

令和2年度木材需要の創出・輸出力強化対策のうち「地域内エコシステム」構築事業

北海道池田町  
「地域内エコシステム」モデル構築事業  
報告書



令和3年3月

(一社) 日本森林技術協会  
(株) 森のエネルギー研究所



# 目次

1. 背景と目的.....	1
1.1 事業の背景.....	1
1.2 事業の目的.....	1
1.3 対象地域.....	3
1.3.1 対象地域の概要.....	3
1.3.2 地域における事業の位置づけ・目的.....	4
2. 実施内容.....	7
3. 実施項目.....	9
3.1 地域協議会の設置・運営.....	9
3.1.1 協議会の設置.....	9
3.1.2 協議会の運営.....	10
3.2 サプライチェーン.....	12
3.2.1 池田町「地域内エコシステム」のサプライチェーン.....	12
3.3 燃料供給に関する取組.....	14
3.3.1 広葉樹天然林の現況調査.....	15
3.3.2 ポータブルロープウインチを活用した未利用材収集試験.....	27
3.3.3 未利用材の販売目標価格の推計.....	35
3.4 燃料製造に関する取組.....	37
3.4.1 既存の町有チップパーによるチップ製造試験.....	37
3.5 木質バイオマスエネルギー利用に関する取組.....	52
3.5.1 新たな木質バイオマスエネルギーの導入検討.....	52
4. 総括.....	60



# 1. 背景と目的

## 1.1 事業の背景

平成 24（2012）年 7 月の再生可能エネルギー電気の固定価格買取制度（FIT）の運用開始以降、大規模な木質バイオマス発電施設の増加に伴い、燃料材の利用が拡大しています。一方で、燃料の輸入が増加するとともに、間伐材・林地残材を利用する場合でも、流通・製造コストがかさむなどの課題がみられるようになりました。

このため、森林資源をエネルギーとして地域内で持続的に活用するための担い手確保から発電・熱利用に至るまでの「地域内エコシステム」（地域の関係者連携のもと、熱利用又は熱電併給により、森林資源を地域内で持続的に活用する仕組み）の構築に向けた取り組みを進めることが必要となってきました。

## 1.2 事業の目的

「地域内エコシステム」モデル構築事業（以下、本事業という。）は、林野庁補助事業「令和 2 年度木材需要の創出・輸出力強化対策のうち「地域内エコシステム」構築事業」のひとつとして実施されました。

本事業は、「地域内エコシステム」の全国的な普及に向けて、既に F/S 調査（実現可能性調査）が行われた地域を対象として公募により選定し、選定地域における同システムの導入を目的として、地域の合意形成を図るための地域協議会の設置・運営支援を行いました。また、協議会における検討事項や合意形成に資する情報提供、既存データの更新等に関する調査を行いました。

本報告書は、北海道池田町「地域内エコシステム」モデル構築事業の報告書として作成したものです。

## 「地域内エコシステム」とは

～木質バイオマスエネルギーの導入を通じた、地域の人々が主体の地域活性化事業～

集落や市町村レベルで小規模な木質バイオマスエネルギーの熱利用または熱電併給によって、森林資源を地域内で持続的に活用する仕組みです。これにより山村地域等の活性化を実現していきます。

### 「地域内エコシステム」の考え方

- 集落が主たる対象（市町村レベル）
- 地域の関係者から成る協議会が主体
- 地域への還元利益を最大限確保
- 効率の高いエネルギー利用（熱利用または熱電併給）
- FIT（固定価格買取制度）事業は想定しない



図 1-1 「地域内エコシステム」構築のイメージ

## 1.3 対象地域

### 1.3.1 対象地域の概要

本事業では、「地域内エコシステム」モデル構築事業の採択地域である北海道池田町を支援対象地域としました（図 1-2）。

北海道池田町は、北海道東部の十勝平野の中央やや東寄りに位置しており、人口は 6,522 人（令和 2（2020）年 5 月時点）で、総面積は 37,179ha、そのうち森林面積は 22,519ha であり、約 60.5%を森林が占めています。

地勢は、平坦で山岳地帯でも海拔 100～200m 程度あり、北は士幌町および本別町、東は浦幌町、南は豊頃町、西は音更町に接し、南西は十勝川を隔てて幕別町にも接しています。北海道東部の 3 圏域（オホーツク、十勝、釧路・根室）を結ぶ交通の要衝として栄え、JR 特急列車が停車し、道東自動車道のインターチェンジも設置されています。年間平均気温 6℃、日照時間は年間約 2,000 時間と長く、年間降水量は 800mm 程度です。

基幹産業は農業であり、主に麦類、豆類、てんさい、野菜類が栽培されています。また、肉用牛の生産や酪農も行われており、町内農家が繁殖から肥育まで一貫経営によって生産している「いけだ牛」といったブランド牛もあります。農業振興を目的としたブドウ栽培を行い、昭和 38（1963）年には国内初の自治体経営によるワイン醸造が始まった地域です。

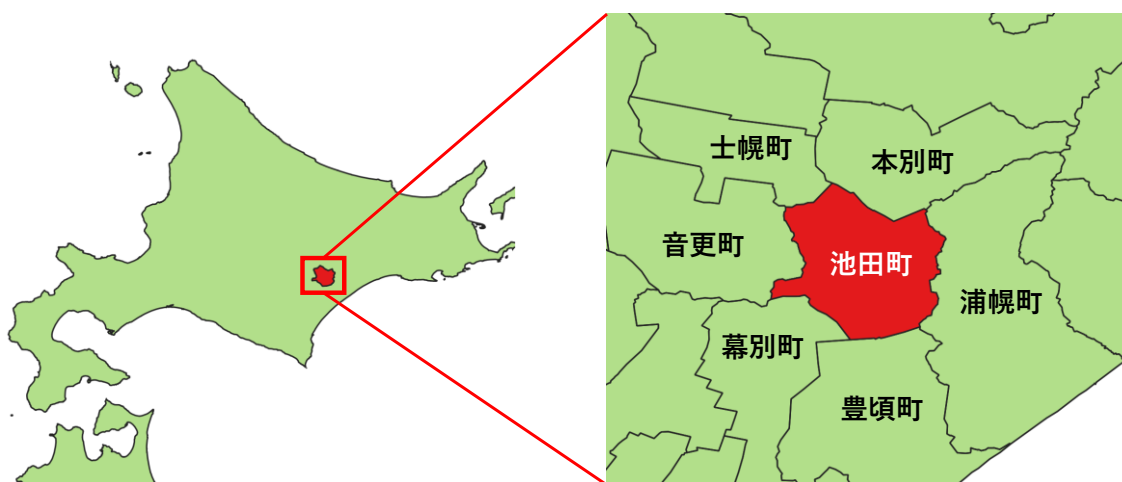


図 1-2 北海道池田町の位置

### 1.3.2 地域における事業の位置づけ・目的

#### (1) 事業の位置づけ（背景）

池田町は、カラマツ人工林が伐期を迎えており、森林組合の製材工場への安定した原木供給のために、年間およそ 200ha の皆伐が実施され、活発に素材生産が行われています。一方で、これまで間伐が十分に実施されてきたことや、台風等の風害による影響（アクセスできる場所が限定されている等）により、ha あたりの出材量が 150m<sup>3</sup>前後であり、他地域と比較して少ない状況です。このため、森林所有者に対して十分な利益還元につながっていないことや、枝条等の未利用材が林内に散在し、皆伐後の再造林時の支障となり、森林整備費用が高くなっています。

また、広葉樹天然林においても、近年、池田町では自伐型林業・近自然森づくりの考え方に沿った森林管理（天然林間伐事業等）を実施しています。これにより、生産した原木丸太等を町内製炭事業者や木工作家に販売していますが、用途のない・販売ができない丸太等の利用体制は構築できていない状況です。

さらに、池田町森林整備計画の中で木質バイオマスの活用等も含めた利用システムの整備に取り組んでいることや、平成 28（2016）年に連続して襲来した台風、また平成 30（2018）年に発生した胆振東部地震による停電といった災害の経験から地域住民が避難を余儀なくされた場合に、安心して避難生活を送ることができる体制を目指し、「地産地消型エネルギー」を構築できる事業が必要だと考えました。



図 1-3 想定している未利用材のイメージ



## (2) 事業の目的（取り組み内容）

令和元（2019）年度に「地域内エコシステム」構築事業に採択され、実現可能性調査（F/S 調査）を実施しました。この F/S 調査結果を活用し、本事業では、未利用材および木質バイオマスエネルギーを活用していくための基本計画の策定（ロードマップ）を行うとともに、事業実施体制の詳細を検討（サプライチェーンの整理）することを目的とします。

また、目的を達成するために図 1-4 の内容について取り組んでいきます。池田町が本事業で取り組む内容は、1 つは未利用材の販売目標価格の設定を行うために、広葉樹天然木の現況調査およびポータブルロープウインチを活用した未利用材収集試験を実施します。これは、池田町が実施している小規模林業の取り組みの中で「伐採コストの低減」等の課題が挙げられ、伐採コストの低減を目指すための方策として「作業班の少人数化」が検討され、集材に係る人工数の削減のために、令和 2（2020）年度にポータブルロープウインチを購入しました。このことから、同ウインチを活用した収集試験を実施し、生産性の向上また伐採コストの低減を目指し、試験結果を用いて販売目標価格を推計します。

2 つは、燃料目標価格の検討を行うために、池田町が所有するチップperの有効活用を目指して、チップ製造試験および品質確認を実施します。これは、令和元（2019）年度の事業実施時に池田町が所有するチップper（平成 17（2005）年度に導入）があることがわかり、同チップperを活用することができれば、チップ製造コストの低減につながると想定されました。このことから、同チップperによるチップ製造試験および品質確認を実施し、今後の利用可能性等について精査します。

3 つは、新規エネルギー需要先の開拓・検討・協議を行います。令和元（2019）年度に 3 施設で木質バイオマスボイラーの導入検討を行い、そのうちの 1 施設（温浴施設）は公設民営であれば実現可能性があることが分かりました。本事業では、温浴施設とは合意形成を図っているため、新たなエネルギー需要先の開拓等を行い、製造予定のチップの需要先の増加を目指します。また、新たなエネルギー需要先としては、小規模林業の取り組みにおける収入増加の方策である簡易製材の実施による販売単価の向上を目指して、小規模な製材乾燥手法の一つである「木材乾燥室」の導入を検討します。

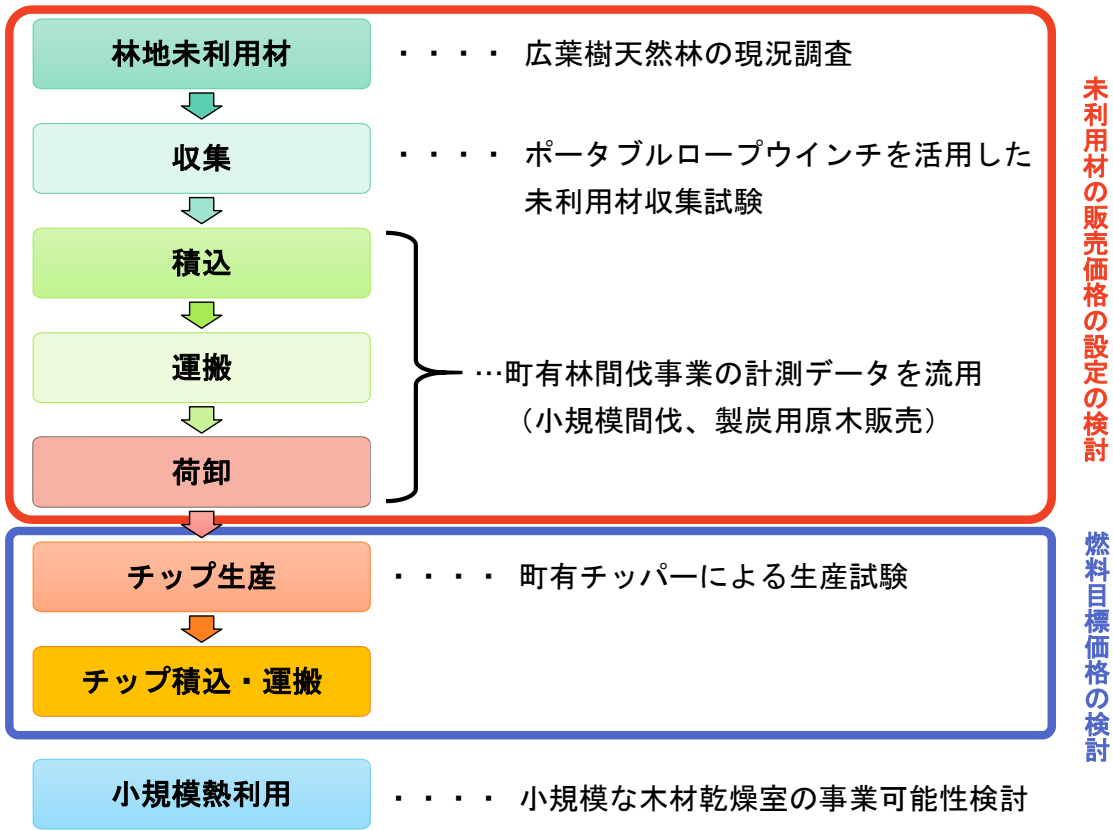


図 1-4 池田町における本事業の取り組み内容

## 2. 実施内容

本事業の実施内容は、以下に示す項目について、北海道池田町地域の「地域内エコシステム」の構築に向けて、地域協議会の設置・運営支援（事業計画策定に関する調査や地域の合意形成に資する情報提供、指導・助言を含む）等を行いました。

### （１）地域協議会の設置・運営

地域関係者と連携し、地域が主体となって事業計画を策定するための「池田町「地域内エコシステム」地域協議会（以下、協議会）」を設置し、運営しました。協議会は計４回開催しました。昨今の社会情勢を勘案し、対面による協議会の実施ではなく、第１回・第４回協議会は書面による開催（事業概要の説明等・事業成果のとりまとめ）、第２回・第３回協議会は実証試験（未利用材収集試験・チップ製造試験）の開催となりました。

### （２）サプライチェーン

池田町における地域内エコシステムの構築に向けて、令和元（2019）年度に検討した内容を精度向上させ、原料供給、原料搬出、燃料製造、エネルギー利用を一貫した持続的かつ安定した体制が築けるように協議会の中で整理しました。

### （３）燃料供給に関する取組

未利用材の販売目標価格の設定を行うために、広葉樹天然林の現況調査およびポータブルロープウインチを活用した未利用材収集試験を実施しました。実施した結果から生産性の向上また伐採コストの低減を目指すとともに、販売目標価格を推計しました。

### （４）燃料製造に関する取組

燃料目標価格の検討を行うために、池田町が所有するチップーの有効活用を目指して、チップ製造試験および品質確認を実施しました。実施した結果から同チップーの利用可能性等について精査します。

### **(5) 木質バイオマスエネルギー利用に関する取組**

今後、池田町で製造予定のチップの需要先の増加を目指すために、新規エネルギー需要先の開拓・検討・協議を行いました。本事業において新たに導入検討したのは小規模な製材乾燥手法「木材乾燥室」です。

本報告書における水分(含水率)の定義は、全て「湿潤基準含水率(ウェットベース)」であり、「水分〇〇%」と表記します。

### 3. 実施項目

#### 3.1 地域協議会の設置・運営

##### 3.1.1 協議会の設置

地域が主体となって、事業計画を策定また持続的な事業創出を目指していくため、「地域づくり・人づくり」に重点を置いて、地域また近隣地域の関係者で構成される「池田町「地域内エコシステム」地域協議会」を令和元（2019）年度に設置し、運営しています。

協議会のメンバーは、表 3-1 のとおりです。

表 3-1 地域協議会のメンバー

区分	所属先	
委員	自伐型林業事業参加者	複数名
	▼ 池田町森林整備計画実行管理推進チーム	
	A 社	
	B 社	
	森林組合	
自由参加	地域住民	町内・町外含む
事務局	池田町 産業振興課 林務係	上記チームに所属する
	一般社団法人日本森林技術協会	
	株式会社森のエネルギー研究所	

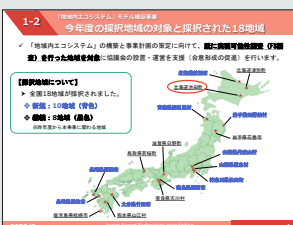
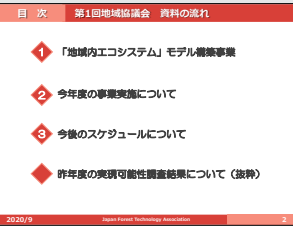
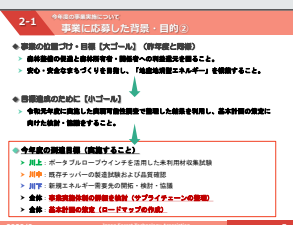

### 3.1.2 協議会の運営

池田町「地域内エコシステム」地域協議会は、令和2（2020）年9月と令和3（2021）年3月に書面形式、令和2（2020）年9月23日と令和2（2020）年10月23日に実証試験として、計4回開催しました。

本来は、対面による協議会の中で合意形成を図っていくことと、必要な数値等の精査を行う予定でしたが、昨今の社会情勢を勘案し、上述のような形式となりました。今後は、対面による協議会の開催に向けて、町内の対応等を行いながら、地域内エコシステムの構築に向けて検討を進めていきます。

協議会の実施結果は、表3-2のとおりです。

表3-2 池田町「地域内エコシステム」地域協議会の実施結果

協議会の実施結果	実施状況
<p>▼ 第1回協議会</p> <p>開催日：令和2（2020）年9月</p> <p>書面による開催（池田町 HP 掲載）</p> <p>議題：事業概要等の説明</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 事業概要の振り返り</li> <li>➢ 今年度の事業実施について</li> <li>➢ 今後のスケジュールについて</li> <li>➢ 昨年度の実現可能性調査について（抜粋）</li> </ul>	   
<p>▼ 第2回協議会</p> <p>開催日：令和2年（2020年）9月23日</p> <p>実証試験として屋外で実施</p> <p>議題：ポータブルロープウインチを活用した未利用材収集試験の実施</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ ポータブルロープウインチの活用に慣れるための講習会も兼ねる</li> <li>➢ 生産性やコスト等の算出を行う</li> </ul>	

▼ 第 3 回協議会

開催日：令和 2 年（2020 年）10 月 23 日

実証試験として屋外で実施

議題：池田町所有のチップパーによる製造試験  
品質確認

- 既存チップパーの利用方法等の体験  
会も兼ねる
- チップ製造コストの算出を行う



▼ 第 4 回協議会

開催日：令和 3 年（2021 年）3 月

書面による開催（池田町 HP 掲載）

議題：今年度に取り組んだ内容のとりまとめ

- 事業概要の振り返り（再掲）
- 広葉樹林の資源解析
- ポータブルロープウインチを活用  
した未利用材収集試験
- 既存チップパーの製造試験・  
品質確認
- 新規エネルギー需要先の開拓・  
協議・検討
- 事業の実施に向けた検討



2-14 林内にある未利用材の販売目標価格の想定 ～試験結果より～

●ロープウインチによる未利用材収集試験結果から未利用材管理価格の算定

林内に存在する林地未利用材を収集した場合、B 番価格の倍返しにのみ販売価格が 2.4倍程度は上がることを期待した。

※ 販売費・経費削減効果を算定する上では、林地未利用材も「収集・販売」まで行う必要があることがわかった。

※ また、あくまでも試験的に導入を図る（試行錯誤）という前提づけを想定していく。

※ 作業システムの変更等（例：山と山間でトラック）も検討していく必要がある。

品名	単位	数量	単価	合計
① 薪	1.56 t	1.56 t	9,100円	14,196円
② 薪	1.18 t	1.18 t	9,100円	10,738円
③ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
④ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑤ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑥ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑦ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑧ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑨ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑩ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑪ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑫ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑬ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑭ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑮ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑯ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑰ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑱ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑲ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑳ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉑ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉒ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉓ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉔ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉕ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉖ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉗ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉘ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉙ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉚ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉛ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉜ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉝ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉞ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉟ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊱ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊲ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊳ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊴ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊵ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊶ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊷ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊸ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊹ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊺ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊻ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊼ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊽ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊾ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊿ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円

目次 第4回地域協議会 資料の流れ

- 1 「地域内エコシステム」モデル構築事業の振り返り
- 2 広葉樹林の資源解析 ポータブルロープウインチを活用した未利用材収集試験
- 3 既存チップパーの製造試験および品質確認
- 4 新規エネルギー需要先の開拓・協議・検討
- 5 事業の実施に向けた検討

3-9 チップ製造試験結果を反映させたコスト試算

チップ製造コスト試算

品名	単位	数量	単価	合計
① 薪	1.56 t	1.56 t	9,100円	14,196円
② 薪	1.18 t	1.18 t	9,100円	10,738円
③ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
④ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑤ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑥ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑦ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑧ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑨ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑩ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑪ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑫ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑬ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑭ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑮ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑯ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑰ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑱ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑲ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
⑳ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉑ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉒ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉓ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉔ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉕ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉖ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉗ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉘ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉙ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉚ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉛ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉜ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉝ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉞ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㉟ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊱ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊲ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊳ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊴ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊵ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊶ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊷ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊸ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊹ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊺ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊻ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊼ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊽ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊾ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円
㊿ 薪	0.27 t	0.27 t	9,100円	2,457円

### 3.2 サプライチェーン

### 3.2.1 池田町「地域内エコシステム」のサプライチェーン

池田町の地域内エコシステムの構築に向けて、サプライチェーンを検討しました。図3-1は令和元（2019）年度に検討したサプライチェーンから、より実現度の高いサプライチェーンに修正したもので、本事業の実施前に整理したものです。赤枠で示す箇所について、協議また実証試験等の実施によって再度、実施主体や体制等を検討していきます。

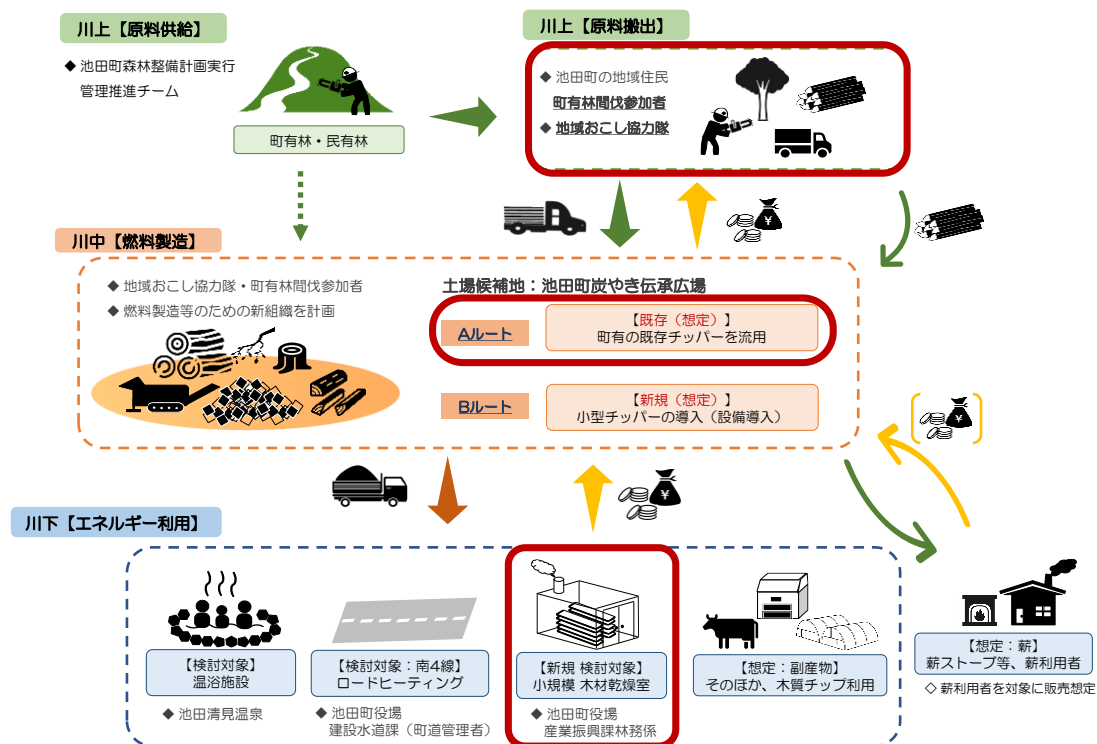


図 3-1 池田町「地域内エコシステム」サプライチェーン①：事業実施前

図 3-1 に示した赤枠を検討した結果、今年度の池田町「地域内エコシステム」サプライチェーンとして再整理したものが図 3-2 になります。

川上は令和元（2019）年度に検討した体制のままで、原料供給は池田町森林整備計画実行管理推進チーム（以下、森林整備チーム）が主体となり、補助的に池田町の地域住民や自伐型林業事業参加者、地域おこし協力隊で原料となる切捨間伐材や未利用材の供給を目指します。主体である森林整備チームが森林施業を行い、伐採時にでる枝条等の未利用材を搬出しやすい作業路等の道脇に寄せてもらい、地域住民や自伐型林業事業参加者、地域おこし協力隊が搬出するイメージです。今後は、本事業でも検討しましたが搬出する際の生産性の向上等を重点的に進めていきます。



川中の燃料製造は、町有の既存チッパーを流用し、チップ生産のためのノウハウを蓄積することを目指します。詳細は後述（3.4）しますが、既存チッパーで製造したチップは、木質バイオマスボイラー向けの燃料用チップよりは畜産敷料のような細かくふわりとしたチップでした。池田町では木質バイオマスボイラーが導入されていないことと、チップ製造を行う主体（地域おこし協力隊や自伐型林業事業参加者、新規に燃料製造等のための新組織を計画）が、チップ製造のノウハウを有していないため、まずは既存チッパーを活用し、チップ製造のノウハウを学び、製造したチップは燃料用チップ以外での販売を検討します。今後、池田町に木質バイオマスボイラーが導入する際には、燃料用チップが製造できるチッパーの導入等を検討していきます。

川下のエネルギー利用は、チップのみに限らず、薪やペレットも視野に入れ、幅広く展開していくことを目指します。温浴施設とは合意形成を進めており、また熱供給体制に関しては利害関係者と協議を行う必要があり、今後も継続的に協議等を行います。さらに、新たなエネルギー需要先としては小規模な木材乾燥室の導入を検討しており、詳細は後述（3.5）しますが、木材乾燥室はチップではなく薪での運用を目指しています。今後は、既存施設を活用した適正な薪利用と運用方法に関して検討することや、本事業とは別に民間団体による木質ペレットの生産を検討する動きもあるため、未利用材の活用をチップのみならず、柔軟に幅広い木質バイオマス利用の検討を行います。

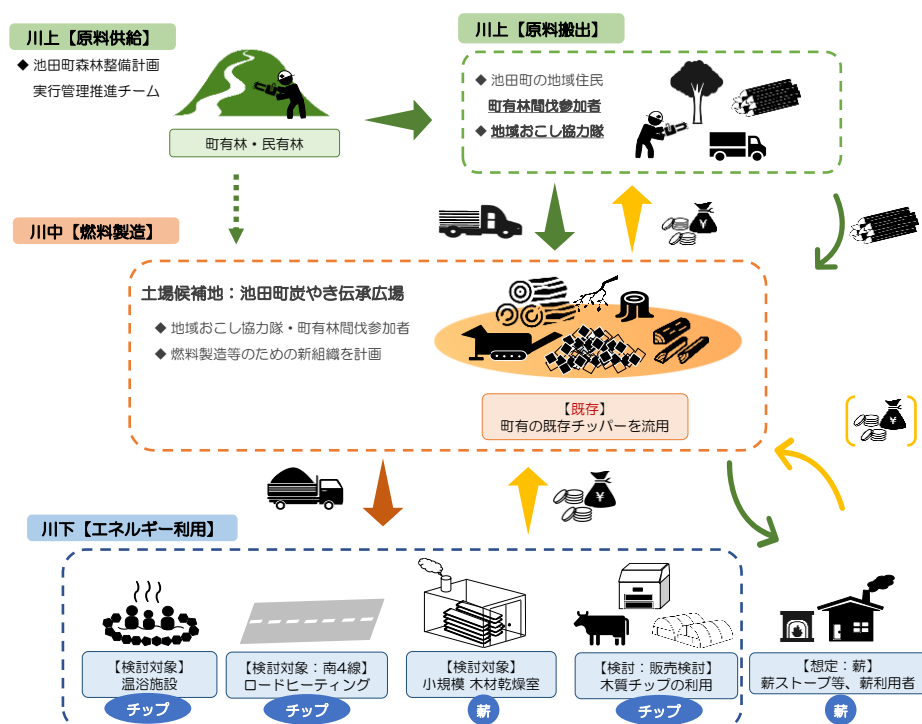


図 3-2 池田町「地域内エコシステム」サプライチェーン②：事業実施後

### 3.3 燃料供給に関する取組

池田町にある未利用材を搬出し、販売目標価格を設定していくために、令和元（2019）年度に実施した F/S 調査結果を活用しながら、広葉樹天然林の現況調査およびポータブルロープウインチを活用した未利用材収集試験を実施しました。

広葉樹天然林の現況調査は、未利用材の搬出と製炭用原木の安定供給を目的として実施している箇所に対して、森林資源量がどれだけあるのかを整理しました。

ポータブルロープウインチを活用した未利用材収集試験は、小規模な間伐後に未利用材となっている材の搬出を試験また講習会として実施し、生産性の向上また伐採コスト等の低減を目指すとともに、試験結果は販売目標価格の推計に活用しました。

上述の 2 つは、池田町の町有林である 158 林班 19 小班を対象地として実施しました（図 3-3）。

#### 【対象地の概要】

- 場所：158 林班 19 小班
- 摘要：ミズナラ・シラカンバを主体とした広葉樹天然林  
皆伐萌芽更新  
令和 2（2020）年に間伐を実施した。
- 林齢：43 年生

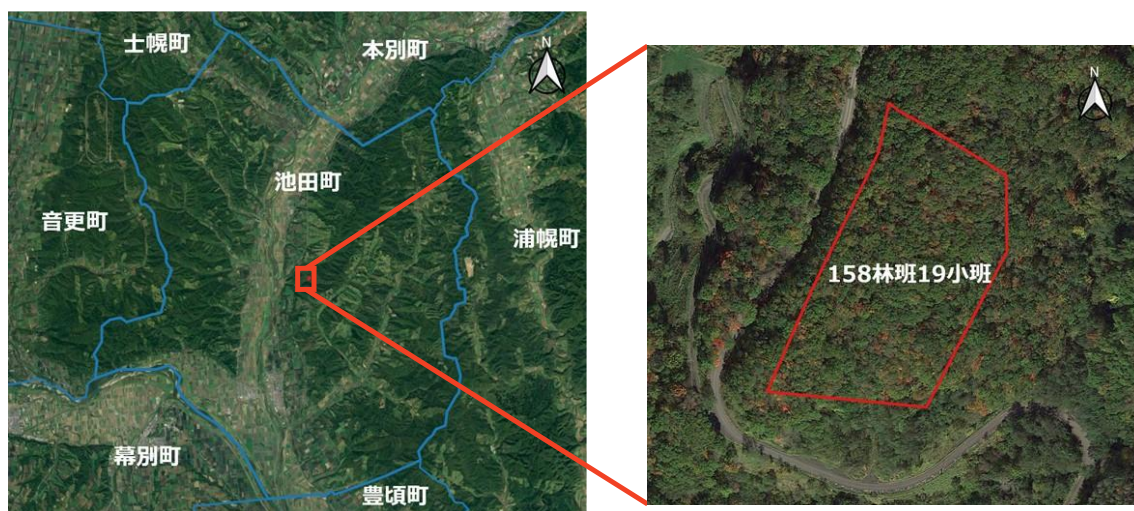


図 3-3 現況調査および収集試験の対象地：158 林班 19 小班

### 3.3.1 広葉樹天然林の現況調査

池田町の町有林である 158 林班 19 小班（広葉樹林）を対象に、令和 2 年（2020）年 9 月 24 日に現況調査を行いました。

現況調査は 3 箇所（19 小班内に 3 プロット）で実施しました。対象地に、円形プロット（半径 11.28m、プロット面積 0.04ha）を設置し、プロット内の胸高直径 5 cm 以上の立木を対象に、樹種の同定、胸高直径および樹高の計測を行いました。また、単木ごとに立木材積を算出し、ha あたりの立木材積を算出しました。

なお、立木材積の算出は、国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所で公開されている「幹材積計算プログラム」を使用しています。



図 3-4 広葉樹天然林の現況調査の位置（3 プロット）

## (1) プロット 1 の調査結果

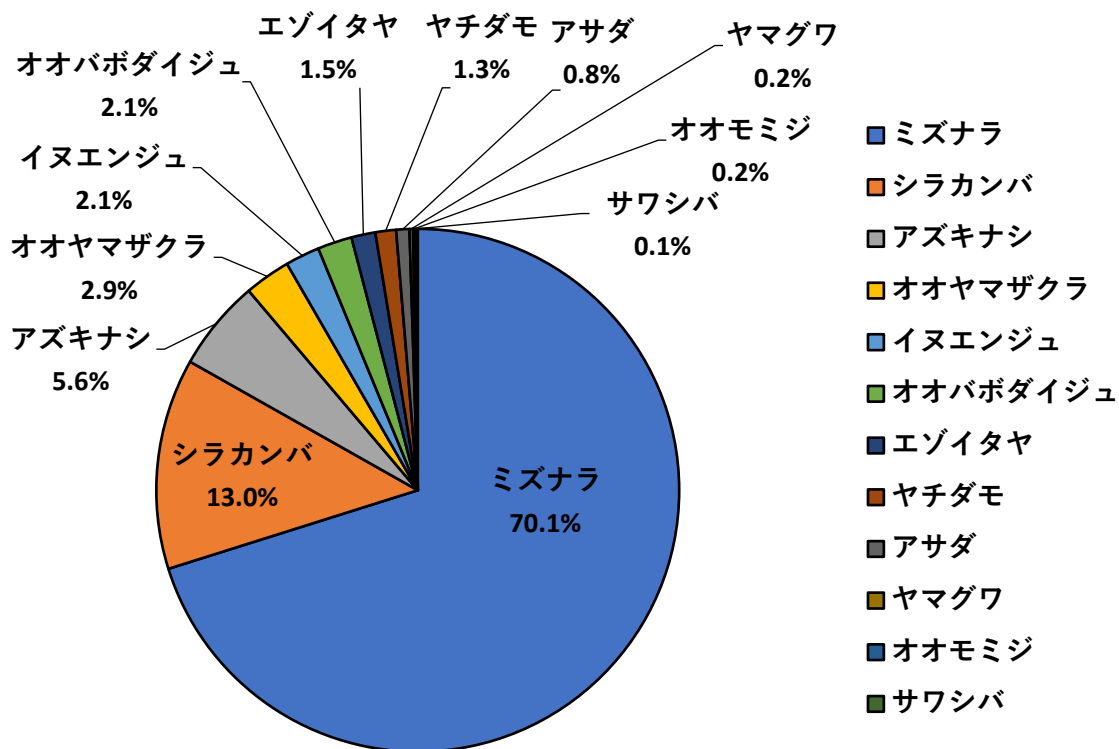
プロット 1 における調査結果は表 3-3 のとおりです。また、樹種別の材積内訳を図 3-5、天空写真を図 3-6、林内状況を図 3-7 に示します。

プロット内の樹種は 12 種で、立木本数は計 91 本ありました。また、平均直径は 12.4 cm、平均樹高は 11.4m で、材積の合計は 8.698m<sup>3</sup>という結果でした。樹種別の材積内訳では、ミズナラが最も多く、全体の 70%を占めている結果になりました。

表 3-3 プロット 1 の調査結果

No.	樹種	本数	平均直径	平均樹高	材積計
1	ミズナラ	38 本	16.5 cm	13.2 m	6.101 m <sup>3</sup>
2	シラカバ	13 本	12.8 cm	13.6 m	1.134 m <sup>3</sup>
3	アズキナシ	9 本	9.5 cm	10.6 m	0.490 m <sup>3</sup>
4	オオヤマザクラ	5 本	9.6 cm	8.8 m	0.248 m <sup>3</sup>
5	イヌエンジュ	7 本	8.0 cm	8.1 m	0.185 m <sup>3</sup>
6	オオバボダイジュ	5 本	8.7 cm	8.7 m	0.185 m <sup>3</sup>
7	エゾイタヤ	6 本	7.1 cm	8.7 m	0.129 m <sup>3</sup>
8	ヤチダモ	1 本	13.1 cm	16.6 m	0.111 m <sup>3</sup>
9	アサダ	3 本	7.9 cm	8.8 m	0.071 m <sup>3</sup>
10	ヤマグワ	2 本	5.7 cm	6.4 m	0.019 m <sup>3</sup>
11	オオモミジ	1 本	7.5 cm	6.0 m	0.015 m <sup>3</sup>
12	サワシバ	1 本	6.0 cm	5.7 m	0.010 m <sup>3</sup>
合計		91 本	12.4 cm	11.4 m	8.698 m <sup>3</sup>

注：材積は、国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所「幹材積計算プログラム」を使用して算出しました。



注：端数処理により値が一致しない場合があります。

図 3-5 プロット 1 における樹種別材積の内訳（割合）



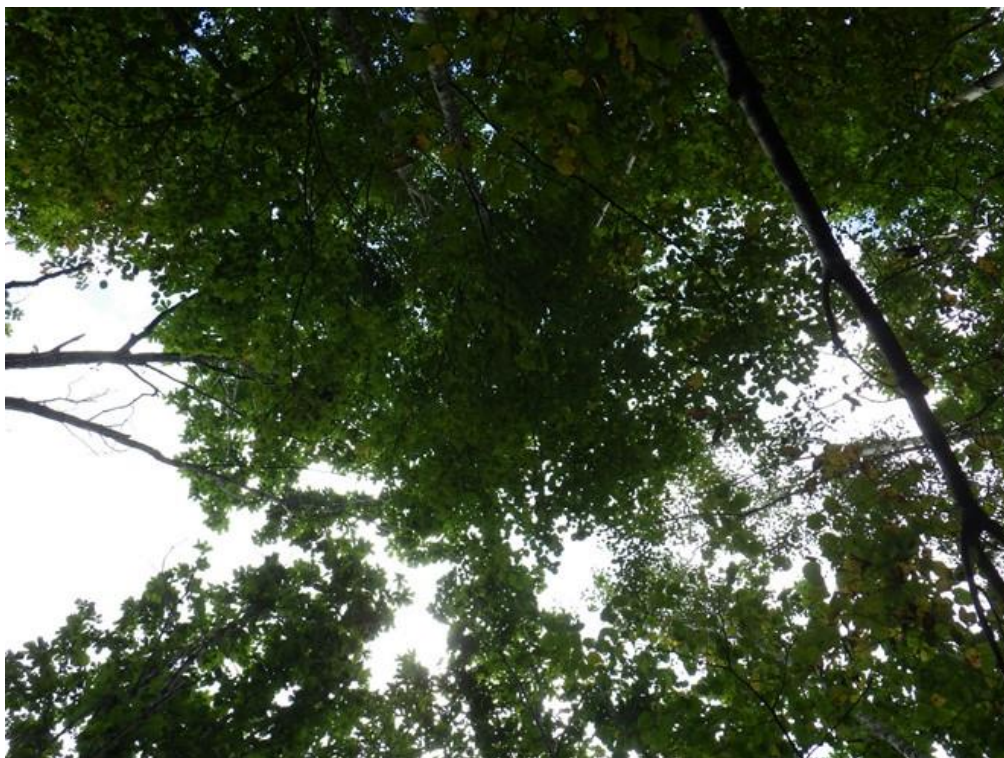


図 3-6 プロット 1 における天空写真



図 3-7 プロット 1 における林内状況

## (2) プロット 2 の調査結果

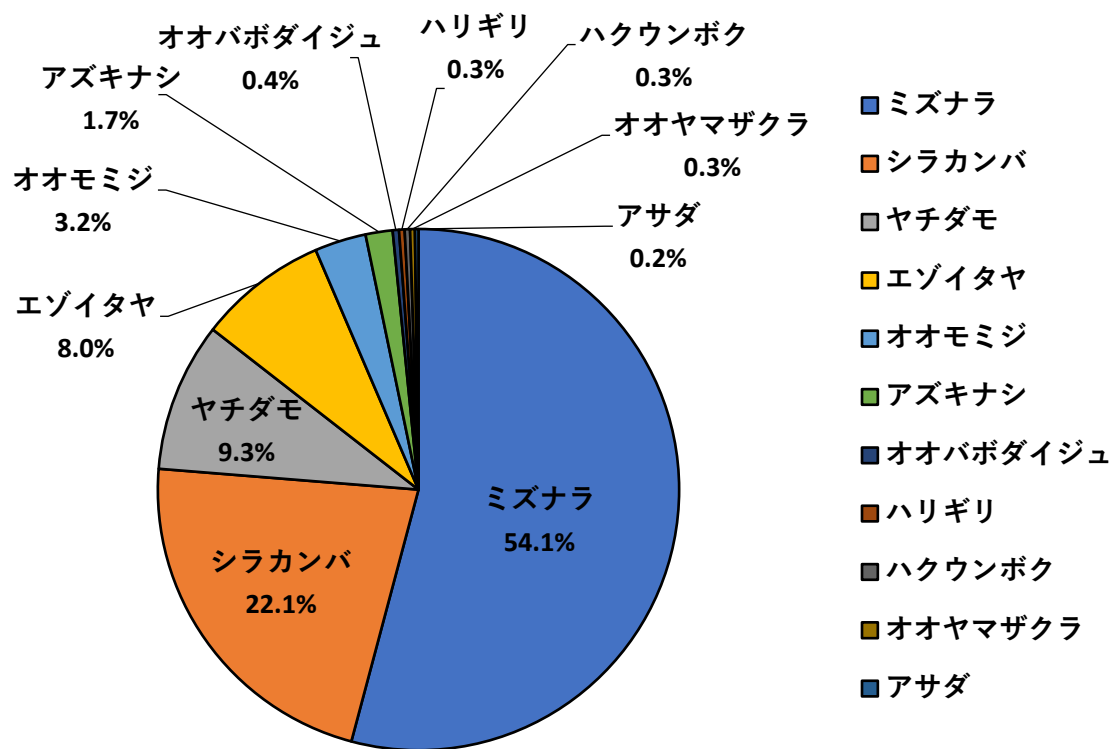
プロット 2 における調査結果は表 3-4 のとおりです。また、樹種別の材積内訳を図 3-8、天空写真を図 3-9、林内状況を図 3-10 に示します。

プロット内の樹種は 11 種で、立木本数は計 97 本ありました。また、平均直径は 11.4 cm、平均樹高は 12.0m で、材積の合計は 8.713m<sup>3</sup>という結果でした。樹種別の材積内訳では、ミズナラが最も多く、全体の 54%を占め、次いでシラカンバの 22%という結果になりました。

表 3-4 プロット 2 の調査結果

No.	樹種	本数	平均直径	平均樹高	材積計
1	ミズナラ	24 本	17.2 cm	15.3 m	4.718 m <sup>3</sup>
2	シラカバ	18 本	13.0 cm	14.9 m	1.928 m <sup>3</sup>
3	ヤチダモ	5 本	15.0 cm	18.2 m	0.806 m <sup>3</sup>
4	エゾイタヤ	19 本	8.8 cm	10.2 m	0.699 m <sup>3</sup>
5	オオモミジ	17 本	6.7 cm	7.8 m	0.278 m <sup>3</sup>
6	アズキナシ	5 本	7.9 cm	8.4 m	0.146 m <sup>3</sup>
7	オオバボダイジュ	3 本	6.0 cm	6.8 m	0.034 m <sup>3</sup>
8	ハリギリ	2 本	6.4 cm	8.4 m	0.030 m <sup>3</sup>
9	ハクウンボク	1 本	8.5 cm	9.7 m	0.029 m <sup>3</sup>
10	オオヤマザクラ	2 本	6.5 cm	6.9 m	0.026 m <sup>3</sup>
11	アサダ	1 本	6.9 cm	9.0 m	0.019 m <sup>3</sup>
合計		97 本	11.4 cm	12.0 m	8.713 m <sup>3</sup>

注：材積は、国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所「幹材積計算プログラム」を使用して算出しました。



注：端数処理により値が一致しない場合があります。

図 3-8 プロット 2 における樹種別材積の内訳（割合）



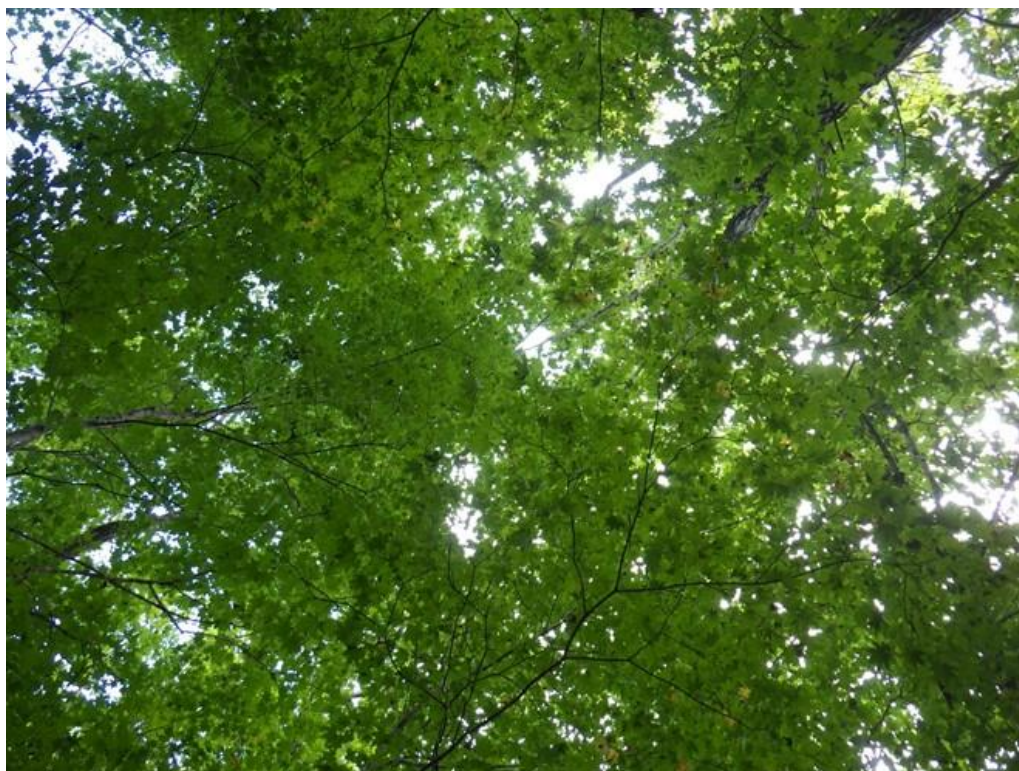


図 3-9 プロット 2 における天空写真



図 3-10 プロット 2 における林内状況

### (3) プロット 3 の調査結果

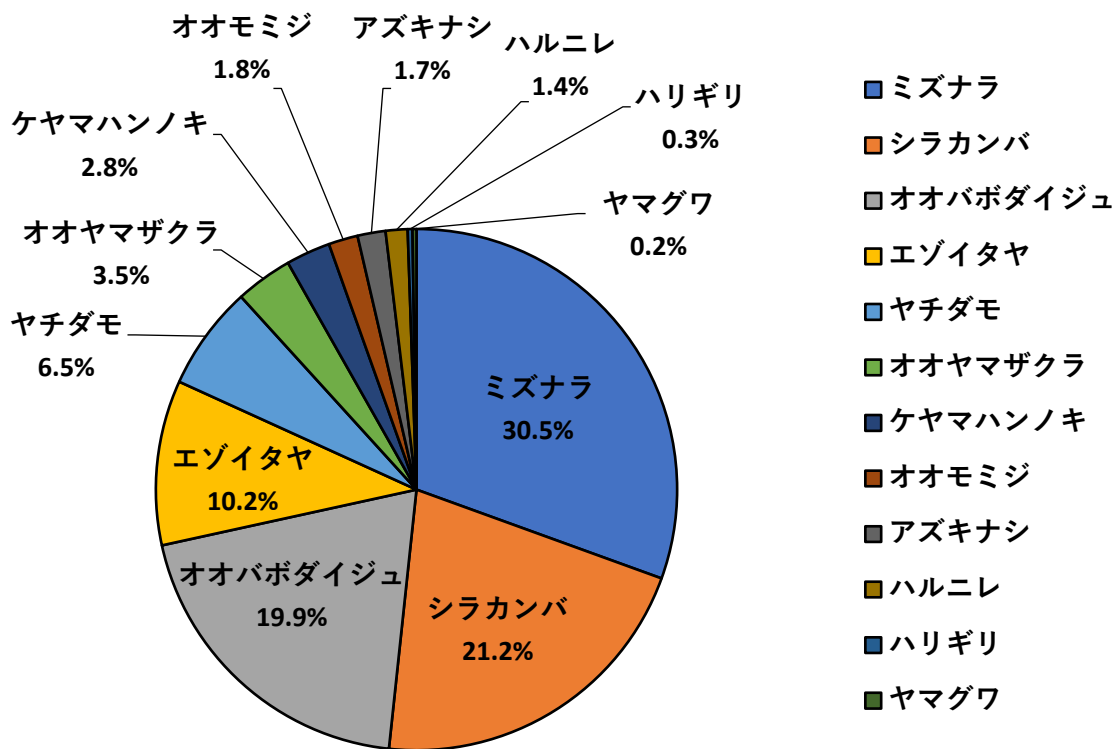
プロット 3 における調査結果は表 3-5 のとおりです。また、樹種別の材積内訳を図 3-11、天空写真を図 3-12、林内状況を図 3-13 に示します。

プロット内の樹種は 12 種で、立木本数は計 110 本ありました。また、平均直径は 11.5 cm、平均樹高は 11.4m で、材積の合計は 9.799m<sup>3</sup>という結果でした。樹種別の材積内訳では、ミズナラが全体の 30%を占め、次いでシラカンバの 21%、オオバボダイジュの 19%という結果になりました。

表 3-5 プロット 3 の調査結果

No.	樹種	本数	平均直径	平均樹高	材積計
1	ミズナラ	18 本	16.1 cm	13.9 m	2.992 m <sup>3</sup>
2	シラカバ	16 本	14.6 cm	15.4 m	2.073 m <sup>3</sup>
3	オオバボダイジュ	24 本	11.1 cm	11.1 m	1.948 m <sup>3</sup>
4	エゾイタヤ	30 本	7.8 cm	9.1 m	1.002 m <sup>3</sup>
5	ヤチダモ	2 本	19.3 cm	15.1 m	0.633 m <sup>3</sup>
6	オオヤマザクラ	4 本	12.4 cm	10.1 m	0.347 m <sup>3</sup>
7	ケヤマハンノキ	1 本	22.1 cm	15.2 m	0.270 m <sup>3</sup>
8	オオモミジ	8 本	7.7 cm	7.8 m	0.178 m <sup>3</sup>
9	アズキナシ	4 本	9.6 cm	10.5 m	0.170 m <sup>3</sup>
10	ハルニレ	1 本	15.1 cm	15.3 m	0.133 m <sup>3</sup>
11	ハリギレ	1 本	8.8 cm	9.1 m	0.029 m <sup>3</sup>
12	ヤマグワ	1 本	7.7 cm	9.6 m	0.024 m <sup>3</sup>
合計		110 本	11.5 cm	11.4 m	9.799 m <sup>3</sup>

注：材積は、国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所「幹材積計算プログラム」を使用して算出しました。



注：端数処理により値が一致しない場合があります。

図 3-11 プロット 3 における樹種別材積の内訳（割合）



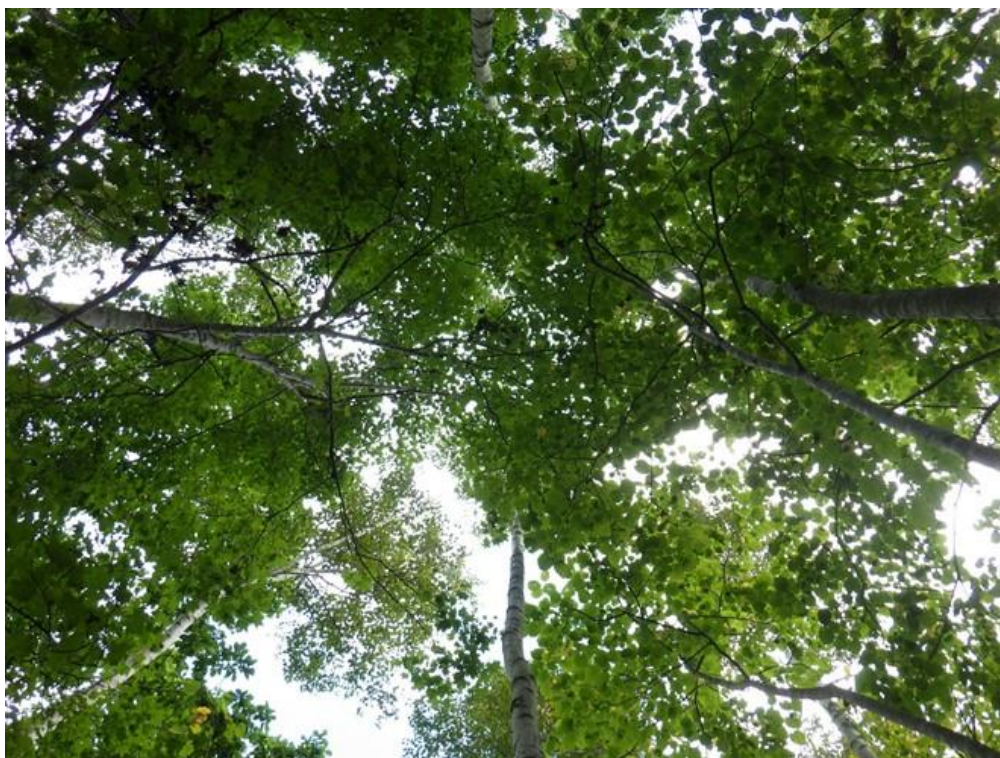


図 3-12 プロット 3 における天空写真



図 3-13 プロット 3 における林内状況

#### （４）現況調査結果のまとめ

池田町の町有林である 158 林班 19 小班を対象に、3 箇所で現況調査を行いました。すべての調査結果を整理したものが表 3-6 になり、調査した 3 箇所すべての立木本数を合算した胸高直径階の分布が図 3-14 になります。

調査対象地は、ミズナラとシラカンバが優占する広葉樹天然林（間伐実施後）で、調査結果より立木本数は 91 本から 110 本、平均直径は 11.4 cm から 12.4 cm、平均樹高は 11.4m から 12.0m でした。また、材積は 8.698m<sup>3</sup>から 9.799m<sup>3</sup>で、立木密度は 2,275 本/ha から 2,750 本/ha でした。

これらのことから、材積を ha あたりに換算すると、217.450m<sup>3</sup>/ha から 244.975m<sup>3</sup>/ha（平均 226.75m<sup>3</sup>/ha）あるという結果になりました。また、図 3-14 より直径階は 6 cm以上 8 cm未満が最も多く、直径階 8 cmの区分は 54 本ありました。20 cm未満の直径階が全体の約 90%を占めています。

林内状況としては、立木密度が平均 2,483 本/ha と、過密な状態であるといえます。広葉樹で簡易製材（チェーンソー製材）しており、今後も製材品を製造することから、大径木を育成する必要があります。そのため、皆伐を行い、萌芽更新している 40 年生の天然林については、適宜、間伐を実施していきます。伐採した材は、製材用や製炭用として利用するほか、エネルギー用への利用も検討していきます。

表 3-6 現況調査 3 箇所の結果一覧

区分	プロット1	プロット2	プロット3
主な樹種	ミズナラ、シラカンバ	ミズナラ、シラカンバ	ミズナラ、シラカンバ
傾斜	15.0 度	3.4 度	4.8 度
斜面方位	S	SE	SE
立木本数	91 本	97 本	110 本
平均直径	12.4 cm	11.4 cm	11.5 cm
平均樹高	11.4 m	12.0 m	11.4 m
材積計	8.698 m <sup>3</sup>	8.713 m <sup>3</sup>	9.799 m <sup>3</sup>
ha あたり材積	217.450 m <sup>3</sup> /ha	217.825 m <sup>3</sup> /ha	244.975 m <sup>3</sup> /ha
立木密度	2,275 本/ha	2,425 本/ha	2,750 本/ha

注：材積は、国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所「幹材積計算プログラム」を使用して算出しました。

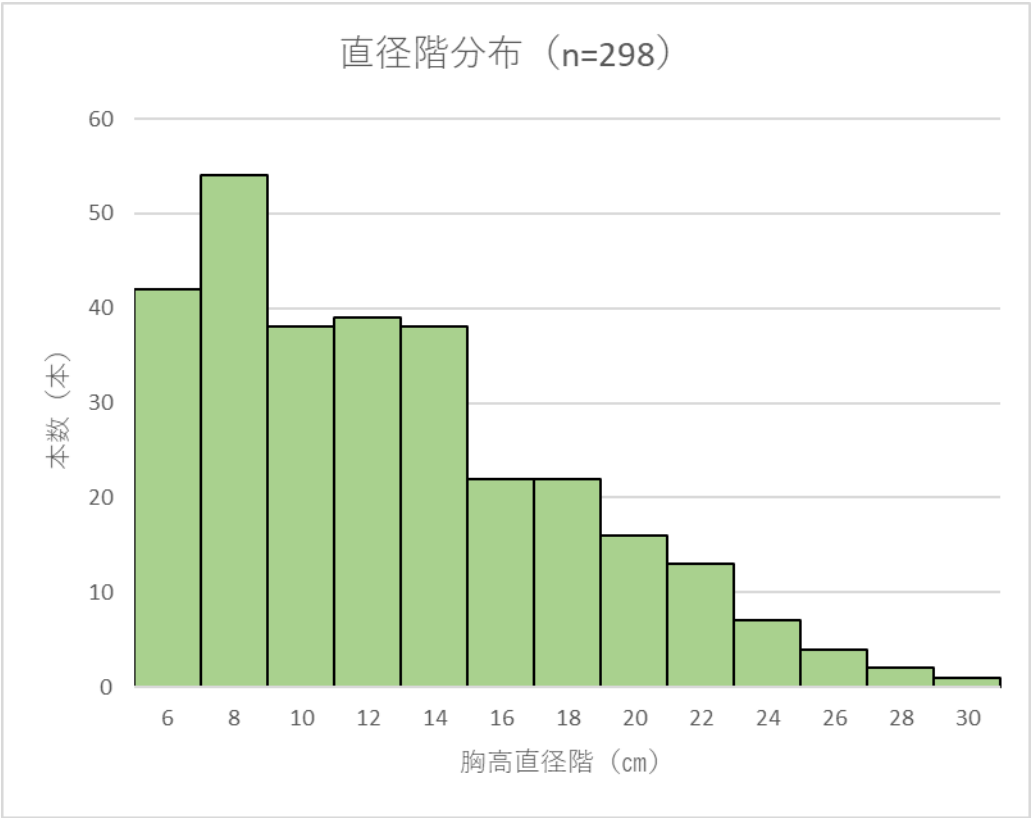


図 3-14 現況調査 3 箇所の胸高直径階の分布



### 3.3.2 ポータブルロープウインチを活用した未利用材収集試験

広葉樹天然林の現況調査を行った池田町の町有林である 158 林班 19 小班（広葉樹林）を対象地として、令和 2 年（2020）年 9 月 23 日に未利用材収集試験を実施しました。

本試験により、池田町で利用可能な未利用材の搬出を行う際の生産性を把握します。また、試験では、林内の未利用材を搬出するのにかかる時間を計測するとともに、利用可能な量についても算出しました。

なお、本試験は、自伐型林業事業参加者のポータブルロープウインチによる搬出に慣れるための講習会という位置づけも兼ねて、実施しました。

#### （１）未利用材収集試験の概要

未利用材収集試験の目的は、既に間伐が行われており、林内に玉切り材が集積されている林分を対象に、ポータブルロープウインチを活用した未利用材の搬出に係る生産性を把握するために実施しました。

試験に使用した機材は、池田町で所有する PCW3000 フォレスターセット（ロープウインチ本体、スキッドコーン、ロープ、ロープバック等）です（図 3-15）。ロープウインチの本体は、ホンダ製エンジンで、ウインチ巻き揚げ牽引力は 700kg になります。

試験対象地は、先述（3.3.1）のとおりですが、ミズナラおよびシラカンバを主体とし、令和 2（2020）年に間伐を実施しています。林内には玉切りした材が集積されており、この集積された材を作業路まで搬出するのが、本試験の内容です（図 3-16）。

また、林内の平均傾斜は 6.4 度、斜面方位は SE でした。



図 3-15 収集試験で使用するポータブルロープウインチ（本体）



図 3-16 未利用材収集試験地の林内状況

## (2) 未利用材収集試験の方法

未利用材収集試験の試験区画は図 3-17 のとおりです。作業路沿いに 30m×50m（面積 1,500m<sup>2</sup>）の区画を設置し、区画の内側を作業路からの距離に応じて 10m、20m、30m、40m と区切っています。また、試験区画は樹高の 2 倍以上を一边として、集材距離を 50m と想定し、設定しました。

試験方法は、下記の 3 つのとおりで、区画ごとに集積された材を搬出する時間と搬出された材の材積を計測しました。作業は、6 名（自伐型林業事業参加者）で実施しました。

### ① 搬出時間の計測

作業路から 10m、20m、30m、40m、50m の区画ごとに、林内に集積された間伐材を作業路の端まで搬出する時間を計測しました。

### ② 搬出材積の計測

区画ごとに搬出された材を計測し、末口二乗法により材積を算出しました。

### ③ 作業条件

作業実施者は、自伐型林業事業参加者 6 名です。作業時間は 4 時間（10 時から 15 時まで。うち 1 時間昼休憩）でした。

なお、本試験はポータブルロープウインチによる搬出に慣れるための講習会も兼ねて、実施しました。



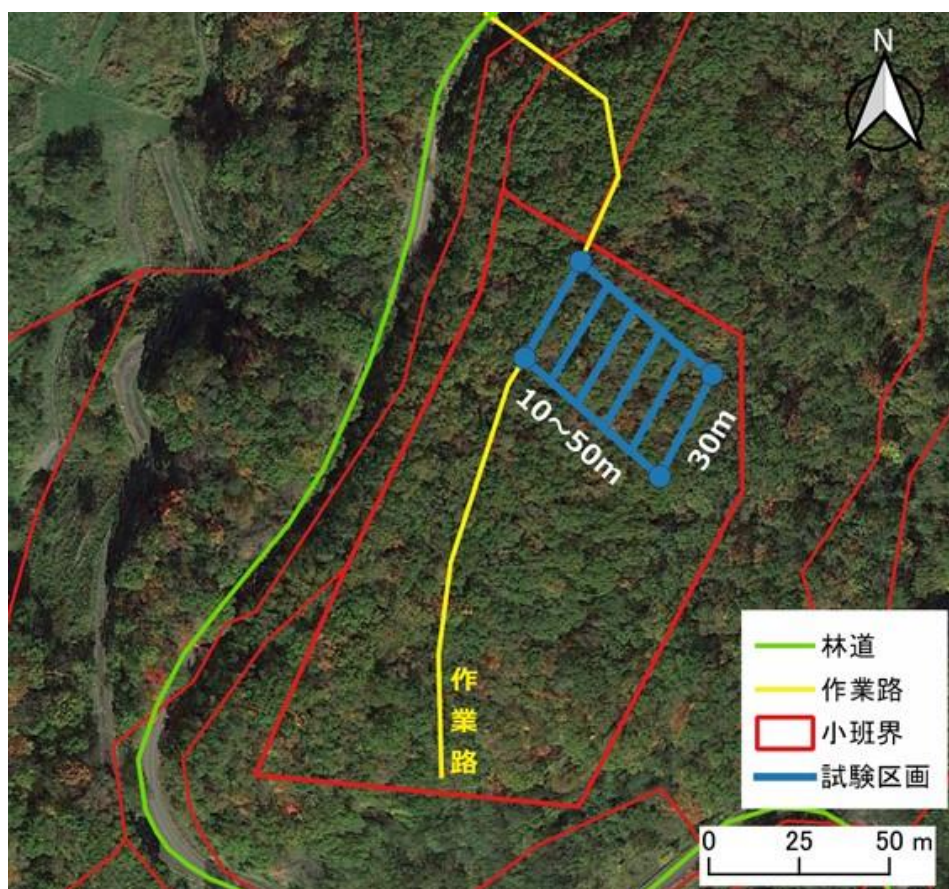


図 3-17 未利用材収集試験の試験区画の設置

### (3) 未利用材収集試験の結果

未利用材収集試験の搬出結果一覧は表 3-7 のとおりです。また、ポータブルロープウインチ作業状況は図 3-18、玉切り材の牽引状況は図 3-19、作業路の端の集積状況は図 3-20 のとおりです。

試験結果より、試験区画内の玉切り材を搬出するのに要した時間の合計は、2 時間 12 分 5 秒かかりました。ただし、玉切り材を搬出できるように玉掛けを行う作業や、作業路の端で搬出された材をはい積みする等の作業時間は含んでいません。

また、搬出を行った回数は計 14 回、搬出した材積の合計は 1.932m<sup>3</sup>でした。また、参考値になりますが、1 回あたりの牽引平均時間をみると、30m までは 3 分以内に搬出できましたが、50m になると 4 分以上かかることがわかりました。

表 3-7 未利用材収集試験の搬出結果一覧

区分	搬出に要した時間	搬出を行った回数	搬出した材積	(参考) 1回あたり牽引平均時間
10m 区画	18 分 54 秒	3 回	0.414 m <sup>3</sup>	未計測
20m 区画	37 分 16 秒	5 回	0.795 m <sup>3</sup>	2 分 21 秒
30m 区画	17 分 33 秒	2 回	0.107 m <sup>3</sup>	2 分 30 秒
40m 区画	—	—	—	—
50m 区画	58 分 22 秒	4 回	0.616 m <sup>3</sup>	4 分 18 秒
合計	2 時間 12 分 5 秒	14 回	1.932 m <sup>3</sup>	—

注 1：計 2 時間 12 分 5 秒のうち玉切り材を搬出できるようにワイヤー掛けを行う作業や、作業路の端で搬出された材をはい積みする等の作業時間は含んでいません。

注 2：40m 区画には、対象となる集積された材がなかったため、計測していません。

注 3：材積は、末口二乗法によって算出しました。

注 4：参考値になりますが、1 回あたりの牽引平均時間をみると、30m までは 3 分以内で搬出できましたが、50m になると 4 分以上かかることがわかりました。



図 3-18 ポータブルロープウインチ作業状況





図 3-19 玉切り材の牽引状況



図 3-20 作業路の端の集積状況

以上を踏まえて、ポータブルロープウインチによる搬出の生産性を算出します。下記の3つのとおりです。

① ポータブルロープウインチによる搬出の生産性

本試験の生産性は、作業実施者6名の4時間の作業だったため  $0.322\text{m}^3$  でした。この結果を活用して実際の生産性を求めます。

1日の作業時間を8時間とした場合、作業者6名で4時間の作業だったため、3人日とします。一方で、ポータブルロープウインチで搬出した材積の合計は  $1.932\text{m}^3$  でした。このことから、ポータブルロープウインチによる搬出の生産性は  $0.644\text{m}^3/\text{人日}$  ( $\div 1.932\text{m}^3 \div 3\text{人日}$ ) といえます。

なお、本試験はポータブルロープウインチによる搬出の講習会を兼ねていたため、6名体制での作業となりました。実際の作業体制を想定した場合には、3名体制で十分だと考えられます。そのため、仮に  $3\text{名体制で実施した場合の生産性を求めると } 1.288\text{m}^3/\text{人日}$  と推計できます。

② 1haあたりの未利用材の賦存量

試験地の未利用材の賦存量を求めます。

試験区画は  $30\text{m} \times 50\text{m}$  で面積は  $0.15\text{ha}$  でした。この面積から  $1.932\text{m}^3$  の玉切り材が搬出できたことから、1haあたりに換算すると、 $12.88\text{m}^3/\text{ha}$  ( $\div 1.932\text{m}^3 \div 0.15\text{ha}$ ) と推計でき、本試験地には  $12.88\text{m}^3/\text{ha}$  の未利用材が賦存しているといえます。

③ 距離別集材時間（単位材積あたりに換算）

距離別集材時間を求めます。

単位材積あたりに換算した集材時間は、20m以内は約46分、30mで約160分、50mで約94分となり、30m以上になると20m以内の2～3倍の時間を要することがわかりました（図 3-21）。

なお、30mで約160分かかったのは、集材量が少なかったものの、ロープのコース取り等で時間を要したことが原因と考えられます。

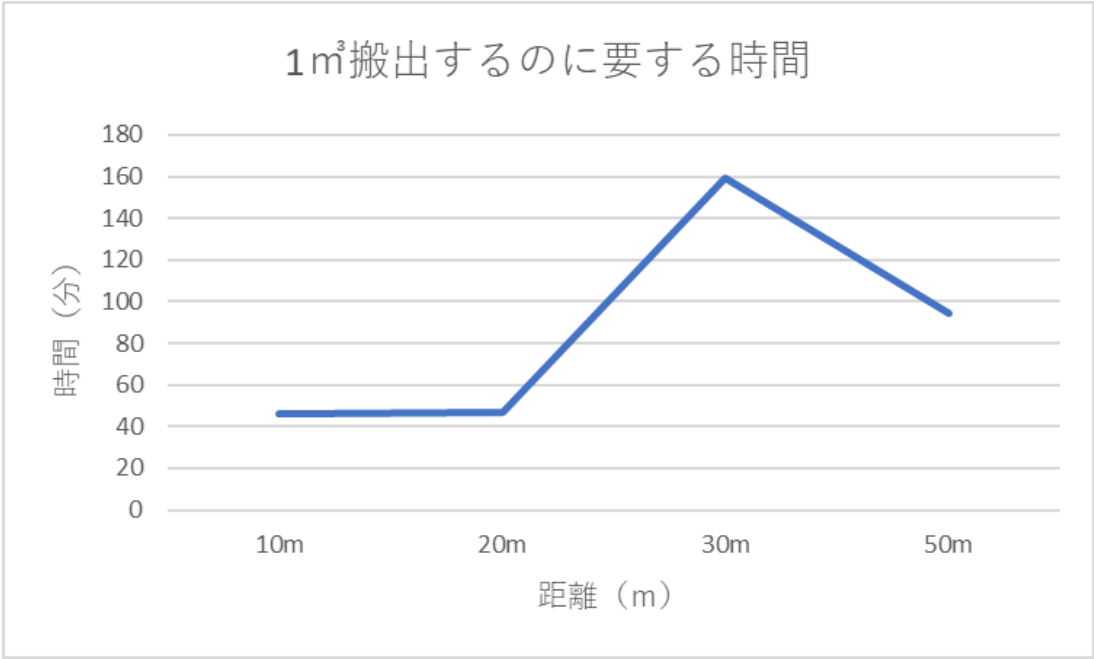


図 3-21 距離別集材時間（単位材積あたり換算）

【参考：中間土場への搬出】

本試験では、林内から作業路の端に集材する搬出までを試験対象としていました。次の工程としては、作業路から中間土場まで運搬する必要があります。そこで、参考になりますが、作業路にはい積みした玉切り材を中間土場まで搬出するための経路と所用時間について調査を行いました。

また、中間土場は池田町にある「池田町炭やき伝承広場」を想定しており、本広場はエネルギー利用施設として想定している「木材乾燥室」の設置予定場所にもなります。

なお、調査方法は、GPS で位置座標を計測しながら、車道を走行した結果であり、図 3-22 のようになりました。

調査の結果は、搬出場所から中間土場までは、約 10 kmで所用時間は約 20 分でした。





図 3-22 作業路から中間土場までの搬出経路

#### （４）未利用材収集試験を実施して得られた知見

本試験を実施して得られた知見を下記に示します。今後、ポータブルロープウインチによる搬出を行う際には、下記に留意しながら、搬出作業を行います。

##### 【未利用材収集試験を実施して得られた知見】

- ポータブルロープウインチを使用することで、人力で集材するのに比較して、労働強度がはるかに軽減できました。
- 集材を行う体制は、2～3 名で十分実施が可能であることがわかりました。
- 途中で引っ掛からない集材のコース取りが重要であることがわかりました。
- 荷掛け用ロープが 2 本あれば、牽引中に荷掛け準備が行え、作業効率化が図れることがわかりました。
- 距離が延びると声が届きにくくなることがわかりました（エンジン音で声がかき消されてしまう）。このため、スタートおよびストップはホイッスル等で合図するといった対応策を考えました。

### 3.3.3 未利用材の販売目標価格の推計

ポータブルロープウインチを活用した未利用材収集試験等の結果を用いて、未利用材の販売目標価格を推計します。これまでの結果を活用し、未利用材 1m<sup>3</sup>を「①集材、②積込、③運材から荷降（中間土場まで）」する作業に必要な人工数とその費用を一覧にしたものが表 3-8 になります。

表 3-8 より、「①集材→②積込→③運材・荷降」までの作業で必要人工数は、0.63 人日/m<sup>3</sup>から 1.99 人日/m<sup>3</sup>となり、これに関わる費用（人件費のみ）は、A.着価格（公共工事設計労務単価）では 10,899 円/m<sup>3</sup>から 34,427 円/m<sup>3</sup>となり、B.着価格（小規模間伐事業の報酬費）では 5,040 円/m<sup>3</sup>から 15,920 円/m<sup>3</sup>となりました。

集材を除く工程で積込のみに着目すると、必要人工数は 0.43 人日/m<sup>3</sup>で、費用は A.着価格は 7,439 円/m<sup>3</sup>、B.着価格は 3,440 円/m<sup>3</sup>と推計されました。

表 3-8 未利用材の販売目標価格の推定（未利用材着価格の想定）

	初心者 6 名	初心者 3 名	習熟者 1 名	積込のみ
① 集材	1.56 人日/m <sup>3</sup>	1.56 人日/m <sup>3</sup>	0.36 人日/m <sup>3</sup>	0 人日/m <sup>3</sup>
② 積込	0.16 人日/m <sup>3</sup> (推定)	0.16 人日/m <sup>3</sup> (推定)		0.16 人日/m <sup>3</sup> (推定)
③ 運材・荷卸	0.27 人日/m <sup>3</sup>	0.27 人日/m <sup>3</sup>	0.27 人日/m <sup>3</sup>	0.27 人日/m <sup>3</sup>
必要人工数	1.99 人日/m <sup>3</sup>	1.21 人日/m <sup>3</sup>	0.63 人日/m <sup>3</sup>	0.43 人日/m <sup>3</sup>
A.着価格	34,427 円/m <sup>3</sup>	20,933 円/m <sup>3</sup>	10,899 円/m <sup>3</sup>	7,439 円/m <sup>3</sup>
B.着価格	15,920 円/m <sup>3</sup>	9,680 円/m <sup>3</sup>	5,040 円/m <sup>3</sup>	3,440 円/m <sup>3</sup>

注 1：①集材は、本事業の未利用材収集試験の結果より推定しました。

注 2：②積込および③運材・荷降は、池田町の町有林において実施している小規模間伐事業の結果を流用しました。

注 3：習熟者 1 名の①と②の人工数は、別日に作業に慣れた者が集材作業をした結果、生産性は積込作業を含めて 2.78m<sup>3</sup>/人日であり、その結果を用いて「0.36 人日/m<sup>3</sup>」を算出しました。

注 4：必要人工数は、①＋②＋③の結果になります。

注 5：A.着価格は、公共工事設計労務単価（普通作業員単価）「17,300 円/人日」を使用しました。

注 6：B.着価格は、時給 1,000 円×8 時間「8,000 円/人日」を使用しました。これは小規模間伐事業の報酬費となります。

以上のことから、林内に散在する未利用材を収集した場合、B.着価格の人件費のみでも5,000 円/m<sup>3</sup>を超えており、また、積込のみをみても3,440 円/m<sup>3</sup>以上かかることがわかりました。

このため、今後の検討として、製材用原木や製炭用の販売価格の高い原木を搬出し、運搬する際に、未利用材も一体的に「①集材→②積込→③運材・荷降」まで行う必要性があると考えられます。

具体的には、人工林の場合は全木集材で枝条等も土場まで運搬する形式とし、これを標準的なシステムとなるよう目指します。天然林の場合は先述していますが、ポータブルロープウインチを活用するため短幹集材となりますが、製材用原木や製炭用の販売価格の高い原木を搬出し、運搬する際に、未利用材も一体的に「①集材→②積込→③運材・荷降」まで行う形式とし、これを標準的なシステムとなるよう目指します。

そのほか、例えば、未利用材を一定期間、山土場で乾燥させ、その後、小型チップパーを林内に持ち込み、山土場でチップ化するような作業システムについても検討していき、作業効率化を図るとともに、各費用の低減化について検討していきます。



## 3.4 燃料製造に関する取組

### 3.4.1 既存の町有チップパーによるチップ製造試験

#### (1) チップ製造試験の背景・目的

令和元（2019）年度の調査では小型チップパーを新規に導入してチップ製造を行う検討をしましたが、池田町には平成 17（2005）年度に導入され、現在は未使用のチップパー（図 3-23）があります。同チップパーでチップ製造が可能であれば初期費用を削減できることから、動作確認および製造したチップ性状の把握、町内関係者の製造体験を目的としてチップ製造試験を行いました。



図 3-23 池田町所有のチップパー（パワーチップパーFPC220S）

#### 【チップ製造試験の概要】

- 試験場所：池田町旧肥育センター
- 原 材 料：広葉樹天然林（40 年生）の間伐木のうち末木部分  
（直径 8～14cm、材長約 2m。図 3-24）
- チップパー：池田町所有のチップパー（パワーチップパーFPC220S）
- 参 加 者：5 名（池田町役場職員、自伐型林業事業参加者など）



図 3-24 チップ製造試験に使用した間伐材

## (2) チップ製造量の計測

既存チップパーの仕様書（図 3-25）にはチップ製造量の記載がなかったため、本試験で製造可能量を調査しました。チップ製造量はチップパーの排出口からチップを直接フレコンバックに投入し、満載になるまでの時間とフレコンバックの容量から推計しました（図 3-26）。

試験の結果、1 時間程度でフレコンバック（容量 1m<sup>3</sup>）が満杯になり、原材料の材積からチップ層積への体積換算係数を 2.7、原材料の密度を 0.62 t/m<sup>3</sup>（水分 35%）とすると、チップ製造量は 0.23 t/h（ $\div 0.62 \text{ t/m}^3 \div 2.7$ ）と推計できます。原材料の間伐材には様々な広葉樹があり、特定の木材密度の使用ができないため、令和元（2019）年度の調査と同様にカラマツの密度を採用しました。また、水分は燃焼試験結果より 35%としました。

全長×全幅×全高		2100 × 1200 × 1850 mm
質 量		960 kg
破 砕 装 置	処 理 径	定格125 mm（最大150 mm）
	破 砕 刃	チップパー刃：2      シュレッダ刃：12
	ホッパー口径	650 × 550 mm
	送 り 速 度	0 ～ 35 m/min（可変式）
排 出 装 置	方 式	空気搬送式
	ダクト出口高さ	1850 mm
	ダクト回転範囲	360度（全方向）
	排 出 角 度	可変式
走 行 装 置	走 行 形 式	芯金なしゴムクローラ
	クローラ	幅      205 mm
		リンク数      72
		ヒッチ      42 mm
	接 地 長	905 mm
	変 速 段 階	前進：2      後進：1
	最 高 速 度	1.3 km/h
エ ン ジ ン	定 格 出 力	14.8 kW / 2400 rpm
	始 動 方 式	セルモータ
	バ ッ テ リ	105D31L
	そ の 他 仕 様	エンジンの仕様詳細はエンジンの取扱説明書を参照

図 3-25 既存チップパー（パワーチップパーFPC220S）の仕様書





図 3-26 チップ製造量の計測の様子

### (3) 既存チッパーの処理径の確認

#### ① 試験結果の概要

既存チッパーは定格処理径 12.5cm、最大処理径 15cm とされていますが、導入から長期間未使用でメンテナンスもされていなかったことから、処理径の確認を行いました。

本試験では、広葉樹天然林（40 年生）の間伐木のうち末木部分（直径 8～14cm、材長約 2m）を使用しており、いずれも最大処理径以下の木材でしたが、試験の際にはチッパーが停止することがあり、仕様通りの能力を発揮できていない状態でした。



図 3-27 チップ化できなかった間伐材

## ② 結果の考察と改善案

これらの原因としては「チップパーの経年劣化による能力低下」「チップパーの設計を上回る硬度の原材料投入」などが考えられます。

既存チップパーは平成 17（2005）年度に導入したものであり、長期間未使用の状態メンテナンスもされていなかったため、設計上の能力を発揮できていなかった可能性があります。本試験の前に販売メーカーに簡易メンテナンスをしてもらいましたが、チップパーを稼働させるための最低限のものであり、能力低下の改善を目的とする場合には、より精密な点検と修理が必要だと考えられます。

また、広葉樹の中でも樹種や水分で硬さが異なり、想定以上の硬度の原材料が投入された場合にもチップパーは停止する可能性があります。安定稼働のためには「水分の多い原材料」や「軟らかい樹種」を選別して使用するなどの工夫が必要です。

## （４）製造したチップの性状

### ① 試験結果の概要

チップパーの木材送り速度は 0～35m/min（可変式）であり、販売メーカーによる簡易メンテナンス時の動作確認には 35m/min（以下、最速）で図 3-28 のようなチップが製造されたことから、本試験も同様の送り速度で行いました。

その結果、非常に細かく、繊維状のものも多く含まれるチップが製造されました（図 3-29）。

### ② 結果の考察と改善案

簡易メンテナンス時の動作確認と本試験で同じ木材送り速度だったにも関わらず、チップ品質に差が生じた原因としては「原材料の違い」や「チップパーの不具合」が考えられます。

動作確認時・本試験ともに広葉樹を使用しましたが、前者の方が軟らかい樹種を使用していたため、チップパーナイフが木材と接触した際に大きな木片となりやすく、図 3-28 のようなチップが製造されたと推測されます。木材は樹種や水分によって硬度が異なるため、それらに応じた最適な木材送り速度を検討する必要があります。

また、動作確認後はメンテナンスを行っていないため、チップパーナイフの消耗やその他の部分の不具合も否定できません。そのため、再度メンテナンスを行い、チップパー側に異常がないか確かめる必要があります。



図 3-28 動作確認時に製造されたチップ（木材送り速度：最速）



図 3-29 本試験で製造したチップ（木材送り速度：最速）



## (5) 製造したチップによる供給試験と燃焼試験

チップ製造試験により製造したチップを使用して、木質バイオマスボイラーにおいて供給試験と燃焼試験を行いました。機種は、アイフォレスト株式会社が取り扱うオーストリアのフローリン（Froling）社製の T4 という型式で、30kW の温水ボイラーを使用しました。

供給試験と燃焼試験の結果は以下のとおりです。

- チップの形状が繊維状で粉が多いものの供給および燃焼に問題は発生しませんでした。
- チップの形状が約 20cm と長い物が混ざっていましたが、供給および燃焼は可能でした。

チップの形状において粉が多いと短い時間で燃焼してしまうため、ボイラーの炉内の温度変化が急な形で変動します。これはボイラーを構成する材料が熱による伸び縮みをするため、長期的には寿命に影響を及ぼします。つまり、ボイラーの大規模メンテナンスの周期が短くなる可能性があります。

また、チップの水分は 35～38%でした。

- ボイラーメーカーが求める水分の仕様は 35%以下であり、試験をしたチップはこれより水分が高いものでしたが、燃焼することができました。
- チップサイロ内の結露による凍結が懸念されます。

これの対策は、乾燥した材料をチップ化するか、チップサイロに機械換気を設置することで、結露による凍結を防ぐことができます。



出典：ボイラーメーカー提供、事務局員が撮影

図 3-30 形状の大きいチップ（左）と試験に使用したボイラー（右）

## （6）チップ製造コストの試算

### ① コスト試算と比較

表 3-9 は令和元（2019）年度の調査時のコスト試算結果です。

調査当時は原材料を水分 30%のカラマツを使用する想定で、買取価格を 3,000 円/m<sup>3</sup>（5,263 円/t）としていました。

メーカーヒアリングから製造量を 2 t/h、ナイフ研磨は 20 時間に 1 回行い、1 回あたり 3,000 円のため、150 円/h としています。同様にナイフの交換は 200 時間に 1 回行い、1 回あたり 30,000 円のため 150 円/h としています。燃料消費量は想定値で 5L/h、1 人作業を想定していたため人件費は 1,000 円/h としています。

チップパーはオカダアイヨン社製の LB-205C（図 3-31）を新規に導入する想定で、当時の定価が 3,580,000 円、「木材又は木製品（家具を除く。）製造用設備」に該当するため耐用年数が 8 年、稼働時間は年間 50 日（1 日あたりの稼働時間 1 時間）とすると、償却費が 8,950 円/日となります。

以上より、チップ製造コストは 10,638 円/t となります。

表 3-9 令和元（2019）年度調査時のコスト試算

項目	数値	単位	備考
前提条件			
原材料購入費	3,000	円/m <sup>3</sup> (水分 30%)	追上材(カラマツ)など
	5,263	円/ t (水分 30%)	カラマツの密度 0.57 t /m <sup>3</sup> と想定
製造量	2.0	t / h	ヒアリングによる実績値
変動費			
原材料購入費	10,526	円/h	5,263 円/ t ×2.0 t /h
ナイフ研磨	150		メーカーヒアリング
ナイフ交換	150		メーカーヒアリング
燃料消費量	500		想定値
人件費	1,000		
変動費	12,326		
	6,163	円/ t	
固定費			
チップー償却費	8,950	円/日	
製造量	2.0	t /日	
固定費	4,475	円/ t	8,950 円/日÷2.0 t /h
チップ製造コスト			
変動費+固定費	10,638	円/ t	

注：端数処理により値が一致しない場合があります。



出典：オカダアイオン HP

図 3-31 オカダアイオン社製の LB-205C

一方、チップ製造試験結果をもとに既存チップパー（パワーチップパーFPC220S）でチップ製造を行う場合のコスト試算結果が表 3-10 です。

原材料購入費を 3,000 円/m<sup>3</sup>（4,839 円/t）とし、原材料は広葉樹でしたが複数の樹種を使用していたので水分 35%時のカラマツの密度を使用し、重量に換算しています。なお、水分は燃焼試験結果から 35%としました。原木状態での密度が 0.62 t/m<sup>3</sup>なので、チップに換算すると 0.23 t/m<sup>3</sup>（ $\approx 0.62 \text{ t/m}^3 \div 2.7$ ）となります。チップ製造試験では、おおよそ 1 時間でフレコンバック（容量 1 m<sup>3</sup>）が満杯になったため、製造量は 0.23 t/h と推計されます。

メーカーヒアリングより、チップパーナイフの交換は 1 年間に 1 回（稼働時間 100 時間程度で交換と想定）行い、ナイフ本体が 53,000 円、交換費用が 8,000 円なので、610 円/h（ $= (53,000 + 8,000) \div 100$ ）としています。その他のメンテナンスは特段の問題が無ければ 30,000 円のため 300 円/h、燃料消費量を 2.4L/h としています。なお、今回の試験では 5 人で行ったため人件費を 5,000 円/h とし、稼働は年間 50 日（1 日あたりの稼働時間 1 時間）と想定し、既存設備のため償却費は計上していません。

以上より、チップ製造コストは 31,621 円/t となり、LB-205C（10,638 円/t）よりも 3 倍近いコストになる結果となりました。

表 3-10 チップ製造試験結果を反映させたコスト試算

項目	数値	単位	備考
前提条件			
原材料購入費	3,000	円/m <sup>3</sup> (水分 35%)	広葉樹
	4,839	円/ t (水分 35%)	カラマツの密度 0.62 t /m <sup>3</sup> と想定
製造量	0.23	t /h	チップ製造試験の実績値
変動費			
原材料購入費	1,111	円/h	試験の実績値
チップナーナイフ 交換	610		メーカーヒアリング
その他 メンテナンス	300		メーカーヒアリング
燃料消費量	240		メーカーヒアリング
人件費	5,000		チップ製造試験の実績値
変動費	7,261		
	31,621	円/ t	
固定費			
チップナー償却費	0	円/日	既存チップナーのため考慮しない
製造量	0.23	t /日	
固定費	0	円/ t	
チップ製造コスト			
変動費+ 固定費	31,621	円/ t	

注：端数処理により値が一致しない場合があります。

## ② 考察と改善案

既存チップナーでのチップ製造コストが高額になった原因として下記が考えられます。

- 既存チップナーは 15 年前に導入されたもので経年劣化が進んでいることもあり、チップ製造能力が低下していると考えられます
- 試験は 5 人で行っていたため、人件費が高くなったと考えられます



既存チッパーはLB-205Cよりも最大処理径が小さく（表 3-11）、導入から16年が経過していることから、経年劣化により仕様よりも処理径が小さくなっていると考えられます。チップ製造試験で使用した間伐材（直径8～14cm程度）でもチッパーが停止したことから、既存チッパーでチップ製造を行う場合は10cm以下の小径木や軟らかい樹種、高水分の原材料を選定する必要があります。なお、時間あたりのチップ製造量は既存チッパーが0.23 t/hなのに対し、LB-205Cが2.0 t/hなので1割程度の能力ということになりますが、元々のエンジン出力の差に加え、経年劣化による処理径の低下があるため、この点については改善が難しいと考えられます。

また、今回は関係者の体験会も兼ねていたため5人で試験を行いました。そのため、人件費が高くなっています。実際のチップ製造時には2人程度で行うなど作業人数を低減することで、人件費を下げるすることができます。

表 3-11 チッパー比較

区分	パワーチッパー	LB-S205C
	FPC220S	
機体サイズ (全長×全幅×全高、mm)	2,100×1,200×1,850	2,650×1,930×1,100
重量 (kg)	960	1,330
最大処理径 (mm)	150 (定格処理径：125)	軟木：200 硬木：170
ナイフの枚数 (枚)	2	2
エンジン出力 (kW)	14.8	18.4

以上を踏まえて、再度コスト試算を行った結果を表 3-12 に示します。

チップ製造には小径木のみを使用するため、購入するのではなく町有林などから未利用材を調達するものとし、原材料購入費を0円/m<sup>3</sup>とします。広葉樹はカラマツよりも木材密度が高いため0.7 t/m<sup>3</sup>とし、製造量は0.26 t/h (≒0.7 t/m<sup>3</sup>÷2.7) と仮定します。

チッパーナイフの交換・その他メンテナンス・燃料消費量はメーカーヒアリングの値を採用し、2人で作業を行うものとして人件費は2,000円/hとしています。稼働時間は年間50日、1日あたり1時間と想定しています。既存設備のため償却費は計上していません。

以上の条件ではチップ製造コストは 12,150 円/ t で、LB-205C を新規導入する場合と同程度のコストになるという結果が得られました。

表 3-12 試算結果から条件を変更したコスト試算

項目	数値	単位	備考
前提条件			
原材料購入費	0	円/m <sup>3</sup> (水分 35%)	カラマツ・広葉樹など
	0	円/ t (水分 35%)	
製造量	0.26	t /h	木材密度を 0.7 t /m <sup>3</sup> と仮定
変動費			
原材料購入費	0	円/h	
チップパーナイフ 交換	610		メーカーヒアリング
その他 メンテナンス	300		メーカーヒアリング
燃料消費量	240		メーカーヒアリング
人件費	2,000		
変動費	3,150		
	12,150	円/ t	
固定費			
チップパー償却費	0	円/日	既存チップパーのため考慮しない
製造量	0.26	t /日	
固定費	0	円/ t	
チップ製造コスト			
変動費+固定費	12,150	円/ t	

注：端数処理により値が一致しない場合があります。

## (7) 既存チップーの活用に向けて

既存チップーを使つてのチップ製造にあたり、課題を整理します。

- ① チップ製造を目的とした点検と修理・部品交換
- ② 原材料となる間伐材の選別
- ③ 木材送り速度の最適化
- ④ チップ販路の確保

### ① チップ製造を目的とした点検と修理・部品交換

既存チップーは簡易メンテナンスしか行っていないため、チップ製造を目的とした点検や修理が必要になります。試験にあたりバッテリー交換やグリースアップなどは行いましたが、本試験で製造されたチップ性状をみると、チップーナイフやシュレッターナイフの点検・交換も必要だと考えられます。適切な品質のチップ製造には適切なナイフの状態が不可欠なため、それらの点検・交換後にチップ製造試験を再度実施することが望ましいといえます。

### ② 原材料となる間伐材の選別

チップ製造コストを低減するには、時間あたりのチップ製造量の向上や安定稼働が求められます。そのため、既存チップーにおける直径・水分・樹種など既存チップーで使用可能な原材料の条件を明らかにしなければなりません。木材の硬さは樹種ごとに異なり、さらに同じ樹種でも水分によっても変わってくるため、試験を繰り返し行い、安定的なチップ製造が可能な条件を検討する必要があります。

### ③ 木材送り速度の最適化

既存チップーはナイフの回転速度は一定ですが、木材送り速度は変えることができます。そのため、適切なチップ品質となるような送り速度を検討する必要があります。本試験では木材送り速度が最速のときに非常に細かく、繊維状のものが多く含まれるチップとなり、製造効率の低下や燃料用チップとして利用した時のトラブルなどの可能性もあります。チップの用途に応じた最適なチップ性状となる木材送り速度を見極める必要があります。

④ チップ販路の確保

池田町では木質バイオマスボイラーが導入されておらず、チップ販路は未定です。熱利用には 35～50mm 角程度のチップを推奨するボイラーメーカーが多いですが、畜産敷料には細かくふわりとしたチップが好まれます。そのため、本試験で製造されたチップは燃料よりも畜産敷料に適していると考えられます。今後は町内でのエネルギー利用の検討を進めるとともに、それ以外の用途も幅広く模索することで販路の確保が期待できます。

## 3.5 木質バイオマスエネルギー利用に関する取組

### 3.5.1 新たな木質バイオマスエネルギーの導入検討

令和元（2019）年度の池田町「地域内エコシステム」構築事業において、町内で災害が起こった場合に安心・安全に避難生活ができる体制構築に向けて、市街地に近い清見地区を対象に、熱需要施設や指定避難所と想定して「温浴施設」、「教育機関」、「南4線（ロードヒーティング）」の3つのF/S調査を実施しました。

今年度は、昨年度に検討した「温浴施設」とは合意形成を図っているため、今年度は新たに想定している熱需要先への木質バイオマスボイラーの導入検討を行います。

現在、検討している導入先は小規模な「木材乾燥室」です。これは、町有林で実施している広葉樹天然林の皆伐で搬出した原木をチェーンソーで簡易製材していますが、木材需要者より「乾燥した板材がほしい」という要望が多数でています。この要望に応え、また製材品の販売単価の向上や製材している広葉樹材の高付加価値化を目指したいと考え、小規模な「木材乾燥室」の導入の検討を行いました。



図 3-32 簡易製材した広葉樹の保管状況（左）と簡易製材したシラカンバ（右）



## (1) 木材乾燥室の試算するための条件整理

木材乾燥室は、簡易製材した製材品の販売単価の向上および広葉樹材の高付加価値化を目指すため導入の検討を行います。検討するための設置場所等の条件を3つ挙げます。

- ① 低コストでの導入を目指します。
- ② 燃料の自動供給のある機材は高価なため、手動供給をしますが、あまり手がかからないようにします。
- ③ 乾燥する簡易製材された木材は、厚さ 20～50mm の板が 100 枚程度とします。

### ① 低コストでの導入を目指します。

例えば 100 万円を切る形で、可能な限り安価に木材乾燥室を構築することを検討します。そのためには次の制限事項が挙げられます。

- シンプルな機械構成で安価にします。
- 自動供給は高価なため採用するには難しくなります。
- 乾燥とは空気に水分を乗せて取り除く操作になるため、温風と換気が必要です。
- 自動制御機能がついている温水ボイラーは、予算的にも乾燥方法でも不向きです。
- 製作物があると高価になるため、できるだけ市販品を流用します。

### ② 燃料の自動供給のある機材は高価なため、手動供給をしますが、あまり手がかからないようにします。

例えば、燃料の手動による供給作業は朝と夕方の2回程度とします。そのためには次の制限事項が挙げられます。

- 燃料は、体積あたりの表面積が大きいと、すぐに燃え尽きます。
- 池田町では、新たに製造予定のチップの需要先の増加を目指すために、木材乾燥室の検討をしていましたが、条件整理の結果、燃料はチップではなく、薪にします。

### ③ 乾燥する簡易製材された木材は、厚さ 20～50mm の板が 100 枚程度とします。

この数量を、当面想定される規模として設定します。乾燥室の具体的な大きさと配置方法を設定しますと以下のとおりです。

- 長さは 1,800mm、幅 300～500mm 程度とします。
- 隙間を空けて配置します。

## (2) 木材乾燥室の試算するための方向性

(1) で示した条件を基に、いくつかの乾燥室構築の方向性について検討します。検討する方向性を3つ挙げます。

- ① 乾燥室の構造の検討
- ② 乾燥室の大きさの検討
- ③ 乾燥熱源の検討

### ① 乾燥室の構造の検討

太陽熱を使うと乾燥に使用するエネルギー量を減らすことができます。そのためには、農業用ハウスが太陽熱を受け止めるために適します。しかし、床面が土のままであると土中の水分が室内に充満して、乾燥室内部の空気の湿度を上げてしまうため乾燥には不向きです。そのために床面を舗装するとなると、凍上防止のために凍結深度まで掘削する必要があるため費用がかかります。また、北海道の冬期の農業用ハウスは2~4重にしないと室温を高く保つことができません。そのため、農業用ハウス以外の安価な建物が望ましいです。ここでは、プレハブが候補として上がります。

### ② 乾燥室の大きさの検討

厚さ20~50mm、幅300~500mm程度の製材100枚というのが前提条件になります。乾燥用の空気を流すために板と板の隙間を50mm程度確保することを考慮すると、製材1枚あたりに100mm程度の空間が必要になります。この空間が100枚分だと、 $100\text{mm} \times 100\text{枚} = 10\text{m}$ の長さが必要になります。例えば、板の列を3列にすると、1列は $10\text{m} \div 3 = 3.3\text{m}$ になります。幅500mmの板の列が3列であれば、乾燥室の幅は1,500mm以上が必要になります。列と列の間に、乾燥用の空気のための隙間を少し開けると、乾燥室の幅は1,800mm程度が必要になります。

また、 $10\text{m}^2$ 以上の建物は建築確認申請が必要になります。乾燥室を部屋と判断するか、乾燥装置としての機械装置と判断するかについては、この地域を担当する建築主事の考え方によるため確認が必要になります。建築物と判断された場合は申請書の作成や手続きに費用がかかるため、可能であれば $10\text{m}^2$ 未満の面積で計画をします。

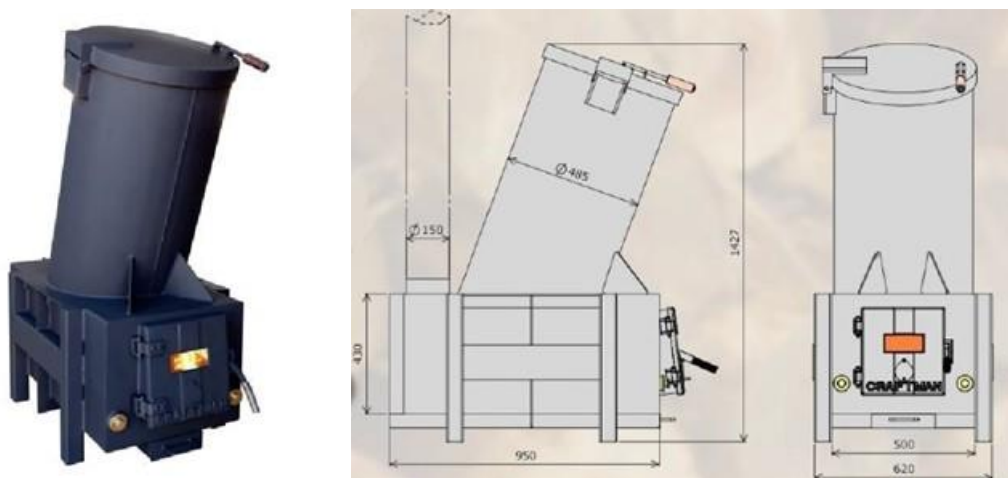
### ③ 乾燥熱源の検討

時間あたりの燃焼時間は、体積あたりの表面積が小さい方が長くなります。長時間の燃焼には太くて長い薪ならば火持ちが良いです。通常の薪ストーブは、長さ600mm程度の

薪を対象としており、容量も少ないため、条件にある朝と夕方の投入だけでは燃焼が続かないです。そのため、大きな薪ストーブがあると理想的です。

### (3) 木材乾燥室の熱源の選定

太くて長い薪が入るストーブは、石村工業製の商品名「ゴロン太」があります。これは 1.2m の薪が入り、針葉樹の場合で 8 時間、広葉樹で 12 時間連続して燃焼します。



出典：石村工業 WEB サイト

図 3-33 石村工業製の薪ストーブ「ゴロン太」

### (4) 木材乾燥室の配置の検討

板と薪ストーブを配置すると、概ね 1.8m×4.5m のスペースが最低限必要になります。

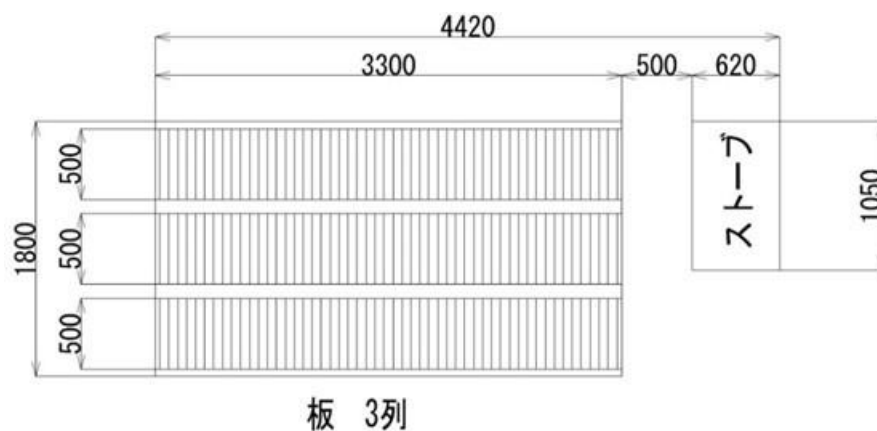


図 3-34 最小に配置した平面図

## (5) 木材乾燥室の操業と導入費用

木材乾燥室内部の具体的な構成や配置について、次のような運用方法を提案します。  
ラックなどを新規製作、購入せずに安価に木材を並べる方法として次のようにします。

- 板は壁に立てかけます。
- 乾燥のために木片を挟んで隙間を作ります。
- 建屋に造作して、梁を 1m くらいごとに付けます。

乾燥のための空気について、次のような運用をします。

- 水分は空気に含まれて移動するため、室内の空気の排気のための換気扇と、新たな空気の導入用のガラリを取り付けます。
- ガラリは薪ストーブの近くに設けることで、ガラリから入った空気は薪ストーブの近くを通ることで暖められます。
- 暖かい空気が木材を乾燥させるため、空気を行き渡らせる目的で首を振る扇風機を天井に設置して、室内空気を攪拌します。

安全や効果的な乾燥のためには次のようなことが考えられます。

- 薪ストーブは輻射熱による壁の過熱を防ぐため金属の遮熱板を設置します。
- 床下には隙間があるため、土の湿気の影響を受けづらいです。

以上のことから、図 3-35 のように木材乾燥室の構成と配置を想定しました。

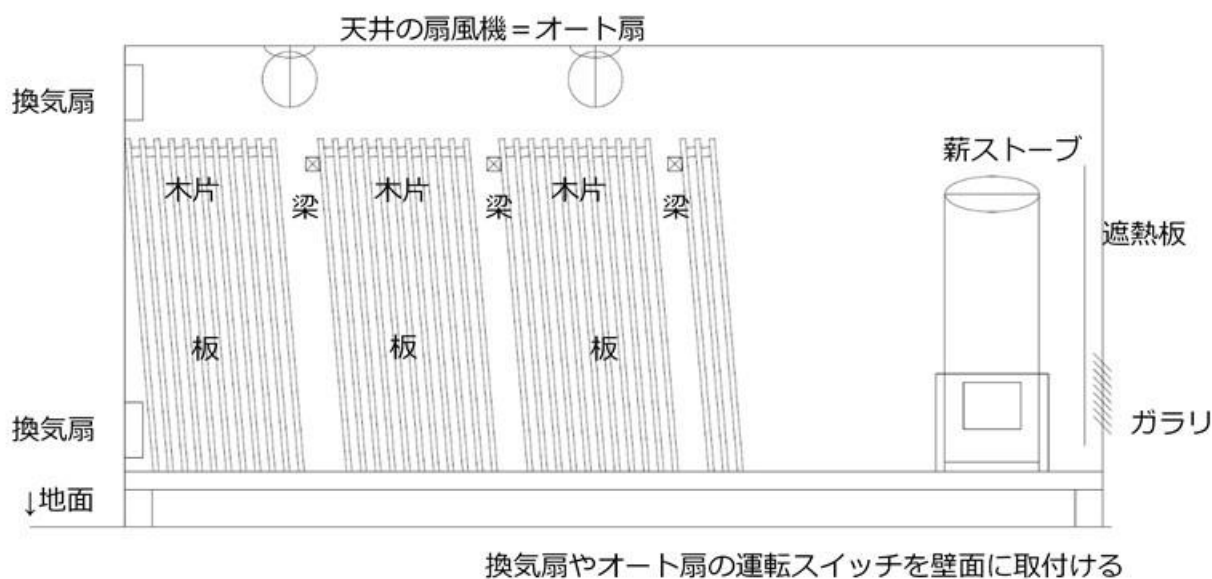


図 3-35 木材乾燥室の構成と配置



出典：パナソニック WEB カタログ

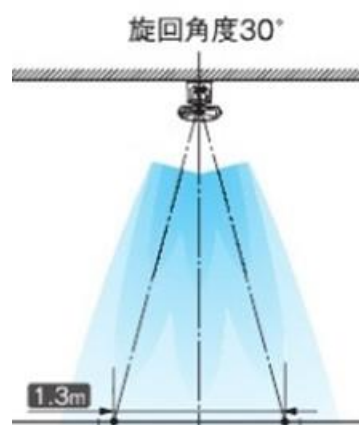


図 3-36 オート扇

図 3-35 より、この構成において発生する乾燥のムラへの対応は、板の配置方法や位置の入れ替えなど運用の仕方において工夫を行うことで解決できるものとしします。

プレハブの中古品は比較的安価ですが、それでも 100 万円を超えるものとなり、全体の予算に大きく影響します。ここで「池田町炭やき伝承広場」にある既存のプレハブが 3m×5.5m の寸法であるため、今回の木材乾燥室の面積に足りる大きさであることから、この既存のプレハブを利用することが最も経済的であると考えられます。熱源とする薪ストーブといくつかの機材を新規に導入するだけで木材乾燥室を構築することが可能です。





図 3-37 木材乾燥室の設置予定場所「池田町炭やき伝承広場」



図 3-38 池田町炭やき伝承広場内の既存プレハブ（休憩小屋）

以上のことより、木材乾燥室を設置した場合の概算工事費は、685,600 円（税抜）となりました（表 3-13）。

表 3-13 木材乾燥室構築の概算工事費

No.	項目	仕様	単価	数量	金額（税抜）
1	薪ストーブ	煙突込み	360,000 円	1 台	360,000 円
2	同上 工事費	床補強含む	150,000 円	1 式	150,000 円
3	換気扇	117 m <sup>3</sup> /h	18,000 円	2 台	36,000 円
4	オート扇	Φ300 mm	29,800 円	2 台	59,600 円
5	電気工事費		25,000 円	1 式	25,000 円
6	ガラリ、梁	ガラリ口 250	30,000 円	1 式	30,000 円
7	同上 工事費		25,000 円	1 式	25,000 円
合計					685,600 円

また、既存のプレハブには、小型の薪ストーブが既に設置してあります。この既存の薪ストーブは小さいため薪の投入回数は増えることと、暖房能力が少ないため換気量を落とすため乾燥期間は延びますが、大型の薪ストーブを新規導入せずとも、ある程度は乾燥室の機能を持つことはできます。

## 4. 総括

### (1) 取り組み内容のまとめ

池田町における令和 2（2020）年度の取り組み内容について、①燃料供給に関する取組、②燃料製造に関する取組、③木質バイオマスエネルギー利用に関する取組について、下記のように整理できました。

#### ① 燃料供給に関する取組

未利用材を搬出し、販売目標価格を設定していくために、広葉樹天然林の現況調査およびポータブルローブウインチを活用した未利用材収集試験を実施しました。

試験対象地は町有林の 158 林班 19 小班で、ミズナラ・シラカンバを主体とした広葉樹天然林です。また、林齢 43 年生で皆伐・萌芽更新をしており、令和 2（2020）年に間伐を実施している場所です。

#### ❖ 広葉樹天然林の現況調査

試験対象地において現況調査（3 プロット）を行いました。対象地に円形プロット（半径 11.28m、面積 0.04ha）を設置し、プロット内の胸高直径 5 cm 以上の立木を対象に、樹種の同定、胸高直径および樹高を計測し、また、単木ごとに立木材積を算出しました。

- 3 プロットの結果を整理すると、立木本数は 91～110 本、平均直径は 11.4～12.4 cm、平均樹高は 11.4～12.0m でした。立木材積は 8.698～9.799m<sup>3</sup>で、ha あたりに換算すると 217.450～244.975m<sup>3</sup>/ha（平均 226.75m<sup>3</sup>/ha）となりました。
- 3 プロットの立木本数を合算した胸高直径階の分布を整理すると、直径階は 6 cm 以上 8 cm 未満が最も多く、直径階 8 cm の区分は 54 本ありました。20 cm 未満の直径階が全体の約 90% を占めていました。
- 林内状況としては、立木密度が 2,275～2,750 本/ha（平均 2,483 本/ha）と、過密な状態といえました。
- 今後は、広葉樹で簡易製材（チェーンソー製材）しており、製材品を製造するのに大径木を活用（育成）する必要があることから、皆伐を行い、萌芽更新している 40 年生の天然林については、適宜、間伐を実施していきます。

❖ ロープウインチを活用した未利用材収集試験

試験対象地においてポータブルロープウインチを活用した未利用材収集試験を実施しました。池田町で利用可能な未利用材の搬出を行う際の生産性を把握するとともに、自伐型林業事業参加者がロープウインチによる搬出に慣れるための講習会という位置づけも兼ねて実施しました。

本試験では、池田町が所有する PCW3000 フォレスターセットを活用しました。試験区画は、試験地の作業路沿いに 30m×50m の区画を設置し、区画の内側を作業路からの距離に応じて 10m、20m、30m、40m と区切っています。区画ごとに集積された材を搬出する時間および搬出された材の材積を計測しました。作業実施者は 6 名です。

- 試験結果は、試験区画内の材を搬出するのに要した時間は、計 2 時間 12 分 5 秒でした。搬出を行った回数は計 14 回、搬出した材積は計 1.932m<sup>3</sup>です。
- 試験結果よりロープウインチによる搬出の生産性を整理すると、試験自体の生産性は、作業実施者 6 名の 4 時間作業だったため 0.322m<sup>3</sup>でした。
- 1 日の作業時間を 8 時間とした場合、作業者 6 名で 4 時間の作業だったため、3 人日と想定し、ロープウインチで搬出した材積計が 1.932m<sup>3</sup>のため、ロープウインチによる搬出の生産性は 0.644m<sup>3</sup>/人日と推計されます。
- なお、本試験は講習会も兼ねていたため実際の作業体制を想定した場合、6 名体制ではなく 3 名体制で十分と考えられ、3 名体制で実施した場合の生産性を求めると、1.288m<sup>3</sup>/人日と推計されます。
- 試験地の未利用材の賦存量を求めると、試験区画は 30m×50m で面積は 0.15ha、試験区画から搬出できた材積は 1.932m<sup>3</sup>でした。このことから、1ha あたりに換算すると 12.88m<sup>3</sup>/ha と推計でき、試験地には 12.88m<sup>3</sup>/ha の未利用材が賦存しているといえます。

**❖ 未利用材の販売目標価格の推計**

未利用材の販売目標価格を推計しました。推計方法は、これまでの結果度等で整理してきた結果を活かし、未利用材 1m<sup>3</sup>を「①集材、②積込、③運材から荷降（中間土場まで）」する作業に必要な人工数とその費用を推計しました。

なお、整理した区分は初心者 6 名、初心者 3 名、習熟者 1 名、積込のみの 4 区分で、積算単価は A.着価格は公共工事設計労務単価「17,300 円/人日」と B.着価格は小規模間伐事業の報酬費「8,000 円/人日（1,000 円×8 時間）」を使用しました。

- 「①集材→②積込→③運材・荷降」までの作業に必要な人工数は 0.63～1.99 人日/m<sup>3</sup>となり、これに関わる費用（人件費のみ）は、A.着価格は 10,899～34,427 円/m<sup>3</sup>となり、B.着価格は 5,040～15,920 円/m<sup>3</sup>と推計されました。
- 集材を除く工程で「積込のみ」に着目すると、必要人工数は 0.43 人日/m<sup>3</sup>で、費用は A.着価格は 7,439 円/m<sup>3</sup>、B.着価格は 3,440 円/m<sup>3</sup>と推計されました。
- これらのことから、林内に散在する未利用材を収集した場合、B.着価格の人件費のみでも 5,000 円/m<sup>3</sup>を超えており、また、積込のみをみても 3,440 円/m<sup>3</sup>以上かかることがわかりました。
- 今後の検討のための具体的な方策案は、人工林の場合は全木集材で枝条等も土場まで運搬する形式とし、これを標準的なシステムとなるように目指すこと、また、天然林の場合はポータブルロープウインチを活用するため短幹集材となりますが、製材用原木や製炭用の販売価格の高い原木を搬出し、運搬する際に未利用材も一体的に「①集材→②積込→②運材・荷降」まで行う形式とし、これを標準的なシステムとなるよう目指していくことです。
- そのほか、未利用材を一定期間、山土場で乾燥させ、その後、小型チップパーを林内に持ち込み、山土場でチップ化するような作業システムについても検討していき、作業効率化を図るとともに、各費用の低減化について検討していきます。



## ② 燃料製造に関する取組

池田町における燃料目標価格の検討を行うために、池田町が所有するチップパーの有効活用を目指して、チップ製造試験および品質確認を実施しました。実施した結果から同チップパーの利用可能性等を精査します。

### ❖ 既存の町有チップパーによるチップ製造試験

池田町には平成 17（2005）年度に導入され、現在は未使用のチップパーがあります。同機でチップ製造が可能であれば初期費用を削減できると考えられ、動作確認および製造したチップ性状の把握、町内関係者の製造体験を目的にチップ製造試験を行いました。

試験では、池田町所有チップパー「パワーチップパーFPC220S」を使用しました。また、原材料は広葉樹天然林から搬出された 40 年生の間伐木のうち末木部分で（直径 8～14 cm、材長約 2m）、作業参加者は 5 名です。

なお、本試験では製造可能量を調査するため、チップ製造量はチップパーの排出口から直接フレコンバックに投入し、満杯になるまでの時間と容量から推計しています。

- 試験結果より、1 時間程度でフレコンバック（容量 1m<sup>3</sup>）が満杯となりました。原材料の材積からチップ層積への換算係数 2.7、原材料の密度 0.62 t / m<sup>3</sup>（水分 35%）とし、チップ製造量は 0.23 t / h と推計しました。
- 製造されたチップは、チップパーの木材送り速度は 35m/min（可変式：最速）の時に製造したもので、非常に細かく繊維状のものが多く含まれるチップとなりました。

### ❖ 試験で製造したチップの品質確認：木質バイオマスボイラーによるチップ供給試験と燃焼試験

チップ製造試験により製造したチップで木質バイオマスボイラーによる供給試験と燃焼試験を行いました。ボイラーの機種はアイフォレスト株式会社が取り扱うオーストリアの Froling 社製の「T4」という型式で、30kW の温水ボイラーです。

- 燃焼試験の結果、チップ形状が繊維状で粉が多いものの供給および燃焼に問題は発生しませんでした。また、チップの形状が約 20 cm と長い物が混ざっていましたが、供給および燃焼は可能でした。
- ただし、チップの形状で粉が多いと短時間で燃焼してしまうため、ボイラー炉内の温度変化が急な形で変動します。このような場合、ボイラーの寿命に影響を与える可能性があるため、大規模メンテナンスの周期が短くなることが考えられます。

- 試験時のチップの水分は 35～38%でした。試験で使用したボイラーの求める仕様は水分 35%以下でしたが、燃焼することはできました。
- なお、チップの水分が高いと、湿気によるチップサイロ内の結露やチップの凍結が懸念されます。そのため、対策としては乾燥した材料をチップ化するか、チップサイロに機械換気を設置することで、結露による凍結を防ぐことができます。

#### ❖ チップ製造コスト試算

チップ製造試験の結果から、池田町所有チップパーによる製造コストを試算しました。また、試算結果を受けて、令和元（2019）年度の F/S 調査結果も活かし、条件等を変更して、再度、製造コストを試算しました。

- 令和元（2019）年度に検討した小型チップパー「LB-205C」の導入における製造コストは 10,638 円/ t と利用可能性のある試算結果でした。
- 池田町所有チップパーによる製造コストを試算すると 31,621 円/ t となり、LB-205C の 10,638 円/ t よりも 3 倍近いコストになる結果となりました。
- 試算結果を受けて、人件費や原料購入費等の条件等を変更し、再度、チップ製造コストを試算したところ 12,150 円/ t と試算され、LB-205C を新規導入する場合と同程度のコストになる結果が得られました。

#### ❖ 既存チップパーの活用に向けて

以上のことから、池田町所有チップパー「パワーチップパーFPC220S」を使用してのチップ製造を行うにあたり、課題を 4 つ整理しました。

今後は、4 つの課題に対して、対応していき改善また解決策を検討していきます。

1. チップ製造を目的とした点検と修理・部品交換
2. 原材料となる間伐材の選別
3. 木材送り速度の最適化
4. チップ販路の確保

### ③ 木質バイオマスエネルギー利用に関する取組

今後、池田町内で製造予定のチップの需要先の増加を目指すために、新規エネルギー需要先の開拓・検討・協議を行いました。本事業において新たに導入検討したのは小規模な製材乾燥手法の一つである「木材乾燥室」です。

木材乾燥室の導入検討をしたのは、広葉樹材をチェーンソーによる簡易製材した際の製材品の販売単価の向上および広葉樹材の高付加価値化を目指すためです。

- 条件 1：試算をするにあたり、設置場所等の条件を 3 つ整理しました。
  1. 低コストでの導入を目指すこと
  2. 燃料の自動供給のある機材は高価なため、手動供給をしますが、あまり手がかからないようにすること
  3. 乾燥する簡易製材された木材は、厚さ 20～50mm の板が 100 枚程度とすること
- 条件 2：設置場所等の条件 3 つのほかに、検討する方向性を 3 つ整理しました。
  1. 乾燥室の構造の検討
  2. 乾燥室の大きさの検討
  3. 乾燥熱源の検討
- 条件 3:製造したチップの需要先の増加を目指すために新たなエネルギー需要先として木材乾燥室を検討していましたが、条件および方向性の整理より、チップではなく薪での検討としました。
- 結果 1：選定した乾燥熱源は薪ストーブで石村工業製「ゴロン太」としました。
 

1.2m の薪が入り、針葉樹の場合で 8 時間、広葉樹で 12 時間連続して燃焼します。
- 結果 2：乾燥させる板と薪ストーブの配置は、概ね 1.8m×4.5m のスペースが最低限必要となります。設置予定の場所には既存のプレハブがあり、3m×5.5m の寸法のため、既存プレハブを活用した導入を想定していきます（試算は、補強工事等を想定した項目を立てています）。
- 結果 3:木材乾燥室構築の概算工事費は、68 万 5,600 円となりました。物品関係は、薪ストーブ本体（煙突込み）で 36 万円、換気扇で 3 万 6,000 円、オート扇で 5 万 9,600 円、ガラリ、梁で 3 万円になります。工事費のみをまとめると 20 万円です。
- 今後は、既存のプレハブには小型の薪ストーブが既に設置してあるため、本試算のストーブ規模とは異なりますが、既存プレハブと既存物品のみでの試験的な運用が可能であると考えられました。

(2) 今後の展開：実現に向けたロードマップ

1.3.2 の②で示した図 1-4 に、これまで整理してきた結果を記載したものが図 4-1 のとおりです。

4. (1) でも述べてきましたが、未利用材の販売目標価格の設定の検討においては、林内に散在する未利用材を収集した場合、積込のみに着目しても原木価格が 3,440 円/m<sup>3</sup>以上かかることがわかりました。そのため、製炭用・製材用の原木等を搬出また運搬するついでに、集材から荷降まで行う必要があると考えられ、あくまでも副次的に収入を得ていくような位置づけとしていきます。

また、燃料目標価格の検討においては、本事業の試験では生産性が著しく低く、また燃料用としてチップの販売を行うことは、コスト面で困難という結果になりました。そのため、既存チップパーを有効活用していくためには、高値でチップを販売できる相手を模索するとともに、チップパーの稼働率を上げ、定期的なメンテナンスも行っていく予定です。

小規模な熱利用としては、本事業において検討した小規模な「木材乾燥室」は、チップ製造試験等の結果を受けて、チップではなく薪を燃料種として検討すれば、導入が可能であることがわかりました。

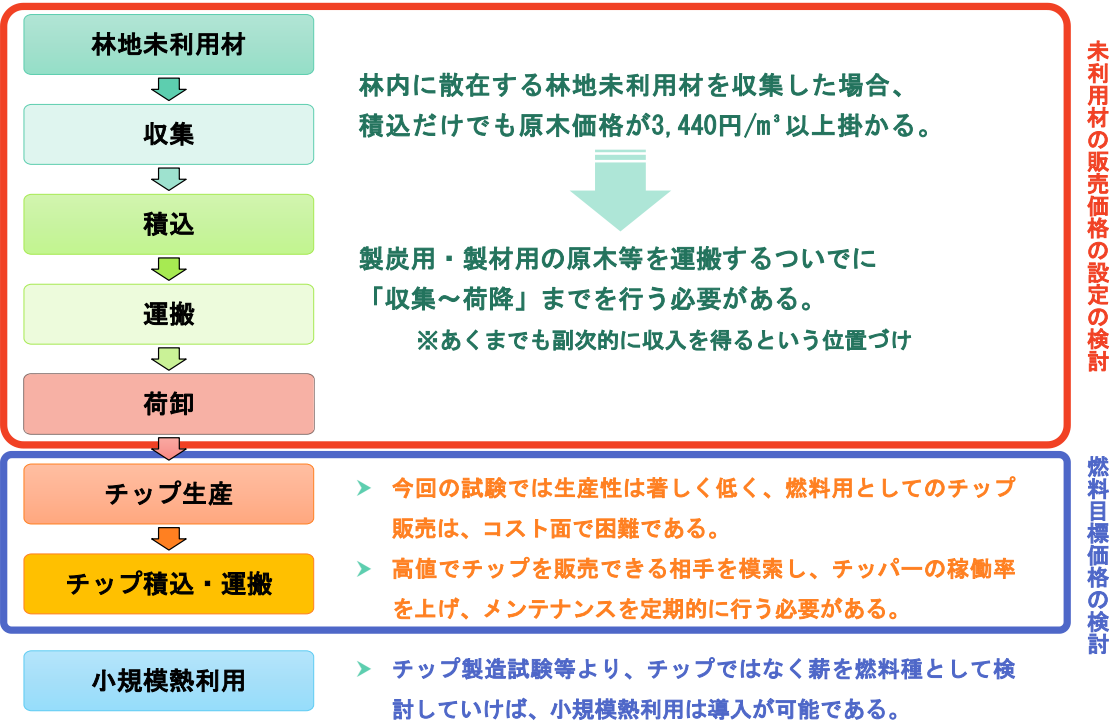


図 4-1 池田町における本事業の取り組み結果

以上を踏まえて、今後の池田町における地域内エコシステムの実現に向けたロードマップを図 4-2 のとおり整理しました。図 4-2 は、池田町における木質バイオマスエネルギーの導入に向けて着実な課題等の整理や検討を行いながら進めていくこととし、5～7 年計画で推進すること、また、エネルギー利用施設への木質バイオマスボイラーの導入は、池田町が費用等を工面し、補助事業を活用せずに森林環境税および森林環境譲与税を活用することを想定したスケジュールです。

未利用材の収集方法やチップ製造については、令和 3（2021）年以降も引き続き継続して、試験等を行いながらノウハウを蓄積していきます。また、既存チップパーにより製造したチップは、燃料用としてではなく農畜産用向けでした。そのため、町営の牧場等において令和 3（2021）年から令和 4（2022）年にかけて試験利用を行います。この結果を活用しながら、令和 5（2023）年以降、チップの試験販売等を進めていきます。

熱供給体制については、令和元（2019）年度に検討したエネルギー利用施設である温浴施設と、どのような体制で実施していくかを協議し、合意形成を図る必要があります。そのため、利害関係者間（チップ製造を行う主体とエネルギー利用施設等）で令和 3（2021）年から令和 4（2022）年にかけて協議を行い、その結果を受けて、熱供給体制の主体をどのような形式（新規事業主体を組織するのか否か等）にするか決定し、準備等も行っていきます。

設備導入（温浴施設への木質バイオマスボイラー導入）は、熱供給体制の協議・合意形成と併せて、木質バイオマスボイラーの導入に関する合意形成を行うこととし、基本設計を令和 6（2024）年、実施設計を令和 7（2025）年、導入工事を令和 8（2026）年に実施し、令和 9（2027）年に運用開始できるように想定しています。

木材乾燥室は、新規の設備導入を行うのではなく、既存設備を活用して令和 3（2021）年から令和 4（2022）年に適正な運用手法の検討に向けて、試験的な運用を行います。その結果をもとに、令和 5（2023）年以降に、適正な木材乾燥手法を確立し、木材乾燥室の運用を目指していきます。



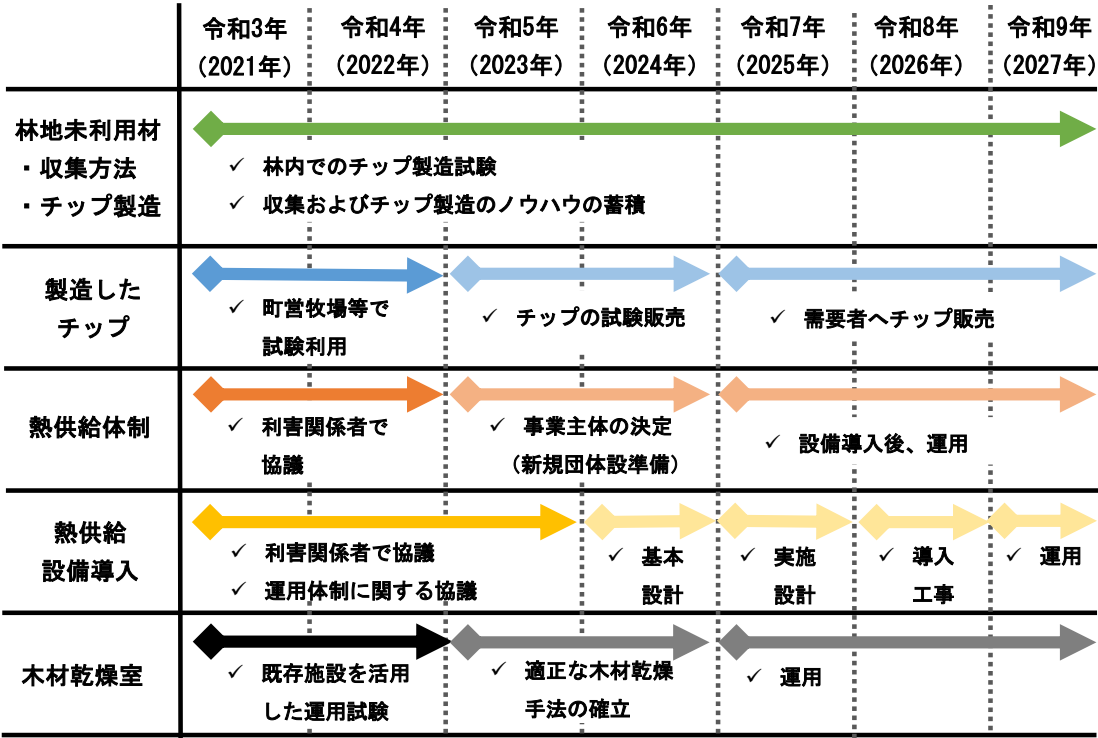


図 4-2 池田町「地域内エコシステム」の実現に向けたロードマップ





令和 2 年度木材需要の創出・輸出力強化対策事業のうち  
「地域内エコシステム」構築事業

北海道池田町  
「地域内エコシステム」モデル構築事業  
報告書

令和 3 年 3 月

一般社団法人 日本森林技術協会  
〒102-0085 東京都千代田区六番町 7 番地  
TEL 03-3261-5281（代表） FAX 03-3261-3840

株式会社 森のエネルギー研究所  
〒205-0001 東京都羽村市小作台 1-4-21KTD キョーワビル小作台 3F  
TEL 042-578-5130 FAX 042-578-5131