

# 列状間伐による高収益間伐の推進について

所属 宮城県産業経済部林業振興課 技術主査 小野泰道  
技 師 熊田有希  
宮城県環境生活部自然保護課 技術主査 布施 修

## 1 はじめに

これからの素材生産には、コストの低減（生産性向上）及び労働強度の軽減のため、高性能林業機械の活用が不可欠となっている。特に、コストの低減については、木材価格の低迷による森林所有者の収益性悪化に伴う経営意欲の減退から、保育放棄林分の増加が問題視されており、早急に実現しなければならない課題である。そこで、高性能林業機械を活用した作業システムの採用、列状伐採、大面積での事業実施を通して、低コスト木材生産システムを確立し、森林所有者の所得向上を実現するための実証を行うこととした。

## 2 事業の実施方法

本実証事業については、対象地を平成9年度から平成11年度にかけて宮城南部・宮城北部流域林業活性化センターが設定した「低コスト木材生産モデル団地」内とした。本団地は、以下に示す5つの重点事項を実施するために設定したものであり、各々の団地には計画的な伐採、路網整備を記し、原木の安定供給体制に資する5年間の計画を盛り込んだ「木材生産モデル団地整備・運営計画書」に基づき運営されている。

- ① 施業の計画化・集団化による適正規模の作業ロットの確保
- ② 高性能林業機械の導入及び列状間伐の採用など、作業の効率化と労働の安全性向上を目指した施業の推進
- ③ 林業事業体の業務提携等による効率的な事業推進
- ④ 素材の直送体制を通じた原木流通の合理化
- ⑤ 林地保全に配慮した林内路網、作業ポイントの整備

また、具体的な調査は、事業実施主体（素材生産業者）に対し、以下の6項目について報告を求め、これらを取りまとめて分析した。

- ① 素材生産を行う林分の状況および立地環境
- ② 伐採区域面積、伐採方法及び伐採
- ③ 作業工程別の必要作業人数及び日数
- ④ 使用機械の機種、稼働状況等
- ⑤ 素材の径級別販売量、販売額、販売先及び運搬距離
- ⑥ 生産工程別の事業費

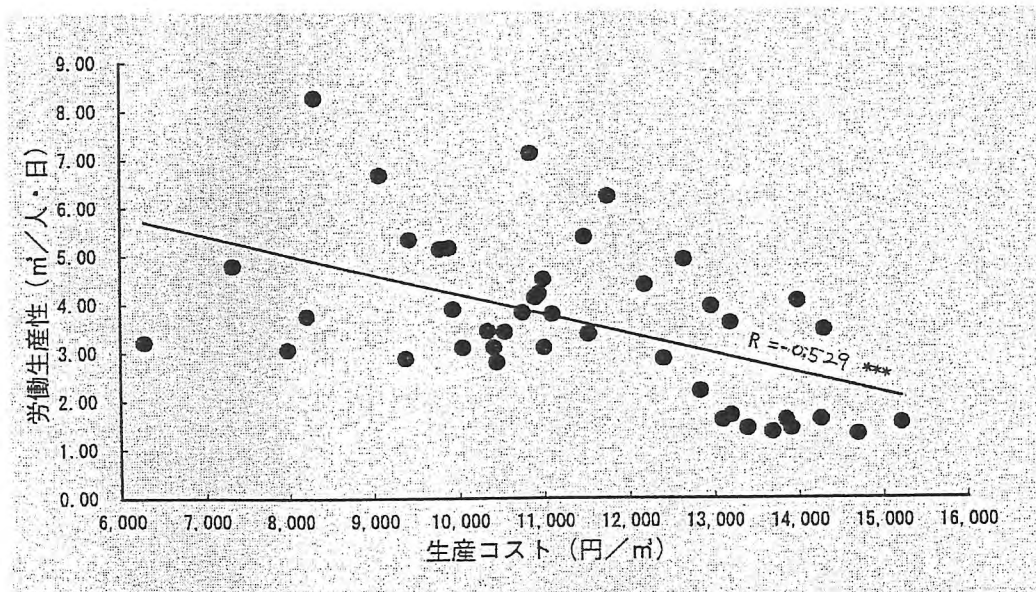
### 3 結 果

#### (1) 結果の取りまとめ方法

調査結果を取りまとめる上で、分析対象とするデータは、極端な荒天により作業日数が超過した事例などを省き、43の間伐実施箇所の調査結果をもとに分析をすることとした。

また、低コストの指標としては、素材生産1m<sup>3</sup>当たりの事業費が示されることが一般的だが、本調査結果では素材生産を行う実施主体により人件費単価、使用機械の使用料等が様々であることを考慮し、労働生産性(m<sup>3</sup>/人・日)の優劣により比較検討することとした。これは、図-1に示すとおり、労働生産性と素材生産1m<sup>3</sup>当たりの事業費の間には、極めて高い相関が認められることを支持したものである。即ち、労働生産性が高いことは、素材生産コストが低いことを意味している。

図-1 43の間伐実施箇所における素材生産1m<sup>3</sup>当たりのコストと労働生産性の関係



さらに、素材生産コスト(生産事業費)の算出については、選木・伐倒から集材、販売先への運搬まで、全ての工程に要する経費を含むほか、伐木・造材および販売に関する手数料等の諸経費も含んでいる。つまり、間伐施業を委託した森林所有者が事業体へ支払うべき金額がベースとなっている。

労働生産性についても素材生産コストと同様、選木から素材の運搬までに携わった合計作業員数を対象とし、素材生産量を作業に要した延べ人数で割ったm<sup>3</sup>/人・日を単位として示している。

#### (2) 結果の概要

43の事業箇所から得られたデータを労働生産性の高い順に、上位、中位、下位の3つのグループに分類し、表-1に示す7項目の平均値および割合から比較検討した。

労働生産性の優劣による3つのグループは、上位グループが4m<sup>3</sup>/人・日以上

箇所、中位グループが  $3 \text{ m}^3/\text{人}\cdot\text{日}$  の15箇所、下位グループが  $3 \text{ m}^3/\text{人}\cdot\text{日}$  未満の13箇所に分類された。

表-1 労働生産性のグループ化による調査結果

調査項目	労働生産性 ( $\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{日}$ ) によるグループ化		
	上位15箇所	中位15箇所	下位13箇所
	5.14 (4.05~8.27)	3.55 (3.07~3.94)	1.73 (1.31~2.89)
①実施面積 (ha)	4.51 (1.43~12.12)	4.78 (1.65~10.00)	2.82 (1.03~8.98)
②列状間伐実施箇所割合 (%)	60 (列状: 9箇所, 定性: 6箇所)	47 (列状: 7箇所, 定性: 8箇所)	46 (列状: 6箇所, 定性: 7箇所)
③実施面積 1 ha 当たりの素材生産量 ( $\text{m}^3/\text{ha}$ )	58.88 (27.03~129.99)	63.79 (26.65~94.19)	38.95 (27.28~70.03)
④間伐率 (%)	25.13 (15~48)	22.23 (14~30)	20.38 (12~30)
⑤平均斜面傾斜 (度)	16.1 (5~30)	12.6 (5~25)	15.5 (8~25)
⑥実施面積 1 ha 当たりの路網延長 (m/ha)	173.0 (110~491)	172.6 (104~255)	86.8 (40~355)
⑦作業道からの平均集材距離 (m)	25.3 (14~40)	25.4 (17~42)	50.4 (12~75)

※列状間伐実施箇所割合欄を除く ( ) 内数値は、最小値~最大値を示す。

比較検討の結果、各項目毎に次のことが明らかとなった。

①実施面積

間伐実施面積を 4 ha 以上にすることが労働生産性の向上につながる

②列状間伐実施箇所割合

労働生産性の向上には列状間伐が有効

③実施面積 1 ha 当たりの素材生産量 (図-2)

1 ha 当たり  $50 \sim 60 \text{ m}^3$  以上の素材生産量を確保することが肝要

④間伐率

$50 \sim 60 \text{ m}^3/\text{ha}$  以上の素材生産量を目標とした伐採率の設定が必要

⑤平均斜面傾斜度

間伐区域の平均斜面傾斜度の緩急は、労働生産性に大きく影響しない

⑥実施面積 1 ha 当たりの路網延長及び⑦作業道からの平均集材距離 (図-3)

作業道からの平均集材距離を短縮することが、労働生産性向上に大きく寄与

(平均集材距離 40 m 以内とするために、1 ha 当たり路網延長 100 m 以上を確保する)

図-2 43の間伐実施箇所における1ha当たりの素材生産量と労働生産性の関係

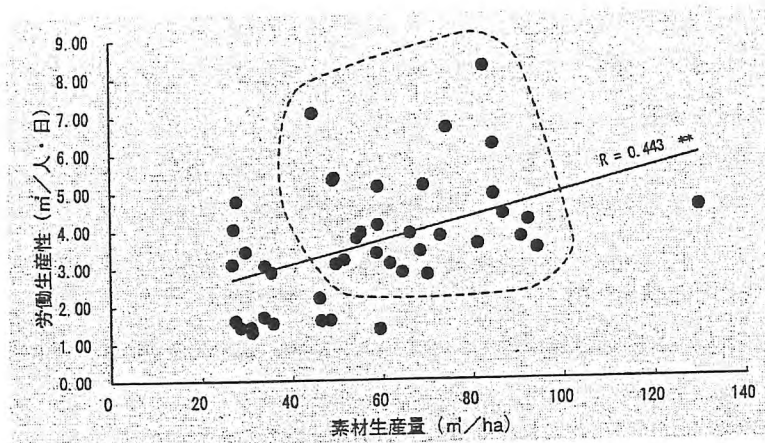
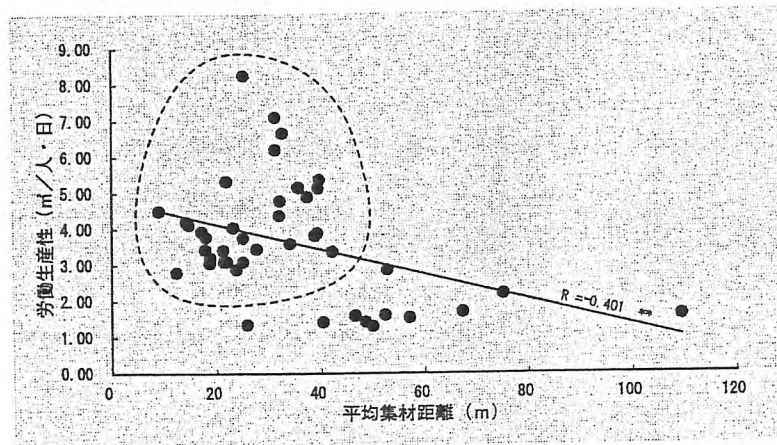


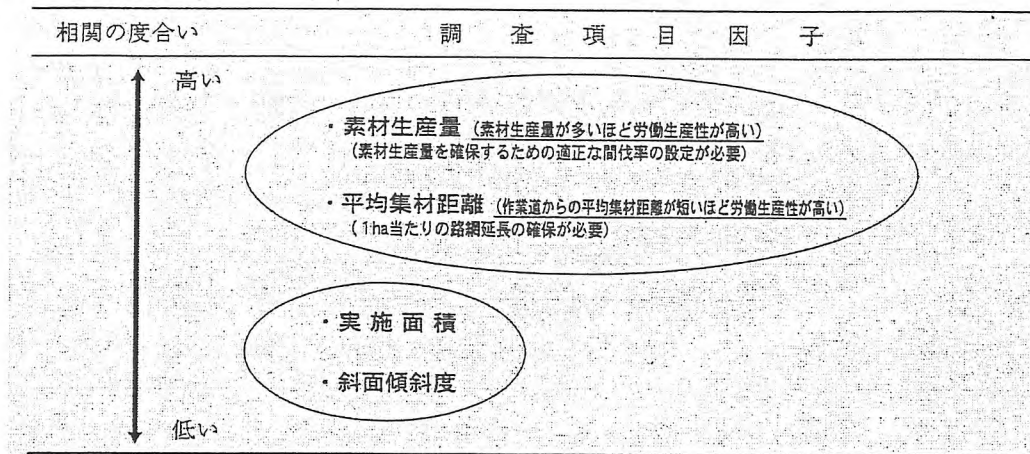
図-3 43の間伐実施箇所における作業道からの平均集材距離と労働生産性の関係



上記①～⑥の各調査項目と労働生産性の関係を、統計的手法を用いて分析し、その度合いについて検討したところ、表-2の結果が得られた。

このことから、効率的な間伐作業を行うためには、1ha当たりの素材生産量の確保、作業道からの平均集材距離の短縮に努めた路網整備が不可欠といえる。

表-2 労働生産性と各調査項目との相関関係度合い



### (3) 低コスト（高い労働安全性）の間伐に有効な作業システムの検討

前項では、主に作業条件と間伐の低コスト化の関係を検討したが、本項では間伐の低コスト化（労働生産性の向上）の重要な要因である、作業システムとの関係について検討する。

①作業システム毎の労働生産性を明らかにするため、便宜的に表-3に示す5つに分類して比較した。また、各作業システムの労働生産性の平均値を表-4に示した。

その結果、I型の作業システムが最も高い労働生産性を示し、以下II型、III型、V型、IV型の順となった。特に、I型とII型の労働生産性が際だって高い値を示していることから、集材工程でのバックホー系機械の使用と、造材工程でのプロセッサ使用を基本とした作業システムの採用が、労働生産性の向上に大きく寄与することを示唆するものといえる。

表-3 作業システムの分類と作業工程での使用機械

作業システム	伐木工程	集材工程	造材工程	小運搬工程
I型	チェーンソー	バックホー系	プロセッサ	なし
II型	チェーンソー	バックホー系	プロセッサ	フォワーダ
III型	チェーンソー	タワーヤード	プロセッサ	なし
IV型	チェーンソー	車両系	プロセッサ	フォワーダ
V型	造材工程で高性能林業機械を使用しないその他の作業システム			

- ※1) 集材工程におけるバックホー系とは、ウインチ付きバックホーのこと。  
 ※2) 車両系とは、フォワーダおよび林内作業車等のこと。  
 ※3) 小運搬工程とは、造材された丸太を運搬用トラックまで運ぶ工程。

表-4 作業システム別の労働生産性平均値

作業システム	実施箇所数	労働生産性(m <sup>3</sup> /人・日)
I型	15	4.37
II型	12	3.89
III型	5	2.26
IV型	4	1.73
V型	7	2.06

②集材工程，造材工程における機械選択

労働生産性の向上には，採用する作業システムが大きく寄与していることから，集材工程及び造材工程で採用した機械を，3の(2)で扱った労働生産性の上位，中位，下位のグループに分けて検討した。(表-5，表-6)

その結果，労働生産性の上位・中位グループのほとんどの箇所において，集材工程ではバックホー系機械を使用しているとともに，造材工程ではプロセッサを使用していることが明らかになった。特に，集材工程における機械選択が生産性に大きな影響があることが分かった。

これら結果は，プロセッサやハーベスタを使用した機械造材を前提とした全木伐倒と，バックホー系機械による全木集材を条件とした作業システムの労働生産性に対する優位性を示しており，これらの作業条件を満たす伐採方法として列状伐採が有効であることを示すものといえる。

表-5 集材・造材工程の機械選択

	集材工程			造材工程	
	バックホー系	タワーヤード	車両系	プロセッサ	チェーンソー
上位15箇所	15	—	—	14	1
中位15箇所	12	1	2	14	1
下位13箇所	3	8	2	8	5

表-6 集材工程生産性と使用機械

使用機械	使用箇所数	集材工程生産性(m <sup>3</sup> /人・日)
バックホー系	30	21.82
タワーヤード	9	5.54
車両系	4	9.43

③伐採方法と，伐木工程・集材工程における作業方法が労働生産性へ及ぼす影響

①で，全木伐倒・全木集材を前提とする作業システムI・II型が労働生産性の向上に寄与することを述べたが，この作業システムは列状伐採でより有効な方法であると考えられる。ここでは，間伐方法と，伐木工程・集材工程における作業方法により，その生産性にどのような差が見られたかを検討した。(表-7)

その結果，列状伐採による全木伐倒，全木集材が労働生産性向上に大きく寄与していることが明らかになったので，このことから，低コスト間伐には列状伐採の採用が不可欠であることが分かった。

表-7 伐採方法と，伐木工程・集材工程における作業方法が労働生産性に及ぼす影響

(単位：m<sup>3</sup>/人・日)

	伐木工程		集材工程	
	全木処理 (36)	短幹処理 (7)	全木集材 (36)	短幹集材 (7)
列状間伐 (22)	11.54 (20)	2.58 (2)	11.84 (20)	4.25 (2)
定性間伐 (21)	7.79 (16)	4.65 (5)	7.00 (16)	8.81 (5)

※ ( ) 内数値は実施箇所数

#### (4) まとめ

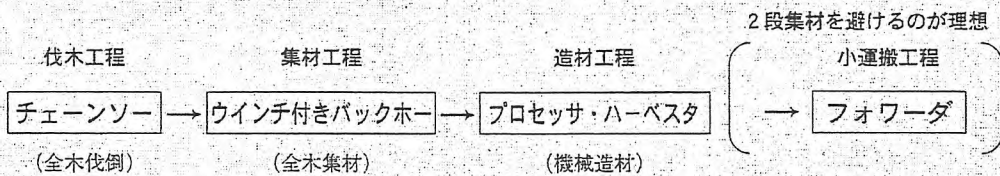
これまで検証してきた低コスト（高い労働生産性）の間伐に資する知見を整理すると、以下のとおりとなる。

#### 【本事業で明らかになったこと】

##### ◆低コスト（高い労働生産性）の間伐が期待できる作業条件

- ① 素材生産量：1 haあたり50～60m<sup>3</sup>以上が必要
- ② 間伐率：間伐実施区域の林分状況に応じて、50～60m<sup>3</sup>/haの素材生産を目標とした伐採率の設定が必要
- ③ 間伐方法：列状伐採の実施
- ④ 路網設計：作業道からの平均集材距離がおおむね40m以内となるような路網設計が必要  
(平均集材距離40m以内≒1 ha当たりの路網延長100m以上)
- ⑤ 実施区域面積：おおむね4 ha以上の確保

##### ◆労働生産性向上に寄与する作業システム



##### ◆労働生産性向上に大きく影響を及ぼす要因と作業工程

- 大きく影響する要因：1 ha当たりの素材生産量確保、作業道からの平均集材距離の短縮
- 大きく影響する作業工程：伐木工程、集材工程

これらの知見は、本事業が宮城県のほぼ全地域において、合計43箇所の間伐実証を行った結果に基づいており、宮城県内の民有林で行う間伐にほぼ適用できると考えられるとともに、多数の事例をランダムにサンプリングしたことにより保証された事実といえる。

## 4 考 察

### (1) 作業ロットについて

本実証事業の結果から、低コスト（高い労働生産性）の間伐が期待できる作業条件を満たす近道として、間伐作業の集団化による一定の作業ロットの確保が絶対条件といえる。

大多数を占める小規模の森林所有者にとって、間伐面積をおおむね4 h a以上確保することは困難であるが、今後、間伐予定箇所に隣接する複数の森林所有者が共同で施業を行い、実施面積の拡大、路網整備の充実等を図り、収益性の高い間伐を実施することが求められる。

### (2) 更なる収益性向上に向けた取り組み

#### ① 2伐4残の列状間伐実施

これまで列状間伐が低コストの素材生産に寄与することが言われてきたにもかかわらず、普及しにくかった要因として、残存列が手つかずとなり十分な間伐効果が得られないとする森林所有者の抵抗感があったものと考えられる。

つまり、列状間伐では事業費の低減は図られるが、残存列における保育効果が得られにくく、後の収入間伐における立木の価値が下がるとの懸念が持たれていたのである。

表-8に示すとおり、列状間伐は作業効率、集材時の残存木への損傷度合い、生産性とコストの面では定性間伐に比べて優位といえるものの、保育効果の部分ではやや劣る性質がある。

そこで、低コストかつ十分な保育効果を得られる間伐方法として、図-4に示す仕組みが考えられる。

高い労働生産性を得るために必要な1 h aあたり50 m<sup>3</sup>以上の素材生産を確保するため、比較的間伐率の高い2伐4残の列状伐採を行うとともに、作業システムは3で述べたI型を採用する。また、これまで列状伐採では手つかずであった残存列については、14cm未満の小径木を生産し保育効果を高めるための施業を行う。

これにより、これまで列状間伐が普及しにくい要因であった残存列の保育効果の低さが解消されることとなる。また、残存列からの小径木生産による事業費の増加分を、その販売額で補うことができれば、更なる収益性の向上と持続可能な森林経営に配慮したシステムとして期待できる。

この方法は、現段階では試算に基づく提案にすぎないが、今後、流域林業活性化センターなどと連携し、2伐4残による列状間伐の有効性の実証を進め、良質素材の安定供給と将来にわたり良質な素材供給源を確保するための新しい素材生産スタイルの確立を目指したいと考えている。



表-8 列状間伐と定性間伐におけるその効果, 優位性の比較

項目		列状間伐	定性間伐	優位性
作業効率	選木	容易	経験と技術を要する	列状>定性
	伐採	かかり木が少ない	かかり木を生じやすい	列状>定性
	集材	伐採列が集材路となり効率的	残存木が支障となり効率が悪い	列状>定性
保育効果	不良木の除去	残存列には不良木が残る	不良木は除去され残存木の生育を助ける	列状<定性
	生育空間の調節作用	不均一になる	均等な調節が可能	列状<定性
集材時の残存木への損傷度合い		損傷が少ない	損傷を受けやすい	列状>定性
生産性とコスト		生産性が向上し低コスト化が可能	選木, 伐採, 集材に手間がかかり生産性が悪くコスト高	列状>定性

図-4 残存列の小径木を有効利用する2伐4残の列状間伐モデル

