

フェラーバンチャ機構付きバケットによる 作業道作設の効率化と課題

— 生産性分析と聞き取り調査に基づく従来型システムとの比較考察 —

森林政策学研究室
李 俊逸

1. はじめに

日本の森林資源、特に戦後の拡大造林政策によって造成されたスギ・ヒノキの人工林は、現在その多くが伐採適齢期を迎え、資源量の増加と大径化が進んでいる。国産材の安定供給と利用拡大は大きな課題となっているが、その生産現場を支える人的基盤は極めて脆弱である。林業従事者の高齢化と減少は著しく、若年層の新規入職者の確保は、他産業との競合もあり、難航している。

さらに、労働安全の問題は林業経営の根幹を揺るがす深刻な課題である。森林・林業白書によると、林業は全産業の中で労働災害の発生率が最も高い産業の一つであり、特にチェーンソー作業中の伐倒事故や、急傾斜地での滑落事故など、死亡災害につながるリスクが常在している。かつては「きつい、汚い、危険」の3K職場と敬遠された林業現場において、労働環境の改善と安全性の確保は、人材確保のためにも不可欠な要素となっている。

人工林の成熟化に伴い、効率的な木材生産システムを構築するために、高密度な路網整備、とりわけ「森林作業道」の作設を前提とした作業システムが普及している。適切に配置された作業道は、ハーベスタやフォワーダといった高性能林業機械の林内進入を可能にし、伐出コストの削減や再造林作業の省力化に寄与するとされている。

この作業道作設は従来、「油圧ショベル+人力チェーンソー」というシステムが一般的であった。

しかし、このシステムは、チェーンソーを持った作業員が先行して支障木を伐採し、その後を油圧ショベルが追従して抜根・整地・作設を行う。人力伐採と機械作業が異なる作業者によって、時間的・空間的に分離して複数人で実施するという特徴がある。

そうした中、近年、伐採から丸太の移動、地面の掘削までを1台でこなし、1人での作業を可能

にする「フェラーバンチャ機構付きバケット」(以下：新システム)が登場し、導入台数が増加している。

新システムの導入により、作業道作設のパラダイムは「分離型」から「統合型」へとシフトしている。オペレーターはキャビン内から出ることなく、支障木の伐採から抜根、そして道の作設までを一貫して行うことが可能となった。

中澤ら(2020, 2022)は積雪期の広葉樹林において本機の伐木工程の労働生産性がチェーンソー作業よりも優れ、野外での人力作業時間を大幅に低減できることを実証した。

片桐(2013)は平均傾斜38度のヒノキ人工林(35年生)において、新システムの作業時間を調査した。その結果、伐木工程の生産性は従来型の約2倍(35.14 m³/人時)に達し、システム全体のコスト低減の可能性を示唆した。しかし、既往研究では大径木が優占する平坦なスギ人工林でのシステム全体の評価と林業経営に影響を与える実際の機械運用や整備にかかるコストについての知見は不十分であった。

そこで本研究では、新システムを用いた作業道作設の作業効率を従来システムと比較評価し、国産材利用促進に資する効率的かつ安全な作業道作設技術の課題を明らかにすることを目的とした。

2. 調査方法

2.1 調査対象事業体および調査地の概要

調査は新システムを導入している民間のA林業事業体とB森林組合を選定した。また、新システムの時間計測を実施した。

調査地は、A事業体に依頼し、大分県玖珠郡九重町の国有林内で作業道を作設している調査区(面積は0.18ha)を設定した。樹種はスギ、林齢は55年生。立木本数密度は690本/ha、平均胸高

表1 機械諸元

ヘッド	MSE-45FGZX
カット最大寸法	300mm -400mm
カッター用最高使用圧力	6 MPa
最大開口幅	1,001 mm
バケット容量	0.40 m ³
バケット幅	903 mm
質量	1,240 kg
回転速度	12rpm
ベースマシン	ZX135US-6
質量	13,700 kg
標準バケット容量	0.50 m ³
エンジン定格出力	78.5 kW

直径は 39.4 cm, 調査地の標高は平均で約 620m、傾斜 0~7 度のほぼ平坦地である。

2.2 対象機械

本研究対象であるフェラーパンチャ付バケットを(図-1)、機械諸元を(表-1)に示す。

ベースマシンは H 社製 0.45m³クラス油圧ショベル(ZX135US-6)、アタッチメントは M 社製「ザウルスロボ」(MSE-45FGZX)である。

作業システムはフェラーパンチャ付バケットで伐木し、全木を置き場まで木寄集材後、作業道を掘削するシステムであり、全ての工程を 1 人 1 台で行う。

比較対象としての従来型システムは、B 組合への聞き取り調査および先行研究に基づき、0.45m³級油圧ショベル(通常バケットまたはグラブプル) + チェーンソー作業員の 2 名体制を想定する。

2.3 時間計測

森林作業道および調査区の配置を図-2 に示す。作業道は、下部の作業道始点から上部の作業道終点まで 124m 作設した。

ビデオカメラによる連続観測により、伐採作業を構成する各要素の所要時間を記録した。

伐木工程の要素は、フェラーパンチャ機構付きバケットは、機械が林地を移動する「機械移動」、作業機を立木に押し当てるまでのアーム・ブーム操作を行う「アーム」、機械を用いて伐木する「機械伐木」、伐木した全木を移動させる「木寄せ」、バケットで経路の整地や根掘り等をする「機械付

帯」に区分した。

降車作業について、作業者が機械から降りて林地を歩行する「人移動」、作業者が人力で根掘りや伐倒方向の確認、雑木の刈払いなどを行う「人付帯」、チェーンソーを用いて受け口を作成する「受け口」、追い口を入れる「追い口」に区分した。

2.4 聞き取り調査

新システムの運用実態、経済性、および導入における経営的な課題を明らかにするため、対照的な特徴を持つ 2 つの経営体に対して調査を実施した。

3. 結果と考察

3.1 調査対象の概要

(1) 林業事業体 A 社

A 社は大分県九重町を拠点とする民間企業である。台風被害木の整理のために 1992 年のハーベスタ導入以来、早期から機械化を推進し、現在は新システムを 7~8 台保有する事業体である。年間素材生産量は約 70,000m³である。

(2) 森林組合 B 組合

組合 B は福岡県内の広域(29 市町村)を管轄する



図-1 フェラーパンチャ機構付きバケットシステム



図-2 調査区の配置

事業体であり、年間素材生産量約 60,000m³である。作業道の作設は従来型システムの運用が基本であり、新システムは1セットのみである。深刻な人手不足と高齢化、および「マサ土」特有の地質条件による道作りの困難さを抱えている。

3.2 時間計測

伐木工程の作業効率について、大径木スギ林分における新システムの伐木工程の労働生産性は 5.09 m³/人時であった。

図-3は、録画1から5の中、各録画の機械のみによる伐採と人力のみによる伐採の1本当たりの平均作業時間を比較したものである。結果、両者の間には有意な差が認められ (p = 0.0017)、機械による伐採の効率性が確認された。

作業中に1本当たりの平均サイクルタイムは6.9分であった。これは木を伐倒するだけでなく、作業道作設のための「枝払い・整地・切り株処理」の時間も含まれている。また、機械伐採のみの作業時間は1本当たり約3.8分であったのに対し、チェーンソーを併用した人力補助が必要なケースでは約5.3分を要しており、機械作業の効率性が示された。

作業道作設における全作業項目の合計時間を図-4に示す。機械付帯の作業が最も多く、次いで木寄せ、機械伐木の順となった。

機械作業の時間内訳を見ると(図-5)、機械付帯が53.3%と過半数を占めている。これは、新システムにおいて重機が単なる伐倒用だけでなく、作業道作設のための基盤整備に多くの時間を割いているからである。一方、木寄せは19.7%、機械伐木は11.2%にとどまった。

対照的に、人力作業の内訳では(図-6)、受け口作成が74.0%に達した。これは大径木において重機の刃では完全に切ることができず、アームで立木を固定してから人間に受け口を作成しているためである。最終的な木の押し倒しは重機で行うため、追い口作成の時間は7.6%に留まっている。

幅3mの作業道作設スピードは21.6m/時、1メートル当たりの作業時間は166.7秒であった。異なる条件として、聞き取り調査と先行研究における従来型システムの施工能力(約8m/時程度)と

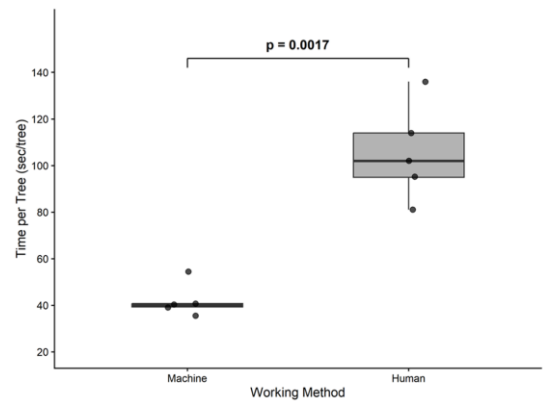


図-3 機械と人力で伐木工程の作業効率比較

資料：筆者時間計測調査より作成 (図-6まで同様)

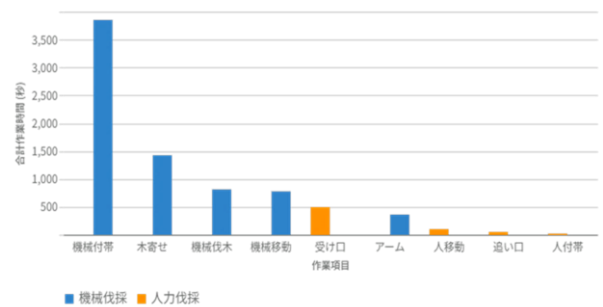


図-4 作業道作設項目ごとの合計時間

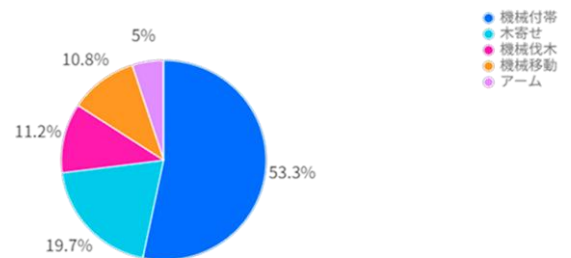


図-5 機械作業の時間内訳

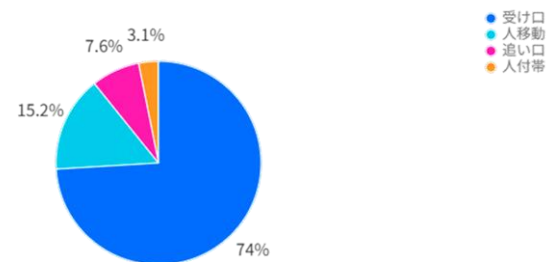


図-6 人力作業の時間内訳

比較しても、約 2.5 倍以上の高い作設速度を有していることが示された。

3.3 聞き取り調査

林業事業体 A 社では、1991 年の台風被害木処理における人力作業の危険性を契機に、安全確保を目的とした機械化が進められた。新システムの導入により、支障木の伐採から抜根、掘削までをキャビン内での一人作業で完結できるようになった結果、かつて年 1 回程度発生していたチェーンソーによる裂傷事故が劇的に減少し、現在は 3～4 年に 1 回、軽微な負傷が発生する程度まで抑えられた。

また、経済面では、ベースマシンを含め年間約 5,000 万円規模の機械投資を要する一方で、作業員 1 名分（年間約 400～500 万円と推定）の人件費削減効果が大きいと評価されている。機械投資はほぼ自社資金である。機械拡大時期には補助金を利用したが、近年では規模拡大要件などの補助要件を満たすことができないため、新規技術導入といった局面でも補助金利用が難しいとのことであった。

A 社は「人件費削減により初期投資は早期に回収可能である」としており、機械の作業効率以上に労働構造の革新（2 人作業から 1 人作業へ）が会社経営的優位性の本質と考える。

対照的に、森林組合 B では深刻な人手不足と高齢化が顕著であり、人力伐採を前提とした従来型システムの維持が困難になりつつある。

新システムの導入には県などの補助金への依存が見られるほか、走行モーター交換（片側 100 万円以上）などの高額な維持管理費が組織経営の大きな負担となっている。

2 つの事業体に共通の課題として、新システム特有のメンテナンス費用と伐採木材への影響が挙げられた。アタッチメントのカッター刃は岩石への接触等で損傷しやすく、頻繁な手入れや部品交換といった専用の維持管理技能が求められる。また、フェラーバンチャ切断による伐採手法は、大径木の末口部分に「裂け（材の損傷）」を生じさせ、素材価値を損なうリスクがある。そのため材の価値によって使い分けるといった現場判断が

不可欠であるとのことである。

4. まとめ

日本の林業は今、労働力の減少という不可逆的な縮小局面にあり、体力と気力を任す的な作業システムは維持不可能となりつつある。本研究で明らかになった A 社の成功事例と B 社の切実なニーズは、機械化による少人数、高い生産効率、安全性高い林業への転換が、単なる効率化の選択肢ではなく、産業として生き残るための必須条件であることと考えられる。

フェラーバンチャ機構付きバケットは、安全性と生産性の向上という定量的なメリットを背景に、人件費削減によって初期投資を相殺し得る高い経済的合理性を有していることが示唆された。結論として、本システムは、日本の林業が直面している「深刻な労働力不足」と「高い労働災害発生率」という二大課題に対する、極めて現実的かつ有効な解決策であると考えられる。

引用文献

1. 片桐智之 (2013) . 森林利用学会誌 28 巻 4 号 : 263-268
2. 中澤 昌彦ら (2020) . 森林利用学会誌 35 巻 4 号 : 189-196
3. 中澤 昌彦ら (2022) . 森林利用学会誌 37 巻 3 号 : 149-154
4. 松本良三 (2012) . 機械化林業 704 : 33-38.
5. 尾分達也・佐藤宣子 (2020) . 森林利用学会誌 35 巻 2 号 : 77-86
6. Sessions, J., Leshchinsky, B., Chung, W., Boston, K., & Wimer, J. (2017). Forest Science. 63(2):192-200.
7. 林野庁 (2022) . 森林・林業白書. 第 2 章第 1 節