

平成 24 年度林野庁補助事業

先進林業機械改良・新作業システム開発事業

東川作業システム導入支援事業
報告書
(案)

平成 25 年 1 月 30 日

NPO 法人東川バイオマス・自然エネルギー研究所

目次

1. 実施した事業内容	1
1-1 取組を実施しようとする地域の森林・林業の概要と特徴	1
1-2 取組による作業システムの改良ポイント	1
1-3 多様な主体が参画する検討会の開催	2
1-4 新たな取組み先進地域調査	3
1-5 新たな作業システムの試行的実施	5
2. 取組の成果	8
2-1 土場チップ化の概要	8
2-2 工場チップ化の概要	12
2-3 実証試験結果	14
2-4 チップ化コスト計算	15
2-5 取組みの評価点と課題点	19
3. 今後の課題と取組の展開方策	23
3-1 土場チップ化の課題と取組の展開方策	23
3-2 工場チップ化の課題と取組の展開方策	23
3-3 基本的展開方向	24
3-4 実施体制	24
3-5 ロードマップ	25

1. 実施した事業内容

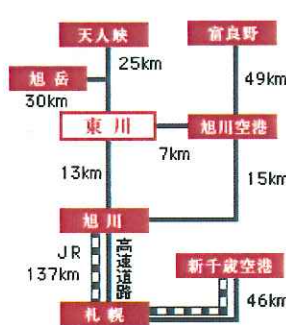
1-1 取組みを実施しようとする地域の森林・林業の概要と特徴

東川町は森林面積18,676haを有し、これは町の総面積24,706haの75%を占めている。また、国立公園面積が10,255haと町の総面積の約40%を占めている。

森林の内訳は、国有林4,240ha、道有林10,937ha、町有林672ha、民有林2,827haであり、町・民有林の割合は20%弱となっている。

本町は木材加工業及び家具製造業が盛んであるが、素材生産・伐採機能はなく、外部に外注している。また、在村組合員144名、不在村組合員69名、在村非組合員127名、不在村非組合員は89名の内訳となっている。

従来伐採施業は、有価な材だけを山から切り出し、その他の材は作業土場に放置し、低コストでの木材搬出を行ってきた。一方で、昨今東川町では木質バイオマスの利用を検討しており、町内に林地残材を利用した木質バイオマス燃料工場設立の検討等、林地残材の利用を促進させようという動きがある。林地残材の利用を考慮した場合、これまで土場に集積させていた残材を運び出す必要があるが、残材を原木のまま運び出した方が効率的なのか、一度チップにしてから運び出した方が効率的なのかは地域特有の条件があるため、検討を行う必要がある。



1-2 取組みによる作業システムの改良ポイント

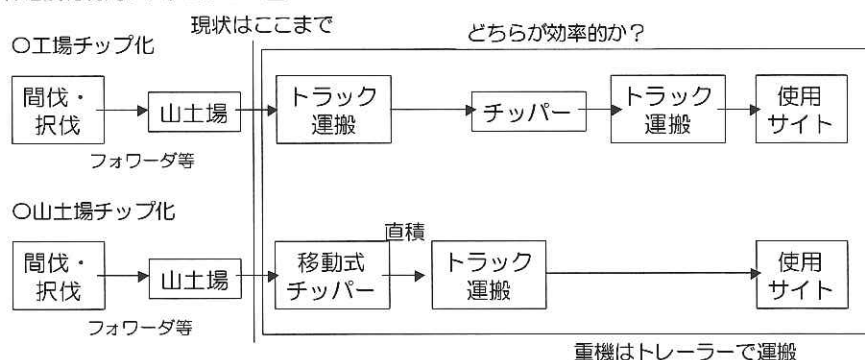
本実証試験では、「最新型移動式切削チップ製造機」を導入した場合に、土場チップ化と工場チップ化のどちらの作業システムが効率的であるかを念頭に調査を行った。

従来木材の運搬は丸太運搬用のトラックによって行われている。それは、丸太の密度が高く、規則正しくトラックに積むことが出来るためである。

一方、林地残材は形が不均一な上、細い材も混ざるため、嵩張ってしまうことが多い。そのため、そういった材は、山土場でチップ化し、使用サイトや貯蔵場所まで運搬することが多い。

しかしながら、従来の山土場で使用する破碎機は、廃棄物処理用のチップパー（ハンマーミル方式）しかなかったため、ピンチップ（細長いチップ）しか作ることが出来なかった。細かいピンチップは圧密すればある程度かさ減らすことが出来るが、塊になってしまい、燃料としては非常に扱いづらい性質があった（当然圧密しないと嵩張る）。ピンチップと対比して切削チップがあるが、このチップは主にパルプ材等に使用され、燃料としての利用もしやすく、比較的嵩張らない特徴がある。日本では切削チップを作ることのできる移動式のチップパーはなく、海外でしか導入されていなかった。この機械を使用することによって、チップ化を行う効率が飛躍的に大きくなると考えられる。

林地残材利用システムフロー図



1-3 多様な主体が参画する検討会の開催

検討は、実績のある(株)NERC と共同事業体を組み、各階の参加・協力を得て行った。

表 1-3-1 検討会参加団体

区分	名称	役割
事業主体	NPO 法人東川バイオマス自然エネルギー研究所	事業統括試行的実施
事業体	株式会社 NERC(自然エネルギー研究センター)	スケジュール管理検討会開催、試行的実施、調査検討・分析等
地域連携体	東川町	試行的実施場所提供
	東川町森林組合	試行的実施アドバイス
行政	上川総合振興局産業振興部林務課	専門的知見の提供
	上川総合振興局南部森林室	専門的知見の提供
機械メーカー	緑産株式会社	機械レンタル・アドバイス

表 1-3-2 検討会開催状況

開催時期	検討内容
第1回検討会 (平成24年8月29日)	・事業概要説明 ・作業システム及び使用機械の検討 ・試行的システム実施の作業場所の検討 ・先進地視察場所の検討
第2回検討会 (平成24年12月27日)	・下川町先進地域調査報告 ・新たな作業システムの試行的実施報告 ・新たな作業システムの試行的実施の結果と検討
第3回検討会 (平成25年1月30日)	・作業システムの評価と検討 ・コスト試算結果の評価と検討 ・燃料チップ製造事業の事業性検討



写真 1-3-1 検討会の様子

1-4 新たな取組み先進地域調査

表 1-4-1 調査概要

項目	内容
調査先	北海道下川町
調査日程	平成 24 年 9 月 27 日
参加者	事業主体 3 名、検討会メンバー 4 名
視察内容	・下川町の概要と木質バイオマスの取組みについての説明 ・役場周辺地域熱供給システム視察 ・木質原料製造施設（チップ工場）視察 ・ヤナギ栽培地視察 ・五味温泉木質チップボイラ視察
調査項目	システムの内容・機械の種類・効率の良さ・問題点・課題など

(1) 下川町木質原料製造施設（チップ工場）の概要

1) 運営体制・設備・機械

事業運営は、指定管理者（下川エネルギー供給協同組合 代表 石谷英人氏）が行っている。

設備・機械は、大きく計量室、トラックスケール、グラップル、移動式チップパー、ロータリースクリーン、ホイールローダー、ベルトコンベア、屋根付チップヤード、機械格納庫からなる。



建屋（計量室、チップヤード、重機保管庫）



原料ヤード



チップパー



ホイールローダー



林地残材回収ボックス（鉄製カゴ）



チップヤード

写真 1-4-1 下川町木質原料製造施設の設備・機械

2) 原料・収集・運搬

昨年実績で約 1,100 t/年の製造を行っており、原料の多くは主に 2 社による集材の元、無料で引取る河畔林、主伐・間伐時に出る林道支障木約 200t となっており、ヤードには、2,200 t くらい（2 冬分程）の原料がスト

ックされている。

その他、個人所有林や企業からは買い取り価格 5,000 円/ t (地域振興券として支払い) で年間 40 t 集まっている。泥などがひどいものは引き取りを断っている。

除伐材は運搬車で運搬し、トップと追上材は、一昨年から鉄製のカゴによる集材を行っている。

この鉄製のカゴは、町内の業者が作っており、4 t ユニックに 3 つのカゴが載り、収集時は、伐採作業現場にカゴを配置し、林地でハーベスタなどで玉切りするときにカゴの上で切ってもらい、残材がそのままカゴに落ちて収集できるようにし、後からユニックで回収する仕組みとなっている。

枝葉はコストが合わないので使っていない (※)。

※H21～22 年に緑の分権改革で林地残材のコスト計算を行った。その結果、下川では、里に下ろしてチップ化したほうが良いという結果になった。林地でのチップ化では、山にチップパーを持っていくコストもペイできなかった。1 日 27 往復でグラブプルトラックの運搬費が出る計算となった。

3) 生産方式

下川では工場チップ化方式を取り、チップパーは移動式破碎チップパーを使用している。

従ってスクリーンで形状の長いものは選別の上、再度チップパー機に投入し再生産するシステムとなっている。

チップは町内に導入されている複数の木質ボイラーに燃料用途で供給されており、問題なく燃焼している状況にある。

また、チップ化するとき、樹種のブレンドをするが、作業員の技術 (目) によって配合を変えて、扱いやすいチップを作っている。

チップは 17～18 円/kg。当初は一律の価格であったが、熱量 (含水率) に応じた価格設定にしており、作業所の含水率計で測定を行う。

スクリーンは 1 インチを使っており、「チップ 4 : 1 おが粉」の割合でできる。おが粉は敷き料としてチップよりも高値で引き合いがくる。



写真 1-4-2 生産されたチップ

(2) 調査結果所見

下川では、チップの形状や含水率の管理体制が確立されつつあり、このような体制を組めば、破碎チップでも燃料用途で使用可能と推測される。

一方で、本工場の設立に当たり、エネルギー特区として相当な補助金が投入されており、設備投資的に他の地域でも本方式が成り立つかは、さらに検討の余地がある。

1-5 新たな作業システムの試行的実施

表 1-5-1 作業機械等手配

項目	レンタル元	機種・能力等
移動式チップパー	緑産株式会社	ウッドハッカー MEGA421DL 最大処理量: ~100M3/h(材料により変化) 最大適応径: 軟材: ~φ420mm 硬材: ~φ300mm 投入ホッパー: 幅1900×長2500mm(延長ファネル共) 投入開口部: 幅990mm×高420mm 破碎ローター: 径620mm×幅1000mm、561r.p.m カッターナイフ: 10枚・20枚(標準) スクリーンバスケット: 角型35×35mm、60×60mm(標準)、80×80mm 本体寸法: 全長5500mm×全幅2550mm×全高2800mm(排出シュート収納時) 排出シート高: 最大4500mm 本体重量(概算): 12500kg 標準エンジン: CATC7ディーゼルエンジン 205kW/280PS級 燃料タンク容量: 400リットル 走行スピード: 最大1km/h(オプション・3km) 排出方法: 旋回・角度調整式ロングシュート コントロール: ワイヤレス・リモートコントローラー
グラップル	レンタルのニッケン (社団法人林業機械化協会ルート)	ヤンマー木材グラップル WG50 バケット容量: 0.2M3
トラックスケール	同上	KYOWA 車両重量指示計 RWP-611A
トラック	有限会社八鍬	4t 産廃車(あおり付オーブントップ) 内寸: 長 4.8×幅 2.1×高 1.4(14.112M3)
ホイールローダー	※自社所有	KOMATSU WR8-1
含水率計	※NERC	※今回は含水率計によらず、検体を密封の上持ち帰り、含水状態と絶乾状態の重量差を測定し算出している。

(1) 移動式チップパー

現在の所、切削チップを製造する移動式チップパーとしては、国内唯一であり、平成 24 年度に初めて国内に紹介された最新型である。

本機の現場搬入は運搬車により行われる。

運搬車はメーカーで手配の上、レンタル費用一式に組み込まれる。



写真 1-5-1 チップパー機と運搬車

また、本機は専門のオペレーターにより、全てコントローラーで運転される。
オペレーターはメーカー手配の上、レンタル費用一式に組み込まれる。



写真 1-5-2 チッパー機のオペレーターとコントローラー

(2) グラップル

本機もチップパー機と同様、現場搬入は運搬車により行われる。

町内に機械及びオペレーターがいないため、機械はレンタルのニッケンで、オペレーターは林業機械化協会を通じて手配を行った。

チップ化作業時、原木をチップパー機へ投入するのに必須となる。



写真 1-5-3 グラップル

(3) トラックスケール

土場チップ化においては、トラックに積載したチップ重量を計測するために、工場チップ化においては、原木受け入れ時およびチップ配送時に計測するために必要となってくる部分である。

基本的には、レンタル元からの簡単なレクチャーの元、操作はレンタル先で可能である。



写真 1-5-4 トラックスケール

(4) トラック、ホイールローダー

トラックは、原木の積込みも行うため、鉄製の頑丈なアオリが付いた産廃車を運転手付でチャーターした。
また、現場により大型トラックの走行が困難な場合が想定されたため、大きさは4t車とした。
ホイールローダーは、自社で所有を使用した。
工場チップ化において、チップをストックヤードからトラックに積込むときに必要となる。



写真 1-5-5 トラック



写真 1-5-6 ホイールローダー

日程・概要

表 1-5-2 日程・概要

項目	内容
日時	平成 24 年 10 月 22 日～23 日
実施場所	平成 24 年 10 月 22 日: 東川町株主の森土場 平成 24 年 10 月 23 日: NPO 東川バイオマス・自然エネルギー研究所
検討概要	最新移動式チップパーによる現場チップ化と工場チップ化の作業性およびコスト比較
試験材料	雑木: 16.1M3、カラマツ: 32.2M3、合計 48.3M3 前後 ※実際の間伐材を使用
実施内容	■10 月 22 日(月)試行的実施 参加者数: 25 名 10:00～10:30 事前ミーティング 10:30～11:00 準備作業 11:00～13:00 第 1 クール 雑木チップ化(原木積込、チップ化、運搬、計測) 13:00～13:30 昼休憩 13:30～15:30 第 2 クール カラマツチップ化(原木積込、チップ化、運搬、計測) 15:30～17:30 原木積込・移動・撤去作業 ■10 月 23 日(火)作業見学会、試行的実施 見学会参加者数: 35 名 9:00～9:15 事前ミーティング 9:15～10:00 作業準備 10:00～11:00 作業見学会 11:00～12:00 試行的実施 カラマツチップ化(原木積込、チップ化、トラックへの積込、計測) 12:00～13:30 撤去作業

※実施内容は事前の工程に基づく。

2. 取組の成果

2-1 土場チップ化作業概要

(1) 現場位置と配置

作業は東川町有林の「株主の森」土場にて、間伐作業後、約1ヵ月後に行った。

事前現地調査で、酷い泥炭のため土場内へのトラック走行が難しいと判断し、土場に接する安定した道路にトラックスケール、トラックを配置し、作業が効率的に行えるようチップャーおよびグラブプルは極力トラックに接近して配置した。

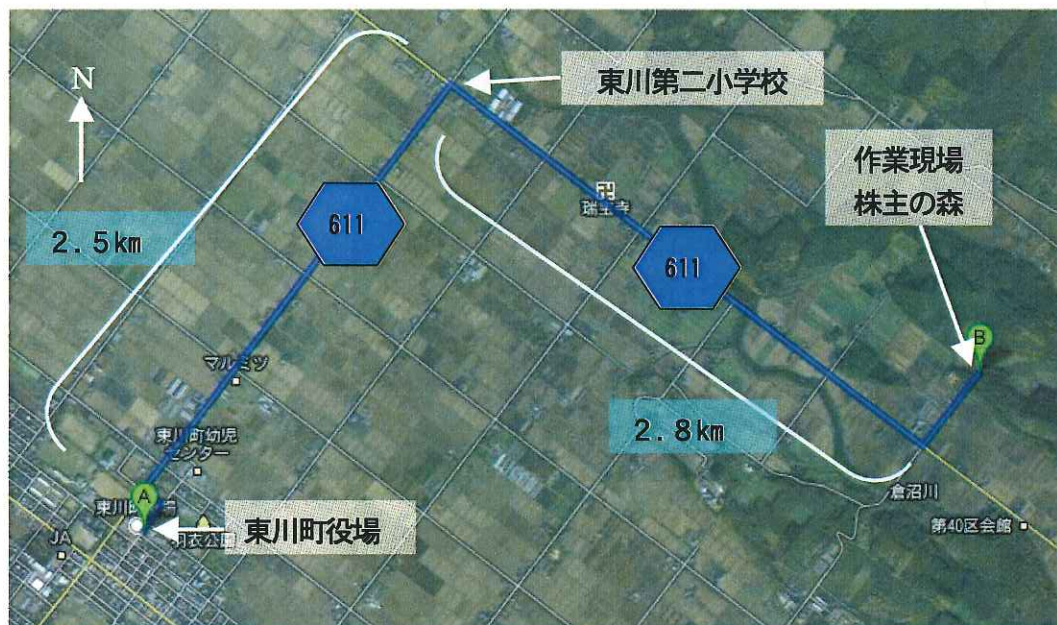


図 2-1-1 現場位置

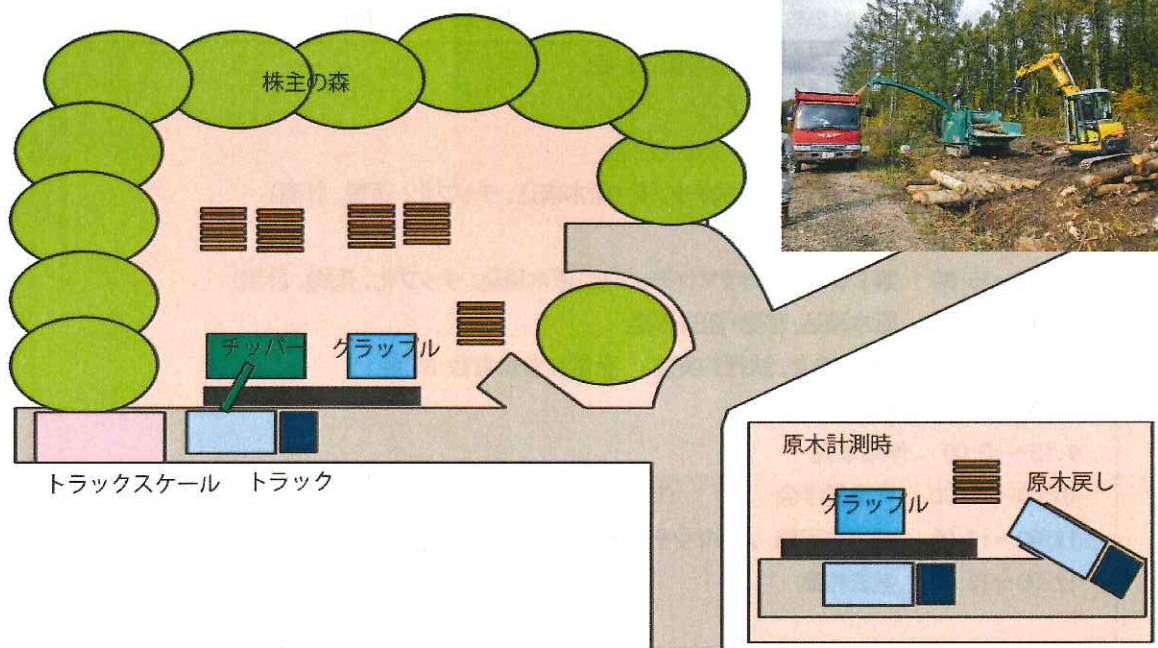


図 2-1-2 現場作業配置

(2) 作業工程と測定内容

表 2-1-1 作業・手順内容、測定内容

作業手順・内容	測定内容
①グラブプルにて原木をトラックへ積み込む	トラックへの積み込み時間(全体・一回)、一回にグラブプルに挟める量
②積み込み終了後トラック内のあまり寸法を測定(満載の場合は必要なし)	あまりトラック寸法
③重量測定	原木積載重量
④原木積み下ろし	原木積み下ろし時間
⑤原木体積確認、原木含水率サンプル回収	積載原木体積、原木含水率
⑥チップ化及びトラック荷積み(チップ後トラック直積み) ・トラック:間伐材荷降ろし後、チップパー横へ移動 ・原木をグラブプルでチップパーに投入しチップング。チップは直接トラックへ。 ・チップサンプル採取	チップ化後あまり体積(トラック or 原木)、チップ化時間、チップ含水率
⑦チップ重量計量	チップ重量
⑧チップ置き場まで移動	移動時間、走行速度
⑨チップ積下し	積み下ろし時間
⑩作業場所までトラック移動 ※トラック移動中:原木含水率サンプル切り出し	移動時間、走行速度

(3) 試験材料

試験量: 雑木 16.1M3、カラマツ 32.2M3、合計 48.3M3 前後

寸法: カラマツ; $\phi 110 \sim 240 \times L1900\text{mm}$ 、雑木; $\phi 140 \sim 200 \times L2400\text{mm}$

機械の処理範囲を超える径は除外。※殆ど無し

試験材料は、用材として売り物にならない「パルプ落し」材を、上川地域の正規価格(運賃込)で購入した。

現場は泥炭に加え前日までの雨により酷くぬかるんだ状態であったため、地面に接する部分の原木への土砂の付着が激しい状況にあった。



カラマツ間伐材



雑木間伐材

写真 2-1-1 原木の堆積状況

(4) 作業機械の搬入・積み下し

積み込み・積み下し時間: 各 20 分

運搬車は相当大型になるため、現場によっては切り返し等が難しく、さらに搬入に時間を要することが想定された。



写真 2-1-2 機械の搬入 ※工場チップ化共通

(5) 車両配置・作業準備

車両は「図 2-1-2 現場作業配置」のとおり配置した。

今回、グラブプルが動きやすいよう若干原木の配置を変える作業が発生したが、土場に原木をどの様に配置してもらうか購入元への指示等、原木の配置についても作業前に検討が必要である。

(6) 原木の積み込み・重量測定・積み下し

積み込み時間：カラマツ 17 分、雑木 13 分 計 30 分

積み下し時間：^{カラマツ}10 分、雑木 18 分 計 28 分

積載容量：16.1M3

積載重量：カラマツ 4,368.9kg/車、雑木 3,328.2kg/車 (30%wb 換算)

積み込み時間はカラマツの方が長い結果となっているが、雑木に対しカラマツの方が積載量が多いためである。

一方で、積み下し時間は、逆に雑木の方がかかっているが、これはカラマツに対し雑木の方が寸法が長く、形状が真直ぐで無いためスムーズにトラックから落ちず、グラブプルで欠き出す手間がかかったためである。

よって、トータルの作業時間にカラマツと雑木で差は無いが、積載量はカラマツに対し雑木は 23.8%減という結果となった。



写真 2-1-3 原木の積み込み・重量測定・積み下し

(7) チップ化およびトラック積込み

チップ化時間：カラマツ 20 分、雑木 26 分

チップ化量：4,145.2kg/車、雑木 4,521.0kg/車（30%wb 換算）

チップ化時間は、カラマツに対し雑木は 6 分長くかかっているが、これはグラップルの掴み量が、カラマツに対し雑木の方が少ない（形状に起因）ためである。

一方で、トラック積載重量はカラマツチップに対し雑木チップの方が重い結果となっているが、針葉樹と広葉樹の比重の違いによる。



写真 2-1-3 チップ化・トラック積込み

(8) 生産チップ

生産チップは、概ね 2～5cm 程度の寸法で、稀に 10cm 前後のものが、チップパーのスクリーンをすり抜け排出された。これらの除去をどう行うか検討課題として残る。



写真 2-1-4 生産チップ、トラック堆積状態

(9) チップ計量

トラックスケールは極力水平且つ加重が一定にかかるよう設置しなければならず、現場毎で配置に留意する必要がある。



写真 2-1-5 チップ計量

(10) チップ配送・積み下し

移動距離：9km

移動時間・平均速度：カラムツ 16 分・33.8km/h、雑木 23 分・23.5km/h

チップ下し時間：(共に) 4 分

戻り時間・平均速度：カラムツ 14 分・38.6km/h、雑木 12 分・45km/h

チップの配送時間や積み下し時間、戻り時間にカラムツと雑木で殆ど差は見られなかった。

尚、チップの積み下しはトラックが前に出ながら行う必要があり、積み下しのためのトラック走行スペース(10m 程度)を考慮する必要がある。

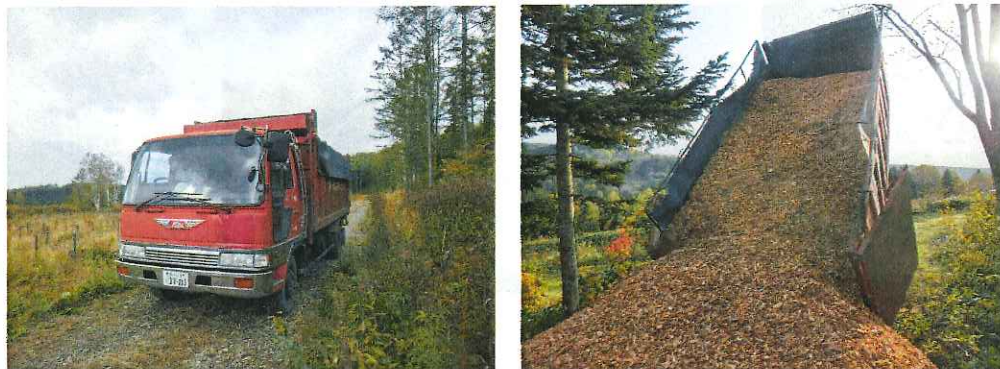


写真 2-1-6 チップ配送・積み下し

2-2 工場チップ化作業概要

(1) 工場位置と配置

工場チップ化の作業は、NP0 法人東川バイオマス・自然エネルギー研究所の敷地内にて、作業見学会を兼ね執り行なった。

本施設は、木質繊維による油吸着材の製造工場で、既存のチップヤードに接してチップパーとグラップルを配置した。



図 2-2-1 工場位置

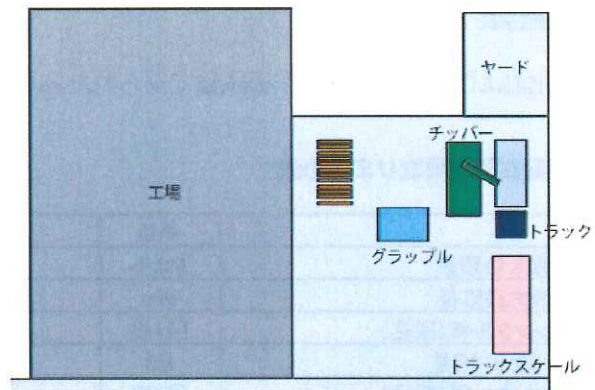


図 2-2-2 工場作業配置

(2) 作業工程と測定内容

※工場チップ化で必要なデータは、概ね土場チップ化作業の際に測定済み。

表 2-2-1 作業・手順内容、測定内容

作業・手順内容	測定内容
①チップ化(直接ストックヤードに投入)	※作業確認のみで特に測定無し
②ホイールローダーでトラックへチップの積み込み	チップ重量、積み込み時間

(3) チップ化（直接ストックヤードに投入）

チップ化は全量（約トラック 2 台分の原木量）カラムツで行った。

工場チップ化の場合は、写真のようにチップパー機から直接チップをストックヤードに投入する形となる。



写真 2-2-1 工場チップ化

(4) ホイルローダーでトラックへチップの積み込み

積み込み時間：15 分

単位時間当たり積み込み量：カラムツ 16,580.9kg/h、雑木 18,084kg/h（※トラック積み込み重量から算定）



写真 2-2-2 ホイルローダーによるチップ積み込み

2-3 実証試験結果

土場チップ化および工場チップ化作業試験で得られた結果を、下表に整理してある。

表 2-3-1 実証試験結果取りまとめ表

		単位	カラマツ	雑木	備考
チップパー	最大処理量	M3/h	～100		
	最大適応径	mm	軟材～φ420、硬材～φ300		
	レンタル料(税込)	円/日	157,500		オペレーター込み
グラブプル	バケット容量	M3	0.2		
	レンタル料(税込)	円/日	136,710		オペレーター込み
トラック	規格	t	4		あおり付オープントップ
	積載量	M3	16.1		
	チャーター料(税込)	円/日	47,250		
スケール	レンタル料(税込)	円/日	38,150		
原木			φ110～240 L1900	φ140～200 L2400	不適格材使用
	寸法	mm			
	使用量	M3	32.2	16.1	
	重量	kg/車	4,448.3	3,868.3	
	含水率	%wb	31.3	39.8	
	30%wb時重量	kg	4,368.9	3,328.2	
	かさ密度	kg/M3	275.8	239.9	
	30%wb時かさ密度	kg/M3	270.9	206.4	
	積込み時間	min	17.0	13.0	
	単位時間当たり積込み重量	kg/h	15,419.5	15,360.9	
	積下し時間	min	10.0	18.0	
	単位時間当たり積降し重量	kg/h	26,213.2	11,094.0	
	購入単価	円/M3	4,000.0	7,800.0	
		円/kg	6.0	11.7	
チップ	チップ化時間	min/車	20.0	26.0	
	チップ重量	kg	4,061.7	4,662.5	
	チップ含水率	%wb	28.6	32.1	
	30%wb時チップ重量	kg	4,145.2	4,521.0	
	単位時間当たりチップ化重量	kg/h	12,435.7	10,433.1	
	30%wb時かさ密度	kg/M3	257.0	280.3	
	移動時間	min	16.0	23.0	
	移動距離	km	9.0	9.0	
	運搬平均時速	km/h	33.8	23.5	
	チップ降し時間	min	4.0	4.0	
	単位時間当たり降し重量	kg/h	62,178.4	67,814.9	
	戻時間	min	14.0	12.0	
	戻平均速度	km/h	38.6	45.0	
	ホイルローダー積込時間	min/車	15.0	15.0	
	含水率	%wb	27.3		
	ホイルローダー積込み量	kg	4,145.2	4,521.0	
	単位時間当たりホイルローダー積込み量	kg/h	16,580.9	18,084.0	
その他	重機積込み時間	min	20		
	土場までの距離	km	15		

2-4 チップ化コスト計算

(1) チップ化作業モデル

土場チップ化および工場チップ化の典型的な作業モデルを以下に示す。
下図に示す工程に従い、それぞれのコストの算定を行った。

①土場チップ化作業モデル

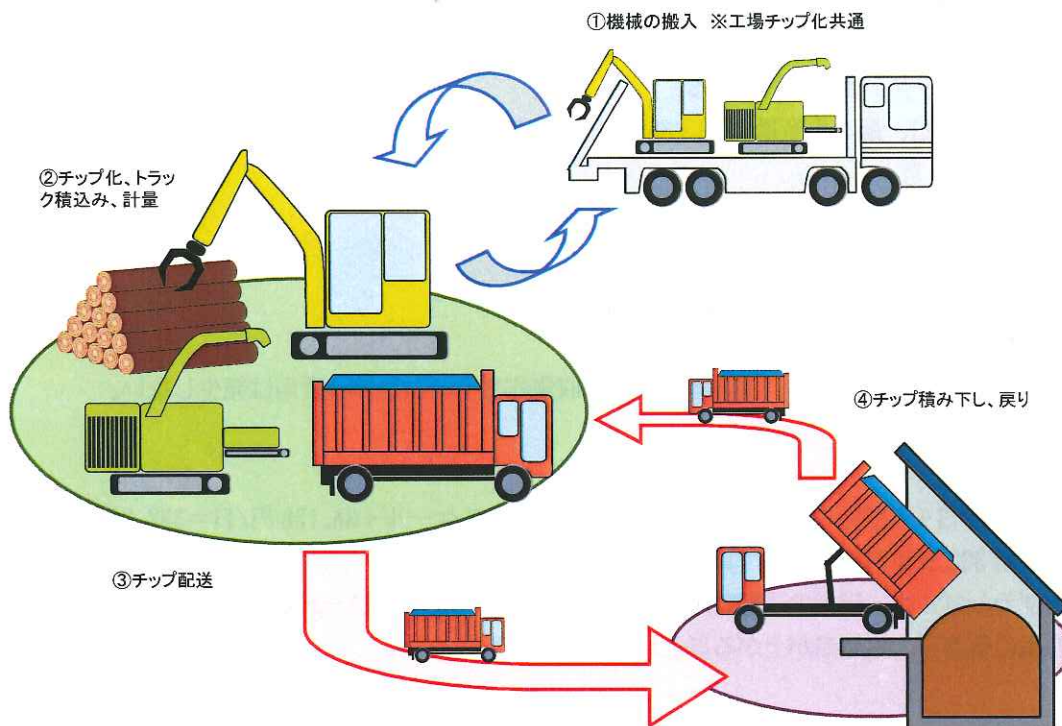


図 2-4-1 土場チップ化モデル

②工場チップ化作業モデル

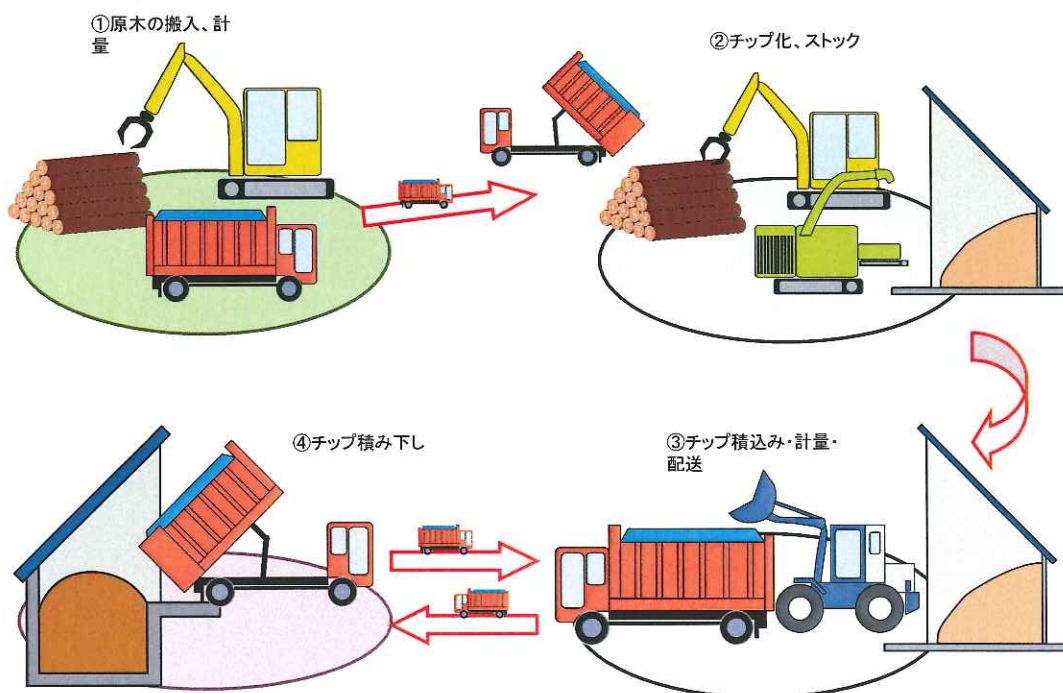


図 2-4-2 工場チップ化モデル

(2) 土場チップ化コスト

1) コスト計算の前提条件

- ・カラマツの実証試験データを使用。
 - ・原料調達範囲は東川町内を基本とする。※実際には上川全域から調達しても単価自体は変わらない。
 - ・生産チップ配送（販売）範囲は30km 圏内とする。
 - ・グラップル、チップパー、トラックスケールはレンタルとする。
- また、1日チャーター料金であるので、機械の搬入や撤去にかかる時間は考慮に入れない。
- ・作業時間は1日8時間とする。トラックも1日で配送可能な配送回数とする。
 - ・チップ生産単位はトラック1台満載量とする。
- 最小生産量は4,145kg/日、最大生産量は99,485kg/日となる。

(チップ15t)

2) コスト算出方法

①原料調達費用

購入単価 $4,000 \text{ 円/M}^3 \div 0.67 \text{ t/M}^3 \div 6.0 \text{ 円/kg}$ と算出される。

単価は調達量に依存せず、一律6.0円/kgとなる。

※上川地域運賃込価格で購入のため、事業者側で原料収集作業やそれに伴う費用は発生しない。

②機械レンタル費用

チップパー157,500円/日+グラップル136,710円/日+トラックスケール+38,150円/日=332,360円/日

機械レンタル費用332,360円÷生産量で算出される。

※チップパーとグラップルは、機械の運搬費用およびオペレーター費用含む一式のレンタル費用。

※単価は生産量に依存し、生産量が増えるほど単価は下がる。

③チップ配送料

チャーター料金47,250円/日÷配送量で算出される。

1車・1日当たりの最大配送回数は4回となり、配送回数が増えるほど相対的にコストが下がる。

※チャーター料金には、運転手、燃料代その他一式費用が入っている。

※土場チップ化の場合、生産チップは直接チップパーからトラックに搬入されるため、チップ積み込み費用は発生しないが、チップ積み込み時間として、結果的に製造コストには反映される。

3) 土場チップ化コスト取りまとめ

製造原価は、最大生産時（99,485kg/日）に12.2円/kgとなる。

仮に販売価格を14円/kgとすると、必要な生産量は91,194kg/日となり、これは4t車22杯分の量に相当し、4tトラック5～6台による配送体制となる。

また、販売価格を17円/kgとすると、必要な生産量は49,742kg/日となり、4t車12杯分、4t車3台による配送体制となる。

表 2-4-1 土場チップ化コスト取りまとめ

生産量 kg/日	原料調達費用 円/kg	機械レンタル費用 円/kg	チップ配送料 円/kg	製造原価 円/kg	販売価格 円/kg	配送体制
4,145	6.0	80.2	11.4	97.6	107.3	1台体制
8,290	6.0	40.1	5.7	51.8	57.0	
12,436	6.0	26.7	3.8	36.5	40.2	
16,581	6.0	20.0	2.8	28.9	31.8	
20,726	6.0	16.0	4.6	26.6	29.3	2台体制
24,871	6.0	13.4	3.8	23.2	25.5	
29,016	6.0	11.5	3.3	20.7	22.8	
33,162	6.0	10.0	2.8	18.9	20.8	
37,307	6.0	8.9	3.8	18.7	20.6	3台体制
41,452	6.0	8.0	3.4	17.4	19.2	
45,597	6.0	7.3	3.1	16.4	18.0	
49,742	6.0	6.7	2.8	15.5	17.1	
53,888	6.0	6.2	3.5	15.7	17.2	4台体制
58,033	6.0	5.7	3.3	15.0	16.5	
62,178	6.0	5.3	3.0	14.4	15.8	
66,323	6.0	5.0	2.8	13.9	15.2	
70,468	6.0	4.7	3.4	14.1	15.5	5台体制
74,614	6.0	4.5	3.2	13.6	15.0	
78,759	6.0	4.2	3.0	13.2	14.5	
82,904	6.0	4.0	2.8	12.9	14.1	
87,049	6.0	3.8	3.3	13.1	14.4	6台体制
91,194	6.0	3.6	3.1	12.8	14.0	
95,340	6.0	3.5	3.0	12.5	13.7	
99,485	6.0	3.3	2.8	12.2	13.4	

※販売価格は、製造原価×1.1と任意設定。

(3) 工場チップ化コスト

1) コスト計算の前提条件

- ・カラムツの実証試験データを使用。
- ・原料調達範囲は東川町内を基本とする。※実際には上川全域から調達しても単価自体は変わらない。
- ・生産チップ配送（販売）範囲は30km圏内とする。
- ・グラブ、チップ、トラックスケールはレンタルとする。
※機械の搬入や撤去にかかる時間は考慮に入れない。
- ・配送はトラック1台単位とし、1日チャーター料金でなく、1回当たり配送単価とする。
- ・ホイールローダーは自社所有を使用とする。
- ・作業時間は1日8時間とする。
- ・チップ生産単位は、最大生産量99,485kg/日とする。
- ・チップのストックヤードは新たに建設とする。

2) コスト算出方法

①原料調達費用

算出方法は土場チップ化と同様であり、一律 6.0 円/kg となる。

②機械レンタル費用

算出方法は土場チップ化と同様である。

ただし、最大生産量を 1 生産単位とするため、単価は一律 3.3 円/kg となる。

③チップ配送料

1 回当たり配送単価の計算は、1 日チャーター料金を元に以下の通り推計した。

1 日（8 時間）当たりチャーター料金：47,250 円

トラック拘束時間（30km 圏配送）：約 2 時間

従って、2 時間の料金は、2 時間÷8 時間×47,250 円＝11,813 円と算出され、1kg 当たり単価は一律 2.8 円/kg となる。

④工場作業料

下表の計算根拠のとおり、単価は一律 0.16⇒0.2 円/kg となる。

表 2-4-2 工場作業料計算根拠

作業員単価	円/h	2,000
	円/min	33.3
ホイルローダー積込み時間	min/車	15
トラック積込み量	kg/車	4,145.2
1車積込み当たりコスト	円/車	500
	円/kg	0.12
燃料単価(軽油)	円/L	110
燃費	km/L	5
速度	km/h	30
使用量単位	L/h	6
1分当たり使用量	L/min	0.10
1車積込み当たり使用量	L/車	1.5
1車積込み当たりコスト	円/車	165
	円/kg	0.04

⑤ストックヤード建設費用

チップのストックヤード建設費用は、日最大生産量 99.49t/日を収容できる大きさ 39.1 坪に対し、余裕を見て 47 坪と設定し、建設費用単価を 15 万円/坪として算出した。

従って、単価は年間償却費用 47.2 万円÷年間生産量で算出される。

表 2-4-3 スtockヤード建設費用計算根拠

生産量	t/年	99.49
チップかさ密度	kg/M3	257
チップ容量	M3	387
ヤード高	M	3
ヤード面積	M2	129.0
	坪	39.1
× 1.2	坪	47.0
坪単価	円/坪	150,000
建設費用	円	7,050,000
償却期間	年間	15
年間償却費	円/年	470,000

3) 工場チップ化コスト取りまとめ

製造原価は、99.49t/年生産で17.1円/kgとなり、994.85t/年生産で12.8円/kgとなる。

仮に販売価格を14円/kgとすると、必要な生産量は994.85t/日となり、4t車で240回/年配送となる。

また、販売価格を17円/kgとすると、必要な生産量は198.97t/日となり、4t車で48回/年配送となる。

表 2-4-4 工場チップ化コスト取りまとめ

生産量	t/年	49.74	99.49	198.98	298.47	497.45	994.90
原料調達費用	円/kg	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
機械レンタル費用	円/kg	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
チップ配送料	円/kg	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
工場作業料	円/kg	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
ストックヤード建設費用	円/kg	9.4	4.7	2.4	1.6	0.9	0.5
製造原価		21.8	17.1	14.7	13.9	13.3	12.8
販売価格(×1.1)		24.0	18.8	16.2	15.3	14.6	14.1

※販売価格は、製造原価×1.1と任意設定。

(3) 土場チップ化と工場チップ化コスト比較

生産量 99.49t で比較すると、土場チップ化は13.4円/kg、対する工場チップ化は18.8円/kgであり、単純なコスト比較では、工場チップ化は土場チップ化の1.4倍コスト高となる。

また、それぞれの最安製造原価で比較した場合、土場チップ化12.2円/kgに対し、工場チップ化は12.8円/kgとなり、工場チップ化の方が5%程度コスト高となる。

2-5 取組みの評価点と課題点

(1) 土場チップ化

表 2-5-1 土場チップ化の評価点と課題点

【評価点】
①製造原価は最も安くなる。
②機械購入の初期投資費用、保守管理・メンテ費用、固定資産税など不要。
③全てレンタルで対応できる。
④年間の処理量に依存せず、1回レンタル毎で事業性が成り立つ。
【課題点】
①土場で製造されたチップは、速やかに販売先(または保管場所)に運ぶ必要があり、間伐・チップ製造に合わせ、製造されたチップの受け入れ先の確保が大前提となる。
②また、その量は膨大(210～390M3)であり、既存の木質ボイラー導入先のサイロ容量は精々20～40M3程度しかなく、条件に見合う需要先の確保は容易ではないと想定される。
③トラック5～6台による配送体制が必要となり、トラックの確保が容易ではないと想定される。
④1現場で最低50t前後の間伐材の確保が必要となるが、常に確保可能かは未知数である。
⑤作業が天候に左右される。また、悪天候で作業の場合、生産チップへの泥等の付着や雨水の浸透などの対策が難しい。
⑥土場の状況により作業性が変わってくる(土場の状況に影響される)可能性がある。
⑦機械や車両の搬入は、搬入路や土場の状況に影響される。
(以下、工場チップ化共通)
⑧チップターのレンタル体制の確立。
⑨(チップター)、グラブブルのオペレーターの養成 ※チップターはメーカーのレンタル体制による。

⑩今回のチップパーは～φ300(軟材)～φ420(硬材)mm 径までの処理範囲であったが、稀にこのサイズを超えるものが散見された。どの径まで対応できる機種が良いか検討の余地がある。
⑪チップの選別作業。 ※機械の調整で対処できるのか、または別途スクリーンが必要かどうか検討が必要。 ※現場の場合、スクリーンは入りづらい。
⑫需要先確保と、間伐材の安定供給体制の確立。

(2) 工場チップ化

表 2-5-2 工場チップ化の評価点と課題点

【評価点】
①一度に大量の原料を確保する必要が無く、生産計画に合わせ適宜調達しストックしていればよい。
②機械購入の初期投資費用、保守管理・メンテ費用、固定資産税など不要。
③需要に合わせた生産計画を立てることが容易であり、常に最も安い製造コストで製造できる。
④需要先に合わせた配送が可能である。
⑤比較的天候に左右されず、またチップの管理が容易に行える。
⑥作業や機械等の搬入は、土場の状況に影響されない。
【課題点】
①パルプチップ並みの価格での販売は厳しく、下川町のような価格設定(17～18 円/kg)が必要となる。
②ストックヤード新設の初期投資が必要である。
③チップ配送毎に計量が必要であるが、スケール付トラックが手配できるか検討が必要。手配が難しい場合は購入する必要がある。
(以下、現場チップ化共通)
①チップパーのレンタル体制の確立
②(チップパー)、グラブのオペレーターの養成 ※チップパーはメーカーのレンタル体制による。
③今回のチップパーは～φ300(軟材)～φ420(硬材)mm 径までの処理範囲であったが、稀にこのサイズを超えるものが散見された。どの径まで対応できる機種が良いか検討の余地がある。
④チップの選別作業。※機械の調整で対処できるのか、または別途スクリーンが必要かどうか検討必要。
⑤需要先確保と、間伐材の安定供給体制の確立

(3) 土場チップ化と工場チップ化の比較とりまとめ

表 2-5-3 土場チップ化と工場チップ化の比較取りまとめ

項目	土場チップ化	工場チップ化
製造原価	生産量: 4.1～99.5t 製造原価: 97.6～12.2 円/kg	生産量: 49.7～994.9t 製造原価: 24.0～12.8 円/kg
14 円/kg で販売するための必要生産量	約 90t	約 1000t
17 円/kg で販売するための必要生産量	約 50t	約 200t
事業性	1 回レンタル毎で成立	2 回レンタルの生産量で成立
調達原料種	現場により異なり指定は難しい	ある程度指定が可能
原木の確保	1 現場につき 50t 以上必要。常に確保できる	チップ化作業までに確保すれば良いので容

	か未知数	易
原木の移動・整理	ある程度現場で配置してもらえる	工場にグラブプルが無い為綺麗な整理は難しい。ローダーで寄せる程度
初期投資費用	なし。全てレンタルで対応できる	ストックヤード建設あり トラックスケールは要検討 ホイールローダーが無い場合は購入の必要あり
保守管理・メンテ	なし	なし
固定資産税	なし	ストックヤードにかかってくる
生産計画	伐採作業スケジュールに合わせる必要がある	予め原料をストックしておくことで、需要先・需要量に合わせ計画生産できる
機械・車両の搬入	搬入路や土場の状況に影響される	搬入は容易
チップ生産量	原木の調達量や需要量により変わる。常に最大生産できるか未知数	常に最大生産量で生産できる
チップ製造の作業性	土場の状況や天候に左右される	土場の状況に影響されず、常に一定の製造が行える
チップ配送	生産後直ちに需要先に配送が必要。トラック5～6台(4t車)確保が必要	ヤードでストックの上、需要に合わせ配送。トラック1台単位で配送が可能
チップの選別	現場でスクリーン設置・利用は困難	スクリーンの設置は容易
チップの重量計測	スケールの水平設置に留意必要	スケール設置は容易であり、正確な計測ができる
チップの含水率検査	現場での検査は容易でない	検査は容易に行える
チップの管理	現場のため風雨対策は難しい	ストックヤードで管理のため、風雨対策が取れる
チップ受け入れ	210～390M3の受け入れ先確保は簡単でない	受け入れ先のストック容量に合わせ配送できる

(4) その他特記事項

1) 調達原料

- ・当初、試験に用いる材は、林地残材の枝条や追上材、間伐材を想定していたが、枝条や追上材については、(少なくともカラマツについては)量的に殆ど発生しないことが明らかとなった。
このことは、第1回の検討会議でも言及されていたが、実地でも明らかとなった。
従って、今回の試験では、用材として売り物にならないパルプ落し材を用いた。
パルプ落し材は通常有価で取引されるが、現状、買い手が付かない状況となっており、今後調達を考える上で最も有望な原料と想定される。
- ・一方、試験に足りる量の確保はできなかったものの、枝条や追上材のチップ化も行った。
この際、枝条や追上材の土場集積状態における土砂の付着が激しく、グラブプルで振るっても殆ど落ちず、チップパー機から土砂が混じったチップが排出された。
このようなチップは燃料用途としてはあまり望ましくなく、またチップパーの切削刃を痛める原因ともなりかねず留意が必要である。
- ・また、今回の現場では雑木も多く排出され、カラマツと同様の試験を行った。
結果的には、時間当たりチップ生産量で、カラマツと比較し約16%減(カラマツ:12,435.7kg/h、雑木:10,433.1kg/h)、最大生産時の機械レンタル料は、約0.6円/kgのコストアップとなるものの、事業性が確保できる範囲に収まっており、調達原料として見込めることを確認できた。

しかしながら、原料価格がカラマツの約2倍（カラマツ 6.0 円/kg に対し 11.7 円/kg）と高く、この購入単価では採算が合わないので留意が必要である。（製造原価は最も良い条件でも 18 円/kg となる。）

2) チッパー機

- ・今回使用した最新型移動式切削チッパーは、作業中機械的なトラブルは一切なく、極短時間（数分程度）のキャリブレーションやオイル補充以外、殆ど時間をロスすることなく作業を行うことが出来、所定の製造能力を発揮した。

3) コストダウンの可能性

- ・中長期的な視点では、既存工場スタッフから機械オペレーターを養成することにより、レンタル費用のコストダウンが見込まれる。
- ・今回、グラップルは通常の作業現場で使用されるバケット容量（0.4M³）より小さい 0.2M³ を使用しているため、処理能力が上がればチップ化の作業効率が上がり、さらなる製造コストダウンが見込まれる。
- ・需要先のサイロ容量によっては、チップ配送車両を 10t 車とすれば積載効率が上がり、配送回数も少なくて済むため、さらなるコストダウンが見込まれる。

4) コストアップ要素

- ・チッパーにはスクリーンが内蔵されているが、別途選別機等の必要性について検討の余地がある。
- ・今回、グラップルの操作は熟練のオペレーターにより行ったが、オペレーターの熟練度合いにより作業効率が違ってくる可能性がある。
- ・土場チップ化において、原木の調達状況や土場・天候状況によってはコストアップとなる。
- ・工場チップ化において、スケール付のトラックの手配が難しい場合は、別途スケールのレンタル費用（もしくは工場備え付けも考慮しないとならない。）が発生する。
- ・工場チップ化において、ホイールローダーで対応できない原木の移動や整理が必要な場合は、別途グラップルをレンタルする必要がある。

3. 今後の課題と取組の展開方策

今回実証試験を経て検討を行った、機械のレンタル方式による土場・工場チップ化は、レンタルによっても事業性が成り立ち、需要先があれば誰でもチップ製造を行うことが出来るという点で、他の地域でも十分に適用できる画期的な方式である。

以下、それぞれの方式の課題と取組の展開方策を示す。

3-1 土場チップ化の課題と取組の展開方策

土場チップ化の最も大きな課題は、製造されたチップの行方であるが、仮にチップ製造者側でストックする場合、工場チップ化と同様にストックヤードの新設が必要であり、配送料も2倍に膨みコスト的に見合わなくなる。

従って、需要先で一回の生産量（210～390M3）の受け入れが可能かどうか、土場チップ化方式成立の条件となるが、既存の木質ボイラー導入先のチップサイロの容量は、精々20～40M3 程度であることから、条件に見合う需要先の確保は容易ではないと想定される。

土場チップ化の一つの展開方策としては、シート掛けなど簡易な管理でも問題ないと思われる暗渠用途や家畜の敷料用途が想定され、引受け量と価格について個別等調査の上、事業性が確保できるか検討が必要である。

3-2 工場チップ化の課題と取組の展開方策

一方で、工場チップ化の課題は大きく2点に絞られるが、1点はストックヤードの建設費用をどう確保するか、もう1点は、土場チップ化に比べて高い販売価格にある。

前者については、原料の供給元、機械のレンタルメーカー、チップ製造元、チップ燃料の需要先（＝ボイラ導入先）の全ての段階で経済的メリットが想定され、今後しっかりと事業計画を立て、町がバックアップ体制に入ること、金融機関等からの設備投資融資の可能性が想定される。

また後者については、下川（あるいは芦別市）の例のように、燃料用途であれば決して成り立たない販売価格ではなく、また、年間1,000t以上の生産を行えば、既存のパルプチップ価格並みまでコストダウンできる余地を持っている。

現実的な線で、年間200～300t程度の需要先の確保が当面の目標となり得るが、例えば、東川町役場の重油使用量が約85kL/年（H16年度データ）、単純計算でチップ換算で265t/年に相当し、役場庁舎規模の需要先を1件確保できれば成り立ち、先行事例を見ても決して不可能なことではない。

また、下表のとおり、ボイラ導入側では、重油との経費削減効果により、初期投資費用は10年程度で回収が見込まれ、太陽光発電の売電事業などと比較しても遜色ない費用対効果が見込まれる。

表 3-2-1 ボイラ導入の経済性

ボイラ規模	30	万kcal/h	
導入費用	4,500	万円/式	※工事費用等一式
補助率	50%		※公共施設として
自己負担額	2,250	万円	
燃料使用量	85	kL/年	
重油単価	80	円/L	
重油代	680	万円/年	
チップ換算量	265	t/年	
チップ単価	16,000	円/t	
チップ代	423	万円/年	
その他経費	45	万円/年	ユーティリティ、保守点検等
経費合計	468	万円/年	
経費削減効果	212	万円/年	
投資費用回収年	10.6	年	

※ボイラ規模、導入費用は仮定。この結果を保証するものではない。

3-3 基本的展開方向

工場チップ化をベースとして、需要先の確保とともに、原料の確保については役場および東川町森林組合と、機械のレンタル体制についてはメーカーと、そしてチップ配送料については運送会社と、一連の作業を同時平行で行っていく必要がある。

そして、一連の目処が付いた段階で事業計画書を作成し、町のバックアップ体制の元、ストックヤード建設に対する金融機関からの設備投資融資について協議を行っていくステップが想定される。

尚、チップ需要先の確保は、イコール木質ボイラ導入先の確保であり、町有施設等での先導的な導入検討が望まれるが、熱エネルギー供給事業として展開することも想定される。

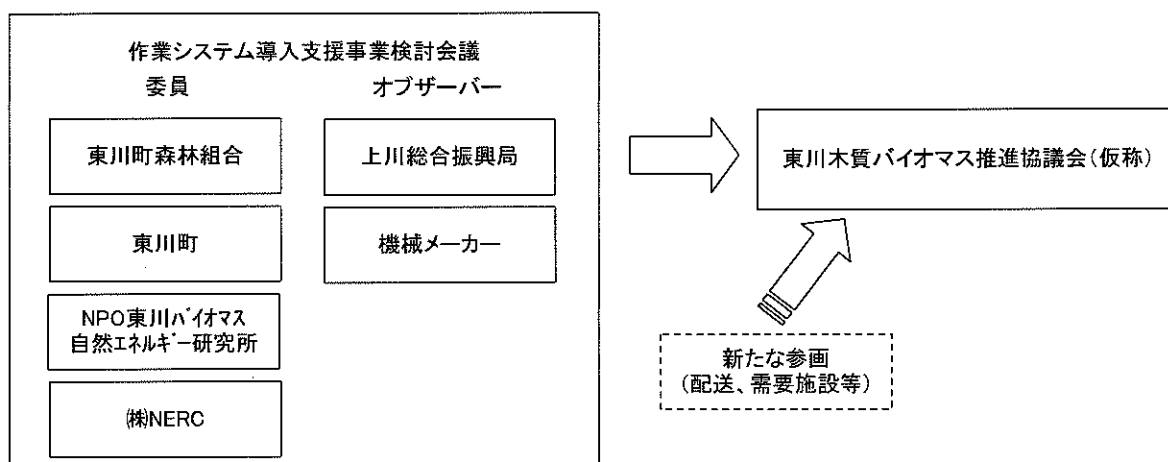
また、土場チップ化方式についても、暗渠用途や家畜の敷料用途の可能性など、工場チップ化と平行して検討を継続していくことが望ましいと考えられる。

3-4 実施体制

本方式は、地域で資源・資金が循環し、雇用の創出にも繋がるという点で、原料の調達からチップの利用に至るまで地産地消型を基本とするのが望ましいと考えられる。

そういった点で、関係する地域関係者の理解と協力体制の構築が重要であり、今回の検討会議を、「東川木質バイオマス推進協議会（仮称）」に発展させ検討を継続していくとともに、普及啓発活動を行っていくことが望まれる。

表 3-4-1 実施体制（案）



3-5 ロードマップ

(1) 2013 年上半期～下半期

①取り組みの継続と普及啓発

- ・現在の検討会議を「東川木質バイオマス推進協議会（仮）」へと発展・継続
- ・F S（事業化）事業等の補助事業を模索
- ・本事業完了後、事業報告会を開催し、取組みへの理解と協力を求める。

②原料の安定供給体制の確立

- ・調達先：役場および東川町森林組合。向こう 15 年間の原料供給見通し。
- ・調達原料：針葉樹間伐材（パルプ落し）。運賃込み価格 4,000 円/M3 以下目標
- ・調達量：原木 200～300t/年。 ※需要量による。

③需要先・需要量の確保

- ・需要先：30km 圏内（町内）。向こう 15 年間の燃料供給見通し
- ・ボイラ規模：30 万 kcal/h 前後（重油 80kL/年以上使用が目安）
※ボイラ導入は、NP0 の熱供給事業としての可能性も検討
- ・需要量：200～300t/年、販売価格 15～16 円/kg（想定）
※需要は燃料用途の他、家畜の敷料や暗渠等の用途も検討

④チップーレンタル体制の構築

- ・体制：メーカー直 or 機械レンタル会社
- ・費用：一式 15 万円/日以下目標
- ・その他：オペレーター養成。 ※メーカーレンタル体制による

⑤チップ配送体制の構築

- ・車両：4t（16M3）及び 10t（40M3）トラック。アオリ付きオープントップ等
- ・配送回数：4t 車：年間 65 回前後、10t 車：年間 25 回前後（目安）
- ・配送料：2.8 円/kg 以下目標 ※年間定期的配送に基づく年間使用料でも可
※チップ需要先・量と配送計画で数値は変わってくる。

⑥ストックヤードの確保

- ・面積：47 坪 ※最低 1 回当たりの最大生産量をストックできる大きさ
- ・建設費用：15 万円/坪以下

(2) 2013 年下半期～2014 年上半期

⑦事業計画書の作成

⑧金融機関との設備投資融資協議（ストックヤード建設資金） ※町のバックアップ体制

⑨原料供給契約および燃料供給契約締結

⑩設備等補助申請 ※導入先の確定が前提

⑪原料の受け入れストック開始

⑫ストックヤードの建設

(3) 2014 年上半期～2014 年下半期

⑬ボイラ導入、燃料供給開始