短 報

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長 島 啓 子^{1,*}・吉 永 生¹・田 中 和 博¹Cost, productivity, and profitability of a thinned-log hauling system using
smaller machines in a dense network of narrow forest roadsKeiko Nagashima^{1,*}, Iku Yoshinaga¹ and Kazuhiro Tanaka¹

長島啓子・吉永生・田中和博：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、森林計画誌52：67～74, 2019 本研究は京都府綾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。

Keiko Nagashima, Iku Yoshinaga and Kazuhiro Tanaka: Cost, productivity, and profitability of a thinned-log hauling system using smaller machines in a dense network of narrow forest roads. Jpn. J. For. Plann. 52: 67~74, 2019 This study examined the cost, labor productivity, and profitability of a thinned-log hauling system using smaller machines in a dense network of narrow forest roads at a private forest in Ayabe City, Kyoto Prefecture. By introducing this hauling system, road construction could be carried out at a low cost and higher productivity; in addition, cost of log production was expected to be low. Furthermore, the profitability could be secured with the current subsidy system; however, without subsidy, the thinned-log hauling operation would generate loss. Further research is required to clarify the limitations of this system and formulate strategies to improve profitability, such as providing good-quality logs through meticulous management, which could be accomplished by the dense network of forest roads.

I. はじめに

近年日本においては木材の蓄積量が増加する傾向にあるにも関わらず、日本の木材利用は進んでいない。これは、木材の輸入自由化に伴う木材価格の低下や林業従事者の高齢化などに加え、間伐・主伐ともに収支が赤字で、補助金込みでも造林から主伐までのトータルで赤字になっている厳しい現状等が要因となっている（林野庁、2012a）。このため、林野庁は森林の整備

の促進や木材生産の効率化・低コスト化のために、面的なまとまりをもった森林を対象とする「森林経営計画制度」を導入し、施業の集約化を進めると共に、路網と高性能林業機械を組み合わせた作業システムの普及を目指した施策を実施している（林野庁、2013）。しかし、民有林に占める森林経営計画の認定率は平成28年度末で31%にとどまっている（林野庁、2018a）。佐藤（2017）の報告によれば、森林経営計画の認定は北海道や九州など素材生産が活発な都道府県で推進さ

* 連絡先 (Corresponding author) E-mail: nagakei@kpu.ac.jp

1 京都府立大学大学院生命環境科学研究科 (606-8522 京都府京都市左京区下鴨半木町1-5

Graduate School of Life and Environmental Science, Kyoto Prefectural University, 1-5 Hangi-cho, Shimogamo, Sakyo-ku, Kyoto 606-8522, Japan

れており、所有や資源構成などで条件が不利な地域にとっては計画の作成が難しい現状が報告されている。京都府は林家数の約63%が3ha未満（農林水産省、2012）の小規模・零細な所有構造で集約化が難しく、森林組合などの林業事業体が森林経営計画の作成や効率的な施業を推進しているものの、依然生産効率が悪く供給体制が不安定な状況である（京都府農林水産部林務課、2018）。

林野庁が推進する林業の効率化・低コスト化は、ハーベスタやプロセッサ、あるいはスイングヤーダやタワーヤーダなどの高性能林業機械の導入を推進しており、路網も幅広（高規格）なものが要求される。高性能林業機械を導入することで、投下労働量を削減し、搬出間伐費用を削減でき、結果的に低コストになるということである。しかし、高性能林業機械は高価で減価償却費がかさむため、稼働率を上げなければ単位材積あたりのコストの削減は難しい。このため、一現場あたりの作業面積を大きくするなど、稼働率を上げるための工夫が必要になる（藤野、2009）。しかし、小規模零細で分散的な林業地域では、稼働率をあげる施業が難しく、施業の効率化ができていない一つの要因となっている。一方、低規格な（幅員が狭い）路網を高密度にいれ、小型グラップル、林内作業車などを用いた小規模伐出システムが、自伐林業などを中心にもう一つの低コスト化の方向性として注目されている（興梠、2014；鈴木ら、2015）。生産性は高性能林業機械を導入するほど高くなくても、機械などへの投資を抑え、最終的な経費を目標値以下にすることで、採算がとれれば有効な方法と言える（鈴木ら、2015）。また、高性能林業機械を利用しないため、道の作設による崩壊危険度を高めないように、幅員2.5mを堅持することができ（岡橋、2014）、急傾斜地においても導入可能で、一旦高密度路網が整備されれば、林内全体に

目の行き届いた育林施業や管理が可能（鈴木ら、2015）、という利点もある。しかし、この伐出システムのコスト、生産性や採算性について報告した事例は少ない（鈴木ら、2015）。特に、森林経営計画が樹立された森林での林業事業体による低規格高密度路網の生産性および採算性に関する報告はない。京都府のような小規模零細な所有構造の中、森林経営計画を樹立しながら効率的に森林管理を実施していく一つの方策を考える上で、低規格高密度路網による小規模伐出システムのコスト、生産性および採算性を把握することは重要であると考えられる。

そこで本研究では、低規格高密度路網による小規模伐出システムを導入している京都府綾部市志賀郷地区の民有林を研究対象地として、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、労働生産性（以下、生産性）および採算性を把握し、他の施業地におけるコストや生産性と比較することで、低規格高密度路網による小規模搬出間伐システム導入の効果と課題について検討した。

Ⅱ. 研究対象地及び作業システム

1. 研究対象地

対象地は京都府綾部市北部に位置する志賀郷町地区民有林である。本対象地では、協栄建設株式会社が志賀郷和会から委託を受け、平成22年から森林整備事業を行っている。本対象地の総面積は220haであり、そのうちスギ・ヒノキの人工林面積は160haで人工林率は72.5%である。

本研究では、239林班において平成26年度に路網が作設され、搬出間伐作業が行われた範囲（図-1の色部分）を解析対象地とし、その範囲内で行われた作業について調査を行った。対象地の人工林面積20.46haの

図-1 綾部市志賀郷町地区民有林 平成26年度作業範囲

内、10.01ha を56～61年生のスギ林が、6.66ha を49年生～85年生のヒノキ林が、3.78ha を49年生～58年生のスギ・ヒノキ混合林が占めている。傾斜は30°以上の場所が65%以上占める急傾斜地であり、切土土質は岩石、シルト、砂質土であった。本地域の森林整備事業は、四万十式の森林作業道の整備（以下、路網作設とする）に重点を置き、搬出間伐を中心に実施している。一方、造林も行い、長伐期施業の計画と林齢の多様化を目指した森林経営計画が実施されている。なお、四万十式路網とは、垂直切土で「全切り、全盛り」方式で盛土を重視し、床堀りや床均しで基礎をしっかりと作り、「表土ブロック積み、根株積み」で従来捨てていた表土や根株を、盛土法面に利用するといった特徴を持った、現地の素材だけで作設出来る作業道のことである。急峻で雨の多い高知県で始められた日本の気候、地形に合わせた「低コストで壊れにくい路網」であるといわれている（田邊ら、2008）。

2. 作業システム

協栄建設株式会社が行う路網作設作業における作業システムは、前伐り・粗道作設、仕上げ、スイッチバック、路盤補強、洗い越しの5つの工程がある。なお、前伐り・粗道作設は原則2人1班で行われており、仕上げの重機作業が内1人の作業員によって行われている。事前に設定されたルートに沿って路網を作設するために、支障となる立木をチェーンソーを用いて伐採することを前伐りの作業工程と言い、前伐り後バックホウによる切土、盛土、掘り返し等を行い路網の原型を作る粗道作設が行われる。その後、当日及び別日に粗道作設が行われた場所を再度、バックホウを用いて掘り返しと道幅拡張を行い、ならしと締め固めが行われる仕上げの工程があり、この作業を基本としてスイッチバックやS字カーブを作設する。そして、堅牢性の保持や排水処理の観点から必要な箇所には路盤補強、洗い越しの作業工程がある。スイッチバックとは、土質や雨水処理または長尺材の搬出を考慮し、地形改変を抑えることを目的とした方法である。なお、幅員は主線が3.0m、枝線が2.5mで、平成26年度路網作設時点の路網密度は230m/haとなっている。

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、ウインチ付グラップルで全幹集材（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（作業道上を運ぶ）、土場にて行われるグラップルによる仕分けと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。

Ⅲ. 研究方法

本研究では、本施業地で行われた平成26年度の路網作設作業と搬出間伐作業のコストを協栄建設から提供を受けた情報をもとに把握した。提供を受けたコストデータは、路網作設作業では「前伐り・粗道作設」、「仕上げ」、「スイッチバック」、「路盤補強」、「洗い越し」の5つの工程について、搬出間伐作業では「伐倒」「集材・造材」「仕分け・搬出」の3つの工程について、労務費、燃料費、車両費別に単価に数量を乗算することによってコストが算出されたものである（表-1）。なお、搬出間伐作業の「集材・造材」は伐倒後の「木寄せ」、「造材」、林内作業車による「運材」の工程を含んでいる。また、労務費にはチェーンソーなどの手持ち機械の持ち込み・管理費、作業場までの通勤費、保険料が含まれている。更に、各々の作業員の労務費の数量は作業量（人日）を表しており、合計することで各工程の作業量の把握も可能となっている。燃料費にはチェーンソーオイル、軽油、混合ガソリン、車両費としてはグラップル、林内作業車、4tダンプトラック、バックホウなどリースしている機械代となっている。なお、各工程の項目別の一日当たり単価（税込）と数量は表-1に示す。これらのコストデータに加え、H26年度集材量（850.3m³）、原木の売上、路網の総距離（7,124m）も併せて提供された。

本研究では、これらのデータをもとに、路網作設作業については、①コスト [各工程のコストの合計]、②路網作設作業単価 [①÷路網作設総距離]、③路網作設作業の収支 [森林作業道補助金－①] を算出した。搬出間伐作業については、④素材生産コスト [伐採から土場までの運材のコスト＝「伐採」と「集材・造材」に関わるコストの合計]、⑤m³あたりの素材生産コスト [④÷集材量]、⑥生産性 [集材量÷素材生産作業量（人日）]、⑦搬出間伐作業の総コスト [伐採から搬出までのコストの合計]、⑧補助金を含めない場合の搬出間伐作業の収支 [売上－⑦]、⑨補助金を含めた場合の搬出間伐作業の収支 [売上＋伐採補助金－⑦] を算出するとともに、m³あたりの平均売価単価 [売上÷集材量] の算出も行った。更に、路網作設作業と搬出間伐作業以外のコストを含めた⑩事業全体のコストおよび収支についても算出を行った。そして、これらのデータをもとに採算性の把握を行った。なお、素材生産コストは、林野庁では伐採からトラック積み込み地点（土場）までのコストと定義されていることから（林野庁、2010）、本研究もそれに習って算出を行っている。

また、研究対象とした協栄建設が各作業員に支払っている労務費は、税込み19,440～33,540円/日と、平成

表-1 搬出間伐作業および路網作設作業の工程別労務費、経費、車輛費の一日当たりの単価と数量

a: 路網作設作業

		前伐り・粗道		仕上げ		スイッチバック		路盤補強		洗い越し	
		単価(円)	数量	単価(円)	数量	単価(円)	数量	単価(円)	数量	単価(円)	数量
労務費	作業員 A	19,440* ¹	122.5(人)			19,440	3.0(人)	19,440	7.0(人)		
	作業員 B	33,540* ¹	125.9(人)	33,540	36.3(人)	33,540	6.4(人)	33,540	7.0(人)	33,540	5.0(人)
燃料費	チェーンソー オイル	500	129.0(L)			500	1.0(L)				
	軽油	130	3,860.0(L)	130	1,250.0(L)			130	240.0(L)	130	150.0(L)
	混合ガソリン	250	259.0(L)			250	2.0(L)				
車輦費	BH* ²	8,640	100.0(日)	8,640	31.9(日)	8,640	5.0(日)	8,640	7.0(日)	8,640	5.0(日)
	チェーンソー	1,080	148.0(日)	1,080	4.4(日)	1,080	4.4(日)				
	林内作業車* ³							34,560	7.0(日)		

b: 搬出間伐作業

		伐倒		集材・造材		仕分け・搬出		素材生産作業量 (人日)* ⁵	
		単価(円)	数量	単価(円)	数量	単価(円)	数量	小計	合計
労務費	作業員 A	25,000* ¹	43.0(人)	25,000	65.5(人)	25,000	9.3(人)	108.5	
	作業員 B	—	—	19,440* ¹	86.0(人)	—	—	86.0	199.5
	作業員 C	—	—	33,540* ¹	5.0(人)	33,540	6.0(人)	5.0	
燃料費	チェーンソー オイル	500	28.0(L)	—	—	—	—	—	—
	軽油	—	—	130	1,370.0(L)	130	677.0(L)	—	—
	混合ガソリン	250	259.0(L)	—	—	—	—	—	—
車輦費	チェーンソー	1,080	43.0(日)	—	—	—	—	—	—
	グラップル* ³	—	—	34,560* ³	52.5(日)	34,560	15.5(日)	—	—
	林内作業車* ³	—	—	34,560* ³	55.5(日)	—	—	—	—
	4tDT* ⁴	—	—	—	—	6,480	15.3(日)	—	—

*¹作業員の職種・能力によって労務費には差がある*²BH: バックホウ 0.2m³ 5.5t 級鉄キヤタ仕様*³グラップル・ウインチ付: U-60 6t 級 鉄キヤタ仕様 林内作業車: やまびこ BY460G (グラップルは搭載しておらず荷台ダンプ式である) 集材・造材時は補償料 (グラップル: 70,740円, 林内作業車: 59,940円) が別途かかる。*⁴4tDT: HINO 社 4t ダンプトラック*⁵素材生産作業量は、伐倒、集材・造材の労務費の数量を合計した値である。

27年度の京都府の林業労働者平均賃金（伐出）13,700円/日（京都府、2016）よりも高い値であった。このため、本研究では、本研究対象地における労務費を適用したコストや収支に加え、平成27年度の京都府の林業労働者平均賃金（京都府、2016）を参考に、路網作設と搬出間伐ともに作業員全員の労務費を13,700円/日と仮定した場合のコストや収支についても算出を行った。その上で、林野庁等が掲示している事例と比較し、低規格高密度路網による小規模搬出間伐システムの効果と課題について考察した。

IV. 結 果

1. 路網作設作業

研究対象地における労務費を適用した場合の路網作設作業の各作業工程における作業コストは、前伐り・粗道が8,258,976円、仕上げが1,660,370円、スイッチ

バックが321,928円、路盤補強が704,460円、洗い越しが230,400円となり、これに諸経費を加算した総コストは12,886,083円となった（表-2）。森林作業道の補助金による収入から収支を計算すると、+5,486,157円となった。また、このときの路網作設単価は、総コストを路網作設の総距離である7,124mで除した1,809円/mとなった。

一方、労務費を13,700円/日とした場合、各作業工程の作業コストは前伐り・粗道が5,057,970円、仕上げが940,178円、スイッチバックが177,732円、路盤補強が525,400円、洗い越しが131,200円となり、これに諸経費を加算した総コストは7,877,849円となった（表-2）。補助金に基づく収支は+10,494,391円となり、路網作設単価は1,106円/mとなった。

2. 搬出間伐作業

搬出間伐作業の各作業工程における作業コストは、

表-2 路網作設作業のコストならびに収支

単位：円

作業項目		労務費		燃料費	車輛費	計	
		単価：対象地	単価：13,700円			単価：対象地	単価：13,700円
コスト	前伐り・粗道	6,604,086	3,403,080	631,050	1,023,840	8,258,976	5,057,970
	仕上げ	1,217,502	497,310	162,500	280,368	1,660,370	940,178
	スイッチバック	272,976	128,780	1,000	47,952	321,928	177,732
	路盤補強	370,860	191,800	31,200	302,400	704,460	525,400
	洗い越し	167,700	68,500	19,500	43,200	230,400	131,200
	合計	8,633,124	4,289,470	845,250	1,697,760	11,176,134	6,832,480
	諸経費*					1,709,949	1,045,369
	総コスト					12,886,083	7,877,849
	路網作設単価 (円／m)					1,809	1,106
収 入	補助金 (森林作業道)					18,372,240	
収 支						5,486,157	10,494,391

*諸経費は各作業の合計の約15%

研究対象地の労務費を適用した場合、伐倒が1,200,190円、集材・造材が7,518,300円で、この両者と諸経費を含めた素材生産コストの合計は10,052,419円となった。さらに仕分け・搬出およびその諸経費の1,333,530円を足した搬出間伐作業の総コストは11,385,949円となった(表-3)。搬出間伐作業の集材量は850.3m³であり、集材量と素材生産コストから算出したm³当たりの素材生産コストは11,822円/m³となった。素材生産全体の作業量は199.5人日であるため(表-1)、生産性は4.26m³/人日となった。得られた原木は木材市場、合板工場、チップ工場に加え、協栄建設独自の杭用材を作成するための加工センターにそれぞれ出荷され、売上は7,338,672円であった(表-3)。売上を集材量で除したm³あたりの平均売買単価は8,631円であった。更に、売上から総コストを差し引いた補助金を含まない場合の収支を算出すると-4,047,277円となったが、補助金を含めると、+3,253,676円となった(表-3)。

一方、労務費を13,700円/日とした場合、各作業工程のコストは伐倒が714,290円、集材・造材が6,185,310円で、この両者と諸経費を含めた素材生産コストの合計は7,955,239円となった。さらに仕分け・搬出およびその諸経費の1,075,108円を足した搬出間伐作業の総コストは9,030,347円となった(表-3)。集材量と素材生産コストの合計から算出したm³当たり素材生産コストは9,356円/m³となり、売上と総コストから算出した補助金を含まない場合の収支は-1,691,675円であった(表-3)。一方、補助金を含んだ場合は、+5,609,278円となった。なお、m³あたりの平均売買単価については売上および集材量に変化はないので、8,631円である。

3. 事業全体

路網作設作業、搬出間伐作業に加え、間伐前の林内調査である選木作業、路網作設の前の路網のラインを決める線形調査、災害復旧などの29林班で実施された平成26年度の事業全体のコストは、本研究対象地の労務費を適用した場合が28,962,378円、労務費を13,700円/日とした場合が21,598,543円となった。このとき、補助金を含まない場合の収支は前者が-21,673,706円、後者が-14,259,871円となったが、補助金を含むと前者が+4,049,487円、後者が+11,413,322円となった(表-4)。

IV. 考 察

全ての作業員に京都府の平均的な労務費である13,700円を支払った場合においても、本研究対象地のように作業員の能力に応じて19,440~33,540円とかなり高い労務費を支払った場合でも、補助金が利用できる現行の体制において事業全体の収支はプラスとなり、本研究対象地の低規格高密度路網による小規模搬出間伐システムでは、採算が合った事業の運営ができていた。作業員の能力に応じた労務単価を支払うことは、能力が向上すれば収入の増加が見通せることから、作業員の意欲の向上や現場作業の効率化にも貢献する取り組みとして評価ができると考えられる。

本研究対象地において事業全体の収支がプラスになり採算があった主な理由は、路網作設作業のコストが低く抑えられ、補助金を利用した路網作設作業において多くの利益が認められたためと言える。本研究では、総距離7,124mを作設するのに、研究対象地の労務費を適用した場合でコストが12,886,083円、労務費

表-3 搬出間伐作業のコストならびに収支

単位：円

	作業項目	労務費		燃料費	車両費	計	
		単価：対象地	単価：13,700円			単価：対象地	単価：13,700円
コスト	伐倒	1,075,000	589,100	78,750	46,440	1,200,190	714,290
	集材・造材	3,477,040	2,144,050	178,100	3,863,160	7,518,300	6,185,310
	諸経費*					1,333,929	1,055,639
	素材生産コスト合計	4,552,040	2,733,150	256,850	3,909,600	10,052,419	7,955,239
	仕分け・搬出 + 諸経費*	433,740	209,610	88,010	634,824	1,333,530	1,075,108
	搬出間伐作コスト					11,385,949	9,030,347
	m ³ あたりの素材 生産コスト					11,822	9,356
収入	売上						
	木材市場						4,489,244
	合板工場						1,955,352
	チップ工場						755,836
	木材加工センター						138,240
	合計						7,338,672
	補助金（伐採）						7,300,953
収支	総収入						14,639,625
	補助金を含まない場合					-4,047,277	-1,691,675
	補助金を含む場合					3,253,676	5,609,278

*諸経費は各作業の合計の約15%

表-4 事業全体のコストならびに収支

単位：円

	項 目	単価：対象地	単価：13,700円
コスト	路網作設作業のコスト（円）	12,886,083	7,877,849
	搬出間伐作業の合計コスト（円）	11,385,949	9,030,347
	その他のコスト（円）		4,690,347
	選木・線形調査・災害復旧		669,500
	現場管理費（申請など）		3,909,726
	諸経費*		111,121
	事業全体のコスト（円）	28,962,378	21,598,543
収 入	売上合計		7,338,672
	補助金合計		25,673,193
	収入合計		33,011,865
収 支	補助金を含まない場合	-21,623,706	-14,259,871
	補助金を含む場合	4,049,487	11,413,322

*その他のコストの諸経費はその他の各項目の合計コストの約15%

13,700円の場合7,877,849円であり、路網の作設単価はそれぞれ1,809円/mと1,106円/mであった。林野庁が示す路網作設標準単価は3,000円/mとされており（林野庁，2012b），本研究対象地のように急傾斜地が多い高知県の森林作業道の作設単価をみると，丸太組工等の構造物については含まない場合であるが，傾斜31°以上で幅員が2.5～3.0m未満（岩なし）の場合，平均1,924円/m，2.5m以上～3.0m未満の場合（岩有り）の場合，平均1,950円/mであった（高知県，

2013）。これらの値と比較すると，労務費が13,700円の場合でも，また能力に応じて労務費を高くしても，本調査地の路網作設単価は比較的安価であるといえた。本調査地は60%が傾斜30°以上の急傾斜地であり，土質も岩石，シルト，砂質土が混在しており，条件の良い立地とは言い難い。しかし，本調査地のオペレータは路網作設においてかなり熟練した技能を持っており，路網を作設しながら土質や水の通り道などの状況を見極め，事前の線形調査のライン取りを修正しながら路

網作設を行っていた。また、本研究対象地において同様の方法で平成25年に作設され5年経過した路網も崩れることなく維持されており、堅牢性に優れた路網が作設されていることも伺えた（写真-1）。このような熟練したオペレータによる路網作設によって、作業を速く的確に行っていることが、コストを抑えた大きな要因であると考えられる。

写真-1 平成25年に作設されてから5年経過した路網の様子（平成30年11月撮影）

一方、搬出間伐作業については、集材量850.3m³に対し、本調査地の労務費を適用した場合で10,052,419円、労務費13,700円の場合で7,955,239円の素材生産コストがかかっており、m³当たりの素材生産コストは前者で11,822円、後者で9,356円となった。また、生産性は4.26m³/人日であった。低規格高密度路網の整備はしていないが、チェーンソーによる伐倒、グラップルによる集材、チェーンソーによる造材、フォワーダによる運材という類似の間伐作業システムによる山形県での事例では、m³当たりの素材生産コストは9,700円/m³で生産性が2.83m³/人日（林野庁、2018b）、群馬県での事例では、素材生産コストが13,500円/m³、生産性は2.0m³/人日（林野庁、2014）であった。このため、本研究対象地の素材生産コストは他の事例と比較すると、平均的な労務費を適用した場合はわずかながら安価であり、作業員の能力に応じて労務費を変えても同程度であると言えた。加えて、生産性につい

てはかなり高いと言えた。なお、全国的な労働生産性は2.7m³/人日となっており（林野庁、2018）、本研究対象地の生産性は全国平均より高い生産性である。一般的に路網密度が高いほど集材距離が短く（林・天野、2010）、木寄せの作業工程の省略を行うことで、生産性の向上が見込まれる（澤田、2012）とともに、低コストの伐出が可能となる（林・天野、2010）。本研究対象地は、路網密度が230m/haであり、約50m間隔で路網が林内に整備されている。このため、伐倒木の多くはその先端が作業路に掛かり、グラップルでの木寄せが容易に行えるとともに、チェーンソーによる造材も足場の安定した作業路上で実施することができる。このような作業体制により急傾斜地にも関わらず、比較的高い生産性が達成できたと考えられる。また、このように高密度路網では作業効率が高まるため、作業員の能力に応じた労務費を支払っても他の事例と同程度の素材生産コストで生産が可能となり、更には搬出間伐作業全体の収支をプラスとすることができたといえる。

以上のことから、本研究は、京都府のように小規模零細な所有構造の地域において、低規格高密度路網による小規模搬出間伐システムを導入することで、路網作設費は安価に抑えられること、高密度路網によって高い生産性とわずかながら素材生産コストの低減が見込まれること、また、現行の補助金制度において収支がプラスとなり、採算性の見合った施業が実施可能であることが判明した。

一方で、補助金がなかった場合、搬出間伐作業および事業全体はかなりのマイナス収支となるという、林業の厳しい現実も本研究結果は示している。低規格高密度路網による小規模搬出間伐システムは、自伐林家などの自家労働として有効であることが述べられており（興梠、2014）、人件費を除外すると、搬出間伐コストが市場平均価格より安くなり、採算がとれるが、雇用労働の場合はコストが市場平均価格を上回るといふ報告もある（鈴木ら、2015）。本研究においても、m³当たりの平均売買単価は8,631円で、m³当たりの素材生産コストを大きく下回っていた。このため、小規模零細な所有構造の地域において、小規模ながら集約化しつつ採算がとれる林業の実現には、現在の低規格高密度路網による小規模搬出間伐システムのどの作業がボトルネックとなっているのか、作業時間の測定などを通した詳細な研究によって明らかにする必要があると言える。また、コストを如何に抑えるかだけでなく、収益性の向上も不可欠となる。壊れにくい低規格高密度路網の整備を行うことで、林内全体に目の行き届いた育林施業や管理が可能になり（鈴木ら、2015）。これにより、良質の材を育成することが可能になると

も言われている（大橋，1992；橋本，2013）。行き届いた施業による質の高い材の提供や高付加価値化への取り組みなども，林業事業体を実施する低規格高密度路網による小規模搬出間伐システムの有効性を検討する上では，重要な要素となると考えられる。

謝 辞

本研究を行うにあたり，必要な資料を提供いただいた協栄建設株式会社の皆様に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 藤野正也（2009）高性能林業機械と高密度路網による団地間伐の経営シミュレーション—日吉町森林組合を事例として—。林業経済研究. 55（1），45–55.
- 橋本光治（2013）現場の声 チャレンジする林業現場の課題を追って（第2回）美しい山づくり 自伐林家として実践から得た経営の三本柱。現代林業 563：54–58.
- 林雅秀・天野智将（2010）素材生産業者のネットワークが森林管理に与える影響。社会学評論61（1），2–18.
- 興梠克久（2014）再々年する自伐林家論—自伐林家の歴史的な性格と担い手としての評価。（林業新時代。佐藤宣子，興梠克久，家中茂編，農山漁村文化協会，東京）92–98.
- 高知県（2013）高知県林業振興・環境部 平成24年度森林作業道単価表。http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/030301/files/2012061800053/2012061800053_www_pref_kochi_lg_jp_uploaded_life_71357_224859_misc.pdf（2018年8月10日取得）
- 京都府（2016）京都府林業統計 6 林業労働・林業機械 京都府林業労働者平均賃金。http://www.pref.kyoto.jp/rinmu/documents/6_roudoukikai.pdf（2017年2月22日取得）。
- 京都府農林水産部林務課（2018）京の木生産・利用倍增アクションプラン。http://www.pref.kyoto.jp/rinmu/documents/ap2.pdf（2018年7月26日取得）
- 農林水産省（2012）2010年世界農林業センサス 第1巻都道府県別統計書—京都府—。https://www.e-stat.go.jp/statsearch/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500_209&tstat=000001032920&cycle=0&tclass_1=000001038546&tclass_2=000001045941&tclass_3=000001047444&tclass_4=000001047470&cycle_facet=cycle&second_2=1（2018年7月26日取得）
- 岡橋清元（2014）現場図解 道作りの施工技術。108pp，全国林業改良普及協会，東京。
- 大橋慶三郎（1992）路網を活かした間伐林業のマネジメント。187pp，全国林業改良普及協会，東京。
- 林野庁（2012a）平成23年度森林・林業白書。http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/23hakusyo/zenbun.html（2018年8月8日取得）
- 林野庁（2012b）資料1 民有林補助事業における事業の実施。林野庁：http://www.rinya.maff.go.jp/j/seibi/saisei/pdf/8_shiryou_1.pdf（2017年3月7日取得）。
- 林野庁（2010）路網・作業システム検討委員会最終とりまとめ。林野庁：http://www.rinya.maff.go.jp/j/seibi/saisei/pdf/romousaisyu.pdf（2017年2月20日取得）
- 林野庁（2013）平成24年度森林・林業白書。http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/24hakusyo/zenbun.html（2018年8月8日取得）
- 林野庁（2014）平成25年度林業機械化推進事例の紹介 no. 7 http://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/kikai/H25jirei.html（2018年8月8日取得）
- 林野庁（2018a）平成29年度森林・林業白書。http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/29hakusyo/zenbun.html（2018年8月8日取得）
- 林野庁（2018b）平成29年度林業機械化推進事例の紹介 no. 5. 林野庁 HP。http://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/kikai/29jirei.html（2018年8月8日取得）
- 佐藤宣子（2017）九州における森林経営計画認定の市町村別特徴と制度課題。九州森林研究70，53–56.
- 澤田智志（2012）スギ人工林の低コスト間伐技術の導入による非皆伐施業体系の確立—高能率な作業システムによる間伐の生産性。秋田県森技研報 21：17–36.
- 鈴木保志・Ahmad Hidayat Setiawan・後藤純一（2015）人工林の高齢級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。日本森林学会誌 97，191–202.
- 田邊由喜男・大内正伸（2008）図解 これならできる山を育てる道づくり—安くて長もち，四万十式作業道のすべて。157pp，農山漁村文化協会，東京。（2017年3月24日受付）（2018年12月20日受理）