

フェラーバンチャによる風倒木処理の試み

北海道立林業試験場
森林総合研究所北海道支所
イワフジ工業株式会社
北海道大学大学院農学研究院
大澤木材株式会社

木幡 靖夫
佐々木尚三・高橋 正義
川崎 智資・佐藤 周作・伊東 伸哉
小泉 章夫
大澤 友厚

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。風倒木の長期放置は、木材としての価値を低下させるばかりか大規模な虫害や CO₂ の放出等環境に甚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。風倒木を安全かつ効率的に処理するためには高性能林業機械の活用が望まれるが(2, 3, 4)、通常の伐倒とは異なる状況での作業となるため現行機種ほとんどは土場などでの間接的な利用にとどまっている(5, 6, 7)。そこで高性能林業機械による風倒木処理作業を可能とするため、既存機械を使用した場合の作業上の問題点や機械的な改善点の解明、生産性の把握に取り組んだので報告する。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

既存高性能林業機械による風倒木処理作業の調査は、平成 20 年 12 月に北海道東部の陸別町に位置する十勝東部森林管理署管内の国有林 1142 林班お小班、昭和 39 年植栽のアカエゾマツ人工林において実施した。同林分では平成 18 年秋の低気圧により、転倒や傾斜を主とする風倒被害が発生し(写真-1)、それらの被害木が折り重なった中でチェーンソーを持った作業員が歩行移動することは極めて困難な状況を呈していた。ただし、林地傾斜自体は 5 度未満で、車両系機械の走行や作業に大きな問題はないと判断された。

風倒木の処理作業に用いた既存高性能林業機械は、ソータイプの鋸断装置を持つハーベスタ等では土を切る問題等が発生する(7)ため、ここでは油圧ハサミ式(Shearタイプ)の切断装置を備えたフェラーバンチャとした。供試機種に装着された伐倒アタッチメントは、イワフジ工業製 GF-40CA(写真-2)で重量 1460kg、最大 40cm の太さまで切断することができる。またアタッチメントを装着したベースマシンは、新キャタビラー三菱製 E120B で一般にハーベスタやプロセッサのベースマシンとして用いられるバケットサイズ 0.45m³ クラスのエクスカベータである(表-1)。

本研究では供試フェラーバンチャによる風倒木の処理

作業を、①傾斜木の伐倒・集積(以下伐倒作業という)と、②転倒木や伐倒木の掴み上げ・集積、ならびに切り離した根株の片付け(以下グラップル作業という)の二つに分け、それぞれについて作業方法、処理本数と所要時間、作業上の問題点をビデオカメラ等により調査し、ビデオ映像の解析に基づいて生産性、効率的な作業の進め方、機械的な改善点の検討を行った。さらに①については、風倒木の傾斜度(鉛直方向からの傾き)や傾斜方向がフェラーバンチャの伐倒作業に及ぼす影響についても調査を行った。



写真-1 調査林分における風倒被害状況



写真-2 供試機に装着された伐倒アタッチメント
上部にグラップル、下部に油圧ハサミ式切断装置

Yasuo KOHATA (Hokkaido Forestry Research Institute, Bibai 079-0198), Syozo SASAKI, Masayoshi TAKAHASHI (Hokkaido Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, Sapporo 062-8516), Tomoyori KAWASAKI, Syusaku SATO, Shinya ITO (Iwafuji Industrial Co., Ltd., Ohsyu 023-0872), Akio KOIZUMI (Research Faculty of Agriculture, Hokkaido Univ., Sapporo 060-8589), Tomoatsu OHSAWA (Ohsawa Mokuzai Co., Ltd., Kushiro 085-0218)

Trial results of windfall logging by feller-buncher

表-1 供試機の主要仕様

アタッチメント	形式	IWAFUJI GF-40CA	
	寸法	全長	1490mm
		全幅	1350mm
		全高	1340mm
	切断装置	形式	油圧ハサミ式
最大切断直径		400mm	
ベースマシン	重量	1460kg	
	形式	CAT E120B	
	寸法	全長	7620mm
		全幅	2490mm
		全高	2710mm
重量	12200kg		



写真-3 供試機による風倒木の伐倒作業状況
手前に作業の支障となる倒伏木がみられる

結果と考察

1. 伐倒作業

クローラタイプの足回りを持つフェラーバンチャは、傾斜が比較的緩やかな林地を問題なく走行し、風倒木の処理作業にあたった(写真-3)。

ビデオ映像による作業時間の観測に基づき、フェラーバンチャ伐倒作業の1サイクルを①空移動(伐倒対象木までの移動)、②支障除去(伐倒の障害となる低木等の除去)、③空旋回(伐倒アタッチメントと伐倒対象木を一直線上に合わせるための動作)、④ブーム降り出し(伐倒アタッチメントを伐倒対象木に添わせるために行うブーム・アームの伸縮)、⑤掴み・切断、⑥実旋回(伐倒木を把持した状態での旋回)、⑦実移動(伐倒木を把持した状態での移動)、⑧集積、⑨集積直し、⑩待機、⑪その他の要素作業に区分することができた。54サイクルについて分析した結果、1サイクル当たりの所要時間は最短9秒、最長366秒、平均60.1秒で、全サイクルの約74%が60秒以内となった(図-1)。

要素作業別の時間構成割合をみると、支障除去が作業時間全体の26.5%で最も高かった(図-2)。これは写真-3からも確認できるように、風倒林分においては倒伏木等の存在が作業の障害となっており、安全かつ確実に伐倒作業を進めるためには障害物の除去が欠かせない

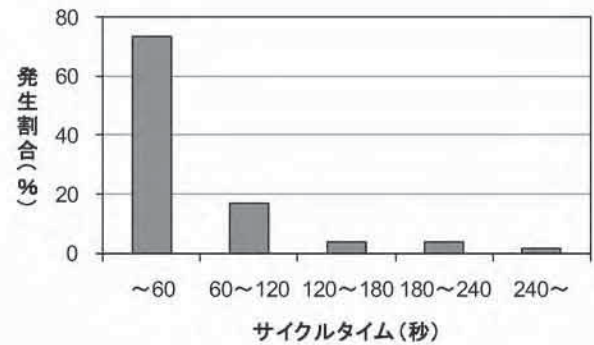


図-1 伐倒作業におけるサイクルタイムの発生割合

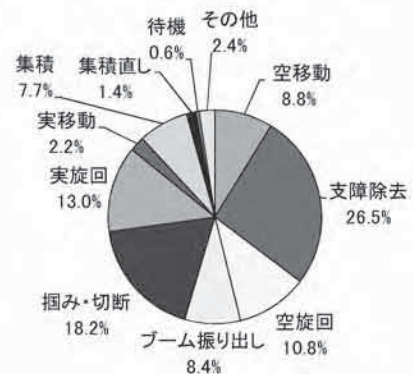


図-2 伐倒作業における要素作業別の時間構成割合

めであることがわかった。また、掴み・切断に要した時間の割合は18.2%で、この状況は機種や作業条件は異なるがフェラーバンチャを用いた間伐事例の7.9%(9)や12.3%(1)、皆伐事例の6.7%(8)と比べて大きく、風倒木処理が手間のかかる作業である状況が窺われた。

時間解析結果に基づいて試算したフェラーバンチャ伐倒作業の生産性は、処理木の平均直径20.6cm、平均材積0.294m³/本の条件で、1時間当たり本数で61.1本、材積では12.6m³(素材生産歩止り70%として計算、以下同じ)となった。この値は、機種や作業条件が異なるため単純に比較することはできないが、間伐事例5.8m³/時(1)や皆伐事例6.4m³/時(8)、またチェーンソーとグラブローダで風倒木を処理した事例1.1m³/時(7)を大きく上回った。本事例が皆伐事例の約2倍の生産性となった主要因としては、皆伐で使用したフェラーバンチャがソータイプの切断装置であったため、ソーチェーン外れやソーバー曲り等のトラブルが発生し1本当たりの処理時間がやや長くなった(平均67.3秒/本)ことと、皆伐での処理木が小さかった(平均直径15.4cm)ことがあげられる。

なお、油圧ハサミ式切断装置を用いることで伐根高を地際すれすれまで低くすることができた(写真-4)。このことは車両系機械が林内を走行する上で極めて重要なことであり、後続する集材作業等の生産性アップにもつ

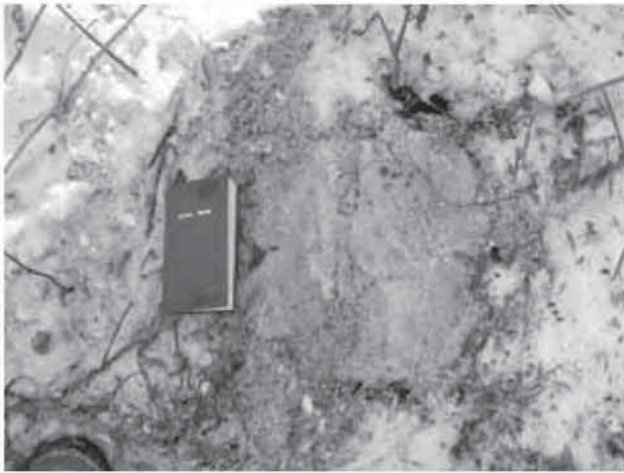


写真-4 油圧ハサミ式切断装置による切断状況
伐根高は地際すれすれで低い

表-2 傾斜度, 傾斜方向別の伐倒状況

試験木 番号	胸高直径 (cm)	傾斜度 (°)	傾斜方向	伐倒可否	備考
1	24.8	8	後	可	
2	37.6	17	右後	可	グラブで傾きを戻して切断
3	20.7	21	左前	可	
4	26.1	22	左前	可	グラブで傾きを戻して切断
5	16.2	23	左	可	同上
6	30.2	28	後	可	伐倒アタッチメントを傾斜に沿わせて切断
7	24.5	28	右後	可	同上
8	16.6	36	右前	可	作業中に折損
9	24.9	46	前	可	伐倒アタッチメントを傾斜に沿わせて切断
10	24.2	50	左前	可	傾斜角が大きいため、グラブで掴めず カッターのみで切断

注1. 傾斜度は鉛直方向からの傾きで、数値が大きいくほど傾いていることを示す
注2. 傾斜方向は機械側からみた方向で、例えば「後」は機械側(手前)に倒れている状況を示す

ながると考えられた。

次に、風倒木の傾斜度や傾斜方向がフェラーバンチャの伐倒作業に及ぼす影響についての検討を行った。このために風倒木の傾斜度と傾斜方向について 33 本のサンプリング調査を行い、その中から安全に作業観測やデータ収集が可能な 10 本を選出し、伐倒作業の可否を調査した。その結果、傾斜度が 50 度未満の場合は傾斜方向にかかわらず付属のグラブで把持して強制的に傾斜度や傾斜方向を修正し、アタッチメントを風倒木に沿わせて伐倒することが可能であった。しかし傾斜度が 50 度になると付属のグラブで掴むことが困難となり、油圧ハサミのみ差し込んで切断するという不完全な伐採状況となった(表-2)。ただし、前述のサンプリング調査の結果によれば、傾斜度 10 度未満のケースが全体の 36.4%、10~20 度および 20~30 度がそれぞれ 24.2%で、30 度未満のケースが全体の約 85%を占め、逆に 50 度を超えるケースは 3%と少ないことから(図-3)、本林分においてはほとんどの風倒木を供試フェラーバンチャで伐倒できると考えられた。

以上のことから、通常の伐採作業と比べて手間のかかる風倒木の処理には、土などの異物を切断しても大きな影響の出ない油圧ハサミ式のフェラーバンチャを用いることが有効と判断された。ただし、傾斜度の大きな風倒木をスムーズに伐倒するためには、グラブの形状や取り付け位置の検討が必要となることも示唆された。

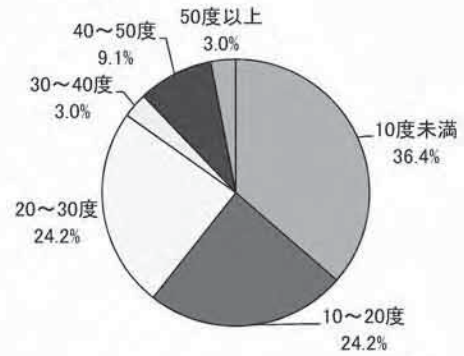


図-3 傾斜度別の本数割合 (33 本のサンプリング調査結果)



写真-5 供試機によるグラブ作業
切り離れた根株を片付けている状況

2. グラブ作業

観測されたグラブ作業は、①空移動(作業場所までの移動)、②掴み準備(支障除去や伐倒木等の整理)、③空旋回(伐倒アタッチメントと処理対象木等を一直線上に合わせるための動作)、④ブーム降り出し(伐倒アタッチメントを処理対象木等に当てるためのブーム・アームの伸縮)、⑤掴み上げ、⑥実旋回(処理木等を掴み上げた状態での旋回)、⑦実移動(集積木等を掴み上げた状態での移動)、⑧集積、⑨集積直し、⑩根株の片付け(写真-5)、⑪その他の要素作業に区分することができた。31 サイクルについて分析した結果、1 サイクル当たりの所要時間は最短 9 秒、最長 299 秒、平均 74.3 秒で、全サイクルの約 87%が 100 秒以内となった(図-4)。サイクルタイムが 100 秒を超えたケースでは、掴み上げや根株の片付けに手間取る状況が観察された。

要素作業別の時間構成割合をみると、掴み上げが作業時間全体の 19.3%でもっとも高く、次いで掴み準備が 16.8%を占めた(図-5)。掴み上げ、掴み準備に時間を要した理由の一つとして、供試機の油圧ハサミ部がグラブ作業に干渉していたことがあげられる。具体的な現象としては、グラブで集積材をスムーズに掴めな

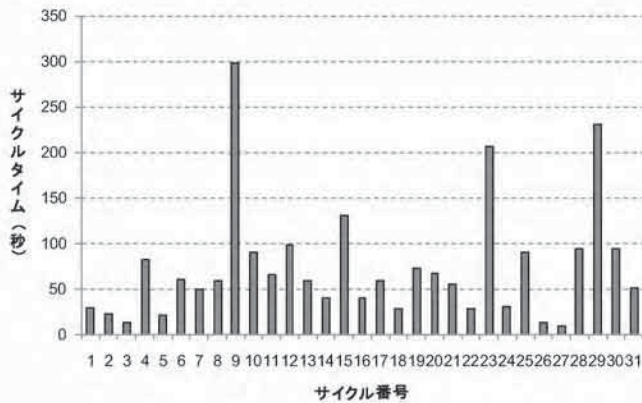


図-4 グラップル作業におけるサイクルタイム

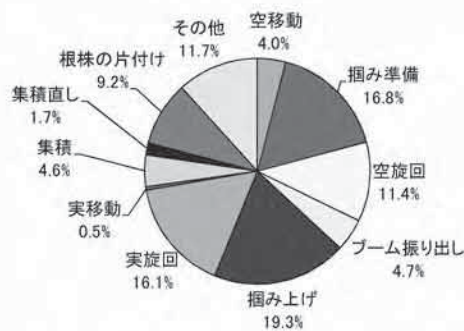


図-5 グラップル作業における要素作業別の時間構成割合

い、また確実に把持できないため材が抜け落ちる、あるいは適切な位置を掴めないため材が途中から折れる等のトラブルが観察され、通常のグラップルローダと同等の作業を行うことは困難と考えられた。本機によるグラップル作業の効率を向上するためには、ハサミ部がグラップル作業に干渉しないような構造への変更や改善が必要となろう。なお、機体に対して横向きに位置する材を掴むことが困難な状況が確認されたことから、グラップル部または伐倒アタッチメント全体が旋回できる機構の付加も望まれた。

調査結果に基づいて算出された1時間当たりの生産性は本数で48.4本、材積で9.9m³となり前述の伐倒作業と比べてやや小さいものとなった。この生産性も前述の機械的な改善によって増大することが十分可能と考えるが、

従来のグラップルローダで風倒木の引出し・集積作業を行った事例の生産性2.8m³/時(7)と比べると決して小さいものとは言えないであろう。なお、参考までに従来事例の3倍以上の生産性となった要因としては、処理木が大きかったこと(従来事例の平均直径は17.3cm)と、平均処理時間が短かったこと(従来事例は183秒/本)があげられる。

おわりに

以上述べてきたように、油圧ハサミ式切断装置を備えた既存フェラーバンチャを用いて風倒木を伐倒することに大きな問題はなく、土などの異物切断に起因する作業の中断を心配することなく生産性の高い処理作業を実施できることがわかった。また伐根高を地際すれすれまで低く抑えることが可能で、後続する集材作業の生産性向上にも大きく貢献できると考えられた。ただし、大きく傾いた木や機体に対して横向きに倒れている木を効率よく処理するためにはグラップル部あるいは伐倒アタッチメント全体に旋回機構を付加すること、またグラップル機能をより高度なものとするためハサミ部の干渉を回避できる機構を検討すること等が必要となろう。林業機械の先進地とされる北欧では、既にこうした問題を解決したフェラーバンチャが開発されているので、今後の参考としたい。

文献

- (1) 浅井達弘・木幡靖夫・対馬俊之(1991) フェラーバンチャによるカラマツ人工林の間伐, 日林北支論 39: 96~98.
- (2) FAO (1995) Acute Forest Damage Manual, Geneva, 101pp.
- (3) FVA (2004) Storm Damaged Forests STODAFOR 2004, Freiburg, 26pp.
- (4) FVA (2004) Technical Guide on Harvesting and Conservation of Storm Damaged Timber, Freiburg, 105pp.
- (5) 広部伸二(2007) 台風被害木の安全な処理作業, 林材安全 695: 6-13.
- (6) 柏木工(1993) 風倒木処理における高性能林業機械の活用の現状, 機械化林業 471: 3-9.
- (7) 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, 日林論 120: F13.
- (8) 木幡靖夫・浅井達弘・由田茂一(1994) フェラーバンチャによる皆伐作業事例, 日林北支論 42: 250-252.
- (9) 木幡靖夫・対馬俊之・松本啓吾(2002) フェラーバンチャ Morbark13 を活用したカラマツ間伐作業事例の評価, 日林北支論 50: 113-115.