2) 分析結果

(1) 検証パターンごとの工程別単価及び生産性

① 検証パターン A

検証データに基づく工程別単価と工程別生産性は表 3.7 のとおりである。

検証パターン A では、検証地から未利用材の搬出作業をグラップル 1 台とグラップル搭載の運材車 1 台で実施した。グラップルは施業地に据え置き、運材車のドライバーが現地に乗り入れた際に、グラップルにて未利用材を積み込むワンオペレーションで作業したことから、施業地から中間土場までの工程単価は割安となっていた。しかし、中間土場内での木くず燃料生産では、土場内での未利用材小運搬、木くず燃料生産の際に未利用材の細断やチッパー機への未利用材投入、消費燃料の多いチッパー機での木くず燃料生産作業により、割高となった。また木くず燃料の積み込み時には、バケット容量の大きいバックホウを使用したこともあり、割安となっていた。木くず燃料運搬も含めた直接経費の合計は 8,615 円/t となった。

	工程単価	工程別生産性
林内集積：	914 円/㎥ (1,306 円/t)	120.0 ㎥/人日
中間土場内小運搬：	382 円/㎥ (546 円/t)	224.5 ㎥/人日
中間土場木くず生産・管理：	2,307 円/㎥ (3,296 円/t)	102 ㎥層積/人日
中間土場木くず燃料積込：	273 円/㎥ (390 円/t)	520 ㎥層積/人日
木くず燃料運搬：	2,154 円/㎥ (3,077 円/t)	104 ㎥層積/台日

表 3.7　検証パターンＡにおける工程別単価及び生産性

●基礎条件

林内集積木くず燃料原料量	240.00㎥	林内～中間土場運搬量（運搬距離）	240.00㎥	中間土場内小運搬	44.90㎥	原木水分	30.7%w.b	適用
			15.6km		0.1km	木くず燃料水分	27.9%w.b	中間土場内で小運搬あり
中間土場生産木くず燃料量		44.90㎥	112.3㎥層積	中間土場からの木くず燃料積込搬出量	52 ㎥層積	中間土場から目的地までの運搬距離	55.0km	

●工程別使用機械・作業時間・消費燃料

作業工程	林内集積・椪積		中間土場内小運搬		中間土場木くず生産・管理		中間土場木くず燃料積込･運搬		適用
	機械	時間･量	機械	時間･量	機械	時間･量	機械	時間･量	
工程別作業時間	グラップル	12h	グラップル	1h	グラップル切断機	2h	バックホウ	0.5h	52㎥層積≒20.8㎥
	G付トラック	3台	G付トラック	1台	グラップル	4h	ファームダンプ（11t車積）	52 ㎥層積	
					チッパー機	4h			

●工程別単価・生産性

作業工程	現場技術者			林業機械							工程費用③	工程単価	工程別生産性
	人工数	平均日額(円)	小計①	使用機械	運転日数	日額損料(円/日)	燃料使用量(ℓ)	燃料単価(円/ℓ)	燃料費(円)	小計②	(①＋②)(円)	(③÷出材積)	(出材積÷人工数)
林内集積	2.0	30,000	60,000	G-住友SH200	2.0	15,900	129.6	120	15,552	47,352	107,352	914円/㎥ (1,306円/ｔ)	120.0㎥/人日
				G付11tトラック	2.0	32,000	150.0	120	18,000	82,000	82,000		
				G-機械回送(往復)	1.0					30,000	30,000		
中間土場内小運搬	0.2		6,000	G-住友SH200	0.2	15,900	8.0	120	960	4,140	10,140	382円/㎥ (546円/ｔ)	224.5㎥/人日
				G付11tトラック	0.2	32,000	5.0	120	600	7,000	7,000		
中間土場木くず生産・管理	0.4		12,000	切断機-住友SH200	0.4	15,900	35.8	120	4,296	10,656	22,656	2,307円/㎥ (3,296円/ｔ)	102㎥層積/人日
	0.7		21,000	G-住友SH135X3B	0.7	15,900	42.3	120	5,076	16,206	37,206		
				モロオカMC6000型	0.7	25,000	218.4	120	26,208	43,708	43,708		
中間土場木くず燃料積込	0.1		3,000	B-住友SH200	0.1	15,900	9.0	120	1,080	2,670	5,670	273円/㎥ (390円/ｔ)	520㎥層積/人日
木くず燃料運搬				ファームダンプ11t車	1.0	40,000	40.0	120	4,800	44,800	44,800	2,154円/㎥ (3,077円/ｔ)	104㎥層積/台日 往復3時間荷卸し含む
									木くず燃料生産等直接経費			(8,615円/ｔ)	

※ｔ換算は水分率40%（比重0.7）で試算。木くず燃料㎥層積係数は2.5で試算。

② 検証パターンB

検証データに基づく工程別単価と工程別生産性は表 3.8 のとおりである。

検証パターン B では、施業地周辺での未利用材の林内集積をグラップル 2 台とファームダンプ 1 台で実施した。山土場に移動式チッパー機を搬入し、山土場でチップ化する作業工程であったが、木くず燃料の生産性が高いチッパー機を用いたことや、材料の投入や木くず燃料の運搬用ファームダンプの走路も考慮して、作業を実施したこともあり、施業地から中間土場までの工程単価は割安となっていた。しかし、生産した木くず燃料を中間土場に一時保管するために、木くずを荷下ろし、バックホウで積み上げて管理したことや、運搬の際にバケット容量の小さいバックホウを用いてファームダンプへの積み込みを行ったことから、やや割高となっていた。木くず燃料運搬も含めた直接経費の合計は 4,762 円/t となった。

	工程単価	工程別生産性
林内集積：	909 円/㎥ (1,299 円/t)	90.0 ㎥/人日
山土場木くず生産・運搬：	710 円/㎥ (1,014 円/t)	206.5 ㎥/人日
中間土場木くず管理：	145 円/㎥ (207 円/t)	1,975 ㎥層積/人日
中間土場木くず燃料積込：	561 円/㎥ (801 円/t)	340 ㎥層積/人日
木くず燃料運搬：	1,009 円/㎥ (1,441 円/t)	150 ㎥層積/台日

表 3.8　検証パターンBにおける工程別単価及び生産性

●基礎条件

林内集積木くず燃料原料量	640.00㎥	林内～山土場運搬量（運搬距離）	450.00㎥	山土場～中間土場へ木くず運搬	474.00㎥	原木水分率	32.9%w.b	適用
			48km(3km×16往復)		8.7km	木くず燃料水水分率	32.9%w.b	山土場で木くず燃料生産
中間土場生産木くず燃料量		474.00㎥	1,185.0㎥層積	中間土場からの木くず燃料積込搬出量	442 ㎥層積	中間土場から目的地までの運搬距離	21.3km	

●工程別使用機械・作業時間・消費燃料

作業工程	林内集積・椪積		山土場木くず生産・運搬		中間土場木くず管理		中間土場木くず燃料積込･運搬		適用
	機械	時間･量	機械	時間･量	機械	時間･量	機械	時間･量	
工程別作業時間	グラップル	30h	グラップル	14h	グラップル	4h	バックホウ	8h	中間土場で木くず燃料を一時保管したのちに目的地まで運搬 442㎥層積≒176.8㎥
	ファームダンプ10t車	2台	チッパー機	1台			ファームダンプ（11t車積）	442㎥層積	
			ファームダンプ10t車	3台					

●工程別単価・生産性

作業工程	現場技術者			林業機械							工程費用③	工程単価	工程別生産性
	人工数	平均日額(円)	小計①	使用機械	運転日数	日額損料(円/日)	燃料使用量(ℓ)	燃料単価(円/ℓ)	燃料費(円)	小計②	(①+②)(円)	(③÷出材積)	(出材積÷人工数)
林内集積	2.5	30,000	75,000	G-CAT312E	2.5	15,900	156.0	120	18,720	58,470	133,470	909円/㎥(1,299円/ｔ)	90.0㎥/人日
	2.5		75,000	G-CAT313E	2.5	15,900	156.0	120	18,720	58,470	133,470		
				ファームダンプ10t車	2.5	32,000	16.0	120	1,920	81,920	81,920		
				G-機械回送(往復)	2.0					30,000	60,000		
山土場木くず生産・運搬	2.3		69,000	G-CAT312E	2.3	15,900	145.6	120	17,472	54,042	123,042	710円/㎥(1,014円/ｔ)	206.0㎥/人日
				ウッドハッカーMEGA561	1.0	35,000	109.1	120	13,092	48,092	48,092		
				ファームダンプ10t車	1.0	32,000	26.1	120	3,132	35,132	35,132		
				ファームダンプ10t車	1.0	32,000	26.1	120	3,132	35,132	35,132		
				ファームダンプ10t車	1.0	32,000	26.1	120	3,132	35,132	35,132		
				G-機械回送(往復)	2.0					30,000	60,000		
中間土場木くず管理	0.6		18,000	G-日立ZAXIS200	0.6	22,000	63.2	120	7,584	20,784	38,784	145円/㎥(207円/ｔ)	1,975㎥層積/人日
				G-機械回送(往復)	1.0					30,000	30,000		
中間土場木くず燃料積込	1.3		39,000	B-CAT312C	1.3	15,900	79.3	120	9,516	30,186	69,186	561円/㎥(801円/ｔ)	340㎥層積/人日
				G-機械回送(往復)	1.0					30,000	30,000		
木くず燃料運搬				ファームダンプ11t車	4.0	40,000	153.0	120	18,360	178,360	178,360	1,009円/㎥	150㎥層積/台日
												(1,441円/ｔ)	往復2時間荷卸し含む
									木くず燃料生産等直接経費			(4,762円/ｔ)	

※ｔ換算は水分率40%（比重0.7）で試算。木くず燃料㎥層積係数は2.5で試算。

③ 検証パターンＣ

検証データに基づく工程別単価と工程別生産性は表 3.9 のとおりである。

検証パターン C では、施業地での未利用材の林内集積・積込をグラップル搭載のファームダンプ 1 台のみで実施した。しかし、施業地に野積みされた未利用材が絡まりあう状況となっており、積み込みに時間を要したことから、施業地から中間土場までの工程単価は割高となっていた。中間土場内での木くず燃料生産・積込では、消費燃料の少ないチッパー機での木くず燃料生産作業により、割安となった。だが、木くず燃料の輸送は、検証内でも最も長距離輸送となったため、割高となった。木くず燃料運搬も含めた直接経費の合計は 7,086 円/t となった。

	工程単価	工程別生産性
林内集積・積込：	360 円/㎥ (514 円/t)	133.3 ㎥/人日
山土場から中間土場運搬：	1,338 円/㎥ (1,911 円/t)	40.0 ㎥/人日
中間土場木くず燃料生産･積込：	661 円/㎥ (944 円/t)	255 ㎥層積/人日
木くず燃料運搬：	2,602 円/㎥ (3,717 円/t)	51 ㎥層積/台日

表 3.9　検証パターンCにおける工程別単価及び生産性

●基礎条件

林内集積木くず燃料原料量	40.00㎥	林内～中間土場運搬量（運搬距離）	40.00㎥	中間土場内小運搬	－	原木水分率	70.3%w.b	適用
			33.8km		－	木くず燃料水水分率	59.9%w.b	
中間土場生産木くず燃料量		22.00㎥	51.0㎥層積	中間土場からの木くず燃料積込搬出量	51 ㎥層積	中間土場から目的地までの運搬距離	245.0km	

●工程別使用機械・作業時間・消費燃料

作業工程	林内集積・積込		山土場から中間土場運搬		中間土場木くず生産・積込		中間土場木くず燃料運搬		適用
	機械	時間･量	機械	時間･量	機械	時間･量	機械	時間･量	
工程別作業時間	G付ファームダンプ	3h	G付ファームダンプ	1台	チッパー機	0.7h	ファームダンプ（11t車積）	51㎥層積	木くず燃料はチッパー機からファームダンプに直接積込 51㎥層積≒20.4㎥

●工程別単価・生産性

作業工程	現場技術者			林業機械								工程費用③	工程単価	工程別生産性
	人工数	平均日額(円)	小計①	使用機械	運転日数	日額損料(円/日)	燃料使用量(ℓ)	燃料単価(円/ℓ)	燃料費(円)	小計②	(①＋②)(円)	(③÷出材積)	(出材積÷人工数)
林内集積・積込	0.3	30,000	9,000	G付ファームダンプ	0.3	18,000		120		5,400	14,400	360円/㎥ (514円/ｔ)	133.3㎥/人日
山土場から中間土場運搬	1.0		30,000	G付ファームダンプ	1.0	18,000	46.0	120	5,520	23,520	53,520	1,338円/㎥ (1,911円/ｔ)	40.0㎥/人日
中間土場木くず生産・積込	0.2		6,000	トラクター牽引チッパー	0.2	40,000	4.6	120	552	8,552	14,552	661円/㎥ (944円/ｔ)	255㎥層積/人日
木くず燃料運搬				ファームダンプ11t車	1.0	40,000	109.0	120	13,080	53,080	53,080	2,602円/㎥ (3,717円/ｔ)	51㎥層積/台日 往復9時間
									木くず燃料生産等直接経費			(7,086円/ｔ)	

※ｔ換算は水分率40%（比重0.7）で試算。木くず燃料㎥層積係数は2.5で試算。

(2) 検証結果まとめ

① 工程別単価

各検証地での結果を表 3.10 にまとめた。以下に各工程別での検証結果を整理した。

(A) 使用チッパー機の性能

各検証地で使用したチッパー機の消費燃料は、検証地 A が 1.94ℓ/㎥層積、検証地 B と C が 0.09ℓ/㎥層積であった。これは検証地 A で使用した機種が元々産業廃棄物処理用の高出力のものを使用したことにより、他の検証地のチッパー機に比べ、非常に多い状況であった。

(B) 施業地から中間土場までの工程

使用重機台数が最も少なかった検証パターン C が、検証の結果、工程別単価が最も高価となっていた。これは、施業地での未利用材集積作業において、野積みになっていた未利用材の集荷作業に予想よりも時間を要したことが影響していた。事前に野積みする未利用材の方向や規格を揃えて椪積等をすることにより、ここでの工程別単価は低く抑えることが可能と考えられる。

検証パターン B を担当した事業体は、このような未利用材の集荷搬出作業に熟練していたこともあり、機械配置や未利用材の集積などを十分に配慮して作業を実施し、全体的な低コスト化に結び付いていた。また、検証パターン A では未利用材の積み込みに関して、別途グラップルを用いたが、一人での作業実施となったことから、低コスト化に結び付いていた。

(C) 中間土場から木くず積込までの工程

この工程では、使用重機台数が最も少なかった検証パターン C が、工程別単価が最も安価となっていた。これは、高性能で低燃費であるチッパー機による木くず生産によるものであり、原料の投入及び搬出車両（ファームダンプ）への木くず燃料投入を、すべてこの機械 1 台で行うことができたためである。チッパー機の性能や使用重機の台数などの影響により、工程別単価に反映される結果となっていた。

検証パターン B では、検証パターン C に次ぐ、木くず生産の単価であり、中間土場に木くずの一時保管・再度積み込み作業を経ても、全体的な低コストであった。また、検証パターン A は木くず生産の部分で最もボトルネックとなっており、この工程の改善が全体的なコスト削減に結び付く。

(D)　中間土場から出荷先までの工程

中間土場からの出荷は、距離に連動した工程別単価となっており、最も近距離であった検証パターン B の結果が最も安価であった。しかし、今回の試算では、残りの検証パターン A と C では距離が約 200km 異なるが、工程別単価では 700 円/t 程度の差異しか認められなかった。

そのため、出荷先までは極力近距離（少なくとも 50km 圏内）であれば、出荷に伴うコストは低く抑えることが可能と思われる。

表 3.10　各検証地におけるコスト比較

地　　区		検証ﾊﾟﾀｰﾝA （福島・知内）	検証ﾊﾟﾀｰﾝB （蛾眉野）	検証ﾊﾟﾀｰﾝC （函館・北斗）
作業システム		林内集積→中間土場 →木くず化→出荷	林内集積→木くず化 →中間土場（管理）→出荷	林内集積→中間土場 →木くず化→出荷
		中間土場木くず生産	山土場木くず生産	中間土場木くず生産
木くず化機械		モロオカMC6000型	ウッドハッカーMEGA561	MUSMAX 8XL
チッパー機消費燃料		1.94ℓ/㎥層積	0.09ℓ/㎥層積	0.09ℓ/㎥層積
工程別単価	林内集積・運搬	1,306円/ｔ	1,299円/ｔ	2,425円/ｔ
	施業地～中間土場	15.6km	8.7km	33.8km
	中間土場内小運搬	546円/ｔ		
	木くず生産	3,296円/ｔ	1,014円/ｔ	944円/ｔ
	中間土場木くず管理		207円/ｔ	
	中間土場木くず積込	390円/ｔ	801円/ｔ	
	林内集積から木くず積込計	**5,538円/ｔ**	**3,321円/ｔ**	**3,369円/ｔ**
	中間土場から出荷先運搬	3,077円/ｔ	1,441円/ｔ	3,717円/ｔ
	運搬距離片道 （中間土場～出荷先）	55.0km	21.3km	245km

② 各工程における低コスト化のポイント

また、各工程における低コスト化につながるポイントを、以下に整理した。

(A)　施業地

✧全ての施業地から未利用材の利用を考えるのではなく、効率よい集荷、路網配備がある団地で未利用材の利用を考えた施業を実施

✧未利用材を散在させないように全木・全幹集材を行い山土場で造材（集積作業の削減）

✧未利用材利用を考えた造材（未利用材品質（土砂・砂利付着の排除））

✧何時でも搬出できる路網及び椪積場所の確保（路肩から 5m 以内の範囲）

✧移動式チッパー機を導入する場合は投入口方向を考えた野積

✧効率よく自然乾燥が促せる野積み（沢沿いは避ける、押しつぶさない）

✧道端等の未利用材集積はグラップル搭載のファームダンプが効率的な場合もある

(B)　中間土場

✧中間土場への未利用材の荷下ろしは、木くず生産機械への投入を考えて荷下ろしする

✧中間土場内で未利用材の小運搬を極力避ける

・丸太を動かすのではなく、機械を動かし生産した木くず燃料を小運搬する

・丸太の小運搬が止む無い場合には、グラップル付フォワーダを活用

✧チッパー機種の選定は、土場内移動ができ、低燃費、出荷量にマッチした生産力（時間生産性）、維持管理、安全衛生性の高い機械（騒音、粉塵、投入口からの原料飛び出しなど）、導入価格を考慮して選定

✧生産した木くず燃料はチッパーからトレーラー等の荷台へ直接投入が望ましい

写真 3.46　移動可能なチッパー機（自走式）

写真 3.47　グラップル付きのフォワーダ

写真 3.48　ファームダンプへの木くず燃料の直接投入

(3)　検証地における土場を設置した場合としなかった場合の収益性（コストおよび収入）

検証事業は中間土場設置おける搬出拠点の効果の検証であり、中間土場の設置における収益性の違いについて、すべての検証パターンで検証した。

① 検証パターン A

この検証では、施業地に集積された未利用材を、運搬車にグラップルで積み込み、中間土場に搬入し、一次破砕したものを移動式チッパー機で木くず燃料を生産し、出荷先へ輸送する工程であった。

この検証結果は表 3.11 に示すとおり、未利用材の集積から木くず燃料運搬までの全体工程における直接経費は 8,615 円/t であった。

この検証で中間土場を設置しなかった場合の想定は、移動式チッパー機を施業地に持ち込む方式とチップ工場に原木を輸送する方式の 2 パターンが考えられる。検証パターン A で使用したチッパー機は移動式ではあるものの、機械回送が必要になる点や木くず燃料化には一次破砕が必要になる点などから、この機種を施業地に持ち込み、木くず燃料化を検討するのは非現実的である。そのため、未利用材をチップ工場に原木輸送する方式のパターンで検証した。

中間土場を設置しないパターンでは、施業地からチップ工場まで 76.3km、チップ工場から出荷先（函館市浅野町）まで 17.2km となる。なお、未利用材を搬入するチップ工場は a 社の発電事業に関連して設置された b 社の施設（北斗市村山）である。このパターンでは、検証パターン A で実施した工程と同様に施業地から未利用材を搬出するために運搬車とグラップルを用いることを想定した。そうすると、検証パターン A で搬出した 240 ㎥を全て搬出するのに、移動により時間を要するため、検証パターン A の時間よりも 3.5 倍程度かかる見込みとなった。

以上の条件をふまえた試算の結果は、表 3.13 に示すとおりであり、チップ工場での木くず燃料生産分の費用については不明であるため含めていないが、この試算の分のみで約 7,600 円/t となった。既往の文献[iv]によるとチップ工場での木くず燃料化コストは 2,200 円/t 程度となることから、それをふまえると約 9,800 円/t 程度の直接経費となる。そのため、中間土場を設置した場合とのコスト差は約 1,100 円/t 程度となり、中間土場を設置した方が安価となる結果となった。

表 3.11　今回の検証結果（検証パターン A と中間土場未設置）

作業工程	工程単価（検証パターン A）	試算結果（中間土場未設置）
林内集積	914 円/㎥　(1,306 円/t)	2,886 円/㎥　(4,123 円/t)
中間土場内小運搬	382 円/㎥　(546 円/t)	―　―
中間土場木くず生産・管理	2,307 円/㎥　(3,296 円/t)	―　―
中間土場木くず燃料積込	273 円/㎥　(390 円/t)	―　―
チップ工場木くず生産	―　―	―　(2,200 円/t)
チップ工場木くず燃料積込	―　―	273 円/㎥　(390 円/t)
木くず燃料運搬	2,154 円/㎥　(3,077 円/t)	2,154 円/㎥　(3,077 円/t)
木くず燃料生産等直接経費	8,615 円/t	9,790 円/t

表 3.12　中間土場を未設置の場合の条件

検証事業	
区分	距離
施業地（20 ㎥車） ↓（原木） 中間土場（52 ㎥車） ↓（木くず燃料） 出荷先	15.6km 55.0km

中間土場未設置（想定）	
区分	距離
施業地（20 ㎥車） ↓（原木） チップ工場（52 ㎥車） ↓（木くず燃料） 出荷先	76.3km 17.2km

[iv] 久保山裕史：低質材の供給拡大の可能性について−木質バイオマス発電を巡る 2016 年問題に向けて−, バイオマス産業社会ネットワーク第 143 回研究会資料, 2014.

表 3.13　検証パターンAにおける中間土場未設置時の直接経費試算結果

●基礎条件

林内集積木くず燃料原料量	240.00㎥	林内～中間土場運搬量（運搬距離）	－	中間土場内小運搬	－	原木水分率	－	適用
			－		－	木くず燃料水水分率	－	
中間土場生産木くず燃料量		44.90㎥	112.3㎥層積	中間土場からの木くず燃料積込搬出量	－	中間土場から目的地までの運搬距離	－	

●工程別使用機械・作業時間・消費燃料

作業工程	林内集積・椪積		中間土場内小運搬		中間土場木くず生産・管理		中間土場木くず燃料積込・運搬		適用
	機械	時間・量	機械	時間・量	機械	時間・量	機械	時間・量	
工程別作業時間	グラップル	12h					バックホウ	0.5h	52㎥層積≒20.8㎥
	G付トラック	3台					ファームダンプ（11t車積）	52㎥層積	

●工程別単価・生産性

作業工程	現場技術者			林業機械							工程費用③	工程単価	工程別生産性
	人工数	平均日額(円)	小計①	使用機械	運転日数	日額損料(円/日)	燃料使用量(ℓ)	燃料単価(円/ℓ)	燃料費(円)	小計②	(①＋②)(円)	(③÷出材積)	(出材積÷人工数)
林内集積	7.0	30,000	210,000	G-住友SH200	7.0	15,900	453.6	120	54,432	165,732	375,732	2,886円/㎥ (4,123円/ｔ)	34.2㎥/人日
				G付11tトラック	7.0	32,000	525.0	120	63,000	287,000	287,000		
				G-機械回送(往復)	1.0					30,000	30,000		
中間土場木くず燃料積込	0.1		3,000	B-住友SH200	0.1	15,900	9.0	120	1,080	2,670	5,670	273円/㎥ (390円/ｔ)	520㎥層積/人日
木くず燃料運搬				ファームダンプ11t車	1.0	40,000	40.0	120	4,800	44,800	44,800	2,154円/㎥ (3,077円/ｔ)	104㎥層積/台日 往復3時間荷卸し含む
										木くず燃料生産等直接経費		(7,590円/ｔ)	

※ｔ換算は水分率40%（比重0.7）で試算。木くず燃料㎥層積係数は2.5で試算。

② 検証パターンB

この検証では、施業地周辺に分布する未利用材を山土場に一度集積し、山土場に移動式チッパー機を搬入して、現地で木くず燃料化した。その後、木くず燃料を中間土場に搬入し一時保管して、出荷するといった工程で検証した。本来は、現地で木くず燃料化したものを直接供給先へ輸送する工程が低コストであるが、出荷先の受入体制の関係から、中間土場に一時保管することになった。

この検証結果は表 3.14 に示すとおり、未利用材の集積から木くず燃料運搬までの全体工程における直接経費は 4,762 円/t であった。

この検証で中間土場に搬入および一時保管しなかった場合の木くず燃料生産の直接経費は、山土場で生産した木くず燃料を出荷先に直送する工程となる。

なお、検証における木くず燃料の運搬経費は、施業地から中間土場までが 8.7km、中間土場から出荷先（函館市浅野町）まで合計 21.3km の輸送分となっている。中間土場を経由しない場合、今回の施業地から出荷先までは 23.1km であり、輸送距離は中間土場がある場合とそれほど変わらない（表 3.15）。しかし、木くず燃料の輸送では、林道等の状況から、中間土場への搬出は積載容量が 30 ㎥のファームダンプを使用し、出荷先への輸送ではそれよりも大型となる積載容量 52 ㎥のファームダンプを用いた。大容量のファームダンプが施業地まで乗り入れすることが出来ればよいが、路網配備状況や作業スペースの関係から、乗り入れができない場合もある。そうなると、最終的に施業地から未利用材を搬出する回数が増えることから、作業日数の増加につながり、その分人件費や機械経費も増加する。今回の状況を試算すると、移動時間や積み込み時間、運搬用のファームダンプの待ち時間等もかんがみて、少なくとも約 2 倍の人件費や機械経費が掛かる見込みとなった。

そのため、今回の検証では中間土場を設置した場合の方が設置しない場合に比べて、経費が掛かり増しする結果となっていたが、全体的なコストを勘案すると、状況に応じて、中間土場を設置する場合の方が低コストの出荷に結び付く可能性がある。

表 3.14　今回の検証結果（検証パターン B）

作業工程	工程単価	試算結果（中間土場未設置）
林内集積	909 円/㎥　(1,299 円/t)	909 円/㎥　(1,299 円/t)
山土場木くず 生産・運搬	710 円/㎥　(1,014 円/t)	1,512 円/㎥　(2,160 円/t)
中間土場木くず 管理	145 円/㎥　(207 円/t)	―　―
中間土場木くず 燃料積込	561 円/㎥　(801 円/t)	―　―
木くず燃料運搬	1,009 円/㎥　(1,441 円/t)	―　―
木くず燃料生産等 直接経費	4,762 円/t	3,459 円/t

表 3.15　中間土場を未設置の場合の条件

検証事業	
区分	距離
施業地（30 ㎥車） ↓（木くず燃料） 中間土場（50 ㎥車） ↓（木くず燃料） 出荷先	8.7km 21.3km

中間土場未設置（想定）	
区分	距離
施業地（30 ㎥車） ↓ ↓（木くず燃料） ↓ 出荷先	23.1km

表 3.16　検証パターンBにおける中間土場未設置時の直接経費試算結果

●基礎条件

林内集積木くず燃料原料量	640.00㎥	林内～山土場運搬量（運搬距離）	450.00㎥	山土場～中間土場へ木くず運搬	－	原木水分率	－	適用
			48km（3km×16往復）		－	木くず燃料水水分率	－	山土場で木くず燃料生産
中間土場生産木くず燃料量		474.00㎥	1,185.0㎥層積	中間土場からの木くず燃料積込搬出量	442 ㎥層積	山土場から目的地までの運搬距離	23.1km	

●工程別使用機械・作業時間・消費燃料

作業工程	林内集積・椪積		山土場木くず生産・運搬		中間土場木くず管理		中間土場木くず燃料積込・運搬		適用
	機械	時間・量	機械	時間・量	機械	時間・量	機械	時間・量	
工程別作業時間	グラップル	30h	グラップル	24h					中間土場で木くず燃料を一時保管したのちに目的地まで運搬 442㎥層積≒176.8㎥
	ファームダンプ10t車	2台	チッパー機	1台					
			ファームダンプ10t車	3台					

●工程別単価・生産性

作業工程	現場技術者			林業機械							工程費用③	工程単価	工程別生産性
	人工数	平均日額（円）	小計①	使用機械	運転日数	日額損料（円/日）	燃料使用量（ℓ）	燃料単価（円/ℓ）	燃料費（円）	小計②	（①＋②）（円）	（③÷出材積）	（出材積÷人工数）
林内集積	2.5	30,000	75,000	G-CAT312E	2.5	15,900	156.0	120	18,720	58,470	133,470	909円/㎥（1,299円/ｔ）	90.0㎥/人日
	2.5		75,000	G-CAT313E	2.5	15,900	156.0	120	18,720	58,470	133,470		
				ファームダンプ10t車	2.5	32,000	16.0	120	1,920	81,920	81,920		
				G-機械回送（往復）	2.0					30,000	60,000		
山土場木くず生産・運搬	4.0		120,000	G-CAT312E	4.0	15,900	582.4	120	69,888	133,488	253,488	1,512円/㎥（2,160円/ｔ）	110.5㎥/人日
				ウッドハッカーMEGA561	4.0	35,000	436.4	120	52,368	192,368	192,368		
				ファームダンプ10t車	2.0	32,000	52.2	120	6,264	70,264	70,264		
				ファームダンプ10t車	2.0	32,000	52.2	120	6,264	70,264	70,264		
				ファームダンプ10t車	2.0	32,000	52.2	120	6,264	70,264	70,264		
				G-機械回送（往復）	2.0					30,000	60,000		
									木くず燃料生産等直接経費			（3,459円/ｔ）	

※ｔ換算は水分率40%（比重0.7）で試算。木くず燃料㎥層積係数は2.5で試算。

③ 検証パターンC

この検証では、施業地に集積・野積みされた未利用材を、グラップル付きのファームダンプで積み込み、中間土場に搬入し、その後移動式チッパー機で木くず燃料を生産し、出荷先へ輸送する工程であった。

この検証で中間土場を設置しなかった場合は、施業地に直接移動式チッパー機を搬入し、現地で木くず燃料化し、出荷先に直送するパターンとなる。検証事業での運搬距離は施業地から中間土場まで 33.8km、中間土場から出荷先（苫小牧市）まで 245.0km となっている。中間土場を経由しない場合、今回の施業地から出荷先までは 269.0km である。

中間土場を設けないで現地で木くず生産した場合の直接経費は、使用する長距離輸送のファームダンプとトラクタ牽引式チッパー機の機械経費は検証事業と同一とし試算を行った。試算では、山土場で直接木くず燃料を生産し、チッパー機から直接ファームダンプへ積み込む工程とした。また、出荷先まで約 270km の長距離輸送で 1 回/日の輸送とした。

試算の結果は、表 3.19 に示すとおりであり、直送する工程では全体の直接経費が 2,164 円/t となり、中間土場を設置した際との経費差は約 5,000 円となった。状況に応じて、中間土場を設置しない場合が全体の経費を低く抑えることにつながる場合がある。そのため、未利用材を利用する場合には、未利用材を出荷する施業地側の状況、出荷先までの工程等を十分に踏まえ、中間土場の設置有無について検討することが望ましい。

表 3.17　今回の検証結果（検証パターンC）

作業工程	工程単価		試算結果（中間土場未設置）	
林内集積・積込	360 円/㎥	(514 円/t)	—	—
山土場木くず 生産・積込	—	—	1,515 円/㎥	(2,164 円/t)
山土場から中間土場 運搬	1,338 円/㎥	(1,911 円/t)	—	—
中間土場木くず 燃料生産・積込	661 円/㎥	(944 円/t)	—	—
木くず燃料運搬	2,602 円/㎥	(3,717 円/t)	—	—
木くず燃料生産等 直接経費	7,086 円/t			2,164 円/t

表 3.18　中間土場を未設置の場合の条件

検証事業	
区分	距離
施業地 ↓（原木） 中間土場 ↓（木くず燃料） 出荷先	33.8km 245.0km

中間土場未設置（想定）	
区分	距離
施業地 ↓ ↓（木くず燃料） ↓ 出荷先	269.0km

表 3.19　検証パターンCにおける中間土場未設置時の直接経費試算結果

●基礎条件

林内集積木くず燃料原料量	40.00㎥	林内～中間土場運搬量（運搬距離）	－	中間土場内小運搬	－	原木水分率	－	適用
			－		－	木くず燃料水水分率	－	
山土場生産木くず燃料量		22.00㎥	51.0㎥層積	中間土場からの木くず燃料積込搬出量	－	山土場から目的地までの運搬距離	269.0km	

●工程別使用機械・作業時間・消費燃料

作業工程	山土場木くず生産・積込						木くず燃料運搬		適用
	機械	時間･量					機械	時間･量	
工程別作業時間	ファームダンプ	1台					ファームダンプ（11t車積）	51㎥層積	木くず燃料はチッパー機からファームダンプに直接積込 51㎥層積≒20.4㎥
	チッパー機	0.3h							

●工程別単価・生産性

作業工程	現場技術者			林業機械							工程費用③	工程単価	工程別生産性
	人工数	平均日額(円)	小計①	使用機械	運転日数	日額損料（円/日）	燃料使用量（ℓ）	燃料単価（円/ℓ）	燃料費（円）	小計②	（①＋②）（円）	（③÷出材積）	（出材積÷人工数）
山土場木くず生産・積込	1.0	30,000	30,000	ファームダンプ11t車	1.0	18,000	105.0	120	12,600	30,600	60,600	1,515円/㎥	170.0㎥/人日
	0.3		9,000	トラクター牽引チッパー	0.3	40,000	6.9	120	828	12,828	21,828	(2,164円/ｔ)	
									木くず燃料生産等直接経費			(2,164円/ｔ)	

※ｔ換算は水分率40%（比重0.7）で試算。木くず燃料㎥層積係数は2.5で試算。

④ 中間土場の設置有無に関する検証まとめ

今回の検証事業では、発電事業に伴い取り組みが行われている中間土場を活用したため、中間土場を設置しなかった場合の検証を直接実施することができなかった。そのため、中間土場を設置しなかった場合の各種条件については、既存で稼働していた機械や車両を用いることを想定し、直接経費の試算をおこなった。

試算を行った 3 つの検証パターンにおいて、中間土場の設置有無による全体経費には差異がみられ、中間土場を設置した方が経費を低く抑えることができる場合と、中間土場を設置しない方が良い場合と両方の結果となった。

山土場で木くず燃料化して、木くずを運搬する方法をとる施業地では、その方法が一番低コストとなるが、それができない施業地においては、設置位置や広さなどを考慮して、中間土場を設置することで、全体的なコストを抑える効果が期待できる。

3) 成果報告実施

① 開催次第・参加者

成果報告では、事業開始直後に開催した検討会の参集範囲に対して、検討会開催内容の振り返りを経て、検証事業の結果等の説明、その後意見交換を行う形式で実施した。意見交換では、調査・検証結果と地域における中間土場の活用などの項目を議題として実施した。なお、積極的な意見が出てこない場合は、事務局側からの問い合わせも行い、活発な意見交換が行われるように配慮した。

参加者は、北海道、国有林、市町村及び事業に関わる林業事業体等、合計で 29 名であった。

表 3.20　成果報告会開催次第

開　会　　13:30　（進行：森林環境リアライズ　谷津繁芳）
１．開催に伴う挨拶
（北海道水産林務部林務局林業木材課木質バイオマスグループ 主幹 菅谷恵美子）
２．検討会開催（進行：森林環境リアライズ　谷津繁芳）
１）事業概要の説明（森林環境リアライズ　杉山　裕）
２）検証内容の説明（森林環境リアライズ　杉山　裕）
３）低コスト木くず燃料生産のポイントの説明（森林環境リアライズ　杉山　裕）
３）意見交換（森林環境リアライズ　谷津繁芳）
・調査・検証結果について
・地域における中間土場の活用について
・その他
・意見交換の取りまとめ
３．検討会の総括
閉　会　　15:30

② 開催概要

参加した関係機関から出された発言は以下のとおりであった。