

フェラーバンチャとクローラカート型集材装置による風倒被害木の処理作業事例

北海道立総合研究機構林業試験場 木幡 靖夫・菅野 正人・寺田 文子
森林総合研究所北海道支所 佐々木尚三・高橋 正義
森林総合研究所 上村 巧
北海道大学大学院農学研究院 小泉 章夫
イワフジ工業株式会社 川崎 智資・佐藤 周作・伊東 伸哉

はじめに

台風や発達した低気圧による風倒木被害が毎年のように各地で発生している。1989年から2009年の過去21年間における災害をもたらした気象事例(2)をみると、暴風や猛烈な風が記録されたケースが30を超えていることがわかる。また、森林国営保険事業における風害に係る損害てん補状況(4)からは、被害規模の違いはあるものの風害が毎年発生している状況が明らかである。特に、1991年の台風19号の影響を受けた九州、ならびに2004年の台風18号の襲来により北海道において発生した甚大な風倒被害は未だに記憶に新しい。

被害林分の長期間にわたる放置は、大規模な虫害やCO₂吸収源の喪失等、環境に重大な影響を及ぼす恐れがあり、速やかに健全な森林へ再生させる必要がある。このためには安全性が高く処理能力が大きい高性能林業機械の活用が不可欠と考える。ところが利用が期待されるハーベスタ等は直立した立木の伐倒・造材を前提として設計されており、湾曲して地面に積み重なった状態の風倒木を処理しようとするとトラブルが多発することから有効に活用できない(3)。そのため機械化すべき最も危険で困難な作業が手持ち式のチェーンソーで行われており、処理が効率的に進まないばかりか、内部に反発力を備えた風倒木の鋸断で毎年のように人命の失われる重大労働災害が発生している(5)。また、被害木の集材に使用される機械は現在のところトラクタが主流となっているが、そこではけん引集材するためにオペレータが下車して伐倒木にワイヤロープを巻きつける荷掛け作業が必要となる。この作業は周囲に被害木や伐倒木が集積する危険な状況下で行われるため、より安全性の高い作業へ転換していかなければならない。

そこで、本研究では風倒木の安全かつ効率的な処理作業の確立を目指し、風倒木処理が可能なフェラーバンチャと荷掛け作業の不要なクローラカート型集材装置を用いて風倒被害木の処理作業試験を実施した。ここでは供試機械や作業システムの特長、処理能力(生産性)、安全性、処理コストの試算結果について報告する。

なお、本研究は新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「高性能林業機械を活用した風倒被害木処理システムの開発」の一環として行ったものである。

場所と方法

1. 試験地の概要

風倒被害簿木の処理作業試験は、2009年12月に苫小牧市植苗にある一般民有林、林齢44年生のカラマツ人工林において行った。本林分では2004年の18号台風により風倒被害が発生している。試験時の林況は1ha当たりの本数が900本、材積180m³、平均直径17.6cm(10~36cm)、平均樹高15.1mで、ミズナラ、シラカンバ、イタヤカエデなどの再生広葉樹との混交状態を呈していた。試験地内の地形は平坦で、林床にはシダ類が優占して見られたが、車両系機械の走行障害となるような転石等は特に認められなかった(写真-1)。



写真-1 処理作業試験地の状況

2. フェラーバンチャ

伐倒・集積作業に用いたフェラーバンチャは、アタッチメント(フェラーバンチャヘッド)とベースマシンで構成される(写真-2)。アタッチメントは油圧ハサミ式切断機構(最大切断径400mm)を持つイワフジ工業製GF-40CAの改良型で、前出の実用技術開発事業の中でスイング機構(左右50度)の追加やグラブの大型化(開き幅が既存機の2倍)を実施し、大きく傾いた木や機体に対して横向きに倒れている木も効率よく処理できるよう改良されている。油圧ハサミ式切断機構の採用に

Yasuo KOHATA, Masato KANNO, Fumiko TERADA (Forestry Research Institute, Hokkaido Research Organization, Bibai 079-0198), Syozo SASAKI, Masayoshi TAKAHASHI (Hokkaido Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, Sapporo 062-8516), Takumi UEMURA (Forestry and Forest Products Research Institute, Tsukuba 305-8687), Akio KOIZUMI (Research Faculty of Agriculture, Hokkaido Univ., Sapporo 060-8589), Tomoyori KAWASAKI, Syusaku SATO, Shinya ITO (Iwafuji Industrial Co., Ltd., Ohsyu 023-0872)

A case study on windfall logging using a feller-buncher and a crawler skidding cart



写真-2 供試したフェラーバンチャ



写真-3 クローラカート型集材装置

よりチェーンソー作業で問題となる土などの異物切断に起因する作業の中断が解消されることから生産性の向上が期待できる。ベースマシンはコマツ製 PC120-8 で、通常ハーベスタやプロセッサなどの高性能林業機械のベースマシンとして用いられるものと同じバケットサイズ 0.5m³ クラスのエクスカベータである (表-1)。

3. クローラカート型集材装置

本装置は、空転するクローラを装着した台車 (既存のクローラトラクタの足回り部を利用) を、グラップルローダでけん引するタイプの集材装置である (以下クローラカートという、写真-3)。荷台となるカート部の大きさは全長 1760mm、全幅 2450mm、重量約 2300kg で、集材木の元口側をカート上に載せ、半積載の状態ですべて全木集材を行う方式としている。本試験で用いたクローラカートは、十勝管内上士幌町の井出重機鉄工で製作されたものを一部改造し、連結部を可変長・着脱型のジョイントとしている。また使用したグラップルローダのベースマシンはキャタピラー三菱製 312C で、フェラーバンチャのベースマシンと同様のバケットサイズ 0.5m³ クラスのエクスカベータであり、アタッチメントとしてイワフジ工業製 GS-90LJ グラップルを装着している (表-2)。北海道内では、土そりを利用した集材作業が広く行われてい

表-1 フェラーバンチャの主要仕様

アタッチメント	形式	IWAFUJI GF-40CA改良型
	寸法	1490mm(L)×1350mm(W)×1340mm(H)
	切断装置	油圧ハサミ方式、最大切断直径 400mm
	スイング機構	左右50度
	最大開口幅	1660mm(グラップル部)
	重量	約1600kg
ベースマシン	形式	KOMATSU PC120-8
	寸法	7590mm(L)×2500mm(W)×2875mm(H)
	重量	12100kg

表-2 クローラカート型集材装置の主要仕様

カート部	形式	井出重機鉄工製
	寸法	1760mm(接地長)×2450mm(W)
	最低地上高	500mm
	重量	2300kg
ベースマシン	形式	CAT 312C
	寸法	7570mm(L)×2490mm(W)×2825mm(H)
グラップルローダ	重量	12200kg
	形式	IWAFUJI GS-90LJ
	アタッチメント	最大開口幅 2000mm 重量 800kg

るが、その改良型であるクローラカートは土そり集材で問題とされるグラップルローダのけん引負荷が小さいため、機械や林地環境に配慮しながら一度に 10m³ 以上の材を搬出することが可能となっている (6)。

4. 実施した作業システムと調査方法

本研究では二種類の作業システムについて処理試験を実施した。作業システム 1 はフェラーバンチャで伐倒・集積を行い、その後クローラカートで全木集材を行うもので、作業員 (機械オペレータ) 2 名、機械 2 台で構成される。作業システム 2 はフェラーバンチャにクローラカートを装着し、伐倒から集材までを作業員 1 名、機械 1 台で行うワンマンオペレーションシステムである。いずれのシステムも作業員数や機械台数がチェーンソーとグラップルローダ等による従来型作業 (3) より少なく省力化が図られていること、機械類はすべて国産で比較的安価なため導入や維持が容易と考えられることが特長としてあげられる。

処理作業に先立ち、対象林分内に面積 0.43ha の調査区を設定し、毎木調査と全立木の位置測量を実施して被害状況を詳細に把握した上で、当該林分における被害木処理作業の難易度についての検討を行った。調査項目は胸高直径および被害形態で、被害形態は転倒 (根返り)、傾斜、折損の 3 区分とした。転倒や傾斜についてはその方向、傾斜については傾斜度 (鉛直方向からの傾き) を測定した。処理作業についてはビデオカメラを用いて時間解析調査等を行い、作業分析や生産性の算出、コストの試算を行った。

結果と考察

1. 被害状況と処理作業の難易度

調査区 (385 本) における本数被害率は 43.1% で、半分以上の立木が無被害の健全木として残されていた。また被害は調査区内のほぼ全域で散発的に発生しており特定の場所に集中するような傾向は認められなかった (図-1)。被害形態別の本数割合は、転倒 32.5%、傾斜 48.2%、折損 19.3% で、傾斜被害が約半数を占めていた (図-2)。胸高直径と被害発生との関係を調べたところ、転倒や傾

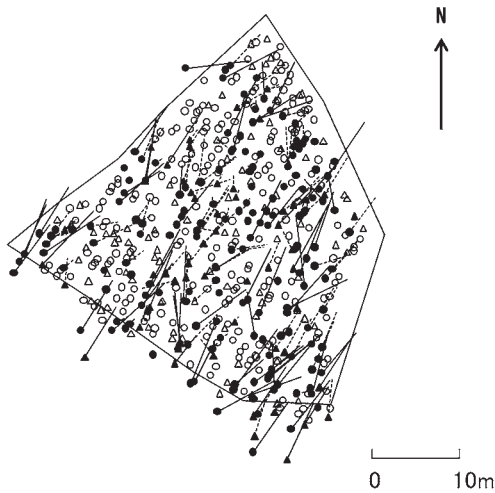


図-1 被害の発生状況

○カラマツ, △広葉樹, それぞれ塗りつぶしは被害木
実線は転倒木, 点線は傾斜木の位置

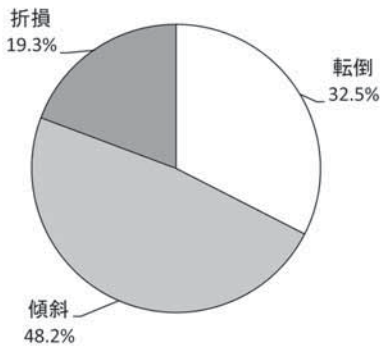


図-2 被害形態別の発生割合

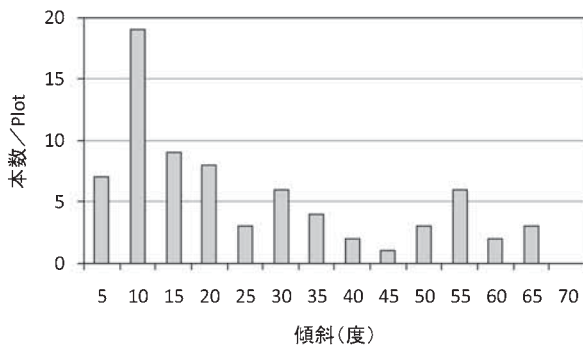


図-3 傾斜被害木の傾斜度別本数

斜被害は直径 12~28cm の広い範囲で発生していたが、折損は 10~18cm の比較的細い個体が多かった。また傾斜被害は傾斜 5~65 度の広い範囲で発生しており、傾斜 5~10 度の被害木が全体の 26% を占めていた (図-3)。以上のように、本林分では被害が散発的に発生したため被害木と健全木 (処理対象外) が混在していること、被害形態は転倒、傾斜、折損と多種でしかも様々な太さの

個体で発生していること、さらに傾斜木の傾きも一定のものとはなっていないことが明らかとなった。これらの状況から本林分における処理作業の難易度は、皆伐的な処理の可能な場所と比べて相対的に高いと考えられた。

2. フェラーバンチャによる伐倒・集積作業

作業システム 1 においてフェラーバンチャが伐倒・集積に要した平均時間は、傾斜木 79.6 秒/本、転倒木 76.7 秒/本で、これらの被害形態による差はほとんどみられなかった。これはスイング機構の追加やグラブの大型化によりフェラーバンチャの処理能力がアップしたためと考えられた。一方、折損木や支障木など直立状態の立木では 1 本当たり 67.4 秒の処理時間となり、10 秒程度短いことがわかった。なお、傾斜木と転倒木について要素作業時間の構成割合を調べたところ、両者とも集積や支障除去に要する時間割合が高く、残置する健全木の損傷防止に配慮しながら作業を進めた状況が推察された (図-4)。

作業システム 2 ではフェラーバンチャで伐倒から集材までを実施したが、この中で伐倒からクローラカートへの積み込みまでの作業に要した時間は 1 本当たり平均 83.4 秒となった。作業システム 1 の結果と比べて時間を要した理由は、全木材を半積載した状態で移動しながら作業を行っているためでないかと考える。

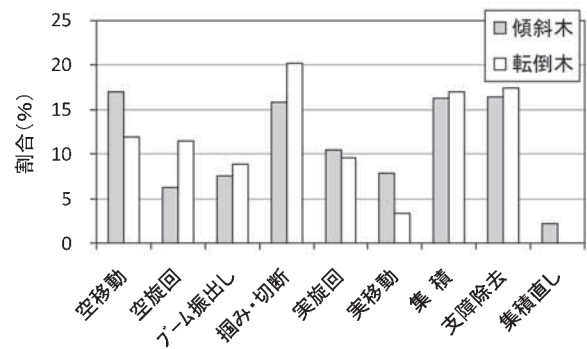


図-4 伐倒・集積における要素作業時間の構成割合

3. クローラカートによる全木集材作業

1 サイクル当たりの集材材積は作業システム 1 で 6.60 ~ 1.16m³, 作業システム 2 で 1.49m³ となり、既報 (6) よりも少ない量となった (図-5)。この理由は、土場が試験区に隣接しており、土場を出てから戻るまでの集材距離が比較的短く集材対象が少なかったためであろう。ちなみにシステム 1 におけるサイクル No. ごとの集材距離はそれぞれ 62m, 56m, 28m であり、これらと集材材積との間には正の比例関係が認められた。また、土場から最初の積み込み地点まで、すなわち空荷時の平均走行速度は 2.7km/hr、これに対し積み込みを始めてから土場に戻るまでの積荷時は 1.5km/hr となった。皆伐処理した事例では積荷時でも 3km/hr 以上の走行速度が観察されているが (未発表)、ここでは健全木の残置により集材スペースが大きく制限されたことが影響したと考える。こうした条件の場所で集材効率を上げるには、全木よりも短幹集材方式が有利となるのではないかと考えられた。

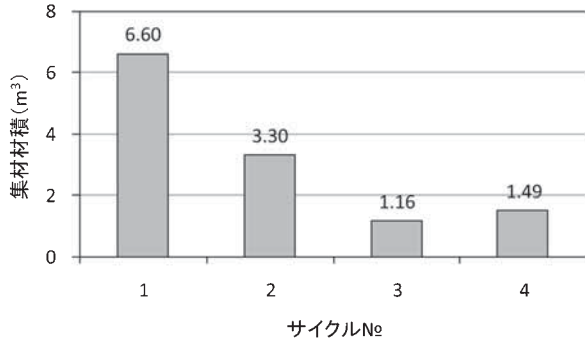


図-5 1 サイクル当たりの集材材積

サイクルNo.1~3 は作業システム 1, No.4 は作業システム 2

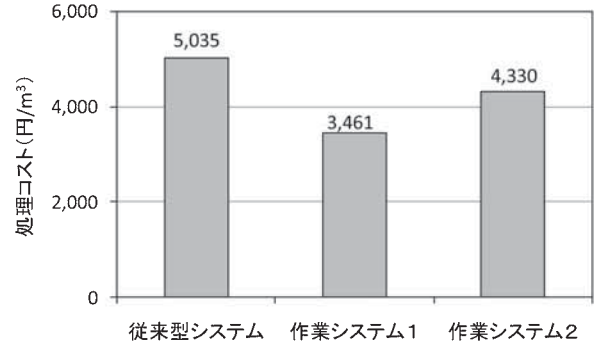


図-7 処理コストの試算結果

4. 生産性と処理コスト

時間解析結果に基づいて算出した生産性は、作業システム 1 では伐倒・集積 5.5m³/時、集材 10.1m³/時、システム全体では 3.6 m³/時、作業システム 2 では伐倒から集材までのシステム全体で 3.0m³/時となった。これらの結果はいずれも従来型作業の生産性(3)を上回るものであり、システム全体では 3~4 倍の値となった(図-6)。なお、作業システム 2 の生産性がシステム 1 よりも低い原因は、集材材積が少なかったことと荷おろしに時間を要していた(システム 1 の 52.1 秒/m³ に対してシステム 2 では 89.1 秒/m³) ためと考えられた。

以上の結果と既存間伐作業における土場造材、巻き立ての生産性等を用い(1, 8)、伐倒から巻き立てまでの処理コストを試算した。その結果、作業システム 1 で 1m³ 当たり 3,461 円、システム 2 では 25%増の 4,330 円となり、従来型システムと比べて 2~3 割程度コストを削減できると予想された(図-7)。

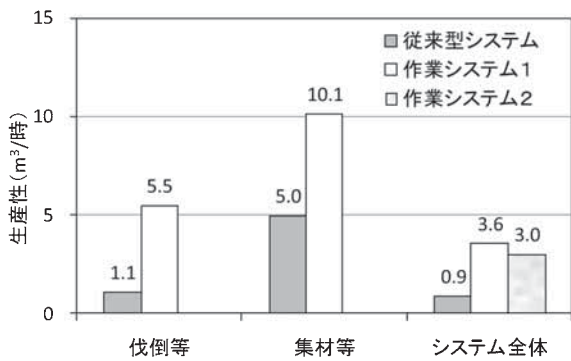


図-6 生産性の比較

5. 安全性

フェラーバンチャとクローラカートを用いることにより、手持ち式チェーンソー作業や集材時の荷掛け作業が解消された。さらに No foot on forest, すなわちオペレータが一度も機械から下りることなく作業が進められたことから、高い安全性を確保できたと考える。風倒木処理作業における重大労働災害を未然に防ぐため、本研究で実施した作業システムは極めて有効といえよう。

おわりに

改良型フェラーバンチャによりチェーンソーを用いる従来型作業の約 5 倍、またクローラカート型集材装置によりトラクタ集材の約 2 倍の生産性を上げることができた。こうした結果は処理コストの低減にも反映され、本研究で実施した作業システムにより風倒被害木を安全かつ効率的に、しかも低コストで処理できると考えられた。なお、本研究で対象とした林分のように被害が散発的に発生した場所では、全木集材よりも短幹集材の方が有利となる場合があると考えられた。このため短幹集材用のクローラカートを製作し、フェラーバンチャの伐倒・集積に続いて、プロセッサで枝払い・玉切りを行い、最後にクローラカートで短幹集材する作業システムについての研究も実施しているところである。

文献

- (1) 北海道水産林務部 (2003) 北海道高性能林業機械化基本方針. 19pp.
- (2) 気象庁. 災害をもたらした気象事例. オンライン, (<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosa-i/report/index.html>). 2010 年 11 月 1 日参照.
- (3) 木幡靖夫・佐々木尚三・上村巧・高橋正義・川崎智資 (2009) 風倒木の処理作業に関する若干の考察. 日林学術講 120 : E11.
- (4) 農林水産省. 森林国営保険事業統計書. オンライン, (<http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sinrin-hoken/index.html>). 2010 年 11 月 1 日参照.
- (5) 林業・木材製造業労働災害防止協会. 林業死亡災害速報. オンライン, (http://www.rinsaibou.or.jp/cont03/items01/0301_idx.html). 2010 年 11 月 1 日参照.
- (6) 佐々木尚三・上村巧・高橋正義・木幡靖夫・菅野正人・井出光四郎・鈴木康一 (2010) クローラカート集材システムの開発. 森林利用学会第 17 回学術研究発表会 (口頭発表).
- (7) 渡辺一郎 (2009) 土そりとグラップルローダによる集材. 光珠内季報 155 : 12~16.
- (8) 全国林業改良普及協会 (2001) 機械化のマネジメント. 東京, 239pp.