

(c) チップ製造・積込における課題と改善提案

本作業で課題として挙げられるのは「製造速度の制限」であり、これは MC4000 と移動式ベルトコンベアの幅と速度に起因すると考えられます。

ベルトコンベアの幅は MC4000 が 700mm、移動式ベルトコンベアが 350mm と前者が後者の 2 倍あり、MC4000 のチップ製造速度は移動式ベルトコンベアの送り速度よりも速く、移動式ベルトコンベアがチップを送りきれず投入口に滞留してしまうため、MC4000 の製造速度を調整していました。このことから移動式ベルトコンベアの高ければ製造時間を短縮できる可能性があり、移動式ベルトコンベアを使用する場合はチップの製造能力に適した幅・送り速度を選定することが必要となります。

なお、グラップルレーキ（バケット容量 0.45m³）と MC4000（切削ドラム）を使用して作業を行ったため、「追上材（タンコロ）の投入に時間を要する」や「大径材の投入によるチップ停止」などのトラブルはありませんでした。

③ 川下での検証結果

(a) 需要施設の状況

需要施設までの道路および需要施設内は舗装されており、4t ダンプで運搬・降ろし作業が可能のため、検証に支障はありませんでした。

(b) チップ運搬・降ろし

同作業（図 22）は 2 回実施し、中間土場から需要施設である釧路市内の木質バイオマスボイラー導入施設までは行程距離（片道）60.2km、チップ降ろし作業を含む運搬時間（往復）は合計で約 329 分、1 回あたりの平均は 165 分でした。



図 22 チップ降ろし作業

(c) チップ運搬・降ろしにおける課題と改善提案

チップ運搬・降ろし作業 2 回のうち、1 回目はダンプアップでチップ保管庫内に収まらず、一部を入口付近に降ろし、施設の重機を借用して再投入となりました（図 23）。2 回目は投入前に保管庫内のチップは端に寄せたことでトラブルなく投入できましたことから、1 回目のトラブルの原因は検証前から保管庫内にチップが堆積しており、4t ダンプの荷台からチップが降りきらなかったことだと考えられます。

このようなトラブルを防ぐためには地下式チップ保管庫の場合は予め降ろすスペースが

空いている必要がありますので、チップ業者と導入施設間での供給タイミングの調整が求められます。



図 23 保管庫内に降ろしきれなかったチップ

(2) 検証パターン B

本パターンでは図 24 の作業内容・重機で検証しました。

川上（林地未利用材の集荷・運搬）ではグラップルレーキ（バケット容量 0.45m³）と 10t ダンプ（積載容量 22m³）を使用しました。

チップ製造・積込では MC4000 の排出コンベアでは高さが足りず、直接 10t ダンプに直接積込むことができないため、コンテナとバックホウ（バケット容量 0.8m³）を用いて積込を行いました。



図 24 検証パターン B の作業イメージ (再掲)

① 川上での検証結果

(a) 対象林分と林地未利用材の集積状況

対象林分の白糠町有林のカラマツ林で、令和 2 年に皆伐を行っています。追上材（タンコロ）は少なく、末木枝条が多い現場であり、伐採から 1 年以上経過していたため林地未利用材が下層植生により目視できない部分もありました（図 25）。



図 25 林地未利用材の集積状況

(b) 林地未利用材の集荷・運搬

同作業はグラップルレーキ（バケット容量 0.45m³）と 10t ダンプ（積載容量 22m³）を用いて 5 回実施し、その結果を表 5 に整理しました（図 26、図 27）。

集荷作業に要した時間は合計で 105 分、1 回あたりの平均は 21 分、集荷した林地未利用材の重量は合計で 21.3t、1 回あたりの平均は 4.3t でした。林分から中間土場までは行程距離（片道）13.5km（林道 0.8 km、一般道 12.7km）あり、運搬時間（往復）は合計で 203 分、1 回あたりの平均は 40 分でした（図 28）。なお、トラックスケールは対象林分と中間土場の最短ルートから外れており、実際の運用時には中間土場で重量測定を行うことが考えられるため、運搬時間ではトラックスケールまでの移動・測定時間は除外しています。

また、林地未利用材の平均水分は 19.7% でした。

表 5 検証パターン B の林地未利用材集荷・運搬作業結果

項目	結果
平均集荷時間	21 分
平均集荷重量	4.3t（最大積載量 8.9t）
平均運搬時間（往復）	40 分
平均水分	19.7%



図 26 林地未利用材の集荷作業



図 27 中間土場での荷降ろし

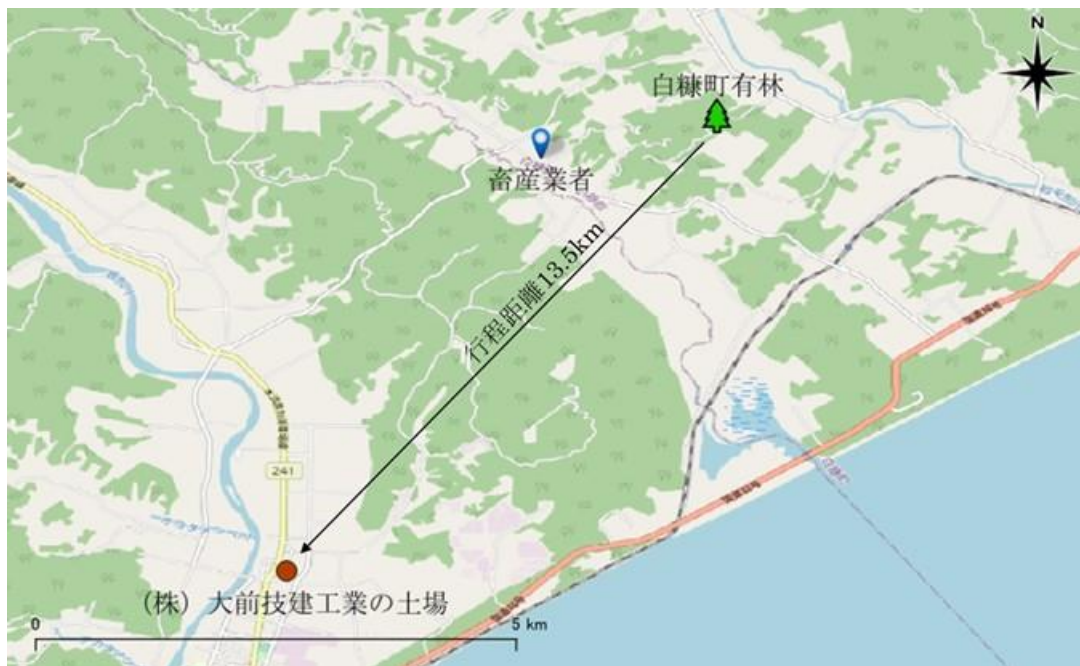


図 28 対象林分と中間土場の位置関係

出典：OpenStreetMap

(c) 林地未利用材の集荷・運搬における課題と改善提案

グラップルレーキは追上材（タンコロ）の集荷効率も高く、作業を短時間で終了できることから、造林時に林地未利用材を集荷する場合は地拵えにも使用できるグラップルレーキが適しています。しかし、1分程度の短時間で解消できたものの、グラップルレーキの隙間に林地未利用材が挟まることもあり、予め林地未利用材の向きを揃えるといった対策が必要となります（図 29）。向きを揃えずに積込むと荷台内で空隙が生じやすく、積載率が低下するため、コスト削減のためにも積込む向きの調整が求められます。



図 29 使用したグラップルレーキ（左）と林地未利用材が挟まった様子（右）

② 川中での検証結果

(a) 中間土場の状況

中間土場である（株）大前技建工業の土場はくしろ西森林組合の敷地内にあり、北海道道 241 号本流音別停車場線沿いにあります（図 30）。敷地内は一部アスファルト舗装または砂利敷になっていますが、大部分は未舗装となっています（図 31）。同地では（株）大前技建工業が畜産敷料の製造を行っており、くしろ西森林組合の製材工場もあるため、検証作業での騒音や粉塵の影響はなく、一部を借地して林地未利用材の集積とチップ製造・積込作業を行いました。



図 30 中間土場の位置

出典：OpenStreetMap



図 31 中間土場の状況

(b) チップ製造・積込

同作業はグラップルレーキ（バケット容量 0.45m³）、チップパー（MC4000、破碎ドラム）、バックホウ（バケット容量 0.8m³）、コンテナ、10t ダンプ（積載容量 22m³）を用いて 3 回実施し、その結果を表 6 に整理しました（図 32、図 33）。チップ製造・積込に要した時間は合計で約 195 分、1 回あたりの平均は 65 分、製造したチップの重量は合計で 13.4t、1 回あたりの平均は 4.5t、水分は 21.4%でした。水分が林地未利用材の集荷・運搬で計測値よりも 1.7%高くなっていますが、原因はサンプル採取部位の違いによるものだと考えられます。また、ここでは林地未利用材を原料としたチップ製造・積込の作業時間や課題等の把握を目的としており、「林地未利用材の集荷・運搬」で集荷した林地未利用材の一部のみチッ

プ化したため、林地未利用材の集荷量とチップ製造量（「中間土場でのチップ製造・積込」の積込重量）は一致しません。

本パターンでは製造したチップを畜産業者に供給するため、破砕ドラムを使用して破砕チップを製造しました（図 34）。

表 6 検証パターン B のチップ製造・積込作業結果

項目	結果
平均製造時間	65 分
平均積込重量	4.5t（最大積載量 8.9t）
平均水分	21.4%



図 32 チップ製造・積込



図 33 チップ製造・積込



図 34 破碎ドラム（上段）と製造したチップ（下段左：通常の形状、下段右：オーバーサイズ）

(c) チップ製造・積込における課題と改善提案

本作業中にチップパーから異音が生じたため一時中止し、チップパー内部を点検しました（図 35）。原因は小さな金属片の混入で、今回は 10 分程度の停止で解消しましたが、大きな金属片の場合は故障につながる可能性もあります。異物混入は避けられないものの、投入前の確認などの対策が求められます。

また、積込にはコンテナとバックホウを使用するため、その分の作業員及び重機が必要になり、直接積込むよりも作業時間とコストが増加します。チップパーの排出コンベアの高さが足りずにダンプに直接積込めない場合、対策として段差または移動式ベルトコンベアの利用が考えられます。前者はチップ工場等で採用されている方法で、チップパーを設置する位置をダンプより高くすることで、排出コンベアが低くても投入できるようになります（図 36）。段差がない場合は検証パターン A のように移動式ベルトコンベアを利用することでも対応できます。移動式ベルトコンベアは本体のみなら 100 万円程度から導入でき、バックホウよりもイニシャル・ランニングコストともに安価になります。

なお、グラップルレーキ（バケット容量 0.45m³）と MC4000（切削ドラム）を使用して作業を行ったため、「追上材（タンコロ）の投入に時間を要する」や「大径材の投入によるチップパー停止」などのトラブルはありませんでした。



図 35 チッパー内部の点検

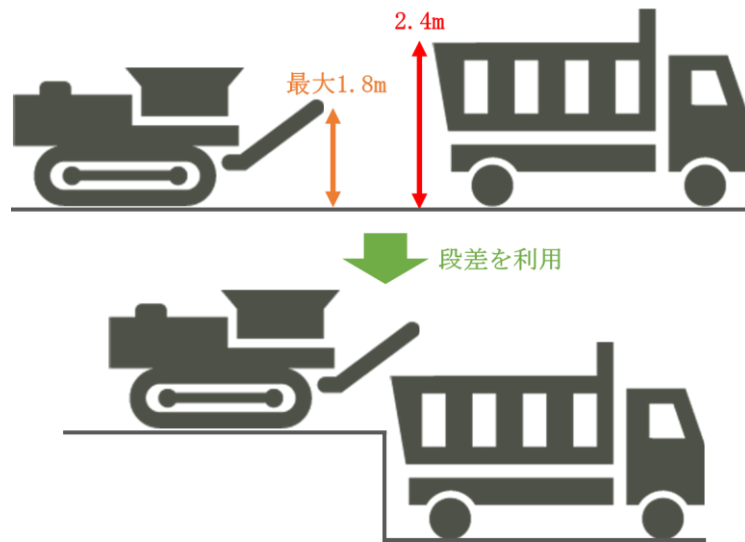


図 36 段差を利用する場合の直接投入イメージ

③ 川下での検証結果

(a) 需要施設の状況

需要施設までの道路および需要施設内は舗装されており、10t ダンプで運搬・降ろし作業が可能のため、検証に支障はありませんでした。

(b) チップ運搬・降ろし

同作業（図 37）は 3 回実施し、中間土場から需要施設である白糖町内の畜産業者までは行程距離（片道）8.3km、チップ降ろし作業を含む運搬時間（往復）は合計で約 102 分、1 回あたりの平均は 30 分でした。



図 37 チップ降ろし作業

(c) チップ運搬・降ろしにおける課題と改善提案

畜産敷料は需要量が多く、チップの保管スペースもあり、積載容量の大きいチップ運搬車（積載容量 60m³程度）等での運搬によりコストを低減することができるため、需要施設の設備や運搬するチップ量に適した車両の使用が求められます。

3.4.2 分析結果

(1) 本事業におけるコスト分析

本項では検証結果をもとにコスト分析を行います。

分析にあたり、軽油価格は資源エネルギー庁「石油製品価格調査」より、産業用価格（軽油・A 重油）の北海道局 2021 年 9～11 月の平均価格である 119 円/L を採用しました。人件費は国交省「公共工事 設計労務単価表」のうち、運転手（特殊）と運転手（一般）を採用し、前者は 20,900 円/時間、後者は 17,600 円/時間としましたが、この値には現場管理費等は含まれていません。また、機械損料の算出方法は参考資料に記載しています。

なお、端数処理をしているため、文中および表中の数値の合計が一致しない場合があります。

(a) 検証パターン A

本パターンの各工程におけるコスト分析結果を図 38、表 7～表 9 に示します。

林地未利用材の集荷・運搬はグラップルと 4t ダンプを用いて厚岸町有林から行程距離（片道）13.0km の位置にある中間土場（厚岸町おが粉製造現場隣接地）まで運搬した結果、かかった経費は 32,799 円、集荷した未利用材が 11.0t、集荷単価は 2,987 円/t となりました。

チップ製造・積込にはグラップルレーキ、MC4000（切削ドラム）、移動式ベルトコンベア、4t ダンプを使用し、かかった経費は 183,866 円、チップ製造量が 6.0t、製造単価は 30,747 円/t となりました。

製造したチップは中間土場から行程距離（片道）60.2km の位置にある需要施設まで運搬し、かかった経費は 26,148 円、運搬したチップが 6.0t、運搬単価は 4,373 円/t となりました。

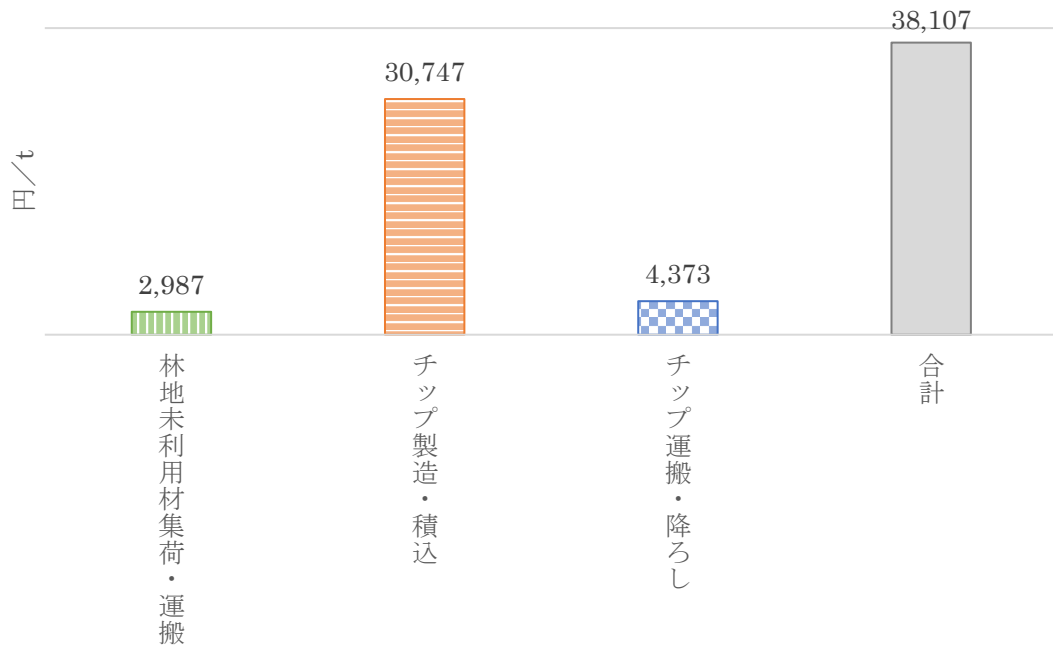


図 38 検証パターン A のコスト分析結果

表 7 検証パターン A 林地未利用材集荷運搬のコスト分析結果と生産性

林地未利用材集荷・運搬				
使用重機	グラブブル	4tダンプ	合計	計算式
機械損料 (円/時間)	3,665	1,531	5,196	①
稼働時間 (時間)	1.2	4.7	—	②
重機使用費 (円)	4,565	7,139	11,704	③=①×②
燃料消費量 (L)	25.5	38.2	63.7	④
燃料費 (円)	3,035	4,548	7,583	⑤=④×119円/L
人件費単価 (円/人・8時間)	20,900	17,600	38,500	⑥
作業員数 (人)	1	1	2	⑦
作業時間 (時間)	1.2	4.7	—	②
人件費 (円)	3,254	10,258	13,512	⑧=②×⑥×⑦/8時間
機械回送費 (円)	—	—	—	⑨
合計	10,853	21,945	32,799	③+⑤+⑧+⑨

林地未利用材集荷・運搬	項目	数値	計算式	備考
	集荷量 (t)	11.0	a	水分34.7%
	集荷量 (m ³)	17.4	b=a÷0.63	カラマツの密度0.63t/m ³ (水分35%時) と仮定
	集荷コスト (円)	32,799	c	
	集荷単価 (円/t)	2,987	c÷a	
	集荷単価 (円/m ³)	1,882	c÷b	
	総作業時間 (時間)	4.7	d	
	運搬距離 (km)	104.0	e	往復距離
	人工数 (人・日)	0.6	f=d÷8	1人工8時間労働と仮定
生産性 (t/人・日)	18.8	a÷f		
生産性 (m ³ /人・日)	29.9	b÷f		

表 8 検証パターン A チップ製造・積込のコスト分析結果と生産性

チップ製造・積込						
使用重機	グラップルレーキ	チップパー (切削)	ベルトコンベア	4tダンプ	合計	計算式
機械損料 (円/時間)	4,078	8,969	359	1,531	14,937	①
稼働時間 (時間)	0.7	0.7	0.7	0.7	—	②
重機使用費 (円)	2,658	5,847	234	998	9,738	③=①×②
燃料消費量 (L)	19.0	51.0	3.0	—	73.0	④
燃料費 (円)	2,261	6,069	357	—	8,687	⑤=④×119円/L
人件費単価 (円/人・8時間)	20,900	20,900	—	17,600	59,400	⑥
作業員数 (人)	1	1	0	1	3	⑦
作業時間 (時間)	0.7	0.7	0.7	0.7	—	②
人件費 (円)	1,703	1,703	—	1,434	4,841	⑧=②×⑥×⑦/8時間
機械回送費 (円)	80,300	80,300	—	—	160,600	⑨
合計	86,923	93,919	591	2,433	183,866	③+⑤+⑧+⑨

チップ製造・積込	項目	数値	計算式	備考
	製造量 (t)	6.0	g	水分33.8%
	製造量 (チップm ³)	32.0	h=20*0.8*2	ダンプの荷台容積から推計
	製造コスト (円)	183,866	i	
	製造単価 (円/t)	30,747	i÷g	
	製造単価 (円/チップm ³)	5,746	i÷h	
	総作業時間 (時間)	2.6	j	
	人工数 (人・日)	0.3	k=j÷8	1人工8時間労働と仮定
	生産性 (t/人・日)	18.3	g÷k	
生産性 (チップm ³ /人・日)	98.2	h÷k		

表 9 検証パターン A チップ運搬・降ろしのコスト分析結果と生産性

チップ運搬・降ろし		
使用重機	4tダンプ	計算式
機械損料 (円/時間)	1,531	①
稼働時間 (時間)	5.5	②
重機使用費 (円)	8,401	③=①×②
燃料消費量 (L)	47.7	④
燃料費 (円)	5,676	⑤=④×119円/L
人件費単価 (円/人・8時間)	17,600	⑥
作業員数 (人)	1	⑦
作業時間 (時間)	5.5	②
人件費 (円)	12,071	⑧=②×⑥×⑦/8時間
機械回送費 (円)	—	⑨
合計	26,148	③+⑤+⑧+⑨

チップ運搬・降ろし	項目	数値	計算式	備考
	運搬量 (t)	6.0	l	
	運搬量 (チップm ³)	32.0	m=h	
	運搬コスト (円)	26,148	n	
	運搬単価 (円/t)	4,373	n÷l	
	運搬単価 (円/チップm ³)	817	n÷m	
	総作業時間 (時間)	5.5	o	
	運搬距離 (km)	240.8		往復距離
	人工数 (人・日)	0.7	p=o÷8	1人工8時間労働と仮定
生産性 (t/人・日)	8.7	l÷p		
生産性 (チップm ³ /人・日)	46.7	m÷p		

(b) 検証パターン B

本パターンの各工程におけるコスト分析結果を図 39、表 10～表 12 に示します。

林地未利用材の集荷・運搬はグラップルレーキと 10t ダンプを用いて白糠町有林から行程距離（片道）13.5km の位置にある中間土場（株）大前技建工業の土場）まで運搬した結果、かかった経費は 117,214 円、集荷した未利用材が 21.3t、集荷単価は 5,513 円/t となりました。

チップ製造・積込にはグラップルレーキ、MC4000（破砕ドラム）、バックホウ、10t ダンプを使用し、かかった経費は 142,418 円、チップ製造量が 13.4t、製造単価は 10,636 円/t となりました。

製造したチップは中間土場から行程距離（片道）8.3km の位置にある需要施設まで運搬し、かかった経費は 10,287 円、運搬したチップが 13.4t、運搬単価は 768 円/t となりました。

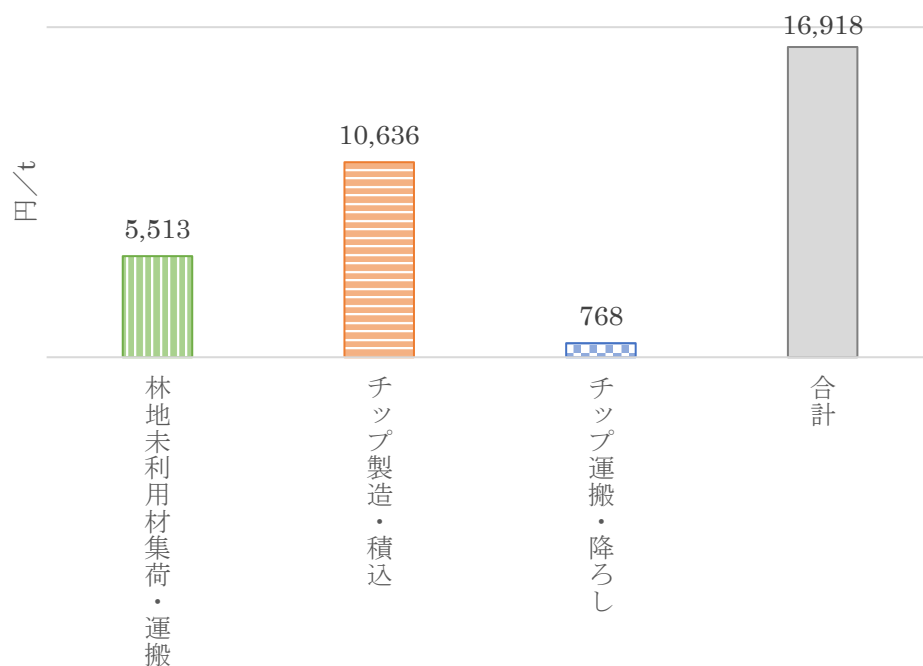


図 39 検証パターン B のコスト分析結果

表 10 検証パターン B 林地未利用材集荷・運搬のコスト分析結果と生産性

林地未利用材集荷・運搬						
使用重機	グラブプレーキ	10tダンプ	合計	計算式		
機械損料 (円/時間)	4,078	2,438	6,515	①		
稼働時間 (時間)	3.5	6.8	—	②		
重機使用費 (円)	14,396	16,630	31,026	③=①×②		
燃料消費量 (L)	45.0	59.7	104.7	④		
燃料費 (円)	5,355	7,101	12,456	⑤=④×119円/L		
人件費単価 (円/人・8時間)	20,900	17,600	38,500	⑥		
作業員数 (人)	1	1	2	⑦		
作業時間 (時間)	3.5	6.8	—	②		
人件費 (円)	9,224	15,010	24,233	⑧=②×⑥×⑦/8時間		
機械回送費 (円)	49,500	—	49,500	⑨		
合計	78,474	38,740	117,214	③+⑤+⑧+⑨		

林地未利用材集荷・運搬	項目	数値	計算式	備考
	集荷量 (t)	21.3	a	水分19.7%
	集荷量 (m ³)	41.7	b=a÷0.51	カラマツの密度0.51t/m ³ (水分20%時)と仮定
	集荷コスト (円)	117,214	c	
	集荷単価 (円/t)	5,513	c÷a	
	集荷単価 (円/m ³)	2,812	c÷b	
	総作業時間 (時間)	10.4	d	
	運搬距離 (km)	135.0	e	往復距離
	人工数 (人・日)	1.3	f=d÷8	1人工8時間労働と仮定
	生産性 (t/人・日)	16.4	a÷f	
生産性 (m ³ /人・日)	32.2	b÷f		

表 11 検証パターン B チップ製造・積込のコスト分析結果と生産性

チップ製造・積込						
使用重機	グラブプレーキ	チップパー (破砕)	バックホウ	10tダンプ	合計	計算式
機械損料 (円/時間)	4,078	8,969	4,650	2,438	20,134	①
稼働時間 (時間)	3.2	3.2	3.2	3.2	—	②
重機使用費 (円)	13,248	29,141	15,109	7,920	65,418	③=①×②
燃料消費量 (L)	46.0	237.0	90.0	—	373.0	④
燃料費 (円)	5,474	28,203	10,710	—	44,387	⑤=④×119円/L
人件費単価 (円/人・8時間)	20,900	20,900	20,900	17,600	80,300	⑥
作業員数 (人)	1	1	1	1	4	⑦
作業時間 (時間)	3.2	3.2	3.2	3.2	—	②
人件費 (円)	8,488	8,488	8,488	7,148	32,614	⑧=②×⑥×⑦/8時間
機械回送費 (円)	—	—	—	—	—	⑨
合計	27,211	65,832	34,307	15,068	142,418	③+⑤+⑧+⑨

チップ製造・積込	項目	数値	計算式	備考
	製造量 (t)	13.4	g	水分21.4%
	製造量 (チップm ³)	66.0	h=22*3	ダンプの荷台容積から推計
	製造コスト (円)	142,418	i	
	製造単価 (円/t)	10,636	i÷g	
	製造単価 (円/チップm ³)	2,158	i÷h	
	総作業時間 (時間)	13.0	j	
	人工数 (人・日)	1.6	k=j÷8	1人工8時間労働と仮定
	生産性 (t/人・日)	8.2	g÷k	
生産性 (チップm ³ /人・日)	40.6	h÷k		

表 12 検証パターン B チップ運搬・降ろしのコスト分析結果と生産性

チップ運搬・降ろし		
使用重機	10tダンプ	計算式
機械損料 (円/時間)	2,438	①
稼働時間 (時間)	1.7	②
重機使用費 (円)	4,128	③=①×②
燃料消費量 (L)	20.5	④
燃料費 (円)	2,434	⑤=④×119円/L
人件費単価 (円/人・8時間)	17,600	⑥
作業員数 (人)	1	⑦
作業時間 (時間)	1.7	②
人件費 (円)	3,725	⑧=②×⑥×⑦/8時間
機械回送費 (円)	—	⑨
合計	10,287	③+⑤+⑧+⑨

チップ運搬・降ろし	項目	数値	計算式	備考
	運搬量 (t)	13.4	l	
	運搬量 (チップm ³)	66.0	m=h	
	運搬コスト (円)	10,287	n	
	運搬単価 (円/t)	768	n÷l	
	運搬単価 (円/チップm ³)	156	n÷m	
	総作業時間 (時間)	1.7	o	
	運搬距離 (km)	49.8		往復距離
	人工数 (人・日)	0.2	p=o÷8	1人工8時間労働と仮定
	生産性 (t/人・日)	63.3	l÷p	
生産性 (チップm ³ /人・日)	311.8	m÷p		

(c) 検証パターン A と検証パターン B の比較

各検証パターンのコストを図 40 に整理しました。

林地未利用材の集荷・運搬について、検証パターン A では作業単価が 2,987 円/t、検証パターン B では 5,513 円/t、コスト差は 2,526 円/t でした。前者は対象林分が造材作業終了間際であり、同林分を施業していた造材業者が使用していたグラップル（バケット容量 0.45m³）を借用できたため、低コストで集荷可能でした。後者は本事業のためにグラップルレーキを林内に搬入したことにより機械回送費が発生し、高コストとなりました。

チップ製造・積込では検証パターン A では作業単価が 30,747 円/t、検証パターン B では 10,636 円/t となりました。前者は作業に大きなトラブルや改善点はありませんでしたが、検証のためにグラップルレーキと MC4000 を白糠町から厚岸町まで運搬したことにより機械回送費が約 16 万円発生したため、高コストとなりました。後者は機械回送費が発生していないものの、積込にバックホウを使用したこと、切削チップよりも破碎チップの方が製造スピードが遅いことなどから、コストが低減できなかったと考えられます。

チップ運搬・降ろしでは、検証パターン A が 4,373 円/t、検証パターン B が 768 円/t でした。前者は 4t ダンプを使用しており、最大積載量が 3.0t と少なく、さらに運搬距離が 60.2km と長距離であったため、高コストとなりました。後者は 10t ダンプで 8.3km の距離にある畜産業者に運搬したため、低コストで供給することができました。

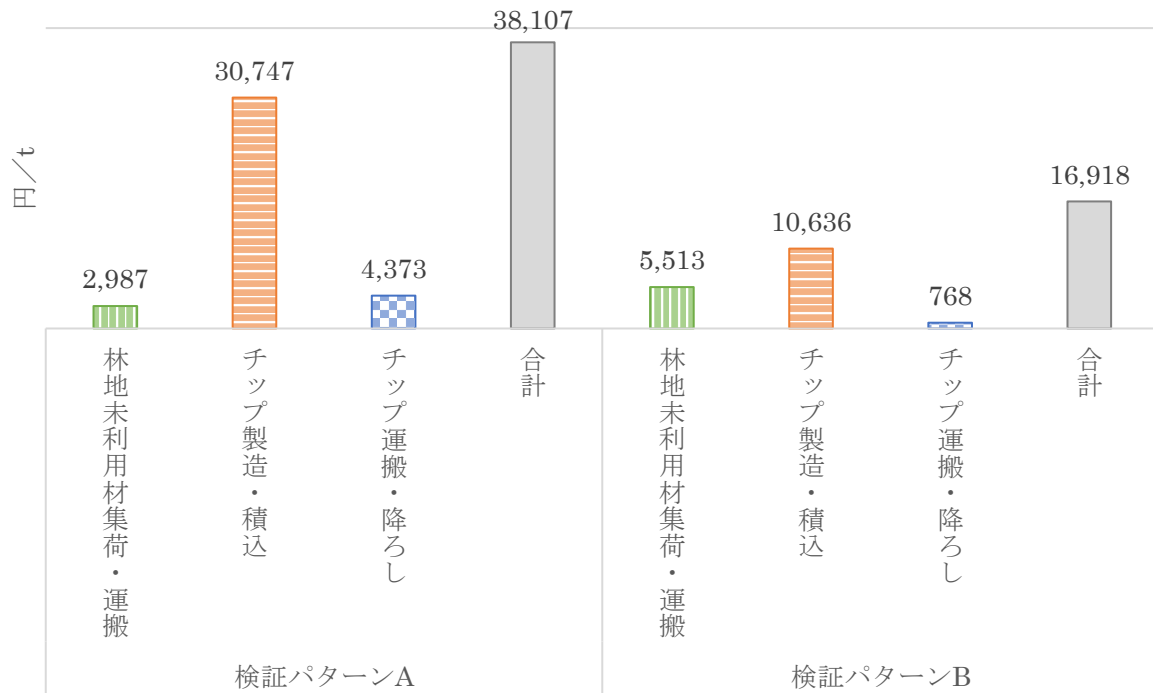


図 40 各検証パターンのコスト比較

(2) 中間土場未設置の場合との比較

次に中間土場設置の効果を検証するため、中間土場未設置の場合（林内にチップパーを搬入しチップ化）を想定し、コスト試算を行いました。想定した中間土場未設置のパターンを図 41 に示します。

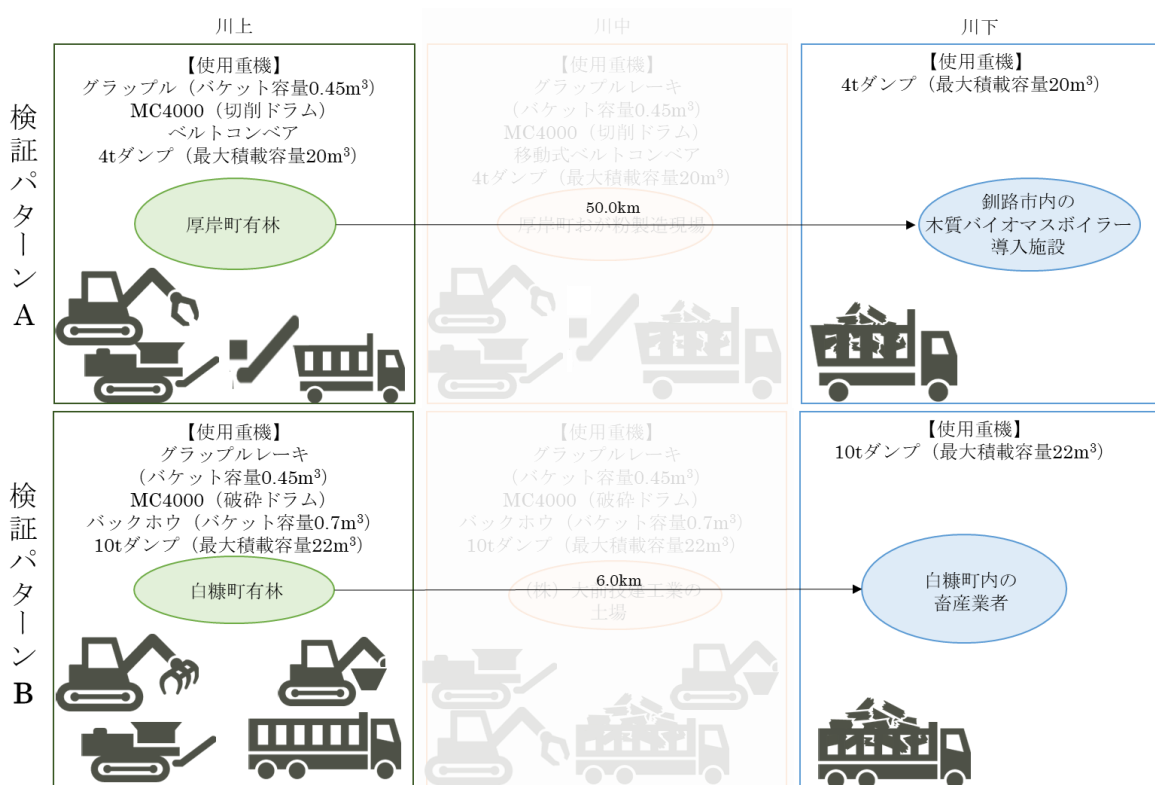


図 41 各検証パターンにおける中間土場未設置の場合の作業イメージ

① 検証パターン A における中間土場未設置の場合との比較

(a) 中間土場未設置の場合の作業システム

ここでは厚岸町有林にチップパーを搬入してチップを製造し、需要施設に供給する場合のコスト試算を行いました。

グラップルは検証と同様に現地のを借用し、林内にはチップパーからダンプに直接チップ積込める段差がないため、MC4000・ベルトコンベア・4t ダンプでチップ製造・積込を行い、製造したチップは釧路市内の木質バイオマスボイラー導入施設まで運搬します（図 42）。

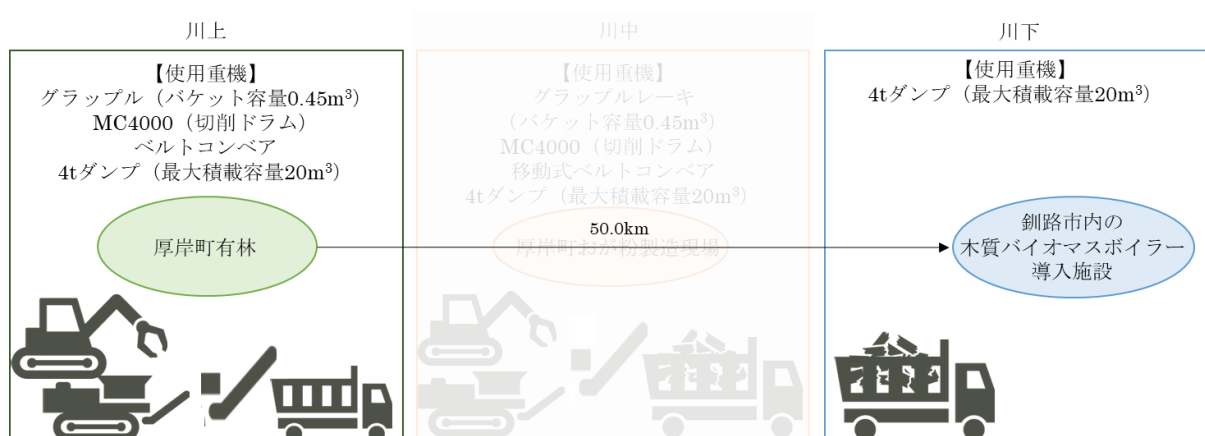


図 42 検証パターン A 中間土場未設置の場合の作業イメージ (再掲)

検証パターン A の結果より、サイクル数を 2 回とし、林地未利用材の集荷量を 6.0t、林地未利用材集荷が 0.7 時間、チップパーへの投入を 0.5 時間とし、グラップルの稼働時間は 1.2 時間、その他の機械は 0.5 時間としました（表 13）。燃料消費量は検証パターン A の結果より算出した値を使用し、ベルトコンベアの回送費は 15,000 円と仮定しています。また、4t ダンプの積載容量は 20m³ ですが、検証時に積込めたのは 8 割程度であったことから、同様に 16m³ とし、2 回の合計でチップ 32m³ を運搬すると想定しました（表 14）。

以上の条件でコスト試算を行った結果、林地未利用材集荷・チップ製造に要する経費が 117,943 円、集荷・チップ化単価は 19,723 円/t、チップ運搬・降ろしに要する経費は 22,438 円、運搬単価は 3,752 円/t となりました。

表 13 中間土場未設置の場合の林地未利用材集荷・チップ製造のコストと生産性

林地未利用材集荷・チップ製造						
使用重機	グラブブル	チップパー (切削)	ベルトコンベア	4tダンプ	合計	計算式
機械損料 (円/時間)	3,665	8,969	359	1,531	14,524	①
稼働時間 (時間)	1.2	0.5	0.5	0.5	—	②
重機使用費 (円)	4,317	4,350	174	743	9,583	③=①×②
燃料消費量 (L)	24.1	37.9	2.2	—	64	④
燃料費 (円)	2,868	4,515	266	—	7,649	⑤=④×119円/L
人件費単価 (円/人・8時間)	20,900	20,900	—	17,600	59,400	⑥
作業員数 (人)	1	1	—	1	3	⑦
作業時間 (時間)	1.2	0.5	—	0.5	—	②
人件費 (円)	3,077	1,267	—	1,067	5,411	⑧=②×⑥×⑦/8時間
機械回送費 (円)	—	80,300	15,000	—	95,300	⑨
合計	10,262	90,432	15,440	1,810	117,943	③+⑤+⑧+⑨

林地未利用材集荷・チップ製造	項目	数値	計算式	備考
	集荷量 (t)	6.0	a	水分34.7%
	集荷量 (m ³)	17.4	b=a÷0.63	カラマツの密度0.63t/m ³ (水分35%時)と仮定
	集荷コスト (円)	117,943	c	
	集荷単価 (円/t)	19,723	c÷a	
	集荷単価 (円/m ³)	6,767	c÷b	
	総作業時間 (時間)	2.6	d	
	運搬距離 (km)	—	e	林内チップ化のため運搬なし
	人工数 (人・日)	0.3	f=d÷8	1人工8時間労働と仮定
生産性 (t/人・日)	18.2	a÷f		
生産性 (m ³ /人・日)	53.0	b÷f		

表 14 中間土場未設置の場合のチップ運搬・降ろしのコストと生産性

チップ運搬・降ろし		
使用重機	4tダンプ	計算式
機械損料 (円/時間)	1,531	①
稼働時間 (時間)	4.4	②
重機使用費 (円)	6,694	③=①×②
燃料消費量 (L)	51.5	④
燃料費 (円)	6,127	⑤=④×119円/L
人件費単価 (円/人・8時間)	17,600	⑥
作業員数 (人)	1	⑦
作業時間 (時間)	4.4	②
人件費 (円)	9,617	⑧=②×⑥×⑦/8時間
機械回送費 (円)	—	⑨
合計	22,438	③+⑤+⑧+⑨

チップ運搬・降ろし	項目	数値	計算式	備考
	運搬量 (t)	6.0	l	
	運搬量 (チップm ³)	32.0	m	
	運搬コスト (円)	22,438	n	
	運搬単価 (円/t)	3,752	n÷l	
	運搬単価 (円/チップm ³)	701	n÷m	
	総作業時間 (時間)	4.4	o	
	運搬距離 (km)	200.0		
	人工数 (人・日)	0.5	p=o÷8	1人工8時間労働と仮定
生産性 (t/人・日)	10.9	l÷p		
生産性 (チップm ³ /人・日)	58.6	m÷p		

(b) 検証パターン A の結果と中間土場未設置の場合の比較

検証結果と中間土場未設置の場合のコスト比較を図 43、図 44 に示します。

本パターンでは中間土場を設置する「中間土場あり」の方が中間土場未設置の「中間土場なし」よりも高コストになるという結果になりました。

「中間土場あり」ではチップ製造・積込が 30,747 円/t と高額になっており、これは検証のために白糠町から厚岸町まで MC4000 とグラップルレーキを回送したため、機械回送費が高額になったことが原因です。中間土場から需要施設まで距離があり、チップ製造量が 32m³にとどまったこともあり、製造量で変動しない機械回送費が総コストに占める比率が 87%と高くなっています。

一方で「中間土場なし」の場合でも MC4000 の回送費はかかりますが、グラップルは現場のものを借用するため回送費がかからず、全体の経費が抑えられ、重量当たりのコストは 23,475 円/t となりました。

重機の移動が近距離に抑えられると仮定し、機械回送費を 160,600 円から 49,500 円まで削減できる場合のコスト試算を行ったところ、21,969 円/t まで低減できる見込みとなりました。「中間土場あり」のように複数市町村をまたぐ重機の長距離回送は高コストになることから、重機の移動は隣接する市町村にとどめることが低コスト化には重要だといえます。

また、一般的なチップ取引価格は熱利用で 15,000 円/t (準乾燥チップの場合)、木質バイオマス発電所で 10,000 円/t であるため、さらなる低コストが求められ、コスト削減が見込める工程として「チップ製造・積込」と「チップ運搬・降ろし」が挙げられます。前者は回送する重機数の削減、または回送距離の短縮が重要であり、「グラップルレーキ (またはグラップル) を中間土場に常設」もしくは「常設してある施設の隣接地に中間土場を設置」することで、低コストが期待できます。後者は高コストの原因がチップの長距離運搬であり、仮に行程距離 (片道) 30km 以内の需要施設に供給する場合はおよそ半分の運搬コストになるため、その短縮が重要になります。

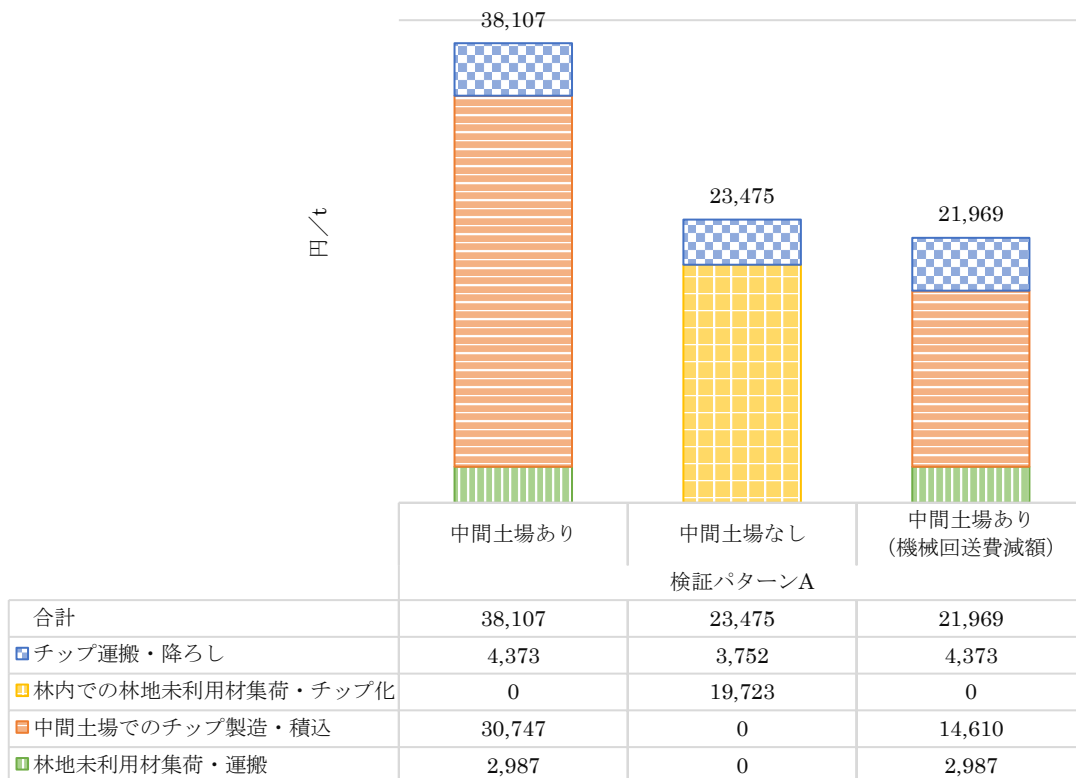


図 43 検証パターン A と中間土場未設置の場合のコスト比較 (重量単価)

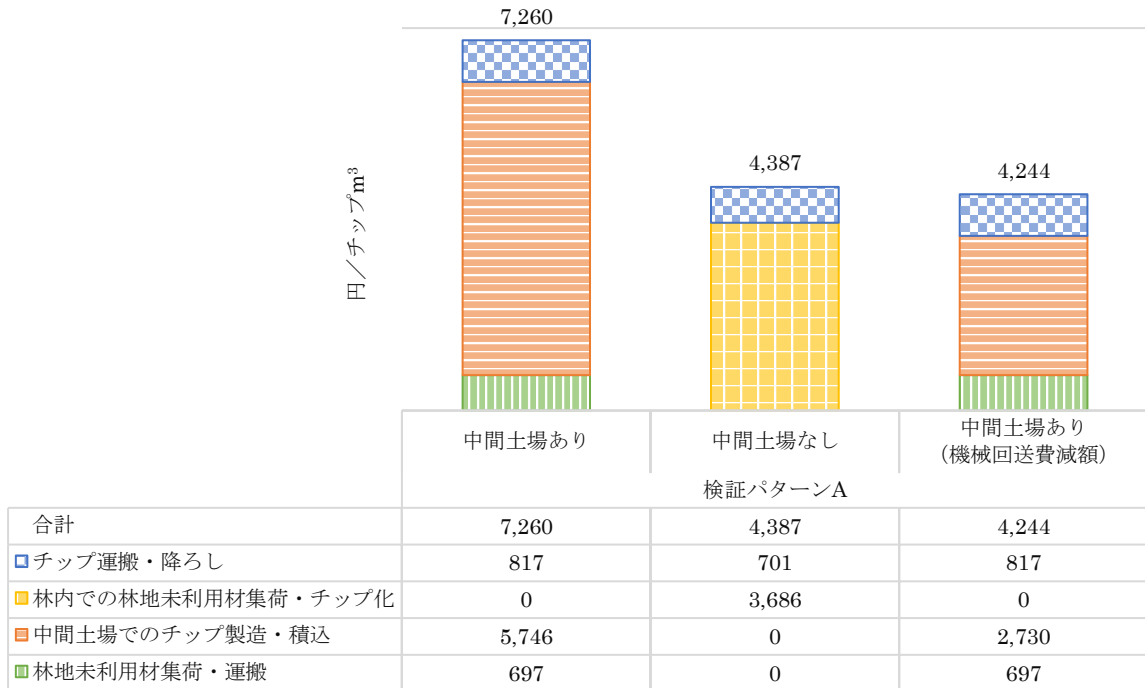


図 44 検証パターン A と中間土場未設置の場合のコスト比較 (立米単価)

※「林地未利用材集荷・運搬」のコストは林地未利用材の材積を重量と水分をもとにチップ層積に換算して試算

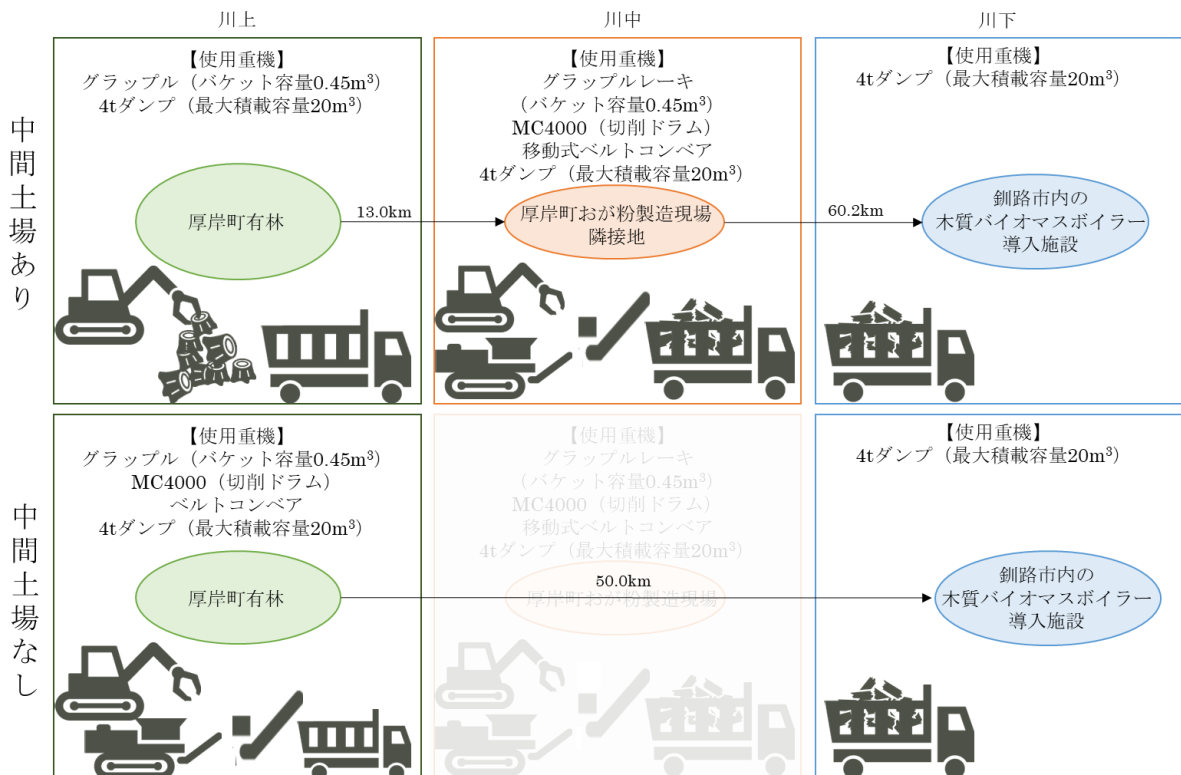


図 45 中間土場の有無による作業内容の比較

② 検証パターン B における中間土場未設置の場合の検討

(a) 中間土場未設置の場合の作業システム

ここでは白糠町林にチップパーを搬入してチップを製造し、需要施設に供給する場合のコスト試算を行いました。

グラップルレーキと 10t ダンプに加えて、MC4000 とバックホウも搬入してチップ製造・積込を行い、製造したチップは白糠町内の畜産業者に供給します（図 46）。

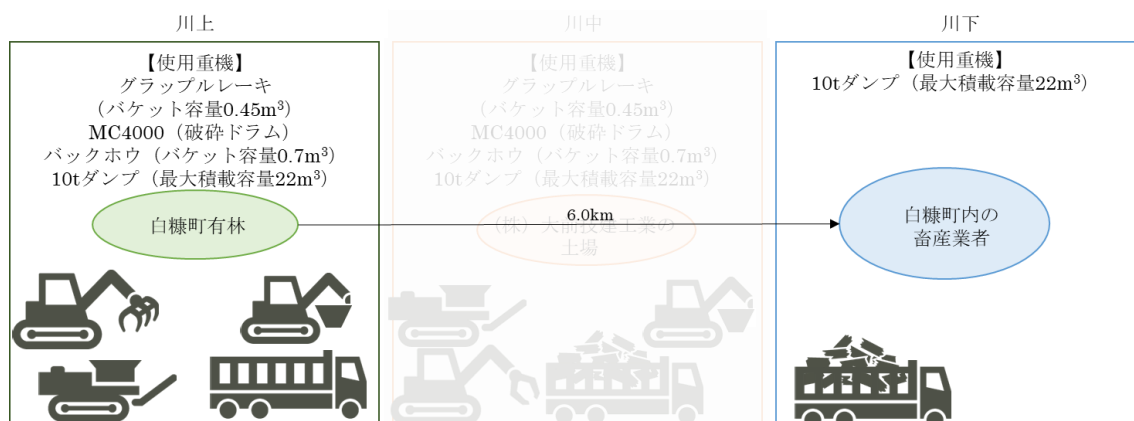


図 46 検証パターン B 中間土場未設置の場合の作業イメージ（再掲）

検証パターン B の結果より、サイクル数を 3 回とし、林地未利用材の集荷量を 13.4t、林地未利用材集荷が 0.8 時間、チップパーへの投入（チップ製造時間）を 3.2 時間とし、グラップルの稼働時間は 4.0 時間、その他の機械は 3.2 時間としました（表 15）。燃料消費量は検証パターン B の結果より算出した値を使用しています。チップ製造量は 10t ダンプの積載容量が 22m³であることから、合計で 66m³としています（表 16）。

以上の条件でコスト試算を行った結果、林地未利用材集荷・チップ製造に要する経費が 298,259 円、集荷・チップ化単価は 22,275 円/t、チップ運搬・降ろしに要する経費は 6,141 円、運搬単価は 459 円/t となりました。

表 15 中間土場未設置の場合の林地未利用材集荷・チップ製造のコストと生産性

林地未利用材集荷・チップ製造						
使用重機	グラップルレーキ	チップパー（破砕）	バックホウ	10tダンプ	合計	計算式
機械損料（円/時間）	4,078	8,969	4,650	2,438	20,134	①
稼働時間（時間）	4.0	3.2	3.2	3.2	—	②
重機使用費（円）	16,128	29,141	15,109	7,920	68,297	③=①×②
燃料消費量（L）	53.2	237	90	14.8	395	④
燃料費（円）	6,331	28,203	10,710	1,760	47,004	⑤=④×119円/L
人件費単価（円/人・8時間）	20,900	20,900	20,900	17,600	80,300	⑥
作業員数（人）	1	1	1	1	4	⑦
作業時間（時間）	4.0	3.2	3.2	3.2	—	②
人件費（円）	10,333	8,488	8,488	7,148	34,458	⑧=②×⑥×⑦/8時間
機械回送費（円）	49,500	49,500	49,500	—	148,500	⑨
合計	82,292	115,332	83,807	16,828	298,259	③+⑤+⑧+⑨

林地未利用材集荷・チップ製造	項目	数値	計算式	備考
	集荷量（t）	13.4	a	水分 19.7%
	集荷量（m ³ ）	26.3	b=a÷0.51	カラマツの密度 0.51t/m ³ （水分 20% 時）と仮定
	集荷コスト（円）	298,259	c	
	集荷単価（円/t）	22,275	c÷a	
	集荷単価（円/m ³ ）	11,360	c÷b	
	総作業時間（時間）	13.7	d	
	運搬距離（km）	—	e	林内チップ化のため運搬なし
	人工数（人・日）	1.7	f=d÷8	1人 8時間労働と仮定
	生産性（t/人・日）	7.8	a÷f	
生産性（m ³ /人・日）	15.3	b÷f		

表 16 中間土場未設置の場合のチップ運搬・降ろしのコストと生産性

チップ運搬・降ろし		
使用重機	10tダンプ	計算式
機械損料 (円/時間)	2,438	①
稼働時間 (時間)	0.9	②
重機使用費 (円)	2,084	③=①×②
燃料消費量 (L)	15.3	④
燃料費 (円)	1,824	⑤=④×119円/L
人件費単価 (円/人・8時間)	20,900	⑥
作業員数 (人)	1	⑦
作業時間 (時間)	0.9	②
人件費 (円)	2,233	⑧=②×⑥×⑦/8時間
機械回送費 (円)	—	⑨
合計	6,141	③+⑤+⑧+⑨

チップ運搬・降ろし	項目	数値	計算式	備考
	運搬量 (t)	13.4	l	
	運搬量 (チップm ³)	66.0	m	
	運搬コスト (円)	6,141	n	
	運搬単価 (円/t)	459	n÷l	
	運搬単価 (円/チップm ³)	93	n÷m	
	総作業時間 (時間)	0.9	o	
	運搬距離 (km)	36.0		往復距離
	人工数 (人・日)	0.1	p=o÷8	1人工8時間労働と仮定
	生産性 (t/人・日)	125.3	l÷p	
	生産性 (チップm ³ /人・日)	617.6	m÷p	

(b) 検証パターン B の結果と中間土場未設置の場合の比較

検証結果と中間土場未設置の場合のコスト比較を図 47、図 48 に示します。

本パターンでは中間土場を設置する「中間土場あり」の方が中間土場未設置の「中間土場なし」よりも低コストになるという結果になりました。「中間土場なし」の場合、MC4000・バックホウを林内に搬入する必要があり、機械回送費がかかることから、「林内での林地未利用材集荷・チップ化」が高コストになっています。

また、一般的なチップ取引価格は熟利用で 15,000 円/t (準乾燥チップの場合)、木質バイオマス発電所で 10,000 円/t であるため、さらなる低コストが求められ、コスト削減が見込める工程として「林地未利用材の集荷・運搬」「チップ製造・積込」が挙げられます。前者はグラップルレーキの搬入が高コスト要因であり、検証パターン A のように現場にある重機を流用することがコスト削減の課題となります。そのためには造材・造林作業のタイミングに合わせて集荷する必要があり、それらの業者との協力関係の構築や業務仕様書に林地未利用材の集荷に関する項目を組み込むことが重要となります。後者はシステムの効率化が課題であり、移動式ベルトコンベアで積込を行うことでバックホウの機械経費と人件費を削減でき、低コストが期待できます。