

## 欧州製自走式搬器を使用した架線集材の作業効率

### —ウッドライナーを使用した間伐，皆伐それぞれの事例からの考察—

野末尚希（静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター）

急傾斜地など作業道の開設が困難な現場において木材生産を行うにあたっては、架線系作業システムの実施を検討する必要がある。架線集材における新たな高性能林業機械として、欧州製自走式搬器ウッドライナーが国内でも導入されているが、生産性などの報告事例は少ない。今回、間伐および皆伐の各1か所の現場においてウッドライナーを使用した集材作業の工期調査を行った。労働生産性は、間伐の調査地で3.37 m<sup>3</sup>/人・時、皆伐の調査地で3.36 m<sup>3</sup>/人・時だった。また、1サイクルの集材において、材を適宜2本まとめて集材することにより、1本ごとに集材する場合に比べて作業効率が向上する結果となった。

キーワード：高性能林業機械，架線集材，ウッドライナー，労働生産性，サイクルタイム

#### I はじめに

国内の森林面積の約4割が人工林であり、その多くが現在利用期を迎えていることから(4)、これを有効活用するため、素材生産の重要性が高まっている。素材生産を行うにあたっての作業システムは、大きく分けて林内に路網を整備して車両系の林業機械を使用する車両系作業システムと、林内に架線を張って集材を行う架線系作業システムとがあり、一般的に前者の方が後者に比べ生産性が高いとされる(4)。しかし、急傾斜地などでは路網整備が前提となる車両系作業システムの実施が困難な現場も多く、そうした現場で素材生産を行う際には架線系作業システムが適している。その実施にあたっては、生産性向上や低コスト化を図るため高性能林業機械の導入を検討していく必要がある。架線系の高性能林業機械として、近年静岡県内でウッドライナーが導入されている。ウッドライナーは、オーストリアのKONRAD社が製造した自走式搬器であり、主索のみの架設で走行可能である(1)などの特徴を有し、従来から普及している集材機や国産の自走式搬器などに加えた新たな架線集材の機械として期待されている。しかし、ウッドライナーを使用した場合の生産性などの調査は一部で実施されてきたものの(2, 3, 5) 報告件数は少なく、ウッドライナーを有効活用していく上で客観的な調査事例の蓄積が求められる。そこで、本研究ではウッドライナーを使用した間伐および皆伐の各1か所において工期調査を実施し、労働生産性やサイクルタイムについての事例蓄積を行うとともに、効率的な作業方法の検証を行うことを目的とした。

#### II 研究方法

##### 1. 調査地および作業方法の概要

調査地および作業方法の概要を表-1 および図-1～4に示す。調査は、静岡県浜松市天竜区内の間伐施業地（以下、調査地A）および皆伐施業地（以下、調査地B）で行った。両調査地では、ウッドライナーを使用した集材作業を2人体制で実施したことや、材を上げ荷集材して作業道上で荷外しを行い、荷外し後は30mほど離れた作業スペースまで材を小移動させてから、集材を行う者とは別の作業員がプロセッサで造材を行うなどの作業方法が共通していた。また、両調査地ともに荷掛けにあたっては、作業員の判断で2本まとめて材を集材できると思われた場合には、2本まとめて荷掛けを行った。両調査地で異なる項目としては、伐採方法、樹種、全木集材と全幹集材の違い、集材距離、受託事業者などがあつた。以上のように、両調査地は、相違点もあるが基本的な作業方法については多くの共通点があつた。

##### 2. 調査方法

ウッドライナーを使用した集材の一連の作業をビデオカメラにより撮影するとともに、集材された材の幹材積を現地にて実測した。撮影した動画は後日再生し、図-5に示すとおり6つの要素作業（空搬器走行、荷掛け、巻上げ、実搬器走行、荷外し、その他）に区分して所要時間の計測を行った。なお、分析にあたっては、1サイクルの集材で材を1本ずつ集材した場合（以下、一本集材）と、2本まとめて集材した場合（以下、二本集材）との違いに留意して考察を行った。

NOZUE Naoki\*

Labor effectiveness of the cable yarding using a self-propelled carriage introduced from Europe. -A case study analysis of thinning and clear-cutting operation using the WOODLINER-naoki1\_nozue@pref.shizuoka.lg.jp

表-1. 調査地および作業方法の概要

項目	調査地A	調査地B
伐採方法	間伐(定性間伐)	皆伐
実施年	2014(H26)	2015(H27)
場所	浜松市天竜区龍山町	浜松市天竜区春野町
樹種	スギ・ヒノキ混交	スギ
林齢	64年生	54年生
傾斜		30~35度
森林所有形態	県有林	国有林
索張り方法	集材機で主索を設置(タワーヤードは未使用)	
集材距離	180~370m	130m
横取り範囲		0~20m
集材方法	上げ荷全幹集材	上げ荷全木集材
1サイクルあたりの集材本数		1本または2本
荷外し場所・方法	作業道まで集材して荷外しを行った後、30mほど離れた箇所にあるプロセッサ造材作業を行うスペースまで作業道上を小移動させる	
荷外し後の小移動で 使用した機械	ラジキャリア	プロセッサ
人員	2人(荷掛け1人、荷外し1人) 造材は、独立して別に1人	
受託事業社	X社	Y森林組合

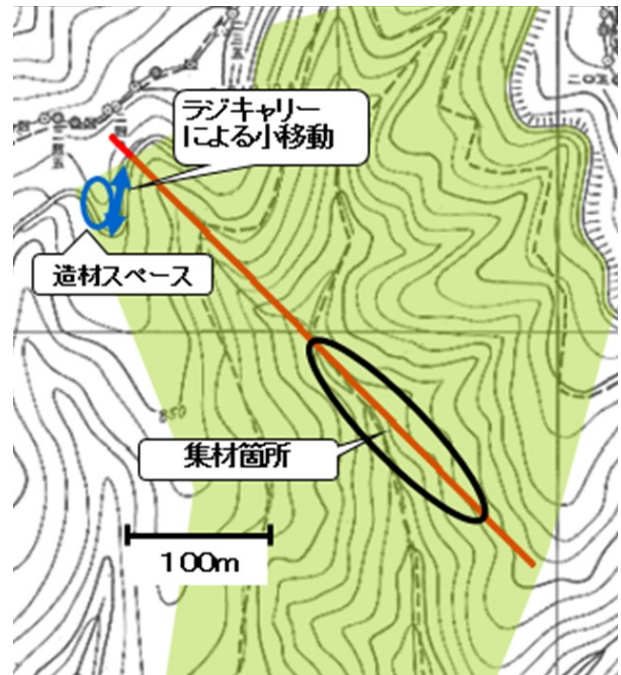


図-3. 調査地 A の平面図



図-1. 調査地 A におけるウッドライナーを使用した集材作業の様子



図-4. 調査地 B の平面図



図-2. 調査地 B におけるウッドライナーを使用した集材作業の様子

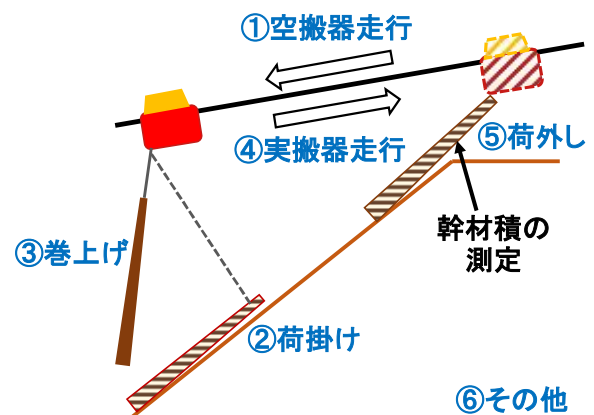


図-5. 要素作業区分のイメージ図

### Ⅲ 結果と考察

#### 1. サイクルタイムおよび労働生産性の概要

表-2 に、サイクルタイムと労働生産性に関する調査結果の概要を示す。調査サイクル数は、調査地 A は 24 サイクルで、うち 50%にあたる 12 サイクルが二本集材であった。調査地 B は 28 サイクルで、うち 25%にあたる 7 サイクルが二本集材であった。サイクルタイムは、調査地 A が 431 秒/サイクル、調査地 B が 297 秒/サイクルであった。両調査地ともに、二本集材は、一本集材に比べてサイクルタイムが長くなったものの、一本集材を 2 サイクル繰り返す時間よりは短くなっており、安全上の支障などが無い場合は、適宜二本集材を実施することが、作業効率の向上につながると考えられた。

幹材積は、調査地 A が 0.54 m<sup>3</sup>/本、調査地 B が 0.44 m<sup>3</sup>/本で、両者の間に有意差はみられなかった ( $p>0.05$ , Mann-Whitney の U 検定)。一方、1 サイクルあたりの集材材積は、調査地 A が 0.81 m<sup>3</sup>/サイクル、調査地 B が 0.55 m<sup>3</sup>/サイクルで、調査地 A の方が調査地 B に比べ有意に大きかった ( $p<0.05$ , Mann-Whitney の U 検定)。調査地 A の方が、全サイクル中で二本集材したサイクルの割合が調査地 B に比べて高かったことが、1 サイクルあたりの集材材積の増加につながったと考えられる。

労働生産性は、調査地 A が 3.37 m<sup>3</sup>/人・時、調査地 B が 3.36 m<sup>3</sup>/人・時であった。調査地 A では、調査地 B に比べてサイクルタイムは長かったものの、二本集材を高い割合で実施できたことで 1 サイクルあたりの集材材積が大きくなり、結果的に調査地 B と同程度の労働生産性となったと考えられる。両調査地は異なる現場であるため、作業効率を単純に比較することは適切ではないが、一般的に作業効率が大きく異なるとイメージされる間伐と皆伐であっても、現場条件の違いや作業方法の工夫により同程度の労働生産性となり得る場合があることを示す事例と言える。

なお、過去のウッドライナー集材に関する報告では、間伐において 2.55 m<sup>3</sup>/人・時 (5)、皆伐において 3.17 m<sup>3</sup>/人・時 (3) であり、今回の調査地はそれらと同程度かやや高い労働生産性であった。

#### 2. 要素作業ごとの所要時間の考察

表-3 および 4 に、1 サイクル中の要素作業ごとの所要時間を示す。一本集材と二本集材とで所要時間を比較すると、調査地 B では、いずれの要素作業においても有意差はなかったが、調査地 A では、4 つの要素作業において有意差が生じた。このうち、荷掛けおよび巻上げの所要時間は二本集材の方が一本集材より有意に長かった。この理由としては、調査地 A は定性間伐が行われた現場であるため、材が林内に比較的まばらに分布していることや、巻上げ時に残存木への損傷

を防ぐために、より慎重な作業を行ったためではないかと考えられる。また、空搬器走行および実搬器走行の所要時間は、一本集材の方が二本集材より有意に長かった。これは表-5 に示す通り、集材距離が一本集材では 330~370m 付近に集中、二本集材では 180~280m 付近に集中しており、一本集材の方が二本集材に比べて集材距離が長かったことが影響しているのではないかと考えられる。また、1 サイクルあたりの平均集材材積が今回のように 0.8 m<sup>3</sup>程度までであれば、集材本数が 2 本になっても実搬器走行の能力に影響は及ぼさないと考えられる。なお、調査地 B においては、すべての集材距離が 130m 付近に集中していたことから、搬器走行時間に差が生じない結果となったと考えられる。以上から、二本集材を行う作業方法は、皆伐の場合の方が間伐の場合に比べて作業のかかり増しの程度が小さく、効率化を図る上でより有効な手段であると考えられた。

表-2. 調査結果の概要

項目	調査地A	調査地B
調査サイクル数	24	28
(うち一本集材)	(12)	(21)
(うち二本集材)	(12)	(7)
サイクルタイム(秒/サイクル)	431	297
(うち一本集材)	(416)	(290)
(うち二本集材)	(446)	(316)
集材本数	36	35
(うちスギ)	(16)	(35)
(うちヒノキ)	(20)	(0)
幹材積(m <sup>3</sup> /本)	0.54	0.44
1サイクルごとの集材材積(m <sup>3</sup> /サイクル)	0.81	0.55
労働生産性(m <sup>3</sup> /人・時)	3.37	3.36

表-3. 調査地 A における 1 サイクル中の要素作業ごとの所要時間

集材本数	空搬器 走行	荷掛け	巻上げ	実搬器 走行	荷外し	その他	合計
一本集材	94	79	68	123	52	1	416
二本集材	60	156	91	74	64	1	446
	*	*	*	*	ns	ns	ns

\* :  $p<0.05$ , ns :  $p>0.05$  (Mann-Whitney の U 検定)

表-4. 調査地 B における 1 サイクル中の要素作業ごとの所要時間

集材本数	空搬器 走行	荷掛け	巻上げ	実搬器 走行	荷外し	その他	合計
一本集材	60	52	72	66	25	15	290
二本集材	72	43	77	68	31	24	316
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns :  $p>0.05$  (Mann-Whitney の U 検定)

表-5. 調査地 A における集材距離の内訳

集材距離	一本集材	二本集材
180～230m	1	6
230～280m	0	5
280～330m	0	0
330～370m	11	1

### 3. 本研究の限界と今後の課題

今回調査を行った 2 か所の調査地は、間伐か皆伐かという違い以外は、現場条件や作業方法などになるべく共通点が多い調査地としたが、統一できなかった条件もある。このため、間伐と皆伐の作業効率の比較という意味では参考程度のものであり、あくまで間伐、皆伐それぞれ事例のデータの蓄積である。間伐、皆伐それぞれでウッドライナーを使用した場合の生産性などの目安を、より一般的な指標として明らかにするためには、データのさらなる蓄積が必要である。また、今回は作業方法として 1 サイクルあたりの集材本数に着目したが、これ以外にも、樹種、単木材積、横取り距離などの現場条件や作業手法は作業効率へ影響する可能性があり、ウッドライナーのより有効な使用方法

を提示するためには、それらの影響を明らかにしていく必要がある。

### 謝辞

調査の実施にご協力いただいた天竜森林管理署、静岡県、および各現場の受託事業者の皆様にご心よりお礼申し上げます。また、本研究の一部は、「攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業」(うち産学の英知を結集した革新的な技術体系の確立)の助成を受けて実施したものである。

### 引用文献

- (1) KONRAD 社ホームページ  
<https://www.forsttechnik.at/products/carriage-systems/woodliner> (2021 年 11 月 26 日閲覧)
- (2) 前田章博 (2015) 先進的林業機械緊急実証・普及事業「MAN YARDER 4000-JAPAN」・「LIFTLINER 4000」・「WOODLINER 3000」による架線系集材システムの生産性の向上. 機械化林業 743 : 11-15
- (3) 野末尚希・山本道裕 (2019) 架線系でもここまでやれる一貫作業. (低コスト再造林への挑戦. 中村松三・伊藤哲・山川博美・平田令子編, 日本林業調査会). 50-51
- (4) 林野庁 (2021) 令和 3 年版森林・林業白書: 27-28,66-67
- (5) 渡井純 (2014) WOODLINER を使用した作業システムの生産性. 中森研 62:135-136