

高性能林業機械の導入・普及に向けた間伐手法の開発（完了報告）

1. はじめに

北海道には152万haの人工林があり、今後間伐期を迎える森林が多くあるため森林資源が充実する方向にあります。また北海道は緩傾斜の地形が多く低コストにつながる高性能林業機械が導入しやすい状況にあります。このような状況の中で現状の間伐作業については伐倒はチェーンソー、集材はトラクタ、造材巻立てはプロセッサをいうのが一般的であり、更なる生産性の向上を図るには立地条件を活かし、伐倒・集材作業においても高性能林業機械による作業システムの導入が必要であると考えられます。

しかしながら、これまでも高性能林業機械による作業システムを前提とした間伐方法については、列状間伐を基本とした作業システムについて一部で検討が進められてきたものの確立されたものとなっていないところです。このため高性能林業機械の導入・普及を将来の林分の施業を見据えて、高性能林業機械での作業システムを前提とした間伐手法を早期に確立しておく必要があります。

このようなことから、これまでの間伐手法よりも立木への損傷等が少なく素材の生産性をアップさせる間伐手法の開発を目ざし、高性能林業機械による作業システムを導入した列状間伐を実施し、作業地における生産性、機械の稼働時間、損傷木、路網配置状況、林地傾斜等を把握して問題点等の分析を行い、高性能林業機械用の間伐手法を確立に取り組みました。

2. 調査等方法

(1) 開発場所

林小班：上川北部森林管理署管内2334ぬる林小班

面積：5.38ha（ぬ小班2.69ha、る小班2.69ha）

標高：380m～500m

樹種：S46年植栽トマツ人工林（植栽仕様 2条植（苗間1.1m、列間1.5m）
地拵仕様 植栽幅3m地拵×残し幅4m（等高線に対して直角方向）

傾斜：ぬ小班 約5°～約15°
る小班 約10°～約25°

土壌：適潤性褐色森林土壌

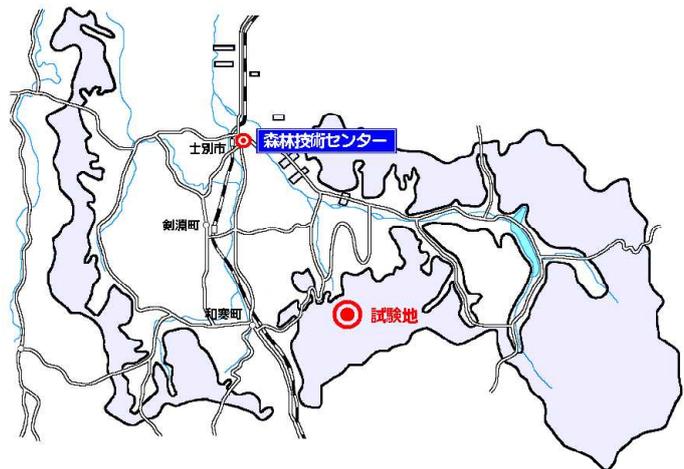
法指定：水源かん養保安林

施業履歴：ぬ小班 H11年度保育間伐実施。

る小班 なし

蓄積：（標準地調査結果）
ぬ小班 338m³/ha
る小班 201m³/ha

平均胸高直径



(2) 開発期間

平成19年度～平成21年度

(3) 開発方法

- ①高性能林業機械を用いた間伐手法で間伐を実施し、その作業地において生産性、機械の稼働時間、路網配置状況、林地傾斜等を把握し、問題点等を分析して将来の間伐予定を踏まえ、今回の間伐手法に改良を加える。
- ②植栽仕様により間伐手法も異なることから、高性能林業機械による間伐手法を見据えて植栽仕様を検討提案する。
- ③これまでの取り組みを取りまとめて、従来実行してきた間伐手法と比較して、報告書を作成する。

(4) 年度別実施内容

実施内訳	H19	H20	H21
プロット候補地の設定	○		
関連資料収集	○		
試験プロットの設置及び林況調査		○	
列状間伐区（1伐3残、2伐4残）の設定		○	
分析		○	
間伐実施			○
損傷木の各種調査			○
取りまとめ			○

4. 試験地の設定

(1) 試験プロット設定

平成20年度に高性能林業機械による間伐作業を前提として、列状間伐列（1伐3残、2伐4残）を主体に設定しました。このうち、ぬ小班には列状間伐調査プロットを3箇所（A、B、B'）、る小班に列状間伐プロットを2箇所（C、D）及び定性間伐プロットを2箇所（強度、弱度）それぞれ設定しました。（表-1、図-1）

表-1 試験プロット

小班	プロット番号	プロット形状	列状間伐（仕様）	間伐率
ぬ	A	40m×50m (0.20ha)	2伐4残	33 %
	B	40m×50m (0.20ha)	2伐4残	33 %
	B'	30m×40m (0.12ha)	2伐4残	33 %
る	C	30m×40m (0.12ha)	2伐4残	33 %
	D	30m×30m (0.09ha)	1伐3残	25 %
	定性(強)	20m×20m (0.04ha)		33 %
	定性(弱)	20m×20m (0.04ha)		25 %

図一 調査地の作業路と間伐設定



(2) 低コスト作業路の作設

作業路線は、図一1で示す作業路を平成20年度に土場からプロットDまで総延長約700 m、幅3.0m以内を基準に設計し、路線傾斜が12度以内となるように路線設計を行いました。

作業路作設は、平成21年7月にバックホウで作設し、総延長686.9m、幅約3.0m、平均傾斜は8.3度の作業路を作設しました。(図一2)

作設時には、図一3のように切土量を極力抑え、林地傾斜に応じてフォワーダの走行が無理なく作業できるような路線として作設しました。図一4のように路線上に岩石等が出る箇所では路体に利用するなど、林地をなるべく痛めないように配慮しました。

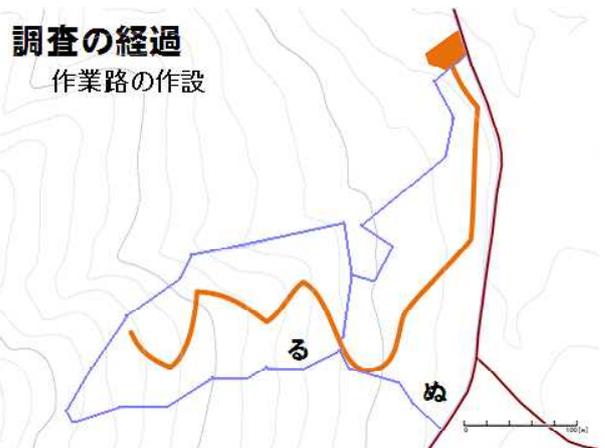
図一2 調査地の作業路作設路線



図一3 切土量を極力少なくなるように作設



図一4 現地の岩石も路体に利用



(3) 間伐設計

間伐設計は小班全域を列状間伐主体に設定しており、各小班の間伐仕様は表-2のとおり、植栽列が明瞭である「ぬ小班」では、「植栽列方向」に2伐4残の列状間伐列を設定しました。植栽列が不明瞭な「る小班」では、広葉樹が侵入して植栽列が不明瞭なため、「林地傾斜方向」にコンパス測量で2伐4残（間伐幅約7m）及び1伐3残（間伐幅約5m）の列状間伐列を設定しました。

定性間伐区は、間伐率が33%の「強度」、25%の「弱度」間伐区を設定し、列状間伐の2伐4残（間伐率33%）、1伐3残（間伐率25%）と比較するために設定しました。

表-2 調査プロットの間伐仕様

小班	プロット	面積 (ha)	間伐種類	間伐仕様			間伐率 (%)
				方法	方向	幅	
ぬ	A	0.20	列状	2伐4残	植栽列方向	約7m	33
	B	0.20	列状	2伐4残	植栽列方向	約7m	33
	B'	0.12	列状	2伐4残	植栽列方向	約7m	33
る	C	0.12	列状	2伐4残	林地傾斜方向	約7m	33
	D	0.12	列状	1伐3残	林地傾斜方向	約5m	25
	定性 (強度)	0.04	定性	強度間伐	—	—	33
	定性 (弱度)	0.04	定性	弱度間伐	—	—	25

表-3 プロット内立結果調査結果

プロット番号	間伐前プロット内現況		列番号	列長さ	間伐木			間伐率	
	本数 (本)	材積 (m3)			本数 (本)	材積 (m3)	平均材積 (m3)	本数 (%)	材積 (%)
A	237	77.93	①	40m	30	11.46	0.38	32	35
	N 178	58.32	②		32	9.71	0.30		
	L 59	19.61	③		14	5.83	0.42		
	計				76	27.00	0.36		
B	257	63.35	④	40m	16	4.47	0.28	30	35
	N 159	37.08	⑪		36	8.41	0.23		
	L 98	26.27	⑤		26	9.43	0.36		
	計				78	22.31	0.29		
B'	196	42.18	⑥	30m	29	6.96	0.24	27	35
	N 130	26.68	⑫		24	7.73	0.32		
	L 66	15.50	計		53	14.69	0.28		
	計				53	14.69	0.28		
C	168	26.98	⑦	30m	25	4.90	0.20	28	31
	N 55	6.90	⑧		22	3.36	0.15		
	L 113	20.08	計		47	8.26	0.18		
	計				47	8.26	0.18		
D	120	23.37	⑨	30m	11	2.74	0.25	18	21
	N 61	8.37	⑩		10	2.09	0.21		
	L 59	15.00	計		21	4.83	0.23		
	計				21	4.83	0.23		
列状計	978	233.81			275	77.09	0.28	28	33
定性 (強度)	59	14.73	列状間伐 (2伐4残) との比較		18	4.80	0.27	31	33
	N 12	2.68							
	L 47	12.05							
定性 (弱度)	62	13.38	列状間伐 (1伐3残) との比較		13	3.32	0.26	21	25
	N 5	1.59							
	L 57	11.79							
定性計	121	28.11			31	8.12	0.26	26	29
合計	1,099	261.92			306	85.21	0.28	28	33

【植栽列方向の場合の列状間伐】



【林地傾斜方向の列状間伐】



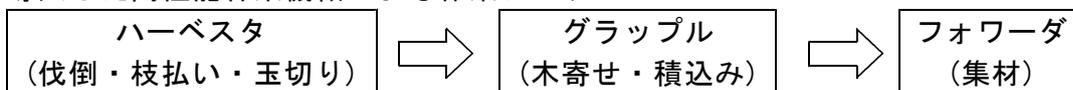
(4) 作業システム

この試験地において導入する高性能林業機械の作業システムは、ハーベスタ+グラップルローダ+フォワーダの作業システムを採用しました。

この作業システムを採用したのは、北海道内の各地で同様に取り組みられている事例の中から、この試験地の地形に適合していると判断したためです。

導入した作業システムは、列状間伐列内をハーベスタが走行して伐倒・枝払い・玉切りを行って列間に材を仮置きし、グラップルローダがその材を作業路まで木寄せして、作業路上で待機しているフォワーダに材を積込み、材を積んだフォワーダは作業路上を土場まで走行する作業システムです。

導入した高性能林業機械による作業システム



(ベースマシン)

使用 機械	ハーベスタ	キャタピラー三菱312C	+	ハーベスタ [KETO社製150]
	グラップルローダ	キャタピラー三菱311C	+	グラップルローダ [玉置社製T62N]
	フォワーダ	キャタピラー三菱LD700 (ゴムクローラ仕様)		

(5) 生産性・生産費

導入する作業システムは、ハーベスタ+グラップルローダ+フォワーダによる効率的な列状間伐を目指すこととしており、従来型システムとの比較と低コスト作業システム構築事業(釧路モデル林)の数値を目標としました。

【低コスト作業システム構築事業（釧路モデル林）】

このシステムの生産性・生産費 (ハーベスタ+グラップルローダローダ+フォワーダ)	14.7m ³ /人・日、4,046円/m ³
在来型システムの生産性	7.34m ³ /人・日

4. 調査結果

(1) 機械単独の生産性

①ハーベスタ単独の作業性

表-3はハーベスタが単独で作業した場合の時間観測結果から、作業列毎に列全体の作業時間から列全体の伐木本数で割って立木1本当たりの作業時間を算出したものをサイクルタイムとしました。

この結果から、列状間伐における生産性の平均値は9.43m³/時でした。定性間伐では平均値が7.03m³/時であり、列状間伐は定性間伐より2.40m³/時も高い結果を示しました。

これは、列状間伐のプロットAの①14.71m³/時、③14.70m³/時と最も高い生産性を示した間伐列は、表-4の間伐列の平均傾斜が①10.6°、③8.6°、プロットAの平均でも10.0°と傾斜が緩く、他のプロット中で最も傾斜が緩いことが生産性の向上に関係しています。

表-3 ハーベスタが単独で作業した場合の生産性

	間伐 列番	伐木本数 (本)	伐木材積 (立木) (m ³)	素材材積 (m ³)	サイクルタイム (秒)	生産性 (m ³ /時)
プロット A	①	30	11.46	7.762	63	14.71
	②	32	9.71	5.746	53	12.21
	③	14	5.83	3.450	60	14.70
プロット B	④	16	4.47	2.203	65	7.66
	⑪	36	8.41	4.146	53	7.83
	⑤	25	6.17	2.416	56	6.16
プロット B'	⑥	29	6.96	3.968	58	8.50
	⑫	24	7.73	4.406	53	12.50
プロット C	⑦	25	4.90	3.004	74	5.81
	⑧	22	3.36	3.460	59	9.58
プロット D	⑨	11	2.74	1.993	104	6.27
	⑩	10	2.09	1.705	85	7.26
列状 計		275	77.09	51.004		9.43
定性	強度	18	4.80	3.502	76	9.24
	弱度	13	3.32	3.243	186	4.82
定性 計		31	8.12	6.745		7.03
合計 平均		305	85.21	51.004	75	9.09

※生産性：60/サイクルタイム×素材材積×60÷間伐本数

注：プロットBの⑤欄、素材材積3.260m³はトドマツ大径材でチェーンソー伐倒のため除いた。

表-4 間伐列毎の平均傾斜

間伐列毎の平均傾斜			
プロット	列番号	平均傾斜 (度)	
A	①	10.6	10.0
	②	10.7	
	③	8.6	
B	④	13.8	13.8
	⑪	14.4	
	⑤	13.3	
B'	⑥	13.8	14.1
	⑫	14.4	
C	⑦	17.3	17.4
	⑧	17.5	
D	⑨	17.4	17.2
	⑩	16.9	
定性	強度	9.0	12.0
	弱度	14.9	
			列状間伐平均
			14.5
			定性間伐平均
			12.0

② グラップルローダ単独の生産性

表-4はグラップルローダが単独で作業した場合の時間観測結果から、ハーベスタとほぼ同様に作業列毎に列全体の作業時間から列全体の出材本数で割って素材1本当たりの作業時間を算出したものをサイクルタイムとしました。

この結果から、最も高い生産性であったのは列状間伐プロットB'の⑫で11.06m³/時であり、次いでプロットAの①②③共に10.30m³/時、10.39m³/時、10.15m³/時と高い生産性を示しました。

プロットAはハーベスタに続いて高い生産性を示しているのは、単材積は他の間伐列より若干高い程度であることから、間伐列の傾斜が緩いことが作業性に大きく関係していると考えられます。

一方、プロットB'の⑫が11.06m³/時と高い生産性を示したのは、間伐列の傾斜は14.4°あり、単材積は4.406m³と他の間伐列とほぼ同程度であり、隣の間伐列で同じプロットB'の⑥が8.05m³/時であるものの、サイクルタイムが⑥⑫共に19秒と一本当たりの作業時間が短いことから、素材をグラップルで掴む1回の素材量を多くしたため、木寄せの作業時間が短縮されたためと考えられます。

表-5 グラップルローダが単独で作業した場合の生産性

	間伐列番	素材本数 (本)	単材積 (m ³)	素材材積 (m ³)	サイクルタイム (秒)	生産性 (m ³ /時)
プロット A	①	114	0.068	7.762	24	10.30
	②	106	0.054	5.746	19	10.39
	③	47	0.074	3.450	26	10.15
プロット B	④	45	0.049	2.203	57	3.13
	⑪	100	0.041	4.146	25	5.98
	⑤	75	0.076	5.676	36	7.48
プロット B'	⑥	92	0.043	3.968	19	8.05
	⑫	77	0.058	4.406	19	11.06
プロット C	⑦	90	0.033	3.004	25	4.88
	⑧	87	0.040	3.460	18	7.78
プロット D	⑨	52	0.038	1.993	32	4.38
	⑩	48	0.036	1.705	31	4.16
列状	計	933	0.051	47.519	26	7.31
定性	強度	81	0.043	3.502	23	6.74
	弱度	73	0.044	3.243	20	8.17
定性	計	154		6.745	21	7.46
合計		1,087		54.264		
平均			0.050		27	7.33

③フォワーダ単独の生産性

表-6はフォワーダが単独で作業した場合の走行速度であり、この結果から列状間伐平均では空車時0.7m/s、積載時0.7m/sであり、列状間伐の出材材積46.249m³から1時間当たりの集材量が9.143m³/時となり、9.14m³/時が列状間伐におけるフォワーダの生産性とした。

$$(\text{フォワーダの生産性}) = 14400 / (0.7 \times 343 + 1143) \text{ m}^3 / \text{時間}$$

注：(平均走行速度×平均集材距離+固定時間(積込、荷下し))

$$\doteq 9.14 \text{ m}^3 / \text{時}$$

表-6 フォワーダが単独で作業した場合の走行速度

プロット	列番号	サイクルタイム (秒)	土場までの距離 (m)	走行速度 (m/s)	
				空車時	積載時
A	①	3,549	159.1	0.6	0.5
	②	1,250	180.6	0.6	0.9
	③	9,40	214.6	0.6	1.0
B	④	1,115	294.4	0.8	0.7
	⑪	1,360	305.8	0.7	0.8
	⑤	1,757	327.4	0.6	0.4
B'	⑥	1,136	294.4	1.0	0.8
	⑫	1,123	305.8	0.9	0.7
C	⑦	2,085	518.1	0.7	0.7
	⑧	1,650	529.9	0.7	0.9
D	⑨	2,205	610.6	0.8	0.8
	⑩	—	624.3		
列状 平均				0.7	0.7
定性	強度	1,735	563.7		
	弱度	1,680	591.7		
定性 平均				0.7	0.9

(2) システム全体の生産性

作業システムの生産性では、11.1m³/人・日という結果であり、(参考)の低コスト作業システム構築事業(釧路モデル林)の14.7m³/人・日とは、3.6m³/人・日差で低い結果でしたが、高性能林業機械による作業システムの生産性は、従来型システムより、3.6m³/人・日も高い生産性であることが確認できました。

列状間伐の機械単独生産性：ハーベスタ 9.43m³/時、グラップルローダ 7.31m³/時、フォワーダ 9.14m³/時

$$(\text{システム生産性}) = (1 / (1/9.43 + 1/7.31 + 1/9.14)) \times (0.7 + 0.95 + 0.3) \div 3 \times 3 \times 6 \div 3$$

$$\doteq 11.1 \text{ m}^3 / \text{人} \cdot \text{日}$$

システム生産性 = 各工程生産性の調和平均 × システム稼働率 × 工程数 × 1日の作業時間 ÷ 作業人数

注：システム調和平均とは各作業機械の稼働率で、ハーベスタ0.7、フォワーダ0.95、グラップルローダ0.3を採用した。(H19年度低コスト作業システム構築事業(釧路モデル林)報告書より)

表-7 システム全体の生産性 単位：m³/人・日

項目	試験結果	(参考) 低コスト作業システム 構築事業 (釧路モデル林)
作業システム (ハーベスタ+グラップルローダ+ フォワーダ)	11.1	14.7
従来型システム(比較参考)	7.3	

(3) システム全体の生産費

システム全体の生産費の結果は、5,139円/m³/円の結果でした。

これは、(参考)の低コスト作業システム構築事業(釧路モデル林)の4,046m³/円の数値には、1,093m³/円多くて及ばなかったところですが、従来型システムより1,851m³/円低い結果が得られました。

表-8 システム全体の生産費 単位：m³/円

項目	試験結果	(参考) 低コスト作業システム 構築事業 (釧路モデル林)
作業システム (ハーベスタ+グラップルローダ+ フォワーダ)	5,139	4,046
従来型システム(比較参考)	6,990	

表-9 システム全体の生産費（試算）集計表

生産費(試算)集計表

※作業路作設・修理を除いた場合

列状間伐	調査年度	平成21年度	調査場所	上川北部署管内2334ぬる林小班
作業システム	伐木:ハーベスタ 造材:ハーベスタ 集材:グラップルローダ 運材:フォワーダ			
林分状況	施業	ドマツ他	面積	5.69ha
	平均胸高直径	16cm	平均樹高	16m
	平均傾斜	15度	最急勾配	18度
	林齢	40	年生	
	成立本数	1,550	本/ha	
	間伐率(材積比率)	33%		

経費項目	労務経費				機械経費				
	工程	作業区分	人工数	単価	金額	区分	日数	単価	金額
直接経費	伐木	伐木 (オペレータ) (チェンソー) 小計	人	円	円	(ハーベスタ)		円	円
			1.75	10,000	17,500	燃料油脂等	1.75	8,125	14,219
					0	機械償却等	1.75	10,417	18,229
					17,500	小計			32,448
	集材	木寄 (運転手)	2.45	10,000	24,500	(グラップル)(林内)			
				10,000	0	燃料油脂等	2.45	7,610	18,645
				0	機械償却等	2.45	10,417	25,521	
				24,500	小計				44,165
		積み込み (運転手)		10,000	0	(グラップル)(林内)※積み込みは木寄欄に含める。			
				0	燃料油脂等		7,610	0	
				0	機械償却等		10,417	0	
				0	小計			0	
土場降ろし・巻立 (運転手)			10,000	0	(グラップル)(土場)				
				0	燃料油脂等	0.62	7,610	4,718	
				0	機械償却等	0.62	10,417	6,458	
				0	小計			11,177	
集材路作設 (運転手)			10,000	0	(バックホウ)				
				0	燃料油脂等		7,438	0	
				0	機械償却等		10,417	0	
				0	小計			0	
				24,500				55,342	
造材	造材・巻立 (オペレータ) (チェンソー) 小計			10,000	0	(ハーベスタ)			
				13,000	0	燃料油脂等		8,125	0
				0	0	機械償却等		10,417	0
				0	小計			0	
運材	小運搬 (運転手)	1.25	10,000	12,500	(フォワーダ)				
				12,500	燃料油脂等	1.25	5,035	6,294	
				12,500	機械償却等	1.25	10,417	13,021	
					小計			19,315	
直接費計		5.45		54,500				107,104	
間接経費	労災保険(133/1000)			7,249	7,249	機械運搬経費15千円×4台×2回			120,000
	小計				7,249	諸経費			120,000
間接費計					7,249			120,000	
合計					61,749			227,104	
総合計								288,853	

生産量	54.3m3	生産費	5,323円/m3	生産日数	2日	労働生産性	29.7m3/人
-----	--------	-----	-----------	------	----	-------	----------

【生産費試算条件】

労賃(オペレータ) 10,000 円 業者聞き取りによる
注:労務経費の人工数欄及び機械経費の日数欄は、実働時間を6時間(1日)で割った日数を入力した。

機械償却費 10,417 円/台 ※減価償却費は定額法により試算(定額法償却率:0.100、耐用年数10年)
購入時3千万円/台、10年償還、年間12ヶ月、月20日稼働するとして試算
10,417円 = 25,000,000円/10年/12ヶ月/20日 10,417

(燃料(軽油))	日報から実績	1日当り金額	実績平均値	H21.7~8価格	1日当り金額
ハーベスタ	7,725	ハーベスタ(伐倒~7/13、14)	75リットル	103円/リットル	7,725円
グラップルローダ(林内)	7,210	グラップルローダ(林7/13,14,31)	70リットル	103円/リットル	7,210円
グラップルローダ(土場)	7,210	グラップルローダ(土7/31)	70リットル	103円/リットル	7,210円
フォワーダ	4,635	フォワーダ(集材) 7/13,31	45リットル	103円/リットル	4,635円
バックホウ	14,077	バックホウ(集材路7/2)	80リットル	103円/リットル	8,240円
		バックホウ(集材路7/3,11,30)	57リットル	103円/リットル	5,837円

(油脂類)	400 円/日	他事例から参考	6,695円
油脂類計			7,095円
機械運搬経費	15,000 円/台		

(4) 損傷木調査

損傷木調査は、間伐後に、形成層まで達する損傷を受けた残存木の状態を調査しました。

ここでの損傷とは、樹幹についての形成層まで達する傷としており、樹皮がめくれず擦った程度のもの、根部の損傷は除いています。

調査は、間伐終了後に各プロットで損傷被害を受けた木の胸高直径と被害区分（微害、中害、激害）毎に傷の幅、長さ、地上高を計測しました。

微害： 今後の成長や材質にほとんど影響のないもの。

たとえば、樹皮が剥けて形成層が見える程度のもの。

激害： 今後の成長や材質に重大かつ深刻な影響があると考えられるもの。

これは、樹幹が折損、割れ等が生じ、将来枯死すると思われるもの。

中害： 微害と激害の中間にあたるもの。



微害



中害



激害

損傷木の発生は、主にハーベスタによる伐倒時及び枝払い・玉切り時の材を送る時に伐倒木が残存木に接触して損傷する場合、また、ハーベスタヘッドを伐倒木以外の残存木に接触させてしまう場合などが考えられます。

損傷木調査の結果は表-9、図-5のとおりです。

損傷被害が最も少なかったのは、列状間伐の2伐4残でBプロットの1.1%、次いで、Aプロットの1.9%、Cプロットの3.3%、B'プロットの4.2%となっており、2伐4残平均では2.6%、1伐3残では4.0%であり、列状間伐の平均では2.9%の被害率です。

一方、比較対象の定性間伐では、強度で17.1%、弱度で8.2%、定性間伐の平均では12.6%の被害率でした。

このようなことから、列状間伐は定性間伐よりも損傷木の発生が少ない結果でした。

表-10 損傷木被害の状況

【損傷木被害率】

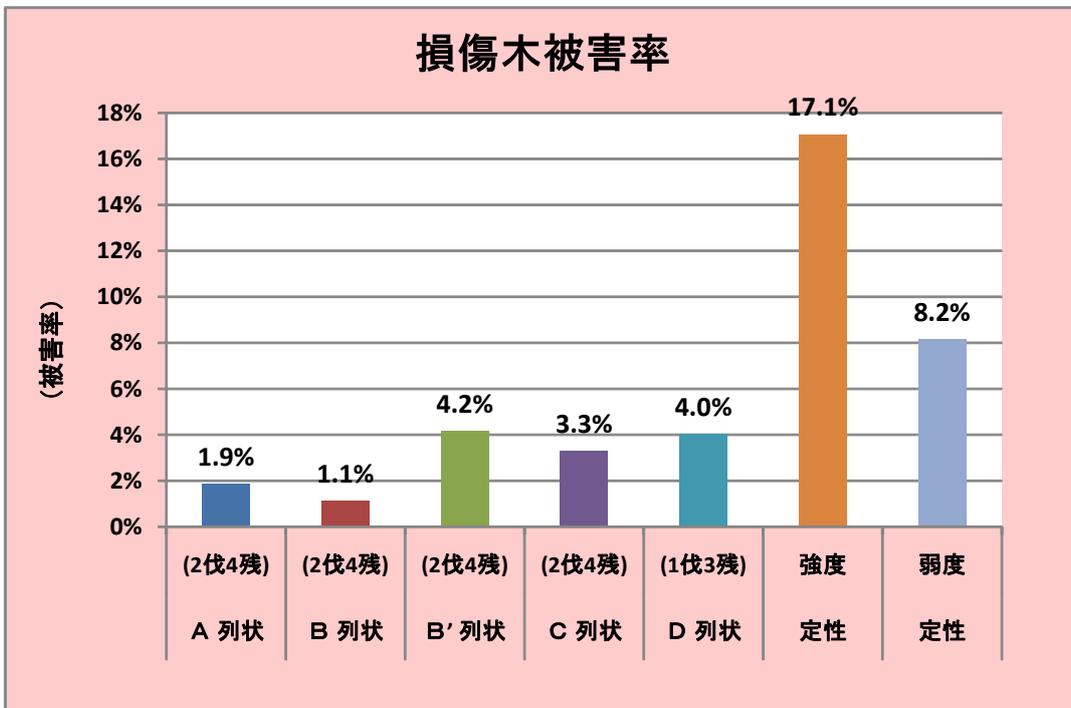
プロット	列	間伐仕様	損傷木				プロット内全本数	間伐本数	残本数(B)	被害率(A)/(B)
			微害	中害	激害	合計(A)				
A	①	列状(2伐4残)	1			1				
	②	(植栽列方向)	1	1		2				
	③	間伐率33%								
			2	1		3	237	76	161	1.9%
B	④	列状(2伐4残)	1			1				
	⑪	(植栽列方向)								
	⑤	間伐率33%	1			1				
			2			2	257	78	179	1.1%
B'	⑥	列状(2伐4残)	1			1				
	⑫	(植栽列方向)	1	4		5				
		間伐率33%								
			2	4		6	196	53	143	4.2%
C	⑦	列状(2伐4残)								
	⑧	(傾斜方向)	4			4				
		間伐率33%								
			4			4	168	47	121	3.3%
D	⑨	列状(1伐3残)	3			3				
	⑩	(傾斜方向)	1			1				
		間伐率25%								
			4			4	120	21	99	4.0%
列状			14	5	0	19				
			73.7%	26.3%	0.0%	100.0%				
定性	強度	定性間伐	5	2		7	59	18	41	17.1%
定性	弱度	定性間伐	1	2	1	4	62	13	49	8.2%
定性			6	4	1	11				
			54.5%	36.4%	9.1%	100.0%				
合計			20	9	1	30	1,099	306	793	3.8%
			66.7%	30.0%	3.3%	100.0%				

列状平均 (2伐4残)
2.6%

列状平均 (1伐3残) 平均(列状間伐)
4.0% 2.9%

定性平均 強度 33% 17.1%
定性平均 弱度 25% 12.6%
平均(定性間伐) 8.2%

図-5 損傷木被害率



また、損傷区分別で見ると、損傷被害全体では、微害が66.7%で7割弱を占め、次いで中害は30.0%と3割であり、激害は3.3%と1割に満たない。(図-6)

列状間伐では、微害が73.7%で7割強を占め、次いで中害は26.3%と3割を切っており、激害はなかった。(図-7)

定性間伐では、微害が54.5%で5割強であるが、中害は36.4%と4割近くを占め、激害は9.1%と1割に迫る発生であった。(図-8)

図-6 損傷被害の程度 (全体)

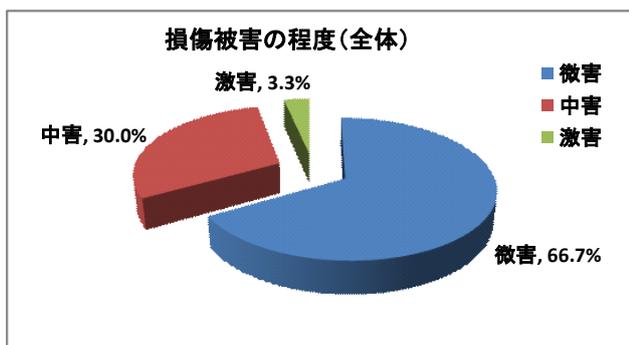


図-7 損傷被害の程度 (列状間伐)

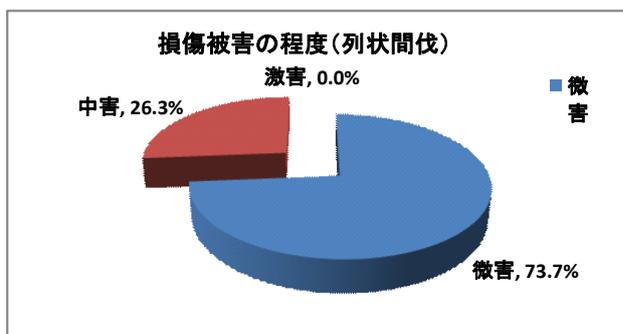
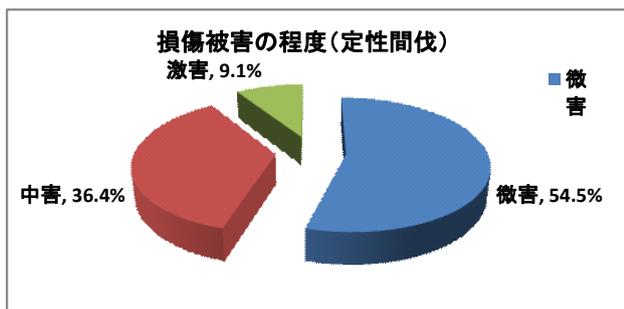


図-8 損傷被害の程度 (定性間伐)



以上の結果から、高性能林業機械による間伐作業で残存木に発生する損傷は、定性間伐より列状間伐の方が少ない結果であった。また、損傷被害の程度においては、定性間伐では中度以上の損傷被害の発生が多い傾向が見られたが、列状間伐では軽微な損傷で済んでおり、ハーベスタの作業スペースを十分確保することで損傷被害は軽減できると思われる。

5. 取りまとめ・考察

以上の結果から、

- ・高性能林業機械によるハーベスタ+グラップルローダ+フォワーダの作業システムは、ハーベスタによる列状間伐(2伐4残、1伐3残)で作業スペースが確保できれば効率的で損傷木が少なくなる作業が可能と考えられます。

また、

- ・広葉樹が侵入して植栽列が不明瞭な人工林の場合は、林地傾斜方向に列状間伐列を設定すれば、高性能林業機械による間伐作業の生産性は向上すると思われる。

【ハーベスタによる伐倒・枝払・玉切】

伐倒



枝払



ハーベスタヘッドは普及しているKETO-150
(フィンランド製)を使用

玉切



植栽列方向
の列状間伐 (2
伐4残)



植栽列に拘
らない列状間
伐 (1伐3残)

【グラップルローダによる木寄せ・積込】



木寄せ作業



木寄せした材をフォワーダに積み込む



材を積み込まれたフォワーダは土場に向けて集材

【グラップルローダによる積下し、選別、極積】



材を積み込まれたフォワーダが土場に到着



土場ではグラップルローダがフォワーダから材の積下し



グラップルローダによる材の選別・極積み