

3-6. 現地実証のまとめとこれまでの施業との比較分析・評価

1) 伐採から地拵え、未利用材活用の一体作業収支

各地区実証結果は、表 3-14 に示すとおり、伐採から地拵えまでの一体作業と、林地未利用材を山土場で自然乾燥させて、その場で木くず燃料化の実証結果、山林所有者への還元が道東地区 40 万円/ha、道央地区 84 万円/ha、道南地区 78 万円/ha 確保された。当然、山林所有者への還元は、各地区の樹種構成、立木密度、採材率及び作業システムなどの違いにより収支は変わるが、各地区の聞き取り調査によるカラマツ 8・9 齢級の主伐時の山林所有者還元金は 50~80 万円/ha 程度であるため、今回の実証の事業収支に対して、未利用材活用に伴う収入も総体的な事業収入に貢献している。

(1) 道東地区

道東地区は ha 当りの成立本数が 405 本と少なく、かつ、C・D材を自組合のおが粉工場に搬入するために、現地に残った林地未利用材は少量で、この少量の未利用材量に対して、クローラ式チップパー機の回送経費が割高で収益がほとんど計上できなかったため、山林所有者還元金が 400,000 円/ha と低くなっている。

山林所有者還元金に対する未利用材売上金は 59,800 円 (26.0 層積 m^3 ×2,300 円/層積 m^3) (64,300 円/ha) と山林所有者還元金に占める割合も低い。

おが粉は、加工により原木の 3.6~4.0 倍に膨れる。販売は 2,300 円/層積 m^3 のため、原木 4,500 円/ m^3 で買い取った場合、8,740 円/層積 m^3 (3.8 m^3 ×2,300 円) の売上となり、4,240 円 (8,740 円-4,500 円) の差額が加工及び管理費など手間賃となるため、未利用材活用としては高い収益が期待できる。

ただし、おが粉を現地で生産できる移動式の切削機は現在国内には導入されていない。このため、C・D材を集荷して、おが粉生産工場に丸太を輸送後におが粉製品加工することになる。

(2) 道央地区

道央地区は ha 当りの成立本数が 630 本と多く、蓄積に対する用材・パルプ出材率も 75% と高かったため、山林所有者還元金は 840,000 円/ha と高い割合となっている。

山林所有者還元金に対する未利用材売上金は 390,000 円 (5,000 円/t×78.03t) (481,000 円/ha) と山林所有者還元金に占める割合も高い。

しかし、木くず生産のみで判断すると、次項に詳細に示すとおり、林内に散乱した未利用材の集荷作業を実施したために、91,500 円 (112,963 円/ha) の経費がかかり、-76,640 円の赤字となった。仮に、全木集材で未利用材の集荷作業が無かった場合には、14,860 円 (18,346 円/ha) の収益増につながり、山林所有者還元金は 978,000 円/ha 程度となる。

^e 3.8 m^3 : おが粉は原木加工により 3.6~4.0 倍に膨れる平均値。

また、道央地区の地拵えはグラップル大型レーキにより 107,074 円/ha の安価で施業が実施できたため、未利用材の集荷作業のマイナス経費が吸収されたと判断できる。

なお、道央地区は地形が平坦なために、全木集材の土場を 2 か所に分散して、未利用材の集荷作業を実施しない体制で木寄せ集材及び造材を行い、グラップル大型レーキによる地拵え、その後自然乾燥させて、現地で木くず化することで、安定的に山林所有者への還元金を増やすことが可能と考えられる。

(3) 道南地区

道南地区は ha 当りの成立本数が 708 本と多いが、蓄積に対する用材率は 56% で、C 材（パルプ材）の出荷は無く、全て未利用材としているため、優良なスギ人工林としては、山林所有者還元金が 780,000 円/ha と低いと判断される。

この団地では C 材の造材・出荷を行わず全て木くず燃料化としたため、山林所有者還元金（780,000 円/ha）に占める林地未利用材売上金 620,000 円（5,000 円/t×123.97t）（328,000 円/ha）の割合は高い。

なお、この団地は山林所有者が経営する林業事業体が主伐作業を行った。また、主伐後の土地利用は太陽光発電事業地で保残林帯に新植を行うために、事業地内の除根に配慮した丁寧な施業を行ったことから、伐採・集材作業に経費を要している。さらに、新規に導入したハーベスタの初現場であったため、オペレータの熟練度が低く、伐木・造材に通常よりも経費が掛かっているために、山林所有者還元金が事業全体として低くなっている。

しかし、木くず生産のみで判断すると、道央地区同様に、林内に散乱した未利用材のグラップル小分け集積に、438,400 円（231,958 円/ha）の経費がかかり、-1,210 円の赤字となった。仮に、全木集材で未利用材の集荷作業が無かった場合には、437,190 円（231,317 円/ha）の収益増につながり、山林所有者還元金は 1,057,190 円/ha 程度となる。

また、道南地区の木くず化は、トラクタ牽引式チップパー機で実施したため、クローラ式グラップルが不要で、かつ、チップパー機の回送費が不要のため、木くず化作業経費が 982 円/m³ 層積と安価なため、未利用材の集荷作業のマイナス経費が吸収された。

なお、本地区も道央地区同様に地形が平坦なために、全木集材の土場を 3 か所に分散して、未利用材の集荷作業を実施しない体制で木寄せ集材及び造材を行い、自然乾燥、トラクタ牽引式チップパー機による木くず生産を行うことで、より高額な山林所有者への還元金を維持できるものと考えられる。

表 3-14 地区ごとの事業収支まとめ

			道東地区	道央地区	道南地区	
現 場 条 件	実証面積		ha	0.93	0.81	1.89
	用材・パルプ出材積		m ³	186.28	221.06	1,100.00
	蓄積に対する用材・パルプの出材率		%	65	75	56
	未利用材 出材積	おが粉	層積m ³	26.00		
燃料材		層積m ³		303.43	632.00	
生産性 コスト	生産性		m ³ /人日	24.28	20.10	12.64
	伐出コスト		円/m ³	2,821	3,018	4,394
	地拵えコスト		円/ha	131,096	107,074	309,047
	木くず生産性コスト		円/m ³ 層積	2,126	1,537	982
事業費	現場事業費		円	759,630	1,220,870	6,040,010
	間接事業費	20%	円	151,900	244,100	1,208,000
	木材運搬費	2,000 円/m ³	円	372,600	442,100	2,200,000
	計		円	1,284,130	1,907,070	9,448,010
販売費	用材売上金	用材・パルプ材	円	1,590,000	2,200,000	10,300,000
	未利用材売上金		円	59,800	390,000	620,000
	計		円	1,649,800	2,590,000	10,920,000
収 支	山林所有者還元金		円	365,670	682,930	1,471,990
	山林所有者還元金 (ha 換算)		円	≒400,000	≒840,000	≒780,000

注：道東地区の未利用材売上金は、現地に残った林地残材 9.29 m³ × 2.8 (変化率) × 2,300 円 ≒ 59,800 円

2) 伐木から地拵えまでの実証データの比較分析・評価

伐採から地拵えまでの一体作業と山土場で林地未利用材を自然乾燥させて、その場で木くず燃料化する実証データを、過去の調査データと比較分析した。しかし、伐木から地拵え、木くず化までの一体作業の実績そのものが無いため、止む無く、作業工程を伐木から地拵えまでと、木くず化作業の2段階に分けて、過去の実績データと比較分析・評価を行った。

(1) 収益性

事業全体としては事業の収支が保たれ、山林所有者還元金もある程度確保できた事業結果であるが、林地未利用材の生産結果を分析すると、表 3-15 に示すとおり3地区とも、林地未利用材のみの事業収支は芳しくない。

道東地区の未利用材のみの収益は14,300円であり、かろうじて収益を確保している。先に示したとおり、現地に残った未利用材量が少なく、機械回送費の占める割合が高くなっている。今後、トラクタ牽引式など自走して現場移動できるおが粉生産機械が導入された場合には、山林所有者還元金の増額に大きく寄与すると考えられる。

道央地区は、林地内に散在した未利用材集荷作業を実施したことにより、91,500円(301円/層積 m^3)の経費が掛かっており、未利用材のみの収益は-76,640円の赤字となっている。仮に、林地未利用材集積作業が無かった場合には14,860円の収益が確保できる。

道南地区も道央地区と同様に林地未利用材を集積した438,400円(639円/層積 m^3)の経費が掛かっており、未利用材のみの収益は-1,210円の赤字で、林地未利用材集荷作業が無かった場合には437,190円の収益が確保できる。

以上のことから、実証事業においては、林内に散在した未利用材の集荷作業を行った場合には、林地未利用材を有効活用した利益確保は難しい結果となった。しかし仮に、林内に未利用材が散在しないように施業を行うことで利益確保につながる。

また、表 3-17 に示すこれまでの施業データでは、CTL作業システムで生産性35 m^3 /人日、伐出コスト3,000円/ m^3 の実績値(ただし、未利用材集荷作業データが無い)もあるため、今後、効率的なCTL作業システムによる林地未利用材の有効活用の実証を行い検証する必要がある。

伐木から地拵えまでの実証データの比較分析・評価は、表 3-17 に示すとおり、4件の公開されている実証データと比較検討した。

(2) 生産性

主伐の作業工程別施業費の公開データは非常に少ない。また、Webで公開されているデータであっても、作業システムが不明であったり、機械経費が経験値を基にしたコストを試算しているなど比較データにはならない。このため、出典データが明らかな北海道造林事業標準単価(平成29年度)など、公的機関と研究機関が公開しているデータを基に比較分析した。

伐木から極積までの全てのデータ（今回の実証データも含む）の平均生産性は、21.82 m³/人日であり、道東地区と道央地区の生産性が高いことが示される。特に、道東地区の生産性（24.28 m³/人日）と伐出コスト（2,821 円/m³）は、高効率で低コストであったと判断できる。通常、素材生産事業者は、林業機械の回送費を未計上で主伐コスト 3,000 円/m³をおおよその目途にする。今回の実証データは人件費、間接費、運搬費を割高に設定し、かつ回送費もフルに計上していることから、道東地区のデータは、北海道内でトップクラスの伐出コストであると考えられる。

道央地区の生産性は、伐出コスト 3,018 円/m³であり、平均値 3,860 円/m³を上回っており、低コスト施業が実現している。道南地区は、伐木のハーベスタのオペレーティングが不慣れの影響から、伐出コストが 4,394 円/m³と低い、ハーベスタそのものは能力・パワーがある機械であるため徐々に生産性は向上すると考えられる。

高性能林業機械を使用した主伐の生産性は、表 3-17 に示す平均値より若干高いと推察される。その理由は道南地区（4,394 円/m³）と北海道の造林単価（5,728 円/m³）を含んだ平均値（3,860 円/m³）のためであり、この2件のデータ除いた平均値は、生産性 24 m³/人日、伐出コスト 3,260 円/m³であり、この平均値が主伐の伐木から極積まで、林業機械の回送費を含んだ目標値に成りうると推察される。

(3) 地拵え経費

次に、地拵え経費は、グラップルを使用したデータの平均値は 200,293 円/ha である。道央地区は 107,074 円/ha であり、地形条件が良かったことと、グラップル用大型レーキの作業効率が優れていたことが示される。道南地区は 309,047 円/ha の事業費がかかっているが、枝条量と根部の追い上・中抜き・末木材の量が多かったことと、除根を考慮した丁寧な地拵えのため経費が割高となっている。

地拵え経費が突出する道南地区の経費を抜いた平均のグラップル地拵え経費は 178,542 円/ha であった。

道東地区のクラッシャを使用した地拵えは、森総研の一貫システム実証事業において、バックホウに装着したクラッシャを使用したデータがある。クラッシャ地拵えの平均値は 188,073 円/ha で、実証データは 131,096 円/ha であり、平坦地であったことから低コストで地拵えが行えたと考える。

なお、高性能林業機械を使った地拵えの平均値は 197,238 円/ha であり、地拵え経費が突出する道南地区を除いた平均値は 181,265 円/ha で、北海道造林標準単価の 10 度以下、10 度以上の平均値（183,600 円/ha）より、安価な経費となっており、目標値に成りうると推察される。

各事業地は樹種及び林齢、伐出本数、作業システムが異なるため、比較は難しい。しかし、今後の同様な事業における参考データとするために、実証事業地データを 1ha に換算したデータを表 3-16 に示す。

表 3-15 林地未利用材生産結果のみの事業収益

地区	作業システム		未利用材発生量			未利用材のみ事業経費 (円)	未利用材単価 (円)	未利用材収入 (円)	未利用材収益 (円)
			材積 (m³)	水分35%重量 (t)	チップ層積 (m³)				
道東	伐木・集材・地拵え・木くず化	未利用材集荷作業なし	29.35	21.13	82.18	174,700	おが粉単価 2,300 円/層積m³	189,000	14,300
道央	伐木・集材・地拵え・【未利用材集荷】・木くず化	未利用材集荷作業あり	108.37	78.03	303.44	466,640	木くず燃料 5,000 円/t	390,000	-76,640
	伐木・集材・地拵え・木くず化	未利用材集荷作業なし				375,140			14,860
道南	伐木造材・集材・地拵え・【未利用材集荷】・木くず化	未利用材集荷作業あり	253.00	123.97	632.00	621,210	木くず燃料 5,000 円/t	620,000	-1,210
	伐木造材・集材・地拵え・木くず化	未利用材集荷作業なし				182,810			437,190

注：カラマツ水分率35% 比重0.72、変化率2.8、スギ水分率35% 比重0.49、変化率2.5で試算。
未利用材木くずの山元価格5,000円/tで試算（木くず化事業まで（ファームダンプ運送費含まず））。
道東地区は、未利用材全量（29.35 m³）をおが粉化した未利用材収入で試算（29.35 m³×2.8×2,300円÷189,000円）

表 3-16 各事業地の1ha当り換算数量と事業費(参考)

項 目		道東地区	道央地区	道南地区
実証地面積	(ha)	0.93	0.81	1.89
ha換算係数		1.075	1.235	0.529
立木本数	(本/ha)	405	630	708
立木蓄積	(m³/ha)	306	352	1,031
出材積	(m³/ha)	200	273	582
未利用材出材積	(m³層積/ha)	32	134	134
出材積に対する未利用材発生率	(%)	16	49	23
生産人工	(人/ha)	9	14	46
伐木～極積コスト	(円/ha)	626,000	824,000	2,558,000
地拵えコスト	(円/ha)	131,000	107,000	309,000
木くず生産コスト	(円/ha)	59,000	576,000	329,000
計		816,000	1,507,000	3,196,000

① 比較検討データの出典

- (A) 【北海道造林標準単価】：「北海道水産林務部平成 29 年度造林事業標準単価」、伐出コストについては、更新伐（モザイク状-60 m³/ha 以上）歩掛の出材積を円/m³単位に変換した。
- (B) 【森総研一貫システム手引き】：「緩中傾斜地を対象とした伐採造林一貫システムの手引き」（2016 年 森林総合研究所北海道支所）、伐採生産性、伐出コストは、旧システム（チェーンソー・ブルドーザ集材・チェーンソー造材・グラップル極積、グラップル地拵え）、CTL システム（ハーベスタ・フォワーダ、クラッシャ地拵え）データ。
- (C) 【道総研間伐コスト】：「北海道の人工林間伐コストの低減に関する一考察」（2013 年、道総研林業試験場（酒井・木幡・対馬・渡辺）、伐採生産性、伐出コストは、旧システム（チェーンソー・トラクタ集材・チェーンソー造材・ログローダ極積）、高性能型（ハーベスタ・フォワーダ）、地拵えデータはない。
- (D) 【低コスト手引き】：「低コスト施業の手引き-施業方法を見直しませんか-」（平成 26 年 北海道水産林務部）、機械別の地拵え生産性とコストデータ。

表 3-17 伐木から地拵えまでの実証データとこれまでの施業データ

項目	内訳	単価	道東地区	道央地区	道南地区	北海道 造林 標準単価	森総研一貫 システム手引き		道総研 間伐コスト		低コスト 手引き	
							旧 システム	CTL システム	旧シス テム	高性能 型		
伐木	チェーン ソー	工程単価	円/m ³									
		工程生産性	m ³ /人日				24					
	ハーベスタ	工程単価	円/m ³			1,310			1,000			
		工程生産性	m ³ /人日			47.8			100			
	フェラバン ンチャ	工程単価	円/m ³	614	783							
		工程生産性	m ³ /人日	93.1	63.1							
集材	人力	工程単価	円/m ³									
		工程生産性	m ³ /人日									
	ブルドー ザ	工程単価	円/m ³									
		工程生産性	m ³ /人日				34					
	グラップ ル	工程単価	円/m ³	601	998				500			
		工程生産性	m ³ /人日	124.1	63.1							
フォワー ダ	工程単価	円/m ³			2,292			1,000				
	工程生産性	m ³ /人日			23.4			60				
造材	チェーン ソー	工程単価	円/m ³									
		工程生産性	m ³ /人日				56					
	プロセッ サ	工程単価	円/m ³	718	756							
		工程生産性	m ³ /人日	93.1	88.4							
極積	グラップ ル	工程単価	円/m ³	888	481	792			500			
		工程生産性	m ³ /人日	62	147.3	64.7			47			
生産性			m ³ /人日	24.28	20.1	12.64		9	35	2.6	17.1	
(高性能林業機械平均)				21.82								
伐出コスト			円/m ³	2,821	3,018	4,394	5,728	5,000	3,000	10,100	4,200	
(高性能林業機械平均)				3,860 (3,260道南・道造林単価除く)								
地拵え (全刈耕 転無)	肩掛け式 (人力)	10度以下	円/ha				255,300					
		10度以上					265,300				255,000	
機械地 拵え	グラップ ル	10度以下	円/ha		107,074	309,047	177,900				172,000	
		10度以上					189,300	246,435				
		平均		200,293 (178,542道南地区を除く)								
	林業用ク ラッシャ	10度以下	円/ha	131,096						245,050		
		10度以上										
		平均		188,073								
機械地拵え平均			円/ha	197,238 (181,265道南地区を除く)								

注：生産性、伐出コストの表中白抜き部は作業システムが不明なため平均計算から除いた。

3) 林地未利用材の集荷及び木くず化

林地未利用材の集荷及び木くず化までの検証データの比較分析・評価は、表 3-19 に示すとおり、2 件のデータを基に検討した。木くず化の実証データとチップ生産価格調査は、道内でも数多く実施されている。しかし、人件費や機械減価償却費など統一された比較検討資料は少ないため、出典データが明らかで近年の調査で公開されているデータを基に比較分析した。

道東地区と道央地区では全木集材にて土場に伐木を集積して造材することで、林内から未利用材を集積しない作業システムを、道南地区では CTL システムを原則に取組んだが、道央地区と道南地区は枝条や根部追い上げ材などが広域に散乱したため、止む無くグラップルとフォワーダで少量の集荷を行った。

この集荷作業は、道央地区で 301 円/m³層積、道南地区で 693 円/m³層積の経費がかかった。これまでの実証データ（美深町・上川町・美瑛町）のグラップルとフォワーダによる集荷の平均値は 1,143 円/m³層積であり、この数値から実証事業のグラップルとフォワーダによる集積経費は安価であったと推察される。

木くず生産コストの平均値（実証データ含む）は、2,814 円/m³層積である。最大値は美深町の 6,301 円/m³層積で、最小値は道南地区の 982 円/m³層積である。また、道央地区、道東地区も平均値より安価な生産コストとなっている。なお、突出して生産費の高い美深町のデータを除いた平均値は、2,378 円/m³層積である。

木くず生産コストで注視すべきは、道南地区と上川町のデータであり、道南地区はトラクタ牽引式でチップパー機にクレーングラップルが装備されている。上川町の実証もトラック掲載式の高馬力のチップパー機で、何れも自走車両で回送費が不要であるとともに、高馬力の割に燃料消費が少ない機械のため、木くず生産コストが安価になっている。

本事業の実証で使用した木くず生産機械は、表 3-18 に示すとおり、消費燃料に大きな違いがあり、木くず燃料生産コストに影響を与えるため、木くず生産機械の選択も重要なポイントとなる。

表 3-18 実証で使用した木くず生産機械

地区	名称・型式	出力	最大生産量	最大投入口径	燃費
道東	WoodHacker Mega561DL 切削機械	CAT C13 354kW	～150 m ³ /h	軟質木～56cm 硬質木～42cm	0.25ℓ/m ³ 層積
道央	MOROOKA MC-6000 破碎機械	CAT C18 470kW	～150 m ³ /h	2.2m	2.05ℓ/m ³ 層積
道南	VALTRA T234 MUS-MAX 8XLZ 切削機械	VALTRA トラクタ 173kW	～100 m ³ /h	0.6m	0.10ℓ/m ³ 層積

① 比較検討データの出典

- (A) 【道総研森林バイオマス】：「地域で活かそう森林バイオマス（実践編）」（地独北海道立総合研究機構林業試験場・林産試験場、平成 26 年）、木くず生産の工程単価にはグラップル経費が含まれる、機械回送費は含んでいない。
- (B) 【北海道上川総合振興局】：「木質バイオマス安定供給体制構築事業結果報告書」（平成 29 年 上川総合振興局木質バイオマス推進室）、未利用材集積データは、材積（ $m^3 \cdot t$ ）を層積に変換して表記した。

表 3-19 木くず生産実証データとこれまでの生産実証データ

項目	内訳	単価	道東地区	道央地区	道南地区	道総研森林バイオマス			北海道上川総合振興局				
						現場	工場	中間土場	音威子府村	美深町	上川町	美瑛町	
						グラップル経費含む							
未利用材集積・運搬	グラップル・フォワード	工程単価	円/ m^3 層積		301	693					1,798	1,080	553
		工程生産性	m^3 層積/人日		108	32							
木くず生産	グラップル	工程単価	円/ m^3 層積						1,117	1,239	167		
		工程生産性	m^3 層積/人日										
	クローラ式切削機	工程単価	円/ m^3 層積	2,126				2,700					
		工程生産性	m^3 層積/人日	65.0				125					
	クローラ式破砕機	工程単価	円/ m^3 層積		1,236		2,400		3,400	2,943	3,264	569	
		工程生産性	m^3 層積/人日		60.6		114		94				
	トラクタ牽引式切削機	工程単価	円/ m^3 層積			289							
		工程生産性	m^3 層積/人日			252.8							
木くず生産コスト			2,126	1,537	982	2,400	2,700	3,400	4,060	6,301	1,816		
平均コスト		円/ m^3 層積	2,814										

3-7. 水分率の変化

林地未利用材及び木くずの輸送では、水分が低ければ低いほど軽量となり、1回あたりの運送量は増える。また、木くず燃料の熱利用等の水分率は35%程度が一般的なため、未利用材の水分の蒸散は未利用材活用の大きなポイントである。

伐出した立木は、樹種と伐木時期により変化するが、表 3-20 に示すとおり、カラマツの伐木時には水分率50%程度であり、熱利用のボイラサイロへの出荷には、水分率15%の蒸散をさせる必要がある。

このため、本事業では未利用材の輸送効率と、熱利用等の出荷に伴う品質管理の基礎データを得ることを目的に、未利用材造材現場で2か月程度の自然乾燥後に、木くず化を行う作業工程で、水分率の変化を検証した。

なお、各事業地において、発生した未利用材は以下のポイントで自然乾燥を促す処置を施した。

各事業地の伐採直後からのサンプリング日程と調査方法は、表 3-21 に示すとおりである。

◇林地未利用材の堆積方法

- ✓ 風通しの良い場所を選んで堆積させる
- ✓ 通気性確保のため枝条堆積時に枝条をグラップル等で押しつぶさない
- ✓ 葉からの蒸散を促すため枝葉等は落とさずに堆積させる
- ✓ 後のチップング作業効率も考慮して堆積に伴い玉切りしない
- ✓ 1箇所当たりに堆積させる高さは問わない
- ✓ 1箇所当たりの堆積量は、チップング作業を考慮してなるべく多くする
- ✓ 堆積後にテントなどを被せない

道東地区は、平坦地で植栽木の素性も良く、根部の曲りや腐れは少なかったために、未利用材の発生割合は非常に少ない。また、カラマツは、全木木寄せ集材中に枝条がほぼ落下するので、未利用材としての枝条発生率も非常に低かった。

未利用材の堆積場所は、造材土場の上段斜面の日当たり、風通しの良い場所としたため、乾燥の程度は早く良好であった。

しかし、未利用材のうち根部の追上材部分は、写真 3-29 に示すとおり薄いために、堆積物の山内部の風通しは良好ではなく、堆積方法をフワッとさせる工夫により、さらに乾燥速度は早まると判断される。



写真 3-29 道東地区の林地未利用材堆積状況

道央地区は、平坦地であるが元玉に曲りがある材が見られたことと、広葉樹が多く、未利用材の発生割合は高かった。カラマツの全木木寄集材に伴う枝条は道東地区と同様に、集材中に落下するため量的には少ない。

未利用材の堆積場所は、主伐の林縁であったが、日当たりは良好な場所で、木くず化した燃料材を積載しやすい道端に堆積した。堆積方法は風通しを考慮して、押しつぶさずフワッと堆積させた。



伐採直後

伐採から約2か月後

写真 3-30 未利用材の自然乾燥状況（道央地区）

道南地区は、C材の集材を行わず全て燃料材としたために大量の未利用材が発生した。また、実証地のスギ人工林は間伐などの森林整備が行われ樹冠長率も高く、予想以上の枝条と根部の追出材が発生した。

未利用材の堆積場所は、日当たりの良い斜面の集材経路沿いに点々と堆積させた。堆積方法は押しつぶさないように配慮したが、枝条量が多く、風通しは期待できない状況であった。また、伐出時期が10月からの降雪前の不安定な天候時期で、自然乾燥には不適な時期であったが、樹木の水分率は下がる時期の伐採でもある。



写真 3-31 道南地区の林地未利用材堆積状況

水分率の継続的な調査結果は、図 3-7 に示すとおり、カラマツは2か月自然乾燥で水分率 30%より低くなり、スギは3か月で水分率 30%より低くなる。従って、北海道内では3か月自然乾燥させれば、未利用材重量は 15%分軽量可能で、水分率 35% (W.B.) を切るため、現場から直接ボイラサイロに直送できる品質となる。

なお、木質バイオマスエネルギーを活用したモデル地域づくり推進事業（遠野市）で調査したスギの長期的な自然乾燥データを参考として図 3-7 に同時に示す。

表 3-20 水分別の木材比重

水分 (%)	含水率 (%)	材積 1 m ³ 当たりの比重 (t/m ³)								
		スギ	エゾマツ	カラマツ	アカマツ	カツラ	シナノキ	ブナ	ミズナラ	マカンバ (ガイハ)
0	0	0.34	0.40	0.50	0.52	0.45	0.49	0.60	0.61	0.69
20	25	0.42	0.48	0.60	0.62	0.54	0.57	0.71	0.72	0.82
25	33	0.43	0.50	0.64	0.65	0.57	0.61	0.74	0.76	0.86
30	43	0.47	0.53	0.67	0.69	0.60	0.65	0.79	0.81	0.92
35	54	0.49	0.58	0.72	0.75	0.65	0.69	0.84	0.87	0.98
40	67	0.54	0.62	0.77	0.80	0.70	0.75	0.90	0.94	1.06
45	82	0.58	0.67	0.84	0.87	0.76	0.80	0.97	1.01	1.14
50	100	0.63	0.73	0.91	0.95	0.83	0.88	1.06	1.11	1.25
55	122	0.71	0.80	1.01	1.05	0.91	0.97	1.17	1.22	1.37

注：生材の水分を 55% (w. b.) = 含水率 122% (d. b.) と仮定。

全乾密度を基準に含水率別の材の重量を算出。

各含水率での体積は各方向の全収縮率を生材から全乾までの含水率の差で比例配分し補正。

なお、全乾密度（水分 0%の比重）、全収縮率は「木材科学ハンドブック」岡野健 祖父江信夫 (p126) を参照。

表 3-21 林地未利用材の自然乾燥データ取得分析日程等

調査地	調査日	調査概要	調査サンプル数
道東地区	8月21日	カラマツ伐木直後	径 38・44・46 伐木木口 3 サンプル
	10月24日	伐木から2か月後のカラマツ未利用材	径 28・30・38 追上材幹深部 3 サンプル
	12月6日	伐木から約4か月後のカラマツ未利用材	径 4・21・30・37 追上材幹深部・枝 4 サンプル
道央地区	8月23日	カラマツ伐木直後	径 30・40・42 伐木木口 3 サンプル
	10月27日	伐木から2か月後のカラマツ・広葉樹未利用材	カラ径 30・40 追上材幹深部、広葉樹 径 18 枝深部 3 サンプル
	12月6日	伐木から約4か月後のカラマツ・広葉樹未利用材	カラ径 20・18・32 追上材幹深部、広葉樹 径 12 枝 4 サンプル
道南地区	11月6日	スギ伐木直後	径 20・40・60 伐木木口 3 サンプル
	12月22日	伐木から2か月後のスギ・広葉樹未利用材	スギ径 16・41 追上材幹深部、広葉樹 径 3 枝 3 サンプル
	2月2日	伐木から約3か月後のスギ未利用材	スギ径 12・28・36 追上材幹深部 3 サンプル
水分率調査方法	<p>●未利用材の水分率調査</p> <ul style="list-style-type: none"> 未利用材を無作為に抽出して、木口から 10cm 以上を玉切り、丸太中心部からサンプルを取得した。 取得サンプルは密閉式ビニール袋に保管して、2時間内に加熱乾燥式水分計（エー・アンド・デイ MF-50）で、水分率（%, W. B.）を計測した。 		

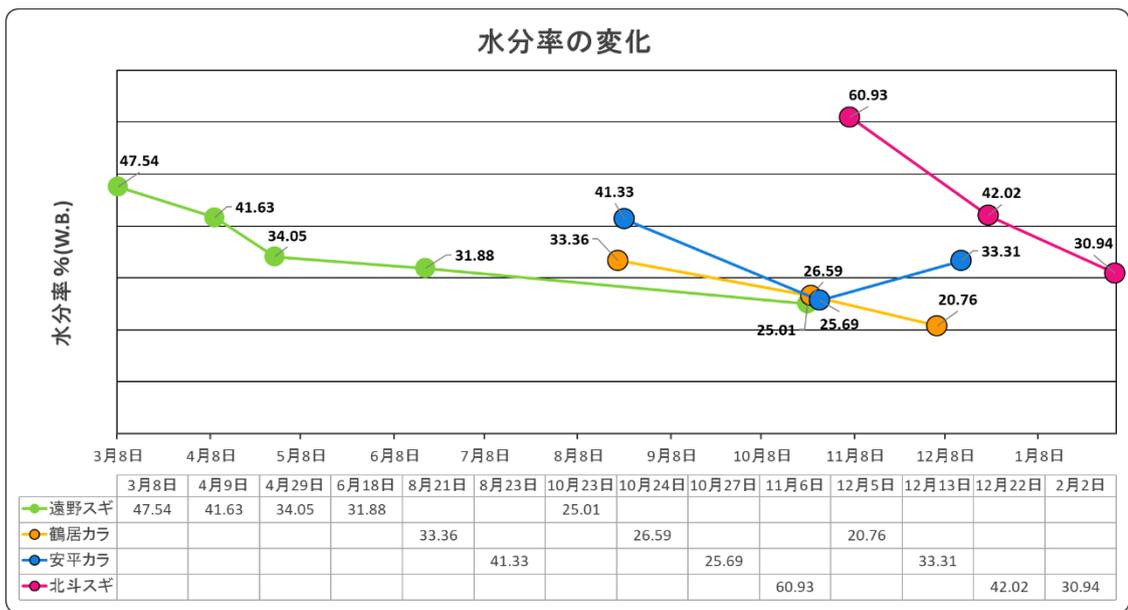


図 3-7 林地未利用材自然乾燥に伴う水分率変化

