

栃木県宇都宮市における皆伐再造林の収支分析

Analysis on economic balances of clear cutting and regeneration operations in Utsunomiya city, Tochigi prefecture

仲畑 力¹, 小川 善万², 宮下 俊太郎², 足立 拓海², 有賀 一広²

Chikara NAKAHATA¹, Yoshikazu OGAWA², Shuntaro MIYASHITA², Takumi ADACHI², and Kazuhiro ARUGA²

¹ 宇都宮市森林組合 〒 321-2105 宇都宮市下小池町 569 番 104 号

Utsunomiya Forest Owners' Co-operative, 569-104 Shimokoikemachi, Utsunomiya, 321-2105, Japan

² 宇都宮大学農学部森林科学科 〒 321-8505 宇都宮市峰町 350

Department of Forest Science, School of Agriculture, Utsunomiya University,

350 Mine-machi, Utsunomiya, 321-8505, Japan

要 旨

本研究では、2016 年度（調査地 C）、2017 年度（調査地 D、E）に栃木県宇都宮市で行われた大規模（5ha 以上）皆伐作業と地拵え・植付作業についての時間観測調査を行い、生産性とコストを 2014 年度（調査地 A）、2015 年度（調査地 B）の小規模（1ha 程度）と比較した。皆伐作業の労働生産性は調査地 A、B と比較し、調査地 C～E は高かった。調査地 C～E の中ではオペレータの技術が高い調査地 E が最も高かった。したがって、調査地 E の皆伐コストは最も低かった。一方、調査地 A は造材作業に小型機械を使い、機械経費が低かったため、皆伐コストは調査地 C、D と同程度であった。再造林コストは調査地 A、E は植付作業を造林専門の事業者が行ったことから低かった。調査地 B、C、D は素材生産業者が植え付けたことから、再造林コストは高かった。今後、再造林作業の増加が見込まれるため、新規作業員の育成が必要である。調査地 C、E は労働生産性が林野庁の目標 11～13m³/人日を超えることにより、十分な利益となった。林野庁が目標としている労働生産性を超えることにより、利益を得ながら持続可能な林業経営が可能であることが確認された。

キーワード：皆伐作業、再造林、生産性、コスト、収支

ABSTRACT

This study conducted time studies of clear-cutting and regeneration operations, including site preparation and planting, on larger areas (> 5 ha) in 2016 (site C) and 2017 (sites D and E) of Utsunomiya City, Tochigi Prefecture. Then, these productivities and costs were compared with those on small areas (approximately 1 ha) in 2014 (site A) and 2015 (site B). The productivities of clear-cutting operations at sites C, D, and E were higher than those at sites A and B. Among sites C, D, and E, the productivity at site E was the highest because of skillful operators. The total cost of clear-cutting operations at site E was also the lowest. In contrast, the total costs were comparable at sites A, C, and D because processor and its machinery cost at site A were smaller than those at sites C and D. The regeneration costs at sites A and E were lower because a specialized silvicultural contractor completed planting operations whereas a logging contractor conducted planting operations at sites B, C, and D. Regeneration operations are projected to increase, and new workers should be trained in Japan. Sufficient profits were only obtained at sites C and D where the labor productivities were more than the target of the Forestry Agency, 11-13 m³/man-day. Therefore, it is implied that the labor productivity should be increased by the target of Forestry Agency to obtain profits of clear cutting and regeneration operations for sustainable forest management.

Keywords: clear cutting, regeneration, productivity, cost, economic balance

1. はじめに

これまで拡大造林された森林において間伐の推進が全国的に図られてきたが、伐期を迎える森林が増加し、未利用木材を含めた木質資源の供給を拡大するために、一部地域において皆伐の推進が図られている。ただし、森林の公益的機能を維持しながら、持続的に林業を行うためには、植栽による確実な更新を図る必要がある。しかしながら、現在の日本の皆伐収入では

再造林費を賄えないのが一般的であるため、伐採と造林の一貫作業システムの導入、コンテナ苗や成長に優れた苗木の活用、低密度での植栽、機械化等による低コスト造林技術の開発・実証等による再造林コストの低減を図る事業が進められている（岩手県 2014；駒木 2017；岡 2014；森林総合研究所 2013；渡邊 2014）。

片桐（2018）は、車両系作業システムと架線系作業システムの調査を行い、岡山県における平均的な皆

伐作業条件において生産コストを比較した。その結果、傾斜地において林業専用道が作設できる場合は架線系作業システムにより、また、高密度に路網を作設できる場合は造材機械で直接伐倒木を把持することにより生産コストが低減できることが示された。山崎ら (2018) は、立木の太径化が進む地域において従来型の集材作業システムでは効率の良い作業ができず、作業システムのミスマッチが起きていることから、10tトラックによる運材や欧州製のタワーヤードによる集材を可能にするため、作業道を改良する事業の実施前後の伐出経費を比較した。そして、作業道改良費も含めた伐出経費は作業道改良前の伐出経費よりも削減されることが示された。

岡子 (2018) は、富山県のような多雪地帯においては、スギの植栽は乾燥する春を避け、晩秋に行うのが一般的であるが、コンテナ苗を秋に植栽すると積雪被害の多発を招くことから、春植栽における活着状況を調査し、スギ裸苗に対するコンテナ苗の優位性を示した。また、植栽 1 年目の成長や積雪被害についてはコンテナ苗ディブル深植えでは裸苗と明確な差はなく、コンテナ苗の乾燥期植栽、特にディブルによる深植えの有効性が示された。

倉本ら (2018) は、カラマツに比べて材価が低く初期成長の遅いトドマツ人工林において、主伐後に天然更新を誘導するための重機による地表処理方法を検討した。その結果、グラップルよりはバケットの効率が高いこと、さらにバケットでは「引寄せ」操作がササの除去に効果的であることなどが明らかとなった。山田ら (2018) は、カラマツ及びトドマツ伐採跡地においてクラッシャによる地拵え作業試験を行い、クラッシャはバケットと比較して作業効率はあまり変わらないが、つぶれ地が解消されて林地が有効利用できることが示された。大矢ら (2018) は、傾斜や枝条量などが機械地拵えの生産性とコストに与える影響を分析した。傾斜が大きく、枝条量が多くなると生産性が低下し、コストが増加するが、人力作業と比較すると生産

性は向上し、コストは削減された。また、枝条が大量に発生する場合は、グラップルよりもバケットを選択したほうがコストは抑制された。

栃木県では 2014 年度、2015 年度に森林組合など林業事業者、製材業者、工務店・住宅メーカーといった林業・木材産業の業種間 3 者が協定を結んでグループ化し、未利用木材を含めたすべての木材を搬出する「全量型皆伐」と地拵え・植付から 5 年目までの下刈りを実施することにより、皆伐面積 1ha あたり 32 万円を上限に助成を受けることができる「森林資源循環利用先導モデル事業」が創設された (日本林業調査会 2014)。

その成果と課題をふまえ栃木県では、2016 年度、2017 年度に「次世代の森林創生実証事業」を行った (日本林業調査会 2016)。これは、川上から川下までの異業種間で連携したグループが取り組む大面積地における全量 出材型皆伐の成果を通して、皆伐施業の促進を図ることを目的とするものである。「森林資源循環利用先導モデル事業」との大きな違いとして、1 箇所あたりの皆伐面積を 5ha 以上として、補助金を ha あたり 30 万円としている。これは、より大面積地での皆伐を行うことで生産性の向上を狙い、またそれを見込んで助成金額を減額したものと考えられる。

本研究では、2016 年度、2017 年度に宇都宮市で「次世代の森林創生実証事業」として行われた皆伐作業と地拵え・植付作業についての時間観測調査を行い、皆伐再造林の生産性、コストを分析し、郡司ら (2017) が分析した 2014 年度、2015 年度に宇都宮市で「森林資源循環利用先導モデル事業」として行われた皆伐再造林の生産性、コストと比較検討した。また、2014 年度～2017 年度の作業日報と精算書から収支を分析した。

2. 調査概要

2.1 調査地概要

調査地は 2014 年度を調査地 A、2015 年度を調査地 B とし、2016 年度は栃木県宇都宮市篠井町の民有林 20

表-1 調査地の概要

	調査地A	調査地B	調査地C	調査地D	調査地E
小班名	9林班イ2小班他	21林班イ5小班	20林班エ39小班他	23林班ア150小班他	3林班ウ1小班他
樹種	ヒノキ/スギ	ヒノキ/アカマツ	ヒノキ/スギ	ヒノキ/スギ	ヒノキ/スギ
林齢 (年)	42~70	72	43~74	55~83	54~78
小班面積 (ha)	1.16	0.84	5.60	5.63	7.65
平均林地傾斜 (°)	18	19	12	23	23
路網密度 (m/ha)	484	320	520	526	442
平均胸高直径 (cm)	26	21	33	36	33
平均樹高 (m)	19	16	23	19	23
平均幹材積 (m ³ /本)	0.66	0.33	1.02	0.93	1.01
立木密度 (本/ha)	997	1,300	460	303	480
蓄積 (m ³ /ha)	659	424	465	282	483
伐採木平均胸高直径 (cm)	30	23	29	38	33
伐採木平均樹高 (m)	22	17	22	23	21
伐採木平均幹材積 (m ³ /本)	0.85	0.45	0.82	1.27	0.91
平均歩留まり (%)	91	81	94	86	93
平均素材材積 (m ³ /本)	0.78	0.37	0.77	1.10	0.85
伐採材積 (m ³ /ha)	659	424	465	282	483
出材量 (m ³ /ha)	599	343	437	243	451

林班エ準林班 39～42, 47, 49, 51～53, 56B, 57, 62, 65 小班の計 13 小班 (調査地 C), 2017 年度は栃木県宇都宮市篠井町の民有林 23 林班ア準林班 150～153, 155～156, 160 小班の計 7 小班 (調査地 D) と、栃木県宇都宮市新里町の民有林 3 林班ウ準林班 1～12, 14～17, 19, 21～23 小班の計 20 小班 (調査地 E)

の 2 箇所である (表-1, 図-1, 写真-1～3).

表-1 の林齢は森林簿より, 面積は実測より, 平均林地傾斜は国土地理院の国土基盤情報 10m メッシュの数値標高モデル DEM より, 平均胸高直径, 平均樹高, 平均幹材積, 立木密度, 蓄積は, 調査地内に設置した 10m 四方のプロット調査より求めた. 材積式は立木幹

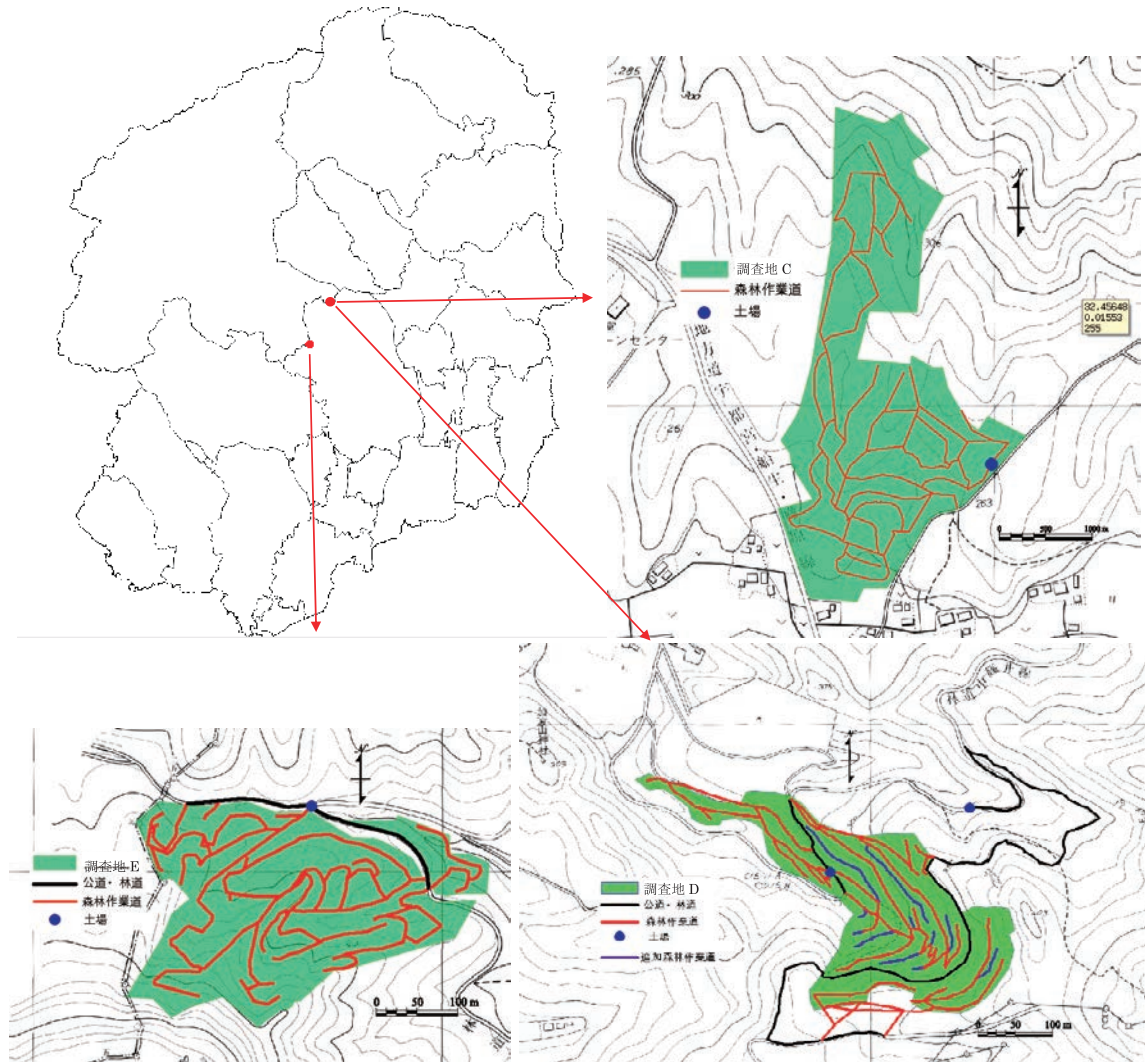


図-1 調査地



写真-1 調査地 C の作業前 (左) と作業後 (右)

材積表（東日本編）を利用した（林野庁 1970）。伐採木平均胸高直径・樹高・幹材積は伐倒時に計測し、平均素材材積は造材時に計測し、伐採木平均幹材積と平均素材材積から平均歩留まりを算出し、平均歩留まりを用いて出材量を算出した。なお、調査地 E では歩留まりが 1 を超えてしまうため、宇都宮市森林組合で調査した歩留まりを用いて、平均素材材積、出材量を算出した。調査地 C～E の面積は 5ha 以上であり、調査地 C は緩傾斜、調査地 D, E は中傾斜である。また、調査地 C～E は調査地 A, B と比べて幹材積が大きく、立木密度は低い。

2.2 皆伐作業

調査地 C の皆伐作業は 2017 年 1 月 10 日から 3 月 11 日に行われ、そのうち 54 日作業が行われた。作業は作業道作設がバックホウ（CAT304CCR）、伐倒はチェーンソー（ゼノア GZ4300EZ）、集積はグラップル（日立 ZAXIS 135US、イワフジ GS-90LJ）、造材はプロセッサ（日立 ZAXIS 135US、イワフジ GP-35A）、搬出はグラップル（CAT304CCR）でフォワーダ（モロオカ MST-500VDL, MST-600VDL）に積込、土場でグラップル（コマツ PC35MR）で荷下ろしのシステムにより行われた。搬出の積込用・荷下ろし用グラップルは専属でそれぞれ 1 名ずつ乗車し、積込・荷下ろし以外の時間は造材された丸太の集積や桤積などを行っていた（写真－4）。

作業人数は 4 人で、チェーンソー伐倒が 2 人、グラップル集積が 1 人、プロセッサ造材が 1 人の作業日と、フォワーダ搬出が 4 人（積込用・荷下ろし用グラップル含む）の作業日があった。時間観測は、2017 年 1 月 31 日にチェーンソー伐倒 3,726 秒（62 分 06 秒）、グラップル集積 1,910 秒（31 分 50 秒）、プロセッサ造材 2,010 秒（33 分 30 秒）と 2 月 15 日にプロセッサ造材 5,392 秒（89 分 52 秒）、2 月 1 日にフォワーダ搬出 10,802 秒（180 分 02 秒）を行った。

調査地 D の皆伐作業は 2018 年 1 月 10 日から 2018 年 3 月 22 日に行われ、そのうち 57 日作業が行われた。調査地 A～D は同じ事業者により作業が行われ、作業システムは調査地 C と同様であるが、フォワーダはモロオカ MST-600VDL の 1 台のみである。搬出は積み込み、荷下ろしともにフォワーダの作業者が行った（写真－5）。作業人数は 4 人で、チェーンソー伐倒が 1 人、グラップル集積が 1 人、プロセッサ造材が 1 人、フォワーダ搬出が 1 人であった。時間観測は、2018 年 2 月 6 日にチェーンソー伐倒 3,495 秒（58 分 15 秒）、プロセッサ造材 7,200 秒（120 分 00 秒）と、2 月 14 日にフォワーダ搬出 12,276 秒（204 分 36 秒）を行った。なお、グラップル集積は時間観測を行わなかったが、チェーンソー伐倒と連携して行っていたため、チェーンソー伐倒と同じ生産性とした。

調査地 E の皆伐作業は調査地 A～D とは別事業者



写真－2 調査地 D の作業前（左）と作業後（右）



写真－3 調査地 E の作業前（左）と作業後（右）

によって、2017年10月17日から12月28日に行われ、その内60日間作業が行われた。作業道開設はバックホウ（コマツPC35MR、コマツPC78US）、伐倒はチェーンソー（ハスクバーナ555）、造材はプロセッサ（イワフジCT500B、イワフジGP532）、搬出はグラップル（コマツPC78US）でフォワーダ（イワフジU3-B）に積込、荷下ろしは土場でグラップル（コマツPC35MR）によって行われた（写真-6）。積込用グラップルは専属で、荷下ろしはフォワーダの作業者が行っていた。積込用グラップルは積込以外の時間は造材された丸太の集積

や極積などを行っていた。作業人数は4人で、チェーンソー伐倒が1人、プロセッサ造材が1人、積込用グラップルが1人、フォワーダ搬出が1人であった。時間観測は、2017年11月15日にチェーンソー伐倒5,250秒（87分30秒）、プロセッサ造材2,992秒（49分52秒）、フォワーダ搬出5,515秒（91分55秒）、11月16日にプロセッサ造材3,248秒（54分08秒）、フォワーダ搬出6,342秒（105分42秒）を行った。

2.3 再造林作業

調査地Cの再造林作業は2017年4月12日から6月8日まで行われ、その内13日間で地拵え、20日間が植付作業であった。再造林作業は皆伐作業と同じ事業者によって行われた。地拵え作業の時間観測は、2017年4月14日にグラップル（ヤンマーViO55）2,082秒（34分42秒）、グラップル（日立ZAXIS135US）2,374秒（39分34秒）、4月17日にグラップル（CAT304CCR）1,145秒（19分05秒）を行った（写真-7）。植付作業の時間観測は4月25日に2,962秒（49分22秒）を行った。苗は春播、直播によって育てられた2年生の苗高35cm、根本直径5mm、根鉢150ccのコンテナ苗を使用した。コンテナ苗は10本ずつビニール袋に入れられ、ネットに50本入った状態で現場へ搬入された。その後、植付作業現場の近くまでフォワーダによって一定量まとめて運搬され、そこからネットごと個別に



写真-4 調査地Cの皆伐作業（積込・荷下ろしグラップルとフォワーダ2台による搬出）



写真-5 調査地Dの皆伐作業（左：プロセッサ造材、右：フォワーダ搬出）



写真-6 調査地Eの皆伐作業（左：プロセッサ造材、右：フォワーダ搬出）

植付地近くまで運搬された(写真-8)。なお、調査地 D と E も植付作業現場の近くまではフォワーダによって一定量まとめて苗木は運搬された。現場ではコンテナ苗を 2.0 m 間隔の正方形植えで、2,500 本/ha で植栽し、スギ苗 7,000 本、小花粉スギ苗 7,000 本の計 14,000 本を植え付けた。植付作業は 4 人でディブル 2 本とポリプロピレン製のロープを使用して行われた。まず全員が 2m おきに印のついたロープを張り、その後 2 名がロープを目印にディブルを使用して順に掘り込み、続いて他 2 名が植付を行い、1 列完了したらロープを 2m ずらして張り、再び掘り込み・植付を行う、という方法で行われた。植付作業はすべてディブルで行われた。

調査地 D での再生林作業は 2018 年 3 月 23 日から 6 月 6 日まで行われ、その内 21 日間が地拵え、19 日間が植付作業であった。再生林作業は調査地 C と同様、皆伐作業と同じ事業体によって行われた。また、再生林作業を行うにあたり作業道が追加され、路網密度は 526m/ha から 632m/ha へ増加した(図-1)。なお、いずれの調査地でも作業道においても植え付け作業を行った。地拵え作業の時間観測調査は 4 月 10 日にグラップル(日立 ZAXIS 135US)を 2,037 秒(33 分 57 秒)、4 月 12 日にロングリーチバケット(日立 ZAXIS 135US)を 5,016 秒(83 分 36 秒)を行った(写真-9)。植付作業の時間観測は 5 月 8 日に 2,010 秒(33 分 30 秒)、5 月 22 日に 1,913 秒(31 分 53 秒)を行った。5 月 8

日は唐鍬での掘り込み 2 名と植え付け 2 名、苗運び 1 名の計 5 名でヒノキの裸苗を、5 月 22 日はディブルでの掘り込み 2 名と植え付け 2 名、苗運び 1 名の計 5 名でスギのコンテナ苗の植付を行った。

調査地 E では皆伐作業と同時に地拵えを行ったため、今回は調査を行わなかった。植付作業は調査地 A と同様、造林専門の事業体によって、2018 年 5 月 10 日から 5 月 13 日の 4 日間行われた。植付作業の時間観測は 5 月 10 日に 2,525 秒(42 分 05 秒)を行った。作業は唐鍬 1 人作業でヒノキ裸苗の植え付けを行う 4 名と、ディブルでの掘り込みとスギコンテナ苗の植え付けを 2 人 1 組で行うペアが 3 組、計 10 名を対象に行った(写真-10)。

3. 結果と考察

3.1 皆伐作業

3.1.1 チェーンソー伐倒造材のサイクルタイム・生産性

チェーンソーによる伐倒造材作業の時間観測より得られたサイクルタイムを表-2 に示す。時間観測結果より、調査地 C~E の待機、その他を含む伐倒 1 本あたりの平均サイクルタイムはそれぞれ 4 分 23 秒、3 分 59 秒、1 分 27 秒、平均素材材積 0.77m³/本、1.10m³/本、0.85m³/本より、伐倒生産性は 10.53m³/人時、16.57m³/人時、35.34m³/人時であった。

調査地 A、D におけるサイクルタイムを見ると移動・



写真-7 調査地 C のグラップルによる地拵え(左:日立 ZAXIS135US, 右:ヤンマー ViO55)



写真-8 調査地 C の植付作業(左:フォワーダによる苗木運搬, 右:ディブルによる植付)

選木・足場作りが、他に比べ長いですが、これは調査地 B, C と比較して、調査地 A, D の時間観測時の傾斜が 30 度程度と急であったことなどが原因であると考えられる。また、調査地 C の受口切り、追口切りが長いのはグラップルとの連携作業で、グラップルの伐倒補助動作を含むためであり、調査地 D の受口切り、追口切りの時間が長いのは、伐倒木の材積が他の調査地に比べて大きかったからであると考えられる。一方、調査地 E は調査地 A, D 同様に傾斜が急であったが、伐倒作業時間が短く、技術の高さが窺えた。調査地 C と E, 特に調査地 E はプロセッサが小型であったため、元玉付近の造材をチェーンソーで行った。調査地 A, C は 2 人作業、調査地 C, D はグラップルとの連携作業であったため、待機時間が生じた。

チェーンソー伐倒に関して、立木幹材積が計測することができた調査地 D の 8 本、調査地 E の 7 本に関して、径級に関わる要素作業（受口切り、芯切り、追口切り、くさび打ち）の作業時間を幹材積 V_n (m³/本) の一次関数として、径級に関わらない要素作業（移動・選木・足場作り）の作業時間を定数（81 秒/本、23 秒/本）とすることで、サイクルタイム推定式 (1), (2) が得られた (図-2)。

$$\text{調査地 D: } CT_C = 80V_n + 81 \text{ [秒/本]} \quad (1)$$

$$\text{調査地 E: } CT_C = 36V_n + 23 \text{ [秒/本]} \quad (2)$$

チェーンソー伐倒における立木幹材積とサイクルタイムの関係を見ると (図-2)、調査地 A, D はほぼ同様の傾きであったが、定数（移動・選木・足場作り）の違いにより差が出た。また、図-2 においても調査地 E の伐倒作業時間が短く、技術の高さが確認される。

3.1.2 グラップル集積のサイクルタイム・生産性

グラップルによる集積作業の時間観測より得られたサイクルタイムを表-3 に示す。時間観測結果より、調査地 C の平均サイクルタイムが 2 分 57 秒、平均素材材積は 0.77m³/本より、労働生産性は 15.66m³/人時となった。調査地 C は伐倒補助を行っており、大きな割合を占めていた。また、チェーンソーと連携での作業であったが、チェーンソー 2 台に対してグラップルは 1 台だったため、待機時間は短かった。

3.1.3 プロセッサ造材のサイクルタイム・生産性

プロセッサによる造材作業の時間観測より得られたサイクルタイムを表-4 に示す。調査地 E では造材木を 63 本観測したが、その中に既にチェーンソーで一部造材されているものが含まれており、今回はそれらを除いた未造材の 26 本を用いて時間観測を行った。時間観測結果より、調査地 C ~ E の造材 1 本あたりの平均サイクルタイムは 2 分 48 秒, 4 分 48 秒, 4 分 00 秒、平均素材材積 0.77m³/本, 1.10m³/本, 1.24m³/本より、



写真-9 調査地 D の地拵え作業 (左: グラップル, 右: ロングリーチバケット)



写真-10 調査地 E の植付作業 (左: ヒノキ裸苗, 右: スギコンテナ苗)

労働生産性は 16.57m³/人時, 13.75m³/人時, 18.70m³/人時であった。調査地 D は材掴みと枝払い・玉切りの時間が長くなっているが、これは材が折り重なって集積されていたためである。調査地 C, D は末木処理と桝積みの時間が長くなっているが、これは調査地 A, E では造材作業後に積込用グラブがこれらの作業を行っていたのに対して、調査地 C, D はプロセッサが単独で作業していたためである。調査地 E で枝条整理の時間が長くなっているが、これは進行方向の作業道上で枝払いしていたためである。

造材作業に関して、径級に関わる要素作業（枝払い・玉切り、チェーンソー造材）の作業時間を素材材積 V_l (m³/本) の一次関数として、径級に関わらない要素作業（材掴み、末木処理、桝積み、枝条整理、移動）の作業時間を定数（68 秒/本, 116 秒/本, 140 秒/本）とすることで、サイクルタイム推定式 (3) ~ (5) が

得られた (図-3)。

$$\text{調査地 C: } CT_P = 115V_l + 68 \text{ [秒/本]} \quad (3)$$

$$\text{調査地 D: } CT_P = 124V_l + 116 \text{ [秒/本]} \quad (4)$$

$$\text{調査地 E: } CT_P = 74V_l + 140 \text{ [秒/本]} \quad (5)$$

造材作業における素材材積とサイクルタイムの関係を見ると (図-3), いずれも当てはまりは良くなかったが、同じ事業体の調査地 A, C, D は傾きがほぼ同一で、前後でグラブが作業していた調査地 A がもっとも定数が小さく、次に傾斜が緩い調査地 C の定数が小さかった。

3.1.4 フォワード搬出のサイクルタイム・生産性

フォワードによる搬出作業の時間観測より得られたサイクルタイムを表-5 に示す。時間観測結果より、

表-2 チェーンソー伐倒造材のサイクルタイムと占有率 (%)

	調査地A	調査地B	調査地C	調査地D	調査地E
移動・選木・足場作り	1'47" (45.8)	41" (12.1)	41" (13.0)	1'21" (34.0)	23" (11.4)
受口切り	21" (9.2)	21" (0.3)	45" (14.3)	50" (21.0)	10" (4.7)
芯切り	1" (0.4)	1" (0.1)	- (-)	- (-)	- (-)
追口切り	23" (10.0)	29" (8.6)	36" (11.6)	55" (23.0)	25" (12.2)
くさび打ち	19" (8.3)	10" (2.9)	- (-)	9" (3.6)	13" (6.3)
伐倒作業	2'52" (73.7)	1'41" (30.1)	2'03" (38.9)	3'15" (81.6)	1'11" (34.5)
枝払い・玉切り	- (-)	3'08" (55.8)	27" (8.4)	- (-)	1'33" (45.4)
材長計測	- (-)	- (-)	7" (2.1)	- (-)	7" (3.5)
移動	- (-)	48" (14.1)	19" (5.9)	- (-)	18" (9.0)
造材作業	- (-)	3'56" (69.9)	52" (16.4)	- (-)	1'59" (57.9)
待機	44" (18.8)	- (-)	2'10" (41.3)	44" (18.4)	- (-)
その他	18" (7.5)	- (-)	11" (3.4)	- (-)	16" (7.6)
合計	3'54" (100)	5'37" (100)	5'15" (100)	3'59" (100)	3'26" (100)
測定サイクル数 (本)	8	7	10	14	21
平均幹材積 (m ³ /本)	0.85	0.45	0.82	1.27	0.91
労働生産性 (m ³ /人時)	13.10	4.85	9.37	19.14	15.93
伐倒生産性 (m ³ /人時)	13.10	16.11	11.22	19.14	37.83
平均素材材積 (m ³ /本)	0.78	0.37	0.77	1.10	0.85
労働生産性 (m ³ /人時)	11.91	3.93	8.80	16.57	14.88
伐倒生産性 (m ³ /人時)	11.91	13.07	10.53	16.57	35.34

表-3 グラブ集積のサイクルタイムと占有率 (%)

	調査地A	調査地B	調査地C
木寄	64" (39.8)	6" (3.0)	28" (15.8)
桝積	50" (30.8)	38" (18.4)	44" (24.9)
枝条整理	7" (4.1)	59" (28.2)	11" (6.2)
走行	15" (9.0)	12" (5.9)	28" (15.8)
伐倒補助	- (-)	- (-)	52" (29.4)
プロセッサ受渡し	12" (7.6)	- (-)	- (-)
造材補助	1" (0.4)	28" (13.3)	12" (6.8)
待機時間	10" (6.0)	1'05" (31.3)	2" (1.1)
整地	4" (2.4)	- (-)	- (-)
合計	2'42" (100)	3'28" (100)	2'57" (100)
測定サイクル数 (本)	14	9.7	11
立木幹材積 (m ³ /本)	0.85	0.45	0.82
労働生産性 (m ³ /人時)	18.88	3.92	16.68
平均素材材積 (m ³ /本)	0.78	0.37	0.77
労働生産性 (m ³ /人時)	17.33	3.18	15.66

表-4 プロセッサ造材のサイクルタイムと占有率 (%)

	調査地A	調査地C	調査地D	調査地E
材掴み	18" (14.4)	33" (19.6)	1'04" (22.1)	27" (11.4)
枝払い・玉切り	1'35" (76.4)	1'40" (59.5)	2'26" (50.9)	1'17" (31.9)
チェーンソー造材	- (-)	- (-)	- (-)	18" (7.7)
末木処理	8" (6.2)	10" (6.0)	8" (2.9)	3" (1.2)
桝積	3" (2.4)	20" (11.9)	28" (9.6)	4" (1.7)
造材作業	2'04" (99.5)	2'44" (97.6)	4'06" (85.5)	2'09" (53.9)
枝条整理	- (-)	- (-)	14" (4.8)	1'25" (35.5)
走行	1" (0.4)	4" (2.3)	3" (0.9)	13" (5.3)
待機	- (-)	- (-)	- (-)	8" (3.5)
その他	- (-)	- (-)	25" (8.5)	4" (1.8)
作業時間	2'05" (100)	2'48" (100)	4'48" (100)	4'00" (100)
測定サイクル数 (本)	19	44	25	26
平均丸太材積 (m ³ /玉)	0.14	0.14	0.18	0.20
平均玉数 (玉/本)	5.7	5.5	6.3	6.2
平均素材材積 (m ³ /本)	0.78	0.77	1.10	1.24
造材歩留まり (%)	91	94	86	93
労働生産性 (m ³ /人時)	22.50	16.57	13.75	18.70

調査地 C～E の平均サイクルタイムがそれぞれ 15 分 00 秒 (900 秒 / 回), 22 分 38 秒 (1,358 秒 / 回), 27 分 17 秒 (1,637 秒 / 回), 平均積載量 5.41m³/ 回, 4.08m³/ 回, 8.16m³/ 回, 調査地 C, E はフォワーダ 1 台当たり 2 人, 調査地 D は 1 人作業のため労働生産性は 10.82m³/ 人時, 10.76m³/ 人時, 8.97m³/ 人時であった。調査地 C はフォワーダ 2 台に対して, 積込用・荷下ろし用グラブが専属で作業員がいたため, 積込, 荷下ろし時間が短かった。調査地 E では極積が点在しており, その間を移動し積込を行うことがあったため, 他の調査地に比

べて積込移動の時間が長くなった。調査地 D は 1 人作業のため, 調査地 E は積載量が大きかったため, 調査地 A, B と比較して労働生産性は高かった。

フォワーダの搬出距離 L (m/ 回) を変数とし, 空走行速度 (0.77m/s, 1.47m/s, 1.58m/s), 実走行速度 (0.83m/s, 1.40m/s, 1.33m/s), 走行時間を除いたサイクルタイムの合計 (681 秒 / 回, 1,090 秒 / 回, 1,184 秒 / 回) を用いて, サイクルタイム推定式 (6) ~ (8) が得られた (図-4)。

調査地 C: $T_F = 2.51L + 681$ [秒 / 回] (6)

調査地 D: $T_F = 1.40L + 1,090$ [秒 / 回] (7)

調査地 E: $T_F = 1.38L + 1,184$ [秒 / 回] (8)

調査地 C は集材距離が短く, 速度が遅かったため, 長距離の搬出ではサイクルタイムが過剰に搬出される推定式となった。調査地 D, E はほぼ同一の推定式となったが, 調査地 E では刻印打ちがあったため, 定数が大きくなった。

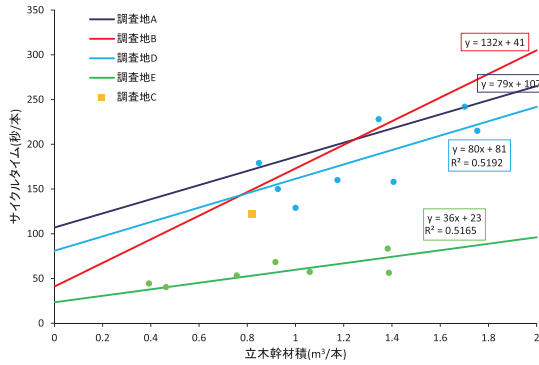


図-2 伐倒のサイクルタイム比較

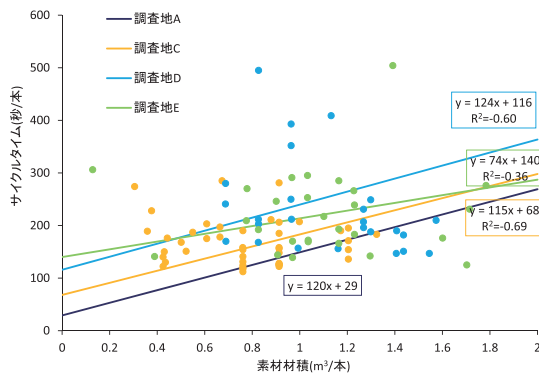


図-3 造材のサイクルタイム比較

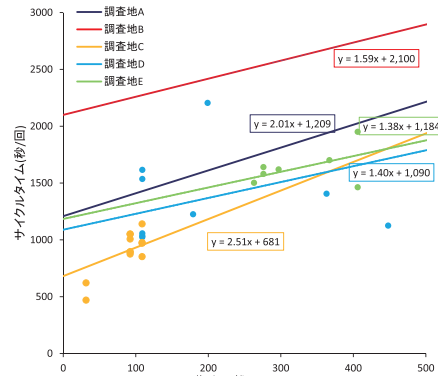


図-4 搬出のサイクルタイム比較

表-5 フォワーダ搬出のサイクルタイムと占有率 (%)

	調査地 A	調査地 B	調査地 C	調査地 D	調査地 E
空走行	3'03" (11.5)	3'29" (8.3)	1'54" (12.7)	2'11" (9.7)	3'27" (12.6)
積込	12'39" (48.2)	14'17" (34.1)	5'53" (39.2)	9'18" (41.1)	6'22" (23.4)
積込移動	- (-)	11" (0.4)	4" (0.5)	15" (1.1)	59" (3.6)
実走行	3'05" (11.7)	3'28" (8.3)	1'46" (11.7)	2'18" (10.1)	4'06" (15.0)
荷下ろし	7'27" (28.4)	9'29" (22.7)	3'39" (24.3)	5'53" (25.9)	7'13" (26.5)
土場片付け	- (-)	- (-)	- (-)	21" (1.5)	1'23" (5.1)
刻印打ち	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	1'32" (5.6)
待機	3" (0.2)	11'03" (26.3)	1'35" (10.5)	- (-)	- (-)
その他	- (-)	- (-)	10" (1.1)	2'23" (10.5)	2'15" (8.3)
合計	26'15" (100)	41'56" (100)	15'00" (100)	22'38" (100)	27'17" (100)
測定サイクル数 (回)	2	3	12	9	7
平均積載量 (m ³ / 回)	4.10	3.75	5.41	4.08	8.16
平均搬出距離 (m/ 回)	182	260	88	193	327
平均空車速度 (m/ 秒)	1.00	1.25	0.77	1.47	1.58
平均実車速度 (m/ 秒)	0.99	1.26	0.83	1.40	1.33
労働生産性 (m ³ / 人時)	4.68	2.68	10.82	10.76	8.97

3.1.5 作業システムの生産性

作業システムの労働生産性を直列作業として求めると表-6となる。表-6には1日の作業時間を6時間として1日当たりの労働生産性も示す。また、作業日報より人工数を求めて算出した労働生産性も併せて示す。時間観測から求めた労働生産性は2008年度主伐作業の全国平均4.00m³/人日(林野庁2010)、高性能林業機械を用いた主伐作業の全国平均5.26m³/人日(林野庁2010)、2009年度主伐作業の全国平均4.76m³/人日(林野庁2012)と比較すると高い値である。ただし、作業日報では調査地Bが2009年度主伐作業の全国平均4.76m³/人日(林野庁2012)を下回る。なお、全国平均の労働生産性は素材生産量を投下労働量の従事日数で除した値であり、段取り等も含めた値である。

また、調査地Bを除く時間観測から求めた労働生産性は、栃木県内の皆伐事例として報告された2006年度の8~12m³/人日(林野庁2006)、2009年度の7~8m³/人日(林野庁2009)、2011年度の10.02~13.59m³/人日(T森林組合2013)や、10年後の目標として示されている11~13m³/人日(林野庁2012)と比べても高い。ただし、作業日報では傾斜が緩かった

調査地Cと事業体が異なる調査地Eのみ、これらの数値を上回った。

時間観測と作業日報を比較すると、調査地A、Dは作業日報で求めた労働生産性は時間観測の半分程度であった。調査地Aは雪害木処理のため、調査地Dは時間観測地が土場に近い条件の良いところであったためである。時間観測から求めた労働生産性を利用する場合は注意する必要がある。

3.1.6 コスト

以上で求められた生産性 P (m³/時)と、労務経費 C_L (2,550円/人時)、作業人数 N (人)、固定費 C_F (円/台時、表-7)、変動費 C_V (円/台時、表-7)、稼働率 R 、機械台数 N_M (台)より、次式を用いて作業コスト OE (円/m³)を算出した(表-8)。なお、稼働率はフォワーダは表-6の空走行、積込移動、実走行、荷下ろし用グラップルは荷下ろし、土場片付け、調査地C、Dの積込用グラップルは積込とした。また、調査地Cの積込用・荷下ろし用グラップルは2台のフォワーダと作業していたため稼働率を2倍とし、他の機械は100%とした。

表-6 労働生産性 (m³/人時) 比較

	調査地 A		調査地 B		調査地 C		調査地 D		調査地 E	
	時間観測	作業日報	時間観測	作業日報	時間観測	作業日報	時間観測	作業日報	時間観測	作業日報
伐倒	11.91	4.85	13.07	*1.76	10.53	7.55	16.57	4.99	35.34	18.62
集積	17.33	10.58	3.18	4.97	15.66	13.23	**16.57	8.42	-	21.86
造材	22.50	9.07	5.63	-	16.57	17.94	13.75	11.33	18.70	16.32
搬出	4.68	2.91	2.68	1.92	10.82	8.20	10.76	4.77	8.97	15.78
合計	2.50	1.33	1.06	0.77	3.21	2.59	3.49	1.62	5.17	4.46
(m ³ /人日)	15.01	7.95	6.37	4.64	19.26	15.56	20.95	9.72	31.05	26.78
作業道作設含む	-	1.31	-	0.75	-	2.49	-	1.51	-	4.05
(m ³ /人日)	-	7.87	-	4.50	-	14.97	-	9.03	-	24.30

* 伐倒造材、** 調査地Dではグラップル集積は時間観測を行わなかったが、チェーンソー伐倒と連携して行っていたため、チェーンソー伐倒と同じ生産性とした。

表-7 機械経費 (円/台時)

機械	固定費	変動費	機械経費
ミニバックホウ	1,375	768	2,143
チェーンソー	82	328	410
ミニグラップル	1,575	785	2,360
小型グラップル	1,764	1,182	2,946
中型グラップル	3,032	1,348	4,380
小型プロセッサ	2,722	1,331	4,053
中型プロセッサ	3,448	1,772	5,220
フォワーダ	2,262	1,266	3,528

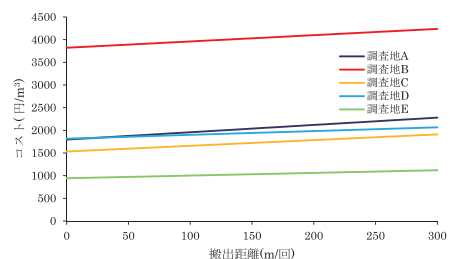


図-5 作業システムの皆伐コスト比較

表-8 皆伐コスト (円/m³) 比較

	調査地 A		調査地 B		調査地 C		調査地 D		調査地 E	
	時間観測	作業日報	時間観測	作業日報	時間観測	作業日報	時間観測	作業日報	時間観測	作業日報
作業道作設	-	56	-	224	-	84	-	261	-	129
伐倒	248	824	230	*2,113	281	494	180	749	84	209
集積	286	718	1,247	1,475	442	577	421	935	-	387
造材	294	871	524	-	468	512	565	781	353	566
搬出	1,262	2,187	2,180	3,610	452	1,271	810	2,098	698	617
合計	2,090	4,600	4,182	7,198	1,642	2,855	1,976	4,564	1,136	1,779
作業道作設含む	-	4,656	-	7,423	-	2,939	-	4,825	-	1,908

* 伐倒造材

$$OE = \frac{C_L N + (C_F + C_V \times R) N_M}{P} \quad [\text{円}/\text{m}^3] \quad (9)$$

調査地 C～E の皆伐コストはいずれも 2,000 円/m³ を下回った。ただし、作業日報では調査地 E のみ 2,000 円/m³ を下回り、ここでも調査地 E の事業体の技術力の高さが確認された。ただし、作業日報の皆伐コストも、2008 年度主伐作業の全国平均 6,342 円/m³、高性能林業機械を用いた主伐作業の全国平均 5,162 円/m³ と比較すると低い値である（林野庁 2010）。また、栃木県内の事例では 2006 年度に緩傾斜地で 3,500 円/m³ 程度、急傾斜地で 4,000 円/m³ 程度（林野庁 2006）、2009 年度に 4,000～6,000 円/m³（林野庁 2009）と報告されており、作業日報の皆伐コストでも低コストで素材生産が行われていることが分かる。また、フォワードの搬出距離 L (m/回) を変数として皆伐コストを推定したが（図-5）、調査地 A～E の大小関係はほぼ変わらなかった。

3.2 再生林作業

3.2.1 地拵作業の所要人工数

地拵作業の時間観測結果を表-9 に、作業日報結果を表-10 に示す。時間観測結果より、調査地 C のミニグラブの所要人工数は 9.7 人日/ha と、調査地 C と D の中型グラブの 5.3 人日/ha と 7.4 人日/ha より大きく、中型グラブの優位性が示された。さらにロングリーチバケットは 3.3 人日/ha、1.5 人日/ha と、バケットの優位性、また、バケットでは押し出し作業の優位性が示された。これらは倉本ら（2018）や大矢ら（2018）と同様な傾向である。また、大矢ら（2018）は傾斜や枝条量が増加すると所要人工数が増加することを示している。一方、倉本ら（2018）はバケットで

の引き寄せ、押し出し作業に有意な違いは見られなかったと報告している。

作業日報では調査地 C が調査地 B、D と比較して、同じ事業体の作業では所要人工数が少なかった。調査地 C は緩傾斜であったこと、調査地 B はミニグラブで全ての作業を行ったことなどが原因として考えられる。調査地 E は所要人工数が少ないが、これは皆伐作業時に枝条等を整理しながら作業を行い、地拵時間が短かったためであると考えられる。過去の事例では、緩傾斜地で 1.7 人日/ha、中～急傾斜地で 1.3 人日/ha（岡 2014）、平均傾斜 7～30 度では 11.6 人日/ha（岩手県 2014）と報告されている。時間観測のロングリーチバケットや、作業日報の調査地 E は岡（2014）と同様の所要人工数であり、また、他の岩手県（2014）よりは少ない所要人工数で、機械を用いることで効率的に作業が行われていたことが分かる。

3.2.2 植付作業の所要人工数

植付作業の時間観測結果を表-11 に、作業日報結果を表-12 に示す。時間観測結果より、調査地 A、E の造林専門の事業体が、調査地 B～D の素材生産業者に比較して、労働生産性が高く、所要人工数が低いことが分かる。調査地 A、E では、ディブルの労働生産性が低く、所要人工数が高かった。この原因として、ディブルの扱いに作業員が慣れていなかったこと、踏んで突き刺すという道具の仕様上、傾斜のある場所や地面の固い場所での作業に向いていなかったことなどが考えられる。一方、調査地 D では、唐鍬と比較して、ディブルの労働生産性が高く、所要人工数が低かった。植付作業に慣れていない作業員にとっては、1 回突き刺す作業のディブルのほうが扱いやすいと考えられる。調査地 B が調査地 C、D に対して、労働生産性

表-9 地拵作業の時間観測結果

	調査地 C		調査地 D		ロングリーチバケット	
	ミニグラブ	中型グラブ	中型グラブ	引き寄せ	押し出し	
空走行 (人日/ha)	0.6	0.4	1.0	0.1	0.1	0.1
枝条等移動・棚積み (人日/ha)	7.1	3.8	3.1	1.1	1.1	0.0
枝条等移動 (走行) (人日/ha)	-	0.1	-	-	-	-
引き寄せ (人日/ha)	1.4	0.8	2.8	2.2	2.2	-
押し出し (人日/ha)	-	-	-	-	-	1.3
抜根 (人日/ha)	0.2	-	-	-	-	-
伸縮 (人日/ha)	-	-	-	0.0	0.0	0.1
待機 (人日/ha)	-	-	0.5	-	-	-
その他 (人日/ha)	0.5	0.4	-	-	-	-
所要人工数 (人日/ha)	9.7	5.3	7.4	3.3	3.3	1.5
労務経費 (円/ha)	148,835	81,090	113,451	51,000	51,000	22,440
機械経費 (円/ha)	137,745	139,252	194,824	87,580	87,580	38,535
合計 (円/ha)	286,580	220,342	308,275	138,580	138,580	60,975

表-10 地拵作業の作業日報結果

	調査地 B	調査地 C	調査地 D	調査地 E
所要人工数 (人日/ha)	8.3	5.4	8.3	1.2
労務経費 (円/ha)	127,500	81,964	127,726	18,000
機械経費 (円/ha)	16,857	93,879	116,696	18,727
合計 (円/ha)	144,357	175,843	244,423	36,727

が高く、所要人工数が低いのは、調査地 B が唐鋤を用いて苗木植付位置を決定していたのに対し、調査地 C、D は 2m 間隔に印を付けたロープを貼って植付位置を決めていたためである。大矢ら (2016) はコンテナ苗植付の労働生産性は唐鋤 60 ~ 140 本/人時、ディブル 65 ~ 130 本/人時に対して、裸苗は 40 ~ 100 本/人時とコンテナ苗の労働生産性が高いと報告している。

作業日報でも調査地 A、E が、調査地 B ~ D と比較して、所要人工数が低かった。調査地 B ~ D では緩傾斜地の調査地 C の所要人工数が低かった。過去の事例では、緩傾斜地におけるスペードを用いたコンテナ苗植付作業で 4.7 人日/ha、普通苗で 12.9 人日/ha (岡 2014)、スギ (3,000 本/ha) のコンテナ苗で 6.3 人日/ha、普通苗で 18.5 人日/ha、カラマツ (1,000 ~ 2,500 本/ha) のコンテナ苗で 2.4 ~ 10.3 人日/ha、普通苗で 6.2 ~ 15.5 人日/ha (岩手県 2014) と報告されている。大川畑 (2003) の試算では、普通苗のスギで 16.4 人日/ha、ヒノキで 18.4 人日/ha であり、全体的にコンテナ苗の所要人工数が低いことが分かる。一方、急傾斜地ヒノキコンテナ苗ではスペードを用いた植付作業で 7.6 人日/ha、唐鋤で 5.9 人日/ha (渡邊 2014) と報告されており、本研究の調査地 A、E と同様、専用器具の所要人工数が高かった。

3.2.3 コスト

皆伐で用いた労務経費と機械経費 (表 - 7)、コンテナ苗 199 円/本、裸苗 133 円/本として、地拵えと植付作業の再造林コストを試算した (表 - 9 ~ 12)。調査地 D のロングリーチバケットは中型グラブと同額とし、苗木運搬に用いたフォワーダも作業日数分計

上した。調査地 D はコンテナ苗が 4.16ha、裸苗が 1.47ha、調査地 E はコンテナ苗が 6.80ha、裸苗が 0.85ha 植付された。

作業日報から試算された地拵えと植付作業の再造林コストは (表 - 10, 12)、調査地 A で 76 万円/ha、調査地 B で 84 万円/ha、調査地 C で 96 万円/ha、調査地 D で 109 万円/ha、調査地 E で 65 万円/ha となった。調査地 A、E は地拵え作業が皆伐作業に含まれる部分もあり、また、植付作業を造林専門の事業者が行ったことから、コンテナ苗を用いた中では再造林コストは低かった。調査地 C、D はコンテナ苗を植え付けたことから、裸苗を植え付けた調査地 B と比較して再造林コストは高かった。

森林総合研究所 (2013) によると 2,500 本/ha 植栽でコンテナ苗の再造林費用は 45 万円/ha 程度、普通苗は 80 万円/ha 程度、岩手県 (2014) ではコンテナ苗 1,500 本/ha 植栽で 68 万円/ha、普通苗 2,500 本/ha 植栽で 95 万円/ha と試算されている。また、普通苗に関しては大川畑 (2003) の試算ではスギで 70 万円/ha、ヒノキで 90 万円/ha、栃木県 (大野 2012) の試算では 4,000 本/ha 植栽で 100 万円/ha、林野庁 (2008) の調査では 75 万円/ha となっている。

3.3 収支分析

精算書から得られた素材生産量、売上、補助金から収入を試算し、作業日報から得られた皆伐と再造林コストと、精算書から得られた販売経費から支出を試算し、収支を試算した (表 - 13)。皆伐単価は表 - 8 の皆伐コストに間接経費 20% を乗じて試算した。再造林経費は表 - 10 と 12 に森林保険 59,000 円/ha と 5 年間

表 - 11 植付作業の時間観測結果

	調査地 A		調査地 B	調査地 C		調査地 D		調査地 E	
	コンテナ苗	コンテナ苗	裸苗	コンテナ苗	裸苗	コンテナ苗	裸苗	コンテナ苗	コンテナ苗
	唐鋤	ディブル	唐鋤	ディブル	唐鋤	ディブル	唐鋤	ディブル	ディブル
観測本数	6	9	65	48	30	48	35	45	
地拵え (秒/本)	-	14.8	-	0.9	-	-	6.3	-	
掘り込み (秒/本)	7.0	6.4	-	8.9	-	-	5.8	-	
植付 (秒/本)	10.7	13.6	-	10.3	-	-	15.3	-	
移動 (秒/本)	21.2	26.0	-	15.1	-	-	8.0	-	
その他 (秒/本)	-	6.0	-	25.7	-	-	0.3	-	
植付時間 (秒/本)	38.9	66.8	24.2	60.9	67.0	39.9	35.7	28.4	
生産性 (本/時)	92.5	53.9	148.8	59.1	53.7	90.2	100.8	126.8	
作業人数	1	1	3	2	2.5	2.5	1	2	
労働生産性 (本/人時)	92.5	53.9	49.6	29.6	21.5	36.1	100.8	63.4	
所要人工数 (人日/ha)	5.4	9.3	10.1	14.1	19.4	11.5	4.1	6.6	
労務経費 (円/ha)	82,663	141,950	154,275	215,688	296,615	176,641	63,219	100,583	
苗木代 (円/ha)	597,000	597,000	399,000	497,500	332,500	497,500	332,500	497,500	
合計 (円/ha)	679,663	738,950	553,275	713,188	629,115	674,141	395,719	598,083	

表 - 12 植付作業の作業日報結果

	調査地 A	調査地 B	調査地 C	調査地 D	調査地 E
所要人工数 (人日/ha)	7.8	13.1	10.4	15.6	6.3
労務経費 (円/ha)	158,276	267,143	211,286	318,863	128,000
苗木代 (円/ha)	597,000	399,000	497,500	454,418	479,167
機械経費 (円/ha)	0	25,200	75,600	71,437	11,068
合計 (円/ha)	755,276	691,343	784,386	844,719	618,235

の下刈経費 730,000 円/ha を加えた。補助金は 5 年間の下刈りも含め、コンテナ苗植付で 1,348,466 円/ha、裸苗植付で 1,181,026 円/ha に、調査地 A と B は 320,000 円/ha、調査地 C～E は 300,000 円/ha を加えたものとした。

売上単価は雪害地であった調査地 A で 8,966 円/m³ と低かったが、他は 11,000～12,000 円/m³ 程度であった。収支は皆伐単価が高かった調査地 B が赤字となったが、他の調査地は黒字となった。特に調査地 C、E は皆伐単価が低かったことから、150 万円/ha 以上の利益となった。これは栃木県内で機械化や皆伐再生林に取り組む事業者と同様な利益である（赤熊ら 2017）。林野庁（2012）が目標としている主伐の労働生産性 11～13m³/人日を超えることにより、十分な利益を得ながら持続可能な林業経営が可能であることが確認された。

4. おわりに

本研究では、2016 年度、2017 年度に宇都宮市で行われた皆伐作業と地拵え・植付作業についての時間観測調査を行い、皆伐再生林の生産性、コストを 2014 年度、2015 年度と比較検討した。また、2014 年度～2017 年度の作業日報と精算書から収支を分析した。

伐倒作業の労働生産性は事業者の技術が高い調査地 E が最も高かった。調査地 D はサイクルタイムが長かったが、幹材積が大きかったため労働生産性は調査地 C より高かった。調査地 C は 2 人作業でグラップルとも連携作業であったため待機時間が生じ、調査地 A、B より労働生産性は低かった。集積作業は調査地 C のみ時間観測したが、労働生産性は伐倒作業との連携作業であったため調査地 A より低かったが、短幹集積であった調査地 B より高かった。造材作業の労働生産性は造材作業前後でグラップルが補助をしていた調査地 A と比較し、調査地 C～E は低かった。ただし、調査地 C～E の中では調査地 E が小型機械で作業していたにもかかわらず最も高かった。これは調査地 E では造材作業後に積込用グラップルが桝積み作業を行っていたためである。調査地 C、D では調査地 D は傾斜がきつく、作業場が狭く、材が折り重なって集積されていたため、サイクルタイムが長く、労働生産性が低かった。搬出作業の労働生産性は、調査地 C はフォー

ダ 2 台に対して、積込用・荷下ろし用グラップルが専属で作業員がいたため、調査地 D は 1 人作業のため、調査地 E は積載量が大きかったため、調査地 A、B と比較して高かった。

作業システムの労働生産性は調査地 A、B と比較し、調査地 C～E は高かった。調査地 C～E の中では調査地 E が最も高く、調査地 C、D は同程度であった。ただし、作業日報の労働生産性は傾斜が緩い調査地 C が調査地 D と比較して高かった。調査地 D は時間観測地が土場に近い条件の良いところであったためである。時間観測から求めた労働生産性を利用する場合は注意する必要がある。調査地 C から E の皆伐コストはいずれも 2,000 円/m³ を下回った。ただし、作業日報では調査地 E のみ 2,000 円/m³ を下回り、ここでも調査地 E の事業者の技術力の高さが確認された。小型機械の調査地 A は調査地 C、D より皆伐コストは若干高く、造材作業がチェーンソーであった調査地 B は調査地 A、C、D の 2 倍前後であった。

地拵作業の所要人工数は調査地 C のミニグラップルが調査地 C、D の中型グラップルより大きく、中型グラップルの優位性が示された。さらにグラップルよりはバケットが、バケットでは押し出し作業の優位性が示された。植付作業の所要人工数は、調査地 A、E の造林専門の事業者が、調査地 B～D の素材生産業者に比較して低かった。再生林コストは調査地 A、E は地拵え作業が皆伐作業に含まれる部分もあり、また、植付作業を造林専門の事業者が行ったことから、コンテナ苗を用いた中では低かった。今後、再生林作業の増加が見込まれるため、新規作業員の育成が必要である。

収支は皆伐単価が高かった調査地 B が赤字となったが、他の調査地は黒字となった。特に調査地 C、E は皆伐単価が低かったことから、150 万円/ha 以上の利益となった。林野庁（2012）が目標としている主伐の労働生産性 11～13m³/人日を超えることにより、十分な利益を得ながら持続可能な林業経営が可能であることが確認された。

最後に、本研究を進めるにあたり、ご協力頂いた林業事業者の方々に謝意を表します。なお、本研究は平成 29 年度宇都宮大学地域志向教育研究支援事業及び JSPS 科研費 15H04508、16KK0168 の助成を受けたものである。

表-13 収支分析

	調査地 A	調査地 B	調査地 C	調査地 D	調査地 E
素材生産量 (m ³ /ha)	328.415	351.633	420.895	289.75	373.803
売上単価 (円/m ³)	8,966	11,091	11,561	11,860	11,248
売上 (円/ha)	2,944,713	3,899,886	4,865,773	3,436,373	4,204,501
補助金 (円/ha)	1,668,466	1,501,026	1,648,466	1,604,747	1,629,862
収入 (円/ha)	4,613,179	5,400,912	6,514,239	5,041,120	5,834,363
皆伐単価 (円/m ³)	5,588	8,907	3,527	5,790	2,290
皆伐経費 (円/ha)	1,835,033	3,132,036	1,484,426	1,677,615	856,028
販売経費 (円/ha)	1,199,458	1,299,769	1,645,465	1,150,496	1,418,314
再生林経費 (円/ha)	1,544,276	1,624,700	1,749,229	1,878,142	1,443,962
支出 (円/ha)	4,578,767	6,056,504	4,879,119	4,706,252	3,718,304
収支 (円/ha)	34,412	-655,593	1,635,119	334,868	2,116,058
収支 (円/m ³)	105	-1,864	3,885	1,156	5,661

引用文献

- 赤熊恵理, 有賀一広, 奥山智洋 (2017) 栃木県北地域における皆伐再造林の収支分析. 宇大演報 53 : 69 - 77.
- 郡司 峻, 山本嵩久, 有賀一広, 仲畑 力, 斎藤仁志 (2017) 栃木県宇都宮市における皆伐再造林の生産性とコスト. 宇大演報 53 : 15 - 26.
- 岩手県 (2014) 岩手県低コスト再造林事例集. 25pp, 岩手県, 岩手.
- 片桐智之 (2018) 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. 森利学誌 33 : 37 - 45.
- 倉本恵生, 伊藤宏樹, 関 剛, 津山幾太郎, 石橋 聰 (2018) トドマツ人工林主伐後の重機による地表処理における処理幅と作業方向による作業効率と植生除去効果の違い. 森利学誌 33 : 5 - 13.
- 駒木孝彰 (2017) 積雪地域での再造林作業コスト削減は可能か. 山林 1630 : 2 - 11.
- 日本林業調査会 (2014) 林政ニュース 第 494 号 : 16 - 17.
- 日本林業調査会 (2016) 林政ニュース 第 532 号 : 17.
- 岡 勝 (2014) 低コスト化に向けた一貫作業システムの構築に向けて - 伐出から地拵え, 植栽まで -. 山林 1556 : 35 - 44.
- 大川畑修 (2003) スギ, ヒノキ育林所要人工数, 育林費の算定例. 森利学誌 18 : 195 - 200.
- 大野英克 (2012) 森林資源フル活用に向けた取り組み. 森林利用学会シンポジウム発表資料.
- 大矢信次郎, 斎藤仁志, 城田徹央, 大塚 大, 宮崎隆幸, 柳澤信行, 小林直樹 (2016) 長野県の緩傾斜地における車両系伐出作業システムによる伐採・造林一貫作業の生産性. 日林誌 98 : 233 - 240.
- 大矢信次郎, 中澤昌彦, 猪俣雄太, 陣川雅樹, 宮崎隆幸, 高野 毅, 戸田堅一郎, 柳澤賢一, 西岡泰久 (2018) 緩傾斜地から中傾斜地における機械地拵え作業の生産性とコスト. 森利学誌 33 : 15 - 24.
- 林野庁 (1970) 立木幹材積表 (東日本編). 333pp, 日本林業調査会, 東京.
- 林野庁 (2006) 平成 18 年度林業機械化推進事例の紹介. <http://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/kikai/h18jirei.html> (2014 年 2 月 10 日アクセス).
- 林野庁 (2008) 平成 20 年度林業経営統計調査報告. http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/ringyo_keiei_08/ (2016 年 7 月 8 日アクセス)
- 林野庁 (2009) 平成 21 年度林業機械化推進事例の紹介. <http://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/kikai/H21girei.html> (2014 年 2 月 10 日アクセス)
- 林野庁 (2010) 森林・林業白書 (平成 22 年版). 145pp, 林野庁, 東京.
- 林野庁 (2012) 森林・林業白書 (平成 24 年版). 208pp, 林野庁, 東京.
- 森林総合研究所 (2013) 低コスト再造林の実用化に向けた研究成果集. 208pp, 森林総合研究所九州支所, 熊本.
- T 森林組合 (2013) 高性能林業機械及び小面積皆伐事業研修会資料. 9pp, 2013 年 12 月 20 日.
- 渡邊仁志 (2014) 急傾斜地におけるヒノキ・コンテナ苗の植栽と低コスト化に向けた課題. 山林 1562 : 34 - 39.
- 山田 健, 佐々木尚三, 倉本恵生, 上村 章, 原山尚徳, 宇都木玄, 斎藤丈寛 (2018) 地拵え用クラッシャの作業性能と造林作業にもたらす効果. 森利学誌 33 : 15 - 24.
- 山崎 真, 山崎敏彦, 鈴木保志, 三谷幸寛, 森本正延, 長澤佳暁 (2018) 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. 森利学誌 33 : 15 - 24.
- 図子光太郎 (2018) 乾燥期に植栽したスギコンテナ苗と裸苗の活着, 生育および積雪被害発生状況の比較. 森利学誌 33 : 15 - 24.