全である。</p> <p>③伐採列が集材路となるため、残存木への損傷が少なく、集材が容易である。</p> <p>④全木集材が容易なため、プロセッサを使用すれば造材の生産性も高くなる。</p> <p>⑤定性間伐と比較して、全体のコストが5割程度に抑えられる(実態調査結果より)。</p> <p>⑥間伐木は対象林分の構成とほぼ等しくなるので、価値の高い優勢木も含まれ、間伐材収入が期待できる。</p>
<p>問題点 と 対応策</p>	<p>①間伐後に、形質不良木や劣勢木が残る可能性がある。</p> <p>→残存列についても除伐や定性間伐を行う。または保育間伐が行われている林分で実施する。</p> <p>②伐採列に面した残存木は、樹冠の偏奇を生じ、冠雪害や風害を受ける恐れが生じる。</p> <p>→列状だから特に被害を受けやすいという報告はない。</p> <p>ただし、形状比が高いと被害を受ける可能性があるため積雪の多い場所や風の通り道などでの実施は避けた方がよい。</p> <p>また、偏心や幹曲がりなど樹幹への影響はほとんどない。</p> <p>③きめ細かい施業を必要とする優良材生産は難しい。</p> <p>→あくまで一般材生産を目的とするが、伐期の長期化に併せ大径材生産は可能。</p>

## ■ 列状間伐の実践

列状間伐の導入には、生産目標、地況、林況を考慮して適否を検討する必要があります。列状間伐は、以下のような山に向いています。

### ① 生産目標

- ・優良材生産より一般材生産を目標とした林分。

### ② 地況

- ・路網が整備してある（整備する予定がある）。
- ・雪害や風害等の気象害の起きにくい林分。

### ③ 林況

- ・概ね6 齢級以上で、利用径級に達している林分。
- ・1～2回の保育間伐が実施してある林分。
- ・団地化して間伐面積が比較的まとまっている林分（概ね3 ha以上）。

## ■ 島根県における列状間伐

本県における利用間伐事業では、定性間伐が中心ですが、近年列状間伐も積極的に実施されています。

前述の実態調査では118事例のうち、列状間伐の事例は全体の22%に達しており、事業の低コスト化に取り組んでいます。

列状間伐の事例は、すべて架線系システムで実施されており、定性間伐や非架線系よりも効率的に実施されています。しかし列状間伐においても、造材機械や集材機械の組み合わせによって、素材生産コストや労働生産性が異なっていました。

図-2に労働生産性と素材生産コストの関係を示しました。労働生産性の増加にともない素材生産コストは減少する傾向にありました。最も素材生産コストが低く、労働生産性が高かったのは、タワーヤーダとプロセッサの組み合わせでした。

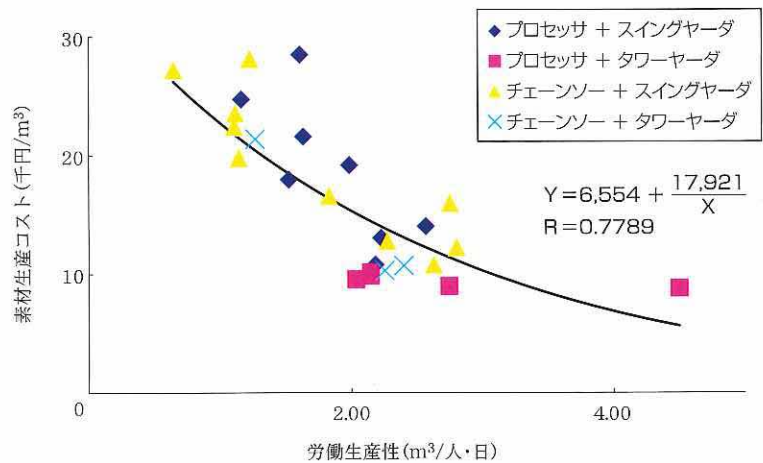


図-2 列状間伐における労働生産性と素材生産コストの関係

## ■ 列状間伐のその後

伐採後の管理について、植栽木が生育できる幅が確保できたら複層林造成を検討しましょう。

(事例1) 列状間伐による複層林造成 (飯南町小田)

林況	上木) スギ44年生人工林 下木) ヒノキ4年生 樹高1~3m
立地条件	標高) 600m 地利) 林道から80m 地形) 沢沿いの急傾斜地 (30°)
施業内容	間伐) 2002年, 4残3伐の列状間伐を実施。 更新) 同年, ヒノキを植栽。 保育) 毎年, 下刈りを実施。



(事例2) 列状針広混交複層林造成 (大田市上山)

林況	上木) スギ44年生人工林 下木) ケヤキ4年生 樹高1~3m
立地条件	標高) 460m 地利) 林道から10m 地形) 傾斜15°
施業内容	間伐) 2002年, 2残2伐の列状間伐を実施。 更新) 同年, ケヤキを植栽。 保育) 毎年, 下刈りを実施。



## 6. おわりに

2006年に策定された「新しまね森林・林業活性化プラン後期施策(2006~2010年)」では、施策展開の具体的な取り組みとして5つのプロジェクトを設定しています。

その中の一つである「木材生産団地化推進プロジェクト」では、木材生産団地を設定し、森林の施業・経営の集約化を図り、木材の安定供給と生産コストの低減を目指しています。

当センターでは、このプロジェクトの成果目標達成に向け、県戦略課題として「低コスト伐出技術の開発(平成19~22年度)」に取り組んでいきます。今回の調査結果をふまえ、この新しい研究課題では木材生産団地内で展開される素材生産事業について、各作業現場における作業システムや路網整備等を調査するとともに、各現場の優良事例等も情報提供しながら、さらなる低コスト素材生産に向けた技術提示を行っていきたいと考えています。

### ■ 参考資料

- 高知県森林局森林政策課「間伐3Sun」(1999)
- 愛媛県林業技術センター「機械化作業に適した間伐方法」(2003)
- 社団法人 全国林業改良普及協会「機械化のマネジメント」(2001)
- 社団法人 林業機械化協会「高性能林業機械による間伐作業方法」(2002)
- 社団法人 林業機械化協会「高性能林業機械による間伐システム」(2003)
- 島根県農林水産部林業課「高性能林業機械による利用間伐の手引き」(1999)
- 新潟県森林研究所「高性能林業機械による列状間伐マニュアル」(2001)
- 広島県農林水産部「高性能林業機械普及マニュアル」(2001)
- 北海道立林業試験場「やってみよう列状間伐」(2003)
- 社団法人 全国林業改良普及協会「林業技術ハンドブック」(1998)
- 植木達人編著「列状間伐の考え方と実践」(全国林業改良普及協会, 2007)
- 山口県林業指導センター「列状間伐マニュアル」(2002)
- 岡山県農林水産部林政課・林業試験場「列状間伐の作業マニュアル」(2003)

(参考)

H16年度 利用間伐事業実態調査 (H15年度実績分)

記載例

事業体名: フォレストマシーン株式会社

		① H15 ○○山	② H15 ○○山	③ H15 ○○山	④ H15 ○○山	⑤ H15 ○○山	⑥ H15 ○○山	
間伐実施地の状況	事例箇所	スギ						
	樹種: スギ、ヒノキ	1.00ha						
	面積: ha	25cm						
	平均胸高直径: cm	7階級						
	階級	1,200本/ha						
	立木本数 (間伐前): 本/ha	310m <sup>3</sup> /ha						
	立木材積 (間伐前): m <sup>3</sup> /ha	25度						
	平均傾斜	3回						
	間伐回数 (何回目の間伐か)	30%						
	本数間伐率: %	25%						
	材積間伐率: %	45.00m <sup>3</sup>						
	搬出材積: m <sup>3</sup>	列状						
	間伐方法: 定性・定量・列状	一般材						
	作業目標: 優良大径材・一般材・その他	100.00m						
	作業路等新規開設距離: m	2.00m						
	作業路等新規開設幅員: m							
	作業路等改良距離: m							
	作業路等改良幅員: m							
	作業内容等	平均集材距離 (伐倒箇所 → 作業路沿い): m	スイングヤーダ等集材距離	60.00m				
		平均搬出距離 A (作業路沿い → 山土場): m	フォワーダ・林内作業車運搬距離	100.00m				
平均搬出距離 B (山土場 → トラック積込場): m			50.00m					
市場までの距離 (トラック輸送距離): km			20.00km					
集材方法: 全木・全幹・短幹・上げ荷・下げ荷		全木・下げ荷						
伐木: チェンソー・ハーベスタ		チェンソー						
造材: チェンソー・グラブソー・プロセッサ・ハーベスタ		プロセッサ						
集材: 人力・林内作業車・タワーヤーダ・スイングヤーダ・グラブソー		スイングヤーダ						
搬出: 林内作業車・フォワーダ・ダンブ・自走式搬機		フォワーダ						
積込・土場整理: グラブソー・プロセッサ・トラック (クレーン・グラブソー)		プロセッサ						
運搬: トラック (t)・その他	トラック(4t)							
人役	測量・設計 (人役)	1人役						
	選木 (人役)	1日						
	林内整理 (人役)	5人役						
	伐木 (人役)	3日						
	造材 (人役)	5人役						
	集材 (人役)	3日						
	搬出 (人役)	5人役						
	土場整理 (人役)	3日						
	運搬 (人役)	7人役						
	作業路開設 (人役)	1日						
	合計 (人役)	12人役						
	従事日数	4日						
	従事日数	10人役						
	従事日数	3日						
	従事日数	10人役						
従事日数	3日							
従事日数	2人役							
従事日数	3日							
従事日数	17人役							
従事日数	3日							
従事日数	74人役	0人役	0人役	0人役	0人役	0人役		
従事日数	27日	0日	0日	0日	0日	0日		
経験年数	作業従事者の利用間伐従事年数	4						
	機械オペレーター人数	5						
	機械オペレーター経験年数	4						
収支 単位: 円	支出 (A)	1,402,811	0	0	0	0	0	
	測量・設計	12,000						
	選木							
	林内整理							
	伐木	60,000						
	造材	84,000						
	集材	144,000						
	搬出	120,000						
	土場整理							
	運搬	24,000						
	作業路開設	204,000						
	土場設置							
	雇用保険・労災	144,144						
	市場手数料	112,792						
	機械運搬	58,147						
	機械損料	355,792						
	その他経費	83,936						
	収入 (B)=(C)+(D)+(E)+(F)+(G)	1,703,468	0	0	0	0	0	
	手数料等 (受託・販売 等) (C)	140,000						
	間伐に係る補助金 (D)	434,748	0	0	0	0	0	
電伐実施 (国補助金)	349,748							
電伐実施 (県補助金)								
間伐実施 (市町村補助金)								
出荷助成 (県補助金)	85,000							
出荷助成 (市町村補助金)								
作業路開設、土場設置に係る補助金 (E)	500,000							
作業路開設補助金 (国補助金)								
作業路開設補助金 (県補助金)	500,000							
作業路開設補助金 (市町村補助金)								
土場設置 (県補助金)								
木材販売収入 (F)	628,720							
その他収入 (G)								
収支(H)=(B)-(A)	300,657	0	0	0	0	0		
所有者負担 (所有者から負担を求めた場合は、▲(負の数)、所有者に還元した場合は、正の数)	300,657							

施工地ごとに計上できないものは、按分して計上してください。  
 その他経費は、通勤に係る費用等必要経費を計上してください。

施工地ごとに計上できないものは、按分して計上してください。  
 前年度事業利益で不足分を補填している場合、その他収入に計上してください。

注: 位置図、間伐実施区域 (切捨て間伐と利用間伐の区域を明示) と作業道・集材路・土場を明示した5千分の1の図面を添付してください。

お問合せ先

島根県中山間地域研究センター

〒690-3405 島根県飯石郡飯南町上来島1207

tel 0854-76-2025(代)

fax0854-76-3758

URL : http://www.chusankan.jp

