

## 栃木県における森林作業道作設の生産性とコスト

### Operational efficiency and cost of strip road construction in Tochigi prefecture

有賀一広<sup>\*1</sup>・石田佳範<sup>\*1</sup>・上村僚<sup>\*1</sup>

Kazuhiro ARUGA<sup>\*1</sup>, Yoshinori ISHIDA<sup>\*1</sup> and Ryo UEMURA<sup>\*1</sup>

\* 1 宇都宮大学農学部

Fac. of Agric., Utsunomiya Univ., Utsunomiya 321-8505

**要旨：**栃木県内の林業事業体を対象に森林作業道作設の時間観測を行い、傾斜、土質、作設機械による生産性とコストの違いを分析した。調査地はたかはら森林組合の緩傾斜地と中傾斜地、高見林業の緩傾斜地と急傾斜地、那須町森林組合の中傾斜地1と中傾斜地2の計6か所である。たかはら森林組合の土工の生産性は緩傾斜地 32.0m/時、中傾斜地 23.9m/時であり、傾斜の違いが確認された。高見林業の急傾斜地は土質が軟岩であり、他調査地にはない岩の処理時間が作業時間の45%を占め、生産性は3.9m/時と低かった。1伐根当たりの伐根移動・埋設時間はグラップル付バケットを使用することにより半減した。フェラーバンチャ付バケットでは、チェーンソー伐倒に比べ、飛躍的に伐倒作業の生産性が伸びたため、作業全体の生産性の向上に有効である。また、補助金を試算した結果、現状ではほとんどの調査地で補助金によりコストを貰えることが確認できた。

**キーワード：**森林作業道、作設機械、傾斜、生産性、コスト

**Abstract:** We conducted time studies of strip road construction at multiple sites in Tochigi prefecture to examine the differences in operational efficiencies and costs with respect to slope angle, soil type, and construction machinery. Study sites were located on gentle and middle slopes in Takahara Forest Owners' Co-operative, gentle and steep slopes in Takami Forestry Company, and two middle slopes in Nasu-machi Forest Owners' Co-operative. Productivity of earthwork was higher on gentle slope (32.0 m/h) than on middle slope (23.0 m/h) in Takahara Forest Owners' Co-operative. The soil on the steep slope in Takami Forestry Company was of the soft-rock type; treatment of this soil occupied 45% of the total construction time. The use of grapple buckets reduced the root movement and fill times by half. Productivities of felling operations increased significantly when feller buncher buckets were used instead of chainsaws. Thus, the use of feller buncher buckets effectively enhanced the productivity of strip road construction. Subsidies compensated the costs of strip road construction on almost all the study sites.

**Keywords:** Strip road, Construction machinery, Slope angle, Productivity, Cost

#### I はじめに

近年、路網整備が促進される中で、路網・作業システム検討委員会では、路網の考え方を林道、林業専用道、森林作業道の3区分に改め、また、新たな林業専用道、森林作業道については作設指針が制定された（4）。特に低コストで、簡易で、高密度に作設できる森林作業道は期待されており、その森林作業道作設指針（5）においては地域の地形特性を考慮した作設が求められている。また、栃木県内の作設ではグラップル付バケットやフェラーバンチャ付バケットなどの導入が行われる等、林業事業体により作設機械が異なることから、本研究では栃木県内の林業事業体を対象に森林作業道作設の時間観測を行い、生産性とコストを分析した。

#### II 調査の概要

**1. 調査地** 調査地はたかはら森林組合の緩傾斜地と中傾斜地、高見林業の緩傾斜地と急傾斜地、那須町森林組合の中傾斜地1と中傾斜地2の計6か所である（表1, 2）。たかはら森林組合の作設機械のバケット容量は0.16m<sup>3</sup>、高見林業と那須町森林組合は0.45m<sup>3</sup>である。また、高見林業の緩傾斜地、那須町森林組合の中傾斜地1ではグラップル付バケットを使用し、那須町森林組合の中傾斜地2ではフェラーバンチャ付バケットを使用した。オペレータは作業年数3年以上の経験者である。土質は高見林業の急傾斜地は軟岩であるが、それ以外の調査地は砂質礫である。

**2. 調査方法** 調査方法は森林作業道作設の時間観測を基に生産性、コストを算出した。調査地によりグラッ

ブル付バケットとフェラーバンチャ付バケットを使用しているため、チェーンソーによる先行伐倒を行う現場では伐倒作業の時間観測を、また、グラップルによる木寄せ作業を行う現場では木寄せ作業の時間観測を行い、土工作業、伐倒作業、木寄せ作業別に生産性、コストを算出し、比較した。

コストは機械経費（たかはら森林組合バックホウ 2,508 円/時、チェーンソー 237 円/時、ミニグラップル 1,769 円/時、高見林業バックホウ 4,587 円/時、不整地運搬車 3,560 円/時、チェーンソー 248 円/時、那須町森林組合グラップル付バケット 5,485 円/時、フェラーバンチャ付バケット 5,720 円/時、チェーンソー 250 円/時）と労務経費 2,550 円/時および諸経費（機械経費と労務経費の 20%）、付帯人件費（労務経費の 55%）を計上した（10）。

また、森林・林業再生プラン前後の平成 22 年度と平成 25 年度の森林作業道補助金単価表（6, 7）を用いて、補助金を試算した。補助金は、幅員、傾斜別に設定された標準単価に間接費 30% を加味したものと標準経費とし、さらに査定係数 1.7、補助率 5/10 を乗じて試算した。

表一 1. 調査地

Table 1 Study sites

		林齢 (年)	傾斜 (°)	密度 (本/ha)	材積 (m <sup>3</sup> /本)
たかはら	緩	58	3.7	2,200	0.67
森林組合	中	57	19.7	2,200	0.42
高見	緩	100	9.5	1,000	0.96
林業	急	43	34.0	800	0.73
那須町	中 1	43	22.4	1,900	0.58
森林組合	中 2	52	27.4	2,600	0.47

表一 2. 作業道

Table 2 Strip roads

		密度 (m/ha)	幅員 (m)	勾配 (%)	切土高 (m)
たかはら	緩	554.9	2.5	0.0	0.0
森林組合	中	808.5	2.5	29.6	0.0-1.2
高見	緩	265.3	3.0	8.0	0.0
林業	急	139.9	3.5	9.6	2.2-2.6
那須町	中 1	221.2	3.5	8.4	1.6-2.5
森林組合	中 2	259.6	3.5	11.4	1.2-2.2

### III 結果

#### 1. 生産性 たかはら森林組合の土工の生産性は緩傾斜地 32.0m/時、中傾斜地 23.9m/時であり、傾斜の違い

が確認された（表一 3）。これは、中傾斜地では土工量が多かったことに加え、緩傾斜地では伐根の処理が路肩への移動であるのに対し、中傾斜地では路肩への埋設であるため、伐根の移動・埋設時間が増えたこと、中傾斜地では丸太や岩が転がり、作設機械に当ることがあり、そのたびに作設機械が移動する機械移動時間が多いことなどが理由として挙げられる。

土工の生産性は、高見林業の緩傾斜地が最も高かった。その理由として、平坦地であったことに加え、立木密度が低く、伐根数が少ないと、バケット容量 0.45m<sup>3</sup> の作設機械を使用し、伐根を掘り出す際に、伐根周囲を掘り起こす作業が必要なかったことなどが挙げられる。

高見林業の急傾斜地は土質が軟岩であり、他調査地にはない岩の処理時間（岩の粉碎、岩の移動、不整地運搬車への積込み、運搬）が作業時間の 45%を占め、生産性は 3.9m/時と低かった。同じバケット容量の那須町森林組合の 2 調査地と比べて、生産性は 1/7.7～1/5.4 であった。掘削作業の生産性も、土質の違いにより、那須町森林組合の 2 調査地と比べて、1/4.6～1/2.6 であった。

たかはら森林組合の中傾斜地と那須町森林組合の中傾斜地 1 の生産性はそれぞれ 23.9m/時と 29.9m/時であった。これはバケット容量の違い（0.16m<sup>3</sup> と 0.45m<sup>3</sup>）、グラップル付バケットの有無が要因として挙げられる。1 伐根当たりの掘り出し時間はそれぞれ 140 秒、73 秒であり、バケット容量の違いによる時間短縮が見られた。また、1 伐根当たりの伐根移動・埋設時間はそれぞれ 26 秒、13 秒であり、グラップル付バケットを用いたことで、伐根移動・埋設という掘む作業の時間短縮が見られた。また、伐根移動・埋設時間は、たかはら森林組合の緩傾斜地と高見林業の緩傾斜地もそれぞれ 15 秒、8 秒と、グラップル付バケットを用いたことで半減した。

那須町森林組合の土工の生産性は中傾斜地 1 と中傾斜地 2 でそれぞれ 29.9m/時、21.2m/時であった。中傾斜地 2 のほうが傾斜が少し急であったこと、補強として丸太を路面に敷設することがあったために、生産性が低下したと考えられる。

たかはら森林組合（緩傾斜地）、高見林業（急傾斜地）、那須町森林組合（中傾斜地 1）のチェーンソー伐倒作業の生産性はそれぞれ 8.5m<sup>3</sup>/時、18.1m<sup>3</sup>/時、23.5m<sup>3</sup>/時、那須町森林組合（中傾斜地 2）のフェラーバンチャ付バケットによる伐倒作業の生産性は 67.8m<sup>3</sup>/時であり、平均幹材積の違いがあるものの 3～8 倍程度の生産性の違いが生じた（表一 3）。

たかはら森林組合（緩傾斜地）のミニグラップルによる木寄せ作業の生産性は 24.9m<sup>3</sup>/時、那須町森林組合（中

傾斜地1)のグラップル付バケットによる木寄せ作業の生産性は $21.0\text{m}^3/\text{時}$ 、那須町森林組合(中傾斜地2)のフェラーバンチャ付バケットによる木寄せ作業の生産性は $94.3\text{m}^3/\text{時}$ であった(表-3)。なお、たかはら森林組合では森林作業道作設前に造材を行っており、ミニグラップルによる木寄せは短幹材であるのに対し、那須町森林組合では、造材は木寄せ後に行うため、全木木寄せである。那須町森林組合(中傾斜地2)のフェラーバンチャ付バケットは、伐倒時に鋸断した材をそのまま移動して路肩に重ねて集積するのに対し、那須町森林組合(中傾斜地1)は先行伐倒であるため、森林作業道の計画路線上に伐倒木が散在しており、グラップル付バケットでまとめるながら作業するため、生産性は低下した。

土工作業に支障木の伐倒作業、木寄せ作業を加えて生産性を算出した(表-3)。たかはら森林組合(緩傾斜地)は $12.0\text{m}/\text{時}$ 、那須町森林組合(中傾斜地1)は $13.7\text{m}/\text{時}$ 、那須町森林組合(中傾斜地2)は $16.8\text{m}/\text{時}$ となった。那須町森林組合は生産性が高く、特にフェラーバンチャ付バケットを用いた中傾斜地2は、土工作業の生産性は低かったが、伐倒、木寄せ作業の生産性が高いため、合計では最も高い生産性となった。

表-3. 生産性

Table 3 Productivity

		土工 (m/h)	伐倒	木寄	合計	伐倒 (m <sup>3</sup> /h)	木寄
たかはら	緩	32.0	25.5	74.6	12.0	8.5	24.9
森林組合	中	23.9	-	-	-	-	-
高見	緩	171.4	-	-	-	-	-
林業	急	3.9	38.4	-	-	18.1	-
那須町	中1	29.9	53.4	47.8	13.7	23.5	21.0
森林組合	中2	21.2	140.2	194.9	16.8	67.8	94.3

2. コスト 最もコストが低かったのは高見林業の緩傾斜地であった。この理由は生産性が最も高かったためである(表-4)。一方、最もコストが高いのは高見林業の急傾斜地であり、生産性の低さとともに、バックホウの掘削時に出た岩の運搬のために不整地運搬車を使用し、オペレータがもう1名増えたことが原因である。

2番目にコストが低かったのは、たかはら森林組合の緩傾斜地であった。生産性の高さとともに、バケット容量 $0.16\text{m}^3$ の作設機械のため、機械経費が低くかったことが要因である。また、たかはら森林組合(中傾斜地)と那須町森林組合(中傾斜地1)では、生産性は那須町森林組合(中傾斜地1)が高かったが、機械経費の違いにより、たかはら森林組合(中傾斜地)がコストは低か

った。

土工作業に伐倒作業、木寄せ作業を加えてコストを算出した(表-4)。全体のコストは土工作業のコスト同様、たかはら森林組合のコストが那須町森林組合のコストよりも低い結果となった。これは、土工機械と同様、たかはら森林組合のミニグラップルの機械経費が低かつたためである。

那須町森林組合のフェラーバンチャ付バケットを用いた中傾斜地2では土工のコストは高いが、伐倒、木寄せのコストが低いために、グラップル付バケットを用いた中傾斜地1に比べ、作業全体のコストは低下した。

3. 補助金 森林・林業再生プラン前の平成22年度の補助金では、たかはら森林組合と高見林業の急傾斜地の土工費用を補助金で賄えない結果となったが、森林・林業再生プラン後の平成25年度の補助金では、高見林業の急傾斜地以外は補助金で土工費用を賄える結果となり、森林・林業再生プランにより、森林作業道を継続的に使用する道に位置づけ、堅固な森林作業道作設を促進するため、手厚い補助金が支給されていることが確認された(表-4)。補助金は幅員と傾斜によって支給額が決まるため、傾斜が急で、幅員が広い高見林業の急傾斜地と那須町森林組合では補助金の支給額が多い。

表-4. コストと補助金(円/m)

Table 4 Costs and subsidies(yen/m)

		コスト				補助金	
		土工	伐倒	木寄	合計	H22	H25
たかはら	緩	234	185	88	507	130	685
森林組合	中	312	-	-	-	301	869
高見	緩	58	-	-	-	241	786
林業	急	3,714	232	-	-	1,392	2,649
那須町	中1	369	89	231	688	452	1,346
森林組合	中2	534	81	58	673	781	1,346

#### IV 既往の研究との比較

平林ら(1)は、地形傾斜、立木密度、胸高直径からなる重回帰式を作成し、作設能率に最も影響が大きい要因を地形傾斜であると報告している。たかはら森林組合の両調査地は立木密度、胸高直径は同程度であることから、地形傾斜の違いが確認される結果となった。また、與儀ら(8)は、本研究同様、グラップル付バケットの時間短縮効果を報告している。

片桐(2)は、フェラーバンチャ付バケットを用いた伐倒作業の生産性は $35.1\text{m}^3/\text{時}$ であり、チェーンソー伐倒の生産性の約2倍であると報告している。那須町森林組合の中傾斜地2の生産性は $67.8\text{m}^3/\text{時}$ と、片桐(2)

の生産性の倍以上であるが、これは平均幹材積の違いが要因であると考えられる。フェラーバンチャ付バケットによる伐倒の最大鋸断径は35cm程度であり（3）、那須町森林組合（中傾斜地2）の平均胸高直径は16.9cmと細かったため、胸高直径が大きい林分では生産性が低下する可能性がある。

土工作業に伐倒作業、木寄作業を加えた生産性に関しては、與儀ら（9）が、バケット容量0.28m<sup>3</sup>の作設機械を用いた、傾斜20°、25°、30°の3区分における生産性をそれぞれ71.1m/日、50.5m/日、33.3m/日と報告している。與儀ら（9）は1日5時間で計算しているため、本研究の結果に5時間乗じると、たかはら森林組合（緩傾斜地）60.0m/日、那須町森林組合（中傾斜地1）68.5m/日、那須町森林組合（中傾斜地2）84.0m/日となり、バケット容量の違いがあるため、単純に比較を行うことは難しいが、たかはら森林組合（緩傾斜地）以外では同程度もしくは高い値となった。

片桐（2）は、従来型（チェーンソー伐倒+グラップル付バケット）の生産性は106.5m/日、フェラーバンチャ付バケットの生産性は114.4m/日と報告している。片桐（2）は1日6時間で計算しているため、本研究の結果に6時間乗じると、グラップル付バケットを用いた那須町森林組合（中傾斜地1）が82.2m/日、フェラーバンチャ付バケットを用いた那須町森林組合（中傾斜地2）が100.8m/日となり、どちらの生産性も片桐（2）と比較して少し低いものの、片桐（2）と同様にフェラーバンチャ付バケットの生産性が高かった。

また、片桐（2）によれば、フェラーバンチャ付バケットの作設コストは606円/mであったとの報告があり、本研究のフェラーバンチャ付バケットを用いた那須町森林組合（中傾斜地2）の結果は673円/mと、若干高い結果となったが、那須町森林組合（中傾斜地2）の土工作業には、補強として丸太を路面に敷設する作業があったためであると考えられる。

#### ▼ おわりに

本研究では、栃木県内の事業体を対象に森林作業道作設の時間観測を行い、傾斜、土質、作設機械による生産性とコストの違いを明らかにした。たかはら森林組合の土工の生産性は緩傾斜地32.0m/時、中傾斜地23.9m/時であり、傾斜の違いが確認された。高見林業の急傾斜地は土質が軟岩であり、他調査地にはない岩の処理時間が作業時間の45%を占め、生産性は3.9m/時と低かった。1伐根当たりの伐根移動・埋設時間はグラップル付バケットを使用することにより半減した。フェラーバンチャ

付バケットでは、チェーンソー伐倒に比べ、飛躍的に伐倒作業の生産性が伸びたため、作業全体の生産性の向上に有効である。また、補助金を試算した結果、現状ではほとんどの調査地で補助金によりコストを賄えることが確認できた。

現在、補助金により森林作業道の作設が促進されているものの、森林作業道は維持管理を含めた長い期間での低コスト化が求められる。たかはら森林組合では分散排水を考慮して縦断勾配を波形にしたり、那須町森林組合では使用後は残材を堆積させたり、高見林業では地形や土質を考慮して、丸太を路体に入れる等の壊れにくい路網に対する取り組みが行われており、今後、整備された森林作業道は台帳に記載され、継続的に管理されることから、引き続き維持管理の手法や費用について調査する予定である。

#### 引用文献

- (1) 平林慧遠・澤口勇雄・高橋健保・麻生臣太郎・立川史郎・佐々木一也・菊地智久（2009）作業路の作設能率とコストに影響を与える要因. 岩手大学農学部演習林報告 40 : 161-171
- (2) 片桐智之（2013）フェラーバンチャ機能付バケットとグラップル付バケットを用いた森林作業道作設システムの比較. 森林利用学会誌28 : 263-268
- (3) 岡勝・芦原誠一・野下治巳・内原浩之（2013）フェラーバンチャ機能を有するグラップル付きバケットを用いた全木伐倒・集材の試行. 第20回森林利用学会学術研究発表会
- (4) 林野庁. 路網・作業システム検討委員会. オンライン <http://www.rinya.maff.go.jp/j/seibi/saisei/romou.html>. (2014年1月20日参照)
- (5) 林野庁. 森林作業道作設指針. オンライン <http://www.rinya.maff.go.jp/j/seibi/saisei/pdf/sinrinsagyoudou.pdf>. (2014年1月20日参照)
- (6) 栃木県（2010）平成22年度作業道代価表
- (7) 栃木県（2013）平成25年度森林作業道標準単価表
- (8) 與儀兼三・川元満夫（2008）ショベル系掘削機による作業道作設工程の比較. 第118回日林大会学術講：F15
- (9) 與儀兼三・川元満夫（2010）斜面傾斜の違いによる作業道作設難易度の工程管理への応用(I)－作設にバックホウを使用した事例から－. 森林応用研究 19 : 37-41
- (10) 全国林業改良普及協会（2001）機械化のマネジメント. 全国林業改良普及協会、東京、239pp