

高性能林業機械による列状間伐作業の生産性と残存木の成長

木 幡 靖 夫

高性能林業機械の普及に伴い、森林の持つ多様な機能をより高度に発揮するため、機械化作業システムに適した森林施業法が求められるようになってきた。その代表的なものが列状間伐である。列状間伐は、ハーベスタなどの車両系機械の作業効率を向上し、同時に残存木の損傷防止を図る上で欠かせない方法となっている（光珠内季報 86）。しかし、列状間伐の方法と機械作業の生産性との関係等についてはまだ明らかにされていない。

ここでは、フェラーバンチャ等の高性能林業機械を用いて行った4種類の列状間伐試験の結果に基づき、間伐方法の違いが機械作業の生産性に及ぼす影響や、間伐後3年間の残存木の成長状況について紹介する。

フェラーバンチャタイプによる間伐

間伐作業は美幌市郊外にある25年生のトドマツ人工林で行った。この林分は傾斜5~12度の緩斜面上にあり、林内には幅約4mの集材路が開設されている。間伐時の林況は本数1,860本/ha、材積211m³/ha、平均胸高直径14.6cmであった。

作業に用いた高性能林業機械は、フェラーバンチャ（玉置機械工業製 TM-50）、グラップルスキッド（イワフジ工業製 T-40G）、およびプロセッサ（イワフジ工業製 GP-35A）の3台であり、通常フェラーバンチャタイプと呼ばれる機械作業システムである。各機械の作業内容は、フェラーバンチャが林内での伐倒・集積、グラップルスキッドが集材路を走行して土場までの全木集材、プロセッサが土場での枝払い・玉切り・巻立てとなっている（図-1）。

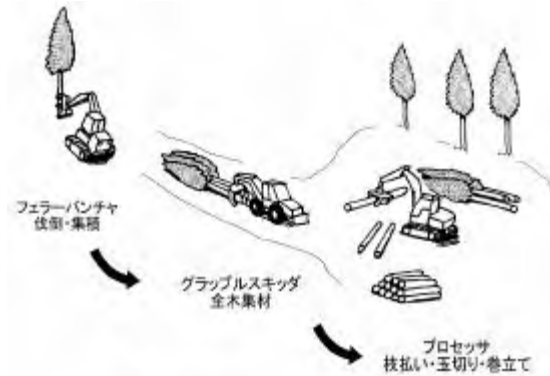


図-1 フェラーバンチャタイプの機械作業システム

1伐あるいは2伐による4種類の列状間伐

実施した列状間伐は、1伐2残、2伐2残、1伐4残+定性、2伐4残+定性の4種類で、それぞれについて面積0.08~0.09haの試験区を設定した。定性は4残部分に対して実施し、フェラーバンチャ作業の効率化を図るため、列状間伐部から魚骨状の配置となるよう選木した（図-2）。この林分における植栽列幅は1.7mであり、1伐あるいは2伐の列状間伐によって、それぞれ幅3.4m、5.1mの作業空間が得られることになる。一方、使用するフェラーバンチャの全幅は約2.5mであり、前述の作業空間よりも狭い。したがって、機械走行だけについてみると十分な広さの空間、すなわち走行路が確保されたことになる（写真-1）。

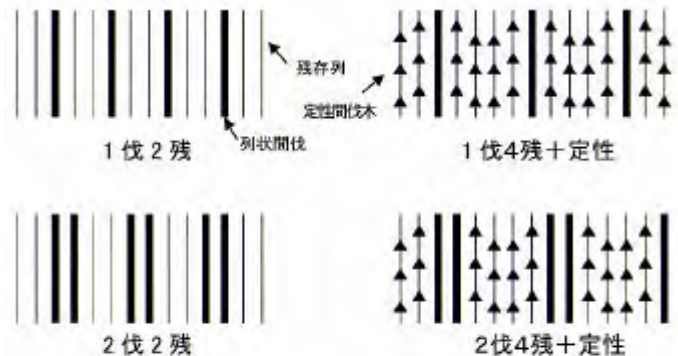


図-2 実施した列状間伐の模式図

ここで残存列数を最大でも4列、つまり列状間伐部からの作業対象を片側2列とした理由は以下の3点である。このフェラーバンチャはブーム・アームを伸ばしきった状態(約6.7m)ではスムーズな伐倒作業が困難なこと、斜め前方へ腕を伸ばして定性間伐木を掴みにいくため走行路と間伐木を結ぶ最短距離とはならないこと、さらに立木配置などの状況により3列目に位置する木も作業対象とする場合があることを考慮したためである。

なお、高性能機械作業と比較するため、チェーンソー(伐倒・枝払い・玉切り)と小型の車両系機械(短幹集材)を用いる在来型の作業システムによる定性間伐も行った。さらに、積雪の有無が車両系機械の生産性に及ぼす影響を明らかにするため、在来型も含め同じ内容の間伐作業を夏季(7月)と冬季(2月)の2時期に実施した。



写真-1 列状間伐中のフェラーバンチャ

間伐方法の違いの影響を受けたフェラーバンチャ作業

列状間伐の違いが最も顕著に現れたのは、フェラーバンチャによる伐倒・集積作業であった。

1伐2残区および1伐4残+定性区では、走行路内に集積することが困難で、間伐木は2残あるいは4残の残存列部分へ斜めに入れて集積された(写真-2)。これに対し、2伐2残区および2伐4残+定性区では、走行路内での集積が可能であった。残存列部分に集積された間伐木は、集材時に付近の立木と接触して損傷被害を発生させる状況がしばしば認められた。したがって、このような被害を防止するためには走行路内に集積する必要があり、ここでは2伐の列



写真-2 フェラーバンチャによる伐倒・集積直後の1伐4残+定性区

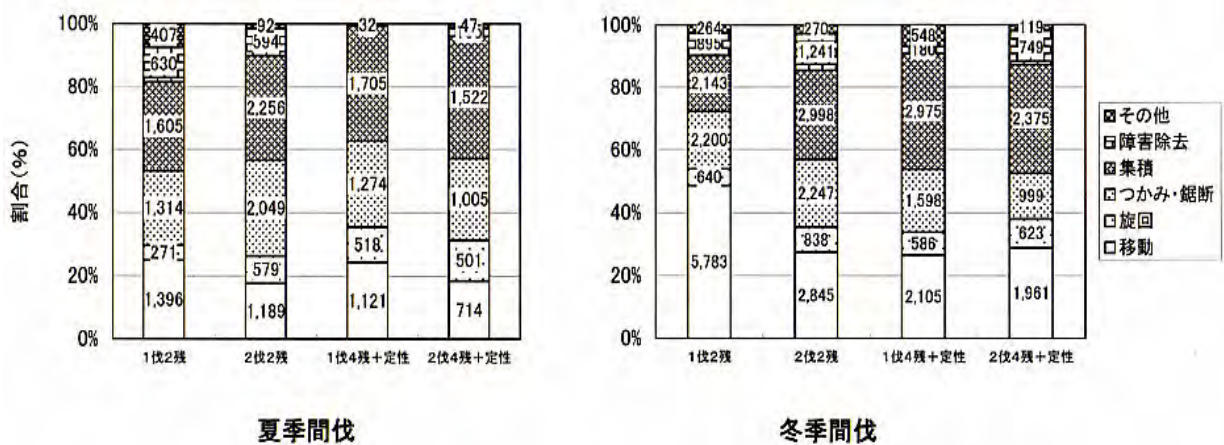


図-3 フェラーバンチャ作業における要素作業時間の構成割合
注. 図中の数字は、各要素作業の所要時間合計(秒)。

また、フェラーバンチャの要素作業時間の分析結果から、列状に加えて定性間伐も行った場合は、列状だけの場合と比べて集積に要する時間の割合が多いことがわかった(図 - 3)。定性間伐木を集積する際には、細かな移動や旋回、ブーム・アームの伸縮が行われたためと考えられる。また、冬季間伐では1mを超える積雪が存在したため、夏季と比べて移動時間の割合が増大した。特に1伐2残区においては、夏季では問題とならなかった地表の凹凸が大きな走行障害となり、その結果移動時間の割合が49%と高くなった。

なお、集材路の走行が主となるグラップルスキッドや土場で全木材を処理するプロセッサの作業には、間伐方法の違いはほとんど影響しなかった。

生産性の比較

時間観測調査の結果から得られた機械ごとの生産性は、間伐方法・時期にかかわらず移動をほとんど必要としないプロセッサが最も高いものとなった。一方フェラーバンチャは、冬季には1mを超える積雪が移動の大きな障害となり、踏み固められた走行路や圧雪された集材路を支障なく走行したグラップルスキッドよりも生産性が低下した(表 - 1)。このことから、移動や走行を必要とする機械作業では、それらが支障なく進行するか否かが生産性に大きく影響するといえよう。

表-1 間伐時期・方法別の生産性

間伐時期	間伐方法	(単位:m ³ /人・時)			
		フェラーバンチャ (Ef)	グラップルスキッド (Eg)	プロセッサ (Ep)	全体 (E)
夏季	1伐2残	1.76	1.35	4.03	0.64
	2伐2残	3.75	2.05	4.02	1.00
	1伐4残+定性	3.83	1.99	4.36	1.01
	2伐4残+定性	5.02	2.67	4.35	1.24
	定性(対照区)	0.66	0.76	—	0.35
冬季	1伐2残	0.83	1.96	3.81	0.51
	2伐2残	2.52	2.61	3.20	0.91
	1伐4残+定性	2.30	2.88	4.09	0.97
	2伐4残+定性	2.97	3.13	4.93	1.16
	定性(対照区)	0.42	0.47	—	0.22

注1. 定性(対照区)は、チェーンソーと車両系の小型機械による在来型の間伐作業。

注2. $E=1/(1/Ef+1/Eg+1/Ep)$

間伐方法別の生産性では、夏季、冬季とも2伐4残+定性が最も高く、それぞれ1.24m³/人・時、1.16m³/人・時となった。これは他の間伐方法と比べて、夏季で1.2~1.9倍、冬季では1.2~2.3倍の値であった。2伐4残+定性区では、幅約5mの広い走行路を利用して、フェラーバンチャやグラップルスキッドが効率的な作業を実施できると考えられた。また、2伐4残+定性が2伐2残の生産性を上回った理由としては、前者の移動距離当たりの処理材積(0.10m³/m)が後者(0.09m³/m)を上回ったことがあげられる。

なお、いずれの列状間伐においても生産性は在来型を上回り、夏季で1.8~3.5倍、冬季で2.3~5.3倍となり、間伐作業を機械化する意義の大きさを確認することができた。

残存木の成長状況

今回実施した間伐における材積伐採率は、1伐2残区31%、2伐2残区62%、1伐4残+定性区44%、2伐4残+定性区52%となり、1伐2残区を除いて通常の間伐率を上回る強度伐採となった。そのよう

な場所では雪や風などによる気象害の発生が懸念されたが、これまでのところいずれの場所においても被害木は出ていない。間伐後3年を経過して、1伐2残区や1伐4残+定性区では林冠の閉鎖が始まっている(写真-3)

間伐後3年間における胸高直径の成長状況をみると、いずれの列状間伐も定性および無間伐を上回り、特に無間伐とは1%水準で有意な差が認められた(図-4)。また、最も大きな値となった2伐2残区の相対成長率(0.048)は、定性の1.3倍、無間伐の1.6倍となった。これらのことから、1伐および2伐の列状間伐は、残存木の直径成長についてみると定性間伐と同等もしくは上回る効果があったと考えられる。

なお、列状間伐では残存列間に成長差が現れることが指摘されている。そこで、1伐4残+定性および2伐4残+定性について、4残部分の立木を間伐列に面した外側グループとそれ以外の内側グループに分けて成長状況を分析したところ、残存部分で定性間伐を行っているにもかかわらず、2伐4残+定性では外側と内側とで有意な差が認められた(図-5)。これは、1伐と比べ、2伐の列状間伐によって作られた幅約5mの空間が、外側の立木を内側よりも有利な生育条件に導いたためであろう。

まとめ

以上をまとめると、フェラーバンチャタイプの機械作業システムを用いて列状間伐を行う場合、使用する機械の大きさや伐倒木を走行路内に集積することを前提として、間伐列数を定める必要があるといえよう。フェラーバンチャがバケットサイズ0.45m³クラスのパワーショベルをベ-スマシンとする場合は、幅約5mの走行路を確保できるような列状間伐が望ましいと言える。そのような作業環境が与えられた場合、高性能林業機械はその性能を十分に発揮し、在来型作業を大きく上回る生産性を得ることができる。また、列状間伐についてはその間伐効果を疑問視する声も聞かれるが、今回の調査結果から列状間伐が定性間伐と同等もしくは上回る効果が確認された。

間伐作業における在来型作業システムの生産性が限界にきている中、現在保育段階にある林を健全で価値の高い森林へと誘導するため、列状間伐を基本とする高性能林業機械作業システムの導入を積極的に検討すべきであろう。
(林業経営部)



写真-3 1伐4残+定性区における3年後の状況

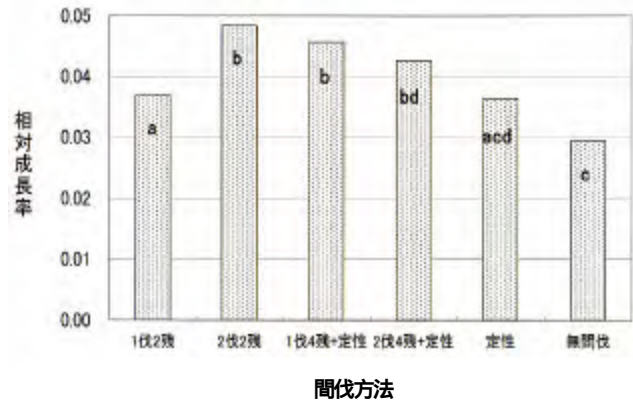


図4 胸高直径の相対成長率

注: 同じ記号を含む間伐方法としては、1%水準で統計的な有意差がないことを表す

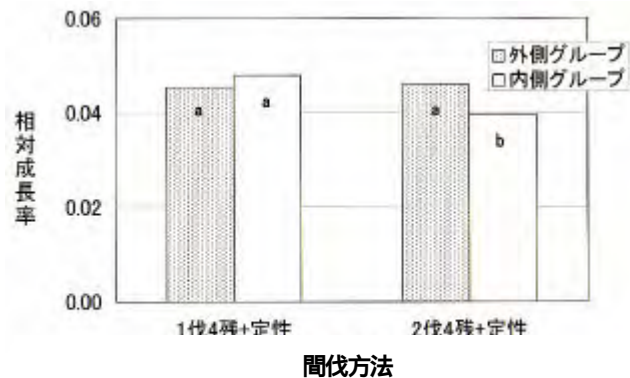


図5 列位置別の胸高直径の成長状況

注: それぞれの間伐方法でグループ間の記号が同じ場合は、1%水準で統計的な有意差がないことを示す