

令和 3 年度（2021 年度）
木質バイオマス資源活用促進事業
（低コスト集荷・搬出拠点効果検証事業）委託業務
報 告 書

目 次

第1章 業務の概要	1
1.1 委託業務概要.....	1
1.2 委託業務内容.....	2
1.3 業務工程.....	3
第2章 調査計画検討	4
2.1 調査の背景.....	4
2.2 検証の目的.....	5
第3章 検証事業実施内容	6
3.1 検証候補地の選定.....	6
3.2 検討会の開催.....	7
3.2.1 開催概要.....	7
3.2.2 質疑応答・意見交換の内容.....	8
3.2.3 検証地の決定.....	8
3.3 検証地の管理.....	9
3.4 検証および分析.....	10
3.4.1 検証結果.....	12
3.4.2 分析結果.....	28
3.4.3 成果報告会.....	42
3.4.4 利用者側の意見やコスト等を踏まえた、最も効果的な中間土場のあり方.....	44
3.4.5 先進事例調査.....	50
3.4.6 UAV を用いた林地未利用材の状況把握.....	52
第4章 事業実施成果のまとめ	57

第1章 業務の概要

1.1 委託業務概要

(1) 業務委託名

令和3年度（2021年度）木質バイオマス資源活用促進事業（低コスト集荷・搬出拠点効果検証事業）委託業務

(2) 業務の目的

地域の熱利用や大規模発電施設の稼働などによる木質バイオマスの需要が増加していることから、既存利用に影響を及ぼさないよう、伐採作業で発生する林地未利用材（枝条や追上材など）を安定的に供給する体制を構築することが必要です。

これまで林地未利用材の効率的な流通体制の構築に向けた課題解決策について検討した結果を受け、林内に少量分散している林地未利用材を効率的に集荷・搬出・利用するためには一時的に集積させる拠点の設置が必要であることから、地域の林業事業者が共用できる林地未利用材の集荷・搬出拠点（中間土場）についての効果的なあり方やコストの削減効果を検証し、その結果について広く普及を図ることを目的とします。

(3) 契約期間

令和3年7月13日～令和4年2月28日

(4) 委託者

〒060-8588

札幌市中央区北3条西6丁目

北海道知事 鈴木 直道

(5) 受託者

〒205-0001

東京都羽村市小作台1-4-21KTD キョーワビル小作台3F

株式会社森のエネルギー研究所

代表取締役 大場 龍夫

1.2 委託業務内容

検証候補地（林地未利用材の集荷・搬出拠点）の選定、検討会の開催（検証地の決定など）、検証地の管理、利用状況や利用者の意見集約、集荷・搬出コストの検証と分析を行い、結果を取りまとめて成果品として提出します。

(1) 検証候補地の選定

検証候補地の選定は、次のアからウにより行うこと。

- ア 検証候補地は、釧路・根室地域に2箇所以上の集荷・搬出拠点を選定すること。
- イ 検証候補地は、管理者の有無や山からの距離などの条件において相違し、比較検討できるものとする。
- ウ 検証候補地は、できる限り多くの林業事業者が利用できるよう配慮して選定すること。

(2) 検討会の開催

より効果的に検証を行う観点から、地域の林業事業者を交えて検証地の選定（参加者の意見を参考にして決定すること）や検証の方法などについての検討会を開催すること。

なお、開催に当たっては新型コロナウイルスの感染状況などを考慮し、柔軟な対応をとること。

(3) 検証地の管理

選定した検証地について、検証に必要な最低限の整備・管理を行うこと。

(4) 検証及び分析

検証及び分析は、主に次の2点について行うこと。

- ア 各検証地における土場を設置した場合としなかった場合の収益性（コスト及び収入）
- イ 利用者側の意見やコスト等を踏まえた、最も効果的な中間土場のあり方

1.3 業務工程

本事業における業務工程を図 1 に示します。

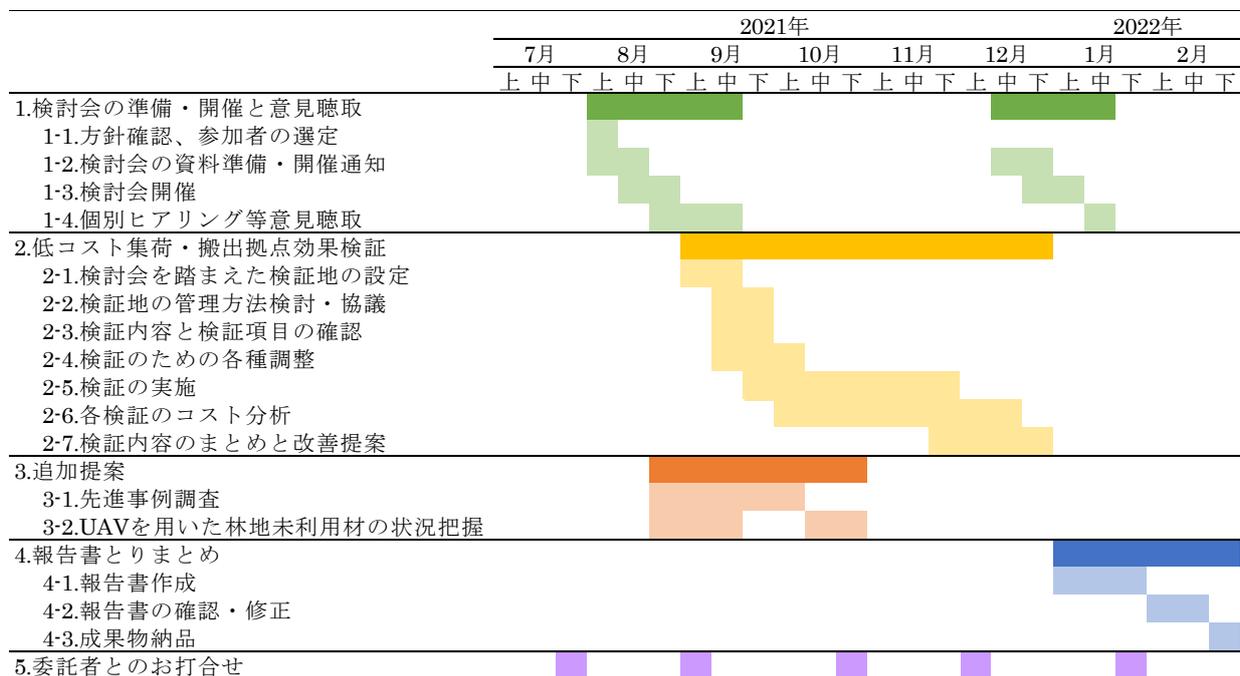


図 1 業務工程表

第2章 調査計画検討

2.1 調査の背景

令和3年7月時点で北海道内の木質バイオマスを利用した設備を有する施設は、FIT認定発電施設が10施設、熱電併用施設が6施設、熱利用施設（木材チップ・薪ボイラー）が96施設、熱利用施設（木質ペレットボイラー）が57施設あります（図2）。木質バイオマスの利用量で見ると、令和2年度は1,459千m³利用されており、令和元年度実績よりも77千m³増加しています（図3）。

調査対象である釧路・根室地域は全道に比べて木質バイオマス利用施設は少ないものの、平成30年には白糠バイオマス発電所が稼働開始し、令和3年には日本製紙（株）釧路工場が紙・パルプ事業撤退、令和4年以降に熱利用設備の導入を検討している自治体があるなど、木材・木質バイオマスの流通構造が大きく変化しています。また、従前から畜産業が盛んで畜産敷料の需要が高いことから、既存利用に影響を与えないよう木材・木質バイオマスの供給量増加が求められる地域でもあります。

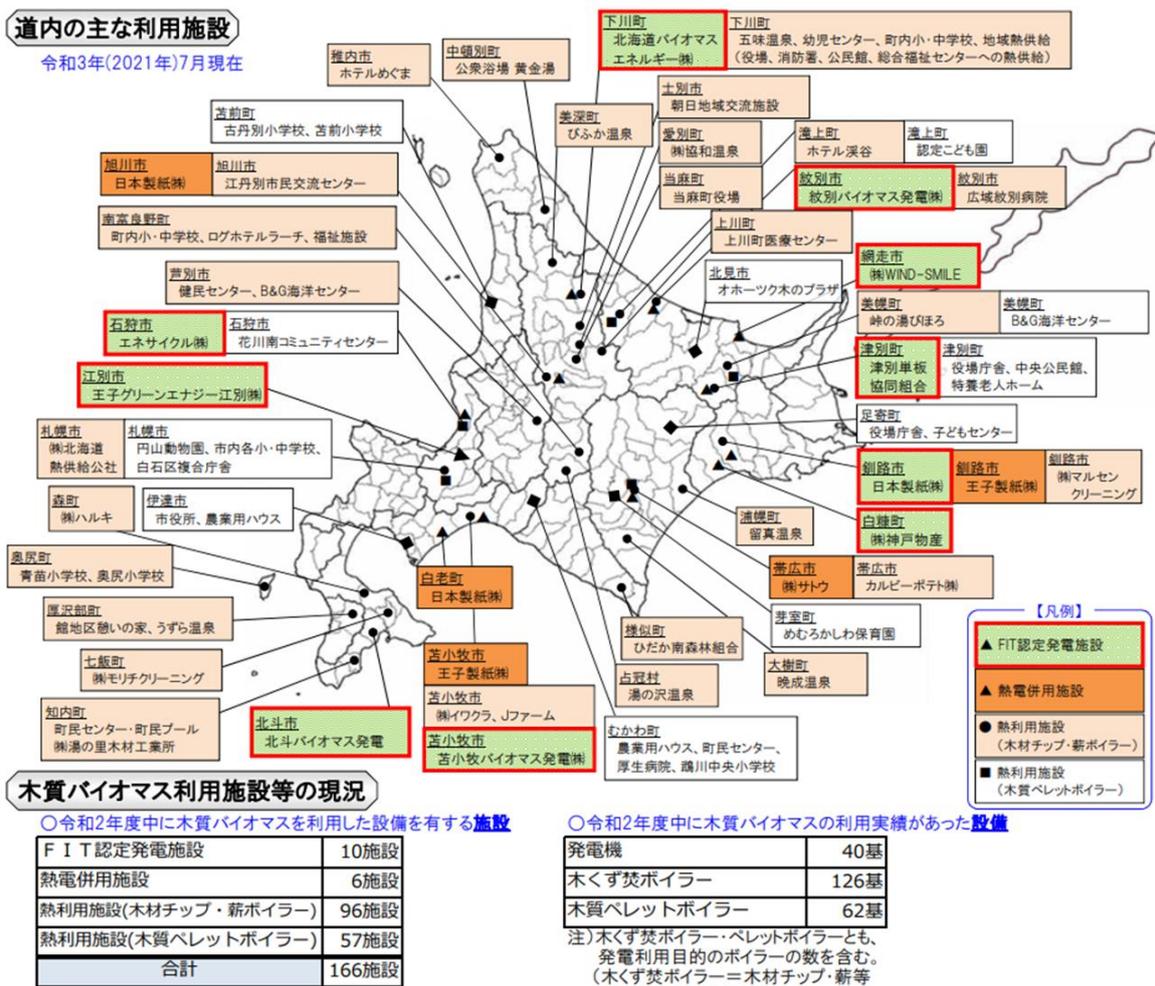


図2 北海道の木質バイオマスの利用状況

出典：北海道水産林務部林務局林業木材課木質バイオマス係「木質バイオマスエネルギーの利用状況」

木質バイオマスの由来別利用量の推移

令和2年度(2020年度)実績まで

※未利用材：間伐材、主伐材、除伐材及び林地残材等が由来となるもの

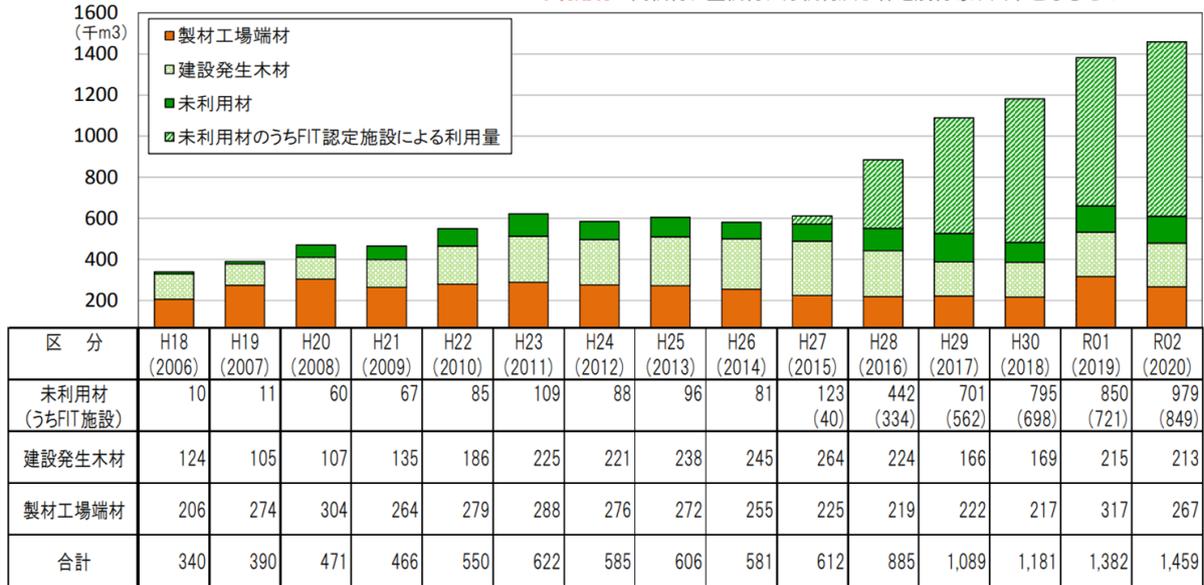


図 3 北海道における木質バイオマスの由来別利用量の推移

出典：北海道水産林務部林務局林業木材課木質バイオマス係「木質バイオマスエネルギーの利用状況」

2.2 検証の目的

上述のとおり、地域の熱利用や大規模発電施設の稼働などによる木質バイオマスの需要が増加していることから、既存利用に影響を及ぼさないよう、伐採作業で発生する林地未利用材（枝条や追入材など）を安定的に供給する体制を構築することが必要です。これまで林地未利用材の効率的な流通体制の構築に向けた課題解決策について検討した結果を受け、林内に少量分散している林地未利用材を効率的に集荷・搬出・利用するためには一時的に集積させる拠点の設置が必要であると考えられます。そのため、本事業では釧路・根室地域を対象とし、地域の林業事業者が共用できる林地未利用材の集荷・搬出拠点（中間土場）についての効果的なあり方やコストの削減効果を検証し、その結果について広く普及を図ることを目的としています。

第3章 検証事業実施内容

3.1 検証候補地の選定

林地未利用材の集荷・搬出拠点（以下、中間土場）のコスト削減および課題を検証するための検証候補地 2 か所を選定しました（表 1、図 4）。

検証候補地 A は「厚岸町おが粉製造現場隣接地」で面積は約 0.05ha、敷地は舗装されておらず、厚岸町営牧場の敷地内にあるため管理者はいますが常駐はしていません。厚岸町のほぼ中心に位置し、町内民有林のほとんどが 20km 圏内（直線距離）に含まれ、林地未利用材を集荷する林分までは行程距離（片道）13.0km（直線距離約 5.5km）あり、同林分は造材作業終了間際であったため、造材時の林地未利用材集荷を想定しています。町内に木質バイオマスエネルギー施設はないため、製造したチップは釧路市内の木質バイオマスボイラー導入施設まで運搬します。

検証候補地 B は釧路市音別町にある（株）大前技建工業の土場で面積は約 0.1ha の未舗装地ですが、同社が林地未利用材の集積・チップ製造に利用しており、くしろ西森林組合併設の土場であるため同組合の職員が常駐しています。同社は白糠町に本社を置き、白糠町から協力を得られたため、林地未利用材は白糠町有林より集荷します。対象林分から検証地までの行程距離（片道）は 13.5km（直線距離約 8.0km）あり、同林分は伐採から 1 年以上経過しているため、造林時の林地未利用材集荷を想定しています。同町の民有林は南北に長く分布していることから、検証候補地から町内民有林まで距離は最大で約 40km（直線距離）になります。

表 1 選定した検証候補地

	検証候補地 A	検証候補地 B
施設名	厚岸町おが粉製造現場隣接地	（株）大前技研工業の土場
面積	0.05ha	0.1ha
舗装状況	未舗装	未舗装
利用状況	未利用	利用中
常駐管理者の有無	なし	あり
対象林分との行程距離（片道）	13.0km （直線距離 5.5km）	13.5km （直線距離 8.0km）
集荷タイミング	造材時	造林時
需要施設と行程距離（片道）	木質バイオマスボイラー導入施設 60.2km	畜産業者 8.3km

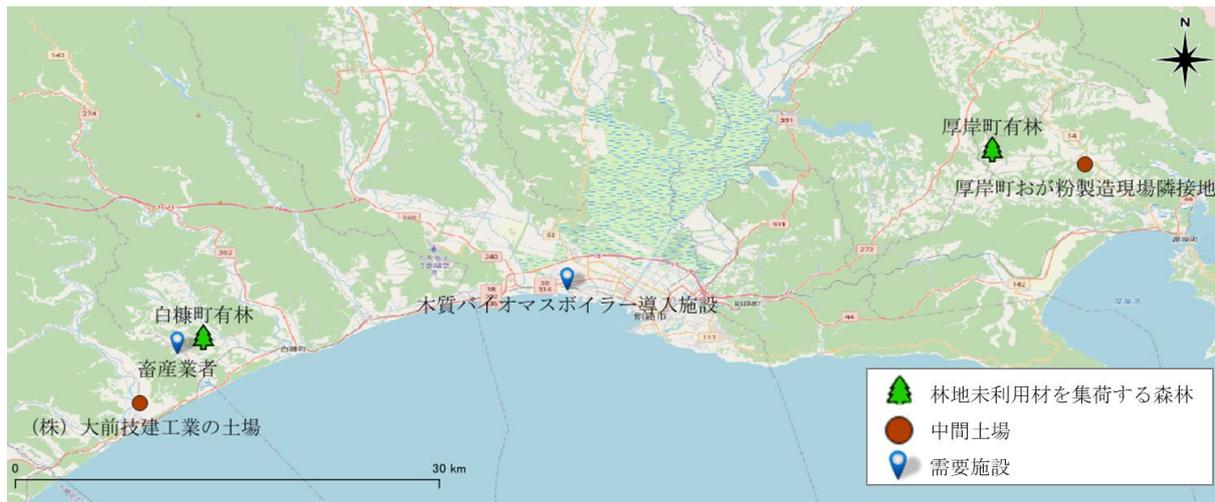


図 4 検証候補地の位置関係

出典：OpenStreetMap

3.2 検討会の開催

3.2.1 開催概要

本事業では釧路・根室地域を対象とし、地域の林業事業者が共用できる林地未利用材の集荷・搬出拠点（中間土場）についての効果的なあり方やコストの削減効果を検証し、その結果について広く普及を図ることを目的としており、検証候補地の選定や検証内容等について地域の実情を反映させるため、地域関係者を招聘し、検討会を開催しました（表 2）。

表 2 検討会の開催概要

開催方法	オンライン
開催日時	令和 3 年 8 月 27 日（金）10：00～12：00
協議事項	事業及び検証内容の説明 質疑応答・意見交換
招聘範囲	造材または造林業者、森林組合 木質バイオマス発電所 木質バイオマスボイラー導入施設 国有林 市町村 釧路総合振興局 その他関係者

3.2.2 質疑応答・意見交換の内容

質疑応答・意見交換の内容を以下に整理します。

- ・ 検証工程が川上・川中・川下で分かれているが、各工程の作業はどういった事業者が行う想定か。
→川上では林業事業体、川中は中間土場の運営主体、川下は中間土場の運営主体または運搬車両の所有企業が行うことを想定している。
- ・ 実際に林地未利用材を集荷・運搬する場合、森林組合が負担して行うのか、もしくは林業事業体が買い取って行うのか。
→実際の運用時における集荷業者は具体的に設定していないが、前年度は施業を実施する業者または木材集荷業者とした。強制的に林地未利用材利用をさせるのではなく、集荷者の収益性向上やバイオマス利用体制の構築のために集荷コスト以上の価格で買い取る中間土場を検討する。
- ・ 森林施業の多くは森林組合が林業事業体に請負に出して実施するものと思うが、その請負契約の範囲に未利用材の収集を含めるのか。
→強制的に林地未利用材利用をさせることが目的ではないため、請負契約の範囲に含めるかどうかは森林組合と林業事業体の判断になるが、実際に行う場合には行政や森林所有者からの発注段階で作業内容に林地未利用材集荷を含めることを考えている。
- ・ 林地未利用材の集荷についての掛かり増しコストや中間土場のコストは試算するのか。
→試算する。昨年度は施業終了後に集荷したため、生じた費用すべてが掛かり増し経費に相当すると考えられ、改善提案として施業期間中の集荷コストも試算した。
- ・ 中間土場に集積した林地未利用材は各事業体が利用料を払ってチップ化するのか、それともチップ保有業者が未利用材を買い取ってチップ化するのか。
→チップを不特定多数の方に操作させると故障やトラブルの原因になるため、後者に近い想定をしている。昨年度は中間土場の運営主体を地域の関係者で構成する協議会とし、同協議会で未利用材を買い取り、構成員（または行政）が所有するチップでチップ化・販売するとした。
- ・ 資料には「中間土場を設置しない場合のコストも試算する」と記載されているが、検証作業は「中間土場でチップ化する場合」と「現場でチップ化する場合」の2通り行うのか。
→「中間土場でチップ化する場合」は実際に作業を行うが、「現場でチップ化する場合」はコストシミュレーションのみである。
- ・ 厚岸町の川上の検証について、口頭説明では「施業終了後に集荷する」とあったのに対し、資料には「1日の作業終わりに集荷する」と記載されているが、どちらが正しいのか。
→林業事業体が所有している車両で「1日の作業終わりに集荷する」ことをイメージし、検証パターンAは設定している。しかし、検証の際に施業する林業事業体の協力が得られない可能性もあるため、その場合は施業終了後に検証作業を行う。協力が得られる場合には施業期間中に検証作業を実施する。

3.2.3 検証地の決定

検討会での説明により、本検証事業に係る地域の関係者の理解が概ね得られたことから、選定した検証候補地において以上の意見等を反映させながら検討することを決定しました。

3.3 検証地の管理

本事業では「厚岸町おが粉製造現場隣接地」および「(株) 大前技研工業の土場」を検証地（中間土場）として設定しました。厚岸町おが粉製造現場隣接地は敷地面積 0.05ha の未舗装地を借地し、厚岸町営牧場の敷地内にありますので日常的な管理は厚岸町が行っています（図 5）。(株) 大前技研工業の土場は敷地面積 0.1ha の未舗装地を借地し、日常的な管理は同社が行っていません（図 6）。



図 5 検証候補地 A：厚岸町おが粉製造現場隣接地



図 6 検証候補地 B：(株) 大前技研工業の土場

3.4 検証および分析

本事業では林地未利用材の集荷・運搬、中間土場でのチップ製造・積込、需要施設へのチップ運搬・降ろしにかかるコスト分析および課題把握を目的としており、川上・川中・川下の各工程における作業内容と検証項目（図 7）について調査します。

川上	川中	川下
【作業内容】 林地未利用材の集荷・運搬	【作業内容】 林地未利用材の集積 チップ製造・積込	【作業内容】 チップ運搬・降ろし
【検証項目】 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 対象林分の状況把握 ➢ 集荷した林地未利用材の重量・水分 ➢ 中間土場までの運搬距離・時間 ➢ 林地未利用材の集荷・運搬コスト ➢ 集荷・運搬時の課題 	【検証項目】 <ul style="list-style-type: none"> ➢ チップ製造・積込に要した時間と製造量 ➢ 製造したチップの水分と形状 ➢ 林地未利用材でのチップ製造コスト（積込含む） ➢ チップ製造・積込の課題 ➢ 林地未利用材でチップ製造を行う際の注意点 ➢ できる限り多くの林業事業者が利用できるような配慮方法 	【検証項目】 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 需要施設までの距離、往復時間 ➢ チップ運搬・降ろしのコスト ➢ 製造したチップと需要施設の要求するチップの適合性 ➢ 運搬車両の適正

図 7 各工程における作業内容と検証項目

川上（林分）では林地未利用材の集荷・運搬を行い、対象林分の状況把握と集荷した林地未利用材の重量・水分量、中間土場までの運搬距離・時間等を計測します。それらをもとに林地未利用材の集荷コストを試算し、集荷方法ごとの課題についても整理します。

川中（中間土場）では集荷した林地未利用材を集積し、それらを原料としたチップ製造・積込を行います。ここではチップ製造・積込に要した時間、製造量、製造したチップの水分量、形状について確認し、コスト分析を行います。また、製造方法ごとの課題や林地未利用材でチップ製造を行う際の注意点などの把握と、できる限り多くの林業事業者が利用できるような方法・あり方についても検討します。

川下（需要施設）ではチップ運搬・降ろしを行い、需要施設までの運搬距離や往復時間などを計測し、コスト分析を行い、さらに林地未利用材を原料としたチップと需要施設が要求するチップの適合性や、運搬車両の適性についても調査します。

なお、集荷した林地未利用材および製造したチップの重量測定には、検証地周辺の施設よりトラックスケールを借用し、実施しました。

以上の内容を踏まえて、本事業では2つの検証パターンを設定しました（図 8）。

検証パターン A ではグラップル（バケット容量 0.45m³）と 4t ダンプ（積載容量 20m³）を用いて厚岸町有林から林地未利用材を集荷し、同林分から行程距離（片道）13.0km の位置にある中間土場（厚岸町おが粉製造現場隣接地）まで運搬します。チップ製造・積込にはグラップルレーキ（バケット容量 0.45m³）、チップパー（MC4000、切削ドラム、図 9）、移動式ベルトコンベア、4t ダンプ（積載容量 20m³）を使用します。中間土場から需要施設（釧路市内の木質バイオマスボイラー導入施設）までの行程距離（片道）は 60.2km となります。

検証パターン B ではグラップルレーキ（バケット容量 0.45m³）と 10t ダンプ（積載容量 22 m³）を用いて白糠町有林から林地未利用材を集荷し、同林分から行程距離（片道）13.5km の位置にある中間土場（(株)大前技建工業の土場）まで運搬します。チップ製造・積込にはグラップルレーキ（バケット容量 0.45m³）、チップパー（MC4000、破碎ドラム）、バックホウ（バケット容量 0.8m³）、10t ダンプ（積載容量 22m³）を使用します。中間土場から需要施設（白糠町内の畜産業者）までの行程距離（片道）は 8.3km となります。

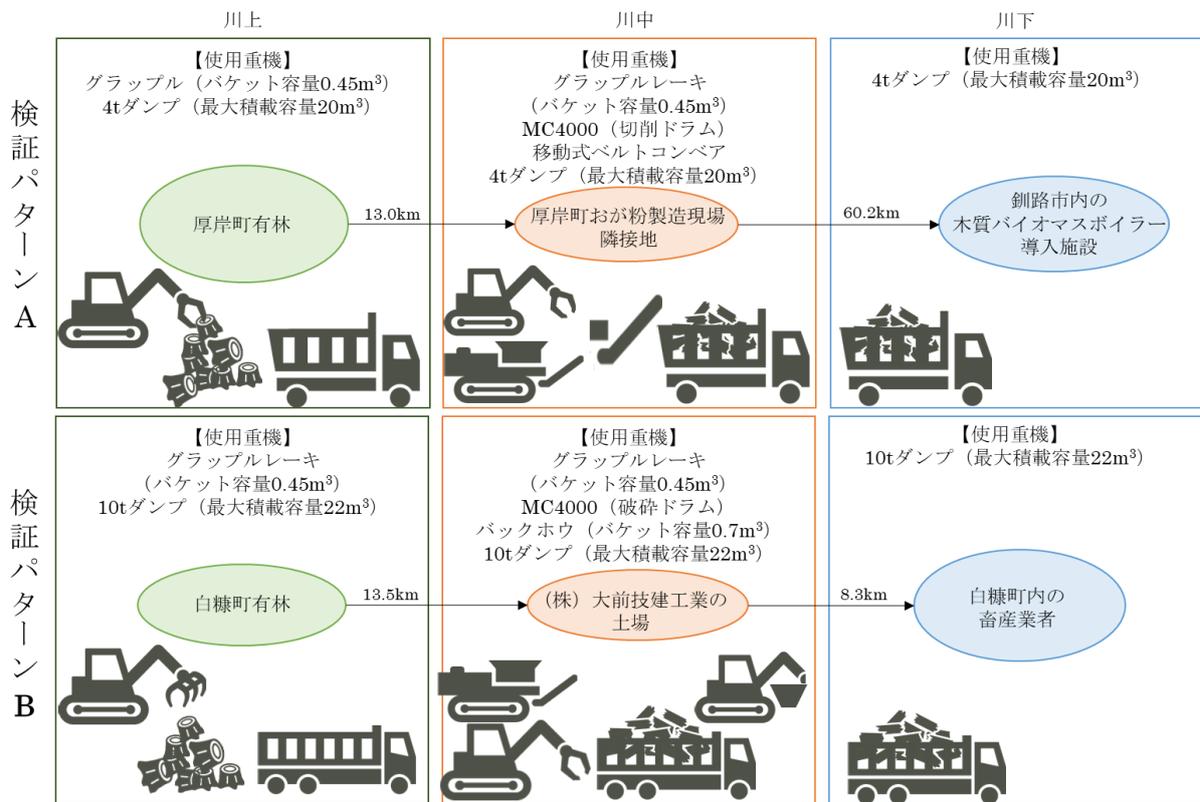


図 8 各検証パターンの作業イメージ



図 9 検証に使用したチッパー (MC4000)

3.4.1 検証結果

(1) 検証パターン A

本パターンでは図 10 の作業内容・重機で検証しました。

川上（林地未利用材の集荷・運搬）では対象林分が造材作業終了間際であったため、同林分を施業していた造材業者が使用していたグラブ（バケット容量 0.45m³）を借用しました。

チップ製造・積込では MC4000 の排出コンベアでは高さが足りず、直接 4t ダンプに直接積込むことができないため、移動式ベルトコンベアを用いて積込を行いました。



図 10 検証パターン A の作業イメージ (再掲)

① 川上での検証結果

(a) 対象林分と林地未利用材の集積状況

対象林分は厚岸町有林のカラマツ林で、令和 3 年 9～10 月に更新伐を行っています。追上材（タンコロ）は少なく、末木枝条が多い現場であり、造材作業時から作業道沿いに林地未利用材が集積されていました（図 11）。



図 11 林地未利用材の集積状況

(b) 林地未利用材の集荷・運搬

同作業はグラップル（バケット容量 0.45m³）と 4t ダンプ（積載容量 20m³）を用いて 4 回実施し、その結果を表 3 に整理しました（図 12、図 13）。

集荷作業に要した時間は合計で 58 分、1 回あたりの平均は 15 分、集荷した林地未利用材の重量は合計で 11.0t、1 回あたりの平均は 2.7t でした。

林分から中間土場までは行程距離（片道）13.0km（林道 4.0km、一般道 9.0km）あり、運搬時間（往復）は合計で 205 分、1 回あたりの平均は 51 分でした（図 14）。なお、トラックスケールは対象林分と中間土場の最短ルートから外れており、実際の運用時には中間土場で重量測定を行うことが考えられるため、運搬時間ではトラックスケールまでの移動・測定時間は除外しています。

また、林地未利用材の平均水分は 34.7% でした。

表 3 検証パターン A の林地未利用材集荷・運搬作業結果

項目	結果
平均集荷時間	15 分
平均集荷重量	2.7t（最大積載量 3.0t）
平均運搬時間（往復）	51 分
平均水分	34.7%



図 12 林地未利用材の集荷作業



図 13 林地未利用材の断割

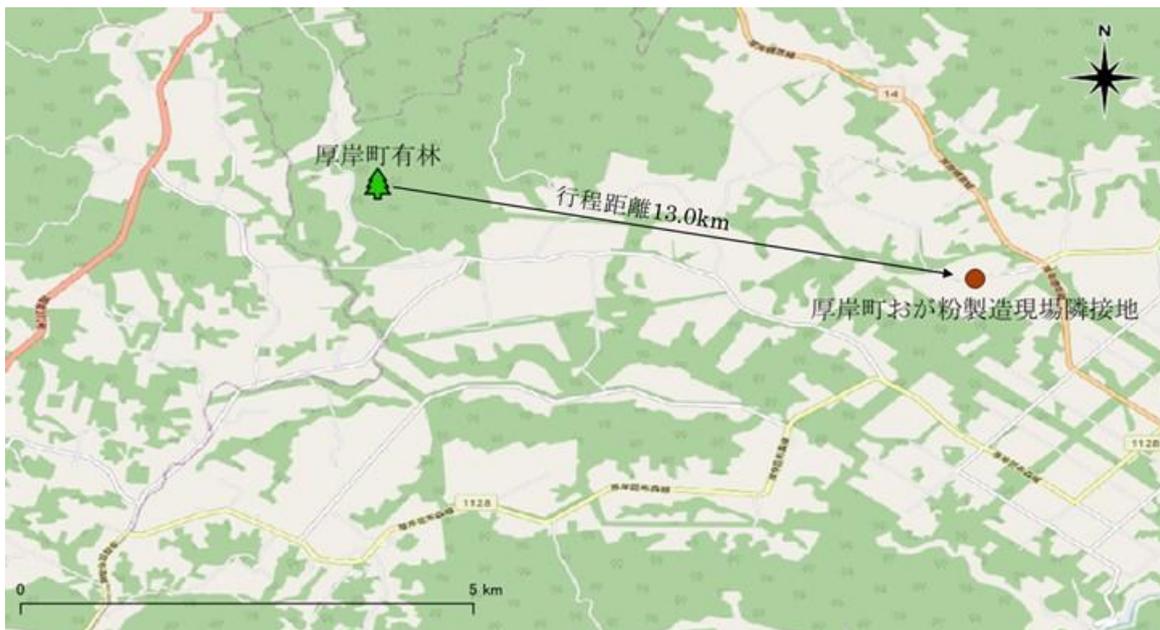


図 14 対象林分と中間土場の位置関係

出典：OpenStreetMap

(c) 集荷作業・運搬における課題と改善提案

作業道沿いに林地未利用材が集積されており、末木枝条の集荷は容易な状況であったため、作業はトラブルもなく短時間で終了しましたが、中間土場での降ろし作業時に詰まる事態が発生しました（図 15）。これは先に末木枝条を積み込み、その上から追上材（タンコロ）や太い末木を積み込んだために、上方から圧力がかかったことが原因だと考えられます。ダンプの発停を繰り返すことで積み込んだ林地未利用材が少しずつ動き、降ろしきることができる場合もありますが、今回の中間土場は未舗装地であり、スペースもなかったことから、おが粉製造に使われているグラップル（バケット容量 0.2m³）で降ろしました。

このような課題は積込む順番を「①末木枝条、②追上材（タンコロ）」ではなく、「①追上材（タンコロ）、②末木枝条」とすることで改善できると考えられます。末木枝条はダンプに積込んだ際に占有するスペースに対して重量が軽くなりますので、より多く積込む必要がある場合は「①追上材（タンコロ）、②末木枝条」と積込んだ後に空いたスペースに追上材（タンコロ）を積込むことで対応できます。また、可能であれば中間土場にグラップルを配置することでも対応できます。ダンプアップや発停による降ろし作業は林地未利用材が平たく堆積してしまい、中間土場のスペースを圧迫することもありますので、降ろした林地未利用材をグラップル等で整理することで小面積でも有効活用できます。



図 15 降ろし作業時に詰まった林地未利用材

② 川中での検証結果

(a) 中間土場の状況

中間土場である厚岸町おが粉製造現場隣接地は北海道道 14 号厚岸標茶線から 800m ほどの地点にあり、周囲には厚岸町営牧場とその放牧地が広がっています（図 16）。同地は未舗装ですが、一般道沿いにあるため重機や運搬車両がアクセスできる立地にあり、近隣に住宅はなく、日常的にトラクターの出入りがあるため、検証作業での騒音や粉塵の影響はありません（図 17）。現在は未使用となっており、同地を借地して林地未利用材の集積とチップ製造・積込作業を行いました。



図 16 中間土場の位置

出典：OpenStreetMap



図 17 中間土場の状況

(b) チップ製造・積込

同作業はグラップルレーキ（バケット容量 0.45m³）、チップパー（MC4000、切削ドラム）、移動式ベルトコンベア、4t ダンプ（積載容量 20m³）を用いて 2 回実施し、その結果を表 4 に整理しました（図 18、図 19）。

チップ製造・積込に要した時間は合計で約 48 分、1 回あたりの平均は 24 分、製造したチップの重量は合計で 6.0t、1 回あたりの平均は 3.0t、水分は 33.8%でした。ここでは林地未利用材を原料としたチップ製造・積込の作業時間や課題等の把握を目的としており、「林地未利用材の集荷・運搬」で集荷した林地未利用材の一部のみチップ化したため、林地未利用材の集荷量とチップ製造量（「中間土場でのチップ製造・積込」の積込重量）は一致しません。

今回製造したチップ（図 20）は一般的な横入れ式切削チップパーで原木を原料として製造されたチップ（図 21）よりも形状が不均一でしたが、木質バイオマス発電所や大型の木質バイオマスボイラー（熱利用）では使用可能であり、小型の木質バイオマスボイラーでも機種によっては使用可能だと考えられます。

表 4 検証パターン A のチップ製造・積込作業結果

項目	結果
平均製造時間	24 分
平均積込重量	3.0t (最大積載量 3.0t)
平均水分	33.8%

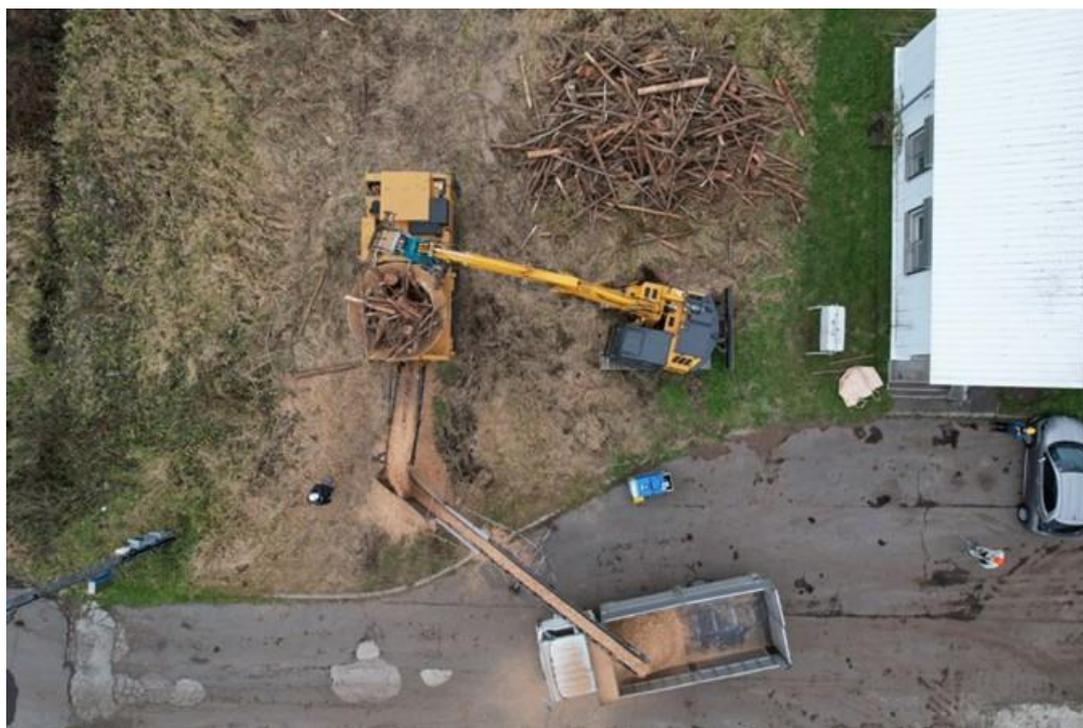


図 18 チップ製造・積込



図 19 チップ製造・積込

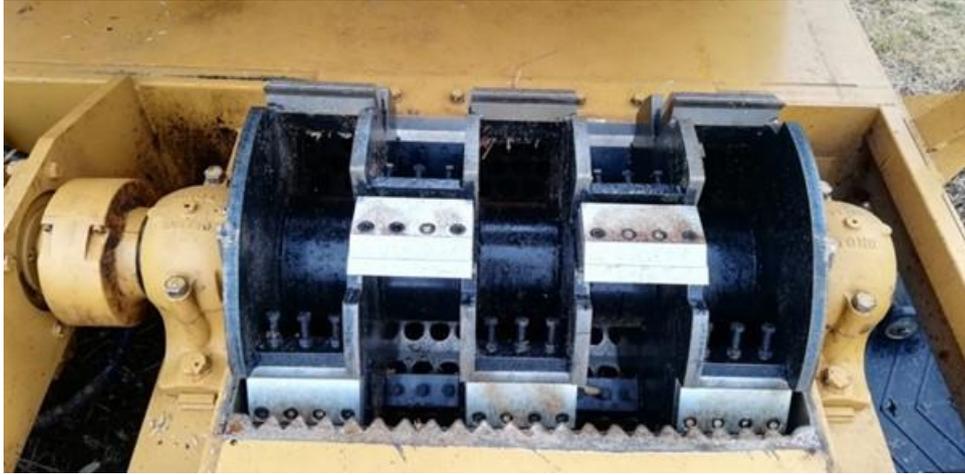


図 20 切削ドラム（上段）と製造したチップ（下段）



図 21 一般的な切削チップ