

## 豪雪地帯における高性能林業機械による伐出作業システム —作業路の作設法と路面支持力—

矢部和弘<sup>1</sup>

1 東京農業大学

**要旨：**本研究は特別豪雪地帯である山形県最上郡における高性能林業機械による伐出作業システムを検証し、現状の問題点とその対策について考察した。とくに高性能林業機械を使用する上での作業路の作設法および路面支持力に着目した。積雪期の伐出は無積雪期にはアクセスすることのできない箇所で行われていた。積雪が 1.5m を越えた頃から雪を使用して作業路を作設し、チェーンソーで伐木、グラップルで集積、ハーベスタで造材、フォワーダで集材の作業システムが組み立てられていた。作業路は雪のみを締め固めて最大 100m/人日程度で作設された。路面支持力 (CBR) は 0.06~11.02%で融雪により作業路上では低い値となったが、土山場では締め固められて十分な支持力が得られた。  
**キーワード：**豪雪地帯, 高性能林業機械, 作業路, 路面支持力, CBR

### Logging system using high performance forest machines in the area of heavy snowfall Construction method and bearing capacity of spur road

Kazuhiro YABE<sup>1</sup>

Tokyo University of Agriculture

**Abstract:** This research verified the logging system by the high-performance forest machine in Mogami-gun, Yamagata prefecture which is a specially heavy snowfall area, and considered the present problem and measures to be taken. Moreover, that observed the constructing method and road surface bearing power (CBR) of spur road when using a high-performance forest machines. The logging of the snow coverage term was done in the place, which cannot be accessed at the non-snow season. When snow cover exceeded 1.5 meters, this company construct a spur road using snow only. Chain saw, grapple, harvester, and forwarder were used in logging system. The spur road was constructed at the pace of 100 meters per day. CBR was from 0.06% to 11.02%. On spur road, CBR became a low value by thawing of snow. However, the timber yard was compacted tightly and sufficient CBR was obtained.

**Key-word:** Area of heavy snowfall, High performance forest machine, Spur road, Bearing capacity, CBR

#### I はじめに

我が国はその大部分が温帯モンスーン気候に属し、春夏秋冬それぞれ地域ごとの特色を有する。とくに冬期は西高東低の気圧配置による北風の影響が大きく、寒気の吹き出しにより日本海で発生した雲が奥羽山脈から中国山地にかけての脊梁山脈にぶつかることによって日本海側に大雪をもたらす。我が国ではその積雪量が世界と比較しても非常に多く、日常生活にも大きな影響をおよぼすため、豪雪地帯対策特別措置法を制定し、交通通信、農林業、義務教育、医療などにおいて、積雪期のこれら機能の維持対策がとられている。豪雪地帯対策特別措置法では、「豪雪地帯」と「特別豪雪地帯」を指定して、豪雪地帯対策基本計画の制定と事業の実施などについて定められている。

本研究では、豪雪地帯における高性能林業機械による

伐出作業の作業システムを検証し、現状の問題点とその対策について考察する。とくに高性能林業機械を使用する上での作業路の作設法および路面支持力に着目した。

#### II 方法

**1. 調査地** 本研究の対象地は山形県最上郡である。最上郡に属する4町3村はいずれも特別豪雪地帯の指定を受けている。

本研究では有限会社高橋林業にご協力いただいた。最上郡真室川町に事業所を置き、現在は国有林の素材生産請負を中心に事業を展開している。作業員は10名で、ハーベスタ1台、フォワーダ3台、グラップル4台、グラップルクレーン付き13トントラックを所有している。年間素材生産量は12,000~13,000m<sup>3</sup>で、そのうち国有林の素材生産請負が60%、立木買い付けが40%となっている。その他にチップ材 (C材)、バイオマス燃料 (D材)

生産も行っている。

今回対象とした作業地は、最上郡金山町の民有林（以下、作業地 A とする。予定材積 749.78m<sup>3</sup>）と鮭川村の国有林（以下、作業地 B とする。予定材積 1009.84m<sup>3</sup>）である。対象調査地は図-1 に示した。



図-1. 対象調査地

Fig.1 Plots A and B on Mogami region

**2. 調査内容** 現地調査は2019年2月21日～22日に行った。作業地 A は21日12:30～15:00で天気は曇り、気温6℃であった。作業地 B は22日9:30～11:30で天気は曇り、気温5℃であった。例年と比較し、積雪量は少なく、気温が高いということであった。

調査内容は作業システムの聞き取り調査および現地での確認、作業路作設方法の聞き取りおよびその路面支持力の測定とした。作業路の路面支持力測定は簡易支持力測定器（キャスポル：(株)マルイ製）で衝撃加速度の測定を行った。作業路は雪の締固めにより作設されているため、測定器で得られた CBR 値は参考値とした。路面支持力の測定は、作業地 A（図-2）では国道に隣接する①中

間土場、②中間土場から100m付近の勾配0%の作業路轍部分（作業路1）、③中間土場から1000m付近の勾配13%（最急勾配）の作業路轍部分（作業路2）、④山土場の4か所とした。作業地 B では⑤県道脇の中間土場から国有林林道にアクセスするために雪のみを積み上げて作設した勾配12%のスロープの轍部分（雪スロープ）、⑥雪スロープ上の地山を切り取り作設した勾配12%の作業路の轍部分（地山スロープ）の2か所とした。測定回数は5回（ただし①中間土場は2回）として、衝撃加速度および算出された CBR 値を記録した。

1日あたりの生産量は聞き取り調査の結果およびフォワーダ積載の写真より推定した。

### III 結果と考察

**1. 作業システム** 作業地 A は、樹齢70年生、樹高40m、胸高直径50cmのスギであった。谷に沿ってスギが植えられており、谷筋に作業路を入れながらの作業であった。国道沿いの中間土場から山土場までの距離は約1kmであり、ほとんどが3～5%の緩やかな上り勾配で、山土場手前に50m程度の13%の上り坂があった（図-3）。

伐倒はチェーンソー（1名）で行い、グラップル A（1名）で山土場を集積し、山土場においてハーベスタ（1名）で造材を行い、玉切りされた材はグラップル B（1名）で種別にはい積みしていた。その後必要な材種からグラップル B でフォワーダ A（1名）に積み込み、国道脇の中間土場まで集材して、トラック搭載のグラップルクレーンで荷下ろし、はい積みを行っていた。導入されていた機械の種類は表-1の通りである。作業人員は5名であった。

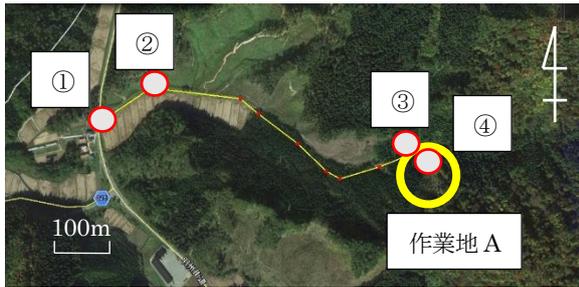
伐倒は作業者がかんじきを履いて根元まで行き、スコップで周囲の雪かきを行い、その後にチェーンソーで伐倒を行っていた。伐倒方向は山土場方向としていた。小

表-1. 使用重機一覧

作業地	使用重機	ベース機種	Table1 List of using machinery					
			車両重量 (kg)	バケット容量 新JIS (m <sup>3</sup> )	クローラ全幅 (mm)	タンブラ中心距離 (mm)	シュー幅 (mm)	接地圧 (kg/cm <sup>2</sup> )
A	ハーベスタ*	Caterpillar CAT312	12,300	0.50	2,490	2,880	500	0.40
	グラップルA**	Hitachi EX200	19,800	0.80	2,800	3,370	600	0.45
	グラップルB	Komatsu PC120	12,100	0.53	2,490	2,880	500	0.39
	フォワーダA	Morooka 1500	9,100	—	2,500	3,870	700	0.18
B	グラップルC	Hitachi EX120	12,000	0.50	2,490	2,880	500	0.40
	グラップルD**	Hitachi EX200	19,800	0.80	2,800	3,370	600	0.45
	フォワーダB	Morooka 1500	9,100	—	2,500	3,870	700	0.18

\* ハーベスタの作業機はLOGSET TH55であった。

\*\* グラップルA, Dは、バケットに付け替え作業路作設に使用されている。



\*①～④は路面支持力の測定箇所

図-2 . 作業地 A

Fig.2 Plots A

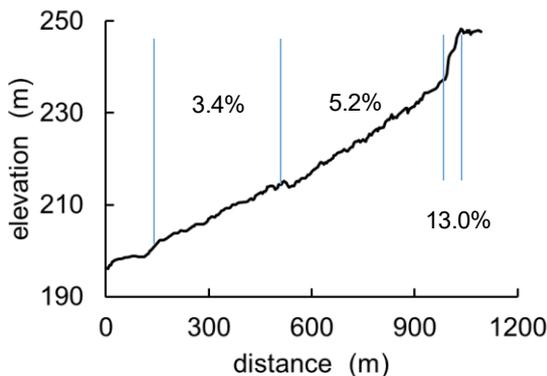


図-3 . 作業路の縦断面図

Fig.3 Longitudinal section of spur road

径木は、雪かきを行わずに高い位置で伐倒するとのことであった。

造材は元玉、2番玉は太く、ハーベスタで処理できないためチェーンソーで玉切りしていた。採材は 3.65m、4m が主となり、注文によっては 3m もある。C 材、D 材は 2m である。

集材はフォワーダ A で行い、午前中に 3 回、午後に 3～4 回の搬出を行っている。1 回あたりの積載量は約 5 m<sup>3</sup> であるため、1 日あたり 30～35m<sup>3</sup> の搬出となる。

作業地 B は約 70 年生のスギであった。先山が県道から 4 km 入った場所にあるため、作業現場へ行くことはできなかった。国有林林道は整備されているが、積雪により一般車両の通行は不可能となっているため、フォワーダ B を使用した集材を行っている。作業システムは、チェーンソーによる伐木・造材 (2 名)、グラップル C による集積およびフォワーダ B への積載 (1 名)、フォワーダ B での集材 (1 名) であり、作業人員は 4 名であった。作業地 B は注文により 1.85m の丸太を搬出していた。

フォワーダ B での集材は片道 40 分程度を要する。午前中に 1 回、午後に 2～3 回の搬出を行っている。1 回の積載量が約 5 m<sup>3</sup> となるため、1 日の搬出量は 15～20m<sup>3</sup> となる。距離と所要時間から平均時速 6 km/h が求まるが、林道の勾配のない直線区間で実測したところ 7.4km/h であった。雪上においても一般的な走行速度に近い速度で走行が可能となっている。この走行を可能にしているのが独自開発のクローラチェーン (滑り止め) である。鉄筋とチェーン、シャックル、ワイヤークリップを使用して作られており、片側のクローラに 10 本の滑り止めが取り付けられている (図-4)。



図-4 . 滑り止め

Fig.4 Antiskid tool for crawler

年間の素材生産量 12,000～13,000m<sup>3</sup> のうち冬期 (12 月～3 月) の生産量は約 2,000m<sup>3</sup> となる。素材生産量は少ないが、山形県内で冬期に施業を実施している事業者は 10 社程度と少ないため、需要は多く見込まれ、作業員の冬期の雇用確保、冬期のみアクセス可能な箇所での施業を目的に実施している。

**2. 作業路の作設法** 作業地 A は大きく開けた谷の奥に位置し、手前の谷底部には大規模な水田が広がっている。沢沿いに林地が広がっているため、濁り水などに配慮し、水田耕作を行っていない冬期のみ作業としていた。中間土場から 450m 地点までは水田のあぜ道が付いているが北側が水路となっている狭窄路である。450m から 980m は林内を走行するが 5% 程度の比較的緩い勾配である。途中 3 箇所の沢を渡っていた。980m から終点までは 13% の勾配があり、一番の急傾斜となっている。中間土場から山土場まで総延長約 1,100m となっている。

表-2 . 衝撃加速度と CBR  
Table2 Impact acceleration and CBR

	作業地A								作業地B			
	①中間土場		②作業路1		③作業路2		④山土場		⑤雪スロープ		⑥地山スロープ	
	Ia	CBR	Ia	CBR	Ia	CBR	Ia	CBR	Ia	CBR	Ia	CBR
1	5.1	3.2	2.9	0.0	5.0	3.1	7.8	7.6	6.1	4.9	9.3	10.0
2	5.8	4.0	2.6	0.0	4.2	1.8	6.2	5.0	4.8	2.8	7.1	6.5
3			0.0	0.0	3.0	0.0	8.6	8.9	7.4	7.0	12.0	14.4
4			3.3	0.3	<del>12.8</del>	<del>11.0</del>	14.0	17.6	4.6	2.4	7.8	7.6
5			2.8	0.0	3.3	0.3	13.0	16.0	5.7	4.2	12.2	14.7
平均値	5.45	3.60	2.32	0.06	3.88	1.30	9.92	11.02	5.72	4.26	9.68	10.64
標準偏差	0.49	0.57	1.32	0.13	0.91	1.44	3.40	5.49	1.13	1.84	2.35	3.79

\*③作業路2の4回目は外れ値のため除外した。

作業路の幅員は20tベースの油圧ショベル(車幅2.8m)が走行するため4m程度としている。

作業路の作設は積雪が1.5m程度になった時点から開始し、0.8m<sup>3</sup>のバケットで雪を締め固めてはクローラで踏みならすことを繰り返して作設する。雪が足りない場合は周囲から雪を集める。この際、土が混入すると締め固めが上手くいかないとのことであった。沢には丸太を渡し、その上に枝条を敷き詰め、さらにその上から周囲の雪を集めて積み締め固めて橋を渡す。1日の作設量は最大100m程度であった。積雪のたびに補修が必要であるとともに、逆に雪解けが進んだ場合も周囲から雪を掻き集めて補修をする必要がある。作業地Aは2月21日の調査時の気温が6℃で雪解けがかなり進んでおり、沢の流水が作業路に流れ込み危険な状況の箇所があった。

山土場は沢より一段上がった平地に作られており、丸太を敷き並べた上から雪を被せ圧雪して整備されていた。

作業地Bは国有林林道が整備されていた。県道脇の中間土場から林道の入口まで110mの距離がある。フォワーダは公道を走行できないため、中間土場の雪を掻き集めてそれを締め固めることによりスロープを作設して、土場と林道を直結させていた。スロープの傾斜は最大12%となっている。スロープ作設にはおよそ半日を要した。

**3. 作業路の路面支持力** 作業路の路面支持力の測定結果を表-2に示した。当日は気温も高く雪解けが進行し、路面の雪はシャーベット状態となっていた。CBRは作業地Aの②作業路1で0.06%、③作業路2で1.30%と非常に小さい値を示し、森林作業道作設ガイドラインのCBR(1)を参考にすると火山灰質粘性土の泥濘地を走行するのと同様の状態であった。フォワーダは接地圧が0.18kg/m<sup>3</sup>(空車時)、0.22kg/m<sup>3</sup>(満載時)と非常に小さいため十分に走行はできるが、滑り止めがきかずスリップする場面も見られた。④山土場では11.02%と比較的

大きな支持力が得られていた。これは丸太の上に雪が積まれていることと、グラップル、ハーベスタなどの往来が多く、十分に締め固められていることが考えられる。

作業地Bの⑤雪スロープは雪のみで作設されているにもかかわらず4.26%と比較的大きな値を示した。これは雪を厚く積み重ねているため、雪解けの進行が他の場所よりも遅くなっているためと考えられる。⑥地山スロープは地山の切り取りにより作設されたもので、土の地面が露出していた。融雪の影響で多少ぬかるんでいたもののCBRは10.64%で、作業道でのCBR測定例(2)の6~13%と比較しても問題ないものであった。

今回は気温が高い中での測定であったため、融雪の影響を大きく受けてCBRの測定値は小さかったが、厳冬期であれば作業道での測定例(2)の6~13%に満たないまでも、⑤雪スロープの値より大きい値が得られるものと思われる。しかしその場合、アイスパーンの影響なども考慮しなければならないと思われる。

今回調査した事例は、積雪があつてこそ高性能林業機械の導入ができる作業現場であり、作業路の強度、使用期間は積雪量に大きく依存する。今後、気象の変化が冬期の素材生産量に大きく影響を及ぼすものと考えられる。

**謝辞:** 現地調査および聞き取り調査は(有)高橋林業 代表取締役 高橋義見様、現場作業員の皆様にご協力いただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

#### 引用文献

- (1) 林野庁(2015)平成27年度 森林作業道作設ガイドライン. 林野庁, 東京: 65pp
- (2) 高橋拓史・櫻井倫・酒井秀夫(2014)工法の異なる森林作業道における路面支持力の特徴. 森林利用学会誌 29 (1): 31-36