

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

北海道紋別市
「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.....	8
3.1 地域協議会の設置・運営.....	8
3.1.1 協議会の設置.....	8
3.1.2 協議会の運営.....	9
3.2 サプライチェーン.....	11
3.2.1 紋別市の目指すサプライチェーン.....	11
3.3 燃料製造に関する取組.....	13
3.3.1 背板チップ乾燥に係る実証試験.....	13
3.4 木質バイオマスエネルギー利用に関する取組.....	19
3.4.1 木質バイオマスボイラー導入施設の検討.....	19
3.4.2 木質バイオマスボイラー導入に向けた試算.....	22
4. 総括.....	32

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。

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、燃料用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、北海道紋別市「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紋別市を支援対象地域としました（図 1-2）。

北海道紋別市は、北海道の東側、オホーツク海沿岸の中央に位置しており、南北 41 km、東西 34 kmの総面積 83,070ha と広大な市域を有しています。また、海岸線から内陸へ徐々に傾斜が増す地勢であり、西部は南北に連なる北見山地、南部は東西に起伏する千島火山系に囲まれています。総面積に対して森林面積は 65,758ha あり、市域の 79%が森林で占めているほか、海岸線は 28 kmに及び、雄大で美しい自然環境・景観を有している地方都市です。人口は 21,419 人（令和 2（2020）年 5 月時点）と、オホーツク管内（図 1-2 の左：緑の範囲）では北見市、網走市に次ぐ人口を有しています。

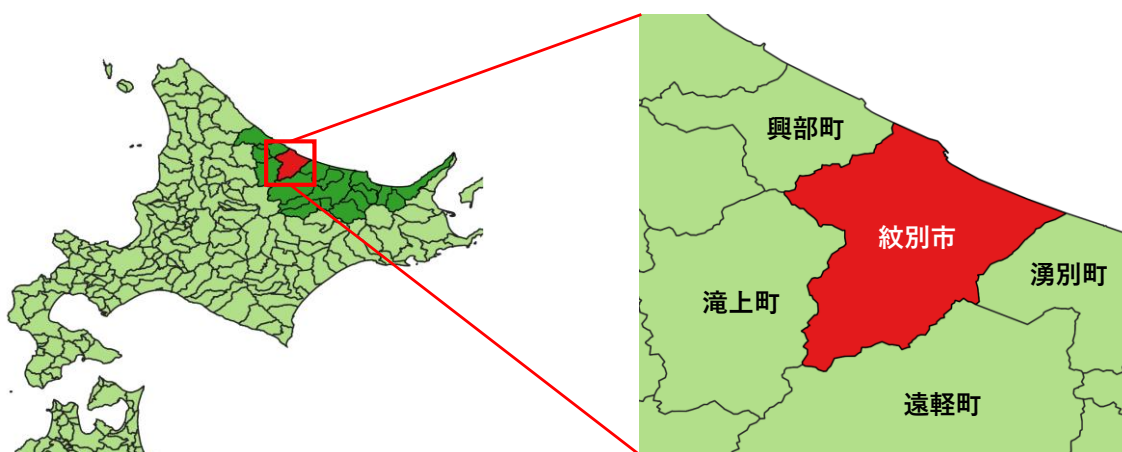


図 1-2 北海道紋別市の位置

紋別市の産業は、生乳・酪農畜産業を中心とする農業や利用期を迎えているカラマツ・トドマツ人工林の施業を中心とした林業、ホタテやサケ、マス等を中心とする漁業等の第一産業、第一産業を原料とした食品製造業や木材・木製品製造業等の第二次産業、春から秋は多数の野鳥やアザラシ、冬は流氷やクリオネといった豊かな自然を活かした観光業が主要な産業となっています。

林業・木材産業に着目すると、紋別市内に本社を置く登録林業事業者は 10 社、製材工場のある事業者は 3 社あります。また、林業・林産業事業者による団体が 3 団体、森林づくりを目的としたボランティア団体が 1 団体あります。これらの団体が活発に活動が続けてきたことから市内の森林・林業に関する関心は高く、平成 21（2009）年から周辺市町

村とともに、豊かな環境の保全と森林資源の循環利用を進めるため、森林認証制度の1つである「Sustainable Green Ecosystem Council」(SGEC)の取得を進め、令和元(2019)年度末時点で認証林面積は約328,000haまでに拡大し、全国一の認証林面積を誇る地域となっています。

1.3.2 地域における事業の位置づけ・目的

紋別市では、平成25(2013)年に「紋別市環境基本計画」、平成27(2015)年に「紋別市都市計画マスタープラン」、令和2(2020)年に「紋別市総合戦略」を制定しています(図1-3)。これらの計画では、二酸化炭素の排出削減による環境負荷の軽減に向けた再生可能エネルギーの利用拡大の検討や、地域活性化を目的とした産業の振興による雇用人口の増加等を定めています。各計画の目標達成に向けて、様々な取り組みを進めており、木質バイオマスの利用拡大により得られる効果は、目標の達成に向けて期待されています。

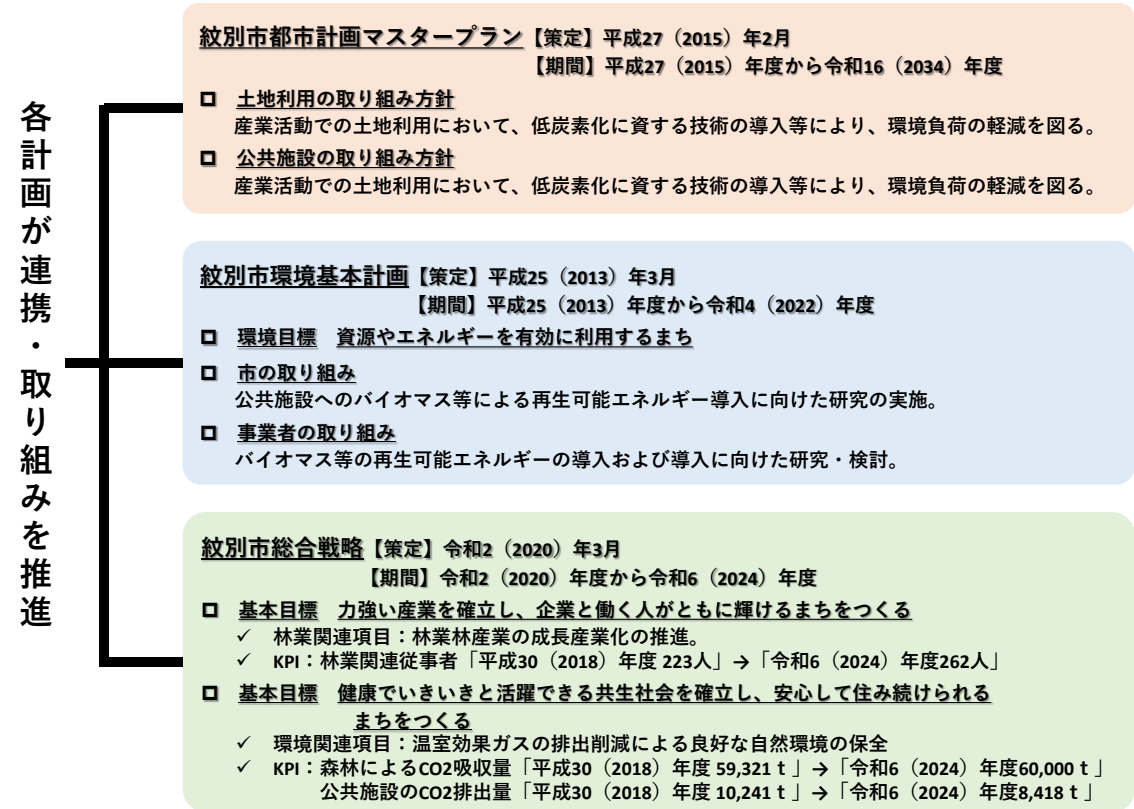


図 1-3 紋別市の各種環境関連政策

紋別市の公共施設等における木質バイオマスの熱利用状況は、平成 27（2015）年に広域紋別病院の暖房熱源として生チップボイラーを導入しています。しかし、導入時のイニシャルコスト（初期投資）と運用するためのランニングコスト（維持管理費）の合計が、化石燃料ボイラーより掛かり増しとなっていることから、市内の木質バイオマスボイラーの普及は進んでいない状況にありました。一方で、平成 28（2016）年 12 月には固定買取価格制度（FIT 制度）を活用した「紋別バイオマス発電所」が運用を開始し、市内における木質バイオマスの有効性や認知度が向上するとともに、木質バイオマスの利用拡大に向けた気運醸成がされているなか、道内製紙工場の相次ぐ再編により、市内の製材工場から出荷している背板チップ（製紙用チップ）が減少傾向にあることや、市内での背板チップの需要が元々少ない傾向にあります。

一方で、近隣地域（上川町、滝上町等）では欧州製の木質バイオマスボイラーを使用しており、木質バイオマスエネルギーの利用が進んでいます。また、平成 27（2015）年にボイラー導入した時よりも、①ボイラー自体の性能が向上しており、高い熱効率が得られること、②蓄熱タンクと併用した温水利用システムを使用することで、ボイラーの出力規模の縮小ができること、③三方弁やインバーターポンプを使用することで温水熱利用システムに係る消費電力や燃費が低減できること、④地域内で製造されるチップを乾燥させ、活用することで雇用・経済に貢献できることの 4 つが考えられ、市内で製造する背板チップ（製紙用チップ等）の利用拡大および木質バイオマスエネルギーの利用拡大の検討を行いたいと考えました。

これらのことから、背板チップの需要減少の改善とコストの低減、各種計画の施策の推進を目指していくには、木質バイオマスによる熱利用の拡大が必要と考えていますが、紋別市の木質バイオマスの利用拡大のための課題を整理すると、下記のとおりになります。

➤ 紋別市の木質バイオマスの利用拡大のための課題（背景・現状より整理）

- ① 燃料用チップは、乾燥技術の確立と安定供給のための体制の構築が必要
- ② 木質バイオマスの熱利用は、燃料供給者と利用者等の協力体制の構築が必要
- ③ 最新の木質バイオマスボイラーの特徴や熱利用システムの理解、情報収集が必要
→ 導入した既存の木質バイオマスボイラーとの違いを知り、今後の利用のあり方に反映する
- ④ 情報収集や構築した協力体制の合意形成の促進のために、専門家等の協力が必要
- ⑤ 固定買取価格制度（FIT 制度）終了後、既存の燃料用チップの需要を受け止める土台の作成が必要

⑥ 木質バイオマスの熱利用拡大に向けて、民間企業へ波及できるモデルの提示が必要
以上のことから、本事業を活用し、紋別市内の木質バイオマス利用拡大のための体制整備を検討することを目的とします。また、実施する項目は下記を想定し、事業を実施しました。

➤ 実施する項目

- ① 公共施設へのモデルとなる木質バイオマス熱利用施設の計画を検討すること
- ② 関係団体や企業と燃料用チップの生産・供給体制の構築のための検討をすること
- ③ 民間企業での木質バイオマスの熱利用の促進を目指すこと（波及モデルの検討）

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、北海道紋別市地域の「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

地域関係者で連携し、地域が主体となって事業計画を策定するための「**紋別市地域内エコシステム推進協議会（以下、協議会）**」を設置し、支援期間中に協議会を計１回開催しました。協議内容は紋別市の取り組み内容やサプライチェーンの確認等について、話し合いました。また、協議会に併せて、木質バイオマスに関わる勉強会も開催しました。

（２）サプライチェーン

紋別市の目指すサプライチェーンの構築に向けて、燃料用材の供給、燃料製造、エネルギー利用を持続的かつ安定した体制づくりに向けて、協議会の中で話し合いました。

（３）燃料製造に関する取組

紋別市における背板チップの燃料製造に関わる協議を進めるため、乾燥技術の確立および安定供給体制の構築に向けて、背板チップ乾燥に係る実証試験および乾燥した背板チップの木質バイオマスボイラーへの投入試験を実施しました。

これらの試験を行うことで、①背板チップの水分率の減少量を把握し、チップの乾燥に要する期間を把握すること、②乾燥した背板チップを実際にボイラーへ投入し、搬送系で問題があるのか否かを確認することを行い、今後の木質バイオマスボイラーの導入に向けた協議に活かしていきます。

（４）木質バイオマスエネルギー利用に関する取組

市内での木質バイオマスの熱利用の拡大および公共施設へのモデルとなる木質バイオマス熱利用施設の計画を検討するために、来年度リニューアルを予定している旧道都大学の体育館および更新時期が近づいている上渚滑地区の体育館の２施設における木質バイオマスボイラーの導入可能性について、精査しました。

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「紋別市地域内エコシステム推進協議会」を設置しました。

協議会のメンバーは、表 3-1 のとおりです。

表 3-1 紋別市地域内エコシステム推進協議会のメンバー

区分	所属先	
委員	紋別木材協同組合	
	紋別市林業・木材加工振興協議会	
	オホーツク中央森林組合	
	産業廃棄物事業者	
	オホーツク森林づくりクラブ	
	紋別市 総務部 企画調整課	
	建設部 都市計画課	
	市民生活部 環境生活課	
	産業部 商工労働課	
	北海道森林管理局 網走西部森林管理署 西紋別署	オブザーバー
	オホーツク総合振興局 産業振興部 林務課	オブザーバー
	オホーツク総合振興局 西部森林室	オブザーバー
	独立行政法人北海道立地方 総合研究機構森林研究本部林産試験場	オブザーバー
事務局	紋別市 産業部 農政林務課 林業振興担当	
	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

紋別市地域内エコシステム推進協議会は、令和2（2020）年12月10日の計1回開催しました。協議会をととして、地域の関係者で情報を共有しながら、地域内エコシステムの構築に向けて検討を行いました。また、協議会の実施に併せて、勉強会も開催しました（詳細は3.1.2（1））。

協議会の実施結果は、表3-2のとおりです。

表3-2 紋別市地域内エコシステム推進協議会の実施結果

協議会の実施結果	実施状況
▼ 第1回協議会【事業説明会兼勉強会】 開催日：令和2（2020）年12月10日 議題：実施主体への事業趣旨等の説明 ➤ 事業概要の説明 ➤ 取り組み内容の説明 ・ サプライチェーンの確認 ・ 実証試験について ・ 木質バイオマスボイラーの導入に関して 勉強会：木質バイオマスボイラーの熱利用システムについて	

(1) 勉強会の実施

最新の木質バイオマスボイラーの特徴や熱利用システムへの理解等に関する知見の共有や、理解の促進を目的に、近隣地域でのボイラー運用の実績を有している専門家を招き、講義や意見交換等の勉強会を実施しました。詳細は下記のとおりです。

【第 1 回勉強会：アイフォレスト株式会社 EYE-FOREST ～森を見る～】

開催日：令和 2（2020）年 12 月 10 日（木） 14 時 30 分から 15 時 30 分

場 所：紋別市役所 3 階 第 3 会議室（紋別市幸町 2 丁目）

講演者：大坪 祐輔 氏（アイフォレスト株式会社 執行役員部長）

講演内容：木質バイオマスボイラーの熱利用システムおよび紋別市の近隣地域（上川町）での導入事例について講演してもらい、意見交換を行った（図 3-1）。

❖ 大坪氏の講演内容（抜粋）

- Froling 社のチップ・ペレット兼用ボイラー T4 の特徴等の説明
- 北海道上川町の導入事例 4 箇所の紹介と利用の実態の説明
- 欧州の最新理論・技術を取り入れたシステムおよび従来システムの対比等を説明

❖ 協議会および勉強会の開催による主な意見（抜粋）

- 既存の流通先（製紙業者）への配慮は重要
- 近隣にある木質バイオマス発電所の理解を得た上で、協力しあえる体制づくりが必要
- 将来的に化石燃料の取り扱い事業者と共同で木質バイオマス事業が進められる体制づくりが必要
- チップ化後の乾燥以外の方法として、原木乾燥も検討していくことが必要

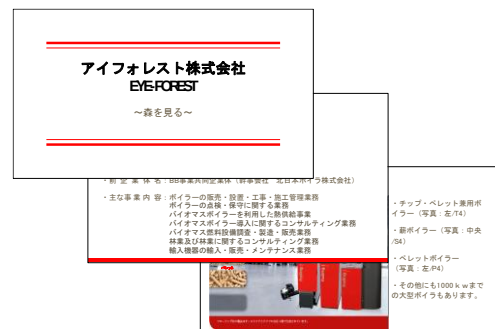


図 3-1 勉強会の開催（左）と勉強会資料例（右）

3.2 サプライチェーン

3.2.1 紋別市の目指すサプライチェーン

紋別市の目指すサプライチェーンについて、検討しました。

目標とする体制の大枠を示したものが図 3-2 で、本事業において詳細な検討を行う際のイメージは図 3-3 のとおりです。

令和 2（2020）年度現在、市内の製材工場が出荷している背板チップの主な流通先は道内の製紙工場になります。先述（P5）していますが、昨今の製紙工場の背板チップの需要減少が見込まれている一方で、市内にある木質バイオマス発電所では林地未利用材を主燃料として使用していることや、固定買取価格制度（FIT 制度）による電力買取は期間が定められていることから、紋別市内で木質バイオマスボイラー（準乾燥チップボイラー）を導入し、背板チップの需要の創出に向けた検討が必要と考えています。具体的な体制は、紋別市は準乾燥チップボイラーを公共施設への導入を検討し、燃料となる背板チップは紋別木材協同組合および紋別市林業・木材加工振興協議会の会員である各企業の既存製品の一部を活用することとし、燃料用チップの乾燥や燃料用チップの必要量の把握を行っていきます。また、木質バイオマス熱利用施設への安定した燃料供給は紋別木材協同組合が行うことを想定しています。そのほか、紋別市の取り組みに関する普及啓発は、協議会メンバーであるオホーツク森林づくりクラブが植樹・育樹活動やシンポジウム・セミナーの開催協力等、既存の活動をとおして実施していく予定です。

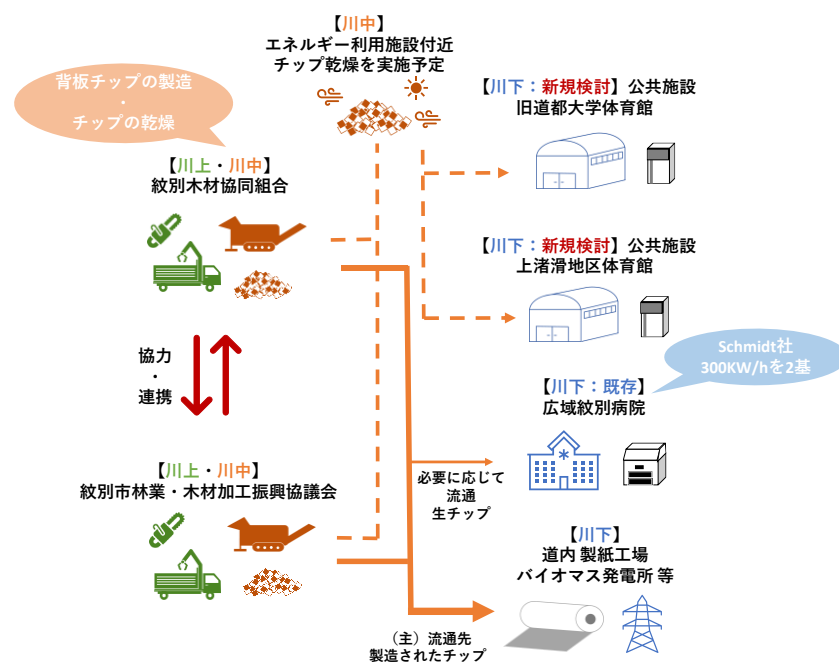


図 3-2 紋別市の目指すサプライチェーン

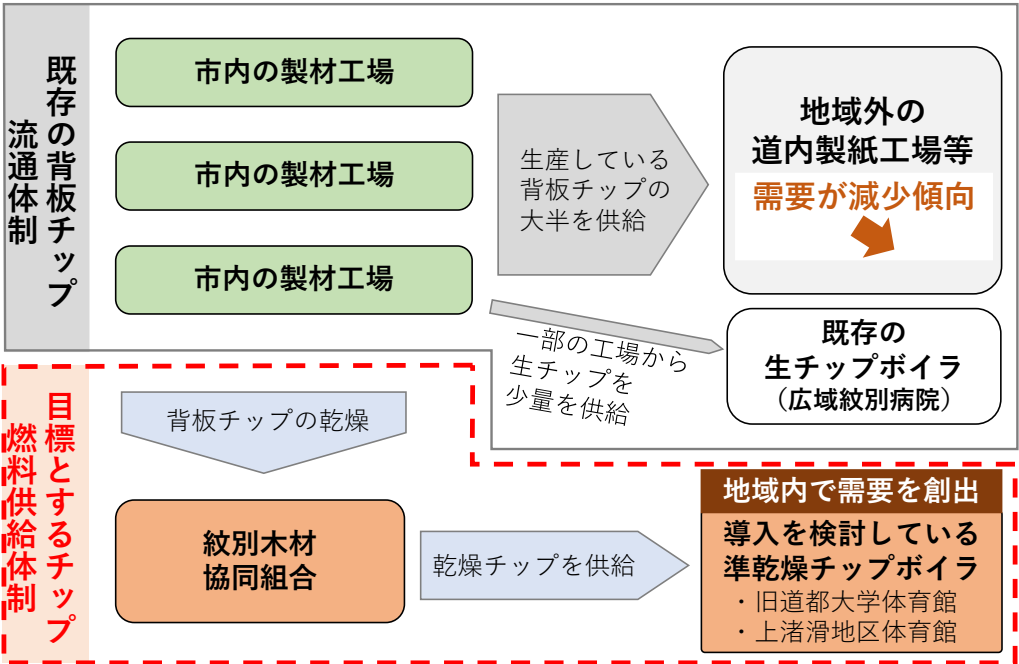


図 3-3 紋別市の目指すサプライチェーン：詳細な検討のイメージ

3.3 燃料製造に関する取組

3.3.1 背板チップ乾燥に係る実証試験

紋別市内の施設で稼働している木質バイオマスボイラーは、広域紋別病院で暖房熱源として生チップボイラーである Schmid 社製の 300kW を 2 基導入しています。燃料として市内で製造されている背板チップを使用していますが、使用量は年々減少傾向にあり、また、新たに導入検討している木質バイオマスボイラーは、稼働および運用する上で必要となるチップ品質の要求が生チップではなく準乾燥チップです。

このことから、紋別市における背板チップの燃料製造に関わる協議を今後進めていくために、乾燥技術の確立および安定供給体制の構築に向けて、背板チップ乾燥に係る実証試験および乾燥した背板チップの木質バイオマスボイラーへの投入試験を実施しました。

これらの試験を行うことで、①背板チップの水分率の減少量を把握し、チップの乾燥に要する期間を把握すること、②乾燥した背板チップを実際にボイラーへ投入し、搬送系で問題があるのか否かを確認することを行い、今後の木質バイオマスボイラーの導入に向けた協議に活かしていきます。



図 3-4 背板と背板チップの例 1



図 3-5 背板と背板チップの例 2

（１）背板チップ乾燥試験の目的

地域の製材工場は原木を製材から背板のチップ化までを一連のラインで行うため、既存の製材工場のラインを変更せず、コストを抑えた背板チップの自然乾燥を行う必要があります。乾燥は、市販のメッシュコンテナにチップを投入した状態で一定期間を静置して自然乾燥する方法を採用しました。

製材時の木材の水分は概ね 30～50% です。これを木質バイオマスボイラーにて熱利用するために乾燥させます。準乾燥チップボイラーを想定し、燃料用チップの規格である M35（水分 25～35%）の水準まで乾燥することを目的とします。

（２）背板チップ乾燥試験の方法

乾燥試験は、地方独立行政法人北海道立総合研究機構森林研究本部林産試験場の研究成果の一部を活用します。方法は、幅 1.5～2.0m、奥行 1～1.5m、高さ 1～1.3m 程度のメッシュコンテナに、下図のように通気性を確保するためのスリットを設けられたものにチップを投入し、チップ生産を行っている製材事業者の製材工場の敷地で数ヶ月静置して行います。

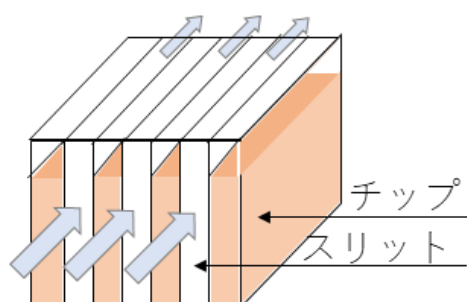


図 3-6 乾燥用コンテナの模式図

燃料チップの需要が多い冬期での乾燥期間を把握するため、乾燥試験は初冬から行いました。乾燥条件の悪い冬期の試験を行うことによって、夏期の乾燥期間はそれより少ないものと想定できます。

水分の測定は、乾燥前の水分を測定し、その後は質量を測定して計算により水分を求めます。乾燥中は、コンテナに入ったまま質量を測定するために、空の状態のコンテナの質量をあらかじめ測定しておきます。

コンテナは風通しの良い場所に設置し、検体は 4 つ用意します。雨や雪による濡れを防ぐため、上部には簡易な屋根をかけます。また、本試験では、4 検体を田の字のような形で配置しました（図 3-8）。

(3) 背板チップ乾燥試験結果

メッシュコンテナにチップを投入し、水分を計測した結果、乾燥前のチップの水分は41.9%でした。

本試験で使用したメッシュコンテナは、金網の目が粗いため投入したチップがこぼれないように、内側にプラスチック製の網で覆われており、スリットはプラスチック製の網を木枠に固定したもので構成されていました（図 3-7）。質量の測定は、クレーンスケールを使用し、フォークリフトからメッシュコンテナを吊り下げて行いました（図 3-8）。

また、本試験では、チップ投入作業は手作業で行いましたが、実際の運用の際には重機を使用してチップを詰めることを想定しています。



出典：紋別市職員による撮影

図 3-7 スリットを施行したコンテナ（左）とチップ投入作業（右）



出典：紋別市職員による撮影

図 3-8 乾燥中のコンテナ（左）とコンテナの質量測定作業（右）

定期的な質量の測定と、それにより計算された水分の変化は図 3-9 になります。11 月下旬に水分 41.9%から乾燥を開始し、その後の水分の変化は、3 週間後で約 12%、8 週間後で 17%の減少が確認できました。

補足として、No.3 のコンテナの水分変化と他のコンテナの水分変化の相違について、単純に比較して想定できることは、コンテナの配置方法が影響したと考えられます。本試験ではコンテナの配置を田の字のように配置しました（図 3-10）。これにより主風方向に対して、No.3 のコンテナはNo.1、No.2、No.4 のコンテナが壁となり、風が通りにくい状況になったと想定されます。そのため、コンテナによるチップ乾燥を行う場合は、風方向を考慮することと、コンテナの配置方法にも留意する必要があります。

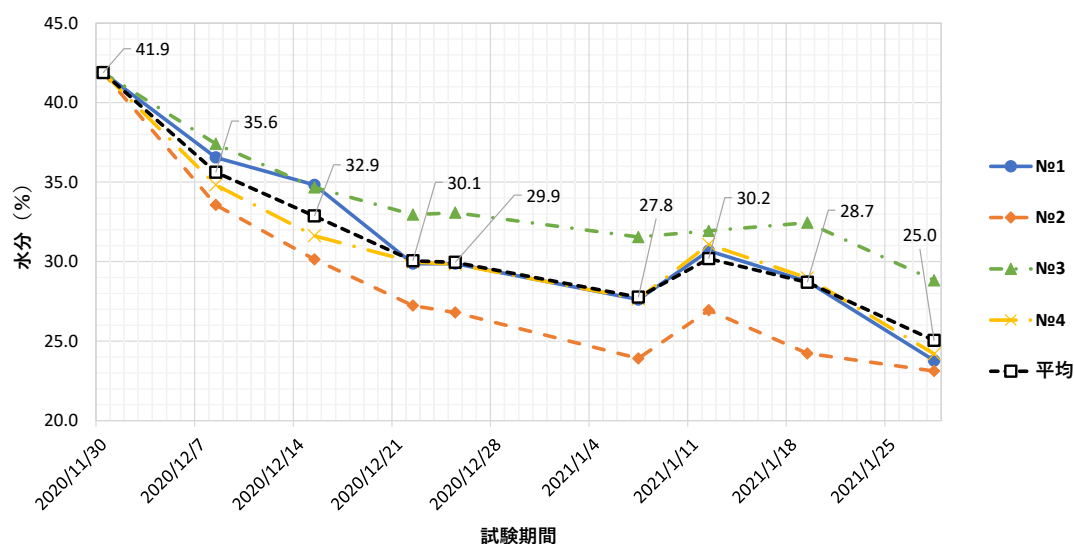


図 3-9 チップの水分の変化

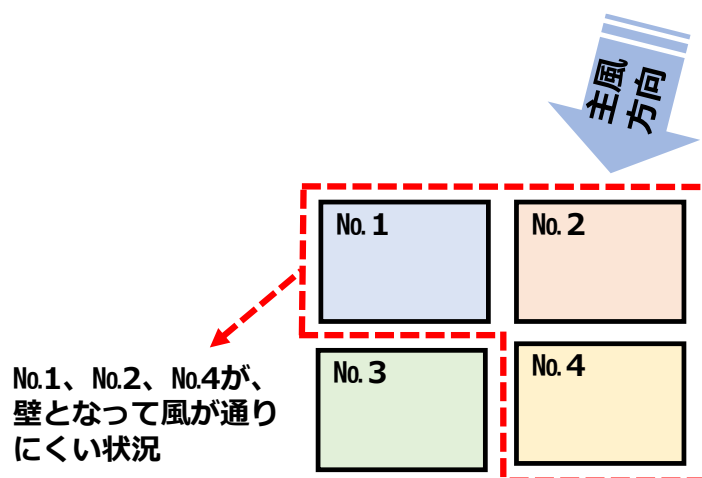


図 3-10 コンテナの配置方法と乾燥のしにくさのイメージ

図 3-11 は乾燥期間中の日あたりの平均気温と平均湿度を示します。

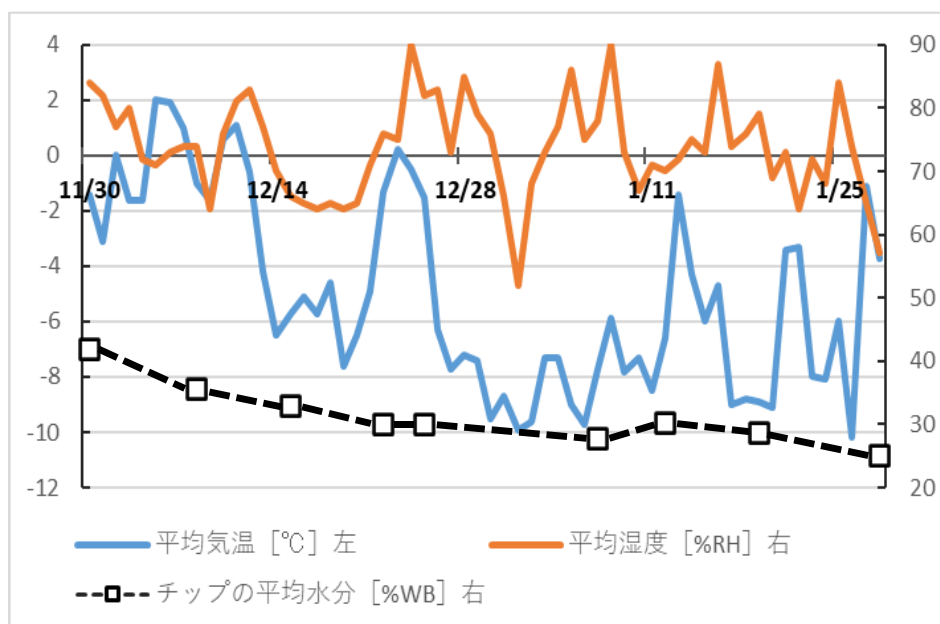


図 3-11 期間中の日あたりの平均気温と平均湿度

乾燥期間中の日あたりの平均気温は、初冬はプラスの日もあったが、基本的には冬期であるためマイナスの気温でした。それに関わらず、乾燥が可能であることが確認できました。冬期の60日間で、チップは水分41.9%から25.0%まで乾燥しました。1日あたり水分0.3%の低下になります。

また、乾燥には次の点に注意して対策を取ることができると乾燥期間が短くなります。

- 風雪を凌ぐ屋根は、直接上部に設置すると日光を遮断する。
- 側面へ風雪が直接当たることにより着氷し、乾燥を阻害する。
- 周辺の積雪が影響し、風を遮断する。
- 風上のコンテナは晴天時には乾燥に有利だが、荒天時は着氷等により乾燥が遅れる。
- 風方向とコンテナの配置方法を考慮する必要がある。

（４）乾燥した背板チップの木質バイオマスボイラーへの投入試験

乾燥を完了したチップを広域紋別病院に設置してある木質バイオマスボイラーへ投入して、供給と燃焼の動作確認を行いました。木質バイオマスボイラーは株式会社トモエテクノが扱うスイスの Schmid 社製の「UTSR-300」で、出力 300kW です。

乾燥したチップは、ダンプ可能なコンテナ車へ入れ替えて運搬し、チップサイロへ投入を行いました。それらの作業において特に問題になる障害は発生しませんでした。

投入されたチップは、サイロ内の油圧による切出し装置やスクリーンコンベヤにより運搬されますが、詰まることなく木質バイオマスボイラーまで運搬されることが確認でき、また、燃焼状態も特に問題が無いことが確認できました。



出典：紋別市職員による撮影

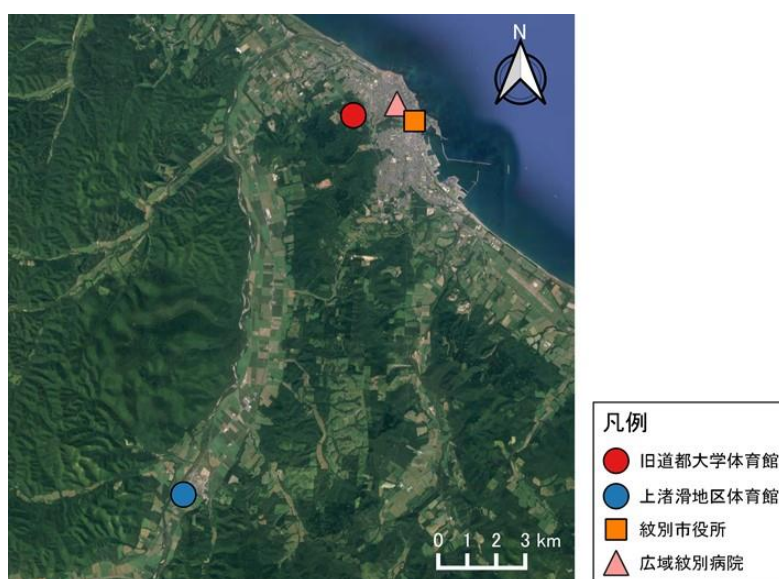
図 3-12 コンテナ車へのチップ投入作業（左）と
ボイラーのサイロへのチップ投入作業（右）

3.4 木質バイオマスエネルギー利用に関する取組

3.4.1 木質バイオマスボイラー導入施設の検討

市内にある公共施設について、木質バイオマスボイラーの導入の可能性を探りました。今年度に検討した施設は、旧道都大学の体育館および上渚滑地区の体育館です。

また、木質バイオマスボイラーの導入予定施設の位置は図 3-13 で、各施設の空中写真は図 3-14 のとおりです。



注：導入予定施設は、凡例の丸の2箇所（旧道都大学体育館、上渚滑地区体育館）が該当します。

図 3-13 木質バイオマスボイラーの導入予定施設の位置

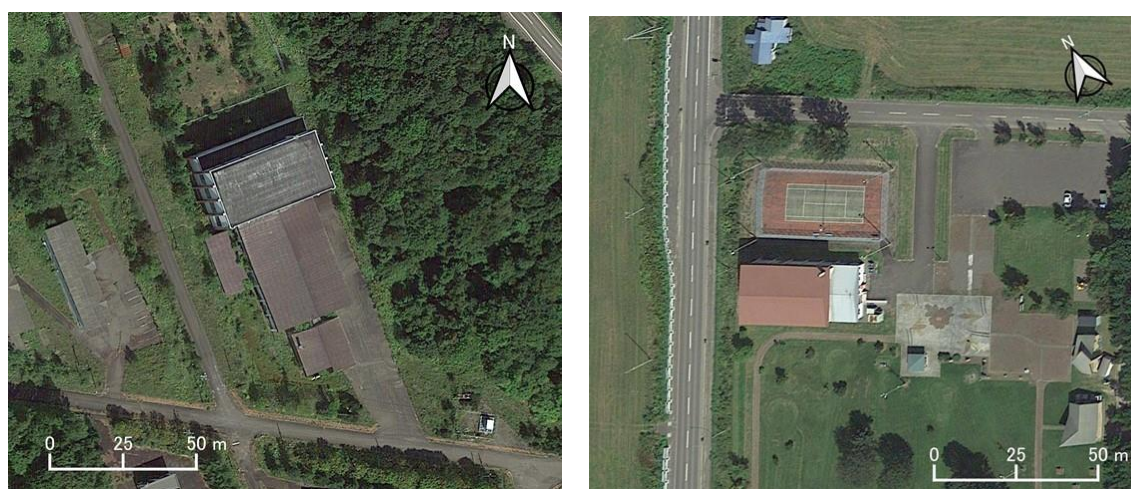


図 3-14 木質バイオマスボイラーの導入予定施設の空中写真

（左：旧道都大学の体育館、右：上渚滑地区の体育館）

(1) 旧道都大学の体育館

道都大学紋別キャンパスは昭和 53（1978）年に紋別市に開学しましたが、平成 17（2005）年に社会福祉学部が札幌キャンパスへ移転したため、閉鎖されました。その後、キャンパスの土地や建物は紋別市に譲渡され、跡地利用について検討が行われた結果、令和 3（2021）年に、体育館部分を使用するために改修工事を行う計画の中で、暖房熱源として木質バイオマスボイラーを導入する検討を行います。

場所は紋別市落石町 7 丁目にあり、市の中心部から車で約 5 分の所に位置します。

体育館の面積はおよそ 1,680m²であり、床は板張り、1 階にあたる高さまではコンクリートブロック壁のモルタル仕上げ、2 階にあたる部分は採光用の窓と軽量鉄骨により構成されています。暖房は温風による全空気式の A 重油焚きの空調設備があります。増築されたため機械室は 2 ヶ所、体育館の両端の離れた位置にあります



図 3-15 旧道都大学体育館の外観と内部

(2) 上渚滑地区の体育館

上渚滑地区の体育館は、年間を通して利用されています。

場所は紋別市上渚滑町 1 丁目にあり、市の中心部から車で約 25 分の所に位置します。

体育館の面積はおよそ 384m²であり、管理用の事務室や幼児用のプレイルームなどを合わせると建物全体で 504m²です。体育館の床は板張り、1 階にあたる高さまではコンクリートブロック壁のモルタル仕上げ、2 階にあたる部分は採光用の窓と軽量鉄骨により構成されています。暖房は温風による全空気式の灯油焚きの空調設備がある。開館時間は下の表のとおりです。

表 3-3 上渚滑体育館の開館時間

平日	13:00～21:00
土曜	9:00～21:00
日曜	9:00～17:00
休館	月曜



図 3-16 上渚滑地区体育館の外観と内部

3.4.2 木質バイオマスボイラー導入に向けた試算

(1) 旧道都大学の体育館への木質バイオマスボイラーの選定

木質バイオマスボイラーは、背板チップを水分 30%程度に乾燥させて使用するため種類は準乾燥チップボイラーを使用します。

この施設は、しばらく使用されていない施設のため、各月の燃料使用量等について現在の記録が無いです。そのため、各月の熱需要を計算により求める必要があります。そこで次のような条件において計算を行います。

- ① 想定される開館時間は、週に 5 日間で 8:30～17:30 と仮定します。
- ② 体育館 1（旧館）の機械室は水没しているため使用しません。
- ③ 体育館 2（新館）の地下の更衣室を機械室として使用します。
- ④ 国土交通省建築設備設計基準に基づいて設計します。
- ⑤ 建築図は平面図、矩計図を使用します。
- ⑥ 室内温湿度条件、屋外温湿度条件を使用し、矩計図から壁などの熱通過率を算出して、体育館 1 と体育館 2 について暖房熱負荷を算出します。
- ⑦ 1 日の気温変動は厳寒期の日中の気温変化を使用し、季節変動は sin カーブと想定します。外気温は気象庁の 10 年間の記録から最も低い値を使用します。
- ⑧ 同時に使用する利用者数は単位面積あたりの人数を 0.2 人/m^2 と設定し、スポーツ利用のため換気量は $30\text{m}^3/\text{h}$ とします。
- ⑨ 木質バイオマスボイラー用のチップサイロは、チップ投入がダンプ車両によるダンブアップにて行うため新築するものと仮定します。
- ⑩ 暖房方式は、既存設備を活かすことを考慮して全空気式にて暖房を行います。熱源機器と空調機（エアーハンドリングユニット）の構成とします。
- ⑪ 既存の A 重油ボイラーは老朽化しているためバックアップボイラとして使用しません。
- ⑫ 木質バイオマスボイラーを使用する場合は化石燃料ボイラーとの併用はせず、100%木質バイオマスをエネルギー源とします。

これらにより算出された各月各時間の暖房熱需要は表 3-4 になります。

表 3-4 各月各時間の暖房熱需要

時	1月 kW	2月 kW	3月 kW	4月 kW	5月 kW	6月 kW	7月 kW	8月 kW	9月 kW	10月 kW	11月 kW	12月 kW
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	425	399	325	212	74	0	0	0	74	212	325	399
7	418	392	320	209	73	0	0	0	73	209	320	392
8	409	385	313	205	71	0	0	0	71	205	313	385
9	402	378	308	201	70	0	0	0	70	201	308	378
10	392	369	301	196	68	0	0	0	68	196	301	369
11	384	361	294	192	67	0	0	0	67	192	294	361
12	374	352	287	187	65	0	0	0	65	187	287	352
13	374	352	287	187	65	0	0	0	65	187	287	352
14	376	353	288	188	65	0	0	0	65	188	288	353
15	376	353	288	188	65	0	0	0	65	188	288	353
16	385	362	295	193	67	0	0	0	67	193	295	362
17	394	370	302	197	68	0	0	0	68	197	302	370
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

また、表 3-4 を図に示すと下記のとおりで、図中の黒い線が熱需要を示しています。

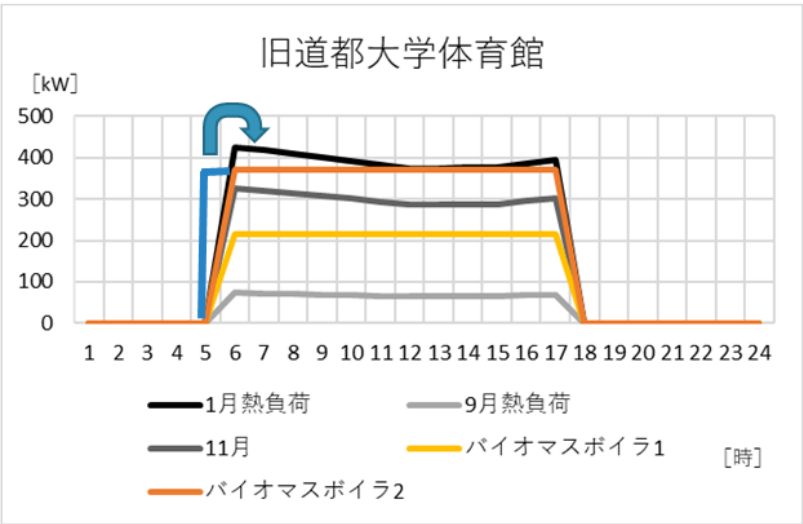


図 3-17 熱需要の変動と 2 台のボイラー出力のグラフ

木質バイオマスボイラーは定格出力の 30%まで出力を絞ることができます。春や秋の熱需要は 65kW のため、それに対応することを考えると 1 基の大規模なボイラーでは絞り切れません。そのため、今回は木質バイオマスボイラーを 2 基設置することにします。

ボイラーの規模は、必要な熱需要のほかに、配管から放熱する損失や経年劣化を想定する必要があります。これらはある割合で与え、その値は国土交通省建築設備設計基準に基づいて表 3-5 のように選定します。このことにより、選定した木質バイオマスボイラーの 1 基目は 250kW、木質バイオマスボイラーの 2 基目は 180kW とし、合計のボイラー規模は 430kW とします。

表 3-5 ボイラーの規模と実際の能力

ボイラー規模	250	kW
k2 配管損失係数	1.05	—
k3 装置負荷係数	1	—
k4 経年係数	1.05	—
k5 能力補償係数	1.05	—
ボイラー能力	216	kW

木質バイオマスボイラーは化石燃料ボイラーと比べると高価です。そのためできるだけ小さい規模を選定します。これは熱需要のピークに合わせてボイラー規模を選定するのではなく、ピークには水を媒体とした蓄熱槽を利用することで対応することとし、ベースとなる熱需要については木質バイオマスボイラーから供給します。蓄熱槽は、ボイラーに余裕のある時間帯に蓄熱槽内の水を昇温しておき、ピークなど熱需要が必要な時に使用します。本件では朝の数時間分にピークがあることが計算で確認され、その熱量は 252kWh 分が必要なため蓄熱槽の容量は 7.2m³とします。蓄熱槽の運用は図 3-17 の青い矢印で示したとおりとなるよう、開館の約 2 時間前から室温を上げるための運転を行います。

（２）旧道都大学の体育館でのイニシャル・ランニングコストの試算

費用の算出は、建築工事の積算向けの書籍などから統計的な値を使用して行います。木質バイオマスボイラーなど特殊な機器については、複数の案件からの統計的な値を使って概算金額として算出します。熱源機器と空調機、それに付随するポンプや配管などを更新するものとして算出します。ボイラーや空調機は既存機械室もしくは隣接する更衣室を機械室へ改修して使用します。木質バイオマスボイラーの燃料であるチップの保管サイロは、チップの投入方法の都合のため別棟で新築するものとします。化石燃料価格は、資源エネルギー庁がまとめている統計値から過去 3 年間の平均値を使用します。

これらにより、イニシャルコストは表 3-6 のように算出されます。なお、機械設備にはボイラー、空調機、ポンプ、配管等が含まれており、建築工事にはチップの保管サイロが含まれます。

表 3-6 旧道都大学体育館の熱源機器類のイニシャルコスト

項目	旧道都大学体育館	
ボイラー種類	A 重油	チップ
機械設備	41,685 千円	90,129 千円
建築工事	0 千円	15,300 千円
電気工事	2,000 千円	4,300 千円
経費	8,737 千円	21,946 千円
合計	52,422 千円	131,675 千円

これを前提として、イニシャルコストは補助金の使用により 1/2 補助を受けるものとし、また年間のランニングコストは水分 30%程度に乾燥したチップ価格を次のよう 15 円/kg、20 円/kg に設定して算出します。化石燃料ボイラーの導入についての補助は無いものとします。

表 3-7 旧道都大学体育館の費用

項目			旧道都大学体育館		
		No.	1	2	3
燃料種類			チップ		A重油
バイオマス燃料単価		円/kg	15	20	
化石燃料代替率		%	100		0
導入規模	出力	kW	430		430
		kcal/h	370,000		370,000
イニシャルコスト	補助前	千円	131,700		52,500
	補助後		65,850		52,500
バイオマス燃料消費量		t/年	182		0

《費用》

ランニングコスト	燃料調達費	千円/年	2,727	3,636	5,340
	人件費		0		0
	維持管理費		1,976		525
	ばい煙測定費		100		0
費用合計①			4,803	5,712	5,865

注：端数処理により値が一致しない場合があります。

イニシャルコストは 1/2 の補助を受けた木質バイオマスボイラーの場合においても、化石燃料ボイラーの方が安いです。

表 3-7 よりイニシャルコストとランニングコストの累積額を算出します。木質バイオマスボイラーについては補助適用後の金額を使用して、毎年累積したものを示します。

初年度はイニシャルコストとランニングコストがかかり、2 年度からはランニングコストのみがかかるものとして累積します。算出した結果は図 3-18 になります。

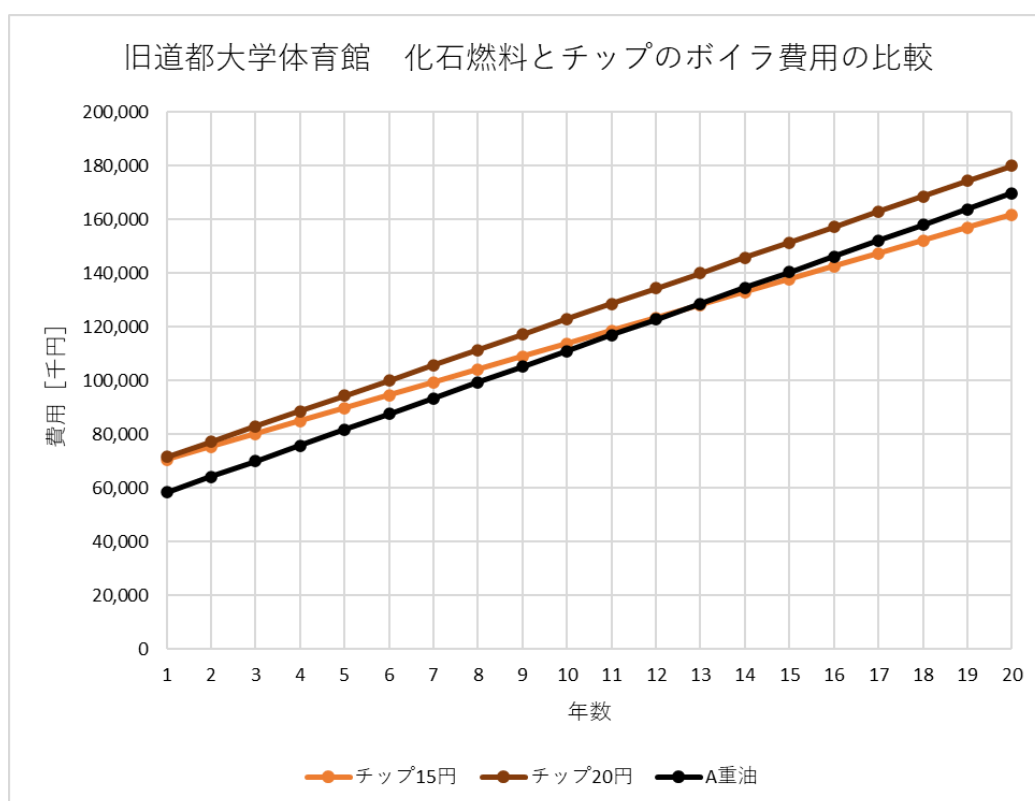


図 3-18 旧道都大学体育館のイニシャルコストとランニングコストの累積額

イニシャルコストが高い木質バイオマスボイラーは燃料費が安いのでランニングコストは安いです。本試算において、化石燃料ボイラーの費用と逆転するのは、チップ価格が 15 円/kg の場合で 13 年になります。木質バイオマスボイラーの寿命はメンテナンスをしっかり行えば 15～20 年程度は使用できるとされており、木質バイオマスボイラーの寿命までに費用面において有利となり、チップ価格が 20 円/kg では木質バイオマスボイラーの寿命までに、費用面で有利とはならず、化石燃料ボイラーの方が費用は少なくて済む結果となります。

また、A 重油を使用しないことによる二酸化炭素削減効果は、184.6 t -CO₂/年です。

(3) 上渚滑地区の体育館への木質バイオマスボイラーの選定

木質バイオマスボイラーは、背板チップを水分 30%程度に乾燥させて使用するため、種類は準乾燥チップボイラーを使用します。

各月の熱需要を計算により求めます。そのため、次のような条件で計算を行います。

- ① 国土交通省建築設備設計基準に基づいて設計します。
- ② 建築図は平面図、矩計図を使用します。
- ③ 室内温湿度条件、屋外温湿度条件を使用し、矩計図から壁などの熱通過率を算出して、暖房熱負荷を算出します。
- ④ 1 日の気温変動は厳寒期の日中の気温変化を使用し、季節変動は sin カーブと想定します。外気温は気象庁の 10 年間の記録から最も低い値を使用します。
- ⑤ 利用者が少ないとことのため、単位面積あたりの人数を 0.1 人/m^2 と設定し、スポーツ利用のため換気量は $30\text{m}^3/\text{h}$ とします。
- ⑥ 木質バイオマスボイラー用の機械室とチップサイロは、既存機械室内にスペースが無いため新築します。
- ⑦ 暖房方式は、既存設備を活かすことを考慮して全空気式にて暖房を行います。熱源機器からの温水は、ダクト内に新たに熱交換コイルを組み込む工事をして熱交換し、温風として供給します。
- ⑧ 木質バイオマスボイラーを使用する際は、化石燃料ボイラーをバックアップとして残しますが、基本的には使用せず、100%木質バイオマスをエネルギー源とします。

これらにより算出された各月各時間の暖房熱需要は表 3-8 になります。

表 3-8 各月各時間の暖房熱需要

時	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	91	85	69	45	16	0	0	0	16	45	69	85
8	82	77	63	41	14	0	0	0	14	41	63	77
9	78	73	60	39	14	0	0	0	14	39	60	73
10	78	73	59	39	13	0	0	0	13	39	59	73
11	76	72	58	38	13	0	0	0	13	38	58	72
12	77	72	59	38	13	0	0	0	13	38	59	72
13	78	73	59	39	13	0	0	0	13	39	59	73
14	78	73	59	39	13	0	0	0	13	39	59	73
15	79	74	60	39	14	0	0	0	14	39	60	74
16	81	76	62	40	14	0	0	0	14	40	62	76
17	84	79	64	42	15	0	0	0	15	42	64	79
18	88	82	67	44	15	0	0	0	15	44	67	82
19	89	84	68	45	15	0	0	0	15	45	68	84
20	79	74	61	40	14	0	0	0	14	40	61	74
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

また、表 3-8 を図に示すと下記とおりで、図中の黒い線が熱需要を示しています。

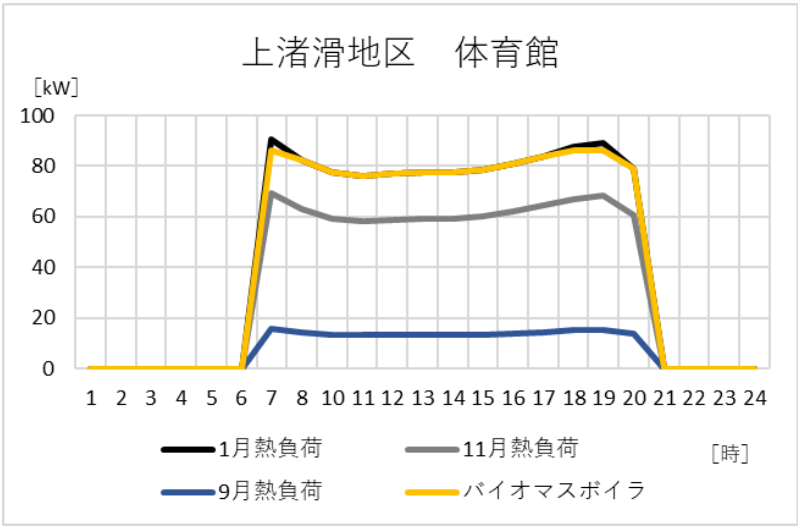


図 3-19 熱需要の変動と 2 台のボイラー出力のグラフ

ボイラーの規模は、必要な熱需要のほかに、配管から放熱する損失や経年劣化を想定する必要があります。これらはある割合で与え、その値は国土交通省建築設備設計基準に基づいて表 3-9 のように選定します。このことにより、選定した木質バイオマスボイラーは 110kW となります。

表 3-9 ボイラーの規模と実際の能力

ボイラー規模	110	kW
k2 配管損失係数	1.05	—
k3 装置負荷係数	1.1	—
k4 経年係数	1.05	—
k5 能力補償係数	1.05	—
ボイラー能力	86	kW

これより1段階小さいボイラーは100kWですが、1日の熱需要の変動が少ないため、夕方の時間帯のための蓄熱をする時間帯が無く蓄熱槽の運用がしづらいです。そのためピークの熱需要に対する蓄熱槽は使用しない設計としました。

蓄熱槽を使用しないため、開館の2時間程度前から室温を上げるための運転を行います。

(4) 上渚滑地区の体育館へのイニシャル・ランニングコストの試算

費用の算出は建築工事の積算向けの書籍などから統計的な値を使用して行います。木質バイオマスボイラーなど特殊な機器については、複数の案件からの統計的な値を使って概算金額として算出します。木質バイオマスボイラーの機械室と燃料であるチップの保管サイロは既存機械室内にスペースが無いいため別棟で新築します。

化石燃料価格は資源エネルギー庁がまとめている統計値から過去3年間の平均値を使用します。

これらによりイニシャルコストは表3-10のように算出されます。なお、機械設備にはボイラー、ポンプ、配管等が含まれており、建築工事にはチップの保管サイロが含まれます。

表 3-10 上渚滑地区の体育館熱源機器類のイニシャルコスト

項目	上渚滑地区体育館	
ボイラー種類	灯油	チップ
機械設備	3,261 千円	20,100 千円
建築工事	0 千円	10,300 千円
電気工事	1,000 千円	2,000 千円
経費	852 千円	6,480 千円
合計	5,113 千円	38,880 千円

これを前提として、イニシャルコストは補助金の使用により 1/2 補助を受けるものと
し、また年間のランニングコストは水分 30%程度に乾燥したチップ価格を次のよう 15 円
/kg、20 円/kg に設定して算出します。化石燃料ボイラーの導入についての補助は無いも
のとしします。

表 3-11 上渚滑地区の体育館の費用

項目			上渚滑地区体育館		
		No.	1	2	3
燃料種類			チップ		灯油
バイオマス燃料単価		円/kg	15	20	
化石燃料代替率		%	100		0
導入規模	出力	kW	110		110
		kcal/h	95,000		95,000
イニシャルコスト	補助前	千円	38,900		5,200
	補助後		19,450		5,200
バイオマス燃料消費量		t/年	34		0
導入前の化石燃料使用量		L/年	13,567		0
導入後の化石燃料使用量		L/年	0		13,567
《費用》					
ランニングコスト	燃料調達費	千円/年	511	681	1,105
	人件費		0		0
	維持管理費		584		52
	ばい煙測定費		0		0
費用合計①			1,095	1,265	1,157

注：端数処理により値が一致しない場合があります。

イニシャルコストは 1/2 の補助を受けた木質バイオマスボイラーの場合においても、化石燃料ボイラーの方が安いです。

表 3-11 よりイニシャルコストとランニングコストの累積額を算出します。木質バイオマスボイラーについては補助適用後の金額を使用して、毎年累積したものを示します。

初年度はイニシャルコストとランニングコストがかかり、2 年度からはランニングコストのみがかかるものとして累積します。算出した結果は図 3-20 になります。

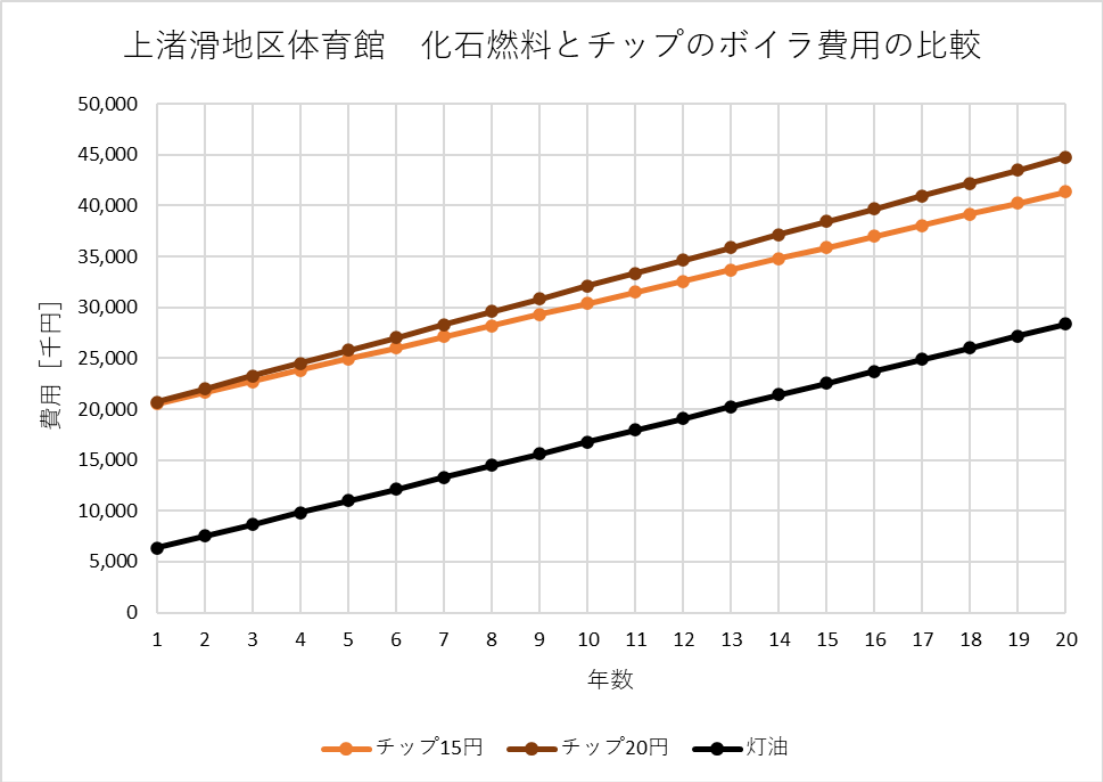


図 3-20 上渚滑地区体育館のイニシャルコストとランニングコストの累積額

ボイラーの規模が小さいため、木質バイオマスボイラー本体価格は高上りになります。そのため本試算では化石燃料ボイラーとの比較において、費用面で有利とならない結果になりました。

また、灯油を使用しないことによる二酸化炭素削減効果は、33.8 t-CO₂/年です。

4. 総括

(1) 取り組み内容のまとめ

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

① 燃料製造に関する取組

紋別市における背板チップの燃料製造に関わる協議を今後進めていくために、乾燥技術の確立および安定供給体制の構築に向けて、背板チップ乾燥に係る実証試験および乾燥した背板チップの木質バイオマスボイラーへの投入試験を実施しました。

❖ 背板チップ乾燥に係る実証試験

- 既存の製材工場のラインを変更せず、背板チップを自然乾燥により乾燥チップの生産ができないかを試験しました。
- 乾燥は、市販のメッシュコンテナにチップを投入した状態で一定期間を静置し、自然乾燥を行い、また、乾燥期間を進める工夫としてメッシュコンテナに通風性を高めるためのスリットを設けているものを使用しました。
- 試験時期は、燃料用チップの需要が多く、乾燥条件の悪い冬期を対象としました。
- 試験期間は冬期の60日間（令和2（2020）年11月下旬から1月下旬）に実施し、平均気温はマイナスでしたが、チップは水分41.9%（試験開始時）から25.0%（投入試験前）まで乾燥し、水分変化は試験開始時から3週間後で水分が約12%、8週間後で水分が約17%減少しており、条件によっては1日あたりの水分の低下は0.3%を見定めることがわかりました。
- コンテナを利用した乾燥を行う場合、下記の対策をとると乾燥期間を短期にする要素であることがわかりました。
 1. 風雪を凌ぐ屋根は、直接上部に設置すると日光を遮断する。
 2. 側面へ風雪が直接当たることにより着氷し、乾燥を阻害する。
 3. 周辺の積雪が影響し、風を遮断する。
 4. 風上のコンテナは晴天時には乾燥に有利だが、荒天時は着氷等により乾燥が遅れる。
 5. 風方向とコンテナの配置方法を考慮する必要がある。

❖ 乾燥した背板チップの木質バイオマスボイラーへの投入試験

- 背板チップ乾燥に係る実証試験で乾燥を完了したチップを、市内の木質バイオマス熱利用施設である広域紋別病院に運搬し、燃料供給と燃焼の動作確認を行いました。
- 木質バイオマスボイラーは、株式会社トモエテクノが取り扱うスイスの Schmidt 社製の「UTSR-300」で、出力 300kW です。
- 燃料供給の動作確認の結果、乾燥したチップをダンプが可能なコンテナ車に入れ替え、運搬し、チップサイロへ投入しました。これらの作業において問題になる障害は発生しませんでした。
- 燃焼の動作確認の結果、投入されたチップはサイロ内の油圧による切出し装置やスクリーコンベアにより搬送されますが、詰まることもなく、また、燃焼状態においても問題がないことを確認できました。

② 木質バイオマスエネルギー利用に関する取組

市内にある公共施設での木質バイオマスボイラーの導入の可能性を探り、旧道都大学の体育館、上渚滑地区の体育館の2施設について、各種条件を精査しながら導入試算の精度向上を行いました。

❖ 旧道都大学の体育館

- 選定したボイラー規模は、1基目が250kW、2基目が180kWで合計430kWとしました。また、ピーク時の対応として蓄熱槽を利用します。
- 総事業費は、約1億3,170万円（補助あり：約6,585万円）でした。ランニングコストは、チップ購入価格15円/kgの時に約480万円、20円/kgの時に約571万円となります。
- イニシャルコスト（初期投資）とランニングコスト（維持管理費）の累積額を比較すると、本試算では化石燃料ボイラーの費用より有利となるのは、チップ購入価格15円/kgの場合で13年でした。木質バイオマスボイラーの寿命はメンテナンスを定期的に行えば、15～20年程度は使用できるとされているため、寿命までに費用面において有利となる結果となりました。
- A重油を使用しないことによる二酸化炭素削減効果は、184.6 t-CO₂/年でした。

❖ 上渚滑地区の体育館

- 選定したボイラー規模は、110kWとしました。また、1日の熱需要の変動が少ないため、蓄熱槽を利用した運用はしないこととします。
- 総事業費は、約3,890万円（補助あり：約1,945万円）でした。ランニングコストは、チップ購入価格15円/kgの時に約109万円、20円/kgの時に約126万円となります。
- イニシャルコスト（初期投資）とランニングコスト（維持管理費）の累積額を比較しましたが、本試算ではボイラーの規模が小さいため、ボイラーの本体価格は高上りとなっています。そのため、化石燃料ボイラーとの比較において、費用面で有利とはならない結果になりました。
- 灯油を使用しないことによる二酸化炭素削減効果は、33.8 t-CO₂/年でした。

(2) 今後の取り組みと展開

本事業の取り組みの結果をもとに、今後の紋別市における実施項目と計画案（ロードマップ）を図 4-1 のとおり整理しました。

本事業（令和 2（2020）年度）では、紋別市地域内エコシステム推進協議会を設置し、運営を開始しました。また、燃料製造に関わる協議を実施主体と行うために、背板チップ乾燥に係る実証試験を実施したほか、市内にある公共施設 2 箇所（旧道都大学の体育館、上渚滑地区の体育館）の木質バイオマスボイラーの導入に関して、各種条件を精査し、試算の精度向上を行いました。

令和 3（2021）年度以降の取り組みおよび展開は、設立した協議会を継続的に運営し、持続的かつ安定的な木質バイオマスの利用を目指した協議を行います。また、協議会メンバーである実施主体との合意形成を図ることと、近隣の木質バイオマス事業を行う主体と協力体制を構築することを目指します。さらに、地域に密着した熱意があり、推進力となりうる人材を育成し、事業を持続的に運用ができる人材の増加も目指していきます。取り組み等の普及啓発（PR）は、協議会の運営と並行しながら実施していき、木質バイオマスの利用に関する勉強会等を開催することで、気運醸成に努めます。

燃料製造に関しては、令和 2（2020）年度に実施した実証試験の結果をもとに燃料用チップの製造に向けた方法を引き続き検討していきます。また、木質バイオマスボイラーが導入された後の燃料供給体制について、実施主体と協議等を行います。

そのほか、木質バイオマスボイラーの導入検討した施設以外についても、木質バイオマスエネルギーの導入可能性を探り、導入可能な施設が見つければ検討を行っていきます。

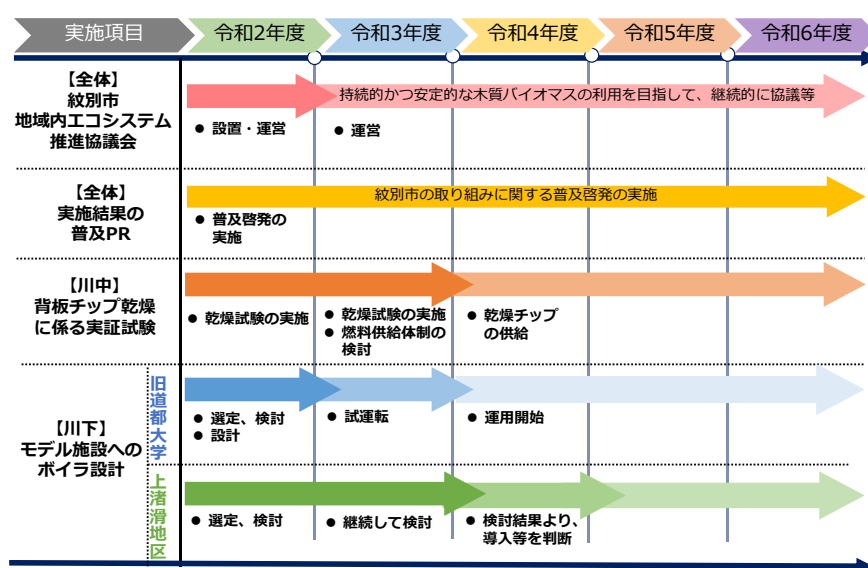


図 4-1 紋別市の地域内エコシステムの実施項目と計画案（ロードマップ）

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

北海道紋別市
「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