

## ロングリーチハーベスタによる間伐作業事例

北海道立林業試験場道南支場 木幡 靖夫  
北海道立林業試験場 渡辺 一郎・酒井 明香・籾八 雅幸  
森林総合研究所北海道支所 佐々木尚三

### はじめに

車両系機械の作業適地が多い北海道では、ハーベスタを用いた間伐作業が着実に普及してきている。しかも、これまでは土場でプロセッサとして枝払い・玉切りに使われるケースが多かったが、近年は林内で伐倒作業も行う事業者が増加している(2)。ハーベスタを用いて間伐作業を行う場合、機械が林内をスムーズに移動し、また効率的に作業するための空間確保につながる列状間伐が有効とされる(1)。しかしながら、間伐本来の目的を十分達成するためには定性間伐が必要という観点から、実際の作業では列状と定性を同時に行う場合が多い。

列状間伐の繰り返し間隔は、適用するハーベスタの作業範囲によるところが大きい。現在見られるハーベスタのベースマシンは、バケットサイズ  $0.45\text{m}^3$  クラスのエクスカベータであることが多く、その作業半径は車体中心から  $7\text{m}$  弱となっている。植栽列の間隔が  $2\text{m}$  場合、計算上は片側 4 列程度が作業範囲となるが、現実の作業では様々な制約から 3~5 列おきに列状間伐を繰り返すケースが多い。このため、間伐の効果や間伐後の林分外観に囚われ、列状間伐の適用に難色を示す場合があることも事実である。

そこで本研究では、列状間伐の繰り返し間隔を広げ、定性間伐を行う面積の割合を高めることを目的として、通常のハーベスタよりも作業範囲の広い機種を用いて間伐作業を行い、作業分析や生産性の把握を試みた。

本研究を行うにあたり、上川北部森林組合、上川北部森づくりセンター普及課、上川支庁林務課、日本林業技師会の方々より多大なる協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。なお、本研究は平成 19 年度低コスト作業システム構築事業の一環として実施したものであることを付記する。

### 間伐林分の概要と使用機械

間伐作業は 2007 年 10 月に、北海道北部の名寄市日彰に位置する名寄市有林 37 林班 1 小班、面積  $11.56\text{ha}$ 、林齢 39 年生カラマツ人工林において実施した。本林分は、平均傾斜 13 度の比較的緩やかな斜面に成立し、過去 16 年生時と 24 年生時にも間伐が行われている。林況は、平均胸高直径  $27.1\text{cm}$ 、平均樹高  $24.5\text{m}$ 、立木本数  $588\text{本}/\text{ha}$ 、林分材積  $404\text{m}^3/\text{ha}$ 、平均単木材積  $0.687\text{m}^3/\text{本}$  となっている。なお、林内には前年秋に発生した風倒被害木

が見られた。これらの被害木はハーベスタ走行の障害となったため、必要に応じて除去作業も行われた。

間伐作業に使用したハーベスタは、最大作業半径が  $10\text{m}$  の新キャタピラー三菱製 312C テレスコピックアーム付ハーベスタ(以下、ロングリーチハーベスタという)である。本機は重量約 14 トン、全長約  $8.7\text{m}$ 、全幅約  $2.9\text{m}$  のエクスカベータをベースマシンとし、最大作業半径が  $10\text{m}$  のテレスコピックアームを装着している。ハーベスタヘッドはフィンランド製 KETO150Supreme で、クローラ式の送材装置を 2 個備えていることが特徴となっている(写真-1、表-1)。このロングリーチハーベスタが林内を走行し、間伐木の伐倒、枝払い、玉切りを一連の動作の中で行った。

ロングリーチハーベスタによる間伐作業の調査は、①傾斜 5 度未満の場所における列状間伐(以下、間伐 1 という)、②同じ傾斜条件での列状+定性間伐(同じく間伐 2)、ならびに③傾斜 10~15 度における列状+定性(同じく間伐 3)について実施した。列状間伐は、ハーベスタが林内を走行し作業するための空間確保を目的とし、幅  $5\text{m}$  となるよう伐開した。また列状+定性間伐は、ロングリーチハーベスタの最大作業半径に基づき幅  $5\text{m}$  の列状間伐を  $20\text{m}$  間隔で繰り返すような設計とした。すなわち、列状間伐部から片側  $10\text{m}$  ずつを本機の作業範囲とした。列状間伐部に挟まれた部分(以下、残存部という)では通常定性間伐を実施し、列状間伐と合わせて全体の間伐率が 30%程度となるよう調整した。



写真-1 ロングリーチハーベスタの外観

Yasuo KOHATA (Donan Br. Sta., Hokkaido For. Res. Inst., Hakodate 041-0801)

Ichiro WATANABE, Sayaka SAKAI, Masayuki TOHACHI (Hokkaido For. Res. Inst., Bibai 079-0198)

Shozo SASAKI (Hokkaido Res. Ctr., For. And Forest Prod. Res. Inst., Sapporo 062-8516)

Thinning operation by long-reach harvester

表-1 ロングリーチハーベスタの主要仕様

名称		312Cテレスコピックハーベスタ
ベースマシン	重量	13,960 kg
	全長	8,670 mm
	全高	3,500 mm
	全幅	2,890 mm
	接地圧	0.46 kg/cm <sup>2</sup>
	定格出力	67(91) kW(PS)
	最大作業半径	10 m
ハーベスタヘッド	型式	KETO150Supreme
	重量	800 kg
	最大伐倒径	550 mm
	最大枝払径	450 mm
	枝払ナイフ数	3 枚
	送材クローラ	2 個

作業分析および生産性把握のため、ビデオカメラを用いて作業状況を記録しながら所要時間を計測するとともに、移動距離や処理材積の測定を行った。時間解析にあたり、作業内容を移動、旋回、掴み、鋸断・伐倒、枝払い・玉切り、末木捨て、集積、走行障害除去、伐倒支障除去、段取り（作業方法の検討）の10個の要素作業に区分した。また比較対照のため、本林分内において通常のハーベスタ（コマツ製 PC138US をベースマシンとしフィンランド製 WARATAH HTH460 ハーベスタヘッドを装着した機種、作業半径約 6.7m）による間伐作業も行い同様の調査を実施した。

結果と考察

1) 間伐作業の進行状況と要素作業時間構成

間伐1では、大きなトラブルなく列状間伐を実施する状況が確認された。間伐木 21 本についての時間観測結果から、ここでは枝払い・玉切りが作業時間全体の 47.3% を占めていることがわかった（図-1）。

間伐2では、列状部と定性部の間伐を適宜組み合わせながら作業が進められた。本林分では過去2回の間伐により立木密度が 588 本/ha にまで低下していたため、残存部における定性間伐も列状間伐と大差ない速さで処理する状況が確認された。列状および定性を合わせた間伐木 89 本についての時間観測結果をみると、移動に要する時間割合が 37.3% で最も多く、次いで枝払い・玉切り 31.0% となった（図-2）。移動に多くの時間を要した理由として、枝払い・玉切りを行うため伐倒木を把持した状態で最寄りの集積地点へ何度も移動したことがあげられる。

間伐3では、10~15度の傾斜が機械走行の大きな障害となった。通常、不整地走行を前提としたハーベスタのトラックシューには、登坂力や走破力に優れたシングルグロウサが用いられるが、本機のトラックシューは突起の小さなトリプルグロウサとなっていた。このため林床に密生するクマイザサや水分を含んで軟弱化した土壌が障害となり、傾斜 10~15度で走行困難となった。間伐木 16 本についての要素作業時間構成をみると、枝払い・玉切りの割合が最も多くを占めたが（図-3）、その占有率は間伐1や2よりも小さいものとなった。

以上のことから、間伐内容が列状だけから列状+定性

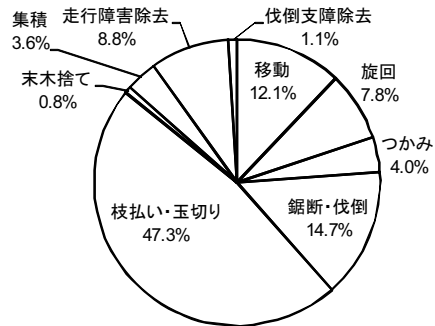


図-1 間伐1における要素作業時間構成

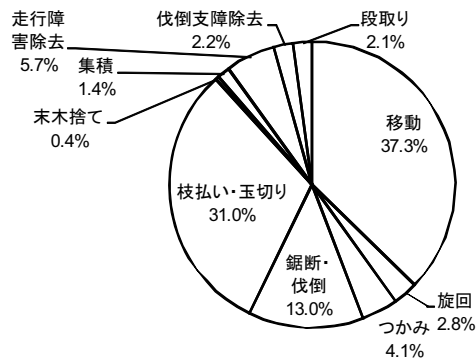


図-2 間伐2における要素作業時間構成

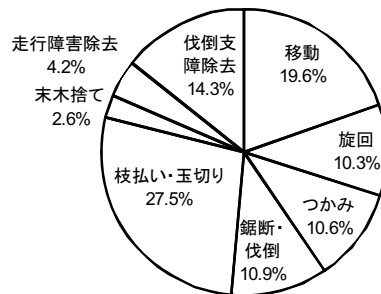


図-3 間伐3における要素作業時間構成

と複雑になり、また機械の機動性に影響する傾斜条件がより厳しいものになると、ハーベスタ作業中に占める枝払い・玉切りの時間割合が少なくなると考えられた。このことについては、今後さらに解析データ数を増やして検証する必要がある。

2) 平均処理時間と生産性

間伐1から3における平均処理時間は、それぞれ 123.5 秒/本、139.9 秒/本、245.6 秒/本と計算された。列状+定性間伐を行った間伐2は、列状だけの間伐1と比べて処理時間が 13%程度増加したが、よりきめ細かな間伐を実施したことを考慮するとこの差は大きな問題とはな

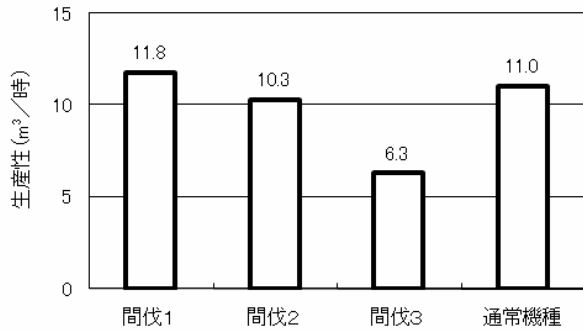


図-4 ロングリーチハーベスタの生産性

注. 間伐1～3は伐倒・枝払い・玉切り, 通常機種は伐倒・集積

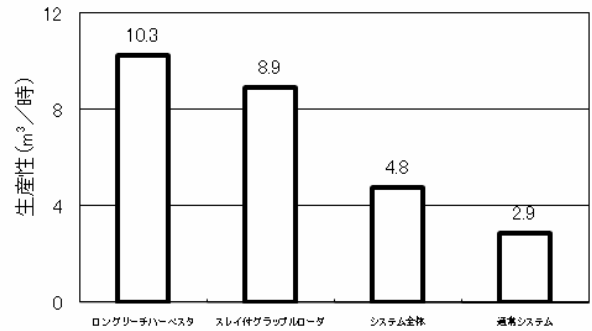


図-5 伐出作業システム全体の生産性

注. 通常システムは, ハーベスタ伐倒・集積, トラクタ全木集材, プロセッサ枝払い・玉切り, グラップルローダ巻き立て

らないと言えよう。一方, 間伐3では処理時間が他の2倍近い結果となった。この原因は前述のように機械の足回りによるものであることから, 機械に係る今後の改善点として指摘される。なお, 比較対照とした通常機種による所要時間は, 伐倒・集積のみの作業内容であったにも関わらず, 間伐1や2よりも長い142.8秒/本となった。この差は, ロングリーチハーベスタではテレスコピックアームが直線的に伸縮してすばやく間伐木を掴むのに対し, ナックルブーム式の従来機種では動作がやや緩慢になるためと考えられた。

調査結果からロングリーチハーベスタによる間伐作業の生産性を求めると, 1時間当たり換算値で間伐1は29.1本, 11.8m³, 間伐2は25.7本, 10.3m³, 間伐3は14.7本, 6.3m³となった。これらの生産性は他の報告(3)を上回る値であり, 伐倒・集積だけを行った通常機種と比べても遜色ないものであった(図-4)。

以上のことから, ロングリーチハーベスタを用い, 列状間伐の繰り返し間隔を広げ, 残存部で定性間伐を行うことは十分可能であり, そこで得られる生産性も高いと考える。機械化先進国のスウェーデンでは既に作業半径10mの機種の適用が標準とされており, 近年は11mとした場合の有効性についても報告されている(4)。我が国においても20m近い作業範囲を持つスーパーロングリーチグラップルに関する研究(6)が行われており, 森林作業におけるロングリーチ車両への期待が高まっていると言えよう。

### 3) 間伐作業システムへの展開

本林分ではロングリーチハーベスタによる伐木造材作業と合わせて, スレイ付グラップルローダによる集材作業を実施した。スレイは集材用に製作された簡易なもので, その仕様や集材作業の生産性については既に報告している(5)。一般に, ハーベスタはフォワーダと組み合わせることで効率的な作業システムを構成するが, 道内ではクローラトラクタ等と比べて高価なフォワーダの導入は思うように進んでいないのが現状である。このため比較的安価に製作できるスレイに材を載せ, グラップルローダでけん引集材する方法が適用できると考えられた。

間伐2で得られたロングリーチハーベスタとスレイ

付グラップルローダの生産性は, それぞれ10.3m³/時, 8.9m³/時であった。これらの数値から計算されるシステム全体の生産性は約4.8m³/時となった。これはハーベスタ伐倒・集積, トラクタ全木集材, プロセッサ枝払い・玉切り, グラップルローダ巻き立てからなる通常システムの生産性2.9m³/時の約1.7倍であった(図-5)。

以上のとおり, ロングリーチハーベスタとスレイ付グラップルローダを組み合わせ, 生産性の高い間伐作業システムを構成できることが明らかとなった。ただし, スレイ付グラップルローダはフォワーダの代用としているので, 今後はハーベスタとフォワーダによる作業システムとの比較検討などが必要であろう。

### おわりに

ロングリーチハーベスタを活用することで, 列状間伐の繰り返し間隔の延伸, 定性間伐エリアの拡大, スレイ付グラップルローダとの組み合わせによる生産性の高い間伐作業システムの構築についての可能性を見出すことができた。今後, 本体足回りの強化や小旋回タイプへの変更等が図られることにより, ロングリーチハーベスタの適用範囲はさらに広がるものと考えられる。

### 引用文献

- (1) 木幡靖夫(2005)列状間伐—高性能林業機械を活用した森林づくり—. 北方林業 677:17-20.
- (2) 酒井明香(2007)ハーベスタはどう使われているか—北海道の一般民有林での実態—. 光珠内季報 145:1-6.
- (3) 対馬俊之ほか(1991)ハーベスタによる間伐作業(II)—4条植栽のトマツ林の場合—. 日林論 102:707-708.
- (4) Hallonborg U. et al. (2001) Successful trial with long knuckleboom. SKOG FORSK Results3:1-4.
- (5) 渡辺一郎ほか(2008)グラップルローダと鉄そりによる短幹集材—北海道北部カラマツ林での事例—. 日本森林学会大会学術講演集 120:P1e11.
- (6) 吉田智佳史ほか(2008)ロングリーチグラップルを用いた集材作業の生産性. 森林学誌 22(4):245-248.