

平成20年度林野庁補助事業
木質資源利用ニュービジネス創出モデル事業

平成20年度木質資源利用ニュービジネス
創出モデル実証事業

成果報告書

平成21年3月

全国木材協同組合連合会

はじめに

本報告書は平成20年度林野庁補助事業として実施した「木質資源利用ニュービジネス創出モデル事業」におけるモデル実証事業の成果を取りまとめたものである。木質バイオマスの利活用は、持続可能な社会の実現、地球温暖化の防止に資する重要な課題であり、そのためには、健全な森林の保全とその森林から生産される木質資源の活用が長期に亘って維持されていく必要があり、何よりも経済的に成り立つことが重要である。この事業では、間伐の実施と間伐により発生する木質バイオマス資源の利用を一体的に進める効果的な方法を明らかにし、新たなビジネスの創出につなげることを目的に、全国各地においてモデル実証事業を実施した。

事業の実施にあたっては、自らの経費で間伐を実施すると共に、間伐により発生する木質バイオマス資源の総合利用モデルの構築に取り組む団体、民間事業者等を公募により募集し、提案された内容をモデル事業として実証することとした。このため、間伐作業の方法、間伐材の搬出・収集・運搬・破碎方法のほか、バイオマス資源やマテリアル資源としての有効活用方法について実証し、コスト評価に基づいて、間伐未利用材活用のための新たなビジネスの実現可能性や問題点等を明らかにした。

モデル事業としては全国各地から、本事業の目的にふさわしく、且つ計画の実現性が高い事業を12件選考し、事業を実施した。事業の選定並びに進行にあたっては、熊崎実氏を委員長とするモデル実証事業推進委員会のご指導をいただいた。委員の皆様には厚くお礼申し上げます。

報告書の第2章「実証事業の実施結果」は、各事業実施団体の実施結果をそれぞれ個別に取りまとめたもので、本報告書の骨子となる部分である。また、この他に第1章では、各事業実施団体別の事業の概要を示し、第4章ではコスト評価を中心に、各実証事業における代表例を図で示している。この報告書は事業実施団体からの報告に基づき、全国木材協同組合連合会が総括的に取りまとめた。報告書の作成にご協力いただいた皆様に深くお礼申し上げます次第である。

本事業の成果が、全国各地における木質資源を利用した新たなビジネスの創出と森林・林業・木林産業の活性化につながることを期待している。

平成21年3月

全国木材協同組合連合会
会 長 吉 条 良 明

モデル実証事業推進委員会

- 委員長 熊崎 実（日本木質ペレット協会会長）
- 委員 今富 裕樹（独立行政法人森林総合研究所林業工学研究領域長）
- 吉田 貴紘（独立行政法人森林総合研究所加工技術研究領域
木材乾燥研究室主任研究員）
- 城子 克夫（バイオマスコンソーシアム座長）
- 木村 司（木村木材工業株式会社代表取締役社長）

目 次

1. 実証事業の概要	1
2. 実証事業の実施結果	
2. 1 渚滑川流域木質バイオマス資源利活用実証事業 (滝上林業協同組合)	1 7
2. 2 パーティクルボード及び木質ペレット原料としての木質資源利用実証事業 (株式会社 イワクラ)	3 9
2. 3 林地残材の燃料・原料利用モデル実証事業 (宮城県森林組合連合会)	6 1
2. 4 間伐未利用材のチップ・ペレット化による多目的利活用実証事業 (遠野興産株式会社)	7 9
2. 5 社有林の利用間伐促進及び木質資源有効利用促進実証事業 (王子木材緑化株式会社)	1 0 5
2. 6 端材や枝条等の低コスト集荷システムの開発及び発電用燃料等への利用実証事業 (住友林業フォレストサービス株式会社)	1 3 1
2. 7 森林からの木質バイオマスの総合リサイクル推進実証事業 (株式会社ファーストエスコ)	1 5 5
2. 8 間伐材の多様な活用と全工程でのコスト評価に関する実証事業 (フルハシEPO株式会社)	1 7 3
2. 9 間伐未利用材を有効活用した地域活性化システム実証事業 (E2リバイブ株式会社)	1 9 7
2. 10 間伐材の工業化チップ燃料ならびにおが粉の利用多様化実証事業 (キベス株式会社)	2 1 3

2. 1 1	間伐により発生する木質バイオマス資源のMDFへの利用実証事業 (エヌ・アンド・イー株式会社)	2 2 5
2. 1 2	廃熱を利用した乾燥チップ生産実証事業 (協同組合きもつき木材高次加工センター)	2 5 3
3.	実証事業の成果と今後の課題	2 7 3
4.	まとめ	2 7 9
	(間伐未利用材の活用事例)	

1. 実証事業の概要

1. 1 渚滑川流域木質バイオマス資源利活用実証事業 (滝上林業協同組合)

滝上町では、これまで木質バイオマスタウン構想の下、地域一体となってバイオマス利用に取り組んできたが、この事業をきっかけに同協同組合を中心に、さらに森林組合、木材業界、製紙業界、農業協同組合との連携を深め、本実証事業に取り組むこととなった。これにより森林整備の推進、木質資源の有効利用、地域の活性化をめざしている。

実証事業は、①間伐材伐出作業の低コスト化、②林地残材の運搬及びチップ燃料化、③林地残材の有効活用の実証により構成されている。①については、カラマツ林とトウヒ林を対象として林業機械を活用した林地残材の効率的な収集に向けた路網及び作業システムの実証を行い、②については、山土場で天日乾燥した林地残材を収集・破碎し、農業用資材やボイラー燃料として利用するシステムを検討した。

自力間伐は滝上町内の私有林 217ha で実施し、ここから 7,544m³ の木質バイオマスを収集して利用した。



写真 1.1.1 林地残材の積み込み



写真 1.1.2 タブ型破碎機(ガラパゴス)

チップボイラー木質バイオマス利用システム



■導入年度及び事業名	
平成20年度 林業・木材産業構造改革事業	
■導入目的	
本町の地域山林から発生する林地残材や未利用資源をエネルギーとして利活用し、地球温暖化や持続型循環型社会の構築を目指します。	
■ボイラーの概要	
・名称	シュミット社 UTSK-300.22
・定格出力	300Kw
・供給先	室内暖房、浴室給湯等
・チップ年間消費量	1,750m ³ (計画)

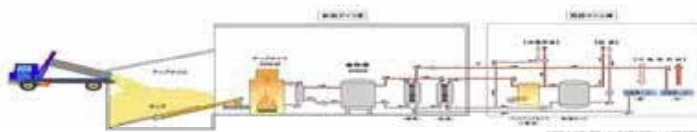


図 1.1.1 町営宿泊施設に導入された木質チップボイラー

1. 2 パーティクルボード及び木質ペレット原料としての木質資源利用実証事業 (株式会社 イワクラ)

同社は北海道苫小牧に大規模なパーティクルボード工場を有し、ペレット工場を併設すると共に、林材部においては林業事業を行っている。間伐については、従来は間伐作業で発生した小径木や枝状等の残材については集荷せず未利用のままであったが、本事業では林地残材の有効活用をめざして、同社施設を総合利用することにより有効な集荷システムの構築を図る。

実証事業は、①間伐の実施と間伐材のパーティクルボード及び木質ペレットへの利用を可能とする伐採から利用までの一連のシステムの構築と、②このための効率的な造材・集材作業方法、運搬方法、移動式破碎機による現地破碎、パーティクルボード及び木質ペレット原料としての利用適性について実施した。今年度は集材と間伐作業とを一体的に行うことにより集材費の低減が可能となり、また破碎についてもコンベアーを利用した直接積み込み方式の採用により、コスト低減が可能となった。

間伐は苫小牧近郊の概ね 100km以内に位置する国有林および民有林 477haで実施し、未利用間伐材 5,204m³ (4,337 トン) を木質バイオマスとして利用出来た。



写真 1.2.1 ブルドーザー集材



写真 1.2.2 造材作業



写真 1.2.3 集積された残材



写真 1.2.4 現地における破碎・積込作業

1. 3 林地残材の燃料・原料利用モデル実証事業

(宮城県森林組合連合会)

森林組合が中心となって、県内数カ所にあるウッドリサイクルセンターとの連携の下、間伐作業に伴って発生する林地残材（C材）をA・B材（製材・合板用）とともに効率的に搬出し、これを主にセイホク株式会社に供給し、燃料、パーティクルボード、MDFなどに利用するシステムを確立し、間伐の一層の推進を図ることを目的としている。

実証事業では、①間伐材のA、B、C材別の効率的な採材方法及び収集方法の検討、②移動式チップパーと固定式チップパーの比較による効率的チップ化方法及び運搬方法の検討、③燃料やボード原料としてのチップ形状等の適応性の検討が行われた。①では高性能林業機械の利用により労働生産性が向上すると共に、A、B材と同時にC材を搬出することにより、25～47%の歩留り向上効果が確認された。しかし、②のチップの破碎については現地でのチップ化は効率の向上が望めず、林地残材を直接処理施設へ運搬して、そこで破碎する方が効率的であることが分かった。

本年度の事業全体では県内9箇所の間伐を実施し、間伐実施面積は60.12ha、林地残材取扱数量は2,450m³となり、面積、数量ともに目標値を上回ることが出来た。



図 1.3.1 間伐調査区の概要

作業種	機種	作業人員
移動式チップパー	米国 Vermeer 社 ↓ TG400ATX ↓ タブラインダー	2名
固定式チップパー	富士鋼業 ↓ フジ・ウッドホガー ↓ SL1250A	2名

図 1.3.2 チップ化実証の使用機械

表 1.3.1 調査区別の生産性等の比較

	A区	B区
本数間伐率	47.5%	56.5%
材積間伐率	33.0%	31.4%
伐倒材積(m³)	15,269 (0.69,656)	9,817 (0.09,078)
集材材積(m³)	12,067 (0.40,522)	8,116 (0.01,78)
未集材材積(m³)	1,902 (0.1,135)	1,701 (0.0,900)
運材材積(m³)	13,367 (0.48,522)	8,116 (0.01,78)
運材運材材積(m³)	1,253 (0.3,922)	0,937 (0.0,411)
小運搬材積(m³)	-	7,179 (0.9,767)
妻材材積等		
B材 ≥ 2m(m³)	3,660 (40,667)	1,606 (0.7,844)
B材 < 4m(m³)	4,601 (51,122)	0,954 (0.0,600)
C材 ≥ 2m(m³)	3,953 (42,811)	4,619 (51,322)
合計(m³)	12,114 (0.34,600)	7,179 (0.9,767)
歩留まり	79.3%	70.1%
C材利用による歩留まり向上率	26.2%	47.0%

表 1.3.2 チップ化方式による比較

	移動式チップパー	固定式チップパー
投入本数(本)	689	336
投入材積(m³)	21,159	9,693
投入重量(t)	19,253	4,745
グラブフル一掴みあたり投入丸木本数(本)	7.2	2.4
グラブフル一掴みあたり投入丸木材積(m³)	0.223	0.069
生産チップ量(m³)	92,888	18,368
生産オガ屑量(m³)	-	4,236
オーバーサイズ量(m³)	-	0,417
総作業時間	7,180	4,089
生産性(丸木材積換算)(m³/時)	10.6	0.5
生産性(丸木材積換算)(m³/日)※1	62.7	31.2
労働生産性(丸木材積換算)(m³/人時)※2	5.3	4.3
労働生産性(丸木材積換算)(m³/人日)※2	31.8	29.6

※1 スクリーン直前で、チップのサイズを揃えた長尺木片(長さ60mm以上)
 ※2 1日5時間稼働と仮定
 ※3 2名作業と仮定

1. 4 間伐未利用材のチップ・ペレット化による多目的利活用実証事業 (遠野興産株式会社)

福島県周辺地域では、近年木質バイオマス燃料を利用する発電施設や熱利用施設の新設により需要が急増する傾向にある。このため、同社では間伐時に発生する間伐未利用材を収集・搬出し、工場においてチップ化もしくはペレット化した上で、近隣の製紙工場の製紙用及び燃料用チップや畜産農家の敷料等として総合的に利活用することを目的に、本事業に取り組んだ。

事業内容は、①間伐の実施と間伐未利用材の効率的な収集・運搬システムの構築、②現地破碎によるチップ輸送効率の向上、③チップ・ペレット化による間伐未利用材の多目的利活用に分けられている。①については、用材及びパルプ材・枝葉等も併せて搬出を行うシステムを構築し、本事業における残材部分への定額助成金を利用することによって、山主へhaあたり約8万円を返すことができるようになった。②では、枝葉の破碎には移動式破碎機の有効性が確認されたが、それでも経済性をクリヤーすることは困難であった。

本事業全体で、自社及び協定締結先における自力間伐の実施面積合計は100.1ha、間伐未利用材搬出量は6,335m³を達成することが出来た。



写真 1.4.1 間伐作業（伐採、集材、搬出）の流れ



写真 1.4.2 遠野興産(株)工場での破碎試行



写真 1.4.3 間伐現場での現地破碎試行

1. 5 社有林の利用間伐促進及び木質資源有効利用促進実証事業

(王子木材緑化株式会社)

同社の社有林4か所（鳥取県江府山林、岩手県野田山林、宮崎県北郷山林、徳島県引地山林）および徳島県の民有林事業地1か所において、異なる作業体系を用いた利用間伐を実施し、間伐材の伐採、搬出、運搬等、各作業の生産性、コストの把握・評価を行い、可能な限り低質材の利用を可能とする作業方法を明らかにすることが目的である。

本年度は、江府山林、野田山林、北郷山林および徳島県の民有林事業地においては車両系（作業路＋高性能林業機械）、引地山林においては架線系により間伐作業を実施した。間伐の方法は、江府山林、野田山林、北郷山林においては定性間伐で、他の2事業地では列状間伐である。また、未利用間伐材については、パルプ原木、木質燃料用材等に分別し、有効利用を図った。木質燃料用材については、引地山林で架線による全木集材を行い、従来、林地に残されてきた枝条を搬出して利用する方法を検討した。

その結果、異なる伐出システム別に、作業工程毎の生産性が明らかになり、今後の間伐伐出作業における経費算出の根拠となる実証データが得られた。枝条の燃料利用については、破碎や輸送コストの概略が把握でき、経済的に引き合うための課題が明らかになった。

自力間伐の実施面積は 56.25ha、木質バイオマスの利用数量は、製紙原料が 6217.7m³、燃料用が 69.5m³であった。

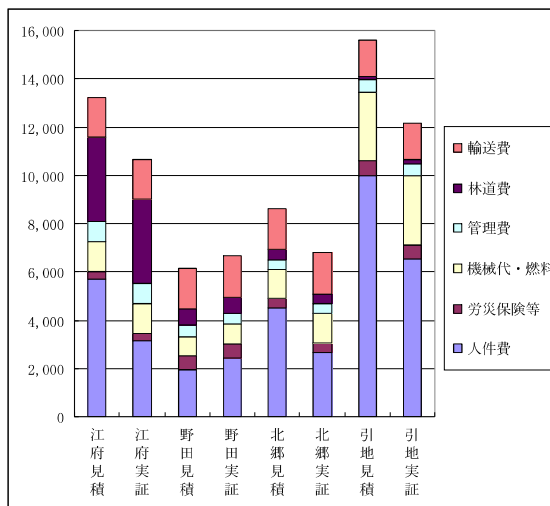


図 1.5.1 各事業地での素材生産コストの見積と実績の比較

表 1.5.1 各間伐事業地の伐出作業システム

山林名	作業システム		間伐方法
江府山林	作業道(路) + 車両系高性能林業機械	既設および新設作業路から搬出路を開設	グラップルで木寄・集材、フォワーダで搬出
野田山林			グラップル・スキッド・ブローダで木寄・集材、スキッドで搬出
北郷山林			グラップルで木寄・集材・搬出
引地山林	架線集材	県道から架線(一段)を架設、線下の列状および横取りで全木集材	列状
三好西部森組	作業道(路) + 車両系高性能林業機械	既設作業道(路)からスイングヤードで木寄・集材、ブローダで枝払・玉切、フォワーダで搬出	列状

1. 6 端材や枝条等の低コスト集荷システムの開発及び発電用燃料等への利用実証事業 (住友林業フォレストサービス株式会社)

大量に放棄されているいわゆる不採算材、プロセッサ普及に伴いまとまって残置されるようになった末木枝条の削減、さらにはそれらが引き金となって発生する林地崩壊の防止、加えて地球温暖化対策としてのCO₂削減の観点から、端材や枝条等の木質バイオマス資源を効率的に収集し、発電用燃料として有効利用を図る地域モデルの確立をめざす。

本年度は、ビジネス化する上で、最大のネックとなっている収集運搬コストについて、①林地から林道までの搬出コスト、②山土場での積み込みコスト、③それ以降の破碎、利用に係る運搬コストを分析し、さらに④破碎コスト、⑤情報収集及び営業コスト等を加えて、それらのコストの最適化を図ることを目的に検証を行った。実証地は、愛媛県及び高知県全域の12エリア28地域であり、最終需要先は、燃料用は住友共同電力株式会社壬生川火力発電所と、住友大阪セメント株式会社高知工場の2工場である。また、資源のカスケード利用の観点から、愛媛県内の大王製紙株式会社にも製紙用及び燃料用チップを納入した。その結果、運搬方法の違いによる積載効率や運搬コストが明らかになり、林内からの集材方法についての方向性を確認するとともに、現場ごとに異なる多様性に柔軟に対応する営業スタイルを確立できた。運搬コストを考えれば、燃料用資源は地産地消型のビジネスモデルを目指し、製紙用やボードチップは、地域で破碎した後、最終需要者に運搬する形態が有望と判断できた。

自力間伐の実施面積は176.28ha、林地残材の利用材積は全体で2887.8m³(2406.41t)であり、用途別では燃料用が1,310.46t、パルプ用が1,095.95tであった。

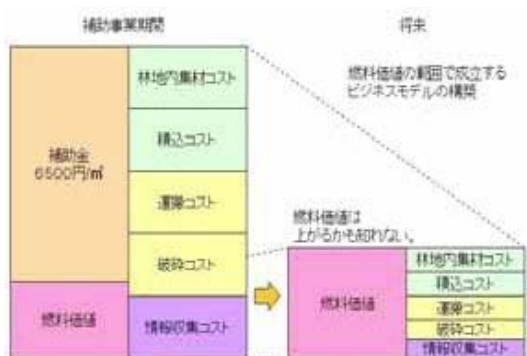


図 1.6.1 林地残材の収集・運搬コストの最適化目標

表 1.6.1 運搬方法の違いによる積載効率

運搬	集積方法	1車(山)積材の容積 (m³)	積載効率 (t/m³)	積載効率 (t/車)	燃料用 (t/車)
A	11tトラック	26	0.180	4.600	生
B	11tトラック	26	0.181	4.711	生
C	8輪トラック(11t)	20~25	0.204	4.093	生
D	11tトラック(11t)	26	0.176	4.576	半乾
E	4輪トラック	10	0.172	1.721	生
F	8tトラック	18	0.202	3.637	生
J	11tトラック(11t)	26	0.245	6.258	乾
K	8tトラック(11t)	26	0.253	7.033	生
L	アムール車	26	0.176	4.905	半乾
	平均		0.199	4.653	



写真 1.6.1 積み込みコストの合理化実証



写真 1.6.2 路網集材現場での集材

1. 7 森林からの木質バイオマスの総合リサイクル推進実証事業

(株式会社ファーストエスコ)

同社は木質バイオマスを100%燃料とする10,000kW級の発電所を全国で3ヶ所運営し、これまでは家屋解体材や土木工事発生由来の木質チップを燃料に用いてきた。本実証事業では新たに間伐現場から発生する木質バイオマスが利用できるか否か、経済性を加味した可能性を探ることを目的として、『間伐→運搬→燃料チップ化(破碎)→利用(発電)』の一連のモデルについて検証を行った。

対象の木質バイオマスは幹材、根元端材、末木枝条とし、これらを効率的に利用すべく、①末木枝条の圧縮結束装置の導入可能性に関するコスト評価、②燃料チップ化時の品質グレード(燃料用・ボード用)選別による経済性改善効果、③トラック荷台の改良による運搬コスト削減に関する検討を加え、実証事業を行った。

本実証事業の実施場所は、広島県安芸太田町、山口県周南市、大分県日田市の3地区で、このうち、①を広島県安芸太田町で、②を山口県周南市で、③は大分県日田市で実施した。間伐面積は合わせて36.7ha、得られた木質バイオマスは3,381m³であった。



図 1. 7. 1 実証事業の概要



写真 1. 7. 1 圧縮結束装置



写真 1. 7. 2 林地残材運搬に使用したトラック

1. 8 間伐材の多様な活用と全工程でのコスト評価に関する実証事業 (フルハシEPO株式会社)

同社は木質チップの製造、木製パレット加工、建設副産物のリサイクル事業等を展開している。本実証事業では未利用材の一次的利用として木製パレット化し、二次的利用として木製パレットおよび製材端材のリサイクルとしてチップ化を行う、木材資源のカスケード利用のビジネスモデルを提案し、事業を実施した。具体的には①自力間伐の実施と低質間伐材の利用、②専用コンテナを用いた未利用材の収集・運搬の実証、③未利用材の製材およびパレット製造についての実証、の3項目で行った。自力間伐の実施場所は愛知県内の7カ所で、間伐面積は32.4ha、集材量は462m³であった。このほか実証事業としてコンテナを用いた未利用材の運搬等で1,337m³を収集した。



図 1. 8. 1 実証事業の概要

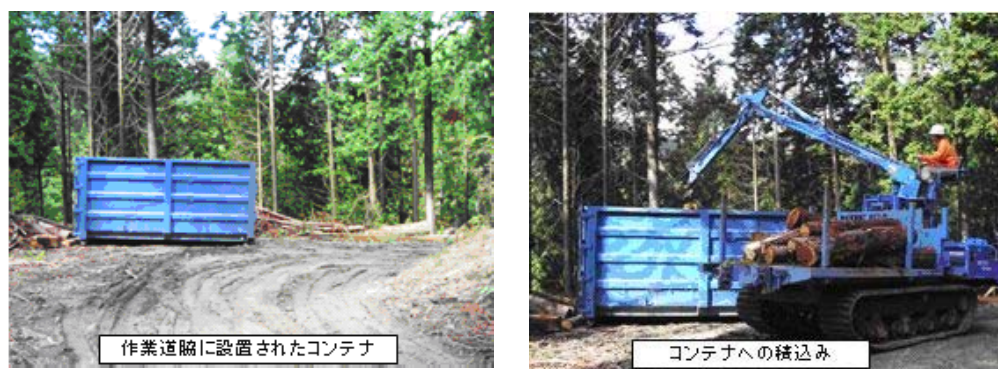


写真 1. 8. 1 専用コンテナを用いた未利用材回収（愛知県豊田市御内）

1. 9 間伐未利用材を有効活用した地域活性化システム実証事業

(E2リバイブ株式会社)

同社は親会社が総合建設業で、林業、木質ペレット製造販売、木質燃料燃焼機器の販売事業を展開している。本実証事業では建設業で培った技術ノウハウを活用して未利用材を収集、破碎、搬出、そして木質ペレット製造に至るまでの一連の流れをローコストに抑えた、汎用性のあるビジネスモデルを確立するための実証を行った。具体的には①シュートコースターを用いた残材収集、②建設機械と林業機械を用いた効率的な木材収集・搬出・破碎、③林地残材からのペレット製造、の3点から検討を行った。①については適用場所と実用化の可能性が明らかになった。また、②においては建設機械ならびに林業機械にて全木集材した後、仮土場にて造材・選別、自走式破碎機による残材破碎を実施した。自力間伐の実施場所は三重県大台町で実施面積は43haで、集材量は5,000m³であった。

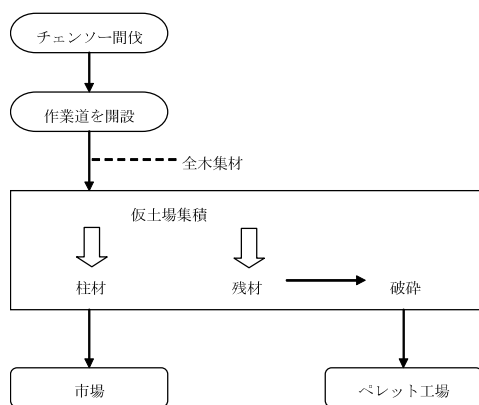


図 1.9.1 実証事業内容



写真 1.9.1 シュートコースターを用いた集材

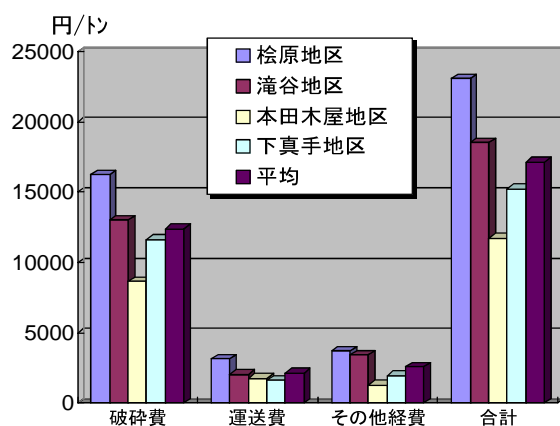


図 1.9.2 搬出コスト試算結果



写真 1.9.2 林地残材原料の木質ペレット

1. 10 間伐材の工業化チップ燃料ならびにおが粉の利用多様化実証事業 (キベス株式会社)

同社は木質チップの製造・販売、および木質バイオマスボイラーによる熱源供給事業を展開している。本実証事業では収集した未利用間伐材をチップまたはおが粉に加工して、従来の燃料用以外の多様な用途への利用を図り、付加価値を最大限に高めるための実証を行った。具体的には①直接チップ化によるボイラー燃料としての利用、②剥皮、おが粉化による付加価値の高い、工業原料用（蚊取り線香、樹脂、活性炭等）としての利用から構成される。自立間伐の実施場所は和歌山県日高郡日高川町、有田郡広川町の2地区計45.8haで、集材量は1,299.5m³（1,082.9t）であった。

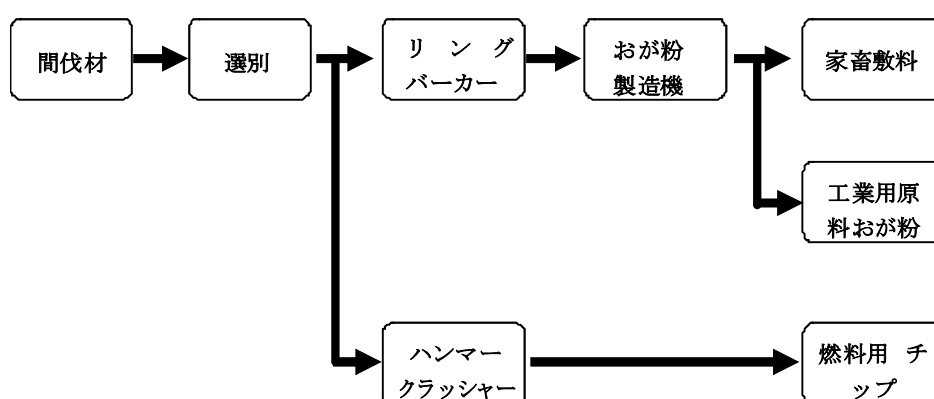


図 1.10.1 実証事業フロー（未利用間伐材集材後の流れ）



写真 1.10.1 おが粉製造機



写真 1.10.2 製造したおが粉

表 1.10.1 未利用間伐材利用量の内訳

燃料用 チップ	工業用 おが粉	家畜用 おが粉
706.9 t	370 t	6 t

1. 1 1 間伐により発生する木質バイオマス資源のMDFへの利用実証事業 (エヌ・アンド・イー株式会社)

同社はMDF（中密度繊維板）の製造を事業展開している。本実証事業では未利用間伐材をボード原料および加工時の燃料として利用すべく、収集、運搬・利用の効率化に関する実証を行った。具体的には「徳島すぎC材MDF活用協議会」を発足させ、素材生産事業体と共同で、全木集材を前提とした幾つかのパターンで構成される収集・運搬方法を検討・実施した。また端材及び短尺材の運搬は主に小型ダンプ車（6～8t）により実施した。自力間伐の実施場所は那賀川、吉野川流域の11地区で面積は計94ha、集材量は4,700m³（5,131t）であった。このほか実証事業として5,140m³（5,611t）を収集した。

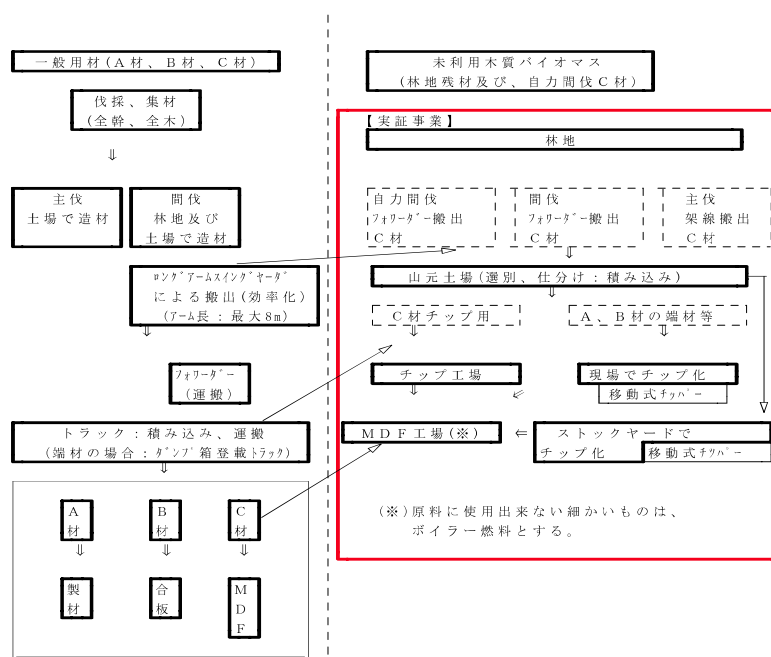


図 1. 11. 1 実証事業内容のフロー図



写真 1. 11. 1 ロングアームスイングヤーダを用いた集材試験



写真 1. 11. 2 小型ダンプ車（6～8t）への端材、短尺材の積載

1. 1 2 廃熱を利用した乾燥チップ生産実証事業

(協同組合きもつき木材高次加工センター)

同組合は、素材生産業、製材業、建設業の7社で構成する事業協同組合で、木材の乾燥と加工処理の請負加工を主な事業としている。本実証事業では間伐未利用材からの乾燥チップが化石燃料の代替品として競争力を確保するために、安定供給体制の構築、コスト低減、品質（水分調整）を念頭に置き、ペレットに準ずる発熱量をもつ乾燥チップの供給実証を行った。具体的には、①平ボディ車の併用による集材・運搬・選別の効率化、②末木枝条の現場粉碎によるボイラー燃料用チップ化、③木材乾燥機廃熱を利用した乾燥チップの生産と養鰻施設への供給、の実証を行った。自力間伐の実施場所は鹿児島県大隅地域の20カ所で面積は26.61ha、集材量は1,898.7m³であった。

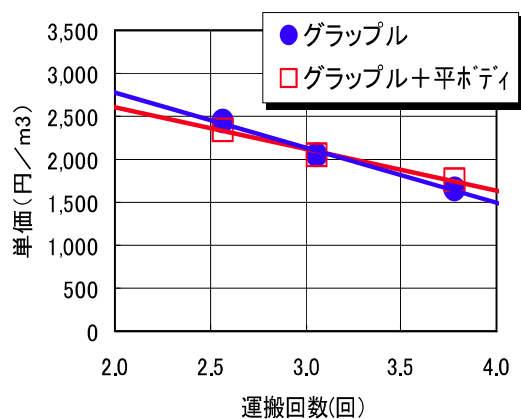


図 1.12.1 平ボディ車併用による運搬回数と運搬コスト



写真 1.12.1 チップ乾燥機の一例と乾燥チップ (右上)

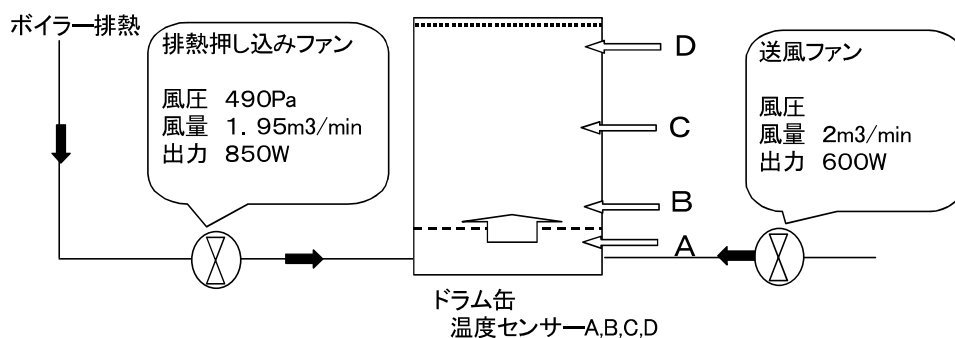


図1.12.2 ドラム缶式の簡易なチップ乾燥機の模式図

2. 実証事業の実施結果

2. 1 渚滑川流域木質バイオマス資源利活用実証事業

(滝上林業協同組合)

2. 1. 1 実施事業のねらいと実施内容

(1) 実証事業のねらい

滝上町の一部では、従来から、伐採木を全幹材で里土場まで運材し、里土場で造材が行われており、そこで排出される端材はピンチップとして、家畜敷料や堆肥の水分調整剤として農業用に販売利用されてきた。この木質バイオマス需要に加えて、平成20年度には町営宿泊施設への木質チップボイラー、日本製紙旭川工場の木質バイオマスボイラーが導入され、木質チップ需要の安定的供給が求められてきている。さらに、農水省から滝上町木質バイオマスタウン構想が公表され、今後、家畜敷料や公共施設へのバイオマスエネルギー利用が展開され、将来的には、BTL 施設による温水暖房、発電および液体燃料生産というトリジェネレーションへの展開についても検討されようとしている。

こうした中で、地域の森林整備を推進する取組として滝上町森林組合は施業集約化や長期施業委託契約に取組む一方、滝上町林業協同組合は間伐材および伐出残材の有効利用に取り組み、地域資源の有効利用を図りながら地域林業経営の恒久化、持続性の回復、町内森林の合理的利用推進を目指している。

(2) 実証事業の内容、規模

滝上町は、行政面積の90%(その約85%が国有林)が森林で民有林面積10,500haのうち人工林は5,400ha、その内7齢級以上の要間伐面積が4,000haと人工林の75%を占めている。しかし、平成19年度の搬出間伐は、60haと平成18年度森林災害復旧事業の影響を受けて大きく遅滞した。

一方、地域資源である木質バイオマス資源は、上述のように農業用資材(家畜敷料や堆肥の水分調整剤)や町営宿泊施設に導入される木質チップボイラーの燃料として、また、今後展開が予想される再生可能エネルギー源として、地域の大きな期待が寄せられている。

本事業は、滝上林業協同組合が滝上町森林組合、JA オホーツクはまなす農業協同組合、滝上町、日本製紙木材(株)と共同で間伐事業の推進と地域資源の効率的な収集方法や安定供給システムを実証し、農業用資材や地域熱エネルギー利用に向け地域が一体となって取り組んだ。

「具体的実証課題」

実証① 間伐材伐出作業の低コスト化

町内木材会社の提供する要間伐林を使った間伐伐出実験による低コスト化について検討したが、とくに、以下の課題の重要性を認識するに至った。

- 1) 若年林間伐に適した機種を選定。
- 2) 機械伐出作業に適した間伐選木方法。
- 3) 伐倒、木寄せ、小運搬、造材など各過程間の機種交代や連携の効率化。

実証② 林地残材の収集とその利用

昨年、一昨年の伐採跡地に残された残材を収集し、これをチップとして利用する各過程のコスト分析を実施し、これら林地残材の利用可能性について質およびコスト面から検討した。その結果、以下の事項について認識するに至った。

- 1) 運搬トラックの積載量が小さすぎるため、その対策が必要なこと。
- 2) 現在の施設による破砕コストが大きすぎるため、合理的な破砕システムを構成する必要のあること。
- 3) 町営宿泊施設のチップボイラーは、チップに土砂が混入すると炉内にクリンカの発生が頻繁に発生して運転の妨げになるため、破砕時から土砂の混入防止を講ずる必要のあること。
- 4) 日本製紙木材(株)旭川工場の木質バイオマスボイラーには、利用可能であること。

実証③ 定額助成による自力間伐

地域から出材される林地残材の収集と有効活用の実証に向けて滝上町森林組合、滝上林業協同組合が地域一帯となって取り組むことで当初計画 5,000m³ に対し 7,544.556m³ と大きな成果を得ることができた。

- 1) 施業集約化及び長期施業委託契約の推進
滝上町森林組合は、自力間伐整備の推進に向けて施業集約化に取り組み、33名の所有者と1,085haの長期施業委託契約を締結することができた。
- 2) 木質チップ燃料供給
町営宿泊施設に導入された木質チップボイラーの燃料供給のため燃料保管庫を整備し、自力間伐材を利用した燃料供給を始めた。

(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20年9月2日～平成20年2月28日

b 事業の実施体制

事業実施者 滝上林業協同組合
構成員 濁川製材(株)、江本木材産業(株)、加藤木材(株)
井上産業(株)(有)真貝林工、岸林業(株)、滝上運輸(株)
共同実施者 JA ホ-ツはまなす滝上支所、日本製紙木材(株)道支店
滝上町森林組合、滝上町

c 事業の実施場所

間伐等実施場所

実証① 滝上町札久留地区、
実証② 滝上町大正・滝下地区、
実証③ 滝上町雄柏・本流・白鳥・滝下・札久留地区

破砕作業場所 濁川製材(株)、濁川里土場、
滝上運輸(株)濁川土場、(有)真貝林工幸町土場

チップ利用先 JA ホ-ツはまなす、ホテル溪谷、日本製紙木材(株)

d 滝上町の民有林の現況

① 森林所有形態

滝上町の森林簿には、6080 個の林小班が記載されており、総面積は約 21,500ha、所有戸数は 603 戸である。その所有規模は 0.04ha から 490ha に及ぶ。

表 2.1.1 所有規模別森林面積と戸数

所有規模別 面積と戸数	面積 (ha)	面積割 合 (%)	戸数	戸数割 合 (%)
1ha 以下	31.41	0.1	61	10.1
1ha-5ha	734.53	3.4	239	39.6
5ha-10ha	1037.1	4.8	147	24.4
10ha-50ha	2,585.37	12.0	133	22.1
50ha-100ha	613.53	2.9	10	1.7
100ha 以上	16,495.8	76.7	13	2.2
合計	21,497.74	100	603	100

このように面積割合では 100ha 以上の所有者の森林が圧倒的に多く 76.7%を占めるが、所有者数割合では 1-5ha 所有者が最も多く 40%を占め、2 位が 5-10ha 所有者で 24%、3 位が 10-50ha 所有者で 22%である。この 3 者で 86%を占めており、本州と異なり、1ha 以下の所有者は 10%と少数派になる。このように、本州に較べれば、比較的規模の大きい所有者が多いことが特徴である。

② 森林の状況

滝上町内民有林の林齢別面積を見ると、図 2.1.1 のようになる。

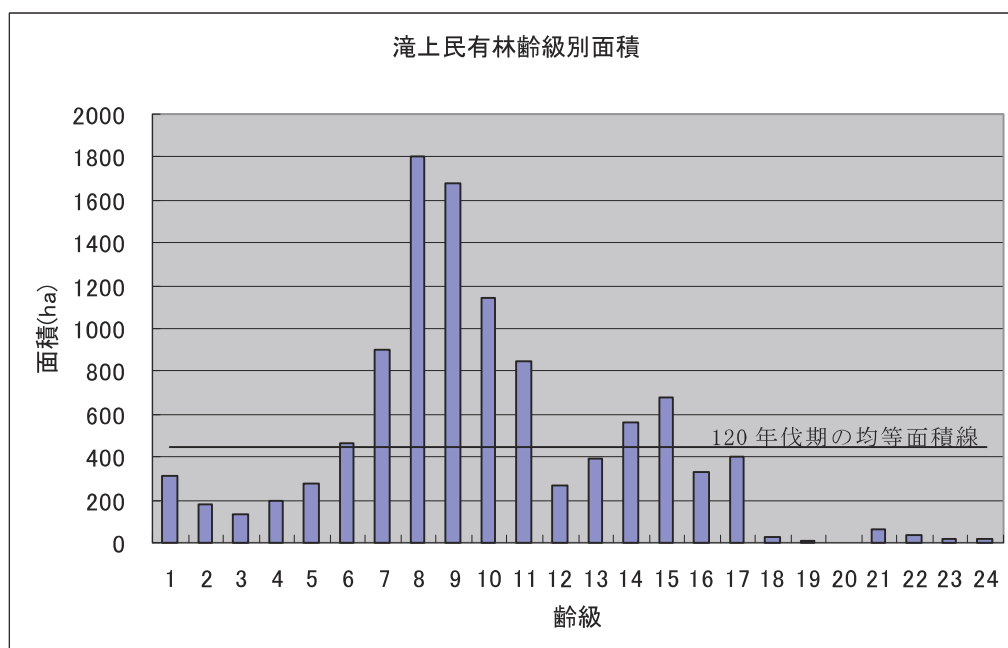


図 2.1.1 滝上町民有林の林齢別面積

このように他地域と同様に、8、9 齢級あたりに集中しており、5 齢級以下が極端に少なくなっている。森林の恒続性を維持するためには、仮に伐期を 120 年とすると、これを 120 年伐期均等面積線のレベルに均等配分するように持って行かなくてはならない。これは恒久的な木質エネルギー供給のためには避けて通れない課題である。

2. 1. 2 実施事業の実施方法

(1) 間伐材伐出作業の低コスト化

当地域では、30 年生以下の人工林は、切捨間伐が主で間伐木は林地残材として放置されている。そこで森林の CO2 吸収など多様な機能の推進と木質バイオマス資源の利用拡大を図るため、カラマツ(25 年生)1.80ha、トウヒ(25 年生)2.48ha をフィールドに林業機械を活用した林地残材の効率的な収集に向けた路網及び作業システムの実証を行った。

(2) 林地残材の収集及びチップ化

山土場で 12 ヶ月以上天然乾燥した林地残材を収集して生材との破碎効率や品質の比較を行うとともに、乾燥した木質バイオマスの保管庫の整備を行い、農業用資材や木質チップボイラー燃料として利用するシステムについての実証を行った。

(3) 自力間伐から出材される林地残材の収集と有効活用の実証

自力間伐から出材される林地残材を収集し、破碎処理等を行い、地域木質バイオマス資源利活用に向けた実証を行った。

2. 1. 3 実施事業の実施結果

(1) 間伐材伐出作業の低コスト化

a 実証試験地の設定

本実証試験のために、滝上町札久留地区内の加藤木材会社所有の 25 年生の林に実証試験地を設定した。試験地の詳細を図 2.1.2 に示す。

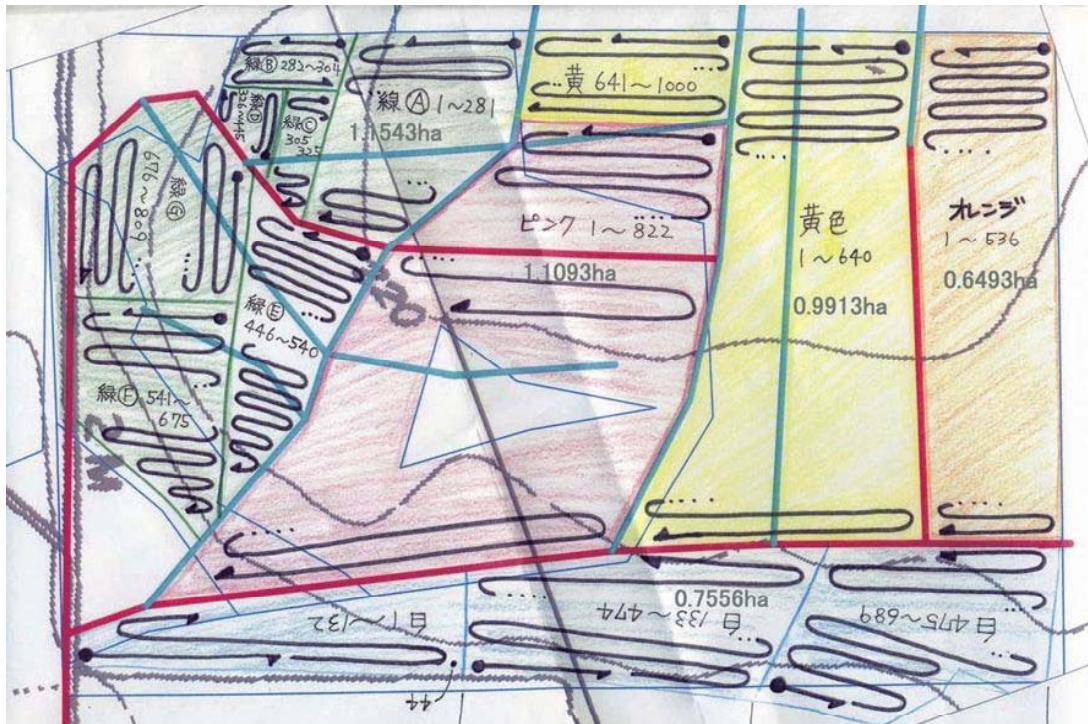


図 2.1.2 間伐実証試験林(滝上町札久留地区加藤木材会社所有地内)

試験地は長辺 270m、短辺 185mの長方形の地域で面積は約 4.66ha ある。赤線（少し濃目の線）は既設の作業道で、青線（薄目の線）が今回新しく開設した路線で 895mある。この試験林は 25 年生である。ここで毎木調査を行い、全ての植林木にナンバーテープをつけた。そのナンバーテープの色によって図 2.1.2 に示したように場所分けをしている。右方から左方にナンバーテープの色でオレンジ、黄、ピンク、緑、下側の赤線（既設作業道、濃目の線）の下を白とした。各地区の面積は図 2.1.3 のとおりである。

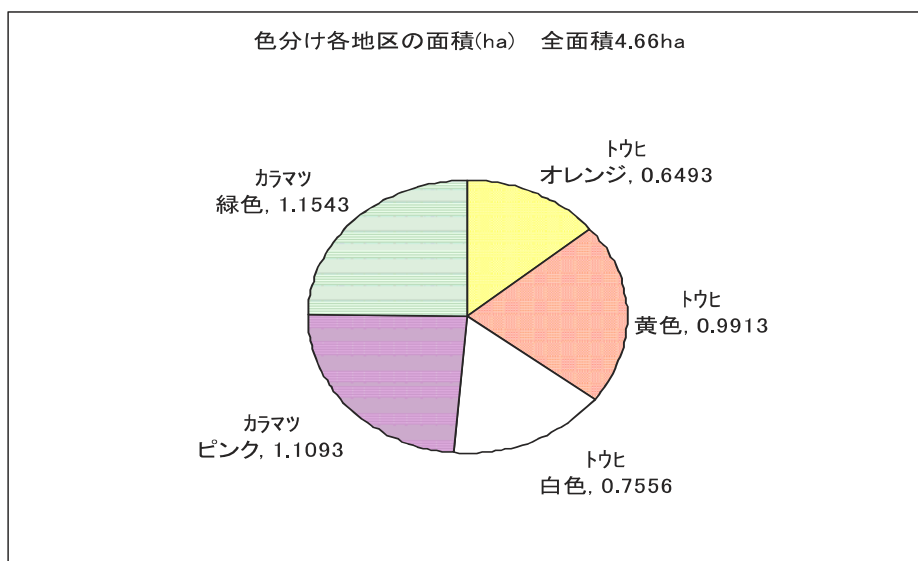


図 2.1.3 色分け各地区の面積 (ha)

b 伐出方法

この試験地は作業道密度が高く平均木寄せ距離が 20m 以下の場合がほとんどである。滝上町には、素材生産業者が 3 社、3 セクの林業会社(グリーンたきのうえ)が 1 社あり、この間伐では、素材業の眞貝林工、滝上運輸とグリーンたきのうえがそれぞれ手持ちの機械を使用して作業を実施した。チェーンソー伐倒は加藤木材が行った。

毎木調査：選木などの作業はグリーンたきのうえが実施した。出材量の計測は眞貝林工が実施した。なお、白地区のみ列状間伐を採用した。これは、トウヒの下枝が邪魔になって選木マークが見えないためにこの方法を取ったものである。また、残木帯については次回以後この間伐列からの定性間伐で行われる。他の色分け地区は定性間伐である。

この実証事業には、林地残材の効率的な収集方法を試すことも含まれているので、土地生産力維持のため枝葉は林地に残し、全幹のまま、持ち出すことを考えていたが、全幹で作業道上を引き出したりすると、土石を嘔んでしまい後の利用面で悪影響が出るため、道までの木寄せ後に造材を行い、フォーワーダ全積載で土場まで運ぶ方法が選ばれた。チップ材にしても、ペレット材料としても、土石混入による品質の低下は避けなければならない。

道付け：グラップル(EX120, 0.45 クラス)を使用し、黄地区内に 180m、全地域で 895m の搬出路を設けた。

伐倒：オレンジ・白地区では、ハーベスタ(SK135, 0.45 クラス)を使用した。黄・緑・ピンク地区では、チェーンソーにより伐倒した。一部ハーベスタで伐倒したが、トウヒの下枝で選木マークが見難いため、途中で手切り作業に切り替えた。

木寄せ：ピンク・緑地区では、グラップル(コマツ、0.3 クラス)を使用した。オレンジ・黄地区では、グラップル(EX135, 0.45 クラス)を使用した。白地区は列状間伐であったので、伐倒と同時にハーベスタで道まで運んだ。

枝払い・玉切り：ハーベスタ(PC138, 0.45 クラス)を使用し、この作業は道まで木寄せした後、道端で行った。

集材：フォーワーダ(CG65, 6t クラス)を使用した。この作業は道端で造材された材を土場まで運ぶ作業である。土場は図 2.1.2 のオレンジ地区右下端である。

桝積：土場での桝積作業であり、グラップル(EX135, 0.45 クラス)を使用した。

運材：積み込みにはローダー(型名不明)を使用した。

運送：10t 平ボデートラックを使用。

c 出伐量

出材量についての計測結果は表 2.1.2 のとおりである。

表 2.1.2 出材量のまとめ

材種	項目	トビ	カラマツ	雑木	計	割合 (%)
一般材	丸太本数	413	163		576	
	材積 (m ³)	32.446	9.923		42.369	36.9
	重量 (t)				42.86	31.4
チップ材	丸太本数	1236	794	330	2360	
	材積 (m ³)	39.831	22.459	10.205	72.495	63.1
	重量 (t)	41.68	24.32	12.93	78.93	57.8
端材	重量 (t)				14.85	10.9
計	丸太本数	1649	957	330	2936	
	材積 (m ³)	72.277	32.382	10.205	114.864	100
	重量 (t)			12.93	136.64	100
	材積割合 (%)	62.9	28.2	8.9		

材積の比率で見ると、一般材(製材用) 36.9%とチップ材 63.1%でおよそ 2/3 がチップ材であった。この表の値で、重量(t)/材積(m³)をとるといずれの場合も 1 以上の値になる。

重量比率で見ると、端材量は 14.85 t で 10.9%であった。この量は出材量 1 m³ について 129.3kg/m³ になる。面積あたりでは、2.306t/ha である。チップ材と端材を加えると 93.78 t (68.7%)になるので、面積あたり 20.124t/ha である。

本数間伐率は 24.9%であるが、材積間伐率では 20%である。なお、出した材は一般材とチップ材として買い取ってもらったが、販売価格は表 2.1.3 のようになった。

表 2.1.3 生産材の販売状況

材種	材積 (m ³)	価格 (¥)	単価 (¥/m ³)
一般材 (単材)	41.868	¥340,635	¥8,136
チップ材 LP (層積)	8.316	¥62,370	¥7,500
チップ材 NP (層積)	22.889	¥80,111	¥3,500
チップ材 TP (層積)	14.630	¥51,205	¥3,500
合計	87.703	¥534,321	¥6,092

d 間伐作業成績

本試験地の間伐には町内 3 社がそれぞれ手持ちの機械を用いた作業を行ったが、各機械の稼動時間および人員の作業時間は表 2.1.4 のとおりである。作業日数は 20 日である。

表 2.1.4 各工程の使用機種、機械稼働時間および作業時間

作業内容	作業人数	使用機 械名	機械クラス	機械稼 働時間	重 機 運 搬	作業時 間	会社名
調査(全木)	26					166	グリーンたきのうえ
集材路道付 け	2	グ ラ ッ プ ル	EX120 (0.45 クラス)	9	2	19.5	グリーンたきのうえ、滝 上運輸
伐倒(機械)	3	ハ ー ベ ス タ	SK135(0.45 クラス)	22	2	22	滝上運輸
伐倒(手切 り)	3					24	加藤木材
木寄せ	8	グ ラ ッ プ ル	コ マ ツ (0.3クラス)	53.5		54	グリーンたきのうえ
木寄せ	4	グ ラ ッ プ ル	EX135(0.45 クラス)	30	2	30	真貝林工
枝払い・玉切 り	4	ハ ー ベ ス タ	PC138(0.45 クラス)	24.5	1	24.5	真貝林工
集材	3	フ ォ ワ ー ダ	CG65 (6tク ラス)	18.5	1	22.5	真貝林工
計測	1					7.5	真貝林工
桧積	2	グ ラ ッ プ ル	EX135(0.45 クラス)	15		15	グリーンたきのうえ、真 貝林工
積込	1	ロ ー ダ ー		4.5		4.5	滝上運輸
運材	3	平 ボ デ ー	(10t)	19		19	滝上運輸
計測・出荷	1					4	グリーンたきのうえ
端材積み込 み	2	グ ラ ッ プ ル		12		12	
端材運搬		ユ ニ ッ ク		12		12	
合計	63			196		436.5	
調査を除い た合計	37			196		246.5	

この表の機械稼働時間および作業時間内の作業量を計算すると、表 2.1.5 のようになる。

表 2.1.5 工程別時間あたり作業量

札久留試験林間伐結果まとめ					道付け・計測・運材を省いた場合	
作業内容	使用機械	機種	出来高/人工	費用/出来高	出材量/人工	費用/出材量
単位			m3/人日	¥/m3	m3/人日	¥/m3
調査(全木)			4.4	2,943		
集材路道付け	グラップル	EX120 (0.45 クラス)	114.9	731		
集材路道付け補助			114.9	149		
伐倒(機械)	ハーベスタ	SK135(0.45 クラス)	38.3	2,398		
伐倒(手切り)			38.3	522	38	522
木寄せ	グラップル	コマツ (0.3 クラス)	14.4	1,822	14	1822
木寄せ	グラップル	EX135(0.45 クラス)	28.7	1,587		
重機運搬	セルフ		114.9	261		
計測			114.9	177		
枝払い・玉切り	ハーベスタ	PC138(0.45 クラス)	28.7	1,716	29	1716
集材	フォワーダ	CG65 (6tクラス)	38.3	1,171	38	1171
桧積	グラップル	EX135(0.45 クラス)	57.4	794	57	794
積込	ローダー		114.9	656		
運材	平ボデー	(10 t)	38.3	326		
計測・出荷			114.9	64		
端材積み込み	グラップル	出来高(t)	7.4	3,131		
端材運搬	ユニック	出来高(t)	7.4	1,010		
計量			0.0	119		
調査を除いた合計			3.0	13,028	6	6025
合計			7.4	15,971		
立木間伐量(m3)	178.6	出材量(m3)	114.864	作業道(m)	895	
		端材量(t)	14.85			

全体の労働生産性は調査を除いた場合で 3.0m3/人日である。通常目標とされる 10m3/人日に遠く及ばない。出材費用が調査を除いても 13,028 円/m3 と大変大きな値になってい

る。費目別コストを示すと表 2.1.6 のとおりであり、これは実際に支払われたものである。実証事業とは言いながら、全ての機械を借り上げて行われたものなので、機械使用料が機械損料として明確になっている。この負担が給与とともに大きい。

端材運搬のコストは積み込み 3131 円/t、運搬 1010 円/t、合計 4141 円/t となっている。この値は林地残材をエネルギー源として使用するとき大きな負担になりそうである。

表 2.1.6 費目別コスト

項目	間伐コスト(¥)
給与	497,624
機械損料	562,950
燃料	173,444
重機運搬	136,000
計	1,370,018

この結果の低能率の原因として、作業者は、トドは下枝が多く残っており、選木マークが見え難く、ブームを延ばすのも困難であったということ、および、使用したハーベスタのグラップル機能が悪く、根切りは良いが、根切りした材を持ち出すのが困難であったということをおいている。その言のとおり、ハーベスタによる伐倒の能率が低い、グラップルによる木寄せ作業の能率も低く、ハーベスタによる枝払い・玉切りにもコストが掛かっていることが分かる。

木寄せ作業の数値には列状間伐を含んでいない。木の密度が高く、見通しが大変悪い上に定性間伐ゆえの木寄せの困難さが加わっているのではあると思われる。先に低能率の理由の述べられた機械伐倒作業が手切りと余り代わらない低い能率を示しており、コストとしては手切りの方が有利であることが示されている。ハーベスタの利点は伐倒後直ちに木寄せ、バンチングあるいは造材を同時に遂行することにある。その点を考えると、ハーベスタ機種を選択が適当でなかったということになる。いずれにしても、定性間伐で事前に選木をする場合には、ハーベスタから選木マークが見難く、かつ伐倒作業、木寄せ作業が困難と言う問題が作業能率を落とす大きな原因になったことは明白である。

以上、定性間伐と事前選木という 2 点が作業能率に大きく影響することが示された。

e 改良案

これを改良する方法として考えられるのは、まず、事前選木を止め、伐倒作業者に任せする方法である。先進のヨーロッパ林業地では、ほとんどの場合、選木はオペレータ任せになっている。それゆえ、オペレータには高い選木知識が要求されている。競争も激しい。大学などで森林生態学の受講をしているオペレータも多いと聞く。

今ひとつは、兵庫県宍粟市の八木木材会社が採用している方法であるが、伐採を手切りとして、グラップル木寄せ作業の有利方向を考えた選木と伐倒方向を選んで伐倒する方法である。この場合は、伐出作業全体の指揮を伐倒手が取ることになる。八木木材では、伐倒木の作業道への引き出し作業を容易にするために、道に対して鋭角になるように伐倒し、

長材をほとんど方向転換せずに、ロングブームグラップルで引き出し、引き出された材は直ちに他のグラップル車で、作業ポイント(小規模の山土場)に定着して造材をするプロセッサの位置まで搬送することにより、プロセッサの待ち時間をゼロにするという方法を取っている。この方法では道線に対して鋭角方向の列状伐採のような形になる。参考のため、京都大学農学部杉本氏作成の図を次に示す(図 2.1.8)。

材の流れ方

- ・ プロセッサは作業ポイントに固定する
- ・ ロングリーチで木寄せを行い、グラップルでプロセッサの作業ポイントまで集材する
- ・ 伐採列は作業道に対して斜めに入れる
 - 材を作業道上で旋回させずにすむ

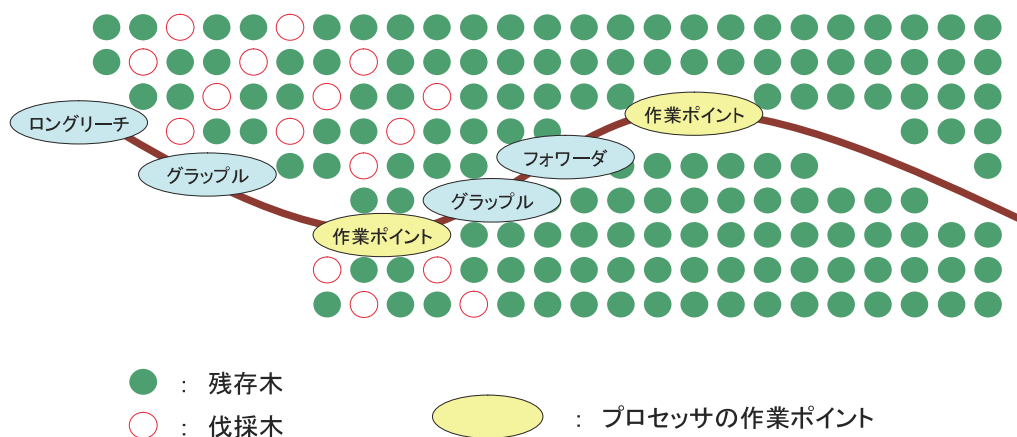


図 2.1.8 兵庫県宍粟市八木木材の間伐伐出システム(京都大学農学部杉本氏作図)

f 他地域の例による考察

上述の理由により労働生産性が低かったことと、全て借り上げ機械で行われたことによる機械損料の大きさがコスト負担になっていることは否めないが、大よそ 2000 円/m³ 掛っているトラック運材と道付け作業、および計測を省いて、伐倒に手切りを採用して伐倒から集材、極積までの計算をすると表 2.1.5 の右方に書かれたように、労働生産性が 6m³/人日弱で費用が 6025 円/m³ になる。この過程については、過去の他地方でのデータがあるので、札久留の条件に合わせて伐倒から極積までの費用についてシミュレーションしてみると、図 2.1.9 のような結果が得られた。

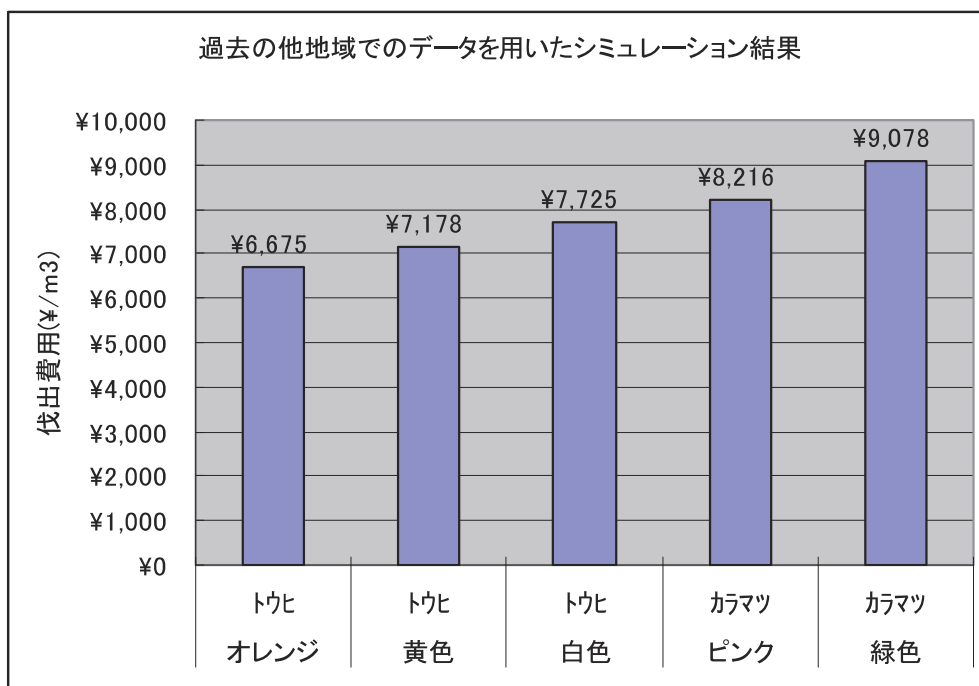


図 2.1.9 過去の他地域データを用いたシミュレーション結果

このデータから見ても、札久留の間伐結果が特に低い能率であったとも言えない。いろいろと障害はあったにしても、作業能率にもっとも大きく影響するのは木の大きさであると言われるので、この年代のものでは、普通の結果なのであろう。

g 間伐後の生育についての考察－生産持続のための伐期について

この試験林は今後も観察を続けることが望ましいが、その目安として以後の生育過程についてのシミュレーション結果を次に示す。

森林総合研究所の正木隆氏が、秋田スギ試験地の長年の記録から、樹木の生長には当該木の半径 8 m 以内にある立木の断面積合計と強い相関関係があり、それ以上の範囲をとっても影響の程度は増えないという結果を見出し、その相関関係式を導いている。この関係を用いて各樹木の今後の生育過程をシミュレートすることができる。

この方法を用いて、今後 7 年ごとに 25% ずつの間伐を 2 回実施し、その後伐期に至るまで間伐をしないという想定で、シミュレートして、10 年毎に期待できる皆伐出材量と平均胸高直径および伐出単価を求めると、図 2.1.10 のような結果が得られる。

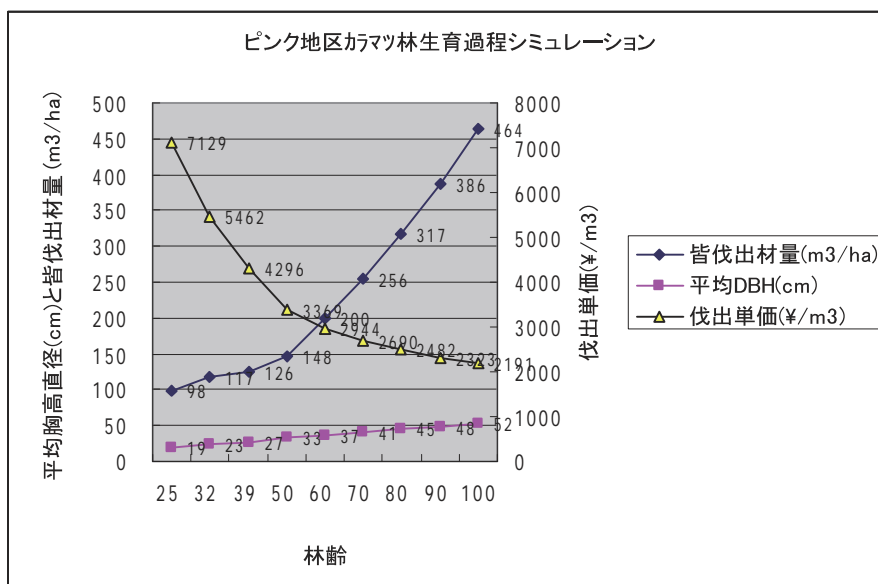


図 2.1.10 ピンク地区カラマツ林の生育過程シミュレーション

ピンク地区カラマツ林の生育過程では、少し見にくいですが、25年生で平均胸高直径が19cmから、100年生では52cmになる。皆伐出材量も造材歩留まりを7割とした場合であるが、25年生で90m³/haであったものが、100年生では464m³/haになる。もし、2回の間伐後も7年ないし10年間隔で20%以上の間伐を繰り返すと、蓄積はどんどん下がっていくようである。蓄積を増やすためには、ある程度のスペースが出来た後には間伐はやめなければならない。

そこで、何時皆伐すれば良いかということになるが、最低限度、確実に再生林が出来て、森林経営を継続できる程度の収益が期待できる水準に達した後ということになるだろう。さらに、以後の各期に期待される皆伐費用について求めてみると、図 2.1.11 のような結果が得られる。ここで示された皆伐費用は伐倒から山土場での桝積までなので、ここに示された差額からさらにトラック運賃(約2,000円/m³)を引かなければならない。

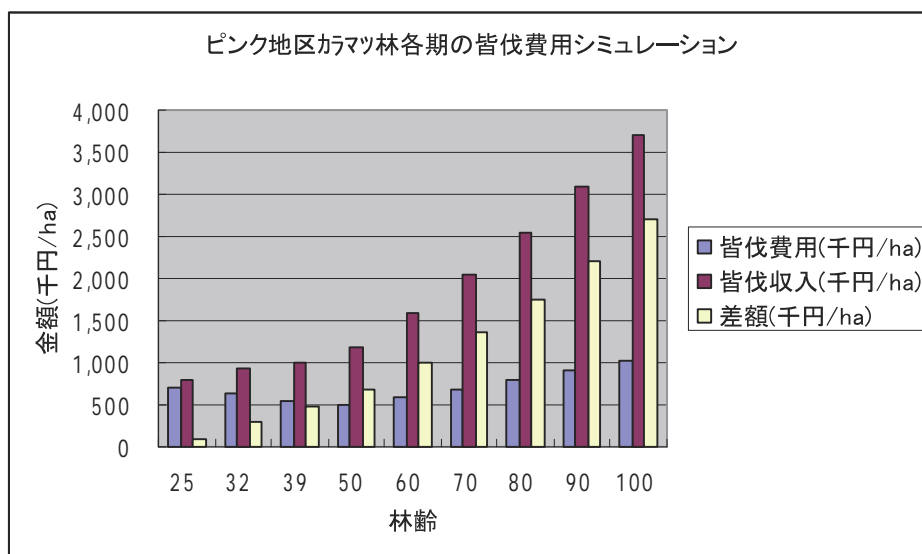


図 2.1.11 ピンク地区カラマツ林の各期の皆伐費用シミュレーション

この図では、25年の段階では皆伐してもほとんど収益(差額)は得られないことが示されているが、70年80年の段階に至ると、平均胸高直径が40cmを超えて収益性も高くなる。表2.1.3の販売実績からみると多少欲張った値ではあるが、一律に8000円/m³としてみると、トビならば80年で150万円/ha、100年で220万円/haくらいの差額が得られ、カマツなら80年で175万円/ha、100年では270万円/haの差額になる。この差額が大きくなれば森林所有者の原木収入も大きくなるわけである。ただ、従来の造林方法によれば、ヘクターたりりの造林費は40-50万円/ha以上かかり、その後の手入れ費用なども考慮すると、この程度の収益ではまだ工夫が必要になる。80年以下の皆伐では十分な差額が得られない。森林生産を持続させるためには、結局のところ、長伐期方針をとり、再造林の方法を工夫して確実に再造林できる可能性を高める必要がある。

(2) 林地残材の収集とその利用

間伐未利用材を燃料として利用する際には、何らかの方法で原材料を乾燥する必要があるが、ここでは伐採後林内に放置して天然乾燥して利用する方法について、その適用性を実証した。今回は過去に伐採され林内に放置されていた材を対象に、材の収集、破碎、燃料としての利用適性について検証した。

a 背景

滝上町では、数年前まで、年間3万m³以上の素材生産を行っていた。当地の造材習慣として、山林内に大規模な土場を作り、伐採木は全木で土場に集めて造材していたので、土場に相当量の造材廃材が蓄積されているのが通常の状態であった。過去の計測によって、用材1m³生産ごとに絶乾状態重量で約98kgの端材がのこされていることが記録されている。したがって、3万m³の木材生産時には約3000t(絶乾)のバイオマスが林地に残されていることになる。これらの残材はほとんど放置され、そのまま自然分解して消滅するはずのものである。この膨大な量のバイオマスを収集してエネルギー源として使用できないかというのが、今回の実証事業のテーマである。

b 林地残材の収集

本事業では、3箇所から町内の運輸会社によって総量で143tの残材を収集した。収集元はいずれも町有林のサボテン山、オシラ山4、オシラ山6、収集先はオシラ2堆積場で、収集運搬の途中で計量器のある滝上産業(株)に寄って、収集量の計量を行った。位置関係を図2.1.12に示す。また、収集量を表2.1.7に示す。

表2.1.7 林地残材の収集場所と収集量

	搬送距離(km)	収集量(t)
サボテン山	5	72.74
オシラ山4	3.5	29.28
オシラ山6	4.5	40.95
合計		142.97

注) 林地残材の含水率は未測定

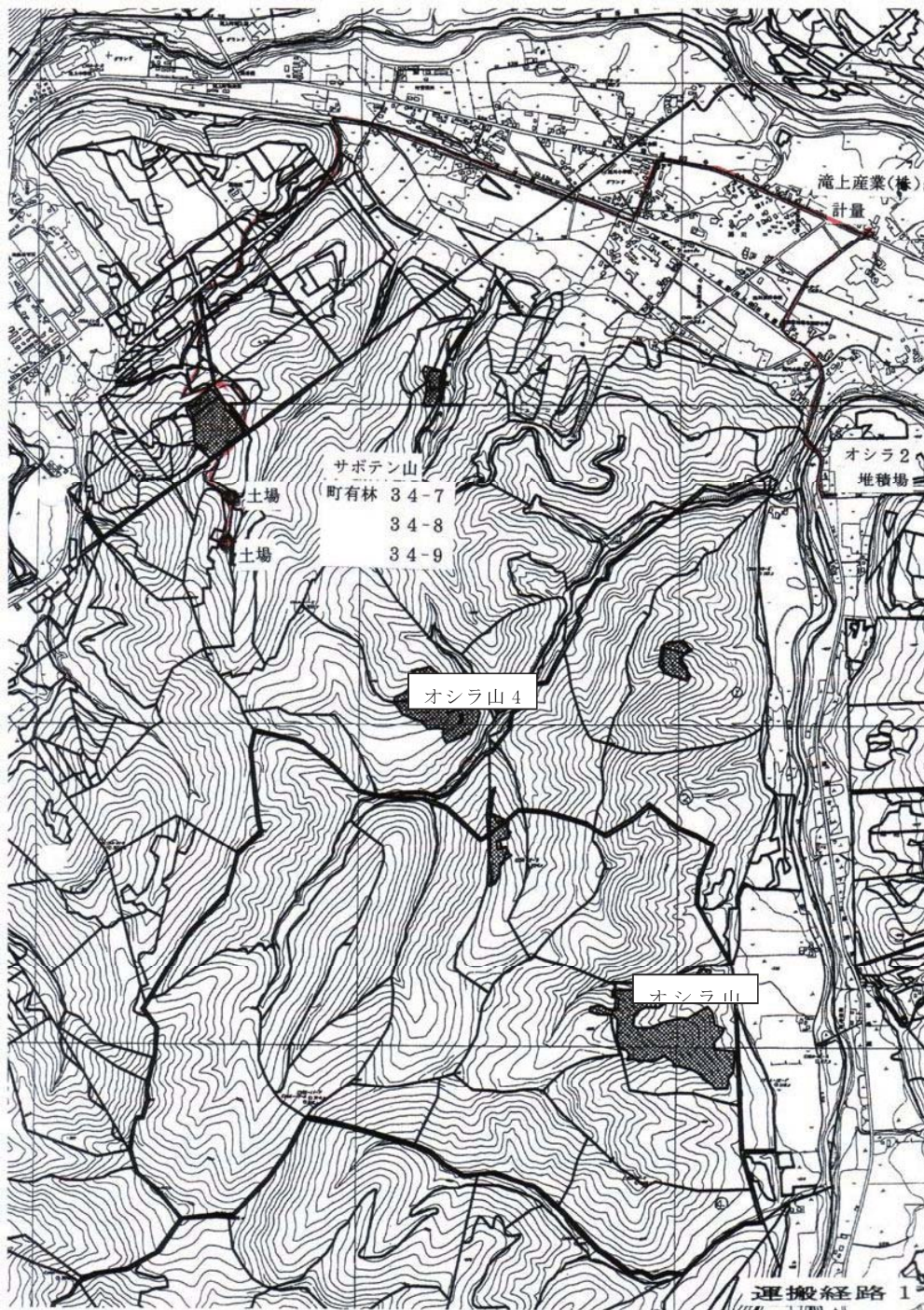


図 2.1.12 林地残材の収集位置および運搬経路

収集作業は9月27日と29日の2日間で行った。全体の記録を表 2.1.8 に示す。なお、費用計算の元になる機械の使用料等は表 2.1.9 のとおりである。

表 2.1.8 林地残材収集作業の総量と費用

項目	単位	数量
総搬出量	t	142.97
積み込み時間	h	18
トラック拘束時間	h	54
里土場整理時間	h	14
延運搬距離	km	178.5
トラック積載量×距離	km*t	650.455
平均運搬量	t/回	3.644
平均運搬距離	km	4.550
ローダ費用	¥	140,000
トラック費用	¥	300,000
グラップル費用	¥	93,200
費用合計	¥	533,200
トンあたり費用	¥	3,729

表 2.1.9 機械の使用料と所要経費

機種	技術者給	機械損料	燃料代	合計
ローダ	13,000	45,000	12,000	70,000
トラック	13,000	27,000	10,000	50,000
グラップル	13,000	24,000	9,600	46,600

林地残材の収集費用は 3,729 円/t という結果になっている。この重量は水分を含めたウェット重量であり、残材収集段階での含水率の計測は行っていない。また、この収集費用を先の間伐試験の端材運搬の場合と比較すると、グラップルで積み込む作業のコストが高く、積み込みだけで 3000 円/t 以上掛っており、運搬費も 1000 円/t を超えていたので、ほとんど大差はない。

残材収集作業は、山土場のローダで 10t ダンプトラックに直接、残材を積み込み、搬送途中で滝上産業(株)に寄って計量し、オシラ 2 堆積場まで運んだものである。また、オシラ 2 堆積場では、土場整理のためにグラップルが 1 台必要であった。各機械の時間作業量とトンあたり費用を表 2.1.10 に示す。

表 2.1.10 林地残材収集作業の時間作業量と費用

作業	機械	作業量 / 時		費用 / t	費用 / km*t
		t/h	t*km/h	¥/t	¥/km*t
積み込み	ローダ	7.9		¥979	
運搬	トラック	2.6	12.0	¥2,098	¥461
里土場整理	グラップル	10.2		¥652	



写真 2.1.1 林地残材とローダ(手前)による 10t ダンプトラック(向こう側)への積み込み作業

c 林地残材の破碎とチップ保管庫への搬送

オシラ 2 に堆積された残材は、ガラパゴスという破碎機で破碎した(写真 2.1.2)。この破碎機の上にある漏斗状のタブ部分からグラップルで端材を投入して破碎する。したがって、破碎機の能力内では端材投入速度によって破碎する速度が制限される。破碎されたチップはそのまま 4t ファームトラックで受け取り、4 km 離れたチップ保管庫まで搬送し、バックホーで積み上げた。各作業工程の時間作業量と費用を表 2.1.11 に示す。



写真 2.1.2 タブ型破碎機(ガラパゴス)

表 2.1.11 林地残材の破碎と保管庫への運搬時間と費用

作業	使用機種	作業時間	チップ量:注 2	チップ量/時	経費	経費/t
		h	t	t/h	¥	¥/t
準備	バックホー	6			45,000	432
準備	ダンプ	2			10,000	96
スクリーン付け替え	ユニック	6			42,000	403
土場片付け	バックホー	1			7,500	72
破碎	破碎機	26.5	104.17	3.93	265,490	2,549
投入	グラップル	26.5	104.17	3.93	137,465	1,320
チップ積み込み:注 3	タイヤシャベル	8.75	38.68	4.42	32,000	827
ヤードへ運搬	ファームダンプ	25.75	58.92	2.29	126,000	2,138
ヤード内チップ積み上げ	タイヤシャベル	2.65	58.92	22.23	14,790	251
日本製紙	トレーラ		45.25		日本製紙負担	
主作業		90.15			575,745	7,085
付帯作業:注 1		15			104,500	1,003
合計		105.15			680,245	8,088

注 1: 上 4 行が付帯作業、経費/t の分母は破碎量 104.17t

注 2: 破碎量 104.17tのうち、チップヤードに 58.92t、日本製紙に 45.25t運ばれた

注 3: 破碎時に直接トラックに積み込まれず、はみ出した分をタイヤシャベルで積み込んだ

林地残材の量は 143t であった。しかし、チップにして保管庫に運搬された量は 58.92t (絶乾量 37.88t)、日本製紙に搬送された分が 45.25t (絶乾量 25.7t) で総量は 104.17t (絶乾量 63.58t) であった。表 2.1.11 のチップ積み込み欄の 38.68t はタイヤシャベルで掬ってトラックに積んだもので、他は直接破碎機から出るチップを荷台に受け取れたものである。全ての作業が借入機械によるものであったので、経費試算上問題はあるが、この事業では、破碎作業だけで 3,869 円/t 掛っており、保管庫への輸送料を入れると、7,085 円/t になっている。これに林地残材の収集費用 3729 円/t を加えると、10,800 円/t になる。

なお、絶乾量について同様の計算をしたものを示すと表 2.1.12 のようになる。このように、絶乾量に対しては、t あたり 9,055 円の経費になる。また、林地残材の含水率はチップの含水率より高いことが予想されるので、先に見た収集費は恐らく 4500 円/t を越えるものと考えられる。そうすると両方で 13000 円/t 以上ということになりそうである。

表 2.1.12 絶乾チップ量で計算した場合

作業	使用機種	作業時間	絶乾チップ量	絶乾チップ量/h	経費	経費/t
		h	t	t/h	¥	¥/t
準備	バックホー	6.00			45,000	708
0	ダンプ	2.00			10,000	157
スクリーン付け替え	ユニック	6.00			42,000	661
土場片付け	バックホー	1.00			7,500	118
破碎	破碎機	26.50	63.59	2.40	265,490	4,175
投入	グラップル	26.50	63.59	2.40	137,465	2,162
チップ積み込み	タイヤシャベル	8.75	24.70	2.82	32,000	1,295
ヤードへ運搬	ファームダンプ	25.75	37.88	1.47	126,000	3,326
ヤード内チップ積み上げ	タイヤシャベル	2.65	0.00	14.29	14,790	390
日本製紙	トレーラ		25.70		日本製紙 負担	
主作業		90.15			575,745	9,055
付帯作業:注1		15.00			104,500	1,644
合計		105.15			680,245	10,699

注 1: 上 4 行が付帯作業、経費/t の分母は破碎量 63.59t

注 2: 破碎量 63.59t のうち、チップヤードに 37.88t、日本製紙に 25.70t 運ばれた

注 3: 破碎時に直接トラックに積み込まれず、はみ出した分をタイヤシャベルで積み込んだ

e 品質の問題

1 月末からホテル溪谷のチップボイラーで燃焼試験を 10 日間で 40m³ を使用した。チップ中に石が混入していたため、炉内で高温の石に灰が溶けて大きなクリンカが頻繁に発生して燃焼の妨げとなった。そのため、36 時間毎に運転を停止して炉内清掃を行ったが、ボイラーの性能への影響が大きいため試験を中止して燃料を製材工場の背板チップに切り替え、残チップは農業用敷料として地域の農家に供給した。

混入原因は、破碎時にグラップルで林地残材を投入する際に土間の石を混入させたことやチップを保管庫に搬入する際にタイヤシャベルで敷石を混入させたものと判明した。

今後、チップ燃料の取り扱い方には、細心の注意が必要であると指摘されており、燃料用原料の保管方法や破碎・搬送時の取り扱い方の検討を行い、スクリーンの導入や作業のマニュアル化が必要である。

(3) 自力間伐から出材される林地残材の収集と有効活用の実証

今回の実証事業によって林地残材（C材量）が、当初見込みより多く出材され地域資源の有効利用の可能性を示唆する結果となった。

平成 21 年 2 月、町営宿泊施設に導入された木質チップボイラーへの燃料供給が始まった。

チップボイラー木質バイオマス利用システム



■導入年度及び事業名

平成20年度 林業・木材産業構造改革事業

■導入目的

本町の地域山林から発生する林地残材や未利用資源をエネルギーとして利活用し、地球温暖化や持続型循環型社会の構築を目指します。

■ボイラの概要

- ・ 名 称 シュミット社 UTSK-300.22
- ・ 定格出力 300Kw
- ・ 供 給 先 室内暖房、浴室給湯等
- ・ チップ年間消費量 1,750m³（計画）

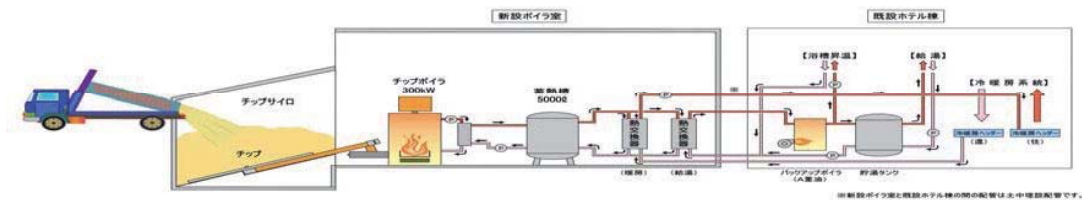


図 2.1.13 町営宿泊施設における木質チップボイラーの導入

表 2.1.13 H20 自力間伐事業量

	計 画	結 果	増 減
事業面積	200ha	217.72ha	+ 17.72ha
事業量	5,000m ³	7,544.556m ³	+2,544.556m ³
	4,170t	6,287.13 t	+2,117.13 t

滝上町森林組合は、間伐遅れ林分の解消を目指して自力間伐の推進を図るため森林所有者に施業集約化や長期施業委託契約を推進し、民有林面積の10%となる1,085.21haを締結した。これによって高性能林業機械による効率的な施業が可能となり森林所有者への施業プランの提案が可能となり、地域木質バイオマス利用の推進に向けた資源の安定供給が可能になってきている。

表 2.1.14 H20 長期施業委託契約と自力間伐施業実績

	契約者数	総面積	H20 施業面積
実証事業前	0	0.00	0.00
実証事業後	33	1,085.21	124.36

2. 1. 4 考察、その他

(1) 得られた成果のまとめ

① 間伐作業の低コスト化

- 1) 今回の試験地が、平地林であったため、作業路開設は容易であった。列状間伐だけでも通路を作ることが可能である。
- 2) トウヒ人工林は、下枝が多く事前選木したマークをハーベスタのオペレータが確認できず作業効率が低下した。
- 3) ハーベスタのある種のもは把持能力が弱く、伐倒後の引き出し作業などが困難であった。
- 4) 滝上町で慣行的に行われている集中土場方式は、集材（集中土場までのフォワーダによる小運搬）が必要になる。
- 5) 複数のチームによって、それぞれの手持ち機械を使用した分業的作業であったために、機械運搬等に費用を要した。

② 林地残材の収集とその利用

課題も次の3つのことが判明した。

- 1) 通常の10tトラックの積載量が3t台と少なすぎる。
- 2) グラップル投入、ガラパゴス破碎という現在の破碎システムではコストが掛かりすぎる。
- 3) 林地残材チップでは土砂の混入が問題である。

(2) 今後の課題

① 間伐作業の低コスト化

- 1) 路網開設については傾斜地でのテストが必要である。
- 2) 事前選木は止めて、ハーベスタのオペレータに任せるか、チェーンソー伐倒手に任せる。後者については兵庫県八木木材作業班のやり方が参考になる。
- 3) ハーベスタは、グラップル機能の優れたものを選択する必要がある。
- 4) できれば集材を省き、道端造材後、運搬先別の小樅積としてトラック運材に直結させる。
- 5) 複数のチームによって作業を行う場合は、作業の流れを管理するコーディネータが必要である。各工程間の連携が大切である。

② 林地残材の収集とその利用

- 1) 10t トラック同様の跋涉(ぼっしょう)能力のあるトラックの車台を大型のものにする。
- 2) 端材投入機、破碎機、篩分け機の連続する自動運転のできる破碎システムを作る。
- 3) 伐採時から、注意をして土砂の混入を防ぎ、林地残材という形にはせず、端材部分も用材部分と同時に里土場を下ろす。
- 4) 必要であれば、破碎前洗浄装置を装備する。
- 5) 原則として、林地残材を作らない方法を講じる必要がある。

2. 2 パーティクルボード及び木質ペレット原料としての 木質資源利用実証事業

(株式会社 イワクラ)

2. 2. 1 実証事業のねらいと実施内容

(1) 実証事業のねらい

a 林地残材について

炭酸ガスの排出抑制、また最近の国際的な原油価格の高騰の影響を受けて、循環資源である木質原料の必要性が高まっている。

森林は、木材生産だけではなく、水源のかん養、土砂流出の防止、二酸化炭素の吸収・貯蔵機能による地球温暖化防止など、様々な公益的機能を有している。しかし、外国産の安価な木材などとの競合等により木材価格が長期にわたり低迷していることや、生産コストがかさむことなどから採算性が低下し、管理の行き届かない森林の増加が懸念される状況となっている。このため、森林づくりを下支えする林業・木材産業の健全な発展に向けて、人と環境に優しい資源である木材が、適切に生産されるとともに、積極的に利用されるという環境の仕組みづくりを進める必要がある。

なかでも森林の整備により供給される間伐材や、伐採後搬出されず林内に残されている未利用木材を木質バイオマスとして有効に活用していくことは、地域資源の循環利用を通じた地球温暖化の防止につながるものと考えられる。

弊社は、林業を主体とし、林地から木材を集荷する高度のノウハウを有している。弊社が未利用木材の集荷システムの開発を行い、パーティクルボード及び木質ペレットの原料として使用する事によって、林地の未利用木材を有効に活用する可能性が増大することから、造林から保育・伐採までの森林整備のリサイクルが円滑に進み、森林の有する多面的機能が持続的に発揮されていくことを期待する。

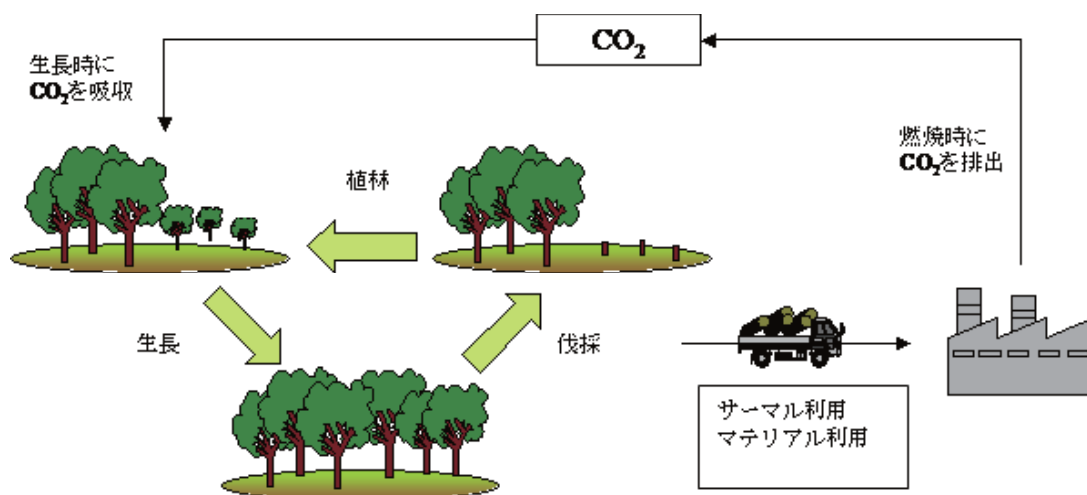


図 2. 2. 1 森林資源の循環

b 原料事情について

針葉樹合板の需要拡大及び建築解体材等の用途(燃料・エタノール)拡大により、ペレット及びパーティクルボードの原料確保が難しくなっているのが現状である。従って長期的に大量製造を目指し維持してゆく為には、原料の安定確保が最優先課題となっている。

弊社は社内部門として造林・造材を行っている部門があり、間伐を主とした伐採作業を行っている。伐採された原木から製材を取り、残りの小径木・枝条・残材等は林地に未利用材として置かれているのが現状である。

弊社では社内事業において林地未利用材の用途として、ペレットの原料やパーティクルボードの原料、そしてそれらに使用出来ない低品質の物は、熱源としてバークボイラーの燃料とするなどのカスケード利用が可能であり、山の木を全て余すことなく活用出来る。

木質資源の段階的利用

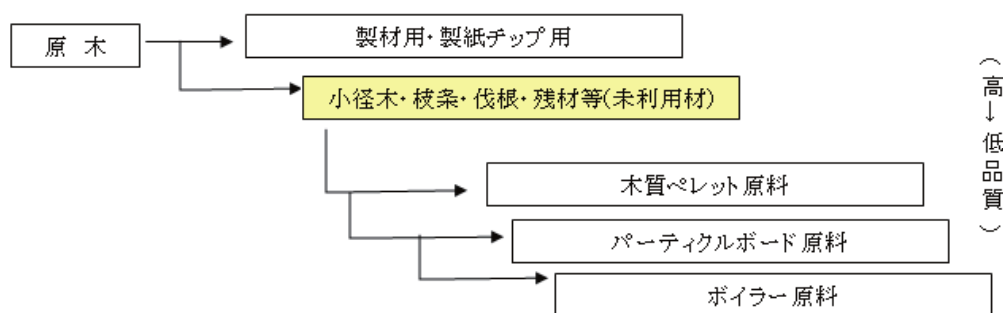


図 2.2.2 木質資源カスケード利用図 (イワクラ)

(2) 実証事業の内容、規模

a 内容

実証事業の具体的な内容としては、穂別地区で間伐作業を行う現場から、未利用木材を集荷する。

「未利用木材集荷作業」

伐倒作業：人間がチェーンソーで伐倒を行い、枝払いを行い、グラップルで集める。

集材作業：ブルドーザーで原木を土場まで搬出する。

造材作業：製材を造材する。この時に、末木及び根元部の残材部分の未利用木材を土場ごとに集めておく。

この作業を延べ25日間行う。

未利用木材搬出に係る費用は、1日の作業量の2割として予定する。

「未利用木材破碎・運搬作業」

集めてある未利用木材をグラップルで移動式破碎機に投入しチップ化する。破碎したチップを、ダンプに直接ベルトコンベアで積み込む。ダンプでイワクラ工場まで運搬する。この作業を延べ10日間行い、運搬を行う。

「未利用木材利用（パーティクルボード）」

林地未利用木材の用途としては、イワクラはマテリアルリサイクルであるパーティクルボードの製造工場を有している。未利用木材一次破碎チップのパーティクルボード化を以下に示す。「切削→篩い→乾燥→貯蔵→接着剤塗布→ホットプレス→研磨」初期のパーティクルボード製造は、原木を原料として製造していたので、未利用木材をパーティクルボードの原料として使用することは、新たに検証しなくても可能である。昨年度の実績で、化粧パーティクルボードなどの高品質の原料として使用出来る。

「未利用木材利用（木質ペレット）」

ペレット製造に関しては、ペレット製造施設を平成18年12月に導入し、カラマツ原木を原料にペレット製造を開始した。未利用木材一次破碎チップのペレット化を以下に示す。

「切削→篩い→乾燥→粉碎→貯蔵→ペレット造粒機→袋詰め」昨年度の実績で、イワクラの造粒機で未利用木材のペレット原料化は、仕様が確立しているが、生産性は通常の本木よりも劣った。生産性の向上を目指す。

b 規模

間伐実施面積 480 (ha) の間伐

未利用木材集荷目標 自力間伐による集荷量 5,200 (m³)

その他の集荷量 384 (m³)

実稼動時間 7ヶ月間

(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20年8月6日～平成21年2月28日

b 実施体制

株式会社イワクラ

林材部 : 未利用木材の原料集荷

ホモゲン工場 : パーティクルボード及び木質ペレットの製造

技術開発室 : 総合計画及びまとめ

株式会社小橋建設（共同実施者）

木質原料集荷システムへの協力

助言・指導

外部委員 北海道立林業試験場 酒井明香

c 実施場所

木質原料集積現場

国有林：倶知安地区・定山溪地区・黒松内地区・登別地区・振内地区・夕張地区

民有林：穂別地区

木質原料利用現場

株式会社イワクラ（北海道苫小牧市晴海町23番地1）

ホモゲン工場（パーティクルボード原料として利用）
ペレット工場（ペレット原料として利用）

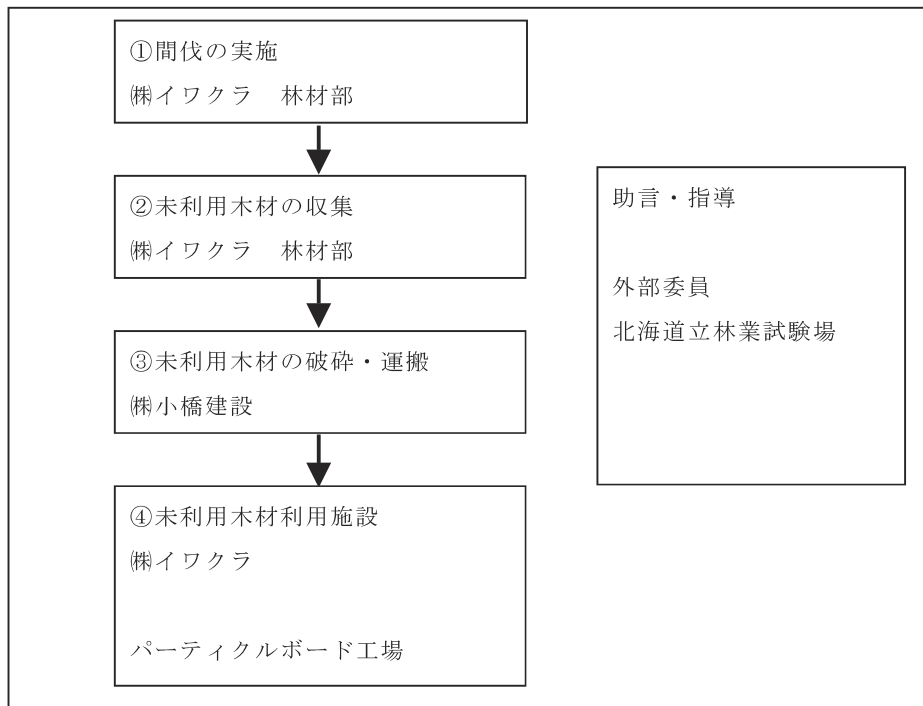


図 2.2.3 事業実施体制

2. 2. 2 実証事業の実施方法

(1) 間伐の実施と間伐材のパーティクルボード及び木質ペレットへの利用実証

① 伐倒作業

人間がチェーンソーで伐倒を行い、グラップルで集める。



写真 2.2.1 抜倒作業



写真 2.2.2 抜倒作業

② 集材作業

グラップルで一箇所に集め、ブルドーザーで原木を土場まで搬出する。



写真 2.2.3 ブルドーザー集材



写真 2.2.4 ブルドーザー集材

③ 造材作業

製材を造材する。この時に、末木及び根元部の残材部分の未利用木材を土場ごとに集めておく。



写真 2.2.5 造材



写真 2.2.6 搬出材

④ 積込作業

集めてある未利用木材をグラップルでダンプに積み込む。



写真 2.2.7 積込作業



写真 2.2.8 積込作業

⑤ 運搬作業

ダンプでイワクラ工場まで運搬し、計量する。



写真 2.2.9 運搬作業



写真 2.2.10 材降作業

(2) パーティクルボード及び木質ペレット原料としての木質資源利用実証事業

① 伐倒作業

人間がチェーンソーで伐倒を行い、グラップルで集める。



写真 2.2.11 間伐前



写真 2.2.12 抜倒作業



写真 2.2.13 抜倒作業



写真 2.2.14 抜倒作業

② 集材作業

グラップルで一箇所に集め、ブルドーザーで原木を土場まで搬出する。



写真 2.2.15 グラップル集材



写真 2.2.16 ブルドーザー集材

③ 造材作業

製材を造材する。この時に、末木及び根元部の残材部分の未利用木材を土場ごとに集めておく。



写真 2.2.17 造材作業



写真 2.2.18 造材作業



写真 2.2.19 製材



写真 2.2.20 残材



写真 2.2.21 残材



写真 2.2.22 残材



写真 2.2.23 残材



写真 2.2.24 残材

④ 破碎作業

集めてある未利用木材をグラップルで移動式破碎機に投入しチップ化する。破碎したチップを、ダンプに直接ベルトコンベアで積み込む。



写真 2.2.25 破碎作業



写真 2.2.26 破碎作業



写真 2.2.27 破碎・積込作業



写真 2.2.28 破碎・積込作業

⑤ 運搬作業

ダンプでイワクラ工場まで運搬し、計量する。



写真 2. 2. 29 運搬作業



写真 2. 2. 30 計量作業

(3) マテリアル及びサーマルリサイクルに関する利用について
 以下のような流れでチップを利用することとする

既存の木質バイオマス利用施設利用フロー図

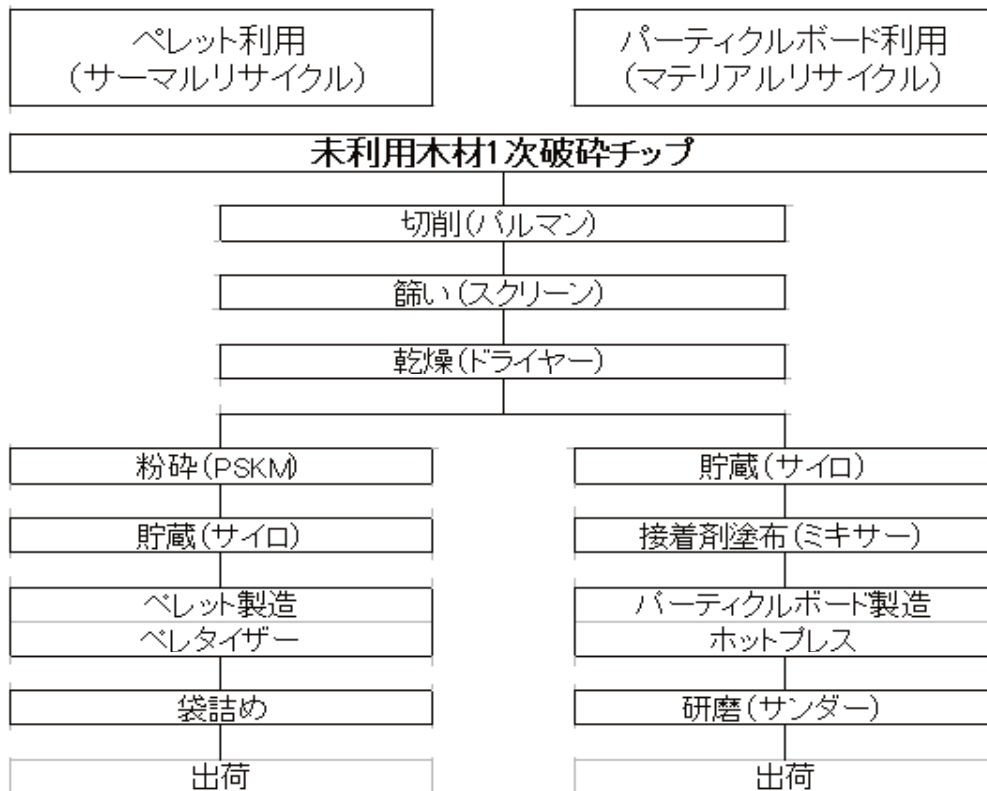


図 2.2.4 チップ利用図



写真 2.2.31 木質ペレット



写真 2.2.32 パーティクルボード

2. 2. 3 実証事業の実施結果

(1) 間伐の実施と間伐材のパーティクルボード及び木質ペレットへの利用実証

a 実施場所

表 2. 2. 1 定額助成事業の実施場所一覧

	名称	林班	樹種	間伐面積 (ha)	立木材積 (m ³)	搬出材積 (m ³)
①	倶知安	2037	ドドマツ	30	1,141	374
②	倶知安	203	ドドマツ	43	1,759	395
③	定山溪	2022	ドドマツ	48	1,337	398
④	黒松内	3030	ドドマツ	90	3,604	1,300
⑤	倶知安	2004	ドドマツ	30	1,561	531
⑥	倶知安	1330	ドドマツ	48	1,101	407
⑦	登別	2339	トドマツ	37	1,967	690
⑧	振内	1006	トドマツ	15	508	151
⑨	穂別	620	カラムツ	27	1,468	61
⑩	夕張	2501	ドドマツ	62	2,591	585
⑪	夕張	2308	ドドマツ	47	1,303	312
計				477	18,340	5,204 (4,337 トン)

間伐方法は定性間伐で、株式会社イワクラの重量計で測定した結果に、補助事業として決められた係数 1 トン=1.2m³ で換算している。

表 2. 2. 1 で示した定額実施場所の地図を図 2. 2. 5 に示す。図はイワクラから各現場までの距離を示している。黒松内が一番遠く、直線で 130 k m 程度となっている。昨年度の補助事業は支笏湖近辺で行い、30km 程度だったが、本年度は最短でも 50 k m 程度となっている。



図 2.2.5 集材場所（北海道地図）

b 代表事例について

倶知安 2004 林班及び登別 2339 林班での作業について、分析を行った。(株)イワクラからの距離は、倶知安まで 100 km、登別が 70 km 程度となっている。

コストの構成は集材費・積込費・運搬費での構成となっている。

集材費は林地残材等の集材に係わる経費で、(株)イワクラ林材部が間伐作業を行い、林地残材を土場事に集材の費用として定額とした。この定額 3,000 円/トン は過去のモデル的な場所での実際の作業から割り出した単価である。

積込費は、[グラップル：35,000 (円/日)]・[グラップルオペレーター：20,000 (円/日)]・[燃料：10,000 (円/日)]を定額として、搬出した材積重量から割り出した。

運搬費は、[10 トンダンプ及び原木車：15,000 (円/回)]・[4 トンダンプ：10,000 (円/回)]・[運転手：7,500 (円/回)]・[燃料：7,500 (円/回)]を定額として、搬出した材積重量から割り出した。

表 2.2.2 代表事例詳細表

		倶知安 2004 林班	登別 2339 林班
運搬重量 (トン)		423	575
運搬日数 (日)		19	25
運搬車 (回)	4 トン車	1	0
	10 トン車	38	56
	原木車	12	18
	計	51	74

倶知安 2004 林班及び登別 2339 林班での作業コストは以下の表の通りとなった。

表 2.2.3 代表事例コスト内訳

	集材費 (円/トン)	積込費 (円/トン)	運搬費 (円/トン)	計 (円/トン)
倶知安 2004	3,000	2,789	3,444	9,233
登別 2339	3,000	2,828	3,864	9,692

(2) パーティクルボード及び木質ペレット原料としての木質資源利用実証事業

a 使用機器について

今回実証試験で使用した労務費及び機械の単価を表 2.2.4 にまとめた。10 トンダンプは 2 台使用しており、その大きさは表 2.2.5 の通りである。

表 2.2.4 労務費及び使用機械単価一覧

労務費・使用機械	単価 (円/日)
賃金	11,300
技術者給 (オペレーター)	20,000
技術者給 (現場管理者)	25,000
ブルドーザー	16,000
10 トンダンプ	30,000
グラップル	35,000
移動式破碎機	160,000
ベルトコンベア (発電機含)	26,408

表 2.2.5 使用した 10 トンダンプの大きさ

車番	幅 (m)	長さ (m)	高さ (m)	体積 (m ³)
60-38	2.2	5.1	2.2	24.7
41-32	2.3	5.5	2.7	34.2

b 未利用木材集荷作業

穂別地区は、平成 20 年 12 月 22 日～平成 21 年 1 月 27 日まで実質 21 日間行った。作業は、株式会社イワクラ林材部の造材作業時に発生する残材等を集荷した。残材等集荷作業費用として、全体の作業費の 2 割を集荷作業費とした。

表 2.2.6 集材作業

集材作業		作業全体	残材集荷作業 (作業全体の 2 割)	
		延べ日数 (日)	延べ日数 (日)	
チェンソー	人工	21	4.2	
	グラップル (2 台/日)	機械	42	8.4
		運転手	42	8.4
	燃料	2,656 (1%)	531.2 (1%)	
ブルドーザー (1 台/日)	機械	21	4.2	
	運転手	21	4.2	
	燃料	1,488 (1%)	297.6 (1%)	

c 未利用木材破碎準備作業

平成 21 年 2 月 1 日から移動式破碎機及びベルトコンベアの設置を行ない、2 月 21 日に撤去を行った。

図 2.2.6 破碎運搬作業工程表

工 種	細 目	稼働 日数	2 月																				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
			日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土
準 備 工	場内土場整地	1																					
	ブル																						
	ベルコン組立	1																					
	グラッブル																						
場内集材工	除雪・林道整地	4																					
	ブル																						
	集材	3																					
	ダンプ・グラッブル																						
破 碎 ・ 運 搬	集材	1																					
	ブル・グラッブル																						
	破碎	10																					
	破碎機・グラッブル																						
後片付け	運搬	10																					
	10tDT×2台																						
	ベルコン解体	1																					
	グラッブル																						

表 2.2.7 組立・撤去・場内集材・除雪作業

		穂別地区
		延べ日数(日)
グラッブル	機械	5
	運転手	5
	燃料	460 (リットル)
ブルドーザー	機械	4
	運転手	4
	燃料	368 (リットル)
10 トンダンプ	機械	3
	運転手	3
	燃料	349 (リットル)
重機搬入搬出	機械	10
	普通作業員	2
現場管理者	人工	12

d 未利用木材現地破碎作業・運搬作業

平成 21 年 2 月 6 日～平成 21 年 2 月 20 日まで実質 10 日間行った。

作業はグラッブルで木材を移動式破碎機に投入し、破碎チップはベルトコンベアから直

接ダンプに投入した。破碎機の運転はグラップルの運転手がリモコンで操作した。破碎作業の1日の作業時間は、8時間で行った。

表 2.2.8 破碎作業

破碎作業		穂別地区
		延べ日数(日)
グラップル	機械	10
	運転手	10
	燃料	950 (1%)
破碎機	機械	10
	燃料	2,638 (1%)
ベルトコンベア	機械	10
	燃料	152 (1%)

e 未利用木材運搬作業

2台のダンプが(株)イワクラまで運ぶ作業を行った。

表 2.2.9 糸井及び樽前地区運搬作業

糸井 運搬		穂別地区
		延べ日数(日)
10トンダンプ	機械	20
	運転手	20
	燃料	3,827 (1%)

表 2.2.10 運搬例(2月14日積込・運搬例)

作業スケジュール		
時間	60-38	41-32
6:00	運行	
7:00	積込	
8:00	積込	運行
9:00	運搬(10:00計量) 7.08トン	積込
10:00	運行	積込
11:00	昼休	運搬(12:15計量) 8.98トン
12:00	積込	昼休
13:00	積込	運行
14:00	運搬(15:08計量) 7.10トン	積込
15:00		積込
16:00		運搬(16:51計量) 8.90トン

f 未利用木材集荷に関する結果まとめ

集材量について、日数ごとのダンプ集荷台数及び集荷量を表 2.2.11 にまとめた。

表 2.2.11 穂別地区 集荷量まとめ

月 日	天候	搬入 台数 (台)	1 台目 重量 (t)	2 台目 重量 (t)	3 台目 重量 (t)	4 台目 重量 (t)	合計 重量 (t)
2月6日	雪	4	7.12	8.86	7.11	8.85	31.94
2月7日	晴	4	7.05	8.96	7.05	8.96	32.02
2月9日	雪	4	7.00	8.85	7.05	8.86	31.76
2月10日	晴	4	7.08	8.87	7.06	8.96	31.97
2月11日	晴	4	7.04	8.93	7.05	8.95	31.97
2月14日	晴	4	7.08	8.98	7.10	8.90	32.06
2月17日	雪	4	7.08	8.92	7.09	8.89	31.98
2月18日	晴	4	7.08	8.96	7.09	8.97	32.10
2月19日	晴	4	7.09	8.98	7.10	8.97	32.14
2月20日	雪	4	7.09	8.99	7.10	8.98	32.16
合計		40					320.10 (t) 384.12 (m ³)

g 平成 19 年度の実証事業との破砕比較

平成 19 年度実証事業では、鉄板でヤードを作成し、そこに破砕チップをためて、その

後バケットでダンプに積込み運搬した。平成 20 年度実証事業では、ベルトコンベアから直接ダンプに積込んだ。

レンタル料について、平成 19 年度は鉄板レンタル 3,600 (円/日) + チップバケット 15,000 (円/日) + グラップル 7,500 (円/日) = 29,700 (円/日) で、平成 20 年度はベルトコンベアレンタル 26,408 (円/日) + 燃料 1,596 (円/日) = 28,004 (円/日) となり、ヤード方式よりもコストが低減出来た。

組立・撤去費用について、平成 19 年度はヤード組立撤去に 5 人工かかったが、平成 20 年度ではベルトコンベア組立撤去に 2 人工となり、コスト低減が出来た。

機具運搬費についても、平成 19 年度は鉄板運賃 53,000 (円/回) かかったが、平成 20 年度はベルトコンベア運賃 40,000 (円/回) となり、コスト低減が出来た。

表 2.2.12 費用

	方式	レンタル料 (円/日)	組立・撤去費	機具運搬費 (円/回)
平成 19 年度 実証事業	鉄板ヤード 方式	29,700	組立作業員 3 人 撤去作業員 2 人	53,000
平成 20 年度 実証事業	ベルトコンベ ア方式	28,004	組立作業員 1 人 撤去作業員 1 人	40,000

h 平成 19 年度の実証事業との全体コスト比較

集材費について、平成 19 年度は風倒木を集めた結果 4,350 (円/トン) となったが、平成 20 年度は㈱イワクラ林材部との業務分担により 3,151 (円/トン) となり、コストが低減出来た。

破碎費について、上記の通りコンベア方式に変えた結果、コストが低減出来た。

運搬費について、平成 19 年度は現場までの距離が 23~29km であったが、平成 20 年度は 50km となり、コストは上がった。

総コストは平成 19 年度より平成 20 年度の方がコスト低減出来た。

表 2.2.13 費用及び集荷量

	集材費 (円/トン)	破碎費 (円/トン)	運搬費 (円/トン)	合計 (円/トン)
平成 19 年度 実証事業	4,350	14,658	2,489	21,497
平成 20 年度 実証事業	3,151	12,606	4,337	20,095

(3) マテリアル及びサーマルリサイクルに関する利用について

a パーティクルボード原料化について

今回集材した木材は、建築解体材等の木質原料が減少している中、化粧パーティクルボードなどの高品質の原料として使用出来た。

b 木質ペレット原料化について

未利用木材を使用して、木質ペレットを製造し、生産性を検討した。林地残材だけの生産性は、水分量を調整することにより、通常ペレットとほぼ同等の生産性を得ることが出来た。また出来た製品も通常ペレットとほぼ相違ない品質試験結果を得た。

2. 2. 4 考察、その他

(1) 得られた成果のまとめ

① 木質バイオマス集材量について

定額補助では、5,204m³ (4,337t) の集材及び利用が出来た。

② 集材費用について

昨年度の実証事業では、集材を独自に行ったが、今回は集材を間伐作業と一体で行う方式で実証試験した結果、昨年度の結果よりも集材費用の低減を行うことが出来た。

間伐の実施時に、手間はかかるが木材を全部利用するとの考えで、実施してもらうことにより、集材費は安くなる。集材費は概ね間伐・造材作業の2割と見積もられるが、今後この割合も検討の余地があると考えられる。

③ 破砕費用について

今回はコンベアを使用し破砕機から直接ダンプに積み込む方式で実証試験した結果、昨年度の結果よりも破砕費用（仮設費）を低減することが出来た。

④ 間伐後の状態について

林地残材を搬出する事により、山が整備され、大雨等の災害で残材が流れる等の被害も少なくなる効果がある。

(2) 今後の課題

① 林業の仕組み作りについて

林地残材集荷を念頭に置いた、植林から間伐までの一体化等の林業の仕組み作りが必要である。今後の植林に対して、将来的な間伐を視野に入れての植栽密度や集材路を想定しての全体計画が必要である。

② 定量的林地残材の確保

林地残材の安定的な量の確保の為に、自社のみではなく他社が施業した所での集荷等幅広いネットワークを築き、地域全体での林地残材の集材を目指す必要がある。

③ 林地残材集荷事業の構築

林地残材集荷を新たな事業として異業種の参入を積極的に取り込み育成する。これにより新たな発想・新たな手法による木質バイオマスの供給事業が可能となる。

④ 林地残材に特化した林業機械の開発

林地残材の集荷・集材に特化した林業機械への発想をメーカーに発信し、積極的な協力を得る必要がある。

⑤ 更なる低コスト化に向けてのシステム作り

思考錯誤での実証により、色々なパターンでの組み合わせでコストダウンへ対応しなければならない。その為にも色々なパターンでの実証が今後も必要である。

2. 3 林地残材の燃料・原料利用モデル実証事業

(宮城県森林組合連合会)

2. 3. 1 実証事業のねらいと実施内容

(1) 実証事業のねらい

京都議定書によるCO₂削減対策や、木質資源の有効活用の観点並びに近年の原油高騰により、宮城県内では木質チップボイラーの導入が増加しているが、自己工場から発生する端材のみでは燃料が不足状況にある。また、新設住宅着工戸数の減少等により、建築廃材を主原料としているパーティクルボードや中密度繊維板などの原料も不足状況にある。そのため、有効資源として注目されているものの、その搬出コストがネックとなっている林地残材の効率的な活用策を検証し、合わせて間伐の促進を図ることを目的とする。

林地残材（C材）の供給体制の構築にあたり、下記の4テーマに沿って実証試験及び分析を行い、搬出コストの低減を図る。

- ① 林地残材の採材等、効率的な収集方法の検討
- ② 効率的な運搬システムの検討
- ③ パーティクルボード（PB）、中密度繊維板（MDF）原料および燃料用としての形状、適応性の検証
- ④ 間伐材生産からの林地残材の調達と利活用の実証

これらの事業を3カ年にわたり実施するが、③と④については平成20年度は燃料用のみを対象とすることとする。

(2) 実証事業の内容、規模

本事業における間伐実施面積および間伐材等未利用木質バイオマスの利活用についての目標数量は次のとおりとした。

表 2.3.1 間伐実施面積およびチップ供給目標

①間伐実施面積の目標（ha／年）

平成20年度	平成21年度	平成22年度
54	137	160

②チップの目標供給量（m³／年）

種別	現状	平成20年度	平成21年度	平成22年度
燃料用	0	1,700	2,100	2,500
PB, MDF用	0	0	2,000	2,300

(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20年8月29日～平成21年2月27日

b 実施体制

【取りまとめ】 (事業実施主体)	【事業実施者】 (構成機関)	【役割分担】
宮城県森林組合連合会	宮城県森林組合連合会	間伐実施・運搬
	宮城県森林組合連合会 ウッドリサイクルセンター	チップ化
	石巻地区森林組合	間伐実施・運搬
	石巻地区森林組合 ウッドリサイクルセンター	チップ化
	セイホク物流株式会社	チップ化
	セイホク株式会社合板事業部	燃料用に利用
	セイホク株式会社繊維板事業部	P B, M D F 原料に利用

c 実施場所

平成20年度は県内9箇所で実証事業を行った。そのうち3箇所は石巻地区森林組合が間伐を実施し、6箇所は宮城県森林組合連合会が間伐を実施した。

間伐実施箇所および各箇所の概要を以下に示す。

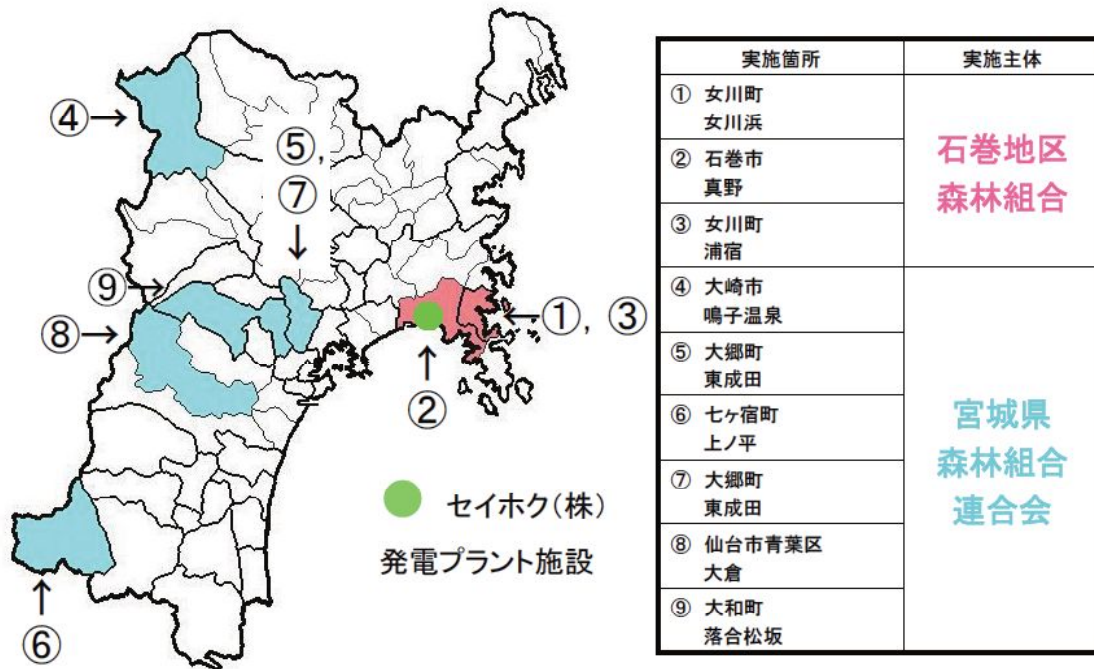


図 2.3.1 間伐実施箇所

表 2.3.2 間伐実施箇所の概要

実施箇所	実施面積	間伐率, 間伐方法
① 女川町 女川浜	12.02 ha	30% 定性間伐
② 石巻市 真野	7.05 ha	30% 定性間伐
③ 女川町 浦宿	5.88 ha	42% 定性間伐
④ 大崎市 鳴子温泉	9.96 ha	30% 定性間伐
⑤ 大郷町 東成田	5.77 ha	30% 定性間伐
⑥ 七ヶ宿町 上ノ平	1.17 ha	50% 定性間伐
⑦ 大郷町 東成田	4.85 ha	30% 定性間伐
⑧ 仙台市青葉区 大倉	4.34 ha	30% 定性間伐
⑨ 大和町 落合松坂	9.08 ha	50% 定性間伐
計	60.12 ha	

2.3.2 実証事業の実施方法

(1) 間伐の実施と間伐材の木質バイオマス発電プラント燃料等への利用実証

前述したとおり県内9箇所で実証事業を行った。生産された材のうち、A、B材は通常通り用材、合板材として販売した。搬出方法, 使用機械, 搬出数量, 経費等については, 表 2.3.3 に示す。

また, 間伐を実施した事業体が管理している各ウッドリサイクルセンター(表 2.3.4)で破砕した木材チップは石巻市にあるセイホク株式会社木質バイオマス発電プラントへ輸送し, 燃料用チップとして利用した。

各組合ウッドリサイクルセンターおよび木質バイオマス発電プラントの概要は以下のとおりである(表 2.3.5)。

表 2.3.3 間伐実施結果の概要

場所	樹種	林齢 年	搬出	使用機械 集材 造材 小運搬	搬出数量 (m3) A材 B材 C材	搬出 経費 (円/m3)	運搬 経費 (円/m3)	リサイクルセ ンターでの破 砕数量 (m3)	破砕経費 (円/m3)	搬出・運 搬・中間破 砕経費 (円/m3)	納入先	利用
①	スギ	46~56	全幹	グラップル付 バックホウ	488.86						セイホク工場	燃料
				プロセッサ	553.25	3,954	1,440	298.4	1,781	7,175		PB原料
				フォワーダ	626.80							日本製紙木材
②	スギ	42~55	全木	グラップル付 バックホウ	271.68						セイホク工場	燃料
				ハーベスタ	596.68	3,282	1,440	39.8	1,781	6,503		PB原料
				フォワーダ	280.02							日本製紙木材
③	スギ	43	全幹	グラップル付 バックホウ	26.19						セイホク工場	燃料
				ハーベスタ	241.77	3,424	1,440	149.5	1,781	6,645		PB原料
				フォワーダ	252.61							日本製紙木材
④	スギ	24~69	全木	グラップル付 バックホウ	297.70						セイホク工場	燃料
				プロセッサ	508.47	2,973	1,980	294.8	5,380	10,333		
				フォワーダ	294.80							
⑤	スギ	40~45	全幹	スキッド	0.00						セイホク工場	燃料
				プロセッサ	249.03	7,967	1,440	89.0	5,380	14,787		
				フォワーダ	89.02							
⑥	スギ	40~65	全木	スキッド	54.96						新誠木材	製紙原料
				プロセッサ	302.74	3,189	1,260	0	0	4,449		
				フォワーダ	106.90							
⑦	スギ	40~45	全幹	スキッド	0.00						セイホク工場	PB原料
				プロセッサ	223.00	6,332	1,440	0	0	7,772		
				フォワーダ	70.38							
⑧	スギ	43	全幹	スキッド	21.57						セイホク工場	PB原料
				プロセッサ	476.62	6,225	1,800	0	0	8,025		
				フォワーダ	121.92							
⑨	アカマ ツ	72	全幹	グラップル付 バックホウ	0.00						セイホク工場	PB原料
				プロセッサ	24.27	6,278	1,440	0	0	7,718		
				フォワーダ	214.12							

表 2.3.4 C材のチップ化方法

間伐実施事業体	チップ化方法	チップパーの所在地
宮城県森林組合連合会	宮城県森林組合連合会 ウッドリサイクルセンターでチップ化	黒川郡大和町
石巻地区森林組合	石巻地区森林組合 ウッドリサイクルセンターでチップ化	石巻市

表 2.3.5 各施設の概要

施設	概要	
<p>宮城県森林組合連合会 ウッドリサイクル センター</p>	<p>所有機械：自走式破砕機 1 台 破砕前処理バックホウ 2 台 投入用バックホウ 1 台 フォークリフト 1 台 ホイールローダ 1 台 従業員数：6 名 年間製造量：30,000 m³</p>	
<p>石巻地区森林組合 ウッドリサイクル センター</p>	<p>所有機械：二軸前処理破砕機 1 台 固定式破砕機 1 台 二次破砕機 1 台 バックホウ 4 台 ホイールローダ 1 台 従業員数：5 名 年間製造量：27,000 m³</p>	
<p>セイホク株式会社 木質バイオマス 発電プラント</p>	<p>チップ消費量：157 t/日 年間稼働日数：330 日 チップ規格：10×50 mm 以下 管理人員：11 名 発電出力：51,000 kW (工場使用全電力量の80%を充 当)</p>	

(2) 高性能林業機械を活用した林地残材搬出実証試験

① 実証試験の実施箇所

宮城県女川町女川浜の実証事業地内に、30 m×30 mの調査区を2箇所設置した(図2.3.2)。

A区は伐区内で標準的な地点を選定した。土場までの距離は約80 mである。B区は小さい尾根筋の北斜面にあたり、伐区内での成長は比較的悪い。通常なら切り捨て間伐を実施するような箇所である。土場までの距離は約200 mだった。

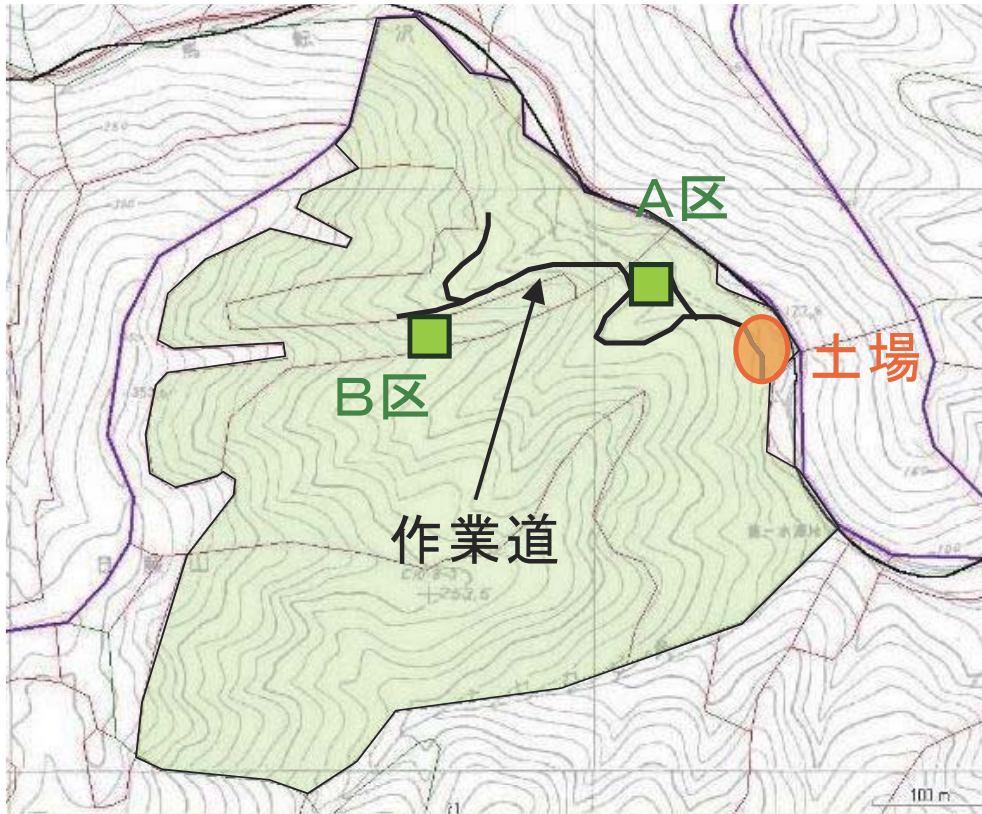


図 2.3.2 実証試験の実施箇所

② 各調査区の概要

各調査区の概要は表 2.3.6 のとおりである。

表 2.3.6 各調査区の概要 () 内は ha 換算した数値



A区 (伐区内で標準的な箇所)

プロット内本数: 122本 (**1.356本**)
 プロット内間伐本数: 58本 (**645本**)
 プロット内材積: 46.239m³ (**513.767m³/ha**)
 プロット内間伐材積: 15.269m³ (**169.656m³/ha**)
 平均胸高直径: 21.1cm
 間伐木平均胸高直径: 17.6cm



B区 (伐区内で比較的成長の悪い箇所)

プロット内本数: 147本 (**1.633本**)
 プロット内間伐本数: 83本 (**922本**)
 プロット内材積: 31.250m³ (**347.222m³/ha**)
 プロット内間伐材積: 9.817m³ (**109.078m³/ha**)
 平均胸高直径: 16.2cm
 間伐木平均胸高直径材積間伐率: 12.9cm

③ 各調査区の作業システム

各調査区の作業システムは以下のとおりである。

A区は伐倒後、ウインチ付きグラップルを使用して80mほど離れた土場まで全木集材を行い、土場上でプロセッサ造材をしながらA、B、C材に分類した。


B区は伐倒後、ウインチ付きグラップルを使用して、20mほど離れた地点にある作業道の分岐点まで全木集材を行った。その後、作業道上でプロセッサ造材をしながらA、B、C材に分類し、それぞれフォワーダに積載して土場まで小運搬した(表2.3.7)。

表 2.3.7 各区の作業システム

A区作業システム

作業種		機械	機種	作業人員
伐倒作業		チェンソー	ハスクバーナ	1名
集材作業		ウインチ付 グラップル	イワフジ工業 GS-65LJV	2名
造材作業		プロセッサ	イワフジ工業 CT500A GP532	1名

B区作業システム

作業種		機械	機種	作業人員
伐倒作業		チェンソー	ハスクバーナ	1名
集材作業		ウインチ付 グラップル	イワフジ工業 GS-65LJV	2名
造材作業		プロセッサ	イワフジ工業 CT500A GP532	1名
小運搬作業		フォワーダ	及川自動車 RMG-CHS	1名

④ チップ化作業

現地チップ化用として移動式チップパー，中間処理施設チップ化用として固定式チップパーの2機種でチップ化を行った。

各機種の概要は以下のとおりである。

表 2.3.8 チッパーの概要

作業種		機種	作業人員
移動式 チップパー		米国 Vermeer 社 TG400ATX タブグラインダー	2名
固定式 チップパー		富士鋼業 フジ・ウッドホガー SL1260A	2名

2.3.2 実証事業の実施結果

(1) 間伐の実施と間伐材の木質バイオマス発電プラント等への利用実証

県内9箇所で実施した実証事業の結果，平成20年度の間伐実施面積は60ha，林地残材取扱数量は2,450m³となった（うち定額助成対象分が2,056m³，1/2助成対象分が394m³）。定額助成対象分の間伐実施箇所と数量は表2.3.9のとおりである（面積については表2.3.2参照）。今年度の間伐目標面積は54ha，チップの目標供給量は1,700m³（原木換算）であり，面積，数量とも目標値を上回ることができた。

また，実証事業で使用した各チップパーの稼働時間およびチップ数量を表2.3.10に示す。当初の予定では各組合所管のウッドリサイクルセンターもしくは現地で破砕することになっていたが，約半数は他の場所で破砕した。

生産性については，移動式チップパーを使用した宮城県森林組合連合会と現地破砕の場合が高い値を示し，固定式チップパーを使用した石巻地区森林組合では比較的低い値となった。また，宮城県森林組合連合会と現地破砕とは，ほぼ同じ性能の機械を使用しているが，宮城県森林組合連合会ウッドリサイクルセンターの方がより高い生産性が得られた。これは林地残材を破砕するためのスペースや機械が十分確保されているためと考えられる。

表 2.3.9 実証事業での林地残材取扱数量

自力間伐の実施箇所	確保した原料の数量		原料の形状
	重量	材積	
1 女川町 女川浜	522.34 t	626.80 m ³	原木
2 石巻市 真野	233.35 t	280.02 m ³	原木
3 女川町 浦宿	210.51 t	252.61 m ³	原木
4 大崎市 鳴子温泉	245.67 t	294.80 m ³	原木
5 大郷町 東成田	74.19 t	89.02 m ³	原木
6 セキト宿町 上ノ平	89.09 t	106.90 m ³	原木
7 大郷町 東成田	58.65 t	70.38 m ³	原木
8 仙台市青葉区 大倉	101.60 t	121.92 m ³	原木
9 大和町 落合松坂	178.44 t	214.12 m ³	原木
計	1,713.84 t	2,056.57 m ³	

表 2.3.10 チップ化に伴う各チップパーの稼働時間及び数量

チップパー種類	稼働時間	取扱数量	生産性
宮城県森林組合連合会 ウッドリサイクルセンター	30 hr	383.8 m ³	12.8 m ³ /hr
石巻地区森林組合 ウッドリサイクルセンター	57 hr	487.7 m ³	8.6 m ³ /hr
現地破碎	37 hr	394.0 m ³	10.6 m ³ /hr
その他		1,184.5 m ³	

(2) 高性能林業機械を活用した林地残材搬出実証試験

① 各調査区の生産材積

各調査区について伐倒から素材に至るまでの各工程の材積を調査し、歩留まりを算出した。なお、今回の調査区からはA材は生産されなかった。

伐採材積に対する歩留まりはA区で79.3%、B区で73.1%となった。また、C材を利用することにより、B材だけ利用する場合よりも25.2~47.0%の歩留まりの向上が見られた。特に、B区ではB材のみを生産した場合の歩留まりはわずか26.1%に過ぎないが、C材を利用することによって大幅な歩留まりの向上を図ることができ、林地残材発生量を減少させることができた。

一方、両区とも未集材材積（伐倒はしたが、材の形状等が不良のため集材せずに林内に放置した材積）が1haあたり約1.7~1.9m³、造材端材材積（プロセッサ造材時に、素材にせずに切り落として放置する根元部や曲り材などの端材）が約0.9~1.3m³発生した。さらなる歩留まり向上を図るためには、これらの利用方法を確立することが必要不可欠である。

表 2.3.11 各区の生産材積等 () 内は h a 換算した値

	A 区	B 区
本数間伐率	47.5%	56.5%
材積間伐率	33.0%	31.4%
伐倒材積(m ³)	15.269 (169.656)	9.817 (109.078)
集材材積(m ³)	13.367 (148.522)	8.116 (90.178)
未集材材積(m ³)	1.902 (21.133)	1.701 (18.900)
造材材積(m ³)	13.367 (148.522)	8.116 (90.178)
造材端材材積(m ³)	1.253 (13.922)	0.937 (10.411)
小運搬材積(m ³)	—	7.179 (79.767)
素材材積等		
B 材 2 m(m ³)	3.660 (40.667)	1.606 (17.844)
B 材 4 m(m ³)	4.601 (51.122)	0.954 (10.600)
C 材 2 m(m ³)	3.853 (42.811)	4.619 (51.322)
合計(m ³)	12.114 (134.600)	7.179 (79.767)
歩留まり	79.3%	73.1%
C 材利用による歩留まり向上率	25.2%	47.0%

② 各調査区の労働生産性

各区の労働生産性を図 2.3.3 に示す。両区とも集材作業の労働生産性が他の作業に比べて際だって低いことが分かった。本実証試験では歩留まりの向上を図るため、林内に散在している伐倒木をできる限り集材しようとしたため、その分生産性の低下を招いたものと推察される。集材作業時間に占める各要素作業の時間割合を見ると両区ともウインチもしくはグラップルによる木寄せ時間が作業の大半を占めており、伐倒木を林内に放置せずに利用する場合、集材木をある程度一箇所に固めることが生産性向上の上で重要なポイントになる(図 2.3.4)。今回は両区とも定性間伐で作業を行ったが、列状間伐方式の採用などによって集材木を一直線上に並べることにより、生産性の向上が期待できる。

また、集材作業に関してのみ、B 区が A 区の生産性を上回っている。これは A 区の集材作業では土場まで約 80～90 m 程度を地曳き集材したのに対し、B 区では集材距離が作業道分岐点まで、約 20 m だったためである。

伐倒作業、造材作業は A 区の労働生産性が B 区を上回っているが、同じ胸高直径の木を作業するのに要する時間にはほとんど差がなかった(図 2.3.5)。このことから、労働生産性に差が出たのは作業内容によるものではなく、間伐木の平均単木材積が A 区で 0.256 m³/本、B 区で 0.118 m³/本だったことが影響していると考えられる。

各作業とも、作業システム全体の労働生産性は A 区が 6.0 m³/人日、B 区が 4.9 m³/人日となった。定性間伐→全木集材→プロセッサ造材作業システムの場合、宮城県の平均労働生産性は 4.8 m³/人日のため、A 区はかなり効率的作業が実施でき、B 区でも平均単木材積から考えれば良好な結果であったと判断できる。

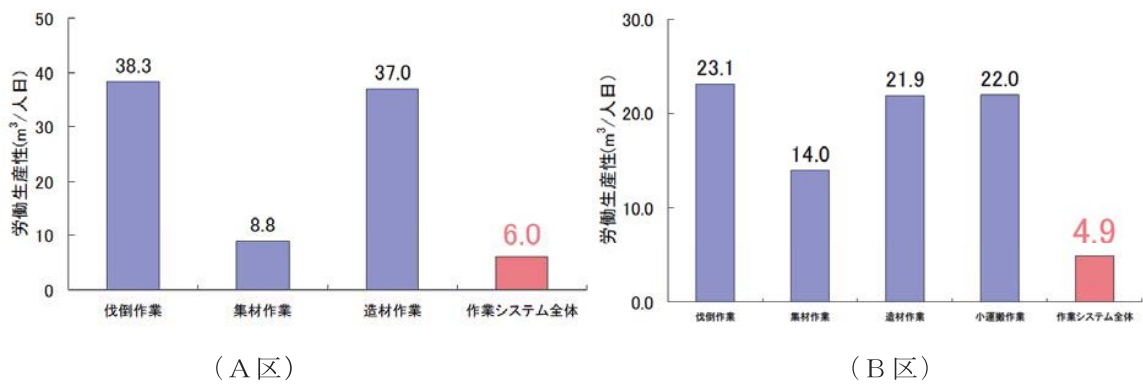


図 2.3.3 各調査区の労働生産性

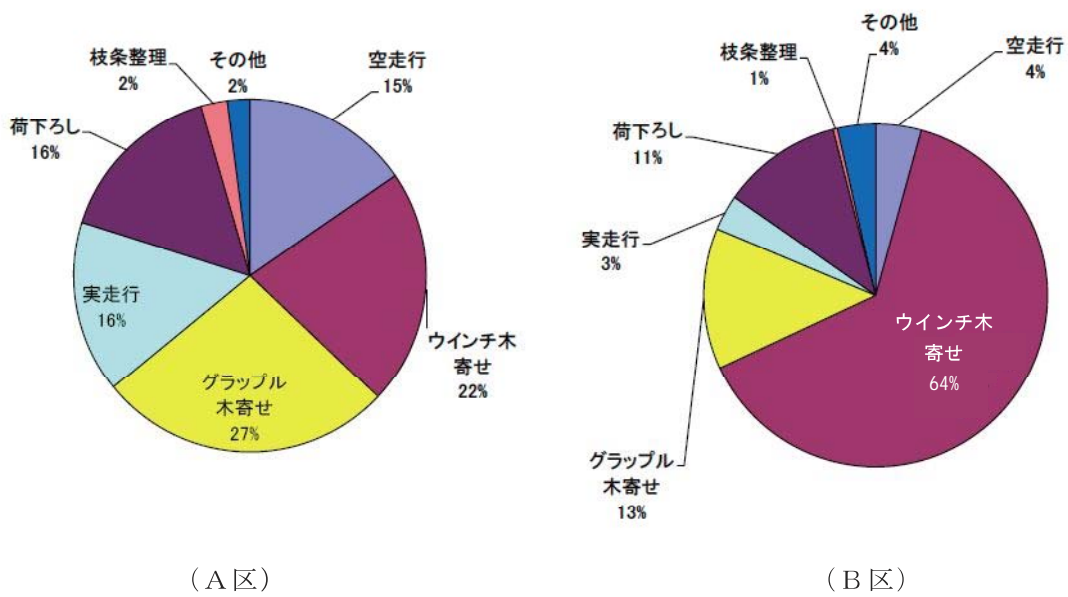


図 2.3.4 各調査区の集材作業時間割合

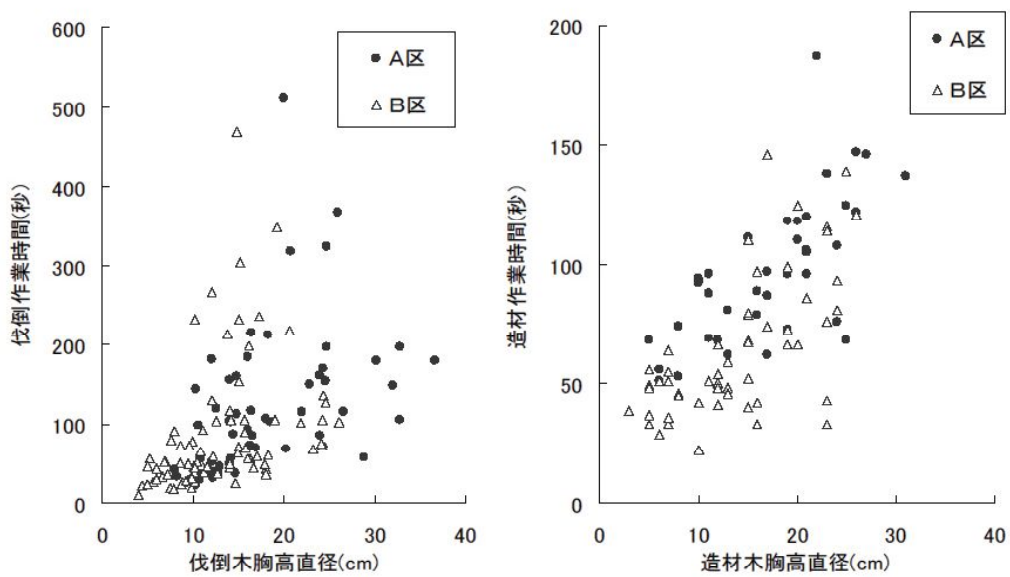


図 2.3.5 胸高直径と作業時間の関係 (伐倒作業および造材作業)

③ チップ化作業労働生産性

労働生産性は移動式チップパーが31.8 m³/人日、固定式チップパーが25.6 m³/人日となり、移動式チップパーの労働生産が約1.2倍高くなった。今回使用した移動式チップパーの出力が300 kw、固定式チップパーの出力が160～200 kwなので、作業内容や作業場所の違いというよりは単純に機械の能力の違いが労働生産性の差となったと考えられる。

実証試験中に生産されたチップ層積は移動式チップパーで92.888 m³、固定式チップパーで18.368 m³となった。固定式チップパーは施設内にスクリーンも設置しているため、チップ以外にオガ粉が4.236 m³生産された。

スギC材の実積係数を0.7と仮定すると、移動式チップパーではチップ化によって層積が約3.1倍に、固定式チップパーでは約1.7倍となる。これは生産されるチップの形状が違うため、移動式チップパーは固定式チップパーに比べて生産されるチップの層積が増加し、現地チップ化による運搬効率の向上は望めないことが分かった。

また、今回の現地チップ化はチップパーのみを導入し、生産されたチップをスクリーンにはかけなかったため、様々な大きさのチップが混合された状態のままであった。移動式スクリーンを追加することによってチップのサイズ分けは可能だが、現地チップ化では作業スペースなどの制約もあり現実的ではない。

現状では、現地でチップ化をするよりも、固定式チップパーを備えた施設へ運搬し、そこでチップ化およびサイズ選別を実施するのが最も効率的であると考えられる。

表 2.3.12 チップ化作業の概要

	移動式チップパー	固定式チップパー
投入本数 (本)	689	336
投入材積(m ³)	21.159	9.693
投入重量 (kg)	19,253	4,745
グラブパー掴みあたり投入丸太本数(本)	7.3	2.4
グラブパー掴みあたり投入丸太材積(m ³)	0.223	0.069
生産チップ層積(m ³)	92.888	18.368
生産オガ粉層積(m ³)	-	4.236
オーバーサイズ層積(m ³)※1	-	0.417
総作業時間	7,180	4,089
生産性 (丸太材積換算) (m ³ /時)	10.6	8.5
生産性 (丸太材積換算) (m ³ /日) ※2	63.7	51.2
労働生産性 (丸太材積換算) (m ³ /人時) ※3	5.3	4.3
労働生産性 (丸太材積換算) (m ³ /人日) ※2, 3	31.8	25.6

※1 スクリーン選別で、チップのサイズを超えた長尺木片 (長さ60mm以上)

※2 1日6時間稼働と仮定

※3 2名作業と仮定

④ 各調査区の生産コスト

各調査区の m^3 あたり生産コストを図 2.3.6 に示す。なお、ここでいうコストとは、伐倒から小運搬作業に至るまでの、作業システムと直接関連のある費目の合計、およびそれを素材生産量で除算した m^3 あたりコストを指す。よって、トラック運搬費や諸経費、手数料は含んでいない。

m^3 あたり生産コストはA区で6,271円、B区で15,629円となり約2.5倍の差があった。

A区の方が生産材積が多く、歩留まりも良好で、平均単木材積が大きくB区よりも労働生産性が高かったことなど、A区の方が有利な条件が整っていたため、コストに大きな差が出たものと考えられる。

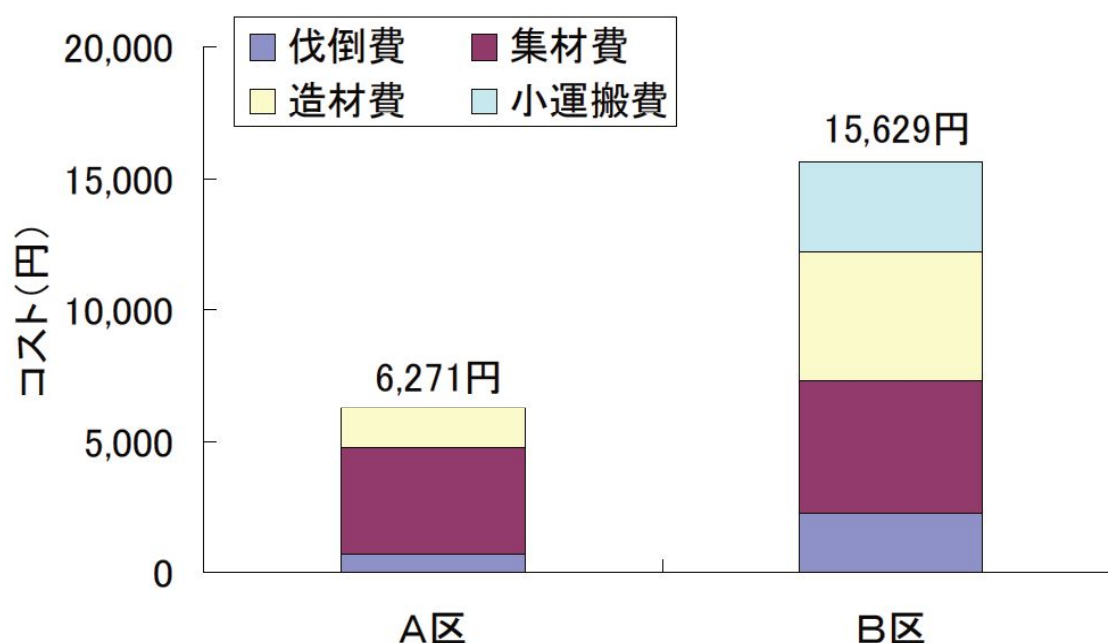


図 2.3.6 各調査区の m^3 あたり生産コスト

⑤ チップ化作業コスト

チップ化作業コストについてもトラック運搬費や諸経費、手数料は含まず、直接経費のみを計上した。丸太材積換算のチップ化作業コストは移動式チップパーの場合で7,302円/ m^3 、固定式チップパーの場合で1,781円/ m^3 となり、約4.1倍の差となった(図 2.3.7)。労働生産性はそれほど差がなかったが、チップパーの機械損料が大きく異なっており、それがコストに反映される結果となった。

参考として、各チップパーの損料算出条件を表 2.3.12 に示す。移動式チップパーは、固定式チップパーよりも高額な上に現地へ運搬して使用するため、移動などに手間がかかり稼働日数が低くなることなどから、機械損料が高額になるものと思われる。一方、固定式チップパーは多方面から材を収集するため、年間を通じて稼働しており機械損料が低く抑えられた。

移動式チップパーを自前で調達し、効率的な作業計画を立てて稼働日数を増加させれば機

械損料は低減するが、現状では各方面から林地残材を一箇所に収集し、固定式チッパーでチップ化作業を行うことがコスト面で有利であることが明らかとなった。

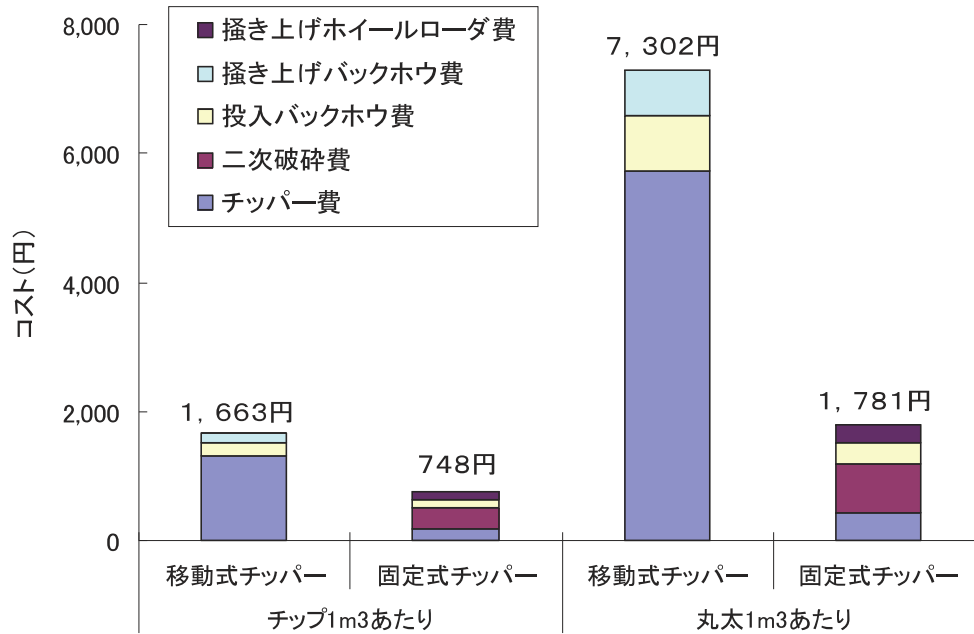


図 2.3.7 チップ化作業コスト

表 2.3.13 各チッパーの機械損料

	移動式チッパー	固定式チッパー
価格		30,000,000
減価償却費率		0.9
耐用年数(年)		8
年間稼働日数(日)		288
日額機械損料(円/日)※	350,000	11,719

※移動式チッパーはレンタル

⑥ 各調査区の収入

各調査区の収入は図 2.3.8 のとおりである。また、各素材の単価を表 2.3.13 に示す。

ha あたり収入は A 区が 1,256,389 円、B 区が 690,500 円となり、両区の間で約 1.8 倍の差があった。両区の生産材積の差は約 1.7 倍だが、C 材の販売単価が低いために、収入では両区の差は更に開いた形になった。

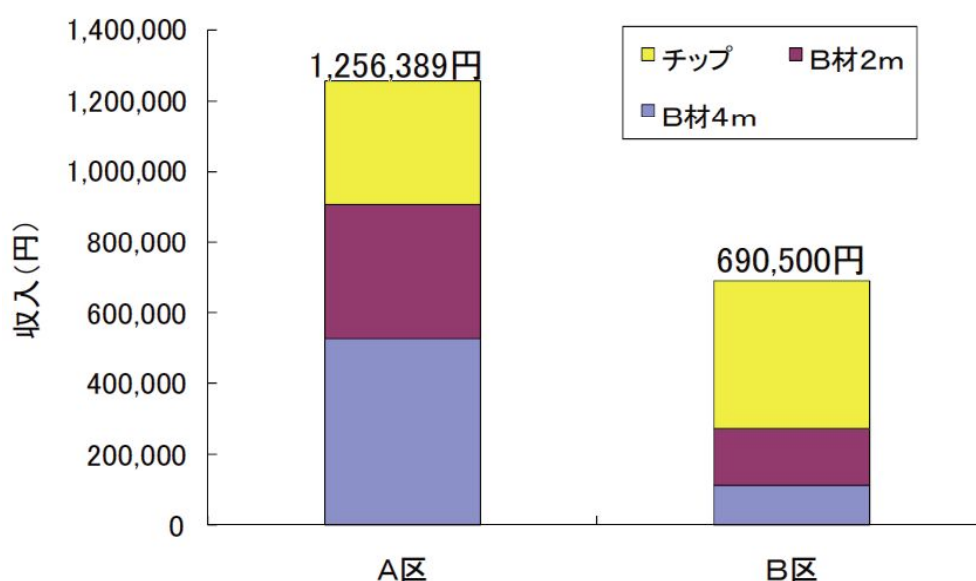


図 2.3.8 各調査区の収入 (h a あたり収入)

表 2.3.14 各素材の販売単価

種別	径	価格	単位
B材4m	14下	9,000	円/m ³
	16上	10,500	円/m ³
B材2m	14～16	8,500	円/m ³
	18上	9,500	円/m ³
チップ (C材)		6,800	円/t (1m ³ ×1.2=1t と仮定)

⑦ 各調査区の収支

各調査区のコスト及び収入の一覧図を図 2.3.9～10 に示す。なお、図に示してある値は、面積 1 h a あたりのコスト及び収入に換算してある。

A区では 1 h a あたりの収入 1, 256, 389 円に対し、コストは移動式チップパーでチップ化した場合で 888, 233 円、固定式チップパーの場合で 651, 878 円であり、どちらのチップパーでチップ化した場合でも収支は黒字となった。

B区では、1 h a あたりの収入 690, 500 円に対して、コストは移動式チップパーの場合で 888, 233 円、固定式チップパーの場合で 535, 956 円となり、移動式チップパーでチップ化する場合に収支が赤字になった。

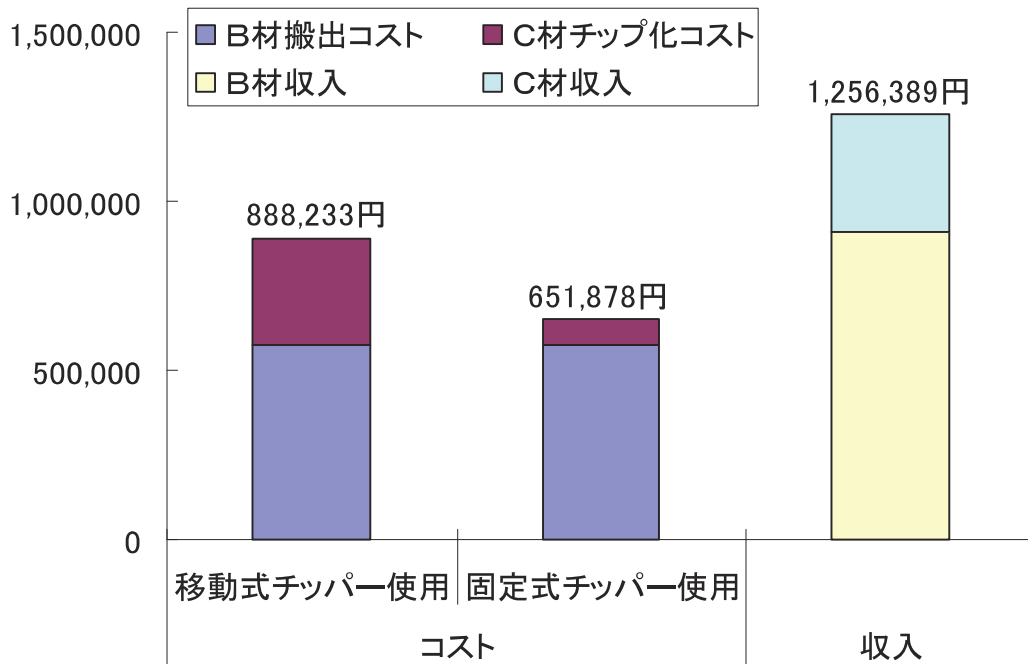


図 2.3.9 h a あたりコスト及び収入 (A区)

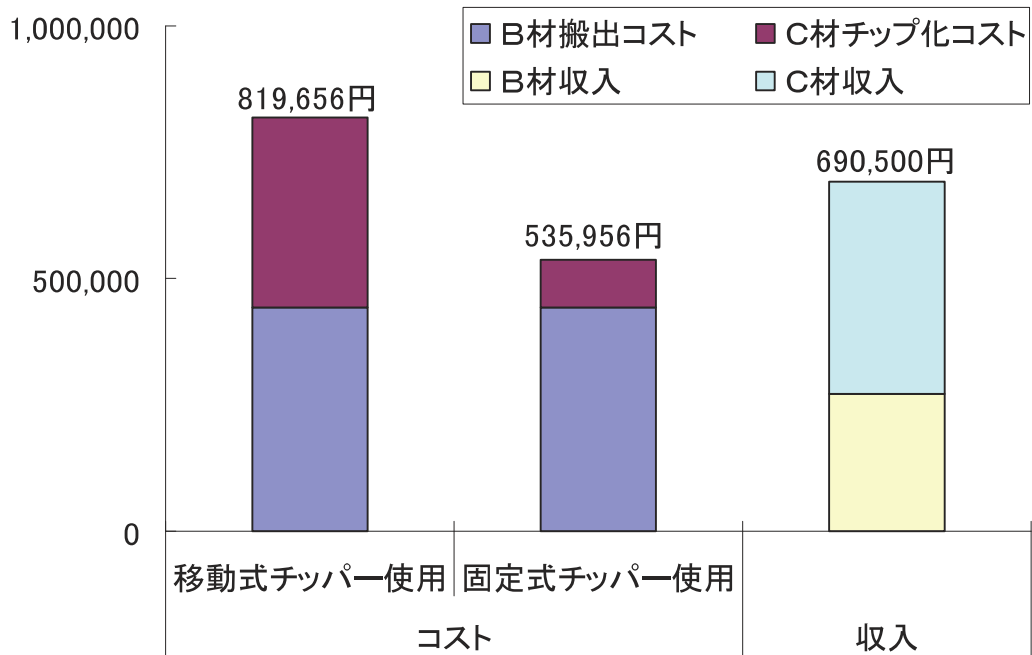


図 2.3.10 h a あたりコスト及び収入 (B区)

2. 3. 2 考察, その他

(1) 得られた成果のまとめ

今年度は林地残材のうち、未利用小径木（いわゆるC材）の効率的な収集・運搬方法の確立を図ることを主目的に事業を実施した。その結果、事業全体では県内9箇所の間伐を実施し、実施面積は60ha、林地残材取扱数量は2,450m³となり、面積、数量とも当初の目標値を上回ることができた。

実証事業において、最適な林地残材収集方法を検討したところ、発生した林地残材を丸太のまま処理施設へ運搬し、そこで破碎する方法が効率的であることが分かった。また、どちらの調査区でもB材のみを生産・販売するよりもC材の生産・販売を行った方が収益が増大し、C材を積極的に利用することにより、間伐収支を改善できる可能性が示唆された。

(2) 今後の課題

一方、実証事業及び実証試験を通じて幾つかの課題が浮き彫りになった。特に重要なものとして以下のような点が挙げられる。

① 未集材木、造材端材などの低減

今回はC材を積極的に搬出するよう心がけたが、それでも伐採材積に対して約2～3割程度は林内あるいは土場に放置されていると推察された。放置された残材は、経済的に価値がないだけでなく、次回作業時の支障になったり、河川に流出すれば洪水や土石流の原因となることも考えられる。

これら未利用木の収集運搬技術を開発し、歩留まりを向上させる必要がある。

② 間伐作業システムのうち、集材作業工程の労働生産性向上

通常の間伐でも言えることだが、高性能林業機械を活用した作業システムを実施する場合、他の作業に比べて集材作業工程の労働生産性が低くなる場合が多い。集材作業労働生産性を決定する大きな要因として平均単木材積が挙げられるが、本事業では、従来なら伐倒後林内に放置するような小径木もできるだけ集材したため、その傾向が顕著に表れた。

小径木を効率的に集材できる作業方法の確立が重要である。

③ 生産チップの利用用途拡大

平成20年度事業では、生産したチップはほぼ燃料用であった。しかし、燃料利用はその後の再利用がしづらく、いわば利用の最終段階であり、可能な限りマテリアルとして利用することが、資源の有効利用およびコスト面から見ても望ましい。

有望な利用方法としてMDFやPBへの加工が想定される。しかし、今年度使用した移動式チップパーではチップの形状が様々であり、固定式チップパーを使用した場合でも樹皮の混入は避けられず、MDF、PBの原料としての利用は難しいと考えられる。これに対しては、共同実施者のうちの一社であるセイホク株式会社が小径木や曲がり材対応のドラムパーカー（皮剥ぎ設備）を導入しており、平成20年12月末から稼働しているため、本設備によって平成21年度以降は燃料利用のみならず、林地残材のマテリアル利用も視野に入れて事業を実施することが可能な見通しである。

これらの課題を踏まえ、今後も効率的な林地残材の収集・運搬システムの確立に向けて調査を行うことが重要である。

2. 4 間伐未利用材のチップ・ペレット化による多目的利活用実証事業

(遠野興産株式会社)

2. 4. 1 実証事業のねらいと実施内容

(1) 実証事業のねらい

福島県周辺地域においては、木質バイオマスを燃料として利用する発電施設・熱利用施設がこの2,3年急速に増加し、更に新設計画も発表されている。そのため需要が供給を大きく上回り、これまで利活用の主軸であった建築廃材は奪い合いの様相を呈している。先の読めない原油の急激な価格変動という要因もあり、比較的価格の安定している木質バイオマスに対する供給要望は今後も高まると予想される。そして、この需要を満たすことのできる木質バイオマス原材料は、既にはほぼ全量が利用されている建築廃材や製材端材ではなく、地域に幅広く賦存する間伐未利用材のみであると考えられる。

そこで本実証事業では、間伐時に発生する間伐未利用材を収集・搬出し、遠野興産(株)岩石工場においてチップ化もしくはペレット化した上で、近隣の製紙工場での製紙用及び燃料用チップとしての利用や、畜産農家の敷料等で総合的な利活用を図ることを目的として事業を行った。

(2) 実証事業の内容、規模

間伐時に発生する間伐未利用材を収集・搬出し、遠野興産(株)岩石工場においてチップ化もしくはペレット化した上で、近隣の製紙工場での製紙用及び燃料用チップとしての利用や、畜産農家の敷料等として総合的な利活用を図ることを目的として事業を行った。

具体的には下記の3つの内容で、実証事業を行った。

①間伐の実施と間伐未利用材の効率的な収集・運搬システムの構築のための実証試験

定額助成の対象事業としては、間伐未利用材の収集・運搬方式として、自社で間伐を実施する場合と他の素材生産事業者へ委託する2通りの方法で実施し、両者を比較した。

なお、他の生産事業者(森林組合3箇所、民間の伐出業者2箇所)とは、2008年秋の段階で「間伐未利用材の搬出に係る業務協定書」を締結し、間伐予定箇所と目標出材量を明確にした上で間伐未利用材の収集・運搬を委託した。協定先が出材した間伐未利用材のうち、パルプ材については遠野興産(株)が岩石工場(チップ工場)着価格9,000円/m³で買い取りを行った。同様に、ドンコロ材(主に根元部の不定形材を指す。主として皮付きチップに加工される)・枝葉については着価格6,500円/m³で買い取りを行った。

②現地破碎によるチップ輸送効率向上のための実証試験

1/2助成事業として、枝葉について現地破碎と工場破碎の作業能率・コスト比較を行った。この実証試験は、遠野興産(株)が主伐箇所及び間伐箇所の1箇所ずつで実施した。

主伐箇所においては、移動式破碎機を現地に持ち込んで枝葉の現地破碎を行い、製造した枝

葉チップを破砕機のコンベヤから 7t 車へ直接積載し、製紙工場へ燃料用チップとして直送した。また、枝葉の状態のまま 7t 車に積載し、遠野興産(株)岩石工場へ輸送した後にチップ化し、製紙工場へ輸送する実験も行った。また、現場から発生する原木丸太及びドンコロ材については、現地で破砕すると輸送効率がかえって低くなると想定したことから、トラックに直接積込を行い遠野興産(株)工場まで輸送した上でチップ化した。

間伐箇所においては、移動式破砕機を作業道脇に設置し、枝葉の現地破砕を行い、製造した枝葉チップを破砕機のコンベヤから 7t 車へ直接積載し、製紙工場へ燃料用チップとして直送した。ただし、間伐現場からの枝葉の発生量がそれほど多くなかったため、枝葉のトラックへの直接積込は行わなかった。

③チップ・ペレット化による間伐未利用材の多目的利活用のための実証試験

定額助成、1 / 2 助成の両者の事業において、間伐により発生する小径材や端材、枝葉等を破砕して多様な用途に 100%有効活用を行った。また、間伐地から収集した小径木を中心とするパルプ材をチップ化した場合に、どのような割合で各種のチップが製造されるかについても実測を行った。

定額助成については遠野興産(株)で 4 箇所、協定先で計 20 箇所、計 24 箇所の実証事業を実施した。自力間伐の実施面積は上記の計 24 箇所、計 100.1ha、間伐未利用材搬出量は 6,335m³(5,279 生重量 t)を達成した。

1 / 2 助成については、遠野興産(株)で 2 箇所実施した。2 箇所での残材搬出量は 1,038m³(669 生重量 t)を達成した。

(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20年8月1日～平成21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>

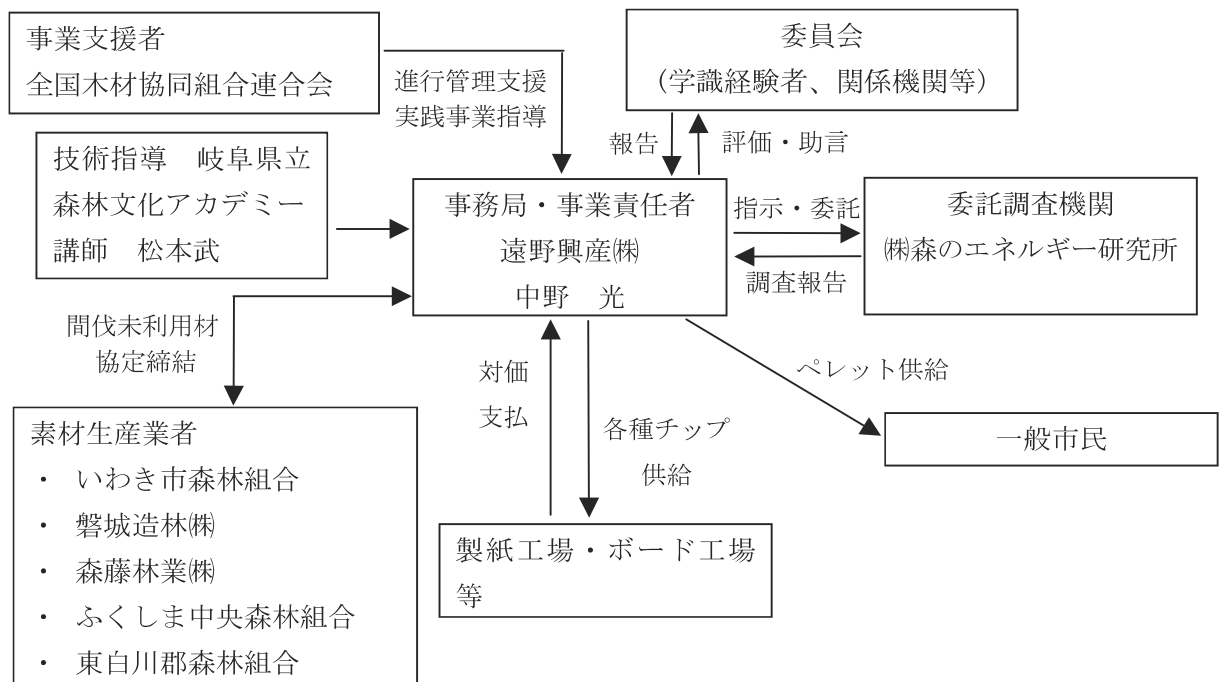


図 2.4.1 実証試験の実施体制(外部との連携)

<遠野興産(株)内 実施体制>

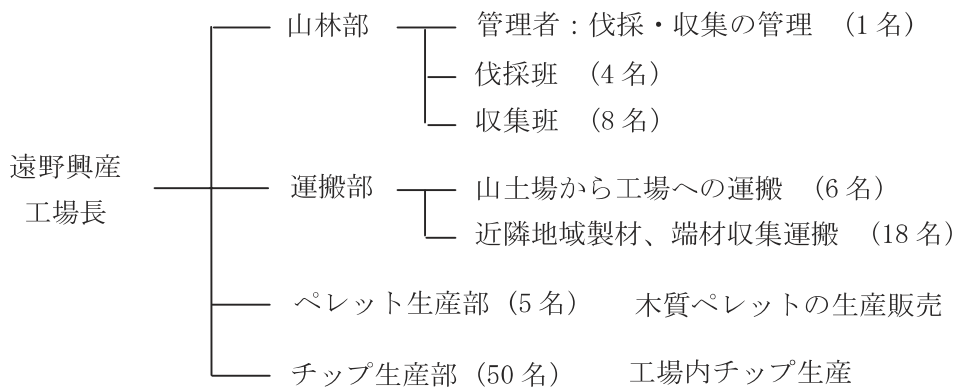


図 2.4.2 実証試験の実施体制(遠野興産(株)内部)

c 実施場所

事業の実施場所及び各所からの間伐未利用材搬出量について、以下に一覧表を示す。

表 2.4.1 遠野興産(株)による実証試験(定額助成)実施箇所

	事業 実施主体	事業実施作業場所	面積 (ha)	林齢 (年)	間伐 率(%)	用材 (m3)	間伐未利用材搬出量(m3)		
							パ [°] ル [°] 材	枝葉	合計
①	遠野興産(株)	いわき市平上片寄柳沢	9.2	50	30	225	770	0	770
②		いわき市遠野町入遠野字後台	3.0	40	30	141	123	23	146
③		いわき市遠野町深山田字洞沢	1.1	40	30	0	175	0	175
④		いわき市遠野町滝字順坂	4.0	44	30	0	569	0	569
計			17.3			366	1,637	23	1,660

表 2.4.2 協定締結先による実証試験(定額助成)実施箇所

	事業 実施主体	事業実施作業場所	面積 (ha)	林齢 (年)	間伐 率(%)	用材 (m3)	間伐未利用材搬出量(m3)		
							パ [°] ル [°] 材	ト [°] ソコ [°]	合計
①	A 森林組合	いわき市三和町合戸字内畑	7.2	41	30	56	804	0	804
②		いわき市三和町上市萱字舞台	5.5	47	30	424	29	0	29
③		いわき市三和町合戸字中山	6.3	45	30	592	45	0	45
④		いわき市三和町合戸字中館下	1.5	45	30	206	47	0	47
⑤		いわき市三和町合戸字中ノ内	3.0	45	30	86	78	0	78
⑥		いわき市川前町下桶売芹ヶ作	0.9	36	40	60	89	0	89
⑦		いわき市三和町合戸字細戸	6.3	45	30	140	340	0	340
⑧		いわき市三和町合戸字細戸	5.7	40	30	120	233	0	233
⑨		いわき市三和町差塩字道添	7.9	38	30	220	240	0	240
⑩	B 森林組合	鮫川村赤坂中野字館山	4.0	60	50	324	388	0	388
⑪		鮫川村富田字中沢	3.0	65	40	61	166	0	166
⑫		矢祭町宝坂字手元	10.0	60	35	293	171	0	171
⑬		矢祭町関岡字町	3.8	57	35	316	89	0	89
⑭	C 森林組合	石川町大字形見字尾巻	8.0	45	30	0	748	0	748
⑮	D 社	いわき市田人町旅人字弥太郎	1.0	56	30	27	83	0	83
⑯			2.0	52	50	19	252	5	257
⑰			2.5	57	50	40	344	8	352
⑱			0.7	54	40	19	108	0	108
⑲			0.2	52	30	0	41	0	41
⑳	E 社	いわき市田人町荷路夫字根室	1.4	45	30	13	182	0	182
㉑		いわき市田人町旅人字根室	2.0	60	30	151	156	28	183
計			82.8			3,167	4,634	41	4,675

表 2.4.3 遠野興産(株)による実証試験(1/2 助成)実施箇所

	事業 実施主体	事業実施作業場所	面積 (ha)	林齢 (年)	現地破碎 枝葉チップ t	現地積込残材量(生 t)			残材 合計 t
						原木	トシコロ	枝葉	
①	遠野興産 (株)	茨城県筑西市	1.2		91	329	11	93	525
②		福島県いわき市遠野町洞坂	1.7		32	112	0	0	144

※1/2 助成に関しては、原木 m3 とチップ m3 の換算の手間を省き理解を容易にするため、搬出量の単位を材積でなく生重量 t とした。

また、定額助成の箇所については、協定先から現場ごとに「完了報告書」の提出を依頼した。下記にその「完了報告書」の提出例を、協定先ごとに 1 箇所ずつ紹介する。

表 2.4.4 遠野興産(株)による実証試験(定額助成)実施箇所例

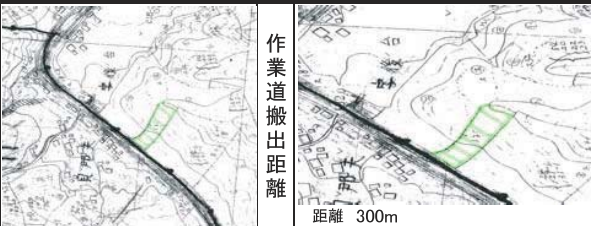


所在地	トノマチイリトオノ		ウシロダイ		林小班名	所有者	民有林	樹種	スギ	間伐率	30%	施業者	遠野興産(株)
いわき市	遠野町入遠野		字 後台										
施業面積	3.0	ha	林齢	40	年	伐採人工数	72	人工	伐採期間	20年10月2日 ~ 20年11月6日			
作業道延長	既設:0m 新設:300m ※ 林道脇までのフォワーダ運搬 500m			搬出人工数	65	人工	搬出期間	20年11月15日 ~ 20年12月21日					
使用機械	チェーンソー、グラップル付ミニバックホウ(イワジ工業(株) B50) 2台、プロセッサ 1台 フォワーダ(イワジ工業(株) U-3) 1台、グラップル(日立建機(株) ZX70(0.25)) 1台												
搬出内容	用材	パルプ材		枝、葉		森林簿							
	計測せず t	102.61	t	19.22	t								
	140.674	m3	123.132	m3	23.064	m3							
輸送距離	現場 → 遠野興産	現場 → 加工センター											
	15km		25km										
間伐前写真							間伐後写真						
													

表 2.4.5 A 森林組合による実証試験(定額助成)実施箇所例


所在地	ミワチゴウド		ナガマ		林小班	所有者	個人所有林	樹種	スギ	間伐率	30%	施工者	A 森林組合
所在地	いわき市	三和町合戸	字	中山									
作業面積	6.32	ha	林齢	45	年	伐採人数	93	人	伐採期間	平成20年 9月2日 ~ 平成20年 11月19日			
作業道延長	既設: 300m 新設: 1,400m		林道脇までのフォワーダ運搬 1,700m		搬出人数	71	人	搬出期間	平成20年 9月17日 ~ 平成20年11月21日				
使用機械	チェンソー、 グラップル付バックホー (コマツPC45) 1台、フォワーダ (イワフジ工業 U-3) 1台												
搬出内容	用材	パルプ材		短材 (ドンコロ)		森林計画図	作業道搬出距離	距離 1,400m					
	t	37.88	t	0	t								
	592.618	m ³	45.456	m ³	0	m ³							
輸送距離	現場 → 遠野興産		現場 → 木材流通センター										
	32km		24km										
間伐前写真							間伐後写真						

表 2.4.6 B 森林組合による実証試験(定額助成)実施箇所例


所在地	ヤマツリマチホウザカ		テモト		林小班	所有者	町有林	樹種	スギ	間伐率	35%	施工者	B 森林組合
所在地	東白川郡	矢祭町宝坂	字	手元									
作業面積	10.0	ha	林齢	60	年	伐採人数	56	人	伐採期間	平成20年 11月7日 ~ 平成21年 2月24日			
作業道延長	既設: 0m 土場まで400m				搬出人数	36	人	搬出期間	平成20年 11月10日 ~ 平成21年2月24日				
使用機械	チェンソー、バックホー、グラップル付リョウシン号												
搬出内容	用材	パルプ材		短材 (ドンコロ)		森林計画図	作業道						
	t	142.103	t	0	t								
	292.674	m ³	170.524	m ³	0	m ³							
輸送距離	現場 → 遠野興産		現場 → 木材流通センター										
	32km		24km										
間伐前写真							間伐後写真						

表 2.4.7 C 森林組合による実証試験(定額助成)実施箇所例

所在地	イシカワマチ 石川町	オオアザカタミ 大字形見	字	オマキ 尾巻	林小班	所有者	民有林(共有)	樹種	スギ他	間伐率	30%	施工者	C 森林組合
施業面積	8.0	ha	林齢	45	年	伐採人数	130	人	伐採期間	平成20年 9月1日 ~ 平成21年 1月16日			
作業道延長	既設: 0m		新設: 800m		搬出人数	320	人	搬出期間	平成21年 1月19日 ~ 平成21年2月28日				
使用機械	チェンソー、 グラップル付ミニバックホー(日立建機株ZAXIS50U(0.2))1台、 グラップル付フォワーダ(イワフジ工業株 U-3BG)1台												
搬出内容	用材	パルプ材		短材(ドンコロ)		森林計画図							
	t	623.046	t	0	t								
	m ³	747.655	m ³	0	m ³								
輸送距離	現場 → 遠野興産		現場 → 遠野興産		現場 → 遠野興産		38km						
間伐前写真							間伐後写真						

表 2.4.8 D 社による実証試験(定額助成)実施箇所例




所在地	いわき市	田人町旅人	字	弥太郎	林小班	所有者	社有林	樹種	スギ	間伐率	50%	施工者	D社
施業面積	2.0	ha	林齢	52	年	伐採人数	64	人	伐採期間	平成20年 9月1日 ~ 平成20年 10月25日			
作業道延長	既設改修: 600m		既設改修: 600m		搬出人数	30	人	搬出期間	平成20年 9月10日 ~ 平成20年 11月5日				
使用機械	チェンソー、 ウインチ付バックホウ(コマツ)1台、グラップル付林内作業車1台、 グラップル付スイングヤーダ(イワフジ工業(ベース:日立建機))1台												
搬出内容	用材	パルプ材		短材(ドンコロ)		森林計画図							
	t	209.910	t	4.260	t								
	19.463	m ³	251.892	m ³	5.112								m ³
輸送距離	現場 → 遠野興産		現場 → 遠野興産		現場 → 木材流通センター		20km						
間伐前写真							間伐後写真						

表 2.4.9 E社による実証試験(定額助成)実施箇所例

所在地	いわき市 田人町旅人		字	根室	林小班	所有者	民有林	樹種	スギ	間伐率	30%	施工者	E社	
施業面積	2.0	ha	林齢	60	年	伐採人数	44	人	伐採期間	平成20年 11月12日 ~ 平成20年 12月27日				
作業道延長	既設: 0m		新設: 550m		搬出人数	38	人	搬出期間	平成21年1月7日 ~ 平成21年2月20日					
使用機械	チェーンソー、 グラップル付ミニバックホウ(日立EX-35) 1台、 グラップル付バックホウ(コマツPC120) 1台、 リョウシン号													
搬出内容	用材	パルプ材		短材(ドンコロ)		森林計画図	作業道搬出距離	土場までの距離 150m						
	計測なし	t	129.620	t	23.080				t					
	150.502	m ³	155.544	m ³	27.696				m ³					
輸送距離	現場 → 遠野興産		現場 → 木材流通センター											
	24km		38km											
間伐前写真														
														

2.4.2 実証事業の実施方法

(1) 間伐の実施と間伐未利用材の効率的な収集・運搬システムの構築のための実証試験

定額助成の対象事業としては、間伐未利用材の収集・運搬方式として、自社で間伐を実施する場合と他の生産事業者(協定締結先)に委託する2通りの方法で実施した。

自社で間伐を実施する場合については、高密度路網の自力開設を前提に、グラップル+フォワーダを用いた全木集材システムを軸に実施した。間伐実施の基本的な流れは以下の通りである。

- ・ 間伐実施地に200m/ha以上の作業道を作設する
 - ・ チェーンソー伐倒後に作業道上のグラップルによって伐倒材を引き出す
 - ・ プロセッサにより造材作業を行い、丸太をフォワーダに積載して林道脇の土場まで搬出する
- なお、用材の採取を主目的とする通常の伐倒方法では、ドンコロ部分(根元部の不定形の部分)と一緒に発生してしまう。しかし、こうしたドンコロ材は長さが短く不定形であり、グラップルによる集材を行っても能率が悪いことが、昨年の実証試験で明らかになった。そこで、遠野興産(株)では集材効率を上げることを目的として、ドンコロ材を発生させないように低い位置から伐倒する方式を採用した(図2.4.3 遠野興産(株)における伐採～集材～搬出作業の流れ 左上写真)。これにより、通常は用材とドンコロ材に分かれてしまう部分を、パルプ材用の長尺材として一括して集材することが可能となった。ただし、協定先の伐採方法はこの限りではなかった。

林道脇の土場まで搬出した材は、グラップル等を用いて10t車もしくは7t車に積載し、パルプ材及び枝葉を遠野興産(株)岩石工場へ輸送した。また、協定先が搬出した材についても、運送会社が適宜土場までパルプ材・ドンコロ材を取りに行き、トラックに積載して工場へ輸送した。

図 2.4.3 遠野興産(株)における伐採～集材～搬出作業の流れ



遠野興産(株)の間伐作業において使用した、高性能林業機械を以下に示す。

表 2.4.10 遠野興産(株)で間伐作業に用いた林業機械

	利用機器	機器メーカー	型式
①	フォワーダ	イワフジ工業(株)	U-3
②	フォワーダ	イワフジ工業(株)	U-4
③	キャリアダンプ	日立建機(株)	EG30
④	グラップル付ミニバックホ	イワフジ工業(株)(ヤンマー)	B50
⑤	グラップル付ミニバックホ(ウインチ有)	イワフジ工業(株)(ヤンマー)	B50 ※同機種
⑥	グラップル(ウインチ有)	日立建機(株)	ZX70 (0.25)
⑦	グラップルソー (ウインチ有)	日立建機(株)	ZX135 (0.45)
⑧	プロセッサ	イワフジ工業(株)	CT-500

図 2.4.4 遠野興産(株)で間伐作業に用いた林業機械の稼働例(左：①、中：④、右：⑧)



(2) 現地破碎によるチップ輸送効率向上のための実証試験

1/2助成事業として、枝葉について、現地破碎と工場破碎の作業能率・コスト比較を行った。カサ比重の軽い枝葉については、H19年度の事業でカサ比重が平均で0.10程度と小さく、輸送効率が極めて悪いという問題点があった。そこでH20年度の事業では、工場破碎だけでなく山土場での破碎実験も実施し、傾斜地における工場破碎と現地破碎の経済性比較検討を行った。移動式破碎機は、メーカーから約1ヶ月間のリースを行った。チップ輸送、間伐未利用材の林道脇における積み込み及びチップ工場への輸送は、運送会社に委託して行った。

小径木・ドンコロ（根元部）は比重が大きく、輸送時に最大可載重量まで残材を積み込むことも可能であることが多いことから、7t車・10t車に直接積み込み、輸送を行った。

表 2.4.11 移動式破碎機の諸元

項目	内容		備考
タイプ	自走式木材破碎機		横投入型
機種	ZR125HC		日立建機(株)製
機械総重量	kg	12,500	
機械本体長	Mm	8,140	
機械本体幅	Mm	2,450	
機械本体高	Mm	3,140 (コンベヤ有効高: 2,950)	
フィーダ形式	プレートコンベヤ+圧縮ローラ式		
エンジン名称	いすゞAI-4HK-1X (ディーゼル)		燃料は軽油
燃料タンク	(軽油)	275	
出力/回転数	kW/min ⁻¹	122/ (166PS) /2,000	
スクリーン	mm	2インチ(実験時)	50mm

本来、移動式破碎機からトラックへのチップの直接積載は、両者を同一平面上に並べて行うことができれば効率が最も高まると予想される。しかし、自走式破碎機のコンベヤの有効地上高が2,950mmと低かったため、トラックの側面の地上高よりも低く、そのままでは直接積み込むことが不可能であった。そこで、事前に移動式破碎機の下に盛り土を行い、高さを稼いだ上でコンベヤからチップをトラックへ直接投入した。なお、主伐地及び間伐地における本格的な現地破碎実験に先立ち、遠野興産(株)工場及び近隣の山林においても試験的な破碎を行い、破碎機的能力を確認した。これについては7月に実施したため本事業の補助対象外ではあるが、概要のみ記す。

図 2.4.5 遠野興産(株)工場での破碎試行

1. 自走式破碎機(遠野興産(株)工場)
- ① 7月2日 破碎時間 13:15~16:30 (稼働時間:3時間)
生産量 粉碎バーク50m³
- ② 7月4日 破碎時間 8:30~11:00(皮付チップ) 13:00~17:00(粉碎バーク)
生産量 皮付チップ2410kg(15m³) 粉碎バーク(90m³)



図 2.4.6 間伐現場での現地破碎試行

2. 自走式破碎機(森林管理署山土場一林地残材)
- 7月3日 破碎時間 11:20~11:50 12:50~14:20(稼働時間:2時間)
生産量 11200kg(燃料チップ) 7t車2台



表 2.4.12 主伐現場における枝葉の現地破碎実験

所在地	チクサイ		林小班名	所有者	樹種	スギ 雑木	間伐率	皆伐	施業者	遠野興産(株)
	茨城県	筑西市								
作業面積	1.2 ha	林齢	年	伐採 搬出 人工数	102 人工	伐採 搬出 期間	20年10月20日 ~ 20年10月31日			
燃料 チップ	枝、葉を破碎して 91.340 t (7t車11台)		破碎 人工数	6 人工	搬出 期間	20年11月10日 ~ 20年11月15日				
使用 機械	EG30 1台、ZR125(粉碎機) 1台、グラブ付ミニバックホウ(イワジ工業(株)) B50-1、B50-2) 各1台、プロセスサ 1台									
直接積込	枝、葉	ドンコロ材	原木丸太	残材の発生状況	枝葉の直接積込写真					
	92.710 t	11.370 t	329.200 t							
206.021 m3	25.266 m3	395.040 m3								
輸送距離	現場	遠野興産	現場	製紙工場						
	150km		145km							
材の直接積込写真					材の破碎写真					
	2008.11.9 8:09 AM									

表 2.4.13 間伐現場における枝葉の現地破碎実験

所在地	トノマチ		ホラサカ		林小班名	所有者	樹種	杉、桧	間伐率	施業者	遠野興産(株)
	いわき市	遠野町滝	字	洞坂							
作業面積	1.7 ha	林齢	年	伐採 搬出 人工数	225 人工	伐採 搬出 期間	20年8月20日 ~ 20年10月31日				
トラック 燃費	6t車: 3.95~4.08km/L 7t車: 3.91km/L ※筑西市の現場では、10t車: 2.90~3.01km/L		破碎 人工数	実質 2 人工	破碎 日時	20年11月18日、20年11月26日					
使用 機械	キャリアダンプ(EG30) 1台、移動式破碎機(ZR125) 1台、グラブ付ミニバックホウ(イワジ工業(株)) B50-1、B50-2) 各1台、										
搬出内容	原木丸太	燃料チップ (枝、葉)		枝葉収集(EG30)	破碎機の下に盛土						
	111.790 t	31.810 t	80.0 チップm3								
134.148 m3	7t車 (20m3) 台	作業人員 1日 2名									
輸送距離	現場	遠野興産	現場	製紙工場							
	12km		23km								
破碎機への枝葉の投入					トラックへのチップ投入						

(3) チップ・ペレット化による間伐未利用材の多目的利活用のための実証試験

遠野興産(株)岩石工場では、いわき市の製材工場等から排出される製材端材等の大部分だけでなく、近隣市町村や茨城県北部からの残廃材を集荷し、チップ、おが粉等に加工し、販売している。最近では、これまでその多くが未利用であった樹皮についても、製紙工場等の燃料として 50 生重量 t/日程度の出荷を行っている。また、平成 18 年 3 月より木質ペレット製造を開始し、集荷した材は、製紙用チップ等の原料とするだけでなく木質ペレットの原料としても利用している。

そこで、本実証事業においても、間伐により発生する小径材や端材、枝葉等を破砕して多用途に 100% の有効活用を行った。自社事業のほか、地域の森林組合等との協定締結により約 5,570m³(原木換算)を集材・利用した。また、10~20cm 程度の残材について、10t 車 1 台分を工場で破砕し、製紙用チップ・樹皮・チップダストの発生重量の割合を実際に計測した。

具体的な利活用の方法としては、下記の通り分級を行い、販売価格の最大化を図った。

- ・ パルプ材は製紙用チップ (チップ化後に製紙会社へ)
- ・ チップダストはペレット原料(遠野興産(株)岩石工場内のペレット工場でペレットを生産)
- ・ バークは粉砕して家畜敷料(県内外の畜産業者へ)もしくは燃料用として製紙工場へ
- ・ ドンコロ(不定形の根元部)及び直径 5cm 以上の枝は皮付きチップ(合板工場、ボード工場へ)
- ・ そのほか 5cm 以下の枝、葉、伐根は燃料チップ(製紙工場等)へ

これによって、山から搬出した残材を 100% 利活用した。

なお、遠野興産(株)における現状の各種製品製造状況を以下に示す。

表 2.4.14 遠野興産(株)の製品製造状況(平成 20 年度)

対象		概要
チップ (月間約 10,000t)	雑木チップ	広葉樹の原木から生産した製紙用チップ
	白パルプチップ	針葉樹原木から生産した製紙用チップ
	白チップ	製材所の端材等から生産した製紙用チップ
	皮付きチップ	剥皮していない製材背板等から生産したボード用チップ
	古材チップ	合板、パレット等から生産したボード用チップ
	燃料チップ	建築廃材等から生産 製紙工場発電と乾燥用熱源に利用
樹皮 (月間生産量 約 2,000t)		チップ生産時の樹皮剥離で発生する樹皮で家畜敷料に利用
		チップ生産時の樹皮剥離で発生する樹皮でバーク堆肥用に堆肥工場利用
		チップ生産時の樹皮剥離で発生する樹皮を製紙工場燃料用に利用
チップダスト (月間生産量 約 450t)		チップ生産過程で出るチップくず 家畜敷料用として畜産農家で利用
おが粉 (月間生産量 約 700t)		各製材工場から集荷したおが屑等を粒子をそろえたおが粉にして家畜敷料用として畜産農家で利用
木質ペレット (年間生産量 約 650t)		間伐材、製材所端材等を原料とした木質系燃料。製造した木質ペレットは協同組合いわき材加工センターで販売。2008 年の年間製造実績が約 650t、2009 年は 1,300~1,500t 程度の製造が目標。小口価格は 45 円/kg(税抜)。

2. 4. 3 実証事業の実施結果

(1) 間伐の実施と間伐未利用材の効率的な収集・運搬システムの構築のための実証試験

定額助成の対象事業としては、自社で間伐を実施して間伐未利用材を収集・運搬する方式と、他の生産事業者に伐採～集材(～搬出)まで委託する2通りの方法で実施した。

①コスト分析結果

以下では、代表例として「表2. 4. 4 遠野興産(株)による実証試験(定額助成)実施箇所」(前出)に示した箇所(いわき市遠野町入遠野後台)で、集材能率及びコスト分析を行った結果を記す。

表2.4.15 遠野町入遠野後台の現場における、間伐時の収入内訳

遠野興産(株)山林部

用材	計測せず t	140.67 m³
→木材市場へ		116.58 m ³
→材木店へ		24.09 m ³

	平均販売価格(円/m ³)	収入(円)
木材市場への用材の販売価格	10,942	1,275,595
材木店への用材の販売価格	13,698	329,978
合計	11,413	1,605,573

パルプ材	102.61 t	123.13 m³
→遠野興産(株)チップ工場へ売却		

	平均販売価格(円/m ³)	収入(円)
遠野興産(株)へのパルプ材 (助成無)	5,000	615,660
遠野興産(株)へのパルプ材 (助成有)	9,000	1,108,188

枝葉	19.22 t	23.06 m³
→遠野興産(株)チップ工場へ売却		

	平均販売価格(円/t)	収入(円)
遠野興産(株)への枝葉等 (助成無)	1,000	19,220
遠野興産(株)への枝葉等 (助成有)	6,500	149,916

助成ありは(円/m³)

表 2. 4. 16 遠野町入遠野後台の現場における、間伐時の支出内訳(推計)

支出(円)			
直接施業費			2,049,907 円
作業路開設費	@ 1,000 ×	300 m	= 300,000 円
伐木造材費	@ 2,000 ×	286,870 m ³	= 573,740 円
素材搬出費	@ 1,800 ×	286,870 m ³	= 516,366 円
選別費	@ 800 ×	286,870 m ³	= 229,496 円
素材運搬費	@ 1,500 ×	286,870 m ³	= 430,305 円
諸経費			409,981 円
直接施業費 × 20%	2,049,907 × 20%		= 409,981 円
仕分料			14,459 円
いわき材加工センター	@ 600 ×	24,099 m ³	= 14,459 円
手数料・消費税			136,089 円
(直接施業費+諸経費+仕分料)	2,474,348 ×	5.5%	= 136,089 円
合計			2,610,437 円

表 2. 4. 17 遠野町入遠野後台の現場における、間伐時の支出 材種毎の按分結果

<伐採・搬出費用を按分した計算結果>

直接施業費	用材	パルプ材	枝葉
作業路開設費	300,000 円	0 円	0 円
伐木造材費	573,740 円	0 円	0 円
素材搬出費	253,213 円	221,638 円	41,515 円
選別費	112,539 円	98,506 円	18,451 円
素材運搬費	211,011 円	184,698 円	34,596 円
諸経費	用材	パルプ材	枝葉
m ³ で按分	201,045 円	175,975 円	32,962 円
仕分料	用材	パルプ材	枝葉
用材のみ	14,459 円	0 円	0 円
手数料・消費税	用材	パルプ材	枝葉
m ³ で按分	66,735 円	58,413 円	10,941 円
合計	1,732,742 円	739,229 円	138,466 円
	12,317 円/m ³	6,004 円/m ³	6,004 円/m ³

表 2. 4. 18 遠野町入遠野後台の現場における、間伐時の支出合計及び収支合計(助成有無)

●支出合計	2,610,437 (円)	9,100 (円/m³)	870,146 (円/ha)
用材部分	1,732,742 (円)	12,317 (円/m ³)	577,581 (円/ha)
針葉樹パルプ材	739,229 (円)	6,004 (円/m ³)	246,410 (円/ha)
枝葉	138,466 (円)	6,004 (円/m ³)	46,155 (円/ha)
●収支合計(助成無)	▲ 369,984 (円)	▲ 1,290 (円/m³)	▲ 123,328 (円/ha)
用材部分	▲ 127,169 (円)	▲ 904 (円/m ³)	▲ 42,390 (円/ha)
針葉樹パルプ材	▲ 123,569 (円)	▲ 1,004 (円/m ³)	▲ 41,190 (円/ha)
枝葉	▲ 119,246 (円)	▲ 5,170 (円/m ³)	▲ 39,749 (円/ha)
●収支合計(助成有)	253,240 (円)	883 (円/m³)	84,413 (円/ha)
用材部分	▲ 127,169 (円)	▲ 904 (円/m ³)	▲ 42,390 (円/ha)
針葉樹パルプ材	368,959 (円)	2,996 (円/m ³)	122,986 (円/ha)
枝葉	11,450 (円)	496 (円/m ³)	3,817 (円/ha)

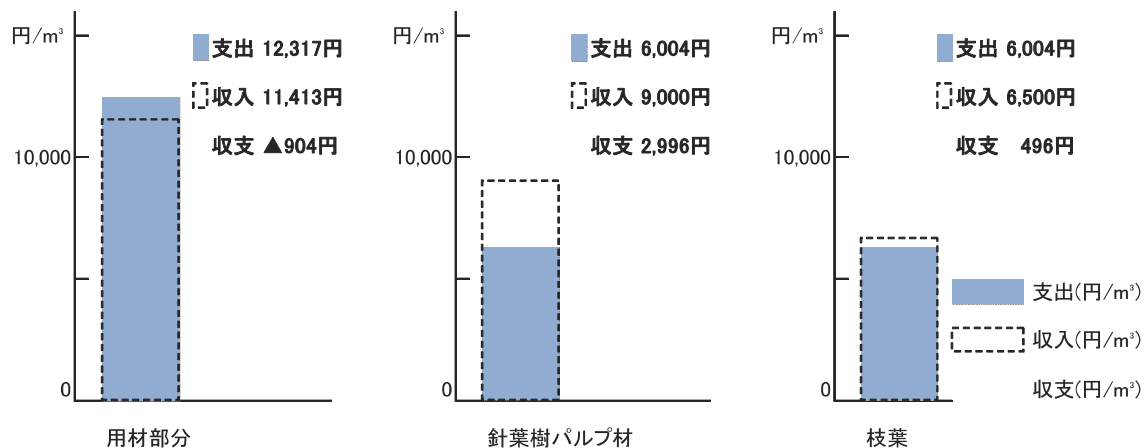


図 2.4.7 間伐時の材の種類ごとの収支(1m³あたり、助成有)

遠野町入遠野後台の現場の場合、林地で伐採を行った遠野興産(株)山林部側から見ると、定額助成が無い場合は収入合計が2,167,347円、支出合計が2,610,437円であり、収支は約37万円の赤字であった。とりわけ、ドンコロ材で約1,000円/m³、枝葉に至っては5,000円/m³以上もの赤字であった。これに対して、定額助成を考慮した場合には、遠野興産(株)チップ工場における針葉樹パルプ材の買い取り価格が従来の5,000円/m³から9,000円/m³に、枝葉の買い取り価格が1,000円/tから6,500円/m³にそれぞれ上昇することから、収入合計が2,863,677円となり、収支が約25万円の黒字となった。すなわち、パルプ材や枝葉といった残材部分への定額助成(6,500円/m³)によって収支が黒字になり、この定額助成があったおかげで、民有林の個人山主へお金を戻すことが可能となった、という結果であった。

なお、用材部分に関しては助成が無かったが、支出が12,317円/m³に対して木材市場等での収入が11,413円/m³であり、904円/m³の赤字であった。この原因としては下記の2つが考えられる。

- ・ 間伐箇所が傾斜地の上、残材部分の集材効率を上げることを目的にした、ドンコロ材を発生させない伐倒方式であったため、伐倒能率が3.8m³/人日と低かった
- ・ 作業道の開設幅の都合上、使用したフォワーダ(U-3)が小型かつ1台のみであり、500mの距離を有する作業道上を搬出した結果、集材～搬出の能率が4.2m³/人日と低かった

②協定締結先からの出材量

当初計画では、協定を結んだ5事業体及び遠野興産から合計で5,500m³の林地残材を収集・搬出する予定であった。実際には、平成20年8月～平成21年2月末までの搬出期間において、遠野興産(株)で1,660m³、5事業体から4,675m³、合計で約6,335m³の搬出を行うことに成功し、当初目標を大きく上回った(表2.4.2 協定締結先による実証試験実施箇所)。

(2) 現地破碎によるチップ輸送効率向上のための実証試験

1/2助成事業として、主伐地及び間伐地から発生する枝葉を対象に、現地に移動式破碎機を設置してチップ化を行い、トラックに直接積み込んで製紙工場へ直送する実験を行った。なおこの際に、主伐地では原木丸太、ドンコロ材、枝葉をそれぞれトラックに直接積み込み、遠野興産(株)岩石工場へ運んだ上でチップ化を行う実験も併せて行った。間伐地においては、トラックへの直接積み込みを原木丸太のみ行い、遠野興産(株)岩石工場へ運びチップ化を行った。

①現地における破碎能率及び現地破碎に要した人工・エネルギー

間伐地での現地破碎時には、7t車(満杯で20m³のチップを積載可能)へ移動式破碎機から直接積込を行ったが、その際に要した時間及び燃料等についても計測を行った。この際の記録を以下に記載する。なお、主伐地においては、破碎時間の詳細な計測は実施しなかった。

表2.4.19 7t車1台分の枝葉チップを破碎するのに要した時間(間伐地)

破碎日	破碎時間	チップ重量(kg)	チップ体積(m ³)	時間当たり チップ化能率(kg/h)	時間当たり チップ化能率(チップ)	破碎時 軽油消費量(L)	輸送距離(km)	輸送時間	輸送時 軽油消費量(L)
1回目(11/18)	2:55	8,320	20.0	2.853	6.86	グラップル 19L 破碎機 88L	23	0:40	5.9
2回目(11/18)	2:10	7,130	20.0	3.291	9.23			0:40	5.9
3回目(11/26)	2:30	8,020	20.0	3.208	8.00	グラップル 19L 破碎機 126L		0:35	5.9
4回目(11/26)	2:40	8,340	20.0	3.128	7.50			0:40	5.9
平均	2:33	7,953	20.0	3,120	7.90		23	0:38	7t車片道 5.9L

②コスト面の検討

枝、葉の現地破碎コストを中心に、現状における林地残材の搬出～チップ化事業の経済性を検討した。

<主伐箇所の場合>

主伐箇所(表2.4.1 主伐現場における枝葉の現地破碎実験)からの枝葉の搬出について

- ・移動式破碎機で現地破碎を行い、製紙工場へ燃料チップを直送した場合
 - ・枝葉を直接トラックに積み込み、遠野興産(株)岩石工場へ輸送し、チップ化後に販売した場合
- 上記2例の比較を行った。結果を以下に示す。なお、コストは全て生重量tあたりとして計算した。

表2.4.20 主伐箇所での現地破碎を行い、製紙工場へ燃料チップを直送した場合の収入

◆製紙工場へ燃料チップを直送した場合

残材チップ	91.34 t	平均販売価格(円/生重量t)	収入(円)
製紙工場へ売却		5,000	456,700

表 2. 4. 21 主伐箇所での現地破碎時の、チップ化コスト

●チップ化時		支出	
労務費		143,000 円	
破碎作業員(1日1名)	@ 13,000	× 6 =	78,000 円
収集作業員(1日1名)	@ 13,000	× 5 =	65,000 円
重機リース代		108,000 円	
グラップル(B50)	@ 8,000	× 11 =	88,000 円
キャリアダンプ(EG30)	@ 4,000	× 5 =	20,000 円
破碎機リース代		809,813 円	
移動式破碎機(ZR125HC)	@ 134,969	× 6 =	809,813 円
※1ヶ月のリース代が		3,239,250 円 /月	
24 日フル稼働させたとして		134,969 円 /日	
※破碎機稼働日数は 11/10、11/13、11/23、11/24、12/7、12/8 の6日間			
重機・破碎機搬送費		42,000 円	
移動式破碎機(ZR125HC)		42,000 円	
※他の搬送費は、破碎以外の直接積み込みに含む			
燃料費	軽油代	115 円/L	75,900 円
	グラップル(B50)	80 L	9,200 円
	移動式破碎機(ZR125HC)	580 L	66,700 円
		円/生重量t	
破碎コスト小計		1,178,713 円	12,905

表 2. 4. 22 主伐箇所での現地破碎時の、チップの輸送(直送)コスト

●チップの輸送時			
燃料チップ	91.34 t	8.30 t/回	支出(円)
積込及び1往復のトラック輸送			30,000 円
トラック(7t車、容積20m3に満載)の輸送回数			11 回
チップ材の輸送コスト		330,000 円	
		円/生重量t	
輸送コスト小計		330,000 円	3,613

以上、現地破碎時のチップの破碎・輸送コスト、及びその収支について記した。続いて、枝葉の直接積込からトラック輸送、遠野興産(株)工場でのチップ化に要したコストをまとめる。また、同時に行ったドンコロ材・原木丸太の積込・輸送コストについても記す。なお、これらの残材の販売によって得られた収入の内訳は後述する(表 2. 4. 3 2 ~ 3 4)。

表 2.4.23 主伐箇所での枝、葉・ドンコロ材・原木丸太の現地積込時の積込コスト内訳

●積み込み時		支出	
労務費		1,924,000 円	
枝、葉		780,000 円	
ドンコロ材		78,000 円	
原木丸太		1,066,000 円	
重機リース代		890,760 円	
枝、葉		363,576 円	
ドンコロ材		36,358 円	
原木丸太		490,827 円	
重機・破砕機搬送費		210,000 円	
枝、葉		85,714 円	
ドンコロ材		8,571 円	
原木丸太		115,714 円	
燃料費	軽油代 115 円/L	228,125 円	
枝、葉		90,850 円	
ドンコロ材		9,085 円	
原木丸太(重機)		122,590 円	
※チェーンソー	ガソリン 140 円/L	5,600 円	
積込コスト小計		3,252,885 円	
枝、葉 伐採～積込コスト小計(助成無)		1,320,140 円	7,508 円/t
ドンコロ材 伐採～積込コスト小計(助成無)		132,014 円	14,239 円/t
原木丸太 伐採～積込コスト小計(助成無)		1,800,731 円	11,611 円/t
枝、葉 伐採～積込コスト小計(半額助成有)		660,070 円	5,470 円/t
ドンコロ材 伐採～積込コスト小計(半額助成有)		66,007 円	7,120 円/t
原木丸太 伐採～積込コスト小計(半額助成有)		900,366 円	5,805 円/t
			2,735 円/t

表 2.4.24 主伐箇所での枝葉の現地積込時の輸送コスト内訳

●輸送時	
枝葉のトラック運送費 35,000	× 10t車 1 台 = 35,000 円
30,000	× 7t車 19 台 = 570,000 円
枝葉のトラック運送費計(助成無)	605,000 円 6,526 円/t
枝葉運送費計(半額助成有)	302,500 円 3,263 円/t
※7t車(容積20m ³)1台の平均積載重量	4.41 t/台
ドンコロのトラック運送費 30,000	× 7t車 2 台 = 60,000 円
ドンコロのトラック運送費(助成無)	60,000 円 5,277 円/t
ドンコロ運送費計(半額助成有)	30,000 円 2,639 円/t
※7t車(容積20m ³)1台の平均積載重量	5.69 t/台
原木丸太のトラック運送費 35,000	× 10t車 12 台 = 420,000 円
30,000	× 7t車 15 台 = 450,000 円
原木丸太のトラック運送費計(助成無)	870,000 円 2,643 円/t
原木丸太運送費計(半額助成有)	435,000 円 1,321 円/t
※7t車(容積20m ³)1台の平均積載重量	7.86 t/台
※10t車(容積 3m ³)1台の平均積載重量	15.66 t/台

表 2. 4. 25 主伐箇所での枝葉の現地積込時の工場チップ化コスト内訳

●工場チップ化のコスト		
(助成無)	合計支出(円)	生重量tあたりコスト
枝、葉	278,130 円	3,000 円/t
ドンコロ材	34,110 円	3,000 円/t
原木丸太	987,600 円	3,000 円/t
チップ化コスト合計	1,299,840 円	

(半額助成有)	合計支出(円)	トン当たり単価(円/t)
枝、葉	139,065 円	1,500 円/t
ドンコロ材	17,055 円	1,500 円/t
原木丸太	493,800 円	1,500 円/t
チップ化コスト合計	649,920 円	

表2. 4. 26 主伐箇所では枝葉を現地で破碎し、製紙工場へ輸送(直送)した場合の収支(合計)

収入	91.34 t	収入(円)	円/生重量t
燃料チップによる収入		456,700	5,000

支出	91.34 t	支出(円)	円/生重量t
現地破碎及び輸送コストの合計(助成無)		1,508,713	16,518
現地破碎及び輸送コストの合計(半額助成)		754,356	8,259

収支	91.34 t	収支(円)	円/生重量t
収入－支出(助成無)		▲ 1,052,013	▲ 11,518
収入－支出(半額助成)		▲ 297,656	▲ 3,259

表 2.4.27 主伐箇所の現地積込時の、枝、葉・ドンコロ材・原木丸太の収支(合計)

収入		
枝、葉	185,420 円	2,000 円/生重量t
ドンコロ材	37,805 円	3,325 円/生重量t
原木丸太	1,366,180 円	4,150 円/生重量t
合計	1,589,405 円	3,668 円/生重量t

支出	助成無		半額助成有	
	枝、葉	2,203,270 円	23,765 円/生重量t	1,101,635 円
ドンコロ材	226,124 円	19,888 円/生重量t	113,062 円	9,944 円/生重量t
原木丸太	3,658,331 円	11,113 円/生重量t	1,829,166 円	5,556 円/生重量t
合計	6,087,725 円	14,050 円/生重量t	3,043,863 円	7,025 円/生重量t

収支	助成無		半額助成有	
	枝、葉	▲ 2,017,850 円	▲ 21,765 円/生重量t	▲ 916,215 円
ドンコロ材	▲ 188,319 円	▲ 16,563 円/生重量t	▲ 75,257 円	▲ 6,619 円/生重量t
原木丸太	▲ 2,292,151 円	▲ 6,963 円/生重量t	▲ 462,986 円	▲ 1,406 円/生重量t
合計	▲ 4,498,320 円	▲ 10,382 円/生重量t	▲ 1,454,457 円	▲ 3,357 円/生重量t

主伐地において枝葉を直接トラックに積み込んだ場合には、7t 車(容積 20m³)に平均 4.41 生重量 t しか積載できなかったが、枝葉を現地でチップ化した場合、7t 車(容積 20m³)に平均 8.30 生重量 t を積載でき、約 1.9 倍の輸送効率となった。また、枝葉の現地破碎→製紙工場直送時のコストが製紙工場着価格で 16,518 円/生重量 t であったのに対して、現場積込・工場破碎時のコストは遠野興産(株)工場のサイロ下で 23,765 円/生重量 t であり、現地破碎の方が安価であった。

収支面を見ると、現地破碎・現場積込のいずれにおいても、主伐地における枝葉等の現地破碎は、2 分の 1 助成を受けた場合でも現段階では赤字であった。最大の原因としては、移動式破碎機による破碎コストが補助無の場合に 12,905 円/生重量 t (うち、移動式破碎機のリース代が 8,866 円/生重量 t と 7 割近くを占める)と高額であったことが挙げられる。先進的な北欧の水準である、破碎+輸送コストで 6,000 円/生重量 t というレベルのおよそ 2 倍であり、特に破碎機のリース代もしくは減価償却費をいかにして低減させるかが重要な課題となっている。

仮に、本実験で用いたクラスの移動式破碎機を 3,000 万円で購入し、年 180 日稼働で減価償却期間を 5 年と想定した場合には、保守点検費等を含めても破碎機の減価償却関係のコストは 5,000 円/日に抑えることができると考えられ、その際の現地破碎コストは 4,500 円/生重量 t を下回る水準となる。すると、輸送コストを含めても工場着価格で 6,000 円/生重量 t を下回る可能性が出てくる。この場合に想定される年間破碎量は 2,700 生重量 t 規模であり、残材(枝葉)が大量に発生する箇所をいかにして通年で確保するか、もしくは現地破碎時以外は遠野興産(株)岩石工場に移動式破碎機を置いた上で、樹皮その他の残材の破碎に用いて稼働率をいかに上げるか、という工夫が必要となる。

他の原因としては、この主伐現場から製紙工場までの輸送距離が 145km と長かったことから、輸送費が合計 33 万円と高額になっていることが挙げられる。この輸送が同一市内などの近距離であれば、輸送コストを 1,000~2,000 円程度低減できると想定される。

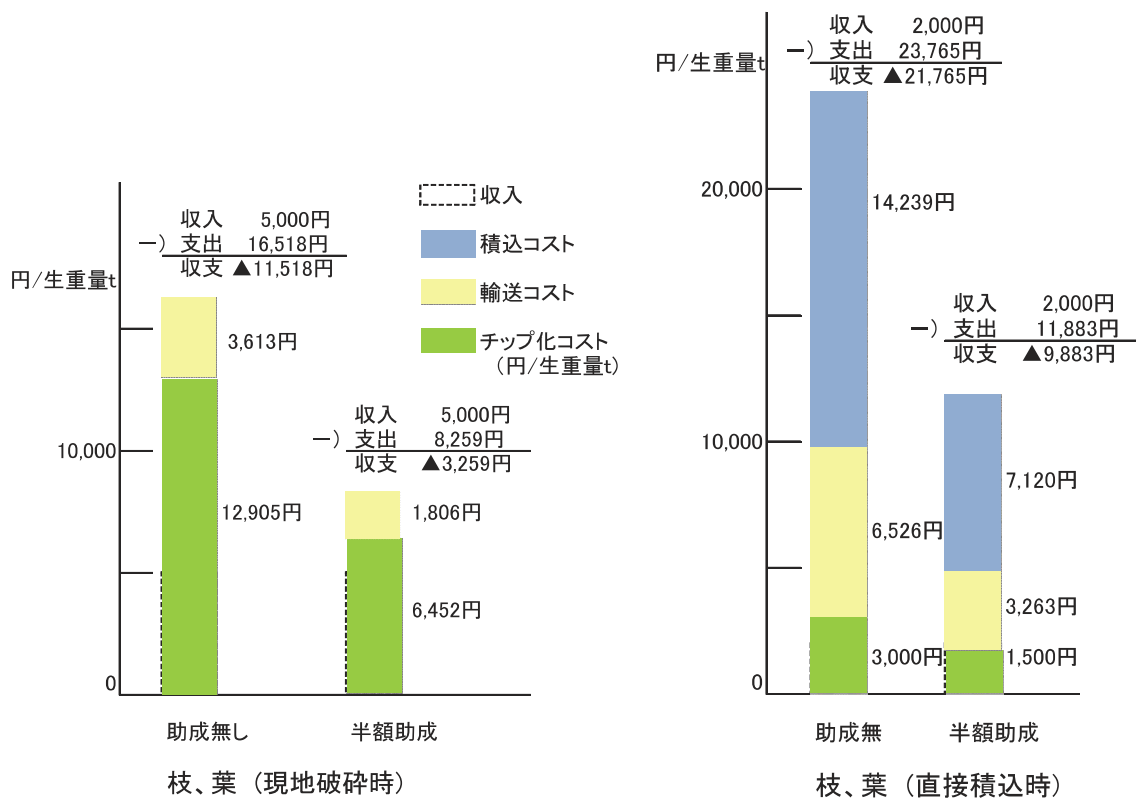


図 2.4.8 主伐箇所における枝、葉の現地破碎コスト・直接積込コストの比較

<間伐箇所の場合>

間伐箇所(表 2. 4. 1 3 間伐現場における枝葉の現地破碎実験)からの枝葉の搬出について・移動式破碎機で現地破碎を行い、製紙工場へ燃料チップを直送した場合

上記について検討を行い、主伐の現地破碎時と比較した。この際、伐採箇所から発生した枝葉については、作業道上のグラップルが掴める範囲内のものに限ってキャリアダンプ(EG30)に積載し、移動式破碎機を設置した脇の土場まで移送した上で、まとめて移動式破碎機でチップ化する形式を取った。枝葉の収集は、伐採作業や原木丸太の収集・運搬作業の合間を縫って行ったが、正味でおよそ3日間を要した。また、作業道上に盛り土を行ってその上に移動式破碎機を設置し、7t車へのチップの投入を行ったが、この盛り土自体は作業道の架設に用いた重機を利用して空き時間に2,3時間程度で行えたことから、今回のコスト分析には計上しなかった。なお、間伐地からの残材発生量に限りがあったこともあり、枝葉の直接積込実験は実施しなかった。

表 2.4.28 間伐箇所 で現地破碎を行い、製紙工場へ燃料チップを直送した場合の収入

残材チップ	31.81 t	平均販売価格(円/生重量t)	収入(円)
製紙工場へ売却		5,000	159,050

表 2, 4, 29 間伐箇所での枝葉の現地破碎時のチップ化コスト

●チップ化時		支出	
労務費			104,000 円
破碎作業員(2日間×1名)	@ 13,000 × 2 =	26,000 円	
収集作業員(3日間×2名)	@ 13,000 × 6 =	78,000 円	
重機リース代			52,300 円
グラップル(B50)	@ 8,000 × 5 =	40,000 円	
キャリアダンプ(EG30)	@ 4,100 × 3 =	12,300 円	
破碎機リース代			269,938 円
移動式破碎機(ZR125HC)	@ 134,969 × 2 =	269,938 円	
※1ヶ月のリース代が	3,239,250 円 /月		
24 日フル稼働させたとして	134,969 円 /日		
重機・破碎機搬送費			21,000 円
移動式破碎機(ZR125HC)		21,000 円	
※他の搬送費は、破碎以外の直接積み込みに含む			
燃料費	軽油代 115 円/L		28,980 円
グラップル(B50)	38 L	4,370 円	
移動式破碎機(ZR125HC)	214 L	24,610 円	
			円/生重量t
破碎コスト小計		476,218 円	14,971

表2. 4. 30 間伐箇所での現地破碎時の、チップの輸送(直送)コスト

●チップの輸送時		支出(円)	
燃料チップ	31.81 t	7.95 t/回	
積込及び1往復のトラック輸送			15,750 円
トラック(7t車、容積20m3に満載)の輸送回数			4 回
チップ材の輸送コスト			63,000 円
			円/生重量t
輸送コスト小計		63,000 円	1,981

表2. 4. 31 間伐箇所では枝葉を現地で破碎し、製紙工場へ輸送した場合の収支(合計)

収入	31.81 t	収入(円)	円/生重量t
現地破碎及び輸送コストの合計		159,050	5,000
支出	31.81 t	支出(円)	円/生重量t
現地破碎及び輸送コストの合計(助成無)		539,218	16,951
現地破碎及び輸送コストの合計(半額助成)		269,609	8,476
収支	31.81 t	収支(円)	円/生重量t
現地破碎及び輸送コストの合計(助成無)		▲ 380,168	▲ 11,951
現地破碎及び輸送コストの合計(半額助成)		▲ 110,559	▲ 3,476



図22. 4. 9 搬出現場の作業道



図 2. 4. 10 枝葉の土場への収集

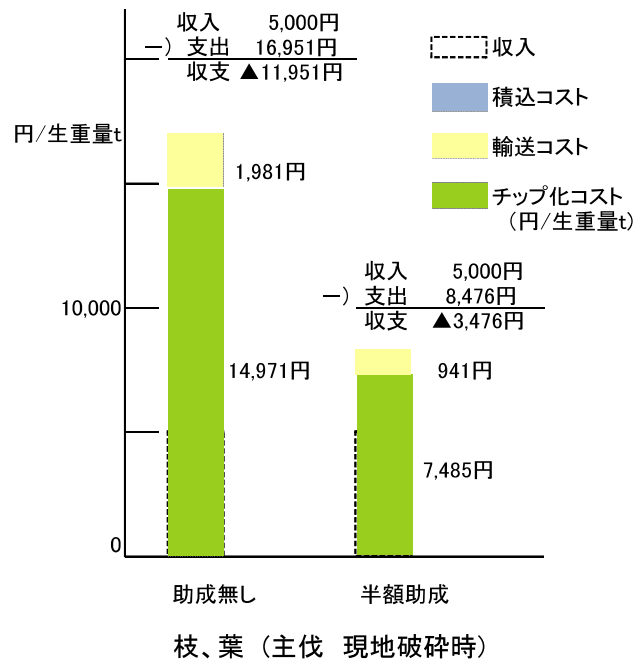


図 2. 4. 11 枝、葉の現地破碎コスト(間伐箇所)

この結果、間伐地における枝葉の現地破碎→製紙工場直送時のコストが製紙工場着価格で16,951円/生重量t(助成無の場合)となった。内訳を見ると現地破碎コストで14,971円/生重量tを要しており、主伐時の現地破碎コスト(12,905円/生重量t)に比べて約2,000円/生重量t高くなっていることが分かった。この原因としては、主伐時に比べて残材の収集に人工数を多く要していること、一現場あたりの残材発生量自体が少ないこと、等が挙げられる。収支面を見ると、現地破碎・現場積込のいずれにおいても、主伐地における枝葉等の現地破碎は、2分の1助成を受けた場合でも現段階では赤字であった。最大の原因としては、主伐時の場合と同様に移動式破碎機による破碎コストが14,971円/生重量t(うち、移動式破碎機のリース代が8,486円/生重量tと5割強を占める)と高額であったことが挙げられる。

(3) チップ・ペレット化による間伐未利用材の多目的利活用のための実証試験

間伐地から収集した小径木を中心とするパルプ材をチップ化した場合に、どのような割合で各種のチップが製造されるかについて、遠野興産(株)工場にて実測を行った。その結果は下記の通りであった。

- ・10cm～20cm程度の径の林地残材(スギ丸太) 180,550kg(1t=1.2m³換算で約21.7m³)を破碎
- ・破碎後に分級した結果、白パルプチップ15,390kg、バーク2,730kg、チップダスト430kgが発生
- ・180,550kgの丸太からは、チップ化後に白チップのみで52チップm³が製造された。

この実験結果(表2.4.21～27;主伐箇所の現地破碎時及び輸送時のコスト、及び収支計算結果)をもとに、主伐箇所が発生した原木丸太から製造される各種チップの量及びその遠野興産(株)工場における販売価格(サイロ下の、トラックに積み込む直前の価格)を計算すると下記ようになる。なお、バークに関しては上記のサイロ下価格では0円/kgとした。これは、製紙用チップ製造時に剥皮した樹皮を更に粉碎加工した場合にサイロ下で1.5～2.0円/kgの価格がついているが、この粉碎加工費で相殺されると考えたためである。

表 2.4.32 林地残材(原木丸太)から製造される各種チップの割合とその販売価格

原木丸太		329.20 t				
		単価(サイロ下)				
	割合	生重量(kg)	絶乾(kg)	換算	(円/kg)	収入(円)
白パルプチップ	83%	273,236	50%	136,618	10.0	1,366,180
皮付きチップ	0%	0	50%	0	7.0	0
バーク(樹皮)	15%	49,380	50%	24,690	0.0	0
燃料チップ	0%	0	—	—	0	0
チップダスト	2%	6,584	—	—	0	0
小計						1,366,180 円

ドンコロ材については、これまでの工場における通例をもとに重量別の発生割合を推計し、収入の試算を行った。結果を以下に示す。

表 2.4.33 林地残材(ドンコロ材)から製造される各種チップの割合とその販売価格

ドンコロ材		11.37 t				
		単価(サイロ下)				
	割合	生重量(kg)	絶乾(kg)	換算	(円/kg)	収入(円)
白パルプチップ	0%	0	50%	0	10.0	0
皮付きチップ	95%	10,802	50%	5,401	7.0	37,805
バーク(樹皮)	0%	0	50%	0	0.0	0
燃料チップ	5%	569	—	—	0	0
チップダスト	0%	0	—	—	0	0
小計						37,805 円

枝葉については、チップ化後に製紙工場へ燃料として全量販売した。販売価格は、着価格で 5 円 / 生重量 kg である。

表 2.4.34 林地残材(枝葉)から製造される各種チップの割合とその販売価格

【収入】◆遠野興産株式会社岩石工場でチップ化→燃料用チップとして各出荷先へ

枝、葉		92.71 t				
		単価(サイロ下)				
	割合	生重量(kg)			(円/kg)	収入(円)
燃料チップ	100%	92,710			2.0	185,420 円

2. 4. 4 考察、その他

(1) 得られた成果のまとめ

- ・用材だけでなく、パルプ材・ドンコロ材・枝葉等も併せて搬出を行うシステムを構築し、残材部分への6,500円/m³助成を利用することによって、山主へお金を返すことができた。
- ・移動式破砕機を用いた枝葉の現地破砕によって、7t車への積載量が直接積込時の約1.9倍になり、燃料チップとしての製造コストも安価になることが分かった。
- ・移動式破砕機による枝葉の現地破砕では、主伐時の現地破砕コストが約13,000円/生重量tに対して、間伐時の現地破砕コストは約15,000円/生重量tであり、間伐時の方がコストを要することが分かった。ただし、移動式破砕機のリース代が高額であることがネックとなり、1/2助成を考慮しても現状では赤字であることが分かった。
- ・現地破砕した枝葉を燃料チップとして製紙工場に直送したり、製紙用チップ製造時に発生する樹皮についても破砕・選別して燃料用として出荷したりする等の事業を行い、山から発生した材を余すところなく活用することができた。

(2) 今後の課題

枝葉の現地破砕をはじめ、ドンコロ材や原木丸太については、現状では搬出・輸送～破砕コストが収入を大きく上回る赤字の状態にある。そこで考えられるのは、第一に「移動式破砕機のコストを下げる方策」、第二に「現地破砕をせずに安価に残材を回収・運搬可能となる方策」の検討である。

前者については、平成 21 年度に移動式破砕機を自社で購入し、稼働率を向上させ減価償却費をどこまで低減できるかという実証を行う予定である。自社の間伐現場のみならず近隣の関連事業者とも連携し、前もって残材の発生場所を把握した上で効率的に現場に破砕機を持ち込むことが求められる。今後 5 年の間に、工場着で 6,000 円/生重量 t というコストを実現することが 1 つの目標となる。

後者については、破砕枝葉部、小径木等のかさばる残材の効率的な輸送方法を引き続き模索中である。解決手法の 1 つとしては、例えば平成 21 年度は、林地残材(D 材:2m 未満の短材)を回収する専用バケットを山土場に配置し、トラックにバケットごと積み込んで輸送を行うシステムについて実験を行う予定である。この回収システムについては、検討課題として

- ・ 層積材積、実材積、重量等の計測単位を重量に統一
 - ・ D 材の買取価格の明示
 - ・ 森林所有者等の生産情報の把握と搬出の要請
- といったものが挙げられる。



図 2. 4. 12 D 材回収の専用バケット 運搬イメージ

