

機械化森林施業研究会 成果報告書

平成 2 1 年 3 月

関東・中部林業試験研究機関連絡協議会

機械化森林施業研究会

目 次

「機械化森林施業研究会」活動報告（森林総合研究所）	1
伐出作業の実態に関するアンケート調査の集計・分析（森林総合研究所）	8
低コスト間伐材生産システム事業（県単独）－栃木県環境森林部－（栃木県）	21
新潟県の間伐材搬出事例結果（新潟県）	22
ザウルスロボの作業効率を推定してみました（山梨県）	24
長期育成循環施業等に対応した高性能林業機械化作業システムの開発 －列状間伐での伐出作業の実態調査（伐区調査）－（長野県）	27
地利条件不良地での伐出作業システムの検討（岐阜県）	40
高性能林業機械による急傾斜地における木寄せ・造材作業の労働生産性 および習熟度調査（静岡県）	56
スイングヤーダ集材における機械の作業能率分析（愛知県）	60

「機械化森林施業研究会」活動報告

森林総合研究所 陣川雅樹

1. 研究会計画

1.1 目的

森林の公益的機能の高度発揮に対する国民の要望が高まる中、森林の多面的機能を持続的に発揮できる森林の育成が望まれている。また、高性能林業機械の導入は全国的に進められ大きな成果を上げているが、高性能林業機械に適した森林施業法はまだ模索の段階である。林業を活性化し持続可能な林業経営を行うためには、森林の造成から収穫までの森林施業全体のコスト低減を図ることが重要であり、伐採搬出後の育林や森林管理を含めた一連の機械化森林施業システムの確立が課題となっている。

本研究会は間伐作業を中心に高性能林業機械を活用し、育林、森林保全も考慮した作業システムについて参加都県が共同して多くの事例を集め、いろいろな立場条件毎で最適な間伐手法について調査、研究、情報交換を行うことを目的とする。

1.2 設置期間

平成 17 年度～平成 19 年度（3 年間）

1.3 参加機関

新潟県、長野県、岐阜県、静岡県、愛知県、栃木県、山梨県、森林総合研究所

2. 研究会開催

2.1 平成 17 年度第 1 回機械化森林施業研究会

- (1) 場 所：森林総合研究所第 2 会議室
- (2) 日 時：平成 17 年 6 月 29 日～30 日
- (3) 開催機関：研究会会長 森林総合研究所・今富 裕樹
事務局 森林総合研究所・陣川 雅樹
幹 事 岐阜県森林科学研究所・古川 邦明
- (4) 参 加 者：

古川 邦明	岐阜県森林科学研究所森林環境部
田村 稔	栃木県林業センター研究部
日水 和久	新潟県森林研究所森林・林業技術課
斉藤 寛	山梨県森林総合研究所資源利用研究部機械化技術科
近藤 道治	長野県林業総合センター育林部
佐々木重樹	静岡県林業技術センター
鈴木 祥仁	愛知県森林・林業技術センター
今富 裕樹	森林総合研究所企画調整部
陣川 雅樹	森林総合研究所林業機械研究領域
吉田智佳史	森林総合研究所森林作業研究領域

岡 勝	森林総合研究所森林作業研究領域
田中 良明	森林総合研究所林業機械研究領域
山口 浩和	森林総合研究所林業機械研究領域
近藤 耕次	森林総合研究所森林作業研究領域

(5) 活動内容：

平成 17 年 6 月 29 日～30 日に森林総研において第 1 回研究会を開催した。会長挨拶の後、研究会の目的、研究課題、研究会の運営・体制等について議論を行った。その結果、列状間伐を含む間伐作業に関する事例集を作成することを目的とし、各都県が同じ調査フォーマットにより調査を行うこととなった。事務局体制に関しては森林総研に固定して継続性を確保するとともに、研究会の開催を 1 回に限定するのではなく、現地検討会も含め、年 2 回程度集まることが確認された。また、情報・話題提供として、長野県、愛知県、岐阜県、静岡県、新潟県、森林総研からそれぞれ研究への取り組み状況等についてプレゼンテーションがあり、意見交換や研究会の目的に資する内容について討議を行った。また、森林総研の施設見学および研究・機械開発に関する取り組みについて説明がなされ、機械化に関する先端研究について情報交換を行った。また、今年度中に現地検討会として岐阜県東白川村において第 2 回研究会を開催予定である。また、次年度の開催は、群馬県沼田市にある林業機械化センターの施設見学も含めた研究会を開催する方向で調整することとなった。

(6) 情報・話題提供等：

- ①長野県 「森林資源調査データ解析事業の結果について」
- ②愛知県 「県内の間伐事例紹介」
- ③岐阜県 「間伐推進支援の各種取り組みについて」
- ④静岡県 「富士森林再生プロジェクトについて」
- ⑤森林総研 「林業機械化推進研修・研究協議会の設立について」
「プロジェクトの動き」

2.2 平成 17 年度第 2 回機械化森林施業研究会現地検討会

- (1) 場 所：岐阜県東白川村
- (2) 日 時：平成 17 年 11 月 11 日～12 日
- (3) 参 加 者：5 名
- (4) 活動内容：

平成 17 年 11 月 11 日に岐阜県加茂郡東白川村において、FSC 森林認証の森の視察、村有林内の高密路網作業路開設現場、林内作業車による間伐材搬出作業、及び東濃ヒノキ生産現場の見学及び現地検討を行った。また、翌 12 日には森林生産システム研究会主催のシンポジウム「間伐戦略の多様性」に参加し、間伐作業の生産性や作業システムに関する討論を行った。



高密路網作業路での間伐材搬出作業



森林生産システム研究会主催のシンポジウム

2.3 平成 18 年度第 1 回機械化森林施業研究会

(1) 場 所：都道府県会館・405 号会議室

(2) 日 時：平成 18 年 9 月 1 日

(3) 開催機関：研究会会長 森林総合研究所・今富 裕樹
 事務局 森林総合研究所・陣川 雅樹
 幹 事 岐阜県森林研究所・古川 邦明

(4) 参 加 者 :

今 富 裕 樹	森林総合研究所林業工学研究領域長
古 川 邦 明	岐阜県森林研究所森林環境部
陣 川 雅 樹	森林総合研究所林業工学研究領域
吉 田 智 佳 史	森林総合研究所林業工学研究領域
日 水 和 久	新潟県森林研究所森林・林業技術課
矢 野 幸 一	栃木県林業センター研究部
斉 藤 寛	山梨県森林総合研究所
小 澤 雅 之	山梨県森林総合研究所
宮 崎 隆 幸	長野県林業総合センター指導部
近 藤 道 治	長野県林業総合センター育林部
今 井 信	長野県林業総合センター指導部
佐々木重樹	静岡県林業技術センター
鈴 木 祥 仁	愛知県森林・林業技術センター

(5) 活動内容 :

平成 18 年 9 月 1 日に都道府県会館において平成 18 年度第 1 回研究会を開催した。会長挨拶の後、会員の研究活動報告、研究会としての全体の取りまとめ方針、運営・体制等について議論を行った。研究活動報告では、愛知県、長野県、岐阜県、山梨県、新潟県、森林総研から、それぞれの調査研究への取り組み状況等についてプレゼンテーションがあり、意見交換や研究会の目的に資する内容について討議を行った。また、全体の取りまとめについては、作業道作設から間伐作業に至る事例を中心とした冊子を作成することを確認するとともに、内容の統一性を確保するための調査項目、冊子全体の目的について検討した。その結果、メーリングリストにより議論を継続するとともに、年度内に再度研究会を開催し、結論を出すこととした。第 2 回研究会は、昨年度実施できなかった現地検討会も兼ねて開催することとし、静岡県天竜市において、間伐機械システムの視察調査を含めて調整を進めることとした。また、今年度中に現地検討会として静岡県天竜市において第 2 回研究会を開催予定である。また、次年度の開催は最終年度となることから、第 2 回研究会での検討を踏まえ、年度当初の打合せ会議と年度末の取りまとめ会議の 2 回開催することで調整することとなった。

(6) 情報・話題提供等 :

- ① 愛知県 「スイングヤーダ集材による列状間伐の作業分析」
- ② 長野県 「ジグザグ滑車を使ったタワーヤーダハイリッド集材」
- ③ 岐阜県 「新生産システムでの低コスト搬出技術導入現場」
- ④ 山梨県 「ザウルスロボの作業性について」
- ⑤ 新潟県 「新潟県の間伐事例調査について」
- ⑥ 森林総研 「GIS を利用したシステム生産性の推定」

2.4 平成 18 年度第 2 回機械化森林施業研究会現地検討会

現地検討会を静岡県天竜市で設定し、共同調査を行うこととしていたが、諸般の事情により中止とした。

2.5 平成 19 年度第 1 回機械化森林施業研究会

- (1) 場 所：森林総合研究所第 2 会議室
- (2) 日 時：平成 19 年 8 月 2 日～3 日
- (3) 開催機関：研究会会長 森林総合研究所 ・今富 裕樹
事務局長 森林総合研究所 ・陣川 雅樹
幹 事 岐阜県森林研究所・古川 邦明
- (4) 参 加 者：

今富 裕樹	森林総合研究所林業工学研究領域長（会長）
陣川 雅樹	森林総合研究所林業工学研究領域
吉田智佳史	森林総合研究所収穫システム研究室
近藤 耕次	森林総合研究所収穫システム研究室
日水 和久	新潟県森林研究所森林・林業技術課
菅沼 好一	栃木県林業センター研究部
斉藤 寛	山梨県森林総合研究所
小澤 雅之	山梨県森林総合研究所
宮崎 隆幸	長野県林業総合センター指導部
今井 信	長野県林業総合センター指導部
渡井 純	静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター
齋藤 哲生	愛知県森林・林業技術センター技術開発部
古川 邦明	岐阜県森林科学研究所森林環境部

- (5) 活動内容：
- ・報告書の作成要領の検討を行い、様式を定めた。
 - ・共通調査票による事業体の伐区調査と各県の特徴的な事例報告を年内に取りまとめ報告書として取りまとめる。
 - ・会員の調査事例について報告とその検討。
 - ・次期研究会について検討し「低コスト作業研究会（仮称）」として、提案することとした。
 - ・現地検討会を 10 月頃予定。ロングブームグラップル又はハーベスタによる伐出現地を共同で調査する予定。

2.6 平成 19 年度第 2 回機械化森林施業研究会現地検討会

- (1) 場 所：岐阜県関市
- (2) 日 時：平成 19 年 12 月 10 日～13 日
- (3) 参 加 者：4 名
- (4) 活動内容：

平成 19 年 12 月 10 日～13 日に岐阜県関市において、(株)カネキ木材店によるスイングヤーダ・プロセッサ・フォワーダを組み合わせた間伐材搬出作業及び大型チップパーによる林地残材搬出・粉碎作業の現地調査及び現地検討を行った。



スイングヤーダ・プロセッサ・フォワーダによる搬出作業



大型チップパーによる林地残材粉碎作業

3. 全期間の成果

- ・ 共通の調査票を作成したことで、データの共有化ができるようになった。
- ・ 会員の調査事例をお互いに検討することで、調査法の確認と技術向上が図れた。
- ・ 新しい機械作業システムに対して現地データを共有することができ、各県の機械作業システム構築の参考とすることができた。

4. 残された問題点：

- ・ 林分単位での作業システムの検討は行えたが、流域単位や事業体が年間でシステム展開していくためのデータが不足している。特に路網開設・管理と機械作業システ

ムとの関係を明らかにしていく必要がある。

- ・効率化、低コスト化の視点からだけでなく、育林的な視点も含めた作業システムの検討が必要である。

5. その他：

- ・育林関係の研究会との作業方法（特に間伐）について、共同調査や現地検討会等の意見交換が必要である。

伐出作業の実態に関するアンケート調査の集計・分析

吉田智佳史（森林総合研究所）

機械化森林施業研究会では、作業条件に適した効率的な伐出作業方法の解明や伐出作業に関する新たな機械や道具の開発・改良、さらには、伐出作業における作業員の安全性向上など、伐出作業の高度化に資するための基礎データを得ることを目的にアンケート調査「伐出作業の実態に関するアンケート調査」を実施した。アンケートの収集は、平成 17 年度から 19 年度に本研究会に所属した岐阜県森林研究所、新潟県森林研究所、栃木県林業センター、山梨県森林総合研究所、長野県林業総合センター、静岡県森林・林業研究センター、愛知県森林林業技術センター、独立行政法人森林総合研究所の 8 機関の会員が担当した。アンケートは、研究会所属各機関が各県の森林組合や素材生産事業体などの素材生産活動を行う団体に対して行いったものを集計し、データベースとして取りまとめを行った。

参考として、アンケート調査票の様式を本章末に付す。票のように、調査した項目は多岐にわたり、大きくは林分条件、作業システム、作業方法、作業結果の 4 つに区分される。林分条件では、林齢、伐区面積、地形傾斜、樹高、胸高直径など伐出対象となる林分の基礎的な諸条件を調査した。作業システムでは、伐出作業に使用した機械の機種や台数を伐木工程、集材行程、造材工程の様に各作業工程別に調査した。作業方法では、伐採方法、伐採率、集材距離、集材方向、横取距離、木寄距離など実際の伐出作業方法が詳細に把握できるよう調査した。作業結果では、作業量、作業日数、投入人工数など作業の生産性が把握できる項目を調査するとともに、当該伐区の伐出作業をするにあたり要した費用を機械費、人件費、燃料油脂費等の直接費と機材運搬費、人員輸送費、素材運搬費、諸経費などの間接費を項目別に把握するなど支出に関する経費を詳細に調査した。また、同時に、生産した材の売り払い収入、作業請負費、補助金など収入に関する調査も行うことにより当該作業の収益性も把握できるよう調査した。

以上のアンケートにより収集された調査データを研究会に所属する会員が他県の事例も参照できるようパソコン上で動作するデータベースファイルの形に集約し調査事例データの共有化を行った。なお、本データベースは、Microsoft Windows を OS に用いるパソコン上のソフトウェア Microsoft Excel で動作するように作成した。

以下に収集したデータの集計結果を記すとともに簡易な分析を行ったので報告する。

収集された調査事例は合計 309 件であった。収集された事例の作業システムは多彩であり、機種、台数、組み合わせなど様々であったが、伐出作業システムの作業のなかで比較的重要性の高い作業システムである集材工程および造材工程に用いられる機械により調査件数を大別するとそれぞれ表－1 および表－2 のとおりであった。

集材工程の機械は、大きくは架線系、車両系、複合系、木寄系の 4 つの集材系機械に区分し、それぞれの調査件数は、57 件（18%）、177 件（57%）、13 件（4%）、62 件（20%）であり、架線系が過半数を占めた。なお、複合系とは架線系機械と車両系機械を 1 つの作業システム内で用いる作業方法である。

伐木工程の機械は、チェーンソーを用いる場合とプロセッサを用いる場合の２種類に分けられる。それぞれの調査件数は、チェーンソーが 171 件（55%）であり、プロセッサが 138 件（45%）であり、若干チェーンソーの占める割合が高かった。

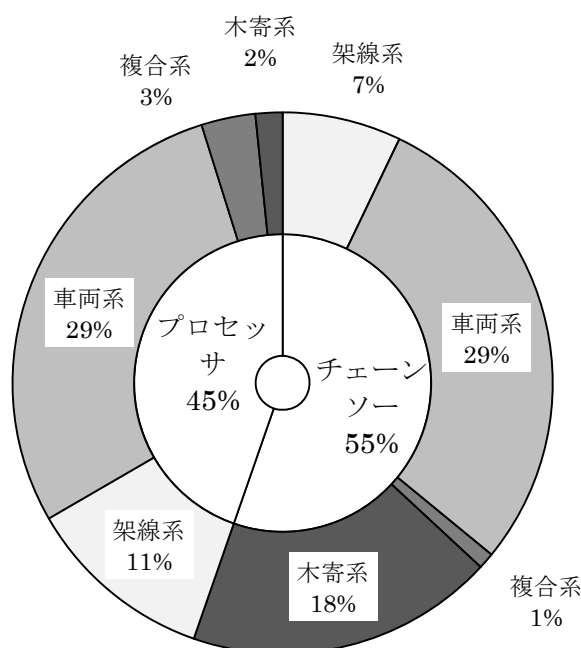
以上のように区分された集材系機械と造材機械の組み合わせによる各作業システムの事例割合は図－1 のとおりである。造材工程にチェーンソーまたはプロセッサを用いるどちらの場合においても、車両系の割合が最も大きくそれぞれ 29%であった。また、造材にチェーンソーを用いる場合の集材機械は、木寄系機械の割合が大きいのに対し、プロセッサを用いる場合は木寄系機械の割合は低く、架線系機械の割合が大きいなど、組み合わせの割合に若干の違いが見られた。

表－1 集材機械別の調査事例数

集材系	事例数	集材機械	事例数
架線系	57	スイング	19
		タワー	10
		ラジキャリ	6
		集材機	20
		他	2
車両系	177	スキッド	19
		トラクタ	45
		フォワーダ	50
		林内車	39
		トラクタ，フォワーダ	24
複合系	13	スイング＋フォワーダ	7
		タワー＋フォワーダ	6
木寄系	62	ウインチ	17
		グラップル	33
		クレーン	3
		バックホウ	6
		プロセッサ	3
合計			309

表－2 造材機械別の調査事例数

造材機械	事例数
チェーンソー	171
プロセッサ	138
合計	309

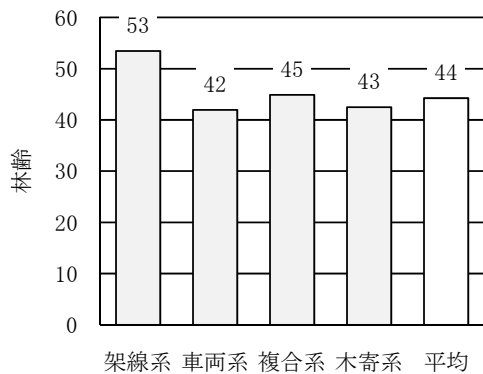


図－1 集材および造材機械別の調査事例割合

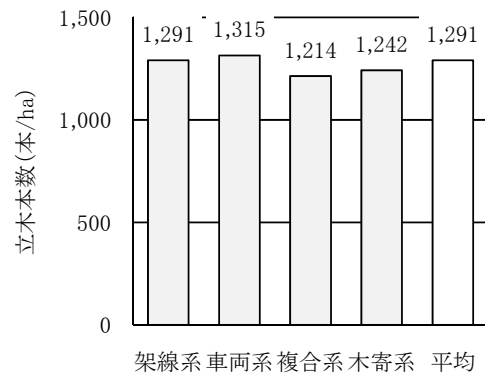
伐出作業を実施した林分の主な林分条件の平均値を集材機械（集材系）別に算出し比較を行った。

平均林齢は、全調査事例の平均が 44 年であるのに対し、架線系は 53 年と若干高齢であった（図－2）。これは、他の集材系機械作業に比べ架線系機械作業は、皆伐の占める割合が比較的高かったことから、皆伐の対象となる高齢の林分が多かったためと推察する。平均立木密度は、集材機械の違いによる差はみられず、およそ 1,200～1,300 本/ha であり、全調査事例の平均は 1,291 本/ha であった（図－3）。平均樹高は、全調査事例の平均が 19.4m であり、集材機械別による集計では、最小の車両系が 19.0m、最高の架線系が 20.4m と大きな差は見られなかった（図－4）。平均胸高直径は、全調査事例の平均が 22.1cm であり、集材機械別による集計では、最小の車両系が 21.6cm、最大の複合系が 23.9cm であり、大きな差は見られなかった（図－5）。なお、図－5、6 中の各棒グラフに付した線分は、誤差範囲を表す。

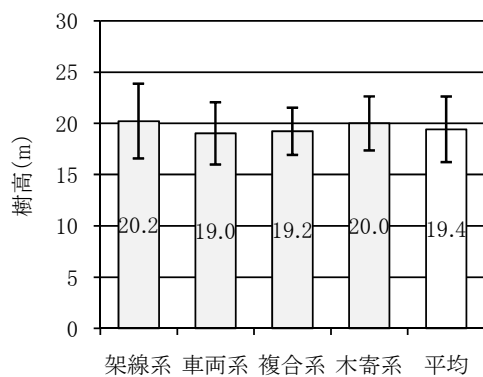
以上のように、伐区の林分条件を伐出作業に用いた集材機械別に比較した結果、林齢には若干の差が見られるものの、立木の本数や樹高、胸高直径などに大きな差は見られないことがわかった。つまり、伐出作業を行う林分条件が集材機械の選択に及ぼす影響はあまり高くなく、林分条件とは異なる要因により集材機械が選択され作業が実施されていたと考えられた。



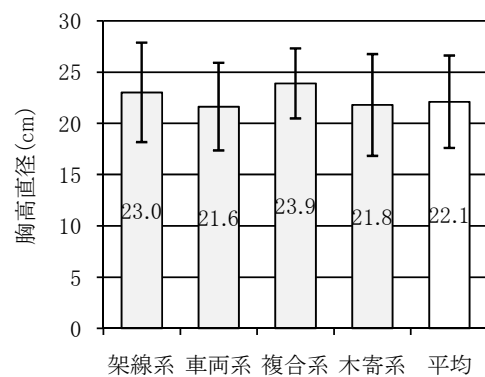
図－2 集材系別による伐区の平均林齢



図－3 集材系別による伐区の平均立木密度



図－4 集材系別による伐区の平均樹高と誤差範囲 (SD)



図－5 集材系別による伐区の平均胸高直径と誤差範囲 (SD)

伐出作業を実施した林分の主な施業条件の平均値を集材機械（集材系）別に算出し比較を行った。

伐区の平均傾斜は、架線系が最も急峻で 29 度、複合系が 27 度であるのに対し、車両系が 20 度、木寄系が 19 度と緩急の大きく 2 つに区分された（図－6）。架線系機械を 1 台以上用いる伐区は急峻な地形が比較的多く、逆に車両系機械のみで作業が行われる伐区は比較的緩やかな地形が多いといえる。なお、調査地全体の平均傾斜は 21 度であった。

1 伐区あたりの面積は、全調査事例の平均が 3.5ha であった（図－7）。集材機械別では、複合系が最も大きく 5.1ha であり、次いで架線系が 4.1ha、車両系が 3.9ha であり、木寄系が最も小さく 1.7ha であった。複合系の伐区は、架線系機械で集材路等へ集材された後に、さらに車両系機械で土場まで集材を行う作業方法であることから、比較的面積が広い伐区に適した作業システムであるといえる。逆に、グラップルやウインチなど木寄機械を用いる伐区は、集材距離が短いことから伐区面積も比較的狭い個所に適した作業システムであると推察される。

集材機械別による平均伐採率は、架線系が最も大きく 55% であり、次いで車両系 40%、木寄系 38%、複合系 32% の順であった。前述したように架線系は、皆伐作業が多いことから

ら平均伐採率も大きく、逆に複合系は間伐作業が中心であることが推察される。全調査事例の平均は 42%であった。

集材機械別による平均集材距離を図-9 に示す。架線系が最も集材距離が長く 187m であり、次いで車両系が 116m、複合系が 77m であり、木寄系が最も短く 55m であった。最大集材距離は機械性能に影響を受けるため、グラップルやクレーンなど最大集材距離が短い機種を用いた伐区では集材距離が短くなったといえる。逆に架線系では、タワーヤーダやスイングヤーダ等の高性能林業機械の集材距離は比較的短い、集材機等を用いた場合、その集材距離は数 km にも及ぶことがある。その結果、架線系が最も集材距離が長くなったと推察される。全調査地の平均集材距離は 116m であった。

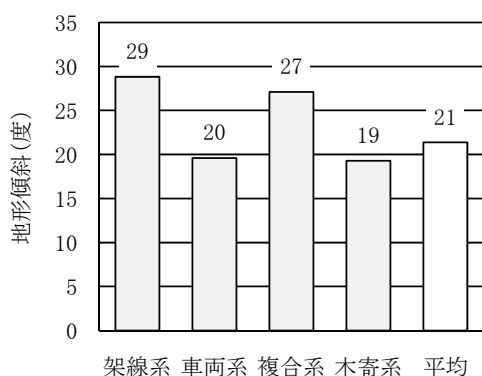


図-6 集材系別による伐区の平均傾斜

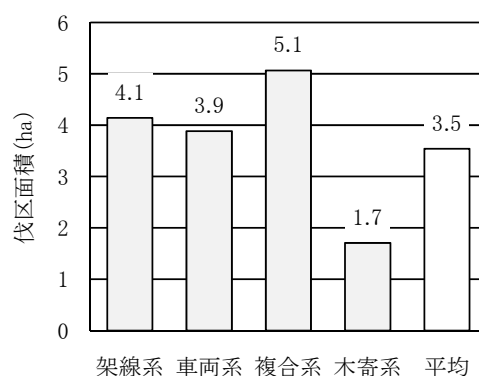


図-7 集材系別による伐区の平均面積

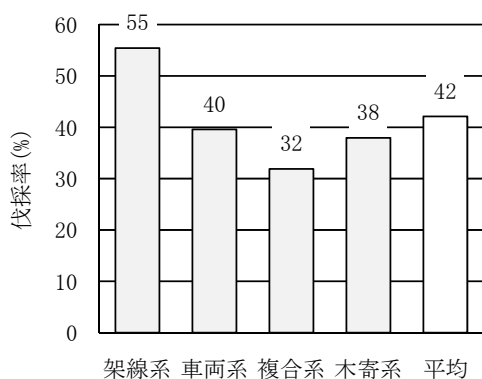


図-8 集材系別による平均伐採率

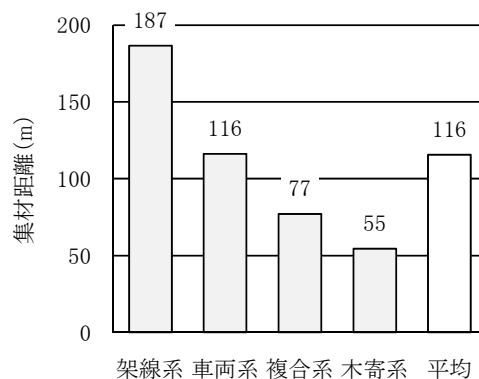


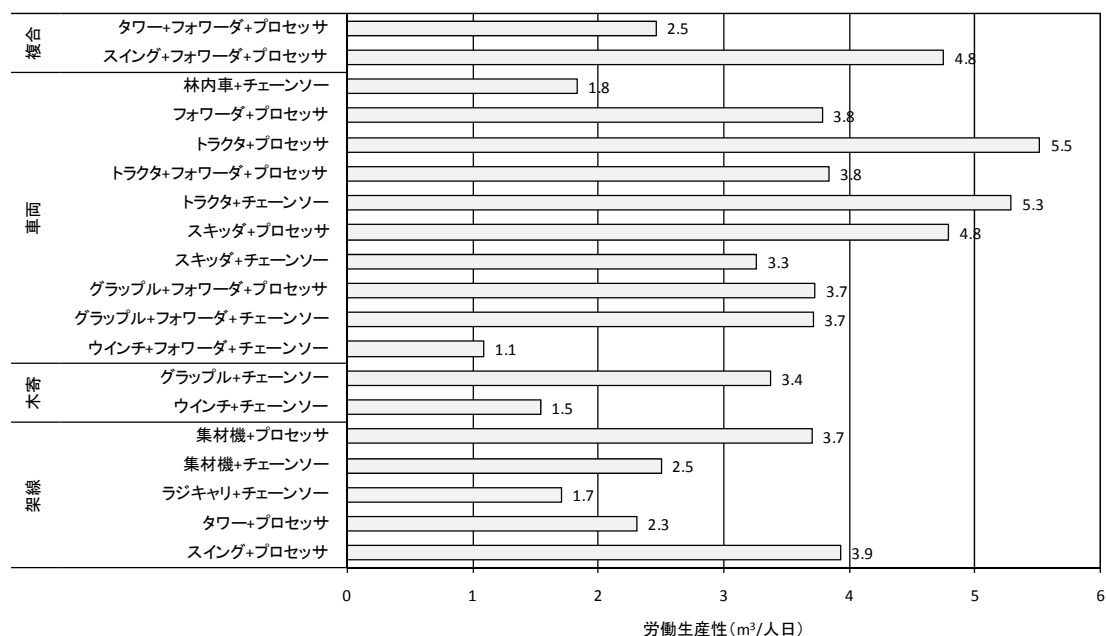
図-9 集材系別による平均集材距離

以上のように伐出作業に使用した集材機械と造材機械の組み合わせにより生産性や生産コストの比較を行った。比較に用いた作業システムは表－3のとおりである。前項と同様に集材工程と造材工程の機械の組み合わせにより大きく分類した結果、20 パターンの作業システムによる 275 事例を抽出して行った。なお、作業システムは、集材機械と造材機械の違いにより様々な作業システムの事例が収集されたが、事例数が少ないものは除いて分析した。

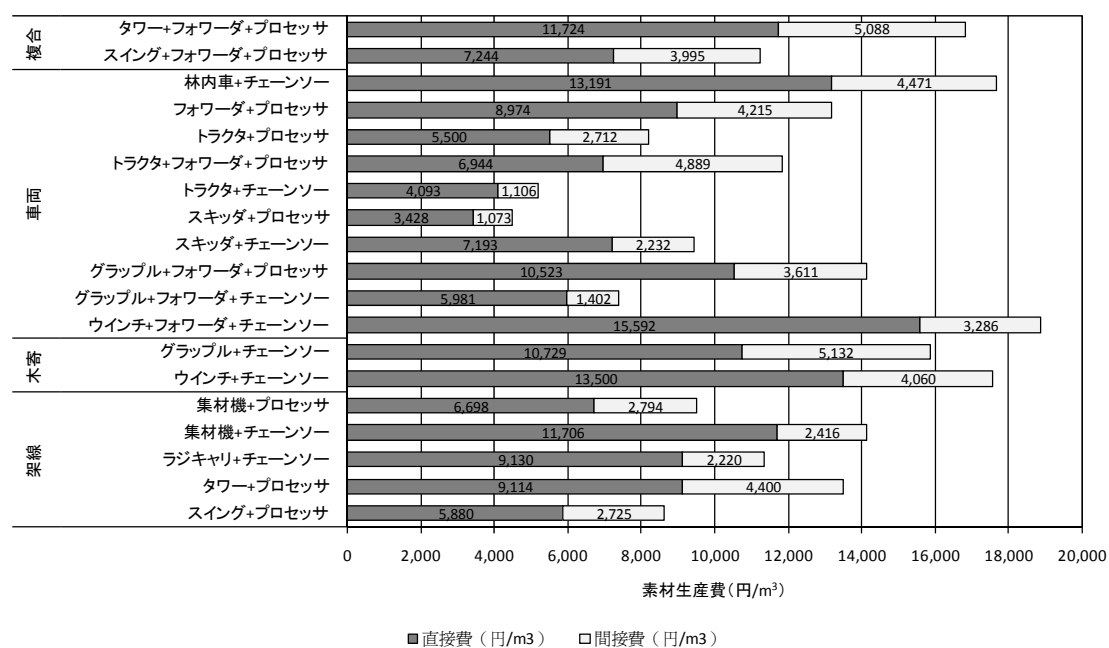
表－3 作業結果の比較に用いた主な作業システム

	作業システム	事例数
架線系	スイング+プロセッサ	15
	タワー+プロセッサ	7
	ラジキャリ+チェーンソー	5
	集材機+チェーンソー	10
	集材機+プロセッサ	10
車両系	ウインチ+フォワーダ+チェーンソー	9
	ウインチ+フォワーダ+プロセッサ	3
	グラップル+フォワーダ+チェーンソー	5
	グラップル+フォワーダ+プロセッサ	8
	スキッダ+チェーンソー	10
	スキッダ+プロセッサ	7
	トラクタ+チェーンソー	19
	トラクタ+フォワーダ+プロセッサ	24
	トラクタ+プロセッサ	26
	フォワーダ+プロセッサ	20
	林内車+チェーンソー	38
複合系	スイング+フォワーダ+プロセッサ	5
	タワー+フォワーダ+プロセッサ	5
木寄系	ウインチ+チェーンソー	17
	グラップル+チェーンソー	32
計		275

表－3 に示された作業システム区分による各システムの平均労働生産性（m³/人日）を図－10 に、直接費と間接費の計である素材生産費（円/m³）を図－11 に示す。図のように作業システムの違いにより生産性、生産費ともに大きく異なることが示された。



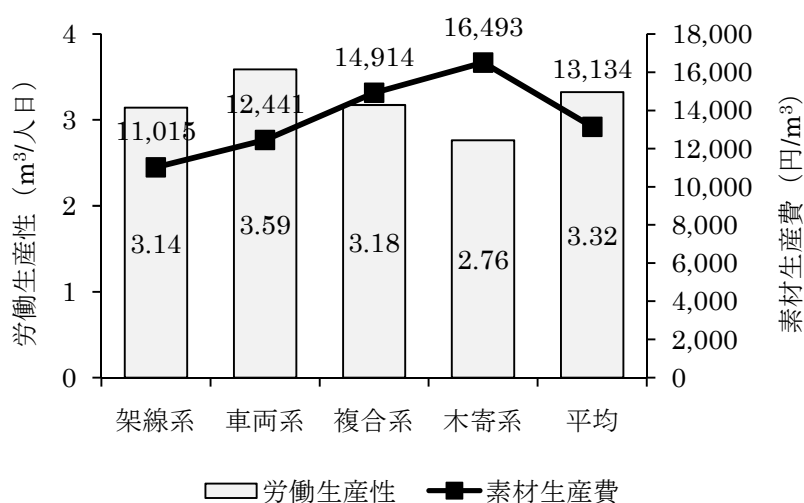
図－10 作業システム別の平均労働生産性



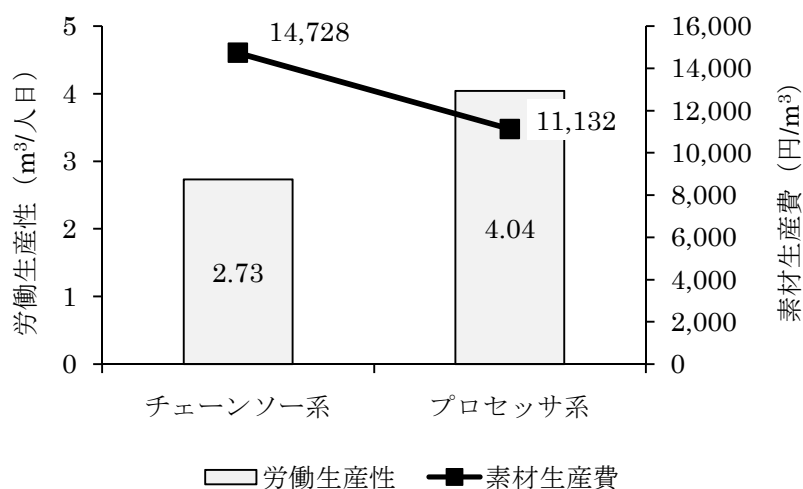
図－11 作業システム別の平均素材生産費

集材系機械別による平均労働生産性と平均素材生産費を図－12 に示す。労働生産性は車両系システムが最も高く $3.59\text{m}^3/\text{人日}$ であり、逆に木寄系システムが最も低く $2.76\text{m}^3/\text{人日}$ であった。これに対し、素材生産費は、木寄系システムが最も高く $16,493 \text{ 円}/\text{m}^3$ であり、架線系システムが最も低く $11,015 \text{ 円}/\text{m}^3$ であった。対象作業システム 275 事例による平均値は、労働生産性が $3.32\text{m}^3/\text{人日}$ 、素材生産費が $13,134 \text{ 円}/\text{m}^3$ であった。

造材機械別による平均労働生産性と平均素材生産費を図－13 に示す。労働生産性は、チェーンソーに比べプロセッサの方が高く $4.04 \text{ m}^3/\text{人日}$ であり、素材生産費はプロセッサの方が低く $11,132 \text{ 円}/\text{m}^3$ であった。集材工程の違いに関わらず造材工程にプロセッサを用いた方が生産性が高また生産費が低いなど、効率的な作業方法であることが示唆された。



図－12 集材系機械別による伐出システムの平均労働生産性と平均素材生産費



図－13 造材機械別による伐出システムの平均労働生産性と平均素材生産費

最後に、労働生産性および素材生産費に影響を及ぼすと考えられる伐区あたりの素材生産量と労働生産性との関係を図-14 および図-15 に示す。なお、各図中の1プロット点は、表-3 に示す各作業システムによる平均を表している。図のように素材生産量の増加に伴い生産費は減少し、また、生産性の増加に伴い生産費は減少する傾向が示さるなど、様々な作業条件や作業方法の違い、さらには機械選択の違いによらず、大きくは生産量が大きいほど生産性が高く、また、機械経費の大小に関わらず生産性が高いほど生産費は低くなる傾向が示された。従来から言われているように、事業量の確保と作業条件に適した高性能林業機械等の生産性の高い機械の導入が、素材生産費の減少および収益性の向上に繋がることが示唆された。

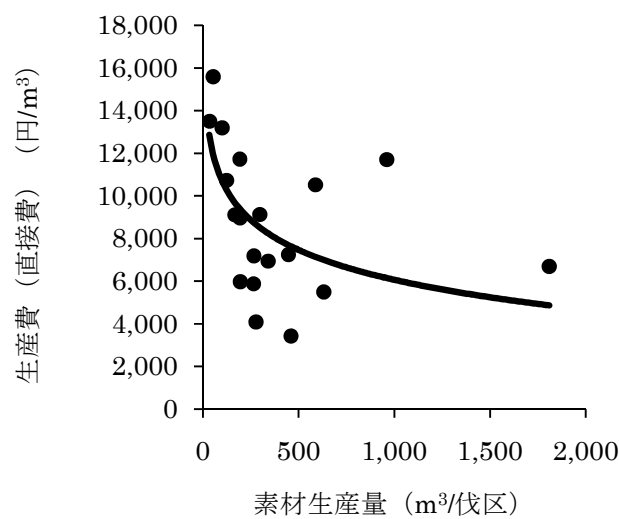


図-14 素材生産量と素材生産費（直接費）の関係

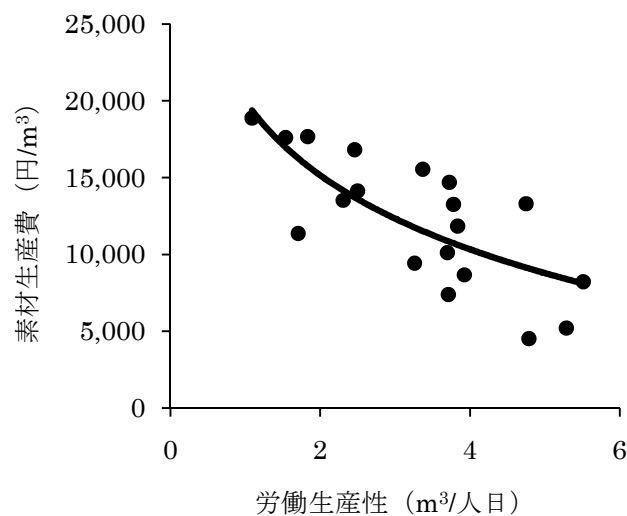


図-15 労働生産性と素材生産費の関係

伐出作業の実態に関するアンケート調査のお願い

本調査は、伐出作業における安全の確保やより効率的な機械の開発など、伐出作業の高効率化に必要な基礎データを得るため、林業機械を使った伐出作業の実態を、広域かつ継続的に調査するものです。

実施にあたっては、独立行政法人 森林総合研究所と関東中部地区の都県林業試験場関係者で組織する“機械化施業研究会”（事務局：独立行政法人 森林総合研究所内）の指揮により、都道府県担当職員により調査表の配布および回収を行うことになっております。

また、本調査により得られた情報は、所期の目的以外に使用されることはなく、また、個別事例に関する情報は一切公表されることはありません。

ついでにはご多忙のところ恐縮ではありますが、本調査実施の趣意をご理解いただき、該当事例についてご回答いただけるよう、ご協力をお願い申し上げます。

なお、取りまとめの都合上、年 月 日までにご回答いただけるようお願いします。

提出方法：

所属

職氏名

連絡先

本調査表に関する問合せ先（担当者）

本調査表の記入は、概ね作業方法が同じ作業地(伐採搬出区画)毎にお答え下さい。

1 回答者に関する情報

組織形態	会社	森林組合	各種団体・組合	個人	その他（ ）
事業分野 (複数可)	造林	林産	その他()	伐出作業経験年数	年

※ 今後都道府県職員等による経営指導を希望される場合には、右欄に事業体名等をご記入下さい

2 作業地(代)区域圖の取組

(1) 林分条件 (林況データは伐採前のもの)

所有区分	国有林	公有林	私有林	その他	
事業区分	作業請負	立木購入	その他		
林齢	年	面積	ha	平均材積	m ³ /ha
平均斜度	度	樹種 (複数可)		平均立木本数	本/ha
平均樹高	m			平均胸高直径	cm

3 伐出作業システムの概要

(1) 主な作業システム (3パターンまで)

記入例	番号 (およその割合)
チエーンソー伐倒 → ウィンチ水寄せ → ハーベスタ選材 → フォワーダ集材 → グラップルはい積 → トラック運材	1 (%)
	2 (%)
	3 (%)

(2) 全使用機械の種類及び台数 (確認資料)

使用機械
(複数可)

※ チェーンソー、ポータブルウィンチから高性能機械、トラックまで列記する

4 伐出作業システムの詳細

(1) 作業条件

伐木	伐木方法	全木	全幹	短幹	伐採率	(材種 本数)	%
	伐採方法	皆伐	点状伐採	列状伐採	残 伐	その他()	
木寄	木寄方法	全木	全幹	短幹	木寄距離	平均	m
※	木寄手段	ウィンチ	グラップル	人力	その他 ()		
	木寄方向	上げ荷	下げ荷	その他 ()			
集材	集材方法	全木	全幹	短幹	積載量	平均	m³/回
	集材距離	平均	m		横取距離	平均	m
	集材方向	上げ荷	下げ荷	その他 ()			
造材	造材内容	全木材	全幹材	主な生産材の長さ (複数可)			m
林内集運材	主な材長と割合	m	%	平均距離			m
植積	はい種手段	人力	植積専用機械	台 (機種名)	他工程機械が兼務	台 (工程機械)	
トラック	出荷先 1	運材距離	k m	使用車両	(t 車)	運材量	台
運材	出荷先 2	運材距離	k m	使用車両	(t 車)	運材量	台
	出荷先 3	運材距離	k m	使用車両	(t 車)	運材量	台
	出荷先 4	運材距離	k m	使用車両	(t 車)	運材量	台

(2) 伐木工程の詳細(複数可)

	1	2	3
作業方法			
上記実施割合	%	%	%
使用機種名			
機械台数	台	台	台
メーカー及び型式 (複数可)			
作業時セット人数	人	人	人
作業時期	月頃	月頃	月頃
延べ作業日数	日間	日間	日間
延べ作業人工数	人日	人日	人日
作業量 (立木換算)	m³	m³	m³

(3) 木寄工程の詳細(複数可)

	1	2	3
作業方法			
上記実施割合	%	%	%
使用機種名			
機械台数	台	台	台
メーカー及び型式 (複数可)			
作業時セット人数	人	人	人
作業時期	月頃	月頃	月頃
延べ作業日数	日間	日間	日間
延べ作業人工数	人日	人日	人日
作業量 (立木換算)	m³	m³	m³

(4) 集材工程の詳細(複数可)			
	1	2	3
作業方法			
上記実施割合	%	%	%
使用機種名			
機械台数	台	台	台
メーカー及び型式 (複数可)			
作業時セット人数	人	人	人
作業時期	月頃	月頃	月頃
延べ作業日数	日間	日間	日間
延べ作業人工数	人日	人日	人日
作業量 (立木換算)	m ³	m ³	m ³

(5) 造材工程の詳細(複数可)			
	1	2	3
作業方法			
上記実施割合	%	%	%
使用機種名			
機械台数	台	台	台
メーカー及び型式 (複数可)			
作業時セット人数	人	人	人
作業時期	月頃	月頃	月頃
延べ作業日数	日間	日間	日間
延べ作業人工数	人日	人日	人日
作業量 (造材前材種)	m ³	m ³	m ³

(6) 集運材工程の詳細(複数可)			
	1	2	3
作業方法			
上記実施割合	%	%	%
使用機種名			
機械台数	台	台	台
メーカー及び型式 (複数可)			
作業時セット人数	人	人	人
作業時期	月頃	月頃	月頃
延べ作業日数	日間	日間	日間
延べ作業人工数	人日	人日	人日
作業量 (立木・丸太) 1 どちらかに○	m ³	m ³	m ³

(7) はい積工程の詳細(複数可)			
	1	2	3
作業方法			
上記実施割合	%	%	%
使用機種名			
機械台数	台	台	台
メーカー及び型式 (複数可)			
作業時セット人数	人	人	人
作業時期	月頃	月頃	月頃
延べ作業日数	日間	日間	日間
延べ作業人工数	人日	人日	人日
作業量 (丸太換算)	m ³	m ³	m ³

5 事業収支の状況

(1) 収入

	金額 (千円)	内 訳 (参考)
作業請負費等		
補助金等		
材売り払い収入		
その他		
合計		

(2) 支出

				金 額 (千円)
本 体 経 費	直接費	機材費	減価償却費	
			修理費	
			消耗品費	
			レンタル・リース料	
		燃料油脂代		
		人件費	単価 a	
			単価 b	
			単価 c	
		機材運搬費		
		間接費	人員輸送費	
	素材運搬費			
	簡易施設費			
	諸経費		現場管理費	
			丸太販売手数料等	
			各種保険料	
	諸雑費			
一般管理費（手数料）				
消費税				
			合 計	

低コスト間伐材生産システム事業（県単独）
－栃木県環境森林部－

栃木県林業センター 菅沼好一

1. 事業のあらまし

提案型森林施業促進事業（県単独 H19～20）H19＝約270万円

提案型森林施業を促進するツールとして、利用間伐施業の生産経費積算プログラムの開発をすることとした。

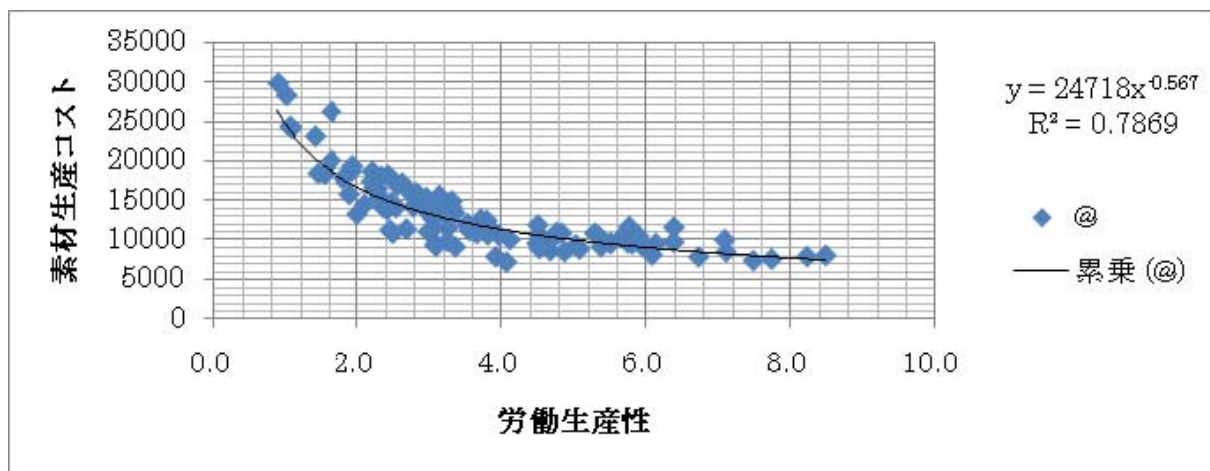
地域、路網密度、間伐方法、間伐率、施行面積、樹種、地形傾斜で分類した利用間伐100箇所を、間伐コスト分析シート（全森連作成）を用いて、データ収集をした。（県森連に委託）

データの分析・プログラム作成を林業センターで行うこととなった。

2. 調査結果

104件のデータが収集された。

間伐方法は定性間伐のみで、列状・帯状などの定量的な間伐は実施されていなかった。施行面積についても、殆どが、小面積で、偏りがあった。



104件の労働生産性と生産コストの関係は、上記のとおりとなった。

（問い合わせ先）栃木県林業センター
TEL: 028 - 669 - 2211 FAX: 028 - 669 - 2212
suganumak01@pref.tochigi.lg.jp

新潟県の間伐材搬出事例結果

新潟県 日水久

1. はじめに

間伐経費の削減と林業労働力の減少・高齢化・後継者不足を解決する方法として、作業の機械化があり、新潟県においても高性能林業機械の工期や作業方法に関して研究に取り組んできました。当県の高性能林業機械の普及台数は平成 19 年度末までに 38 台となり、県内各地で高性能林業機械の使用が見られるようになっていきます。

そのような状況の中、平成 9 年度から林業普及指導員の特別普及活動として利用間伐事例調査が行われています。本報では、平成 17 年度末までの 312 事例を基に当県の利用間伐の実態を紹介します。

2. 調査方法

調査項目は以下のとおりで、実施事業体から聞き取り調査しました。

- 1) 間伐林分の概況：所在地、間伐面積、林齢、成立本数、間伐率、利用材積、平均集材距離。
- 2) 作業システム：伐倒、造材、集材における機械の種類と組み合わせ。
- 3) 収入：間伐材の販売先、径級、材積、本数、販売額、補助金。
- 4) 支出：伐出作業、運材作業別の人工数、労務費、諸雑費、受託手数料、機械器具使用料、検知料、はい積料等。

3. 結果と考察

集材機械別に、人力による集材を A、車両牽引を B、車両積込を C、架線主索を D、架線非主索小型機械を E、架線非主索大型機械を F とし、それぞれの調査数を図 1 に示しました。

各林業普及指導員が調査地を選定していますが、選定には各地の作業実態が反映しています。図 1 から、新潟県では 1 つの作業システムが広く普及しているのではなく、車両牽引、車両積込、架線非主索小型機械などの作業システムが適材適所で行われていることが判りました。

各地域の状況（図 2）をみると、津川、新潟地域では架線系の割合が多く、六日町、上越、糸魚川地域では車両系の割合が多くなっています。また村上、長岡地域では架線系と車両系の割合が同程度です。

急傾斜地が多い山岳地域（六日町、上越地域）で、架線系ではなく、車両系が多く行われている理由を事業体に聞き取りしたところ、山岳地域では根元曲がりや雪折れにより、立木本数、優良木本数が少ないので残存木を痛めずに集材する方法とし

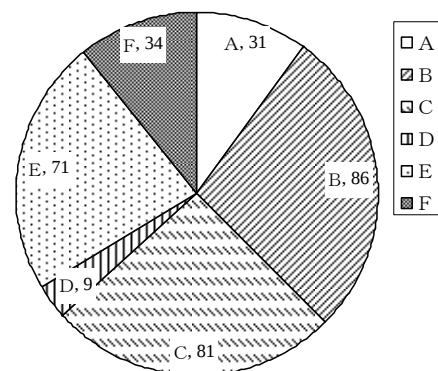


図 1 調査事例の集材機械別の割合

て短幹での車両系集材を選んでいる、また残存木の密度が少ないので車両が入り易い等が指摘されました。

図2に、最深積雪2m以上の境界線を描き入れたところ、最深積雪2m以上の積雪地域で、車両系が多く使われていることが判ります。積雪環境が林分構造に、林分構造が使用機械の選択に影響を与えていることが示唆されました。

次に事業費/㎥と間伐材出材量/haの関係(図3)をみると、間伐材出材量/haが少ない事例ほど、事業費/㎥が大きくなり、出材積が大きくなるとおおよそ11,000円/㎥周辺に減少、安定する傾向がみられました。

また事業費/㎥と生産性の関係(図4)でも、生産性の低い事例ほど、事業費/㎥が大きくなり、生産性が高くなるとおおよそ11,000円/㎥周辺に減少、安定する傾向が同様にみられました。

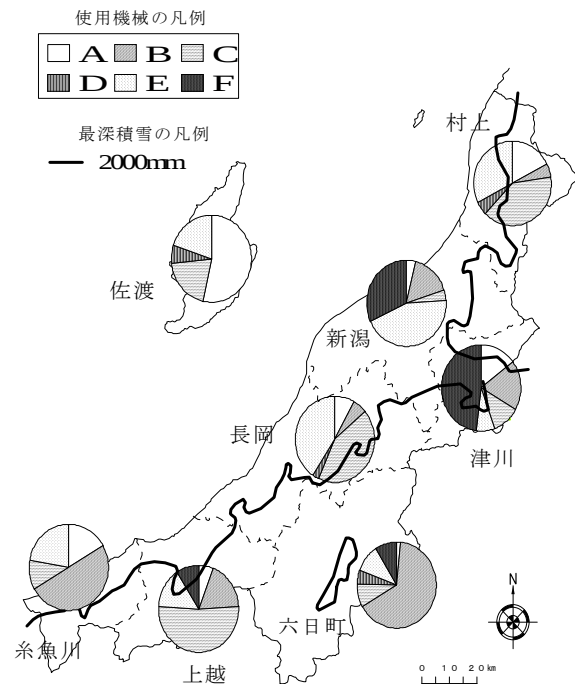


図2 各地の集材機械別の割合と最深積雪

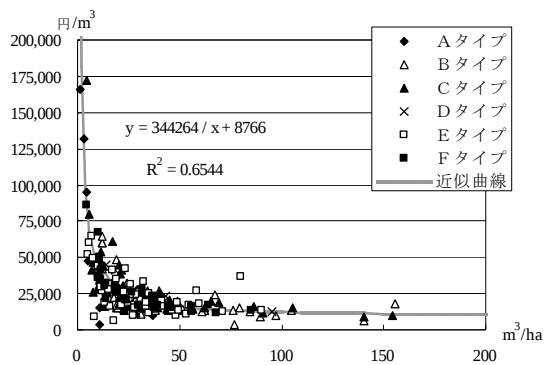


図3 各タイプの事業費/㎥と間伐材出材量/haの関係

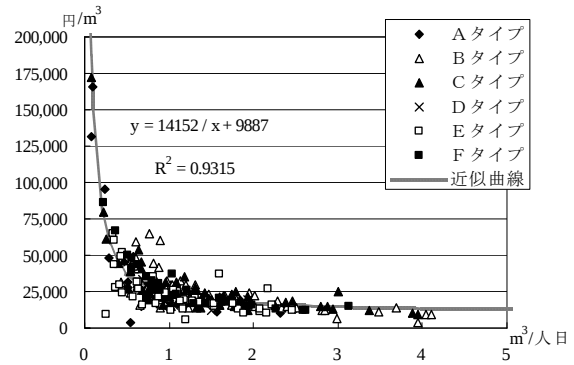


図4 各タイプの事業費/㎥と生産性の関係

4. おわりに

ヘクタール当たりの出材量を向上させるため、新潟県でも販路拡大に努めており、現在、合板材利用を始めました。また、生産性の向上についても、高性能林業機械が働きやすい基盤の整備を低コスト路網開設方法と併せて検討しており、根元曲がり木の多い県ではありますが、間伐作業の低コスト化、健全な森林の増加を推進しています。

最後に、調査、取りまとめにご指導、ご協力頂いた関係各位に感謝申し上げます。

ザウルスロボの作業効率を推定してみました

山梨県森林総合研究所 齋藤寛

1. はじめに

伐期の長期化などにより、間伐材の搬出や複層林での択伐材の搬出が課題となっています。これら作業について採算を確保しつつ実現可能とする方法の一つとして、小型の高性能林業機械を使った作業システムの導入が期待されています。しかし、小型であるがゆえに限界値も低く、これを克服する手法として、併せて作業路を開設していく必要があります。そうした作業路の作設に便利なアタッチメントとして、土工バケットとグラップル機能を兼ね備えたアタッチメントが、林野庁からの開発費補助を受け市販に至っています。しかしながら製造会社にはその優位性を示すデータがなく、林業の現場へ普及するに際し、費用対効果をどのように説明するかという問題がありました。そこで山梨県森林総合研究所では、これを解明するべく試験研究に取り組んだので、その成果について報告します。

2. 研究の方法

当該アタッチメント（商品名：ザウルスロボ）を使用した作業路作設作業と、通常の土工バケットによる作業路の開設作業について、時間観測調査を行い、作業の内容を比較検討しました。調査は大きさの違う6 tクラスと4 tクラスの2種類で行い、幅2 m～3 mの作業路作設現場、4箇所にてデータを取得しました。調査地の概要は表-1のとおりです。

得られたデータはその作業の内容から、路面成形、地表整理、伐木処理、その他の4つに類型化し作業時間を分析しました。なお当研究では、路面成形作業とは主に土を掘削して道の形に仕上げる作業工程とし、掘削前の枝葉や倒木、灌木などの処理を行う作業を地表整理、支障木等を伐倒し片付ける作業を伐木処理と定義しました。

その上で、①路面成形作業について区間長あたりの作業時間、②路面成形に地表整理を加えた同作業時間、③伐木処理に要した時間と立木材積との関係について比較してみました。

表-1 調査地の概要

	地況	林況	作業条件	調査実施量		
試験地1 (H17)	沢 林地斜度10度	カラマツ、スギ 43, 47年生	皆伐用搬出路 縦断勾配7度	6tザウルス	70m	155分
				6tバケット	26m	96分
試験地2 (H17)			皆伐用搬出路 縦断勾配10度	4tザウルス	21m	81分
				4tバケット	50m	115分
試験地3 (H18)	沢～山腹 林地傾斜25度	カラマツ 45年生	間伐用搬出路 縦断勾配12度	6tザウルス	46m	195分
試験地4 (H18)	山腹 林地傾斜35度	スギ 52年生	間伐用搬出路 縦断勾配10度	4tザウルス	45m	160分

3. 結果と考察

3つの比較検討を行った結果、③の伐木処理に要した時間と立木材積との関係にのみ、ザウルスロボの優位性を示すデータが得られました。(図-1 および 2) しかしながら①と②については、ザウルスロボの優位性は確認できませんでした。

そこで伐木処理作業におけるザウルスロボの優位性を、立木材積と処理時間の関係について試算してみたところ、ザウルスロボは土工バケットのおよそ半分の時間で作業を行うと推測出来ました。

しかしながら疑問点も残ります。通常ならば4 tよりも6 tクラスの方が処理能力は大きいと思われるところですが、試算値では一部逆転しています。この点については詳細な補足調査が必要と考えているところです。

ザウルスロボの優位性が認められなかった①および②については、土工バケットに比してザウルスの非有利性を示すデータも得られなかったため、これを使用することで作業の遅れが生じることもないとも推測しています。

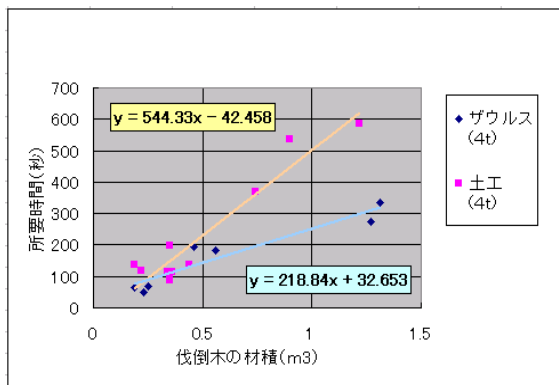


図-1 4 t クラス調査結果

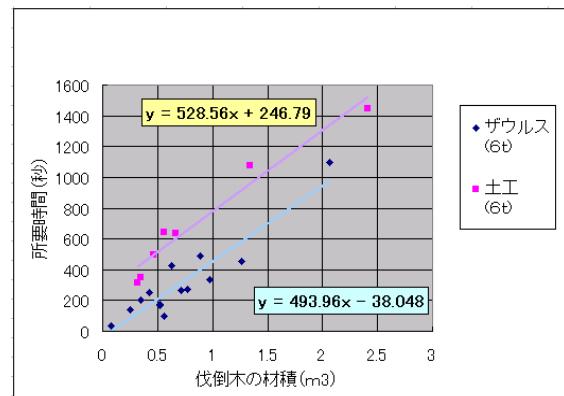
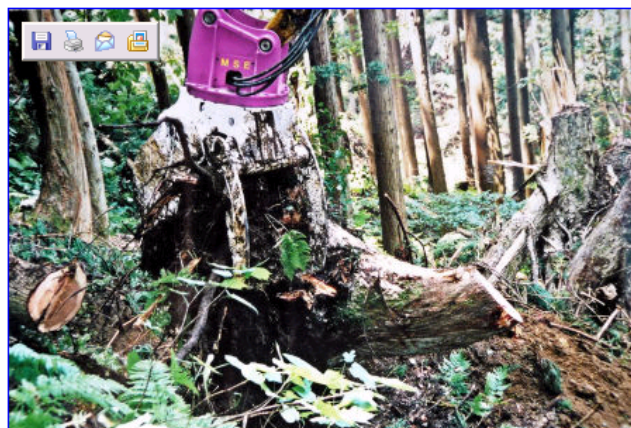
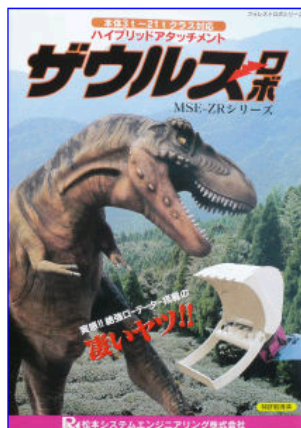


図-2 6 t クラス調査結果

ザウルスロボ



4. おわりに

今回の調査を通じザウルスロボの欠点も見えてきました。土工バケットと比しアタッチメントが重いため、作業機の安定や動作の機敏性に差が出ることが分かりました。しかし、今回の調査ではそれを予め予測していなかったため、調査に際してはその影響を配慮することが出来ませんでした。また、ザウルスロボは見かけ以上に強靱なグリップ力を有しており、大きな根株でも持ち上げることが出来ますが、これを保持して旋回した場合に、その惰力により作業機の安定が著しく損なわれることがあり、初めて使う際には注意する必要があります。

今回の試験研究成果が生かされる形で、既に本県では建機レンタル会社に多くのザウルスロボ・レンタル車両が導入され、今後の現場での利活用が期待されています。

長期育成循環施業等に対応した高性能林業機械化作業システムの開発 －列状間伐での伐出作業の実態調査（伐区調査）－

長野県林業総合センター 今井信・近藤道治・宮崎隆幸

列状間伐における伐出作業の実態を把握するために、伐区単位で作業システム、生産性、伐出コストの調査を行った。

作業システムは、プロセッサを中心に組み立てられ、地形傾斜と木寄距離によって木寄機械の選択が行われていた。伐出作業の生産性は、木寄距離と関係があり、プロセッサ直取システムの効率が一番高かった。労務費を抑えることが伐出コスト低減に結びつくことが示され、伐出コストと伐出作業の生産性の間には相関関係が認められた。

キーワード：列状間伐，伐区調査，作業システム，生産性，伐出コスト

1. はじめに

県下各地で高性能林業機械の導入が進み、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が、現実の森林は地形、樹種、林齢などが多様であり、現地に適した機械化作業システムがまだ十分に確立しているとはいえない。また、森林の公益的機能に対する県民の要望が高まる中、質の高い森林の育成が望まれている。このため現地では、①低コストな間伐・搬出技術の開発、②複層林などの循環型森林施業の開発、が求められている。

本研究は、高性能林業機械を利用した、効率的で森林保全も考慮した間伐・搬出技術の確立を目的とした。

ここでは、北信地方の事業体が実施した間伐事業地を対象として、伐区単位の作業条件、作業システム、生産性、伐出コストの調査を行い、作業条件と作業システムの関係、生産性や伐出コストの実態を明らかにすることを目的にした。

なお、本報告は、林野庁国庫補助事業「林業技術現地実用化事業」で行った調査をとりまとめた。

表-1 伐区の作業条件

伐区数	伐区面積 (ha)	地形傾斜 (度)	樹種 (伐区数)	林齢 (年)	立木密度 (本/ha)	胸高直径 (c m)	樹高 (m)	列状間伐方法 (伐区数)		伐採率							
48	4.00	21.6	スギ	40	1463.4	21.2	19.3	1伐3残	37	28.5							
	0.82～11.00	7.0～36.0	カラマツ	22							30～78	520～2500	18～30	15～23	1伐2残	11	25～34
			アカマツ	3													

注) 上段の数値は平均値 (重複混交あり)
下段の数値は範囲を示す

2. 研究の方法

伐区調査は、当該伐区における伐出作業の作業開始から作業終了（山土場）までを対象とした。ここで伐区とは、事業として伐出作業を行う一つのまとまったエリアである。

1 事業体、48 伐区の列状間伐について調査した。対象とした事業体は、北信地方で素材

生産活動を行っており高性能林業機械を利用した多様な間伐作業システムを構築している。

調査項目は、①作業条件（面積，地形傾斜，林分状態等）②作業システム（使用機械，作業人員数など）③作業方法（伐採，集材方式等）④使用機械⑤作業日数，作業人員⑥伐出経費⑦伐区及び土場作業図⑧作業日報，である。

48 伐区の作業条件は，伐区面積 4.0ha，地形傾斜 21.6 度で，樹種は，スギ 40 事例，カラマツ 22 事例，アカマツ 3 事例（重複混交あり），林齢 42 年，立木密度は 1,463 本/ha，胸高直径 21.2cm，樹高 19.3mであった。間伐方法はすべて列状間伐であり，そのうち 1 伐 3 残が 37 伐区，1 伐 2 残が 11 伐区で，平均伐採率は 28.5%，であった（表-1）。

3. 結果と考察

3.1 作業システム

3.1.1 作業システムの実態

調査結果の概要を付表に示した。

48 伐区すべてで伐木はチェーンソー，造材はプロセッサを使用していた。フォワーダによる山土場までの集材は 73%（35 伐区）で実施し，平均集材距離は 302mであった。

作業路の作設・補修は，50%（23 伐区）で実施していた。

なお，ここではブルドーザ，トラクタ，タワーヤードなどによるプロセッサまでの搬出作業を木寄作業，フォワーダによる山土場までの小運搬を集材作業と定義した。

木寄機械により，作業システムを 4 システムに大別し（図-1），各作業システムの比率を図-2 に示した。

1) 車両システム

車両システムは 48 伐区中 29 伐区，全体の 6 割で実施されていた。木寄機械は，ブルドーザ・トラクタのほかグラップル・プロセッサ付属のウインチ集材がそれぞれ 1 伐区あった。いずれも，林内を走行することではなく，作業路上のプロセッサ作業ポイントまでのウインチで木寄作業が行われていた。

2) 架線システム

架線システムは全ての現場で，タワーヤードによるハイリッド方式の索張りにジグザグ滑車を組合わせた方法で搬出していた。ここではこの方式を信州型搬出法と呼ぶこととした。

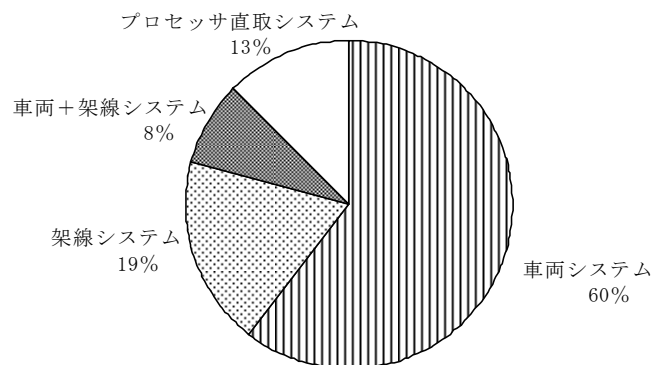


図-2 作業システムの割合

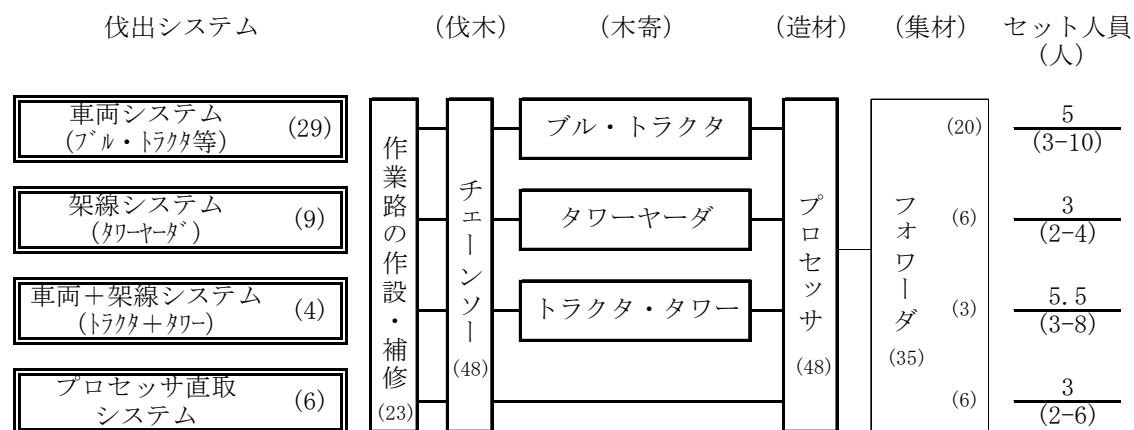


図-1 伐出作業システムの状況

3) 車両＋架線システム

車両＋架線システムは、1 伐区内の区域において、車両か架線のどちらかで木寄を実施していた。

架線システム 9 伐区と車両＋架線システム 4 伐区を合わせると 13 伐区となり、約 3 割 (27%) で信州型搬出法を実施していた。

4) プロセッサ直取システム

プロセッサ直取システムは、作業路上のプロセッサから全ての伐木を直取りすることでき、木寄機械を必要としないシステムであった。

3.1.2 作業システムのセット人員

セット人員は、平均 4 名であったが、図-1 に示したとおり最小 2 名、最大 10 名で実施していた。面積が大きく複数のセットが同時に作業できる場合には、多くの人員 (セット) で実施していた。最小 2 名で行われる場合、作業中に稼動しない機械が発生するが、機械原価償却費より労務費の削減を選択している。

3.1.3 作業システムと作業条件

作業システムと作業条件の関係を図-3～5 に示した。伐区面積との関係を図-3 に、伐区地形傾斜との関係を図-4 に、木寄距離との関係を図-5 に示した。作業システムと作業条件の関係は以下のとおりであった。

1) 車両システム

伐区面積は 0.82～11.00ha (平均 4.22ha)、地形傾斜は 7.0～35.0 度 (平均 19.4 度) であった。また、木寄距離は 20.0～70.0m (平均 39.7m) であった。

車両システムは、小面積から大面積まで実施され、35 度の急傾斜でも実施していたが、木寄距離は 70m 以下であった。したがって、急傾斜であっても、木寄距離が短い場合は車両システムを実施していた。

2) 架線システム

伐区面積は 0.88～6.39ha（平均 2.86ha）、地形傾斜は 20.0～36.0 度（平均 28.8 度）であった。また、木寄距離は 50.0～200.0m（平均 97.2m）であった。

架線システムの平均伐区面積は、他のシステムより小さい傾向がみられ、地形傾斜 20 度以上、木寄距離 50m 以上で実施していた。急傾斜地で木寄距離が大きくなると架線システムを実施していた。

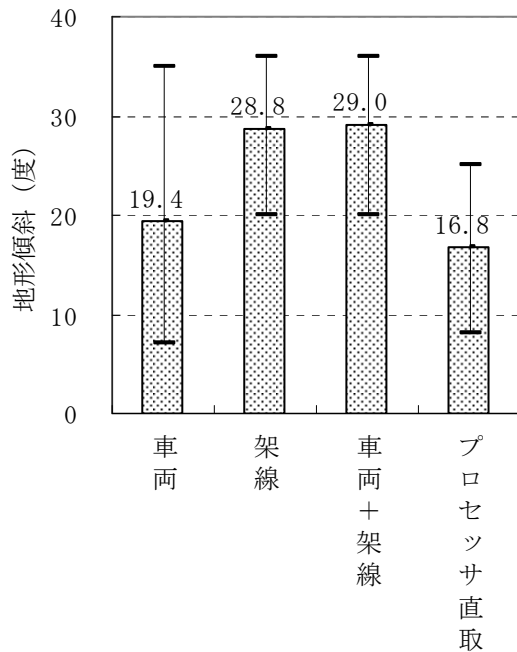


図-3 作業システムと伐区面積の関係

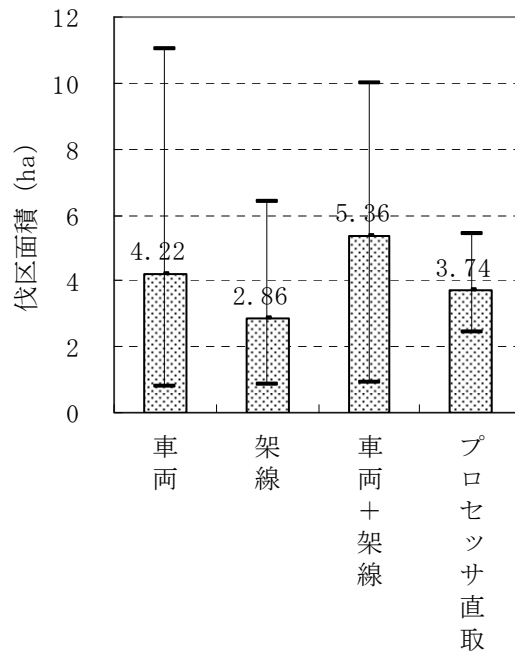


図-4 作業システムと地形傾斜の関係

3) 車両+架線システム

伐区面積は 0.93～10.00ha（平均 5.36ha）、地形傾斜は 20.0～36.0 度（平均 29.0 度）であった。また、木寄距離は 50.0～110.0m（平均 77.5m）であった。

車両+架線システムは、平均伐区面積 5.36ha と比較的大きな面積で実施していた。

4) プロセッサ直取システム

伐区面積は 2.45～5.45ha（平均 3.74ha）、地形傾斜は 8.0～25.0 度（平均 16.8 度）であった。木寄・集材距離はプロセッサで直接届くため 0.0m とした。

プロセッサ直取システムは、平均傾斜 16.8 度と緩傾斜地で実施していた。

3.1.4 まとめ

作業システムは、プロセッサを中心に組み立て、地形傾斜、木寄距離などの作業条件によって、プロセッサまでの木寄機械の選択を行っていた。

しかし、車両、架線、車両+架線の 3 システムは 1ha 以下でも実施しており、伐区条件に応じたきめ細かな施業を実施していた。

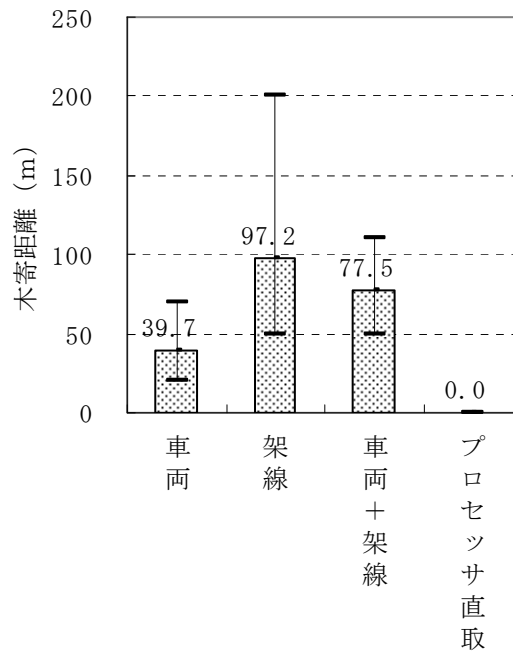


図-5 作業システムと木寄距離の関係

3.2 生産性

3.2.1 作業システムの伐出作業生産性

伐出作業の生産性の平均は、 $3.78\text{m}^3/\text{人日}$ であった。作業路の作設・補修を除いた場合は、 $4.00\text{m}^3/\text{人日}$ となった。以下作業路の作設・補修を除いた伐出作業の生産性で検討した。

作業システムと伐出作業の生産性の関係を図-6に示した。作業システムでは、プロセッサ直取システムが平均 $6.76\text{m}^3/\text{人日}$ と生産性が高かった。プロセッサ直取 > 車両 > 車両 + 架線 > 架線の順で高かった。

3.2.2 作業システムの工程別の生産性

表-2、図-7に作業システムの工程別の生産性を示した。

1) 伐木工程

伐木工程の生産性は、4システムで大きな差はなかったが、架線システムが一番低かった。この原因は、架線システムでは間伐木がスムーズに伐出されるよう、索の張り方を考えながら伐木する必要があるためと考えた。

2) 木寄工程

プロセッサ直取システムを除くと、木寄工程の生産性は、車両 $16.55\text{m}^3/\text{人日}$ > 車両 + 架線 $6.52\text{m}^3/\text{人日}$ > 架線 $4.64\text{m}^3/\text{人日}$ の順で高かった。

3) 造材工程

造材工程の生産性も、4システムで大きな差はなかったが、プロセッサ直取システムが一

番高い値を示した。これは、木寄作業が必要ないため、他のシステムと違い作業待ちの時間が生じないからと考えた。

4) 集材工程

架線システムが一番低かった。

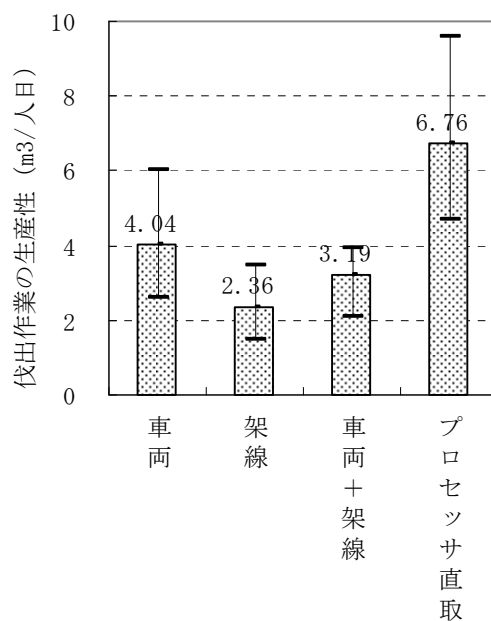


図-6 作業システムと伐出作業の生産性の関係

表-2 作業システムの工程別の生産性

作業システム	工程 (m³/人日)				
	伐出作業全体	伐木	木寄	造材	集材
車両	4.04	14.85	16.55	17.50	25.94
架線	2.36	12.68	4.64	17.21	16.34
車両+架線	3.19	14.45	6.52	19.64	30.06
プロセッサ直取	6.76	16.25	-	21.07	34.02
全体 (48伐区)	4.00	14.58	13.04	18.07	26.03

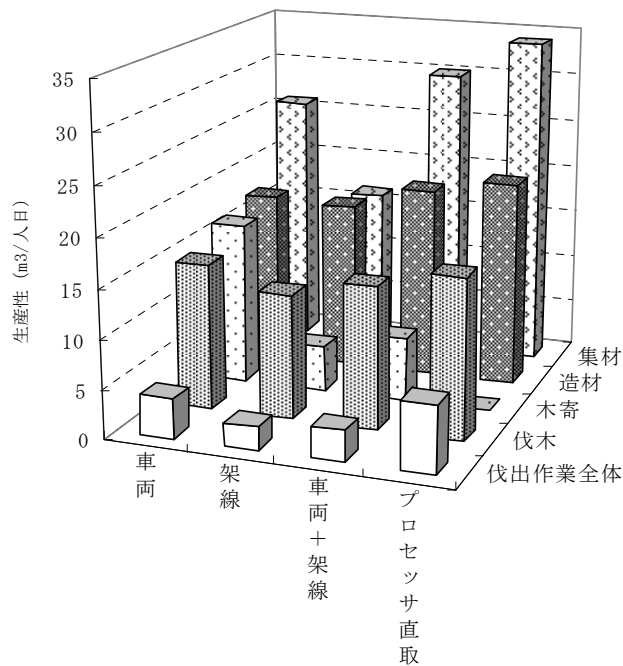


図-7 作業システムの工程別の生産性

3.2.3 作業条件と生産性

次に、作業条件と各作業工程の生産性および伐出作業全体の生産性との関係を検討した。

1) 伐木工程

伐区面積，地形傾斜，単木材積，用材出材量などの作業条件と伐木作業の生産性の関係を検討したが，はっきりとした関係は見られなかった。

2) 木寄工程

木寄工程の生産性と地形傾斜および木寄距離の関係を示した(図-8, 9)。

地形傾斜が大きくなるに従い，または，集材距離が長くなるに従い，木寄工程の生産性は低くなることが示された。

3) 造材工程

伐区面積，地形傾斜，立木密度，単木材積などの作業条件と

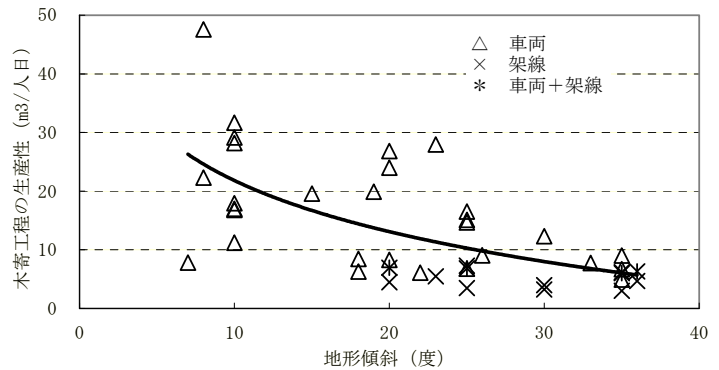


図-8 木寄工程の生産性と地形傾斜

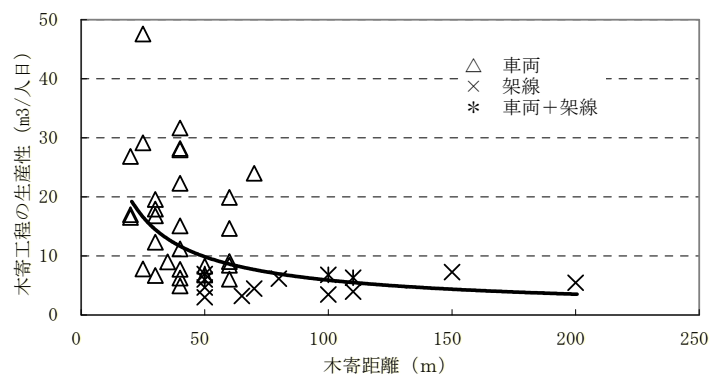


図-9 木寄工程の生産性と木寄距離

造材工程の生産性との間に関係は認められなかった。

4) 集材工程

図-10 に集材距離との関係を示した。集材距離が長くなるにしたがい生産性は、減少する傾向が見られた。

5) 伐出作業全体

伐出作業の生産性と木寄距離の関係を図-11 に示した。木寄距離が長くなるに従い生産性が減少する傾向が見られた。

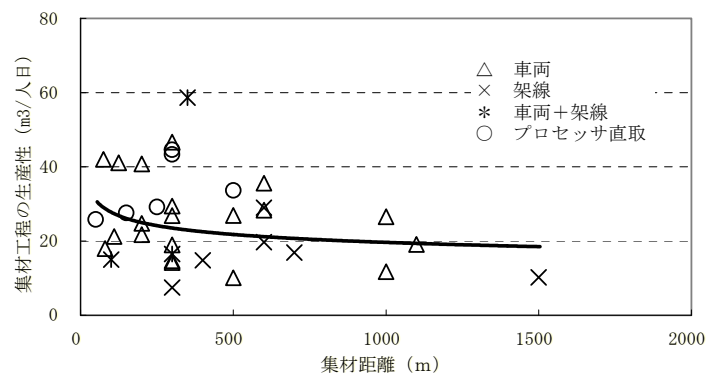


図-10 集材工程の生産性と集材距離

3.2.4 まとめ

伐木工程およびプロセッサによる造材工程の生産性にはシステムによる大きな違いは確認できなかった。木寄工程の生産性は、地形傾斜及び木寄距離と関係があり、伐出作業全体の生産性も木寄距離と関係があることが示された。したがって、プロセッサまでの木寄工程をいかに効率よく実施するかが、伐出作業の生産性を上げるための課題と言えた。

なお、架線システム（信州型搬出法）については、設置回数、索張り総延長、木寄距離、張替え回数などと生産性の関係を検討する必要があると考えた。

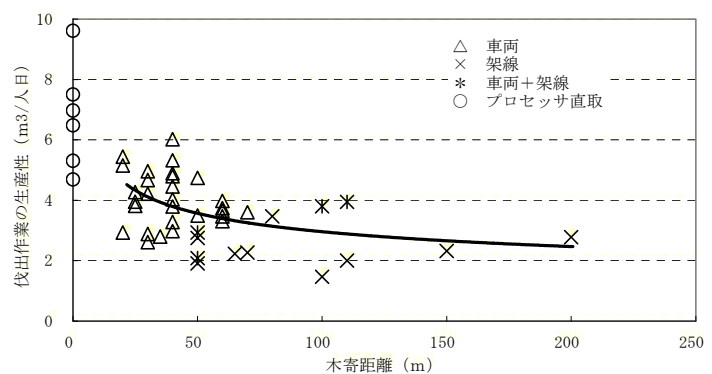


図-11 伐出作業の生産性と木寄距離

3.3 伐出コスト

3.3.1 作業システムと伐出コスト

調査した伐出経費の内訳は、労務費、機械経費（損料・リースレンタル料）、燃料等油脂費、機材費、各種保険料、機械運搬・回送費、雑費、材運搬費、販売経費（市売手数料・桟積料）であった。

ここで、材運搬費、販売経費（市売手数料・桟積料）を除いた山土場までの経費を、伐出コストとして単位材積当たりの費用（円/m³）で表した。

表-3 に作業システムの伐出経費、伐出コスト等を示し、図-12 に作業システムの伐出コストを示した。

伐出コストの平均は、8,610 円/m³ であった。ここで、作業路の作設・補修の経費を含めた場合は、8,832 円/m³ と、222 円/m³ 高くなった。また、材運搬費は平均 1,898 円/m³、販売経費は平均 1,316 円/m³ かかり、販売までの伐出経費は、12,047 円/m³ であった。

3.3.2 伐出コストの構成割合

図-13 は、図-12 に示した伐出コストの構成割合を示した。伐出コストを、労務費（労務費、各種保険料）、機械経費（損料・リースレンタル料、機材費、機械運搬・回送費）、燃料等油脂費、雑費に大別し示した。

労務費には各種保険料を、機械経費には機材費と機械運搬・回送費を含めた。

伐出コストと労務費比率は、架線＞車両＋架線＞車両＞プロセッサ直取の順番で高く、両者の間には相関が認められた。このことから、コスト削減のためには労務費の低減を図る必要があると考えた。

4 システムの中で一番低コストであったプロセッサ直取システムだけが、機械経費が労務費を上回った。

3.3.3 生産性と伐出コスト

伐出作業の生産性と伐出コストの関係を図-14 に示した。伐出コストと伐出作業の生産性の間に相関があると言われているが¹⁾、ここでも両者の間に相関がみられた。

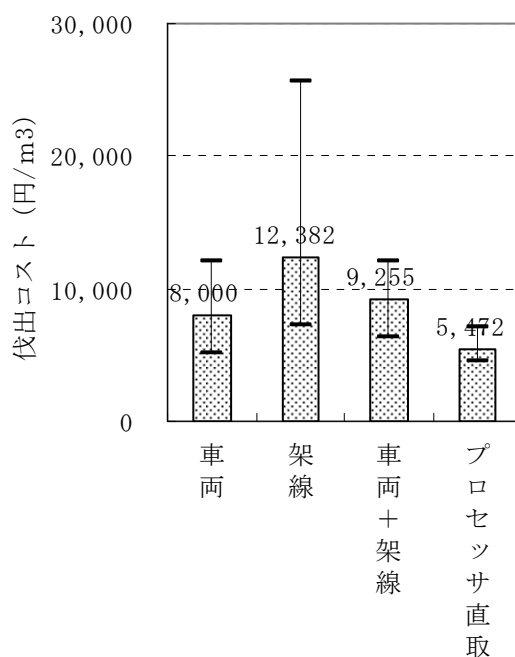


図-12 作業システムと伐出コストの関係

3.3.4 まとめ

伐出コスト低減のためには労務費比率の削減が必要であり、労務費比率の低い作業システムの推進が必要であることが示された。労務費比率を低減するためには、高性能林業機械の導入と高性能林業機械の能力を生かす作業システムの導入は不可欠であると言えた。

なお、架線システム（信州型搬出法）は伐出コストのバラツキが非常に大きく、今後検討が必要と考えた。

4. おわりに

伐区調査の結果を、作業システム、生産性、伐出コストについて概観した。いずれもサンプル数が十分でないこと、作業条件が一定ではないこと、また、林分データ（胸高直径、樹高、立木密度など）は、詳細な林分調査にもとづくものでないことから、単純に比較・評価することはできない。

しかし、列状間伐での生産性、伐出コストなどの具体的な数値を得ることができ、作業システムは、プロセッサを中心に構築されていることがあきらかになった。伐出作業の生産性はプロセッサまでの木寄距離と相関があり、木寄工程の効率化が生産性を上げるための重要な課題と言えた。また、伐出コスト低減のためには、労務費の削減を図る作業システムの推進が必要であり、作業路の整備等、高性能林業機械の条件整備を図ることも必要と考えた。

本調査にあたり、ご協力いただいた北信木材生産センター協同組合の皆様はこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

引用文献

1) 林野庁(2004) 大型プロジェクト研究成果 機械化作業システムに適合した森林施業法の開発. 220pp, 林野庁, 東京.

表-3 作業システムの伐出作業の生産性と伐出経

作業システム	面積 (ha)	出材量 (m ³)	生産性 (m ³ /人・日)	伐出経費 (円/m ³)	伐出コスト (円/m ³)
車両	4.22	320.07	4.04	11,541	8,000
架線	2.86	187.78	2.36	15,491	12,382
車両+架線	5.36	308.75	3.19	12,441	9,255
プロセッサ直取	3.74	188.17	6.76	9,060	5,472
平均	4.00	277.83	4.00	12,047	8,610

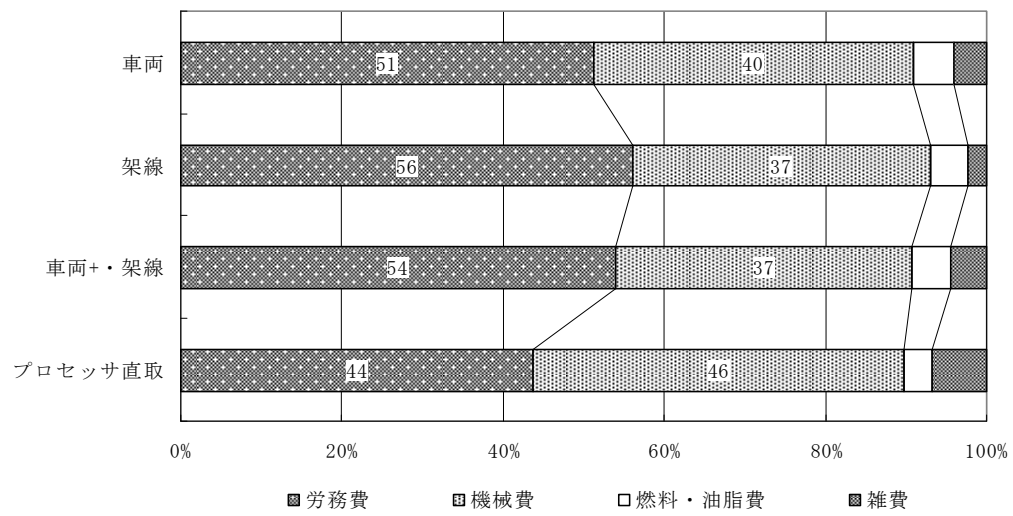


図-13 作業システムの伐出コスト構成割合

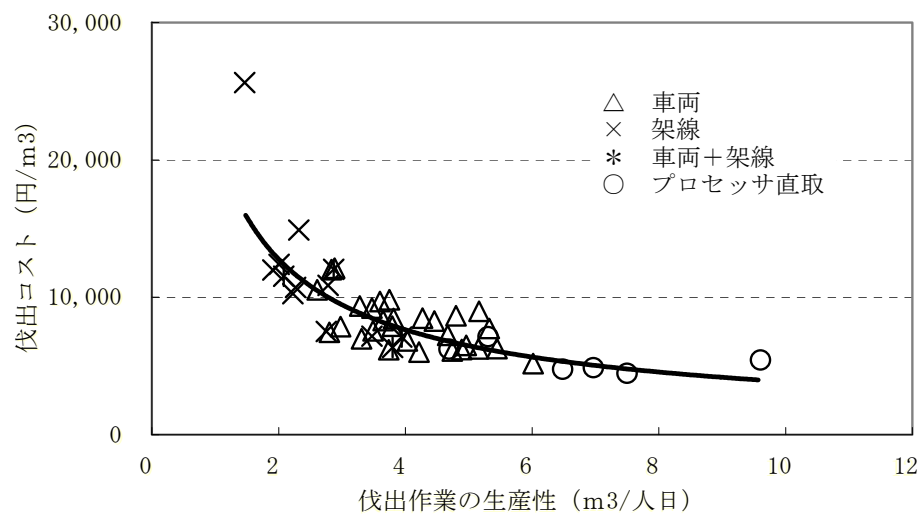


図-14 伐出作業の生産性と伐出コスト

付表 伐区調査結果の概要(1)

伐区 No.	調査 年度	伐区 面積 (ha)	地形 傾斜 (度)	樹種	林齢 (年)	立木密度 (本/ha)	胸高 直径 (c m)	樹高 (m)	列状間伐 方法	伐採率 (%)	機械の組み合わせ
1	H. 12	2.56	25	スギ	48	1800	20	20	1伐3残	26	C+Tr+Pr+Fo
2	H. 12	2.00	20	カラマツ	56	1450	20	15	1伐3残	33	C+Tr+Pr+Fo
3	H. 12	1.00	35	スギ	35	2500	18	17	1伐3残	25	C+Tr+Pr+Fo
4	H. 12	1.50	20	スギ	40	2500	20	18	1伐3残	30	C+Tr+Pr
5	H. 13	1.70	35	スギ	35~45	1800	18	17	1伐3残	25	C+Ty+Pr
6	H. 13	1.09	18	スギ	40	2000	18	18	1伐3残	30	C+Tr+Pr
7	H. 13	0.82	18	スギ	40~72	1800	22	18	1伐3残	30	C+Tr+Pr
8	H. 13	2.50	15	スギ・カラマツ	45・40	1600	20	18	1伐3残	25	C+Pr+Fo
9	H. 13	4.30	19	カラマツ	35~50	1700	18	17	1伐3残	30	C+Tr+Pr+Fo
10	H. 13	11.00	25	スギ	40~70	1600	20	17	1伐3残	25	C+Tr+Pr+Fo
11	H. 14	5.45	18	スギ・カラマツ	35~45	1600	18	17	1伐3残	25	C+Pr+Fo
12	H. 14	4.20	25	カラマツ	40	1600	18	17	1伐3残	25	C+Pr+Fo
13	H. 14	2.50	25	スギ	48	1900	22	18	1伐2残	30	C+Tr+Pr
14	H. 14	3.50	30	スギ・カラマツ	41	1600	20	18	1伐3残	25	C+Tr+Pr
15	H. 14	5.00	25	スギ	35~50	1500	20	18	1伐3残	25	C+Pr+Fo
16	H. 15	4.25	35	スギ	38	1200	22	19	1伐2残	31	C+Tr+Pr+Fo
17	H. 15	4.70	36	スギ	42	950	24	21	1伐2残	33	C+Tr/Ty+Pr+Fo
18	H. 15	6.39	35	カラマツ	49	600	27	22	1伐2残	34	C+Ty+Pr+Fo
19	H. 15	1.82	10	スギ	30~45	1550	22	20	1伐3残	28	C+Tr+Pr+Fo
20	H. 15	4.37	26	スギ・カラマツ	45	1200	18	18	1伐3残	30	C+Tr+Pr
21	H. 16	6.39	20	カラマツ	49	600	26	22	1伐2残	33	C+Ty+Pr+Fo
22	H. 16	10.00	25	スギ・カラマツ	40	1200	22	17	1伐3残	25	C+Tr/Ty+Pr
23	H. 16	6.15	10	スギ・カラマツ	36	1700	20	21	1伐3残	25	C+Tr+Pr+Fo
24	H. 16	1.48	10	スギ	38	1900	20	23	1伐3残	25	C+Tr+Pr+Fo
25	H. 16	1.31	30	スギ	41	1800	22	20	1伐3残	28	C+Tr+Pr
26	H. 16	2.21	33	スギ	48	1700	24	20	1伐3残	28	C+Tr+Pr+Fo
27	H. 16	1.12	35	スギ	78	1450	26	19	1伐3残	29	C+Tr+Pr+Fo
28	H. 16	0.93	35	スギ	46	1300	20	20	1伐3残	30	C+Tr/Ty+Pr+Fo
29	H. 16	1.42	36	スギ	38~45	1500	22	20	1伐3残	27	C+Ty+Pr
30	H. 16	4.25	22	スギ	36	755	30	18	1伐2残	33	C+Tr+Pr
31	H. 16	7.42	10	スギ・カラマツ・アカマツ	40	1600	20	23	1伐3残	25	C+Tr+Pr+Fo
32	H. 16	2.48	10	スギ	38	1500	20	22	1伐3残	25	C+Gr+Pr+Fo
33	H. 16	6.17	8	スギ・カラマツ・アカマツ	36	1500	20	23	1伐3残	25	C+Tr+Pr+Fo
34	H. 16	5.79	20	カラマツ	46	780	23	18	1伐2残	33	C+Tr/Ty+Pr+Fo
35	H. 16	7.82	7	スギ・カラマツ	30~45	1500	22	20	1伐3残	25	C+Tr+Pr+Fo
36	H. 16	9.16	23	スギ・カラマツ	35~45	1200	22	20	1伐3残	25	C+Tr+Pr+Fo
37	H. 16	4.65	20	スギ・カラマツ	50	520	23	19	1伐3残	30	C+Tr+Pr+Fo
38	H. 16	1.34	10	スギ	35	1500	20	18	1伐3残	25	C+Tr+Pr+Fo
39	H. 17	3.29	8	スギ・カラマツ	38	1500	20	22	1伐3残	25	C+Tr+Pr+Fo
40	H. 17	2.45	8	スギ・カラマツ	33	1700	20	22	1伐3残	30	C+Pr+Fo
41	H. 17	4.07	15	スギ・アカマツ	38	1700	22	19	1伐3残	30	C+Pr(u)+Pr+Fo
42	H. 17	3.28	30	スギ	38	588	26	21	1伐2残	33	C+Ty+Pr
43	H. 17	2.82	10	カラマツ	38	1500	20	22	1伐2残	33	C+Pr+Fo
44	H. 18	2.94	23	スギ	42	1500	20	18	1伐3残	30	C+Ty+Pr+Fo
45	H. 18	9.49	10	スギ・カラマツ	40	1200	22	20	1伐3残	30	C+Tr+Pr+Fo
46	H. 18	1.40	25	スギ	40	1300	20	19	1伐2残	33	C+Ty+Pr+Fo
47	H. 18	10.59	25	カラマツ	40	1300	20	18	1伐2残	33	C+Tr+Pr+Fo
48	H. 18	0.88	25	スギ	36	1500	20	20	1伐3残	30	C+Ty+Pr+Fo

C:チェーンソー
Tr:ブール、トラクタ
Gr:グラグブル
Ty:タワーマシン
Pr:ブロッサ
Fo:フォワーダ

付表 伐区調査結果の概要(2)

伐区 No.	セット 人員 (人)	木寄方向	平均 木寄距離 (m)	集材距離 (m)	伐倒 人工数 (人)	木寄 人工数 (人)	造材 人工数 (人)	集材 人工数 (人)	作業路 人工数 (人)	延べ 人工 (人)	用材 出材量 (m ³)	生産性 (m ³ /人・日)	伐出 コスト (円/m ³)
1	5	上・下	60	1100	10	13	15	10	-	48	191	3.98	8,968
2	3	上・下	70	80	8	4.5	11.5	6	1	31	108	3.48	9,681
3	4	上・下	30	1000	7	14	7	8	4	40	94	2.35	10,554
4	4	下	50	-	10	20	5	-	-	35	166	4.74	6,086
5	4	上・下	50	400	8.5	42	7	8.5	-	66	126	1.91	11,996
6	5	下	60	-	10	14	10	-	-	34	118	3.47	9,215
7	5	下	40	-	14	24	8	-	1	47	151	3.21	9,366
8	6	-	-	50	10.5	-	12	5	-	27.5	129	4.69	6,227
9	5	上	60	300	19	20	42	28	3	112	398	3.55	8,310
10	5	上	50	300	32	96.5	44.5	14	34	221	653	2.95	7,555
11	3	-	-	300	12	-	15	5	-	32	223	6.97	4,854
12	3	-	-	300	10	-	11.5	4.5	-	26	195	7.50	4,461
13	6	上・下	40	-	19.5	21.5	13	-	-	54	325	6.02	5,161
14	4	下	30	-	16	20.5	14.5	-	-	51	253	4.96	6,501
15	2	-	-	500	11	-	9	8	-	28	269	9.61	5,417
16	6	上	40	-	30	79.5	22.5	-	-	132	393	2.98	7,857
17	3	上・下	110	350	21	69.5	13.5	7.5	-	111.5	440	3.95	7,112
18	4	下	80	600	16	57.5	10.5	18	1.5	103.5	354	3.42	7,161
19	5	上・下	40	125	12	16.5	8.5	4.5	1	42.5	185	4.35	8,264
20	5	上・下	60	-	17	19	10	-	3	49	172	3.51	6,170
21		下	70	700	20	53	17	14	-	104	236	2.27	10,715
22		上・下	100	-	25	67	28	-	-	120	456	3.80	6,354
23		上・下	30	200	29	23	27	19	8	106	413	3.90	6,003
24		下	30	75	5	5	6	2	-	18	84	4.67	7,234
25		上	65	-	4	24	7	-	-	35	78	2.23	10,268
26		下	40	1000	10	24	8	7	-	49	186	3.80	7,893
27		上・下	35	-	19	14	12	-	-	45	126	2.80	7,442
28		上・下	50	100	10.5	12.5	8	5	-	36	75	2.08	11,529
29		上	50	-	9	29	11	-	-	49	135	2.76	7,510
30		上・下	60	-	21	64.5	33	-	17.5	136	392	2.88	6,972
31		上・下	40	600	32	17	42	19	20	130	538	4.14	6,208
32		上・下	25	200	32.5	7	9	5	9	62.5	204	3.26	8,457
33		上	40	300	22	17	35	20	10	104	379	3.64	6,832
34	8	上	50	300	23	38	13	16	22	112	264	2.36	12,026
35	8	上・下	25	300	46	94	21	25	36	222	735	3.31	9,807
36	5	上・下	40	600	57	28	40	22	41	188	783	4.16	7,724
37	5	上・下	20	300	16	15	28	15	12	86	403	4.69	6,257
38	4	上	20	110	11	5	9	4	4	33	85	2.58	12,002
39	5	上・下	25	500	18	7	20	33	10	88	333	3.78	8,472
40	2	-	-	250	12	-	9	6	-	27	175	6.48	4,759
41	3	上・下	30	300	32	9	8	12	6	67	176	2.63	12,125
42	4	下	110	-	65	97	30	-	-	192	385	2.01	12,406
43	2	-	-	150	17	-	4	5	5	31	138	4.45	7,115
44	2	下	200	600	20.5	37	8.5	7	-	73	203	2.78	10,868
45	10	上・下	40	500	61.5	32.5	63	34	58.5	249.5	916	3.67	8,657
46	2	上	150	1500	10	14	10	10	-	44	102	2.32	14,887
47	3	上・下	20	200	20	19.5	10	13	5	67.5	322	4.77	6,238
48	2	下	100	300	14.75	20.5	3.75	9.5	-	48.5	71	1.46	25,624

地利条件不良地での伐出作業システムの検討

岐阜県森林研究所 古川邦明
森林文化アカデミー 山岡直樹

1. はじめに

岐阜県内ではトラック走行可能な林道から遠く離れた林分が多く存在し、これらの人工林の多くが間伐遅れとなっている。このような林分では形質の悪い材も多くなっており、このまま放置しておけばさらに過密となり林地の保全上で大きな問題となることが懸念される。早急に間伐を行わなければならないが、切り捨てではなかなか間伐が進まないのが実情である。一方岐阜県では、平成23年度に大規模な国産材合板工場の稼働が予定されており、県内産のB材・C材の需要が大幅に伸びることになり、これら間伐手遅れ林の形質不良木の利用しなければ、適正な供給体制は構築できないと思われる。

そこで、これらトラック走行可能な林道から離れた箇所での、間伐材生産の作業方法について検討するための実証試験を行った。

2. 事業地概要および調査作業方法

調査対象システムは基本構成がプロセッサとフォワードによる間伐作業とし、調査地はトラック道から作業路を2km入った、45～52年生スギ人工林の52年生の林分に設定した。作業路はトラックは走行できない。表1に調査事業地の概要を示す。また時間観測を行うための調査プロットを既設作業路から新規に開設した作業路を挟んだ上下に設定した。

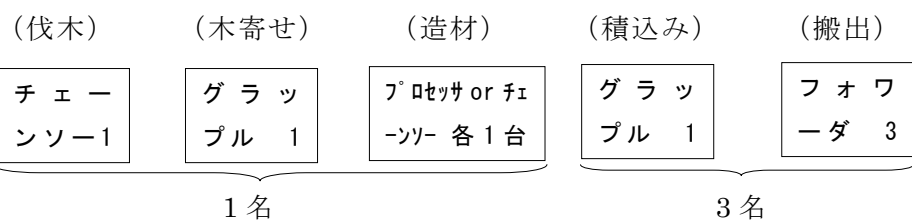
調査対象となった作業システムを図ー1、使用した機械の一覧を表ー2に示した。

表1 事業地概要

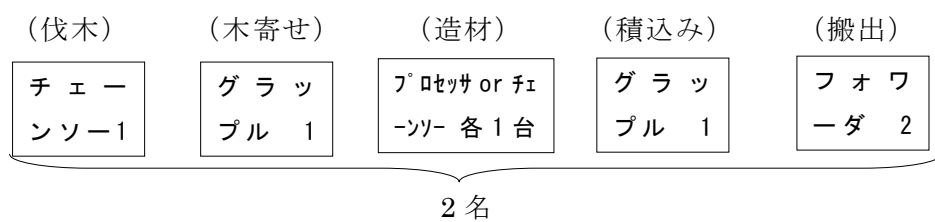
地況	伐区面積 5.89ha	地形傾斜 30° 以上 20%
	伐区標高 最大 750m 最小 520m 高低差 230m	地形の複雑さ 中庸 地表 区分 伐根,地表凹凸 障害物 密度 少
林況	樹種 スギ・カラマツ 林齢 52 (I工区) 48 (II工区) 立木本数 550本 (I工区) 650本 (II工区) 立木材積 450～500 m ³ /ha	平均胸高直径 46cm 平均樹高 30m 下層植生 区分 密度
地利	伐区から既設道 最長 250m までの距離 最短 10m	最寄の市場までの 最遠距離

第Ⅰ工区

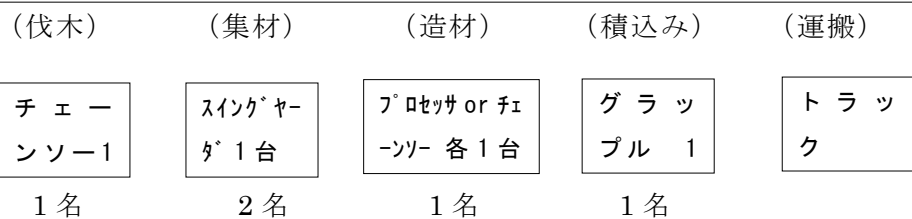
直列作業



並列作業



第Ⅱ工区



図－1 調査対象作業システム

表－２ 試用機械一覧

工程	機械名	メーカー	型式	導入年月日	台数
作業路開設	グラップル	コマツ	PC-120(0.5)	H9.6.30	1
伐木	チェーンソー				2
木寄せ	グラップル	日立	EX120(0.5)	H16.1.14	1
	グラップル (作業路開設併用)	コマツ	PC-120(0.5)	H9.6.30	
造材	チェーンソー (伐木と併用) ハーベスタ (ヘッド) ハーベスタ (ベース)	IWAFUJI 日立	GPi-40T ZX-120(0.5)	H18.3.31	1
				H17.11.30	1
搬出	フォワーダ	コマツ	3t	H18.12.29	1
	フォワーダ	モロオカ	MST800 4t	H7.12.20	1
	フォワーダ	日立	EG70R 7t (旋回式)	リース	1
積込み 運搬	グラップル	日立	EX150(0.6)	H18.8.31	1
	トラック		3t	H5.10.20	1
	トラック		7t	H7.10.6	1
	トラック		7.5t	H18.11.30	1

３．伐区調査の結果

事業地全体の伐区調査結果を以下の伐区調査表（表・１）に示す。

伐区全体での、出材量は素材材積で 944m³、集材路開設からトラック運搬まで含む所要人工数は 184 人工、集材路開設とトラック運搬を含まない所要人工が 144 人工となった。作業工程は、作業路開設からトラック運材まで含んだ場合で、5.122m³/人・日、作業路開設とトラック運材を含まず、伐採から集材までの場合は 6.52m³/人日となった。

生産コストでは、同じく作業路開設から伐木・造材・集材、トラック運材経費までを含んだ場合で、12,108 円/m³ 伐木・造材・集材（フォワーダ）のみで 5,983 円/m³であった。

材の販売価格は全搬出材の平均で 10,200 円/m³であり、1,801,123 円（約 1,900 円/m³）の赤字となった。当報告では収入に間伐と作業路開設の補助金は算入していない。作業路、間伐とも補助対象林分であり、補助金を見込んだ場合は十分採算性があると思われる。

当初、約 2,000mの集材ということもあり、作業工程が 6m³/人日を超えることは見込んでいなかった。しかし、作業工程が高いにもかかわらず、総経費は高くなっている。これは、大型の機械を複数台使っていること、合板用材が多くなったにも関わらず、林道が 10ton 以上の大型トラックの走行が困難であったため、輸送経費が嵩んだことなどが原因と考えられる。

岐阜県飛騨地方には、今回調査対象としたような林分が多くあり、1 本当たりの材積、林分としての蓄積も大きくなっている。今回の調査では、これらの林分での間伐実施の方

法としてフォワーダによる長距離搬出の可能性が確認出来たと考えている。

表 3 伐区調査票

3-1 作業日数、作業人員

作業工程	作業開始日			作業終了日			作業日数 a(日)		作業量 (?)	作業 延人数 (人日)	総生産時間 c(時間)		作業 延時間 (人時)	1日平均 生産時間 d=c/a	備考
	年	月	日	年	月	日	I 工区	II 工区			I 工区	II 工区			
作業路開設	19	10	15	19	11	15	11			16	72.5		109	6.6	
伐採	19	10	6	19	12	4	29	5		35	105.5	24.5	120	3.8	
木寄せ	19	10	9	19	12	4	25	4		33	103.5	20.0	123.5	4.3	
造材	19	10	6	19	12	4	27	6		57	124.0	24.5	220	4.5	
搬出	19	10	29	19	12	4	23			53	132.5		302.5	5.8	
積込 (運搬)	19	10	6	19	12	5	20	8		23	164.0	19.5	220.5	6.6	
整理 (付帯作業)	19	11	23	19	12	6	7			16	47.5		95	6.8	

3-2 伐出経費

(1) 主作業労務費

作業工程	作業量a(m3)		組人員 (人)	作業延人数b(人日)		労賃単価 c(円)	金額 d=b*c(円)	備考
	I 工区	2 工区		1 工区	2 工区			
伐木				15.0	3.0	20,113	362,034	
集材 (木寄せ)				20.0	5.0	19,314	482,850	
造材				33.0	5.0	20,677	785,726	
合計	864.04	80.00		7 68.0	1 13.0		1) 1,630,610	

(2) 副作業労務費

作業工程	作業量a(m3)		組人員 (人)	作業延人数b(人日)		労賃単価 c(円)	金額 d=b*c(円)	備考
	I 工区	2 工区		1 工区	2 工区			
作業路開設	270m	0m		14.0		20,151	282,114	
搬出				48.0		17,486	839,328	
運搬				21.5	4	20,051	511,301	
整理 (付帯作業)				15.8		18,750	296,250	
合計				9 99.3	1 4.0		2) 1,928,993	

総作業延人員 (L=7+1+9+1)	L 184.3
-----------------------	------------

(3) 機械損料

機械名	購入価格 a(円)	耐用年数 (年)	稼働実績 c(日台)	損料率 d(%)	リース・レンタル 料 f(円)	減価償却費 (円)		修繕料 (円)		稼働日数(日)		損料 (円)
						当年度	1日当たり	年間費用	1日当たり	1工区	2工区	
グラップル0.45 EX120	2,265,000	5	102	0.5		141,563	1,388	1,215,616	11,918	20.8		276,758
グラップル 0.5	3,605,000	5	39	0.5		-		219,974	5,640	10		56,404
グラップル PC-60	3,800,000	5	55	0.5		1,900,000	34,545	647,539	11,773		2.1	97,269
グラップル 0.6	6,870,000	5	95	0.5		1,717,500	18,078	598,867	6,303	12	2	341,334
スイングヤーダ 0.5	13,660,000	5	120	0.5		1,707,500	14,229	913,080	7,609	28.5	5.1	733,762
ハーベスタ Gpi-40T	11,550,000	5	56	0.5		2,887,500	51,563	227,671	4,066	6.7	2.9	534,030
フォワーダ 3t	4,350,000	5	34	0.5		1,087,500	31,985	0	0	4.9		156,728
フォワーダ 4t	2,884,000	5	71	0.5		-		442,543	6,233	10.4		64,823
フォワーダ 7t	-	5		0.5	13,600	-				18.3		248,880
トラック 3t	8,629,340	5	66	0.5		-		392,006	5,940	6		35,637
トラック 7t	8,606,940	5	80	0.5		-		276,921	3,462	6		20,769
トラック 7.5t	7,750,000	5	86	0.5		1,937,500	22,529	403,857	4,696	14		381,151
合計												3) 2,947,545

(4) 燃料・油脂費

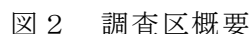
機械名	燃料数量 a(ℓ)	油脂数量 c(円/ℓ)	使用日数 (日)	1日当たり 燃料数量 (ℓ/日)	燃料単価 b(円/ℓ)	油脂単価 d(円/ℓ)	1日当たり 燃料費 (円/ℓ)	稼働日数 (日)	燃料・油脂 費 (円)
チェーンソー							739	22	16,258
グラップル0.45 EX120	500		20.8	24	124.0		2,976	20.8	61,901
グラップル0.5 PC-120	393		10	39.3	124.0		4,873	10	48,732
グラップル PC-60	82		2.1	38.9	124.0		4,824	2.1	10,130
グラップル 0.6	447		14	31.9	124.0		3,956	14	55,378
スイングヤーダ 0.5	1,094		33.6	32.6	124.0		4,042	33.6	135,825
ハーベスタ Gpi-40T		31	9.6	3.2		750	2,400	9.6	23,040
フォワーダ 3t	90		4.9	18.4	124.0		2,282	4.9	11,180
フォワーダ 4t	252		10.4	24.2	124.0		3,001	10.4	31,208
フォワーダ 7t	1,088		18.3	59.5	124.0		7,378	18.3	135,017
トラック 3t	360		6	60	124.0		7,440	6	44,640
トラック 7t	360		6	60	124.0		7,440	6	44,640
トラック 7.5t	660		14	47.1	124.0		5,840	14	81,766
合計								4) 699,715	

(5) 伐出コスト, 収益

伐出経費			備考
経費区分	費用内訳	金額(円)	
直接費	①主作業労務費 1)	1,630,610	
	②副作業労務費 2)	1,928,993	
	③機械損料・リース 3)	2,947,545	
	④修繕費		
	燃料・油脂費 4)	699,715	
	機械運搬・回送費	158,000	
	直接費計 A	7,364,863	
間接費	諸経費	a 1,472,973	A*20%
	林産手数料	883,784	(A+a)*10%
	検知料	472,020	500円/m3
	販売手数料	481,460	売上金*5%
	仕分け料	755,232	800円/m3
	間接費計 B	4,065,468	
伐出費総計 C=A+B		11,430,331	5,648,520
売上金 D		9,629,208	
収益 E=D-C		(1,801,123)	

生産性・伐出コスト・収益		
出材量 W	944.04	m3
作業延人員総計 L		
作業路開設・トラック運搬含む	184.3	人工
作業路開設・トラック運搬除く	144.8	人工
労働生産性 L/W		
作業路開設・トラック運搬含む	5.122	m3/人日
作業路開設・トラック運搬除く	6.520	m3/人日
m3当たり伐出経費 C/W		
作業路開設・トラック運搬含む	12,108	円/m3
作業路開設・トラック運搬除く	5,983	円/m3
m3当たり売上金 D/W	10,200	円/m3
m3当たり収益 E/W		
作業路開設・トラック運搬含む	-	円/m3
作業路開設・トラック運搬除く	-	円/m3

4.1 調査区等概要



I 工区におけるフォワーダによる延長 **2km** の搬出工程である。一般的にフォワーダというクローラ式の車両はその走行性能から短距離搬出に用いられる上、走行過程に無駄のない循環型に配置された路網においてその効果を最大限に発揮する。当現場のように材を満載した状態で長距離を走行することは、搬出工程のサイクルタイムと伐採・集材・造材工程でのサイクルタイムがリンクしにくい予想され、生産性の低下につながると懸念される。さらに、既往の研究によると(岡ら 2007)、フォワーダの実車時における曲線半径 **5m** 未満のヘアピンカーブでの走行速度は、車両性能として持つ最大速度のわずか **0.1~0.2** 倍程度であることがわかっており、当現場のようなヘアピンカーブの多い線形ではさらに多くの時間を費やすことが予想される。しかし、現在の林業界の方針として長伐期大径材の育成が進められているため、将来大径材林分での施業が多く発生してくるものと予想される。

- 46 -

査のデータは有用性の高いものとなる。

これまでの実績により、路網と高性能林業機械の組合せによる作業システムで一定の生産性が得られることが確認されてきた。しかし、当現場のような非循環型の既設作業路のみの条件ではフォワーダ等の車両系の作業システムに頼る他なく、このような不利な条件下でいかに最大の生産性をあげ得る作業システムを選択するかが重要となる。

本調査ではこれらの背景をもとに、並列作業と直列作業の２種類の作業方法による生産性を比較し分析した。

4.2 時間観測結果

4.2.1 並列調査結果

並列作業調査は平成 19 年 11 月 1 日から 2 日にかけて 2 日間に渡り行った。作業員は 2 名で 2 日間の延べ人数は 4 人である。後日森林組合から提供された作業日報の集計により、作業種ごとの作業時間を集計し、延べ作業時間を算出した結果、32 時間であった。表-4 に内訳を示す。

表-4 並列作業延べ時間

日付	天候	作業員	単位作業	作業種1	時間
2007/11/1	曇り	A	1伐採	01伐倒	6.0
2007/11/1	曇り	A	4搬出運搬	10積み込み	0.5
2007/11/1	曇り	A	4搬出運搬	09搬出	1.0
2007/11/1	曇り	A	3造材	05プロセッサオペレータ	1.0
2007/11/1	曇り	B	3造材	05プロセッサオペレータ	2.5
2007/11/1	曇り	B	3造材	06チェーンソー造材	2.5
2007/11/1	曇り	B	4搬出運搬	09搬出	2.0
2007/11/1	曇り	B	4搬出運搬	10積み込み	1.5
2007/11/2	曇り	A	1伐採	01伐倒	3.5
2007/11/2	曇り	A	3造材	06チェーンソー造材	3.5
2007/11/2	曇り	A	4搬出運搬	09搬出	1.0
2007/11/2	曇り	B	2木寄せ	03木寄せ	6.0
2007/11/2	曇り	B	4搬出運搬	09搬出	1.0
計					32.0

さらに、並列作業期間中にフォワーダによって搬出された材積の算出を行った。その結果、2 日間で合計 51.2 m³の材が搬出された（表-5）。

表-5 並列作業におけるフォワーダ出材積

日	フォワーダ	搬出回数	出発時刻	材積(m3)	合計出材積(m3)	
11月1日	7t	①	12:43	4.9	29.7	51.2
		②	14:00	12.2		
		③	15:40	12.6		
11月2日	4t	①	11:30	5.8	5.8	
	7t	①	11:15	15.7	15.7	

これらの結果から並列作業の生産性（伐出工程）を算出した（表-6）。

表-6 直列作業生産性

生産性（時間当たり）	生産性（1日当たり,実働6時間）
1.60 m ³ /時	9.60 m ³ /人日

並列作業での生産コスト（伐出工程）は 3,953 円/m³であった。

4.2.2 直列調査結果

直列作業調査は平成 19 年 11 月 8 日から 9 日にかけて 2 日間に渡り行った。調査日前の 4 日間（3,5,6,7 日）を伐採、集材、造材集中期間、8、9 日を積み込み・搬出集中期間と区分した。作業員は 4 名で 6 日間の延べ人数は 14 人である。後日森林組合から提供された作業日報の集計により、作業種ごとの作業時間を集計し、延べ作業時間を算出した結果、104 時間であった。表-7 に内訳を示した。

さらに、直列作業調査を行った 2 日間にフォワーダによって搬出された材積の算出を行った。その結果、2 日間で合計 180.0 m³の材が搬出された（表-8）。

これらの結果から直列作業の生産性（伐出工程）を算出した（表-9）。また、直列作業での生産コスト（伐出工程）は 4,296 円/m³であった。

この結果より直列作業の優位性が認められた。

さらに、フォワーダの機種による出材能力を確認するため、各機種の平均積載材積と平均往復時間を算出した（表-10、表-11）

表-7 直列作業延べ時間

日付	天候	作業員	単位作業	作業種1	時間
2007/11/3	晴れ	A	1伐採	01伐倒	3.5
2007/11/3	晴れ	A	3造材	06チェーンソー造材	3.5
2007/11/3	晴れ	A	2木寄せ	4その他	1
2007/11/3	晴れ	B	2木寄せ	03木寄せ	3
2007/11/3	晴れ	B	3造材	06チェーンソー造材	4
2007/11/3	晴れ	B	3造材	05プロセッサオペレータ	1
2007/11/5	曇り	A	1伐採	01伐倒	5
2007/11/5	曇り	A	3造材	06チェーンソー造材	2.5
2007/11/5	曇り	A	2木寄せ	03木寄せ	1
2007/11/5	曇り	B	2木寄せ	03木寄せ	2.5
2007/11/5	曇り	B	3造材	06チェーンソー造材	2
2007/11/5	曇り	B	3造材	05プロセッサオペレータ	4
2007/11/6	曇り	A	1伐採	01伐倒	6
2007/11/6	曇り	A	3造材	06チェーンソー造材	2.5
2007/11/6	曇り	B	3造材	05プロセッサオペレータ	6
2007/11/6	曇り	B	2木寄せ	03木寄せ	1
2007/11/6	曇り	B	3造材	06チェーンソー造材	1.5
2007/11/7	晴れ	A	1伐採	01伐倒	6
2007/11/7	晴れ	A	3造材	06チェーンソー造材	2.5
2007/11/7	晴れ	B	3造材	05プロセッサオペレータ	6
2007/11/7	晴れ	B	2木寄せ	03木寄せ	1
2007/11/7	晴れ	B	3造材	06チェーンソー造材	1.5
2007/11/8	晴れ	B	4搬出運搬	09搬出	3.5
2007/11/8	晴れ	B	4搬出運搬	10積み込み	1.5
2007/11/8	晴れ	C	4搬出運搬	10積み込み	4
2007/11/8	晴れ	C	4搬出運搬	09搬出	4
2007/11/8	晴れ	D	4搬出運搬	10積み込み	4
2007/11/8	晴れ	D	4搬出運搬	09搬出	4
2007/11/9	曇り	B	4搬出運搬	09搬出	4
2007/11/9	曇り	B	4搬出運搬	10積み込み	4.5
2007/11/9	曇り	C	4搬出運搬	09搬出	2
2007/11/9	曇り	D	4搬出運搬	09搬出	2.5
2007/11/9	曇り	D	4搬出運搬	10積み込み	3
計					104

表-8 直列作業におけるフォワーダによる出材積

日	フォワーダ	搬出回数	出発時刻	材積(m3)	合計出材積(m3)	
11月8日	3t	①	11:12	5.9	26.2	110
		②	13:20	5.7		
		③	14:33	3.8		
		④	15:37	5.9		
		⑤	16:55	4.9		
	4t	①	10:56	5.8	31.5	
		②	11:53	6.1		
		③	13:43	6.5		
		④	15:04	8.3		
		⑤	16:20	4.8		
	7t	①	11:24	16.7	52.3	
		②	13:33	13.7		
		③	14:48	12.3		
		④	15:55	9.6		
11月9日	3t	①	10:07	4.1	4.1	70
	4t	①	8:??	6.3	12.8	
		②	13:51	6.5		
	7t	①	8:??	12.6	53.1	
		②	11:39	7.5		
		③	13:47	11.7		
		④	15:01	11.5		
		⑤	16:51	9.8		

表-9 直列作業の生産性

生産性（時間当たり）	生産性（1日当たり,実働6時間）
1.73 m ³ /時	10.38 m ³ /人日

表-10 フォワーダ積載材積

フォワーダ機種	平均積載材積（m3）
3t	5.1
4t	6.3
7t	12.6

表-11 フォワーダ平均搬出時間

フォワーダ機種	積込	往路	荷下ろし	復路	合計
3t	0:14:25	0:19:30	0:12:26	0:18:07	0:50:03
4t	0:18:14	0:17:59	0:08:37	0:15:38	0:42:15
7t	0:29:56	0:24:33	0:05:59	0:20:14	0:50:46

7t フォワーダは平均積載材積が他機種約 2 倍を示したが、搬出時間では顕著な差がみられなかった。搬出時間をほぼ同等と考えれば積載量が多い 7t の使用が有効であることが示された。

さらに、各フォワーダの搬出往復時間と平均積載材積から、機種ごとの時間当たり搬出量を算出した（図-3）

効果的な作業システムを考える時、生産性をあげるための搬出材積の増加を図るとともに、減価償却費や維持管理費、燃料費を含む 1 日あたりの損料を把握し、生産コストを含めたコストパフォーマンスで判断する必要がある。1 日の使用で生じる損料と出材積でみる搬出能力で総合的に判断し、最もコストパフォーマンスが高い組み合わせを抽出することができる。直列作業を選択し、1 日実働 6 時間として搬出を集中的に行った場合について、フォワーダの組合せを変えて最大のコストパフォーマンスを発揮し得る組合せをシミュレーションした。作業員賃金は実績値を参考に 18,000 円と設定する。

表-12 と図-4 に各フォワーダの組合せごとの生産コストを示した。

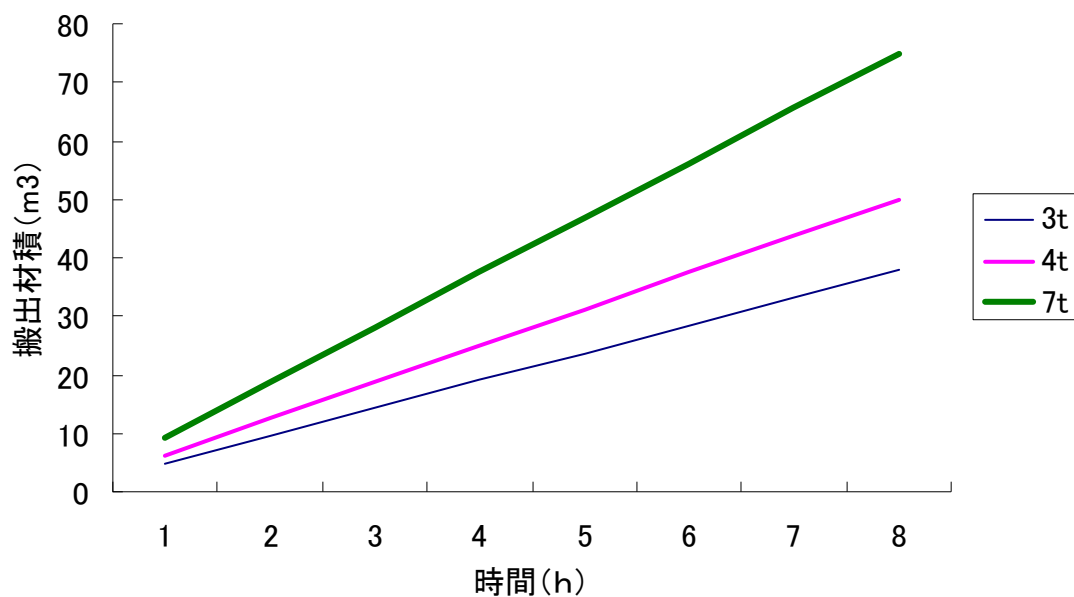


図-3 フォワーダ機種別時間当たりの搬出材積

表-12 フォワーダの組合せごとの生産コスト

○3t フォワーダ×1 台の場合

出材積	28.5	m3
機械損料	34,025	円
労務費(1 名)	18,000	円
生産コスト	1,825.4	円/m3

○4t フォワーダ×1 台の場合

出材積	37.5	m3
機械損料	9,201	円
労務費(1 名)	18,000	円
生産コスト	725.4	円/m3

○7t フォワーダ×1 台の場合

出材積	56.2	m3
機械損料	20,869	円
労務費(1 名)	18,000	円
生産コスト	691.6	円/m3

○3t フォワーダ+4t フォワーダ+7t フォワーダの場合

出材積	122.2	m3
機械損料	63,915	円
労務費(2 名)	54,000	円
生産コスト	964.8	円/m3

○3t フォワーダ+7t フォワーダの場合

出材積	84.7	m3
機械損料	54,894	円
労務費(2 名)	36,000	円
生産コスト	1,073.1	円/m3

○4t フォワーダ+7t フォワーダの場合

出材積	93.7	m3
機械損料	30,070	円
労務費(2 名)	36,000	円
生産コスト	705.1	円/m3

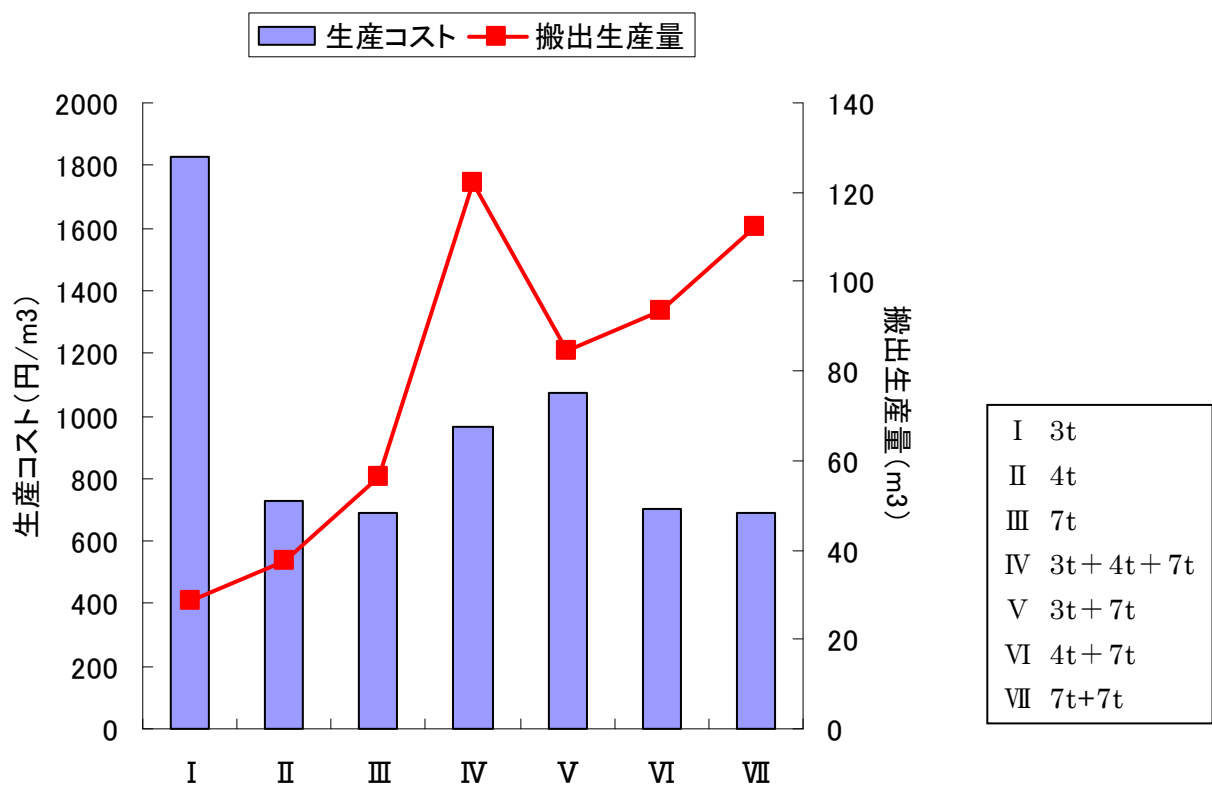


図-4 フォワーダ組合せ別生産コストと搬出材積

図4では各フォワーダの組合せ別の生産コスト（棒グラフ）と搬出生産量（折れ線グラフ）を表している。低い生産コストで搬出生産量が多い、つまり棒グラフと折れ線グラフの開きが最も大きいものが、最大のコストパフォーマンスを示すことになる。グラフより、Ⅶのシステムである「7t フォワーダ 2 台」による作業システムが最大のコストパフォーマンスを示すことがわかる。同機種を使う場合何台投入しても生産コストは同じであるので、複数台の使用を計画するならば積載量が最大である 7t フォワーダを同機種で投入することが効果的となる。

しかし、現実的に、現在飛騨市森林組合が所有する機種の組み合わせの中で最大のコストパフォーマンスをあげるには、Ⅳのシステムである 3t フォワーダ、4t フォワーダ、7t フォワーダの全機種投入型となる。3t フォワーダは現時点では損料が他機種と比較して高い上、主に 2m 材といった短材の搬出に使用されているため出材積が稼げず生産性を下げるネックポイントとなっている。しかし、4t、7t フォワーダと併用することで生産コストのネックを搬出材積を稼ぐことにより相殺でき、高いコストパフォーマンスを示すことが確認できた。長期的に見れば 3t フォワーダの使用頻度を多くすることで今後の 1 日当たり減価償却費を抑えることができ損料の低減化に繋がるため、立地条件を精査した上での組合せによる使用が求められてくる。

さらに、最も生産性の高いと判断された 7t フォワーダは現在リースによる使用となっている。月額 13,600 円のリース代と燃料費のみで損料が構成されているが、仮に購入する

と初年度は 1 日当たり 9 万円弱の損料を計上することとなる。(メーカー希望小売価格 1,440 万円、年間稼働日数 100 日、年間修理費 100 万円として計算) 購入後 5 年目(減価償却の最終年)で 1 日当たり損料が約 22,000 円となり、リース価格と同程度となる。今回の調査で直列作業の有効性が示唆された結果から、今後他の現場で直列作業を導入するとして工程計画を立てる場合、直列作業であれば搬出作業期間に的を絞ったリース計画が可能となり、経費の削減に有効的である。

また、直列作業であれば他現場との兼ね合いを考慮した横断的な作業員の配置や機械の回送等を計画することが可能となる。これは、戦略的な事業計画や工程計画の立案につながり、精度の高い見積もりの作成にもつながる。

5. まとめ

2km を超える延長の搬出工程を含む施業地であっても、単木材積が大きければ高い生産性を示すことが確認できた。また、並列作業より直列作業の方が生産性が高いことが示唆された。各調査による生産性さらに、フォワーダ搬出では最大のコストパフォーマンスを示す組合せが、7t フォワーダの複数台投入型(シミュレーションでは 2 台までで推定)であることが分かり、現在森林組合が保有する機械の使用範囲内では 3t、4t、7t フォワーダの全機種投入型が最も高いコストパフォーマンスを示すことが確認された。

本事業に対する当初の森林組合の計画では、総生産材積を 400 m³と見込んでいた。事業実施後の聞き取りによると、計画段階では 2 ヶ月間の事業工期に対して、2km の延長の搬出と山土場まで 10t トラックが進入できないこと等の不安材料から、生産材積を少なく見積もらざるを得なかった。しかし、単木材積の大きさとフォワーダ 3 台を投入した効果的な搬出から、944.04 m³の生産がなされる結果となった。これには根曲がりやクマ剥ぎ被害木も伐採して欲しいとの所有者の意向もあり、計画以上の生産がなされたという経緯もあるが、それら形状の劣る材や大径の打ち出し部分についてもベニヤ材として搬出できたことが生産材積を増加させ、伐出コストの低減にもつながった。また、10t トラックが山土場まで進入できないことから、組合所有の 7.5t 等のトラックによる自社運搬となったが、それらにより運搬した材を組合土場にストックして自ら仕分けしたことにより、材の性質による売り先の設定が可能となり、結果的に戦略的で効果的な販売を実施することにつながった。

今回、長距離フォワーダ運搬システムの実証ができたことにより、条件に合致する他の現場での汎用が可能となると思われる。しかし、今回の現場では搬出の中心となった作業路が既設であったことによる影響は大きい。基幹林道や作業路の皆無である施業地において、作業路の新規開設から行う事業では単木材積が大きいと言えど高い生産性は見込めない。今後は、流域単位の数ヵ年計画を樹立し、単年度ごとに団地化して作業路を開設しながら道周辺の間伐を行い、開設コストを抑えて施業エリアを拡大していくという方針が妥当であると考えられる。

また、本事業では積雪の後、作業路を多くのフォワーダが走行したことによる路面の攪乱で表土が泥状になり、林内及び溪流に泥土が流出するという現象が確認された(写真 10)。



写真1 フォワーダ走行による作業路面の攪乱と林内への泥土の流出状況

特に信地旋回位置（写真1左）となるヘアピンカーブでは路面の攪乱が激しい。これらの被害は車両系搬出では必然的に生じやすくなるが、今回の事業のようにフォワーダの走行回数が多い現場では、あらかじめヘアピンカーブ地点に丸太を埋設する等の予防処置を施すことが望ましい。さらに、降雨、降雪後では特に攪乱は激しくなることから、そのような期間は伐採・造材等の作業に従事する等の配慮も必要であろう。

本調査でも見受けられたが、有能な若手作業員の多い作業班であるので、今後の熟練によりさらなる効率のよい作業が達成され则认为られる。今回の事業による成果の組合内での水平展開を望むとともに、作業日報の記録等の継続を期待する

高性能林業機械による急傾斜地における木寄せ・造材作業の 労働生産性および習熟度調査

静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター 渡井 純
静岡県賀茂農林事務所 佐々木 重樹

1 研究の背景

近年、林業生産性の向上、労働強度の軽減、低コスト化等を目的として、林業作業においても機械化が積極的に図られている。しかし、一方では、特に、プロセッサやハーベスタのようなヘッド重量のある大型林業機械では、ベースマシンの小型化が難しく、有効利用できる現場に限られるなどの理由で普及が十分進んでいない。これらの問題点を解決するため、ヘッド部の小型化や軽量化などの改良が進められ、現在では、0.25m³クラス以下のバックホーにも装着が可能となり、林地における汎用性が高まっている。従来であればチェーンソーで造材しなければならなかった急峻な林地においても、小幅員の作業路を作設することにより高性能林業機械の利用が可能となってきたが、このような作業における調査事例はまだ少ない。また、高性能林業機械の操縦技術においても、技能修得に経験が必要であり、オペレーターの育成にどの程度の期間がかかるかなどの情報がなく、導入の際の障害となるケースが見られる。本研究では、急傾斜地におけるハーベスタを使用した木寄せ・造材・集積作業の功程調査を行いその労働生産性を調べた。また、3ヶ年の調査結果から、機械作業の労働生産性を指標としてオペレーターの習熟度の検証を行った。

【調査方法】

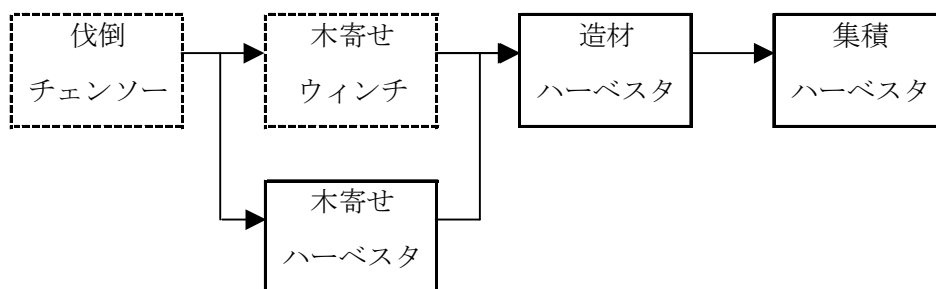
調査は、2003年12月、2005年3月、2006年3月にそれぞれ利用間伐林分において行った。各調査地の概要を表-1に示す。ハーベスタのオペレーターは、3調査地とも同一であり、2003年12月の時点では運転に関する事前研修を受けたのみで、現場の作業はこの時が初めてであった。調査は、ビデオ撮影により作業時間の計測を行い、搬出材積は作業中に随時実測した。

表-1 各調査地の概要

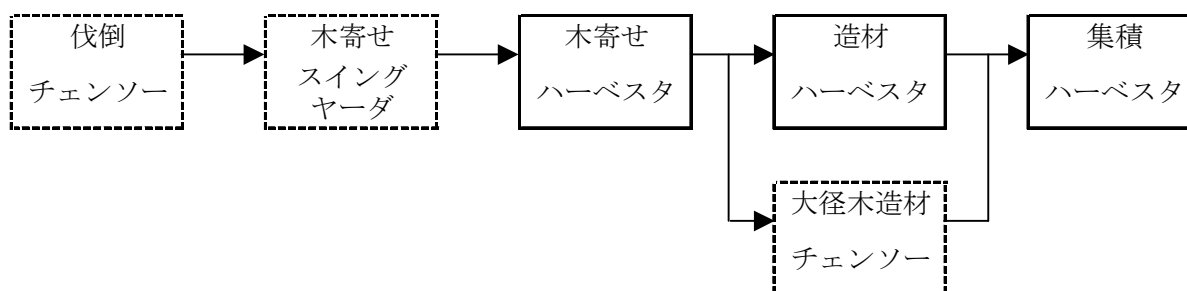
項 目	2003年調査地	2005年調査地	2006年調査地
所在地	静岡県賀茂郡南伊豆町 一条地内 南伊豆町有林	静岡県伊豆市湯ヶ島地内 湯ヶ島国有林	静岡県賀茂郡南伊豆町 一条地内 南伊豆町有林
林班	87い1	37い1	87い1
樹種	スギ・ヒノキ	ヒノキ	スギ・ヒノキ
林齢	32年生	60年生	34年生
平均斜度	30度	27度	30度
間伐率	25% (列状)	30% (定性)	30% (定性)
標準幅員	2.0m	2.5m	2.0m
使用機械	ヤンマーGLOBAL Vi050 キャビン仕様 +KETO Mini30	日立ZAXIS 75US・ 2ピースブーム仕様 +KET051ハーベスタヘッド	日立ZAXIS 75US・ 2ピースブーム仕様 +KET051ハーベスタヘッド
造材材積	4.85m ³	26.73m ³	18.26m ³

作業仕組みについて図－１に示す。伐倒木は、ウィンチもしくはスイングヤーダにより全木の状態で作業路脇および林道脇のハーベスタでつかめる範囲まであらかじめ木寄せを行っていた。その状態から、作業路上でハーベスタが木寄せ・造材・集積作業を行った。また、ハーベスタでは造材できない大径木が一部見られたが、それらについては、チェーンソーにより造材した。

○2003年調査



○2005年・2006年調査



図－１ 作業システム概念図

※ [] は調査対象外。

2 調査結果

表－２にハーベスタ作業における各要素作業別の所要時間を示す。どの調査においても「集積」に占める割合が最も高かった。特に 2003 年・2005 年調査では他の要素に比べ 10 ポイント以上も高い割合となった。2006 年調査でも「集積」作業の割合が最も高くはなかったが、「その他」を除き各要素とも差は少なかった。

図－２に各要素作業別の各調査年における労働生産性（１日の作業時間を６時間とする）を示す。2003 年調査時に比べ、「木寄せ」作業は 2005 年および 2006 年調査は労働生産性の向上が見られた。「集積」作業については、2003 年と 2005 年はほとんど差がなかったが、2006 年調査時では労働生産性の向

表－２ ハーベスタの要素作業別所要時間

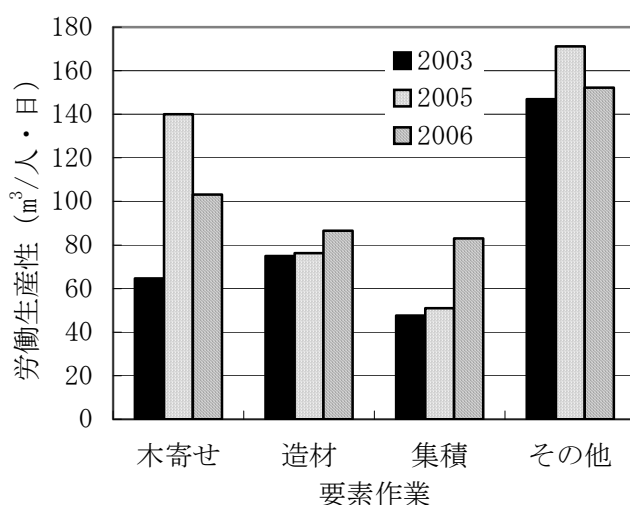
要素作業	所要時間 (sec)		
	2003年	2005年	2006年
木寄せ	1621 (27%)	4123 (15%)	3825 (24%)
造材	1399 (24%)	7565 (29%)	4555 (29%)
集積	2202 (37%)	11338 (43%)	4748 (30%)
その他	713 (12%)	3373 (13%)	2591 (17%)
計	5935	26399	15719

※その他は移動、枝条処理、準備、打ち合わせ等。

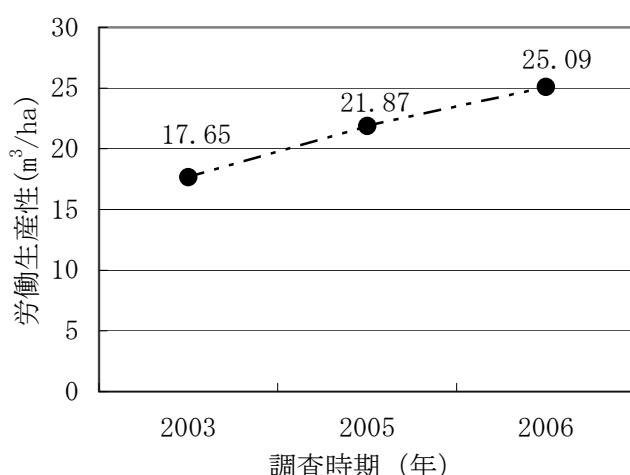
上が見られた。これらの作業は、現場条件の影響を受けやすいということもあると思うが、現場の隣接した 2003 年と 2006 年調査において、かなり差が見られることから経験による技術の向上があったものと思われる。一方、「造材」作業は、各調査年ともほとんど差が見られなかった。これは、「造材」作業が現場条件の影響を受けにくいことと、ハーベスタの操作上、経験による向上があまり見込めない作業であると考えられる。逆の言い方をすれば、ハーベスタやプロセッサの作業においても「造材」のみを行う場合には、経験の浅いオペレーターでも機械の能力を十分発揮させられるということになる。

図－3 に作業全体の各調査年における労働生産性を、表－3 に経験年数による労働生産性の上昇率を示す。労働生産性は、2003 年から 2006 年にかけて上昇しており、その上昇率は、経験年数 1 年および 2 年でそれぞれ 24.0%、42.2% となり、経験年数により技術の向上がなされたものと思われる。しかし、1 年間の上昇は未経験から 1 年にかけてが 24.0 ポイントであるのに対して、1 年から 2 年にかけての上昇は 18.2 ポイントと低く、伸びの鈍化が見られ、熟練による労働生産性の向上が止まりつつある傾向が見られた。

また、急傾斜地および小幅員作業路における作業効率では、作業全体における労働生産性が最も高い 2006 年調査で 25.09m³/ha となり、ある程度の労働生産性は示したものの、ハーベスタを使用した「木寄せ」－「造材」－「集積」の工程を考えた場合、高い値とは言えないと思われる。これらの作業工程を考えた場合、現場が急傾斜というより、やはり作業場所である作業路幅員が狭いことが作業効率に影響を与えたと思われる。急傾斜地においては、作業路幅員の制約が大きくなることが予想されるが、今後は、作業路作設や生産効率を含め、急傾斜地にあった作業システムの検討が必要であると思われる。



図－2 各調査年における要素作業別の労働生産性



図－3 各調査年における作業全体の労働生産性

表－３ 経験年数による労働生産性の上昇率

経験年数	未経験時からの上昇率 (%)	１年間の上昇率 (%)
未経験（2003年12月）	－	－
１年（2005年３月）	24.0	24.0
２年（2006年３月）	42.2	18.2

関連資料

- 平成 15 年度静岡県林業技術センター業務報告書．P17-18. 「プロセッサによる列状間伐木の搬出・造材作業の作業工程」
- 素静岡県林業技術センター研究報告第 33 号．P11-14. 「プロセッサによる列状間伐木の搬出造材作業の労働生産性」
- 平成 16 年度静岡県林業技術センター業務報告書．P21-22. 「ハーベスタとフォワーダによる間伐木の造材・搬出作業の作業工程」
- 平成 17 年度静岡県林業技術センター業務報告書．P11-12. 「ハーベスタによる間伐木の造材作業の作業工程（３年目）」

スイングヤーダ集材における機械の作業能率分析

愛知県農林水産部 齋藤哲生

スイングヤーダ集材による 列状間伐の作業分析



はじめに

■ 目的

高性能林業機械の作業システムを確立し、
労働生産性の向上と木材生産コストの削減を図る

■ 「低コスト木材生産システム」

- ・ スイングヤーダ集材、プロセッサ造材、
フォワーダ運材による作業システム
- ・ 2004～2005年度に実証。2006年度から実施

2

低コスト木材生産システム

■ 高性能林業機械

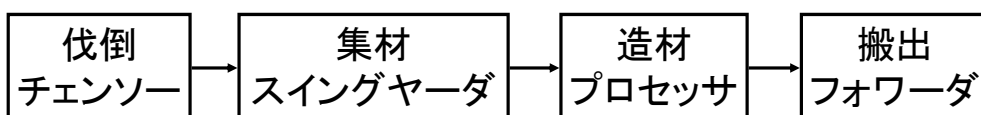
集材:スイングヤーダ

造材:プロセッサ

運材:フォワーダ

■ 間伐方法 列状:2残1伐(間伐率33%)

■ 簡易作業道 幅員2m～2.5m



3

調査個所位置図



4

調査地の概要

調査地	スイングヤード					プロセッサ		フォワーダ	
	調査番号	樹種	傾斜(度)	集材方向	索張距離(m)	調査番号	傾斜(度)	調査番号	運搬距離(m)
A 新城市作手荒原						1	35		
						2	35~38		
						3	38		
B 新城市作手荒原	1	スギ	37~39	下荷	60~62	1	31	1	260
	2	スギ	38	下荷	約60	2	4~18	2	40~50
C 新城市作手清岳	1	ヒノキ	7~8	下荷	53~59	14			
	2	ヒノキ	14	下荷	57~73				
	3	ヒノキ	16~18	下荷	54~57				
	4	ヒノキ	24~26	下荷	89~97				
D 新城市須長		ヒノキ	24	上荷	約30	20・25			
E 豊田市万根町						36			

伐採方法 A,B,C,Eは2m伐4m残の列状間伐、Dは10m伐20m残の帯状伐

索張方式 A,B,C,Eはランニングスカイライン、Dはスラックライン

5

スイングヤーダ作業

■ 使用機種

調査地A～C :コマツHC20(PC60)

調査地D :コマツHC30(PC120)

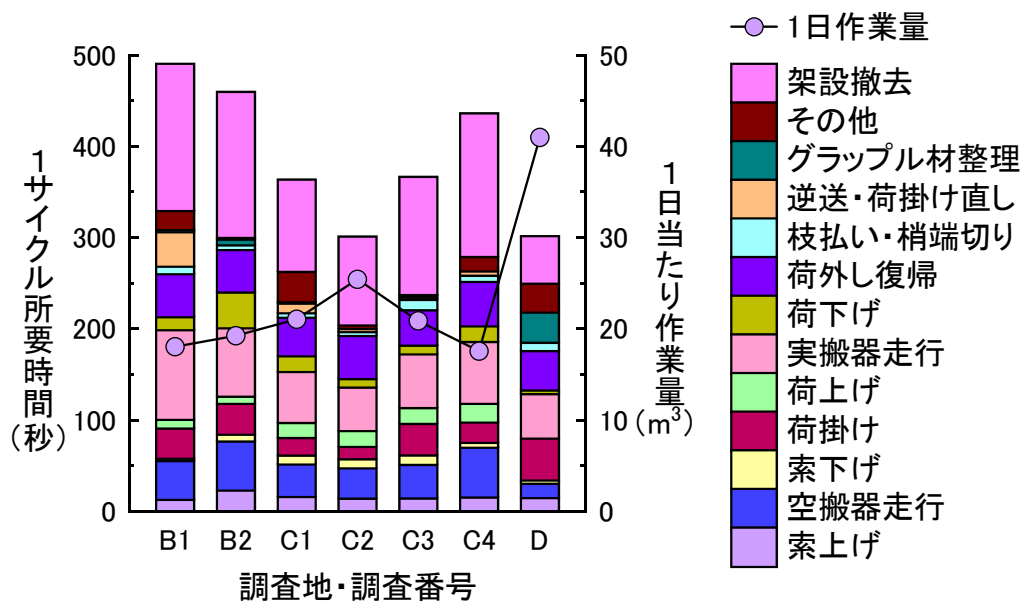
調査地E :イワフジTW-202L(CT-500)

■ オペレータと荷掛手の2人作業

(オペレータは荷外しも行う)

6

スイングヤーダ集材の作業能率



7

プロセッサ作業

■ 使用機種

調査地A～C :イワフジGP532(CT-500)

調査地D :コマツGP-35A(PC120)

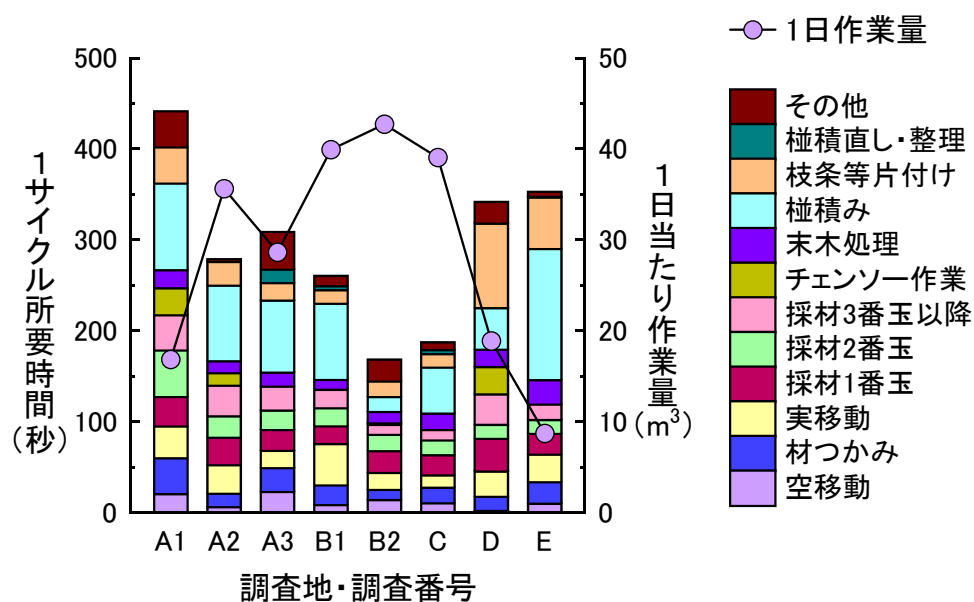
調査地E :イワフジGP532(CT-500)

■ スイングヤーダによる先行集材後に造材

■ 調査地B,Cの枝条処理は、作業路に枝条の敷き込みを行った

8

プロセッサの作業能率



9

フォワーダ作業

■ 使用機種

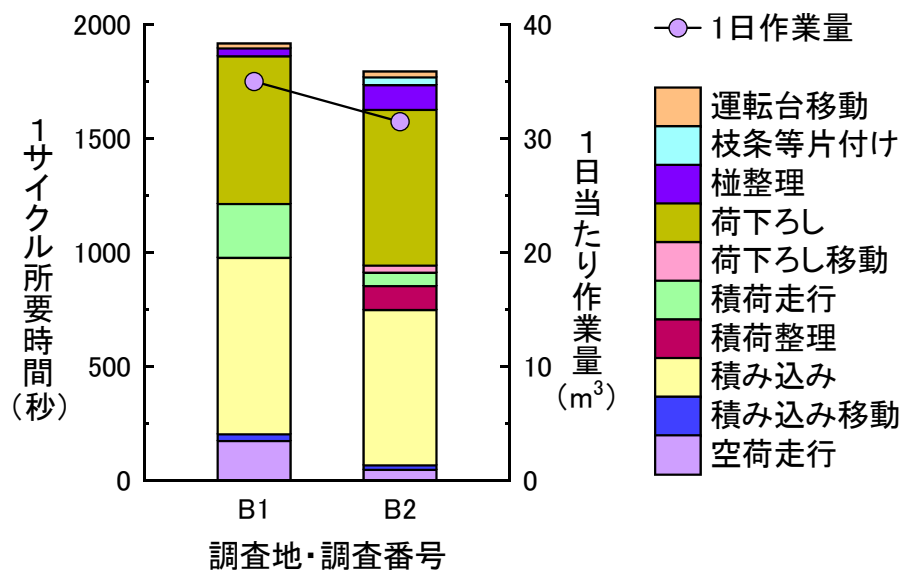
調査地A～C : 魚谷AK-3

調査地E : イワフジU-3BG

- 積込み、荷下しは車載グラップルを使用
- 調査地Bでは、プロセッサと連携した積込み作業を行った

10

フォワーダの作業能率



11

生産システム全体の労働生産性

調査地	平均 胸高直径 (cm)	平均 素材材積 (cm)	選木 (m ³ /人日)	伐倒 (チェーンソー) (m ³ /人日)	集材 (スイング ヤーダ) (m ³ /人日)	造材 (プロセッサ) (m ³ /人日)	運材 (フォワーダ) (m ³ /人日)	全体 (m ³ /人日)
A 新城市作手荒原	24	0.385	96.3	49.3	7.1	27.0		4.80
B 新城市作手荒原	24	0.385	96.3	49.3	9.3	41.3	33.2	5.20
C 新城市作手清岳	24	0.333	83.3	32.0	10.6	39.1		6.13
D 新城市須長	22	0.290	72.5	37.1	20.5	18.9		7.02
E 豊田市万根町	18	0.139	34.7	21.3	4.7	8.7	23.2	2.25

* 青字は推定値

- 調査地A～Dの労働生産性は5～7m³/人日
- 調査地Eでは、立木材積が小さかったことと、作業員の経験不足から生産性が低かった

12

まとめ

■ スイングヤーダ集材

帯状伐の調査地では全木2本集材を行ったため、単木集材の列状間伐に比較して、労働生産性に大きな差がみられた。

13

まとめ

■ プロセッサ造材

桧積み作業が25%を占めた。このため、玉切り作業時に、丸太を桧に落とすことで労働生産性が向上した。



14

まとめ

■ フォワーダ運材

積込み、荷下しの作業比率が大きかった。

運搬距離260mの調査地では、移動時間は作業全体の約20%であり、運搬距離の影響は比較的小さかった。

15