

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 当たり 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	

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
樺積：	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	立木蓄積に対する実質未利用材出材積率	32.9%		
実証面積：296.10㎡		出材積(用材・P)：221.06㎡	実際の出材積	未利用材生産量(層積)	303.43 ㎡層積		
●作業工程(時間)		立木本数：510本	立木蓄積-出材積	立木蓄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)：221.06㎡	実際の出材積	未利用材生産量(層積)	303.43 ㎡層積		
作業工程	伐木	集材	造材	はい積	地格え	未利用材集積・運搬	木くず生産
チェンソーA	10時間	グラッブルA	チェンソー	グラッブルB	グラッブルA	グラッブル	チップパー機
チェンソーB	6時間	グラッブルB	プロセッサ		グラッブルB	フォワーダ	
フェラーハンチャ	8時間	グラッブルC					
作業時間	12時間	3時間	2時間	9時間	6時間	3時間	15時間
工程別	6時間	3時間	12時間		3時間	3時間	15時間
作業時間	8時間	6時間					
●施業結果							
作業工程	現場技術者	林業機械	林業機械	林業機械	林業機械	林業機械	林業機械
人工数(1)	平均日額(円)	小計(1)	小計(2)	小計(3)	小計(4)	小計(5)	小計(6)
2.5	75,000	チェンソーA・B	800	10	180	1,800	2,600
1.0	30,000	フェラーハンチャ★	1.0	22,500	120	13,200	35,700
		機械回送(往復)	1.0				30,000
2.0	60,000	グラッブルA★	2.0	15,900	120	15,600	107,400
1.0	30,000	グラッブルC(往)	1.0	15,900	70	8,400	54,300
0.5	15,000	グラッブルB	0.5	15,900	50	6,000	28,950
		機械回送(往復)	1.0				30,000
0.5	15,000	チェンソー	0.5	800	1	180	15,580
2.0	60,000	プロセッサ★	2.0	24,300	108	12,960	121,560
		機械回送(往復)	1.0				30,000
1.5	45,000	グラッブルB★	1.5	15,900	63	7,560	76,410
		機械回送(往復)	1.0				30,000
1.0	30,000	グラッブルレーキA	1.0	15,900	92	11,040	56,940
0.5	15,000	グラッブルレーキB	0.5	15,900	57	6,840	29,790
0.5	15,000	グラッブルレーキB	0.5	15,900	45	5,400	28,350
0.5	15,000	フォワーダ★	0.5	26,700	40	4,800	33,150
		機械回送(往復)	1.0				30,000
2.5	75,000	グラッブルB★	2.5	15,900	150	18,000	132,750
2.5	75,000	チップパー機★	2.5	25,100	622	74,640	212,390
		機械回送(往復)	2.0				30,000
●生産性・コスト							
総人工数	11.0	人日					
生産性	20.10	㎡/人日					
伐出コスト	3,018	円/㎡					
地格えコスト	107,074	円/ha					
木くず生産コスト	1,537	円/㎡層積					
現場事業費計	1,220,870						
注)	★：機械回送費(往復)計上機械						
							注) 出材積=221.06㎡
工程別生産性	(1) 主伐現場技術者人工数計						
工程別生産性	(2) 出材積÷主伐現場技術者人工数計						
工程別生産性	(3) 工程単価計						
工程別生産性	(4) ha当たり地格えコスト						
工程別生産性	(5) 層積(チップm)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ダの 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で、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							
立木蓄積	出材積(用材・P)	実際の出材積	未利用材	実際の出材積	未利用材生産量(層積)							
1,948.91m ³	1,100.00m ³	253.00m ³		253.00m ³	632.00 m ³ 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	102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		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			林業機械			工程費用③		工程別生産性 (出材積÷人工数) (m ³ /人日)			
	人工数 (1)	平均日 額(円)	小計 ①	使用機械	運転 日数	日額増料 (円/日)	燃料使用 量(ℓ)	燃料単価 (円/ℓ)		燃料費 (円)	小計 ②	①+② (円)
伐木・造材	2.0		60,000	チェーンソー	2.0	800	9	180	1,620	3,220	63,220	
	2.0		60,000	グラップル	2.0	15,900	72	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	722	120	86,640	677,540	1,247,540	1,310
	22.0		660,000	ザウルスロボ★	22.0	20,200	704	120	84,480	528,880	1,188,880	
	22.0		660,000	フォワード★	22.0	19,300	480	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	76	120	9,120	40,920	130,920	2,292
	17.0	30,000	510,000	グラップル★ 機械回送(往復)	17.0	15,900	510	120	61,200	331,500	841,500	792
地拵え	6.0		180,000	ザウルスロボ	1.0	20,200	247	120	29,640	150,840	330,840	584,100
	5.0		150,000	グラップル	5.0	15,900	198	120	23,760	103,260	253,260	
	4.0		120,000	グラップル	4.0	15,900	240	120	28,800	92,400	212,400	③÷層積 (円/m ³ 層積)
	4.0		120,000	ザウルスロボ	4.0	20,200	210	120	25,200	106,000	226,000	693
木くず生産	2.5		75,000	トラクター牽引式 チップパー機	2.5	40,100	63	120	7,560	107,810	182,810	③÷出材層積 (円/m ³ 層積)
										289	289	252.8
●生産性・コスト										現場事業費計	6,040,010	注) 出材積=1,100.00m ³
総人工数	87.0 人日									(1) 主伐現場技術者人工数計		
生産性	12.64 m ³ /人日									(2) 出材積÷主伐現場技術者人工数計		
伐出コスト	4,394 円/m ³									(3) 工程単価計		
地拵えコスト	309,047 円/ha									(4) ha当たり地拵えコスト		
木くず生産コスト	982 円/m ³ 層積									(5) 層積(チップm ³)当たり生産コスト		