

3-5. 現地実証におけるデータ集計・分析・評価

実証におけるデータは、林地未利用材を効率よく集荷する作業システムの工程別作業時間、現場経費、生産量などのデータを取得整理してコスト・生産性を分析した。

実証現場のデータ収集は、各事業体に森林施業の日報記録を依頼して、工程別の人・機械の稼働時間を分析したとともに、技術職員が各工程1～2日現場作業に立ち会ってビデオ撮影によるランタイム検証と工程別のサイクルタイムを計測して、作業日報の検証後にデータ分析を行った。

コスト・生産性の分析手法は「森林施業プランナーテキスト改訂版」（2016年6月 森林施業プランナー協会）の第7章 原価管理、並びに「間伐生産性・コスト分析シート使い方マニュアル～利用間伐の生産性とコストの把握・分析のために～」(全国森林組合連合会)を参考に整理・分析した。

なお、収集したデータの分析は、各事業体の技術者人件費や、機械の減価償却費、維持管理費、並びに間接事業費（事務管理費・諸経費）を使用して分析すると、各事業体の経費的なバイアスにより、実証事業の比較が出来ないために、以下の条件を設定してコスト計算を行い分析した。

表 3-10 データの分析に使用した数量及び単価

項目		分析に使用した数量及び単価
工程別作業量	人（人工）	工程別稼働時間を6時間で割り戻した日換算を使用、最低日数を半日（0.5人駆工）単位で切り上げ。
	林業機械（台）	工程別稼働時間を6時間で割り戻した日換算を使用、最低日換算を0.1時間単位で切り上げ。
機械経費	減価償却費（円）	林野庁「高性能林業機械利用高度化マニュアル」（2012）に準拠した1日当たり損料を使用。なお、資料に記載ない機械は耐用年数8.5年、年間稼働時間200日、維持管理費率50%、残存率14%で損料を試算。
	維持管理費（円）	
消費燃料	ガソリン・軽油・混合油（ℓ・円）	実証範囲で実際に使用した燃料量とした。なお、データ提出が無かった機械は、カタログ値の消費燃料で試算。チェーンオイルの計上はしない。
機械回送費	林業機械輸送費（往復）（円）	全ての地区往復30,000円で統一。
人件費	日額金額・福利厚生費（円）	全ての技術者を30,000円/日で統一。 （日額賃金25,260円、労働災害保険料1,515円、雇用保険料252円、厚生年金保険料1,938円、健康保険料1,035円（日額福利厚生費4,740円））。
間接事業費	事務人件費・諸税負担金等（円）	各事業体直接事業費の20%で統一。
出材積	製材用製品（m ³ ）	A～C材 径級別現場検知数量。
	木くず量（層積チップm ³ ）	D材・枝条のトラック積算量。
売上	製品・木くず代金（円）	事業体から売上を聞き取り。【報告書内情報とする】

1) 道東地区（鶴居村）

道東地区（鶴居村）作業工程別数量と単価、生産コストは、表 3-11 に示すとおりである。

(1) 作業工程別数量と単価

① 実証地データと出材積

実証地面積は 0.93ha で毎木調査による蓄積は 284.94 m³であり、フェラバンチャとグラップルによる出材積は 186.28 m³、未利用材の出材率は 13.6%であった。

鶴居森林組合はおが粉工場を管理・運営しているため、自組合の工場へ未利用材を 20.06 m³出材したため、現地に残った未利用材は 9.29 m³である。

現地に残った未利用材を移動式チップパー機で切削した結果 26.00 m³層積（4t ファームダンプ 1 台）（変化率 2.8）となった。

実証面積：	0.93ha	未利用材の出材積内訳	
立木本数：	377 本	おが粉：	20.06 m ³ 未利用材生産量（木くず化）
立木蓄積：	284.94 m ³	未利用：	9.29 m ³ → 26.00 m ³ 層積
出材積：	186.28 m ³	計：	29.35 m ³
立木蓄積-出材積：	98.66 m ³		
未利用材の出材率：	13.6%		

② 工程別単価と工程別生産性

実証データに基づく工程別単価と工程別生産性は以下のとおり、集材の生産性がボトルネックとなっている。

地拵えは 0.93ha を林業用トラクタの林業用クラッシャーで 2.0 日計上したが、過去実績では 1.0～1.5 日の作業量であり、オペレータの熟練度の影響がある。通常は 80,000～90,000 円/ha（燃料費込み）の仕事量である。

	【工程単価】	【工程別生産性】
伐木：	614 円/m ³	93.1 m ³ /人日
集材：	601 円/m ³	124.1 m ³ /人日
造材：	718 円/m ³	93.1 m ³ /人日
樺積：	888 円/m ³	62.0 m ³ /人日
地拵え：	60,960 円/日	
木くず生産：	2,126 円/m ³ 層積	65.0 m ³ 層積/人日

(2) 生産性と生産コスト

工程別単価を基にした1人日当りの生産性は、24.28 m³/人日と高い生産性である。また、伐出コストも2,821 円/m³と非常に安価である。

生産性 :	24.28 m ³ /人日
伐出コスト :	2,821 円/m ³
地拵えコスト :	131,096 円/ha
木くず生産コスト :	2,126 円/m ³ 層積

(3) 製品販売と事業収益

実証データに基づく製品販売額を事業体から報告書内情報として提供を受けて、事業収益を試算した結果、365,670 円の収支が計上できた。従って、山林所有者の木代金は ha 当り 400,000 円となる。

未利用材の収支は、4,500 円（現場木くず化経費 55,300 円、売上 59,800 円、収支貢献割合 2%）であった。

実際の事業費と比べると人件費と間接事業費を割高に設定、木材運搬費も地域内の短距離であれば 1,800 円/m³と推察するため、収支率は試算より高いと考える。

なお、未利用材の活用は、現実的に未利用材 26 m³層積では、クローラ式チップパー機の稼働時間 20 分で、回送料が実質往復 60,000 円と木くず燃料輸送用トラック経費が必要となるため収益は出ない。最低限 64 m³層積（4t ファームダンプ 3 台分-原木 28 m³）の量の生産がなければ事業は成り立たない。

事業費	現場事業費 :	759,630 円	（実証事業地内）
	間接事業費 :	151,900 円	（現場事業費×20%）
	木材運搬費 :	372,600 円	2,000 円/m ³ で計上
	計 :	1,284,130 円	（現場事業費+間接事業費）
販売費	用材売上代金 :	1,590,000 円	206 m ³ （用材・P・おが粉原木）
	未利用材売上金 :	59,800 円	26.00 m ³ 層積×2,300 円（おが粉単価）
	計 :	1,649,800 円	
収 支	山林所有者還元金 :	365,670 円	
	山林所有者還元金 （ha 換算） :	≒400,000 円	

表 3-11 道東地区（鷺居村）における生産性結果

●実証地条件		立木本数：377本	立木蓄積-出材積	総出材積に対する実質未利用材出材積率													
実証面積：0.93ha	立木蓄積：284.94m ³	出材積(用材・P)：186.28m ³	未利用材 実際の出材積 ・おが粉20.06m ³ ・未利用9.29m ³	98.66m ³ 26.00 m ³ 層積													
13.6%																	
●施業結果		林業機械															
作業工程	現場技術者 人工数 (1)	平均日 額(円)	現場技術者			小計 (1)	使用機械	運転 日数	燃料使用		燃料費 (円)	小計 (2)	工程費用③ (1)+(2) (円)	工程単価 (3)÷出材積 (円/m ³)	工程別生産性 (出材積÷人工数) (m ³ /人日)		
			集材	造材	はい積				地植え	未利用材集積・運搬						木くず生産	
作業工程	伐木	5時間	グラッ プルA	2時間	プロセッサ	12時間	グラッ プルB	6時間	トラク ター牽引	12時間	木くず生産	1時間 (12分)		チップパー機			
作業時間	フェラー ハンチャ	5時間	グラッ プルB	6時間		11時間	グラッ プルA				グラッブル	1時間 (30分)					
●生産性・コスト																	
総人工数	8.5	人日	(1) 主伐現場技術者人工数計														
生産性	24.28	m ³ /人日	(2) 出材積÷主伐現場技術者人工数計														
伐出コスト	2,821	円/m ³	(3) 工程単価計														
地植えコスト	131,096	円/ha	(4) ha当たり地植えコスト														
木くず生産コスト	2,126	円/m ³ 層積	(5) 層積(チップm ³)当たり生産コスト														
注) ★：機械回送費(往復)計上機械														現場事業費計		759,630	出材積=186.28m ³

2) 道央地区（安平町）

道央地区（安平町）作業工程別数量と単価、生産コストは、表 3-12 に示すとおりである。

(1) 作業工程別数量と単価

① 実証地データと出材積

実証地面積は 0.81ha で毎木調査による蓄積は 296.10 m³であり、フェラバンチャとグラップルによる出材積は 221.01 m³、未利用材の出材率は 32.9%であった。

現地に残った未利用材は広葉樹の枝条が多かったため 108.37 m³であった。現地に残った未利用材を移動式チップパー機で切削した結果 303.43 m³層積となった。

実証面積：	0.81ha	未利用材の出材積内訳	
立木本数：	510 本	おが粉：	未利用材生産量（木くず化）
立木蓄積：	296.10 m ³	未利用：	108.37 m ³ → 303.43 m ³ 層積
出材積：	221.06 m ³	計：	108.37 m ³
立木蓄積-出材積：	75.04 m ³		
未利用材の出材率：	32.9%		

② 工程別単価と工程別生産性

実証データに基づく工程別単価と工程別生産性は以下のとおり、集材の生産性がボトルネックとなっている。地拵えは 0.81ha をグラップル大型レーキ 1.5 日の作業量であった。

また、実証地は広葉樹が多く林内に広葉樹枝条が分散したため、グラップルとフォワーダで未利用材集積運搬を半日（0.5 日）行った。未利用材集積運搬の経費は 301 円/m³層積であった。

	【工程単価】	【工程別生産性】
伐木：	783 円/m ³	93.1 m ³ /人日
集材：	998 円/m ³	124.1 m ³ /人日
造材：	756 円/m ³	93.1 m ³ /人日
桧積：	481 円/m ³	62.0 m ³ /人日
地拵え：	57,820 円/日	
未利用材集積運搬：	301 円/m ³ 層積	
木くず生産：	1,236 円/m ³ 層積	65.0 m ³ 層積/人日

(2) 生産性と生産コスト

工程別単価を基にした1人日当りの生産性は、20.10 m³/人日で高い生産性となった。また、伐出コストも3,018 円/m³と安価である。

生産性：	20.10 m ³ /人日
伐出コスト：	3,018 円/m ³
地拵えコスト：	107,074 円/ha
木くず生産コスト：	1,537 円/m ³ 層積

(3) 製品販売と事業収益

実証データに基づく製品販売額を事業体から報告書内情報として提供を受けて、事業収益を試算した結果、682,930 円の収支が計上できた。従って、山林所有者の木代金は ha 当り 840,000 円となる。

未利用材の収支計上は木くず燃料を原木 108 m³ (78t) 現場渡し 5,000 円/t (札幌市内聞取り：熱利用林地未利用材サイロ着値 7,000 円/t (水分率 35% - カラマツ比重 0.72、運送料 2,000 円/t)) で試算すると、表 3-15 に示すとおり、76,640 円の赤字 (現場木くず化経費と集積・運搬含む 466,640 円、売上 390,000 円) となる。

仮に、未利用材の集積・運搬を実施しないで未利用材が集積した場合には、現場事業費 375,140 円、売上 390,000 円とかりうじて 14,860 円の薄利となる。

利益が計上できない理由は、クローラ型破碎機の消費燃料経費が高いため、木くずを有償処分する産業廃棄物処理用に開発された機械のため、層積当たりの消費燃料率が悪いためである。

なお、事業収益については、道東地区同様に実際の事業費と比べると人件費と間接事業費を割高に設定、木材運搬費も地域内の短距離であれば 1,800 円/m³と推察するため、利益率は試算より高いと考える。

事業費	現場事業費：	1,220,870 円	(実証事業地内)
	間接事業費：	244,100 円	(現場事業費×20%)
	木材運搬費：	442,000 円	2,000 円/m ³ で計上
	計	1,907,070 円	(現場事業費+間接事業費)
販売費	用材売上代金：	2,200,000 円	221 m ³ (用材・P)
	未利用材売上金：	390,000 円	108 m ³ ≒ 78t × 5,000 円/t (現場渡し)
	計	2,590,000 円	
収 支	山林所有者還元金：	682,930 円	
	山林所有者還元金 (ha 換算)：	≒ 840,000 円	

表 3-12 道央地区（安平町）における生産性結果

●実証地条件		立木本数：510本	立木蓄積-出材積	75.04m ³	総出材積に対する実質未利用材出材積率	32.9%						
●作業工程（時間）		出材積(用材・P)：221.06m ³	実際の出材積	108.37m ³	未利用材生産量（層積）	303.43 m ³ 層積						
作業工程	伐木	チェンソーA 10時間	チェンソー 12時間	はい積 9時間	未利用材集積・運搬	木くず生産						
	チェンソーB 6時間	プロセッサ 3時間	グラッブルB 2時間	グラッブルA 6時間	グラッブル 3時間	チップパー機 15時間						
	フェラーハンチャ 8時間	グラッブルC 6時間		グラッブルB 3時間	フォワーダ 3時間	グラッブル 15時間						
●施業結果	現場技術者	集材	造材	はい積	地格え	未利用材集積・運搬						
作業工程	人工数(1)	小計①	使用機械	運転日数	日額燃料(円/日)	燃料使用量(ℓ)	燃料単価(円/ℓ)	燃費(円)	小計②	工程費用③(①+②)	工程単価(③÷出材積)(円/m ³)	工程別生産性(出材積÷人工数)(m ³ /人日)
	平均日額(円)											
伐木	2.5	75,000	チェンソーA・B	1.0	800	10	180	1,800	2,600	77,600	783	63.1
	1.0	30,000	フェラーハンチャ★ 機械回送(往復)	1.0	22,500	110	120	13,200	35,700	65,700		
集材	2.0	60,000	グラッブルA★	2.0	15,900	130	120	15,600	47,400	107,400		
	1.0	30,000	グラッブルC(往)	1.0	15,900	70	120	8,400	24,300	54,300	998	63.1
	0.5	15,000	グラッブルB 機械回送(往復)	0.5	15,900	50	120	6,000	13,950	28,950		
造材	0.5	15,000	チェンソー	0.5	800	1	180	180	580	15,580	756	88.4
	2.0	60,000	プロセッサ★ 機械回送(往復)	2.0	24,300	108	120	12,960	61,560	121,560		
はい積	1.5	45,000	グラッブルB★ 機械回送(往復)	1.5	15,900	63	120	7,560	30,000	30,000	481	147.3
地格え	1.0	30,000	グラッブルレーキA	1.0	15,900	92	120	11,040	26,940	56,940	86,730	
	0.5	15,000	グラッブルレーキB	0.5	15,900	57	120	6,840	14,790	29,790		
未利用材集積・運搬	0.5	15,000	グラッブルレーキB	0.5	15,900	45	120	5,400	13,350	28,350	③÷層積(円/m ³ 層積)	未利用材生産性(未利用出材積÷人工数)
	0.5	15,000	フォワーダ★ 機械回送(往復)	0.5	26,700	40	120	4,800	18,150	33,150	301	108.3
木くず生産	2.5	75,000	グラッブルB★	2.5	15,900	150	120	18,000	57,750	132,750	③÷層積(円/m ³ 層積)	未利用材生産性(未利用出材積÷人工数)
	2.5	75,000	チップパー機★ 機械回送(往復)	2.5	25,100	622	120	74,640	137,390	212,390	1,236	60.6
●生産性・コスト	総人工数	11.0	人日	現場事業費計	1,220,870	注) 出材積=221.06m ³						
	生産性	20.10	m ³ /人日	(1) 主伐現場技術者人工数計								
	伐出コスト	3,018	円/m ³	(2) 出材積÷主伐現場技術者人工数計								
	地格えコスト	107,074	円/ha	(3) 工程単価計								
	木くず生産コスト	1,537	円/m ³ 層積	(4) ha当たり地格えコスト								
				(5) 層積(チップm ³)当たり生産コスト								

3) 道南地区（北斗市）

道南地区（北斗市）作業工程別数量と単価、生産コストは、表 3-13 に示すとおりである。

(1) 作業工程別数量と単価

① 実証地データと出材積

実証地面積は 1.89ha で標準値調査による蓄積は 1,948.91 m³であり、ハーベスタとフォワードの CTL による出材積は 1,100.00 m³、未利用材の出材率は 18.7%であった。

現地の残った未利用材の木くず化は記録的な降雪により、現地検討会における短い時間の実証しかできなかった。

このため、トラクタ牽引式チップパー機システムで実証事業を実施した遠野市データ^c、と同システムの学術論文^dの時間当たり生産量や消費燃料を参考として分析を行った。

現地に残った未利用材は、実際の木くず化の層積データが無いいため枝条量を考慮しない立木材積から用材の出材積を引いた値の 253 m³（632 m³層積）として試算した。

実証面積：	1.89ha	未利用材の出材積内訳	
立木本数：	1,339 本	おが粉：	未利用材生産量（木くず化）
立木蓄積：	1,948.91 m ³	未利用：	253.00 m ³ → 632.00 m ³ 層積
出材積：	1,100.00 m ³	計：	253.00 m ³
立木蓄積-出材積：	848.91 m ³		
未利用材の出材率：	18.7%		

^c 「林野庁補助事業 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に伴う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）」（平成 26～平成 28 年）

^d Yoshida, M., H. Sakai (2017) Selection of chipper engine size based on business scale and optimised cost of chipping and transportation.” *Journal of Forest Research* 22 (5). Taylor & Francis:1-9.

② 工程別単価と工程別生産性

実証データに基づく工程別単価と工程別生産性は以下のとおり、最も生産性が高いはずのハーベスタを含む伐木がボトルネックとなっている。道内の Woody60 を使用した伐木実績は 60 m³/人日が普通である。なお、造材はハーベスタで伐木と同時に処理するため計上は無い。

実証地は前項に示したとおり、スギ 60 年生の素性と成長が良く樹冠長率も高かったため大量の未利用材が林内に散乱した。このため、地拵えは 1.89ha はグラップル 2 台による集材ルート沿いへの小分けに集積した作業が 11 人工の作業量であった。また、根部の追い上・中抜き・末木材の量が多かったため、グラップルとフォワーダで未利用材集積運搬を 4 日行った。未利用材集積運搬の経費は 693 円/m³層積であった。

	【工程単価】	【工程別生産性】
伐木：	1,310 円/m ³	47.8 m ³ /人日
集材：	2,292 円/m ³	23.4 m ³ /人日
造材：	— 円/m ³	m ³ /人日
桧積：	792 円/m ³	64.7 m ³ /人日
地拵え：	53,100 円/日	
未利用材集積運搬：	693 円/m ³ 層積	
木くず生産：	289 円/m ³ 層積	252.8 m ³ 層積/人日

(2) 生産性と生産コスト

工程別単価を基にした 1 人日当りの生産性は、12.64 m³/人日で主伐としては低い生産性であった。特に、伐出の生産性が 47.8 m³/人日と低い。これは、ハーベスタ (Woody60) を本現場が初導入でオペレーティングの熟度が低いため、熟練度が増せば改善される課題である。

生産性：	12.64 m ³ /人日
伐出コスト：	4,394 円/m ³
地拵えコスト：	309,047 円/ha
木くず生産コスト：	982 円/m ³ 層積

(3) 製品販売と事業収益

実証データに基づく製品販売額を事業体から報告書内情報として提供を受けて、事業収益を試算した結果、1,471,990 円の収支が計上できた。従って、山林所有者の木代金は ha 当り 778,000 円となる。

未利用材の収支計上は、木くず燃料を原木 253 m³ (124t) 現場渡し 5,000 円/t (札幌市内 間取り：熱利用林地未利用材サイロ着値 7,000 円/t (水分率 35% - スギ比重 0.49、運送料 2,000 円/t)) で試算すると、表 3-15 に示すとおり、1,210 円の赤字 (現場木くず化経費と集積・運搬含む 621,210 円、売上 620,000 円) となる。

仮に、未利用材の集積・運搬を実施しないで未利用材が集積したとした場合には、現場木くず化経費 182,810 円、売上 620,000 円で 437,190 円の収支が計上できる。収支が計上できない理由は、グラップルとフォワーダによる未利用材の集積・運搬経費に 438,400 円の経費が掛かっていることと、伐出コストそのものが 4,394 円/m³と割高なためと判断される。

なお、事業収益については、他地区同様に実際の事業費と比べると人件費と間接事業費を割高に設定、木材運搬費も地域内の短距離であれば 1,800 円/m³と推察するため、利益率は試算より高いと考える。

事業費	現場事業費：	6,040,010 円	(実証事業地内)
	間接事業費：	1,208,000 円	(現場事業費×20%)
	木材運搬費：	2,200,000 円	2,000 円/m ³ で計上
	計	9,448,010 円	(現場事業費+間接事業費)
販売費	用材売上代金：	10,300,000 円	1,100 m ³ (用材)
	未利用材売上金：	620,000 円	253 m ³ ≒ 124t × 5,000 円/t (現場渡し)
	計	10,920,000 円	
収 支	山林所有者還元金：	1,471,990 円	
	山林所有者還元金 (ha 換算)：	≒ 778,000 円	

表 3-13 道南地区（北斗市）における生産性結果

●実証地条件		1.89ha	1.339 本	848.91m ³	18.7%							
実証面積	立木本数	立木蓄積-出材積	未利用材	立木蓄積-出材積	総出材積に対する実証未利用材出材積率							
1.948.91m ³	1,100.00m ³	253.00m ³	未利用材	632.00 m ³ 層積	632.00 m ³ 層積							
		実際の出材積		未利用材生産量（層積）								
●作業工程（時間）												
作業工程	伐木・造材	集材	はい積	地拵え	木くず生産							
チェーンソー	12時間	ザウルスロボ	132時間	ザウルスロボ	トラクター牽引式 チップパー機							
グラップル	12時間	フォワード	132時間	グラップル								
ハーベスタ	114時間	グラップル	19時間									
●施業結果												
作業工程	現場技術者	小計	使用機械	運転日数	日額増料	燃料使用量	燃料単価	燃料費	小計	工程費用③	工程単価	工程別生産性
	人工数(1)	平均日額(円)	①		(円/日)	(量)	(円/ℓ)	(円)	②	(円)	(円/m ³)	(出材積÷人工数) (m ³ /人日)
伐木・造材	2.0		60,000	チェーンソー	2.0	800	180	1,620	3,220	63,220		
	2.0		60,000	グラップル	2.0	15,900	120	8,640	40,440	100,440		
	19.0		570,000	ハーベスタ 機械回送(往復)	19.0	31,100	120	86,640	677,540	1,247,540	1,310	47.8
集材	22.0		660,000	ザウルスロボ★	22.0	20,200	120	84,480	528,880	1,188,880		
	22.0		660,000	フォワード★	22.0	19,300	120	57,600	482,200	1,142,200		
	3.0		90,000	グラップル 機械回送(往復)	2.0	15,900	120	9,120	40,920	130,920	2,292	23.4
はい積	17.0	30,000	510,000	グラップル★ 機械回送(往復)	17.0	15,900	120	61,200	331,500	841,500	792	64.7
	6.0		180,000	ザウルスロボ	1.0	20,200	120	29,640	150,840	330,840	584,100	
地拵え	5.0		150,000	グラップル	5.0	15,900	120	23,760	103,260	253,260		
	4.0		120,000	グラップル	4.0	15,900	120	28,800	92,400	212,400	③÷層積	未利用材生産性
未利用材集積・運搬	4.0		120,000	ザウルスロボ	4.0	20,200	120	25,200	106,000	226,000	693	31.6
	2.5		75,000	トラクター牽引式 チップパー機	2.5	40,100	120	7,560	107,810	182,810	③÷出材層積	未利用材生産性
木くず生産									289	289	252.8	
										現場事業費計	6,040,010	
注) ★：機械回送費（往復）計上機械												
●生産性・コスト												
総人工数	87.0 人日											
生産性	(1) 主伐現場技術者人工数計											
伐出コスト	12.64 m ³ /人日											
地拵えコスト	4,394 円/m ³											
木くず生産コスト	309,047 円/ha											
	(2) 出材積÷主伐現場技術者人工数計											
	(3) 工程単価計											
	(4) ha当たり地拵えコスト											
	(5) 層積（チップm ³ ）当たり生産コスト											