

論文 (Original Article)

グラップルソーを用いた広葉樹造材における生産性

鈴木 秀典^{1)*}、中澤 昌彦¹⁾、伊藤 崇之¹⁾、山口 智¹⁾、図子 光太郎²⁾

要旨

コナラが優占する広葉樹二次林において、グラップルソーを用いた造材作業の生産速度および労働生産性を明らかにした。造材作業はグラップルソー操作員とチェーンソー作業員の2名で行われ、生産速度は3.2 m³/時、労働生産性は1.6 m³/人・時となった。造材に要する作業時間(実働作業時間)は胸高直径と高い相関を有し、両者の関係を示す回帰式を得た。この造材作業生産速度について、0.6 dry t/m³との仮定で海外でのグラップルソー広葉樹造材作業と比較すると、単木材積が小さいにもかかわらず本調査の生産速度より大きくなっている事例もあることから、本調査の生産速度は海外より小さいといえる。国内でのグラップルとチェーンソーによる造材作業との比較では、材の大きさが異なるものの、本調査の方が高い生産速度になるといえる。グラップルソーを用いることで生産速度向上の可能性があると見える。一方、比較した事例がすべて1人作業であったため、本調査の労働生産性は生産速度よりも相対的に低くなった。そのため、グラップルソーを用いた造材作業では労働生産性向上のために1人作業を目指すこととし、そのためにチェーンソーの利用を極力減らせるようにすることが必要といえる。しかし、チェーンソーを利用したきめ細かな採材がなくなることで、造材歩留まりは低下すると考えられるため、地域資源の有効利用の観点から、許容される最も効率的な採材基準を検討する必要がある。

キーワード：グラップルソー、広葉樹材、造材、生産速度、労働生産性、チェーンソー、鋸断時間

1. はじめに

広葉樹材の利用形態としては、薪炭生産や製紙用チップが主であったが、近年では、発電用チップのための収穫、生産も行われている(久保山 2016)。また、家具やフローリング用として国産広葉樹の要望も高まっている(林野庁 2021)。一方、広葉樹材の生産については、針葉樹の用材生産よりも生産性が低くなることが指摘されており(塩津ら 2011)、この理由として、単木材積が針葉樹と比べて小さく、幹が曲がっているため伐倒が難しい(久保山 2016)だけでなく、枝が太いこともあり造材作業の機械化が難しい(谷内ら 2020)ことが挙げられている。造材作業において、針葉樹材生産では一般にハーベスタやプロセッサが使用されているものの、広葉樹材ではこれらの使用が難しいため主にチェーンソーが使用されており、材の把持・整理などの補助にグラップルが使用されている。このような現状においては、生産性を向上するために造材作業の効率化が重要であり、久保山(2016)はグラップルソーの利用によってそれを実現できるとしている。また、Ruchら(2016)はグラップルソーによって広葉樹の大径材も造材することができ、効率的で使いやすい上に価格が安い機械であるとしている。

グラップルソーとは、アタッチメントとしてのグラップルにチェーンソーを取り付けたもので、日本ではベスマシンに油圧ショベルを用いることが多い。グラップルとチェーンソーの両方の機能を有することから、広葉

樹造材作業をグラップルソー1台で行える可能性がある。これによって生産性が向上するだけでなく、手持ち機械での人力作業が不要となり、ソーチェーンによる被災(鹿島・上村 2008)がなくなることも期待できる。当初、グラップルソーは玉切り作業における振動障害対策として(柴田 1990)、1977年に国産機が開発された(辻井 1991)。細い材をまとめて鋸断できることから、採材長が厳密でない場合にはプロセッサよりも効率的とされる(岩岡 2020a)。グラップルソーを用いた造材作業については、針葉樹材生産では労働強度が軽減でき、特に大径材になるほど作業効率が向上した(前田 1994)との報告があるものの、広葉樹材生産では生産性に関する報告がほとんどない。そこで、広葉樹材生産におけるグラップルソーを用いた造材作業の生産性を明らかにすることを目的として調査を行った。さらに、得られた生産性を他の事例と比較し、グラップルソーの導入効果について考察を行った。なお、岩岡(2020b)によれば、生産性とは投入量と産出量の比であり、労働力を投入量とするものが労働生産性である。また、単位時間あたりの生産量は生産速度と定義される。本稿では、生産速度と労働生産性について明らかにし、検討を行った。

2. 調査方法

2.1 調査地

富山市内において、バイオマス発電用チップの生産を

原稿受付：令和4年10月4日 原稿受理：令和5年1月30日

1) 森林総合研究所 林業工学研究領域

2) 富山県農林水産総合技術センター 森林研究所

* 森林総合研究所 林業工学研究領域 〒305-8687 茨城県つくば市松の里1、E-mail: hidesuzu@ffpri.affrc.go.jp

目的とした広葉樹皆伐作業を対象に調査を行った。対象地は標高80–100 mに位置する平坦地で、継続使用をしない簡易な集材路（幅員3.0 m）を作設して作業が行われた（Fig.1）。作業対象地の中に0.083 haの調査プロットを設定し（Fig.1）、胸高直径10 cm以上を対象とした毎木調査により各樹木の胸高直径および樹高を得た（Table 1）。プロット内の個体数は86本で、その多くが地際から株立ちしているため、胸高直径などはそれぞれの幹ごとに計測している。幹本数は134本あり（以降、本数はすべて幹の本数を指す）、うち2本は樹高データの計測ができなかった。幹材積は、森林総合研究所「幹材積計算プログラム」（細田ら 2010）において名古屋広葉樹の関数を使用して求めた。樹種はコナラ84本、ソヨゴ23本、ウリカエデ8本、ホオノキ8本、タカノツメ4本、アオハダ4本、オオウラジロノキ2本、アカマツ1本で構成されており、コナラが優占する広葉樹二次林である。

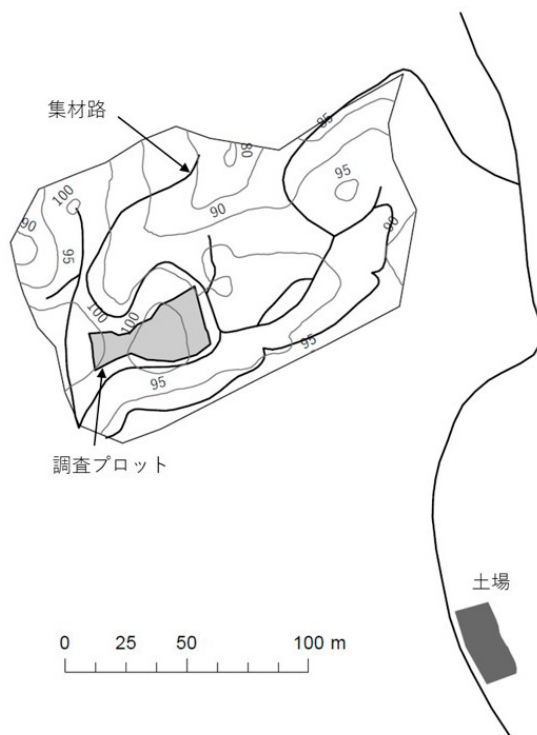


Fig. 1. 作業対象地と調査プロット
図中の数字は等高線の標高値

Table 1. 調査プロットの概要

面積	固体数	立木密度	幹本数	幹本数密度	平均胸高直径 ¹⁾	平均樹高 ^{1),2)}	平均幹材積 ^{1),2)}	幹材積 ^{1),2)}
ha	本	本/ha	本	本/ha	cm	m	m ³	m ³ /ha
0.083	86	1,033	134	1,610	17.1	12.5	0.171	273

1) 幹ごとに計測した値。2) 樹高データ欠損の2本を除く132本を対象。

伐木	木寄せ	造材		集材		
チェーンソー	グラップルソー	グラップルソー	チェーンソー	グラップルソー（積み込み）	フォワーダ	グラップル（荷下ろし）
1名	1名	1名	1名	1名		

Fig. 2. 各工程の使用機械と作業員数

2.2 作業システムおよび調査方法

各工程に使用した機械および作業員数をFig.2に示す。今回は調査の都合上、直列工程にて行い、造材作業のみ2人の作業員で行った。しかし、実際の作業では、各作業がある程度並列工程で行われることが多い。木寄せ作業は全木で行われ、造材作業と同様のグラップルソーを使用した。鋸断機能は使用していない。造材作業は機械質量約13 tのベースマシン（CAT314F）に最大玉切り径700 mmのアタッチメントを装着したグラップルソー（GS-95LSJ）（Table 2）を使用した。集材作業には最大積載量3.5 tのフォワーダを使用した。荷おろしはフォワーダ荷台の後方へのダンプにより行い、はいの整理などにはグラップルを使用した。このグラップルは、ベースマシンの機械質量約7 t、最大開き幅1,625 mmである。

造材作業は集材路上で行われ、採材長4 mを基本とし、端部などはそれ以下で採材を行った。また、元口直径10 cm以上を生産対象としている。玉切り作業では測尺を行わず、造材場所に設置した4 m材を目安として、鋸断位置を決定した。調査期間中、グラップルソーの操作には2名の作業員が従事したが、いずれの作業員も経験年数10年以上の熟練者である。

調査はビデオ撮影した各作業の時間分析により実施し、生産量は造材直後に計測した元口・末口径および材長（いずれも1 cm括約）からスマリアン式によって算出した。

3. 結果

Table 3に各工程に要した作業時間および生産速度と労働生産性を示す。生産速度は造材作業で3.2 m³/時と全工程の中で最も低くなっており、全体を効率化するためには造材作業の効率を向上することが重要であることが分

Table 2. グラップルソー諸元

ベースマシン	運転質量 (kg) ¹⁾	13,300
	エンジン定格出力 (kW)	72.3
アタッチメント	最大開き幅 (mm)	1,960
	最小つかみ径 (mm)	130
	最大玉切り径 (mm)	700
	鋸部ガイドバー (mm)	1,000
	質量 (kg)	1,085
	アームへの装着方式	固定式

1) バケット装着時

Table3. 各工程の作業時間と生産性

	伐木	木寄せ	造材	集材	全体
作業時間 ¹⁾ (秒)	8,620	4,499	24,211	13,347	50,677
生産速度 (m ³ /時)			3.2	6.0	1.6
労働生産性 ²⁾ (m ³ /人・時)	9.2	17.7	1.6 (2.7)		1.1 (1.4)

1) 作業時間には休憩時間およびチェーンソーへの給油、機械の調整時間を含む。

2) カッコ内の数値はチェーンソー作業員の待機時間を除いて算出した値。

かる。なお、造材作業に従事したチェーンソー作業員は、総作業時間の約8割が待機時間であった。しかし、通常は各作業がある程度並列で行われており、各作業員が複数作業を並列で行うことで、造材作業におけるチェーンソー作業員の待機時間は少なくなると考えられる。一方、この待機時間をすべて他の作業にあてることも現実的には難しい。そこで、Table 3には待機時間を含めた総作業時間で求めた労働生産性1.6 m³/人・時を示すとともに、参考として、待機時間を除いて算出した労働生産性2.7 m³/人・時をカッコで示すこととする。また、造材作業の労働生産性が1.6 m³/人・時のときには全体の労働生産性が1.1 m³/人・時、2.7 m³/人・時のときには1.4 m³/人・時となる (Table 3)。並列作業によって待機時間を減らすことができれば、カッコ内の労働生産性に近づけることができる。なお、造材作業では1本分のデータ欠損が生じたため、この材積および造材作業に要した作業時間を除いている。

造材作業の要素作業を、材つかみ、玉切り・枝払い、はい積み、末木枝条処理、その他に区分し、各割合を明らかにした (Fig.3)。材つかみとは、木寄せ、集積した全木材から造材する材を取り出す作業で、このための走行、旋回を含む。玉切り・枝払いは、グラップルソーもしくはチェーンソーによる玉切り、枝払い、およびグラップルソーによる玉切りのための材送り作業である。この材送りとはグラップルソーによって玉切り位置をつかみなおす作業を指し、材つかみの際につかんだ位置と玉切り位置が異なる場合に行われる。はい積みとはフォワード集材前の丸太を積み上げる作業であり、末木枝条処理とは枝払いによって発生した枝条を一箇所に集積する作業である。その他には、機械調整、準備片付け、休憩、土場整理などの時間を含む。Fig.3をみると、玉切り・枝払いが33% と最も多くの作業時間を占めており、以下、材つかみ21%、末木枝条処理20%、はい積み17%、その他9% となった。なお、Fig.3ではチェーンソー作業員の待機時間は除いている。

割合の最も大きかった玉切り・枝払い作業について、さらに詳細な要素作業時間割合をみると、チェーンソーによる枝払い作業時間が40% と最も多く、次にグラップルソー玉切り作業が34% となった (Fig.4)。つまり、多くの場合、枝払いはチェーンソーで、玉切りはグラップルソーで行われたことが分かる。一方、作業時間としては

少なかったチェーンソーによる玉切りについては、二股のうち的一方のみを鋸断するときなどに行われ、グラップルソーによる枝払いは太い枝などで見られた。その他の作業はすべて合わせても全体の約1/4程度の作業時間となっており、チェーンソーによる枝払いとグラップルソーによる玉切り作業が多くの割合を占めた。

幹の胸高直径と造材作業時間の関係をFig.5に示す。欠損および枯木データを除いたため、データ数は131であ

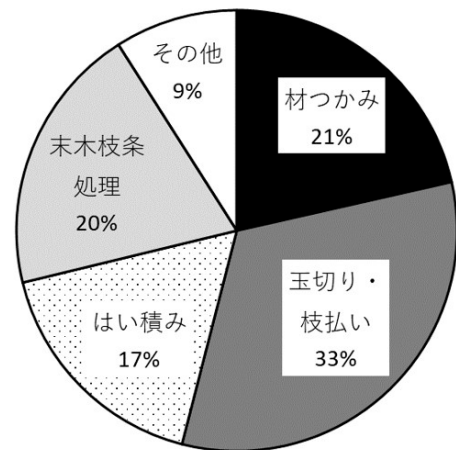


Fig. 3. 造材作業における各要素作業時間の割合

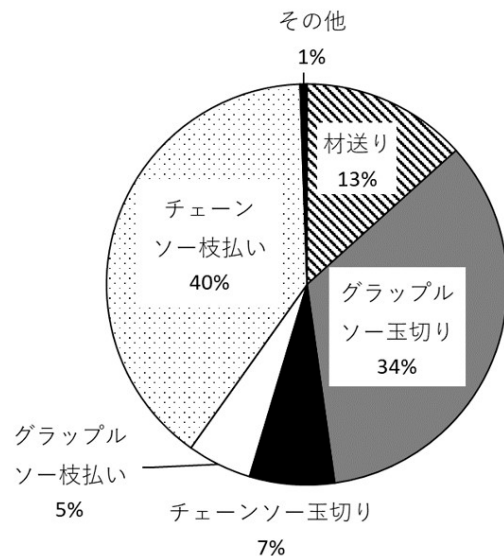


Fig. 4. 玉切り・枝払い作業における各要素作業時間の割合

る。胸高直径の増加に従い作業時間も増加し、以下の (1) 式で作業時間を回帰することができる。

$$y = 40.1 e^{0.0819x} \quad (1)$$

このとき、 x : 胸高直径 (cm)、 y : 1本あたりの作業時間 (秒) である。ただし、この作業時間は休憩時間を除いた実働作業時間 (岩岡 2020b) である。

4. 考察

4.1 造材作業の生産速度

グラップルソーを用いた広葉樹造材の生産速度については、国内での報告例がほとんどないことから、海外での事例との比較を行う。Spinelliら (2019) は、グラップルソーを用いた広葉樹を含む造材生産速度を解明するとともに、生産速度に影響するパラメータの検討を行っている。北部および中部イタリアにおける調査結果は、広葉樹において0.7~10.9 dry t/SMHの生産速度であった。これは、木材の密度を仮に0.6 dry t/m³とすると、1.2~18.2 m³/SMHとなる (Table 4)。SMH (Scheduled Machine Hour) とは遅延や休憩時間を含む機械作業時間で、機械の稼働が予定されている時間 (吉村・鈴木2022) あるいは総作業時間 (岩岡 2020b) と言い換えることができる。よって、m³/SMHは本稿での生産速度に等しい。この値については、立木の大きさの影響を強く受けるとされ、Spinelliら (2019) は、この他に作業場所 (林内/土場)、玉切り精度、他の工程との連携の有無、最大玉切り径といった要因の影響も示している。これらの区分に従うと、本調査事例は、造材場所が林内で、他工程との連携がない作業条件となる。上述したとおり、本調査の造材作業は集材路上で行われたが、土場での作業よりも作業面積が小さく、そのために枝条の集積箇所十分な余裕がないなど、作業効率の支障となる場面もみられたことから、造材場所は林内と考えられる。玉切りについてはおおよその採材長が定められていたものの、材長のばらつきも大きかったため、どちらかといえば粗い精度で行われたといえる。また、最大玉切り径については、本例より小

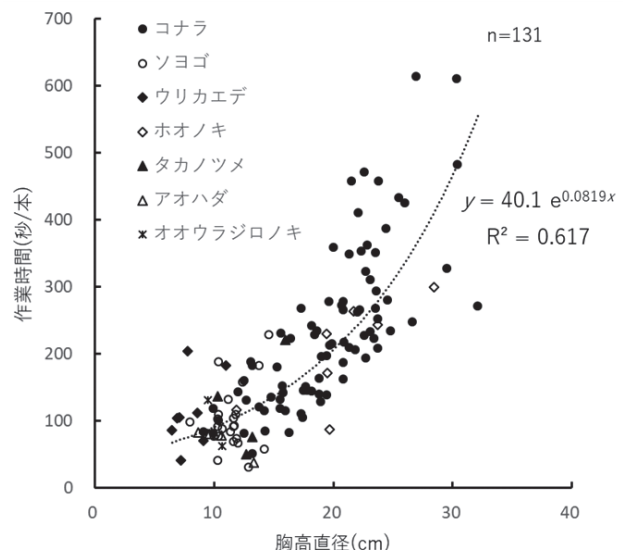


Fig. 5. 造材作業時間と胸高直径の関係

い事例が作業番号7、8であった。いずれの作業においても、グラップルソーの操作員は調査前に少なくとも6か月以上の作業経験を有しており、技術の未熟な初心者はいなかったとされる。なお、単木材積については、Spinelliら (2019) の単木の乾燥質量を材積に変換した。生産速度に影響を与えるとされるすべての要因をそろえた比較はできないため、いくつかの要因に着目した比較を行う。換算した単木材積に着目すると、本事例に最も近い8は本例よりやや小さい生産速度となっている。しかし、他工程との連携があったことが生産速度に影響した可能性も考慮する必要がある。2、3については、本例より単木材積が小さく、玉切り精度が高かったにも関わらず、本例より大きな生産速度となっている。一方、単木材積が最も小さい7では本例より小さい生産速度となっている。造材場所に着目すると、本例は林内で造材された1、6、3の中で最も小さい生産速度となっており、他工程との連携がない3、5、6、7との比較では、単木材積が最も小さい7に次いで小さい生産速度となっている。これらの比較から、本例はイタリアよりも小さい生産速度だったと考えられる。これは、本例の玉切りはすべて1本ずつ行ったの

Table4. Spinelli (2019) の報告による造材作業の生産性と主な作業条件

作業 番号 ¹⁾	生産速度 ²⁾		単木乾燥 質量 dry kg/tree	単木材積 ²⁾ m ³ /tree	林型区分	樹種	造材 場所	他工程との 連携	製品	玉切り 精度	運転 質量 kg	エンジン 定格出力 kW	最大玉 切り径 ³⁾ mm
	dry t/SMH	m ³ /SMH											
1	3.6	6.0	254	0.423	雑木林	O、C、L	林内	有	薪 (6 m)	粗い	11,500	73	700
2	2.4	4.0	58	0.097	雑木林	C、L	土場	有	杭、薪、チップ	高い	7,600	50	700
3	4.0	6.7	63	0.105	雑木林	L	林内	無	薪 (2.4 m)	高い	13,300	66	700
5	10.9	18.2	395	0.658	雑木林	B、H、C	土場	無	薪 (4 m)	粗い	20,500	99	800
6	6.7	11.2	228	0.380	雑木林	TO	林内	無	丸太	粗い	13,600	68	700
7	0.7	1.2	27	0.045	雑木林	C、B	土場	無	杭、薪、チップ	高い	7,600	50	500
8	1.8	3.0	124	0.207	高木林	B	土場	有	薪 (3 m)	粗い	5,200	34	500

O: コナラ属 (アカガシワ (*Quercus rubra* L.)), ヨーロッパナラ (*Quercus robur* L.)), C: ヨーロッパグリ (*Castanea sativa* Mill.), L: ハリエンジュ (*Robinia pseudoacacia* L.), B: ヨーロッパブナ (*Fagus sylvatica* L.), H: アサダ属の一種 (*Ostrya carpinifolia* Scop.), TO: トルコナラ (*Quercus cerris* L.)

1) 作業番号 4 は針葉樹のため除いた。2) 密度を 0.6 dry t/m³ として材積を算出した。3) Table 2 に合わせ mm で表記した。

に対し、Spinelliら (2019) の報告では、通常、複数の木をグラップルソーで把持し、まとめて造材したことが原因と考えられる。このような方法で造材されたことから、7、8のように最大玉切り径が500 mm以下の機械での生産速度が小さくなったと考えられるが、本例のように1本ずつ玉切りを行うのであれば、大径材でない限り、最大玉切り径が生産速度に及ぼす影響は大きくないと考えられる。

また、油圧ショベルアームへの作業機装着方式には、吊り下げ式と固定式がある (岩岡 2020a)。本調査では固定式のグラップルソーが使用され (Table 2)、Spinelliら (2019) の報告では記載がないものの、現場写真からは少なくとも2、3、5、6の現場では吊り下げ式が使用されたことが確認できる。吊り下げ式は、曲がった材や枝に対して揺動するグラップルソーを押しつけるだけで把持することができるため、広葉樹材の造材作業を効率的に行える可能性がある。一方、日本では油圧ショベルへのグラップルソーおよびグラップルの装着は固定式が多いが、材を垂直に把持することが可能となるため、狭い場所での材の取り回しなどにメリットがあると考えられる。これら各装着方式の特性が、生産速度および作業の安全性などに及ぼす影響については、今後検討される必要がある。

国内の広葉樹造材生産速度については、グラップルとチェーンソーを用いた作業についての報告がある。コナラが優占する広葉樹天然林では、造材作業の生産速度が帯状間伐区で3.2 m³/時、点状間伐区で1.7 m³/時であった (中澤ら 2019)。また、積雪期の平坦地において、やはりコナラが優占する広葉樹林の更新伐事業では、グラップルとチェーンソーを用いた造材作業を従来型として、フェラーバンチャやハーベスタによる作業と比較を行っている。その結果、従来型では3.6 m³/時の生産速度であった (中澤ら 2020)。これらの値は、本調査の3.2 m³/時と比較すると帯状区、従来型と同程度、点状区では半分程度となっている。これらの現場における平均単木材積は、報告されている数値から帯状区0.44 m³、点状区0.19 m³と計算することができ、従来型では0.94 m³と報告されている。作業条件がそれぞれ異なるものの、帯状区、従来型では本調査よりも大きな材が扱われていたにも関わらず生産速度は同程度となった。そのため、グラップルソーを用いた造材作業は、グラップルとチェーンソーによる作業よりも生産速度が高くなる可能性がある。さらに、今回の調査で行われた玉切り作業において、鋸断に要した時間をグラップルソーとチェーンソーで比較したところ、グラップルソーで鋸断した材の方が、平均鋸断直径が約1.5 cm大きかったにも関わらず、鋸断時間は平均約9秒短くなっていた (Fig.6)。ただし、2本同時に玉切りしたものや、鋸断直径の不明なデータを除いている。チェーンソーで鋸断した材は、グラップルソーで鋸断できない二股などの特異な樹形が多かったことも考慮する

必要があり、一概に比較することはできないが、玉切り作業にグラップルソーを用いることにより、生産速度が向上する可能性が示されたといえる。

4.2 造材作業の労働生産性

これまでに本例との比較を行った国内外の報告は、すべて1人で造材作業が行われている。そのため、労働生産性で比較すると本事例だけが1.6 (2.7) m³/人・時となり、相対的に低い生産性となる (カッコ内はチェーンソー作業員の待機時間を除いて算出した値)。この値は、Spinelliら (2019) の報告において単木材積が0.045 m³と最も小さい作業番号7よりは大きくなるものの、労働生産性の最も高い事例の1/10以下と、生産速度での比較よりさらに低位になる。そのため、国内におけるグラップルソー造材については、特に労働生産性を改善し、そのための作業方法を検討する必要性が示されたといえる。

本例では2人で造材作業を行ったため、チェーンソー作業員の待機時間が多くなった。実際には各作業がある程度並列にて行われるため、この待機時間は削減されるものと考えられるが、待機時間を完全になくすことは難しい。また、並列作業では、重機とチェーンソー作業員の近接作業となるなど安全性の低下が考えられるだけでなく、広い作業場所を必要とすることもあり、安全・効率的な実行は難しいと考えられる。そのため、労働生産性を向上するためには、1人で造材作業を行えるようにしていくことが望ましい。ただし、現行の採材基準のまま1人作業になると、同一作業員がグラップルソーとチェーンソーの両作業を兼任することになり、油圧ショベルの操縦席から頻繁に乗り降りする必要が生じる。これによって造材作業に遅れが生じてしまい、作業時間の増加によって元の生産速度よりも小さい値になってしまうと考

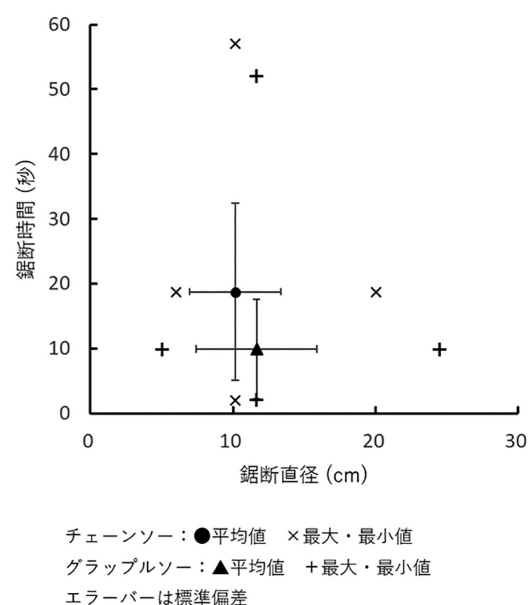


Fig. 6. 玉切り作業における鋸断直径と鋸断時間の関係

えられる。さらに、労働強度の増加や、乗降車の際の転倒事故なども予見され、労働安全上も好ましくない。そのため、労働生産性の向上を目指して1人作業とする際にはグラップルソーだけで効率的に作業ができるような採材の基準・品質とすることが求められる。今回の調査では、元口直径10 cm以上が生産対象とされたため、末口直径は5 cm程度の丸太もあった。このような細い丸太は梢端部や枝から採材されるため、細い枝が多く枝分かれている。このような枝をグラップルソーで枝払いするためには、チェーンソーガイドバーの位置や向きを頻繁に変える動作が必要となる。また、地面に対して垂直方向に伸びた枝などアタッチメント部の回転だけで枝払いできない場合には、さらにブーム・アームを操作してガイドバーの向きを大きく変えるか、材の方を動かして枝の向きを変える作業を要する。これらにより作業効率は落ちると考えられるが、直径の小さな材を生産対象とせず、細い枝の枝払い作業がなくなれば、グラップルソーだけでも効率的な作業が可能になる。これにより造材歩留まりは低下してしまうものの、歩留まりの低下による産出量の減少を、投入量(作業時間)の減少が上回ることができれば、労働生産性は向上する。そのため、このバランスを意識して採材基準を検討する必要がある。一方で、得られる労働生産性の向上だけでなく、経済性および地域資源の有効利用などの観点からも、歩留まりの低下を許容される範囲にとどめることが重要であり、これらを総合的に検討する必要がある。なお、歩留まりの低下が大きい場合には、現場にチップパーを搬入して造材対象とならなかった細い枝をチップ化し、製品歩留まりを向上することも考えられる。

5. おわりに

グラップルソーによる広葉樹造材作業の生産速度および労働生産性を明らかにした。また、海外事例および国内のグラップルとチェーンソーによる造材事例を取り上げてこれらの比較を行うとともに、労働生産性の向上方策について労働安全衛生の観点からも考察を加えた。

国内の広葉樹造材で一般に用いられていたグラップルとチェーンソー作業による生産速度と比較すると、単木材積がほぼ同等の事例では本例の方が高い生産速度となり、鋸断時間もチェーンソーよりグラップルソーの方が短くなった。そのため、グラップルソーを使用することで生産速度を向上できる可能性がある。しかし、2人作業であったために労働生産性が低くなってしまったことから、労働生産性向上のためには1人作業を目指すとともに、チェーンソーを要する作業が少なくなるよう、採材基準を検討する必要がある。

謝辞

現地調査にあたっては、富山県農林水産総合技術センター森林研究所、相浦英春氏の全面的な協力をいただい

た。また、外国産樹種の和名表記にあたっては、同所、中島春樹氏の協力を得た。深く謝意を表する。また、本研究は(国研)森林研究・整備機構森林総合研究所交付金プロジェクト(課題番号202001)の研究成果である。

引用文献

- 細田 和男・光田 靖・家原 敏郎(2010) 現行立木幹材積表と材積式による計算値との相違およびその修正方法. 森林計画学会誌, 44 (2), 23–39.
- 岩岡 正博(2020a) 林業機械1—可搬式機械と車両系機械—. 吉岡 拓如・酒井 秀夫・岩岡 正博・松本 武・山田 容三・鈴木 保志“森林利用学”. 丸善, 47–64.
- 岩岡 正博(2020b) 森林作業の生産性とコスト. 吉岡 拓如・酒井 秀夫・岩岡 正博・松本 武・山田 容三・鈴木 保志“森林利用学”. 丸善, 85–98.
- 鹿島 潤・上村 巧(2008) チェーンソー作業におけるソーチェーンによる被災状況と防護服による災害防止効果. 森利誌, 22, 275–278.
- 久保山 裕史(2016) 里山広葉樹資源利用の課題について. 環境情報科学, 45 (3), 38–43.
- 前田 浩二(1994) タワーヤーダとグラップルソーによる集造材作業. 日林関西支論, 3, 201–204.
- 中澤 昌彦・吉田 智佳史・佐々木 達也・上村 巧・瀧 誠志郎・伊藤 崇之・大矢 信次郎・赤松 玄人(2019) 広葉樹林分におけるタワーヤーダを用いた帯状と点状の間伐作業の生産性とコスト. 森利誌, 34, 187–196.
- 中澤 昌彦・佐々木 達也・吉田 智佳史・上村 巧・鈴木 秀典・瀧 誠志郎・大矢 信次郎・赤松 玄人・伊東 大介(2020) 積雪期の平坦地における車両系林業機械を用いた広葉樹の伐採生産性と資源量. 森利誌, 35, 189–196.
- 林野庁(2021) 令和3年版森林・林業白書. 全国林業改良普及協会, 292pp.
- Ruch, P., Montagny, X., Bouvet, A., Ulrich, E. and George, P. (2016) Mechanized processing of big broadleaved crowns an operational reality. Proceed. FORMEC Sympo., 49, 111–117.
- 柴田 順一(1990) B伐出用機械. 農業機械学会誌, 52, 113–116.
- 塩津 達哉・谷内 博規・立川 史郎・澤口 勇雄(2011) 大規模素材生産事業体における伐出・運材工程のコスト分析. 第122回日本森林学会学術講演集, F09.
- Spinelli, R., Lombardini, C., Marchi, E. and Aminti, G. (2019) A low-investment technology for the simplified processing of energy wood from coppice forests. European J. of For. Res., 138, 31–41.
- 谷内 博規・村上 尚徳・小原 誉(2020) 岩手県におけ

- る広葉樹素材生産の現状と課題. 木材保存, 46, 53–56.
- 辻井 辰雄 (1991) 1. 多工程処理機械の解説. スリーエム研究会編 “最新林業機械ハンドブック”. スリーエム研究会, 400–407.
- 吉村 哲彦・鈴木 保志 (2022) 素材生産における機械化作業の生産性評価. 森利誌, 37, 95–108.

Productivity of hardwood processing using a grapple saw

Hiddenori SUZUKI^{1)*}, Masahiko NAKAZAWA¹⁾, Takayuki ITO¹⁾,
Satoshi YAMAGUCHI¹⁾ and Kotaro ZUSHI²⁾

Abstract

The production rate and labor productivity of grapple saw processing operations in a secondary hardwood forest dominated by *Quercus serrata* was determined. The production rate was 3.2 m³ per hour and labor productivity was 1.6 m³ per hour per person, with one grapple saw operator and one chainsaw operator. The actual time required for processing was highly correlated with tree trunk diameter at breast height, demonstrated by our regression analyses of this association. Assuming 0.6 dry t/m³, the production rate demonstrated in this study is lower than that of overseas grapple saw hardwood processing operations, as the production rate in some cases is higher than that in this study despite the small volume per tree. Comparison between grapple and chainsaw processing operations in Japan indicated the possibility of an improved production rate with a grapple saw, despite the difference in tree size. On the other hand, the labor productivity of this study was relatively lower than production rate, because all the comparison cases were one-person operations. Therefore, grapple saw processing should prioritize one-person operations to improve labor productivity and reduce chainsaw use. However, as eliminating high-quality chainsaw processing would likely reduce the production yield percentage, the most efficient method for effective local resource use must be selected.

Key words : grapple saw, hardwood, processing, production rate, labor productivity, chainsaw, sawing time

Received 4 October 2022, Accepted 30 January 2023

1) Department of Forest Engineering, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

2) Toyama Prefectural Agricultural, Forestry & Fisheries Research Center, Forestry Research Institute

* Department of Forest Engineering, FFPRI, 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki, 305-8687 JAPAN; E-mail: hidesuzu@ffpri.affrc.go.jp