

令和4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」推進事業

山梨県北杜市

「地域内エコシステム」モデル構築事業のうち  
事業実施計画の精度向上支援  
報告書



令和5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. 事業実施内容.....	5
3. 事業実施項目.....	6
3.1 地域協議会の運営支援.....	6
3.2 サプライチェーン.....	8
3.3 本年度の達成目標.....	9
3.3.1 【目標①】未利用材の集材方法の検討、熱利用可否含めたポテンシャル把握..	9
3.3.2 【目標②】燃料（チップ）製造体制検討、目標とする燃料品質・生産量（集材	9
量）の明確化.....	9
3.3.3 【目標③】有望施設におけるバイオマス導入可能性調査、目標とする設備規模	9
の明確化.....	9
3.4 目標達成に向けた取り組み.....	10
3.4.1 【目標①】未利用材の集材方法の検討、熱利用可否含めたポテンシャル把握	10
3.4.2 【目標②】燃料（チップ）製造体制検討、目標とする燃料品質・生産量（集材	18
量）の明確化.....	18
3.4.3 【目標③】有望施設におけるバイオマス導入可能性調査、目標とする設備規模	21
の明確化.....	21
3.5 その他取り組み.....	32
4. 総括.....	37
4.1.1 今後の取り組みと展開.....	37
4.1.2 思い・気づき・発見等.....	37





# 1. 背景と目的

## 1.1 事業の背景

平成 24 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」モデル構築事業のうち事業実施計画の精度向上支援（以下、本事業という）は、林野庁補助事業「令和 4 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」推進事業」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、山梨県北杜市「地域内エコシステム」モデル構築事業のうち事業実施計画の精度向上支援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

山梨県北杜市は、人口 46,183 人(2022 年 5 月現在)、総土地面積 60,248ha を有する市です。森林面積は 45,882ha (森林率 76.2%) で、国有林はなく、森林面積の 66%が県有林となっています。

山梨県の北西部に位置しており、北に八ヶ岳連峰、北東は瑞牆山・金峰山、東は茅ヶ岳、南西には甲斐駒ヶ岳から連なる南アルプスと周囲を山々に囲まれています。秩父多摩甲斐国立公園、南アルプス国立公園、八ヶ岳中信高原国立公園の 3 つの国立・国定公園と、県立南アルプス巨摩自然公園などの自然公園を有し、全国でも有数の美しい山岳景観と自然環境を有する地域となっています。その自然が織りなす、清らかで豊富な水資源、高原性の気候、日本で一番長い日照時間、歴史的な町並みや滞在型温泉地、高原リゾート地など、豊かな観光資源にも恵まれた地域です。



出典：(左) 山梨県北杜市ホームページ (右) 北杜市観光情報サイト ほくとナビ

図 1-2 (左) 北杜市主要交通網 (右) 八ヶ岳風景



## 1.3.2 地域における事業の位置づけ・目的

### (1) 事業の背景

北杜市は、令和2年12月に「ゼロカーボンシティ」を宣言、令和3年2月には、「北杜市再生可能エネルギーマスタープラン」を策定し、地域にある豊富な資源を利用した再生可能エネルギーの活用による温室効果ガス排出抑制等に取り組んでいます。加えて、令和4年4月、新たな時代に対応できる新しい行政指針としての「第3次北杜市総合計画」が策定され、2030年地域のありたい姿として、人と自然と文化が躍動する環境創造都市『北杜新時代 幸せ実感 チャレンジ北杜』を掲げています。また、令和4年4月から令和14年までの森林整備計画も樹立されています。

### (2) 本事業への応募の動機、目的

市内には、ICT化や育林事業も含めた森林整備に長期的視座で取り組んでいる林業事業者や、エネルギー価格高騰の影響を強く受ける公共施設およびSDGs経営に積極的に取り組む民間企業が存在しています。本事業を通じ、両者を結び付けるようなサプライチェーン構築の在り方を模索し、市内バイオマスエネルギー利用普及につながる基盤整備を行うことを目的としています。現在未利用または廃棄となっている森林資源を活用することにより、温室効果ガス排出抑制を図るとともに、地域林業の付加価値向上および再造林施策支援にも繋げることを目指します。

## 2. 事業実施内容

本事業の実施内容は、以下に示す項目について、山梨県北杜市の「地域内エコシステム」の構築に向けて、地域協議会の運営支援（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) 地域協議会の運営支援
- (2) サプライチェーン
- (3) 本年度の達成目標
- (4) 目標達成に向けた取り組み
- (5) その他取り組み

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. 事業実施項目

### 3.1 地域協議会の運営支援

川上から川下までの連携を見据えた事業立案を目指し、ソフト・ハード整備双方の観点  
を踏まえた市内外関係者で構成される協議会（表 3-1 参照）の活動を支援しました。

今年度は特に、未利用材燃料活用の可能性検証と具体的な需要施設の想定を優先事項と  
して、当該項目に直接的に関係するメンバーを中心に調査・協議を進めました。

表 3-1 地域協議会メンバー

▼事業を実施する主となるメンバーと支援するメンバー

組織名称（個人名でも可）	主または支援	役割（担当）	備考
（一社）ゼロエミやまなし	主	申請者/全体コーディネート、 普及啓発	・協議会座長、とりまとめ
（有）天女山	主	川上/燃料用材の供給	・林業実施事業体
（株）清里の森管理公社	主	川上/管理敷地内での森林整備 川中/燃料製造（薪）、土場活用検討	・清里の森敷地内 森林整備 ・既存土場活用検討
（株）日比谷アメニス	主	川中/燃料製造・供給検討（チップ） 川下/エネルギー利用施設	・燃料製造ノウハウ提供、事業検討 ・市内保養所への導入検討
（株）ミヨシグループ	主	川下/エネルギー利用施設	・農業ハウスへの導入検討
北杜市産業観光部	支援	川上/ 林政課 市林政との整合助言 川下/ 観光課 エネルギー利用施設	・本事業支援 ・導入検討施設紹介
慶応義塾大学大学院	支援	全体/脱炭素化構想検討支援 川上/ICT活用連携	・本事業支援 ・地域構想検討支援
（株）清里丘の公園	支援	川下/エネルギー利用施設	・清里丘の公園内施設への導入検討

関係者打合せや現地調査、視察や実証試験等の結果を踏まえて、事務局である森のエネ  
ルギー研究所と日本森林技術協会の担当者が参加する協議会を3回開催しました。

表 3-2 協議会の開催概要

<p><b>【第1回 関係者協議会】</b></p> <p>開催日：令和4年8月29日（月）13：00～15：00 場 所：一般社団法人 ゼロエミやまなし 八ヶ岳事務所 議 題： ①事業概要説明 ②現況課題と目標設定、想定サプライチェーンの確認 ③調査実施項目・スケジュール案について</p>
<p><b>【第2回 関係者協議会】</b></p> <p>開催日：令和4年12月15日（木）15：00～17：00 場 所：株式会社日比谷花壇 清里の森内保養所 会議室 議 題： ①チップ事業検討状況・自然乾燥実証試験中間報告 ②視察報告、今後の実証試験について ③事業スキーム検討状況 等</p>
<p><b>【第3回 関係者協議会】</b></p> <p>開催日：令和5年3月10日（金）14：00～17：00 場 所：有限会社天女山 事務所 内 容： ①今年度調査結果報告 ②今後の方針案、事業スキーム・スケジュール等について ③質疑応答、ディスカッション</p>

### 3.2 サプライチェーン

本事業におけるサプライチェーンを下図の通り整理しました。

オレンジ色の実線で示したラインが、本年度事業で主に調査したサプライチェーンです。このサプライチェーン構築を主たる目標として活動を実施し、事業実現のために必要な課題抽出や実証試験を交えた条件精査を行いました。

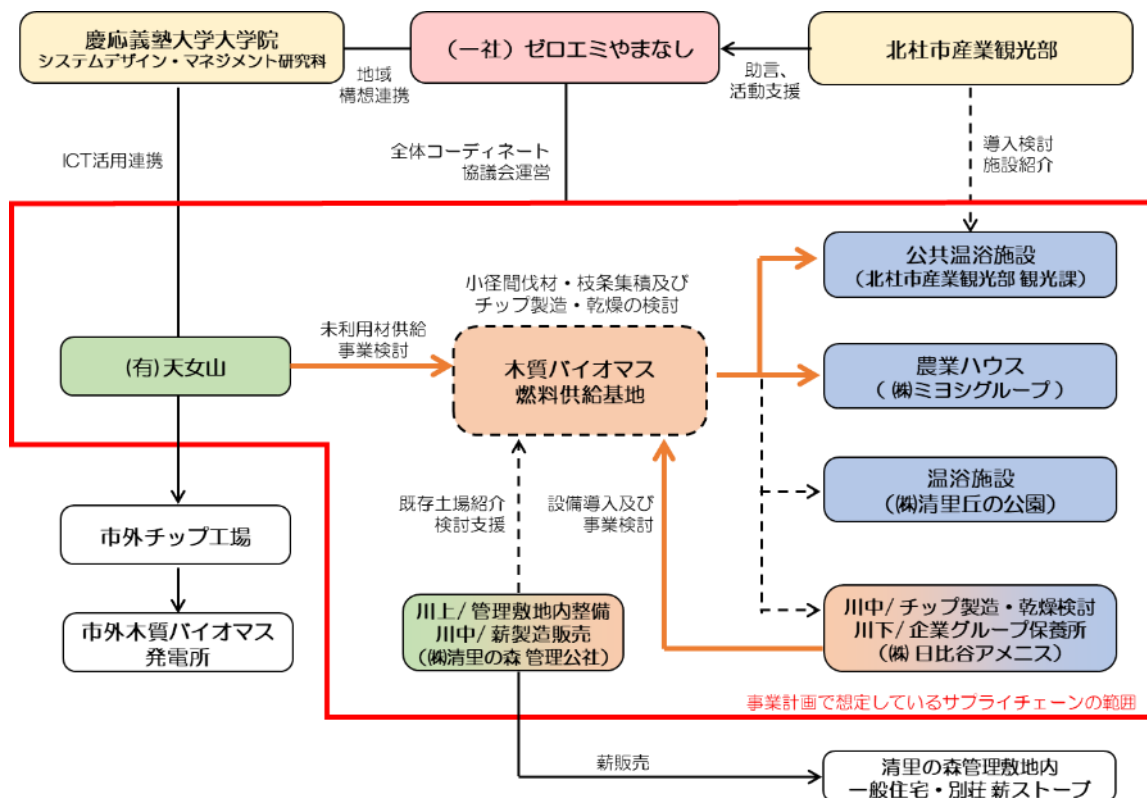


図 3-1 本事業で想定しているサプライチェーン

### 3.3本年度の達成目標

---

#### 3.3.1 【目標①】未利用材の集材方法の検討、熱利用可否含めたポテンシャル把握

川上側の課題認識として、現在林地内に残置または廃棄物として処分している枝条の活用があります。林地残材となっている枝条を活用することができれば、再造林施業の効率化への貢献が期待されます。また、昨今バイオマス発電用やパルプ用材としてC材需要が逼迫していることから、枝条を地域内熱エネルギー利用のための原料とすることができれば、競合回避を図ることができ、差別化を伴う事業創出に繋げることができると考えられます。

枝条をバイオマス燃料として活用するために主な課題として挙げられるのは、燃料利用のためのチップ品質（水分・形状）確保と、かさ比重が低いことに起因する集材・運搬コストです。本事業においては、現在の枝条取扱い状況を把握し、現実的な集材・運搬経路について整理するとともに、特に燃料品質面において実現性が見込めるか否かを検証します。

#### 3.3.2 【目標②】燃料（チップ）製造体制検討、目標とする燃料品質・生産量（集材量）の明確化

比較検証や併用可能性も見据え、枝条・丸太双方をチップ原料の検討対象として条件整理を行い、チップ燃料製造のための事業性試算を行います。実施体制については、燃料製造事業のみの観点に限らず、川上から川下まで、市内において継続的にバイオマス利用および普及を図るための事業スキームを検討・立案することを目標とします。

#### 3.3.3 【目標③】有望施設におけるバイオマス導入可能性調査、目標とする設備規模の明確化

燃料チップの需要先検証として、北杜市北部エリアの公共施設および民間施設において、バイオマス導入を行う場合の設備規模および事業採算性に係る簡易的な調査を行います。

### 3.4 目標達成に向けた取り組み

#### 3.4.1 【目標①】 未利用材の集材方法の検討、熱利用可否含めたポテンシャル把握

##### (1) チップ原料として想定される原料取扱い状況の把握および特性整理

協議会メンバーである(有)天女山へのヒアリングおよび施業現場視察により、熱エネルギー利用を前提としたチップ原料として想定される材について、各材の想定発生量や特徴について整理を行いました。(表 3-3 参照)

本事業で主なターゲットにしているのは枝条 (D 材) ですが、(有)天女山で取り扱っている枝条は皆伐・間伐施業地で発生しているものだけではなく、特殊伐採に伴う枝条も相当量発生しています。両者は、運搬経路やコスト構造、材の形状傾向においても異なる原料であることから、本事業においては前者を「①林地残材 (D 材)」、後者を「②特殊伐採材 (D 材)」と分けて整理しました。また、協議・現場視察の結果、間伐施業地から発生する枝条を搬出利用するのは実現性が低いと判断されたため、検討対象からは除外しています。そのため、「①林地残材 (D 材)」は皆伐施業地での発生材を前提としています。

表 3-3 チップ原料の検討

検討材種別	① 林地残材 (D材)	② 特殊伐採材 (D材)	③ C材
概要	山内皆伐施業地での枝払い (ハベスター造材) で発生した枝条を棚状に整理し残置されたもの。 ※間伐地でのD材区分・搬出はハードルが高く検討対象外とした	別荘地等の林内における支障木等由来。現場で枝払いを行うが、通常残置できないことが多いため、枝条は産廃業者へ直送している。	山内皆伐・間伐材、または特殊伐採材を問わず、丸太は(有)天女山土場に一旦集約。同土場にてC材として等級選別したもの。 (C材は販売先直送ケースもあり)
発生元の生産量	皆伐：1,500m <sup>3</sup> /年 (A・B・C材計)	特伐量：1,000 m <sup>3</sup> /年 (A・B・C材計) ※①よりD材比率が高い傾向有り	皆伐量：1,500m <sup>3</sup> /年 間伐量：1,500m <sup>3</sup> /年 特伐量：1,000m <sup>3</sup> /年
原料の想定発生量	> 250 t/年	> 220 t/年	上記のうちC材相当 1,500~2,000m <sup>3</sup>
現在の用途	未利用 (残置)	未利用 (産廃直送)	パルプ及びバイオマス発電用に富士見町チップ工場へ販売。
競合 (パルプ・FIT材)	なし	なし	有り
原料特性および事業者メリット(○)・デメリット(×)	○日照りの良い皆伐地に残置できることにより、専用土場を持たずに自然乾燥できる。 ○チップ化も施業地で行える可能性がある。 ○施業対象エリアも近隣であることが多い。(半径約20km圏内) ○枝条を掃けることで、皆伐地での植栽面積が増え、造林時の作業性向上にも寄与する。 ×現地枝条集積のための手間・コストが新たに発生。フォワーダも占有される。	○山内人工造林地に比して植栽間隔が広く、全木におけるD材比率が高い。(枝径も太め) ○再委託用に産廃処分費として徴収していたコスト(の一部)をチップ製造財源に充てられる。 ○特殊伐採事業の原価低減 ×現場チップ化は騒音等で不可 ×枝条集積のための土場が別途必要になる。 ×施業地の対象エリアが広く、運搬距離が長くなる事がある。(半径約50km圏内)	○既存土場で選別したC材の出先を振り返るため、原料集材に係る新たな手間は生じない。 ○地域内熱利用向けという新規需要開拓による事業ポートフォリオ強化、リスク分散 ×既存取引・協定先関係維持 ×パルプ材・FIT材の取引価格高騰時は、コストメリットがなくなる。

## (2) 自然乾燥実証試験によるチップ原料適性評価

協議会メンバーである(有)天女山からの試験材提供および(株)日比谷アメニスによるサンプリング・水分測定協力により、チップ原料であるカラマツ枝条および丸太の自然乾燥試験を実施しました。丸太材3つ、枝条材3つの計6つの試験区を設置し、透湿防水シートの有無や設置地面の環境などで条件を変えて試験を実施しています。

2022年9月12日から乾燥試験をスタートし、2022年11月18日に中間サンプリング、2023年2月7日に試験を終了しました。中間サンプリングでは、水分の推移確認のためにサンプリングによる水分測定のみを行っています。一方、試験開始時および終了時には、トラックスケールを用いた試験区毎の材重量の測定も実施しました。

表 3-5 に示す通り、丸太・枝条で効果に差は見られたものの、透湿防水シートによる乾燥効果が確認されました。特に枝条材での効果は顕著に見られ、中間サンプリング時のシートのない試験区 (No.4) の材においては、一時的に水分が上昇するという傾向が確認されました。

一方、設置面環境 (コンクリートまたは土) の違いによる影響については予想と異なり、枝条材については土環境下 (No.6) の方がコンクリート環境下 (No.3) より乾燥が進んだという結果となりました。これは土の試験区が南向きであり、コンクリート試験区に比して風通しが良かったこと、試験材も丸太で嵩上げて設置していたこと等が影響していると考えられます。

### 【枝条】



No.3



No.4



No.6

### 【丸太】



AMENIS No.1  
http://www.amenis.co.jp



No.2



No.5

図 3-2 自然乾燥試験 試験区画別の外観写真



表 3-4 自然乾燥試験 試験区画別の実施条件

パイルNo.	1	2	3	4	5	6	備考・検討課題
樹種	針葉樹 (カラマツ)	針葉樹 (カラマツ)	針葉樹 (カラマツ)	針葉樹 (カラマツ)	針葉樹 (カラマツ)	針葉樹 (カラマツ)	天女山の業務による発生材
部位	丸太	丸太	枝条	枝条	丸太	枝条	
下地	置き場内 アスファルト	置き場内 アスファルト	置き場内 アスファルト	置き場内 アスファルト	置き場内 土	置き場内 土	下地に丸太で高上げ実施
シート種類	TOPTEx	なし	TOPTEx	なし	TOPTEx	TOPTEx	日比谷アメニス提供
パイルサイズ タテ*ヨコ*タ カサ	1パイルを4t車で載せられる量(荷台約10m <sup>3</sup> )						
形状	はい積み 傾斜状に実施	はい積み 傾斜状に実施	自然積み上げ 傾斜状に実施	自然積み上げ 傾斜状に実施	はい積み 傾斜状に実施	自然積み上げ 傾斜状に実施	
量	4t想定 Φ20~25 約20本	4t想定 Φ20~25 約20本	1t想定 5~10m <sup>3</sup>	1t想定 5~10m <sup>3</sup>	4t想定 Φ20~25 約20本	1t想定 5~10m <sup>3</sup>	
試験期間	試験区設置 : 2022.9.12 中間サンプリング: 2022.11.18 最終サンプリング: 2023. 2. 7						



表 3-5 自然乾燥試験結果概要 試験区画別の含水率・水分率の推移

場所	No.	条件	含水率(%db)				水分(%wb)			
			開始時 (9/12)	中間 (11/18)	完了 (2/7)	増減 (完了-開 始時)	開始時 (9/12)	中間 (11/18)	完了 (2/7)	増減 (完了-開 始時)
丸太	1	TOPTEx コンクリート	65.3	39.1	44.5	-20.8	39.5	28.1	30.8	-8.7
	2	シートなし コンクリート	73.0	62.3	55.3	-17.7	42.2	38.4	35.6	-6.6
	5	TOPTEx 土	57.5	51.3	49.7	-7.8	36.5	33.9	33.2	-3.3
枝条	3	TOPTEx コンクリート	123.2	54.1	43.3	-79.9	55.2	35.1	30.2	-25.0
	4	シートなし コンクリート	105.3	130.4	59.0	-46.4	51.3	56.6	37.1	-14.2
	6	TOPTEx 土	108.8	51.7	28.9	-79.9	52.1	34.1	22.4	-29.7



なお、今回検討対象としている材の樹種はカラマツで、同材は乾燥が進むと葉部分が自然落下（ないし、グラップル等で簡易に振ると落下）するという特徴があります。そのため、乾燥後のチップ製造段階においては、予め葉部分の多くが除外され、木質分の多い枝を中心とした原料を扱うことが想定されます。今回の乾燥試験においては上記傾向を鑑み、枝条のうち枝部分のみの水分推移についても別途検証しました。

結果、枝部分に限定した材においても、透湿防水シートによる乾燥効果が確認されました。（表 3-6 参照）一般的に、準乾燥チップを使用するバイオマスボイラの許容水分は35%w.b.未満であることを踏まえると、今回調査した枝条材（No.3,4,6）はいずれも同基準を下回る値となっています。よってカラマツ枝条材は、自然乾燥を行えばボイラ燃料として十分適用できる程度までに水分低下を図れるという結論に至りました。



図 3-3 乾燥試験サンプル 枝部分と葉部分の区分け

表 3-6 自然乾燥試験結果概要 枝条のうち枝部分に限定した含水率・水分率の推移

パイル	開始時	完了時	増減 (完了-開始時)	開始時	中間時	完了時	増減 (完了-開始時)
	含水率(%D.B.)			水分(%W.B.)			
TOPTEX コンクリート 3	98.4%	46.3%	-52.1%	49.6%	34.3%	31.7%	-18.0%
シートなし コンクリート 4	73.9%	34.8%	-39.1%	42.5%	44.0%	25.8%	-16.7%
TOPTEX ± 6	94.9%	33.2%	<b>-61.7%</b>	48.7%	34.4%	25.0%	<b>-23.8%</b>

### (3) チップ化・燃焼実証試験による燃料適性評価

乾燥試験を行った試験材を用いて、チップ化およびバイオマスボイラによる燃焼試験を実施しました。運搬車の積載容量の制約から、乾燥試験材のうち乾燥が進んだ枝条材 No.4,6 全量と、直径 25cm 未満を条件に選定した丸太材を 8 トンダンプ車に積載し、大井ふ頭中央海浜公園（東京都大田区）まで運搬しました。

大井ふ頭中央海浜公園は(株)日比谷アメニスが管理しており、同社によってチップサイロ（太陽熱乾燥設備付帯）および 100kW のバイオマスボイラが導入されている施設となります。公園内で発生する剪定枝を定期的にチップ化・乾燥し、バイオマスボイラに投入して、スポーツセンターの給湯・暖房熱源として使用しています。今回の実証試験では、(株)日比谷アメニスがチップ化委託を行っている業者に試験材のチップ化を委託し（チップパー機種：Vermeer 社製 BC1000）、公園内のバイオマスボイラに投入して燃料試験を実施しました。実証試験の実施概要フローを、図 3-4 に示します。



図 3-4 チップ化・燃焼実証試験の実施概要フロー

チップ化試験では、チップパーから出てくるチップを簡易的にフレコンバッグに格納し、クレーンスケールで重量計測を行っています。但し、丸太材を原料とした製造チップは、予想に反して非常に微細部の多い、ほぼおが粉状のチップとなり、一見してボイラ燃焼に不適であることが確認されたため、その後燃焼試験は実施しませんでした。一方、枝条材を原料としたチップは、切削形状のチップが多く確認されたため、粒度分析および燃焼試験を実施しています。

丸太材のチップがおが粉状になった要因として、チップー刃の摩耗の可能性も考えられたため、その後公園内で発生した広葉樹剪定枝材でもチップ化を試みたところ、問題なく切削チップ形状のものが製造されました。そのため、チップーメンテナンス上の問題ではなく、乾燥カラマツ丸太のもつ特性踏まえ、チップー出力が不足していたことに要因があったのではないかと推察しています。

チップ製造事業で使用したいと考えている原料対象は主に枝条となりますが、調達・保管可能性に制約が生じるであろうという観点から、不足時には丸太材（C材）と併用することも想定しています。よって、チップー機種においては枝条材のみではなく、丸太材においてもボイラ要求仕様を満たすチップ製造を行えることが必要条件となります。今回の実証試験結果を通じ、実際の原料や機材を用いて検証を行うことの重要性と、チップー機種選定要件に係る学びを得ることができました。

【丸太材】



【枝条材】



図 3-5 原料別の製造チップ外観写真

上記経緯から、チップ化・燃焼実証試験結果の定量・定性分析は、枝条材を原料としたチップのみを対象に実施しました。枝条チップ製造の生産性等に関連する実測値を図 3-6 に、また粒度分析の結果を表 3-7 に示します。



項目	実証値等	備考
枝条チップ化所要時間	約 20 分	フレコン整備時間等除く概算
チップ生産量	753.9 kg	フレコン約3.5体分合計
	2.26 t/h	時間単位換算
枝条チップかさ比重	7.95 m <sup>3</sup> /h	かさ比重より換算
	284.4 kg/m <sup>3</sup>	10Lバケツ計量値
枝条チップ水分率	0.284 t/m <sup>3</sup>	
	29.1 %W.B.	絶乾法、3サンプル平均値

図 3-6 (左) チップ製造実証現場写真、(右) チップ製造実証値

表 3-7 製造チップ (枝条由来) の粒度分布

No.	チップ径 (mm)	カラマツ乾燥枝条		試験結果	ETA 要求仕様
		チップ重量(kg)	%		
1	63~	0	0%	6%	<6%
2	45~63	0.04	3%		-
3	31.5~45	0.04	3%		
4	16~31.5	0.38	27%	73%	>60%
5	8~16	0.16	11%		
6	3.15~8	0.48	34%	21%	<10%
7	0~3.15	0.3	21%		

チップ粒度分布の評価は、ETA 社製ボイラカタログに記載されている要求品質と比較することで実施しています。要求品質に記載されているチップ径のうち、主要部位である 3.15~31.5mm 径の重量割合は 73%となり、要求仕様である 60%以上の条件を満たす結果となりました。他方、微細部は多く含まれ、要求仕様である 10%未満を超過する結果となっています。

微細チップへの対応については、ボイラ側にスクリーニングを行う機構を設けることにより、現状のままでも適用は可能であると考えています。但し、チップ製造事業側の視点で考えればそれだけ歩留りが悪くなることから、できるだけ微細チップを出さないチップパ一機種選定や運用上の工夫を検討しておくことを今後の優先課題に据えたいと思います。

改善余地は残されるものの、粒度分布上主要となるチップ径の割合は十分量確保されることが確認されたことから、カラマツ枝条材はボイラ燃料として十分適用できるという結論に至りました。

実証試験の最後に、枝条材チップを公園内のバイオマスボイラに投入し、燃焼試験を行いました。チップを充填したフレコンバッグ3体分（計637kg）をチップサイロに投入し、約5日間、当該チップがなくなりエラーが生じるまで燃焼試験を行っています。

燃焼試験によって、以下の事項が確認されました。

- ①燃料搬送系で特に大きな問題なし。ボイラ投入直前フラップ部で一度燃料詰まり発生。  
（※但し、通常使用している剪定枝チップでも時折あるとのこと）
- ②燃焼開始数分後に煙突を目視確認。白/黒煙はなく、完全燃焼している様子を確認。
- ③灰発生量 5.08kg。投入チップ量 637kgのうち、サイロ隅などで使用できていない残分が5%あったと仮定すると、灰発生量の対投入チップ重量比は以下の通り。  
$$5.08\text{kg} \div (637\text{kg} \times (1-5\%)) = 0.84\%$$
- ④排出灰内には特にクリンカ形状のものは確認されず。

5日間という短期間運用、かつ定性評価が中心ではあるものの、枝条材チップを使用することによるボイラ燃焼上の問題は確認されませんでした。



図 3-7 燃焼試験実施設備の外観および実証中のチップサイロ内の様子

以上の実証結果により、水分、チップ形状、ボイラ燃焼（搬送含む）のいずれの観点からも、カラマツ枝条材はボイラ用チップ原料として十分適用可能なものであるという結論に至りました。

### 3.4.2 【目標②】 燃料（チップ）製造体制検討、目標とする燃料 品質・生産量（集材量）の明確化

#### (1) チップ製造事業試算

本事業におけるチップ製造は、枝条材も原料として扱うことを前提としています。このことを念頭に、協議会メンバーによる現場ニーズや過去の知見も参考に、図 3-8 に示す選定条件に基づきチップパー機種を想定しました。本項では、日本フォレスト(株)が取扱うログバスターLB-512Cの使用を想定して事業試算を行っています。

#### 【チップパー想定機種選定条件】

- ①移動式（自走式）
- ②横入れ型、材投入用ベッド付
- ③ドラム式
- ④投入径500mm超
- ⑤運搬車両で運搬可
- ⑥自動停止機構なし



図 3-8 チッパー選定条件および想定機種外観

チップ製造事業試算は、原料種別ごとに集材経路や製造効率が異なることから、表 3-3 に先述した3つの原料「①林地残材（D材）」「②特殊伐採材（D材）」「③C材」に分けて実施し、製造チップ重量あたりの製造コストを算出・比較しています。（図 3-9 参照）試算に必要な諸条件については、(有)天女山および日本フォレスト(株)へのヒアリングに基づき設定しています。（運搬車両・人件費、集材運搬距離、チップパー価格 他）

なお、「②特殊伐採材（D材）」は現状、施業時に発生するD材を全量産業廃棄物として自社で直輸送・処分委託しています。この、従前は輸送・処分委託費として発注者（民間）から徴収していた額の半額を、代わりに原料運搬・チップ化の原資として徴収するものと仮定して試算を行っています。

上記コスト構造が影響し、重量あたりのチップ製造コストは「②特殊伐採材（D材）」のケースが最も安価な結果となっています。次いで「③C材」チップが続き、最も製造コストが割高になるのが「①林地残材（D材）」チップとなりました。「①林地残材（D材）」は、皆伐施業地での集材コストが高むことが割高要因となっています。

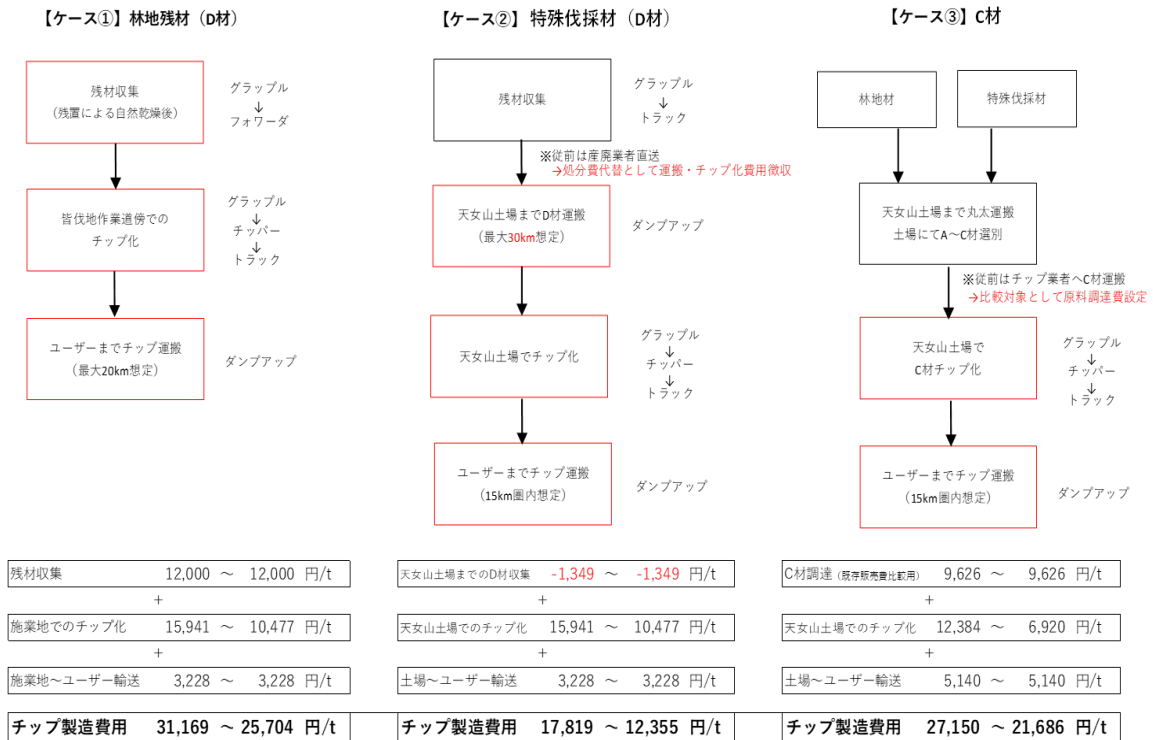


図 3-9 原料別のチップ製造コスト試算結果 (400~800 t/年 製造時)

次に、チップ製造量およびチップ販売単価を変数としたケース別の感度分析（投資回収年）を実施しました。チップ製造量は200~1,200 t/年、チップ販売単価は15,000~20,000 円/tで設定しています。なお、ケース①については、上記条件下ではいずれにしても採算確保が難しい結果となったため、ここでは除外しています。

「②特殊伐採材 (D材)」については、年間400t程度チップ製造販売を実現できれば、概ね10年以内の投資回収見込みが得られる結果となりました。ただし、生枝条材の運搬集約を前提とすることから、集材可能量には物理的な制約が生じます。

「③C材」については、小ロット製造では採算性確保が難しいですが、枝条に比してスケールメリットが出やすいことから、1000t/年規模の生産量であれば10~15年程度の投資回収にも見込みが出てくるという結果となりました。

以上の検討結果を踏まえ、チップ製造事業を実施する際の暫定方針を、以下の通り立案しました。

- 第一優先 : 事業開始当初の小ロット生産時には、できる限りケース②特伐材を適用。
- 第二優先 : ②特伐材の不足時、ボイラ普及展開期にはケース③C材で補填。
- 運用安定期 : 収支動向や現場条件を鑑みつつ、ケース①林地残材の価格低減にトライ。



表 3-8 原料別チップ製造事業 投資回収年感度分析

【ケース②】 特殊伐採材 (D材)

チップ 販売単価 (円/t)	チップ製造量 (t/年)					
	200	400	600	800	1,000	1,200
15,000	40	12	7	5	集材不可	集材不可
16,000	31	10	6	4	〃	〃
17,000	25	9	5	4	〃	〃
18,000	21	8	5	3	〃	〃
19,000	18	7	4	3	〃	〃
20,000	16	6	4	3	〃	〃

【ケース③】 c材

チップ 販売単価 (円/t)	チップ製造量 (t/年)					
	200	400	600	800	1,000	1,200
15,000	-	-	-	-	-	-
16,000	-	-	-	-	-	-
17,000	-	-	-	-	-	-
18,000	-	-	207	56	33	23
19,000	-	155	38	21	15	11
20,000	-	48	21	13	10	8

(2)実施体制、事業スキーム検討

燃料製造事業の実現のためには、販売先である熱需要施設の確保・普及見込みがあることが前提条件となります。そのため本事業では、燃料製造の観点に限らず、川上から川下まで、市内において継続的にバイオマス利用および普及を図るための事業スキームを検討しました。バイオマス利用普及を目指すにあたり、バイオマス導入に伴うメリットと課題について、以下の通り整理しました。

ユーザー側の導入メリット

- ・ 地産地消型の本質燃料活用により、脱炭素化・SDGs貢献が図れる
- ・ 燃料調達に係るランニングコスト低減が期待できる
- ・ 化石燃料価格に比してエネルギーコストが安定、経営寄与が期待できる
- ・ 熱源の多様化によって、施設の安定運用に繋がる

ユーザー導入に係る課題

- ・ 初期投資が高額
- ・ 化石燃料ボイラーに比して日常管理に係る手間が増える
- ・ 木質ボイラー運用に係る知見が少なく、メーカー依存/運用懸念が残る
- ・ 木質燃料の品質・量に係る安定調達に懸念が残る

地域視点での課題

- ・ 一施設への導入に留まり、地域内での普及促進に繋がらない可能性がある
- ・ 地域内でのボイラー運用知見の蓄積・人材確保に繋がりにくい
- ・ 燃料供給事業者としても、需要確保に向けたロードマップを描きにくく、設備投資(チップper・重機等)に踏み切りにくい。
- ・ 川上事業者として、供給する材の品質条件が満たせないor不明瞭であったり、本来活用したい未利用材が活用できない懸念が残る

上記に挙げた課題を解決する一手法として、ESCO 型の事業スキームを立案しました。  
 (図 3-10 参照) 現状、協議会メンバー各社の強みを活かす形での役割分担を行い、燃料の品質管理からボイラ設置・運用、熱販売までを行う ESCO 事業体を市内に設立することを想定しています。

市内には既にバイオマスボイラ導入済みの施設があり、同施設のボイラ運転管理を行っている人材も存在しています。持続的な事業運営体制とするため、市内の人的資本活用を念頭に、今後関係各社で協議・合意形成を進めていきます。

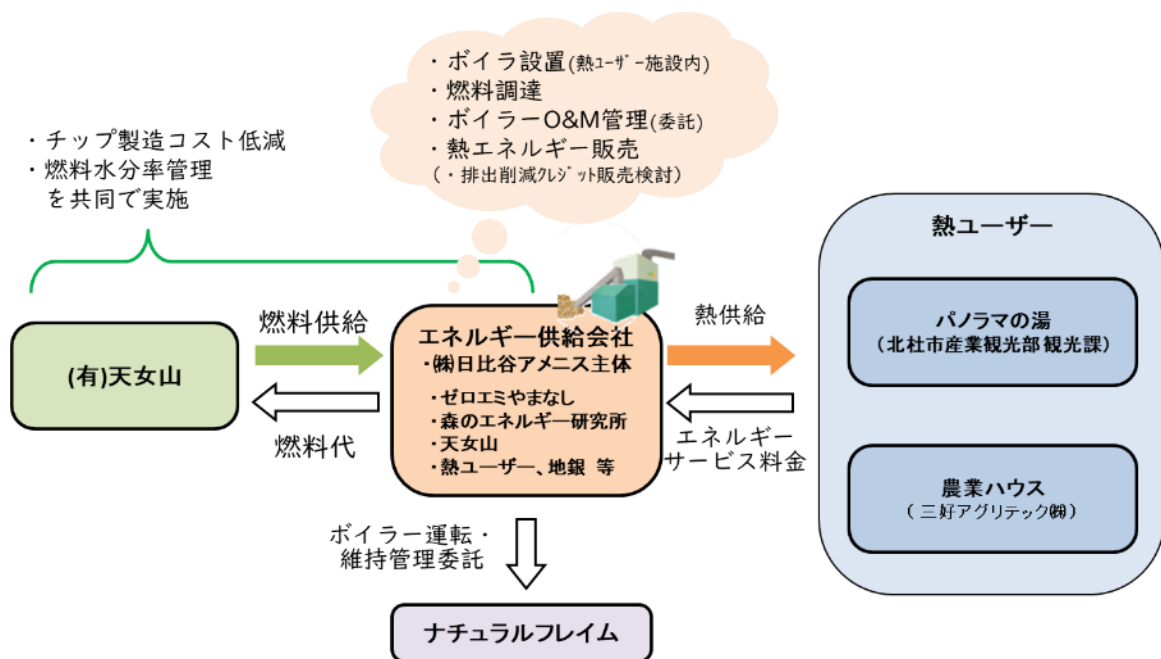


図 3-10 本事業実施のための ESCO 型事業スキーム (案)

### 3.4.3 【目標③】 有望施設におけるバイオマス導入可能性調査、 目標とする設備規模の明確化

燃料チップの需要先検証として、北杜市北部エリアの公共施設 (パノラマの湯) および民間施設 (三好アグリテック(株) 農業ハウス) において、バイオマスボイラ導入を行う場合の設備規模選定および事業採算性に係る簡易調査を行いました。なお、本項での試算検討結果はまだ ESCO 事業を想定したものではなく、施設側がボイラ導入を行うことを想定した試算になっています。

(1) パノラマの湯

① 熱需要推計とボイラー出力選定

燃料調達実績や既存ボイラ稼働時間実測結果等に基づく諸条件により、時刻別平均熱需要を推定しました。推定結果から、施設のベース熱需要を概ねカバーできる出力規模として、250kW を想定しました。

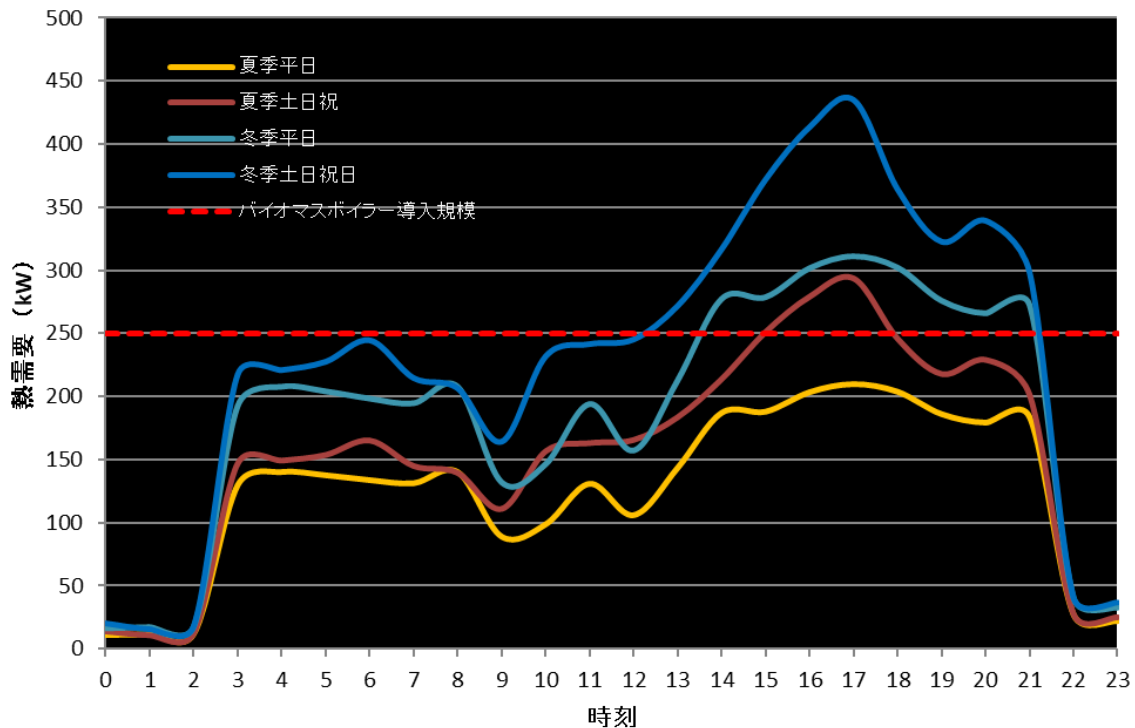


図 3-11 時刻別平均熱需要推計 (パノラマの湯)

② 設備導入フロー図 (案)

現場調査およびヒアリングの結果に基づき、パノラマの湯にバイオマスボイラー設備を導入する場合の設備フロー図 (案) を作成しました。

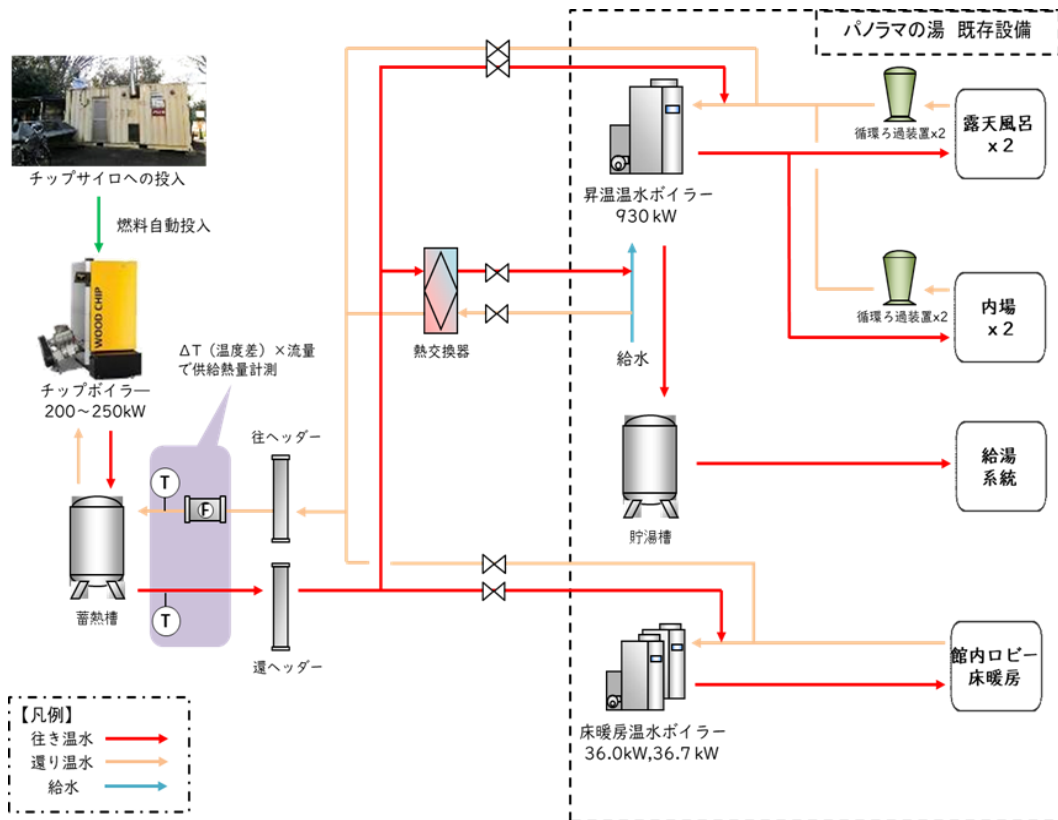


図 3-12 設備導入フロー図案 (パノラマの湯)

### ③ 設備配置図 (案)

現場調査およびヒアリングの結果に基づき、パノラマの湯にバイオマスボイラ設備を導入する場合の設備配置図 (案) を作成しました。以下、配置案に係るメリットと課題について列記します。

- ・ 遊休地となっている隣地の一部が利用できれば、設置スペースは問題ない。施設の利用者動線にも支障を来さず、トラック往来することが可能。
- ・ 当該地は県所有地 (市が管理) のため、用地使用については許可手続きが必要。
- ・ 配管長が長く煩雑になるため、工事費用は増加する。経路確認の上、工事見積による初期投資額精査が必要となる。
- ・ 指定管理者によって運営されている施設であるため、営業停止期間をできる限り短くする施工計画を策定する必要がある。



図 3-13 設備配置図案 (パノラマの湯)

④ 事業性試算結果

250kW 規模にてバイオマスボイラー導入を行った際の、簡易的な事業性試算を行いました。チップ調達価格と灯油価格が変動した場合の事業性（単純投資回収年）分析も行っています。

事業性試算の結果、年間収支は概ね黒字となることがわかりました。現状の灯油調達価格（88 円/L）を踏まえると、チップ調達価格の低減化が図れば、10 年程度での投資回収が見込まれる結果となりました。

【試算条件】

既存設備・燃料条件		バイオマスボイラー設備・燃料条件		事業費	
ボイラー効率	90%	ボイラー効率	80%	補助率	50%
燃料種別	灯油	チップ水分	30%W.B.	ランニングコスト（燃料費以外）	
低位発熱量	34.9 MJ/L	チップ発熱量	12.8MJ/kg	維持管理費	事業費の2%
CO2排出係数	2.49kg/L	チップ単価	20円/kg	人件費	なし
燃料単価	88円/L				

【試算結果】

表 3-9 バイオマスボイラ導入 事業性試算結果 (パノラマの湯)

事業規模	バイオマスボイラー出力規模 kW		200	250	300
	チップ消費量	t/年	416	454	475
	CO2排出削減量	t-CO2/年	336	367	384
初期投資	事業費 (補助無)	千円	52,759	63,835	74,910
	事業費 (補助有)	千円	26,380	31,917	37,455
支出	減価償却費	千円/年	1,486	1,798	2,110
	固定資産税 (平均)	千円/年	0	0	0
	チップ調達費	千円/年	8,322	9,081	9,499
	維持管理費	千円/年	1,055	1,277	1,498
	費用合計	千円/年	10,863	12,156	13,107
収入	灯油削減相当量	L/年	135,055	147,368	154,153
	灯油削減額 (収入)	千円/年	11,885	12,968	13,565
収支	年間収支	千円/年	1,022	812	458
	年間収支 (減価償却除く)	千円/年	2,508	<b>2,610</b>	2,568
	チップ調達費採算分岐点	円/kg	<b>26.0</b>	25.7	25.4

【事業性分析結果】

表 3-10 バイオマスボイラ導入 投資回収年 感度分析結果 (パノラマの湯)

投資回収年		チップ単価 (円/kg)				
		16.0	17.0	18.0	19.0	20.0
灯油単価 (円/L)	70	18	24	37	不可	不可
	80	10	11	14	17	22
	90	7	7	8	10	11
	100	5	6	6	7	7
	110	4	4	5	5	5

## (2) 三好アグリテック

### ① 対象範囲の選定および燃料消費量の推計

施設内ハウスのうち、既に温水暖房施設が導入されているハウスを抽出し、バイオマスボイラにて熱供給検討を行う対象施設を選定しました。熱供給の検討対象とする施設は、図 3-14 に示す 4 つの施設のうち、②のハウスとしました。選定理由は以下の通りです。

- ・全施設内において出力規模が最も大きい化石燃料ボイラが 2 台並列で導入されており、A 重油の年間消費量も多い施設と見込まれたこと。
- ・アクセス道路から近く、チップ運搬車動線としても、既存事業への影響が比較的少ないエリアにあること。



図 3-14 温水配管暖房設備導入済みのハウス

A 重油年間消費量は、農場全体の実績値はまとめられているものの、今般選定した②ハウス向けの個別データは集計されていませんでした。よって、三好アグリテック(株)の施設管理担当者様にご協力頂き、10月7日から1月11日までの約3ヶ月間における当該ハウス向けの個別給油実績を調査頂きました。同期間の給油量と全体消費量実績から、当該ハウスの全体消費量に対する比率を算定し、年間のA重油消費量を推計しています。他方、当該ハウスは夏季は不使用というヒアリング事項を反映し、夏季は比率計算から除外しています。結果、当該ハウスでの年間A重油使用量を、54,277Lと推計しました。

【対象ボイラー給油量実績】

給油日	重油給油量(L)
10月7日	3,000
10月19日	2,000
10月31日	3,000
11月15日	3,000
11月29日	3,000
12月9日	1,000
12月20日	3,000
12月26日	2,000
1月6日	3,000
1月11日	5,000
計	28,000

【対象ボイラー消費量推定】

【2022年】		全体実績	②ボイラー
小淵沢農場	重油消費量(L)	推定消費量(L)	
1月	38,000	11,095	全体実績 × 29.2%
2月	34,000	9,927	
3月	18,000	5,255	
4月	8,000	0	対象ボイラー 熱需要なし
5月	8,000	0	
6月	8,000	0	
7月	0	0	
8月	0	0	
9月	0	0	
10月	35,900	10,482	全体実績 × 29.2%
11月	30,000	8,759	
12月	30,000	8,759	
合計	209,900	54,277	

全体消費量(L) 95,900  
 ②ボイラー(L) 28,000  
 比率 29.2%

図 3-15 検討対象ハウスの年間 A 重油消費量推計の算定過程

② 熱需要推計とボイラー出力選定

前項での年間 A 重油消費量推計値、既存ボイラ稼働時間実測結果等に基づく諸条件により、時刻別平均熱需要を推定しました。推定結果から、施設のベース熱需要を概ねカバーできる出力規模として、200kW を想定しました。

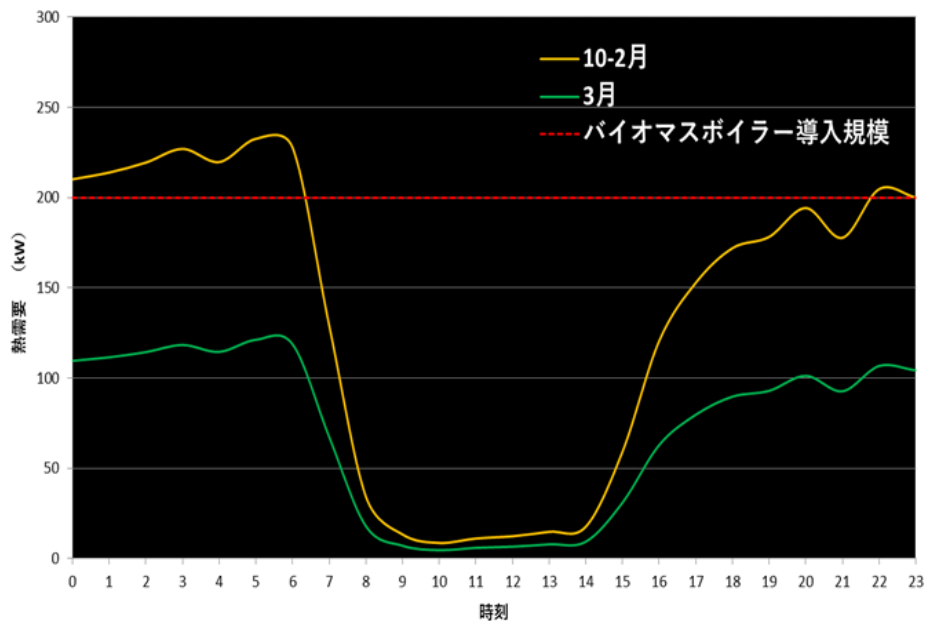


図 3-16 時刻別平均熱需要推計 (三好アグリテック株)



③ 設備導入フロー図（案）

現場調査およびヒアリングの結果に基づき、対象ハウス向けにバイオマスボイラ設備を導入する場合の設備フロー図（案）を作成しました。

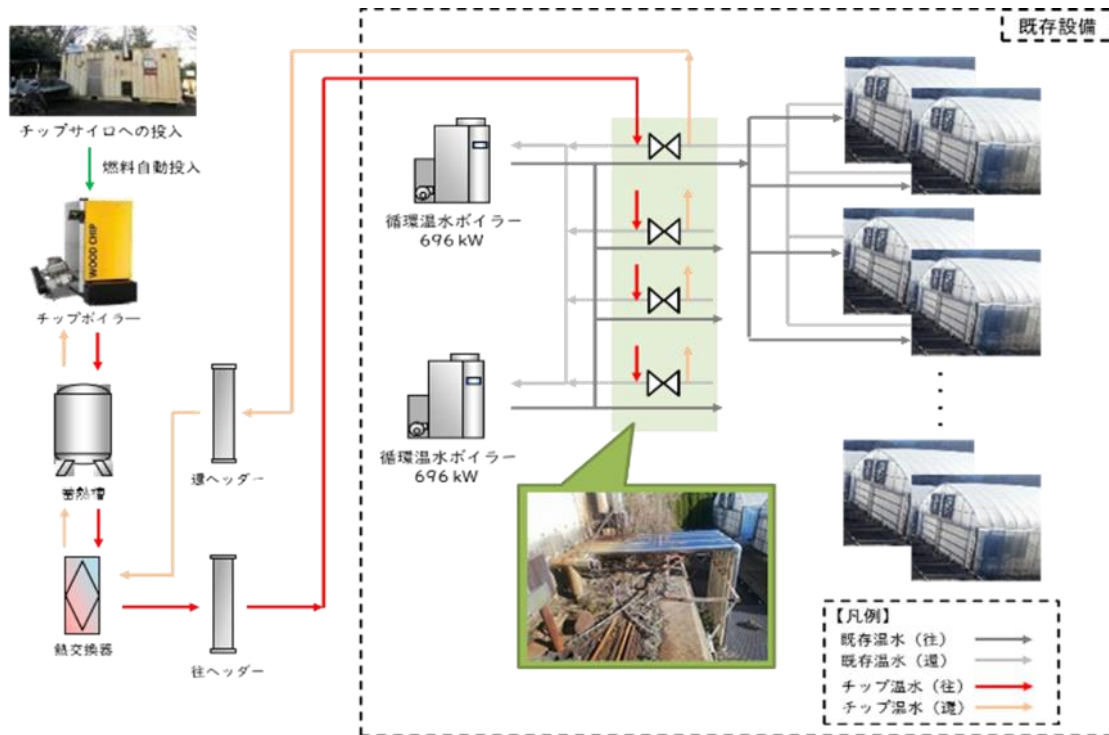


図 3-17 設備導入フロー図案（三好アグリテック株）

④ 設備配置図（案）

現場調査およびヒアリングの結果に基づき、対象ハウス向けにバイオマスボイラ設備を導入する場合の設備配置図（案）を作成しました。以下、配置案に係るメリットと課題について列記します。

- ・ 上記候補地を活用できれば、配管長は長くなるが、設置スペース・チップ搬出入動線は確保可能と考えられる。
- ・ チップサイロへの投入手法は、スペースや周辺環境（昨今導入済みの太陽光パネルへの影響等）の条件も踏まえた検討が必要。
- ・ 本候補地であれば、西側ハウスも温水供給対象として検討可能（後述）



図 3-18 設備配置図案 (三好アグリテック株)

⑤ 事業性試算結果

200kW 規模にてバイオマスボイラー導入を行った際の、簡易的な事業性試算を行いました。チップ調達価格と A 重油価格が変動した場合の事業性（年間ランニングコスト収支、単純投資回収年）分析も行っています。なお、本施設の A 重油消費量は当初想定よりも少なく、事業性確保が難しいことが予想されたため、補助率を 2/3、チップ価格を 14 円/kg と想定した場合の試算を行っています。

事業性試算の結果、減価償却も含めた年間収支は赤字となりました。ランニングコストの収支は黒字ですが、単純な投資回収という観点では厳しい結果となりました。事業性改善の追加検討事項としては、熱供給対象範囲を広げる手法が考えられます（後述）。また、既存ボイラーが更新時期を迎えていることも見据え、同設備更新費用も含めた中長期的な経済性評価を再考することも有用と考えられます。

【試算条件】

既存設備・燃料条件		バイオマスボイラー設備・燃料条件		事業費	
ボイラー効率	85%	ボイラー効率	80%	補助率	67%
燃料種別	A重油	チップ水分	30% (W.B.)	ランニングコスト (燃料費以外)	
低位発熱量	37.1 MJ/L	チップ発熱量	12.8MJ/kg	維持管理費	事業費の2%
CO2排出係数	2.71kg/L	チップ単価	14円/kg	人件費	なし
燃料単価	85円/L				

【試算結果】

表 3-11 バイオマスボイラ導入 事業性試算結果（三好アグリテック株）

事業規模	バイオマスボイラー出力規模 kW		150	200	250
	化石燃料代替率(試算上参考値) %		80%	96%	100%
	チップ消費量	t/年	152	183	191
	CO2排出削減量	t-CO2/年	117	141	147
初期投資	事業費（補助無）	千円	41,684	52,759	63,835
	事業費（補助有）	千円	13,922	17,622	21,321
支出	減価償却費	千円/年	785	993	1,201
	固定資産税（平均）	千円/年	308	390	472
	チップ調達費	千円/年	2,132	2,559	2,674
	維持管理費	千円/年	834	1,055	1,277
	費用合計	千円/年	4,059	4,997	5,624
収入	灯油削減相当量	L/年	43,276	51,944	54,277
	灯油削減額（収入）	千円/年	3,678	4,415	4,614
収支	年間収支	千円/年	-381	-582	-1,010
	年間収支（減価償却除く）	千円/年	404	411	191
	チップ調達費採算分岐点	円/kg	11.5	10.8	8.7

【事業性分析結果】

表 3-12 バイオマスボイラ導入 事業性感度分析結果（三好アグリテック株）

左：年間ランニングコスト収支 右：投資回収年

年間収支※		チップ単価 (円/kg)				
		10.0	11.0	12.0	13.0	14.0
A 重油 単価 (円/L)	65	103	-79	-262	-445	-628
	75	623	440	257	74	-108
	85	1,142	959	777	594	411
	95	1,662	1,479	1,296	1,113	931
	105	2,181	1,998	1,816	1,633	1,450

投資回収年		チップ単価 (円/kg)				
		10.0	11.0	12.0	13.0	14.0
A 重油 単価 (円/L)	65	-	-	-	-	-
	75	29	41	-	-	-
	85	16	19	23	30	43
	95	11	12	14	16	19
	105	9	9	10	11	13

※減価償却費除く

⑥ 追加検討項目（案）

事業性改善のための追加検討項目として、熱協供給対象範囲を広げることが挙げられます。図 3-19 に、熱供給対象とするハウスを拡張した配置図案を記します。

今般調査では、追加検討対象の①ハウスにおける熱需要調査を行わなかったことから、再検討を行う場合には当該ハウスの熱需要推計を行う必要があります。現状想定しているチップボイラ設備配置から①ハウスまでは比較的近く、配管敷設上は特段問題はないものと考えられます。

前項で記した、既存の重油ボイラ更新費用も踏まえた中長期的な経済性評価と併せて再考することで、単純な投資回収観点以外での導入効果を見出せる可能性があります。



図 3-19 バイオマスボイラからの熱供給範囲拡張案（三好アグリテック株）

### 3.5 その他取り組み

協議会メンバー有志による、現場視察を2回実施しました。概要を以下に記します。

#### 【第1回 現場視察】

開催日：令和4年9月29日（木）13：00～16：30

視察先：大井ふ頭中央海浜公園

案内人：㈱日比谷アメニス 大西様

内 容：

- ①㈱日比谷アメニス大西氏による事業説明および意見交換（大井スポーツセンター会議室）
- ②公園内剪定枝のチップ化および太陽熱チップ乾燥設備
- ③コンテナ格納型準乾燥チップボイラー 100kW

詳 細：

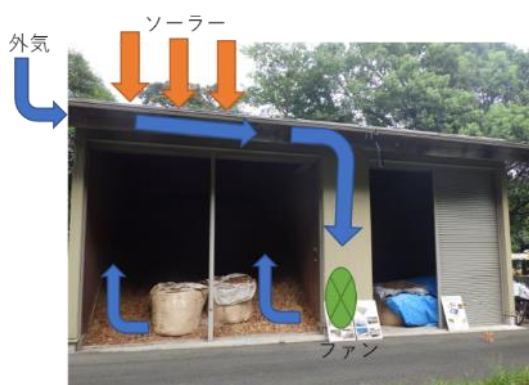
①㈱日比谷アメニス 大西氏による事業説明および意見交換（@大井スポーツセンター会議室）

- ✓ 廃棄物処分費用の低減および地産地消のエネルギー自給を行うことを目的に、指定管理業者である㈱日比谷アメニスが2011年より木質バイオマス設備を導入・運営している事業。当該公園内で例年一定量発生する剪定枝を原料としている。
- ✓ 導入した木質バイオマス設備は、太陽熱チップ乾燥設備とコンテナ型準乾燥チップボイラー。補助金を用いず、㈱日比谷アメニスが自社で設備導入を行っている。
- ✓ チッパーについては稼働率が高く見込めないことから自社導入せず、チップ製造についてはチッパーを有する外部業者に定期的に委託している。

②公園内剪定枝のチップ化および太陽熱チップ乾燥設備

- ✓ チップ原料としている公園内剪定枝の樹種は、マテバシイ、クスノキ、ケヤキ、サクラ等の広葉樹が中心。枝条には葉も含まれているが、チップ化および乾燥する過程で微粉化する。
- ✓ チップ製造は前述の通り、チッパーを有する外部業者に委託している。チッパーはVermmer社製ブラッシュチッパー（BC1000）を用いている。同チッパーにはスクリーンが無いため、長尺のチップも一部発生する。
- ✓ 広葉樹は針葉樹に比して硬いことから、直径約20cmまでの材をチップ化対象としている。
- ✓ 太陽熱チップ乾燥設備は、屋根に設置された1m×2mのソーラーパネル計20枚（40㎡分）を乾燥熱源としている。ソーラーパネルはヨーロッパからの輸入品である。
- ✓ 左右の屋根両端から外気が入り、屋根裏を伝う間にソーラーパネルで外気が温まる。温まった空気がファンで室内空気と混合され、チップに対して底面から面的に吹き出し乾燥する構造となっている。

- ✓ 外気との温度差が5℃以上になるとファンが稼働する設定（無人運転）。
- ✓ 建屋左側のサイロでチップを乾燥し、右側の倉庫（乾燥済チップをフレコンに入れ）に収納している。乾燥サイロ側のチップ容積は約36m<sup>3</sup>。視察当日に確認したチップは乾燥済みのものであり、木材チップ水分計で簡易計測した結果、12%W.B.であった。



左：太陽熱チップ乾燥設備 右：チップ原料剪定枝

### ③コンテナ格納型準乾燥チップボイラー 100kW

- ✓ HARGASSNER（ハーガスナー）社製、100kWの準乾燥チップボイラーが導入されている。既存機械室近傍に屋外設置された20フィートコンテナ内に格納されており、大井スポーツセンターの給湯・暖房熱源として温水を供給している。
- ✓ チップボイラーの温水配管を既存の都市ガスボイラーの配管に繋げ、チップボイラーで温めた温水を優先的に用いている。
- ✓ 当該コンテナはチップボイラーを格納するボイラー室だけでなく、チップサイロも兼ねる一体型設備となっている。ボイラー室とチップサイロで概ね半分ずつ、内側で間仕切りされている構造となっている。チップサイロ容量は約12m<sup>3</sup>である。
- ✓ チップはコンテナ外に付帯している投入機へフレコンで投入し、スクリーによってサイロ内に搬入される。サイロ内のチップは、チップボイラーに繋がるスクリーで自動投入される。
- ✓ 長尺のチップが混入することで、これまで数回スクリー内で詰まることがあった。
- ✓ チップボイラーのチップ要求仕様は35%W.B.以下が標準仕様。元々のデフォルトが35%W.B.設定だったため、含水率が低いチップを入れたことで過剰に燃焼し、運転開始当初は逆火状態になるトラブルがあった。原因は空気量が多すぎたためであり、送風量を絞ることで安定稼働に至っている。通常は最大で25kg/hのチップ燃焼量（100kW）だが、乾燥しているために燃料消費量を20kg/h程度に削減できている。
- ✓ 冬場のピーク時で、チップ消費量は約1m<sup>3</sup>/日、2週間に1回程度の灰出し（灰分2%ほど）を行っている。



左：コンテナ型チップボイラ設備外観 中：ボイラ室内 右：サイロ内チップ

【第2回 現場視察】

開催日：令和4年11月18日（金）13：00～16：00

視察先：(有)天女山 施業現場

案内人：(有)天女山 小宮山様

内 容：

- ①ICT 土工で整備された林道および延焼防止干渉帯
- ②獣害対策および再造林施業も含めた皆伐施業現場
- ③バーベスタを使用した間伐施業現場

詳 細：

①整備林道および延焼防止干渉帯

- ✓ 県内事業者が ICT 建機を用いて土工を行い、50m/日超の効率的な工事によって整備された林業専用道。（写真左）幅員も広く、大型トラック含む各種重機が通行可能な仕様となっている。
- ✓ (有)天女山創業者である小宮山氏の祖父の代に植林されたカラマツ林。（写真右）当時、山火事によって周辺一帯の森林が消失してしまったことを背景に、カラマツの植林がなされた。その際、延焼の再発を防ぐよう、16m 幅の干渉帯が設けられた。写真は天女山中腹から市街地側に向かって撮影したものであるが、山頂側にも同じ幅の干渉帯が続いており、圧巻。



左：ICT 土工で整備された林業専用道

右：延焼防止干渉帯とカラマツ林

②獣害対策および再造林施業も含めた皆伐施業現場

- ✓ 5ha に及ぶ敷地が一様に整備されている皆伐施業現場。（写真左上）枝条などの残材は綺麗に整理され、一定間隔で帯状に並べられている。
- ✓ 再造林施業を実施済みであり、等間隔にカラマツ苗が植林されている。（写真右上）枝条などの残材が積まれている部分等を除く 5ha ほぼ全域に対して、手作業で植林を行っている。また獣害対策のため、外周は全て柵で囲われており、この柵の設置も全て人手で行われている。文字通り、気の遠くなる作業であると感じた。
- ✓ 今回調査で検討対象とした林地残材の様子。（写真左下および右下）左下写真に写っている残材は主に枝条が中心となっている。写真上の枝条では葉部分も多く確認できるが、伐採施業後半年以上が経過していることもあり、特に日当たりが良好なエリアに積まれている枝条についてはほぼ葉は枯落している状態であった。また残材となっているのは枝条のみではなく、右下写真のように、伐採時点で一部腐植進行が確認されたものなど、搬出しでも出荷不能な小径丸太材についても一部残材となっている。
- ✓ 上記林地残材を搬出利用できれば、再造林面積拡大および作業効率の向上に繋がる。ただし、搬出にはグラブとフォワードを使った集材工程が新たに必要となる。作業効率化の検討とともに、追加コストに見合うだけの販売ルート確立が必要となる。



左上：皆伐施業地      右上：植林されたカラマツ苗  
左下：林地残材の様子①      右下：林地残材の様子②



③ハーベスタを使用した間伐施業現場

- ✓ ハーベスタを用いた施業が行われている間伐施業現場。（写真左）ハーベスタで伐倒を行うこともあるが、基本的には造材作業を中心に活用している。予め森林作業道の斜面に沿って一定量伐倒木を並べておき、効率的な造材作業が
- ✓ 高性能林業機械による施業を行う場合、その稼働率が重要な経営指標となる。（有）天女山では、ハーベスタを適用できる施業範囲と想定される稼働率を勘案し、同機は自社所有せず、必要に応じレンタルして施業を行っている。
- ✓ 間伐施業地の森林作業道の様子。（写真右）黒土土壌で柔らかく、足場条件としては良好とは言えない印象を受けた。
- ✓ ハーベスタ施業に伴って発生する残材（主に枝条）が、作業道脇に一定量確認できた。搬出利用の可能性について、施業担当者に現場ヒアリングしたところ、間伐施業地では障害物が多く造材時点での整理が難しいこと、また作業道入り口までの搬出経路が長くなることも多いことから、実現性は乏しいとのことであった。本ヒアリング結果を踏まえ今回調査では、間伐施業にて発生する林地残材は検討対象から除外することとした。



左：ハーベスタによる間伐施業 右：森林作業道

## 4. 総括

### 4.1.1 今後の取り組みと展開

来年度以降の取り組みとしては、次の内容を想定しています。

- ① 枝条チップ化（林地残材含む）のための条件精査、具体候補地を踏まえた運用・事業性検討
- ② エネルギー供給会社モデルでの事業性精査及び実施体制に係る合意形成
- ③ ボイラー導入に向けた設計と事業費算定
- ④ 補助金選定と川上～川下までの事業スケジュール調整および合意形成
- ⑤ 事業協力候補者（金融機関・熱ユーザー等）・地域住民向け事業概要説明
- ⑥ 普及展開に向けた新規熱需要施設調査

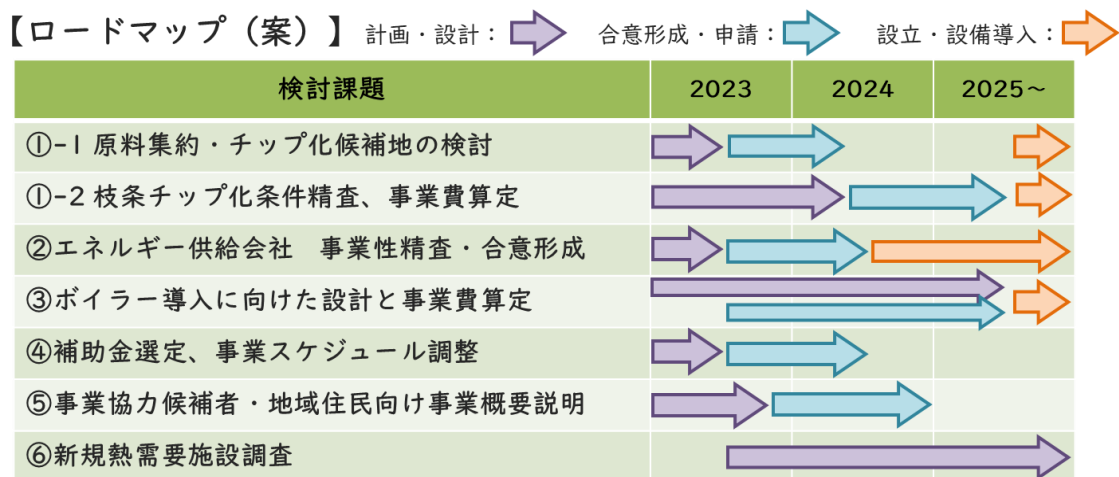


図 4-1 事業化に向けたロードマップ（案）

### 4.1.2 思い・気づき・発見等

本事業を通じて、以下のような思い、気づき等がありました。

#### (1) ヒアリング・実証試験の重要性について

- ① 枝条のエネルギー利用は、林業・木質バイオマス業界で長年話題に挙がってきたテーマですが、その性状や運搬コストの問題から実現性は乏しいという認識でした。今般、自然乾燥させたカラマツ材であれば、あまり手間をかけずとも予め葉部分はほぼ分離できることが確認できました。加えて、乾燥・チップ化・ボイラー燃焼までに至る

実証試験を実施できたことにより、結論として、燃料利用のための品質確保に実現可能性が認められました。

- ② 一言に枝条といっても、皆伐地由来か間伐地由来かによって集材条件はもとより、集材時の品質条件（特に水分）も異なります。特に本調査では、上記どちらの施業手法とも異なる特殊伐採由来の枝条材が一定量あることがわかり、事業性試算上は最も実現性が見込まれる原料という結果となりました。サプライチェーン構築・事業実現の活路を見出していくためには、地域特性はもとより、事業体毎の個別条件を精査していくことが重要であることを再認識しました。
- ③ 乾燥試験においては、最も簡易な方法として、丸太及び枝条状態での自然乾燥を選択し、透湿防水シートの効果を確認することができました。この結果は実際の気象条件下で得られたものであり、一定の再現性があると考えられます。一方で、今後の実運用を見越した場合には、自然乾燥場所の候補地や重機条件、乾燥対象量に即した実証も必要となるかと考えます。また、状況次第では、伐採地にて移動式チップパーで破碎後に乾燥が必要となる場面も想定されます。次年度においては、そうした運用パターンの整理とともに、必要に応じた乾燥の想定実証を行うことが必要と考えます。
- ④ チップ化実証試験では、事業性試算で想定した機種とは異なる機種のチップパーを用いて試験を行いました。枝条チップ化の生産性と品質傾向を把握する目的で実施したものでしたが、予想だにせず、比較のために実施した丸太材チップ化の結果が芳しくなく、ほぼおが粉状になってしまうという結果が得られました。カラマツという樹種特性とチップパー出力に起因するものと考えられますが、チップパー機種選定に係る重要な示唆を得られました。机上検討では把握できなかったことであり、仮に設備投資後に発覚してしまえば、実運用にかなりの制限がかかってしまったことは想像に難くありません。改めて、実証試験の重要性を感じました。
- ⑤ 燃焼試験においては、切削チップ状にすることができた枝条材（枝部分）を原料としたチップを用いました。粒度分布分析の結果としては、若干微細分の多いチップとなりましたが、燃焼試験に用いたボイラ（出力 100kW、乾燥チップ用ボイラ）においては、問題ない燃焼状態を確認することができました。今後は、燃料（原料）種別の成分分析等をふまえ、使用燃料計画等を精緻化していくことも重要かと考えます。

**(2) 協議会運営と事業構想について**

- ① 事業に対する主体性、知見、そして設備を有する市内外事業者が協議会メンバーとして積極的に参画していたことで、事業初年度にも関わらず、各地視察や実証試験を交えた踏み込んだ検討・協議を重ねることができました。実行力のある事業者の参画、そして腹を割って話せる関係性構築の重要性を認識しました。
- ② 各協議会メンバーの強みや意向について意見交換をしながら、今後の事業構想・スキームを立案できたことは、申請当初想定していなかった成果であると感じています。条件精査や合意形成はまだまだこれからの段階ですが、持続性・発展性のある事業を実現するべく、1つずつ課題をクリアしていきたいと考えています。

以上

令和4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」推進事業

山梨県北杜市  
「地域内エコシステム」モデル構築事業  
事業実施計画の精度向上支援  
報告書

令和5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  
〒198-0042 東京都青梅市東青梅4丁目3-1 木ズナのもり 2F  
TEL 0428-84-2445 FAX 0428-84-2446