

令和7年度 林野庁補助事業 木質バイオマス利用環境整備事業

# 林地残材等利用環境整備事業 成果報告書

令和8（2026）年3月

一般社団法人 日本木質バイオマスエネルギー協会



# 目次

1	本事業の目的と概要	1
1.1	事業の背景と目的	1
1.2	事業概要	3
1.3	検討委員会の設置	4
2.	実証調査	5
2.1	現地調査	5
2.1.1	有限会社 川井木材（高知県）	6
2.1.2	株式会社 マルサン（宮崎県）	12
2.1.3	錦バイオマスセンター（山口県）	18
2.2	文献調査	20
3.	実証調査結果を基にしたコスト試算の一般化	21
3.1	林地残材収集の考え方と試算条件の整理	21
3.1.1	林地残材収集の考え方	21
3.1.2	試算条件の整理	23
3.2	コスト試算（一般化）	26
3.2.1	定置式集材機について	26
3.2.2	タワーヤーダについて	27
3.3	販売収支の比較	28
3.3.1	チップ化のメリット	28
3.3.2	生産コストの比較	29
3.3.3	蓄積量と伐採面積の違いによる収支（定置式集材機）	31
3.3.4	蓄積量と伐採面積の違いによる収支（タワーヤーダ）	32
4.	まとめ及び成果の普及	33
4.1	まとめ	33
4.2	成果の普及	36
5.	巻末資料	37
5.1	成果報告会資料	37
		37
5.2	委員会議事録	61
5.2.1	第1回委員会（2025年7月11日）	61
5.2.2	第2回委員会（2026年2月2日）	63
5.3	文献まとめ一覧	66



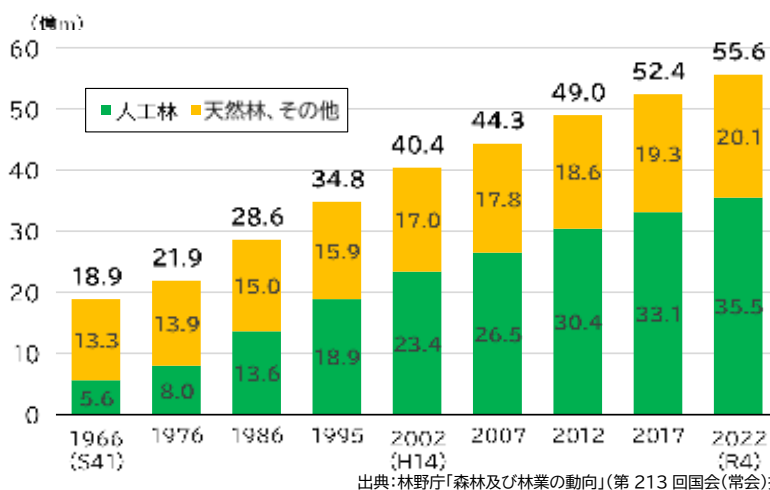
# 1 本事業の目的と概要

## 1.1 事業の背景と目的

現在、世界規模で異常気象の発生が見られ、大規模な自然災害が増加するなど、気候変動問題への対応は人類共通の課題となっている。この原因の大きな一つは化石燃料利用による地球温暖化によるものとされていることから、世界的に脱炭素の機運が高まっており、我が国においても、2030年には温室効果ガスを46%まで削減し、2050年にはカーボンニュートラル実現という目標を掲げ、国際公約としている。このような状況の中、化石燃料利用の抑制に向け、森林資源を有効に利用していくことは、GX実現に向けて非常に重要な役割を担っていると言える。

我が国における森林蓄積量は年々増加しており、2022年時点で約55.6億 $\text{m}^3$ となっている(図1-1)。これに伴い、木材生産量も増加しており、更にFIT制度の創設により燃料材比率も年々増加しており、2023年時点では32.5%を占めている(図1-2)。他方、由来別の発生量とその利用率の推移を見ると(図1-3)、製材工場等残材や建設発生木材の利用率はいずれも90%を超えているが、林地残材の利用率は低調であり、年々微増しているものの2022年時点での利用率は40%弱にとどまっている。言い換えれば、木材生産をする際に副次的に発生する林地残材という資源は、60%程度林内等に残置されていることとなる。これらの資源を木質バイオマスエネルギーとして利用することは、燃料材の安定供給に貢献するとともに、再造林を行う際の地拵えの手間を軽減することにもつながる。現在も木質バイオマス発電所は増加しており、それに伴う燃料材の需要の増加が見込まれることから、燃料材の安定供給がますます重要になってきている。

このため、本事業では、これまで利用が低位であった林地残材の利用向上を目的として、架線による全木集材を対象とした実証調査を実施し、用材生産も踏まえた林地残材収集における架線集材の収支を整理し、一定条件下における林地残材収集の採算ラインを把握した。



注: 1966(S41)年は1966(S41)年度、1976(S51)~2022(R4)年は各年3月31日現在の数値。

図1-1 我が国の森林蓄積量の推移



図 1-2 木材生産に占める燃料材比率

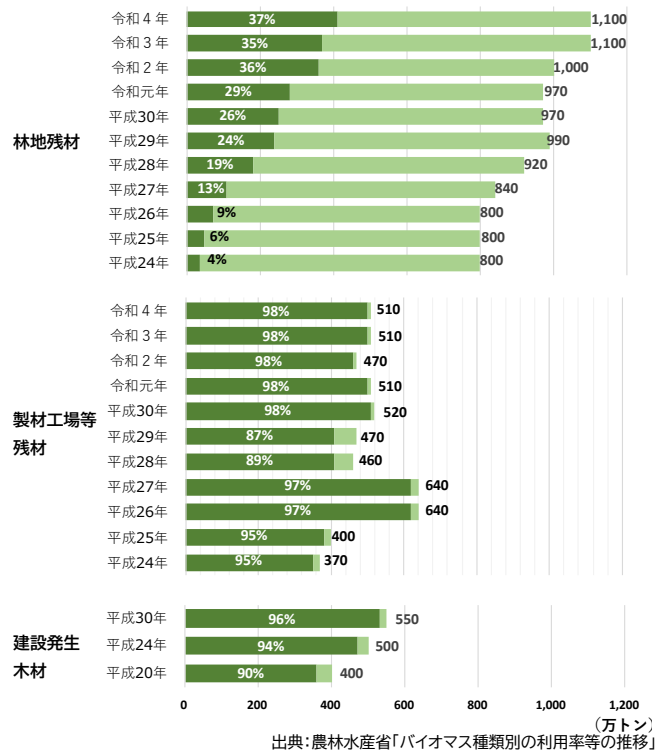


図 1-3 由来別発生量及び利用率の推移

## 1.2 事業概要

林地残材の利用拡大に向け、架線系による全木集材を実施しており、実際に林地残材を利用している事業体を対象に現地調査を行い、得られたデータ及び文献調査結果を活用して、架線集材における林地残材利用を踏まえたコストを試算し、一定条件下における伐採面積と森林蓄積量の違いによる予想収支を試算した。

実証調査は、現地調査と文献調査を実施した。現地調査では、素材生産量の多い地域かつ架線系全木集材を実施している 2 事業体（高知県の事業者・宮崎県の事業者）を対象に行い、加えて、林地残材をチップ化して木質バイオマス発電所へ販売している今年度新設されたチップ工場（2025 年 7 月竣工）を調査した。文献調査では、現地調査結果を一般化するために必要な情報を整理した。

これらの調査結果を踏まえ、一般化した調査結果を普及するため、ガイドブックの作成・配布及び国際バイオマス展において成果を報告した。

### 1.3 検討委員会の設置

本事業の実施にあたっては、専門知識を有する委員（表 1-1）で構成する検討委員会を設置し、専門的観点から助言を受ける委員会を開催した。委員会は 2025 年 7 月 11 日、2026 年 2 月 2 日の計 2 回開催し、第 1 回では調査設計及び分析手法について、第 2 回では調査分析結果、とりまとめ方針、ガイドブック案作成について協議した。

表 1-1 検討委員一覧

No	氏名	所属	専門分野
1	有賀 一広	宇都宮大学農学部 教授	森林工学
2	陣川 雅樹	森林総合研究所 林業工学研究領域 研究専門員	林業機械
3	鈴木 保志	高知大学農林海洋科学部 教授	森林工学
4	矢野 彰宏	全国素材生産業協同組合連合会 専務理事	素材生産

#### 引用文献

林野庁 木材需給表

([https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/mokuzai\\_zyukyu/index.html](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/mokuzai_zyukyu/index.html))

農林水産省 バイオマス種類別の利用率と推移

([https://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/attach/pdf/230908\\_8-12.pdf](https://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/attach/pdf/230908_8-12.pdf))

## 2. 実証調査

### 2.1 現地調査

現地調査は、前述のとおり、素材生産量の多い地域から高知県と宮崎県を選定した。それぞれの地域において、架線系全木集材を実施している有限会社川井木材（高知県本山町）と株式会社マルサン（宮崎県高千穂町）の施業地で実施した。

本調査では、要素作業を設定した上で（表 2-1）、架線集材をビデオ撮影して工期調査を実施し、要素作業ごとの作業時間を集計するとともに、各事業体へヒアリングし、伐採面積や作業時間等の基礎情報や使用機械類等を把握した。なお、機械類の仕様はメーカーホームページやカタログの情報から必要な諸元を収集した。

また、調査当日までに確認できなかった事項（先行伐倒や架設撤去の頻度等）については、各事業体へ適宜追加ヒアリングを実施して把握した。なお、本調査先の作業（集材・造材・運材）は全て並列作業であった。

表 2-1 事業体と作業の概要

要素作業（再整理後）
空荷走行
荷掛け・木寄せ等
実荷走行
荷下ろし
荷外し
（集材）待機
（集材）その他
原木移動
枝払い
玉切り
人や機械の移動
（造材）整理
（造材）待機
（造材）その他
移動【枝葉】
移動【タンコ口】
積み込み
集材車の移動（実荷）
集材車の移動（空荷）
荷台から材を下ろす
（運材）その他
（運材）待機

### 2.1.1 有限会社 川井木材（高知県）

#### (1) 調査を実施した事業体及び調査地の概要について

有限会社川井木材は、高知県長岡郡本山町に所在している林業事業体である。調査地に関する概要を表 2-2、図 2-1 に示した。

川井木材では、タワーヤーダとリフトライナーを利用した全木集材を実施しており、本調査時の現場では、下げ荷集材を行っていた。定期的に先行伐倒を実施（2週間に1-3回程度）しながら集材・造材を進めている。先行伐倒、集造材、運材の他に、中間土場で1週間に1.5日程度の頻度で枝条をチップングしている。

表 2-2 調査地概要(高知県)

調査箇所	①高知県長岡郡本山町(施業地) ②高知県長岡郡大豊町(中間土場)
調査日時	2025年①10月9日、②10月10日 ①9:30-14:40(約4時間) ②8:40-10:50(約2時間)
施業地の総面積	21 ha(皆伐)
主な樹種	スギ:ヒノキ=7:3
林齢	70-80年生
伐採予定材積	8,800 m <sup>3</sup> (推計蓄積量 419 m <sup>3</sup> /ha)
支間長(平均集材距離)	400m(200-300m)
集材方法	下げ荷集材
架設撤去の頻度等	頻度:1~3週間に1回 架設:3人×1.5日 撤去:3人×0.5日
先行伐倒の頻度等	頻度:2週間に1~3回 1回当たり、3人で0.1~0.2ha程度実施
作業時間(1日当たり)	8:00~16:30



図 2-1 高知県内の位置図

(2) 調査結果

表 2-2 のとおり、現地調査は、2025 年 10 月 9 日、10 日に実施した。9 日は集材・造材作業と枝条の運搬作業を記録した。10 日は中間土場にてチップング作業と枝条運搬作業を記録した。

本調査地の作業システムを図 2-2 に示した。

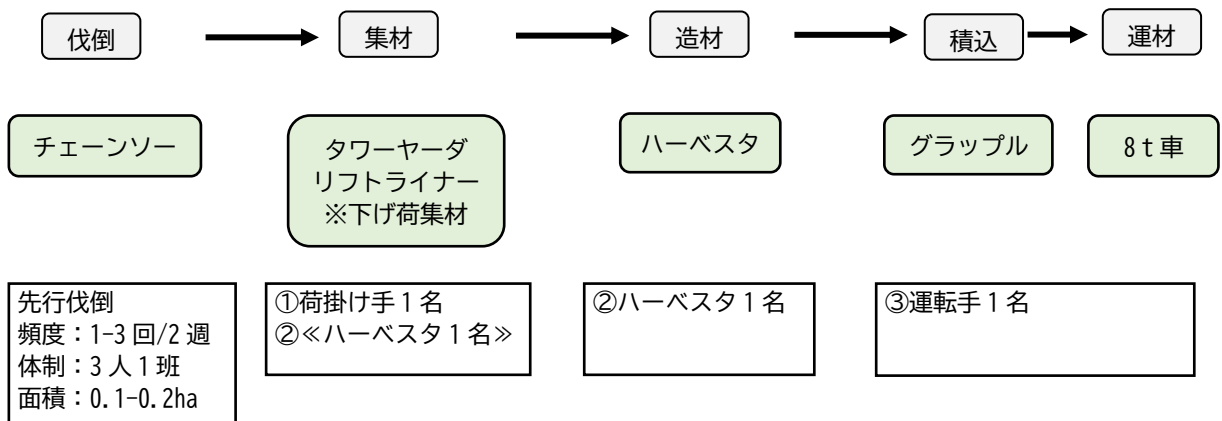


図 2-2 作業システム(高知県)

用材及び林地残材の運搬の流れを、図 2-3、図 2-4 に示した。



図 2-3 用材運搬の流れ

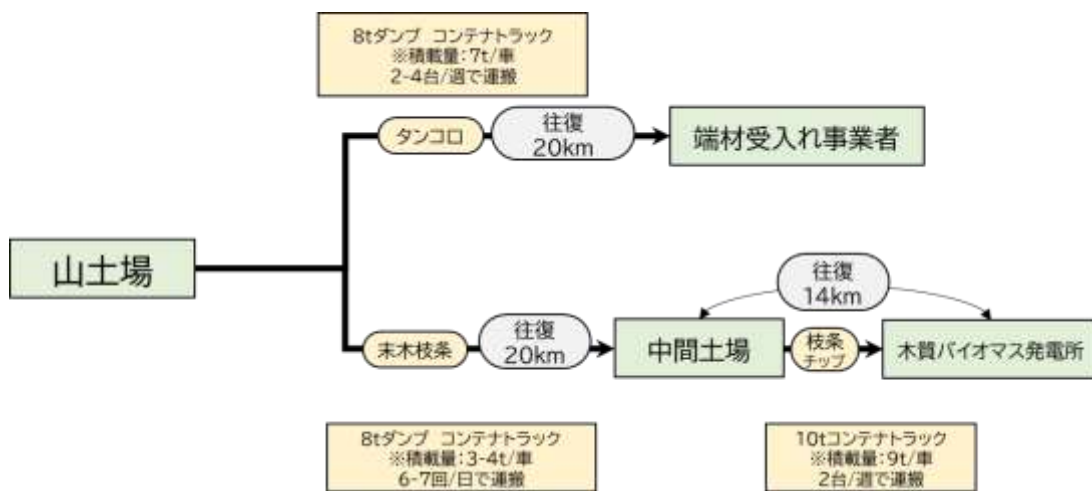


図 2-4 林地残材運搬の流れ

高知県の事例では、用材は近隣にある製材所へ直納品していた。林地残材については、端材はそのまま販売し、末木枝条は中間土場へ運搬した上でチップ化して木質バイオマス発電所へ供給していた。

本調査地では、集造運材は 3 人 1 班体制であり、リフトライナーをリモコン操作し、荷掛け手と造材者（ハーベスタ操作）がリフトライナーの操縦を切り替えながら作業することで、集造材を 2 人、運材（原木・端材・枝条）を 1 人で実施していた。集材から造材までの流れを図 2-5、各種数量のヒアリング結果を表 2-3 に示した。



図 2-5 集造材の流れ

表 2-3 各数量一覧

用材生産量	48 m <sup>3</sup> /日
林地残材(枝条)発生量	17 m <sup>3</sup> /日
端材買取り価格	5,000~6,000 円/t
枝条チップ買取り価格	12,000 円/t

オートチョーカーの使用により、荷外しは基本的にはハーベスタから降りずに作業することが可能であった（一部外れなかったものは手作業で外していた）。ヒアリングの結果より、素材生産量は1日当たり平均48 m<sup>3</sup>、林地残材は1日当たり17 m<sup>3</sup>発生していた。

林地残材のうち、端材は山土場から20km先にある林業事業者（大豊町）へ直接運搬・販売しており、枝条部分は山土場から10km先にある自社中間土場まで運搬し、1日50t程度の枝条をチップングしていた。なお、チップングは週に1.5日程度の頻度で実施していた。

実測した調査結果を1日7時間作業として換算するため、要素作業ごとの所要時間を1日作業として再計算した。その結果を集材作業、造林作業ごとに図2-6、図2-7に、各サイクルタイムを表2-4に示した。

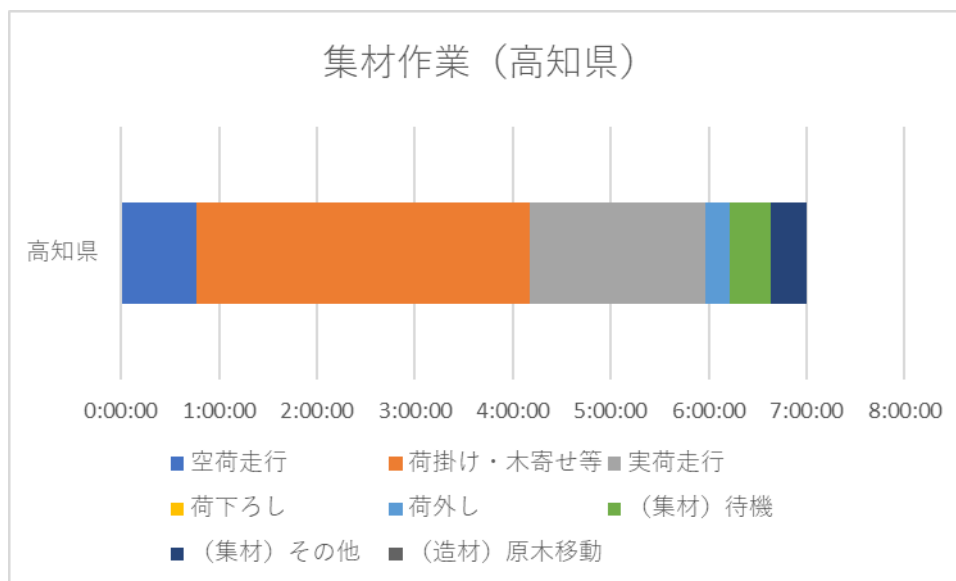


図 2-6 1日当たりの集材作業の要素作業(高知県)

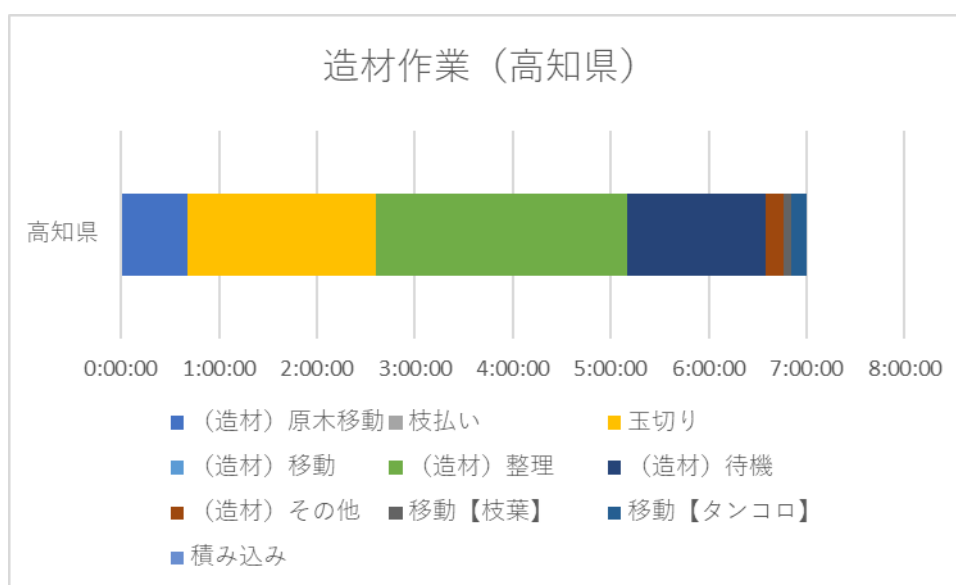


図 2-7 1日当たりの造材作業の要素作業(高知県)

前述のとおり、本調査地ではオートチョーカーを利用していたため、「荷外し」の時間はほとんど発生しなかったが、「荷外し」が発生した場合でも、グラップルを活用して原木を少し浮かせた状態にしており、手作業での「荷外し」が効率的に実施されていた。また、下げ荷集材であったことにより、「荷下ろし」は「実荷走行」の付帯作業となっていたため、要素作業として発生しない結果となっている。「荷掛け・木寄せ等」と「実荷走行」の合計の発生割合は全体の 74%を占めており、これらに時間を要したのは、下げ荷集材であった

ため、慎重に荷下ろしポイントまで集材していたことが要因と考えられる。

造材作業における発生割合が最も多かった要素作業は、「(造材) 整理」で、次いで「玉切り」であった。本調査地では、荷下ろしポイントと造材ポイントがほぼ同位置であったため、スムーズな造材が可能となり、造材後の材の整理時間に最も時間を要した結果となっている。なお、全体の 20%程度発生した「(造材) 待機」のうち 95%は、リフトライナーのリモコン操作によりハーベスタが止まっていた時間であった。

表 2-4 各サイクルタイム(高知県)

		項目	数量	
高知県	集材	作業人数	1	
			計測値	1日換算値
		作業時間	4:01:48	7:00:00
		サイクル数	35	61
		集材本数	55	96
		サイクルあたりの本数	1.57	—
		造材	作業人数	1
			計測値	1日換算値
	作業時間		5:18:33	7:00:00
	サイクル数(玉切回数)		70	92
	玉切時間		1:27:10	1:54:56
	サイクルあたりの本数(玉切平均)		0:01:15	—
	枝条運材		作業人数	1
			計測値	1日換算値
		作業時間	6:16:16	7:00:00
		サイクル数	6	7
	破碎	作業人数	1	
			計測値	1日換算値
		作業時間	1:33:21	7:00:00
		サイクル数	16	72

集材作業は、1日当たりで換算すると、61 サイクル発生したことになる。平均 48 m<sup>3</sup>/日の用材の生産量であったため、1 サイクル当たり 0.79 m<sup>3</sup>を集材したこととなる。造材作業では、92 本分の玉切り作業が実施されており、1 本当たり 0.52 m<sup>3</sup>を造材していたこととなる。枝条運搬については、ヒアリング結果から「1日6回程度運搬しており、理想は7回」という情報を得たが、実測結果が同様の結果となった。

### 2.1.2 株式会社 マルサン (宮崎県)

#### (1) 調査を実施した事業体及び調査地の概要について

株式会社マルサンは、宮崎県西臼杵郡高千穂町に所在している林業事業体である。調査地に関する概要を表 2-5、図 2-8 に示した。

マルサンでは、定置式集材機を利用した全木集材を実施しており、本調査時の現場では、ダブルエンドレス方式の上げ荷集材を行っていた。定期的に先行伐倒を実施（1 か月に 1 回程度）しながら集材・造材を進めている。

表 2-5 調査地概要(宮崎県)

調査箇所	宮崎県諸塚村(施業地)
調査日時	2025年9月18日 9:00-15:20(約5時間)
施業地の総面積	18 ha(皆伐)
主な樹種	スギ
林齢	46-61年生
伐採予定材積	13,415 m <sup>3</sup> (推計蓄積量 745 m <sup>3</sup> /ha)
支間長(平均集材距離)	850m(290m)
集材方法	上げ荷集材
架設撤去の頻度等	頻度:9ヶ月に1回 架設:5人×5日 撤去:5人×2日
先行伐倒の頻度等	頻度:1ヶ月に1回 1回当たり、10人で1ha程度実施
作業時間(1日当たり)	8:00~16:30



図 2-8 宮崎県内の位置図

(2) 調査結果

表 2-5 のとおり、現地調査は、2025 年 9 月 18 日に実施した。調査は集材・造材作業及び山土場内での用材運搬作業を記録した。

本調査地の作業システムを図 2-9 に示した。

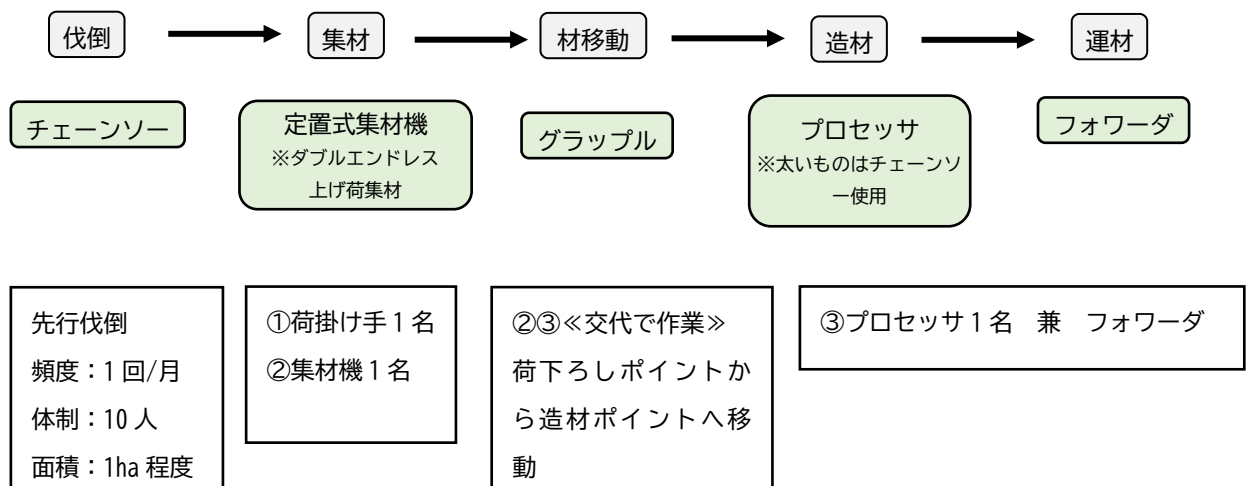


図 2-9 作業システム(宮崎県)

用材及び林地残材の運搬の流れを、図 2-10、図 2-11 に示した。

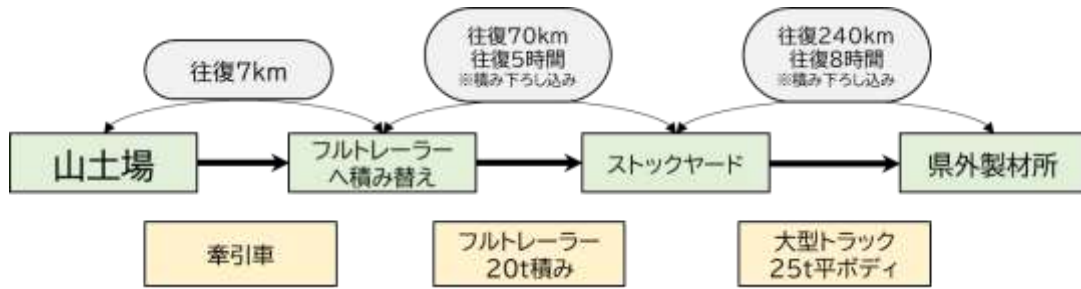


図 2-10 用材運搬の流れ



図 2-11 林地残材運搬の流れ

宮崎県の事例では、用材のほとんどは県外にある製材所へ直納していた。林地残材については端材部分のみを販売し、末木枝条は現地に放置され、利用方法を検討中であった。

本調査地では、集造運材は 3 人 1 班体制であった。荷掛け手は谷側で荷掛け作業を実施しており、径級が大きく全木の状態では安全に運び出せない可能性のあるものについては、チェーンソーによる造材作業を実施して短幹状態にしてから集材していた。集材機の運転手は、「荷下ろしポイント」に集材した材が溜まった場合、「荷下ろしポイント」とプロセッサのある「造材ポイント」まで、グラップルを使用して材を移動する作業を兼務していた。プロセッサの運転手は、集材機運転手と同様に「荷下ろしポイント」から「造材ポイント」までの材移動を兼務しつつ、造材作業を実施しており、さらに、本施業地は山土場が手狭であったため、山土場に溜まった原木をフォワーダに載せて、30-40m 程度進んだ場所に原木を再度極積みしていた。集材から造材までの流れを図 2-12 へ、各種数量のヒアリング結果を表 2-6 に示した。



図 2-12 集造材の流れ

表 2-6 各数量一覧

用材生産量	20 m <sup>3</sup> /日
林地残材(端材)発生量	5t/日
端材買取り価格	5,500~6,000 円/t

※枝条部分は利用方法検討中

施業地の品種が飢肥スギ系統のため、樹齢の割に原木は太く、一部の原木は荷掛け手が林内でチェーンソーにより造材したものを集材していた。造材時の長さは 8m を基本とし、8m でも太くて安全に集材が出来ない可能性があるとは判断された場合は、長さ 4m にした上で集材していた。

また、上記のように径級が大きい材は、山土場でもプロセッサの材送りや枝払い、玉切りが困難であるため、山土場においてもチェーンソーによる造材作業となっていた。

ヒアリング結果によれば、素材生産量は 1 日当たり平均 20 m<sup>3</sup>、端材は 5t/日発生していた。端材は、山土場から 25km 先にある木材取扱い事業者（日之影町）へ直接運搬・販売していた。おおむね 1 週間で 3 台程度運搬していた。

実測した時間を 1 日 7 時間作業として換算した工期調査結果を集材作業、造材作業ごと

に図 2-13、図 2-14 に、各サイクルタイムを表 2-7 に示した。

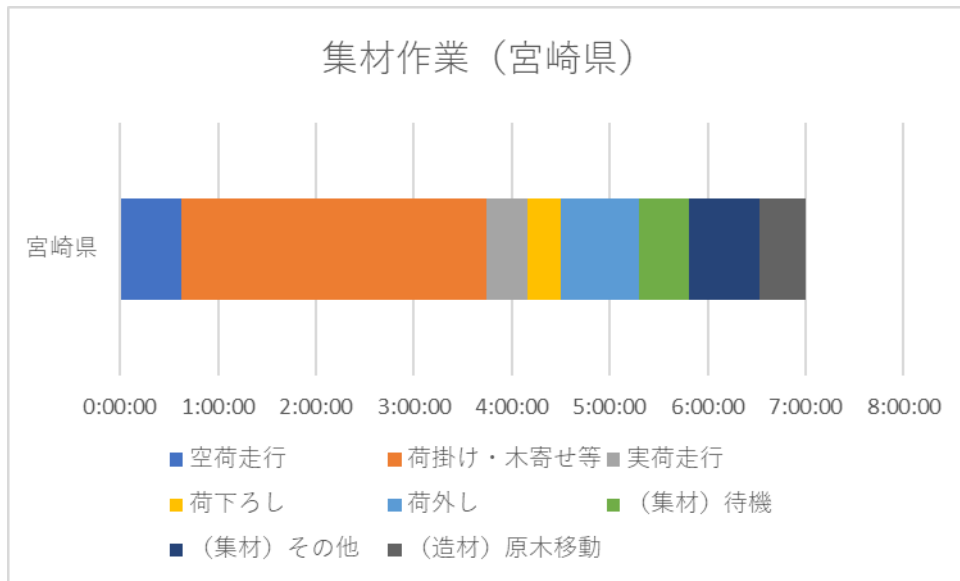


図 2-13 1日当たりの集材作業の要素作業(宮崎県)

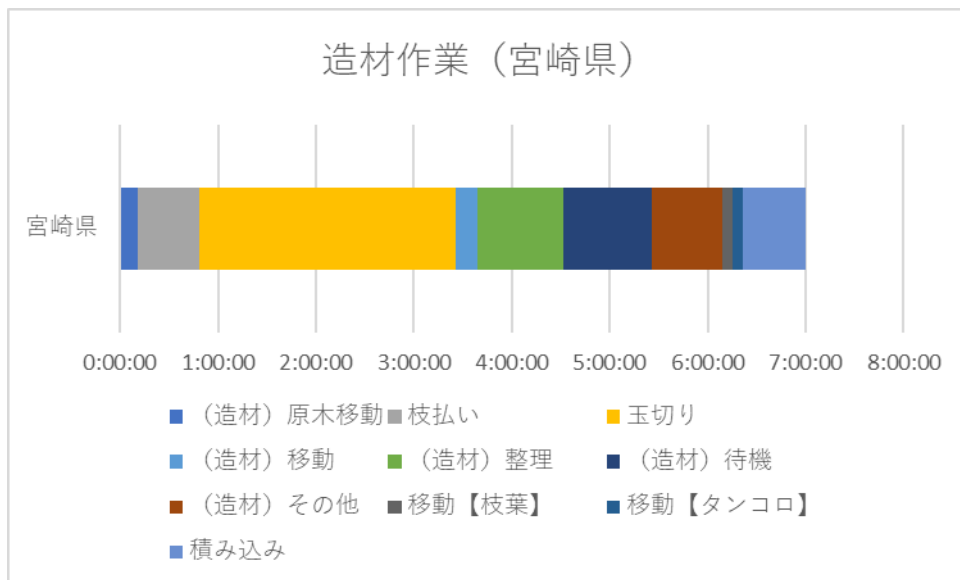


図 2-14 1日当たりの造材作業の要素作業(宮崎県)

本調査事例では、定置式集材機であり、集材距離も長かったことに加え、径級が大きかったため、「荷掛け・木寄せ等」の発生割合や約 50%と、最も時間を要していた。また、荷掛け手によるチェーンソー作業は、基本的には集材機作業者がグラップルで材移動している際や荷外しの際など、次の集材がスムーズに進められるように合間時間をうまく活用しながら作業していた。なお、今回は集材を対象に記録していたため、林内のチェーンソー造材

作業についての時間、映像のデータはない。

発生割合が最も多かった要素作業は、「玉切り」であった。前述のとおり、プロセッサ作業者は、グラップルの材移動及びフォワーダ運材も兼務していたため、高知県事例と比較すると「(造材) 整理」の時間は少ない結果となった。しかし、山土場で径級の大きい材をチェーンソーにより造材作業をする必要があったため、プロセッサであれば造材作業の付帯作業として考えることも可能な「枝払い」が単独で発生した。なお、プロセッサによる玉切り作業と枝払い作業は同時に行われるため、本調査では、プロセッサによる玉切り作業には枝払い作業を含んだ時間としてカウントとしており、要素作業として記録した枝払い作業については全てチェーンソーによるものであった。

表 2-7 各サイクルタイム(宮崎県)

		項目	数量	
宮崎県	集材	作業人数	2	
			計測値	1日換算値
		作業時間	5:13:51	7:00:00
		サイクル数	38	51
		集材本数	53	71
		サイクルあたりの本数	1.39	—
	造材	作業人数	0.5	
			計測値	1日換算値
		作業時間	4:43:42	7:00:00
		サイクル数(玉切回数)	94	139
		玉切時間	1:45:52	2:36:44
		サイクルあたりの本数(玉切平均)	0:01:08	—
		玉切りをチェーンソーで実施した割合	14%	—
	用材運材	作業人数	0.5	
			計測値	1日換算値
		作業時間	0:56:44	7:00:00
		サイクル数	7	52
		合計本数	161	1,192

集材作業は、1日当たりで換算すると、51 サイクル発生したことになる。平均 20 m<sup>3</sup>/日の用材の生産量であったため、1 サイクルあたり 0.39 m<sup>3</sup>を集材したこととなる。造材作業では、139 本分の玉切り作業が実施されており、1 本あたり 0.14 m<sup>3</sup>を造材していたこととなる。端材運搬については、ヒアリングの結果から、おおむね 1 日 5t 程度発生し、1 週間で 3 回程度山土場から受け入れ先へ運搬している。端材運搬は、集造材作業とは別の作業員が別途運搬していた。

### 2.1.3 錦バイオマスセンター（山口県）

錦バイオマスセンター（以下、錦 BC）は、山口県東部森林組合が 2025 年 7 月 3 日に運用を開始した新設の木質チップ生産工場である。敷地面積は 49,800 m<sup>2</sup>であり、調達圏内は、森林組合管内（岩国市、周南市、下松市、光市、柳井市、和木町、周防大島町、上関町、田布施町、平生町）であるが、主な調達先は岩国市と周南市である。

錦 BC は、林地残材等を主原料とする工場であり、経済的な判断だけではなく林地残材の除去による災害防止や地拵えコストの軽減も期待できるように、総工費約 9 億円（一部を公的助成活用）を掛けて設置された。

将来的に、1 年後に運用を開始する広島県の木質バイオマス発電所へチップを販売することを想定しているため、林地残材の受入れ量は 28,000t/年と想定している。しかし、現状では木質バイオマス発電所への必要量を満たせないと判断し、「錦 BC 地元連絡協議会」と「錦 BC 森林資源循環利用事業推進協議会」を設立し、林地残材等の供給に係る協力事業体の確保に取り組んでいる。

所有しているチップパーは、ALLRECO 社製（ドイツ）の定置式チップパーであり、25t/時の性能を有している。製造したチップの水分は自然乾燥により 35-40%wb を想定している。また、定置式チップパーのほかに、2 台の移動式チップパーも有しており、林地残材の破碎は定置式チップパーを利用し、製材端材等の破碎は移動式チップパーを利用している。

調達した原木は、間伐材等由来が 9 割、一般木質由来が 1 割となっており、現状では原木と林地残材の割合は 7：3 となっている。

錦 BC では、ホームページに買取価格を公開している。価格設定については山口県森林組合連合会が設定している価格帯を参考にしつつ、山口県東部森林組合でも独自の試算を踏まえて金額を設定した（図 2-15）。



写真 2-1 定置式チップパー(錦 BC)



写真 2-2 林地残材集積の様子(錦 BC)

買取価格			
素材区分	樹種区分	持込みの場合 (円/t)	現地で引き取る場合※1 (円/t)
間伐等由来の用材 (A~C材: 3mΦ14cm以上)	スギ ヒノキ	7,700	5,000
間伐等由来の用材 (D材: 3mΦ14cm未満)	スギ ヒノキ	7,000	4,300
一般用材 (D材: 3mΦ14cm未満)	スギ ヒノキ	6,000	3,300
間伐材等由来の未利用素材 (E材: 枝葉・端材・先端部等の 林地残材)	スギ ヒノキ 広葉樹	2,700	0
一般の未利用素材 (E材: 枝葉・端材・先端部等の 林地残材)	スギ ヒノキ 広葉樹	1,300	1,400円/tの引取運賃を ご負担いただきます。

図 2-15 買取価格表(錦 BC)

## 2.2 文献調査

文献調査は、「架線集材」をキーワードにして、J-Stage での論文検索、農林水産省が管理する農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センターの論文検索及び都道府県が運営する森林・林業の試験研究機関（森林技術センター等）の公開している情報を調査し、関連のある文献から、必要な情報を整理して、現地調査結果を一般化する際に活用した。検索でヒットした文献数は167件であり、概要のみをとりまとめ一覧表を作成した（巻末資料参照）。

なお、167件の文献の他に、試算条件を整理するために収集した文献は、以下のとおりである。

表 2-8 試算条件に係る文献リスト

文献名	発行年	著者・発行者 等
森林施業プランナーテキスト	2023年	森林施業プランナー協会
治山林道必携－積算・施行編－	2024年	日本治山治水協会/日本林道協会
森林利用学	2024年	丸善出版
国土交通省公共工事設計労務	2025年	<a href="https://www.mlit.go.jp/report/press/tochi_fudousan_kensetsugyo14_hh_000001_00261.html">https://www.mlit.go.jp/report/press/tochi_fudousan_kensetsugyo14_hh_000001_00261.html</a>
機械化のマネジメント	2024年	全国林業改良普及協会

文献調査の結果、本事業の試算で活用する数量等が記載されていた文献は、以下のとおりである。

- ✓ 平山ら（2019）欧州製自走式搬器を利用した全木集材と全幹集材の労働生産性. 森利誌 34（3）
- ✓ 片桐（2018）岡山県における車両系作業システム及び架線系作業システムによる皆伐作業の生産コストの比較. 森利誌 33（1）

次章より、実証試験結果をベースとし文献データを活用した、架線集材における林地残材収集コストの一般化を実施した。

### 3. 実証調査結果を基にしたコスト試算の一般化

#### 3.1 林地残材収集の考え方と試算条件の整理

##### 3.1.1 林地残材収集の考え方

伐採木の集材形態は、架線系集材により林地残材を収集利用していく上で非常に重要なポイントとなる。集材方法は、全木集材、全幹集材、短幹集材の3つあるが、これら3つの集材方法について、林地残材収集における考え方を整理した（表3-1）。

表 3-1 林地残材収集における集材方法の違いによる考え方

架線集材方法		林地残材収集の考え方
①	<b>全木集材</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 素材生産と同時に収集することが可能である。</li> <li>✓ 林地残材の収集コストは、山土場での集積まで素材生産コストに含まれるため、残材運搬以降でコストが発生する。</li> <li>✓ 根株を除く全ての林地残材が利用可能である。</li> <li>✓ 3つの集材方法の中で、最も低コストで林地残材を収集可能である。</li> <li>✓ 林内ではなく山土場で造材するため、素材の生産性も高く林内作業より危険性が低い。</li> <li>✓ 平地(山土場)での作業のため、プロセッサやハーベスタを利用することが可能である。</li> <li>✓ 発生した林地残材を一カ所に集めやすい。</li> </ul>
②	<b>全幹集材</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 素材生産と同時に収集できるものは、端材(タンコ口等)のみである。</li> <li>✓ 端材の収集コストは、「全木集材」と同様に、端材運搬以降でコストが発生する。</li> <li>✓ 枝条部分を利用する場合は、単独で枝条を収集するコストが発生する。</li> <li>✓ かさ密度は、末木枝条よりも高い。</li> <li>✓ 林内でチェーンソー等による枝払いが発生するため、全木集材と比較して素材の生産性はやや低下し、林内作業の危険性も上がる。</li> <li>✓ 地曳集材時は、障害物などに引っ掛かりづらい。</li> </ul>
③	<b>短幹集材</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 素材生産と同時に収集できるものはほぼ無し(一部の端材のみ)。</li> <li>✓ 林地残材の収集には不向きである。</li> </ul>

それぞれの集材方法で、用材生産と同時に収集可能な林地残材の形状は様々であるが、全木集材であれば、利用可能な林地残材量が最も多く、林内でのチェーンソーによる造材作業が発生しないため、山土場でプロセッサやハーベスタ等の重機により造材作業が可能となり、作業効率及び安全性は高いと言える。さらに、山土場での作業であるため、1か所に林地残材を集めやすいなど、メリットが多い。

また、全木集材における林地残材収集コストは、図 3-1 に示すように造材後から発生（図中の赤破線以降）する。その理由は、造材までの林地残材の収集工程は用材生産と同一となり、林地残材の生産コストは用材の生産コストでカバーできるためである。

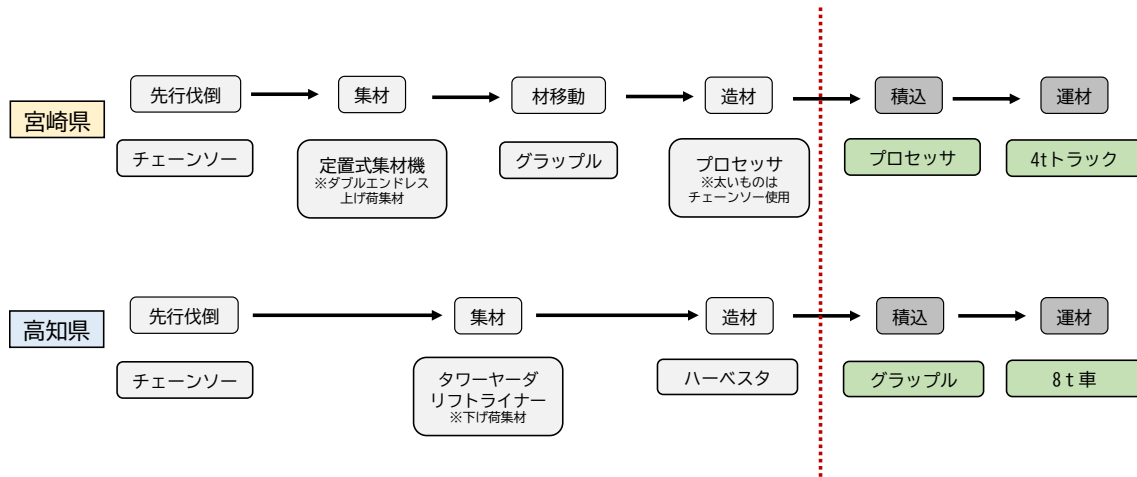


図 3-1 林地残材利用におけるコスト発生の考え方

そこで本章では、林地残材収集コストを試算するに当たり、山土場で集められた林地残材を運搬する工程から積算することとした。なお、用材生産コストは、伐倒から山土場で桝積みされるまで（架設撤去含む）のコストとする。

### 3.1.2 試算条件の整理

林地残材収集における一般化したコストを試算していくために、表 2-8 に示した文献、メーカーカタログ、ヒアリング結果を基にして、各種機械損料を設定した（表 3-2）。なお、購入費用は補助率 1/2 の公的助成を活用することを想定した。

表 3-2 使用機械類の機械経費

使用機械	諸元	機械出力 (kW)	燃料消費率 (L/kw )	燃料消費量 (L/h)	1 日損料 (円)
チェーンソー	0.060L	3	—	0.38	210
グラップル	0.45 m <sup>3</sup>	63-77	0.144	9.1-11.0	7,980
グラップル	0.7 m <sup>3</sup>	113	0.144	16.27	10,130
集材機	51.6kN	75	0.108	8.1	19,660
タワーヤーダ	—	210	—	45	59,070
フォワーダ	N4	81	0.114	9.22	6,900
プロセッサ	0.45 m <sup>3</sup>	73	0.144	10.57	12,190
ハーベスタ	0.7 m <sup>3</sup>	113	0.144	16.27	15,570
ダンプトラック	4t積	135	0.04	5.4	4,150
ダンプトラック	8t積	179	0.04	7.16	7,460
ダンプトラック	10t積	246	0.04	9.84	10,040
セミトレーラー	20t積	235	0.075	17.63	9,270
セミトレーラー	25t積	235	0.075	17.63	10,180
チップパー	400kW	390	0.191	74.49	73,190

※フォワーダの「N」はローダなし、数値は積載量（N4 はローダ無し 4t 積）

※燃料費は、軽油 149 円/L、混合燃料 173 円/L と設定

また、機械経費以外の各種設定した数量について、各種設定金額を表 3-3 に、人件費及びその他数量を表 3-4 に示した。

表 3-3 各種設定金額

種類	買取り価格	引用事例
用材	15,900 円/m <sup>3</sup>	R6 森林林業白書 スギ平均価格
端材	6,000 円/t	宮崎県事例
末木枝条	2,700 円/t	山口県事例
枝条チップ	12,000 円/t (水分 50%程度)	高知県事例

表 3-4 人件費及びその他数量

内容	数量	引用先
人件費 (管理費 15%)	24,852 円/人日 (3,728 円/人日)	国土交通省公共工事設計 労務単価(特殊作業員)
定置式集材機 ・素材生産量 ・端材発生量	20 m <sup>3</sup> /日 5t/日	実証調査結果及び林野庁 資料(高度架線技能者技 術マニュアル 2014) 等
タワーヤーダ ・素材生産量 ・端材発生量 ・枝条運搬量 ・破碎量 ・枝条チップ運搬量	30 m <sup>3</sup> /日 7.5t/日 20t/日 50t/日 9t/日	
人数、機械作動時間、 機械作動日数	適宜	実証調査結果参照

さらに、山土場以降の、林地残材等の納入先距離や流れを設定した（図 3-2）。

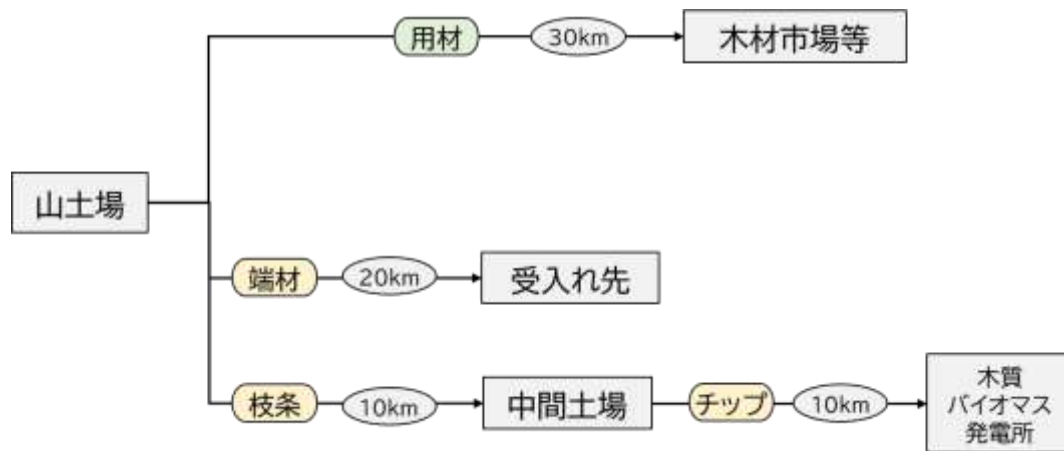


図 3-2 林地残材等の流れ

端材は、処理をせずにそのままの状態、山土場から 20km 程度離れたチップ工場などの受入れ先へトラックで運搬し、末木枝条は、10km 程度離れた中間土場へトラックで運び中間土場でチップ化し、中間土場から 10km 程度離れた木質バイオマス発電所へ枝条チップ運搬する流れで試算を進めることとする。

## 3.2 コスト試算（一般化）

### 3.2.1 定置式集材機について

宮崎県の調査結果をベースに、定置式集材機（全木集材）における林地残材等の生産コストを試算した。試算結果を表 3-5 に、想定した作業システムを図 3-3 に示した。

表 3-5 定置式集材機(全木集材)の生産コスト

	作業工程	作業員の人件費				作業工程	林業機械の機械経費				人件費 機械経費 合計 (円/日) A+B+C	生産量等	生産コスト		
		単価 (円/日)	管理費 (15%)	人工 数	小計 (円/日) A		使用機械	燃料費		機械損料					
								作動時 間 (h)	燃料費 (円/日) B	作動日数 換算(日)				機械損料 合計(円/日) C	
定置式集材機 【全木集材】	先行伐倒	24,852	3,728	0.5	105,746	先行伐倒	チェーンソー	2.5	164	0.5	105	177,367	用材 (m³/日)	20.0	用材 (円/m³)  8,870 <small>※市場等への運送 費除く</small>
	架設撤去			0.2		集材機	5.3	7,345	1.0	23,650					
	集材			0.45		0.7	0.5	0.5							
	集材	造材	プロセッサ	4.9	7,717	1.0	12,190	24,249	端材 (t/日)	5.0	端材 (円/t)	4,850			
	集材	用材運搬	フォワーダ	1.5	9,020	0.5	11,430								
	集材	用材運搬	グラップル(0.45)	4.7	3,894	0.5	6,065	0.5	0.5						
	端材運搬	端材運搬	ダンブトラック(4t)	3.0	3,894	0.5	6,065	0.5	0.5						
端材運搬	端材運搬	グラップル(0.45)	1.0	3,894	0.5	6,065	0.5	0.5							

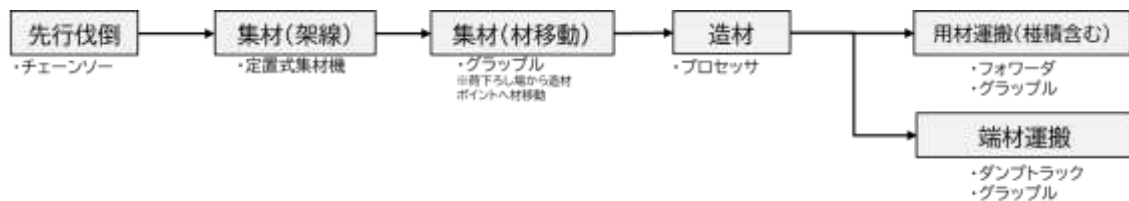


図 3-3 想定した作業システム

定置式集材機（全木集材）においては、宮崎県の事例をベースとしたため、林地残材は端材のみを利用したコスト試算である。

試算した結果、用材コストは、8,870 円/m³となった。なお、用材コストには、木材市場などへの運搬費用や各種手数料等は加味していない。

本試算表を活用して、人件費や人工数、機械経費、生産量等を代入することで、今後の事業予定地のコストを算出することが可能である。

その手順としては、まず作業工程を想定して、それぞれ 1 日に係る人工数を設定する。単価や管理費は組織で有する人件費を代入する。

次に、作業工程ごとに使用する機械類を整理する。機械類の機械経費は、人件費と同様に組織で有する情報を利用するか、前述の文献（治山林道必携や森林利用学等）を活用して一般的な数値を代入することで設定が可能である。

さらに、素材生産量や端材発生量を設定する。設定した生産量等の数値で、人件費及び機械経費の合計値を除することで、単位量当たりの生産コストを算出できる。なお、末木枝条のチップ化を実施する場合は、後述するタワーヤードの事例を参照する。

### 3.2.2 タワーヤードについて

高知県の調査結果をベースに、タワーヤード（全木集材）における林地残材等の生産コストを試算した。試算結果を表3-6に、想定した作業システムを図3-4に示した。

表 3-6 タワーヤード(全木集材)の生産コスト

	作業工程	作業員の人数			作業工程	林業機械の機械経費				人員費 機械経費 合計 (円/日) A+B+C	生産量等	生産コスト		
		単価 (円/日)	管理費 (15%)	人工 数		小計 (円/日) A	使用機械	燃料費				機械燃料 合計(円/日) C		
								作業時間 (h)	燃料費 (円/日) B				作業日数 換算(日)	燃料費 合計(円/日) C
タワーヤード 【全木集材】	先行伐倒			0.9	先行伐倒	チェーンソー	4.5	296	0.9	189	232,648	用材(m <sup>3</sup> /日)	用材(円/m <sup>3</sup> )	
	架設撤去			0.6	集材	タワーヤード	6.2	41,571	1.0	59,070		30.0	7,750 ※市場等への運送費除く	
	集材			2.0	造材	グラブブル(D.7) ハーベスタ	3.7 1.9	13,577	1.0	17,915	26,691	端材(L/日)	端材(円/L)	
	端材運搬			0.5	端材運搬	ダンプトラック(8t) グラブブル(D.45)	3.0 1.0	4,681	0.5	7,720		7.5	3,560	
	枝条運搬	24,852	3,728		枝条運搬	ダンプトラック(8t) グラブブル(D.45)	5.5 1.5	8,327	1.0	11,450	48,357	枝条(L/日)	枝条(円/L)	9,010
	製材			1.0	製材	チップパー グラブブル(D.45)	5.5 6.5	70,389	1.0	81,170	180,139	チップ製造 (L/日)	チップ製造 (円/L)	
	枝条チップ運搬			0.5	枝条チップ運搬	ダンプトラック(10t) グラブブル(D.45)	1.5 1.0	3,637	0.5	9,010	26,937	チップ運搬 (L/日)	チップ運搬 (円/L)	

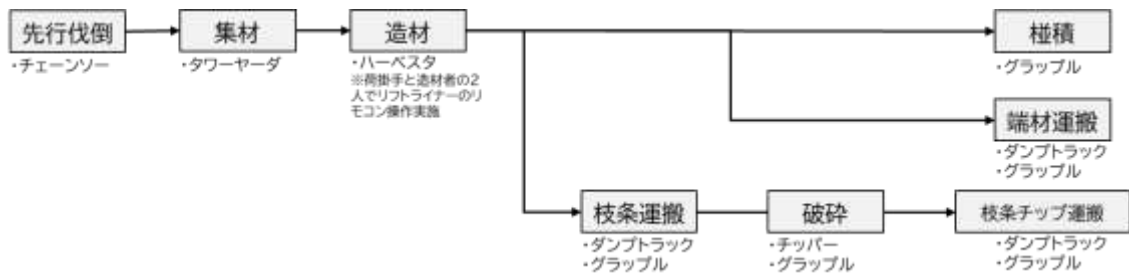


図 3-4 想定した作業システム

タワーヤード（全木集材）においては、高知県の事例をベースとしたため、端材は未加工のまま販売し、末木枝条は自社中間土場においてチップ化した後に、木質バイオマス発電所へ販売した場合のコスト試算結果である。

試算した結果、用材コストは、7,750 円/m<sup>3</sup>となった。なお、用材コストは木材市場などへの運搬費用や各種手数料等は加味していない。

本事例を活用すれば、定置式集材機（全木集材）と同様に、今後の事業予定地のコストを算出することが可能である。試算のための考え方や数量の設定については、定置式集材機（全木集材）と同様である。

なお、枝条は「1日の運搬可能量」、チップ製造は「1日の製造可能量」、チップ運搬は「1日の運搬可能量」を設定することとした。

### 3.3 販売収支の比較

#### 3.3.1 チップ化のメリット

末木枝条のチップ化の有無によるメリットを整理するため、前述までの試算で設定した数量を踏まえて、販売形態による収支の違いを比較した。

試算の前提として、販売量はそれぞれ、末木枝条：20t/日、枝条チップ：9t/日とし、運搬距離や流れについては図 3-5 のとおりである。なお、それぞれの買取り価格は、前述の表 3-3 の条件とした。

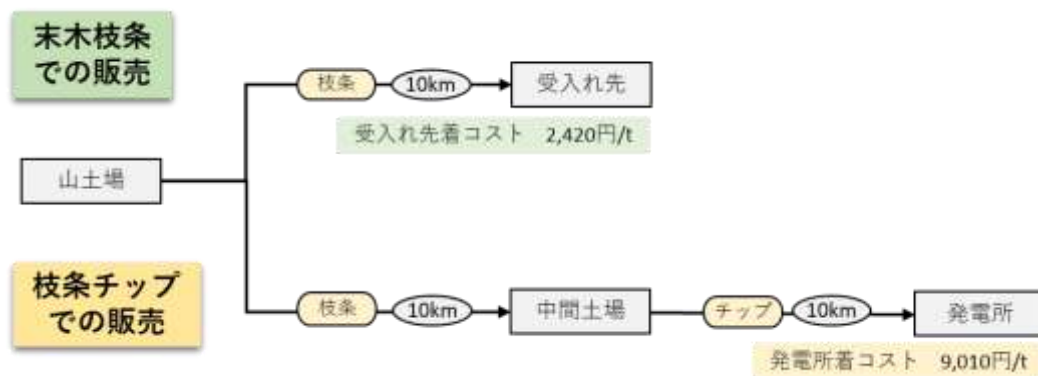


図 3-5 販売形態の違いによるそれぞれの流れ

試算の結果（表 3-7）、どちらの販売形態であっても、本試算の条件下では一定の利益が生じる結果となった。しかし、末木枝条の場合は、収支が僅少となり、移動式チップパーの機械経費やチップング工程及び運搬工程の追加による人件費の増加を考慮しても、チップ化した方が収支面では有利となる結果となった。

なお、末木枝条の受入れ先が遠方になってしまうと採算が取れなくなってしまう可能性が高くなるため、注意が必要である。

表 3-7 販売形態による収支の違い

販売形態	販売量	販売価格	収入計	生産コスト	支出計	収支
	t	円/t	円	円/t	円	円
末木枝条での販売	20	2,700	54,000	2,420	48,400	5,600
枝条チップでの販売	9	12,000	108,000	9,010	81,090	26,910

### 3.3.2 生産コストの比較

前項では、チップ化の有無による試算の結果、チップ化する方が安定した収入が得られる結果となったが、チップターの性能や枝条チップの運搬距離の違いによっても収入が変化する。

そこで、使用機械類の整理で活用した文献（治山林道必携）に記載のある、チップター4種類をベースに、枝条チップの1日の生産量と運搬距離別の枝条チップの生産コストを試算した。

まずは、試算を進めるに当たり、以下の試算例（表3-8）のような形で整理した。下表で示すように、人件費と人工数、使用機械類と機械経費、運搬量や製造量を設定することで、それぞれの段階の生産コストが算出可能となる。

表 3-8 試算例

《試算例》	作業員の人件費		林業機械の機械経費				人件費 機械経費 合計 (円/日) A+B+C	運搬量等 (t/日)	生産コスト (円/t)	
	人工 数	人件費 (管理費含む) A	機械名	作動時間 (h)	燃料費 (円/日) B	機械損料 (円/日) C				
端材運搬 片道20km運搬	0.5	14,290	グラップル(0.45)	1	1,481	3,990	26,691	7.5 (端材)	3,559	
			ダンプトラック(8t)	3	3,201	3,730				
枝条運搬 片道10km運搬	1	28,580	グラップル(0.45)	1.5	2,459	3,990	48,357	20 (末木枝条)	2,418	
			ダンプトラック(8t)	5.5	5,868	7,460				
枝条破砕 (チップ生産)	1	28,580	グラップル(0.45)	6.5	9,344	7,980	180,139	50 枝条チップ	3,603	
			チップター	5.5	61,045	73,190				
チップ運搬 片道10km運搬	0.5	14,290	グラップル(0.45)	1	1,438	3,990	26,937	9 (枝条チップ)	2,993	
			ダンプトラック(10t)	1.5	2,199	5,020				

本試算では、枝条チップの運搬距離（片道）を10km、20km、30kmの3種類とし、枝条チップの生産量を10t/日、20t/日、30t/日、40t/日、50t/日、60t/日の6種類とし、チップターの種類を前述のとおり4種類（横入れ式400kW、タブ式400kW、タブ式300kW、タブ式200kW）とした。なおチップターのタブ式とは、上方から材を投入するタイプの破砕機を指す。

本条件により試算した結果を表3-9に示した。

表 3-9 枝条チップの生産量と運搬距離の関係

		枝条チップ生産量						
		10t/日	20t/日	30t/日	40t/日	50t/日	60t/日	
枝条チップ運搬距離(片道)	10Km	①	23,420	14,420	11,410	9,910	9,010	8,410
		②	23,550	14,480	11,460	9,950	9,040	8,430
		③	21,660	13,530	10,830	9,470	8,660	8,120
		④	19,540	12,470	10,120	8,940	8,240	7,760
	20Km	①	23,590	14,590	11,580	10,080	9,180	8,580
		②	23,720	14,650	11,630	10,120	9,210	8,600
		③	21,830	13,700	11,000	9,640	8,830	8,290
		④	19,710	12,640	10,290	9,110	8,410	7,930
	30km	①	25,890	16,890	13,880	12,380	11,480	10,880
		②	26,020	16,950	13,930	12,420	11,510	10,900
		③	24,130	16,000	13,300	11,940	11,130	10,590
		④	22,010	14,940	12,590	11,410	10,710	10,230

※①横入れ式 400kW、②タブ式 400kW、③タブ式 300kW、④タブ式 200kW

※枝条チップ買取り価格 12,000 円/t を下回る生産コストを橙色網掛け

試算の結果、枝条チップの生産量が少ないほど、収支は赤字の結果となったが、おおむね 30t/日程度より多くなると収支が黒字になった。また、枝条チップ運搬距離が遠いほど収支は赤字となるが、40t/日を超えると収支が黒字化する結果となった。1日に製造可能なチップ生産量は、チップターの性能により変動するが、本条件下においては、最低でも 30t/日の枝条チップ生産量を確保する必要がある結果となった。なお、1日のチップ生産量が少ない場合は、チップターの稼働率が低下するため、機械損料などの経費が増加することにより、試算結果よりも生産コストが増加する可能性がある。

### 3.3.3 蓄積量と伐採面積の違いによる収支（定置式集材機）

これまで、端材や末木枝条の生産コストやチップ化生産コスト等、林地残材の生産コストを中心に試算を進めた。しかし、架線集材により林地残材を利用していくためには、素材生産も踏まえた一体的な試算が必要である。

そこで、伐採面積と森林蓄積量の違いから見た総合的な予想収支を試算することとした。試算にあたって、以下、4点の条件を追加設定して試算することとした。

#### 【追加条件】

- ①用材は20 t積セミトレーラーに、1台当たり20 m<sup>3</sup>積載し、30km先の木材市場へ運搬
- ②木材市場の手数料は売上の8%、極積み料は900 円/m<sup>3</sup>
- ③素材生産量は、森林蓄積量の0.85倍
- ④枝条はチップ化して販売、端材は未加工のまま販売

なお、次項のタワーヤードにおいても同様の追加条件により試算した。

定置式集材機における、伐採面積と蓄積量の別の販売収支を表3-10に示した。

表 3-10 販売収支の比較(定置式集材機)

単位：円

定置式集材機（全木集材）		伐採面積							
		1 ha	2 ha	3 ha	4 ha	5 ha	6 ha	7 ha	
蓄積量	300 m <sup>3</sup> /ha	用材収入	-417,754	-325,508	-166,961	73,185	269,981	553,478	645,724
		林地残材収入	-12,713	146,349	246,434	328,578	410,723	492,867	575,012
		合計	-430,467	-179,159	79,472	401,763	680,704	1,046,345	1,220,735
	350 m <sup>3</sup> /ha	用材収入	-404,079	-296,459	-60,913	251,983	538,103	645,724	1,044,894
		林地残材収入	15,516	191,671	287,506	383,341	479,176	575,012	670,847
		合計	-388,563	-104,788	226,593	635,324	1,017,279	1,220,735	1,715,741
	400 m <sup>3</sup> /ha	用材収入	-414,205	-243,610	73,185	287,980	614,975	1,023,570	1,194,165
		林地残材収入	37,766	219,052	328,578	438,104	547,630	657,156	766,682
		合計	-376,439	-24,558	401,763	726,084	1,162,605	1,680,726	1,960,847
	500 m <sup>3</sup> /ha	用材収入	-335,006	-58,013	269,981	614,975	1,066,219	1,279,463	1,909,206
		林地残材収入	94,300	273,815	410,723	547,630	684,538	821,445	958,353
		合計	-240,706	215,803	680,704	1,162,605	1,750,756	2,100,908	2,867,559

定置式集材機では、架設撤去に人工数がかかるため、伐採面積が小面積の場合においては、用材収入が赤字となる結果となった。3ha以上の伐採面積であれば、収支合計は黒字となったが収入が安定しているとは言えない。

伐採面積と蓄積量がそれぞれ、2ha・500 m<sup>3</sup>/ha、3ha・300 m<sup>3</sup>/ha、3ha・350 m<sup>3</sup>/haの場合は、用材収入だけでは赤字となるが、林地残材の収入を加えると合計収支が黒字化する結果となった。蓄積量によって差はあるが、7ha程度から収支は安定する結果となった。

### 3.3.4 蓄積量と伐採面積の違いによる収支（タワーヤード）

前項の定置式集材機の試算及び追加条件と同様に、伐採面積と森林蓄積量の違いから見た予想収支を試算した（表 3-11）。

表 3-11 販売収支の比較(タワーヤード)

単位：円

タワーヤード（全木集材）		伐採面積					
		1 ha	2 ha	3 ha	4 ha	5 ha	
蓄積量	300 m <sup>3</sup> /ha	用材収入	349,796	699,593	1,194,739	1,501,185	1,876,481
		林地残材収入	-12,713	146,349	246,434	328,578	410,723
		合計	337,083	845,942	1,441,172	1,829,763	2,287,204
	350 m <sup>3</sup> /ha	用材収入	437,846	875,691	1,393,862	1,858,483	2,323,103
		林地残材収入	15,516	191,671	287,506	383,341	479,176
		合計	453,362	1,067,362	1,681,368	2,241,824	2,802,279
	400 m <sup>3</sup> /ha	用材収入	530,995	1,061,990	1,694,985	2,259,980	2,824,975
		林地残材収入	37,766	219,052	328,578	438,104	547,630
		合計	568,761	1,281,042	2,023,563	2,698,084	3,372,605
	500 m <sup>3</sup> /ha	用材収入	706,244	1,412,488	2,246,231	2,994,975	3,743,719
		林地残材収入	94,300	273,815	410,723	547,630	684,538
		合計	800,544	1,686,303	2,656,954	3,542,605	4,428,256

タワーヤードでは、伐採面積が1ha以上から収支は黒字となり、3ha以上になると収支が安定する結果となった。タワーヤードの場合は、定置式集材機と比較して、張替回数は増加するが架設撤去に係る人工数は少ないため、小面積の施業からでも収支が黒字となる。

## 4. まとめ及び成果の普及

### 4.1 まとめ

高知県及び宮崎県の調査結果を活用して、林地残材の活用に加えて素材生産コストも踏まえた総合的なコストを 3.3.3 及び 3.3.4 で示した。そこで、前述のコスト試算表に関する各結果を、単位面積当たりの収支の比較という形で再整理した（表 4-1、表 4-2、図 4-1、図 4-2）。

各表において、橙色の網掛け部分は、単位面積当たりの収支が安定していると考えられる条件である。灰色の網掛け部分は、定置式集材機では、素材生産の収支が赤字だが、林地残材の収支が黒字となり、合計収支が黒字という結果になった条件である（2ha 400 m<sup>3</sup>/ha は除く）。他方、タワーヤーダでは、素材生産の収支は 1ha 以上から黒字となり、林地残材の収支は赤字であるが、合計収支が黒字という結果になった条件である。

これらの結果から、定置式集材機では、タワーヤーダと比較すると機械経費は少ないが、架線の架設撤去作業には時間と労力を要し、索張りにも技術が必要となるため、一定面積以上のまとまった伐採面積が無ければ施業コストが安定しない一方、タワーヤーダでは、小面積からでも施業コストが安定することが分かる。他方、機械購入面では、タワーヤーダより、定置式集材機の方が導入しやすい価格帯の機械類が多い。

本調査地では、タワーヤーダ及びリフトライナーを 2 台のリモコンで操作しており、一般化した際に使用した素材生産量（30 m<sup>3</sup>/日）よりも素材生産量が 1.6 倍高く（48 m<sup>3</sup>/日）、一般化した試算結果よりも低コスト（収入増加）となる。このため、タワーヤーダ等の高性能林業機械やチップターの購入経費を考慮しても、チップターを週 1-2 回程度以上稼働可能な施業地であれば、機械使用日数が増加するため 1 日当たりの機械損料が圧縮され、1 日当たりのチップ運搬量も増加することが予想されるため黒字化が可能だと考えられる。他方、定置式集材機については、架設撤去に労力や索張り技術が必要となるが、1 回の索張りで大面積の集材が可能であり大径木にも対応が可能である。さらに、機械購入費用はタワーヤーダと比較して安価であり、架設時はドローンを活用するなど、日進月歩で作業効率も向上していると考えられる。

なお、面積以外でも、路網状況や傾斜などの要因も重要となってくる。本調査先では、路網作設の有無や施業面積、蓄積量、平均傾斜、林道の幅員など、複数の要素で架線集材の選択を検討することとしていた。

本調査結果により、一定条件下において、定置式集材機を利用した林地残材収集は、6-7ha 以上の伐採面積があれば収入が安定し、タワーヤーダを利用した林地残材収集は、3ha 以上の伐採面積があれば収入が安定することが分かった。一定条件下という前提はあるが、本調査において、コストの考え方や収入が黒字化するための伐採必要面積を整理することができた。

表 4-1 単位面積当たりの販売収支の比較(定置式集材機)

伐採量: m<sup>3</sup>  
 予想収支: 円/ha

定置式集材機 (全木集材)		伐採面積							
		1 ha	2 ha	3 ha	4 ha	5 ha	6 ha	7 ha	
蓄積量	300 m <sup>3</sup> /ha	伐採量	255	510	765	1,020	1,275	1,530	1,785
		予想収支	-430,467	-89,579	26,491	100,441	136,141	174,391	174,391
	350 m <sup>3</sup> /ha	伐採量	298	595	893	1,190	1,488	1,785	2,083
		予想収支	-388,563	-52,394	75,531	158,831	203,456	203,456	245,106
	400 m <sup>3</sup> /ha	伐採量	340	680	1,020	1,360	1,700	2,040	2,380
		予想収支	-376,439	-12,279	133,921	181,521	232,521	280,121	280,121
	500 m <sup>3</sup> /ha	伐採量	425	850	1,275	1,700	2,125	2,550	2,975
		予想収支	-240,706	107,901	226,901	290,651	350,151	350,151	409,651

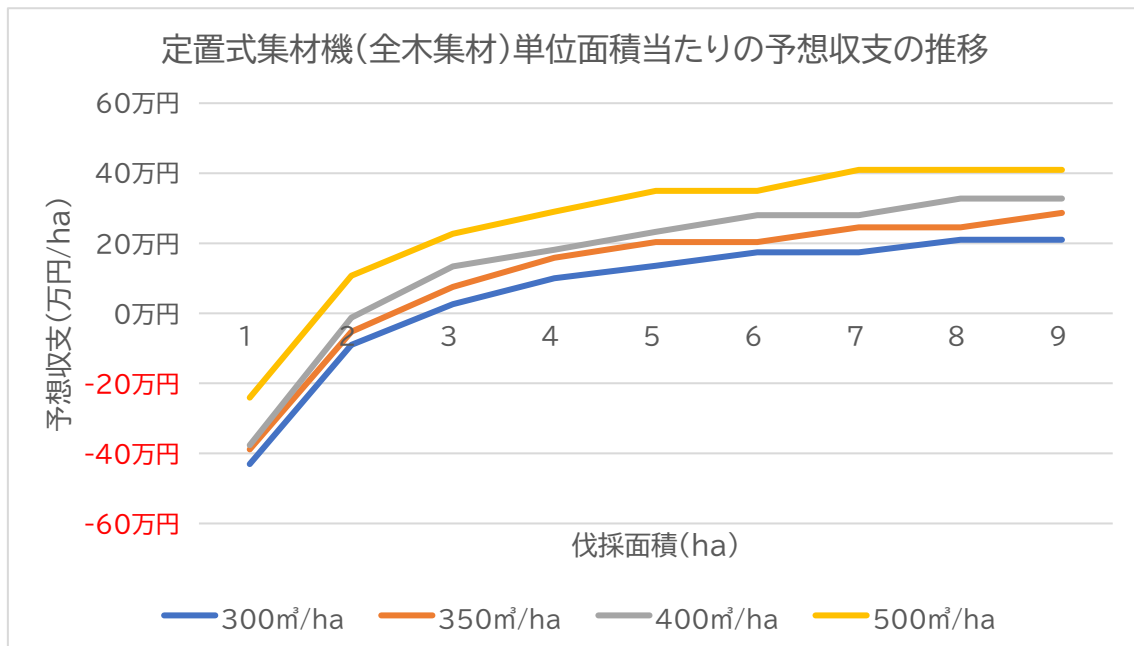


図 4-1 単位面積当たりの予想収支の推移(定置式集材機)

表 4-2 単位面積当たりの販売収支の比較(タワーヤード)

伐採量: m<sup>3</sup>  
 予想収支: 円/ha

タワーヤード (全木集材)		伐採面積					
		1 ha	2 ha	3 ha	4 ha	5 ha	
蓄積量	300 m <sup>3</sup> /ha	伐採量	255	510	765	1,020	1,275
		予想収支	337,083	422,971	480,391	457,441	457,441
	350 m <sup>3</sup> /ha	伐採量	298	595	893	1,190	1,488
		予想収支	453,362	533,681	560,456	560,456	560,456
	400 m <sup>3</sup> /ha	伐採量	340	680	1,020	1,360	1,700
		予想収支	568,761	640,521	674,521	674,521	674,521
	500 m <sup>3</sup> /ha	伐採量	425	850	1,275	1,700	2,125
		予想収支	800,544	843,151	885,651	885,651	885,651

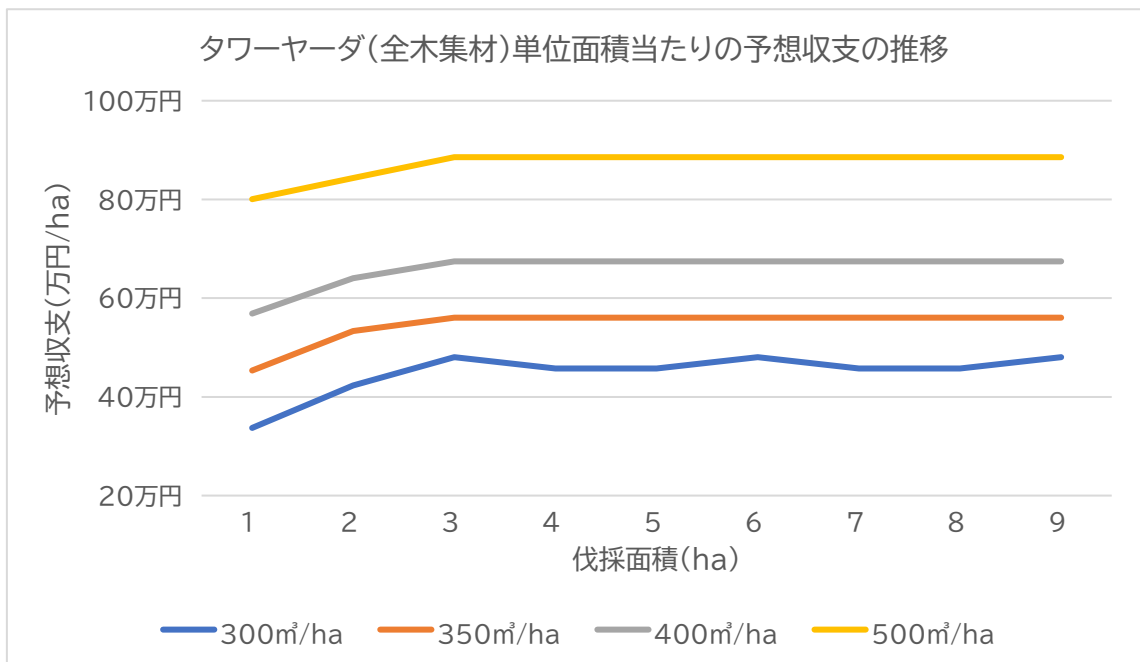


図 4-2 単位面積当たりの予想収支の推移(タワーヤード)

## 4.2 成果の普及

東京ビックサイトで開催された国際バイオマス展の事業報告セミナーにて本事業の成果を発表した（2026年3月18日）。成果報告会での配布資料は巻末に付した。

加えて、本事業の成果を事業者向けに整理し、ガイドブックにとりまとめた。作成したガイドブックは都道府県担当者や関連団体へ送付するとともに、ホームページで公開し、成果の普及を図った。



図 4-3 ガイドブック(表紙)

## 5. 巻末資料

### 5.1 成果報告会資料

**架線集材による効率的な燃料材収集システムについて  
～林地残材を木質バイオマスとして利用しよう～**

令和7年度 林野庁補助事業  
木質バイオマス利用環境整備事業  
林地残材等利用環境整備事業

日時:令和8年 3月18日(水)  
事務局:一般社団法人 日本木質バイオマスエネルギー協会  
場所:東京ビッグサイト

JWBA Proprietary

---

### 成果報告の流れ

1. 事業背景・目的と調査概要
2. 実証調査の内容
  - ✓ 高知県(有限会社 川井木材)
  - ✓ 宮崎県(株式会社 マルサン)
  - ✓ 山口県(山口県東部森林組合)
3. 実証調査結果概要と一般化したコスト試算
4. 枝条チップの生産量と運搬距離の関係
5. 架線集材により林地残材を利用していくためには

2026年3月18日

JWBA Proprietary

2

## 成果報告の流れ



### 1. 事業背景・目的と調査概要

事業概要

### 2. 実証調査の内容

- ✓高知県(有限会社 川井木材)
- ✓宮崎県(株式会社 マルサン)
- ✓山口県(山口県東部森林組合)



### 3. 実証調査結果概要と一般化したコスト試算

ガイドブックの補足説明等

- 4. 枝条チップの生産量と運搬距離の関係
- 5. 架線集材により林地残材を利用していくためには



## 目次



### 1. 事業背景・目的と調査概要

### 2. 実証調査の内容

- ✓高知県(有限会社 川井木材)
- ✓宮崎県(株式会社 マルサン)
- ✓山口県(山口県東部森林組合)

### 3. 実証調査結果概要と一般化したコスト試算

### 4. 枝条チップの生産量と運搬距離の関係

### 5. 架線集材により林地残材を利用していくためには

## 事業背景 ①(燃料材の比率推移)



- ✓ 木材生産に占める燃料材比率も年々増加しており、2023年時点では、国内木材生産量の30%を超えている。



木材生産に占める燃料材比率

資料: 林業庁「木材業概況」

2026年3月18日

JWBA Proprietary

5

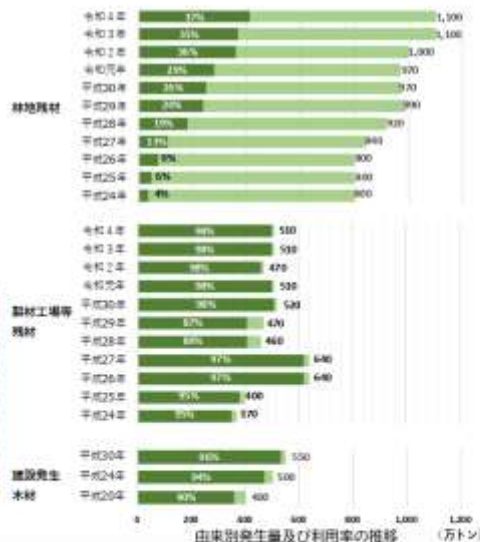
## 事業背景 ②(由来別の発生量と利用率の推移)



- ✓ 製材工場等残材や建設発生木材については、利用率は90%を超えており、ほぼ利用されている。
- ✓ 林地残材については、年々利用率が増加しているが、令和4年では40%弱となっている。



- 林地残材の利用可能量は多い
- 搬出コストも高い



資料: 農林水産省「バイオマス産物の利用率等の推移」

2026年3月18日

JWBA Proprietary

6

## 事業目的



- 林地残材の利用率向上を目的とし、架線による全木集材を対象とした実証調査を実施して、用材生産も踏まえた**林地残材収集における予想収支を試算した。**



2026年3月18日

JWBA Proprietary

7

## 調査概要



- 現地調査は、宮崎県と高知県において、全木集材の**功程調査**を実施して映像解析
- 功程調査とヒアリングの結果により、林地残材収集における**各種コストや生産性を整理**
- 調査結果を一般化するために、**文献調査により情報を補完しながら試算**
- 主として林地残材をチップ化する工場(山口県岩国市錦町)のヒアリングを実施し、林地残材の**運搬コスト等の情報を収集**



2026年3月18日

JWBA Proprietary

8

## 目次



1. 事業背景・目的と調査概要
2. 実証調査の内容
  - ✓高知県(有限会社 川井木材)
  - ✓宮崎県(株式会社 マルサン)
  - ✓山口県(山口県東部森林組合)
3. 実証調査結果概要と一般化したコスト試算
4. 枝条チップの生産量と運搬距離の関係
5. 架線集材により林地残材を利用していくためには

2026年3月18日

JWBA Proprietary

9

## 現地調査先組織の概要



事業者名	有限会社 川井木材	株式会社 マルサン
組織所在地	高知県 長岡郡本山町	宮崎県 西臼杵郡高千穂町
従業員数	社員6名+役員2名の8名	22名
作業班体制	3名1班体制	3名1班体制
伐採種 集材方法	主伐、全木集材	主伐、全木集材(ダブルエンドレス方式)
作業システム	チェーンソー→タワーヤーダ→ハーベスタ ※下げ荷集材	チェーンソー→定置式集材機→プロセッサ ※上げ荷集材
調査箇所	高知県長岡郡本山町北山 (民有林)	宮崎県東臼杵郡諸塚村 (民有林)
林地残材 利用状況	①末木枝条は中間土場へ運び、自社でチップ ング(木材破砕機)して、本山町内の事業者へ 運搬 ②タンコロは、破砕せずに大豊町の事業者へ 運搬	端材(タンコロ)のみ収集利用 タンコロは、日之影町または高千穂町の事業 者へ燃料材として運搬 末木枝条は、利活用方法を協議中
林地残材 運搬方法	8t・10tコンテナダンプ タンコロ:2~4台/週 末木枝条:6~7回/日、枝条チップ:2台/週	4tコンテナダンプ 3台/週で運搬

2026年3月18日

JWBA Proprietary

10

## 高知県（有限会社 川井木材）



調査日時	2025年①10月9日、②10月10日 ①9:30-14:40(約4時間) ②8:40-10:50(約1.5時間)
調査箇所	①高知県長岡郡本山町北山甲 ②高知県長岡郡大豊町津家
作業時間	8:00-16:30(7.5時間)
調査の総面積	21 ha
林齢	70-80年生
伐採予定材積	8,800 m <sup>3</sup> (推計蓄積量419m <sup>3</sup> /ha)
林地残材発生量(想定) ※松開ろの手法引用	63m <sup>3</sup> /ha ※蓄積量の15%
削減率	削減:3人×1.5日 撤去:3人×0.5日 (頻度:1~3週間に1回)
先行伐倒	頻度:2週間に1~3回 3人で0.1~0.2ha程度実施

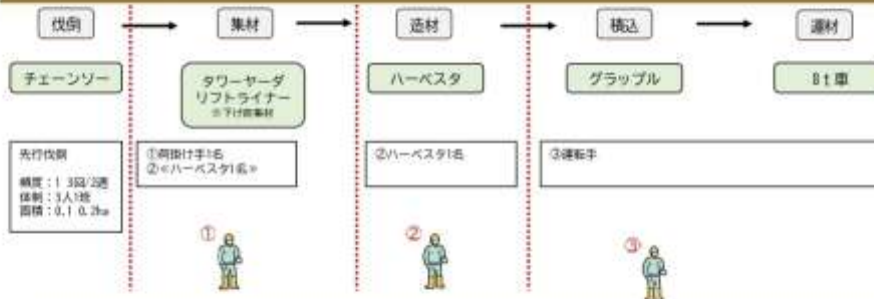


2026年3月18日

JWBA Proprietary

11

## 高知県（川井木材） 作業システム



本実証地では「集材」から「造材」、「林地残材の積み込み」から「荷下ろし」、「チップング」までを調査した。作業は3人1班体制で集材から運材を実施しているが、運材者は、用材の運材時以外は枝条を中間土場まで運搬している。そのため、集材から造材までの作業を2名で実施している。

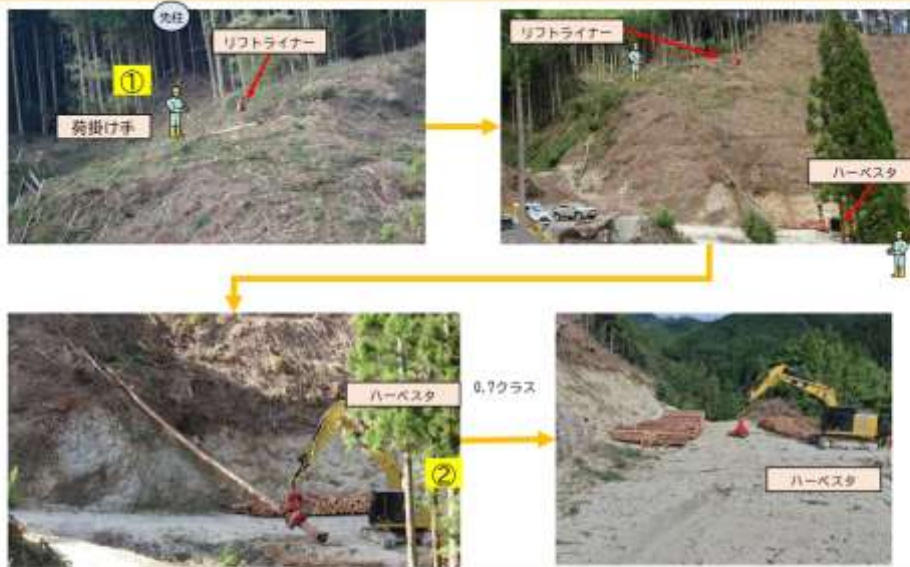
- ✓ ①荷掛け手が1名
- ✓ リフトライナー、タワーサーダのリモコン操作 (①と②が兼務で操作)
- ✓ ②ハースタ作業 (造材) が兼務で1名
- ✓ ③運材が1名
- ✓ 用材は、8tトラックで約30m<sup>3</sup>を20km先にある製材所へ納品 (往復1時間程度で、4回/日納品)

2026年3月18日

JWBA Proprietary

12

## 配置イメージ



2026年3月18日

JWBA Proprietary

13

## 宮崎県 (株式会社 マルサン)



調査日時	2025年9月18日 9:00-15:20(約5時間)
調査箇所	宮崎県諸塚村
作業時間	8:00-16:30(7.5時間)
施業の総面積	18 ha
林齢	46-61年生
伐採予定材積	13,415 m <sup>3</sup> (推計蓄積量745m <sup>3</sup> /ha)
林地補材発生量(想定) ※松筒らの手法引用	112m <sup>3</sup> /ha ※蓄積量の15%
架設撤去	架設:5人×5日 ダブルエンドレス方式 撤去:5人×2日 (頻度:9ヵ月に1回程度)
先行伐倒	頻度:1か月に1回程度 10人で1ha程度実施

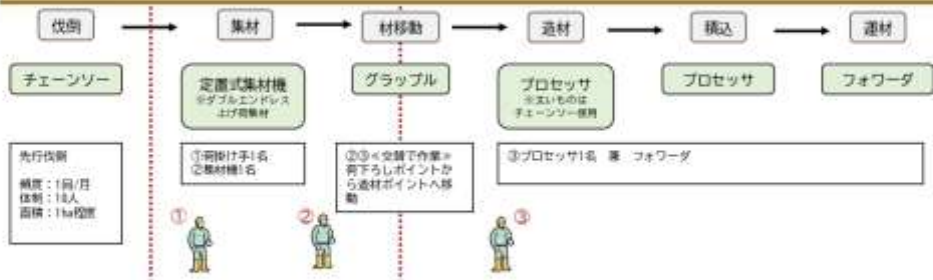


2026年3月18日

JWBA Proprietary

14

## 宮崎県 (マルサン) 作業システム



本実証地では「集材」から「用材の選材・積み込み」までを調査した。

作業は3人1班体制で、集材から用材の選材・積み込みを実施している。それぞれの役割は以下のとおり。

- ✓①荷掛け手が1名
- ✓②集材機操作 (集材)、②グラップル作業 (盤台から造材箇所へ材移動) を兼務で1名
- ✓③グラップル作業 (荷下ろしポイントから造材ポイントへ材移動、積込)、③プロセッサ (造材)、③フォワーダ (運材) を兼務で1名
- ✓積み込まれた用材は、25tトラックで約25mを80km先の製材所へ納品 (往復8時間程度)

2026年3月18日

JWBA Proprietary

15

## 宮崎県 配置イメージ



2026年3月18日

JWBA Proprietary

16 山側

## 現地調査 錦バイオマスセンター(山口県岩国市)



- 山口県東部森林組合が運営するバイオマスセンター
- 令和7年7月3日から運用開始
- 林地残材等を主原料とする木質バイオマスチップ製造施設
- 総工費は約9.1億円(うち2.4億円は補助金活用)



2026年3月18日

JWBA Proprietary

17

## 現地調査 錦バイオマスセンター(山口県岩国市)



- 設置目的は、経済的判断のみでなく、林地残材除去による災害防止や地拵えコストの削減も期待
- (想定)林地残材受入れ量は28,000t/年
- チッパーは定置式で、ALLRECO社製(ドイツ、3.6億円)
- 25t/時の性能で、1日4時間稼働100t/日、年間250日稼働想定
- 自然乾燥により30-45%wb
- 間伐材等:一般木質=9:1
- 原木:林地残材=7:3



2026年3月18日

JWBA Proprietary

18

## 現地調査 錦バイオマスセンター(山口県岩国市)



買取価格

素材区分	種類区分	持込みの場合 (円/t)	現地で引取する場合 (円/t)
製材等由来の用材 (A～C材：3m×14m以上)	スギ ヒノキ	7,700	5,000
製材等由来の用材 (D材：3m×14m未満)	スギ ヒノキ	7,000	4,700
一般用材 (D材：3m×14m未満)	スギ ヒノキ	6,000	3,300
製材材屑由来の未利用素材 (材：枝葉・薄材・先端部等の 林産物材)	スギ ヒノキ 広葉樹	2,700	0
一般の未利用素材 (材：枝葉・薄材・先端部等の 林産物材)	スギ ヒノキ 広葉樹	1,300	1,400円/tの引取運賃を ご負担いただきます。

- 県森連等の情報も活用して受入れ価格を設定
- バイオマス材の運搬コストを**2,700円/t**と設定
- 周辺地域は、スイングヤードやタワーヤードによる全木集材が多い地域で、今後はバイオマス特化型の作業システムを検討したいという意向有
- 廿日市市(55km程度)の発電所へ納入する予定であり、20tトレーラーで2往復/日

2026年3月18日

JWBA Proprietary

19

## 目次



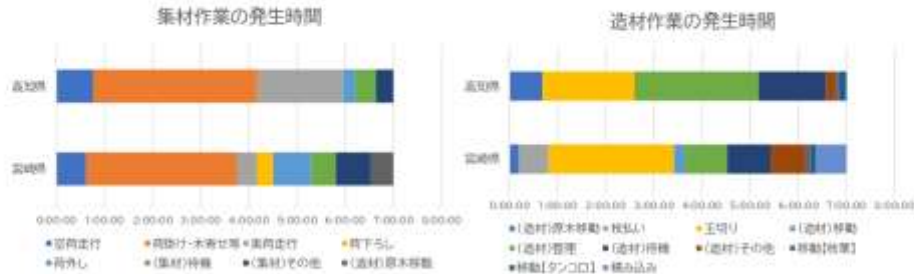
1. 事業背景・目的と調査概要
2. 実証調査の内容
  - ✓高知県(有限会社 川井木材)
  - ✓宮崎県(株式会社 マルサン)
  - ✓山口県(山口県東部森林組合)
3. 実証調査結果概要と一般化したコスト試算
4. 枝条チップの生産量と運搬距離の関係
5. 架線集材により林地残材を利用していくためには

2026年3月18日

JWBA Proprietary

20

## 実証地の工期調査結果(1日あたりの時間)



- 宮崎県では、荷外しのために集材機から荷下ろしポイントまでの移動が発生した。また、玉切り作業全体の15%程度でチェーンソーによる玉切り作業を実施しており、枝払い作業はほぼ全てチェーンソーによる作業であった。
- 高知県では、実荷走行が空荷走行を大きく上回るのは、下げ荷集材であり造材ポイントへの荷下ろしに慎重であったためである。また、オートジョーカークの使用により、荷外しの時間が少ない結果となった。
- 高知県では、造材ポイントと荷下ろしポイントが同じであったため、玉切時間よりも(造材)整理の時間が多い結果となった。

2026年3月18日

JWBA Proprietary

21

## 現地調査先の特徴



### 宮崎県

- 3人作業であり、複数の作業を兼務していた。
- 特に、盤台(荷下ろしポイント)と造材ポイントが離れており、そのためにグラブによる材の移動が必要となっていた。
- 高知県(70-80年生)と比較して林齢は低い(46-61年生)が、**径級は大径木が多かった。**
- 大径木は、プロセッサでの材送りや玉切りが困難であったため、**チェーンソーによる作業**が発生した。
- 作業場所と自社ストックヤードが40km程度離れており、また、造材納入先も30km程度離れているため、**輸送に時間とコストがかかっている。**
- 造材の運搬は3人作業とは別の作業員が1往復実施している。
- 造材ポイントのスペースが手狭であり、木材市場の材は、造材ポイントから30mほど離れた場所へ再度積み込んでいる。
- 造材のみを木質バイオマス利用している。
- 末木枝葉は利用方法を検討中
- 定置式集材機の架設撤去は、合計35人工(9か月に1回)必要

### 高知県

- 3人作業であるが、集造材は2人で実施しており、残りの1人は(調査当時は)末木枝葉の運搬のみの作業であった。
- 荷掛け手とハーベスタ作業者がそれぞれリフトライナー・タワーヤーダの**リモコンを所持**していたため、効率的な集造材作業となっていた。
- 荷下ろしポイントと造材ポイントが同様であったため、**造材作業へすぐに移行**することができていた。
- オートジョーカークの使用により、**荷外し時間を短縮**していた。
- 下げ荷集材であったため、集材した何本かは、荷下ろしの際に落ちた衝撃で割れていた。
- 林地残材**は全て収集利用しており、タンコロは未加工のままチップ事業者へ供給し、末木枝葉は自社所有の**移動式チップパーで破砕**し、木質バイオマス発電所へ供給していた。
- 末木枝葉は、折り曲げながらコンテナへ積み込むことで、**減容化**していた。
- タワーヤーダの架設撤去は、合計6人工(1~3週間に1回)必要

2026年3月18日

JWBA Proprietary

22

# 実証調査結果をベースとした 一般化コスト試算

ガイドブックの補足説明

## ① 条件の整理

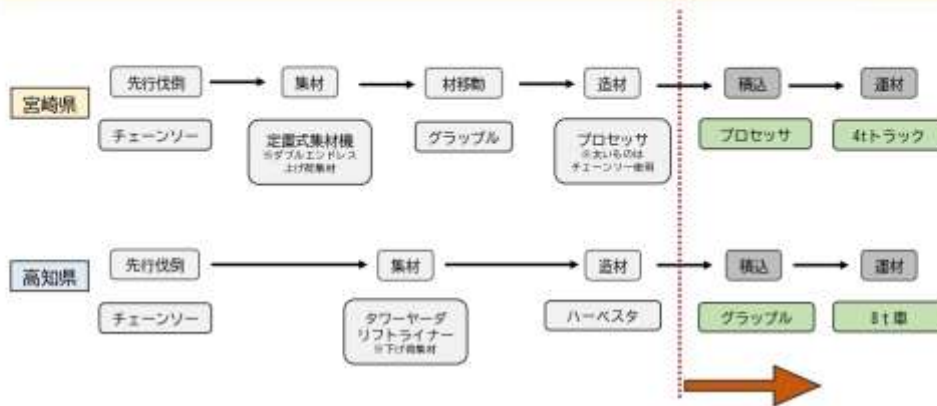


## 【前提】なぜ、全木集材なのか

修正版

架線集材方法	林地残材収集の考え方
① 全木集材	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 素材生産と同時に収集することが可能である。</li> <li>✓ 林地残材の収集コストは、山土場での集積まで素材生産コストに含まれるため、残材運搬以降でコストが発生する。</li> <li>✓ 根株を除く全ての林地残材が利用可能である。</li> <li>✓ 3つの集材方法の中で、最も低コストで林地残材を収集可能である。</li> <li>✓ 林内ではなく山土場で造材するため、素材の生産性も高く林内作業より危険性が低い。</li> <li>✓ 山土場での作業のため、プロセッサやハーベスタを利用することが可能である。</li> <li>✓ 発生した林地残材を一カ所に集めやすい。</li> </ul>
② 全幹集材	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 素材生産と同時に収集できるものは、端材(タンコロ等)のみである。</li> <li>✓ 端材の収集コストは、「全木集材」と同様に、端材運搬以降でコストが発生する。</li> <li>✓ 枝条部分を利用する場合は、単独で枝条を収集するコストが発生する。</li> <li>✓ かさ密度は、末木枝条よりも端材の方が高い。</li> <li>✓ 林内でチェーンソー等による枝払いが発生するため、全木集材と比較して素材の生産性はやや低下し、林内作業の危険性も上がる。</li> <li>✓ 地曳集材時は、障害物などに引っ掛かりづらい。</li> </ul>
③ 短幹集材	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 素材生産と同時に収集できるものはほぼ無し(一部の端材のみ)。</li> <li>✓ 林地残材の収集には不向きである。</li> </ul>

## 【前提】 調査結果を基にした生産コストの考え方



- 全木集材では、造材工程までは用材と林地残材の工程は同一であるため、赤破線よりも右側の工程からの作業が林地残材生産コスト分となる。

2026年3月18日

JWBA Proprietary

25

## 試算条件(使用機械別の機械損料)



使用機械	諸元	機械出力 (kW)	燃料消費率 (L/kw)	燃料消費量 (L/h)	1日損料 (円)
チェーンソー	0.060L	3	—	0.38	210
グラブブル	0.45m <sup>3</sup>	63-77	0.144	9.1-11.0	7,980
グラブブル	0.7m <sup>3</sup>	113	0.144	16.27	10,130
集材機	51.6kN	75	0.108	8.1	19,660
タワーヤーダ	—	210	—	45	59,070
フォワーダ	N4	81	0.114	9.22	6,900
プロセッサ	0.45m <sup>3</sup>	73	0.144	10.57	12,190
ハーベスタ	0.7m <sup>3</sup>	113	0.144	16.27	15,570
ダンプトラック	4t積	135	0.04	5.4	4,150
ダンプトラック	8t積	179	0.04	7.16	7,460
ダンプトラック	10t積	246	0.04	9.84	10,040
セミトレーラー	20t積	235	0.075	17.63	9,270
セミトレーラー	25t積	235	0.075	17.63	10,180
チップパー	400kW	390	0.191	74.49	73,190

※機械損料等は、治山林道必携(日本治山治水協会/日本林道協会、2024年)、森林施業プランナーテキスト(森林施業プランナー協会、2023年)、メーカーカタログ、森林利用学(丸善出版、2024年)等から引用(購入費は補助率1/2の公的助成の活用を想定)。

※フォワーダの「N」はローダなし、数値は積載量。

※燃料費は、軽油149円/L、混合燃料173円/Lと設定。

※タワーヤーダの燃料消費量は、メーカーカタログ記載のディーゼルエンジン「IVECO N67」の燃料消費率を確認し、ヒアリング値(45L/h)に近かったことを確認済

2026年3月18日

JWBA Proprietary

26

## 試算条件(各種数量)



種類	買取り価格	引用事例	内容	数量	引用先
用材	15,900円/m <sup>3</sup>	R6森林林業白書 スギ平均価格	人件費 (管理費15%)	24,852円/人日 (3,728円/人日)	国土交通省公共工事設計労務単価(特殊作業員)
端材	6,000円/t	宮崎県事例	定置式集材機 ・素材生産量 ・端材発生量	20m <sup>3</sup> /日 5t/日	実証調査結果及び林野庁資料(高度架線技能者技術マニュアル2014)、論文等
末木枝条	2,700円/t	山口県事例	タワーヤーダ ・素材生産量 ・端材発生量 ・枝条運搬量	30m <sup>3</sup> /日 7.5t/日 20t/日	
枝条チップ	12,000円/t (水分50%程度)	高知県事例	・破砕量 ・枝条チップ運搬量	50t/日 9t/日	
			人数、機械作動時間、 機械作動日数	適宜	実証調査結果参照

### ≪参考文献≫

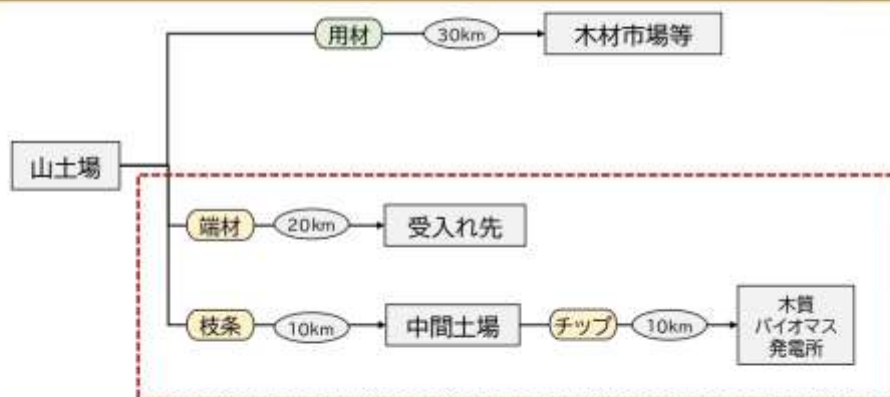
- ・森林利用学会誌33(1)2018年 片桐 岡山県における車両系作業システムおよび架線系作業システムによる皆伐作業の生産コストの比較
- ・森林利用学会誌34(3)2019年 平山ら 欧州製自走式搬器を利用した全木集材と全幹集材の労働生産性

2026年3月18日

JWBA Proprietary

27

## 試算条件(山土場以降の流れ)



- ・用材は、20t積セミトレーラー(20m<sup>3</sup>/台)で、30km先の木材市場へ運搬
- ・端材は、チップ化せずに20km先の受入れ先(チップ工場など)へ運搬
- ・枝条は、10km先のチップーのある中間土場へ運搬
- ・枝条チップは、10km先の木質バイオマス発電所へ運搬

2026年3月18日

JWBA Proprietary

28



# 実証調査結果をベースとした 一般化コスト試算

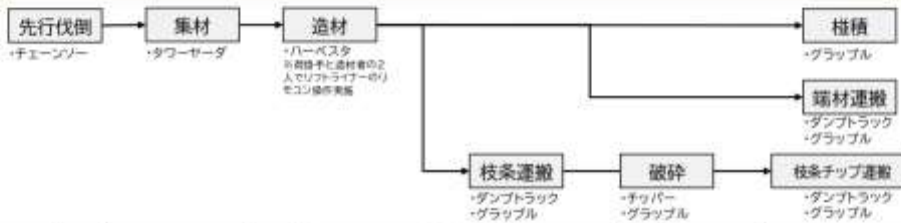
## ② 結果

2026年3月18日

JWBA Proprietary

29

## タワーヤード(全木集材)の生産コスト試算と作業システム



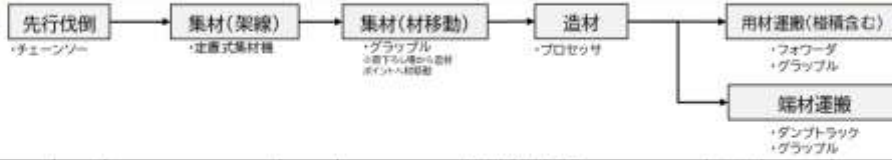
作業工程	作業員の人件費				作業工程	作業機械の稼働費用				人件費 稼働時間 単価 (円・時) A+B+C	生産量 (m <sup>3</sup> )	生産コスト	
	乗掛 (円・時)	乗掛 (15%)	人 工 費	比率 (%) A		機械種別	稼働時間 (h)	燃料費 (円・時) B	作業員 稼働時間 (h)			稼働単価 (円・時) C	単材(円)
先行伐倒			0.9		先行伐倒	チェーンソー	4.5	296	0.9	189		単材(円)	単材(円)
集材			0.6	100.030	集材	タワーサーダ	6.2	41,571	1.0	59,070	232.64	30.0	7,750 ※取掛手への委託費除く
造材			2.0		造材	ハーベスタ	3.7	13,577	1.0	17,915			
						ダンプトラック	1.9		0.5				
端材運搬			0.5	14,290	端材運搬	ダンプトラック	3.0		0.5			7.5	3,560
枝条運搬	24,952	3,720	1.0	20,500	枝条運搬	ダンプトラック	1.0	4,681	1.0	7,720	26,691		
						ダンプトラック	5.5		1.0			7.5	3,560
						ダンプトラック	1.5	8,327	0.5	11,450	48,357	20.0	2,420
破碎			1.0	20,500	破碎	チッパー	5.5		1.0	81,170	186,739	50.0	3,600
						ダンプトラック	6.5	70,389	1.0			50.0	3,600
枝条チップ運搬			0.5	14,290	枝条チップ運搬	ダンプトラック	1.5		0.5			9.0	2,990
						ダンプトラック	1.0	3,637	0.5	9,010	26,937	9.0	2,990

2026年3月18日

JWBA Proprietary

30

## 定置式集材機(全木集材)の生産コスト試算と作業システム



	作業工程	作業員の人件費				作業工程	林業機械の機械経費					人件費 機械対費 合計 (円/日) A+B+C	生産量等	生産コスト	
		単価 (円/日)	管理費 (15%)	人工 数	小計 (円/日) A		使用機械	燃料費		機械換料					合計 (円/日) C
								作動時 間 (h)	燃料費 (円/日) B	作動日割 換算(日)	機械換料 合計(円/日) C				
定置式集材機 【全木集材】	先行伐倒			0.5		先行伐倒	チェーンソー	2.5	164	0.5	105	177,367	用材 (m/日)	用材 (円/m) ※作業費への運搬 費除く	
	架設撤去			0.2		集材	集材機	5.3	7,345	1.0	23,650				
	集造運材	24,852	3,728	3.0	105,746	造材	プロセッサ	4.9	7,717	1.0	12,190				
						用材運搬	フォワーダ	1.5	9,020	0.5	11,430				
	端材運搬	0.5	14,290	端材運搬	ダンプトラック(4t)	3.0	3,894	0.5	6,065	24,249	端材 (t/日)				端材(円/t)
					グラブブル(0.45)	1.0	0.5	5.0	4,850						

- 集材する材の径級が大きい場合は、林内でのチェーンソー造材作業が発生したり、プロセッサによる材送りや玉切りが難しいため、山土場でのチェーンソー造材作業が発生します。

2026年3月18日

JWBA Proprietary

31

## 定置式集材機(全木集材)の生産コスト 試算のポイント①



	作業工程	作業員の人件費			
		単価 (円/日)	管理費 (15%)	人工数	小計(円/日) A
定置式集材機 【全木集材】	先行伐倒	24,852	3,728	0.5	105,746
	架設撤去			0.2	
	集造運材			3.0	
	端材運搬			0.5	

- 事業予定地での作業コストを試算する場合、人工数や機械の作動時間・日数などを実績に合わせて設定

✓ 本事例での計算方法

▼先行伐倒の人工

1か月に1回程度、10人/回で先行伐倒を実施 10人÷20日=0.5人/日

▼架設撤去の人工

9か月に1回程度、架設5日5人作業、撤去2日5人作業で実施 35人/回÷9ヵ月/回÷20日/月=0.2人/日

2026年3月18日

JWBA Proprietary

32

## 定置式集材機の生産コスト 試算のポイント②



	作業工程	使用機械	林業機械の機械経費				
			作動時間 (h)	燃料費		機械損料	
				燃料費 (円/日) B	作動日数 換算(日)	機械損料 合計 (円/日) C	
定置式集材機 【全木集材】	先行伐倒	チェーンソー	2.5	164	0.5	105	
	集材	集材機	5.3	7,345	1.0	23,650	
		グラブ(0.45)	0.7		0.5		
	造材	プロセッサ	4.9	7,717	1.0	12,190	
	用材運搬	フォワーダ	1.5	9,020	0.5	11,430	
		グラブ(0.45)	4.7		1.0		
	端材運搬	ダンプトラック(4t)	3.0	3,894	0.5	6,065	
		グラブ(0.45)	1.0		0.5		

- 作業工程毎の使用機械を整理して、作動時間や日数を設定
- 本試算では、機械毎の燃料費や機械損料は、一般事例としてメーカーカタログや文献(治山林道必携、森林施業プランナーテキスト、森林利用学等)から引用  
 ≪燃料費の計算例≫造材プロセッサの場合:  $4.9\text{h}/\text{日} \times 10.57\text{L}/\text{h} \times 149\text{円}/\text{L} = 7,717\text{円}/\text{日}$   
 ※機械損料は、1日の損料に作動日数換算値を乗じた値

2026年3月18日

JWBA Proprietary

33

## 定置式集材機の生産コスト 試算のポイント③



	作業工程	人件費 機械経費 合計(円/日) A+B+C	生産量等	生産コスト
定置式集材機 【全木集材】	先行伐倒	177,367	用材 (m <sup>3</sup> /日)	用材 (円/m <sup>3</sup> )
	集材		20.0	8,870 ※木材市場等への運送費除く
	造材			
	用材運搬			
	端材運搬	24,249	端材(t/日)	端材(円/t)
			5.0	4,850

- A, B, Cを合計した数値が、1日当たりに発生する経費(人件費と機械経費の合計)  
 ※架設撤去の人件費含む
- 端材は、主伐林分の径級や造材方法により発生量が変動。発生量が把握できない場合は、まずは文献の数値を利用し、蓄積量や想定される素材生産量から算出。  
 (材積比率の例)素材:枝葉:梢端部:端材=85:2:8:5 ※「森林利用学」より引用

2026年3月18日

JWBA Proprietary

34

## 目次



1. 事業背景・目的と調査概要
2. 実証調査の内容
  - ✓高知県(有限会社 川井木材)
  - ✓宮崎県(株式会社 マルサン)
  - ✓山口県(山口県東部森林組合)
3. 実証調査結果概要と一般化したコスト試算
4. 枝条チップの生産量と運搬距離の関係
5. 架線集材により林地残材を利用していくためには

2026年3月18日

JWBA Proprietary

35

## 【前提】末木枝条のチップングは必要か

修正版



- «条件» 枝条の運搬量は20t/日、枝条チップの生産量は50t/日、枝条チップの運搬量は9t/日
- 中間土場でチップ化した場合とチップ化せずに末木枝条のまま販売した場合の収入を試算したところ、移動式チップターの機械損料を考慮しても、本条件下では、チップ化の有無に関わらず一定の利益が生じる
- 中間土場でチップ化しない場合も収支はプラスとなったが、収支は僅少となり、収支面では山土場や中間土場でチップ化して販売した方が有利

※各生産量や運搬量が減ると、機械稼働率が下がり、機械損料の増加や単位当たりの各コストが増加することに留意

※条件設定はスライド27参照

枝条 (t/日)	枝条 (円/t)	合計 (円/t)
20.0	2,420	9,010
チップ製造 (t/日)	チップ製造 (円/t)	
50.0	3,600	
チップ運搬 (t/日)	チップ運搬 (円/t)	
9.0	2,990	

チップ化  
する方が有利

チップター性能や運搬距離で  
差が発生

2026年3月18日

JWBA Proprietary

36

## 枝条チップの生産量と運搬距離の関係



- ・ チッパー4種類(①横入れ式400kW、②タブ式400kW、③タブ式300kW、④タブ式200kW)をベースに、枝条チップの生産量と輸送距離から見た、枝条チップの生産コストを比較

《試算例》	作業員の人件費		林業機械の機械経費				人件費 機械経費 合計 (円/日) A+B+C	運搬量等 (t/日)	生産コスト (円/t)
	人工 数	人件費 (管理費含む) A	機械名	作動時間 (h)	燃料費 (円/日) B	機械損料 (円/日) C			
畑地運搬 片道20km運搬	0.5	14,290	グラブドル(0.45)	1	1,481	3,990	26,691	7.5 (薪材)	3,559
			ダンプトラック(8t)	3	3,201	3,730			
林業運搬 片道10km運搬	1	28,580	グラブドル(0.45)	1.5	2,459	3,990	48,357	20 (薪木材)	2,418
			ダンプトラック(8t)	5.5	5,868	7,460			
林業チップ (チップ生産)	1	28,580	グラブドル(0.45)	6.5	9,344	7,980	180,139	50 枝条チップ	3,603
チップ運搬 片道10km運搬	0.5	14,290	グラブドル(0.45)	1	1,438	3,990	26,937	9 (枝条チップ)	2,993
			ダンプトラック(10t)	1.5	2,199	5,020			

※黄色箇所は、試算の数値が変わる箇所  
※計の千一単位は四捨五入によるもの

2026年3月18日

JWBA Proprietary

37

## 枝条チップの生産量と運搬距離(考え方)



《試算例》	作業員の人件費		林業機械の機械経費				人件費 機械経費 合計 (円/日) A+B+C	運搬量等 (t/日)	生産コスト (円/t)
	人工 数	人件費 (管理費含む) A	機械名	作動時間 (h)	燃料費 (円/日) B	機械損料 (円/日) C			
畑地運搬 片道20km運搬	0.5	14,290	グラブドル(0.5m)	1	1,481	3,990	26,691	7.5 (薪材)	3,560
			8tトラック	3	3,201	3,730			
林業運搬 片道10km運搬	1	28,580	グラブドル(0.5m)	1.5	2,459	3,990	48,357	20 (薪木材)	2,418
			8tトラック	5.5	5,868	7,460			
林業チップ (チップ生産)	1	28,580	グラブドル(0.5m)	6.5	9,344	7,980	180,139	50 枝条チップ	3,603
チップ運搬 片道10km運搬	0.5	14,290	グラブドル(0.5m)	1	1,438	3,990	26,937	9 (枝条チップ)	2,993
			10tトラック	1.5	2,199	5,020			

距離が遠くなると人件費は1日となる場合がある。

機種が変わると燃料費や機械損料が変動する。

距離が遠くなるとトラックの作動時間が増える。

生産量の変動すると、最も生産コストに影響する。

※運搬量が増えればコストも下がるが、1日の作動時間やトラックのサイズも変わり、積込時間も増加する。

2026年3月18日

JWBA Proprietary

38

## 枝条チップの生産量と運搬距離(試算結果)



(円/t)		枝条チップ生産量					
		10t/日	20t/日	30t/日	40t/日	50t/日	60t/日
10 Km	①	23,420	14,420	11,410	9,910	9,010	8,410
	②	23,550	14,480	11,460	9,950	9,040	8,430
	③	21,660	13,530	10,830	9,470	8,660	8,120
	④	19,540	12,470	10,120	8,940	8,240	7,760
20 Km	①	23,590	14,590	11,580	10,080	9,180	8,580
	②	23,720	14,650	11,630	10,120	9,210	8,600
	③	21,830	13,700	11,000	9,640	8,830	8,290
	④	19,710	12,640	10,290	9,110	8,410	7,930
30 km	①	25,890	16,890	13,880	12,380	11,480	10,880
	②	26,020	16,950	13,930	12,420	11,510	10,900
	③	24,130	16,000	13,300	11,940	11,130	10,590
	④	22,010	14,940	12,590	11,410	10,710	10,230

チップターの種類	
①	輸入式400kW
②	タブ式400kW
③	タブ式300kW
④	タブ式200kW

※枝条チップの販売価格は、12,000円/t  
 ※販売価格を下限とするコストの算出は青色欄参照  
 ※タブ式は上方から投入する新機種

- おおむね30t/日の生産量から収支がプラス
- チップ運搬距離が30kmでも、試算上では40～50t/日の生産量があれば収支がプラス
- 1日のチップ生産量が少ない場合は、移動式チップターの稼働率が低下する等、試算結果よりもコストが増加する可能性あり
- 末木枝条はかさ密度が低いいため、この枝条部分を多く運搬し、1日の運搬回数を増やすことで収入を増やすことが可能

2026年3月18日

JWBA Proprietary

39

## 【参考】減容化の工夫



- 高知県の事例では、グラップルを回しながら枝条を切り離しつつ、枝条の長さがある程度均一化してコンテナへ積載することで、積載量を増やす工夫実施



2026年3月18日

JWBA Proprietary

40

## 目次



1. 事業背景・目的と調査概要
2. 実証調査の内容
  - ✓高知県(有限会社 川井木材)
  - ✓宮崎県(株式会社 マルサン)
  - ✓山口県(山口県東部森林組合)
3. 実証調査結果概要と一般化したコスト試算
4. 枝条チップの生産量と運搬距離の関係
5. 架線集材により林地残材を利用していくためには

2026年3月18日

JWBA Proprietary

41

## 【前提】 架線集材を選択する時の条件



区分	分類	最大到達距離(m)		森林作業システム例			
		基幹路網から	細部路網から	伐倒	集材・木寄せ造材	運材(枝払い、玉切り)	運搬
緩傾斜地(0°~15°)	車高系	150~200	30~75	ハーベスタ チェーンソー グラップルバケット	(ハーベスタ) グラップル ウインチ	(ハーベスタ) プロセッサ	フォワード トラック
中傾斜地(15°~30°)	車高系	200~300	40~100	ハーベスタ チェーンソー グラップルバケット	グラップル ウインチ	(ハーベスタ) プロセッサ	フォワード トラック
	架線系		100~300	チェーンソー	スイングヤーダ タワーヤーダ	プロセッサ	フォワード トラック
急傾斜地(30°~35°)	車高系	300~500	50~125	チェーンソー	グラップル ウインチ	プロセッサ	フォワード トラック
	架線系		150~500	チェーンソー	スイングヤーダ タワーヤーダ 集材機	プロセッサ	トラック
急峻地(35°~)	架線系	500~1,500	500~1,500	チェーンソー	スイングヤーダ タワーヤーダ 集材機	プロセッサ	トラック

※下記の資料を基に作成  
 ・林野庁 2019 路網を活かした森林作業システム  
 ・林野庁 2024 森林総合監理士(フォレスト+)基本テキスト

- 宮崎県の事例では、主に路網作設の有無で判断
- 高知県の事例では、施業面積は1ha以上、蓄積量は400m<sup>3</sup>/ha、平均傾斜20度以上、幅員4m以上で判断

2026年3月18日

JWBA Proprietary

42

## 架線集材により林地残材を利用していくためには



ここまでの  
試算について

- チップ化の有無、チップ生産量、チップ運搬距離等、林地残材のコストを中心に試算



これ以降の  
試算について

- 実際に全木集材作業を進める場合は、素材生産も含めた体系的な試算が必要



- 伐採面積と森林蓄積量の違いから見た架線集材を実施する場合の、単位面積当たりの予想収支を試算

追加  
条件

- ✓ 用材は、20t積セミトレーラー(20m/台)で、30km先の木材市場へ運搬
- ✓ 木材市場の手数料は売上の8%、極積料は900円/mと設定
- ✓ 素材生産量は、蓄積量の0.85倍 (スライド34より ガイドブックP4)
- ✓ 枝条チップと端材を販売

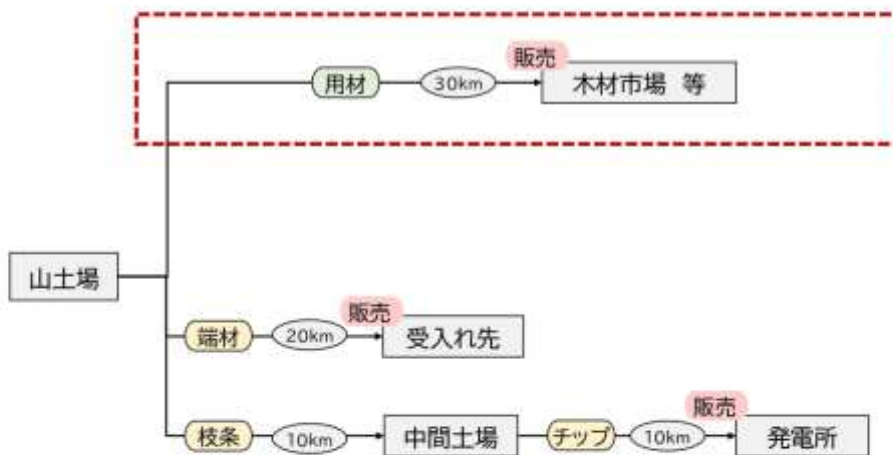
2026年3月18日

JWBA Proprietary

43

## 試算条件(山土場以降の流れ)

スライド28を再編集



2026年3月18日

JWBA Proprietary

44

## 販売収支の比較(伐採面積・蓄積) ①定置式集材機



- ◆ 3ha以上の施業地であれば、林地残材を収集しても収支がプラス
- ◆ 伐採面積が7ha程度から収入が安定
- ◆ 小面積の場合は、収支がマイナス(架設撤去の人工数により)
- ◆ 伐採面積が小面積のとき、用材のみでの収支はマイナスだが、林地残材を販売することでの収入増により、収支合計がプラスとなる場合あり

※伐採面積が小さいと、チップー等の機械の稼働率が下がり機械燃料が増加してしまうことに注意が必要

2026年3月18日

JWBA Proprietary

45

## 販売収支の比較(伐採面積・蓄積) ②タワーヤード



- ◆ 伐採総面積が1haから収支がプラス
- ◆ 3ha以上になると収入が安定
- ◆ 定置式集材機と比較して、張替回数は増えるが架設撤去に係る人工数は少ないため、小面積の施業からでも収支がプラス

※伐採面積が小さいと、チップー等の機械の稼働率が下がり機械燃料が増加してしまうことに注意が必要

2026年3月18日

JWBA Proprietary

46

## ガイドブックについて



- ✓全木集材(架線)により、林地残材を収集するための考え方や試算をまとめたガイドブック
- ✓当協会HPでもデジタル版をダウンロード可能



2026年3月18日

JWBA Proprietary

47



**ご清聴ありがとうございます。  
ごさいます。**

JWBA Proprietary

## 5.2 委員会議事録

### 5.2.1 第1回委員会（2025年7月11日）

#### ○事業の概要説明（事務局より）

本年度の事業概要及び計画について説明した。現地調査は高知県の川井木材（タワーヤーダによる全木集材）と宮崎県のマルサン（従来式集材機による全木集材）の2現場とし、全幹集材や短幹集材の事例については文献調査により情報を収集することとした。

#### ○委員の質問及びコメント（➡は事務局回答）

・想定される要素作業の種類は問題ないだろう。材積の単位をどのくらいで区切っていくのかということが重要だ。日報単位なのか、作業を止めてもらって丸太を検尺して、半日単位で材積を確認するのか、この辺りは、事業者も事務局も負担にならない形で決めていくことがよいらろう。また、サイクル単位で調査データがあった方が参考になるだろうが無理のない範囲で進めて欲しい。

➡基本は日報ベースを想定しているが、事業者と現場で話しながら進めたい。

・宮崎県の調査先は、10t車やセミトレーラーは入っていけるか。

➡恐らく難しいだろう。現場案内の際に土場までの道を運転したが、4t車程度のサイズが限界なのではと感じた。チップパーをトラックで回送できるような道ではない。

・2現場の事例を調査して生産性を明らかとするのではなく、既存の一般的な事例と比較してメリットやデメリットを提示した方がよいらろう。このあたりの結果をガイドブックへ反映した方がよい。また、林地残材の量はどのように計測するのか。

➡文献調査を進めて、比較対象を見つけていくイメージだ。その際、全木・全幹・短幹の比較ができるようにしたい。1つの文献では対比が難しいので、いくつかの文献を基に比較することを考えている。また、林地残材の量の計測は、既に事業者はトラック満載でどの程度の量になるかを把握しているため、何回運んだかを確認すれば概ねの量は把握できると考えている。なお、調査票の下側にある林地残材発生量については数式を利用した想定値である。

・新たなシステムの例を提示しているが、これを今回の事業者へお願いして実施するのか。

➡あくまでも理論上の話だ。単位時間や単位サイクル当たりの要素作業を組み合わせで整理していく中で、提示したシステムのようなものも検討できるのではないかといいものだ。

・荷掛けや木寄せ作業の撮影はしないのか。

➡今回の調査は造材ポイントや集材方法の違いを調査するため、集材機近くの荷下ろし場から撮影する予定だ。そのため、荷掛けや木寄せ作業は撮影できないと考えている。

・架線の架設撤去について、コストをどのように考えていくか。

➡本事業は、林地残材の収集を目的としている。そのため、架線の架設撤去については、マテリアル利用での経費として負担するイメージだ。昨年度もそのような形で整理した。

・J-Stageで「架線」や「コレクター集材」、「鈴木+架線」などのキーワードを調べると、日本森林学会や森林利用学会の論文が出てくるだろう。H型エンドレスタイラーの論文では確か、架設事例の平均値コストが記載されていたはずだ。また「福田さん」という方も架線系の研究論文を投稿していた。高知県森林技術センターの山崎俊彦課長にお話を聞くのも良いだろう。論文にはなっていないが森林技術センター内の報告として上がっている事例もあるはずだ。

→情報提供ありがとうございます。

・現地調査に当たっては、十分に安全確保に配慮して進めて欲しい。架線系となると非常に気を使う所だろう。

→承知した。

・川井木材の30haとマルサンの18haというのは、今年度の全施業地なのか。それだけの面積であると林相も変わってくるため、データを取る際は留意した方が良いだろう。

→1年間の施業地かどうかは確認できていないが、両事業者共に今の現場の総面積がこの値ということを知っている。なお、基本的に年間を通して架線集材による全木集材施業を進めているとのことだ。

・利用しやすい林地残材としてタンコロがあるが、運搬方法を工夫している事業体も多いため、その辺りの情報も取りまとめてもらえるとありがたい。

→情報が入手できれば結果へ反映したい。

## 5.2.2 第2回委員会（2026年2月2日）

### ○事業の概要説明（事務局より）

本年度の事業概要及び調査結果について説明した。現地調査は高知県の川井木材（タワーヤードによる全木集材）と宮崎県のマルサン（定置式集材機による全木集材）の2現場、先進事例として山口県岩国市錦町にある錦バイオマスセンター（山口県東部森林組合）へヒアリングを実施した。全幹集材の事例等、必要な数値については文献調査により情報を収集した。

### ○委員からの質問及びコメント（→は事務局回答）

- ・(P23) 宮崎県用材の流れの牽引車について、どのようなものを想定しているか。
  - フルトレーラーに連結する牽引部分を1台ずつ運ぶイメージだったが、正確なもの  
は確認していない。現地へ確認する（2/4 確認済み\_フルトレーラー牽引用の10t程  
度の牽引部分を、山土場からフルトレーラー積替場所まで1台ずつ牽引し、その牽  
引部分を連結してフルトレーラーでストックヤードまで運搬）。
- ・(P25) 機械損料について、ハーベスタの燃料消費量（80L/h）がヒアリングベースの表記  
とあるが、プロセッサとハーベスタの燃料消費量に差がありすぎる。ベースマシ  
ンの性能によると考えられるため、一般化で利用する数値としては、数値の差  
を埋めた方が良好だろう。
  - 一般化に向けて、数値を再確認することとする。
- ・(P26) 生産量だが、用材と林地残材のコストが分かるように2段構えなどで表記すると  
見やすいだろう。また、作業順で分けた方が良好だろう。
  - 対応する。
- ・(P33) の生産量について、先行伐倒の情報は入ったコストなのか。
  - 入れられていない。これから再試算を進める上で、先行伐倒も含んだ用材コストを示  
していきたい。また、「定置式架線【全木集材】」の中に「チェーンソーによる手造材  
作業」が含まれているため、ここについては一般化の際は削除する。
- ・(P33) 一般化にあたり、タワーヤードの生産性を48 m<sup>3</sup>/日から30 m<sup>3</sup>/日へ落としたので  
あれば、50t/日の枝条の生産性も同じく減らさないといけないのではないか。そ  
もそも林地残材の発生する総量も変わるのではないかと考える。
  - 林地残材の発生量については、川井木材からのヒアリングでは、48 m<sup>3</sup>/日の時に用材  
生産のうち30%~35%程度が林地残材となり、17-18 m<sup>3</sup>/日の林地残材が発生してい  
ると言っていた。そのため、陣川委員のご指摘のとおり、一般化にあたり用材生産量  
を減らした場合は、林地残材の発生量も減らす必要があると考える。説明不足で申し  
訳ないが、この50t/日という枝条の生産性は、チップの性能により設定した。ヒ  
アリングでは利用しているチップには15t/時の破碎能力があり、平均して50t/日  
の枝条チップを製造しているという結果があり、枝条自体の発生量が減ってもチッ  
パーの性能に変化はないため、チップ製造の頻度は変わるがチップ生産量に変更は

無いと考えて 50t/日とした。

→(委員) 50t/日の林地残材を処理するために必要な林地残材量も、用材の生産量が落ちれば、その分、林地残材が貯まる時間もかかるため、枝条チップ生産量も変わるのではないか。

→ご指摘のとおり、林地残材の発生量やチップ製造量はコストを試算する上で重要な要素と理解しており、(P34-35)では、チップ生産量や輸送距離を変数として試算した。一般化するには、この辺りの数値も検討しながら進めることとしたい。

・昨年度の結果も参考にしながら、昨年度の結果とズレが生じないような結果でまとめるとうまい。

・宮崎県の事例で、大径木をチェーンソーで造材する工程が発生しているとのことだが、一般化する時に外す際は、注記として「チェーンソーによる造材作業の発生」に関する事項を記載すると良いだろう。恐らく、全木集材する場合にはある程度径級の大きな材は出てくるため、このチェーンソー作業は発生すると考えられる。

→一般化でチェーンソーによる造材作業を外す場合は、注記するなどに対応する。

・調査した結果の生産性が一般化する時の数値として妥当かどうかという話だが、調査箇所数を増やしたり、日報ベースとの突合せによる確認作業したりする作業が必要となってくる。そのため、今回は注記としてケーススタディとして条件を明示する必要があるだろう。それにより読み手は、注記内容も踏まえて判断すると考える。

→対応する。

・(P35) チッパーの出力別という試算があるが、一般的には出力が大きくなるとスケールメリットで単価が下がるが、そのような並びにはなっていない。ただ原因としては、単純に規模の大きな機械を導入しても、スケールメリットを生かせるだけの林地残材を集めることは現実的にできないということはあるので、そういう理解もできる。

また、(P30) 架線集材を選択する条件の「高知県の事例」において、川井木材では、施業面積が 1ha 以上、400 m<sup>3</sup>/ha、平均傾斜 20 度以上など、1 回の架線の張り替えでどの程度のまとまりを処理するかということが判断材料になっているかと考えるが、生産性の違いはあれ、川井木材の示した数値は目安としても妥当だと感じている。なお、施業要件については、具体的な数値を示せるわけではないが、これまでの経験則としての感想である。

・チッパーの出力規模で、200kW、300kW、400kW の内、400kW のみに絞ってとりまとめるのも良いかと発言していたが、大型のものが必ずしも良いとは限らない。また、出力規模が小さいものの方が機械の価格も安い場合もあるだろう。そのため、中規模の出力のものも排除せずに活用する方が良いと考える。

→対応する。

・事務局: 先行伐倒についてご意見を伺いたい。今回の資料には試算が間に合っていないが、(P28) 先行伐倒の生産性を、参考文献から全木集材を 90 m<sup>3</sup>/日、全幹集材を 82

m<sup>3</sup>/日と設定した。事後のヒアリングにより、宮崎県の事例では、先行伐倒は10人で1ha/日を実施し蓄積量は745 m<sup>3</sup>/haとすると、745 m<sup>3</sup>/日となり、74.5 m<sup>3</sup>/人日となる。同様に、高知県の事例では、先行伐倒は3人で0.1-0.2ha/日を実施し蓄積量は419 m<sup>3</sup>/日とすると、(0.1haの時) 41.9・(0.2haの時) 83.8 m<sup>3</sup>/日となり、(0.1haの時) 13.97・(0.2haの時) 27.93 m<sup>3</sup>/人日となるが、この数値が妥当かどうかの意見が伺いたい。

→ (委員) 森林施業プランナーテキストや林野庁公開データでは、間伐も考慮してだと考えるが6 m<sup>3</sup>/人時や、私の調査では12 m<sup>3</sup>/人時という結果があり、これに6時間作業として考えると、36 m<sup>3</sup>/人日や72 m<sup>3</sup>/人日となる。皆伐であれば70 m<sup>3</sup>/人日というのは余り離れた数値ではないと考える。

・昨年度の成果報告会やガイドブックは非常に好評であった。その後も森林組合や素材生産事業者へ配布したとも聞いている。今年度も、素材生産事業者が架線集材を利用して林地残材を活用する場合に、このようにすれば良いのかと分かり、林地残材活用を始めたいと思えるような資料を作成いただけるとありがたい。

### 5.3 文献まとめ一覧

令和7年度\_林地残材等利用環境整備事業\_製練集材等に関する文献一覧

No.	筆頭著者名	共著者名	発表年	出典元	題名	概要
1	前田康行株式会社	-	2024	-	令和5年度「新しい林業」に向けた林業経営育成対策のうち経営モデル実証事業 先進的林業経営体によるタワーヤードフル活用モデルの構築 事業成果報告書	タワーヤードを効果的に活用するための普及資料の作成 主伐作業で8.04ha実施した結果、3,268t(丸太2,831t、林地残材437t)となり、林地残材の発生量は13%であった。 主伐作業の労働生産性は8.34t/人日であり、造材作業では、2,835m <sup>3</sup> の生産量であった。また、1日あたりのチップ生産量は21.24tであり、最大でも29.84t/日の生産量であった。
2	黒田浩太郎	全統信、古岡拓也	2024	関東森林研究第75巻	林地残材の積み込み作業におけるモデル化と採算性の検討	道端での全木材の造材により発生する林地残材の積み込み作業を調査し、その時間観測結果をもとに林地残材の積み込み作業のモデル化と輸送を含めた採算性の検討を行い、さらに地域における林地残材収穫輸送コストの試算を行った。その結果、観測結果に対するモデルの生産性の予測値は100.5%と、概ね再現性のあるモデルを構築できた。採算性の検討では、高知県でのバイオマス発電用植栽未利用材の買取価格4,000円/wet-tを参考にした時、輸送距離36.9kmが損益分岐点となった。さらに静岡県富士地域を対象地域として、域内で発生する林地残材を分散型と集中型で利用することを検討した場合、分散型が集中型よりも輸送距離が5.6km短くなったことにより、収穫輸送コストは分散型での利用が集中型よりも356円/wet-t安くなった。
3	黒田浩太郎	全統信、古岡拓也	2024	関東森林研究第75巻【抜粋版】	林地残材の積み込み作業におけるモデル化と採算性の検討	道端での全木材の造材により発生する林地残材の積み込み作業を調査し、その時間観測結果をもとに林地残材の積み込み作業のモデル化と輸送を含めた採算性の検討を行い、さらに地域における林地残材収穫輸送コストの試算を行った。その結果、観測結果に対するモデルの生産性の予測値は100.5%と、概ね再現性のあるモデルを構築できた。採算性の検討では、高知県でのバイオマス発電用植栽未利用材の買取価格4,000円/wet-tを参考にした時、輸送距離36.9kmが損益分岐点となった。さらに静岡県富士地域を対象地域として、域内で発生する林地残材を分散型と集中型で利用することを検討した場合、分散型が集中型よりも輸送距離が5.6km短くなったことにより、収穫輸送コストは分散型での利用が集中型よりも356円/wet-t安くなった。
4	木野朝斗	長島啓子	2024	日林誌106(3)	自走式搬器を用いたタワーヤードによる下げ集材可能範囲の抽出方法の開発	本研究はタワーヤードを用いての集材可能範囲を広域的に抽出することを目的としており、自走式搬器による下げ荷の集材が可能範囲をGISを用いて抽出する方法を開発した。
5	大木孝	山形寿志樹	2024	森林誌39(4)	シミュレーションによる大型ドローンを用いた集材作業の生産性とコスト分析	本研究では、大型ドローンを集材作業に活用する場合の生産性やコストをシミュレーションにより分析した。その結果、ペイロード200kgのドローンでは、生産性については集材距離やペイロードの積載率に応じ1~4m <sup>3</sup> /h程度となった。コストについては、現在のコストとしては高価であるものの、技術レベル向上のシナリオにもとづく将来コストは3,800円/m <sup>3</sup> から12,000円/m <sup>3</sup> 程度まで低下する結果となり、地形の起伏や土壌から遠距離であるなどの林分条件によっては、ドローンが有効活用できる可能性がある。
6	竹嶋一紗	鈴木保志、山崎敬彦	2024	森林誌39(3)	製練システムの間伐作業による残存木損傷の回復状況および内部変色状況	間伐作業時に発生する残存木の損傷について、年数経過による損傷の回復状況と内部変色状況の把握を目的として、間伐伐出作業直後の損傷の発生状況を記録し、9年後にその経過を追跡調査した。9年後の損傷の状況を発生時と比較した結果、すべての損傷において程度の悪化はなく回復傾向にあったが、損傷幅、長さで作業直後よりも大きい事例が確認された。内部変色については、損傷程度に関わらず元の損傷と同程度または大きく広がっていた。元の損傷と比較すると、変色幅は約2倍、変色長は約3倍の値を示した。このことから、内部変色を抑えるには間伐集材作業時の損傷を最小限に抑えることが重要と考えられる。
7	鈴木保志	青木遼、吉村哲彦、山崎敬彦	2024	森林誌39(1)	静力学モデルとライブスカイライン式架橋による主梁式架橋の樹冠係留力の検討	主梁式架橋を動滑車の取り出し方式により1、2、3倍力の3方式に分類し、荷上げ時の樹冠係留力を静力学モデルにより検討した。その結果、計測対象の8サイクルにおいて、荷上げ索張力は1.4~7.3kNで、実搬器走行までの荷上げ作業中、樹冠係留力が発生していることを確認した。上側支索索張力は9.3~20.1kNで、従来の併用でこの方式による生産性の向上が示唆された。
8	山口県森林総合技術センター	-	2023	山口県森林総合技術センター試験研究成果	主伐(大径木)に対応可能な大型の高性能林業機械を活用し、木材生産から伐採後の再造林までを一貫したシステムを確立し、原木増産体制の強化及びトータルコストの低減を図る。伐採搬出の労働生産性とコストを従来作業と比較したところ、車両系では生産性の向上と低コスト化が確認できたが、架橋系は車両系と比較し労働生産性が低くコストが高い。本研究の目標である労働生産性8m <sup>3</sup> /人日、集材生産コスト4,700円/m <sup>3</sup> に対し、車両系では7人/所中6ヶ所まで目標を上回った。	

No.	筆頭著者名	共著者名	発表年	出典元	題名	概要
9	前田商行株式会社	-	2023	-	令和4年度「新しい林業」に向けた林業経営育成対策のうち経営モデル実証事業 先進的林家経営体によるタワーヤードフル活用モデルの構築 事業成果報告書	タワーヤードを効果的に活用するための普及資料の作成
10	伊藤崇之	中澤昌彦、佐々木達也、上村巧、田中良明、渡辺志郎、白澤祐明、古田智佳史、毛綱昌弘、山崎真、渡辺直史、千原敬也	2023	森利誌38(2)	中距離対応型タワーヤードによる集材時の安全性について	中距離対応型タワーヤードを用いた上げ寄集材中の主索および控索張力、フック下荷重、タイヤおよびアウトリガに掛かる荷重を計測し、安全性を評価するとともに当該機械の作業可能な範囲を試算した。フック下荷重を計測できた16サイクルについて分析した結果、メインラインの安全係数から試算した最大の材積は1.51m <sup>3</sup> で、主索の安全係数から試算した場合は1.74m <sup>3</sup> となったことから、1.51m <sup>3</sup> が今回使用した機械による作業可能な材積の限界と試算された。試験中の最大荷かけ材積は1.55m <sup>3</sup> であり、試験中はおおむね安全に作業が行われたと考えられた。ただし、横取り作業時には材積に関係なくウインチの最大直引力相当の張力がメインラインに掛かる場合があることが確認された。また、控索張力や機体の荷重についても安全範囲内で作業されていたと考えられたが、今回は控索がほぼ水平に張られていたため主索の張力に対抗する控索の張力があまり増加していなかった。計算上は控索の仰角が45度程度になると安全係数が4以下になる可能性があり、その時の路面に掛かる荷重は控索が水平の場合の1.7倍程度になると試算され、控索の仰角が大きくなると控索や路体に大きな負担がかかることが明らかになった。
11	古村智彦	鈴木保志	2022	森利誌37(2)	集材生産における機械化作業の生産性評価	本報では、生産性およびシステム生産性の定義を国内外の既存文献に基づいて整理し、あわせて我が国の集材生産における機械化作業の生産性向上を実現するための目標や方法について考察する。
12	山崎真	渡辺直史、鈴木志保、後藤純一	2022	高知県立森林技術センター研究報告44号	地形に適した作業システムの選択に関する研究 一地域別地形特性と作業システムの考察一	林業事業体が効率的な原木生産を行うためには、地形に適した作業システムを選択することが重要である。これまで、その選択に用いる地形情報には平均傾斜や起伏量、谷密度等が提案されているが、地形の複雑さについては用いられてこなかった。そこで本研究では、地形の複雑さを表す指標として等高線迂回率を用い、平均傾斜や起伏量と併用することで作業システムを選択する手法について検討した。さらに、実際の路網整備および林業機械の導入状況と比較することで地域ごとに適した作業システムと基盤整備の方向性について考察した。地形データには10mメッシュのDEM（数値標高モデル）を用い、オープンソースのGISにより地形情報の評価指標を算出し、適する作業システムの分類を行った。作業システムの分類結果と実際の状況は、従来架線とタワーヤードの連地が多い県中部および東部では一致度が高いものの、西部では分類結果と比較して直接集材・単線地先や簡易架線向きの中小型の機械の導入割合が高い傾向にあった。地形から判断すると県全体ではタワーヤード等の中長距離架線が有利な箇所が多いが、基盤整備の状況や機械導入の経緯などの理由から実情が異なっている可能性が考えられた。
13	藤掛一郎	大地俊介	2022	林業経済75(6)	民有水源かん養保安林における活発な主伐実施 一宮崎県を事例として一	我が国の保安林制度は、森林の公益的機能確保のために施策等に制限を課すものであるが、多数を占める水源かん養保安林では原則として皆伐を許しており、木材生産との両立を図ろうとする側面を持つ。主伐が活発化している宮崎県民有林を対象に保安林伐採許可等の資料を分析した結果、水源かん養保安林では非保安林よりも主伐が活発に行われていることが明らかとなった。理由として、水源かん養保安林は面積がまとまっており、木材生産に適する場所があることが考えられた。戦後大きく面積を広げた保安林が初めて本格的な収穫期を迎えた中、民有の水源かん養保安林で活発な主伐再造林が行われていることは、施策制限によって公益的機能を確保しながら循環型林業経営を行っていく一つのあり方を示すものと捉えられるとともに、水源かん養保安林において比較的自由的な施策を許していることが公益上問題がないか、実地検証の機会としても注目される。
14	中澤昌彦	佐々木達也、古田智佳史、上村巧、鈴木秀典、渡辺志郎、大矢信次郎、赤松玄人、伊東大介	2022	森利誌37(3)	フェラーバンチャ機構付きバケットを搭載した車両系林業機械による広葉樹の伐出生産性	本報では、安全性を確保しつつ広葉樹の伐出生産性を向上させることを目的に、汎用性の高いフェラーバンチャ機構付きバケットを使った機械伐木手法を検討し伐木生産性等を求めた。また、造材工程においても同機および国内で一般的なプロセッサを使った造材生産性等を求めた。フェラーバンチャ機構のカッターの先で同じ高さで少しずつ切り進めて切断する環状切り型機械伐木手法では、安全性に関係する野外での人力作業時間の割合が通常のカタターにより一度で切断する一度切り型の24%から10%に減少するとともに、生産性が7.5m <sup>3</sup> /人時から8.3m <sup>3</sup> /人時に向上了。先行してチェーンソーにより受け口を作成しておき、カタターにより受け口をいれる受口先行型機械伐木手法では、人力作業時間割合が45%に増加し、労働生産性が5.4m <sup>3</sup> /人時に減少するものの、運搬等用材として商品価値の高い一番玉への損傷を抑えることができた。造材工程においては、本機が生産性が1.7m <sup>3</sup> /人時と、プロセッサの生産性4.7m <sup>3</sup> /人時に比べ低く、広葉樹の造材が困難であることを確認した。

No.	筆頭著者名	共著者名	発表年	出典元	題名	概要
15	黒崎浩之	岩岡正博、藤松浩彦	2022	森利誌37(2)	短距離架線集材の集材迂回の検出に測定間隔が与える影響	DEMを用いた解析の精度は、そのメッシュ間隔に依存するが、DEMのメッシュ間隔よりも短い単位で測定した場合に、集材迂回の発生を検出に及ぼす影響を明らかにするため、使用したDEMのメッシュ間隔に近い50mとその1/2の25mの2種類の間隔で集材距離を測定した結果、25m間隔で集材距離を測定したほうが集材迂回の発生を鋭敏に検出できることを明らかにした。そこで本研究では、測定間隔をさらに短くした場合に、集材迂回の検出にどのような影響を与えるのか明らかにすることを目的とする。さらに、この結果に加えて計算量などを考慮した場合の最適な測定間隔を明らかにすることを目的とする。
16	古村哲彦	鈴木保志	2022	森利誌37(2)	集材生屋における機械化作業の生産性評価	本報では、生産性およびシステム生産性の定義を国内外の既存文献に基づいて整理し、あわせて我が国の集材生屋における機械化作業の生産性向上を実現するための目標や方法について考察する。
17	中澤昌彦	滝沢志郎、佐々木達也、上村巧、田中良明、白澤祐明、吉田智佳史、毛綱昌弘、山崎敏彦、山崎真、津辺直史、千原敬也	2022	森利誌37(1)	中距離対応型タワーヤードによる皆伐の上げ荷集材作業の生産性	中距離対応型のタワーヤードによる皆伐の上げ荷集材作業の生産性を明らかにすることを目的に、急傾斜地の針葉樹人工林において皆伐作業を観測し時間分析を行った。作業システムは、作業道上に搬器操作も兼務する造材機械操作手1人、先山に伐倒手1人、搬器操作手1人、荷扱手1人の4人作業を適用した。平均集材距離が137.5±5.0m、平均横取り距離が15.0±5.2mの作業条件において、作業時間11,729秒、サイクル数31回、集材幹材積30.9m <sup>3</sup> 、集材生産量29.2m <sup>3</sup> を観測し、サイクルタイムは378.4秒/回、平均荷扱量は1.0±0.23m <sup>3</sup> /回、生産性は9.0m <sup>3</sup> /時となり、中距離対応型タワーヤードによる皆伐の伐木から集材、造材工程までの労働生産性が2.2m <sup>3</sup> /人時と求められた。既往の間伐および本研究の皆伐の作業時間分析結果から、集材距離と横取り距離を定数とした合計作業時間の予測式を導出し、想定した荷扱量をこの作業時間で除して皆伐の上げ荷集材作業の生産性を予測した。以上から、間伐と同様に皆伐においてもこのタワーヤードを用いた作業システムは高い労働生産性が期待できることを明らかにした。
18	生物直	齋藤仁志、立川史郎	2022	森利誌37(1)	車両系皆伐作業における集材路の実態把握	経済性と林地荒廃リスクへの配慮が両立可能な皆伐作業を実現するための基礎情報提供を目的として、皆伐地集材路の実態を把握した。調査は皆伐地63か所を対象として行った。調査の結果、集材路密度は全伐区平均が361m/haとなり、伐区の地山傾斜にかかわらず高い値を示した。平均集材距離、配置形態および集材方法の観点から検討したところ、高密度に開設されているネットワークの発達に寄与していないなど、必要以上の開設が行われていることが示唆された。集材路の盛土崩壊は168か所確認され、特に地山傾斜30°以上の急傾斜地では盛土崩壊リスクが大きくなることが明らかになった。急傾斜地においても一定量の集材路が開設されており、そのような場所で生じた盛土崩壊により、継続的な利用が困難となっている状況も多くみられた。また、集材路に関係する林地荒廃の割合も大きいことが明らかになった。
19	有水賢吾	—	2022	産業物質循環学会誌Vol33, No.2	木材の伐採・搬出のイノベーション	2050年のカーボンニュートラルの達成に向けて、CO <sub>2</sub> の吸収源として森林が目ざされている。しかしながら、日本の森林は半数が50年生以上の高齢級林であり収穫に適した時期を過ぎつつある。現在の森林を伐らずに維持することは将来的な森林での炭素吸収量の削減につながると予想される。したがって、今後森林をCO <sub>2</sub> 吸収源として持続的に維持するためには高齢級の森林の利用に加えて再造林を含めた森林の循環的な利用により森林の若返りを図り、さらに木材利用量を増やすことが重要である。また、今後人手不足が懸念される林業において森林を循環的に利用するためには、より安全で、より効率よく作業を行う必要がある。本稿では、森林の循環的な利用のために必要となる木材の伐採および搬出作業について、近年の自動化や新たな機械の開発の動向について示す。
20	高野敏	小山泰弘、百瀬浩行、大矢徳次郎	2021	長野県林業総合センター研究報告第35号	効率的な皆伐作業システムの構築	県内人工林は資源として利用可能な収穫時期を迎え、皆伐再造林が進みつつある。県営林でも皆伐作業に向けた検討がされているが、現在、事業の設計積算に用いている「集材生産設計システム」は、間伐作業に対応したシステムであるため、皆伐及び近年普及し始めている伐採から造林までの一貫作業システムには対応していない。そこで伐採造林一貫作業等の功程調査を行い、皆伐版の集材生産設計システムを構築した。なお、事例が少ないために参考資料とは異なるが、下層木が堅沈するカラマツ林を皆伐すれば下層木処理に一定の増し増しを検討する必要があること、広葉樹林を皆伐した場合の用材歩留まりは採材に時間をかけても15%に留まること、一般的な目立てを行えば、直径20cmのアカマツは10秒以内で鋸断できることが示された。

No.	筆頭著者名	共著者名	発表年	出典元	題名	概要
21	深津梨	鈴木伸之助、志藤彰	2021	山形県森林研究研修センター研究報告第35号	潟海町森林組合における全木利用低コスト作業システム	<p>潟海町森林組合は「全木利用低コスト作業システム」に取り組んだことにより、労働生産性が、平成24年の3.9㎡/日から平成29年は8.0㎡/日に大きく向上した。伐出コストは、平成24年の6.9千円が平成29年は3.2千円になり大幅な低減が図られた。生産体別は、平成24年の7,500㎡/年が平成28年は23,400㎡/年になり大幅に強化された。また、当該作業システムの習熟度（経験年数）が労働生産性を左右する大きな要因と考えられた。</p> <p>「全木利用低コスト作業システム」による集約化施設田地等の労働生産性は、最小3.0㎡/人日～最大9.4㎡/人日、全平均6.6㎡/人日であった。集約系、グラップルプロセッサシステム。労働生産性は、初年度（平成23年度）2.5㎡/人日、平成24年度3.9㎡/人日、平成25年度5.9㎡/人日、平成26年度6.2㎡/人日、平成27年度7.5㎡/人日、平成28年度7.4㎡/人日、平成29年度8.0㎡/人日とほぼ順調に伸びた。作業の習熟度が向上し、高谷密度地という悪条件をカバーする作業システムが構築されてきたと考えられる。</p>
22	福田雄治	鈴木保志、飯岡芳明	2021	日林誌103(6)	GISを用いた針・広葉樹林の同時伐採適地選定手法の開発	<p>木質バイオマス発電用材の供給を目的として既成で構築した架線集材による針・広葉樹林の同時伐採モデルをGIS（地理情報システム）に適用し、地理空間上でこの方式の適地を特定する手法の開発を、高知市土佐山地区を対象として試みた。手順は、1）架線架設に適した一定以上の面積の谷形状の区域を表す集水域ポリゴンにより対象地域の林分を区分し、2）トラック運材を考慮し幅員3mの道路に隣接する集水域ポリゴンを抽出した。その後、当該モデルの集材面積を超える集水域ポリゴンのみを分析対象を絞り込み、3）さらに保安林などの伐採制限や樹種・樹齢を考慮して残った集水域ポリゴンのha当たりの収益性を分析した。その結果、4）対象地域で再造林費を賄う以上の収益性が確認された林分1,908haからの建築用材および燃料としての木質資源の供給可能量は、建築用材153千㎡、燃料154千tと推算された。</p>
23	松岡依典	林宇一、有賀一広、白澤結明、菅山啓介、守口海	2021	日林誌103(6)	森林GISを用いた木質バイオマス発電のための未利用材利用可能量推計	<p>本研究では、まず都道府県が管理する民有林の森林GISと林野庁が管理する国有林の森林GISを取得し、地域森林計画を基に施策条件を設定。傾斜や起伏量といった地形量から作業システムを設定した。次に、GISを用いて収穫コストの算出、スギ・ヒノキ・マツ・カラマツの木材売上、山元立木価格、造林費を用いて収支を算出した。最後に、FITで未利用木質バイオマス発電設備に設定され、2020年6月時点で稼働している日本全国の発電所を対象に、経済的に利益が得られる小近からの供給がテンシャルを利用可能量として推計した。その結果、供給がテンシャルは用材65,490,336㎡/年、未利用材13,098,067㎡/年と推計された。利用可能量は用材31,080,672㎡/年、未利用材6,216,134㎡/年と推計され、供給がテンシャルの47.5%との結果を得た。また、未利用材利用可能量と需要量を比較した結果、需要量に対する利用可能量の割合は71.6%であった。ただし、再造林を担保するために造林補助率を100%として推計したところ、全国での需要量を満たす未利用材供給が可能になると推計された。</p>
24	守口海	白澤結明	2021	日林誌103(6)	バイオマス利用による収穫利益の変化が年供給量や必要補助総額に与える影響	<p>新供給・発電事業における木質バイオマスの利用が進むと、材積歩留まりや収穫木の平均単価、収穫・輸送費用が変化し、それに伴い、林業の収益性も変化すると予想される。そこで林業の収益性の変化が年供給量や年補助総額に与える影響を、補助林分の最速選定モデルを用いて分析したところ、次の結果を得た。①最大造林補助率を一定とする場合や年補助総額を一定とする場合は、収益性の改善に伴い造林補助を得て木材生産を行う林分が増加するため、年供給量が増加する。材積歩留まりの向上は、直接的な供給量の増加のほか、収益性の改善を引き起こすため、年供給量の増加率は材積歩留まりの増加率よりも大きくなる。また、最大造林補助率が一定の場合は年更新面積が増加するため、年補助総額は増加する。②年供給量を一定とする場合、収益性の向上により年補助総額は減少する。最速補助対象林分の選定において収穫・輸送費用よりも地位条件を重視するために、年更新面積も減少する。後藤（2016）の作業システム区分別の適用面積、および推計された収穫・輸送費用の平均値と標準偏差を示した。CTLや9-13tグラップルの平均収穫・輸送費用は比較的低いものの（CTL:4,662円/㎡、9-13tグラップル:5,468円/㎡）、対象地域での適用面積は両システムとも小さかった。適用面積が大きい作業システム区分の上位三つは、本橋架線（平均収穫・輸送費用:7,796円/㎡）、6-8tスイングヤーダ（同6,981円/㎡）、9-13tスイングヤーダ（同7,060円/㎡）と全て架線系システムであった。これら三つの架線系システムが全体の面積の67.3%に適用されたため、対象地域全体の平均収穫・輸送費用はこれら三つの架線系システムの平均収穫・輸送費用に強く影響を受け、6,788円/㎡と推計された。</p>

No.	筆頭著者名	共著者名	発表年	出典元	題名	概要
25	斎藤仁志	佐々江希望、白澤祐明、松澤義明、植木達人	2021	日林誌103(6)	樹種別の造材歩留まりが木質資源利用可能量へ与える影響	樹種別の造材歩留まりを推定し、木質資源の利用可能量に与える影響を検討した。カラマツ・ヒノキ・スギ・アカマツの樹種別造材歩留まりを推定するため、長野県内で行われた搬出作業の結果から伐採量と販売量を把握し、造材歩留まり推定した。その結果、主伐ではすべての樹種において、造材歩留まりが従来値よりも低くなり、間伐では、アカマツ以外の樹種で従来よりも高い値となった。また、集材方法別では、車両系集材の方が架線系よりも高い値となった。この結果を用いて、樹種別に造材歩留まり考慮した場合と、従来通り一定値とした場合とでそれぞれ木質資源利用可能量推定を行った。その結果、従来方法の推定よりも、カラマツ、ヒノキ、スギでは利用可能量が増加し、アカマツでは利用可能量が減少することが明らかになり、造材歩留まりの正確な推定が重要であることが示された。
26	山崎真	鈴木保志、奥藤純一、渡辺直史	2021	森利誌36(1)	地形に適した作業システムの選択 - 高知県における流域別適用事例にもとづく検討 -	作業システムの選択に用いる地形情報として一般的な平均傾斜と起伏量に加え、地形の複雑度を表す指標として等高線迂回率を併用する手法が提案されている。この手法を、高知県を6つの流域に分けて適用し、実際の路網整備および林業機械の導入状況と比較することでその有効性と今後の整備の方向性を検討した。地形データには10mメッシュのDEM(数値標高モデル)を用い、オープンソースのGISにより地形情報の評価指標を算出し、適する作業システムの分類を行った。作業システムの分類結果と実際の状況は、従来架線とタワーヤードの選地が多い県の中郡および東郡では一致度が高いものの、西部では分類結果と比較して直接集材・単木まや履帯架線向きの中小型の機械の導入割合が高い傾向であった。地形から判断すると県全体ではタワーヤード等の中長距離架線が有利な箇所が多いが、路網整備や機械導入の経緯などから実情が異なっている可能性が考えられた。
27	千原敬也	山中啓介、岩田蒼希	2020	鳥根県中山間地域研究センター	研究成果マニュアル 架線集材の低コスト化を目指して - 鳥根県に適した作業方法の提案 -	架線集材のメリットである①地形や地質の制約を受けにくい、②全木集材が可能、③土壌侵蝕による環境への負担が少ないというポイントに注目しました。しかし、これまでの架線集材は架設撤去に多くの人員を要するとともに、常張りには高度な技術を要するためコストが高くなるという課題があります。これらのことから、鳥根県に適した架線系集材システムを導入するための研究に取り組みました。そして、従来から使われている架線系機械をより効率的に使う方法や近年新たに開発された最新機械を活用した集材試験を行い、作業の特徴と改善ポイントを整理し、一言メモには試験や調査で感じた事を記載しています。0.5サイズのプロセッサは10㎡/時(H22林業白書)の処理能力があります。スイングヤード集材はおおむね8㎡/時で集材するため、プロセッサに待ち時間が発生する可能性があります。しかし、待ち時間を有効に活用してプロセッサが丸太の極値みや仕分け、枝葉の整理を行って、使用機械が少ないシンプルで効率的な作業システムとすることができます。
28	新井弘嗣	立花敏	2020	Journal of Forest Economics Vol.66 No.3	我が国林業の集材生産における生産性分析	我が国林業における生産性向上は長期にわたる課題である。それに対して、生産性を検討する際の指標としては労働生産性が一般的で、複数の生産要素が投入される集材生産においてはより総合的な指標による生産性の把握が望まれる。そこで、本研究では我が国林業の集材生産における生産性の推移とその地域間格差を計量的に把握することを目的とし、林野庁業務資料である1990～2017年の調査データを用い、主伐と間伐に分けて全要素生産性(TFP)を分析した。全国平均値データを用いたTFPの分析ではTörnqvist生産性指数、地域別データを用いたTFPの分析には道別性を有するMultilateral生産性指数を適用した。その結果、主伐のTFPは1990～2017年において年平均1.35%でプラス成長、間伐のTFPは2006～2017年において年平均1.07%でマイナス成長であった。TFPの地域間格差については、主伐・間伐ともに北海道、東北、九州が2017年におけるTFP水準の上位地域となった。また、TFP変化の要因として、我が国集材生産における規模の経済性を2016年と2017年のデータによるコブ・ダグラス型生産関数の推計を通じて検討した結果、規模に関して収穫一定であった。
29	谷内博規	村上尚徳、小原蒼	2020	木材保存Vol.46-1	岩手県における広葉樹集材生産の現状と課題	平成30年の岩手県の樹種別、用途別集材生産量を見ると、広葉樹は276㎦で、その内訳は、製材用39㎦、木材チップ用236㎦となっている。広葉樹は資源量の割に利用が進んでいない現状となっている。本県の豊富な広葉樹資源の利用促進には、育林から集材生産、集材生産から加工・利用までの技術開発が必要と考えられる。そこで、その要となる集材生産について、県内事業者からの聞き取り調査を実施し、生産の現状と課題の検討を行った。労働生産性は、事業者の高性能林業機械の導入状況により異なるが、針葉樹では5～50㎡/人・日、広葉樹では2.4～7㎡/人・日と広葉樹の方が低かった。この理由としては、「伐採する林齢が低いため単木材積が少ない」、「広葉樹の枝葉は針葉樹に比べて多いため集材に手間がかかる」、「単木から得られる丸太の割合(利用率)が低い」、「枝が太いため枝葉処理の機械化が難しい」ことが挙げられた。

No.	筆頭著者名	共著者名	発表年	出典元	題名	概要
30	佐藤高士	古林敬顕、根本和宣、中田俊彦	2020	森利誌35(1)	中山間地域における持続可能な森林利用のための伐出工程機械化の生産性評価	本研究では、持続可能な森林利用について森林資源を継続的に最大限利用するための計画と定義し、福島県奥会津地域を対象に伐出工程の林業機械の生産性について評価した。奥会津地域の森林空間情報をもとに持続可能な森林利用に必要な各年の伐出量を導出した。次に三島町西方地区において、複数の林業機械の組み合わせである伐出システムを設計し労働生産性を分析した。その後、奥会津地域全体にこの労働生産性を適用し、持続可能な森林利用のための所要人員数を分析した。結果、奥会津地域においては年間160～180haを継続的に伐出・造林する必要があった。三島町西方地区での伐出システムの生産性評価の結果、急傾斜林地では3.3～8.3 ml/person-day、緩傾斜林地では38～53 ml/person-dayの労働生産性を示した。森林を伐出するための必要人員は、はじめの50年間は34～110人、50年目以降は34～76人となった。労働生産性について他地域との比較を行ったところ、緩傾斜林地ではオーストリア等の林業先進国と同程度の労働生産性であった。一方、急傾斜林地では現況のわが国と同等かそれ以上の労働生産性であり、林業先進国と同程度の生産性の実現のためには林内路網の拡充や実施時間の見直し等の施策が必要である。
31	長島陽子	吉永生、田中知博	2019	森林計画誌52No.2	低規格高密度路網による小規模搬出間伐システムのコスト、生産性および採算性	本研究は京都府鞍部市の民有林を事例に、低規格高密度路網による小規模搬出間伐システムの路網作設作業のコスト、搬出間伐作業における素材生産コスト、生産性および採算性を把握した。その結果、本システム導入により路網作設費は安価に抑えられること、高い生産性と素材生産コストの低減が見込まれること、現行の補助金制度において採算性が見込めることが判明した。一方補助金が無い場合、搬出間伐作業・事業全体は赤字となり、採算がとれる林業の実現には、詳細な研究による問題点の抽出や高密度路網が可能にする行き届いた施業による質の高い材の提供などの収益性の向上が重要と考えられた。搬出間伐作業における作業システムは、チェーンソーによる伐倒、ワインチ付グラブで全幹集材（木寄せ）、作業道上でのチェーンソー造材、林内作業車での運材（作業道を運ぶ）、土場にて行われるグラブによる仕分けと4tダンプトラックによる搬出である。なお作業は3人1班で並列的に行われており、作業の際の本数間伐率は30%である。搬出間伐作業の集材量は850.3m <sup>3</sup> であり、集材量と素材生産コストから算出したm <sup>3</sup> 当たりの素材生産コストは11,822円/m <sup>3</sup> となった。素材生産全体の作業量は199.5人日であるため、生産性は4.26m <sup>3</sup> /人日となった。
32	中澤昌彦	吉田智佳史、佐々木達也、上村巧、滝誠志郎、伊藤幸之、大矢信次郎、赤松玄人	2019	森利誌34(4)	広葉樹林分におけるタワーヤードを用いた帯状と点状の間伐作業の生産性とコスト	広葉樹バイオマスの低コスト供給システムを開発することを目的に、広葉樹林分において帯状と点状の間伐作業の現地調査を実施した。適用した作業システムは、チェーンソーによる伐木、タワーヤードによるジグザグ滑車をを用いたハイリード式集材、グラブとチェーンソーによる造材（はい積みを含む）である。作業内容の時間分析を行った結果、伐木工程の生産性は、1人作業で帯状4.7 m <sup>3</sup> /時、点状2.6 m <sup>3</sup> /時であった。集材工程の生産性は、3人作業で帯状では2.2 m <sup>3</sup> /時、点状では1.5 m <sup>3</sup> /時、木の張替作業に要した時間は、帯状では1線で7.6人時、点状では2線で8.2人時であった。造材工程の生産性は、1人作業で帯状では3.2 m <sup>3</sup> /時、点状では1.7 m <sup>3</sup> /時であった。以上から、木の張替作業を含む作業システム全体の労働生産性は、帯状では2.9 m <sup>3</sup> /人日、点状では1.5 m <sup>3</sup> /人日となった。伐出コストは、帯状では11,355円/m <sup>3</sup> 、点状では22,920円/m <sup>3</sup> となり、工場等への運搬費を含めると、帯状では13,955円/m <sup>3</sup> 、点状では25,520円/m <sup>3</sup> となった。また、集材作業を2人で実施できた場合、帯状間伐の労働生産性および伐出コストが約3割改善すると試算された。長野森林組合によると、当該地域において広葉樹生材の比重は約1t/m <sup>3</sup> としている。研究対象地域内の他の林分での実測値では、薪用材1.30t/m <sup>3</sup> 、パルプ用材0.92t/m <sup>3</sup> であった。概算値として比重1t/m <sup>3</sup> を採用すると、本研究の広葉樹帯状間伐作業のコストは集材機を用いた集材による広葉樹帯状間伐作業と同程度であった。
33	平山賢次	野末尚希、神田哲司、中澤昌彦、佐々木達也、吉田智佳史	2019	森利誌34(3)	欧州製自走式搬送機を利用した全木集材と全幹集材の労働生産性	本研究では、欧州製自走式搬送機（WOODLINER）を利用した距離系作業システムにおける全木集材と全幹集材の労働生産性を比較するため、功程調査を実施した。功程調査は、伐倒木の枝払いを行わず集材する全木集材調査区と枝払いを行ってから集材する全幹集材調査区を作成し、それらの比較調査を実施した。タワーヤード・ハーベスタシステム全体の労働生産性は、全木集材調査区が、スギ2.59 m <sup>3</sup> /人時、ヒノキ1.04 m <sup>3</sup> /人時、全幹集材調査区がヒノキ0.83 m <sup>3</sup> /人時であった。ただし、造材作業は集材作業の待ち時間で行っているため、実際の生産性としては造材作業をシステムから除外し、全木集材調査区が、スギ3.03 m <sup>3</sup> /人時、ヒノキ1.14 m <sup>3</sup> /人時、全幹集材調査区がヒノキ0.89 m <sup>3</sup> /人時と考えられる。集材作業の労働生産性は、全木集材調査区が、スギ4.98 m <sup>3</sup> /人時、ヒノキ1.84 m <sup>3</sup> /人時、全幹集材調査区がヒノキ1.81 m <sup>3</sup> /人時であった。伐採作業では、全木集材調査区で労働生産性が高く、集材作業と造材作業では、同程度の労働生産性を示すことが示唆された。

No.	筆頭著者名	共著者名	発表年	出典元	題名	概要
34	福田雄治	鈴木保志、大崎優、飯田芳明	2019	森刊誌34(1)	木質バイオマス発電における広葉樹利用の検討 - 針葉樹との同時伐採方式の導入 -	本論文では、木質バイオマス発電用材の不足を補うために、広葉樹林を燃料用材として供給するための手法の開発とその収益性を検討した。この手法は1つの架線内の広葉樹林と針葉樹林を同時に伐採・集材するシステムである。針葉樹林の一部は建築用材とし、残りは広葉樹とともに燃料用材とする。このシステムでは、集材材作業の生産性は、皆伐で実現されると推定される生産性の上限の水準にあって針葉樹林の伐採比率が30%以上であれば、針葉樹林の再造林費用を賄う。また、同時伐採方式の収益の基本的な動向は2つの要素、すなわち、広葉樹林伐採面積に関わる限界利潤および架線内の針葉樹林を皆伐したときに得られる収益に規定されることが明らかとなった。
35	-	-	2018	林野庁	生産性向上ガイドブック 生産性の高い林業の確立に向けて	生産性向上の効果的な手法の普及・定着を図ることを目的として、「林業事業者の生産性向上手法検討委託事業」において検討委員会を設置し、局舎や林業事業者が生産性向上に取り組み際に参考となるよう、工程管理の基本的な考え方、具体的な事例、改善ポイント等を体系的かつ具体的にとりまとめた。 【事業体の取組事例】有限会社川井木材（高知県）集材距離に応じた3つのシステムを使い分けて効率化を図る。 作業システムは、路網活用（短距離集材）、タワーヤーダ集材（中距離集材）、架線集材（長距離）の3種類。路網を使用した短距離集材は、ロングリーチグラブまたはスイングヤーダで集材（ランニングスカイライン主体）、ハーベスタで造材、フォワードで運材する。 長距離集材（集材距離が400m以上）は、定置式集材機で集材し、プロセッサで造材したものをトラックで運材する。
36	-	-	2018	林野庁	<生産性向上ガイドブック概要版> 生産性の高い林業の確立に向けて	生産性向上ガイドブックの概要版であり、「なぜ、生産性向上が必要なのか」と「どう実践するか」、「改善ポイント」の3つの視点でまとめられている。
37	大矢信次郎	近藤道治、清水香代、小山泰弘、小林直樹、西岡泰久	2018	長野県林業総合センター研究報告第32号	針葉樹人工林の低コスト更新技術の開発	造林作業の効率化・省力化を図り、従来に比べて低コストで更新を行う技術を開発することを目的として、県内各地に試験地を設定し調査を行った。大同県有林においてカラマツの大苗、コンテナ苗、普通苗を比較植栽した結果、活着率に差はなく、普通苗の5成長期後の樹高に大苗は3年、コンテナ苗は4年で達し、成長の優位性が認められた。また、坪列りによる下刈り省力化を検討した結果、3苗植とも成長の抑制が認められ、低コスト化にはつながらないと判断された。浅間山園有林及び佐久穂町有林においてカラマツのコンテナ苗と標準苗を10月上旬-11月下旬に植栽し、活着率を普通苗と比較した結果、カラマツの秋植は、標準では10月下旬以降が望ましい一方、コンテナ苗では10月上旬でも可能であることが示唆された。根羽村の村有林において架線系作業システムによる一貫作業を実施し伐出作業と植栽作業の生産性を調査した結果、帯状伐採による小面積皆伐は間伐による伐出作業の3倍に相当する生産性を示した。高森町有林の林床植生が欠如していた41年生過密ヒノキ人工林において、普通間伐、強度間伐、列状間伐による跡出間伐を行った後に多数発生したヒノキ実生の動態を調査した結果、実生の生存率及び樹高は、相対光量子密度と相関関係が認められ、過密ヒノキ林における間伐がヒノキ更新木の育成に寄与する可能性が示唆された。 スイングヤーダ・プロセッサ作業システムにより、根羽村森林組合が全木集材で実施した。帯状伐採における伐出作業全体の労働生産性は9.9m <sup>3</sup> /人日であり、根羽村森林組合が行う間伐作業の労働生産性(3~4m <sup>3</sup> /人日)の約3倍となった。 作業工程別の労働生産性は、伐倒72.1m <sup>3</sup> /人日、集材19.3m <sup>3</sup> /人日、造材28.0/人日であった。 伐倒作業は、間伐に比べて単木材積が大きいことや掛り木が生じないことから生産性が大きく向上した。しかし、大径材が多かったため、スイングヤーダが小型であったことやチェーンソー造材の割合が多かったことなどが要因となり、集材及び造材に時間を要していた。
38	鈴木光明	能原尚、中島徹、鹿又秀聡、岡藤	2018	森林計画学会誌51巻2号	作業システムと採材方針がスギ人工林の収益に与える影響 - 山形県鶴岡市湯海地区民有林の事例 -	本研究では作業システムと採材方針の違いによるスギ人工林の収益の変化を示した。対象地は山形県鶴岡市湯海町の民有林とした。高単価な材の生産を目指し、集材機による架線系作業システムを用いる従来型、並材を大量生産し、高性能林業機械による重河系作業システムを用いる効率型の2つの方針を設定した。地際からA材が採材できる高さや全立木に占める根掛がり木の割合を変化させ、各方針に対して地位級別、伐期別別にhaあたり年あたり森林純収益を算出した。従来型と効率型の年あたり森林純収益を比較すると、ほぼすべての条件で効率型が従来型を上回った。A材の採材を並材に絞ったとしてもほとんどの条件下で効率型のほうが有利であることが示された。したがって、仮想的な林分で見えた場合、高密度路網と高性能林業機械の導入によって従来型から効率型へ経営方針を変えたことは収益面から見て合理的であったといえる。

No.	筆頭著者名	共著者名	発表年	出典元	題名	概要
39	片桐智之	-	2018	森利誌33(1)	岡山県における車両系作業システムおよび架線系作業システムによる皆伐作業の生産性を明らかにし、皆伐作業準備を含めた生産コストの比較を行った。本研究で得られた生産性および予測式から試算した皆伐作業準備を含めた生産コストは、車両系作業システムが1,404千円/ha (3,868円/m <sup>2</sup> )、架線系作業システムが1,019千円/ha (2,806円/m <sup>2</sup> )、車両系作業システム(2人作業)が949千円/ha (2,616円/m <sup>2</sup> )となった。また、システム生産性は、車両系作業システムが17.74m <sup>3</sup> /人日、架線系作業システムが21.56m <sup>3</sup> /人日、車両系作業システム(2人作業)が25.50m <sup>3</sup> /人日となった。これらのことから、急傾斜地での高密度路網と車両系作業システムの組み合わせが主流である岡山県における皆伐作業について、架線系作業システムおよび車両系作業システム(2人作業)が、効果的な作業システムであることが示唆された。	
40	山崎真	山崎敏彦、鈴木保志、三谷幸寛、森中正延、長澤佳純	2018	森利誌33(1)	作業道の改良による伐出作業システムの生産性の向上と経費削減効果の検証	高知県の南国市黒地地区において、森林組合が施業地を集約化し、スイングヤーダや欧州製のタワーヤーダによる効率的な集材作業と10tトラックによる現場から市場への直接運材を導入するため、既設の低規格な作業道を改良し事業地の幹線となる高規格な作業道を作設した。作設経費については、改良経費に低規格作業道の開設費を加えても、高規格作業道を新設するよりも安価となった。作業道改良前後の伐出作業の労働生産性は、改良前の単地塊集材と小運搬作業による生産性が0.45m <sup>3</sup> /人時であったのに対し、改良後が可能となったタワーヤーダ集材では0.98m <sup>3</sup> /人時となった。伐出作業調査の生産性をを用いると、作業道の開設費用も含めた伐出経費は作業道改良前後で13,817円/m <sup>3</sup> から8,895円/m <sup>3</sup> に削減される結果となった。ただし、単木材値が小さくなるとコストは必ずしも低くならないことから、タワーヤーダがその性能を生かし、低コストで集材するためには単木材値が一定以上大きい必要がある。タワーヤーダ集材システム全体の労働生産性は、0.98m <sup>3</sup> /人時で、集材工程の労働生産性は、5.35m <sup>3</sup> /人時であった。スイングヤーダ単地塊集材システム全体の労働生産性は、0.45m <sup>3</sup> /人時で、集材工程の労働生産性は、2.02m <sup>3</sup> /人時であった。
41	伊藤俊一	-	2017	富城県林業技術総合センター25号	木質系バイオマスモデル地区における林地残材の利活用に向けた研究	再生可能エネルギー固定価格買取制度が施行され、本県でも気仙沼市で、木質バイオマス発電施設が稼働を始め燃料となる林地残材等の利用が期待されている。本研究は、木質バイオマスモデル地区として気仙沼市の林地残材動向を明らかにすることを目的に実施した。気仙沼市の木質バイオマス発電に利用される林地残材は、森林組合が行う法人所有森林の林産活動によって発生する未利用材が大部分を占めている。森林組合が実施した間伐事業で実証調査を行い、発電に利用されるm <sup>3</sup> 当たりの収支額を算出した。また、同地域で活動する自伐林家の1日の造材量と軽架条集材による搬出量、買取り土場までの軽トラックによる運搬量と販売額を調査した。気仙沼地域エネルギー開発(株)へ運搬した林地残材に要した諸経費はトラック1往復で22,800円×12回=273,600円にフォワーダの経費30,000円/日×11日+人件費10,000円/人×11日=440,000円で諸経費の合計額が713,600円となった。林地残材の収入額433,334円から差引くと280,266円の赤字となった。m <sup>3</sup> 当たりに換算すると、280,266円+林地残材等の販売量128m <sup>3</sup> =2,190円/m <sup>3</sup> の赤字となった。赤字はフォワーダによる小運搬及びトラック運搬費が高んだことが原因と考えられるが、山土場までトラックが入れば運搬コストを抑えられ採算面で有利になると考えられる。
42	鈴木保志	青賀一広、古岡拓如、富山啓介、斎藤仁志、白澤敏明、山崎真	2017	日林誌99(6)	高知県における木質バイオマス発電の現状と課題	高知県の木質バイオマス発電施設は、県中部(T)と県西部(G)の2カ所で2015年から稼働している。いずれも6MW級で年間7~9万m <sup>3</sup> 程度の木質燃料を必要とする。関連資料と関係団体への聞き取り等により、これら発電施設への燃料材供給と稼働の安定を主な課題意識として、現状と課題の整理を行った。燃料の供給状況は、大手集材生産業者も多い県中部に立地し県産材が主要材主であるTでは、県の集材増産施策に伴うC、D材の生産増加もあり、森林産物に伴い発生した未利用材のみで一定量の確保が可能となっている。一方、拡大造林期が県中部より10年ほど遅れヒノキが主体の県西部に位置するGでは、人工林からの燃料材供給は多くはなく、現状では製材副材などの一般材が主な供給源である。ただし地域には放置新成林など広葉樹林が多く存在するため、輪伐期を設定した森林経営計画下での皆伐による広葉樹材供給など新しい試みが行われている。

No.	筆頭著者名	共著者名	発表年	出典元	題名	概要
43	浅田龍彦	海邊健二、大友順一郎、山田興一	2017	日林誌99(5)	木質バイオマスの生産コスト削減とその低減策	国土の約7割を森林が占める我が国において木質バイオマスの貯存量は大きい、そのエネルギー利用は進んでいない。その理由として、木質バイオマスの生産コストが高いことやエネルギー利用の供給システムが未確立であることがあげられる。本研究では、人工林の地帯えから伐出までの一連のプロセスを対象として、基コストとされる木質バイオマスの生産プロセスに焦点を当て、地域別、傾斜度別、林業機械別にプロセスごとの詳細な積み上げ法により経済性評価を行った。その結果、木質バイオマスの生産コストに単位面積当たりの材積が大きな影響を及ぼすことを定量的に示した。また生産コストが低いとされるスウェーデンと比較したコスト構造の現状分析と、都道府県別に傾斜度がコストに及ぼす影響の感度解析を行った。それらの結果を基に、生産コスト低減のための技術的課題の抽出と、木質バイオマスの利用拡大を実現するための種々の条件と対策（技術シナリオ）を検討した。技術シナリオに基づく試算例として、木質バイオマスの生産コストは既存の対策の組み合わせにより、横断面については現状の約3分の1である約4,000円/㎡まで低減できる可能性を示した。 日本の現在の木質バイオマス生産コストは全国平均で約11,000円/㎡であり、目標とするスウェーデンと比較して単位材積当たりで4倍以上高い。今回のモデル計算に基づいて算出したところ、九州地方の全傾斜を含む木質バイオマス生産コストは、3,000円/㎡程度まで低減できることが明らかになった。
44	中村健一	新井一司、小野仁士、荒川純彦、吉岡さんご	2016	東京都農林総合研究センター研究報告11号	東京都多摩地域における集材作業の現状と効率化	東京都は、2006年から花粉発生源対策として、多摩地域でスギ林の主伐事業を開始した。この事業の効率的な推進のために、主伐事業における集材作業の実態を調査し、その問題点の解決策を考案する。主伐は、すべてが架橋集材で行なわれており、多くの場合は集材機を使用していた。架橋集材における作業工程別所要時間は、作業現場によって異なり、作業現場の環境条件や作業方法（集材機の種類等）によるところが大きいと考えられた。また、この作業工程における荷外しの効率化を目指した先進工具（ワイヤレスコントロール式オートチューカーワイヤーロープ）の導入により、荷外し時間が短縮できるだけでなく、作業の安全性も向上できることが明らかになった。ただし、この先進工具は、東京都の作業現場の環境条件によっては、先進工具の専用ワイヤーの改良が必要である。
45	-	-	2016	鳥取県林業試験場	間伐期施策に対応した列伏採技術の確立	間伐方法の中で作業性、コスト面で有利とされる列伏間伐があるが、この間伐方法が森林へ与える影響が明らかになっていない。列伏間伐に対する脅威に対して、客観的手法により列伏間伐による樹木成長への影響、及び伐採撤出コストの削減効果を明らかにすることを目的とした。 ウッドライナーを使用した行程では生産性は21.5㎡/日、平均サイクルタイムは7.6minとなった。
46	山崎敏彦	徳久繁、宮田弘明、渡辺直史、澤田浩幸、山崎真	2016	高知県立森林技術センター研究報告40号	欧州製先進林業機械を活用した架橋系作業システムに関する研究(II) — 欧州製タワーヤーダを地域で活用するための検討 —	導入されたタワーヤーダについて、香美地域で効率的に活用するために調査を行った。その結果、架橋下の集材作業時間は、荷掛量との間に明確な傾向がなく、集材距離と高い相関が認められた。荷上げ作業時間は、横取り距離が0mの架橋下に対し、平均横取り距離が25.7mの横取り集材では約4倍の時間を要した。荷上げ時間は、荷掛量との間に明確な傾向がなく、横取り距離と高い相関が認められた。労働生産性では、1線当たりの収穫量が多いほど架設・撤去などの副作業の生産性向上に寄与し、収穫対象の立木単木材積が大きいほど集材の生産性が大きくなる。また、中間サポートを設置した場合の主索張力および中間サポートにかかる荷重を調査した。その結果、主索張力は、空搬器走行時および実搬器走行時ともに、各支間中間点で大きくなり、中間サポート通過地点では、空・実搬器ともにほぼ同一の張力を示した。中間サポートにかかる荷重は、前後のスパン内に搬器が入ってきて影響を受け、搬器がサポート直下で最大値となることが明らかとなった。 調査地である御在所の全木集材と全幹集材を比較すると、平均荷掛量および平均集材距離ともにほぼ同等の値であるが、全木集材全体の集材生産性13.8㎡/時に対し、全幹集材全体の集材生産性12.2㎡/時と、いくらか低い結果となっている。これは、集材中における林内での枝払い作業が加わっているため、集材距離が長くなるほど林内から実搬器を出発させ、空搬器が林内に到着するまでの時間が多くなるため、この時間に集材木の枝払いを行うことにより、積差を縮減できると考える。

No.	筆頭著者名	共著者名	発表年	出典元	題名	概要
47	山崎敬彦	徳久薫、宮田弘明、渡辺直史、澤田浩幸、山崎真	2016	高知県立森林技術センター研究報告40号	欧州製先進林業機械を活用した架線系作業システムに関する研究(1) — 従来システムと新システムの生産性の比較—	高知県香美地域(香美森林組合・物部森林組合)に高い能力を持つ欧州製のタワーヤードなどが導入されたので、従来システムと新システム導入直後の生産性等を調査した。その結果、労働生産性(1日6時間で換算)と集材した平均単木材積は、スイングヤードでは6.2m <sup>3</sup> /人日(0.40m <sup>3</sup> /本)、架線集材では5.3m <sup>3</sup> /人日(0.71m <sup>3</sup> /本)、トラクター+ウインチでは8.5m <sup>3</sup> /人日(0.41m <sup>3</sup> /本)、タワーヤード(試算結果含む)では4.3~6.8m <sup>3</sup> /人日(0.45m <sup>3</sup> /本)、架線+リフトライナーでは6.2m <sup>3</sup> /人日(0.76m <sup>3</sup> /本)であった。集材工程の労働生産性は、スイングヤードで16.1m <sup>3</sup> /人日、架線集材で28.4m <sup>3</sup> /人日、トラクター+ウインチで31.6m <sup>3</sup> /人日、タワーヤードで20.1m <sup>3</sup> /人日、架線+リフトライナーでは23.0m <sup>3</sup> /人日であった。タワーヤードでは、架線1線当たりの収穫量が多いほど準備(測量等)+架線-撤去に係る生産性向上に寄与し、収穫対象の単木材積が大きいほど集材に係る生産性が大きくなることがわかった。
48	片桐智之	-	2016	岡山県農林水産総合センター森林研究所研究報告32	岡山県における架線撤去作業を含めたスイングヤード集材の生産性	架線撤去、横取り集材を含めた効率的なスイングヤード集材方法を検討するため、架設試験および集材試験を行った。スイングヤード集材の木の生産性は、スイング列状区で4.29m <sup>3</sup> /時、スイング魚骨区で4.11m <sup>3</sup> /時、スイング横取区で3.75m <sup>3</sup> /時であった。
49	片桐智之	-	2016	岡山県農林水産総合センター森林研究所研究報告31	スイングヤードを用いた「伐倒同時集材方式」の生産性 — 造林作業との連携および伐倒同時集材方式の改良—	スイングヤードを用いた「伐倒同時集材方式」と造材作業の連携について直列作業と並列作業の比較試験を行った。その結果、並列作業は直列作業とシステム生産性はほぼ同じであるが、生産コストは高くなり、さらに造材作業が非効率となることが明らかとなった。スイングヤード・ハーベスタシステム、並列作業のシステム生産性は、4.42m <sup>3</sup> /人日、直列作業のシステム生産性は、4.68m <sup>3</sup> /人日で両者にはほとんど差はみられなかった。生産コストについてみると、並列作業が8,879円/m <sup>3</sup> 、直列作業が6,022円/m <sup>3</sup> となり、並列作業は直列作業よりもコスト高になっているため、伐倒同時集材と造材作業を行う場合、直列作業が効率的であると考えられた。
50	-	-	2016	福井県総合グリーンセンター	パンフレット 列状間伐のすすめ(福井県列状間伐実践マニュアル)	このマニュアルは、架線系システムの一つであるスイングヤードを基本とした列状間伐マニュアルで、主に奥山で針広混交林や広葉樹林化を目指す「環境保全の森」や、高密度に路網の開設が困難な急傾斜地に適用可能である。スイングヤード・プロセスシステム。従来のシステム：作業体制3.5人の場合、システム全体の労働生産性は、6.4m <sup>3</sup> /人日、生産コストが約6,500円/m <sup>3</sup> 。木寄せ集材の労働生産性は、10m <sup>3</sup> /人日。新たなシステム：作業体制3人の場合、システム全体の労働生産性は、7.6m <sup>3</sup> /人日、生産コストが約6,100円/m <sup>3</sup> 。木寄せ集材の労働生産性は、13m <sup>3</sup> /人日。※自動荷外し機を採用し、作業人員の削減および1サイクル当たりの作業時間の短縮効果で生産性を向上。自動荷外し機による作業効率の向上効果：自動荷外し機を採用した場合と、荷掛けワイヤを使用した場合の1回あたりの荷外しに係る所要時間を比較すると約10秒作業時間が短縮し、木寄せ工程の生産コストで約280円/m <sup>3</sup> 、1日当たりの生産量も5%程度向上することで全工程で約400円/m <sup>3</sup> 削減できる。
51	小谷重徳	-	2016	日本経営工学会論文誌66(4)	伐採木の搬出作業システムの研究 — H型集材方式の特性解析と改善—	本研究は、伐採した木を作業場に集める作業方法の一つであるH型集材方式を取り上げ作業場の設置場所に関する特性解析を行い、作業場の設置場所やその数を検討する際の判断資料を提供する。また、H型集材方式の作業方法の問題点を指摘し、労働生産性が2.6倍になる改善案を提案する。

No.	筆頭著者名	共著者名	発表年	出典元	題名	概要
52	鈴木保志	山崎真、渡辺直史、福田雄治	2016	森利誌31(2)	木質バイオマス事業への供給を想定した距離集材による広葉樹皆伐作業の生産性と収支	木質バイオマス発電施設への材供給の一手段として、高知県西部では放置新成林などの未利用広葉樹林を皆伐し回復年を設定して天然更新により循環利用する方式が検討されている。その試験事業として約10haの海岸性広葉樹林を試験地として設定し、皆伐後架線により集材して材を木質バイオマス発電施設に供給する作業が行われた。試験地の平均蓄積は標準地法により約300m <sup>3</sup> /haと推定された。事業では4か月間で試験地のうち約3haから572tの材が搬出されたが、土場までの平均搬出経費は架設と伐出で12.0千円/tであったのに対し、枝葉を含めた材からの収入は丸太形状のみで4.8千円/t、枝葉も含めた総平均で3.7千円/tと、大體な赤字となった。平均効率は伐出のみで2.6t/人日、架設を含めて2.1t/人日で、収支が均衡するためには生産性を2～3倍とする必要がある。集材作業では特に敷在する全木材の横取りに時間を要したことが生産性が低くなった原因と考えられた。一定の径級以上の材のみを集材対象とすることで敷割の生産性向上の可能性が探察された。 伐木作業の生産性は、全径級を対象とすると標準地プロット1が9.44m <sup>3</sup> /人時(実働時間6時間/日として56.6m <sup>3</sup> /人日)、標準地プロット2が9.16m <sup>3</sup> /人時(55.0m <sup>3</sup> /人日)であった。
53	酒井明香	新木卓広	2016	森利誌31(1)	木材生産とバイオマス集荷の効率化を目指したハーベスタ・グラブシステムの実験的検証	木材生産とバイオマス集荷の両方の効率化を目指す試みとしてハーベスタとグラブの2機種による車両系機械作業システムの検討を行った。林内集材路が高密度に入った路網密度約150m <sup>3</sup> /haの皆伐林分に試験区を設定し、ハーベスタ伐倒・グラブ全木材・ハーベスタで実施した。対照区として集材を従来型機械のウインチ付きトラクタで代替するシステム間観測と作業時間分析を行った。その結果ハーベスタ・グラブシステムの労働生産性は21.4m <sup>3</sup> /人・日となり、ハーベスタトラクタシステムの8.1m <sup>3</sup> /人・日と比較し約2.6倍の労働生産性となった。集材工程における労働生産性は、トラクタ集材の5.7m <sup>3</sup> /人・時に対し、グラブ集材は16.5m <sup>3</sup> /人・時と約3倍になった。また土場には約42t/haのバイオマスが蓄積した。本試験の結果、路網条件が整えば林業収支が厳しい北海道においても、集材機械への新たな資本投資を併せて木材生産とバイオマス集荷の効率化ができる可能性が示された。
54	佐々木尚三	-	2016	森利誌31(1)	わが国のCTLシステムの現状	この総説では、CTLシステム(短幹集材システム)の選定・研究動向について総括的に整理し、今後の方向性や技術的課題についての検討材料を提供する。
55	合戸竜馬	柳田邦純	2016	森利誌31(1)	平成27年度森林利用学会シンポジウム「伐出システムと路網の活用—北海道の挑戦—」報告(2) 一話題提供後半と総合討論—	平成27年3月29日に、北海道大学農学部S21教室において平成27年度森林利用学会シンポジウム「伐出システムと路網の活用—北海道の挑戦—」が開催された。森林総研北海道支所の佐々木尚三氏の進行により、5名による話題提供と総合討論が行われた。本報では佐藤氏、小笠原氏2名の講演および総合討論の内容について報告する。
56	合戸竜馬	柳田邦純	2016	森利誌31(1)	平成27年度森林利用学会シンポジウム「伐出システムと路網の活用—北海道の挑戦—」報告(1) 一話題提供前半—	平成27年3月29日に、北海道大学農学部S21教室において平成27年度森林利用学会シンポジウム「伐出システムと路網の活用—北海道の挑戦—」が開催された。森林総研北海道支所の佐々木尚三氏の進行により、5名による話題提供と総合討論が行われた。本報では酒井氏、大澤氏、新木氏の3名の講演について報告する。
57	鈴木保志	Ahmad Hidayat Setiawan、後藤純一	2015	日林誌97(4)	人工林の高齢化に伴う伐出システムの観点からみた路網整備の方向性と課題	人工林の高齢化に伴う路網整備の方向性と課題を、適用されるべき伐出システム、地形からの制約、および近年の動向を考慮して検討した。
58	藤野正也	渡辺亮介、近藤稔、山口浩和、白井新	2015	森利誌30(4)	主幹ウインチ付スイングヤードによる集材作業で発生する残存木の損傷	本稿ではスイングヤードの問題点を克服しつつ、タワーヤードほどの広大な作業地を必要としない新型の林業機械に着目する。調査対象は愛知県の新城森林組合に導入された主幹ウインチ付スイングヤードである。
59	酒井明香	寺田文子、渡辺一郎、佐々木尚三	2015	森利誌30(2)	北海道における機械作業システムと林地残材率を考慮した林地残材集荷可能量の推定	再生可能エネルギー固定価格買取制度の導入による木質バイオマス需要量の広域的な増加が見込まれる中、北海道における林地残材の効率的な集荷可能量を推定した。推定にあたり、北海道地域における国有林伐採計画・北海道有林基本計画・全市町村の森林施策計画に基づき、林地残材を効率的に搬出できる小班をGIS上で検索し、機械作業システムやバルブ最小利用径級、林地残材率を考慮した上で1年あたりの林地残材集荷可能量を179市町村別に求めた。その結果、集荷可能量は含水率30%DBで約20万t/年(全幹システム)、約34万t/年(全木システム)となった。

No.	筆頭著者名	共著者名	発表年	出典元	題名	概要
60	中澤昌彦	吉田智佳史、佐々木達也、陣川雅彦、田中良明、鈴木秀典、上村巧、伊藤崇之、山崎敏彦	2015	森刊誌30(1)	欧州製中距離対応型タワーヤードによる間伐作業システムの開発 ―上げ荷横取り集材作業の生産性―	近年、林野庁補助事業等で、欧州の先進的な林業機械が導入され始めている。この中の1つに、日本の急峻で複雑な地形と成熟し大径化する木材搬出への適用が期待されるタワーヤードがある。本研究では、この欧州から導入されたタワーヤードを用いた作業システムを開発することを目的に、間伐作業の功程調査を行った。前報(1)では、架線下の上げ荷集材作業時間は、荷掛量との間に明確な傾向がなく、集材距離と高い相関があることを明らかにし、架線下における上げ荷集材作業の生産性予測式を導出した。本報では、上げ荷横取り集材作業について報告する。 全木集材を基本として、状況に応じて適宜枝払いや短木にする通常の横取り集材作業を実施した結果、平均集材距離156.6m、平均横取り距離25.7m、平均荷掛量0.66m <sup>3</sup> の作業条件下において、横取り集材作業の生産性は6.2m <sup>3</sup> /時であった。
61	高橋太郎	宮崎隆幸	2014	長野県林業総合センター研究報告第28号	高性能林業機械と従来型搬出機械による作業システムの開発	従来型機械と高性能林業機械を導入している事業体を対象にして、日報による功程調査や聞き取り調査を行い、地域で行われている搬出間伐の作業功程について解析し、生産性の向上について検討した。その結果集材システムの優位性が確認された。木寄せ功程における架線系(タワーヤード、スイングヤード)の労働生産性は、1.23~4.40m <sup>3</sup> /人・日であった。このことより、事業体における効率的な作業システムの構築には、日報の分析が有効であり、日報の作成には、ルール作り、現場の状況の把握など事業体全体の取組が必要である。
62	河野雄一	-	2013	鹿児島県森林技術総合センター研究報告第16号	機械作業システムの収支試算ソフト開発 列状間伐における機械作業システムの生産性予測ソフト及び収支試算ソフト	鹿児島県における高性能林業機械の導入促進を図るため、機械作業システムによる利用間伐の収支試算ソフト開発に着手し、その中核プログラムとして、作業効率と生産性を予測する「間伐生産性シミュレーター」と、伐出生産性の予測結果を基に作業経費と集材収入を試算し、収支予測を行う「間伐収支フォーカスター」を作成した。 調査地は、鹿児島県薩摩川内市に位置するスギ・ヒノキ34年生、面積10.11haの人工林で、うちスギ伐区が3.41ha、ヒノキ伐区が6.70ha、作業方法は3残1伐の列状間伐である。 スイングヤードやウインチ付きバックホウ等による集材路までの全木集材(通称「木寄せ作業」)で、集材の作業効率は6.56m <sup>3</sup> /人日であった。
63	渡辺直史	徳久繁、山崎敏彦、藤本浩平	2013	高知県立森林技術センター研究報告38号	搬出間伐における作業システム運用技術の開発 ―搬出間伐の作業システムに関する功程調査と改善案の提案―	新たに高性能林業機械を導入し搬出間伐作業を行う4森林組合で、作業効率改善を目的とした功程調査を行った。伐倒から造材集積までの労働生産性は2.31m <sup>3</sup> /人~5.94m <sup>3</sup> /人日であった。間伐方法は点状の抜き切りと列状間伐。集材方法はコレクター集材、ランニングスカイライン集材、単線地引集材、グラブによる直掘り。造材方法はチェーンソー、プロセッサ、ハーベスタによる造材方法があった。集材を考慮した間伐、機械待機を少なくするための作業配置、現場に適した機械の導入等の改善点があった。伐倒から造材集積までの4人の総作業時間は16時間2分57秒で、1日当たりの実働時間を6時間とすると伐倒から造材集積までの労働生産性は5.94m <sup>3</sup> /人日であった。 スイングヤード集材の生産性は17.41m <sup>3</sup> /人日であった。
64	吉田美佳	-	2013	森林技術No.858 9月号	スウェーデンにおける枝条残材(GROT)収獲の手引き 前編 GROTの概念と計画、林内運搬	スウェーデンにおける林地残材の収穫指針について紹介し、わが国における今後の指針作りの参考に供したいと思います。今月号では、GROTの概念と計画や、GROTの林内運搬に関しての情報をお送りします。 GROTとは、燃料用の枝条・梢端・根株などの残材を指す言葉で、スウェーデン語で枝条と梢端を意味するGrenarOchTopparの省略形です。日本でいう枝条残材を指しますが、燃料用に収獲されて初めてGROTと呼ばれます。ハンマーミルタイプのチップパーで生産されるピンチップ利用はGROT利用の範疇には入らず、切削タイプのチップパーで生産する切削チップ利用を目的としています。
65	與儀肇三	-	2013	森林技術No.854 5月号	架線系集材機械(タワーヤード)の作業システムを見直す!	わが国における人工林の現況や社会情勢の変化による集材方法の変化、そして、新たに導入された架線系集材機械や開発中のタワーヤードの話題など、これからタワーヤードの作業システムを見直していくうえで、少しでも有益となり得る情報をお届けできればと思います。

No.	筆頭著者名	共著者名	発表年	出典元	題名	概要
66	岡徹兼三	山橋淳史、佐野俊和、浦嶋智	2013	森科学誌28(2)	吊り上げ機能付き特殊搬送器を使用した架線系集材システムの検証	急傾斜地の多いわが国においては、一定以上の路網密度を必要とする車両系集材システムには限界がある。このため、中・長距離集材には架線系集材システムが不可欠となる。欧州では最低でも200～300mのスパンで60m程の横取りによって、1回の架線引きで1ha以上をカバーすることにより効率を高めている。 広島県では、平成21年度に西部森林組合事業推進協議会が林野庁補助事業の森林・林業再生プラン実践事業に採択され、中央ヨーロッパから（Katschereuther林業用トラクタ社製K175）と吊り上げ機能付き特殊搬送器（KonradForsttechnik GmbH社製 Liftliner4000）を導入し、県西部地域に適した作業システムの構築を目指している。筆者らは、現在、これらの導入機械の現地実証試験を行い、作業システムの検証を実施している。本報では、わが国と似た山岳地形を持つオーストリアから導入した特殊搬送器の現地実証試験より、集材作業工程を検証したので報告する。 調査地Aの計測したサイクル数は、3日間で91サイクル、集材本数が151本、生産量は97.59m <sup>3</sup> で、生産時間は41,260秒（実働時間41,925秒、労働時間50,578秒、稼働率は0.98）であった。これよりサイクルタイムは453秒、生産性は8.51m <sup>3</sup> /時、1日あたりの生産性は51.1m <sup>3</sup> /日となった。 調査地Bは、データは3日分でサイクル数は195サイクル、集材本数が237本、生産量は153.17m <sup>3</sup> であった。 生産時間は78,007秒であった。これよりサイクルタイムは400秒、生産性は7.07m <sup>3</sup> /時、1日あたり生産性は42.4m <sup>3</sup> /日であった。
67	鈴木保志	村上晋平、後藤純一、中嶋健造、北原文章、豊水登紀、中山琢夫、田内裕之	2013	森科学誌28(1)	仁淀川町木質バイオマス利活用事業における材出荷実績と出荷者の実収支の分析	残材（C材）を木質バイオマスとして一定価格で買い取り活用する事業において出荷者へのアンケートと聞き取りにより、収集運搬方法の実態と経費を調査・分析した。実態として林業会社と森林組合（大・中規模出荷者）による出荷量は当初想定されたほどではなく、個人林家等の小規模出荷者が大半を占める結果となっていた。収集運搬経費は、雇用を伴う大・中規模形態では事業プラントまでの運搬距離が20km程度を超えると買取価格を下回することは難しかった。小規模形態でも一定の人員費を確保する前提では収支の確保は難しいが、自家労働のためいったん人員費をゼロとして計算した経費と買取価格の差額を利益と考えると、多くの条件で黒字となった。軽トラックを用いる出荷者は時給換算利益が数百円から小口ながら一定数存在し、2tあるいは4tを用いる出荷者は時給換算利益が2千円程度以上かつ大口の場合もみられた。
68	舟木敬	杉原憲彦	2012	島根中山間セミナー	スギ人工林で行われた主伐の作業システムと生産性	島根県内において実施されたスギ人工林主伐（皆伐）2事例の林況、作業システムについて調査を行い、システム構成する工程及び生産性の分析をおこなった。両事例の作業システムは異なる構成で、その工程間の生産性には差が生じていたが、フォワードによる運材工程が共通して生産性が最も低かった。作業別生産性比較では、伐木作業における伐採木の幹材積の大小が作業時間に影響を及ぼすことが考えられた。また、運材作業においては搬出材種により生産性に差が生じる結果であった。
69	山崎敏彦	宮田弘明	2012	高知県立森林技術センター研究報告37号	急傾斜地に適合した簡易架線集材方法の確立	急傾斜地における集材並びに荷外し後の集材木滑落を防止する方法として、信州式搬出法などで用いられているジグザグ滑車を使用したハイリード式架線引きは、集材木を作業道に対して平行に集積する方法として有効である事が判った。スイングヤードで多く取り入れられているランニングスカイライン式と、スラックライン式での集材について比較し、作業上の特性を調査した結果、スラックライン式は搬送距離が遠くなるほど引き寄せ索の自重が増して、空搬器速度が速くなる傾向が見られたが、操作が簡単で、ランニングスカイライン式のように引き戻し索によるバックテンションが掛からないので、結果として一連の集材作業でのサイクルタイム短縮を図ることができた。急傾斜地のヒノキ全木材の上げ荷集材における地引索引力は、集材木の自重を超える荷重が発生することや、作業索に掛かる負担を軽減するためには、鉛直(垂直)方向の荷重を索に預ける方法が有効である事が判った。
70	中澤昌彦	吉田智任史、佐々木達也、陣川憲樹、田中良明、鈴木秀典、上村巧、伊藤崇之、山崎敏彦、大矢信次郎、古川邦明、今富裕樹	2012	森科学誌27(3)	先進林業機械として導入されたタワーヤードによる間伐作業システムの開発	本研究では、この新規に欧州から導入されたタワーヤードを用いた作業システムを開発することを目的に、間伐作業の工程調査を行った。本報では架線下の上げ荷集材作業を中心に報告する。 平均集材距離114m、平均荷掛量0.69m <sup>3</sup> の本調査区全域では、架線下における上げ荷集材作業の生産性は11.5m <sup>3</sup> /時となり、既存機よりも1.5倍程度生産性が高くなると予測された。

No.	筆頭著者名	共著者名	発表年	出典元	題名	概要
71	宮前隆幸	白石立、近藤道治、横爪丈夫、今井信	2011	長野県林業総合センター研究報告第25号	信州式搬出法の生産性に関する研究—労働生産性と残存木損傷調査—	ジグザグ滑車を利用したハイリード方式(信州式搬出法)による間伐作業を対象に長野市と松本市の2か所の林分で労働生産性と残存木損傷調査を実施した。 木寄せ集材作業による労働生産性は、長野試験地では6.27m <sup>3</sup> /人・日、松本試験地では10.08m <sup>3</sup> /人・日であった。松本調査地の作業システム全体の労働生産性は7.71m <sup>3</sup> /人・日で、架線系作業システムとしては高い結果であった。また、残存木損傷率は、長野試験地では3.0%、松本試験地では3.6%であった。タワーヤード点状間伐による下げ寄木寄せ集材の場合の残存木損傷割合は12.5%~14.5%であり、列状間伐で作業を行ったことと、残存木損傷防止策を実施したため、点状間伐に比べ残存木の損傷を軽減できたと考えられた。長野試験地の木寄せ集材工程(タワーヤード木寄せ)の生産性は、2.09m <sup>3</sup> /時間で、労働時間を6時間とした場合の労働生産性は6.27m <sup>3</sup> /人・日であった。 松本試験地の木寄せ集材工程(タワーヤード木寄せ)の生産性は4.53m <sup>3</sup> /時間で、労働時間を6時間とした場合の労働生産性は13.59m <sup>3</sup> /人・日であった。
72	高崎隆幸	今井信、白石立	2011	長野県林業総合センター研究報告第25号	高性能林業機械による作業システムの開発—作業工程別労働生産性の調査—	実際に実施している間伐作業を対象に、伐倒、木寄せ集材、造材、集搬の各工程について労働生産性を調査した。伐倒作業の労働生産性は11.7~111.18m <sup>3</sup> /人・日であった。また、木寄せ集材作業の労働生産性は、グラップルローダの直取り方式が81.78m <sup>3</sup> /人・日で最も高く、タワーヤードが3.66m <sup>3</sup> /人・日と低かったが平均木寄距離は136mと最も長かった。造材作業の労働生産性は、107.90m <sup>3</sup> /人・日であった。集搬作業の労働生産性は、フォワーダが最大で52.02m <sup>3</sup> /人・日、林内作業車が26.94m <sup>3</sup> /人・日、フォワーダで熟練度によって2.8倍の差があった。各工程の労働生産性では木寄せ集材が低い傾向であったが、その中で最も高い労働生産性を示したのがグラップルローダによる直取り方式であった。この作業を効率的に行うためには適切な路網整備が必要である。作業員の経験年数あるいは熟練度によって労働生産性を比較したところ、伐倒作業で1.3倍、集搬作業で2.8倍の差が認められた。
73	原辺直史	山崎敏彦、藤本浩平	2011	高知県立森林技術センター研究報告36号	中山間再生のための林業経営システムプランの研究開発	仮設が進む中山間地域の雇用の場を確保するために、撤出間伐を行う事業体の底上げと育成を目的として高知県内森林組合の現状分析、県外の先進事業体の調査を行い、この結果に基づきモデル地域を選定し林業経営システムプランの提案と実証を行った。森林組合は造材事業が主体で、木材生産量は少なく、生産性は3m <sup>3</sup> /人日前後であった。団地化施策は県の施策もあり多くの組合が取り組んでいた。モデル地域では木材生産を始めたばかりであり生産量は少なく、生産性は2.8m <sup>3</sup> /人日であった。モデル地域に木材生産を主な内容とするプランを提示し、目標値を生産性5.0m <sup>3</sup> /人日、生産量2,000m <sup>3</sup> /年と定め実証を行った。その結果、生産性は調査プロットで5.5m <sup>3</sup> /人日、事業地全体で4.0m <sup>3</sup> /人日まで上昇したが、生産量は横ばいであった。 上八川地域と土佐町森林組合の列状間伐—ランニングスカイライン上荷集材の生産性を比較すると、上八川地域の集材は0.8m <sup>3</sup> /人時、土佐町森林組合は2.6m <sup>3</sup> /人時で3倍近い開きがあった。
74	山崎敏彦	徳久翠、宮田弘明	2011	高知県立森林技術センター研究報告36号	低コスト作業システム構築技術支援	作業システムに脱着式フォワーダを組み入れた「開発的実証試験」を行い、各工程時間や生産性、残存木に対する損傷(環境負荷)について調査を行った。脱着式フォワーダの平均走行速度は、長距離集搬(1,110.6m)が105.6m/分、短距離集搬(208.1m)が96.3m/分であった。その平均積載量は、1車当たりそれぞれ3.47m <sup>3</sup> 、2.98m <sup>3</sup> であった。今回の調査で得られたデータを基に、集搬距離に対する日集搬量の推定図を作成した。脱着式フォワーダを組み入れた作業システムは、伐倒と木寄せ集搬を先行して行っておきプロセッサ造材・積込みを行うと、1,000m以上の長距離集搬であっても集搬工程の改善につながる効率的なシステムといえる。また、作業工程はできるだけ工程数が少なく、且つ各工程が平準化されると安定したシステムになると考えられた。
75	西山恭寛	-	2011	岡山県農林水産総合センター森林研究所研究資料27	岡山県における木質バイオマス資源の有効利用に向けた低コスト作業システムの研究	2009年度に作成した「労働生産性試算ソフト」を改良し、新たに「木質バイオマス対応型労働生産性試算ソフト」を開発した。さらに、本ソフトを活用すれば、用材のみならず、端材も含めたバイオマスを搬出した場合のバイオマス量、工数及び労働生産性を予測することが可能となった。一方で、バイオマスをチップ用材として搬出する場合、コスト面で難しいことも明らかになった。

No.	筆頭著者名	共著者名	発表年	出典元	題名	概要
76	中澤昌彦	藤川雅樹、吉田智佳史、佐々木達也、田中良明、鈴木秀典、上村巧、伊藤崇之、山崎敏彦、大矢信次郎、吉川邦明、今富裕樹	2011	-	タワーヤーダを用いた間伐作業の生産性	近年、欧州の先進的な林業機械が導入され始め、その中の一つに我が国の急峻で複雑な地形と資源が成熟し大径化する木材への運用が期待できるタワーヤーダがある。本研究では、この新規に導入されたタワーヤーダを用いた作業システムを構築することを目的に間伐作業における生産性を調査した。ここでは、架線下の集材作業について報告する。 最大集材距離200mのこの調査区において、タワーヤーダを用いた集材作業の生産性は11.4m <sup>3</sup> /時となり、我が国の森林条件に適用しても高い生産性が期待できることが明らかとなった。
77	山田容三	小谷芙蓉、古橋茂人	2011	日林誌93(2)	複層林施業における上木間伐作業の機械化に関する研究 一愛知県におけるヒノキ上木100年生複層林の調査例一	複層林施業の上木間伐作業において低コストで下層木の損傷を抑えた新たな間伐作業方法を開発することを目的として、高密度網と林業機械を組み合わせた機械作業システムの導入を試みた。上木100年生で下層木40年生の1.58haの複層林に342.3m <sup>3</sup> /haの積層作業路を開設し、グラブとスイングヤーダによる木寄せ、ならびにフォワード搬出を行った。スイングヤーダ木寄せの労働生産性(複層林の定年間伐)は、2.34m <sup>3</sup> /人時であった。ほとんどが単線地曳き木寄せであったため、架設・撤去の時間が少ない。時間分析の結果、伐木時のワイヤー引き作業や造材時の枝払い作業に多くの時間を要していることが明らかになった。労働生産性は5.97m <sup>3</sup> /人日になり、単層林ヒノキの全国平均の倍以上の生産性であると評価された。
78	山口鈴子	有賀一広、長崎真由	2011	Journal of the Japan Institute of Energy Vol.90	栃木県における森林施業履歴を用いた林地残材発生量と収穫可能量推定モデルの構築	本研究では、栃木県全域において、平成20年度の施業履歴を用いることにより、単年度の林地残材発生量を推定し、置き取り調査より各地域に出た作業システムを設定、費用算定式を用いて収穫費用を試算、想定した買取価格と比較し、経済性が成り立つ林地から搬出される林地残材を収穫可能量として推定した。その結果、林地残材買取価格を補助金による上乗せなどにより6,000円/に設定することにより、今回、想定した3箇所の林地残材利用施設の年間需要量を、また、電力固定価格買取制度などにより林地残材買取価格が10,000円/と設定された場合には、佐野市の木質バイオマスを主原料とする発電所の木質バイオマス年間需要量をも賚うことができる収穫可能量となると試算された。
79	嵩山啓介	龍原哲	2011	森林計画誌45 No.1	架線系伐出作業における民有林の隣接区画統合が地域森林管理にもたらす影響	民有林の隣接区画統合がもたらす架線系伐出作業の効率化の程度と、収穫林分の空間的配置への影響をシミュレートした。対象地は新潟県山北町の民有スギ人工林2,229ha、想定した収穫作業はエンドレスタイラー式集材とタワーヤーダ集材における皆伐及び長期育成循環施業(高齢域間伐)である。十分な収穫規模の確保を意図して隣接区画の統合を行い伐出量を30年間分シミュレートした結果、一定以上の区画規模が補助の要件として要求される長期育成循環施業と固定費が高いことから十分な収穫規模が求められるエンドレスタイラー式集材において伐出量の大きな減少が見られた。これらの統合の効果は今後30年間継続あるいは増加すること、伐出費低減効果は町全体で年間数百万円規模であること、統合により車道に近い林分に収穫が集中する可能性があることが推定された。
80	鈴木保志	後藤純一、杉本純佑、山崎敏彦、山口達也、中屋貴、戸田篤	2011	森科学誌26(3)	コレクター集材による間伐作業の生産性・経済性と残存木損傷	エンドレスタイラー方式の荷掛滑車の移動範囲を追加の滑車で規制する、間伐に適した牽張り方式とされるコレクター集材の事例を調査した。対象地はヒノキ43年生林分2.25ha(材積間伐率33%)で、支間長は500m、造材にはプロセッサが用いられた。伐出作業の生産性は3.2m <sup>3</sup> /人日(日労働時間6.5時間)、経済性では伐出経費9.3千円/m <sup>3</sup> に対し架設撤去7.9千円/m <sup>3</sup> とその負担が大きい、隣接地3.75haも含めると架設撤去費は3.1千円/m <sup>3</sup> となる。集材(10.0千円/m <sup>3</sup> )と残材(2.2千円/m <sup>3</sup> )の収入に間伐補助金を加えて所有者還元が可能となっている。試算により経費削減にはオートフック等による荷外しの作業時間短縮が有効で、さらに集材機の改良等により例えば1千万円程度の投資で搬送時間が25%短縮されれば経費は1-2割削減できると考えられた。残存木の半数被害率は7.8%で、主に車両系による他の事例(約20%)より有害に低かった。ただし木寄せ時に材の暴れ等のため程度の大きな損傷も数例発生していた。 事業地全体では143.3m <sup>3</sup> の集材が生産された。作業道の開設等に要した人工数は11.5人日、架設・伐木・集材の人工数は82.5人日であった。架設は主に6人組作業で行われ、38.0人日を要している。従って、事業地全体での伐木から集材までの生産性は143.3÷(82.5+38.0)=3.22m <sup>3</sup> /人日となる。

No.	筆頭著者名	共著者名	発表年	出典元	題名	概要
81	西尾起一	江口英	2010	奈良県森林セサ研 No.39	定性および列状で強産開伐した開伐材の搬出試験	スギ35年生林分において、定性と列状で40%（本数率）の強産開伐を実施し、それぞれの開伐材の伐出における功程とコストについて比較検討した。定性開伐区では自走式搬器で、列状区ではスイングヤーダによりそれぞれ短幹で集材した。列状開伐における伐倒・造材功程およびコストは定性開伐の70%程度であり、列状開伐に大きな効果が認められた。一方列状開伐の山土場までの功程は定性開伐の約1.5倍に上昇するが、コストではスイングヤーダの機械経費がかさみ、大きなコストダウンにはつながらなかった。定性区では10m程度の積取り作業を伴うため、固定主索によるラジキヤリ集材とした。集材作業全体の所要時間の内、実作業は1/4で、副作業の架設・撤去が3/4を占めている。このため集材の労働生産性は2.76m <sup>3</sup> /人・日と低い値であった。一方、列状区の集材の労働生産性は4.48m <sup>3</sup> /人・日で、定性区の約1.6倍になった。通常スイングヤーダでの集材は、搬器の高さをある程度保持できる上げ荷集材が一般的である。しかし本県では作業道（集材路）は谷筋に作設されることが多く、今回のように下げ荷集材を余儀なくされることが多いと予想される。山土場までの労働生産性と生産コストを試算した結果、賃金はすべて15,000円/人・日とし、伐木・造材の賃金はチェーンソーの損料等機械経費を含むものとした。また機械の搬入費は連続作業であることを想定して算入していない。定性区での全功程の労働生産性は1.34m <sup>3</sup> /人・日、生産コストは13,076円/m <sup>3</sup> であった。一方、列状区ではそれぞれ1.97m <sup>3</sup> /人・日、10,696円/m <sup>3</sup> で、定性区と比較して労働生産性で1.47倍、生産コストでは82%であった。集材功程にスイングヤーダを導入することにより労働生産性は上昇するが、機械経費が高くなるためそれほどコストダウンにつながらなかった。むしろ伐木・造材功程における列状開伐の効果の方が大きくなった。
82	西山高寛	-	2010	岡山県農林水産総合センター森林研究所研究報告26	機械作業システムにおける労働生産性の予測	県内の森林組合や民間事業者が実施した伐出作業について工程調査を実施し、これを元にして機械作業システムによる開伐の作業効率と生産性を予測するシミュレーターを作成した。さらに実用性を検証するため、シミュレーターによる予測値と現実伐区の実際の作業効率、出材量、労働生産性を比較してその乖離度を解析した。その結果、本シミュレーターでは、少ない入力項目で労働生産性を予測できるとともに、多くの情報を提供できることが示された。一方で、出材量（樹種間）、労働生産性については実際値と予測値に乖離する事例もみられた。今後、立木の直径階分布をさらに正確に求めて出材量の予測精度を高めるとともに、労働生産性を左右する作業の段取りや機械の故障に伴うトラブル等に起因する作業の遅れについても評価する必要があること等、新たな改良点が明らかになった。
83	浪本貴章	-	2010	林業経済63(8)	架線運材技術における「改良」による近代化	本研究においては、まず改良による近代化について説明し、架線運材技術のうち改良による近代化の技術として考えられるものを推定する。しかし、架線運材は分類方法が一定しておらず、また呼称も種々存在するため、先にその様式について整理しておく。その上で、架線運材における技術的発達史を概観し、改良による近代化が私有林においてどのような展開をしたかということ、架線運材が明治後期に導入され、かつ長期にわたって中心的な搬出手段であった尾鷲地方を例に考察する。
84	西井明香	渡辺一郎	2010	日林北支論58	林地残材のエネルギー利用に向けた収集・チップ化システムの検討(3)―土そりを使用したカラマツ主伐の事例―	本稿では、近年道内の森林生産事業者において徐々に広がりを見せている「1:そり集材」を応用し、土そりを残材の搬出に利用した試験を実施した。搬出した残材は土場でチップ化し、その功程調査の結果から収集費・チップ化費を算出した。最後に残材チップ生産の収益について試算したので報告する。
85	鈴木保志	後藤純一、山内周子、小原志	2010	森林学誌25(2)	高密度路網を備えたヒノキ人工林における下方伐倒方式による直接および牽引集材の作業功程と上方伐倒導入効果に関する一考察	路網と高性能林業機械を組み合わせる方式の効果は、作業道を等高線に平行に配置し道に相手が向くように（道上の立木は下方に、道下の立木は上方に）伐倒することにより最大になると考えられるが、上方伐倒は掛かり木の可能性が高くなるとして敬遠される場合もある。本報告の目的は、まず事例研究として高密度路網を配置した下方伐倒方式による伐出作業のデータを示すこと、そしてそれをもとに上方伐倒導入による生産性向上等の効果を考察することである。

No.	筆頭著者名	共著者名	発表年	出典元	題名	概要
86	中澤昌彦	今富祐樹、岡藤、田中良明、吉田智佳史、上村巧、山口浩和、近藤耕次、高橋雅弘、藤井義人	2010	森科学誌25(1)	ロングリーチグラブを用いた間伐作業システムの開発— 踏条件が木寄生産性に与える影響—	伐倒木を踏端まで引き寄せる木寄工程にロングリーチグラブを用いた間伐作業システムを開発することを目的に、本報では間伐方法、木寄方向、地形条件、踏網条件の違いが木寄生産性に与える影響を明らかにした。労働生産性は、列状間伐、下荷、傾斜23度、立木時位置に対する最大木寄距離33m、幅員3.5m、単木材積0.32m <sup>3</sup> /本の作業条件において最も高く9.0m <sup>3</sup> /人時であり、同様の条件下の点状間伐における5.9m <sup>3</sup> /人時に比べ約1.5倍となった。また、アームの先に搭載したウインチを併用すると、最大木寄距離が約2倍の70m近くまで拡大し、生産性は7.7m <sup>3</sup> /人時と約1割の低下に抑えられた。木寄方向の違いでは、上荷より下荷の方が約1.6倍と生産性が高く、最大木寄距離も6m以上長くなった。踏網条件の違いでは、幅員3.0mよりも3.5mの踏網の方が約1.6倍と生産性が高くなった。一方、地形条件の違いが生産性に与える影響は小さかった。この機械には、作業基盤としてこの単体重量を支える踏網構造が求められるものの、点状間伐と列状間伐ともに、非常に高い生産性が得られる機械であることが明らかとなった。
87	杉本和也	新永智士、長谷川尚史	2010	森科学誌25(1)	システムダイナミクスによる連携集材作業の検討	システムダイナミクスを用いて連携作業のモデル化を行い、作業時間、作業コスト、生産性について、連携作業を行わない場合（以下、分離作業と呼ぶ）との比較を行った。兵庫県内の養材生産事業体の間伐作業を対象に、チェーンソー伐倒、ロングリーチグラブによる木寄せ、グラブによる集材、プロセス造材の4工程に対して時間観測調査を行い、得られたサイクルタイムを元にモデル化を行った。シミュレーションの結果、連携作業は分離作業と比較して、作業時間が約6割減少したが、作業コストは約4割上昇した。連携作業では伐倒以下の工程の稼働率が低下したことが作業コストの上昇につながっていた。また連携作業における伐倒工程のサイクルタイムに約2倍の標準偏差を考慮してシミュレーションを行ったところ、サイクルタイムを一定とした場合と比較して、作業時間が9%増加した。ロングリーチグラブ、グラブ、プロセスシステムの労働生産性は、12.5m <sup>3</sup> /人日で、作業コスト2,163円/m <sup>3</sup> であった。この結果から、作業手順が定まっていない場合や、定性間伐などかかり木が発生しやすい場合など、サイクルタイムに大きなばらつきがある場合には、分離作業が有効であることが示唆された。
88	小林洋司	久道篤志	2010	森科学誌25(1)	優良事業体による低コスト集材作業システム	この報告は、全国のいわゆる優良事業体の中から、6事業体を選定し、実際の事業に当たって、作業工程、生産性がどのようになっているかを、作業測定を行い、実態を明らかにする目的で行ったものである。 A事業体：富山県（N木材）、架線系システム、スイングヤーダ+プロセッサ+フォワーダ（グラブ付き）で労働生産性は、9.80m <sup>3</sup> /人日。 B事業体：大分県（H森林）、架線系システム、スイングヤーダ（ハーベスタ付）+ハーベスタで労働生産性は、13.74m <sup>3</sup> /人日。 C事業体：徳島県（R協会）、架線系システム、スイングヤーダ+プロセッサ+グラブ+フォワーダで労働生産性は、5.28m <sup>3</sup> /人日。 集材（木寄せ）作業の生産性：A事業体は5.89m <sup>3</sup> /時間（列状間伐、地引集材）、B事業体は3.59m <sup>3</sup> /時間（列状間伐、スラックライン）、C事業体は1.87m <sup>3</sup> /時間（列状間伐、スナッピング）。
89	山田晋三	近藤穂	2010	森科学誌25(1)	架線系集材作業における先行集材システムと連携作業システムの生産性比較—熊本モデル林におけるスイングヤーダによる列状間伐事例—	先行集材システムと連携作業システムの労働生産性の違いを明らかにするために、平成20年度低コスト作業システム構築事業の熊本モデル林において、これらの作業システムの比較試験を行った。 スイングヤーダ・プロセッサシステム、伐倒幅3m、残存幅7mの帯状間伐。 全体の労働生産性は平均8.74m <sup>3</sup> /人日（3.25～13.40m <sup>3</sup> /人日）となり、幹材積が0.7m <sup>3</sup> /本前後の間伐列では10m <sup>3</sup> /人日以上の高い労働生産性が確保された。しかし、幹材積が0.33m <sup>3</sup> /本のL12列とL14列は3.3～5.5m <sup>3</sup> /人日であった。

No.	筆頭著者名	共著者名	発表年	出典元	題名	概要
90	近藤直治	白石立、橋爪丈夫、宮崎隆幸	2010	森科学誌25(1)	ジグザグ滑車をを使用したハイリード方式搬出法（信州型搬出法）による間伐事例	信州型搬出法は、急傾斜地などの車両系作業システムの採用が不可能なところでも効率的に搬出を行うことができる、すぐれた作業システムである。しかし、現実の作業現場は、道路から遠く離れた林分や地形の複雑な林分など作業条件の悪いところで行う場合が多く、過去の信州型搬出法の生産性は1.46m <sup>3</sup> /人日～3.42m <sup>3</sup> /人日、平均で2.36m <sup>3</sup> /人日と決して高くない。そこで今回は、信州型搬出法で少しでも生産性を高めるための取り組みを行った。併せて残存木損傷を軽減するための取り組みも行ったので報告する。 既設の林道上にタワーヤードを架設し、ジグザグ滑車を要所に設置することで、沢向こうの尾根の裏側の林分の間伐木を木寄集材（列状間伐）した。平均木寄集材距離は142m（木寄集材距離100～240m）で、調査地の最も近いところでもタワーヤード架設位置から100m離れていた。 システム全体の労働生産性は、7.71m <sup>3</sup> /人日であった。 木寄集材（タワーヤード）、木寄集材した立木幹材積は92.78m <sup>3</sup> で労働生産性は13.59m <sup>3</sup> /人日であった。
91	山口鈴子	青賀一広、村上文美、斉藤仁志、伊藤要	2010	—	林地残材の利活用を考慮した木材生産システムに関する研究	本研究では、みかも森林組合が林地残材収集の調査を行った結果を参考にして条件を設定し、栃木県の森林GISデータ（樹種、林齢、地位など）、直接費計算式を使って、佐野市全域を対象に、小班単位でチップ生産工場までの林地残材搬出シミュレーションを行い、林地残材を低コストで搬出するための木材生産システムについて考察した。
92	永岡彩	秋林孝男、野村謙、高木達太郎、上浦達哉、北條元、高橋廣行、小塚力、坂井聡、笹賀一郎	2009	日林北支論57	全木集材方式による未利用木質バイオマス収集コスト削減と林内物質動態への影響	本研究では、事業化に向けた経費精算のための基礎的データを得ることを目的に、コストが最も低くなると考えられる人工林皆伐跡地に伴う未利用木質バイオマスの収集と運搬コストの把握を行った。
93	澤田智志	岡藤、佐々木達也	2009	森科学誌24(2)	列状間伐後の間伐方法の検討と高効率な作業システムによる間伐の生産性	本研究では、列状間伐後の林分における効率的な間伐方法を検討するため、残存列に対し優勢木や準優勢木も間伐する中層間伐を目的とした選木を行い、このような間伐に対して高性能林業機械を使用した場合の生産性について解析を行った。また、定性間伐を行うことによる、急傾斜地での集材時における残存立木の損傷を防ぐために、防護具使用の効果について検討し、残存木の損傷割合と被害の程度について解析を行った。
94	福井直	杉本和也、大塚和美、長谷川尚史、前田多恵子	2009	森科学誌23(4)	集材作業における繊維ロープの利用可能性	本研究では、ウインチ集材に繊維ロープを導入した場合における各作業の功程の変化について分析した。また各ロープにおいて集材作業中に起きるトラブルの頻度や内容の違いを明らかにし、さらに労働負荷調査として作業員への聞き取り調査を行った。
95	—	—	2008	鳥根県中山間地域研究センター	パンフレット 低コスト集材生産の実践	本報告書は、鳥根県内の林業事業者（11森林組合、6事業者）が平成15～18年度に実施した利用間伐事業について、その結果を取りまとめた。プロセッサ、スイングヤードシステムで、定性間伐の労働生産性は0.54～4.16m <sup>3</sup> /人・日、列状間伐は1.15～3.73m <sup>3</sup> /人日であった。低コスト集材生産のポイントは、「列状間伐+プロセッサ集材+集材生産量50m <sup>3</sup> /ha以上」。
96	水田廣洋	水戸辺栄三郎、梅田久男	2008	宮城県林業試験場 成果報告第17号	列状間伐の伐採幅と労働生産性及び列状間伐後の残存木の状況	列状間伐の伐採幅と労働生産性の関係を把握するため、1列伐倒と2列伐倒の実証試験を行った。その結果、伐倒作業、集材作業とも1列伐倒よりも2列伐倒の方が労働生産性が向上した。集材作業についてウインチ集材とランニングスカイライン集材と比較すると、スパン長50m以下ではウインチ集材がそれ以上ではランニングスカイライン集材が有利であることが示唆された。
97	水田廣洋	水戸辺栄三郎	2008	宮城県林業試験場 成果報告第17号	間伐見積シミュレーションソフトの開発	販売価格や作業システム、林分の状況などから、集材生産量や所要人工数を予測し、間伐事業の収益を試算するソフトを開発した。

No.	筆頭著者名	共著者名	発表年	出典元	題名	概要
98	谷山 聡	木村光男、豊田 信行	2008	愛媛県林業技術センター26号	持続可能な森林経営に適した伐出方法に関する研究 一更新を前提とした小面積皆伐の訪み一	主伐に適した森林資源の持続的な利用を回っていくため、皆伐からスギ・ヒノキ一斉人工造林という従来の作業体系を見直し、自然環境に配慮した単木的な抜き切りや小面積皆伐(群状や帯状伐採:面積概ね0.1ha以下)を実施した。距離系高性能林業機械による小面積皆伐試験の全体の生産性は、群状伐採区4.8m <sup>3</sup> /人日>帯状伐採区4.6m <sup>3</sup> /人日>単木伐採区3.7m <sup>3</sup> /人日となった。単木伐採区と比べて群状・帯状伐採区の方が約1.3倍高かった。 また、山土場までの伐出コストは、単木伐採区9,279円/m <sup>3</sup> >帯状伐採区6,712円/m <sup>3</sup> >群状伐採区6,634円/m <sup>3</sup> (作業道開削費は除く)となった。群状伐採区の実績が最も高い結果となったが、平均集材距離が他の伐区と比べて短いことを考慮すると、概ね帯状伐採区と同等の実績であった。 スイングヤーダの集材生産性は、群状伐採区8.3m <sup>3</sup> /人日>帯状伐採区7.4m <sup>3</sup> /人日>単木伐採区5.8m <sup>3</sup> /人日となった。その結果、小面積皆伐は単木伐採と比べて生産性が1.3~1.4倍高く、伐出コストで2~3割安く伐出できた。更に、ハーベスタ等の高性能林業機械を使用することにより、従来型林業機械より1.4~1.6倍の実績を高めることができた。群状、帯状といった小面積皆伐は、機械化作業に適した作業方法であり、実行しやすい複層林経営として、今後期待される。
99	石川知明	辻瀧武彦、松下明弘、板谷明美、兵本清美、辻瀧健彦	2008	森科学誌23(2)	高性能林業機械による大径材搬出作業システムの作業分析と改善	幅員3.0~3.5mの作業路を高密度に作設し、チェーンソーによる伐倒、0.45m <sup>3</sup> クラスのプロセッサによる造材、最大積載量5tクラスのフォワーダによる集材という伐採搬出作業システムを対象として、時間観測、作業分析を行い、適する作業条件を検討した。その結果、木寄せ作業が不要となるように高密度に作業路を作設すること、対象面積を2~5ha程度にすることが労働生産性の向上、伐採搬出経費の低減に効果的であることが明らかとなった。また、作業システムの改善を検討したところフォワーダの走行速度の上昇および積み込み、おろし作業時間の短縮、作業路上での集材へのトラックの導入、プロセッサの枝高調整・整理時間の短縮が有効であると考えられ、作業時間短縮のための各作業の見直し、オペレータの習熟度向上の重要性が示唆された。
100	小澤雅之	岩岡正博、古屋清人、曾野明方	2008	The Japan Institute of Energy 17	林地残材の輸送およびチップ化作業の実測調査	本研究では、実際に伐採跡地から林地残材を大規模に収集し、それらをトラックに積載しポイラ施設まで陸送した。さらにポイラ施設でトラックから荷下ろした林地残材をチップ化するまでを実際に行い、各工程における実測調査から作業分析等を行った。
101	今井 信	近藤道治、富崎隆幸	2007	長野県林業総合センター研究報告第22号	長期育成適期調整等に対応した高性能林業機械化等作業システムの開発 (1) 一列状間伐での伐出作業の実証調査(伐区調査)一	列状間伐における伐出作業の実績を把握するために、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。作業システムの生産性は、車両系(ブルドーザ・プロセッサ)で4.04m <sup>3</sup> /人日、距離系(タワーヤーダ・プロセッサ)で2.36m <sup>3</sup> /人日であった。木寄工程の生産性は、車両系が16.55m <sup>3</sup> /人日、距離系が4.64m <sup>3</sup> /人日であった。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。
102	興儀 兼三	岡部 茂	2007	広島県立林業技術センター39号	森林バイオマスの効率的供給システムの開発 (I) 一林地残材収集・運搬コストの低減化一	①17・22・31・45年生ヒノキ人工林を対象にバイオマス資源量調査を行った。幹は56~211dry-t/haと林齢が上がるにつれて増加するが、枝葉の量は林齢にかかわらず30dry-t/ha前後であった。②29年生と43年生ヒノキ人工林を対象に収集コスト検証試験および林地残材発生量調査を行った。収集コストは集材材積が150m <sup>3</sup> を超えると7,000~9,500円/m <sup>3</sup> で、これ以下では急激にコストが高くなった。林地残材は29年生林で立木の50%(66dry-t/ha)、43年生林で40%(70dry-t/ha)発生し、その量は林齢が上がるにつれていくらか増加するものの、割合は減少した。③スギ・ヒノキ人工林で小型移動式チップパーでの現地チップ化およびバンドリングマシンでのバンドル化による減容化試験を行った。現地チップ化では50~80%、バンドル化では70%の減容化となった。④チップとバンドルの自然乾燥による含水率の経時変化を調査した。チップの自然乾燥は進まず、バンドルは初期含水率が高くても100日程度で含水率20%の自然乾燥が進んだ。
103	岡部 茂	興儀 兼三	2007	広島県立林業技術センター39号	森林バイオマスの効率的供給システムの開発 (II) 一林地残材のチップ化とコスト試算一	森林バイオマスの利活用に向けて林地残材の効率的な加工を行うため、小型移動式チップパーによる現地チップ化および大型移動式チップパーによるチップ専用土場でのチップ化を行ったところ、現地チップ化作業では1時間当たりヒノキ1.46dry-t、スギ1.40dry-t、1日当たりでは8~9dry-tとなった。専用土場でのチップ化作業では、2機種を使用し、5.24dry-tおよび2.15dry-tとなった。また、チップ化・輸送コストを試算した結果、現地チップ化作業では、14,228円/dry-t、専用土場でのチップ化作業では、13,923円/dry-tおよび、16,924円/dry-tとなった。

No.	筆頭著者名	共著者名	発表年	出典元	題名	概要
104	黒瀬神雄	-	2007	岡山県林業試験場 研究報告23	伐採収入及び生産コスト予測システムの開発	高性能林業機械を使用した列状間伐及び皆伐作業における伐採収入及び生産コストを予測するために、間伐対象林の調査、高性能林業機械作業効率調査、木材市況調査を行い、伐採収入及び生産コスト予測システムを作成した。これにより、必要最小限のデータから伐採時の収支予測を事前に行うことが可能となった。また、列状（帯状）伐採跡地を低コストで更新するために、光環境を測定するとともに下層植栽木の成長、下層雑草木の植生量、ポット苗の植栽効率調査を行った。列内の光環境は、中央部で良好、林縁部で劣る結果であり、下層植栽木の成長にも同様の傾向が見られた。林縁部においては、植栽木の成長を阻害する雑草木が中央部に比べて減少しており、下刈りが不要とまでは言えないが、画一的な毎年の下刈りは必要ないと考えられ、下刈り省略の可能性が示唆された。ポット苗の植栽効率は、運搬を含めた場合、裸苗の1.42倍であった。
105	富山啓介	能原哲	2007	森林計画誌41 No.2	効率的に架線系伐出作業を行うための林分及び伐区の設定	本研究ではエンドレスタイラー式架線集材とタワーヤード集材について既存の功程式を用いて、考えうる多様な林分と伐区の下で主伐時の伐出量を算出し、その上で数値化し額により、伐区の持つ変数である区面積、平均単木材積、平均集材距離、伐区幅幅が伐出費に及ぼす影響を定量的に表した。伐出費を小さくするためには、区面積をエンドレスタイラー式で400㎡程度以上、タワーヤードで60㎡程度にすること、平均単木材積を0.8㎡程度以上にすることが重要であった。タワーヤードでは、伐出費に対する平均集材距離の影響も大きかった。伐出費に対する伐区幅幅の寄与は小さかった。また、これらの知見を用いて新潟県山北町民有林におけるスギ人工林を評価したところ、エンドレスタイラー式架線集材にとって望ましい条件を持つ伐区と比較して平均単木材積や出材量が不足している森林の割合が高いが、伐出時に隣接小班を統合できれば十分な出材量を確保できるようになるケースが多いことが示唆された。
106	土屋麻子	山田晋三、中澤昌彦、吉田智佳史、陣川崇樹	2007	森林学誌22(2)	国産材価格を考慮した利用間伐による森林バイオマス搬出可能量の推定	本研究は、間伐補助金を導入しない場合の利用間伐により発生する森林バイオマスのポテンシャル量を、国産材価格を考慮して推定することを目的とした。さらに、3タイプ6種類の補助金を想定し、補助金の導入が森林バイオマス搬出可能量に与える影響を検討した。森林バイオマスのポテンシャル量については、利用間伐の実施可能性を判定するために4つの条件を設定し、その条件下で材価と費用を比較して利用間伐の実施可否を判定し、森林バイオマス搬出可能量を推定する手法を開発した。本手法を対象地域である愛知県北設楽郡東栄町に適用した結果、平成13～16年度において利用間伐地に発生する森林バイオマスのポテンシャル量はごくわずかであると推定された。対象地域では搬出距離が長く、主な用材が材価の安いスギであることから、搬出可能割合が低かったためであると考えられた。補助金を導入する場合は、森林バイオマス搬出可能量の変化の傾向が、全間伐木を全木集材する場合と用材のみを全木集材する場合で異なることが明らかとなった。
107	阪本穂則	倉岡光博、糸川隆康	2006	和歌山県農林水産 技術センター研究 報告7	非皆伐施策に適した機会化作業システムに関する研究	本報告では、タワーヤード、スイングヤード及び自走式設備の林業機械を使用して、列状間伐（帯状間伐）及び点状間伐における労働生産性や生産コストを調査するとともに、作業システムが残存木及び林地に与える影響について検討するため、3か年にわたり実証試験を行ったので、その内容について報告する。
108	-	-	2006	林野庁	望ましい作業システムの考え方	望ましい作業システムのイメージ 作業システムの検討に当たっては、傾斜や平均集材距離（距離密度）等により、集材機械等を選択。 距離密度50m程度までの作業システムの事例：香美森林組合（高知県）・年間集材生産量約1万1千㎡（うち間伐約7割）・林内距離密度50m/ha程度・チェーンソー伐倒→スイングヤード集材→プロセッサ造材→トラック運材 ・労働生産性5.0㎡/人日程度。 平均集材距離：25～100mはスイングヤード、100～200mはタワーヤード、200m以上は集材機が効率的としている。
109	佐々木誠一	多田野修、東野正、深澤光、小笠原隆次郎	2006	岩手林技研報 No.14	総用チップ供給コストの試算	本研究では、集材生産に伴って山土場で発生する木質バイオマスの発生量を把握するとともに、移動式チップパーによるチップ供給コストの採算性を検証し、チップ工場からの供給も含めたシステムの違いによる優位性の比較を行った。供給コストの試算を行った結果、製紙用チップ工場から供給、移動式チップパーによる山土場生産、専用土場生産、チップボイラー前のいずれの供給システムでも、重油換算コストを下回ると試算された。
110	佐々木誠一	多田野修、神道徹平、立川史郎	2006	岩手林技研報 No.14	製紙用チップ工場で生産した土場残材チップの供給コスト試算	土場残材の利用可能性を検討するため、山土場で発生した土場残材のチップ化試験を行い、各作業工程の生産性を把握しコストを試算した。調査の結果、チップ化処理コストおよびチップの運搬コストは、チップ材の場合と土場残材が混入した場合では大きな差にはならないものの、材の運搬コストは、運搬する材、運搬車両によって大きな差となることが分かった。

No.	筆頭著者名	共著者名	発表年	出典元	題名	概要
111	龍原哲	土居隆行	2006	森林計画誌40 No.2	収穫量と必要労働量を考慮したスギ人工林長伐期施業体系の検討	本研究ではスギ高齢人工林を対象とし、収穫量と労働量を同時に考慮した省力可能な施業体系が実現できるかどうかを検討した。東京大学秩父演習林内の65年生スギ人工林をモデル林分とし、この林分の1輪伐期間における収穫量と必要労働量を予測した。皆伐施業の伐期齢は65年、長伐期施業の伐期齢は100年、120年、150年、複層林施業における上木の伐期齢は80年と100年とした。長伐期施業では65年生時に間伐を行うこととし、間伐率は本数割合30%と60%とした。複層林施業でも65年生時に間伐を行うこととし、間伐率は本数割合70%とした。間伐を行った年にスギを倒木植栽することとした。間伐率30%、120年及び150年以外の長伐期施業は皆伐施業よりも年当り収穫量が増加し、労働量当り収穫量ではいずれの施業も皆伐施業より増加した。複層林施業では皆伐施業よりも年当り収穫量が増加したが、労働量当り収穫量は減少した。したがって、長伐期施業の導入により収穫量を維持しつつ省力化するという森林管理における課題に対応可能であることが示された。
112	櫻井倫	橋本太加、古岡拓如、仁多見俊夫、大野輝尚、小林洋司	2006	森林学誌21(3)	山岳森林地域における森林バイオマスのエネルギー利用の可能性と基盤整備の効果	埼玉県秩父地域を対象とし、森林バイオマスの収集費用を算出してバイオマス発電の採算性を検討した。森林簿を使用して小班ごとに伐採方法を分類し、バイオマス発生量を算出した。また地形条件および道路からの集材距離に応じて収集作業システムを設定し、バイオマスの収集費用を計算した。バイオマス発電プラントとして対象地域内に中型のプラントを1基設置する集中型と小型のプラントを9基設置する分散型とを想定し、トラック輸送費用および収集費用を算出した。採算性を考慮すると、集中型において19.0GWh/年のエネルギー量が利用可能となり、分散型の場合は採算割れとなった。また、集材距離が現状より100m短縮した状況では集中型で利用可能量がわずかに増加した。さらに、集材距離が最大100mとなるまで基盤整備が進んだ状況を想定すると、集中型では利用可能量が92.4GWh/年に増加し、分散型でも2.8GWh/年が利用可能となった。
113	中澤昌彦	岩岡正博、峰松浩彦、小澤雅之	2006	森林学誌21(3)	全木・全幹・短幹の集材方式の違いによる土場残材発生量の変化	集材方式の違いによる土場残材発生量の変化を明らかにすることを目的として、主伐や利用間伐が実施された林分において伐採量と出材量との関係を明らかにし、その差となる残材の発生状況を調査した。集材方式による違いは、出材率は全木集材で最も高く0.61で、全幹集材では0.54、短幹集材では0.30であり、土場残材率は全木集材で最も高く0.32で、全幹集材では0.19、短幹集材では残材はすべて林地に発生し0であった。
114	吉田智佳史	陣川雅樹、近藤耕次、今富裕樹、中澤昌彦、土屋麻子、山田容三	2006	森林学誌21(3)	タワーヤードによる森林バイオマス搬出作業の生産性	本研究では、作業条件に応じた適正な森林バイオマスの収穫システムを構築することを目的に、バイオマスの搬出に影響を及ぼす諸条件を明らかにするとともにバイオマス搬出作業の生産性の解明を行った。森林内のバイオマスを土場へ搬出する場合、一般には、集材と分離せずに行う全木方式が効率的である。しかしながら、集材を搬出する作業において短幹方式を実施している地域は依然として多く、それに適した作業システムがすでに構築されているのが現状である。従って、バイオマス収穫のために全木方式に移行することは、作業機械、作業条件、労働環境、コスト等の観点から必ずしも効果的であるとは言い難い。以上の観点から、本研究では短幹方式による間伐作業により発生する森林バイオマスを対象とし、遺材作業後の林内に敷く末木、枝条、端材、紙木、曲り木等の森林バイオマスを土場へ搬出する試験を実施した。タワーヤード1台による生産性は、バイオマス搬出が0.663t/hであり、短幹材搬出が4.012m <sup>3</sup> /hであった。短幹材の容積量は0.778t/m <sup>3</sup> であることから、質量を指標とした短幹材の生産性は3.121t/hと推計され、質量で比較した場合、バイオマスは短幹材に比べ0.21倍という低い生産性であった。荷造作業を含めた場合のバイオマス搬出の生産性は、短幹材に比べ2割程度の生産性であることがわかった。
115	中澤昌彦	吉田智佳史、陣川雅樹、山田容三、土屋麻子、岩岡正博	2006	森林学誌21(2)	用材搬出コストの試算と間伐作業システムの最適化	本研究では、現状および将来において、試算がとれる利用間伐可能な林分を特定するために、いくつかの作業システムを対象に用材の搬出コストを試算し、コスト面から間伐作業システムを最適化する手法を検討した。
116	岡藤	井上源基、小林洋司	2006	森林学誌21(2)	集材用林業機械の適用性とシステムの特性をもとにした間伐材搬出システムのパターン分類	間伐作業を対象に、9タイプの集材機械（16機種、337事例）を取り上げ、代表的な作業条件における集材機械の適用性を検討した。

No.	筆頭著者名	共著者名	発表年	出典元	題名	概要
117	竹添修	-	2006	森科学誌21(1)	香典森林組合における列状間伐の取り組みについて	高知県は台風の通り道であり、強い台風が通ると被害に遭う。林縁木は残し、風の当たる場所は間伐率を下げるとか、次の間伐の間隔を他の場所より開けるとかの工夫が必要である。列状間伐は、択伐林への1つの手段であり、過伐だと考えている。列状間伐と定性間伐の生産性は、どちらも全木集材で、スイングヤーダとプロセッサシステムで列状間伐：4.00m <sup>3</sup> /人日、ラジキャリーとプロセッサのシステムで、定性間伐：2.20m <sup>3</sup> /人日。
118	山田晋三	-	2006	森科学誌21(1)	列状間伐の効果的な活用に向けて	列状間伐のメリットとデメリットを整理。 平成17年度に愛知県内の10カ所で現地実証試験が行われ、スイングヤーダ・プロセッサシステムで、労働生産性の平均は4.8m <sup>3</sup> /人日で、搬出コストの平均は8,600円/m <sup>3</sup> であった。
119	曾野明芳	仁多見俊夫、小林洋司	2006	森林学誌20(4)	間伐作業における適正な集材機械の選択法に関する研究	本研究は、森林簿及び地形図から把握可能な林地データから、間伐作業における適正な集材機械を選択する際に用いられている判断基準を明らかにすることを目的に行った。
120	日水和尚	鈴木由和	2005	新潟県森林研究所46号	高性能林業機械の保守・修理費について	新潟県林業労働力確保支援センターが貸出を行っている8台の高性能林業機械の保守・修理費について調査した。導入から1000時間稼働時の保守・修理費は600千円から1600千円であった。保守・修理費の累計と稼働時間には、PR、TY、HYで直線的な増加傾向が見られた。FOでは指数関数的な増加傾向が見られた。
121	山口達也	白石祐二、高野定男、山崎敬彦、東博文、松岡良昭、倉内俊夫	2005	高知県立森林技術センター研究報告30号	機械化作業システムに適合した森林施業法の開発	本県においても高性能林業機械が導入され、新たな集材生産作業システムが展開してきた。高性能林業機械の導入状況及び集材生産コスト・生産性について調査するとともに、新たな森林施業法として導入が見られる列条間伐の生産性と作業機の組み合わせについて従来の間伐方法との比較を調査した。 列条間伐における伐倒から造材までの労働生産性では調査開始当初は、3.97m <sup>3</sup> /人・日であったが、平成13年度では5.68m <sup>3</sup> /人・日となり、試験区の列条間伐における労働生産性の平均は5.52m <sup>3</sup> /人・日であった。同一試験地内で比較した定性間伐は2.17～5.17m <sup>3</sup> /人・日となり、平均は3.67m <sup>3</sup> /人・日の生産性であった。スイングヤーダによる列状間伐の生産性の高さが検証された。
122	鈴木保志	近藤徳、吉村晋彦	2005	日林誌87(3)	H型架線の支点設置可否と崩壊危険度および関連地形因子との関係	ある地点における架設可能なH型架線の短数により支点設置可否特性を定義し、結網開設に際して重要な指標となる崩壊危険度および関連地形因子との関係を分析した。まず、架設可能性の判定計算に先立ち、H型架線の架設事例から現実的な2線の位置関係を明らかにした。また、荷上角角度の制限により主索への過張力を回避する現行の作業方法を力学的に考察し、荷重点高さを想定した。分析の結果、支点設置の可能性が高い地点ではそうでない地点よりも相対的に崩壊危険度が低かった。関連地形因子との関係では、斜面の横断形状、傾斜交差点、集水面積、およびこれらの交互作用において、支点設置の可能性が高いことが崩壊危険度を小さくする要因と一致した。傾斜については、崩壊危険度を高くする急な斜面の方が支点設置の可能性が高かった。
123	岡藤	井上淳基、小林洋司	2005	森科学誌20(3)	稼働実績をもとにした高性能林業機械の損料率の算定	7種類の高性能林業機械を対象に、税法上の耐用年数（法定耐用年数）と機械の廃棄・更新年数の実績値（実績耐用年数）、年間運転日数の実績値をもとに時間あたり損料率を算定した。ここでは、償却費率を0.9、年間管理費率を0.07とし、保守・修理費率は、法定耐用年数、実績耐用年数および年間運転時間から推計した耐用時間に応じて機械毎に算定した値を用いた。その結果、時間あたり損料率は、法定耐用年数（6年）を用いた場合0.0258～0.0325%/hr、実績耐用年数（7～9年）を用いた場合0.0239～0.0297%/hrと算定された。高性能林業機械の損料率を従来型林業機械の損料率および林業用の建設機械の損料率と比較した。その結果、高性能林業機械の損料率は、従来型林業機械（トラクタ、集材機）および土工・運搬用の建設機械（ブルドーザ、不整地運搬車）の約70%であった。これらの機械の損料率と耐用時間は累乗式で近似され、耐用時間を与えることにより損料率の大きな予測が可能となった。

No.	筆頭著者名	共著者名	発表年	出典元	題名	概要
124	岡藤	井上源基、上村巧、小林洋司	2005	森科学誌20(2)	高性能林業機械の保守・修理費率の検討	わが国における高性能林業機械を対象に、保守・修理費の経時的な動向を解析し、保守・修理費用曲線を定式化した。保守・修理費の累加傾向は4つのタイプがみられ、バラツキを考慮して上限度、下限度の変動幅を持つ累乗関数として近似した。保守・修理費の累積値は、ハーベスタが最も大きく、次いで、スキッド、フォワーダ、プロセッサラップソー、タワーヤーダ（スイングヤーダも含む）の順であった。保守・修理費について、保守・修理費の場合と同様に変動幅を持つ累乗関数として近似した。機械の備蓄・更新年数と年間運転時間の実績値から耐用時間を考え、機械ごとの保守・修理費率を算定した。その結果、高性能林業機械の保守・修理費率（中間値）は34～63%の範囲であった。変動幅を考慮しない場合の保守・修理費率は、従来型林業機械（車両系集材機械）の1/3～2/3程度となり、建設機械（バックホウ、ブルドーザ）の値に近い結果であった。
125	後藤誠	-	2005	森林応用研究14(2)	徳島県における間伐材生産のシステム生産性	今回、県下の現場条件と間伐作業の2条件下で、機械の組み合わせ別に、架線系システム2箇所と車両系システム2箇所、計4箇所を対象にシステム生産性を調査した。調査された4つのシステム生産性を搬出距離と単木材積の2条件で考察し、徳島県で低コスト化を推進する可能性が高い間伐材生産システムを明らかにした。
126	谷山敬	戸田正和、石川実	2004	愛媛県林業技術センター22号	中型タワーヤーダを使用した列状・魚骨状間伐の集材に関する研究	主幹式のタワーヤーダを使用し、スギ人工林において、列状間伐（伐採幅約5m、残存列幅15m）と定性間伐の集材試験を行った。タワーヤーダによる集材の生産性は、列状間伐で6.8m <sup>3</sup> /人・日（5.5時間）であった。その結果、列状間伐は定性間伐に比べて約1.6倍の生産性となった。主幹式タワーヤーダは、非主幹式と比べ架設・撤去作業に時間を要するものの、架設高さを高く張ることで残存列の横取りが容易となり、生産性を高めることができた。また、定性間伐の横取りは、下荷より上荷で行うことで生産性が高められ、残存木の損傷率も1/2～1/3少なかった。架設高さが低い場合は、魚骨状（架線を背骨とみなし魚の骨状に伐採）の間伐することによって横取りが容易となり、定性間伐と比べて集材の生産性を1.3～1.5倍高めることができた。
127	森口敬太	鈴木保志、後藤純一、額月秀昭、山口達也、白石祐治、小原忠	2004	日林誌86(2)	林地残材を木質バイオマス燃料として利用する場合のチップ化と運搬コスト	伐出作業後林道端に放置された残材をチップ化し、木質バイオマスとしてエネルギー利用することを想定してチップ化と運搬にかかる経費の実証試験を行った。チップ化は残材が集積された山元土場(現地)あるいは市街地のチップをエネルギー利用する仮想プラント(工場)のいずれかで行うものとし、それぞれの地点間35kmをチップあるいは残材の形態でトラック運搬した。それぞれの方法で6.6～10.3m <sup>3</sup> の残材を処理した試験の結果、生産したチップの層積あたり経費は現地チップシステムが5,756円/m <sup>3</sup> 、工場チップシステムが3,476円/m <sup>3</sup> となった。経費の内訳は機械の搬入・搬出費といった固定費の占める割合が大きく、変動費であるチップ化経費のみでは現地チップシステムが515円/m <sup>3</sup> 、工場チップシステムが441円/m <sup>3</sup> とその差は小さかった。処理量を確保した場合を想定して試算すると、残材の材積にして20m <sup>3</sup> 程度以上であれば熱量換算で重油に匹敵する経済性があることが確かめられた。
128	谷山敬	-	2004	森林科学41	複層林伐出技術の高産化を目指して	本稿では、愛媛県内の複層林伐出現場における過去の調査事例から、下木の損傷と伐出経費を主に取り上げ、これらの問題解決に向けた作業方法を探るとともに、複層林産業を早くから実施しておられる久万町の岡嶋一さん（愛媛県指導林業）と「今治市・玉川町および朝倉村共有山組合」の青井玄組合長に、複層林産成について話を伺った内容をご紹介します。 複層林上木伐出の生産性と経費（山土場まで）の生産性は、架線系、タワーヤーダ使用で1.9と2.0m <sup>3</sup> /人・日であった。また、経費は、12,482円/m <sup>3</sup> と13,310円/m <sup>3</sup> であった。
129	櫻井倫	鉦野光雄、二元隆、仁多見俊夫、小林洋司	2004	森科学誌18(4)	スイングヤーダ列状間伐における作業システムの選定について	スイングヤーダによる列状間伐集材作業において、作業観測データからその特質を明らかにするとともに、作業システムの円滑化を図るための方策について考察を行った。 作業機は列状間伐で、チェーンソーにより先行伐倒を行い、スイングヤーダで全木集材、プロセッサ造材システムで実行された。集材作業における作業観測時間中の生産量は13.9m <sup>3</sup> であり、作業組の生産性は3.60m <sup>3</sup> /時、1日6時間作業としたときの労働生産性は7.20m <sup>3</sup> /人日となった。
130	鈴木茂夫	今井信代、堀田敦史、永嶋龍一、河保雅久	2003	栃木県林業センター18号	機械化作業システムに適合した森林産業法の開発	本研究では、間伐を中心に森林環境に配慮した機械作業システムについて調査研究を行った。 【車両系】ハーベスタ・フォワーダシステム全体の生産性は、定性間伐区19.3m <sup>3</sup> /日、列状間伐区28.4m <sup>3</sup> /日

No.	筆頭著者名	共著者名	発表年	出典元	題名	概要
131	谷口真吾	-	2003	森林応用研究12(2)	高性能林業機械を用いた列状間伐の作業事例	本報では、収入間伐の作業事例として労働生産性、集材生産量を調査するため、高性能林業機械を用いて、「樹状（間伐列が作業道に垂直）」および「魚骨状」の列状間伐を行い、間伐木の伐採・搬出の作業効率、生産コストを調査した。全作業工程の労働生産性は、樹状区が7.83ml/人・日と高く、魚骨状区は5.19ml/人・日であった。集材の生産性は樹状区（スイングヤード）で36ml/人・日、魚骨状区（タワーヤード）で10ml/人・日であった。搬出距離が魚骨状区では主線長177mあり、樹状区の最大搬出距離50mに比べて著しく長く、集材距離の違いが大きく影響していると考えられる。
132	後藤誠	-	2002	徳島県農林技術センター研究報告 No.1	スイングヤードによる間伐材生産システム	現場状況に応じた合理的な間伐生産システムの構築を目指して、今回、列状間伐により伐倒、スイングヤードにより全木で集材し、プロセッサで造材する生産システム調査を行ったので報告する。スイングヤードにより全木で集材し、プロセッサで造材する間伐材生産システムは、1日当たり20ml/日、労働生産性は、4ml/人・日であった。集材工程（スイングヤード）の労働生産性は、7.5ml/人・日であった。その結果スイングヤードにより全木集材し、プロセッサで造材する間伐材生産システムは、1日当たり20mlの生産量があった。
133	中島嘉彦	巨貝則、黒瀬謙雄	2002	岡山県林業試験場 研究報告18	機械化作業に適合した森林作業法の開発 -放射状及び魚骨状列状間伐の作業性と大面積列状間伐の作業に関する調査結果-	高性能林業機械を用いた列状間伐を放射状及び魚骨状で行った結果、放射状では材の集中や造材と運材効率のアンバランスによる作業のボトルネックが生じ、魚骨状では残存木の損傷や、集材と造材の直列作業により、効率低下に起因する無駄な待ち時間が発生していた。機械的で単純な間伐法とされる列状間伐であるが、集材線の配置法により効率や残存木の損傷発生が異なり、効率的な作業には現場条件の十分な検討が必要である。約32haと規模の大きな列状間伐では、スケールメリットを活かして生産性が2.71ml/人・日と効率の良い作業であった。
134	田坂聡明	熊倉由典、嵯峨浩彦	2002	森林学誌17(3)	作業機械出力をパラメータとした路網密度の決定手法	本論文では、導入機械サイズに適合した集材路網設置決定のための密度推定式を提案する。研究では、集材抵抗係数という新たな概念を導入し、集材作業時間、集材路網設置時間を導入される機械出力の関数とした。さらに、これらの作業時間の和を最小とする条件から、適正集材路網密度推定式を作成した。
135	笠原肇	猪内正雄	2002	森林学誌17(3)	林業の採算性を目標とした機械化システムの検討	林業収支が均衡するような作業コストの改善目標を求めて、その条件を満たす可能性のある機械化作業システムについて検討した。林業収支の実態分析の結果、利率3%で林業収支を均衡させるには、伐出費（運材費を除く）を現在作業条件の良好な場所で作成可能な5,000円/ml（皆伐作業と間伐作業の平均）とすると、現在の造材費180～360万円を約50%削減する必要があることが分かった。
136	青柳聡史	野田裕治、船尾正樹、岩岡正博、藤村宏幸	2002	Japan Institute of Energy 3-29	定常伐採型森林バイオマスエネルギーの可能性	本研究では、既往の推定結果の比較検証を行った上で、常時伐採型林業を前提とした貯存量の推定を行う。さらに森林バイオマス燃料コストの大部分を占める伐出・輸送プロセスのコスト大幅削減による化石燃料との競争可能性を明らかにする。
137	酒井秀夫	-	2001	森林学32	森林で働く機械と林業の経営	プロセッサやハーベスタなどの新型高性能林業機械を導入することにより、はたして作業効率向上し、コストダウンはどの程度回れるようになったのか。話題提供してみたいと思います。
138	西政敏	石橋公雄	2000	鳥取県林業技術センター研究報告 No.51	間伐作業におけるタワーヤードとプロセッサの集材・造材作業例	鳥取県八東町六道町と飯石郡赤米町の2林分で、タワーヤードとプロセッサによる間伐の集材・造材作業を調査した。六道では、50歳のヒノキ人工林における列状間伐事例を調査した。赤米では、10歳級のスギ人工林における単木間伐事例を調査した。タワーヤード・プロセッサシステムによる列状間伐を行った赤米での作業全体の生産性は、2.77ml/人日と期待するほどの生産性は上がらなかった。
139	木村公文	野表昌夫、渡辺和則	2000	新潟県森林研究所 42号	タワーヤード作業システム機能調査	本試験では、タワーヤード作業システムにおける上げ降・下げ荷別、機械の種類別に能力を比較検討したので、報告する。
140	田坂聡明	熊倉由典、嵯峨浩彦、田坂聡明、ダムロン スィバラム	2000	森林学誌15(3)	ニューラルネットワーク手法によるタワーヤード集材架橋の適正配置法	本研究では、ニューラルネットワークを用いたタワーヤードの適正架橋位置決定法を開発し、大型タワーヤードで実施された皆伐作業への適用を試みた。

No.	筆頭著者名	共著者名	発表年	出典元	題名	概要
141	長谷川尚史	-	2000	森科学誌15(2)	地位に基づいたスギ一般用材生産林の収益性評価	林分の地位格差が林業経営の収益性に与える影響について分析した。スギ人工林分収穫予想表から3水準の地位（上、中、下）および2水準の植栽密度（3,000本/ha、6,000本/ha）の計6通りの仮想林分において、収穫表に出た施策を行った場合の収益性に関して試算を行った。80年生時点の「密植」における「地位上」と「地位下」の格差は、利用材積で3.18倍であった。収入開伐を実施できるまでの年数は「地位上」で26～27年生時点であるのに対し、「地位下」ではすべて採育間伐となった。主伐後の総収支は「地位上」では45年生以降の主伐で黒字となったが、「地位下」では80年生時点でも赤字となった。また資金単価を変動させて分析したところ、資金単価が高くなるにしたがって地位の低い林分における収益性が急激に悪化した。伐出費と開伐および主伐収入が均等になる年数を比較した場合、資金単価が2,000円/人・日程度であれば地位格差はほとんど見られないが、資金が上昇するにつれて地位格差は非常に大きくなった。以上の結果から林分の地位格差は収益性に大きな影響を与えており、これらをゾーニングして管理する必要があると思われた。
142	曹丘敏	小林洋司	2000	森科学誌15(2)	愛媛県における小規模集材作業システム	小規模国有林の集材作業では、効率的な集材作業システムが必要である。1981年から1990年までの10年間の愛媛県開伐資料により小規模林業における集材作業の分析を行った。主な集材作業は、林内作業車、人力、集材機、自走式搬器によるものである。生産性は、全体の平均が1.10 m <sup>3</sup> /人日であり、自走式搬器による集材作業が生産性が一番高く、林内作業車、集材機、人力による集材作業の順に低い。集材作業種別労働生産性は、自走式搬器が1.25 m <sup>3</sup> /人・日、集材機が1.06 m <sup>3</sup> /人・日、人力木寄せが1.02 m <sup>3</sup> /人・日、林内作業車が1.17 m <sup>3</sup> /人・日であった。生産費については、自走式搬器が16,229円/m <sup>3</sup> 、集材機が17,261円/m <sup>3</sup> 、人力木寄せが19,274円/m <sup>3</sup> 、林内作業車が16,779円/m <sup>3</sup> であった。生産費（16,779円/m <sup>3</sup> ）は、林内作業車による集材作業が一番安く、自走式搬器、集材機、人力による集材作業の順に高い。数量化理論を適用して集材作業に影響を与える要因を分析した結果、地域、集材方法、胸高直径、伐採率、平均傾斜（度）、集材距離の順で生産性に影響を考えていた。
143	中島京彦	芦田善廣、且良剛、山岡高助	1999	岡山県林業試験場研究報告15	高性能林業機械を用いた列状開伐と定性開伐の比較試験	3箇所列状開伐試験地を設定し、高性能林業機械を用いた作業を実施してその作業効率や作業特性、開伐の効果を調査した。定性開伐との比較対象ではその作業効率が高いことが確かめられた。小型タワーヤーダを用いた集材では平均集材距離と立木材積によってその作業効率が推定できることが確かめられた。ほぼ同じ条件で、高性能林業機械を用いた列状開伐と小型運材車を用いた定性開伐を実施し経済性や労働量を比較したところ列状開伐によってコストダウンが図れ、労働生産性が高くなることがわかった。
144	芝正己	-	1999	森林研究71	岐阜県下の集材生産事業者の伐出作業を事例としたDEA(Data Envelopment Analysis)効率性評価に関する研究	DEA(Data Envelopment Analysis/Dateneinhüllungsanalyse)は、多入力・多出力システムの相対的効率性測定のための数理モデルの一つであり、線形計画法に基づいてDMUs(Decision Making Units/Entscheidungsindividuen)と呼ばれる一群の意思決定主体の評価を行う手法である。本研究では、このDEAの基本的な考え方についてまず紹介し、実際の応用に際しての問題点のいくつかについて検討した。
145	曹丘敏	酒井秀夫、小林洋司	1999	森科学誌14(3)	小規模木材生産における作業システムの生産性と生産費	小規模作業システムによる生産性について高性能林業機械による場合と比較しながら調査、検討を行ったので、その結果について報告する。 タワーヤーダ・プロセッサシステムの労働生産性は、平均3.4 m <sup>3</sup> /人・日であった。生産費の平均は9,566円/m <sup>3</sup> であった。
146	酒井秀夫	-	1999	東北森林科学会誌第4巻第2号	林内核払い機械による皆伐作業と燃料消費	タワーヤーダのけん引力を利用して集材と同時に核払いを行う林内核払い機械を皆伐に適用し、チェーンソーによる伐倒・核払い後、数本まとめて集材する従来の全幹システムと、全木材を1本ずつ林内核払い機を介しながら核払い、集材する全木システムについて、立木1本当たりの処理時間を比較した。材が細くてチェーンソーの核払い能力が良い場合、最大集材距離が100～140m以下で短く、集材本数が3本/回以上になると、全幹システムの方が有利になる状況が生じる。しかし、最大集材距離が100m以上あり、材がある程度大きい皆伐作業においては、全幹システムとの作業効率の比較にこだわらなくてもよいことが確認された。核払い機の燃料消費は0.13 l/m <sup>3</sup> で、プロセッサの1/12～1/14、チェーンソー造材の1/6である。
147	西政敏	石橋公雄	1996	鳥取県林業技術センター研究報告No.49	地域に適合した林業機械作業システム研究（第4報）タワーヤーダとプロセッサまたはフォワーダを組み合わせた集材・造材作業一	鳥取県那賀郡弥栄村と能義郡広瀬町の各1林分において、タワーヤーダとプロセッサまたはフォワーダを組み合わせた集材・造材作業を調査した。弥栄ではスギ林で列状開伐、広瀬ではスギ・セノキ林で皆伐を行った。タワーヤーダ・プロセッサシステム。弥栄の集材における生産性は、上げ荷、下げ荷ともに10.5 m <sup>3</sup> /人・日であった。

No.	筆頭著者名	共著者名	発表年	出典元	題名	概要
148	木箱靖夫	由田茂一、菊地健	1998	日林北支論46	タワーヤーダ集材作業における上げ荷、下げ荷の比較試験	本研究では、同じ林分で間伐木の上げ荷および下げ荷の比較試験を行い、作業内容、生産性、残存木の損傷被害についての分析を行った。その結果、両試験区における間伐木の大きさの違いを差し引くと上げ荷と下げ荷の作業内容や生産性に大差はなく、また残存立木の損傷被害も少ないことがわかった。
149	井上源基	岡藤、田中良明、吉田智佳史	1998	森科学誌13(3)	高性能車両系伐出システムにおける適正作業域と機械の組合わせの検討	高性能林業機械による作業システムとして、フェラーバンチャ+スキッド+プロセッサ(デリマ)の組合わせの車両系伐出システムを取り上げ、作業工程間の作業待ち時間を最小にし、伐出システム全体の生産性を最大にする適正な集材距離や作業域(面積)の関係などについてシミュレーション技法により検討した。その結果、伐出システム全体の生産性は作業工程間の作業待ち時間に関係し、伐出システム全体の総作業待ち時間は各種作業法に対して集材距離の間数で示された。最小総作業待ち時間を与える集材距離を適正集材距離とすると、同一の作業条件における適正集材距離は、機械の組合わせや台数あるいは積載量によって変化し、3工程連続作業の当該伐出システムでは、約400~500mが与えられた。さらに作業の稼働状況を示す指標として作業工程の作業率 $k_{ij}$ や工程間の重複率 $C_{ij}$ を明らかにし、これらの数値を用いた伐出システム全体の生産性の推定式を提示した。
150	井上源基	岡藤、吉田智佳史	1998	森科学誌13(2)	タワーヤーダ集材における適正索張り線密度の検討	タワーヤーダ集材作業において適切な集材方法の選択の1解決法として適正な索張り線数について検討を行った。本方法は、目的に対して必要と思われる最小限の条件および要因だけを現実のタワーヤーダ集材作業のなかから取り上げ、集材作業に要する費用を定式化し、総費用を最小にする最適化問題として、適正な索張り線数を算定する方法を提示した。この結果、現在わが国に適用されている各種タワーヤーダに関して、対象面積、対象伏区形状、既設道と対象伏区的位置などの地理的条件ごとの適正索張り線密度や適正スパン長が明らかになり、地理的条件ごとおよび上げ荷・下げ荷集材別の適正タワーヤーダタイプの選択を可能にした。
151	永井芳郎	小林洋司	1998	森科学誌13(1)	自走式搬器の普及経緯と作業システムに関する一考察	わが国における最近の高性能林業機械の普及状況は、目ざましいものがある。架線系集材機は、タワーヤーダ、自走式搬器を除いて頭打ちの状況が続いている。本報告は、こういった最近の林業機械化の動きと、自走式搬器のこれまでの導入状況と機械、作業システムの特徴について考察した。自走式搬器は、九州を中心に1983年頃より急速に普及を見た。この傾向はさらに岐阜県、静岡県へと進み、その後手県でも普及を見た。前者は元来、架線系集材系の多い県に普及を見たと思われる。また、自走式搬器の集材システムの特徴を見るために、天竜地区にて日報、および現地にて調査した。自走式搬器を用いた集材作業による生産性は、平均、セットあたり18.5~35.7㎡であった。
152	藤田亮	中島高彦	1998	森林応用研究7	タワーヤーダによる集材作業事例 - ハイリッドによる集材作業 -	高性能林業機械が普及するなか、タワーヤーダも様々な機種が開発されておりパワーショベル型タワーヤーダもその一つである。パワーショベル型タワーヤーダは、パワーショベル本体にウインチを取り付け、バケット取り付けのためのブームをタワーとして使用する機種で、他のタワーヤーダでは架線後はタワーは固定され動かないが、この機種の"タワー"は屈伸、旋回しながら集材する。この少し変わったタワーヤーダの集材作業を調査した。
153	西政敏	富川康之、平佐隆文	1997	鳥根県林業技術センター研究報告 No.48	地域に適合した林業機械作業システム研究(第3報) - タワーヤーダとプロセッサの組み合わせによる集材・造材作業 -	鳥根県版石郡吉田村と菟川郡佐田町の各1林分において、吉田はタワーヤーダ、佐田ではタワーヤーダとプロセッサを組み合わせた集材・造材作業を調査した。両調査林ともスギ人工林で、列状間伐が行われた。吉田での1時間当たりの下げ荷集材、上げ荷集材はそれぞれ4.1㎡、4.9㎡と集材木を操作するのが容易な上げ荷集材が若干大きかった。佐田での伏倒~造材工程の各工程の労働生産性は、伏倒6.3㎡/人・日、集材2.7㎡/人・日、造材16.8㎡/人・日で集材工程が他の工程より低くなったため作業全体で1.8㎡/人・日となった。
154	-	-	1997	鹿児島県林業試験場 第3号	列状間伐技術の開発	列状間伐技術の適正な開発と普及のために、列状間伐林分での作業効率や列状間伐が林分に与える影響について調査した。
155	酒井秀夫	-	1997	森科学誌12(3)	高性能林業機械による作業システムの生産費	高性能林業機械による作業システムの作業管理を行う上で基礎となる人件費、減価償却費、維持管理費、消耗品費の諸費用について理論的考察を行い、わが国の資料を適用して検証を試みることにする。

No.	筆頭著者名	共著者名	発表年	出典元	題名	概要
156	佐々木重樹	吉村哲彦、山本俊明、沼田邦彦、神崎康一	1997	森科学誌12(3)	パワーショベル改造型簡易タワーヤードによる作業システム(3) 一上げ荷集材と下げ荷集材の比較一	タワーヤードによる集材では、上げ荷集材か下げ荷集材かという集材方向の問題が、路網整備との関係においても重要である。本研究では、パワーショベルを改造した簡易タワーヤードを上げ集材だけでなく下げ荷集材にも適用することにした。それによって、集材効率、集材時のトラブル、作業者の労働負担について、上げ荷集材の場合と比較検討し、この簡易タワーヤードの上げ荷集材への対応能力を検証した。その結果、両集材地では地形条件の違いも見られたが、下げ荷集材の集材効率は、上げ荷集材の61.4%と大きく低下することが示された。トラブルの発生頻度も「材揃かり」において下げ荷集材の方が上げ荷集材よりも高かった。架設・撤去に要する時間は、上げ荷集材の方が下げ荷集材よりも大幅に大きくなること明らかになった。以上のことから、このタワーヤードは、下げ荷集材にも適用可能であるが、集材効率、集材時のトラブル、作業者の労働負担などの側面から見て、上げ荷集材に比べてかなり不利になることが示された。
157	藤田亮	鳥取県林試	1997	森林応用研究6	タワーヤード作業の特徴 一索張り方式と作業効率について一	タワーヤードの最大の特長は架設、撤収など集材作業を行うまでの副作業の合理化と、車輛搭載による移動の容易さにある。ランニングスカイライン方式とスカイライン方式は架設・撤収作業と集材作業で互いに逆の特長を持っている。そこで、同一機種で索張り方式を変えた場合の作業観察から、作業効率を推定し両者の作業特性を比較することにした。
158	西政敏	富川康之、平佐隆文	1996	鳥取県林業技術センター研究報告 No.47	地域に適合した林業機械作業システム研究(第2報) タワーヤードとプロセッサの組み合わせによる集材・造材作業一	鳥取県飯石郡吉田村と飯川郡多岐町の各1林分において、タワーヤードとプロセッサを組み合わせた集材・造材作業を調査した。両調査林ともスギ林で、吉田では別状間伐、多岐では皆伐が行われた。タワーヤードとプロセッサを組み合わせた生産性は吉田では5.6m <sup>3</sup> /人・日、多岐では3.4m <sup>3</sup> /人・日と吉田の生産性が多岐より高かった。集材工程の生産性は、吉田では8.0m <sup>3</sup> /人・日、多岐では、3.79m <sup>3</sup> /人・日であった。
159	佐々木重樹	吉村哲彦、沼田邦彦、神崎康一、奥向陽	1996	森科学誌11(1)	パワーショベル改造型簡易タワーヤードによる作業システム(1) 一急傾斜地における間伐作業への適用一	パワーショベルを改造したダブルウインチスイングヤードを試作し、間伐木の集材作業に適用した。試作機は、通常のパワーショベルに油圧駆動ウインチ2個を装着したものであり、ウインチを駆動しながらの旋回や、アーム・ブームの操作が可能である。また、架設および撤去の所要時間が従来機に比べて短縮されていること、高い積取り性能を持っていること、スイングブームによって林道上に直接荷上げを行うことが可能になることが示された。さらに、本試作機の要素作業の時間分布をもとに集材作業のシミュレーションを行った結果、スパン長が100m程度の場合、伐区幅が40m前後の時に最も高い効率で集材が行えることがわかった。以上の調査結果から、本機は小規模の作業道上的で集材に適した作業特性を持つことが示された。
160	中島嘉彦	玉木正夫	1996	日林関西支論5	小型タワーヤードの集材効率と経済性一実証試験結果からの試算一	各種の高性能林業機械の特性を調べるため、多くの調査研究が全国の林業関係試験研究機関で実施されている。近い将来、これら得られたデータを集め、分析することによって高性能林業機械の特性が明らかにされるであろう。しかし、機械化の進展は早く、その成果を待っていたのでは現場で活用できる情報をタイムリーに提供することはできない。単一の機関では調査できる対象数も限られる。そこで多数のデータから統計的に各種の情報を得るのではなく、限られた条件の少ないデータからの推定値を用いて試算を行い作業特性を明らかにするとともに、今後のデータ収集の進捗を促すべしと考へた。
161	奥向陽	藤井信雄	1995	森林研誌10(3)	GPSSを応用した集材・造材作業システムのシミュレーション 一タワーヤードとプロセッサによる作業システム一	タワーヤード、プロセッサおよびスキッドを組み合わせた集材・造材作業システムを取り上げ、汎用シミュレーション言語GPSSを用いて、木材生産性の観点から見た、機械の最適な組合せおよび各機械の位置関係などを検討するシミュレーションプログラムを作成した。本プログラムに、ある調査事例のデータを入力し、シミュレーションを行ない実績値と比較した結果、本プログラムは、現場での作業を適正に再現していることが分かった。さらに最適な作業システムの検討の結果、現行のタワーヤードおよびスキッドを使用した場合、プロセッサは、現行の約2倍の作業能力をもつ機種が好ましいこと、また、林道上におけるプロセッサとタワーヤードの配置間隔は150m以内とすべきことなどが明らかになった。
162	朴相俊	山本宏、岩岡正博、小林洋司	1995	森林研誌10(1)	タワーヤードによる間伐作業システム一L型の2段集材作業システム一	タワーヤードによる間伐林2段集材作業の時間観測を行い、その要素作業時間および集材作業効率について分析した。その結果、上段集材と下段集材の1日当たりの平均集材材積は、各々35.4m <sup>3</sup> と64.8m <sup>3</sup> であった。全体の1日当たりの平均集材材積は22.8m <sup>3</sup> であり、平均集材回数も、1日当たり上段集材34.5回集材に対して下段集材を33回の割合で集材することが能率的であることが分かった。集材作業の労働生産性は、上段集材では、5.1m <sup>3</sup> /人・日、下段集材では、9.3m <sup>3</sup> /人・日であった。ここで、中間支柱を乗り越え可能な搬器を採用し、1段集材と仮定した場合の作業効率を算出した結果、1日当たりの平均集材材積は15.8%向上し、26.4m <sup>3</sup> となること分かった。

No.	筆頭著者名	共著者名	発表年	出典元	題名	概要
163	福岡優二	園山忠実、富川康之	1994	鳥取県林業技術センター研究報告 No.45	地域に適合した林業機械作業システム研究 - タワーヤーダとグラップルソーの組合せによる集材作業 -	タワーヤーダとグラップルソーを組合せて実施された広葉樹の集材作業の功程を分析した。伐採面積は18ha、皆伐で上げ笈による集材を行い、その集材距離は10～550mであった。作業人員は通常4人が配置され、集材には191日を要した。作業道沿いに作設した2カ所の土場にタワーヤーダを設置して、放射状に集材をした。架設と撤去が各2回、張替が30回に及んだ。総出材量は約1,400m <sup>3</sup> でチップ材が80%、整材用材が20%を占め、土場上がった材の半分が胸高直径14cm未満の小径材であった。生産性は1.8m <sup>3</sup> /人・日となったが、期待する高い生産性が得られなかったのは長スパンによる集材であり、小径材が多く、機械の故障が多かったためと考える。
164	木幡靖夫	由田茂一、浅井達弘、対馬俊之、戸田治徳、北川建雄	1992	日林北支論40	パワーショベルを活用した架線集材事例	重荷系機械による集材が困難な急傾斜地では、一般に架線系機械が適用される。間伐作業の場合、集材木が比較的小さいので、タワーヤーダのような簡易で機動性の高い機械が有効と考える。こうした観点から、筆者らはタワーヤーダを使った間伐木の集材に取り組んできた。今回、ウィンチを装着したパワーショベルをタワーヤーダとして使用し、トドマツ間伐木の集材作業を行ったので報告する。
165	木幡靖夫	浅井達弘、由田茂一、対馬俊之、戸田治徳、北川建雄	1991	日林北支論39	タワーヤーダによる間伐木の集材試験	傾斜が比較的緩やかな北海道では、現在、ほとんどの地域でトラクタを使った集材作業が行われている。しかし、トラクタの走行が困難となるような急傾斜地の林分では、簡易な架線を使った集材方法が有効と考える。ここでは、国が開発した自走式の集材機を用い、トドマツ人工林で間伐木の集材試験を行ったので、その結果について報告する。
166	古谷士郎	神崎康一	1981	京都大学農学部附属演習林53号	ダブルエンドレス型架線の集材費用モデルについて - 長方形伐区モデルにおける集材費用計算例 -	林道の適正規模を道路間隔でとらえようとする場合、適正集材幅を蓋にすべきである。この考え方から、ダブルエンドレス型架線の集材費用モデルを用いて、伐区を長方形としたときの単位量 (ton) 当りの集材量を、搬出材に対する林道費の負担方法が異なる場合について計算し、計算例を示した。その計算例から、林道費負担が集材量に与える影響が大きいこと、また、小面積一定林分からの搬出の場合林道費負担の影響により、適正集材幅は、単位出材量 (ton/ha) が少ないほど短くなり、より高価な架線が必要とされることなどが示された。

## 謝辞

本報告書は令和7年度「林地残材等利用環境整備事業」によって作成しました。

本事業の実施に当たっては委員の皆様にご貴重なご助言やご意見を提供いただきました。  
また、外部専門家として株式会社 GT フォレストサービスの大輪安信氏には文献調査にご協力いただきました。委員及び外部専門家の皆様にはこの場を借りて御礼申し上げます。

また、御多忙のところ実証調査及び調査前後のヒアリングにご協力くださいました、有限会社川井木材様、株式会社マルサン様にも御礼申し上げます。

林地残材等利用環境整備事業

成果報告書

令和 8 (2026) 年 3 月発行

発行：(一社) 日本木質バイオマスエネルギー協会

<https://jwba.or.jp/>

〒110-0016

東京都台東区台東 3 丁目 12 番 5 号クラシックビル 604 号室

電話：03-5817-8491 FAX:03-5817-8492

Email：mail@jwba.or.jp

本書は、令和 7 年度 林野庁補助事業 木質バイオマス利用環境整備事業により作成しました。