平成 30 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

秋田県鹿角市

「鹿角市地域内エコシステム」構築事業

調査報告書

平成 31 年 3 月

（一社）日本森林技術協会

目次

1. 背景と目的 1
2. 調査対象地域 3
3. 調査の実施 4
3.1. 地域協議会 4
3.2. 川上（原料供給） 4
3.3. 川中（燃料製造） 5
3.4. 川下（エネルギー利用） 5
4. 調査の結果 6
4.1. 地域協議会 6
4.1.1. 協議会の設置 6
4.1.2. 協議会の運営 7
4.1.3. 現地視察の実施 8
4.2. 川上（原料供給） 9
4.2.1. 資源賦存量 9
4.2.2. 利用可能量 16
4.2.3. 剪定枝および河川支障木について 17
4.3. 川中（燃料製造） 18
4.3.1. 燃料製造の状況と調達可能性 18
4.3.2. 燃料製造の検討 21
4.4. 川下（エネルギー利用） 35
4.4.1. 燃料種別とエネルギー利用機器の選択 35
4.4.2. エネルギー利用施設と利用状況 37
4.4.3. 木質ボイラー導入の試算 40
4.4.4. 設置場所の検討 52
4.4.5. 対応策の提案 54
4.4.6. その他の検討（アンケート調査の実施） 57
5. 地域還元効果の把握 60
5.1. 地域経済効果 60
5.1.1. LM3 の算出 61
5.1.2. 雇用創出効果 64
5.2. CO_2 削減効果 65
6. 総括 66

1.背景と目的

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る一方で、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・製造コストが嵩むなどの課題が見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」（地域の関係者の連携の下、小規模な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）の構築に向けた取組を進めることが必要となってきました。

事業の目的

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（以降、「本事業」という。）は、林野庁の補助事業で平成 29 年度より実施されています。

本事業は、公募により採択された地域を対象として、「地域内エコシステム」の構築に向け、地域が行うＦ/Ｓ調査（実現可能性調査）、関係者による合意形成のための協議会の運営を支援する事業です。平成 29 年度は調査対象地域として 3 地域が採択され、今年度は 10 地域が採択され、「地域内エコシステム」の全国的な普及を目的として実施しました。

鹿角市において、低質材の地域内利用のための薪の生産、貯蔵、流通、消費といったサプライチェーンの実現を目指すため、「地域内エコシステム」の構築を目的とした調査を実施しました。

本報告書は、「鹿角市地域内エコシステム」構築事業の調査結果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、地域の関係者の連携の下、小規模な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です（図 1-1）。

図 1-1　地域内エコシステムのイメージ

2.調査対象地域

本事業は、秋田県鹿角市を調査対象地域としました（図 2-1）。

秋田県鹿角市は北東北三県（秋田、青森、岩手）のほぼ中央、秋田県北東部の鹿角盆地に位置し、上質な秋田杉の産地として知られています。

鹿角市の人口は 31,340 人（平成 30 年 3 月 31 日現在）で、総面積は 70,752ha、そのうち森林面積は 57,139ha と約 80%を占めています。

鹿角市の素材生産量は 63,000 ㎥/年ですが、周辺での木材の消費需要は少なく、森林資源のほとんどが地域外の大規模製材所、合板工場などに運ばれています。これらの木材需要地までの距離は往復約 240 ㎞、約 8 時間を要するため、木材の運搬経費が県内の他地域に比べて高くなっており、流通コストが木材売り上げの約 3 分の 1 を占めています。

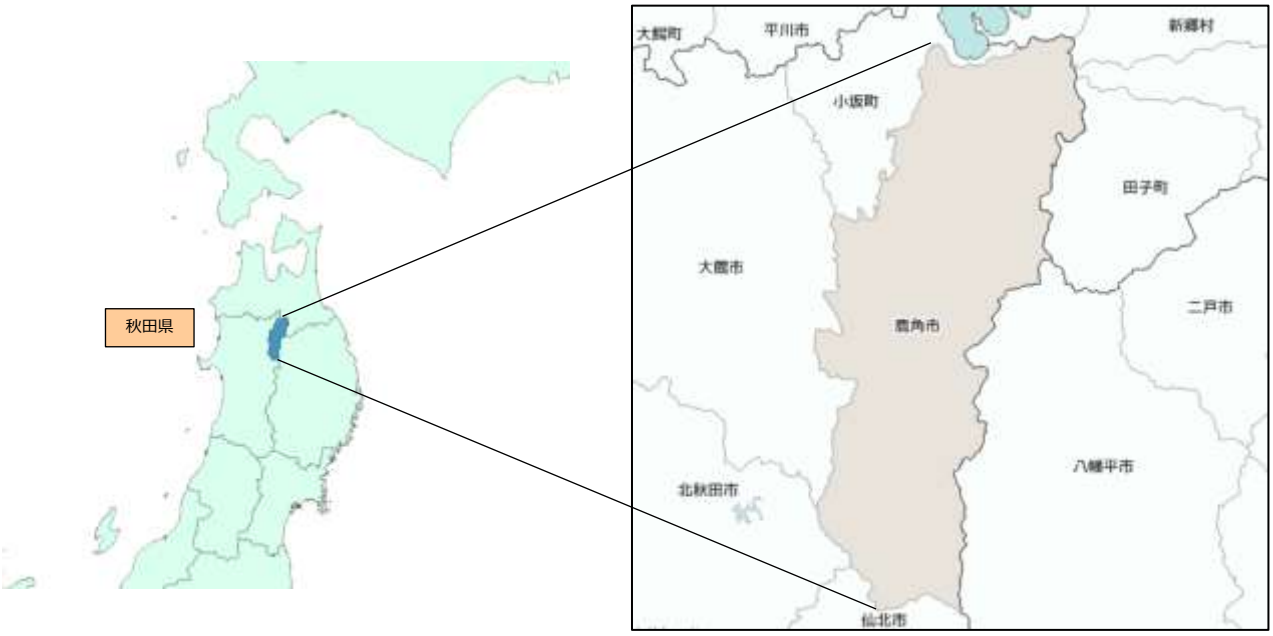

図 2-1　対象地域の位置図

3.調査の実施

「地域内エコシステム」の構築を目的とした協議会を設置し、Ｆ/Ｓ調査を実施しました。F/S 調査は、川上（原料供給）、川中（燃料製造）、川下（エネルギー利用）の各段階に区分して実施しました。

また、地域の関係者で連携し、地域主体で事業計画を策定ことができるよう、**「鹿角市地域内エコシステムの構築に向けた検討協議会（以降、「協議会」という。）」**を設置しました。

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○○%」と表記します。

3.1. 地域協議会

鹿角市の関係者で構成される協議会を設置し、年 3 回の協議会を開催しました。協議会で議論した内容は、サプライチェーンの構成をはじめ、事業の方向性や調査結果等について話し合いました。

3.2. 川上（原料供給）

鹿角市の森林資源量について、既存資料調査と現地調査により、資源賦存量を把握しました。また、聞き取り調査により現状の利用可能量も把握しました。

その他、市内で産業廃棄物として処理されている街路樹・公園などの剪定枝および河川支障木の木質バイオマス燃料材としての利用可能性についての聞き取り調査を実施しました。

3.3. 川中（燃料製造）

薪のサプライチェーン構築の実現可能性を検討するため、薪の供給についての調査を実施しました。また、エネルギー利用先のひとつであるホテル D は施設規模が大きいため、大規模施設で一般的に利用されるチップの供給についても同様の調査をしました。

薪の製造場所については、の所有地および A 林業の所有地の 2 箇所を検討しました。

3.4. 川下（エネルギー利用）

エネルギーの利用先として、ホテル A と旅館 B の 2 施設を対象とし、木質バイオマスエネルギー利用のための設備導入の可能性についての調査を実施しました。

燃料種別については、ホテル D では薪・チップの 2 種類、C 旅館では薪を想定した調査を実施し、ボイラー導入のための事業費および事業性について検討しました。

なお、導入する木質ボイラーで熱需要の大部分を賄い、化石燃料のボイラーをバックアップとして利用することを想定しています。

4.調査の結果

4.1. 地域協議会

4.1.1. 協議会の設置

地域が主体となって持続的な事業の創出を目指すため、「**地域づくり・人づくり」に重点を置いて、地域の関係者で構成される協議会を設置**しました。

協議会のメンバーは表 4-1 のとおりです。

表 4-1 鹿角市地域内エコシステム協議会

区分	所属先
検討委員	株式会社 A 林業 （座長）
	B 石油有限会社
	株式会社 C 旅館
	株式会社ホテル D
アドバイザー	E 銀行
	鹿角市産業部農林課
オブザーバー	薪づくり団体 F
事務局	鹿角市総務部政策企画課
	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

4.1.2. 協議会の運営

協議会は、平成 30 年 8 月 24 日、平成 30 年 10 月 29 日、平成 30 年 12 月 11 日の計 3 回開催しました。協議会をとお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た検討を行いました。

表 4-2 協議会の実施結果

【第 1 回協議会】 開催日：平成 30 年 8 月 24 日 場所：鹿角市役所 議題： ・事業内容について ・F/S 調査について ・バイオマス事業の事例紹介	
【第 2 回協議会】 開催日：平成 30 年 10 月 29 日 場所：西目屋村中央公民館 議題： ・調査の進捗状況について ・薪ボイラー導入効果の検討 ◆その他：西目屋村現地視察 ・西目屋村中央公民館での座学 ・薪製造場所、薪ボイラー導入施設、道路融雪施設（建設途中）見学	
【第 3 回協議会】 開催日：平成 30 年 12 月 11 日 場所：鹿角市役所 議題： ・調査結果 （地域の実情に合わせた燃料材の比較検討） ・今年度の課題と来年度に向けて ◆その他：熱供給事業（ESCO）の紹介	

4.1.3. 現地視察の実施

第２回協議会の開催に合わせ、協議会メンバーによる現地視察を実施しました。

視察先は、青森県中津軽郡西目屋村の温浴施設「グリーンパークもりのいずみ」と「西目屋薪エネルギー会社」の薪製造施設です。

西目屋村では村内の温泉宿泊施設「グリーンパークもりのいずみ」に薪ボイラーを導入し、平成 29 年から稼働を開始しました。また、同年に「西目屋薪エネルギー会社」を官民共同で設立し、同施設への薪の供給事業を開始しています。

現地視察には協議会メンバーのほか、鹿角市のバイオマス政策にかかわりのある青森大学の学生も参加し、「西目屋薪エネルギー会社」関係者から座学による事業の説明を受けた後、各施設の見学を行いました。

協議会メンバーが、薪ボイラーの作業の様子や薪の製造現場を見学することで、鹿角市での地域内エコシステムのイメージを深めるとともに、木質バイオマスのメリット・デメリットを知ることができました。

図 4-1　座学の様子

図 4-2　薪製造に関する説明

図 4-3　ストックヤード

図 4-4　薪ボイラー

4.2. 川上（原料供給）

4.2.1. 資源賦存量

鹿角市における森林の資源賦存量を把握するため、既存資料調査及び現地調査を行いました。また、利用可能量については関係者からの聞き取り調査の結果を整理しました。

その他、産業廃棄物として処理されている街路樹・公園などの剪定枝および河川支障木の木質バイオマス燃料材としての利用可能性についての聞き取り調査を実施しました。

（1）既存資料調査

鹿角市の森林面積の割合を図 4-5 に示します。

総森林面積 57,139ha のうち、民有林面積は 20,759ha で民有林率は 36.3%、国有林面積は 36,380ha で国有林率は 63.7%となっています。

民有林のうち、本事業の原料の供給元である私有林の面積割合は 92.8%となっており、面積は 19,260ha です。

民有林の資源構成は、人工林が 62.9%、天然林が 37.1%となっており、人工林が半分以上を占めています（表 4-3）。また、人工林の 9 割以上がスギ林で、その大部分が 9 齢級以上となっています（図 4-6）。

森林蓄積の推移を図 4-7 に示します。平成 27 年から平成 29 年の 3 年間での森林蓄積は年間で約 7 万 5 千㎥増加しており、1ha 当たりに換算すると約 5 ㎥の増加となっています。

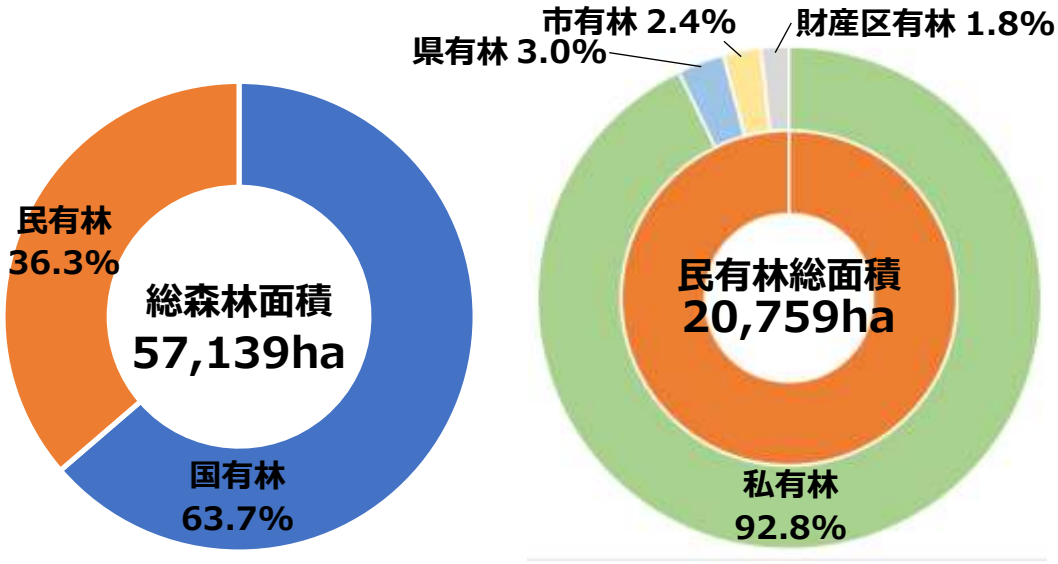

図 4-5　鹿角市の森林面積の割合

表 4-3　民有林の資源構成

民有林　100%			
人工林　62.9%		天然林　37.1.%	
スギ林	カラマツ林	広葉樹林	マツ林
55.8%	3.4%	36.2%	0.8%

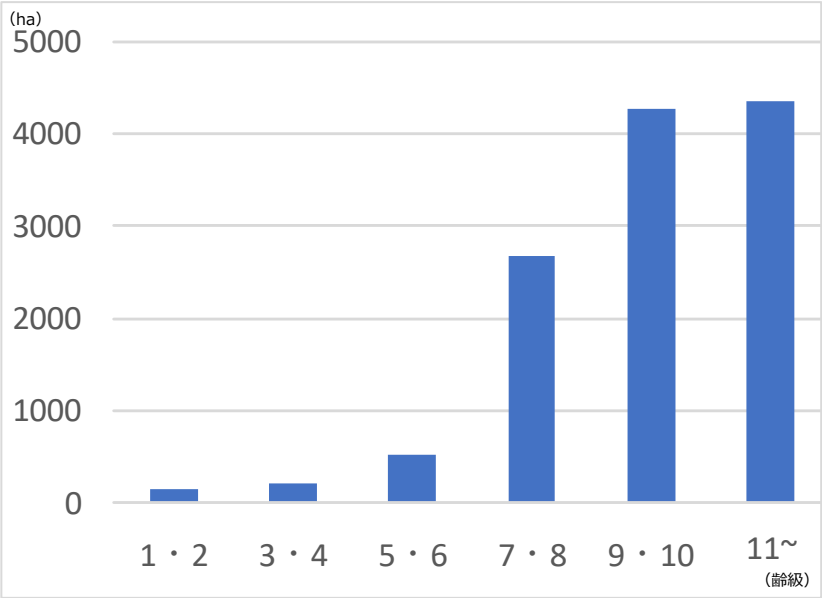

図 4-6　スギ人工林の林齢構成

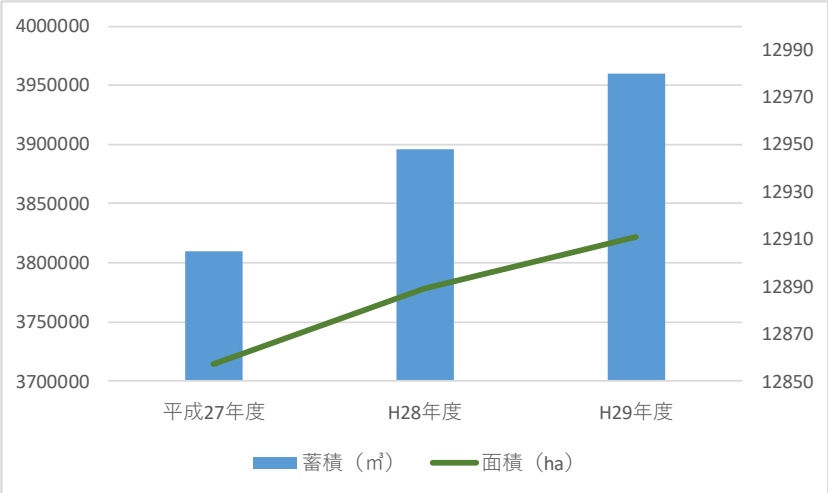

図 4-7　民有林における人工林の森林蓄積の推移

出典：鹿角市森林整備計画書（計画期間平成 30 年から平成 40 年）

（2）現地調査

現地調査は本事業の原料の供給元となる鹿角市内の私有林 2 箇所（十和田地区、花輪地区）を対象として実施しました（図 4-8）。森林はいずれもスギ人工林です。

現地調査は、0.1ha の円形プロットを設置し、プロット内の立木を対象に胸高直径及び樹高の計測を行いました。

十和田地区では 1 プロット、花輪地区では 2 プロットを設置し、調査で得られたデータから材積を算出しました。

現地調査の結果は、表 4-4、表 4-5、表 4-6 のとおりです。

図 4-8　現地調査位置

表 4-4　現地調査結果（十和田地区）

十和田地区	
調査年月日	2018 年 10 月 10 日（水）
調査面積	0.1ha
樹種	スギ
林齢	60 年生
立木本数	60 本
斜面傾斜	23.2°
斜面方位	E
立木材積	650 ㎥/ｈａ
施業履歴	－

表 4-5　現地調査結果（花輪地区①）

花輪地区①	
調査年月日	2018 年 10 月 10 日（水）
調査面積	0.1ha
樹種	スギ
林齢	40~50 年生
立木本数	103 本
斜面傾斜	29.0°
斜面方位	W
立木材積	550 ㎥/ｈａ
施業履歴	–

表 4-6　現地調査結果（花輪地区②）

花輪地区②	
調査年月日	2018 年 10 月 10 日（水）
調査面積	0.1ha
樹種	スギ
林齢	40~50 年生
立木本数	107 本
斜面傾斜	29.0°
斜面方位	W
立木材積	620 ㎥/ｈａ
施業履歴	–

現地調査の結果より、鹿角市における**立木材積は 550～650 ㎥/ha**、平均で 607 ㎥/ha となりました。また、 **C 材の発生率は 150 t /ha（水分 50%）程度**あると考えられます。

表 4-7　調査結果一覧

調査地	樹種	林齢	立木材積	C 材発生量※1
十和田地区	スギ	60 年生	650 ㎥/ha	166t/ha
花輪地区①	スギ	40-50 年生	550 ㎥/ha	140 t/ha
花輪地区②	スギ	40-50 年生	620 ㎥/ha	158 t/ha

※1　C 材発生量は、立木材積×0.85×0.3 ㎥とし、1 ㎥＝1 t （水分 50%）とした。

4.2.2. 利用可能量

燃料供給に関する原料の年間利用可能量について、A 林業に聞き取り調査を実施しました。

聞き取り調査の結果から、燃料供給のための **C 材の年間利用可能量は、2,000～3,000 t（水分 30%）**であることが分かりました。

主な聞き取り調査の結果は次の通りです。

- 現在 A 林業では、年間 11,000 ㎥（11,000t（水分 50%））の素材生産を行っており、併せて 40ha ほど再造林を行っている。本事業へは 3,000～4,000 ㎥（2,000～3,000 t （水分 30%））の原料を供給することができる。
- 最大で年間 13,000 ㎥程度の素材生産が可能だが、それ以上になると併せて行う植林作業が間に合わなくなってしまう。
- 主な伐出元は個人所有の私有林。
- 素材は主に鹿角市外の製材所や合板材を扱う業者へ卸しており、市場への搬出量は全体の 3%程度。前述の通り、距離は往復約 240 ㎞、約 8 時間を要し、流通コストが木材売り上げの約 3 分の 1 を占めている。

4.2.3. 剪定枝および河川支障木について

鹿角市では、管理や整備に伴う街路樹・公園などの剪定枝や定期的に発生する河川支障木を産業廃棄物として処分しています。

本調査では、従来、産業廃棄物として処分されているこれらの木質バイオマスが、本事業の燃料材の一部として利用可能かどうかについての聞き取り調査を実施しました。

聞き取り調査は平成 30 年 9 月 14 日に鹿角市建設部都市整備課計画管理班、道路河川班を対象として実施しました。

聞き取り調査の結果は次の通りです。

【街路樹・公園などの剪定枝について】

- 公園の樹木は夏季、街路樹は秋季に管理・整備している。倒木等があった場合、その都度対応している。
- 業者の選定は 4 月に一般入札で決めている。
- 年間 1～2t 程度の剪定枝を産業廃棄物として処理している。
- 樹種はシラカンバ、ニセアカシア、ナナカマド、ベニザクラが多い。

【河川支障木について】

- 河川支障木の年間発生量は把握できていない。
- 回収した支障木は河川沿いの集積所に一時的に集められ、利用者はそこから自由に持ち帰ることができる（無償提供）。
- 無償提供された支障木はおもに薪ストーブの燃料として利用されている。
- 回収された支障木のうち無償提供しているのは一部で、残りは産業廃棄物として処分している。
- 一部でも利用する市民がいるため、無償提供を中止することは難しい。

街路樹・公園などの剪定枝は、年間の発生量が 1～2t と少なく、樹木を管理する時季が決まっていることから、**一定量を継続的に利用することが難しい**ことが分かりました。

支障木については現在、薪用に無償提供する仕組みができており、**他の目的に利用することは難しい**との回答でしたが、支障木の大部分を行政負担で処分しているのが現状です。

そのため、**本事業で支障木を木質バイオマス燃料として活用できれば行政負担の軽減にもつながる**と考えられ、その場合、市民への薪提供を引き続き行う仕組みづくりも必要だと考えられます。

4.3. 川中（燃料製造）

4.3.1. 燃料製造の状況と調達可能性

ホテル D と C 旅館への薪供給の可能性について検討するため、はじめに鹿角市周辺で木質燃料を取り扱う事業者を対象に聞き取り調査を実施しました（表 4-8）。表中の赤い枠内は市内の事業者、緑の枠内は市外の事業者の結果を表しています。

また、ホテル D は年間重油使用量が 38 万 L と施設規模が大きいため、大規模施設で一般的に利用されているチップについても供給の可能性について検討しました。

調査の結果、鹿角市周辺には木質燃料を取り扱う事業者は 8 事業者あり、市内には 5 事業者、市外には 3 事業者あることが分かりました。そのうち薪を取り扱う事業者は 4 事業者、チップを取り扱う事業者は 6 事業者あり、主に、薪は個人の薪ストーブユーザーに、チップは大型発電所及び製紙会社に販売されていることが分かりました。

本事業への木質燃料の供給の可能性については、市内の事業者である、NPO 法人 H、G 森林組合、A 林業、薪づくり団体 F から、課題はあるものの前向きな回答を得ることができました。

回答結果を踏まえ、これらの事業者からホテル D および C 旅館への木質燃料の供給の可能性について検討しました。

表 4-8　周辺地域における燃料製造の状況と調達可能性

事業者名	製造バイオマス	生産量	品質	出荷先	販売価格	調達可能性			備考
						薪 40t/年の供給	薪 1,080t/年の供給	チップ 1,517t/年の供給	
NPO 法人 F	薪 ・樹種：ニセアカシア ・長さ40cm	63㎥/年	―	北秋鹿角地域の個人	8,000円/㎥ ※別途送料	△	×	―	※製造体制が整っていない
G 森林組合	切削チップ ・原料：杉 ・水分50% ・大きさ：1cm～5cm	9,000㎥/年	生チップ	発電所 （県内外）	10,000円/生t ※市内へは送料込	―	―	○	※供給は生チップ ※準乾燥チップ、製造量は要相談
A 林業	チップ用丸太 ・長さ2m程度	3,000㎥/年	（生チップ用）	製紙工場 （県外）	―	―	―	○	※小型ボイラー向けの切削チップ製造にチッパーの購入が必要
	薪用丸太 ・長さ：2.2m程度	300㎥/年	生木のまま提供	個人、市場 （市内外）	―	○	○	―	※薪割機が必要
薪づくり団体 F	薪 ・薪の原料：丸太 ・樹種：ニセアカシア ・80cm～90cm	4間※1間 6m×1.5m×90cm	―	近隣市町の個人	65,000円/間程度	△	×	―	※人手の確保が可能であれば増産は可能
事業者A	チップ	―	―	製紙会社に販売	―	―	―	×	
事業者B	チップ	―	―	製紙会社に販売	―	―	―	×	
事業者C	チップ	―	―	製紙会社に販売	―	―	―	×	
事業者D	チップ	―	―	製紙会社に販売	―	―	―	応相談だが距離が遠い	

※聞き取り調査の他平成 29 年度「鹿角市木質バイオマス設備導入診断調査業務」を参考に作成。

※赤い枠は市内の事業者、緑の枠は市外の事業者を示す。

（1）ホテル D への薪（1,080t/年（水分 30%））供給について

条件付きではありますが、薪の供給が可能な事業者は A 林業の 1 事業者となりました。詳細は次の通りです。

【A 林業】

- 薪用の丸太を 2.2m 程度の長さで一般向けに提供している。使用サイズへの薪割りは購入者が行う代わりに安価で提供している。
- 薪ボイラー向けの薪を製造するには新たな薪割機が必要。

（2）ホテル D へのチップ（1,517t/年（水分４0%））供給について

条件付きではありますが、チップの供給が可能な業者は、G 森林組合、A 林業の 2 事業者となりました。詳細は次の通りです。

【G 森林組合】

- 製造しているチップは切削型で生チップとして供給している。
- 実際 1,517t/年（水分 40%）の供給の可能性については要相談。

【A 林業】

- チップ用の丸太を 2m程度の長さでチップ会社に提供している。
- 小・中規模チップボイラー向けのチップを製造するには新たなチッパーが必要。

（3）C 旅館への薪（40t/年（水分 30%））供給について

条件付きではありますが、薪の供給が可能な事業者は、NPO 法人 H、A 林業、薪づくり団体 F の 3 事業者となりました。詳細は次の通りです。

【NPO 法人 H】

- 製造体制が整えば供給は可能。

【A 林業】

- 薪用の丸太を 2.2m 程度の長さで一般向けに提供している。使用サイズへの薪割りは購入者が行う代わりに安価で提供している。
- 薪ボイラー向けの薪を製造するには新たな薪割機が必要。

【薪づくり団体 F】

- 人手が確保できれば供給は可能。

4.3.2. 燃料製造の検討

燃料の確保の方法を検討するため、前述した事業者への聞き取り調査の他、新規に燃料を製造する場合についても調査を実施しました。

ホテル D における年間の薪需要量は 1,080t（水分 30%）、チップの需要量は 1,517t（水分 40%）、C 旅館における年間の薪の需要量は 40t（水分 30%）となります。

（1）燃料製造主体

現時点の燃料の製造主体は、燃料製造場所候補地の所有者である **A 林業**です。

（2）燃料製造場所

薪製造場所の候補として挙げられた B 石油の所有地と A 林業所有地の 2 箇所について調査を実施しました。

エネルギー利用施設と燃料製造場所の位置関係を図 4-9 に示します。

どちらも熱需要施設からは 1～2km 圏内と、燃料を運搬しやすい距離にあり、位置条件については問題ありません。

チップの製造場所についての検討はしていませんが、案として、A 林業が素材生産を行う現場が挙げられます。

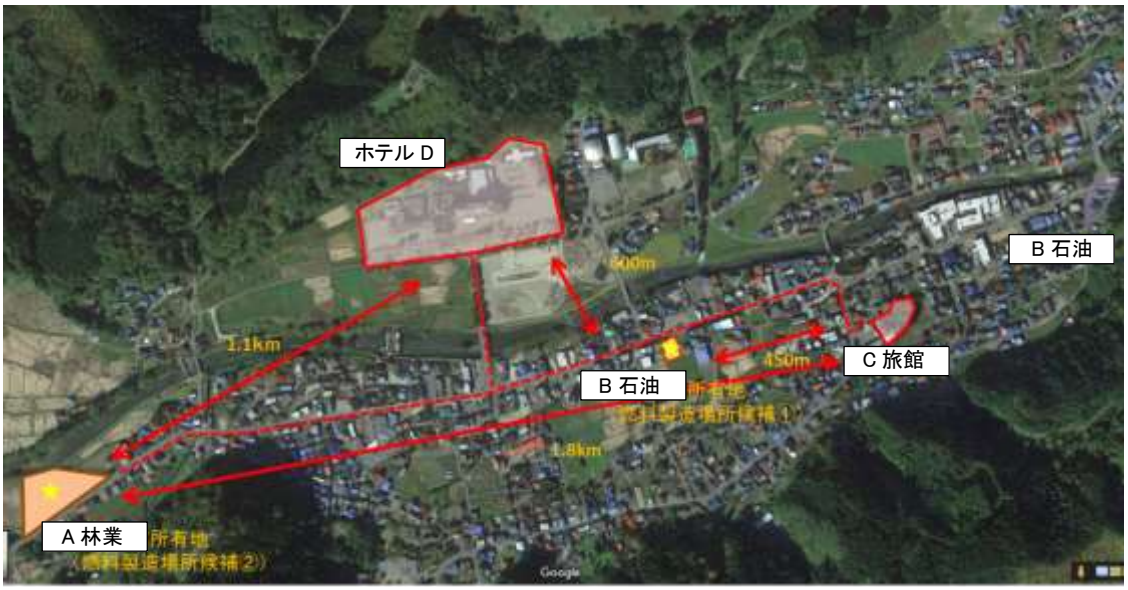

図 4-9　エネルギー利用施設と燃料製造場所の位置関係

図 4-10　薪製造場所候補地①（B 石油所有地）

図 4-11　薪製造場所候補地②（A 林業所有地）

一般的に、薪製造に適する立地条件としては以下が挙げられます。これらの条件を踏まえ、２箇所の候補地について比較評価を行いました（表 4-9）。

【薪製造場所に適する立地条件】
・隣接する民家がないこと
・日当たりが良いこと
・風通しが良いこと
・スペースが広いこと
・トラックの運搬通路が確保できること
・水はけを良くするために地面は砂利状が良い
・建屋があること

B 石油所有地は民家が隣接しているため、作業の騒音対策が課題になります。また、敷地が傾斜面にあることや、道路に面しているためにトラックの搬入に制限があることが、薪の製造場所としてはやや不向きと考えられました。

A 林業所有地は隣接する民家がなく、トラックの搬入経路が十分にあるため、燃料製造場所としては適していると考えられました。

以上より、2 箇所の候補地を比較検討した結果、薪製造場所の適地は **A 林業所有地**となりました。

表 4-9　燃料製造場所候補地の比較評価

候補地		B 石油所有地	A 林業所有地
周辺環境		民家が隣接	問題なし
日当たり		良好	良好
風通し		良好	良好
面積		約794㎡	約5,477㎡
トラック通路		制限あり※	問題なし
舗装		草むら・なだらかな傾斜面	砂利敷き
建屋※機械格納場所		既存なし	既存あり
薪の乾燥場所		スペースあり	スペースあり
対象施設との距離	ホテル D	600m	1.1km
	C 旅館	450m	1.8km
評価		△ ・トラックの運搬通路が課題 ・隣接民家への影響が課題（騒音、振動、トラック搬入、埃） ・建屋費用が発生する	○ ・条件に問題はなく適

（3）燃料製造機器

① 薪製造機器概要

薪製造機器の概要を表 4-10 に示します。薪の製造機器には手動式タイプと自動式タイプがあり、販売価格や製造能力が異なります。

手動式の薪割機は年間数十 t から 500t 前後の薪の製造能力となっています。価格は 100 万円前後と比較的低コストであるため、薪需要の少ない地域や、小規模な取り組みから始める地域に向いています。

自動式の薪割機は丸太をセットすると自動で丸太が送られ、薪を製造します。年間 500t 以上の製造能力があります。価格は機械によってさまざまですが、手動式薪割機より高額になり、およそ 1 千万円ほどです。初期投資費用が高いため、製造量が少ないと固定費が割高になり、費用対効果が出ません。そのため、ホテル D のような大規模施設へ大量の薪を製造する場合には、作業効率の面からみて自動式薪割機が適しています。

表 4-10　薪製造機器概要

手動式薪割機イメージ		自動式薪割機イメージ	
価格	100 万円前後 ※メーカーや性能による	価格	1,000 万円前後 ※メーカーや性能による
製造能力	少・中量生産向け （数十～500t/年程度）	製造能力	大量生産向け （500t～/年程度）

② 薪製造のためのイニシャルコスト

薪製造に関するイニシャルコストを表 4-11 に示します。

薪を製造する場合、薪割機本体の他、原木を玉切りにするチェーンソーや薪を運ぶためのフォークリフトが必要になります。薪割機本体を**手動式にした場合のイニシャルコストは 290 万円**、**自動式にした場合のイニシャルコストは約 1,200 万円**と試算されました。

表 4-11　薪割機のイニシャルコスト

必要設備一覧		価格（円）	数量	単位	計（円）
設備費（手動式）	薪割機	1,000,000	1	台	1,000,000
	フォークリフト	1,600,000	1	台	1,600,000
	チェーンソー	150,000	2	台	300,000
合計					**2,900,000**
設備費（自動式）	薪割機	10,500,000	1	台	10,500,000
	フォークリフト	1,600,000	1	台	1,600,000
合計					**12 ,100,000**

※重機を格納する建屋は既存を使用とする
※ラック、パレット：ランニングコストで計上
※トラック：レンタルを想定し別途運搬費で計上

③ チップ製造機器概要

チップ製造機器の概要を表 4-12 に示します。

チップの製造機器は、特徴の異なる MUSMAX 社製と FARMI 社製の 2 社のチッパーの価格や性能を比較しました。

FARMI 社製のチッパーは、小型ボイラー向け切削チップが製造可能で最大処理径が 25 ㎝と小径木の処理に適しています。一方、MUSMAX 社製のチッパーは、均一な大きさのチップが製造可能で最大処理径 50 ㎝と大径木の処理に適しています。

表 4-12　チップ製造機器概要

MUS-MAX 社製 7LZ		FARMI 社製 CH27	
価格	4,300 万円	価格	2,600 万円
最大処理径	50 ㎝	最大処理径	25 ㎝
定格製造量	60 ㎥/h	定格製造量	40 ㎥/h
特徴	・均一な大きさのチップが製造可能 ・長寿命で低燃費 ・山土場でのチップ化も可能 ・トラクター等の外部動力を活用して稼働させる	特徴	・小型ボイラー向け切削チップが製造可能 ・山土場でのチップ化も可能 ・トラクター等の外部動力を活用して稼働させる

④ チップ製造のためのイニシャルコスト

チップ製造機器のイニシャルコストを表 4-13 に示します。

FARMI 社製のチッパーを用いた場合の**イニシャルコストは 3,800 万円**、**MUSMAX 社製**のチッパーを用いた場合の**イニシャルコストは 5,500 万円**と試算されました。

いずれの場合もチッパー本体と、トラクター、グラップルを含めた価格となっています。

表 4-13　チップ製造機器のイニシャルコスト

必要設備一覧		価格（円）	数量	単位	計（円）
設備費（MUSMAX）	チッパー、トラクター	43,000,000	1	台	43,000,000
	グラップル	12,000,000	1	台	12,000,000
合計					**55 ,000,000**
設備費（FARMI）	チッパー、トラクター	26,000,000	1	台	26,000,000
	グラップル	12,000,000	1	台	12,000,000
合計					**38,000,000**
※重機を格納する建屋は既存を使用とする ※トラック：レンタルを想定し別途運搬費で計上					

（4）燃料製造コスト

① 試算のための前提条件（薪）

手動式薪割機と自動式薪割機の薪製造コスト試算に用いる共通の条件を表 4-14 に示します。

原材料費は、曲がり材等が混在する B 材に近い C 材価格となります。

運搬費の算出にあたっては、一日あたりの作業時間を半日、薪の運搬量を 4t とし、2t トラックをレンタルした場合を想定しました。

表 4-14　薪製造コスト試算のための前提条件

薪製造コスト試算前提条件			
比重	0.7t/㎥		※水分５０％
薪の水分	３０％		
製造効率	手動式：3.0㎥/人日　自動式：12.0㎥/日		
原材料費	5,500	円/生 t	※C材価格（曲がり材も混在する場合の価格）
人件費単価	10	千円/人日	※ヒアリング値
ハンドリング資材費	10	千円/個	※ラック・パレット料金 ※1個=1㎥収納とする
運搬費	2.8	円/kg	

表 4-15　運搬費の算出

トラック貸借料	6,000	円	半日
人件費	5,000	円	半日
費用合計	**11,000**	**円**	
輸送量	4,000	kg	2tトラックで2往復
単位輸送費	**2.8**	**円/kg**	

薪製造におけるランニングコストの内訳を表 4-16 に示します。

製造コストの試算は、手動式および自動式の薪割機を導入して、C 旅館に薪を供給する場合（40t/年（水分 30%））とホテル D に薪を供給する場合（1,080t/年（水分 30%））の 2 パターンで行いました。

なお、維持管理費は設備費の 5%としています。

表 4-16　薪製造ランニングコスト内訳

手動式薪割機ランニングコスト内訳						
	C 旅館		40 t /年の場合）	ホテル D		（1,080 t /年の場合）
原価償却費	223	千円/年	※薪割機・フォークリフト・チェーンソー	223	千円/年	※薪割機・フォークリフト・チェーンソー
原材料費	308	千円/年		8,316	千円/年	
維持管理費	145	千円/年	※設備費の5%とした	145	千円/年	※設備費の5%とした
人件費	267	千円/年		7,200	千円/年	
燃料費	40	千円/年		1,080	千円/年	
合計	983	千円/年		16,964	千円/年	
自動式薪割機ランニングコスト内訳						
	C 旅館		40 t /年の場合）	ホテル D		（1,080 t /年の場合）
原価償却費	756	千円/年	※薪割機・フォークリフト	756	千円/年	※薪割機・フォークリフト
原材料費	308	千円/年		8,316	千円/年	
維持管理費	605	千円/年	※設備費の5%とした	605	千円/年	※設備費の5%とした
人件費	134	千円/年		3,600	千円/年	
燃料費	297	千円/年		525	千円/年	
合計	2,100	千円/年		13,802	千円/年	

以上の試算条件を基に手動式の薪割機を用いた場合の薪製造コストは、**40t/年（水分30%）製造の場合で 29.2 円/kg**、**1,080t/年（水分 30%）製造の場合で 20.0 円/kg** となりました（輸送費込み）。

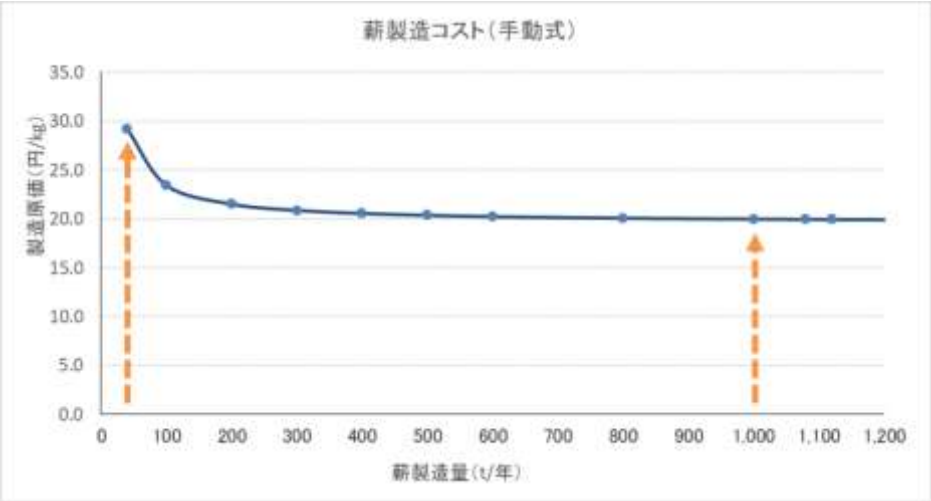

図 4-12　薪製造コスト（手動式）

自動式の薪割機を用いた場合の薪製造コストは、**40t/年（水分 30%）製造の場合で 58.3 円/kg**、**1,080t/年（水分 30%）製造の場合で 16.8 円/kg** となりました（輸送費込み）。

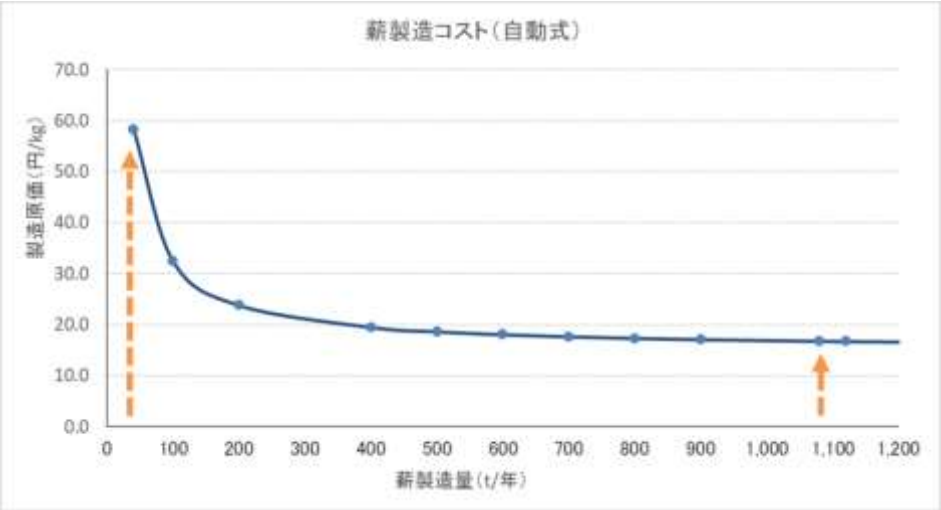

図 4-13　薪製造コスト（自動式）

② 試算のための前提条件（チップ）

チップ製造コスト試算に用いる前提条件を表 4-17 に示します。

原材料費は、曲がり材等が混在するＢ材に近いＣ材価格となります。また、河川支障木については無償での引き取りを想定しています。

運搬費の考え方は、本調査では詳細な検討をしていませんが、一般的に考えられる概算費用を使用しています。内訳の項目としては、トラックの価格（所有のものか、レンタルのものか）、人件費単価、運送時間、運送回数、燃料の輸送量を基に輸送費を算出します。

表 4-17　チップ製造コスト試算のための前提条件

チップ製造コスト試算前提条件			
比重	0.7	t/㎥	※水分５０％
チップの水分	４０％		
原材料費	5,500	円/生ｔ	※C材価格（曲がり材も混在する場合の価格）
人件費単価	10	千円/人日	※ヒアリング値
運搬費	2.0	円/kg	※一般的な費用を使用

チップ製造におけるランニングコストの内訳を表 4-18 に示します。

チップ製造機器は MUSMAX 社製と FARMI 社製の２パターンで行いました。１つ目は、Ｃ材をチップ化し、ホテルＤの需要量である 1,517t/年（水分 40%）を製造する場合です。２つ目は、Ｃ材と併せて河川支障木をチップ化する場合で、ある程度の経済性が出るように製造量を 4,000t/年と設定しました。

表 4-18　チップ製造ランニングコスト内訳

チップ製造ランニングコスト内訳（FARMI）						
	1,517 t /年製造の場合			4,000 t /年製造の場合		
原価償却費	2375	千円/年	※チッパー、トラクター、グラップル	2,375	千円/年	※チッパー、トラクター、グラップル
原材料費	11,125	千円/年		29,333	千円/年	
維持管理費	468	千円/年	※設備費の5%とした	661	千円/年	※設備費の5%とした
人件費	688	千円/年		1,813	千円/年	
燃料費	2,585	千円/年		6,815	千円/年	
合計	**17,241**	**千円/年**		**40,997**	**千円/年**	
チップ製造ランニングコスト内訳（MUSMAX）						
	1,517 t /年製造の場合			4,000 t /年製造の場合		
原価償却費	3,437	千円/年	※チッパー、トラクター、グラップル	3,437	千円/年	※チッパー、トラクター、グラップル
原材料費	11,125	千円/年		29,333	千円/年	
維持管理費	431	千円/年	※設備費の5%とした	564	千円/年	※設備費の5%とした
人件費	458	千円/年		1,209	千円/年	
燃料費	1,723	千円/年		4,544	千円/年	
合計	**17,174**	**千円/年**		**39,087**	**千円/年**	

以上の試算条件を基に試算すると、FARMI 社製のチッパーでチップを製造した場合、**製造コストは 1,517t/年（水分 40%）の製造で 13.6 円/kg、4,000t/年の製造で 12.4 円/kg** となりました（輸送費込み）。

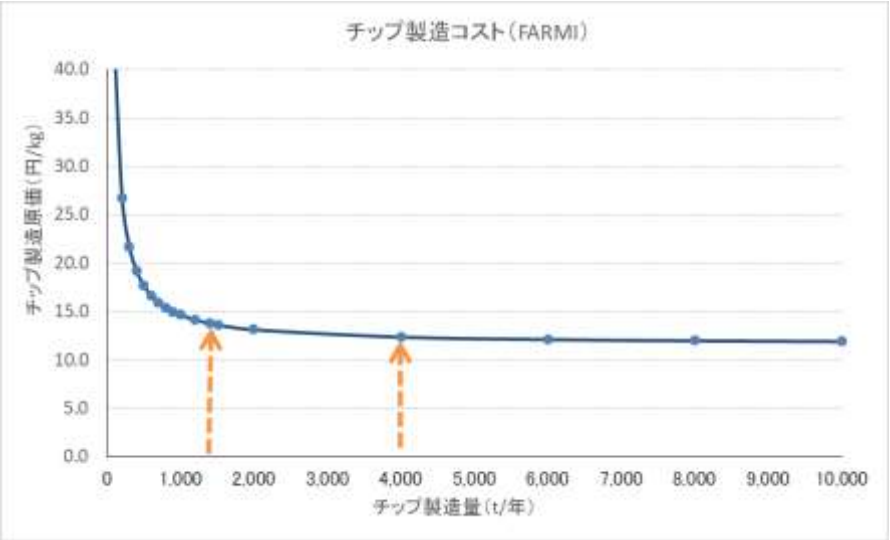

図 4-14　チップ製造コスト（FARMI）

MUSMAX 社製のチッパーでチップを製造した場合は、**製造コストは 1,517t/年（水分 40%）の製造で 13.6 円/kg、4,000t/年の製造で 11.9 円/kg** となりました（輸送費込み）。

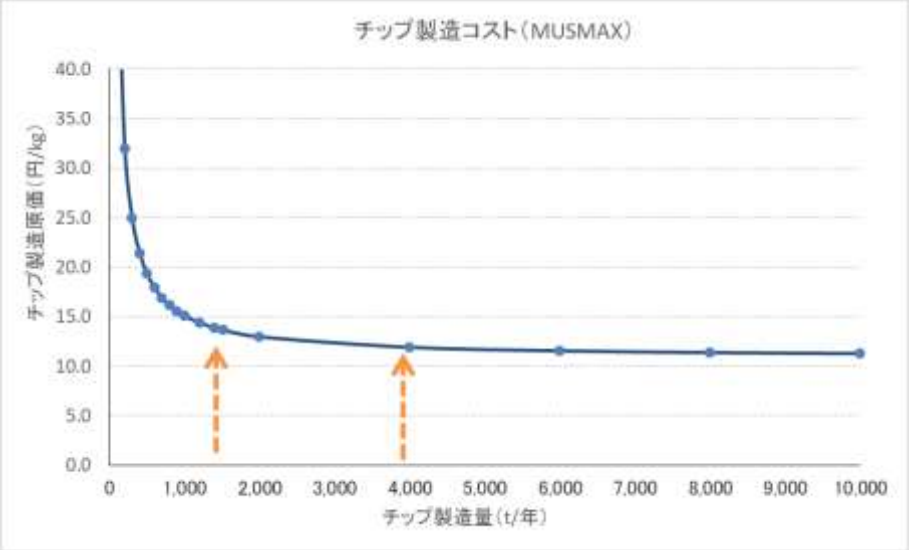

図 4-15　チップ製造コスト（MUSMAX）

（5）燃料製造のまとめ

① 薪

以上の結果から、**C 旅館の必要量 40t/年（水分 30%）の薪製造では手動式の方が製造コストを抑えられ**、製造コストは 29.2 円/kg、**ホテル D の必要量 1,080t/年（水分 30%）の薪製造では自動式の方が製造コストを抑えられ**、16.8 円/t となりました。

40t/年（水分 30%）の製造では、化石燃料に対して競争力のあるコストにすることは今回の試算条件では難しいため、その場合考えられる方策としては以下のようなことが考えられます。

対策①：河川支障木や製材端材など安価な原料を併せて使い燃料費を低減させる
対策②：地域内で使用可能な既存機材（チェーンソー、トラックなど）を検討しイニシャルコストを低減させる
対策③：他施設への需要開拓や個人薪ユーザー向け販売などを行い、製造量を増やすことで製造コストを低減させる

また、本事業で検討した薪の製造場所からエネルギー利用施設までの距離は 1～2km 圏内と近距離にあるため、運搬時間や運搬回数などを詳細に検討することで運搬コストを削減できる可能性があります。

② チップ

1,517t/年（水分 40%）の製造量では製造コストが高くなるため、需要先を増やし**4,000t/年の製造を行うことで、製造コストは 11.9 円/ kg** まで下がり、化石燃料と競争できる価格になることが分かりました。

また、チップ供給については、チップ製造を行っている G 森林組合から供給の意向を伺うことができました。次項では参考として G 森林組合からチップを購入した場合も想定してシミュレーションを行いました。ただし、現在製造されているチップは水分 50%の生チップになるため、水分 40%のチップを供給してもらう場合は要相談となります。

G 森林組合から、水分 40%のチップを安定して供給してもらうための対応策として、A 林業からある程度乾燥させた原木を G 森林組合に提供する方法が考えられます。その場合、G 森林組合としては運搬費を削減することができるため、安価なチッ

プを製造することができ、一般市民などにも安くチップを提供できると考えられます。

表 4-19　燃料製造コスト比較

項目			薪(水分30%)		チップ（水分40%）				チップ（水分５０%）
			手動式 新規購入	自動式 新規購入	チッパー 新規購入（FARMI）		チッパー 新規購入（MUSMAX）		チップ 購入
					1,517t/年	4,000t/年	1,517t/年	4,000t/年	1,517t/年
ホテルD	製造量 薪：1080t/年 チップ：1,517t/年～4,000t/年	製造コスト単価	20.0円/kg	16.8円/kg	13.6円/kg	12.4円/kg	13.6円/kg	11.9円/kg	10円/kg ※鹿角森林組合価格
		総原価（単価×数量）	21,600 千円	18,144 千円	20,631 千円	49,600 千円	20,631 千円	47,600 千円	15,170 千円
C旅館	製造量 薪：40t/年 チップ：－	製造コスト単価	29.2円/kg	58.3円/kg	－	－	－	－	－
		総原価（単価×数量）	1,168千円	2,332千円	－	－	－	－	－

※赤枠：燃料製造コストの比較において一番低い製造コスト単価。

※G 森林組合価格：参考価格として記載した。供給については要相談となっている。

4.4. 川下（エネルギー利用）

4.4.1. 燃料種別とエネルギー利用機器の選択

本事業での検討対象となる木質バイオマス燃料と木質ボイラーの特徴を表 4-20、表 4-21 に示します。それぞれの燃料には、取り扱いやエネルギー利用機器に特徴があるため、これらの特徴をふまえて、地域の実情に沿ったエネルギー利用機器の規模や、利用機器に合った燃料を選択することが重要となります。

表 4-20　木質バイオマスの燃料の特徴

燃料種別	薪	準乾燥チップ
イメージ		
形状	ストーブ：35～50 ㎝ ボイラー：50 ㎝～1m	切削チップ：１～２㎝角　方形 （破砕チップ：１～５㎝長）
水分	水分 30%程度	水分 30%程度
熱量	3,058Kcal/kg（12.8MJ/kg）	3,058Kcal/kg（12.8MJ/kg）
製造方法	原木を薪の長さに玉切りしたのち、薪割機で小割りにする。	切削型のチッパーでチップ化する。水分は、原木時に乾燥させるか、チップ化後に乾燥。
ボイラー要件	薪ボイラーを使用する。	準乾燥チップボイラーを利用することができる。

表 4-21　木質ボイラーの特徴

機種	薪ボイラー（短尺用/長尺用）	準乾燥チップボイラー
ボイラーの構造（例）		（株）WB エナジー　HP より引用
対応燃料	薪（～約 60 ㎝　/　～約 1m）	準乾燥チップ
水分	30%以下	最大 40%
ボイラー規模	～80 kW　/　～170 kW	～300kW/台
メリット	【短尺用】 • 家庭用クラスの熱需要に対応。ストーブ用に流通している薪が使用可能。 【長尺用】 • 施設の暖房・給湯クラスの熱需要に対応。製造コストの安い長尺・針葉樹薪が使える。	• 生チップボイラーに比べ比較的安価。 • On-Off 運転可能。 • 煙の発生が比較的少ない。
デメリット	【短尺用】 • 短尺の流通している薪は高い（→自給自足向き）。 【長尺用】 • 地域で新たに製造体制を作る必要がある。 • 薪投入の作業負荷がかかる。	• チップや原木の乾燥工程が必要。 • ボイラー出力は小規模。 • チップサイロを設置するため、薪ボイラーと比較すると建屋スペースが必要になることが多い（コンテナに収めて省スペース化した事例あり）。

4.4.2. エネルギー利用施設と利用状況

（1）ホテル D

ホテル D は開湯 800 年の歴史のある名湯を源泉とした温浴設備を備えた宿泊施設です。毎年、修学旅行生や観光シーズンの利用客など、幅広い客層が訪れています。

ホテルの西側には大湯温泉保養センター湯都里という温浴施設が隣接し、ホテル D が熱源の供給を行っています。

既存設備は 2,441kW の温水ボイラーを 2 台と、790kW の吸収式冷温水機を 2 台使用し、主に温泉の加温、シャワーなどの給湯利用、館内の暖房を行っています。年間の燃料使用量はホテル D と湯都里を合わせて 385,904L（平成 29 年度値）となり、**燃料費はおよそ 2,800 万円**となっています。

また、既存設備はすべて平成 7 年に製造されているため、すでに 24 年が経過しており、設備更新時期であると考えられます。

表 4-22　ホテル D・湯都里施設概要

施設名称	ホテル D	湯都里
住所	秋田県鹿角市●●●●	秋田県鹿角市●●●●
用途	温浴施設・宿泊施設	温浴施設
営業時間	温泉 【宿泊】午前：全日 5 時～10 時 午後：月～火 15 時～24 時 【日帰り】12 時 30 分～19 時	9 時～20 時 定休日：火曜日 年間営業日：313 日
入浴者数	57,476 人（H27,28 年度平均）	57,370 人（H28 年度）

図 4-16　ホテル D・隣接施設 外観

表 4-23　ホテル D・湯都里　既存設備概要

施設名称	ホテル D	隣接施設
既存ボイラー	温水ボイラー2,441kW×2台　/　吸収式冷温水機790kW×2台	
用途	昇温、給湯、暖房、冷房	
燃料及び単価	A重油　75円/L（税込）※H30年の取引価格	
設備製造年 導入年	H7年製、H8年導入	
年間燃料使用量		
源泉温度	夏期・冬期：56℃	夏期：60℃　冬期：56℃
上水温度	夏期：18℃　冬期：8℃	-
湯張温度	夏期：41℃、冬期：42℃	夏期：41℃　冬期：42℃

図 4-17　ホテル D・隣接施設　既存ボイラー外観

（2）C 旅館

C 旅館は明治 2 年に開業された、開湯 800 年の歴史のある名湯を源泉とした温泉付き宿泊施設です。C 旅館の熱源は主に電気を使用しており、施設の冷暖房の大半を占めています。その中の一部の冷暖房に灯油を使用しています。

源泉温度が 70 度と高いため、お風呂の加温の必要がなく、給湯は源泉を熱交換させて利用しています。

表 4-24　C 旅館施設概要及び設備概要

施設名称	C 旅館
住所	秋田県鹿角市●●●●
用途	温泉付き宿泊施設
営業時間	営業時間：24時間※温泉：全日15時から10時まで
エネルギー利用状況（H29実績）	
燃料及び単価	灯油　82円/L（税抜き）※H30年価格
源泉温度	70℃　※昇温なし

図 4-18　C 旅館 外観

4.4.3. 木質ボイラー導入の試算

（1）試算前提条件

ホテル D 及び C 旅館に木質ボイラーを導入にかかるイニシャルコスト、年間収支などのシミュレーションを行うため、条件を整理しました。

① ホテル D（薪・チップ）

試算の前提条件を表 4-25、表 4-26、表 4-27 に示します。

薪の価格は、自動式薪割機を使用した場合の試算価格 16.8 円/kg、チップの価格は 1,517t/年（水分 40%）の製造した場合の試算価格、4,000t/年の製造した場合の試算価格、G 森林組合から購入した場合の試算価格の 3 パターンとしました。

表 4-25 燃料の仕様と想定ボイラー効率

区分	A 重油	薪	チップ
低位発熱量 （Kcal/L・kg）	8,878	2,991	2,436
前提の水分率（%）	–	30	40
価格 （円/L・kg）	75	16.8	10.0/11.9/13.6※
ボイラー効率（%）	91	80	80

※10.0 円/kg G 森林組合から購入した場合を想定
11.9 円/kg チップ製造 4,000t/年の場合
13.6 円/kg チップ製造 1,517t/年（水分 40%）の場合

表 4-26 熱需要シミュレーション前提条件（薪・チップ共通）

年間燃料使用量		385,904	L
減価償却期間	建屋	31	年
	ボイラー	13	年
固定資産税		1.4	%
維持管理費		2	%
ばい煙測定費		100,000	円
イニシャルコストの算出方法		（株）森のエネルギー研究所が収集した過去導入事例のデータによる回帰式に基づき算出	

表 4-27　薪ボイラーにおける人件費の計算方法

人件費の計算方法	使用条件 ・投入時間 15 分/回※薪の投入のみの人件費として計上 ①5 時~22 時を 716 円②22 時~5 時を 895 円 　※平成 29 年秋田県賃金参考 計算 ①･1 日 6 回×15 分/回=90 分/日 ･90 分/日×時給 716 円/時=1,074 円/日 ②･1 日 2 回×15 分/回=30 分/日 ･30 分/日×時給 895 円/時=448 円(447.5 円)/日 ･灰掃除にかかる時間を 15 分とした ･15 分/回×2 回/日=30 分/日 ･30 分/日×時給 716 円/時=358 円/日 合計 ･1,074 円/日+448 円/日+358 円/日=1,880 円/日 ･1,880 円/日×365 日/年=686,200 円/年

② C 旅館（薪）

試算の前提条件を表 4-28 に示します。薪の投入は既存スタッフが行うこととしたため、人件費は計上していません。

イニシャルコストの算出には、熱利用が比較的少ない施設にも対応可能な小規模薪ボイラーの導入を想定し、フィースマン社製の薪ボイラーの価格を参考としました。また、試算は化石燃料使用分をすべて木質バイオマスに代替した場合を想定して行いました。

薪の価格は、年間 40t/年（水分 30%）の製造では経済性が出ないことは自明であるため、あらかじめ採算分岐価格に近い 13.0 円/kg としました。

表 4-28　試算のための前提条件

燃料の仕様とボイラー効率	**低位発熱量**	**8,329**	**Kcal/L**
	価格（灯油）	85	円/L
	ボイラー効率	80	%
バイオマス燃料 試算前提条件	発熱量	2,991	Kcal/kg※水分30%
	価格	13.0	円/kg
	ボイラー効率	85	%
年間燃料使用量		165	万円/年
ボイラー補助率		50	%
減価償却期間		13	年
固定資産税		1.4	%
維持管理費		2	%
ばい煙測定費		100,000	円
イニシャルコストの算出方法	小規模向け小型薪ボイラーの価格参考		

（2）導入の試算

① ホテルＤ

月別の燃料使用量及び入湯者数を基に算出した熱需要パターンを以下に示します。

ホテルＤの温浴施設は循環加温をしており、併せて冬期は暖房の稼働も 24 時間行っているため熱需要が終日発生しています。ピークは午前の掃除の時間帯と夕方の入湯者が多い時間帯と推測され、熱需要のベース負荷はそれぞれ夏期で **151kW**、冬期で **582kW** と４倍近い差があることが分かりました。

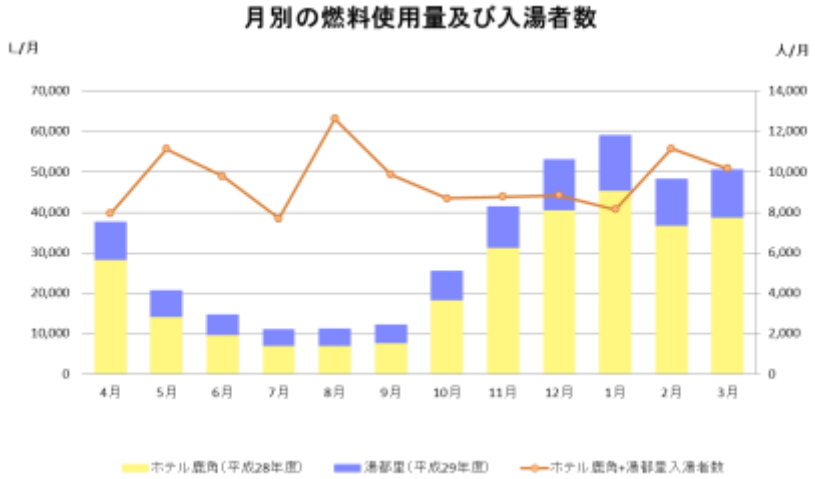

図 4-19　月別燃料使用量及び入場者数

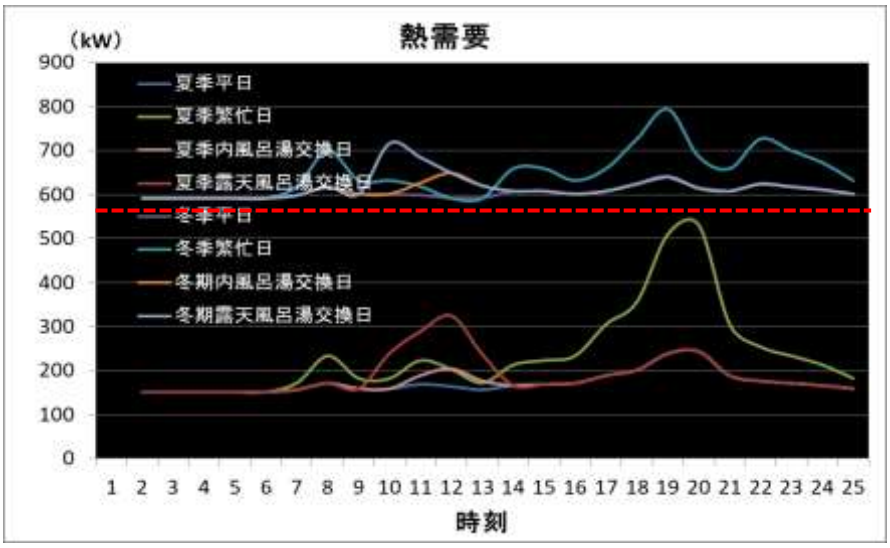

図 4-20　時間毎の熱需要パターン

（a）薪ボイラーの最適規模と導入の試算

導入収支シミュレーションの結果を表 4-29 に示します。

導入収支シミュレーションに用いる薪ボイラーの最適規模は、冬期のベース負荷である 582kw を安定して供給させるため、薪の投入量や投入のタイミングにより定格出力を確保できるように **692kW** としました。

イニシャルコストを算出した結果、薪ボイラー設置にかかる総工費はおよそ **8,400 万円**と試算され、出力 1kW 当たりの事業単価は 12 万円/kW となりました。

表 4-29　ホテル D　薪ボイラー導入収支シミュレーション

試算ケース			補助1/2 水分30% 薪16.8円/kg
化石燃料代替率			83%
導入規模	出力	kW	692
事業費	補助前	千円	83,941
	補助後	千円	41,971
バイオマス燃料消費量		t/年	1,080
化石燃料使用量		L/年	65,364
«費用»			
資本費	減価償却費	千円/年	3,117
	固定資産税(平均)	千円/年	595
ランニングコスト	バイオマス調達費	千円/年	18,148
	人件費	千円/年	686
	維持管理費	千円/年	1,679
	ばい煙測定費	千円/年	100
費用合計①		千円/年	24,325
«削減額»			
ランニングコスト	化石燃料削減量	L/年	320,540
	化石燃料削減費	千円/年	24,040
削減額合計：②		千円/年	24,040
年間収支（削減額合計②-費用合計①）		千円/年	-285
バイオマス調達費採算分岐点		円/kg	16.5
投資回収年数（詳細値）	補助無	年	29.6
	補助有	年	14.8

【事業性の検討】

収支計算は、化石燃料を木質バイオマスで代替することによって削減された金額から、薪ボイラーを導入・運用する際の減価償却費や燃料費など除いた額として算出しました。

ホテル D に薪ボイラーを導入する場合のイニシャルコストは、およそ 8,400 万円、ランニングコスト（資本費込み）は年間およそ 2,430 万円になりました。これは重油燃料削減額 2,400 万円と比較しておよそ 340 万円の燃料費が削減される試算結果となりました。

イニシャルコストに半額補助が見込める場合、薪単価 16.8 円/kg では、化石燃料削減費よりも薪ボイラーのランニングコスト（資本費を含む）が高くなってしまい、年間収支はおよそ 30 万円の赤字となりました。投資回収は 14.8 年と試算されました。

(b)チップボイラーの最適規模と導入の試算

導入収支シミュレーションの結果を表 4-30 に示します。

チップボイラーは自動運転装置により安定稼働が可能なため、最適規模は **582kW** としました。

イニシャルコストを算出した結果、チップボイラー設置にかかる総工費はおよそ 1 億 4,000 万円と試算され、出力 1kW 当たりの事業単価は 24 万円/kW となりました。

表 4-30　ホテル D チップボイラー導入収支シミュレーション

試算ケース			補助率1/2		
			①水分40% 10円/kg	②水分40% 11.9円/kg	③水分40% 13.6円/kg
導入規模	化石燃料代替率		95%	95%	95%
	出力	kW	582	582	582
事業費	補助前	千円	141,885	141,885	141,885
	補助後	千円	70,943	70,943	70,943
バイオマス燃料消費量		t/年	1,517	1,517	1,517
化石燃料使用量		L/年	19,288	19,288	19,288
«費用»					
資本費	減価償却費	千円/年	5,346	5,346	5,346
	固定資産税(平均)	千円/年	1,032	1,032	1,032
ランニングコスト	バイオマス調達費	千円/年	15,172	18,054	20,633
	維持管理費	千円/年	2,838	2,838	2,838
	ばい煙測定費	千円/年	100	100	100
費用合計①		千円/年	24,488	27,370	29,949
«削減額»					
ランニング	化石燃料削減量	L/年	366,615	366,615	366,615
	化石燃料削減費	千円/年	27,496	27,496	27,496
削減額合計：②		千円/年	27,496	27,496	27,496
年間収支（削減額合計②-費用合		千円/年	3,009	126	-2,453
バイオマス調達費採算分岐点		円/kg	12	12	12.0
投資回収年数	補助無	年	17.0	25.9	49.0
	補助有	年	8.5	13.0	24.5

【事業性の検討】

収支計算は、化石燃料を木質バイオマスで代替することによって削減された金額から、薪ボイラーを導入・運用する際の減価償却費や燃料費など除いた額として算出しました。

ホテル D にチップボイラーを導入する場合のイニシャルコストは、およそ 1 億 4,000 万円で、ランニングコスト（資本費込み）は年間およそ 2,750 万円になりました。これは重油燃料削減額 2,750 万円と比較しておよそ 390 万円の燃料費が削減される試算結果となりました。

チップ価格の 3 つのパターンで試算した結果、経済性が確保されるのは、①の G 森林組合からチップを購入するケース、②の 4,000t/年チップを製造するケースでした。でした。

イニシャルコストに半額補助が見込める場合、①のケースでは年間収支が約 300 万円、投資回収年数は 8.5 年、②のケースでは年間収支が約 13 万円、投資回収年数は 13 年と試算されました。

② C 旅館

C 旅館の最適規模算出の根拠を表 4-31 に示します。C 旅館の出力は、年間の月別燃料使用料金を聞き取りし、取引単価を用いて各月の燃料使用量を算出、そこから総熱需要量を求めたのち、時間毎の熱負荷を算出しました。

その中で、1 年間で最も単位時間当たりの熱負荷が大きい 12 月の熱量の数値（27,204kcal/h）を出力（kW）に換算した結果、ボイラーの最適規模は **32kW** としました。C 旅館では電気を主な熱源としているため、同規模の施設に比べボイラーの最適規模は小さめとなっています。

表 4-31　C 旅館　各月の最大熱負荷算出根拠

①各月の燃料使用量	②各月の総熱需要量（Mcal） 算出方法 ※①×灯油の発熱量８,３２９×ボイラー効率９０％	③時間毎の熱負荷（kcal/h） 算出方法 ①÷各月の日数÷営業時間（24時間）×灯油発熱量８,３２９×ボイラー効率９０％
1月		
2月		
3月		
4月		
5月		
6月		
7月		
8月		
9月		
10月		
11月		
12月		
合計		

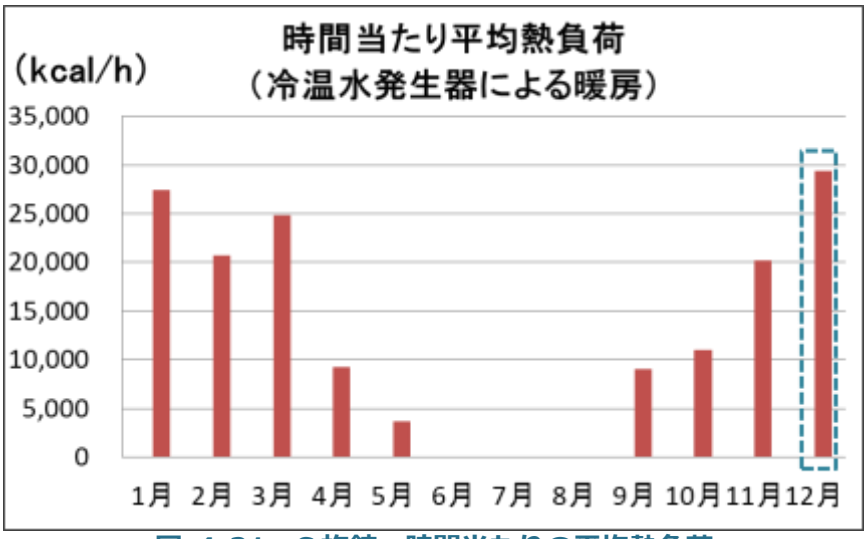

図 4-21　C 旅館　時間当たりの平均熱負荷

導入収支シミュレーションの結果を表 4-32 に示します。

イニシャルコストを算出した結果、薪ボイラー設置にかかる総工費はおよそ **1,200 万円**と試算され、出力 1kW 当たりの事業単価は 37 万円/kW となりました。なお、補助率は 50%としました。

表 4-32　C 旅館　薪ボイラー導入収支シミュレーション

試算ケース			水分30% 薪13円/kg
導入規模	出力	kW	32
事業費	補助前	千円	12,000
	補助後	千円	6,000
バイオマス燃料消費量		t/年	37
化石燃料使用量		L /年	14,284
«費用»			
資本費	減価償却費	千円/年	487
	固定資産税(平均)	千円/年	90
ランニングコスト	バイオマス調達費	千円/年	487
	人件費	千円/年	-
	維持管理費	千円/年	120
	ばい煙測定費	千円/年	100
費用合計①		千円/年	1,259
«削減額»			
ランニングコスト	化石燃料削減量	L/年	14,284
	化石燃料削減費	千円/年	1,214
削減額合計：②		千円/年	1,214
年間収支（削減額合計②-費用合計①）		千円/年	-45
バイオマス調達費採算分岐点		円/kg	13.0
投資回収年数 （詳細値）	補助有	年	14.4

【事業性の検討】

収支計算は、化石燃料を木質バイオマスで代替することによって削減された金額から、薪ボイラーを導入・運用する際の減価償却費や燃料費など除いた額として算出しました。

試算の結果、イニシャルコストに半額補助が見込める場合、13.0 円/kg の薪が供給できれば、年間収支は 4 万 5 千円の赤字となり、現在とほぼ変わらない収支となりました。投資回収年数は 14.4 年となり、減価償却期間である 13 年を超えますが、ボイラーに負荷を与えないことで十分に運用可能な年数と考えられます。

（3）まとめ

木質ボイラー導入シミュレーションの結果を表 4-33 に示します。

表 4-33　エネルギー利用施設の試算結果

項目	単位	ホテル D		C 旅館
導入設備	―	薪ボイラー	チップボイラー	薪ボイラー
導入規模	kW	692※1	582	32
イニシャルコスト	千円/年	41,971	70,943	600
ランニングコスト	千円/年	24,325	27,370	1,259
年間収支	千円/年	-285	126	-45
バイオマス燃料価格	円/kg	16.8	11.9※2	13.0
バイオマス調達採算分岐点	円/kg	16.5	12.0	13.0

※1：薪ボイラーの安定稼働を考慮し、出力は最適規模(582kW)より高めに設定している
※2：チップ 4000t/年製造の場合で年間収支がプラスになる価格

①　ホテル D 木質ボイラー経済試算

(a) 薪ボイラー

今回検討した条件で薪ボイラーを導入した場合は年間収支がおよそ 30 万円の赤字となりました。また、今回の試算での人件費は薪投入のみの人件費で計上しているため、薪ボイラーを導入する場合は実際の人件費や薪の投入体制、管理方法を含めた検討が必要になります。

(b) チップボイラー

ホテル D にチップボイラーを導入する場合、最も経済性効果が高いのは G 森林組合からチップを購入した場合になりますが、表 4-8 で示したように G 森林組合のチップは生チップであるため、水分 40%のチップの製造を交渉する必要があります。

新規にチッパーを購入しチップを製造した場合においては、製造量を増やすことで経済性効果が高くなるため、市内でのチップの需要先を開拓していくことが求められます。

②　C 旅館薪ボイラー経済性試算

13 円/kg の薪を製造するには、支障木など原材料費が低コストで収集可能な燃料を使用する、行政からの政策的支援など燃料費補助の仕組みを検討するといった方法が考えられます。

4.4.4. 設置場所の検討

（1）ホテル D

薪ボイラー及びチップボイラーの設置場所として、以下の理由からホテルエントランス左側の**駐車場のスペース**を候補にしました。

【期待される効果】

・既存のボイラー室に近いため接続配管費用を抑えることができる
・冬場は除雪作業が行われるため年間を通じ燃料供給のためのトラックの乗り入れが可能
・利用客へ環境への取り組みを PR することができる
・修学旅行生等へ環境教育の場を提供することができる

なお、チップボイラー設置の場合はチップを貯留するサイロスペースが必要になり、薪ボイラー設置の場合は薪をストックするスペース（屋根つき）が必要になります。

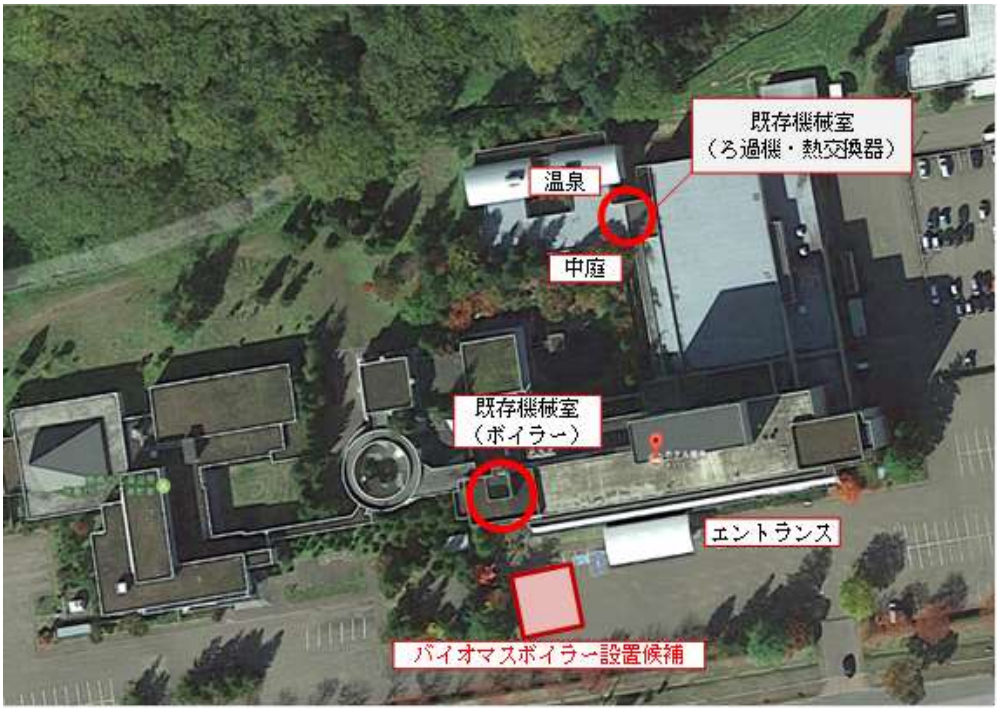

図 4-22 木質ボイラー設置場所候補

（2）C 旅館

薪ボイラーの設置場所として、館内入り口左手側にある**建屋**を候補としました。この建屋は現在使用されていません。建屋内に小型の薪ボイラー及び蓄熱タンクの設置スペース、薪のストックスペースを確保することが可能であると考えられますが、薪を運ぶ際の通路の確保が必要になります。

図 4-23　C 旅館　薪ボイラー設置場所候補

図 4-24　C 旅館　薪ボイラー設置場所候補詳細

4.4.5. 対応策の提案

これまでの試算結果において、条件次第では経済性があることは示されましたが、重油取引価格はここ数年でも乱高下しており、仮に重油価格が現在の 75 円/L より下がった場合には経済性が悪化する恐れがあります。そのような事業リスクを少しでも下げるため、考えられる対応策を以下に示しました。

事業リスク低減の提案

- 化石燃料代替率を下げイニシャルコストを低減させる
  ⇒金銭的負担の緩和
- 地域事業者で共同出資をし、熱供給事業を行う（木質バイオマス版 ESCO 事業）
  ⇒リスクをエネルギー利用者だけでなくエネルギー供給側も分担する仕組み
- 国や地域の補助制度を活用（補助率の向上や上乗せの可能性）
- 燃料製造体制の構築や、燃料費に対する政策的支援

（1）化石燃料代替率を下げイニシャルコストを低減させる

ホテル D での薪ボイラー設置にかかる総工費はおよそ **8,400 万円**と試算されました。この高額な事業費が、今後ボイラー導入を検討する際にネックになることが想定されます。そのため、高額な事業費を低減させる方法の参考として、木質バイオマス設備による化石燃料代替率を下げた場合の比較を行いました。

化石燃料代替率を下げる考え方としては、導入する木質ボイラーの規模を小さくすることで事業費を抑えることにあります。木質ボイラーの運用時は熱負荷の大きい時間帯には重油ボイラーなどの化石燃料設備で足りない熱供給を賄います。

化石燃料代替率による事業費の比較に際し、重油価格を現在の 75 円/L として試算しました。

その結果、化石燃料代替率を 83%から 50%に下げた場合、事業費は**約 3,000 万円のコストダウン**となりました。一方で年間収支は約 70 万円の赤字となりました。仮に公共施設のように減価償却費を含まない場合を考えると年間収支は約 130 万円の黒字になることが分かりました。

表 4-34　薪ボイラーにおける化石燃料代替率を変動させた場合のイニシャルコスト

代替率	50%	60%	70%	83%
最適出力	324kW	416kW	540kW	692kW
イニシャルコスト	5,500 万円	6,200 万円	7,180 万円	8,400 万円
年間収支 (減価償却費含む)	－69 万円	－56 万円	－43 万円	－29 万円
年間収支 (減価償却費除く)	129 万円	171 万円	223 万円	283 万円

※重油価格 75 円/L（税込）で試算

（2）地域事業者で共同出資をし、熱供給事業を行う（木質バイオマス版 ESCO 事業）

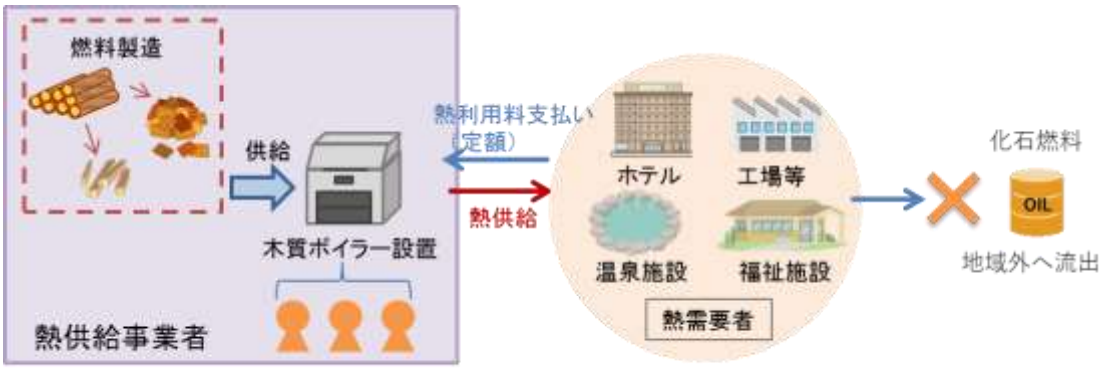

図 4-25　熱供給事業の取り組みイメージ

熱供給事業とは、民間の事業者が自ら対象施設へ木質ボイラーを設置し、燃料調達、設備の維持管理等の責任を持つ仕組みです。木質ボイラーの導入費用は熱供給事業者が負担します。図 4-25 のイメージで説明をすると、熱供給事業者は設置した木質ボイラーで発生させた「熱」を熱需要者側に販売します。熱需要者側は使用した分の熱の代金のみを熱供給側に支払えば良いので、イニシャルコストの負担はありません。

このように、木質バイオマス事業の大きな課題である設備導入費用の負担軽減策において、熱供給事業は利用者側の負担感やリスクを減らし、民間の創意工夫やコストダウン努力によるイニシャルコスト削減対策として注目されています。

既に同様の取り組み*が北海道の下川町や岩手県紫波町、岐阜県高山市などで行われており、熱需要者と熱供給事業者の間で熱の供給価格を取り決め契約する定額契約パターンや、化石燃料価格の変動に連動させて価格を設定するパターンなど、地域の実情に合わせた取り組みが進められています。

こうした先進事例を参考にしながらその取引価格や仕組みを地域で協議し決めていくことで、その地域にあったバイオマス事業の取り組みを進めて行くことができると考えられます。

この熱供給事業に取り組む場合には、事業を地域づくりの一環としてとらえ、熱供給事業者や熱需要側、行政など関係者で十分な協議をし、地域で継続的に運営していけるように念入りに事業計画を立てることが大切です。

※各地域の熱供給事業は「木質バイオマス熱利用・熱電併給事例集」引用

4.4.6. その他の検討（アンケート調査の実施）

今後、鹿角市内で木質ボイラーを導入する可能性のある施設を検討するために、一定以上の熱利用があると想定される熱需要施設（福祉施設、温浴施設、食品加工センター、クリーニング業）32 件を対象にアンケート調査を実施しました。

（1）アンケート調査結果

アンケートの回答結果は 32 件中 11 件となりました。その内、一般的に木質バイオマス設備導入の効果が得られやすいとされる化石燃料使用量 10 万 L/年前後を使用している施設は 5 件となりました。内訳は、4 件が福祉施設で 1 件が食品加工施設です。

ただし、5 件とも設備の更新は近年に行っていました。

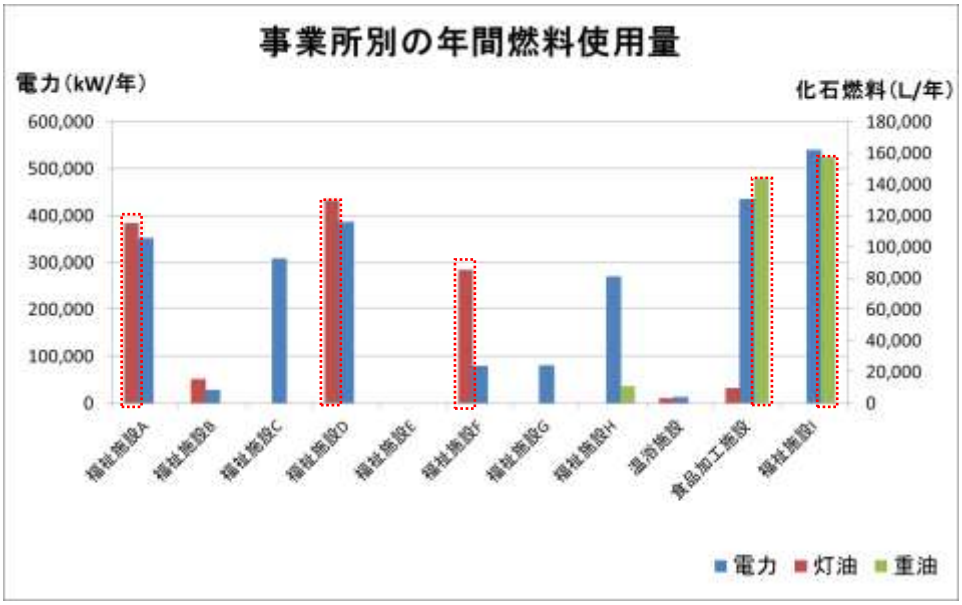

図 4-26 アンケート調査結果

（2）アンケートの回答

問 1．木質バイオマス燃料や木質ボイラーについてご存知でしたか

表 4-35　問 1　回答結果

回答項目	回答数
1．既に知っていた	5 件
2．名前は聞いたことがあるがどのようなものか知らなかった	5 件
3．知らなかった	0 件
4．未回答	1 件

問 2．今までに木質ボイラーの導入を検討したことがありますか

（問 1 で 1 の回答者のみ）

表 4-36　問 2　回答結果

回答項目	回答数
1．既に木質ボイラーを導入済である	0 件
2．現在検討中、もしくは検討を考えている	0 件
3．今まで未検討だったが今回検討してみてもよいと思った	0 件
4．今まで未検討、今後もその予定はない	3 件
5．過去に検討済だが、今は検討していない	2 件

問 3．木質ボイラーの導入をこれまでに検討してない、または断念した理由は何ですか（3 つまで）

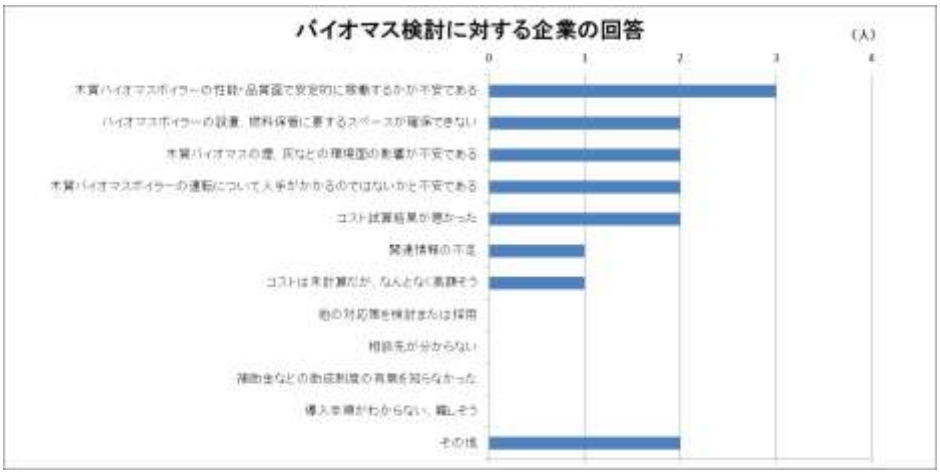

図 4-27　問 3　回答結果

問 4．その他自由意見

・設備費やランニングコスト等、検討する事前の情報が少ない

・燃料の安定供給、灰処理コストについて詳しく知りたい

（3）アンケート結果の分析・考察

アンケート調査の結果から、市内には木質バイオマス設備導入の効果が高いと見込まれるエネルギー需要の多い施設が複数あることがわかりました。前向きな検討を希望する回答は得られませんでしたが、自由意見などの回答から、設備導入以前に木質ボイラーに対しての理解や情報が不足していることが見受けられました。

この結果を踏まえ、今後は地域で木質バイオマスの理解を深めるための勉強会の開催や、公共施設など市内の身近なモデルとなる施設への導入も視野に入れていくことで、地域住民の関心の向上や再生可能エネルギーの取り組みへの波及効果が期待されます。

5.地域還元効果の把握

地域における経済効果や地球温暖化防止対策の観点として、地域経済効果と CO_2 排出削減量についての検討を行い地域還元効果について把握しました。

5.1. 地域経済効果

現在使用している A 重油や灯油などの化石燃料を、木質バイオマスで代替した場合の地域経済効果（LM3）を試算しました。これまで化石燃料の購入により地域外に流失しいていた金額が大幅に削減され、バイオマス燃料費として地域に落ちる金額になります。また、バイオマス燃料を活用することは、地域の森林整備に繋がり、防災力の向上や CO_2 の削減にも繋がります。

LM3 とは…
イギリスの New Economic Foundation によって開発された、地域内乗数効果（Local Multiplier effect） 概念に基づく、シンプルかつ簡易に地域の地域経済発展を検討する為の指標。具体的には、当該地域に生じた消費や投資に伴う 3 回分の取引の中で地域内循環する域内調達分や地域住民の所得を集約し、実質的にその消費や投資による域内経済への貢献度を指数化するものである。（島根県中山間地域研究センター「平成 27 年度環境経済の政策研究　低炭素・循環・自然共生の環境施策の実施による地域の経済・社会への効果の評価について　研究報告書」より）

5.1.1. LM3 の算出

前項までの試算結果をもとに、ホテル D に薪ボイラーを導入した場合の LM3 を算出した結果を下記に示します。

鹿角市の地域経済循環効果は化石燃料ボイラーを使用した場合（現状）、消費部門で化石燃料代金の 24,040 千円が支払われ、その内域内に循環するお金は流通部門における手数料 10%＝240 万円となります。

一方、木質ボイラーを導入した場合、消費部門で薪の支払い代金として 18,144 千円が支払われ、次の流通部門では手数料、薪を製造する際の人件費、薪の原料となる原木の仕入れ代金として支払われた 13,676 千円が地域に循環します。最後の生産部門では原木の仕入れに係る人件費や立木の仕入れ代金として支払われた 7,863 千円が地域に循環することになります。合計で、39,683 千円のお金が地域内に循環すると考えられます。

LM3 の算出方法

・化石燃料ボイラー（現状）の場合

(24,040 千円+2,404 千円)÷24,040 千円=1.1

・木質ボイラーを導入した場合

(18,144 千円+410 千円+4,950 千円+8,316 千円+5,746 千円+2,117 千円)

÷18,144 千円=2.19

この LM3 の結果を基に、事業主旨である薪のサプライチェーン構築を視野に入れ、現在の条件でホテル D 側が木質ボイラー設備を導入した場合と、「4.4.5 対応策の提案」で示した熱供給事業者側が木質ボイラー設備を購入し、熱をホテル D へ販売した場合の導入効果を以下に示しました。

なお、この図では、熱需要者側のイメージを持ちやすくするため、図 5-2 で示す消費部門と流通部門のみの経費で算出し、それぞれ示しました。

熱需要者施設側が木質ボイラーを導入した場合は、燃料費 18,144 千円のうち、減価償却費等外部に流出する資金 4,468 千円を差し引いた 13,676 千円が地域にとどまることになります。

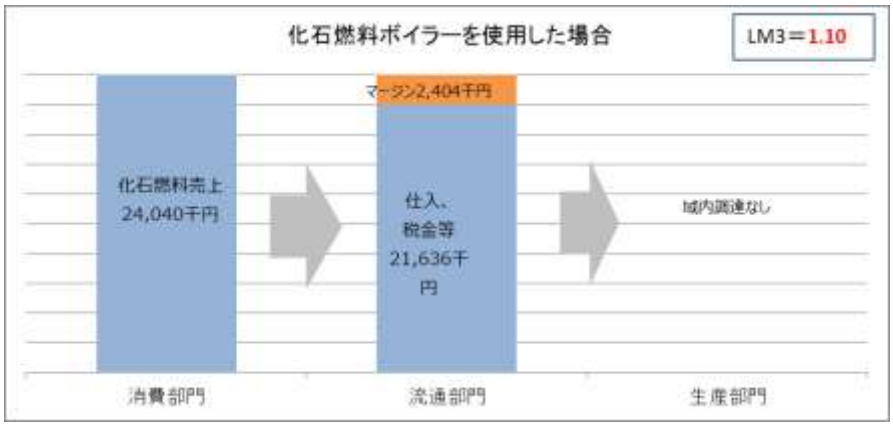

図 5-1　LM3　化石燃料ボイラー

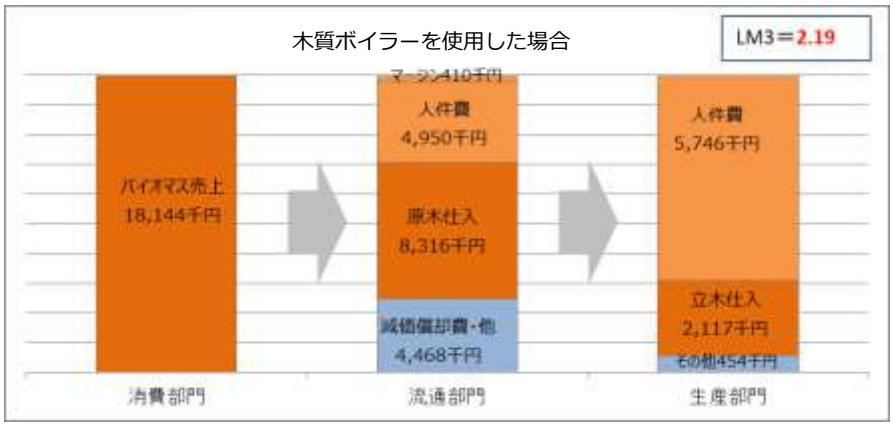

図 5-2　LM3　木質ボイラー（薪）

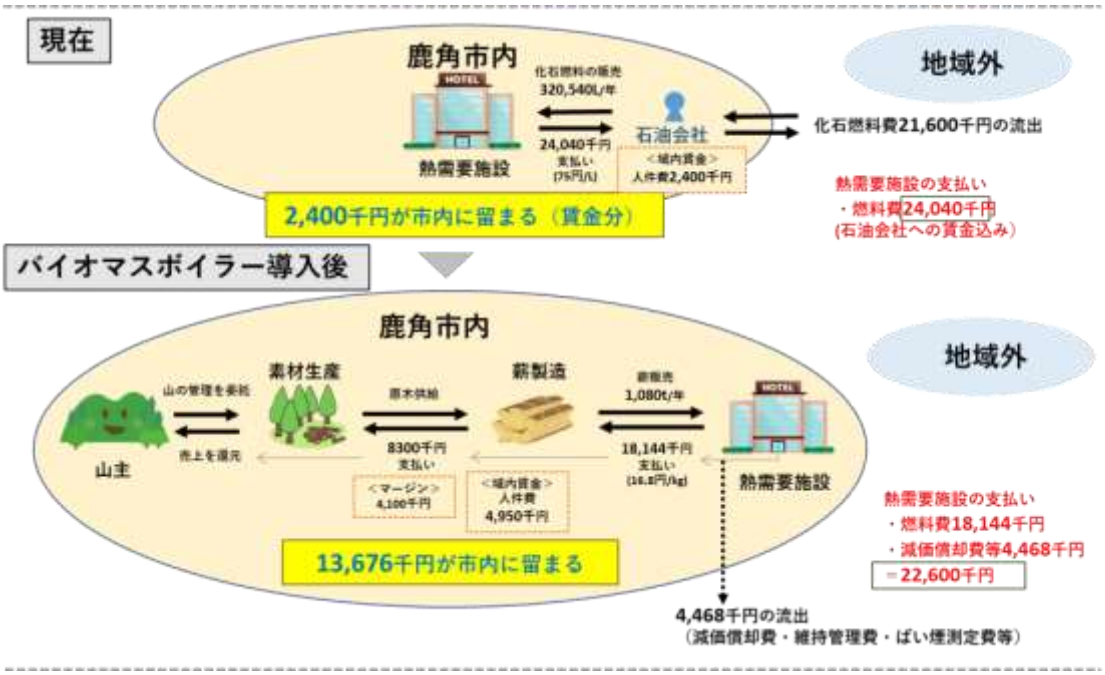

図 5-3　熱需要施設側の木質バイオマス導入イメージ

熱供給事業者が木質ボイラーの導入を行った場合、設備費は熱供給側が負担し、施設側は使用した分の熱を購入するので、化石燃料を 75 円/L とし、熱の販売価格を同等の 2.2 円/MJ に設定した場合、熱の購入価格は 23,790 千円となり、そのうち外部流出分 4,468 千円を差し引くと、19,322 千円が地域内にとどまることになると考えます。

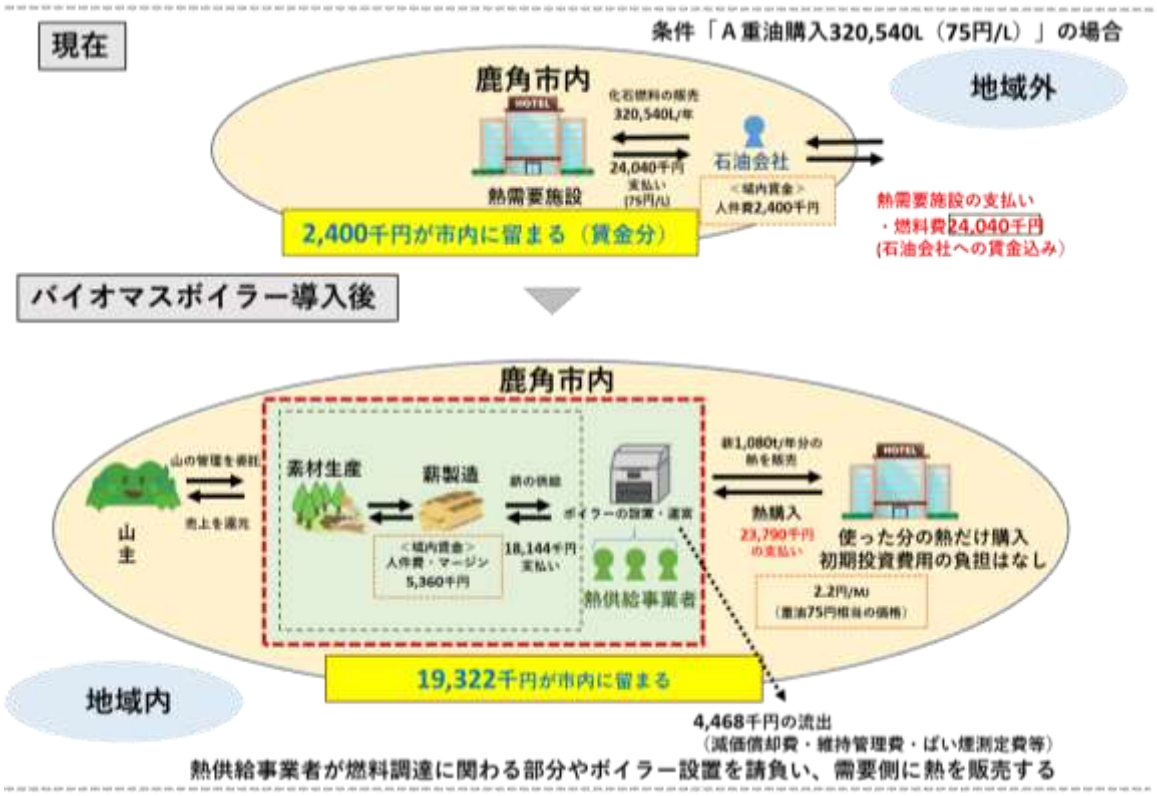

図 5-4　熱供給事業者側の木質バイオマス導入イメージ

5.1.2. 雇用創出効果

木質バイオマス事業導入により発生すると考えられる雇用創出効果は表 5-1 のとおりです。ホテル D に薪製造を行う場合が最も雇用創出効果があり、雇用延べ日数は 360 日となりました。

表 5-1 雇用創出効果

エネルギー利用施設	作業内容	想定製造量（t/年）	雇用延べ日数
ホテル D	薪製造	1,080	360
	薪投入	1,080	114
	チップ製造	1,517	45
	チップ製造	4,000	119
C 旅館	薪製造	40	27

5.2. CO_2 削減効果

CO_2削減効果は表 5-2 のとおりです。ホテル D の場合、その効果は薪ボイラー及びチップボイラーの場合いずれも 900t-CO_2/年前後の CO_2削減となり、大きな CO_2削減効果が期待されます。

表 5-2　CO_2削減効果

ケース	化石燃料削減量（L/年）	CO_2排出係数（kg-CO_2/L）	CO_2削減効果（t-CO_2/年）
ホテル D／チップボイラー	320,540	2.71	869
ホテル D／薪ボイラー	366,615	2.71	994
C 旅館／薪ボイラー	14,284	2.49	36

6.総括

【川上】

資源賦存量と利用可能量について調査を行いました。

- 資源賦存量としてC材の発生量は、スギ40～60年生の森林で、1ha当たり平均およそ**150t（水分50%）**と算出されました。
- 利用可能量としては、現状で**年間2,000～3,000t（水分50%）**が利用可能であることが分かりました。

【川中】

燃料製造について、製造委託する場合と、新規で製造を行う場合で検討を行いました。

- 薪の製造委託の場合、ホテルDへの薪供給が可能な事業者はありませんでした。一方、C旅館への薪供給は条件付きではありますが、2団体が供給可能であることが分かりました。
- チップの製造委託の場合、ホテルDへのチップ供給は、交渉次第ではありますが、G森林組合が供給可能であることが示唆されました。
- 新規で薪製造を行う場合、ホテルDでは自動式薪割機、C旅館では手動式薪割機を導入することが製造コストを抑えられる結果となりました。
- 新規でチップ製造を行う場合、河川支障木などの安価な原料を混ぜることで製造コストが化石燃料と競争できる価格になることが分かりました。

【川下】

ホテルD、C旅館への木質ボイラー導入試算を行いました。

- ホテルDに**薪ボイラーを導入する場合のイニシャルコストは、およそ8,400万円**でした。**ランニングコスト（資本費込み）は年間およそ2,430万円**という試算結果になりました。これは重油燃料削減額2,400万円と比較しておよそ340万円の燃料費が削減される試算結果となりました。
- ホテルDに**チップボイラーを導入する場合のイニシャルコストは、およそ1億4,000万円**でした。**ランニングコスト（資本費込み）は年間およそ2,750万円**という試算結果になりました。これは重油燃料削減額2,750万円と比較しておよそ**390万円**の燃料費が削減される試算結果となりました。

【地域内循環効果】

木質ボイラーを導入することで、従来どおり重油ボイラーを使用するよりも地域内への経済循環効果が高くなることがＬＭ3 によって示されました

【今後の課題】

本調査の検討結果を踏まえ、今後の検討事項を以下にまとめました。鹿角地域で薪のサプライチェーンを構築していくための主要課題は、各部門における主体を検討していくことや、事業者間の連携体制の構築が挙げられます。そこから次のステップとして燃料製造体制を具体的に進めていくことや、地域住民との関わりを広げていくことが考えられます。

表 6-1　今後の検討事項

全体の課題	**・民間事業者と行政との実施体制の構築** **・地域住民を含めた実施スキームの検討**
川上の課題	・燃料の安定供給に向け、連携する木材生産事業者を増やす
川中の課題 **＜薪の場合＞**	・薪の製造主体の検討 ・役割分担の仕組みづくり ※薪の製造方法・薪の製造場所・薪の運搬等
川中の課題 **＜チップの場合＞**	・チップ生産主体の検討 ・チップの供給体制 ・品質の確保や価格の検討
川下の課題	・ボイラーの導入候補場所の検討 ・導入候補施設に合う燃料の種類の検討

鹿角地域は、事業後に成果報告会を自主的に開催し、その成果を多くの市民に届けるなど積極的な動きもあり、今後は更なる地域市民への理解促進を行い、地域市民との関わりの中で取組みを展開していくことが期待されます。

平成 30 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

秋田県鹿角市

「鹿角市地域内エコシステム」構築事業

調査報告書

平成 31 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