

高密路網と機械化作業による残存木被害調査

誌名	愛媛県農林水産研究所林業研究センター研究報告
ISSN	13489534
著者名	谷山,徹 木村,光男 田中,誠
発行元	愛媛県農林水産研究所林業研究センター
巻/号	29号
巻号補足	
掲載ページ	p. 1-8
発行年月	2011年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



〈短報〉

高密路網と機械化作業による残存木被害調査

谷山 徹・木村光男*・田中 誠

Tooru TANIYAMA, Mitsuo KIMURA, Makoto TANAKA

国が示す森林・林業再生プランにおいて、10年後の木材自給率を50%以上とし、これまで以上に路網・機械化を図り間伐の生産性を高めていくことが重要な課題となっている。本研究は、本県が進めている「えひめ森林そ生プロジェクト」の「森林そ生推進団地」の運営を確実にするため、間伐作業後の林分被害状況を調査した。その結果、6～8 tクラス（車幅1.8～2.3m）のハーベスタやプロセッサの車両系システムによる損傷率は、多い箇所では20～23%、少ない箇所では7%であった。また、作業道下方の上げ荷プロットは、作業道上方の下げ荷プロットと比べて1.4～2.4倍損傷率が高く、損傷範囲は作業道林縁から5m以内で損傷木の80%を占めた。調査地の一部では列状間伐が実施され、冠雪害と思われる被害が発生し、被害木は小径木や形状比の高い立木で谷部付近に集中していた。

キーワード — 高密路網、機械化作業、残存木損傷、間伐方法、団地化

1. 緒言

愛媛県では、2006年度から間伐推進のための団地化、高密路網による高性能林業機械の導入、生産から加工・流通に至るまでの総合的なコスト削減を図り、低質材を含めた木材の利用促進を図る「えひめ森林そ生プロジェクト（以下、プロジェクト）」に着手した。プロジェクトでは、伐採、搬出コスト低減のため、高密に路網を開設し高性能林業機械を導入して作業の効率化を図るとともに、林分、地形条件によっては列状間伐を実施するなど、安定的に搬出間伐が実施できるよう施業の団地化を図っている。

本研究では、プロジェクトの「森林そ生推進団地」の運営を確実なものとするため、高密路網と6～8 tクラス（車幅1.8～2.3m）のハーベスタやプロセッサの車両系システム（以下、中型車両系システム）により間伐を実施した林分について、残存木の損傷や気象災害について調査を行った。更に、間伐方法の違いによる残存木の損傷について調査を行い、残存木損傷の軽減方法について検討した。

車両系システムの残存木被害率について、井上ら（1998）の調査結果によると、被害率は15～30%と比較的高い。伐採方式別では列状伐採が生産性が高く、被害率が少ない。また、機械化作業による残存木の損傷と腐朽について、徳田ら（1996）は間伐後4～5年のトドマツ林で被害の著しい箇所では樹幹水平断面の6割近くまで腐朽が広がっており、垂直方向には損傷部から最大2.4m上方に腐朽が達していたという報告がある。今後、生産性を高め低コストに木材を搬出するためには、路網と機械化は避けて通れない作業システムである。合わせて、機械化作業により発生する残存木の損傷について実態を解明し、損傷の発生を最小限に抑えることは重要と考える。

2. 調査箇所と方法

県内の「森林そ生推進団地」のうち、作業道、作業路を開設し、主に中型車両系システムにより間伐が実施された宇和島市、久万高原町、西条市の3箇所を選定し、残存木の被害等を調査した。また、間伐方法の違いによる残存木の損傷程度を

* 現愛媛県東予地方局産業経済部森林林業課

調査するため、「森林そ生推進団地」以外に内子町、久万高原町の2箇所を選定した。選定した調査箇所について、図-1に示すように作業道、作業路の下側と上側にそれぞれ概ね20m×20mの矩形プロットを設定し、更に作業道からの距離5m毎に小プロットを設け、残存木の損傷位置や損傷形態を調査した。

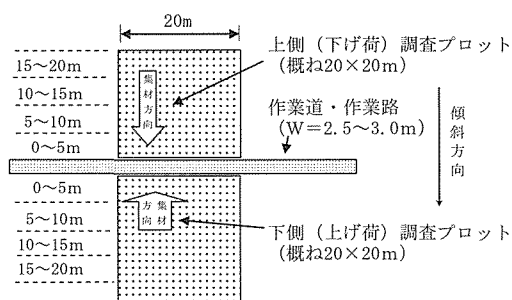


図-1 調査プロットの設定

2.1 調査箇所別の設定方法と林分状況

「森林そ生推進団地」のうちA調査地は、伐採木の集材方向別（作業道、作業路で造材作業を行うために材を引き寄せる方向）、傾斜別、樹種別に調査プロットを設定した。B調査地は伐採木の集材方向別、C調査地は列状間伐後の林分について集材方向別に調査地を設定した。更に、「森林そ生推進団地」以外のD調査地は、間伐方法を作業道の支障木及びハーベスタで直接伐採した立木

を造材、運材した後、作業道の下側と上側の間伐を数回に分けて伐出した林分で、集材方向別、樹種別に設定した。また、E調査地は作業道の上、下側の間伐木を一度に伐採しハーベスタで造材した林分で、集材方向別に調査プロットを設定した。

調査地の間伐前の林分状況を把握するため、伐採木の根本径（地際0.2m）と残存木の胸高直径及び根本径を測定し、その関係式を導き伐採木の胸高直径を推定した。調査地の間伐前の林況、地況、間伐方法等を表-1に示す。

2.2 調査箇所の作業システム等

調査地全体の間伐面積、路網密度、作業システム等について表-2示す。造材に使用されたハーベスタ等の車幅は1.8～2.3m、重量は約6～8tであった。「森林そ生推進団地」のA・B・C調査地は、間伐面積も広く基幹的な作業道（幅員約3m）が開設されていた。このうち、A調査地のA1～A4調査プロットは、緩斜地で幅員約2.5mの作業路を開設して間伐が行われた。C調査地は、「森林そ生推進団地」で唯一列状間伐が実施された林分で、1伐2残方式で伐採された。D及びE調査地は急斜地で、作業路の幅員は約2.5mであった。A及びB調査地は、伐採された立木をグラップルローダで集材後、ハーベスタにより造

表-1 調査地の林況・地況等

調査プロット	調査面積 (m ²)	集材方向 ^{注)}	樹種	林齢	立木密度 (本/ha)	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	傾斜 (度)	間伐方法	間伐率 (本数率%)
A1	417	上げ荷	スギ(8)ヒノキ(2)	58	890	29.6	22.7	17	定性	43
A2	465	下げ荷	スギ(7)ヒノキ(3)	58	1,120	30.9	23.1	19	〃	52
A3	479	上げ荷	ヒノキ	46	770	37.3	22.5	16	〃	35
A4	457	下げ荷	ヒノキ	46	1,090	32.7	21.8	16	〃	48
A5	400	上げ荷	スギ(8)ヒノキ(2)	40	1,250	24.0	20.4	32	〃	48
A6	402	下げ荷	スギ(7)ヒノキ(3)	40	1,720	21.6	19.3	36	〃	46
A7	404	上げ荷	スギ(1)ヒノキ(9)	44	1,510	22.0	19.8	31	〃	46
A8	403	下げ荷	ヒノキ	44	1,320	23.8	20.2	31	〃	51
A(平均)	428				1,210	27.7	21.2	25		46
B1	883	上げ荷	スギ	54	1,800	28.1	21.5	38	定性	46
B2	880	下げ荷	スギ	54	1,730	27.6	21.3	36	〃	47
B(平均)	882				1,770	27.9	21.4	37		47
C1	467	上げ荷	ヒノキ	45	1,540	22.5	20.9	42	列状	22
C2	360	上げ荷	スギ	52	1,420	26.3	24.1	30	〃	39
C3	312	下げ荷	ヒノキ	47	1,730	23.1	21.0	37	〃	41
C4	443	下げ荷	ヒノキ	47	1,960	23.9	18.1	37	〃	41
C(平均)	396				1,660	24.0	21.0	37		36
D1	400	上げ荷	スギ	53	1,630	27.8	24.2	33	定性	47
D2	400	下げ荷	スギ	53	1,650	27.1	24.0	33	〃	50
D3	400	上げ荷	ヒノキ	55	1,630	23.7	18.7	32	〃	40
D4	400	下げ荷	ヒノキ	55	1,730	26.4	19.1	34	〃	39
D5	362	下げ荷	ヒノキ	55	1,300	27.7	21.0	10	〃	43
D(平均)	392				1,590	26.5	21.4	28		44
E1	789	上げ荷	スギ	58	1,370	25.5	23.4	36	定性	26
E2	1,342	下げ荷	スギ	58	1,290	26.2	23.0	33	〃	36
E(平均)	1,066				1,330	25.9	23.2	35		31

注)集材方向とは、造材作業のため作業道まで材を木寄せする方向をいう

材する作業システムで、D及びE調査地は、伐採後直接ハーベスタで集材して造材する作業システムである。

表－2 調査地の作業システム等

調査地	間伐面積 (ha)	路網密度 (m/ha)	作業道(路) 幅員(m)	集材機械 注1)	作業システム 注2)
A	72	232	2.5～3.0	グラブローダ	c+g+h+g+f
B	14	327	3.0	グラブローダ	c+g+h+g+f
C	6	249	3.0	スイングヤード	c+s+p+g+f
D	5	314	2.5	ハーベスタ 注3)	c+h+g+f
E	3	220	2.5	ハーベスタ 注3)	c+h+g+f

注1) 集材機械のグラブローダ: 4～6t、スイングヤード: 7t、ハーベスタ: 6～8t

注2) c:チェンソー、g:グラブローダ、s:スイングヤード、h:ハーベスタ、p:プロセッサ、f:フォワーダ

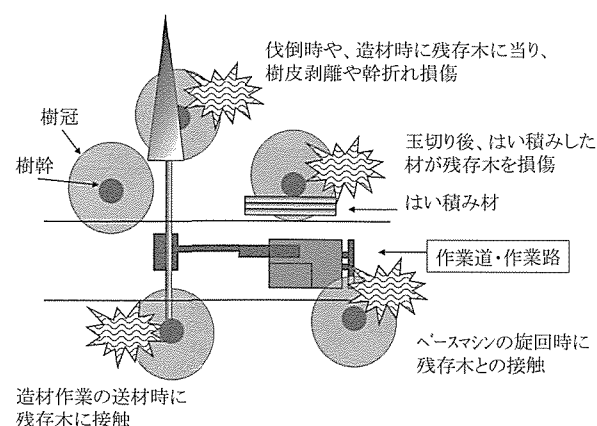
注3) 集材機械のハーベスタは、伐採木を直接掴んで集材し、造材する

2.3 損傷木の定性的区分と損傷原因

間伐作業による残存木の損傷タイプを表－3に示す。損傷のタイプは目視により行い、損傷の位置(立木配置や高さ)や損傷の大きさ(縦と横方向の長さ)を測定した。損傷の原因は、作業道開設によるもの、伐採や作業機械の集材、造材、作業道付近へのはい積み、積み込み運搬等(図－2)の原因が考えられる。今回の調査では、間伐作業後の林分を調査したため詳しい原因がわからないことから、損傷状態や損傷位置、作業員への聞き取りを参考に、作業道開設によるものと伐出作業によるものの2つに分けて損傷原因を特定した。

表－3 損傷木の定性区分

損傷区分	定 義
樹皮剥離	機械、材が樹幹と接触し樹皮が剥離され、辺材部がむき出しになった状態
幹損傷	樹皮剥離がさらに深くなり、辺材部が損傷した状態
幹曲がり	伐採時や機械作業、気象災害により立木が傾いた状態
幹折れ	伐採時や機械作業、気象災害により樹幹が折れた状態



図－2 損傷木の作業原因

2.4 他の作業システムとの比較

2002～2004年に(社)林業機械化協会から受託した「森林施業条件等の解析調査事業」について、木村ら(2006)がとりまとめた調査のうち、間伐作業システムの違いによる残存損傷調査の結果と、今回の調査地での損傷結果を比較した。また、林野庁(2004)の大型プロジェクト研究「機械化作業システムに適合した森林施業法の開発」で高性能林業機械等を使用した間伐作業後の残存木損傷結果とも合わせて比較した。

3. 結果及び考察

3.1 調査箇所別の損傷の特徴

調査箇所別の損傷率と、ha当りの損傷本数等を推定した結果について、表－4に示す。A及びB調査地の平均損傷率は20.4%、23.2%であり、列状間伐後のC調査地と比較して損傷率が高かった。これは、A及びB調査地が定性間伐であったのに対し、C調査地は列状に伐採することで集材時の損傷が少なかったと推測された。この結果は、林野庁(2004)大型プロジェクト研究「機械化作業システムに適合した森林施業法の開発」の結果と同様であった。C調査地では、間伐作業による人的な損傷以外に冠雪害と思われる被害が発生していた。全体の損傷率14.1%のうち冠雪害の損傷率は9.4%で、谷部に局所的に発生していた。

表－4 調査地の損傷率等

調査地	損傷率 (%)	間伐後立木 密度(本/ha)	損傷本数 (本/ha)	損傷箇所 (箇所/ha)	間伐年度
A	20.4	630	128	190	H19
B	23.2	1,170	271	514	H20
C 注)	14.1	1,060	152	152	H19
D	7.2	980	71	76	H21
E	21.6	890	192	282	H22

注) C調査地の損傷率、損傷本数等は、雪害木を含めて計算。

D及びE調査地では、間伐方法の違いによる損傷程度を比較した。その結果、損傷率は作業道の上、下の間伐区域を数回かに分けて間伐したD調査地で7.2%、一度に伐採したE調査地では21.6%であった。E調査地の損傷率が高くなった理由

として、一度に伐採した材が「やがら」状態（写真1）となり、ハーベスタで材を掴み造材時に立木と接触するケースや、材が滑り落ち立木と接触し損傷するケースが多かった。D調査地では、伐採を何回かに分けて実施するとともに、残存木の損傷を避けるため材を動かすのではなく、ハーベスタを極力移動して造材するなど、残存木に細心の注意を払って作業が行われた（写真2）。また、ハーベスタで造材した後、玉切った材をただちにグラブローダでフォワーダに積み込みすることで、はい積みによる損傷の軽減を図った。



写真1 一度に伐採された作業路の状態



写真2 残存木に配慮しながら造材するハーベスタ

3.2 集材方向別の残存木の損傷

調査プロットの集材方向の違いによる残存木の損傷本数と損傷率の結果を表-5に、損傷箇所数と損傷面積を表-6示す。この結果により、損傷が少なかったD調査地及び雪害が発生したと思われるC調査地を除き、上げ荷プロットは下げ荷プ

ロットより1.4～2.4倍損傷率が高かった(図-3)。上げ荷プロットの損傷率が高かった理由として、作業道、作業路の開設により損傷するケース、作業道上側の伐採木を下方に伐採して集材する時に損傷するケース、玉切った材を作業道下側の立木に持たせ掛けはい積み時に損傷するケースが多かったためと推測された。

D調査地では、他の調査地と比べて上げ荷プロットの損傷率が極めて低く、上げ荷も下げ荷も同程度の損傷率であった。

表-5 調査プロット別の損傷本数と損傷率

調査地	集材方向	区域別損傷本数(本)				残存本数 (本)	損傷率 (%)
		0～5m	5～10m	10～15m	15～20m		
A1	上げ荷	5	0	2	0	7	33.3
A2	下げ荷	2	2	1	1	6	25.0
A3	上げ荷	3	3	1	0	7	31.8
A4	下げ荷	3	2	0	0	5	19.2
A5	上げ荷	5	2	0	0	7	26.9
A6	下げ荷	2	0	0	0	2	5.4
A7	上げ荷	6	2	0	1	9	27.3
A8	下げ荷	0	0	0	1	1	3.8
小計		26	11	4	3	44	20.4
B1	上げ荷	18	5	0	0	23	26.7
B2	下げ荷	12	4	0	0	16	19.5
小計		30	9	0	0	39	23.2
C1	上げ荷	1	3	3	2	9	16.1
C2	下げ荷	0	1	0	0	1	3.1
C3	上げ荷	8	2	3	0	13	41.9
C4	下げ荷	0	0	0	1	1	2.0
小計		9	6	6	3	24	14.1
D1	上げ荷	1	0	2	0	3	6.8
D2	下げ荷	2	0	1	0	3	7.1
D3	上げ荷	3	0	0	0	3	7.7
D4	下げ荷	1	2	0	0	3	7.1
D5	下げ荷	1	1	0	0	2	7.4
小計		8	3	3	0	14	7.2
E1	上げ荷	23	3	0	0	26	32.5
E2	下げ荷	10	4	1	0	15	13.6
小計		33	7	1	0	41	21.6

表-6 調査プロット別の損傷箇所数と損傷面積

調査地	区域別損傷箇所数(箇所)				計	損傷高さ 地際(cm)	損傷面積 (cm ²)	平均損傷 面積(cm ²)
	0～5m	5～10m	10～15m	15～20m				
A1	8	0	2	0	10	98	760	76
A2	5	2	1	1	9	100	1,970	219
A3	3	4	1	0	8	95	2,920	365
A4	8	2	0	0	10	113	1,060	106
A5	9	2	0	0	11	178	1,820	165
A6	3	0	0	0	3	30	340	113
A7	11	2	0	1	14	178	1,020	73
A8	0	0	0	1	1	60	50	50
小計	47	12	4	3	66	107	1,240	146
B1	45	8	0	0	53	176	8,420	159
B2	16	5	0	0	21	95	4,290	204
小計	61	13	0	0	74	136	6,350	182
C1	1	3	3	2	9	1,220	-	-
C2	0	1	0	0	1	950	-	-
C3	8	2	3	0	13	1,080	-	-
C4	0	0	0	1	1	740	-	-
小計	9	6	6	3	24	998	-	-
D1	2	0	2	0	4	120	50	13
D2	2	0	1	0	3	90	440	147
D3	3	0	0	0	3	127	30	10
D4	1	2	0	0	3	83	80	27
D5	1	1	0	0	2	85	50	25
小計	9	3	3	0	15	101	130	44
E1	32	8	0	0	40	106	1,670	42
E2	16	4	1	0	21	72	1,260	60
小計	48	12	1	0	61	89	1,470	51

注)C調査地の損傷高さは、冠雪害と施業による損傷高さの平均である。

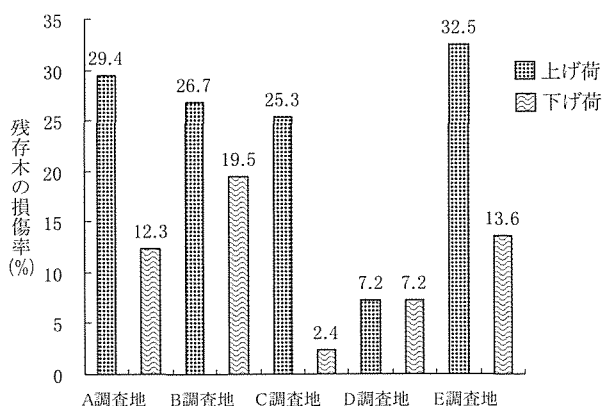


図-3 調査地の集材方向別の損傷率

谷山ら(2004)は、架線系の中型タワーヤードを使用した間伐で、横取り作業による損傷を調査した結果、横取りを下げ荷で集材した場合は上げ荷と比べて損傷率で2倍多くなり、損傷高さも高くなったと報告している。今回調査した中型車両系システムでは、上げ荷集材の方が損傷率が高く、架線系とは損傷状況が異なることがわかった。

3.3 損傷位置と損傷高さ

調査地(A調査地の緩傾斜地とC調査地を除く)の水平方向の損傷位置について、調査プロット別に作業道からの距離5m未満、10m未満、15m未満、20m未満の損傷割合を図-4に示す。この結果、損傷が少なかったD調査地を除くと、作業道からの距離が5m以内で損傷した割合は約80%、10m以内では約95%を占めた。損傷が少なかったD調査地では、作業道からの距離が5m以内で損傷した割合が約60%、10m以内では約80%となった。

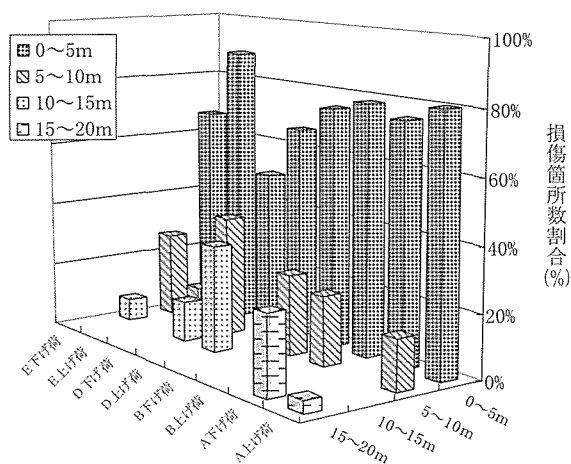


図-4 調査地の損傷木の水平分布状況

調査地(A調査地の緩傾斜地とC調査地を除く)の垂直方向の損傷高さについて、上げ荷、下げ荷プロット別に図-5に示す。この結果、損傷の大部分は1.5m以内に多く発生し、平均で上げ荷136cm、下げ荷78cmとなり、上げ荷の方が約1.7倍高かった。上げ荷プロットと下げ荷プロットの損傷高さについて分散分析を行った結果、1%水準で有意差があった。

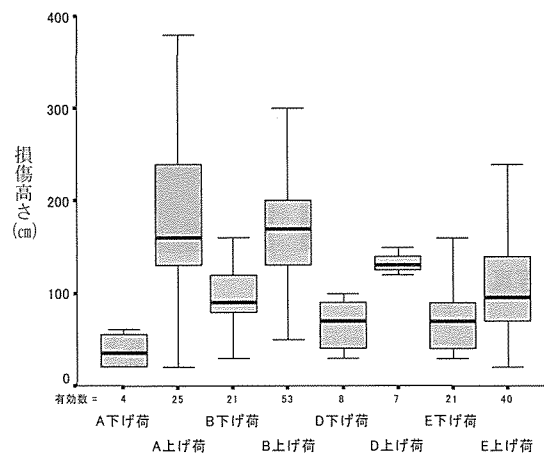


図-5 調査地の集材方向別の損傷高さ

次に、損傷面積について、上げ荷、下げ荷プロット別に図-6に示す。調査の結果、損傷の平均の長さは16.9cm、平均の幅は4.5cmであった。損傷面積は、全体平均で上げ荷プロット91cm²/箇所、下げ荷プロット124cm²/箇所となり、損傷高さの結果とは逆に下げ荷プロットの方が1.4倍大きかった。この理由として、集材方向が下向きで材が滑り立木に激突するなど、勢いよく立木と接触することで損傷面積が大きくなったと推測された。

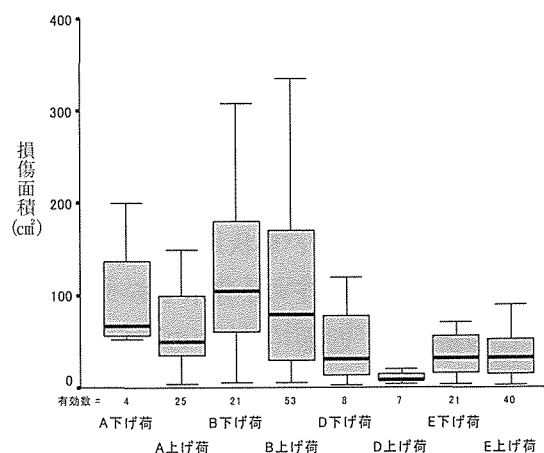


図-6 調査地の集材方向別の損傷面積

3.4 損傷形態と損傷原因

損傷形態と原因が特定できたA、D、E調査地について、損傷の形態をまとめると、樹皮剥離76%（写真3）、幹損傷23%（写真4）、幹折れ1%であった。また、損傷の原因では、伐出によるもの88%、作業道開設によるもの12%と推測された。A調査地の上げ荷プロットでは、作業道開設による損傷が26%と平均より高い割合で発生していた。

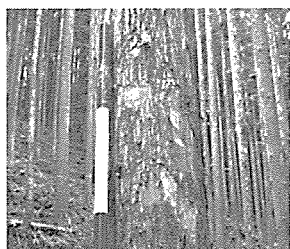


写真3 樹皮剥離



写真4 幹損傷

C調査地では、間伐作業による損傷と冠雪害と思われる被害が発生していた（写真5）。間伐作業による損傷は、樹皮剥離のものが大部分を占め、損傷の原因はプロセッサの造材や作業道下側へのはい積み作業が大きな原因と思われた。



写真5 冠雪害を受けた小径木

冠雪害の形態は、幹折れ64%、幹曲がり36%で、上げ荷プロットの谷部で局所的に発生し、その被害率は約16%であった。冠雪害を受けた被害木の平均胸高直径は17.4cm、形状比は108と高く、雪害木は平均胸高直径以下の小径木であった（表7）。この結果は、近藤（2006）の報告と同様であり、近藤は、列状間伐で連続したギャップが発生し、定性間伐と比べて小径木や形状比の高い立木が被災しやすいと結論づけている。

表7 冠雪害を受けた林分状況と被害率

調査 プロット	樹種	残存木 DBH(cm)	残存木 形状比	雪害木 DBH(cm)	雪害木 形状比	被害率 (%)
C1(上げ荷)	ヒノキ	22.5	93	19.5	103	16.1
C2(上げ荷)	スギ	26.3	92	20.1	110	16.1
C3(下げ荷)	ヒノキ	23.1	91	13.1	122	3.1
C4(下げ荷)	ヒノキ	23.9	76	17	95	2.0
平均		24.0	88	17.4	108	9.3

3.5 他の作業システムとの損傷比較

木村ら（2006）がとりまとめた伐出作業が森林環境に及ぼす影響のうち、間伐作業による集材方法別の損傷結果を表7に示す。この結果から、架線系の集材では、単木的な横取り作業を伴うと損傷率が高く、列状で伐採した箇所は損傷率が低い傾向となった。

また、幅員2mの林内作業車道を開設し、3tクラスのグラップルロードで集材し、1t積みめの林内作業車で運搬する車両系システム（以下、小型グラップルシステム）は、平均の損傷率が10.8%と架線系システムと比べて低い結果となった。今回調査した中型車両系システムのA、B、E調査地では損傷率が約22%、同じ車両系である小型グラップルシステムで集材した損傷と比べて約2倍多く発生した。小型グラップルシステムは、玉切りの作業員と連携して集材作業を行うのに対し、今回調査した中型車両系システムは、集材、造材作業が単独で行われることが多く、作業技術も高いものが要求される。残存木に配慮しつつ生産性を高める作業を行ったD調査地では、損傷率が約7%と低い結果となり、作業道の開設や集材作業等のきめ細かい作業技術の特性について、今後調査が必要である。

3.6 残存木損傷の軽減方法

残存木の損傷を軽減する方法として、D調査地の間伐方法のように、まず作業道の支障木及び林縁を処理し、作業道下側、続いて作業道上側の間伐木を処理するなど伐採と造材を連携し、細めに繰り返して間伐を進めていくことにより損傷率を抑えることが示唆された。

また、作業による損傷の多くが作業道下側の林縁から5m以内、損傷高さ約1.0m付近に発生し

表一 8 森林施業条件等の解析調査事業調査結果(愛媛県)

調査地	間伐面積 (ha)	平均傾斜 (度)	樹種 注1)	林齢	立木密度 (本/ha)	DBH (cm)	樹高 (m)	間伐率 (本数) (%)	伐採方法	システム 注2)	損傷率 (%)
入野	9.2	33	スギ'	44	750	24.6	21.5	28	定性	c+s	13.3
父野川	3.8	26	スギ'	38	830	21.5	18.6	40	定性	c+s	21.2
西の川	4.3	30	スギ'	49	700	24.8	21.3	40	定性	c+s	35.7
上黒岩	26.0	36	ヒノキ	51	500	21.0	14.5	50	定性	c+t+c	5.0
(平均)	10.8	31			700	23.0	19.0				18.8
二名	0.9	37	ス(3)ヒ(7)	32	1,180	15.3	13.3	49	列状	c+t+g	2.1
大日1	0.5	25	スギ'	34	1,300	21.1	22.6	51	列状	c+t+g	5.8
(平均)	0.7	31			1,240	18.2	18.0	50			3.9
三坂	2.0	31	スギ'	40	980	19.5	18.6	52	列+定	c+t+p	20.5
西の谷1	0.6	35	スギ'	48	1,780	23.3	20.3	22	列+定	c+t+p	17.6
(平均)	1.3	33			1380	21.4	19.5	37			19.0
鷺田	40.0	22	ス(4)ヒ(6)	45	1,280	18.3	15.2	40	定性	c+g+r	7.8
奈良藪	10.7	29	ス(6)ヒ(4)	42	580	22.8	15.6	50	定性	c+g+r	8.7
八幡	1.2	29	ス(9)ヒ(1)	43	850	23.3	16.2	25	定性	c+g+r	11.8
西の谷2	2.1	27	ス(7)ヒ(3)	38	1,630	17.4	15.0	31	定性	c+g+r	7.7
大日2	0.9	23	スギ'	34	1,100	18.4	19.6	46	定性	c+g+r	20.0
樽ヶ谷	3.5	22	ス(8)ヒ(2)	38	850	22.5	18.2	43	定性	c+r	6.8
露峰	1.7	16	ヒノキ	70	380	38.1	19.6	17	定性	c+r	12.5
(平均)	8.6	24			950	23.0	17.1	36			10.8

注1) 樹種 ス:スギ、ヒ:ヒノキ

注2) 作業システム:c:チェーンソー、s:集材機、g:3tクラスグラップルローダ、r:1t積み林内作業車、t:クレーン、p:プロセッサ

ていることから、間伐前に損傷の危険性が高い立木にマーキングし注意を促すとともに、土木用資材や布等で保護してやることは有効であると思われる。岡ら(2006)は、保護具の材料試験として「ポリ配水管」は「あて木」や「防護具なし」に比べ損傷率は小さく、1箇所当りの損傷面積や損傷の高さの面で防護による軽減効果があったと報告している。今後は、防護具の軽量化と耐久性、固定方法等の改良が望まれる。

4. 結言

県が実施している「森林そ生推進団地」等で、高密路網とハーベスタやプロセッサ等の機械化作業による間伐を実施した林分について、残存木の被害調査を行った結果、以下の知見を得た。

- 1) 高密路網の開設や中型車両系作業システムでは、損傷率の多い箇所では20~23%、少ない箇所では7%であった。従来型の小型グラップルシステムとムと比べて損傷の多い箇所では約2倍、少ない箇所い箇所ではそれ以下の損傷であった。
- 2) 損傷範囲は、作業道の林縁から5m以内で損

傷木の80%以上を占めた。また、作業道下側の上げ荷プロットは、下げ荷プロットと比べて損傷率が1.4~2.4倍高く、損傷高さで約1.7倍高かった(上げ荷プロット136cm、下げ荷プロット78cm)。一方、1箇所当りの損傷面積は、下げ荷プロットの方が大きい傾向であった。

3) 機械作業による損傷の形態は、樹皮剥離76%、幹損傷23%、幹折れ1%であった。また、損傷の原因は、伐出作業によるもの88%、作業道開設によるもの12%と推測された。

4) 列状間伐を実施した林分で冠雪害と思われる被害が発生していたが、小径木や形状比の高い立木が被害を受けており、列や作業道からの距離に相関はなく、被害は谷部付近に局所的に発生していた。

5) 機械化作業による残存木損傷を低減するためには、伐採と造材(集材を含む)の連携作業により間伐作業を細めに分けて作業すること、造材時に材を動かすのではなくハーベスタ等の機械を移動して造材するなど、残存木に対し細心の注意と高い技術力で低減できることが示唆された。

参考文献

- 井上源基、竹内郁雄、大川畑修、豊川勝生、広部伸二(1998)高性能林業機械作業システムの構築：森林総合研究所平成10年度研究成果選集：12-13
- 木村光男、中岡圭一、谷山 徹(2006)架線及び積載式車両を用いた伐出作業が森林の下層植生の植被率や森林土壌の全孔隙率に及ぼす影響：愛媛県林業技術センター研究報告第24号：37-43
- 近藤道治(2006)列状間伐が森林環境に与える影響：森林利用学会誌21(1)：9-14
- 岡 勝、佐々木達也、近藤耕次、鹿島潤、濱本高光、加利屋義広、小林洋司(2006)簡易な防護具を用いた残存木損傷の軽減効果の検討：森林利用学会誌20(4)：273-276
- 林野庁(2004)大型プロジェクト研究成果「機械化作業システムに適合した森林施業法の開発」：1-220
- 谷山 徹、戸田正和、石川実(2004)中型タワーヤードを使用した列状・魚骨状間伐の集材に関する調査研究：愛媛県林業技術センター研究報告第23号：1-8
- 徳田佐和子、秋本正信、高橋幸男、由田茂一(1996)林業機械化作業によるトドマツ立木の損傷と腐朽：日本林学会論文集第107号：277-280