

平成21年度林業普及全県プロジェクトチーム報告

# ひょうご「伐採・搬出事業支援システム」の確立 ～ 第二世代の提案型施業プラン ～ — 調査報告書 —



平成22年3月

兵庫県立農林水産技術総合センター  
森林林業技術センター

## はじめに

---

戦後、急速に植林が進んだ本県の人工林資源は、建築用材等に十分、利用可能な段階に移行しつつあります。

こうした中、平成 26 年度までに約 50ha 程度の 168 の低コスト経営団地や約 1 千 ha 程度の 3 つの流域林業モデルエリアの設置と集中的な作業道の開設を行うことにより、高密度路網の整備を進めて施業の集約化を図っています。

森林林業技術センターでは、林業専門技術員・森林林業専門員・関係行政係長・京都大学で構成する「平成 21 年度林業普及全県プロジェクト」を設置して、「低コスト経営団地」や「流域林業モデルエリア」の設定促進、「提案型集約化施業」の推進の 3 つの課題について検討を図ってきました。特に、低コスト経営団地やモデルエリア内においては、提案型集約化施業の普及・定着に向けて、地域の実情に応じた「低コスト作業システム」の導入を図り、透明性の高い「施業プラン」を森林所有者に提案していくことが不可欠と考えています。

そのため、プロジェクトでは、間伐搬出コストの予測、作業システムの改善、次回間伐を視野に入れた将来予測などを目的に、提案型集約化施業の支援ツールの開発に取り組んできました。平成 19 年度から 21 年度までの 3 年間、スイングヤーダ、ロングリーチグラブプル、プロセッサ、フォワーダなどの高性能林業機械等による低コスト作業システムの功程調査・分析を行ってきました。

これら集めたデータは、特に京都大学農学部森林科学科市川隆史氏に分析・取りまとめていただきました。また、(社)兵庫県林業会議(石堂則本会長)の多大なるご協力・ご支援をはじめ、同大学フィールド科学教育センター里山資源保全学分野長谷川尚史准教授には調査分析・とりまとめ・システムの確立に対して適切な指導・助言をいただき、お陰をもちまして、本調査報告書「ひょうご伐採・搬出事業支援システムの確立～第二世代の施業プラン～」を刊行することが出来ましたことを、心よりお礼を申し上げます。

また、森林組合、林業事業体等の皆様には現場での功程調査にご協力をいただきました。

ここに、厚くお礼申し上げます。

なお、本報告書が、県内の原木の安定的な供給、ひいては地域への利益還元に少しでもお役に立てれば幸いです。

平成 22 年 3 月

平成 21 年度林業普及全県プロジェクトチーム

# 目 次

|   |    |
|---|----|
| <b>I 調査概要</b> . . . . .                 | 1  |
| 1. 調査目的 . . . . .                       | 1  |
| 2. 調査方法 . . . . .                       | 1  |
| ① 調査地                                   |    |
| ② 林分調査                                  |    |
| ③ 要素作業時間の解析                             |    |
| ④ シミュレーションモデルの構築                        |    |
| ⑤ 作業コストの推定                              |    |
| <b>II 構築したシミュレーションモデル</b> . . . . .     | 3  |
| 1. 要素作業時間解析における要素作業の分類 . . . . .        | 3  |
| 2. 要素作業時間の推定式の作成と適合性の検証 . . . . .       | 3  |
| 3. 構築されたシミュレーションモデル . . . . .           | 6  |
| <b>III シミュレーション</b> . . . . .           | 9  |
| 1. シミュレーションの条件設定 . . . . .              | 9  |
| 2. 各作業システムにおける搬出コスト . . . . .           | 10 |
| ① スイングヤード集材                             |    |
| ② ウインチ併用グラップル集材                         |    |
| ③ ロングリーチグラップル集材                         |    |
| ④ プロセッサ直接木寄せ                            |    |
| 3. 条件を変えた場合の搬出コスト変化 . . . . .           | 14 |
| ① 立木の大きさ                                |    |
| ② 歩留まり                                  |    |
| ③ フォワーダ運搬距離と積載本数                        |    |
| ④ 連携型作業と分離型作業                           |    |
| ⑤ 年間稼働日数                                |    |
| 4. 作業道に関する検討 . . . . .                  | 19 |
| ① 運搬距離                                  |    |
| ② 作業道作設コストを考慮した総搬出コスト                   |    |
| ③ より長期的なコストの試算                          |    |
| <b>IV まとめ</b> . . . . .                 | 23 |
| <b>V 今後の課題</b> . . . . .                | 25 |
| 1. データ収集および作業の改善                        |    |
| 2. 路網にかかる費用                             |    |
| 3. 森林の管理目標と人工林の生産目標の再設定                 |    |
| <b>VI 林業普及全県プロジェクトチームメンバー</b> . . . . . | 27 |

# I 調査概要

## 1. 調査目的

国産材資源の充実や政治・経済情勢の変化にともない、国産材に対する期待が高まっているが、木材価格が大きく上昇することは期待できず、原木の低コスト搬出作業システムの確立が急務となっている。全国的に再生林放棄や、間伐等の手入れが不十分な林分の増加が問題となる中、低コストでの原木搬出を行うことで森林所有者への利益還元を増やし、持続的な森林経営を目指す必要がある。

近年事業者が森林所有者に対して施業を提案し、集約化を図る取り組みが行われてきている。このような提案型集約化施業を行っていくためには、間伐作業の低コスト化を行い、さらに間伐のコスト予測、作業システムの改善、次回間伐を視野に入れた将来予測などが必要となる。本調査は提案型集約化施業の支援ツールの作成を念頭に置き、間伐作業のコスト予測および作業システム改善の支援を行うことを目的として実施した。

## 2. 調査方法

### ① 調査地

異なる作業システムを採用している県内4、岡山県1の5事業者を対象として、間伐作業における工期調査を行った。調査地と間伐林分の林況、および使用された集材機械を表1に示した。

表1 調査林分の概況

| 調査地        | 樹種        | 平均胸高直径<br>(cm) | 平均樹高<br>(m) | 平均傾斜<br>(度) | 使用した集材機械          |
|------------|-----------|----------------|-------------|-------------|-------------------|
| 兵庫県美方郡香美町  | スギ        | 34.7           | 20.9        | 32.5        | スイングヤーダ           |
|            |           |                |             | 0           |                   |
| 兵庫県たつの市新宮町 | スギ<br>ヒノキ | 24.1           | 23.3        | 31.6        | スイングヤーダ           |
| 兵庫県宍粟市波賀町  | スギ        | 28.2           | 18.5        | 23.9        | ロングリーチ<br>グラップル   |
| 兵庫県養父市鶴縄   | スギ        | 28.2           | 21.8        | 12.7        | プロセッサ<br>直接木寄せ    |
| 岡山県津山市加茂町  | スギ        | 27.7           | 20.0        | 32.3        | グラップル<br>(ウインチ併用) |

### ② 林分調査

各調査地において、プロット内の雑木を除くすべての立木、もしくは伐採列の立木に対して、胸高直径(測定高=130cm)を測定した。また、レーザー距離測定器を使用し、立木位置図を作成し、同

時に微地形の測量を行った。

### ③ 要素作業時間の解析

ビデオカメラを用いて間伐作業を撮影し、撮影した映像を元に各工程の要素作業時間解析を行った。林分調査の際に、立木にナンバリングを行い、解析時にどの木に対して行われたであるかについても記録し、作業工程ごとに作業時間に関わる各因子との関係性を分析・モデル化した。

### ④ シミュレーションモデルの構築

システムダイナミクス理論を用いた思考支援ソフト STELLA8.1 を用いて、シミュレーションモデルの構築を行った。

なお、構築したシミュレーションモデルの詳細は、次章で詳説する。

### ⑤ 作業コストの推定

構築したモデルを用いて林分条件および作業システムを変えてシミュレーションを各 30 回繰り返し、それぞれの条件下において各工程にかかる作業時間を推定した。

なお、推定された作業時間から、以下の式を用いて作業コストを求めた。

$$OC = (Ca + Cb + Cc + Cd) / V \quad (\text{式1})$$

$OC$  : 作業コスト (円/m<sup>3</sup>)、 $V$  : 搬出材積 (m<sup>3</sup>)、

$Ca$  : 伐倒工程の作業費用 (円)、 $Cb$  : 集材工程の作業費用 (円)

$Cc$  : 造材工程の作業費用 (円)、 $Cd$  : 運搬工程の作業費用 (円)

ただし、各工程の作業費用  $Cx$  の算出には式2、時間あたりの機械費  $M$  の算出には式3を用いた。

$$Cx = Tx (Mx + Ex) \quad (\text{式2})$$

$Tx$  : 各工程の作業時間 (分)、 $Mx$  : 各工程の時間あたり機械費 (円/分)

$Ex$  : 各工程の時間あたり人件費 (円/分)

$$M = D + M + R + O \quad (\text{式3})$$

$D$  : 減価償却費 (円/分)、 $M$  : 管理費 (円/分)、 $R$  : 保守・修理費 (円/分)、 $O$  : 燃料・油脂費 (円/分)

各機械の具体的な数値は「機械化のマネジメント」(全国林業改良普及協会)を参考に設定した。

## II 構築したシミュレーションモデル

### 1. 要素作業時間解析における要素作業の分類

ビデオカメラを用いた要素作業時間解析においては、伐倒から造材までの各工程の要素作業を表2のように分類した。運搬工程については、積込み、運材、桧積の作業が観測されたが、1サイクルあたりの作業が単純であること、調査したサイクル数が少ないことから、実際に観測されたそれぞれの生産性をそのまま与えることとした。

表2 各工程の要素作業

| 工程    | 機械                | 要素作業                | 作業内容                            |
|-------|-------------------|---------------------|---------------------------------|
| 伐倒    | チェーンソー            | 立木間移動               | 伐倒する木までの林内の移動                   |
|       |                   | 伐倒準備                | 伐倒する木周辺の雑木除去、伐倒方向確認<br>チェーンソー始動 |
|       |                   | 伐倒                  | チェーンソーによる伐倒作業                   |
|       |                   | かかり木処理              | かかり木の処理                         |
| 集材    | スイングヤード           | 索上げ                 | 索の張り上げ                          |
|       |                   | 空走行                 | 重機から先山への空荷の搬器走行                 |
|       |                   | 荷掛け                 | 集材する木への荷掛け                      |
|       |                   | 実走行                 | 先山から重機への実荷の搬器走行                 |
|       |                   | 荷外し                 | 材の下ろし、ワイヤー外し                    |
|       | グラップル<br>(ウインチ併用) | 移動・方向転換             | 重機の移動及び方向転換                     |
|       |                   | ワイヤー引き出し            | ワイヤーの引出し                        |
|       |                   | 荷掛け                 | 集材する木への荷掛け                      |
|       |                   | 引寄せ                 | ワイヤーを巻込み、材を引寄せる                 |
|       |                   | 荷外し                 | 材の下ろし、ワイヤー外し                    |
|       |                   | グラップル木寄せ            | ウインチを使わずに材をつかんで木寄せ              |
|       | ロングリーチ<br>グラップル   | 移動                  | 重機の移動                           |
| 木寄せ集材 |                   | アームの伸長及び伐倒された木の引き寄せ |                                 |
| 造材    | プロセッサ             | 移動                  | 重機の移動                           |
|       |                   | 材の引き寄せ              | 集材木をつかみ、引き寄せ                    |
|       |                   | 造材                  | つかんだ材の枝払いおよび玉切り                 |

### 2. 要素作業時間の推定式の作成と適合性の検証

要素作業時間解析の結果をもとに各要素作業時間の推定式を作成した。推定式を作成に当たっては、各要素作業時間と立木位置あるいは直径との間に有意な相関がみられたものについては、まず回帰式を作成した上で、回帰残差を誤差分布と見なしてその平均値と標準偏差を推定し、回帰式に

正規分布から発生させた誤差をランダムに加えたモデルを作成した。立木位置および直径のいずれとも有意な相関が見られなかった要素作業については、要素作業時間の分布が対数正規分布しているかどうかを検定し、対数正規分布と見なせるものについては、その平均値と標準偏差を算出した上で対数正規分布からランダムに要素作業時間を発生させた。対数正規分布と見なせないものについては要素作業時間の実測平均値を要素作業時間とした。

なお、伐倒工程、集材工程、造材工程における要素作業時間の推定式を表 3～表 5 に示した。

表 3 要素作業時間分析をもとに作成した伐倒工程の推定式

| 工程 | 機械     | 要素作業   | 推定式                                |                         |
|----|--------|--------|------------------------------------|-------------------------|
| 伐倒 | チェーンソー | 立木間移動  | $e^{N(-1.608, 0.7771)}$            |                         |
|    |        | 伐倒準備   | 下草少                                | $e^{N(-1.712, 0.6685)}$ |
|    |        |        | 下草多                                | $e^{N(-1.022, 0.6909)}$ |
|    |        | 伐倒     | $e^{0.0546DBH-1.387+N(0, 0.3005)}$ |                         |
|    |        | かかり木処理 | 1.111                              |                         |

注 N(A, B)は平均 A、標準偏差 B の正規乱数を与える関数

DBH : 胸高直径(cm)

かかり木処理は 1 サイクルごとに 30%の確率で発生するものとした

表 4 要素作業時間分析をもとに作成した集材工程の推定式

| 工程 | 機械          | 要素作業            | 推定式                      |                                  |
|----|-------------|-----------------|--------------------------|----------------------------------|
| 集材 | スイング<br>ヤーダ | 索上げ             | 上げ荷                      | 0.3348                           |
|    |             |                 | 水平                       | $e^{N(-1.597, 0.2643)}$          |
|    |             |                 | 下げ荷                      | $e^{N(-1.886, 0.3503)}$          |
|    |             | 空走行             | 0.25m <sup>3</sup> クラス   | $0.01346L+e^{N(-1.726, 0.6928)}$ |
|    |             |                 | 0.45m <sup>3</sup> クラス   | $0.01066L+e^{N(-1.371, 0.6537)}$ |
|    |             | 荷掛け             | $e^{N(-0.1948, 0.3705)}$ |                                  |
|    |             | 実走行             | 0.25m <sup>3</sup> クラス   | 0.0343L                          |
|    |             |                 | 0.45m <sup>3</sup> クラス   | 0.0318L                          |
|    |             | 荷外し             | $e^{N(-0.6027, 0.4372)}$ |                                  |
|    |             | 材の整理            | $e^{N(0.5258, 0.3384)}$  |                                  |
|    |             | グラブ<br>(ウインチ併用) | 移動・方向転換                  | $e^{N(-0.8097, 0.6353)}$         |

|  |                 |              |                                      |
|--|-----------------|--------------|--------------------------------------|
|  |                 | ワイヤー引出       | $e^{0.0393*L-1.617+N(0, 0.3058)}$    |
|  |                 | 荷掛け          | $e^{N(-0.2917, 0.4506)}$             |
|  |                 | 引寄せ          | $e^{0.0301*L-1.211+N(0, 0.3107)}$    |
|  |                 | 荷下ろし・<br>荷外し | $e^{N(-0.2960, 0.3759)}$             |
|  |                 | グラップル<br>木寄せ | $e^{N(0.4201, 0.4520)}$              |
|  | ロングリーチ<br>グラップル | 移動           | $e^{N(-1.354, 0.7459)}$              |
|  |                 | 木寄せ集材        | $e^{0.6476LN(L)-1.731+N(0, 0.2882)}$ |

注 L：集材距離(m)

表 5 要素作業時間分析をもとに作成した造材工程の推定式

| 工程 | 機械    | 要素作業   | 推定式                                |
|----|-------|--------|------------------------------------|
| 造材 | プロセッサ | 重機移動   | $e^{N(-1.155, 0.7144)}$            |
|    |       | 材の引き寄せ | $e^{N(-0.8476, 0.5653)}$           |
|    |       | 造材     | $e^{0.0467DBH-1.496+N(0, 0.2745)}$ |

また、運搬工程については、積込みは伐採列付近に散在する材を重機が移動しながら集めて積込むという形を想定し、調査の結果得られた生産性 6.453 本/分を与え、桝積は生産性 14.20 本/分を与えた。

運材については仮の値として運搬平均速度 100m/分を用いた。運搬工程の人員及び機械配置については施業地の作業道上でのグラップルによる積込み、フォワーダの運転、土場での桝積を 1 人の作業員が行うものとした。

推定式の適合性について、伐倒工程の立木間移動および伐倒を例として、推定式と実測値を図 1,2 に示した。



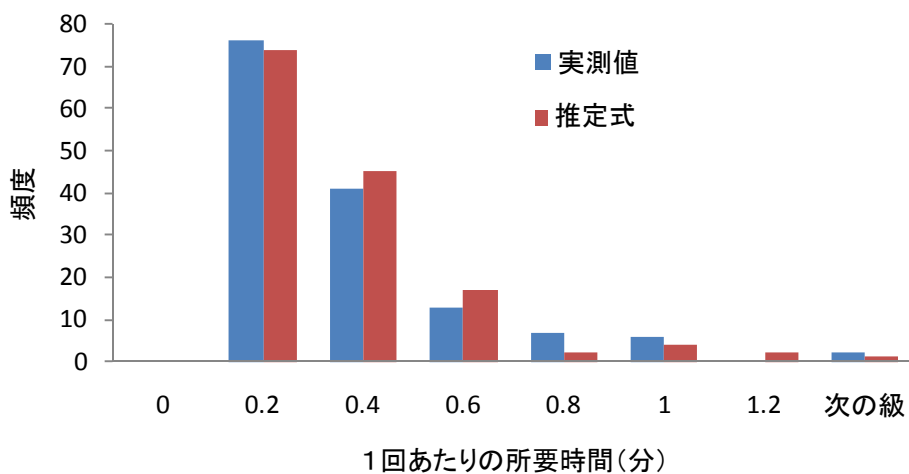


図1 立木間移動に要した時間の頻度分布（実測値と推定式）

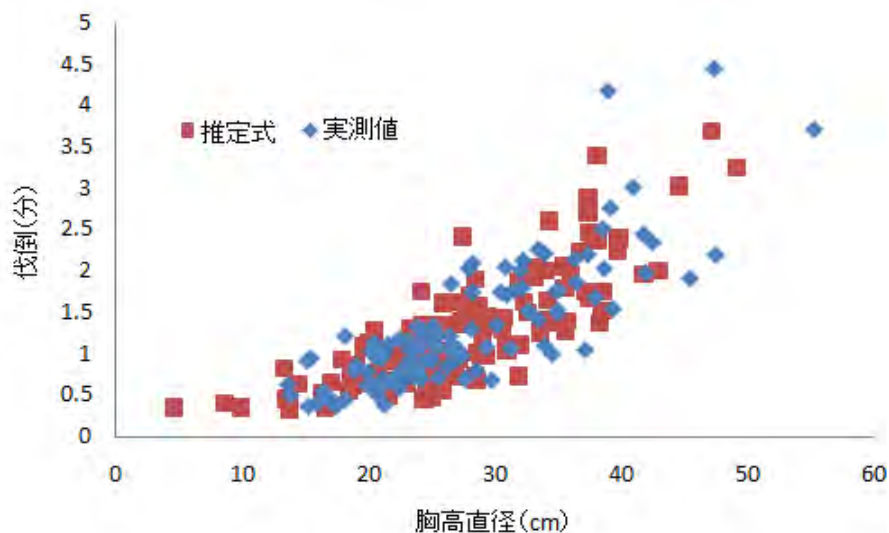


図2 胸高直径と伐倒時間の関係（実測値と推定式）

立木間移動、伐倒ともに推定式で算出した値が実測値に近い値を示しており、作業全体を考えた場合にも精度の良いシミュレーションが可能であるといえる。

### 3. 構築されたシミュレーションモデル

シミュレーションモデルの構築にはシステムダイナミクス理論を用いた思考支援ソフトを使用した。システムダイナミクスとは、時間の経過に伴って変化するシステムを数式モデルとして表現し、作成したモデルを用いたシミュレーションを行うものである。素材生産作業において材を1本ずつ処理し、次の工程に渡していく方式のモデルを構築し、工程間の待ち時間が的確に表現できるようにした。例えば、立木が伐倒される場合、1本の立木が伐倒工程を推定式で与えられた時間をかけて通過した後、伐倒木にストックされ、次に処理される立木が伐倒工程に入るという繰り返りで表現

している。各工程の処理時間は要素作業時間を足し合わせることで表現した。設定した立木本数のすべてが運搬工程を終えた時点で作業終了とした。

初期条件で与えた林況および伐採木の直径階分布の条件下において、各工程で処理される立木（伐倒待ちの木）、伐倒された木（集材待ちの木）、集材された木（造材待ちの木）、造材された丸太（搬出待ちの丸太）がそれぞれ、どのような数量があり、工程の連携が行われるかについて図3のような数量の推移が得られる。これらの結果から、各工程の稼働時間、稼働率、全作業にかかる作業時間が算出される。また複数の選択肢のある集材についてはスイッチを利用し、機械を選択できるようにした。構築されたモデルの全体像を図4に示した。

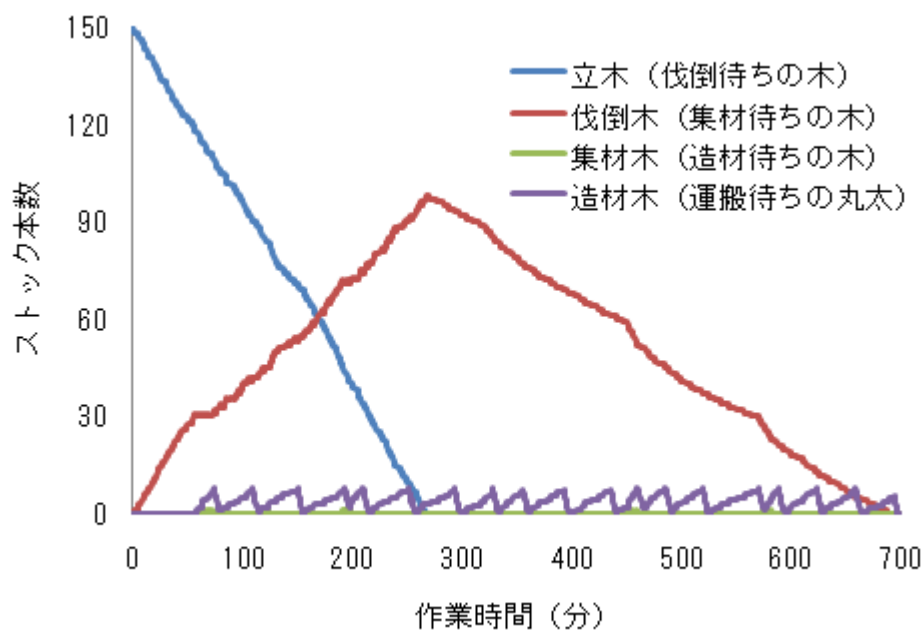


図3 ストック変化の一例

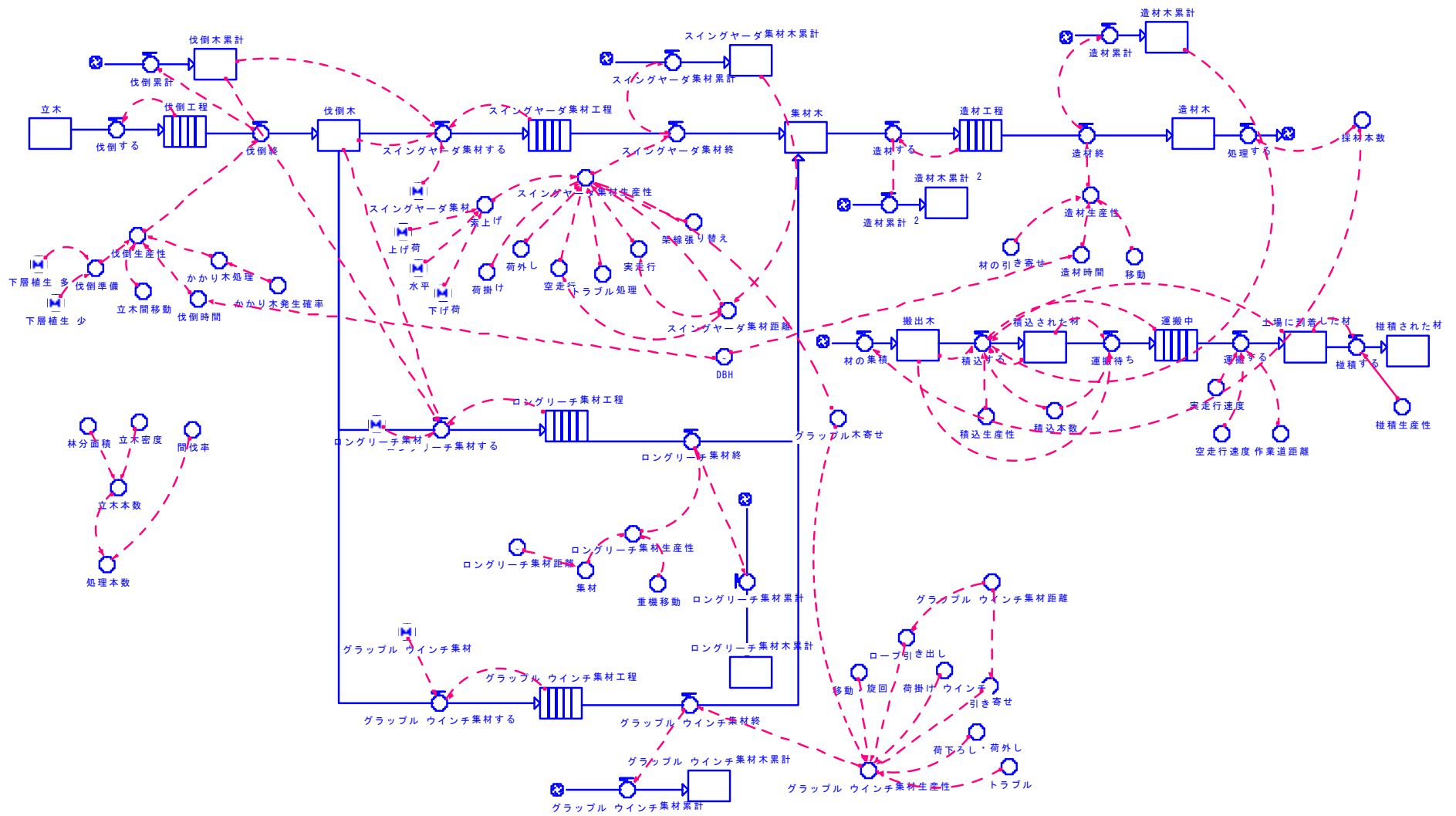


図4 構築したシミュレーションモデル



### Ⅲ シミュレーション

#### 1. シミュレーションの条件設定

調査結果を基にして各作業システムの搬出コストについてシミュレーションを行った。シミュレーションの初期条件を表 6 に示した。伐採木の直径階分布は、35 年生林分を実際に調査して得られたものとした。また、路網作設にともなう支障木は考慮していない。

表 6 シミュレーション条件

| 項目                    | 初期値  |
|-----------------------|------|
| 立木密度(本/ha)            | 1500 |
| 林分面積(ha)              | 0.3  |
| 間伐率(%)                | 33   |
| 伐採本数(本)               | 150  |
| 平均胸高直径(cm)            | 22.6 |
| 歩留まり(%)               | 60   |
| 搬出材積(m <sup>3</sup> ) | 31.2 |
| 採材本数(本)               | 3    |
| フォワーダ積載本数(本/回)        | 60   |
| 土場までの距離(m)            | 600  |

シミュレーションを行う上で想定した作業システムを表 7 に示した。

表 7 想定した作業システム

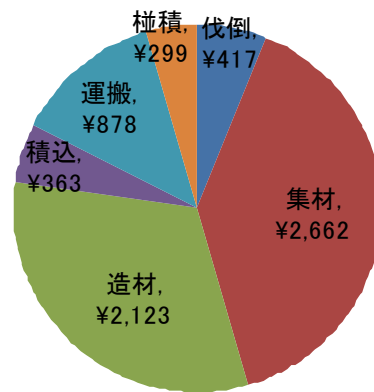
| 伐倒工程   | 集材工程              | 造材工程  | 搬出工程  |
|--------|-------------------|-------|-------|
| チェーンソー | スイングヤード           | プロセッサ | フォワーダ |
|        | グラップル<br>(ウインチ併用) |       |       |
|        | ロングリーチ<br>グラップル   |       |       |
|        | プロセッサ             |       |       |

スイングヤードによる集材ではオペレーターと荷掛け手の 2 人作業を想定し、その他の作業では 1 人作業を想定した。重機はバケット容量 0.45m<sup>3</sup>クラスのベースマシンを用いることとした。グラップル（ウインチ併用）集材については伐採木の 4 割の 60 本についてウインチを用いて集材し、残りはグラップルで直接つかんで集材するものとした。ロングリーチグラップルによる集材の作業システムについては、他のシステムと条件を揃えるため実際に調査した際の作業システムと変えている。

## 2. 各作業システムにおける搬出コスト

各作業システムを適用した場合の搬出コストは以下ようになった。

### ① スイングヤード集材



搬出コスト 6,741 円/m³

図5 m³あたり搬出コスト内訳 (スイングヤード集材)

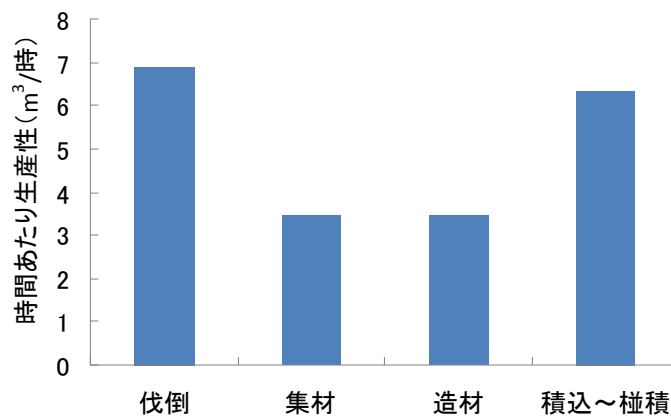


図6 各工程の時間あたり生産性 (スイングヤード集材)

スイングヤード集材の搬出コストの内訳をみると、集材工程および造材工程のコストが高く、全体のコストの多くを占めている。時間あたりの生産性について見ると、集材工程の生産性が低く、その後の造材工程も集材工程に引きずられて生産性が低くなった。これは造材工程のプロセッサに待ち時間が発生し、造材時間が長くなったためである。

また、スイングヤードによる集材は作業員が少なくとも2人は必要であることも作業コストを押し上げている要因と考えられる。

スイングヤードを用いる場合、集材を先行させてプロセッサの稼働率を上げる、スイングヤードを2台使用するなどの工夫が必要であると考えられる。

## ② ウインチ併用グラップル集材

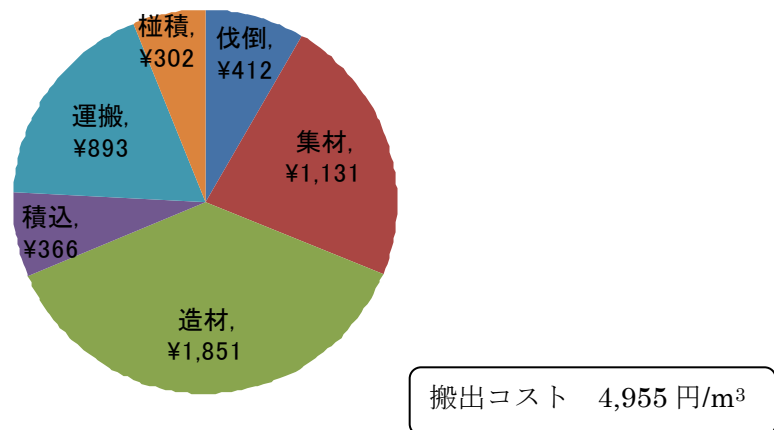


図7 m<sup>3</sup>あたり搬出コスト内訳 (グラップル集材)

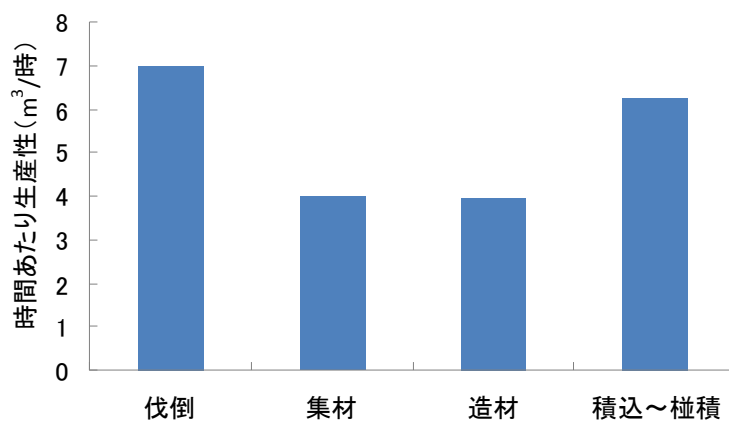


図8 各工程の時間あたり生産性 (グラップル集材)

ウインチ併用グラップル集材は、スイングヤード集材のシステムと同様に集材工程の生産性が低く、集材工程と造材工程のコストが全体のコストの大きな割合を占めている。集材については架線を張らないため、ウインチを使用した場合でもスイングヤードと比較して集材距離は短い、1人での作業が可能である。路網密度を高められるような場所ではウインチの使用を補助的にし、後述のロングリーチグラップル集材のシステムと同等の生産性をあげることも可能であると考えられる。

ウインチによる集材が多くなる場合には、スイングヤード集材のシステムと同様にプロセッサの稼働率を上げる工夫が必要である。

なお、ウインチによる集材は、スイングヤードに比べ作業員の労働負荷がやや高く、多用すると疲労の蓄積が懸念される。

### ③ ロングリーチグラップル集材

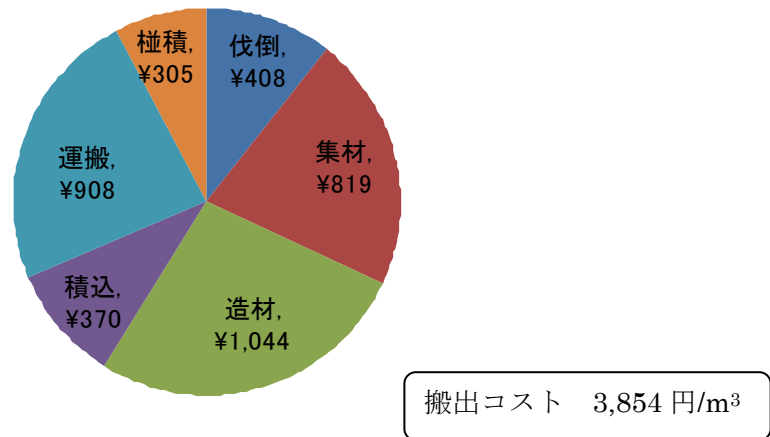


図9 m³あたり搬出コスト内訳（ロングリーチグラップル集材）

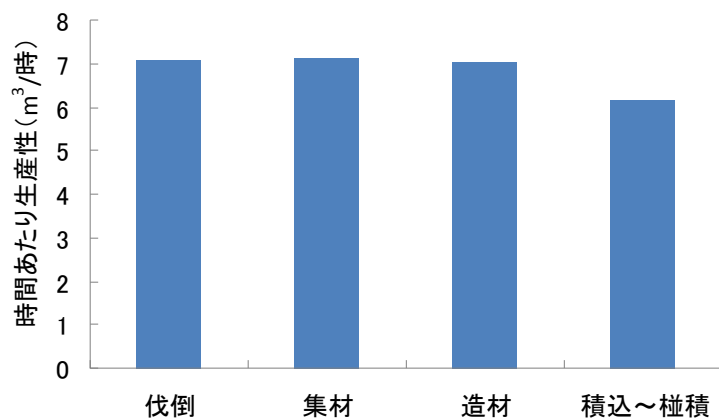


図10 各工程の時間あたり生産性（ロングリーチグラップル集材）

ロングリーチグラップル集材は、スイングヤード集材のシステム、グラップル（ウインチ併用）集材のシステムと比べて集材工程および造材工程のコストが低くなっている。これはウインチを使用せずに、伸縮可能なアームで対応することで集材の生産性も高く、造材についても高い生産性を達成しているためである。伐倒から極積までの各工程の生産性のバランスが良く、全体のコスト削減につながっているものと考えられる。

また、伐採した木をすべて集材するためには路網密度を 200m/ha 程度にする必要があり、路網作設の方法や作設にかかるコストについても考える必要がある。



#### ④ プロセッサ直接木寄せ

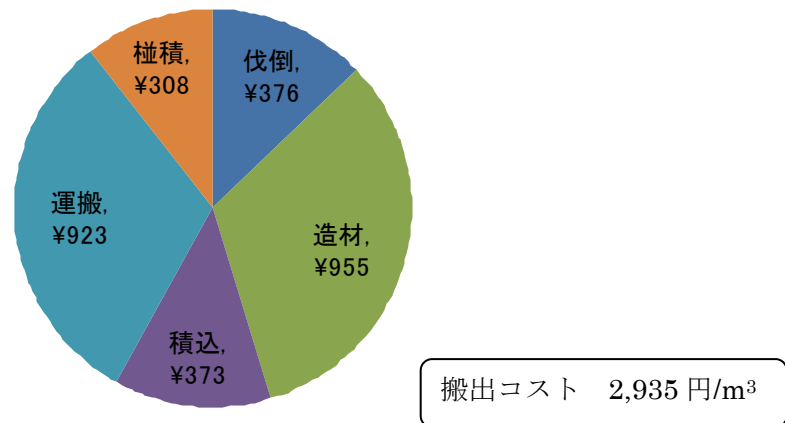


図 11 m³あたり搬出コスト内訳（プロセッサ直接木寄せ）

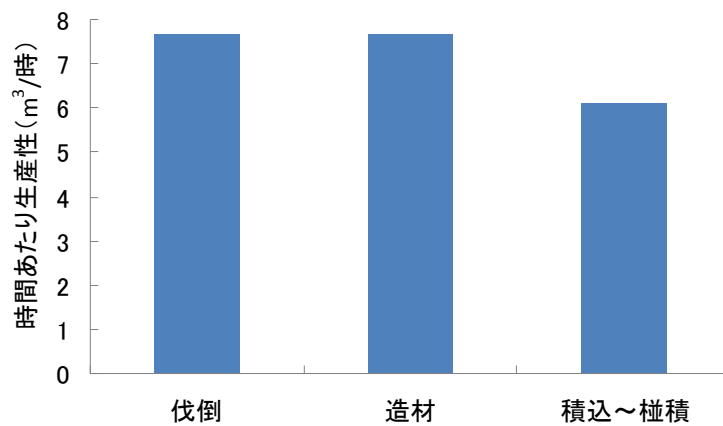


図 12 各工程の時間あたり生産性（プロセッサ直接木寄せ）

プロセッサ直接木寄せは、集材工程を省略し伐倒木を直接プロセッサでつかみ造材を行う場合、機械費用および人件費が他のシステムよりも抑えられる。工程数が少なくなり、材が溜まる可能性がある箇所が減少することが他のシステムよりも有利な点である。

ただし、集材用の機械を配置しないため、伐倒木の向きが揃っていない場合や傾斜が急でプロセッサの作業スペースが確保できない場合には、逆に造材の生産性が低くなることも考えられる。

この作業システムで施業地全体の間伐を行うものとする、伐倒した木がほぼ道にかかるように 300m/ha 程度の非常に高い路網の作設と、路網に向けて伐倒する高度の技術が必要となる。ロングリーチグラップル集材のシステム以上に路網作設の方法や作設にかかるコスト、伐倒方法についてよく考えなければならない。

### 3. 条件を変えた場合の搬出コスト変化

シミュレーションでは、林分条件や作業条件を変えた場合の搬出コストの変化を予測することができる。本項では、初期条件のうち1つの条件だけを変化させた場合の各作業システムの搬出コスト変化について検討する。

#### ① 立木の大きさ

施業地の立木の大きさは林齢、樹種、林分の施業履歴などによって大きく違う。特に間伐遅れの林分では木が細く、1本あたりの材積も小さいため、搬出材積あたりの搬出コストは高くなる。逆に適切な管理が行われてきた林分では材積も大きく、搬出コストは低くなるのが期待される。平均胸高直径の異なる3種類の林分について各作業システムの $m^3$ あたりの搬出コストをシミュレーションした結果を図13に示した。

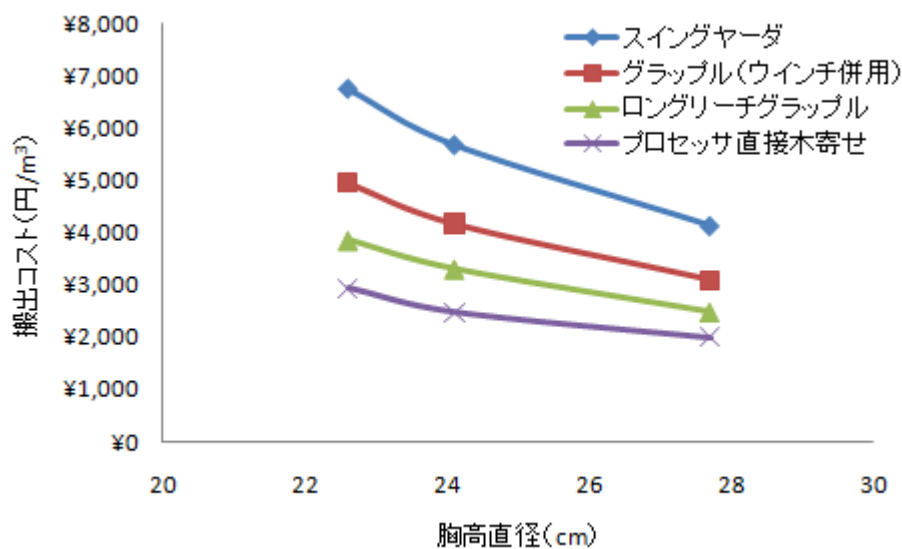


図13 平均胸高直径と各作業システムの $m^3$ あたりの搬出コストの関係

平均胸高直径が大きくなるにつれて搬出コストは低減され、特に、搬出コストが高い作業システムほどコストの下がり幅は大きい。例えばスイングヤード集材の場合、伐倒木の平均直径が22cm程度では7,000円/ $m^3$ の搬出コストがかかるが、28cmでは4,000円/ $m^3$ 程度に軽減される結果となった。間伐遅れ林分での間伐作業を想定すると、スイングヤード集材は下層間伐では高コストとなるが、列状間伐や上層間伐では収益が確保できる可能性を示している。逆に言えば、スイングヤード集材で採算を取るために無理ななすび切りなどが行われる危険性が示唆され、長期的収益を考慮した上での適切な間伐方法の検討が必要となるであろう。

#### ② 歩留まり

搬出コストは搬出材積が大きいほど低下する。ただし間伐遅れの林分で木が細い場合や積雪地で根曲がりが多い場合には歩留まりが低くなることが考えられる。歩留まりと搬出コストの関係を図14に示す。

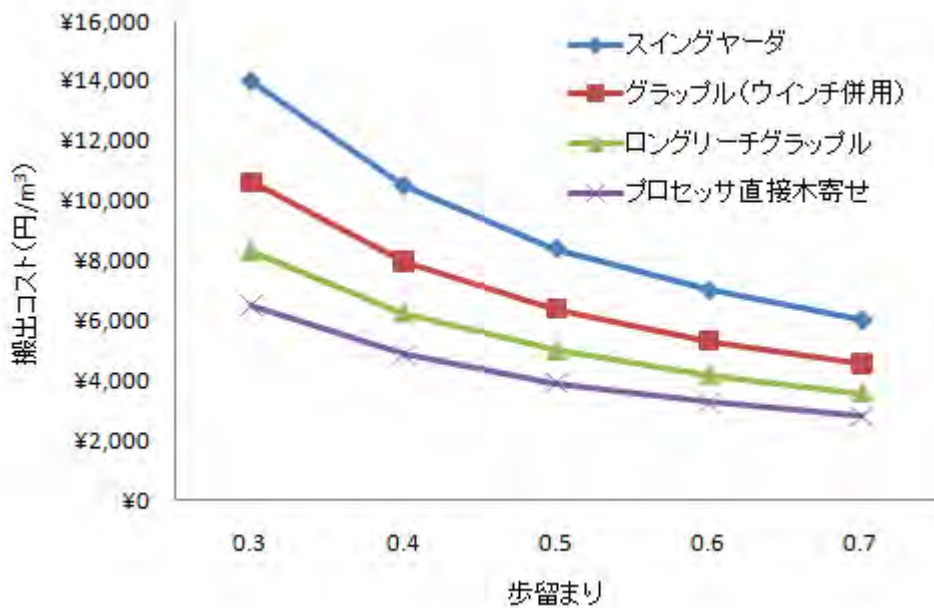


図 14 歩留まりと各作業システムの $m^3$ あたりの搬出コストの関係

歩留まり向上による搬出コスト低減率に、作業システム間で明確な差は見られなかったが、搬出コストは歩留まりによって大きく変動する結果となった。すなわち、根曲がりや立木の傷の状況、完満度など林木の状況についてよく検討しなければ、搬出コストの推定に大きな誤差が生じる危険性を示唆している。また歩留まりは合板用材やチップ用材などの出荷先を確保しているかどうかによっても大きく変動する。B材・C材の工場直送ルートの確保や、山土場仕分けを含む流通体制の確立が、搬出コスト全体に大きく左右することになると思われる。

### ③ フォワーダ運搬距離と積載本数

施業地の林況だけでなく、立地条件も搬出コストに影響し、例えばフォワーダの運搬距離が長くなるとフォワーダの生産性が下がり、搬出コストは高くなる。フォワーダの積載本数を変えた場合のフォワーダの運搬距離と各作業システムの搬出コストの関係を図 15 に示した。

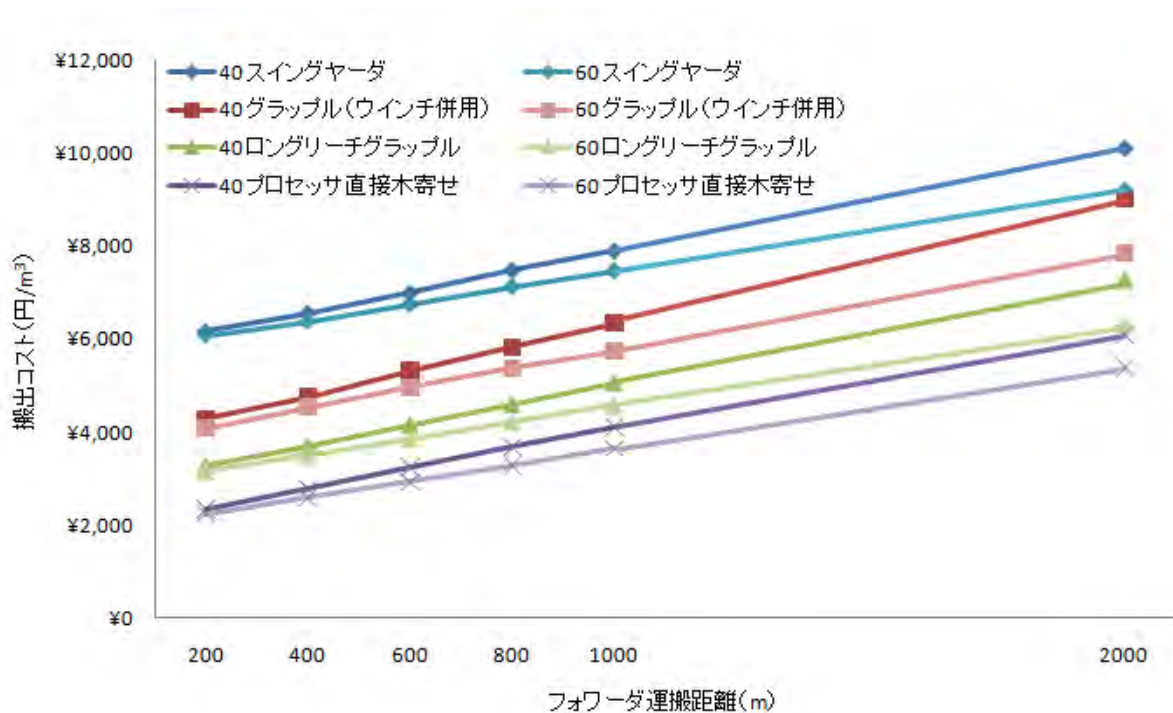


図 15 フォワーダ運搬距離と各作業システムのm<sup>3</sup>あたりの搬出コストの関係  
各作業システム名の前の数値はフォワーダの積載本数を示す

いずれの作業システムにおいても、フォワーダの運搬距離が短い場合にはフォワーダの積載本数の違いは搬出コストに大きく表れないが、フォワーダの運搬距離が長くなる場合、フォワーダに積載できる本数が多いほど搬出コストの上昇幅は低い。フォワーダの運搬距離が延びる場合には、運搬工程の生産性が低くなり、搬出コストを押し上げる要因となりうるため、大きいフォワーダ使うあるいはフォワーダを2台使うことなどが必要である。

またフォワーダの運搬能力は、積載能力だけでなく、走行速度によっても変化するため、運搬距離が長い場合には高速走行可能な機種を選定すべきであろう。ただし、走行速度はフォワーダの諸元だけでなく、カーブ半径など路網そのものの線形や、木組みやバラス敷きなどの路面処理によっても大きく左右される。また近年では、クローラ式フォワーダから走行速度が速く路面攪乱の度合いが小さいホイール式フォワーダの開発、導入が進められている。集材作業が高工期となり運搬工期がボトルネックとなりやすいロングリーチグラップル集材やプロセッサ直接木寄せのシステムでは、路網の規格と運搬機械の選定について、よく吟味する必要があると思われる。

#### ④ 連携型作業と分離型作業

連携型作業とは複数の機械が並んで作業を行い、材を次の機械へと渡していく形で作業が進められるものである(図16)。一方、分離型作業では各工程が独立して行われる。例えばチェーンソーによる先行伐倒を行い、その後スイングヤーダでの集材、プロセッサでの造材、フォワーダでの運搬が順に行われていくような作業方式である(図17)。

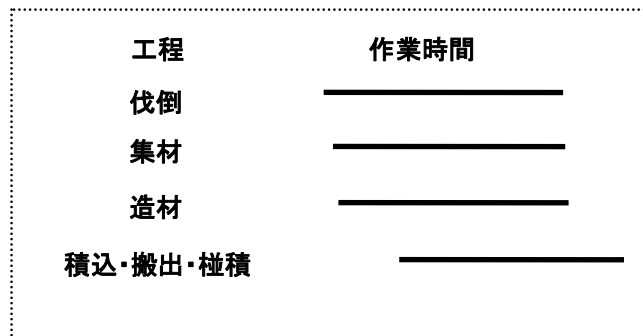


図 16 連携型作業での作業時間 概念図

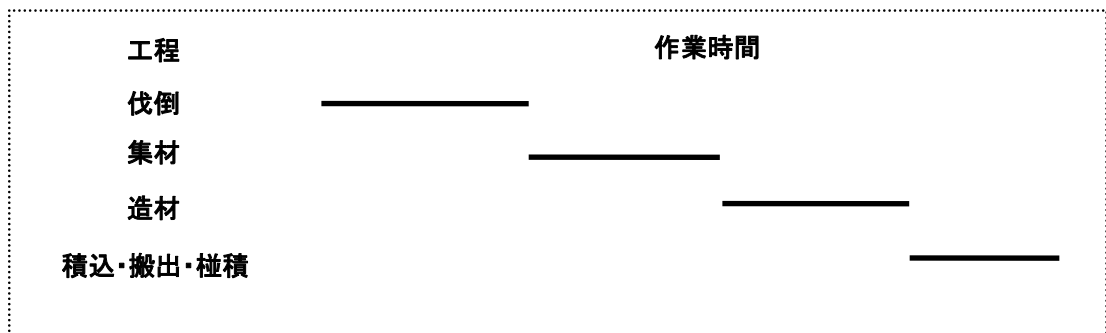


図 17 分離型作業での作業時間 概念図

連携型作業では、短期間での処理が可能であるが、高度な連携作業と複数機械の作業スペースが必要である。

また、前後の工程の処理速度や材の扱いやすさに配慮した作業になるので、全体の生産性も向上しやすいと考えられる。

一方、分離型作業では、各工程が独立して作業を行うため、連携作業で生じる待ち時間の発生が無い。ただし、後の工程への配慮が欠けることで、連携型作業と比べて余分な作業が発生している可能性がある。例えば、列状間伐においては、路網に近い箇所から伐倒するのが伐倒作業単独で考えると高効率となるが、路網から遠い箇所の伐倒木が上に積み重なってしまうため、逆に集材作業の効率を低下させることが多い。連携作業の場合は集材作業の進捗状況を見ながら伐倒順を変更できるが、分離作業ではこれが困難である。

また、ハーベスタ機能の付いたプロセッサを使用する場合、道端の木はチェーンソーで伐倒せずにハーベスタで伐倒する方がよいように思われるが、状況によっては他の木を伐倒する際に邪魔となることもある。人員・機械配置のマネジメントを含め、作業進捗状況の正確な把握と意思の疎通が非常に重要となる。

どちらの作業方式を選択するかは、施業地の面積や立地条件、機械の回送費用なども考えた上で検討する必要があるが、シミュレーションによりそれぞれの作業方式による搬出コストの予測が可能である。各作業システムについて連携型作業、分離型作業の搬出コストのシミュレーション結果を図 18 に示した。

ただし、分離型作業における余分な作業の発生などは考慮していない。

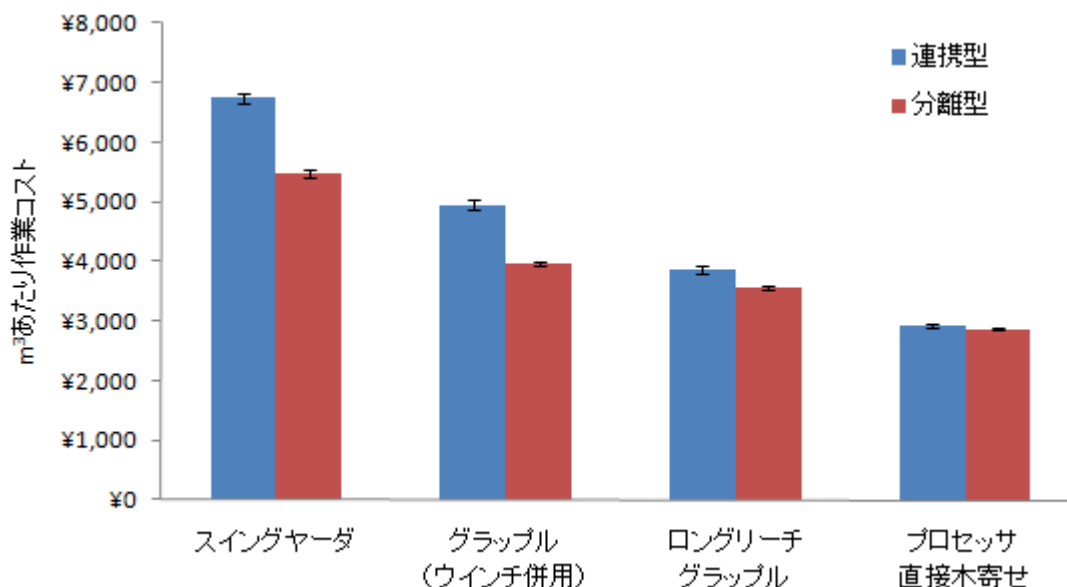


図 18 連携型・分離型作業についての各作業システムのm<sup>3</sup>あたりの搬出コスト

スイングヤーダ集材やグラップル（ウインチ併用）集材のシステムでは集材の生産性が低く、造材工程のプロセッサの待ち時間が増加し、能力を活かしきれない。このような稼働率の低い工程を含むシステムで分離型作業を行った場合、待ち時間をなくすことができ、コスト削減が達成できるものと考えられる。

ただし、分離型作業は、一つの現場が終わるとすぐに次の現場へ移動して休まずに同様の作業を行うことを前提としている。年間を通して考えた場合、プロセッサの稼働日数を確保するか、あるいはリースによる期間集中的なプロセッサの使用を検討する必要がある。

また、ロングリーチグラップル集材やプロセッサ直接木寄せのシステムでは連携型作業と比較して分離型作業で若干搬出コストが低くなったが、各工程の生産性の差が大きくないため分離型作業のメリットが小さくなる結果となった。このような場合は、前述の分離型の弊害から、連携作業の方が有利となる可能性がある。

#### ④ 年間稼働日数

高性能林業機械を用いた作業システムは生産性が高いが、機械の1年あたりの償却費が決まっているため、年間を通じて稼働させなければ搬出コストは高くなる。そのため、年間事業量を確保し、年間を通じて機械の稼働させることで搬出コストを下げる必要がある。年間稼働日数と各作業システムの搬出コストの関係を図 19 に示した。

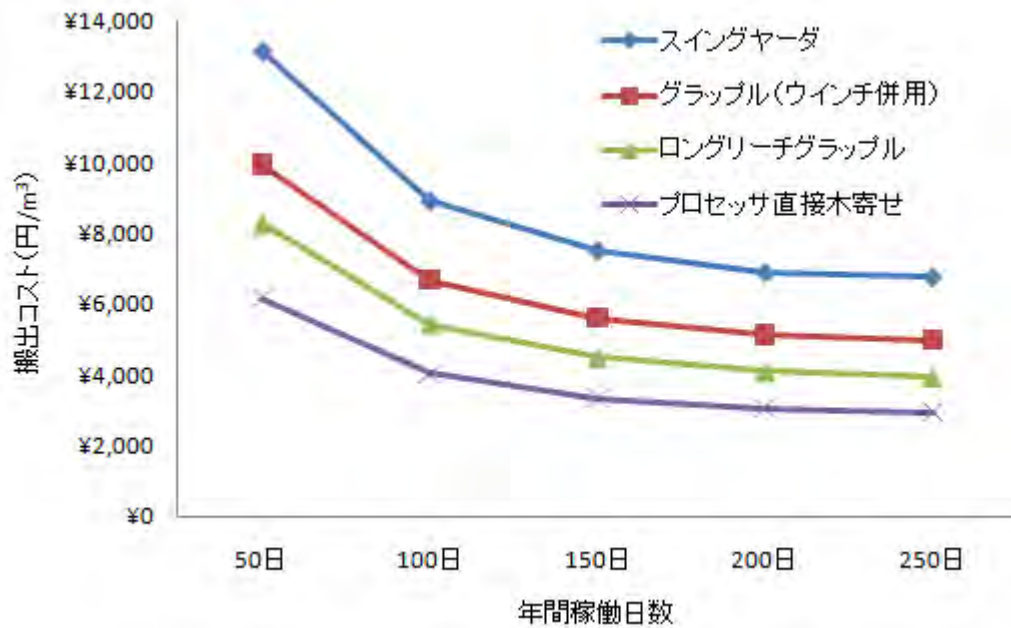


図 19 年間稼働日数と各作業システムの $m^3$ あたりの搬出コストの関係

年間 200 日稼働させるものとする、スイングヤード集材とグラップル（ウインチ併用）集材のシステムでは 1 年で  $5,000m^3$  程度の事業量が必要であり、ロングリーチグラップル集材とプロセッサ直接木寄せのシステムでは 1 年で  $10,000m^3$  程度の事業量が必要となる。作業システムを考える際には確保できる年間事業量についても考慮し、事業量が確保できない場合や、冬期に積雪の問題があったり、所有者の意向として立木の成長期に伐倒を避ける必要があったりする場合など、季節を通して作業できない状況下では、リースによるプロセッサの利用を検討する必要がある。

#### 4. 作業道に関する検討

##### ① 運搬距離

シミュレーションの結果から、路網密度を高めた作業システムほど搬出コストが低くなる結果となった。

ただし、図 13 のようにフォワーダの運搬距離が長くなるほど搬出コストは高くなるため、施業団地が大きい場合には、特に高密路網が必要な作業システムで搬出コストの著しい上昇を招く可能性がある。ここでは、各作業システムに必要な路網密度をスイングヤード集材では  $100m/ha$ 、グラップル（ウインチ併用）集材では  $150m/ha$ 、ロングリーチグラップル集材では  $200m/ha$ 、プロセッサ直接木寄せでは  $300m/ha$  とする。

仮に  $10ha$  の施業団地に伐採木すべてを集材できるように作業道を作設するものとする、作業道延長距離はそれぞれ  $1000m$ 、 $1500m$ 、 $2000m$ 、 $3000m$  となる。施業団地面積と施業団地の中で最も土場から遠い場所での搬出コストの関係を図 20 に示した。

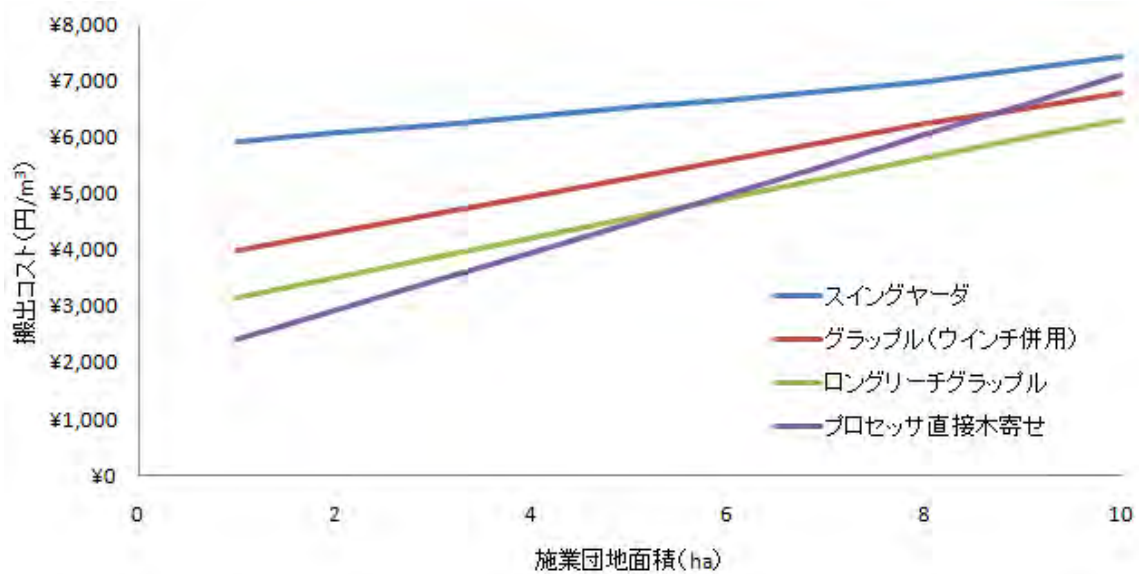


図 20 施業団地面積と土場から最も離れた施業地におけるm³あたりの搬出コストの関係

林道などトラック道が整備されていない場合、施業団地が大きくなるにつれて土場から施業地までの距離が遠くなる場所が出てくるため、プロセッサ直接木寄せのシステムがスイングヤード集材のシステムと同程度の搬出コストとなる場合もある。また、シミュレーションではフォワーダの積載本数を 60 本としているが、高密度路網を作設する際に林地損傷や路網の崩壊などの可能性があるため、幅員を大きくできない場合がある。その場合は運搬能力の大きなフォワーダを使用することが困難となり、運搬距離の影響が増大することになる。

## ② 作業道作設コストを考慮した総搬出コスト

各作業システムの搬出コストを考える上で、作業道作設にかかるコストも無視できない。間伐作業のみの搬出コストは、スイングヤード集材が最も高く、プロセッサ直接木寄せで最も安くなるが、プロセッサで直接木寄せするためには、スイングヤード集材よりも高密度な路網が必要となるため、路網の作設にコストがかかる場所においては、総コストが逆転する可能性がある。施業団地の地形条件や土質、作設する作業道の規格・工法によって、作業道作設コストを評価し、作業システムを決定する必要がある。

しかし、作業道作設単価と傾斜、土質、工法の関係については、まだ明らかになっておらず、本調査においてもデータが得られていない。そこでここでは、路網が未整備の林地を想定し、作業道作設単価と各作業システムの総コスト（搬出コストと路網作設コストの合計）の関係について検討した。試算に当たっては、表 6 の林況を想定した。路網作設コストは作設単価に各作業システムの路網密度を乗じることで算出した。

各作業システムにおける作業道作設単価と総搬出コストの関係を図 21 に示した。作業道作設コストを含めない搬出コストは、プロセッサ直接木寄せ、ロングリーチグラップル集材、ウインチ併用グラップル集材、スイングヤード集材の順にコストが高くなる。総搬出コストは作業道作設単価が上昇するにしたがい増大し、その傾きは、高い作業道密度が必要な作業システムほど急になる。



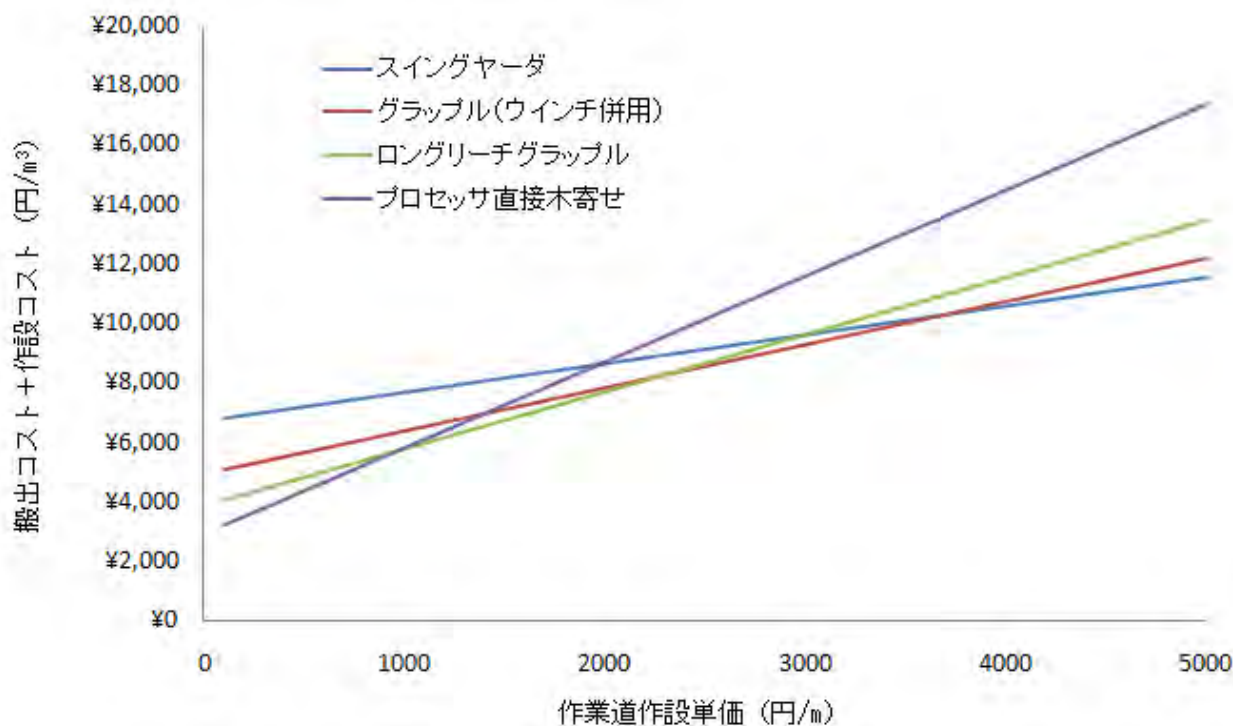


図 21 作業道作設コストを考慮した搬出コスト

ただし、シミュレーションでは作業道作設時の支障木の搬出コストは含めておらず、間伐率を33%に固定している。比較的安価に搬出できる支障木の搬出を考慮すると、作業道密度が高い方が材積あたりの総搬出コストはより安くなる可能性がある。一方、フォワーダの運搬距離は各作業システムで一律の600mとしているが、実際には作業システムごとに路網密度が異なるため、高密路網が必要な作業システムでは搬出距離が長くなり、搬出コストが上昇する可能性がある。

### ③ より長期的なコストの試算

前項では、1回の間伐のみの作業道作設および搬出コストを評価したが、一度作設した路網は次回以降の間伐にも活用できる。また一方で、作設した作業道は適切に管理しなければ、林地損傷や土砂流出を引き起こすことも考えられ、例え一時的な搬出路として作設した場合でも使用後に水切りなどの処置を施し、再利用時に補修を行う必要がある。

そこで本項では、10年後に2回目の間伐を実施することを想定し、2回目の間伐コストを合わせて10年間の総コストを試算した。ここでの総コストは、前項の試算における作業道作設コストと1回目間伐における搬出コストの合計に、さらに2回目間伐の搬出コストを足し合わせたものとした。2回目間伐における搬出コストの算出にあたっては、東京大学大学院白石則彦教授(1986)が開発し、(独)森林総合研究所が改善・拡充した収穫表作成システム「LYCS」を用いて10年後の直径階分布を推定した。

10年間の2階の間伐にかかる総コストと作業道にかかるコストの関係を図22に示した。

ここで作業道にかかるコストには、作業道開設費用のほか、1回目間伐後の水切りなどの処理費用、2回目間伐前の補修費用、および10年間の作業道維持管理費用を含むものと見なすことができる。

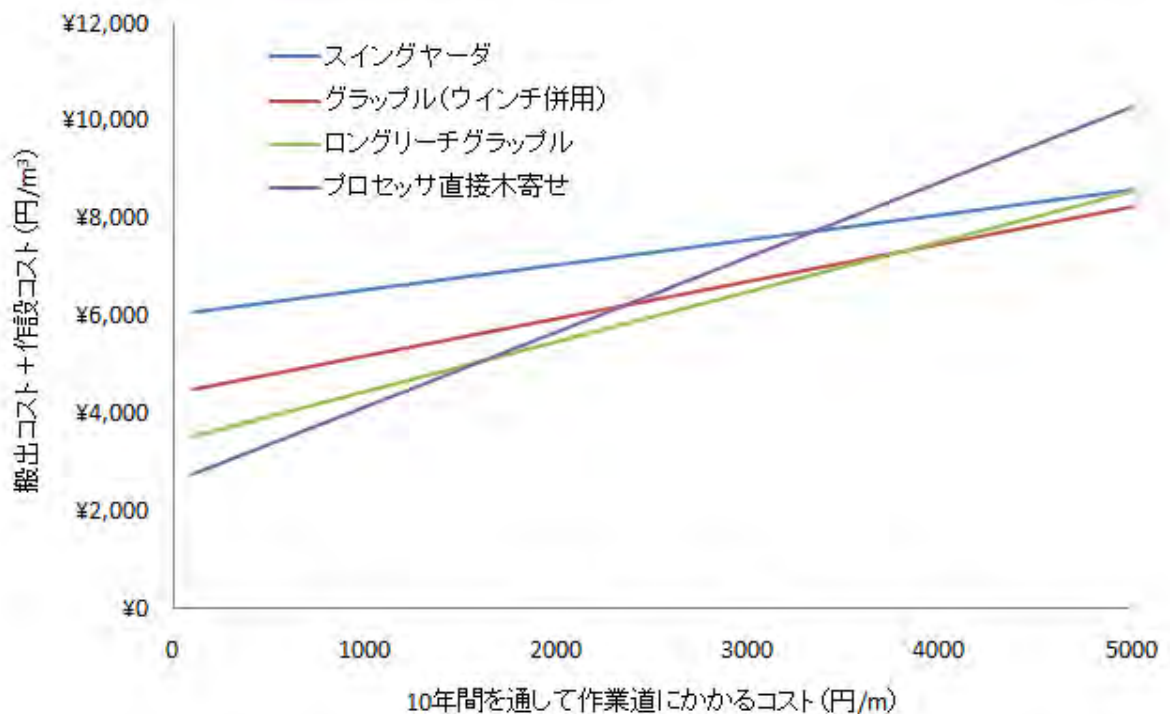


図 22 2 回の間伐にかかる総コスト

1回目の間伐時に作設した作業道を10年後の2回目間伐の際にも使用することとしているため、最も低コストの作業システムの分岐点が右にシフトしている。2回目以降の間伐にも同じ作業道を使用するためには作業道の維持管理費や補修費がかかるため、それらを踏まえた上で作設する路網の密度と作業システムを考えていく必要がある。維持管理費用や補修費を考慮せずに作業道を作設していった場合、後に作業道にかかる費用を抱えきれなくなる恐れがある。特に高密路網が必要となる作業システムでは団地化を進めた場合に作業道の延長距離が延びていくため、搬出コストを抑えることだけでなく、路網にかかる費用についてもあらかじめ想定しておく必要がある。

特に、近年では高密路網を実現するためにできるだけ作設単価を抑えた作業道づくりが提唱されているが、こういった工法と維持管理費用の関係については、地形や土質などが深く関係するものであり、明確な基準はない状況である。一般的に、作業道の作設単価を抑えた場合、再びその作業道を使用するために必要な補修費、および維持管理費、災害のリスクは高くなるため、林地の状況をよく精査した上で、過剰投資にならない程度に、林地の状況に合った工法の選択が必要となろう。

これらのシミュレーションは、林況、団地規模、および立地条件を一定として試算したものであり、前項で指摘したとおり、フォワーダ運搬距離などを考慮すると、異なる結果となる可能性がある。また補助金についても考慮しておらず、特に作業道の作設は近年では林業活動に必要な基盤として、比較的手厚く補助金が充てられる例もある。これらの制度は年々めまぐるしくの変化するものであり、長期的な予測を行うことは困難であるが、種々の実情に合わせて、林地および間伐事業体の状況を見極め、適切な作業システムとコストの予測を行っていく必要がある。

## IV まとめ

---

調査結果をもとにして、代表的な4つの作業システムについての汎用性のあるシミュレーションモデルを構築した。今回構築したモデルを用いた場合、ある林地に対して作業システムごとの大まかな搬出コストを試算できるだけでなく、条件が変わった場合の搬出コストの変化を予測することが可能である。また、条件の様々な個々の事例で各作業システムについて考察を行うのではなく、各作業システムについて条件を揃えた上での議論が可能となった。シミュレーションの結果を踏まえて各作業システムについての考察を行った。

### ① スイングヤーダ集材のシステム

簡易な架線集材が可能であるため、路網開設が困難な場所や路網密度を上げられない場所で有効である。また、それ以外の場所ではグラップルやバックホウとして使用することができるため使い勝手の良い機械であると言える。集材作業の生産性が他の工程に比べて著しく低いため、連携作業よりも分離作業に向いていると考えられる。ただし、集材距離が架線系の集材機械としては短く、パワーがないなどの問題点もあるため、今回は取り上げなかった従来型架線やタワーヤーダなどの本格的な架線システムの検討も必要となるであろう。

### ② ウインチ併用グラップル集材のシステム

高密度に路網を入れられる場所から路網密度を上げられない場所まで広く適応できる作業システムであると言える。今回のシミュレーションではウインチ集材とグラップル集材との比率を固定しているが、実際には施業地の条件によって変わるものであり、ウインチ作業の比率が少なくなれば、本シミュレーションよりも低コストでの搬出が可能となる。路網が作設しやすい林地、かかり木が少なく上方伐倒が容易な林地などでは、ウインチはあくまで補助的な扱いとして搬出作業を低コスト化できるため、他の作業システムよりも柔軟で汎用性の高いシステムである。今後、グラップルのロングリーチ化によるコスト低減効果などを検証していく必要がある。

### ③ ロングリーチグラップル集材のシステム

搬出コストの低い作業システムであるが、伐採した木すべてを集材する場合には200m/ha程度の非常に高い路網密度が必要となる。路網密度を上げるのが難しく、さらに木が細い場合には、一部切り捨て間伐も混ぜることも選択肢の一つとなりうる。また生産性の高いシステムであるため、1日の出材量も多くなることで、回送頻度の高くなる小規模な団地には不向きとなる可能性が高い。

### ④ プロセッサ直接木寄せのシステム

最も搬出コストが低くなる結果となったが、今回の調査地よりも傾斜が急な場所などでは造材の生産性が低下し、搬出コストが高くなる可能性もある。また300m/ha程度の路網密度が必要となるため、このシステム単独で施業地全体の間伐を行うことは困難である。そのため他の作業システム（例

えばウインチ併用グラップル集材)と組合せながら、団地の中で傾斜が緩い場所など条件の良い場合にこのシステムを採用するという考え方が現実的であると考えられる。

上記のように、それぞれの作業システムの特徴と問題点を把握した上で作業システムの構築および作業道など路網整備を行っていく必要がある。

また、路網作設には長期的基盤整備の側面もあり、その維持管理、活用、災害リスクなどの要素について、補助金制度を活用しながら林地および地域の素材生産事業者の状況を見て、作業システムおよび施業体系の両面から慎重に検討すべきである。間伐の第一の目的は残存木の価値を高めることにあり、ことに留意しながら、いずれの作業システムについても、低コスト化を意識するあまり山を壊すことにならないように心がけていかなければならない。

また、適切な方法で作業道を作設することで路網密度を高めていくことは、施業体系全体を大きく変革させる可能性も持っている。より多くの立木に対して作業道上の機械から直接、作業できるようになるため、初期育林費用の軽減やICチップによる単木管理、択伐複層林施業など従来の施業体系とは異なった山の管理方法が可能となり、また、労働災害の低減や保険費用の軽減につながる可能性がある。

さらに、路体を補強していつでもアクセスできるようにすることによって、工務店や施主への営業が可能となれば、より高い付加価値商品の生産が可能となるであろう。立木の質が高いところを選び、集約的管理を目指すのも選択肢である。

## V 今後の課題

### 1. データ収集および作業の改善

間伐の低コストを図り、提案型集約化施業を進めていくためには、現在の作業の搬出コストについて現状把握を行い、正確な見積もりを行う必要がある。そのためには、正確な林分調査と林分の条件ごとの搬出コストを予測しなければならない。今回の調査結果から構築したシミュレーションモデルでは、胸高直径やフォワードの運搬距離、作業方式を変えた場合の搬出コストの変化を予測することができるが、傾斜が作業工程に与える影響については考慮できていないため、今後様々な傾斜条件での調査を行いたい。今回の調査ではビデオカメラによる時間観測調査を行ったが、調査にかかる手間が大きく、長期間の把握は困難である。作業日報による長期的なデータ収集を各事業者が行うことで、改善点の検討やコスト意識の向上に繋がることが期待される。

また、今回は土場までの搬出経費のみを扱ったが、実際には搬出経費のほか、重機の回送費、事務所経費、トラックでの運搬費用、市場経費などがあり、これらについてもデータを収集していき、特に流通システムについてモデル化を行っていく予定である。

### 2. 路網にかかる費用

今回の分析では、路網にかかる費用として、1回目間伐における作業道作設単価のほか、長期的なコスト試算として、2回目間伐までにかかる作業道コストを設定した。しかし、本文中で述べたように、作設単価および長期的な作業道コストは地形、土質、地質、工法によって大きく変化するものであり、どのような場所においてどのような工法を用いて作業道を作設すれば、どのようなコストがかかるかについては、データが極端に不足している。

長期的な視点で作業システムを考える場合に、開設時にどの程度費用をかければ維持管理費用がかからないかということは重要である。作業道はそれ自体に明確な定義づけもされていないとは言えず、路線による開設費の違いも大きい。作業道の維持管理費用を明らかにするためには、まず作業道の定義付けおよび分類を行い、それぞれについて維持管理費用がかかるかを調べていく必要がある。簡易な作業道からなる高密路網が普及してからまだ間もないが、今後このような路網について維持管理費用を解明していくことは大きな課題であると考えられる。

### 3. 森林の管理目標と人工林の生産目標の再設定

人工林における持続的な森林管理を考える上では、本稿で扱った10年間の2回の間伐だけでは不十分であり、より長期的なコスト評価が必要である。現在、 $0.25\text{m}^3$  (6~7 t) クラスの機械の使用を想定していたとしても、間伐による残存木の肥大成長で、20年後にはその作業システムでは処理できなくなる可能性もある。数十年にわたる施業体系全般において投下できるコストと収益を評価した上で、林地の状況に合わせた適切な管理方法と基盤整備の再確認、すなわち、これからの社会における人工林の生産目標の設定と森林全体の管理目標の再設定が不可欠であろう。

これまで育林に投資されてきた資本の回収は森林所有者にとって最も重要な懸案事項であり、素材生産の低コスト化はその柱となるものである。国際的な資源戦略が活発になりつつあり、しかし一方で国内住宅着工戸数が減少する中で、どのような価値を森林に期待するのかについて、森林所

有者、地域住民の多様な要望を取り入れた地域の森林づくりについて、活発な議論が期待される。

## 【参考文献】

全国林業改良普及協会（2001） 機械化のマネジメント 地域の経営力アップのために高性能林業機械をどう活かすか. 239pp, 社団法人 全国林業改良普及協会.

## 【参考】

### コスト算出に用いた評価値

| 機械種               | 重量<br>(t) | 機械価格       | 耐用<br>時間<br>(時) | 経済<br>寿命 | 年間稼働<br>日数<br>(日) | 年間稼働<br>時間<br>(時) | 一日実働<br>時間<br>(時) | 償却費率       | 保守・修<br>理費率 | 管理費率  | 燃料・油脂<br>費<br>(円/時) |
|-------------------|-----------|------------|-----------------|----------|-------------------|-------------------|-------------------|------------|-------------|-------|---------------------|
| プロセッサ             | 11.9      | 16,000,000 | 5832            | 5.4      | 180               | 1080              | 6                 | 0.9        | 0.39        | 0.046 | 628.2               |
| スイングヤーダ           | 約13       | 16,000,000 | 6300            | 7.0      | 150               | 900               | 6                 | 0.9        | 0.27        | 0.050 | 571.1               |
| ロングリーチ<br>グラップル   | 約14       | 16,000,000 | 9480            | 7.9      | 200               | 1200              | 6<br>6            | 0.9<br>0.9 | 0.26        | 0.051 | 694.2               |
| グラップル(ウイ<br>ンチ付属) | 12.8      | 11,900,000 | 9480            | 7.9      | 200               | 1200              | 6<br>6            | 0.9<br>0.9 | 0.26        | 0.051 | 694.2               |
| グラップル             | 12.8      | 9,900,000  | 9480            | 7.9      | 200               | 1200              | 6                 | 0.9        | 0.26        | 0.051 | 694.2               |
| フォワーダ 中           | 9         | 10,700,000 | 4836            | 6.2      | 130               | 780               | 6                 | 0.9        | 0.33        | 0.048 | 832.5               |
| フォワーダ 小           | 4.9       | 8,600,000  | 3900            | 5.0      | 130               | 780               | 6                 | 0.9        | 0.42        | 0.046 | 458.5               |
| チェンソー             |           | 200,000    | 3330            | 3.7      | 150               | 900               | 6                 | 0.9        | 0.85        | 0.065 | 264.0               |

※「機械化のマネジメント」（全国林業改良普及協会）とヒアリングによる値を参考に作成

※ 時間あたりの償却費（円/時）＝機械価格×償却費率÷耐用時間

※ 時間あたりの管理費（円/時）＝機械価格×管理費率÷年間稼働時間

※ 時間あたりの保守・修理費（円/時）＝機械価格×保守・修理費率÷耐用時間

### ※ 算出例

プロセッサについて各値を算出する。

時間あたりの償却費＝

$$16,000,000 \text{ (機械価格)} \times 0.9 \text{ (償却費率)} \div 5,832 \text{ (耐用時間)} = 2,469$$

時間あたりの管理費＝

$$16,000,000 \text{ (機械価格)} \times 0.046 \text{ (管理費率)} \div 1,080 \text{ (年間稼働時間)} = 681$$

時間あたりの保守・修理費＝

$$16,000,000 \text{ (機械価格)} \times 0.39 \text{ (保守・修理率)} \div 5,832 \text{ (耐用時間)} = 1,070$$

これらから時間あたりの固定費と変動費を求めると

$$\text{固定費 (円/時)} = \text{償却費} + \text{管理費} = 2,469 + 681 = 3,150$$

$$\text{変動費 (円/時)} = \text{保守・修理費} + \text{燃料・油脂費} = 1,070 + 628 = 1,698$$

となる。

## VI 林業普及全県プロジェクトチームメンバー

平成 21 年度

| 所 属                                | 職 名                   | 氏 名              |         |
|------------------------------------|-----------------------|------------------|---------|
| 加東農林振興事務所                          | 森林林業課長                | 井 脇 健            |         |
| 姫路農林水産振興事務所                        | 森林林業専門員               | 坪 田 豊            |         |
| 光都農林水産振興事務所                        | 森林林業専門員               | 皆 木 三 郎          |         |
| 豊岡農林振興事務所                          | 森林林業専門員               | 永 井 英 司          |         |
| 朝来農林振興事務所                          | 森林林業専門員               | 春 名 貞 夫          |         |
| 丹波農林振興事務所                          | 森林林業専門員               | 維 田 浩 之          |         |
| 農政環境部林務課                           | 課長補佐兼構造改善係長           | 小野山 直 樹          |         |
| 〃 〃                                | 林業専門技術員               | 谷 口 英 樹          |         |
| 農政環境部豊かな森づくり課                      | 課長補佐兼保安林係長            | 片 岡 好 章          |         |
| 森林林業技術センター                         |                       |                  |         |
| 〃 資源部（普及担当）                        | 主 幹                   | 赤 座 健            |         |
| 〃 〃                                | 林業専門技術員               | 横 野 茂 雄          |         |
| 〃 〃                                | 林業専門技術員               | 平 野 孝 幸          |         |
| 〃 〃                                | 林業専門技術員               | 岩 村 裕            |         |
| ヒア<br>リン<br>グ・<br>調<br>査<br>分<br>析 | 京都大学フィールド<br>科学教育センター | 里山資源保全学分野 准教授    | 長谷川 尚 史 |
|                                    | 京都大学農学部森林科学科          | 森林育成学分野 4 回生     | 市 川 隆 史 |
|                                    | 京都大学大学院農学研究科          | 森林利用学分野 博士課程 2 年 | 杉 本 和 也 |
|                                    | 〃 〃                   | 森林育成学分野 修士課程 1 年 | 武 田 あずさ |
|                                    | 〃 〃                   | 森林情報学分野 修士課程 1 年 | 白 澤 紘 明 |
| 〃 〃                                | 森林育成学分野 修士課程 1 年      | 福 井 遼            |         |
| 協力                                 | (社) 兵庫県林業会議           | 事務局長             | 吉 田 義 明 |

### 【事務局】

兵庫県立農林水産技術総合センター森林林業技術センター

資源部（普及担当）林業専門技術員 岩村 裕

〒671-2515 兵庫県宍粟市山崎町五十波 430

TEL0790-62-2118 FAX0790-62-9390