

令和2年度（2020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）
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.....	8
3.2.1 開催概要.....	8
3.2.2 質疑応答・意見交換の内容.....	9
3.2.3 検証地の決定.....	9
3.3 検証地の管理.....	10
3.4 検証および分析.....	11
3.4.1 検証結果.....	13
3.4.2 分析結果.....	31
3.4.3 成果報告実施（個別ヒアリング）.....	54
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.....	55
3.4.5 先進事例調査.....	61
第4章 事業実施成果のまとめ	68

第1章 業務の概要

1.1 業務概要

(1) 業務名

令和2年度（2020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）

(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、地域の林業事業体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2年7月28日～令和3年2月26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①から③により行うこと。

- ① 検証候補地は、北見・網走地域に2箇所以上の集荷・搬出拠点を選定すること。
- ② 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。
- ③ 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。

(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。

- ① 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）
- ② 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。

	2020年												2021年											
	7月			8月			9月			10月			11月			12月			1月			2月		
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
1. 検討会の準備・開催と意見聴取																								
1-1. 方針確認、参加者の選定																								
1-2. 検討会の資料準備・開催通知																								
1-3. 検討会開催																								
1-4. 個別ヒアリング等意見聴取																								
2. 低コスト集荷・搬出拠点効果検証																								
2-1. 検討会を踏まえた検証地の設定																								
2-2. 検証地の管理方法検討・協議																								
2-3. 検証内容と検証項目の確認																								
2-4. 検証のための各種調整																								
2-5. 検証の実施																								
2-6. 各検証のコスト分析																								
2-7. 検証内容のまとめと改善提案																								
3. 先進事例調査																								
3-1. 調査地の選定・協議																								
3-2. 現地調査、ヒアリング																								
4. 報告書とりまとめ																								
4-1. 報告書作成																								
4-2. 報告書の確認・修正																								
4-3. 成果物納品																								
5. 個別ヒアリング																								
6. 委託者打合せ																								

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2年3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9施設、熱電併用施設が6施設、熱利用施設（木質チップ・薪ボイラー）が92施設、熱利用施設（木質ペレットボイラー）が56施設あります（図2）。木質バイオマスの利用量でみると、令和元年度は1,382千m³利用されており、平成30年度実績よりも201千m³増加しています（図3）。

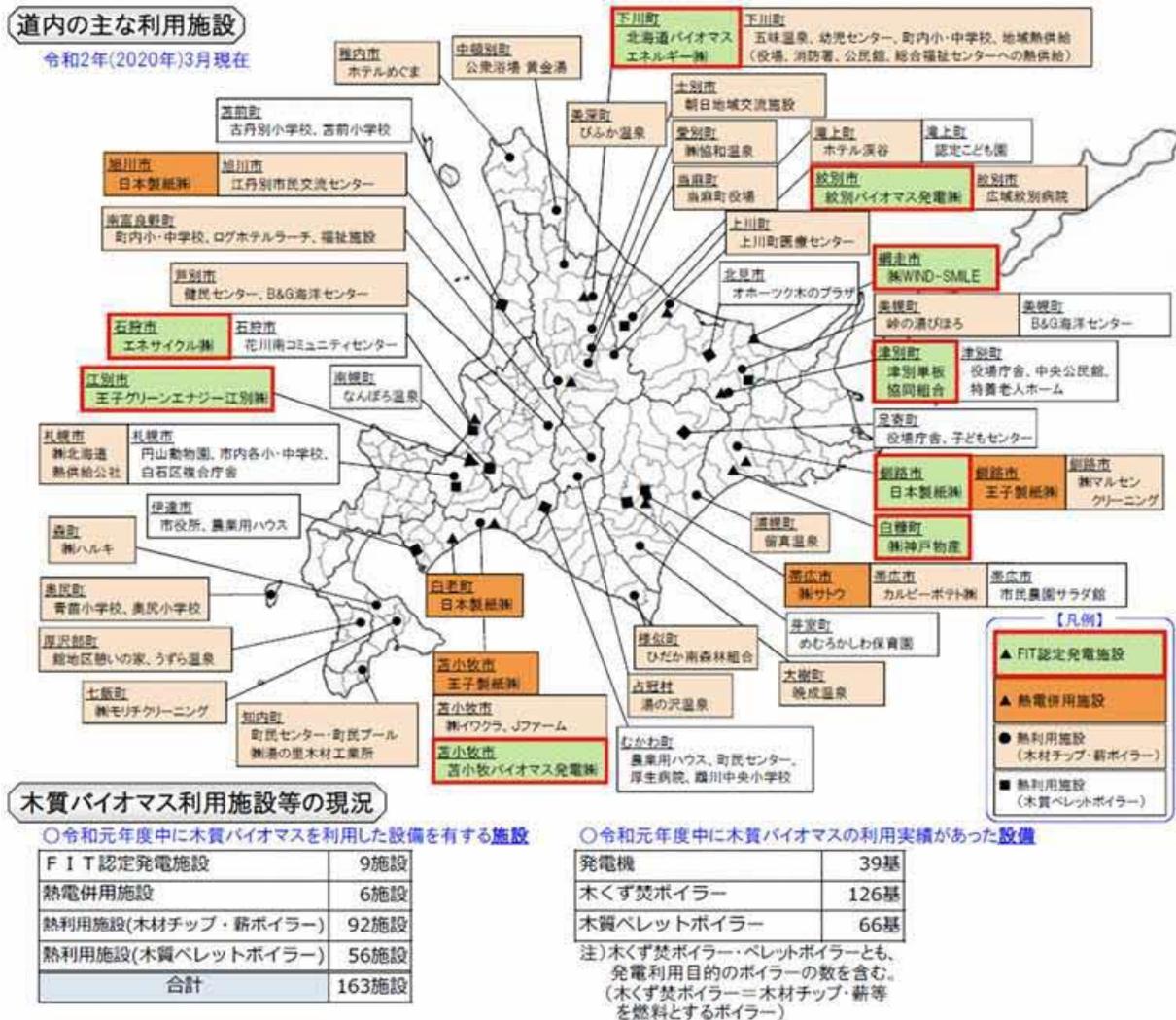


図2 北海道における木質バイオマスエネルギーの利用状況

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



図 3 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「木質バイオマスエネルギーの利用状況」

2.2 検証の目的

北見・網走地域では木質バイオマス発電所の新設・増設計画があり、今後も木質バイオマスの利用量は増加傾向にあると考えられます。このように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と考えられます。そのため、本事業では北見・網走地域を対象とし、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を津別町にて抽出し、表 1 の 2 か所を選定しました。

津別町で検証候補地を選定した主な理由として「北見・網走地域のなかでも林地未利用材の発生量が多い」「町内外の需要施設を設定可能」が挙げられます。津別町では平成 30 年度の素材生産量が 68,020m³（内訳は国有林 18,811m³、道有林 21,952m³、町有林 5,305m³、民有林 21,952m³）あり、北見・網走地域のなかでも林業が盛んなことから、林地未利用材の発生量が多いと推測できます。また、北見・網走地域では FIT 認定発電施設が 2 施設、熱利用施設が 6 施設ありますが、津別町にはそのうち前者 1 施設、後者 3 施設があり、町内外に需要先を確保できることから、汎用性の高いモデルを構築できると考えられます。

検証候補地は位置、需要施設（発電利用）までの行程距離、林地未利用材を集荷する林分と検証地の行程距離、面積、管理人の有無等が比較検証できるよう異なる条件設定をしました（表 1、図 4）。

表 1 選定した検証候補地

	津別町木質ペレット製造施設の隣接地	旧本岐中学校
位置	需要施設に近い市街地	施業地に近い山間部
需要施設（発電利用）までの行程距離	丸玉木材（株）約 1km （株）WIND-SMILE 約 42km	丸玉木材（株）約 10km （株）WIND-SMILE 約 52km
林地未利用材を集荷する林分および検証地との行程距離	私有林 13 林班 2 13 小班 約 18km	津別町有林 48 林班 3 1 小班等 約 7km
面積	0.5ha 程度	0.2ha 程度
管理人の有無	無し	
林地未利用材の収集者・方法（事業開始前の想定）	木材輸送業者等によるグラブ付ダンプでの集荷 住民による軽トラック等での集荷	素材生産業者の通勤に 4+ダンプ等を使用してもらい、1 日の作業を終えて帰社する際に林地未利用材を集荷し、中間土場まで運搬
期待される主な機能	需給調整 素材生産業者の集荷・搬出負担軽減	運搬距離の短縮や通勤時の作業による集荷コスト削減



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

本事業では北見・網走地域を対象とし、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、図 5）。

検討会では検温・マスク着用・手指消毒・換気等の新型コロナウイルス感染拡大防止対策を行ったうえで実施し、出席者は 29 名でした。

表 2 検討会開催要領

開催場所	津別町町民会館 大会議室
開催日時	令和2年9月8日(火) 13:30~15:30
協議事項	事業および検証内容の説明 質疑応答・意見交換
招聘範囲	<ul style="list-style-type: none">津別町内の関係企業（津別トラック(株)、津別町ペレット協同組合、津別単板協同組合、丸玉木材(株)、津別町内の素材生産業者）森林組合（北見広域森林組合、美幌町森林組合）北見・網走地域の木質バイオマス発電所（(株)WIND-SMILE）国有林（網走南部森林管理署）津別町、美幌町オホーツク総合振興局（林務課・東部森林室）その他関係者



図 5 検討会開催の実施状況

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。

(1) 民間事業者

- ・ 施業内容が全木集材から短幹集材になりつつあり、林地未利用材を集積しづらい状況になっている。造材効率は短幹集材の方が優れていると感じており、林地未利用材の活用と施業システムが相反する状況ともいえる。
- ・ 地拵えの作業負担を考えると林地未利用材を効率的に集めたほうが良いし、資源の有効活用にもなると思うが、施業コストや手間を考えると林地未利用材の集荷は難しい。ただし、町有林の皆伐など条件を整えば可能ではないか。
- ・ 「短幹集材に移行したことで造材効率が上がったが、林地未利用材が林内に残るので造林費用も増加した」という意見があったが、施業地ごとに全木集材と短幹集材を使い分けてはどうか。

(2) 行政

- ・ 国有林は全て短幹集材なので、土場に林地未利用材はほとんどない。トラックが入れるのは土場までであり、林地未利用材がある場所まではフォワーダでしか入れない。そのため、林地未利用材はフォワーダで集荷するしかないのではないか。
- ・ 国有林は全面積皆伐できず、列状間伐を行っているため、そのような現場から林地未利用材を集めるのは困難である。加えて、今年度の津別町内の施業地は相生方面であり、地形を考慮すると採算面で厳しくなるだろう。
- ・ 道有林でも短幹集材が主流になりつつあるため、作業道から距離のある施業地では難しいと考えられる。箱型のキャリアダンプなら効率的に集荷できるかもしれないが、業者との調整などが必要になってくる。
- ・ 道有林で作業道に近い施業地などでは地拵えの負担軽減のために、なるべく林地未利用材を集荷したいと考えている。
- ・ 短幹集材では集めるのは難しいなかで、道有林からも集荷できるように努力はするが、森林組合など民間事業者から安定的に集めることも課題ではないか。
- ・ 造材と造林が異なる事業者の場合は双方が配慮しながら施業することは少ないのではないだろうか。造材のみの事業者には一貫型施業のように地拵えまで行ってもらい、地拵えまで行う事業者には造材と造林を併せた発注とする、といった工夫や仕組みづくりが必要だと感じる。

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「津別町木質ペレット製造施設の隣接地」および「旧本岐中学校」を検証地（中間土場）として設定しました。津別町木質ペレット製造施設の隣接地は敷地面積 1 ha 程度の未舗装の土地であり、そのうち 0.5ha 程度（図 6）を借地しました。旧本岐中学校ではグラウンドを検証地とし、敷地面積 0.4ha 程度のうち 0.2ha 程度を借地しました（図 7）。いずれも津別町有地ですので、管理人は常駐していませんが、検証期間中の通常管理は津別町が実施しています。



図 6 津別町木質ペレット製造施設の隣接地（奥側の未舗装エリア）



図 7 旧本岐中学校のグラウンド

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 8）について調査します。

川上	川中	川下
<p>【作業内容】 林地未利用材の集荷・運搬</p>	<p>【作業内容】 林地未利用材の集積 チップ製造・積込</p>	<p>【作業内容】 チップ運搬・降ろし</p>
<p>【検証項目】</p> <ul style="list-style-type: none"> 対象林分の状況把握 林地未利用材の集荷コスト 集荷方法ごとの課題 集荷した林地未利用材の重量・水分計測 中間土場までの運搬距離・時間 	<p>【検証項目】</p> <ul style="list-style-type: none"> チップ製造・積込に要した時間と製造量（重量） 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） 製造方法ごとの課題 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 	<p>【検証項目】</p> <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 8 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、対象林分の状況の違いや林地未利用材の集荷コスト、集荷方法ごとの課題について調査し、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。

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、津別町内企業または株式会社 WIND-SMILE 網走バイオマス発電所が所有しているトラックスケールを借用しています。

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 9、図 10）。

検証パターン①ではグラップル付ダンプ（積載容量 23m³）を用いて津別町私有林 13 林班 213 小班から林地未利用材を集荷し、同林分から約 18km の位置にある中間土場（津別町木質ペレット製造施設の隣接地）まで運搬します。チップ製造・積込にはグラップル（バケット容量 0.8m³）、チップパー（Wood Hacker MEGA561）、チップ運搬車（積載容量 58m³）を使用し、製造したチップはチップパーから直接チップ運搬車の荷台に積込み、需要施設まで運搬します。中間土場から需要施設までの行程距離（片道）は丸玉木材株式会社が約 1 km、株式会社 WIND-SMILE 網走バイオマス発電所 1 号機までが約 42km となります。

検証パターン②ではグラップル（バケット容量 0.45m³）とダンプ（本事業ではグラップル付ダンプで代用）を用いて津別町有林 48 林班 31 小班等から林地未利用材を集荷し、同林分から約 7 km の位置にある中間土場（旧本岐中学校）まで運搬します。チップ製造・積込にはグラップル付ダンプ（積載容量 23m³）、チップパー（Wood Hacker MEGA561）、を使用し、チップパーへの未利用材の投入とチップ製造・積込をグラップル付ダンプ 1 台で行い、同車両に積込んだチップはそのまま需要施設まで運搬します。中間土場から需要施設までの行程距離（片道）は丸玉木材株式会社が約 10km、株式会社 WIND-SMILE 網走バイオマス発電所 1 号機までが約 52km となります。

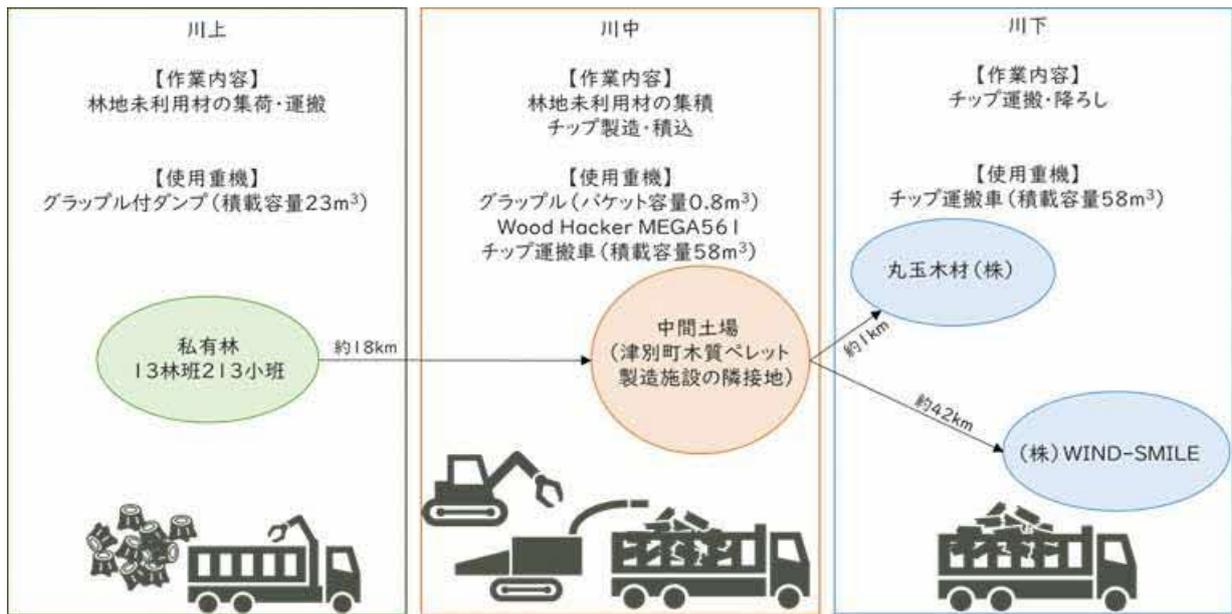


図 9 検証パターン①の作業イメージ

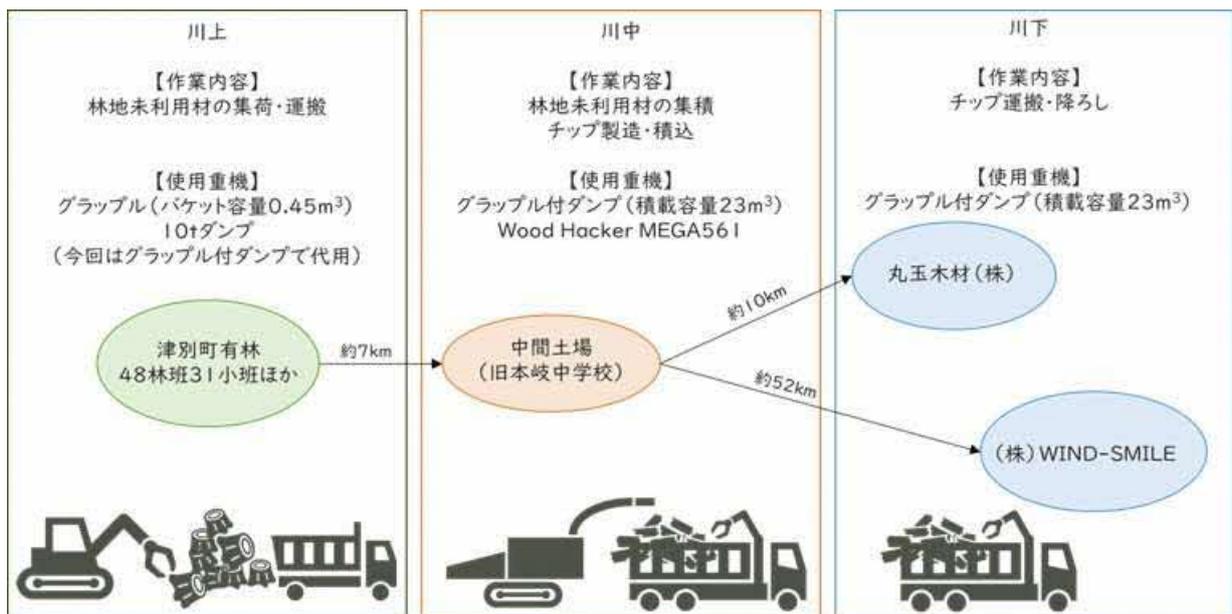


図 10 検証パターン②の作業イメージ

3.4.1 検証結果

(1) 検証パターン①

検証パターン①では図 11 の作業内容・重機で検証します。

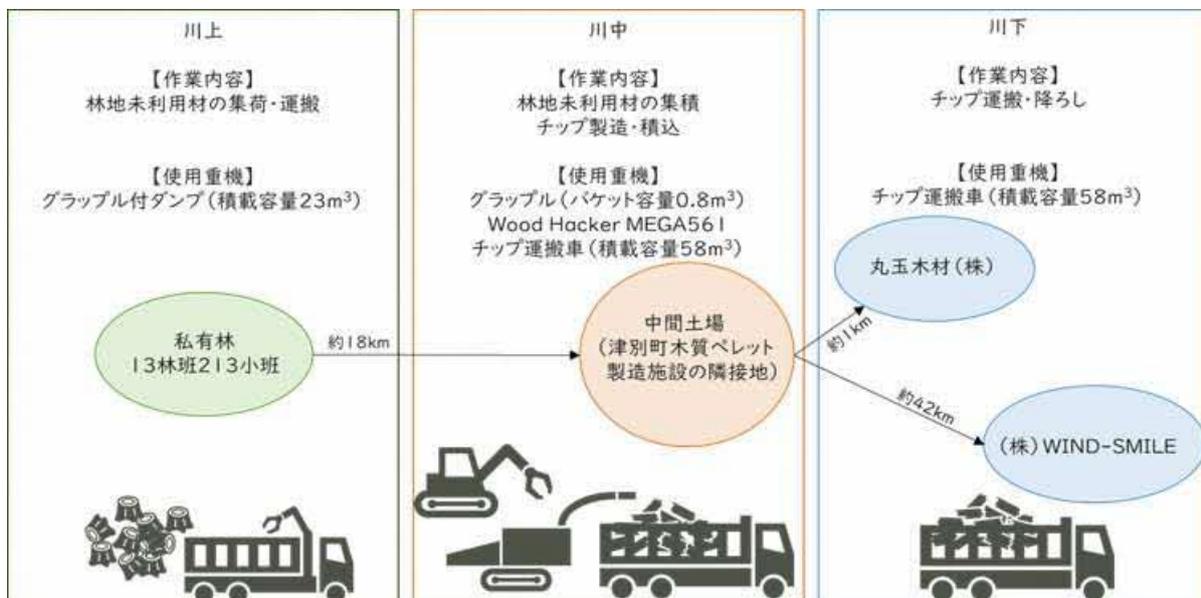


図 11 検証パターン①の作業イメージ (再掲)

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

林地未利用材を集荷する津別町私有林 13 林班 213 小班は 7 齢級のカラマツ林で令和 2 年初夏に間伐を行っています。同林分では土場が 2 か所ありましたので林地未利用材も 2 か所に分散しており、それぞれに末木と追上材が集積されていました。末木は材長 1.6m 程度、直径 10~15cm 程度 (図 12)、追上材は材長 0.3~1 m 程度、直径 30~50cm 程度でした (図 13)。



図 12 集積していた林地未利用材 (末木)



図 13 集積していた林地未利用材（追上材）

(b) 林地未利用材の集荷・運搬

林地未利用材の集荷・運搬はグラップル付ダンプを用いて2回実施し、集荷量（合計）12.9 t、集荷に要した時間（合計）約 117 分、1 回の操作で積み込めた重量（平均）99.1 kg、水分（平均）23%でした。対象林分から中間土場までの行程距離（片道）は 18.3km（林道 6.3km、一般道 12km）、往復時間（合計）約 89 分（林地未利用材を降ろす時間を含む）でした（図 14～図 16）。



図 14 グラップル付ダンプでの林地未利用材集荷

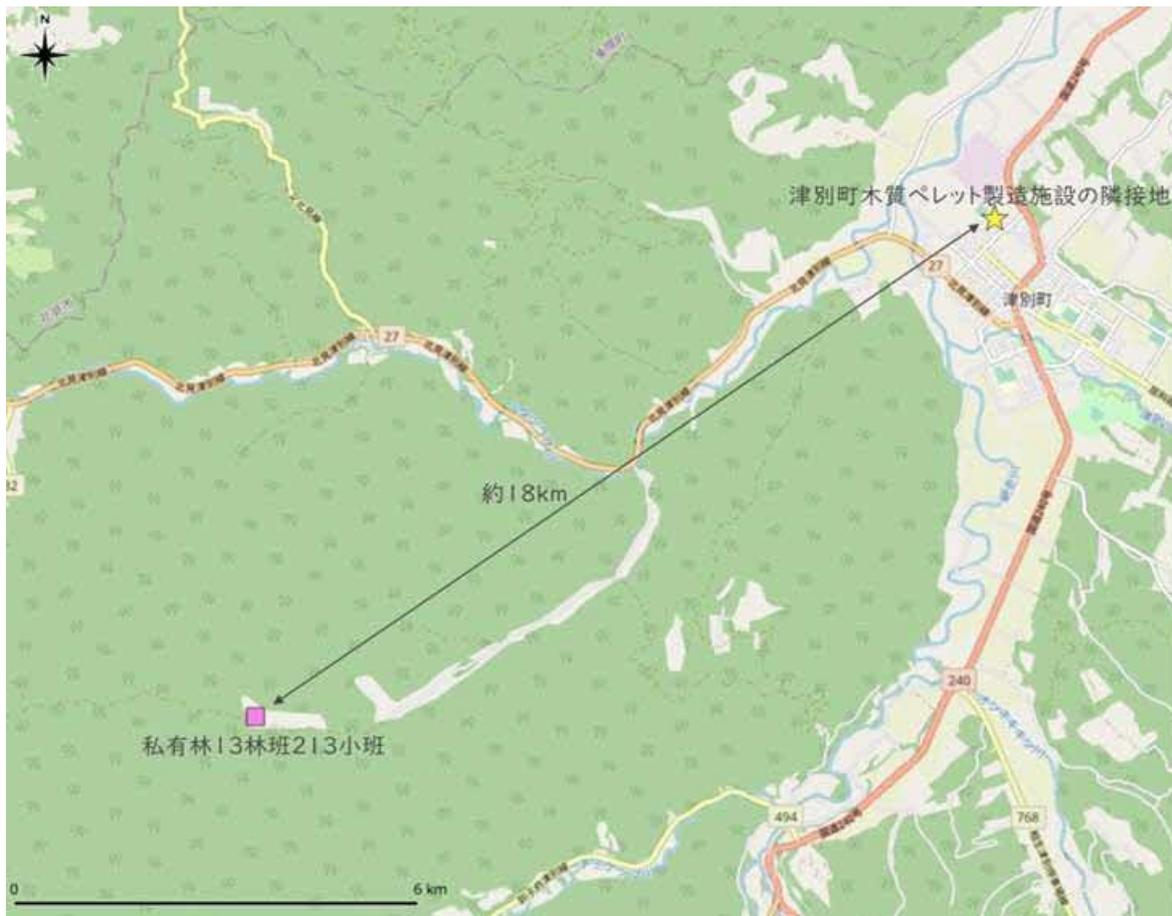


図 15 対象林分と中間土場の位置関係

出典：OpenStreetMap



図 16 中間土場での未利用材降ろしと集積状況

(c) 集荷作業・運搬における課題と改善提案

林道から近い位置に林地未利用材が集積されており、末木の集荷は容易な状況でした。追上材も作業開始直後は順調に集荷できましたが、作業後半になると林地未利用材が散らばり、車両のグラップルでは掴むことが難しいということが判明しました。また、グラップル付ダンプではキャビンの死角が多く、林地未利用材が残ってしまうといった課題もありました。アームとアタッチメント（つかみ具）が固定されていないので、アタッチメントで寄せ集めるといった作業ができなかったことが原因だと考えられます（図 17）。

グラップル付ダンプでは集荷しきれなかった林地未利用材は、検証終了後にモッコを使って集めました（図 18）。人力作業であり 1 人で行うのは難しい作業ですが、林地未利用材を全て集荷することができますので、現場に 2 人以上いる場合には有効な方法だといえます。また、可能であればグラップル付ダンプのアタッチメントを変更する、末木枝条が多い現場に優先的に割り当てる、などの対策も有効だと考えられます。



図 17 グラップル付ダンプのみでは集荷しきれなかった林地未利用材



図 18 モッコを使用した林地未利用材の積込

モッコ：布地等で編まれた正方形のシートで、四隅に付けられたロープを吊り上げて使用する運搬道具

② 川中での検証結果

(a) 中間土場の状況

中間土場である津別町木質ペレット製造施設の隣接地は、国道 240 号から 300m ほどの地点にあり、周辺にはペレット製造施設のほか木質ペレット製造工場や町営住宅などがあります（図 19）。北西にある町営住宅は道路を挟んですぐの位置にありますが、敷地境界と道路との間に高低差があり、集積状況やチップ製造作業などが見えづらくなっていますので、作業音等の影響は小さいと思われます。

現在はペレット製造用原木が桝積みされていますが、使用されていない未舗装のエリア約 0.5ha を借地し、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 20）。



図 19 検証パターン①の中間土場（津別町木質ペレット製造施設の隣接地）の位置

出典：OpenStreetMap



図 20 中間土場の状況（再掲）

(b) チップ製造・積込

チップ製造にはグラップル（バケット容量 0.8m³）、チップパー（Wood Hacker MEGA561）、チップ運搬車（積載容量 58m³）を使用し、各需要施設へ運搬するためチップ製造・積込を 2 回実施しました（図 21）。

その結果、チップ製造量（合計）26.2 t、チップ製造に要した時間（合計）251 分（停止時間 49 分含む）、1 回の操作で投入できた林地未利用材の重量（平均）76.6 k g、チップ水分（平均）25%でした。なお、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、チップ運搬車が満載になるまで試験するため、3.4.1(1)①で集荷した林地未利用材に加え、検証試験とは別に集荷した林地未利用材も原料としていますので、林地未利用材集荷量とチップ製造量、水分等は一致しない場合があります。

原料中の追上材の比率が高かったこともあり、製造したチップの形状は細長く、ピンチップに近いものが多くなっていましたが、この形状でも発電・熱利用ともに問題はないと考えられます（図 22）。



図 21 チップ製造・積込

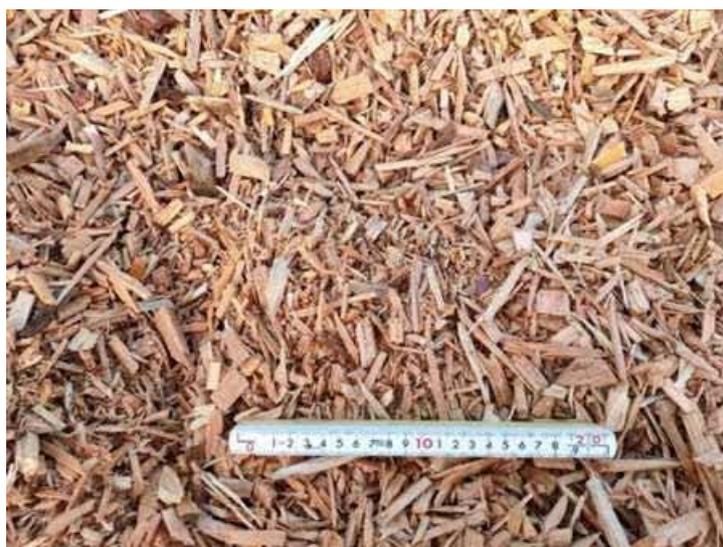


図 22 林地未利用材（主に追上材）を原料としたチップ

(c) チップ製造・積込における課題と改善提案

チップを積み終わった状態でチップ運搬車の荷台の空いている容積を簡易計測し、チップ製造量を逆算した結果、111m³(チップ層積)と推計され、1時間当たりの製造能力は26.5 m³/h (≒111m³÷4.2h)となります。チップターの最大製造能力が150m³(チップ層積)/hなので、約18%しか能力を発揮できていなかった計算になります。これは投入の際にグラブの爪の隙間から林地未利用材が落ちてしまい、林地未利用材をまとめて投入することができなかったことにより、製造効率が低下したと考えられます。

また、チップ製造・積込に要した時間251分のうち、49分がトラブルによる停止をしており、その原因となったのが「チップターの最大処理径を超える林地未利用材の投入」です。今回使用したWood Hacker MEGA561は最大処理径が42cm(硬木、カタログ値)ですが、停止の際に投入された追上材(カラマツ)は50cm前後あり、最大処理径を超えていました(図23)。チップターの処理能力を超えたことによりドラムに負荷がかかり、内部でチップが詰まったため緊急停止したと考えられます。

林地未利用材のなかでも追上材の投入時には、グラブの爪の隙間から未利用材が落ちないようにアタッチメントに変更する等の対策が考えられます。また、追上材はグラブではなくホイールローダーで投入することで、投入効率の向上が期待できます。その際、未舗装地であれば図24のようなバケットを使用することで、土の混入を低減することができます。

北海道の森林資源は成熟しつつあり、トドマツ・カラマツともに高齢級化しています(図25)。特にカラマツは9齢級以上の林分の面積割合が多くなっており、今後も最大処理径を超える林地未利用材が発生すると予想されることから、それらの混入は避けられません。そのため事前に細断する、チップターの投入コンベアの正転・反転の頻度を上げて負荷を軽減する、といった運用が必要になります。



図 23 チップター停止の原因となった追上材

ホイールローダー用ルートバケット

ホイールローダー用ルートバケットです。
各種メーカー、お好きなサイズ製作可能です。



ワンタッチカプラ

図 24 ホイールローダーのバケットアタッチメント
出典：YNK 機械 HP

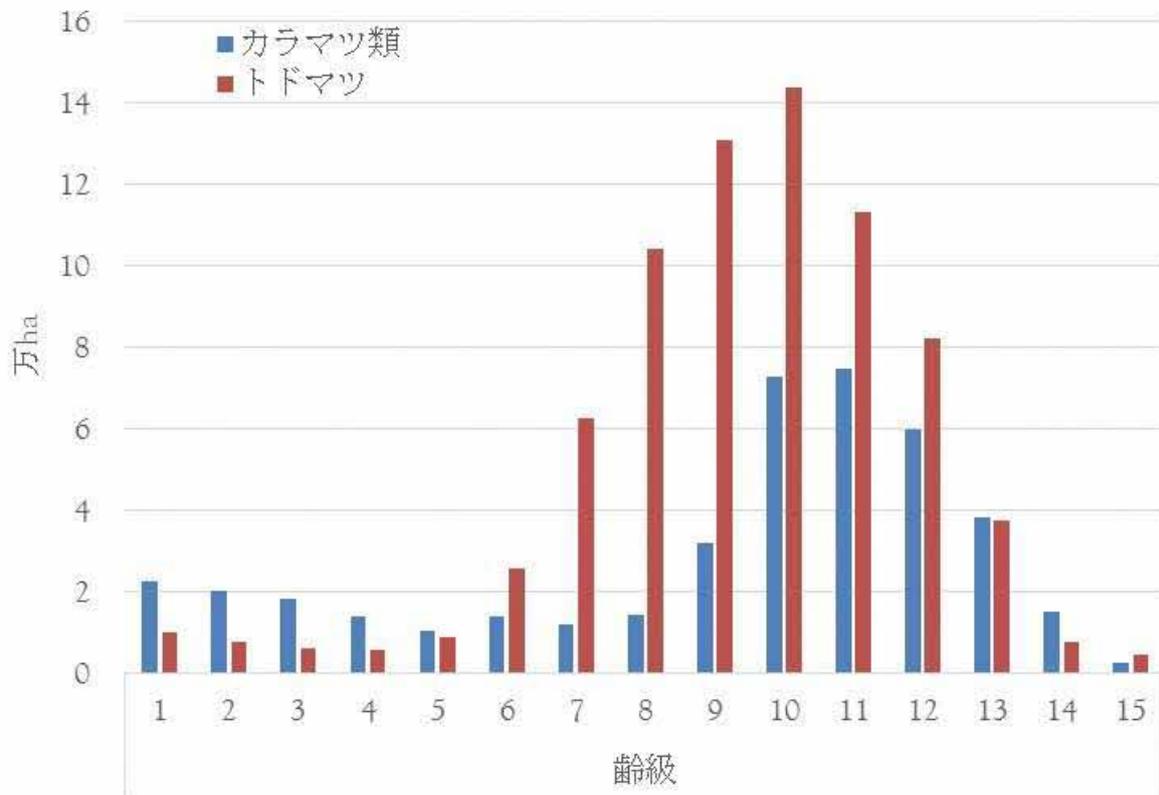


図 25 トドマツ・カラマツ類齢級別面積

出典：北海道水産林務部総務課「平成 30 年度北海道林業統計」より弊社作成

③ 川下での検証結果

(a) 需要施設の状況

検証パターン①の中間土場から2つの需要施設までの道路はどちらも舗装されており、チップ運搬車で運搬・降ろし作業が可能です。なお、丸玉木材株式会社のチップを降ろす場所は未舗装でしたが、チップ運搬車での作業に問題はなく、検証に支障はありませんでした。

(b) チップ運搬・降ろし

中間土場から丸玉木材株式会社までの行程距離（片道）は約1kmでチップ降ろし作業を含む両地点の往復時間が約30分（そのうち運搬のみの往復時間は2分）、中間土場から株式会社WIND-SMILE 網走バイオマス発電所1号機までの行程距離（片道）は約42kmでチップ降ろし作業を含む両地点の往復時間が133分（そのうち運搬のみの往復時間は104分）でした。検証に使用したチップ運搬車は人力で降ろすタイプですので、チップ降ろし時間に27～28分を要し、ダンプアップやスライドデッキタイプに比べて時間がかかっていました（図26）。また、降ろしたチップは車両の両側に堆積するため、ホイールローダー等で適宜寄せる必要がありました（図27）。



図 26 チップ降ろし作業



図 27 ホイールローダーでの作業

(c) チップ運搬・降ろしにおける課題と改善提案

今回チップ運搬・降ろしに使用した車両は両側からチップを降ろすタイプのもので、需要施設でホイールローダー等の重機が必要になります。需要施設次第ではチップ供給ができない場合も考えられるため、設備が充実している木質バイオマス発電所や大規模熱需要施設への供給を優先し、地域内や小規模熱需要施設には別の車両を割り振るなど配車方法を検討する必要があります。

(2) 検証パターン②

検証パターン②では図 28 の作業内容・重機で検証します。

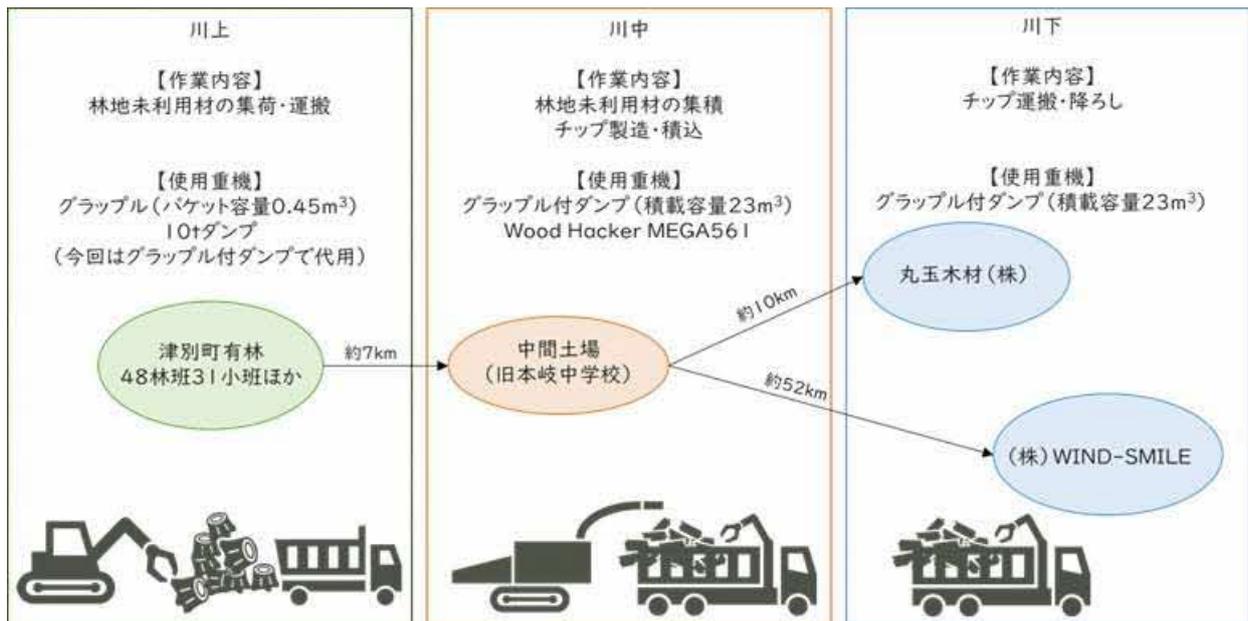


図 28 検証パターン②の作業イメージ (再掲)

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

林地未利用材を集荷する津別町有林 48 林班 31 小班等は皆伐地で令和元年 12 月～令和 2 年 3 月までの間に施業されています。樹種はカラマツのほかトドマツ・トウヒ・ストロブなどがあり、齢級も 9～13 齢級と幅がありました。対象林分は比較的傾斜が緩やかなため、林内で機械造材したとみられ、作業道から 6～22m の距離に散在していました (図 29)。散在していた林地未利用材は末木枝条のみ・追上材のみ・混在の 3 種類の桝があり、樹種・齢級が異なっているため直径・材長も不揃いでした (図 30)。



図 29 津別町有林 48 林班 31 小班（黄色枠内が林地未利用材の集積箇所）



図 30 集積されていた林地未利用材（左：末木枝条、右：追上材）

(b) 林地未利用材の集荷・運搬

本パターンでは「施業中の林分から素材生産業者が通勤用の車両（4 t ダンプ等）を用いて集荷し、帰社時に中間土場まで運搬する」ことを想定しており、現場にあるグラップルを使用できると仮定しています。本事業ではグラップル付ダンプを4 t ダンプ等の代用とし、別途グラップル（バケット容量 0.45m³）を持ち込み、集荷作業を行いました。

3回の集荷・運搬作業を行い、集荷量（合計）23.5 t、集荷に要した時間（合計）約 143 分、1回の操作で積み込めた重量（平均）96.1 k g、水分（平均）20%でした。対象林分から中間土場までの行程距離（片道）は 6.5km（林道 2.5km、一般道 4.0km）、往復時間（合計）約 88 分（林地未利用材を降ろす時間を含む）でした（図 31、図 32）。林地未利用材が散在していたため、グラップル付ダンプが中間土場まで運搬している間もグラップルは次の集荷・運搬に備えて林地未利用材を作業道近くに寄せる作業を行っていました。



図 31 林地未利用材の集荷作業



図 32 対象林分と中間土場の位置関係

出典：OpenStreetMap

(c) 林地未利用材の集荷・運搬における課題と改善提案

グラップルでの集荷作業は3.4.1(1)②と同様、爪の隙間から林地未利用材が落ちてしまい、1つずつ積み込むなど効率の低い作業となっていました。集荷作業1回あたりの平均時間は約48分ですが、追上材を多く集荷した2回だけを見ると、合計で約111分、1回あたりの平均で約56分という結果になっており、追上材の集荷負担が大きいことが分かります。

また、中間土場までの距離が短いため運搬時のトラブルはありませんでしたが、ダンプから降ろす際に末木枝条がリアゲートに引っかかり、細長く堆積してしまう等の課題もありました。降ろした後の堆積距離は追上材のみの場合が約8m、末木枝条が多い場合は約15~20mとなっており、中間土場に重機があれば降ろした後に整理することもできますが、そうでない場合には中間土場の堆積できるスペースが減少するので注意が必要です。

グラップルでの集荷作業の場合にはアタッチメントを変えることで効率を改善できると考えられます。また、グラップル付ダンプの最大積載重量8.6tで積込に要した時間が約48分なので、4tダンプ等であれば30分以内に集荷できると考えられ、素材生産業者による退勤時の集荷・運搬も十分可能性があるといえます。さらに、今回のような皆伐地でスペースを確保できるようであれば、作業道沿いで造材・林地未利用材を集積させ、施業中に中間土場に搬出することで、造材作業方法を大きく変更することなく林地未利用材を集荷することができ、原木の土場も確保できます。

末木枝条が引っかかり細長く堆積してしまう要因として「末木枝条の材長」と「リアゲートの開き方」が考えられます。3.4.1(1)①でも末木を集荷しましたが、このときは材長が1.6m程度で揃っていたので、降ろす際に引っかかることはありませんでした。一方、本パターンではグラップル付ダンプの荷台の長さに近い末木枝条も多く、林地未利用材を降ろしきる前に接地してしまい、その解消のためにグラップル付ダンプの発停を繰り返したことで堆積距離が長くなったと考えられますので、末木枝条の材長を2m程度に揃えるなど工夫が求められます。また、今回使用したグラップル付ダンプのリアゲートが上開きだったことで、上方の追上材が落ち切らず、末木枝条に圧力がかかったことも要因と考えられますので、観音開き・下開きの車両を使用するのが望ましいといえます(図33)。



図 33 上開きリアゲートに引っかかる林地未利用材

② 川中での検証結果

(a) 中間土場の状況

中間土場である旧本岐中学校は、道道 51 号線沿いにあり（図 34）、南東方向に住宅があります。グラウンドの周囲に樹木があるため、騒音等でトラブルになる可能性が低い立地です。本事業ではグラウンドの面積約 0.4ha のうち約 0.2ha を借地しました。グラウンド（図 35）は舗装されていませんが、道道 51 号線からグラウンドまでは幅員 3m 程度の砂利路面です（図 36）。



図 34 検証パターン②の中間土場（旧本岐中学校）の位置

出典：OpenStreetMap



図 35 中間土場の状況（再掲）



図 36 道道 51 号線からグラウンドまでの路面の状態

(b) チップ製造・積込

チップ製造にはグラップル付ダンプ(積載容量 23m³)とチップパー(Wood Hacker MEGA561)を使用し、各需要施設へ運搬するためチップ製造・積込を 2 回実施しました(図 37)。その結果、チップ製造量(合計)約 11.8 t、チップ製造に要した時間(合計)約 135 分(停止時間 28 分含む)、1 回の操作で投入できた未利用材の重量(平均)86.1 k g、チップ水分(平均)25%でした。なお、チップ製造・積込 2 回のうち、1 回目は末木枝条を使用しており、作業時間は約 33 分、2 回目は追上材を使用し作業時間は約 101 分でした。原料中の末木枝条の比率が高かったこともあり、製造したチップの形状は均一で、発電・熱利用ともに問題はないと考えられます(図 38)。



図 37 グラップル付ダンプでのチップ製造・積込



図 38 林地未利用材（主に末木枝条）を原料としたチップ

(c) チップ製造・積込における課題と改善提案

末木枝条でチップ製造・積込を行った際にはチップパー停止等のトラブルはありませんでしたが、追上材投入時は緊急停止がありました。投入した追上材の直径はチップパーの最大処理径前後（図 39）だったと推測されますが、2つ同時に投入したことにより負荷が増加したことが原因だと考えられます。また、停止後は林地未利用材を選別しながら投入していたため、末木枝条を使用した場合に比べ約3倍の作業時間がかかっていました。加えて、グラップル付ダンプのキャビンからはグラップルの先端が見づらく（図 40）、チップパーの投入コンベアに追上材を置く際に丁寧な操作が求められたことも影響していると考えられます。

チップパーの最大処理径を超えそうな林地未利用材では、チップパーの負担を軽減するために投入コンベアの正転・反転の頻度を上げる、事前に細断する、本パターンのように中間土場に設備が無くて細断できない場合にはそれが可能な中間土場に運搬する、といった工夫が必要になります。また、チップパーとグラップル付ダンプを並行して配置した場合にキャビンからの視野が狭くなるのは避けられませんので、オペレーターの習熟が求められるとともに、グラップル付ダンプは末木枝条を優先でチップ製造するといった運用の検討も必要になります。



図 39 チッパー停止の原因となった追上材（推定 40cm 前後）



図 40 グラップル付ダンプのキャビンからの見たチッパーの投入コンベア

③ 川下での検証結果

(a) 需要施設の状況

検証パターン②の中間土場から2つの需要施設までの道路はどちらも舗装されており、グラップル付ダンプで運搬・降ろし作業が可能です。なお、丸玉木材株式会社のチップを降ろす場所は未舗装でしたが、グラップル付ダンプでの作業に問題はなく、検証に支障はありませんでした。

(b) チップ運搬・降ろし

中間土場から丸玉木材株式会社までの行程距離（片道）は約10kmでチップ降ろし作業を含む往復時間が約35分（そのうち運搬のみの往復時間は27分）、中間土場から株式会社WIND-SMILE 網走バイオマス発電所1号機までの行程距離（片道）は約52kmでチップ降ろし作業を含む往復時間が152分（そのうち運搬のみの往復時間は141分）でした。チップ降ろし作業はダンプアップのため、約5分で終了しました（図41）。



図 41 チップ降ろし作業

(c) チップ運搬・降ろしにおける課題と改善提案

グラップル付ダンプの積載容量約 23m^3 （最大積載重量 8.6t ）で運搬できるチップ量がチップ運搬車に比べて少なく、運搬距離が長くなるにつれコスト面で不利になります。

同車の積載量は熱利用ボイラー等にも供給できる量であり、ダンプアップ機能もあるため、地域内で小規模な需要施設に供給するのに適していますので、それらの施設を中心にチップ供給が望ましいと考えられます。