

2.7 林地残材フル活用のための効率的な収集と輸送方法の確立 (有限会社 古屋製材所)

2.7.1 実証事業のねらいと実施内容

(1) 実証事業のねらい

林地残材を発生させないための、施業計画時からの林地残材賦存量の算定方法の検討、搬出量と距離に合わせた効率的収集及び輸送システムの確立、搬出材の形状に合わせたチップ化コストの算出を行うことで、施業計画～原木搬送～チップ化～チップ輸送までの流れを総合的に補完できるシミュレーション確立の為の手法の検討を行った。

これにより、森林環境の荒廃を防止し生物多様性を保全するとともに、森林資源の有効活用を図り、林業や地域の活性化に寄与し、地球温暖化の防止に資することなどを目的として、実証事業に取り組んだ。

1/2 助成事業では、①未利用間伐材及び林地残材の搬出と活用を図るため、伐り捨て間伐地域に散在する未利用間伐材及び林地残材を、ボランティアと民間素材生産業者との協働により可能な限り低コストで林内に集荷し、効率的に運び出す方法並びに伐り捨て放置材の効率的な輸送方法とコストの把握、②間伐地において搬出された原木のチップ化コストや搬出材種の割合について、皆伐地との比較を行うとともに、特殊な集約化の現状を把握し利点の解析を行う。③各種車両を利用した、土場からチップ工場への搬送の距離別コストシミュレーションを実証した。

定額助成事業では、森林簿から事前に林地残材の賦存量を推計する手法の確立を目的に、森林簿から推計した林地残材の賦存量と、実際に標準値調査により立木材積を測量し推計した林地残材の賦存量、実際に搬出された林地残材の量の比較検討を行った。また、搬出材の長さによるチップ化コストの比較や、原木からの製品化率、納品先別内訳などを解析し、チップ製造事業の経営にあたっての課題などを明らかにする目的で取り組んだ。

(2) 実証事業の内容、規模

弊社は林業に係るチップ製造業であり、森林を所有していない。原木供給は素材生産者に頼らなければならないため、県内の若手の素材生産者の協力を得て事業を実施した。

定額助成では、山梨県内に経営基盤を置く民間の素材生産業者である A 社、F 社、G 社と協定を締結し、5,590t（原木換算約 6,708m³）を集材した。

一方、1/2 助成事業では、G 社、A 社に加え、NGO 団体 O の協力を得て、次の 3 つのテーマで実証試験を行った。

- ① 伐り捨て間伐地域に散在する未利用間伐材及び林地残材を、ボランティアとの協働により可能な限り低コストで林内に集荷し、効率的に運び出す方法並びに伐り捨て放置材の効率的な輸送方法とコストの把握
- ② 大規模林業事業者による間伐施業において発生した林地残材の土場積込～チップ製造までのコスト試算と、皆伐地での林地残材との比較検討

③ 各種車両の、土場からチップ工場への搬送距離別コストシミュレーション

なお、この 1/2 助成事業では、約 530t（原木換算約 640 m³）を集材した。

参考までに、実証事業期間内（22 年 8 月～23 年 2 月）における弊社での原木受入量は、全体で約 8,600t（原木換算約 10,300 m³）であった。原木からの製品化率、用途別（納品先別）内訳は、この原木受入量を基に算定したが、チップ以外の用途としたものは、30t（0.3%）程度であり、その他は全てチップ化した。

また、定額補助事業として集材した約 5,590t（原木換算約 6708 m³）と、1/2 助成事業で集材した原木約 530t（原木換算約 640 m³）を対照として、原木長を 2m 材、3m 材、4m 材として受け入れた時のチップ化コストの比較検討を行った。

(3) 実証事業の実施期間、実施体制、実施場所

a 実施期間

平成 22 年 8 月 3 日～平成 23 年 2 月 28 日

b 実施体制

事業の実施体制を以下に示す。

<外部との連携>

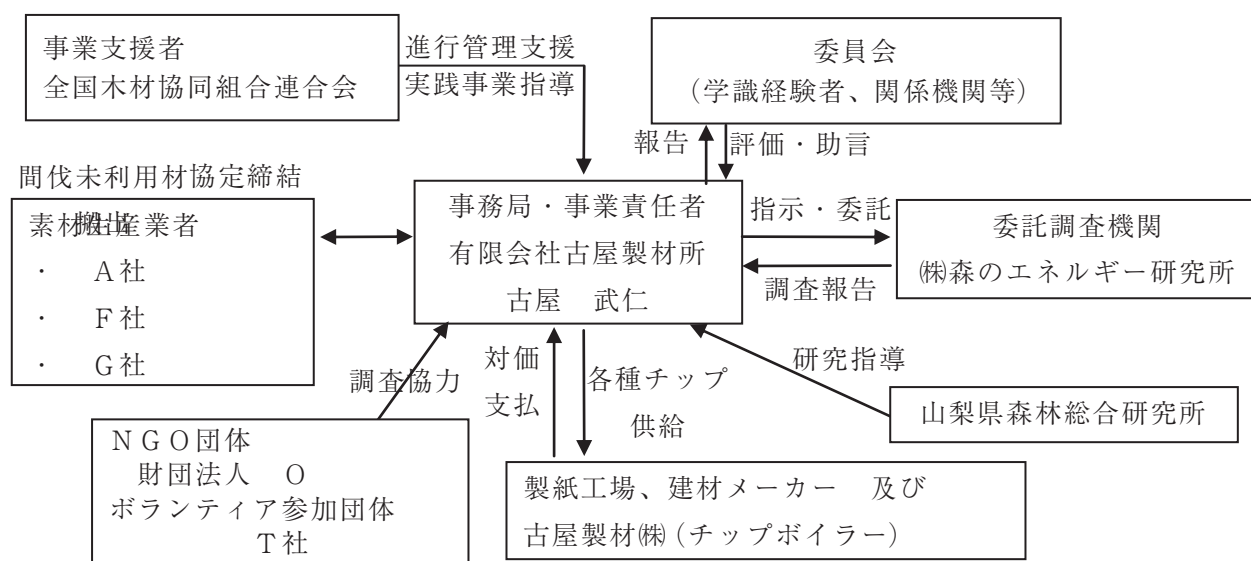


図 2.7.1 実証試験の実施体制（外部との連携）

c 実施場所

事業の実施場所別の間伐面積と低質間伐材の利用実績を以下に示す。

表 2.7.1 実施場所別の間伐面積及び低質間伐材の利用実績

自力間伐の実施場所 (所在地、林班)	自力間伐の 実施面積	自力間伐量の実績		原料の 形状
		重 量	材 積	
1 北杜市高根町村上北割	20 ha	760.270 トン	912.324 m ³	原木
2 甲府市上帯那岩ノ下	45 ha	678.350 トン	814.020 m ³	原木
3 北杜市明野町小笠原大平	20 ha	695.200 トン	834.240 m ³	原木
4 都留市大野大字細野	100 ha	1,850.330 トン	2,220.396 m ³	原木
5 南都留郡鳴沢村富士山	6.39 ha	378.180 トン	453.816 m ³	原木
6 笛吹市上黒駒原久保	64 ha	615.190 トン	738.228 m ³	原木
7 笛吹市黒駒炭焼	64 ha	613.130 トン	735.756 m ³	原木
計	319.39 ha	5,590.650 トン	6,708.780 m ³	原木

表 2.7.2 定額補助事業における原木搬入量とチップ納入先内訳

		購入量	割 合
原木搬入量		5,590 t	
チップ 納入先	製紙用	4,752 t	
	建材用	t	
	燃料用	t	
	小計	4,752 t	85%
バーク		559 t	10%
水分等飛散量		279 t	5%

注) バークは燃料として供給

表 2.7.3 1/2 助成事業における原木搬入量とチップ納入先内訳

		原 木	割合
搬入量		591.73 t	
納入先	製紙用	516.18 t	
	建材用	t	
	燃料用	5.48 t	
	小計	521.66 t	88.16 %
バーク		45.48 t	7.69 %
水分等飛散量		24.64 t	4.16 %

注) バークは燃料として供給

表 2.7.4 原木購入と納入先内訳 (H22.8~23.2 弊社取扱全量)

		購入量	割合
原木購入		13,700 t	
チップ 納入先	製紙用	8,750 t	
	建材用	20 t	
	燃料用	3,200 t	
	小計	11,970 t	87.3 %
バーク		1,300 t	9.5 %
水分等飛散量		430 t	3.2 %

また、定額助成事業及び1/2助成事業の箇所については、協定先へ「完了報告書」の提出を依頼した。
以下にその「完了報告書」の提出例を、協定先ごとに示す。

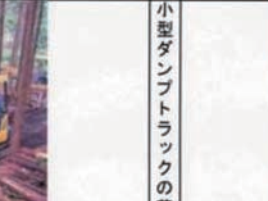
① 富士山麓試験地:市民ボランティアとの協働による効率的作業システム(1/2助成)																
所在地	ヤマナシケン 山梨県		ナルサワムラ 鳴沢村		アザフジサン 字富士山		426	林小地名	ほ 8	所有者	県有林	樹種	シラベ他	間伐率	施業者	G社
作業面積	1.0	ha	林齢	25	年	伐採人工数	不明	人工	伐採期間	平成21年度 ~ 平成22年度						
作業道延長	無し					搬出人工数	22	人工	搬出期間	平成22. 8. 9 ~ 平成22. 9. 9						
使用機械	チェーンソー⇒グラップル⇒フォワーダー⇒選別(グラップル)⇒車載															
搬出内容	用材	パルプ材		短材(トンロ)		ボランティアによる集材 										
	0.0	t	34.6	t	0.0										t	
	0.0	m3	41.5	m3	0.0										m3	
輸送距離	現場 → 土場		現場 → チップ工場		フォワーダーへの積込 											
0.5km	55km															
林縁での仕分け						フォワーダーへの積込 					ヒアブ付きトラックでの中型車への積込 					

②郡内地区試験地:皆伐地における残材収集及び輸送の効率化(1/2助成)														
所在地	ヤマナシケン 山梨県	ツルシ 都留市	オオノ 大野		林小地名		所有者	県有林	樹種	アカマツ 他	間伐率	皆伐	施業者	A社
面積	30	ha	林齢	不明	年	伐採 人工数	81	人工	伐採 期間	H22. 8	～	H22. 12		
作業道 延長	不明					搬出 人工数			搬出 期間	H22. 10	～	H23. 11		
使用 機械	チェーンソー⇒ハーベスター⇒グラップル⇒フォワーダー⇒選別(グラップル)⇒車載													
搬出 内容	用 材	チップ材	土木用材	ハーベスターによる伐採				フォワーダーによる運搬						
	379 (概数) t	175.0 t	29 (概算) t											
輸 送 距離	現場 → 土場	現場 → チップ工場	ハーベスターによる伐採		フォワーダーによる運搬	フォワーダーによる運搬								
	0. 5km	47km												
選木 (グラップル)					深ダンブトラックへの積込									

③長野試験地：長距離輸送における材の積込・輸送コストの効率化(1/2助成)

所在地	ナガノケン 長野県	イナシ 伊那市	オオマチシ 大町市	林 小 班 名		所有者	県有林	樹種	スギ 他	間伐率	施業者	G社(積込み)	
施業面積	不明	ha	不明	年	伐採 人工数	不明	人工	伐採 期間	平成22年度中	～	平成22年度中		
作業道延長	無し				搬出 人工数	52	人工	搬出 期間	平成22. 8. 26 平成22. 11. 19	～	平成22. 8. 31 平成22. 12. 1		
使用機械	選別(グラブプル)⇒車載												
搬出内容	用材	パルプ材	短材(トンコ)	セミトレーラーへの積込				フルトレーラーへの積込					
	0.0 t	382.0 t	0.0 t										
	0.0 m3	458.0 m3	0.0 m3										
輸送距離	現場 → 土場		現場 → チップ工場					チップトレーラー					
	0km		一次 143km 二次 155km										
ヒア付トラックの積込				セミトレーラーの荷降ろし									

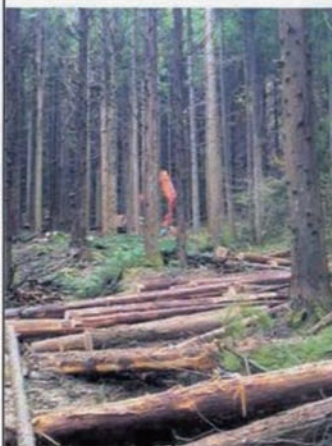
④笛吹試験地：林地残材を発生させない施業計画の立案(定額補助) G社

所在地	ヤマナシケン		フエフキシ		ヒミネ		スミヤキ・ハラウボ		林小班名	所有者	社有林	樹種	ヒノキ・アカマツ		間伐率	30%	施業者	G社
	山梨県		笛吹市		檜峰		炭焼・原久保											
施業面積	128	ha	林齢	46	年	現地集材収集	-	人工	伐採期間	平成22年度中		～	平成22年度中					
搬出 台数	小型ダンプ3台分をチップ工場へ直接搬出					現地積込搬出	-	人工	搬出期間	平成22. 8		～	H23. 2					
使用機械	グラブ付きフォワーダ(株諸岡 MST-650VDL : 山側 1台、グラブ(株小松製作所 PC35MR): 1台 小型ダンプトラック: 1台																	
搬出材量	用材		チップ材		土木用材		グラブ付きフォワーダによる集材				現場周辺地図							
	不明 t		1228.32 t		不明 t													
	不明 m3		1473.98 m3		不明 m3													
輸送距離	現場 → 林内土場		林内土場 → チップ工場					小型ダンプトラックの荷降ろし										
	0～0.8km		20km															
搬出積込現場																		

⑤甲府試験地：高密度路網における低コストなC材搬出に繋がる施業方法（定額助成）F社

所在地	ヤマナシケン 山梨県	コウフシ 甲府市	カミオビナ 上帯那	イワノシタ 岩ノ下	林小班名	所有者	社有林	樹種	アカマツ 雑木	間伐率	30%	施業者	F社	
施業面積	45	ha	林齢	不明	年	伐採	期間	H22. 8	～	H23. 3				
搬出材数	小型ダンプトラック延べ3台分を、		現地積込搬出			人工	搬出期間	H22. 8	～	H23. 3				
使用機械	チェーンソー⇒グラブブル(日立建機株) 40UR(0.16)⇒小型ダンプトラック⇒ヒアブ付きトラック													
搬出材量	用材	チップ材	土木用材	材の玉伐り現場										
	不明	t	678.4											t
	不明	m ³	814.0											m ³
輸送距離	現場→土場	土場→チップ工場	材の積込											
距離	3.5km	28km												
小型ダンプトラックによる荷降ろし														
ヒアブ付きトラックによる材の積込														

⑥都留試験地：高性能機械による低コストなC材搬出に繋がる施業方法（定額補助）A社

所在地	ヤマナシケン 山梨県	ツルシ 都留市	オオノ 大野	オオアザホソノ 大字細野	林小班名	M森林組 合集約地	所有者	民有林	樹種	スギ・桧・ アカマツ	間伐率	30%	施業者	A社	
施業面積	100中40	ha	林齢	旧田畑は 40年生以上	年	伐採 人工数	-	人工	伐採 期間	H22. 8	～		H23. 2		
作業道 延長	22年度4500m					搬出 人工数	-	人工	搬出 期間	H22. 8	～		H23. 2		
使用機械	チェーンソー⇒ハーベスター⇒グラブブル⇒フォワーダー⇒選別(グラブブル)⇒車載														
搬出内容	用材	チップ材	土木用材	フォワーダーによる運搬											
	1,036 (概数)	t	1,850												t
	1,240 (概数)	m3	2,200												m3
輸送	現場 → 土場		現場 → チップ工場		距離										
距離	0. 5km		43km												
中型トラックへの積込					深ダンプトラックの荷降ろし										

2.7.2 実証事業の実施方法

(1) 間伐の実施と間伐材のチップ製造コスト推計への利用実証

平成 21 年度の実証事業では、受け入れ原木量と販売チップの比較を行い、以下のような結果を得た。

- ① 受入数量（実販売量）は出荷量（検秤重量）100 に対して、55.8 となった。
- ② 建材用については、ダスト混入は問題とされないので、同じ絶乾率であれば、
原木 100 に対して 56.4 の比率となる。
- ③ 原木の購入価格については、

【製紙会社への販売価格 －（残材輸送単価＋チップ製造単価）＞ 原木購入単価】が成り立つことがチップ製造業者にとっては必要条件であるとともに、原木単価は素材生産者にとっても採算がとれる価格として設定されることが、持続可能な林業及びチップ製造業の成り立つ必要条件となる。しかし、調査不足から、詳細な検証までは出来なかった。

そこで、平成 22 年度は平成 21 年度のデータも使いながら、実験観測日の搬出量に対するトン当たりの残材輸送・チップ製造コストを、ヒアリングや実際の数値を使用して推察する。また、定額補助事業に協力頂いた素材生産業者 3 社は、搬出するチップ用材の尺が違う為、チップ工場受け入れ材の尺の差異によるコスト比較も行った。

(2) 林地残材フル活用を目的とした出材体制と効率的輸送方法の検討に関する実証

1/2 補助事業では、新しい出材体制の構築と、市民への普及啓発を目指し、ボランティアとの協働による林地残材の搬出を試みた。また、大型車両による長距離大規模輸送を行い、長距離輸送時の採算性の検証と、全実験中の各種輸送手段による距離別のコスト比較を行った。

調査は NGO 団体 O、G 社、A 社の協力を得て、間伐現場での搬出からチップ工場へ運搬するまでの作業についてのコスト比較、施業方法毎のチップ製品化の際の作業上の課題の把握を行った。また、A 社においては、近接地における間伐と皆伐の施業コストの比較も行った。以下に現場ごとの実証試験内容を示す。

表 2.7.5 現場ごとの実証試験概要

試 験 地	実 証 試 験 概 要
①富士山麓	伐り捨て間伐地における林地残材の搬出を行い、ボランティアと素材生産業者の協働による効率的な搬出方法、コスト試算、搬出の検討を行う。
②都留郡内地区	間伐地において搬出された原木のチップ化コストや搬出材種の割合について、皆伐地との比較を行うとともに、特殊な集約化の現状を把握し利点の解析を行う。
③長野長距離輸送	大型車両による長距離大規模輸送を行い、近距離での大型車両のコストとの比較や、距離・車両別の輸送コスト比較を行う。

a 富士山麓試験地

富士山麓試験地では、現在森林ボランティアによる植林や育林が精力的に行われている。植林・育林を行っているのは、素材生産業者により行われている帯状間伐等の施業跡地である。しかし、林業施業地としてはなだらかな傾斜であるが、用材に不向きである低質材が多いため採算性が見込みが薄いことからその多くが伐り捨て間伐となっている。中には乱雑に作業が行われた結果として材が折り重なるように伐り捨てられている場合もあり、ボランティア活動に支障をきたしている。こうした林地残材を有効に利用し、林地を綺麗にしたいという NGO 団体の強い要望により、伐り捨てられた林地残材でもチップとして利用可能な弊社を受け皿にして、民間素材生産事業者（G 社）、森林ボランティアと協働して林地残材の搬出作業を行った。なお、今回搬出を行った作業地は伐り捨て間伐材が幾方向にも折り重なっていた状態であり、単純に機械を林内に入れるだけでも進入路が確保できない困難な場所であった。

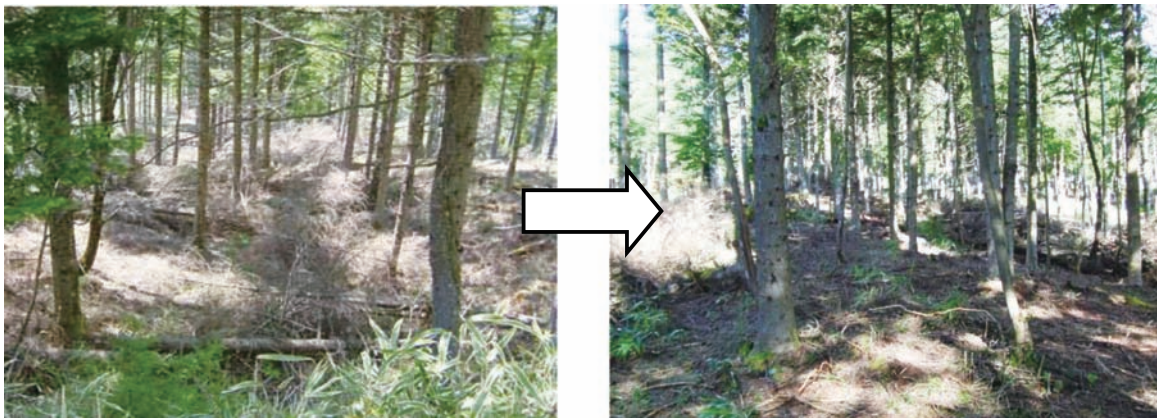


写真 2.7.1 初期の森林状況とチップ材搬出後の森林状況

そこで森林ボランティア（約 75 人）が、散乱している枝葉や幹を、玉切り後に林内の複数箇所にまとめる桟積み作業を、2 時間程度行った。その後、民間素材生産業者（G 社）が小型グラップルと小型クローラードンプを用いて、桟積みされたチップ用材の林縁部への搬出・仕分けを行い、林縁部からヒアブ付トラックなどへの積み込みを行い、チップ工場へ輸送した。

これらの実証事業において、ヒアブ付トラック使用時と、中型トラックにグラップルを用いて積み込む場合について、チップ工場に搬送した後、チップ化するまでの一連のコスト比較を行った。



写真 2.7.2 富士山麓におけるボランティア活動～林地残材搬出～輸送車積込作業の様子



写真 2.7.3 富士山麓における工場破碎の概要（土場搬出～工場破碎作業）

b 都留郡内地区試験地

チップ原木の搬出に当って、ハーベスタとフォワーダを使用して、間伐と皆伐を行っている試験地を調査・分析した。造材時にハーベスタを使用、また、造材現場から土場までの輸送にフォワーダを使用した場合についての全体のコストの分析と、間伐・皆伐の施業によるコストと搬出材割合の比較をした。なお、この実証実験ではチップ用原木のみを対象とし、枝葉の集材は対象外とした。



写真 2.7.4 A 社における造材～集材作業の流れ

c 長野長距離輸送試験地

長距離輸送の実験を 2ヶ所で行い、セミトレーラー・フルトレーラー・深ダンプトラック・ヒアブ付トラック・中型トラック等の各種車両のコストについて比較・シミュレーションを行った。両試験地とも、輸送対象材は長野県有林から搬出したチップ材であった。



写真 2.7.5 長野試験地における積込～チップ製造～チップ輸送作業の流れ



写真 2.7.6 各種大型トラックによる輸送
(左から順に、セミトレーラー・フルトレーラー・大型深ダンプトラック・ヒアブ付トラック)

2.7.3 実証事業の実施結果

(1) 間伐の実施と間伐材のチップ製造コスト推計への利用実証

定額助成事業により確保した原木の量は、前述の表 2.7.1 のとおりであり、1/2 助成事業を含めた全体の原木購入とチップ等の納入先は、表 2.7.2～4 に示したとおりである。

このうち、定額助成実証事業の 3 社におけるチップ材の土場での積込～チップ化直前までのコストを推計した結果は、表 2.7.6 のとおりであった。

表 2.7.6 定額助成の実証事業におけるチップ製造コスト推計

	トン当たりのコスト	G 社	A 社	F 社①(北杜)	F 社②(甲府)
	車両単価(運転手込)	¥589	¥344	¥976	¥392
	グラップルコスト	¥1,202	¥225	¥444	¥0
	人件費	¥546	¥102	¥202	¥0
	燃料費	¥100	¥31	¥60	¥0
輸送	輸送(車両)コスト	¥1,801	¥1,810	¥1,075	¥2,713
	燃料費	¥324	¥267	¥170	¥239
工場	車両コスト (荷下ろし)	¥12	¥114	¥89	¥141
	重機コスト (グラップル+フォークリフト)	¥348	¥433	¥325	¥326
	人件費	¥290	¥361	¥271	¥272
	燃料費	¥53	¥66	¥50	¥50
	合計	¥5,265	¥3,753	¥3,662	¥4,133
備考	搬出材長	2～3m 材	3m 材 + タンコロ	3～4m 材	3～4m 材
	輸送車両	小型ダンプ トラック	中型トラック・ 大型深ダンプ トラック	大型深ダンプ トラック・ セミトレーラー	ヒアブ付トラック
	輸送距離(片道)	21km	43km	40km	28km

上記の合計値は、チップ工場のチップ製造ラインへの投入直前までの費用の比較であり、これにチップ工場での切削コストを加えたものがトータルのチップ製造コストとなる。

仮に、製紙会社への販売価格を 8,000 円 /t (原木重量) とし、燃料用チップ (バークを含む) を 3,000 円 /t とする。また、今年度のデータの平均値から、チップ化対象木に対して重量比 77% を製紙用チップ、12% を燃料用チップ (一部バーク) として利活用可能であり、残りを飛散・消滅量として推定すると、チップ製造及び販売の経済性は次のように評価できる。

表 2.7.7 チップ製造及び販売の経済性評価 (トン当たりの収支)

収支(原木買取り価格を含む)	G 社	A 社	F 社
販売価格-チップ製造コスト =	¥1,284	¥2,804	¥2,711

tあたりコストの合計金額では、G社が5,236円/t、A社が3,716円/t、F社が3,809円/tという結果である。G社がA・F社よりも1,500円ほど高い理由は、積込コスト（グラップル単価と人件費）の大きな差異である。これは、G社が小型ダンプトラックで片道21kmの往復を3回行ったため、グラップルの待機時間が長いことが原因であった。

次に、工場側でのコスト試算をみると、G社が650円/t、A社が908円/t、F社が703円/tである。A社のコストが他2社より200円ほど高いのは、A社が積込の際にタンコロ（特に、径60cmを超える根株）が含まれており、その処理に人手が多くかかったことによる。一方、F社は3～4m材ではあるが、用材に近い良質な材も多く、tあたりの工場コストが材長の割に良かった。A社はタンコロが多く含まれていたと前述したが、積込コスト自体はむしろ他の2社より安くなっている。これは、積込み場以前で仕分けがされており、他の2社より積込み場での作業が少なかったことと、他2社が0.16級グラップルでの積込であったのに対し、A社が0.25級という大型の重機を使用するとともに、安定した広い土場で積込を行ったことが理由である。

チップ工場では、2人体制で原木をバーカーに入れる前処理の工程を行う。主な担当は、グラップル1名、フォークリフト1名である。このうち、フォークリフト1名がデッキソーを用いて長尺材の玉伐りやタンコロの処理を行う事が多い。そこで、G社とF社のデッキソーの稼働時間の比較を行った。タンコロが多かったA社の場合は、一時2台のグラップルを使用した4名体制で対応せざるを得なかった。

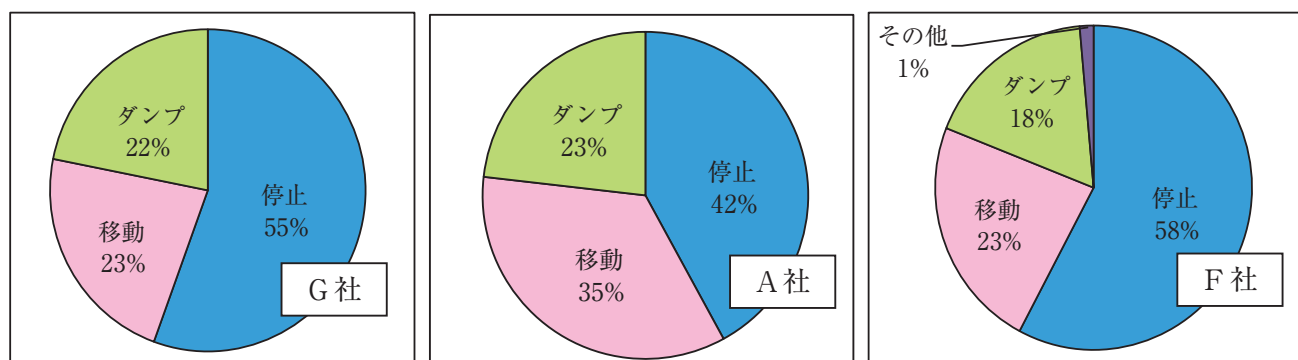


図 2.7.2 チップ工場でのフォークリフト作業割合の比較（搬出元：G社・A社・F社）

図 2.7.2 の結果をみると、フォークリフトの作業割合は、G社とF社ではほとんど変わらないことが分かる。A社において、他社と比較して停止の割合が少なく移動の割合が多いのは、A社ではタンコロが多かったため、フォークリフトに大量に積むことが出来ず、土場とバーカーの往復回数が増加したことと、不安定なタンコロを原木の上に乗せて運ぶため、土場・バーカー間の移動速度が低下したことによるものである。

図 2.7.3 は、原木処理時におけるチップ工場でのグラップルの作業割合を示したものである。A社で停止が多いのは、タンコロを運ぶフォークリフトを待つ時間が長いためである。通常、長さの違う材を玉伐りする場合、フォークリフトが材をバーカーへ搬送している間に、グラップルは材の仕分けを行う。しかし、タンコロは、デッキソーにてバーカーに入るサイズへの玉伐りが必要となる。このタンコロが多かったA社では、材の仕分けの時間が少なくなり、停止時間が増えた。

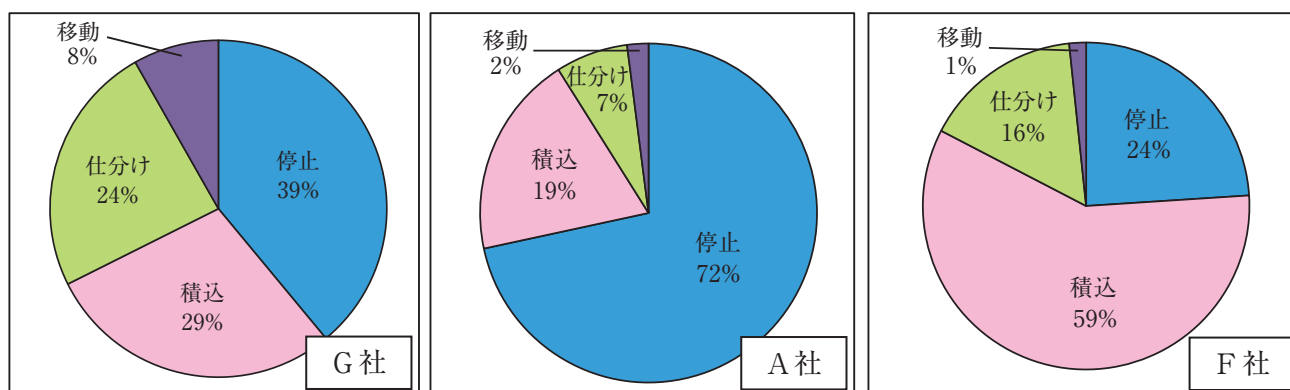


図 2.7.3 チップ工場でのグラブ作業割合の比較（搬出元：G 社・A 社・F 社）

G 社と F 社を比較すると、F 社の積込割合が長い。これは、F 社は 3～4m 材が多く、材の玉伐り前後の握った材の長さを整える時間が長かった事が原因である。

前述のコストなどを検討すると、チップ化の工程において、チップ工場側では受け入れ材の形状によって、作業内容と効率が大きく変わることが予測される。以上、3 種の材長の比較結果から言えば、デッキソーでの処理を必要とする 4m 材の買取単価を基準値とし、デッキソーでの処理が不要な 2m 材の価格を高値に設定し、手間のかかるタンコロ材を安価に設定するなどの手法を取ることによって、素材生産業者側に選択肢を提示し、実際の作業に応じた価格設定をするのも一つの方法と考えられる。

ただし、現場での受入れ作業の煩雑化等、考慮すべき点も多数存在する。

また、G 社では間伐地における林地残材資源量推計のシミュレーションを行った。まず、森林簿を基にして林地残材の賦存量の試算を行い、次に実際に標準木調査を行って林地残材の賦存量の試算を行った。その上で、実際の搬出量とを比較した。

表 2.7.8 森林簿を基にした林地残材賦存量の試算

森林簿	立木材積 (m³)/ha	間伐率 30%/ha	搬出材積 見込値(m³)	実際の搬出材積 (m³)	差異(m³)
炭焼	402.8	120.8	773.28	736.753	▲ 37
原久保	318.0	95.4	610.52	738.228	△ 128

表 2.7.9 実測（標準木調査）を基にした林地残材賦存量の試算

実測	立木材積 (m³)/ha	間伐率(材積) 30%/ha	搬出材積 見込値(m³)	実際の搬出材積 (m³)	差異(m³)
炭焼	370.0	111.0	710.40	736.753	△ 26
原久保	356.0	106.8	683.52	738.228	△ 55

上表 2.7.8 の結果を見ると、森林簿からの推定量との誤差は最大で +128 m³あり、搬出量に対する割合にすると、約 17% の誤差である。一方、実際の標準木調査にからの試算では、+55 m³以内に留まっており、約 7% の誤差となる。

しかしながら、標準木調査の結果は搬出材積とほぼ同じ値になるはずであり、誤差 7%でも当初の想定より大きかった。標準木調査は実際の搬出量との誤差は、ほとんど出ないものと思われるので、この差異は森林簿の面積を基にしていることに起因すると推測される。即ち、地元林業者からも良く言われるような森林簿の面積と実際の面積との誤差が生じている可能性がある。その森林簿と実際の面積の検証の為、当初森林面積のGPS調査も行う予定であったが、天候不順等の理由から、実証期間内の調査はできなかった。

来年度からの間伐に対する補助金は、搬出量に対して支払われるものであり、事前の計画の提出が必要となる。これは、事前の計画時の用材とチップ材の搬出可能量を正確に把握できることが前提になっている。森林簿の数値を頼りにしていると、今回の実験のように 17% ほどずれてしまい、補助金の交付がされない危険性もある。こういった事の防止と、正確な情報管理のために、簡易でローコストな調査手法とデータ管理システムが求められている。

a A社での間伐施業システムについて

A社の間伐搬出施業自体は、同社の皆伐や通常の施業方法と大きな相違はないが、間伐施業地の流れが、他の林業事業者と違い、全国でも珍しい取り組みを行っているので、ここで紹介する。

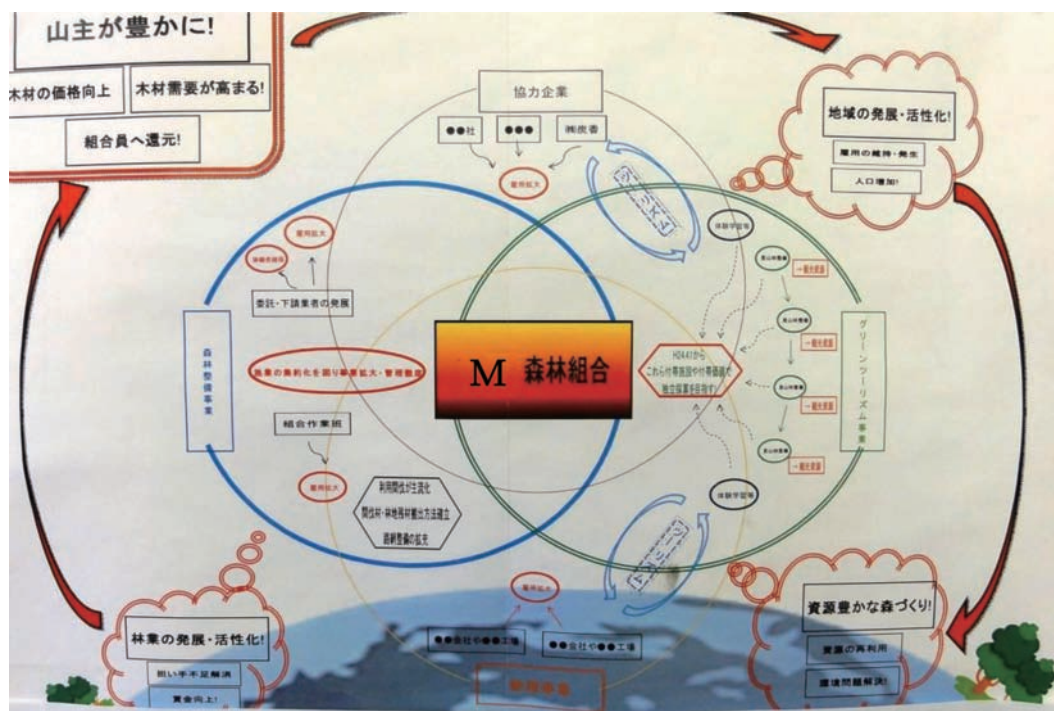


図 2.7.4 A社間伐試験地における森林組合の取り組み

当試験地では、図 2.7.4 のように M 森林組合が中心となって、協力企業と山主等を、林業整備事業・グリーンツーリズム事業・新規事業の作設を行っている。これにより、地域の雇用を生み出し、企業による地域貢献などが行われることから、地域の発展や活性化を促す流れの作成を行っている。ここで特徴的であることは、M 森林組合が林業施業の部分地域を地域の林業事業者に依頼していることである。通常森林組合は、森林施業計画の提案～施業まで、自身の組合で行ってきた。しかし、M 森林組合は近年組合内の体制が一変し、いわゆる作業班と呼ばれるような施業実施体制の弱体化が起こった。

その為、森林組合は、組合員の森林の団地化、施業の集約化、集約施業の為の境界明確化に努め、木材の搬出は、林地残材まで含めて効率的に大規模施業を行える A 社に依頼する事にした。こうした事から、自身で施業を行うよりも山主に対して還元できるようになった（本試験地では、搬出用材に対し一律 1,000 円 /m³ の還元を行っている。）。施業を行う民間素材生産業者からは、「用材売却費と施業費はほとんど同じで、自身の利益は、チップ材として売却した林地残材で得た収益が相当する。」という意見があり、今回のように施業の集約化と林地残材の利活用を組み合わせることによって新たな搬出量を確保できることが明らかになった。

本事業において、他の事業者からの意見としても、「現在一番難儀をしているのは、施業を行いたい森林の山主を見つける事である。」という回答を得ていた。森林組合は半公共機関である事や、これまでの森林管理の情報などがある事から、こうした取り組みは、個人事業者と比較すると、格段に行いやすい立場である。そこで、この M 森林組合ではそうした自身の組合の得手部分（各山主との折衝や林地の手続き）に特化し、不得手な部分（施業）を一般林業事業体と提携して補完する形をとった。

これは、先の G 社での林地残材の賦存量シミュレーション時にも言及したが、来年度以降の森林に対する補助金交付の仕組みに合った形であり、今後こうした提携が増えて行けば、施業までのシステム化が進み、山主への還元金も上がる事が予想される。

(2) 林地残材フル活用を目的とした出材体制と効率的輸送方法の検討に関する実証

1/2 助成事業では、去年度までの実証実験で未着手であった部分の、施業を行う為の林業の問題点に主眼をおき、検討した。また、定額助成事業との組み合わせにより、皆伐・間伐による搬出割合やコストの比較を行った。

なお、1/2 助成事業で集荷した原木の納入量は、次表のとおりであった。

表 2.7.9 1/2 補助事業で集荷した原木の納入量

区 分	集荷量	用 途 別 納 入 量					飛散その他
		製紙用	燃 料 用				
			チップ	バーク	その他	計	
原 木	592 t	516 t	5 t	46 t	0	51 t	25 t

a 富士山麓試験地

林業者による林地残材の枝落としや玉伐りを簡易に行った後、ボランティア 75 名によって、林地残材の集材作業を 2 時間ほど行った。ボランティアによる集材作業後、ミニクローラードンプ 2 台とグラップル 1 台を使用し林業事業者が林内から林地残材を搬出した。搬出したチップ用材は、林縁部の土場でグラップルにて仕分けを行い、ヒアブ付トラックや大型の深ダンプトラックにより搬送を行った。

① 経済性分析

富士山麓試験地での合計収入は以下に示す値となった。なお、製紙用チップの平均販売価格（サイロ下価格）は8,000円/生重量t、燃料用チップの平均販売価格（サイロ下価格）は3,000円/生重量tとし、去年のデータを仮定値として使用する。燃料用チップには、今回の実験では枝葉は含まない。

表 2.7.10 富士山麓試験地における製紙用チップ販売額合計（推計）

◇製紙用チップの売却 ※8,000 円/生産 t

製紙用チップ材 重量	10.42 t
製紙用チップ 売上収益	83,360 円

表 2.7.11 富士山麓試験地における燃料用チップ販売額合計（推計）

◇燃料用チップの売却 ※3,000 円/生産 t

製紙用チップ材の一部(バーク)	3.50 t
燃料用チップ材 重量	0.74 t
燃料用チップ 売上収益	12,720 円

ここで、間伐現場での搬出からチップ工場への輸送と、チップを製造する際の一連の工程のコスト算出を試みた。

表 2.7.12 富士山麓試験地における搬出経費合計（推計）

◆搬出経費

人件費(ボランティア指導を除く)	255,000
重機費用	418,950
搬出経費	673,950 円

表 2.7.13 富士山麓試験地における輸送・チップ化経費合計（推計）

◆輸送・チップ化経費

輸送費用	181,308
チップ化費用	44,720
製紙用チップ 売上小計	226,028 円

表 2.7.14 富士山麓試験地における燃料用チップ販売額合計（推計）

◇収益合計	96,080
◆経費合計	899,978
収支	▲ 803,898

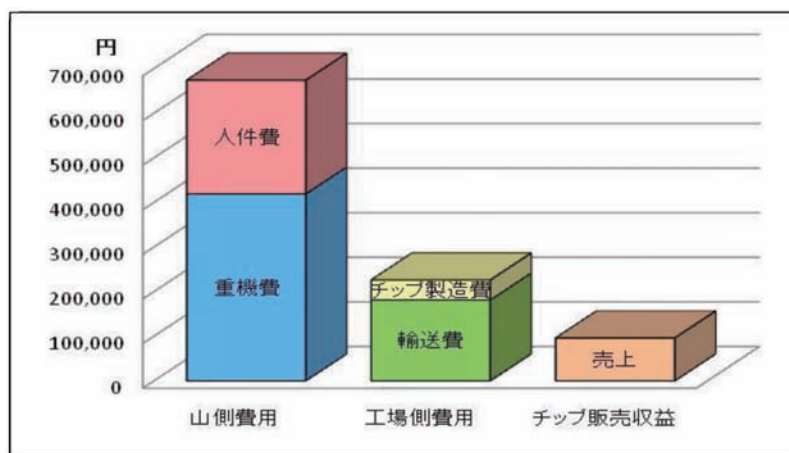


図 2.7.5 富士山麓試験地における収支グラフ

表 2.7.14 を見ると、富士山麓での林地残材の搬出は、収益 96,080 円に対して 899,978 円のコストがかかっている。これは収益の約 9 倍の費用である。通常、林地残材の回収では用材の搬出と同時に行うことでコスト削減を行っている。今回の実験の場合、チップ材搬出の為に用材を収集するのと同程度以上の労力をかけていることから、上記の様なコストになったと推測される。また、輸送費が売上を上回っている理由として、次の 4 点があげられる。

- ① 林地内の材が不定型であり、平均的に短い尺が多かった事による作業効率の低下
- ② 他試験地の林地残材よりも長期間の放置後であることから、通常 6～8% であるバーク発生率が 14% を超えていた事による回収率の低下
- ③ 残材の積込場所が林縁部であり、通常の土場とは異なる積込効率の低下
- ④ ヒアブ付トラックと中型トラックで 2 回ずつ計 4 回の輸送を行ったものの、2 回の輸送では激しい雨天が重なり、作業の危険性から通常の半分程しか積載出来なかった事による輸送効率の低下

② 改善提案

上記4点の問題点のうち、①～③は当試験地が無造作な伐り捨て間伐をされていた事が大きな原因であり、ボランティアとの協働によっても、伐り捨て間伐材のチップ化利用には大きなコストが伴う事が判明した。こうした無造作な伐り捨て間伐は、外観だけでなく、その後の継続した手入れに人が入りにくくなる事、主伐時にも多大なコストを要するであろう事、人が入らなくなりシカなどの獣害の温床になるであろう問題を内包する。実際に、当試験地の周囲の植林地もシカの食害に悩まされている。こうした問題を解決するためにも、間伐施業時には、林地残材を残さない様にチップ利用等ができる供給先を見つける事、また、供給先の確保が不可能であっても、次の施業の為に地拵えをしておく事、当試験地の様な県有林などは、行政が将来を見通した施業を行う様に指導する事が重要である。

b 都留郡内地区試験地

都留郡内地区試験地では、定額事業においてA社が行った間伐地から直線距離1kmという近い現場で皆伐が行われていた。両試験地とも、樹種や傾斜は類似しており、施業方法も同じシステムが使用される。当試験地では、類似した林分での間伐・皆伐という施業の違いによって発生する林地残材の量や割合を比較することで、利用間伐時の搬出材の使用メリットとデメリットについて検討を行うこととした。

表 2.7.15 A 社における施業方法別チップ製造コスト推計

	トン当たりのコスト	皆伐施業地	間伐施業地
積込	車両単価（運転手込）	¥285	¥344
	グラップルコスト	¥188	¥225
	人件費	¥85	¥102
	燃料費	¥25	¥31
	積込合計	¥583	¥702
輸送	輸送（車両）コスト	¥1,683	¥1,810
	燃料費	¥271	¥267
	輸送合計	¥1,954	¥2,077
工場	車両コスト（荷下ろし）	¥234	¥114
	重機コスト （グラップル+フォークリフト）	¥384	¥433
	人件費	¥320	¥361
	燃料費	¥59	¥66
	工場合計	¥997	¥974
	合計	¥3,534	¥3,753
備考	搬出材長	3m材+タンコロ	3m材+タンコロ（多め）
	輸送車両	中型トラック・大型深 ダンプトラック	中型トラック・大型深 ダンプトラック
	輸送距離（片道）	47km	43km

また、ヒアリングにより、皆伐施業地と間伐施業地における用材・チップ材・土木用材の搬出割合を把握した。

表 2.7.16 A 社における施業方法別搬出割合

搬出割合	皆伐地	間伐地
用材	65%	56%
土木用資材	5%	4%
チップ材	30%	40%

① 経済性分析

表2.7.15のコスト推計より、チップ製造コスト全体では、皆伐地が219円/t（約6%）安くなる。内訳を見ると、積込で119円/t、輸送で123円/t皆伐地が安く、工場では23円/t皆伐地が高くなる。工場側でのコストには、間伐地の荷降ろしコスト120円の差異が影響している。間伐地と皆伐地では、全体的に皆伐地の方がチップ製造価格が安くなる。これは、皆伐と間伐の施業では、劣性木の割合が間伐地の方が圧倒的に多いため、小径木や曲がり材が多くなる為である。そのため、表2.7.16に見られるように、チップ材の割合が多くなる。今回のA社の皆伐施業地では、F・G社の施業地と比較して、タンコロの搬出量は多かった。林地残材を発生させず山をきれいにするためには、このようにタンコロも含めて林地から搬出することが重要であるが、施業自体に大きな影響を与えるとともに、チップ工場側でのチップ化効率が低下するとともに、チップの性状もスリーバーを含むようになることから悪くなる。これは、タンコロをチップ化する際の大きな問題点であるが、更なる林地残材フル活用に向けて、今後検討していきたい事項である。

c 長野長距離試験地

長野長距離輸送実証実験では、チップ工場から約140km離れた土場と約155km離れた土場から大型車両による輸送を行い、一日での往復運行可能距離、大型車両への積込量・時間、輸送コストを把握し、他実験との輸送時間・コストと比較すると、距離による経済的な輸送車両選択の指標を検討するとともに、チップ材の輸送で採算性が合う輸送距離の検討を行った。

① 経済性分析

まず、当試験地の長距離輸送データと、各試験地での輸送車両毎のデータをまとめ、小型ダンプトラック・中型トラック・ヒアブ付トラック・深ダンプトラック・セミトレーラー・フルトレーラー各車両の往復搬送可能量を、12時間/日 運航の場合で輸送可能回数を求め、輸送可能回数及び平均輸送量を考慮してシミュレーションを行った。

その結果、図2.7.6で示すように、土場からチップ工場が片道10kmまでの範囲では、深ダンプトラックが最も効率が良く、25kmではフルトレーラー、50kmではセミトレーラー、100kmではフルトレーラー、150kmでは深ダンプトラックが、最も一日の輸送量の多い車両となった。

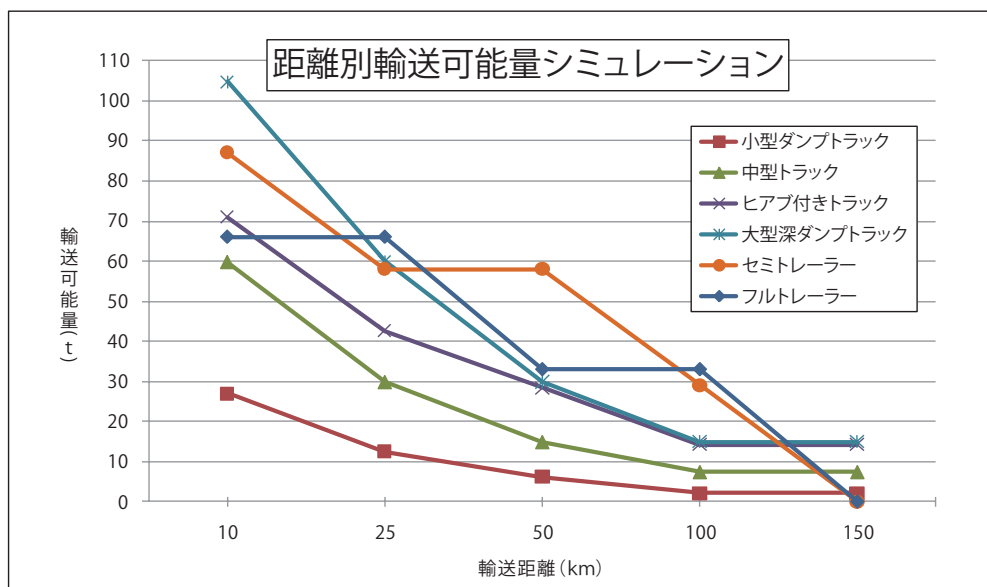


図 2.7.6 輸送車両毎の距離別輸送可能量

ここで、当試験地での採算分岐点の基準とする価格を、以下の定義より求めてみる。

去年度のデータより、製紙用チップの販売価格（サイロ下価格）は8,000円/生重量tとし、燃料用チップ（バークを含む）の販売価格（サイロ下価格）は3,000円/生重量tとして試算する。尚、今年度のデータの平均値から、チップ化対象木の77%を製紙用チップ、12%を燃料用チップ（バークを含む）として販売すると仮定すると、トン当たりの販売価格は下記の式の通りになる。

$$(8,000\text{円} \times 0.77) + (3,000\text{円} \times 0.12) = 6,520\text{円}$$

また、全実証実験での工場側のコスト平均を計算した結果、工場側コストを900円/tと推定した。これにより、工場側でのコストを含めると、

$$6,520\text{円} - 900\text{円} = 5,620\text{円} \quad \text{となる。}$$

これより、トン当たり5,620円を、原木買取り価格を含めた採算分岐点①として、各種車両の輸送可能量を含め12時間/日 運航の場合でのシミュレーションを行った（図2.7.7）。

採算分岐点②は、原木買取り価格が2,000円/tであった時の採算分岐点である。なお、小型ダンプトラックと深ダンプトラックについては、極積みのコストを含んでいない。また、150km・200km地点にて、コストが0円になっている部分は、積込・荷降ろしの時間と輸送時間から、想定12時間では往復が不可能である事を示している。

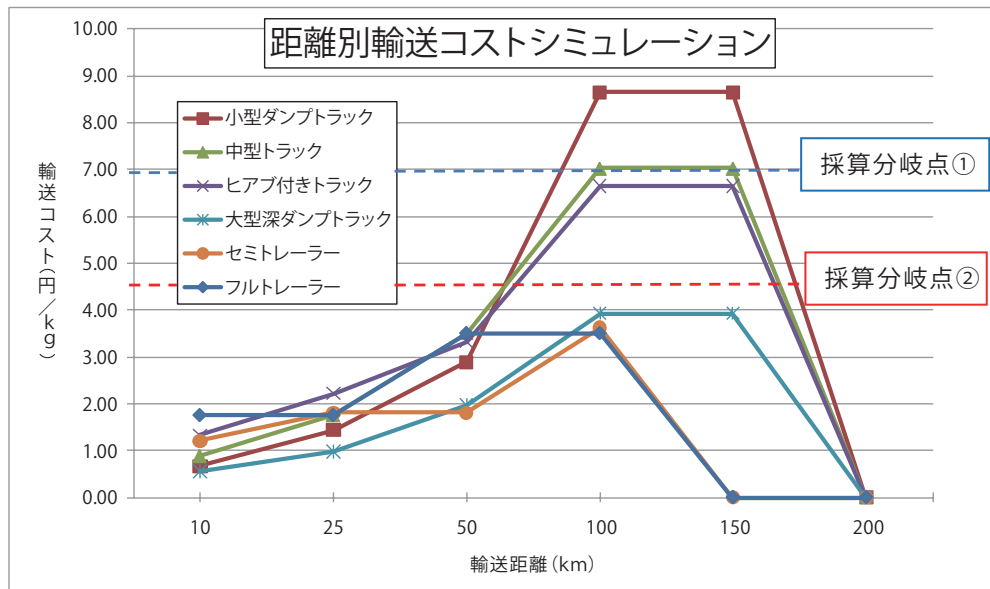


図 2.7.7 輸送車両別の輸送距離に応じた採算性グラフ

図2.7.7の結果より、単純な輸送コストで比較すれば、片道10～25kmの区間では深ダンプトラックが1.0円/kg以下と最も低コストであり、50kmではセミトレーラーが2.0円/kg以下となり、さらに100kmではフルトレーラーが最も安くなる。また、150kmではセミトレーラー及びフルトレーラーは1日での往復が不可能となり、大型深ダンプトラックが最も低コストとなっている。

全体的に深ダンプトラックが平均コストの下限付近にあるが、この大型の深ダンプトラックは一回の輸送量が多く、10kmの距離の場合は、合計100t以上もの輸送が可能である。これは、ダンプトラックの場合はチップ工場でダンプをしてすぐに移動できるからであり、他のトラックの場合、荷降ろしの時間がかかるため、一日の往復回数が限られるからである。また、トラック車の場合は、桟積み自体の時間は荷降ろしと同時に行う為、ダンプトラックと比べれば短くて済むが、トラックの荷降ろしにもグラップルが使われるため、トータルコストでダンプトラックの方が有利になる。また、ダンプトラックは根株や小径木など林地残材に多いものも、平台車の他のトラックよりは容易に輸送できる利点がある。但し注意点としては、深ダンプトラックではグラップルのオペレーターから荷台の中が見えにくいいため、運転手がグラップルに指示を出す必要がある点である。運転手の誘導技術によって作業効率が容易に変化する事である。

また、二つのデータから言える事は、大きい車両の方がトン当たりのコストはより低くなる傾向にあるが、適切な輸送予定量を把握して選択をする事が大切である。例えば、25kmの輸送の時には、コスト面では深ダンプトラックが安いですが、輸送量は60t以下であるため、輸送量が60t台の場合は、輸送が2日目になりコストが倍近くに上がる事が考えられる。

他にも、輸送量は少ないものの、小型ダンプトラックは道が小さい林道や土場に入る事ができるが、トレーラー類は道幅が大きくないと回転出来ない為、作業が行えなくなる。また、ヒアブ付トラックは、50kmを超えると採算性が悪くなるが、その機動力とグラップル付きであるので、大規模収集後の各土場に残った材の収集や、少量の木材の収集に関しては、積込用のグラップルを必要としないので量が不安定で決まっていない林地残材の収集作業を行うには、とても適している事が分かった。また、富士山麓試験地でヒアブ付トラックでの中型トラックの積込を行った結果からも、効率こ

そ多少落ちるものの、その為にグラップルをセルフ車で輸送する事を考慮すると、通常ならば十二分に採算性が合う範囲と思われた。

2.7.4 考察、その他

(1) 得られた成果のまとめ

① ボランティア団体と林業事業体の協働実施による林地残材の収集

調査の結果、富士山麓の林地残材収集事業においては、トータルコストで約80万円の赤字となり、林内での作業を除いても約13万円の赤字となった。このことから、未整備の森林や乱雑に伐り捨てられた林地から、林地残材の収集のみで収支を合わせる事は、素材生産業者とボランティア団体との協働であっても難しい事が分かった。林地残材を有効に使用するためには、そもそも伐出時に林地残材を発生させない事が第一であり、第二に伐り捨て間伐の様に、林地残材の発生が伴う場合においては、①伐倒方向を揃える事、②簡単な玉伐り、枝落とし程度を行っておく事、③地拵えを行っておく事といった、林地残材の搬出や次の施業の時に必要となる施業を行っておく事が大切である。また、それらを含めて、当初から各関係者で連携した計画的な取組みが必要である事が明確になった。

② 大規模な施業区域の確保と大型林業機器の導入による作業効率

林地残材利用において、安定的な供給と施業コストの低減の両面を確保する為には、A社での間伐施業システムが指針となる事がわかる。それは各事業体の持つ役割の分担で、具体的には、施業地の団地化を行う専門の集団と、集約化施業を効率的に行う林業事業体である。本試験では具体的な作業効率の試算には至らなかったが、ヒアリングにより、用材の利益のうち1,000円/m³を山主に還元する取組が始まっていることが分かった。通常の間伐施業では、補助金を使用しても、良くて搬出費用と売却費用が±0であり、悪くすればマイナスの施業も多かった。しかし、当試験地では、補助金の使用無しに山主に還元する事を実現しており、林業事業体もM森林組合も利益が出るとの事であった。これは皆伐施業地についても同様であり、A社は林地残材を搬出し収益を増やす事で、皆伐施業時に植林費用も含めて山主に還元する事が可能となり、A社自体も利益を上げられる。また、今後の事業展開として施業計画範囲は拡大中であり、計画的で採算性の取れる施業を行う事で、チップ製造業者にとっても、林地残材の安定供給に繋がる事が明らかになった。これまでのA社での施業では、林地残材は放棄され、なおかつ採算性も少ない施業しか営む事が出来なかった。これらの事実により、現在のこのような安定供給体制の構築に対して、林地残材の効率的利用施設であるチップ工場が果たしている役割は大きいと言える。

③ 各種輸送車両の距離別運送コスト比較

各種輸送車両のコストシミュレーションを行った結果、深ダンプトラック・フルトレーラー・セミトレーラー等の大型車両の使用が効率的であった。しかし、150km以上はフルトレーラー・セミトレーラーの12時間運航での往復が不可能である事や、大型深ダンプトラック以外は50kmを超えると輸送コストが倍以上にはね上がることから、採算面で実際に有効な輸送距離は片道100km以内である事がわかった。また、ヒアブ付トラックの様な特殊な車両では、採算性グラフには表れないが、積込土場の大きさや土場でのグラップルの有無を問わない事から、その優位性が確かめられた。

④ 林地残材を発生させないための施業計画方法の検討

林地残材の発生量には、山主や林業事業者が簡易かつ正確に現状の把握を行う必要がある。今回の実証結果でも、現行の森林簿をもとにすると、17%の誤差が認められた。また、森林簿をもとにすると、G社の原久保の現場で見込値の方が搬出量よりも128m³少ない搬出量となっているが、これは重量に換算すると、約100トンの誤差となり輸送手段や往復回数にも大きな違いが出てくる。こういった誤差を少なくしていかないと、正確かつ効率的な輸送ができない。これらの事から、森林の団地化などを行う際や、施業の開始前に、一度正確に林分の把握と面積の調査を行う必要性が高い事が明確となった。しかし林業の状況から、必要に応じての調査を都度行う事が難しい。そこで用意かつ永続的な管理手法として、GPSやGISといった高性能機器の導入を行う事や、そのデータを使い複数要因をシミュレートできる一元管理ソフトの開発等が求められている。

そして、施業計画に伴って、高密路網の設計と施工を行っていく必要がある。本試験地における林業事業体のコスト試算がプラスになっているのも、各事業者が路網の適切な整備を行って、林地残材の搬出を用意にしている為である。今回の事業で、林地残材の利益性と有用性が実証出来ている。更には、持続的な森林管理を行う事を考えれば、現在作設した高密路網は、今後の施業にも使用でき、次回からは作設のコストが削減される分、収益性が上がる。3社とも、ヒアリングにて今後の収益性を見込みながら路網の作設を行っているとされている。

また、タンコロを原料とするチップ製造には、通常の本木のチップ化に比して、手間、コスト、機械的な消耗などの経費が嵩むこと、チップの品質がスリーバーの混入により低下することなどがあることなどから、今後林地残材フル活用を全国的に普及させるためには、何らかの行政からの支援が望まれる。

⑤ チップ製造業者によるチップ化

今回山梨県内にて行った実証実験を見てもわかるが、山梨県内での林地残材が加工・利用可能な大規模施設は限られている。富士山麓の現場では、近隣にチップ製造業者があっても、林地残材となるような曲がり材、小径木などは取り扱わなかった事が推測される。A社と森林組合の取り組みをみてもわかるが、林地残材をチップ化する事業は、山主にとっても林業事業体にとっても必要不可欠なものとなっている。林地残材の活用は、環境面からも推奨されるものではあるが、利益性が低い林業においては、それ以上に利益率を上げるために推奨されるものである事がより明確になった。しかし、こうした流通の流れを作るには、横のつながりだけではなく縦の繋がりも重要となるため、川上と川下を繋ぐ、弊社の様な川中側からの働き掛けが林地残材の発生を最も発生させにくくし、林業を活性化させる大きな要素で有る事が、2年間に渡って行ってきた実証実験と、各林業事業体、森林組合、山主、NGO団体、森林ボランティアによって気づかされた。

⑥ 今後の課題

以上の成果より、今後もチップ製造事業を行っていく上で、課題となる項目をあげる。

- ・ 集約化による大規模施業地のための行政の支援
- ・ 路網整備に必要な補助の継続
- ・ 高精度のレーザー測距計やGPS受信機等の導入などへの行政の支援

- ・ チップ製造業者として、安定的で多様な供給チャネルの確保とチップ製造工程の効率化
- ・ 産地証明等、製品への信頼性の向上のための取組み

(2) 林地残材有効活用のための望ましい搬出・利用システム

今後の林地残材の利用として、弊社の考えるシステムを下記に提案する。

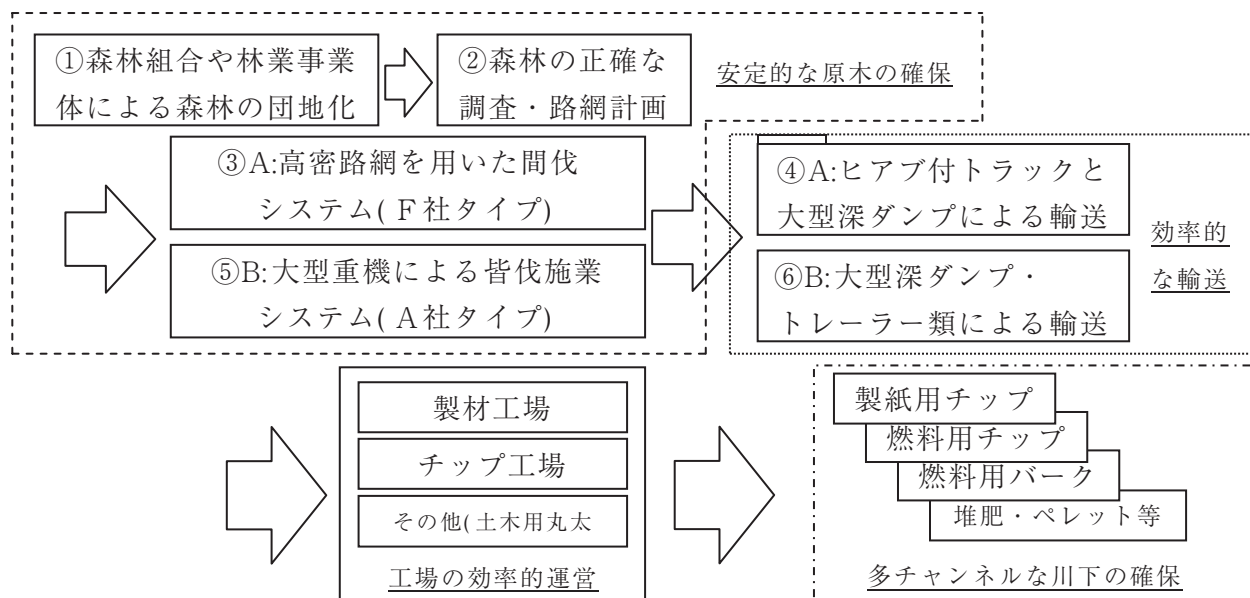


図 2.7.8 林地残材利用のための効率的なシステム

① 森林組合や林業事業者による森林の団地化

地元と組合員というつながりと信頼を持つ森林組合による林地の団地化を進めるとともに、林業事業者による森林施業の提案を行っていく。

② 森林の正確な調査・路網計画

森林での施業を行うにあたり、GPS機器やレーダー測距計を用いて森林の情報を正確に把握するとともに、路網の計画を立て、林地残材の収集を低コストで行い、持続的な森林管理の為の下準備を行う。ヒアリングからは、F社とG社は、現行の間伐施業で補助金を使用すると±0となる。しかし、今後は路網の開設費が必要なくなるため、今まで開設費にかかっていた部分が利益となる。

③ A：高密度路網を用いた間伐システム

0.16グラップルとチェーンソーによる伐採・路網作設（オペレーター1名・作業員2名）

⇒0.16グラップルと3.5tフォワーダによる集材（オペレーター2名）

（土場と林地が離れている場合は）

⇒0.16グラップルと小型ダンプトラックによる輸送（オペレーター1名）

④ Aヒアブ付きトラックと大型深ダンプトラックによる輸送

⇒ヒアブ付きトラックもしくは、0.16グラップルと大型深ダンプトラック

(運転手1名又は、オペレーター1名・運転手1名) 前述の表を参考に効率的輸送車両を選択。

片道25 k mの時の車両コスト、ヒアブ付きトラック：2,220 円/t
大型深ダンプトラック：980円/t

⑤ B：大型重機による皆伐施業システム

0.45ハーベスタ、0.45スイングヤーダとチェーンソーによる伐採・路網の作設

(オペレーター2名・作業員3名)

⇒0.45グラップルによる集材と3.5tフォワーダ2台による積込 (オペレーター3名)

⇒0.25グラップルによる土場でのフォワーダからの荷降し・仕分け (オペレーター1名)

⑥ B：大型深ダンプトラック・トレーラー類による輸送

⇒0.25グラップル、大型深ダンプトラック・セミトレーラー・フルトレーラーでの輸送

(オペレーター1名・運転手1名) 前述の表を参考に効率的輸送車両を選択する。

片道25 k mの時の車両コスト、大型深ダンプトラック：980円/t
セミトレーラー：1,810 円/t
フルトレーラー：1,750 円/t

仕分け品種(目安直径)と予想搬出割合	皆伐地	間伐地
用材 (直径 14cm以上)	65%	56%
土木用資材 (8～12cm)※ただし、需要は時期による	5%	4%
チップ材 (8cm以下、12～14cm)	30%	40%