

岐阜県関市

「板取地域内エコシステム」の構築に向けた 実現可能性調査報告書

平成 30 年 3 月

(一社) 日本森林技術協会

(株) 森のエネルギー研究所

平成 29 年度新たな木材需要創出総合プロジェクトのうち地域内エコシステムの構築事業

岐阜県関市

「板取地域内エコシステム」の構築に向けた 実現可能性調査報告書



関市イメージキャラクター〔関＊はもみん〕

平成 30 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
2. 調査対象地域	2
3. 調査の方法	3
3.1. 協議会	4
3.2. 川上（燃料供給）	6
3.3. 川中（燃料製造）	6
3.4. 川下（エネルギー利用）	6
4. 調査結果の要約	7
5. 調査の方法	8
5.1. 協議会	8
5.2. 川上（燃料供給）	9
5.2.1. 資源賦存量	9
5.2.2. 利用可能量	17
5.3. 川中（燃料製造）	18
5.3.1. 燃料製造場所	18
5.3.2. スtockヤード機能	20
5.3.3. 燃料製造システムの検討	22
5.3.4. 試算の前提条件	23
5.3.5. 薪を製造する場合	25
5.3.6. チップを製造する場合	28
5.3.7. 燃料供給コストのまとめ	41
5.4. 川下（エネルギー利用）	43
5.4.1. エネルギー利用施設	43
5.4.2. エネルギー利用状況	45
5.4.3. 熱需要シミュレーション	47
5.4.4. 薪ボイラーの事業性及び運用条件	49
5.4.5. チップボイラーの事業性及び運用条件	52
5.4.6. 化石燃料単価が変動した場合の経済性	58
5.4.7. 木質バイオマス熱電併給システムの検討	59
5.4.8. 導入設備	71
5.4.9. 配置・運用検討	71

6.	地域還元効果等の把握	72
6.1.1.	地域経済効果	72
6.1.2.	CO2 排出削減量	73

1. 背景と目的

岐阜県関市の板取地域（旧板取村）は、総土地面積の96%が森林で、森林面積は約1万8千haを有する地域です。地域における素材生産は、森林組合及び民間事業者により間伐を主体として行われています。また、木の駅プロジェクトも実施しており、地域住民による原木搬出も行われています。

現在、板取地域に木質バイオマスエネルギー利用設備はなく、地域から搬出されたC材は県内の瑞穂市にある木質バイオマス発電所に供給されています。

本事業では、板取地域において、木材の地産地消、地域資源の有効活用、地域づくり・人づくりによる主体的かつ持続的な木質バイオマスエネルギー事業を創出するため、「**地域内エコシステム**※」の構築を目的とした実現可能性調査を実施しました。

板取地域における地域内エコシステムのイメージを図1-1に示しました。

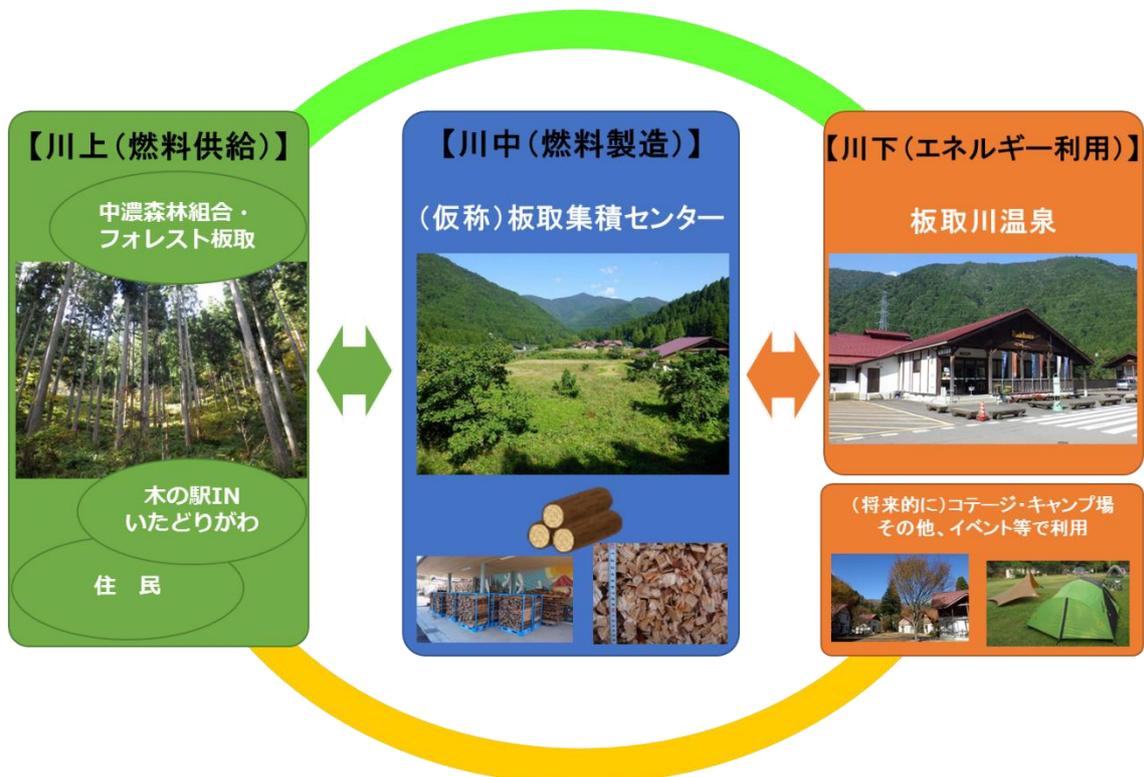


図 1-1 板取地域における地域内エコシステムのイメージ

※地域内エコシステム

地域の関係者連携の下、小規模な熱利用又は熱電併給により、森林資源をエネルギーとして、地域内で持続的に活用する仕組み。

2. 調査対象地域

岐阜県関市の板取地域を調査対象地域としました（図 2-1）。

板取地域の人口は、1,173 人（平成 30 年 3 月 1 日現在）で、面積は 18,714ha、うち森林が 17,920ha です。森林率は 96%で、自然が豊かで観光名所が多い地域です。

地域内にはキャンプ場やコテージが整備されており、夏には多くの利用者が訪れます。

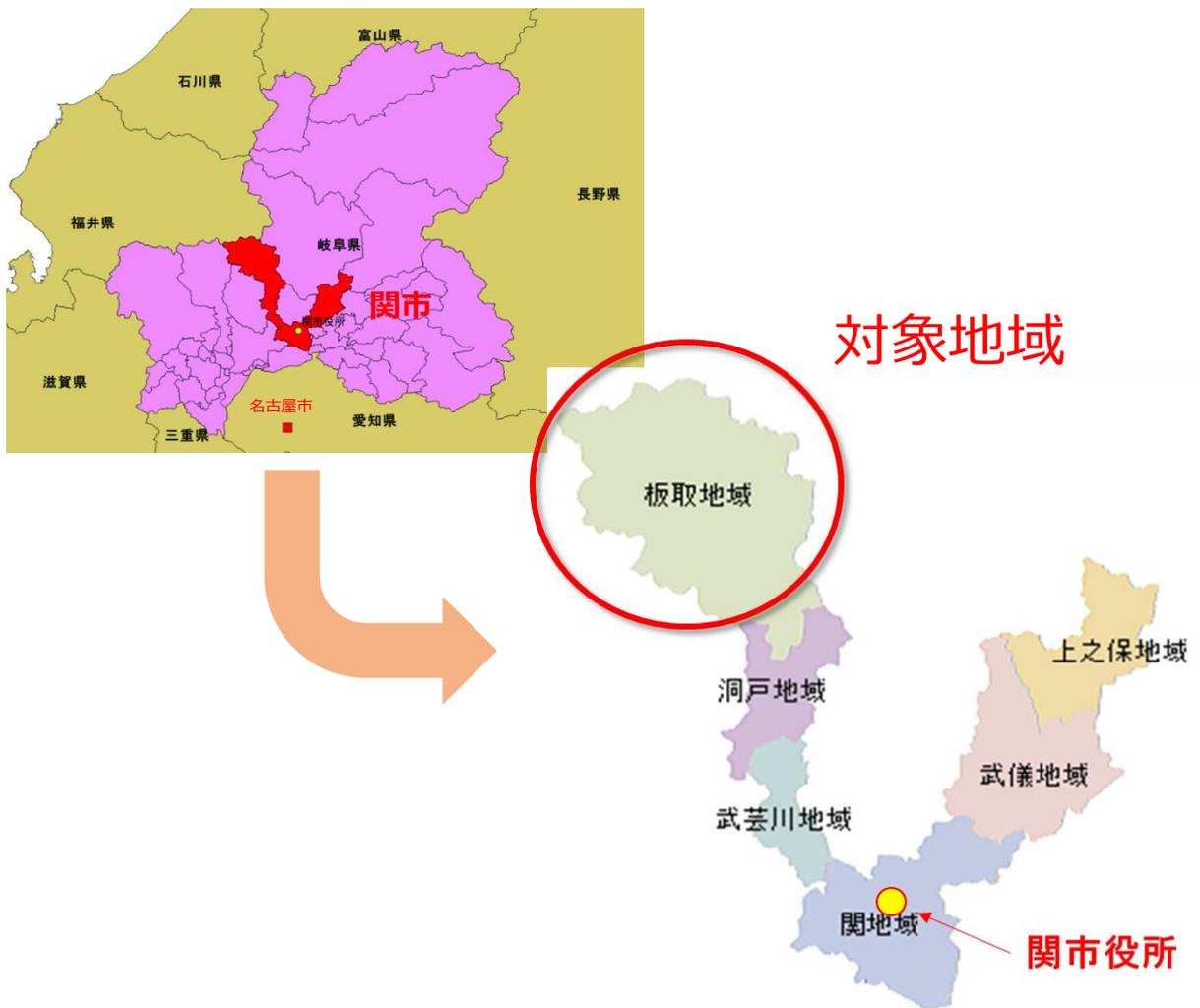


図 2-1 対象地域の位置図

3. 調査の方法

調査は、川上（燃料供給）、川中（燃料製造）、川下（エネルギー利用）の各段階に分けて実施しました。また、地域の関係者で連携し、地域主体で事業計画を策定するため、「板取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、協議会を3回開催しました。

【調査の進め方】

地域の関係者で構成される協議会を設置し、木質バイオマス燃料の製造、エネルギー利用先、木質バイオマスボイラーの導入等に関して地域の関係者で協議を行い、関係者間の連携を図りました。

【川上】

エネルギー需要先に対し、地域内で木質バイオマス燃料を安定的に供給するため、地域の森林資源量を把握するとともに、木質バイオマスとして利用可能な種類及び利用可能量を把握しました。

【川中】

板取地域に「(仮称) 板取集積センター」を設置し、原木の集積場として整備することを検討しました。また、現在、関市には燃料製造施設がないことから、この集積場内で木質バイオマス製造施設を整備することも併せて検討しました。

燃料の製造は、薪を製造する場合、チップを製造する場合のそれぞれについて検討しました。

【川下】

エネルギー利用先の候補である「板取川温泉」を対象として、木質バイオマスエネルギー利用設備の導入を検討しました。

木質バイオマスエネルギー利用設備は、温泉で年間約18万L使用する重油燃料を代替するための設備とするとともに、当該施設は非常時に住民が避難する防災拠点施設となることも期待されるため、発電設備の設置可能性についても検討しました。

3.1. 協議会

協議会のメンバー構成を表 3-1 に示しました。板取地域のまちづくり団体である「板取ふれあいのまちづくり推進委員会（以降、「板取まちづくり委員会」という。）」が中心になり事業全体に関わるとともに、川中の燃料製造を担当する予定です。

川上の燃料供給の部分は、関市及び美濃市を中心に森林整備事業を行う「中濃森林組合」、地域の民間事業者である「有限会社フォレスト板取」、地域の有志で行っている木の駅プロジェクト「木の駅 IN いたどりがわ」が担当する予定です。

川下のエネルギー利用の部分は、エネルギー利用先として候補に挙がっている板取川温泉の指定管理者である「株式会社板取川観光」が担当する予定です。

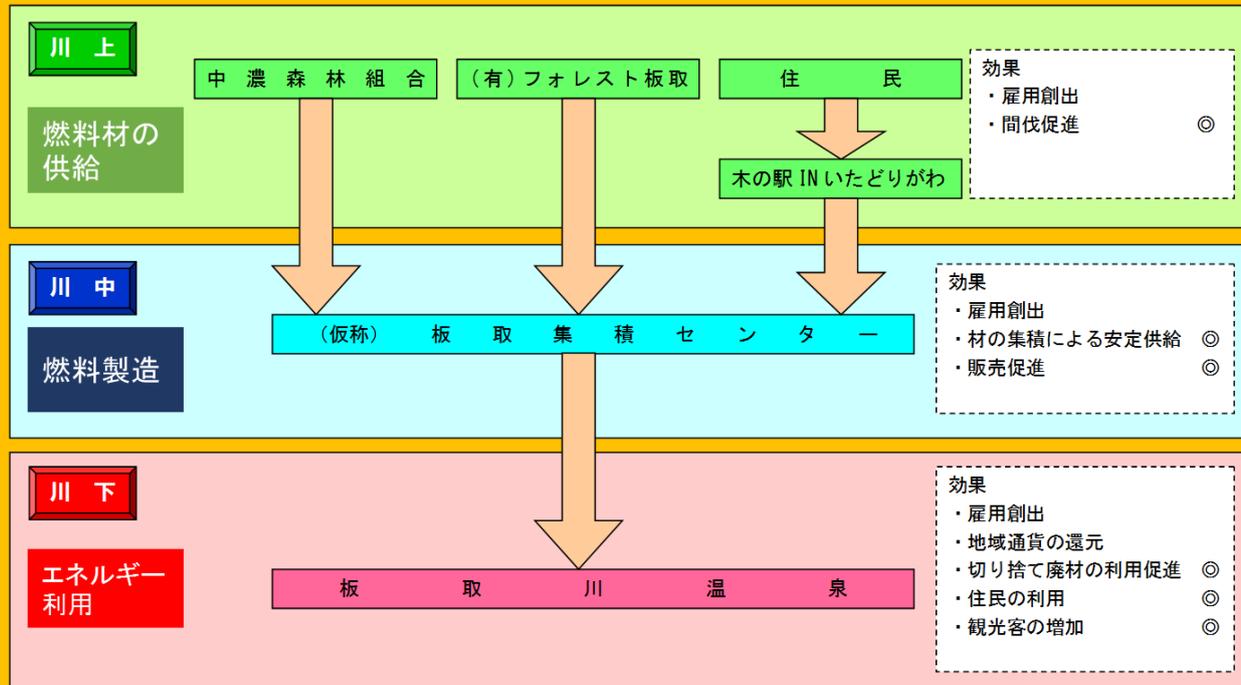
協議会事務局は、「関市企画部板取事務所」、「関市経済部林業振興課」及び「地域内エコシステム事務局（日本森林技術協会・森のエネルギー研究所）」で、地域の関係者と一体となって、事業の検討を行いました。

また、図 3-1 にサプライチェーンのイメージを示しました。

表 3-1 協議会のメンバー構成

区分	団体名
全体、川中（燃料製造）	板取ふれあいのまちづくり推進委員会
	中濃森林組合
川上（燃料供給）	（有）フォレスト板取
	木の駅 IN いたどりがわ
川下（エネルギー利用）	（株）板取川観光
オブザーバー	岐阜県中濃農林事務所
	関市企画部板取事務所
	関市経済部林業振興課
	（一社）日本森林技術協会
	（株）森のエネルギー研究所
事務局	

関市と板取まちづくり委員会が主体となって、全体のサプライチェーンを管理し、地域内エコシステムを運営する。



地域住民も主体的に地域内エコシステムの運営に関与
 所有している山林等からの出材、エネルギー利用施設の積極的な利用、協議会でエネルギー利用先の提案等

図 3-1 板取地域内エコシステムにおけるサプライチェーンのイメージ

3.2. 川上（燃料供給）

板取地域の森林資源量を把握するため、既存資料調査と現地調査を行いました。

また、木質バイオマス利用可能量を把握するため、関係者に聞き取り調査を行い、さらに板取地域で収集できる材について、調達可能性に関する調査を行いました。

3.3. 川中（燃料製造）

新たに設置を検討する「(仮称)板取集積センター」は、木材集積機能と燃料製造機能を持たせることが期待されます。集積センターは、地域材の集積土場として活用するとともに、集積した原木から木質バイオマス燃料の製造を行います。

薪を製造する場合とチップを製造する場合に分けて、検討を行いました。チップを製造する場合は、地域内の既存チップ製造業者から調達する方法や、製材工場で発生するチップを利用することも検討しました。

3.4. 川下（エネルギー利用）

木質バイオマスエネルギーを利用する施設は、比較的大きな需要があると見込まれる「板取川温泉」を候補として、木質バイオマスエネルギー利用のための設備導入について検討しました。

木質バイオマスエネルギー利用設備としては、木質バイオマスボイラーの導入及び熱電併給システムの導入について検討しました。

検討においては、以下の要点に基づいて調査を行いました。

- 熱需要のうち、ベース負荷を木質バイオマスボイラーで代替し、既存ボイラーはバックアップとして利用すると考え、ボイラー導入規模を選定する。
- ボイラー燃料は「薪」「チップ」でそれぞれ検討し、ボイラー導入事業費及び事業性について検討する。
- 熱電併給システムは、国内で実績のある設備を対象に板取川温泉への熱供給が可能な規模で検討し、製造した分の電力を施設で自家利用する。

4. 調査結果の要約

全体

実現可能性調査及び協議会の設置・運営をとおして、「板取地域内エコシステム」の構築に向けたスキームを整理することができました。今後も地域の関係者が主体となって、「板取地域内エコシステム」の構築に向けて、最適なサプライチェーンを検討するため、協議会等の体制を継続することが重要です。

川上（燃料供給）

- 板取地域は、既存資料より人工林の蓄積が 200 万 m^3 で、現地調査の結果より ha あたりの蓄積がおよそ 563 m^3 となり、資源の賦存量は十分な量があることがわかりました。
- 板取地域における利用可能量（C 材量）は、聞き取り調査の結果より、およそ **1,420 m^3** が供給可能であることがわかりました。
- 1 年間に必要な燃料材の量が原木ベースで、およそ **773 m^3** と試算されたので、燃料材の供給については十分な余裕があることがわかりました。



川中（燃料製造）

- 原木ストック及び燃料製造拠点として「**(仮称)板取集積センター**」を設置します。
- 薪、準乾燥チップ及び生チップを利用できることがわかりました。今後は、燃料種別を具体的に絞り込んでいくこととなります。
- 板取川温泉の燃料需要は、およそ **536 生 t/年**（352 t : W.B.30%）と試算されました。
- チップの製造は、薪に比べてコストがかかるため、燃料製造を**段階的に行うことも検討**しました。具体的には、チップを製造委託または購入により調達し、地域内で木質バイオマス需要が増加してきた段階で、燃料製造設備を導入して事業化を行うというものです。



川下（エネルギー利用）

- エネルギー利用先の候補として「**板取川温泉**」を対象として検討を行いました。
- 現在、板取川温泉は設備の老朽化により、必要以上の熱を消費している可能性が高く、設備の刷新により、大幅な燃料費の節約が期待できることがわかりました。
- 板取川温泉への木質バイオマスボイラーの導入においては、**236kW**（202,960kcal）が最適規模であるということがわかりました（必要熱量の 9 割を代替）。
- 木質バイオマスボイラーによる熱利用は事業性が見込まれると試算されましたが、熱電併給システムについては事業性が見込まれないという試算結果になりました。



5. 調査の方法

5.1. 協議会

地域が主体となって持続的な事業創出を目指すため、地域づくり・人づくりに重点を置いて協議会を設置し、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 5-1 協議会の実施結果

<p>【第1回協議会】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 開催日：平成29年9月25日 ● 主な議題 事業内容について スケジュールについて 実現可能性調査の項目について 	
<p>【第2回協議会】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 開催日：平成29年11月20日 ● 主な議題 調査の進捗状況について 	
<p>【第3回協議会】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 開催日：平成30年1月17日 ● 主な議題 調査結果の報告について 今後に向けた検討について 	

5.2. 川上（燃料供給）

5.2.1. 資源賦存量

板取地域における森林資源の賦存量について、既存資料調査及び現地調査の 2 つの方法で調査を行いました。また、収集可能な燃料材についての調達可能性についても、聞き取りによる調査を行いました。

(1) 既存資料調査

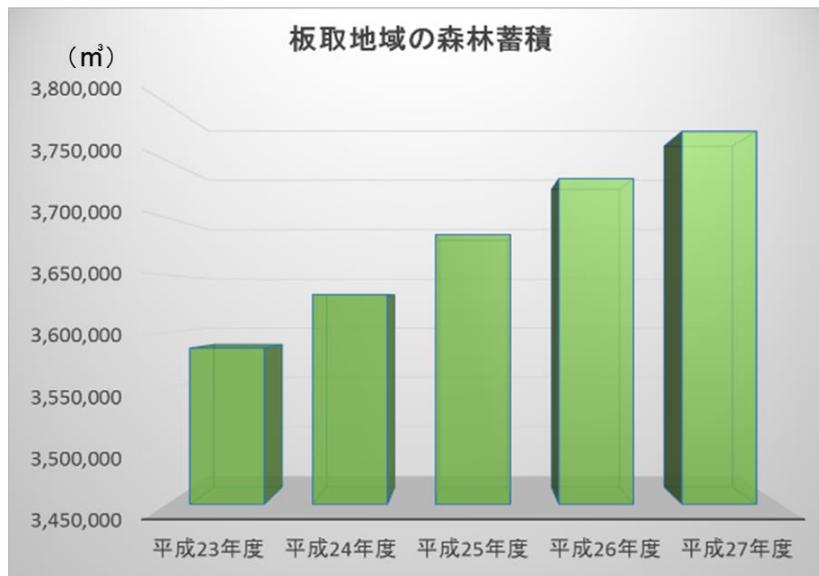
板取地域の人工林天然林別の蓄積を図 5-1 に示しました。人工林と天然林の蓄積割合は、人工林の方がわずかに多いですが、人工林と天然林の構成割合は、ほぼ半々です。板取地域の人工林蓄積は、約 200 万 m^3 です。



(平成 27 年度岐阜県森林・林業統計書より作成)

図 5-1 板取地域における人天別蓄積割合

また、平成 23 年度からの平成 27 年度までの森林蓄積の推移を図 5-2 に示しました。平成 23 年度は約 359 万 m^3 だった蓄積が、平成 27 年度には約 378 万 m^3 に増加していました。4 年間の増加量は約 19 万 m^3 で、平均すると年間 4 万 7 千 m^3 が増加しました。



(平成 27 年度岐阜県森林・林業統計書より作成)

図 5-2 板取地域の森林蓄積の推移

板取地域の人工林針葉樹における C 材賦存量をエネルギー量に換算したエネルギー賦存量を表 5-2 に示しました。算出の流れは以下のとおりです。

- ①立木材積から幹材積を算出(0.85 を乗じました)。
- ②幹材積から C 材発生量を算出 (0.3 を乗じました)。
- ③C 材の発生量を重量に変換し、エネルギー賦存量を算出。

表 5-2 人工林針葉樹における C 材量をエネルギー量の換算値

項目	人工林 (針葉樹)
面積	6,132ha
立木材積	2,002,000 m ³
C 材発生量 (係数 ¹ 0.85,係数 0.3)	510,510 m ³
エネルギー賦存量(係数 ² 8.4MJ/kg)	4,288,284 GJ
A 重油換算 (係数 ³ 37.1GJ/KL)	115,587KL

※1 C 材の発生量は幹材積の 30%とした。

※2 賦存量の計算は、W.B 含水率 50%を想定

¹ NEDO HP、バイオマス賦存量・有効可能量の推計より

² 木質バイオマスボイラー導入指針、森のエネルギー研究所、平成 24 年

³ 日本 LP ガス協会 HP より

板取地域内エコシステムを構築した当初は、関市有林から搬出される C 材を供給する計画です。板取地域にある市有林の位置を図 5-3 に示しました（黄色部分が市有林）。

図中の赤い点は、板取川温泉の位置です。板取川温泉から半径 10 km の円を赤線で示しました。ほとんどの市有林が板取温泉から 10 km 圏内に入ります。

また、図中にある青い点（3箇所）は、現地調査を実施した場所を示しています。

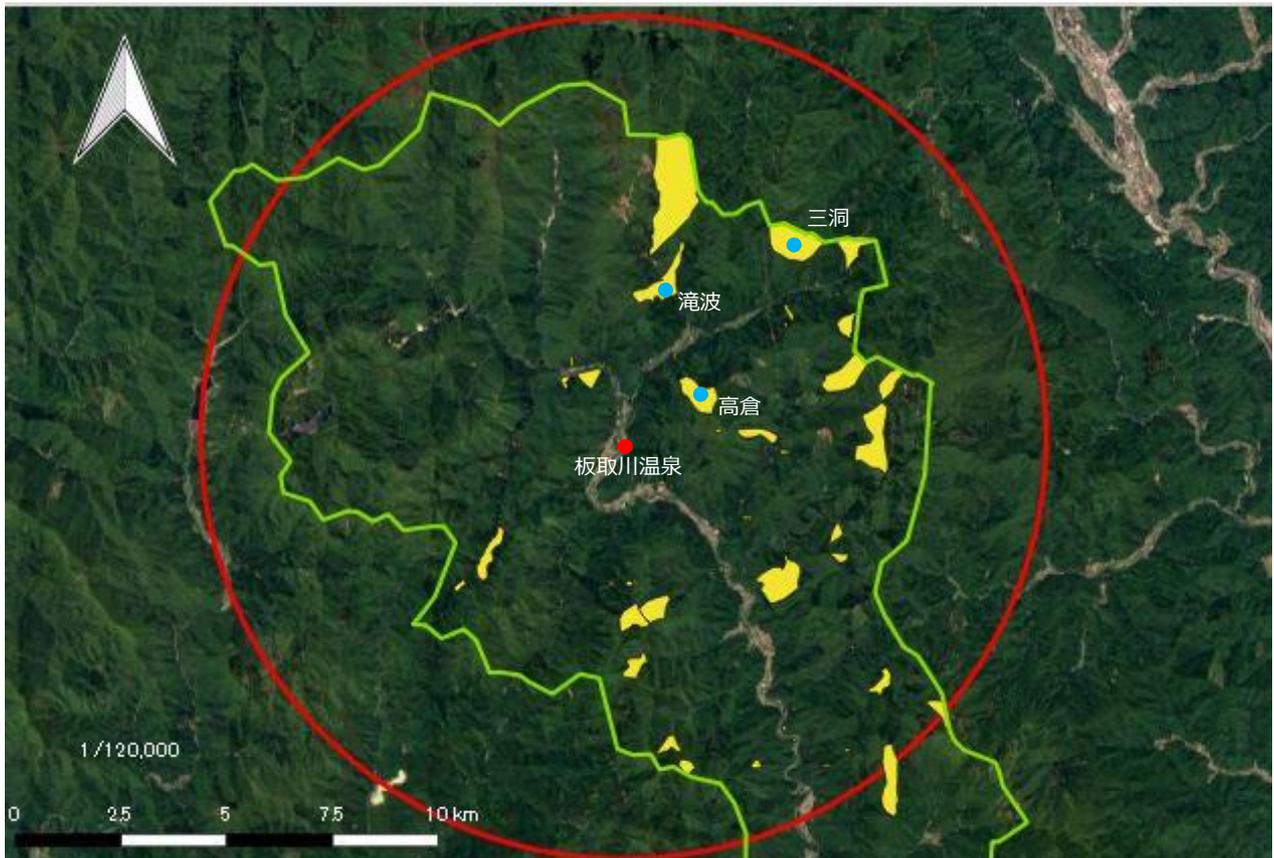


図 5-3 板取地域における関市有林の位置図

(2) 現地調査

板取地域内の市有林 3 箇所で現地調査を行いました。現地調査は、0.1ha の円形プロットを設置して、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。

調査結果は表 5-3 から表 5-5 に示したとおりで、ha あたりの立木材積は 500~668 m³ になりました。3 箇所における立木材積の平均は 563 m³ でした。

立木材積から素材生産への歩留まりを 85% と仮定すると、479 m³ (563 m³ に 0.85 を乗じる) になります。さらに C 材の割合を 3 割と想定すると、ha あたりの C 材量は 144 m³ (479 m³ に 0.3 を乗じる) と試算されました (係数は前述のエネルギー賦存量の算出に使用した値を使用)。

このことから、板取地域における C 材の賦存量は、ha あたり 144 m³ 程度あると考えられます。

表 5-3 現地調査結果（高倉調査区）



調査年月日	2017年11月2日
調査面積	0.1ha
樹種	スギ
林齢	52年生
立木本数	55本
斜面傾斜	14.9度
斜面方位	NE
立木材積	667.92 m ³ /ha
施業履歴	平成25年度間伐実施

表 5-4 現地調査結果（滝波調査区）



調査年月日	2017年11月2日
調査面積	0.1ha
樹種	スギ
林齢	52年生
立木本数	31本
斜面傾斜	20.3度
斜面方位	E
立木材積	520.67 m ³ /ha
施業履歴	平成22年度間伐実施

表 5-5 現地調査結果（三洞調査区）

三洞調査区



調査年月日	2017年11月1日
調査面積	0.1ha
樹種	スギ・ヒノキ
林齢	40年生
立木本数	90本
斜面傾斜	11.5度
斜面方位	SE
立木材積	500.48 m ³ /ha
施業履歴	平成26年度間伐実施

(3) 燃料材の調達可能性

板取地域で収集可能な燃料材について、現在搬出している「間伐材のC材」、間伐後や切捨て間伐後に発生している「林地残材」、「切捨て間伐材」、「製材端材」、工事伐採等による「支障木」、家庭等から出る「剪定枝」の6種類の材の調達可能性を調査した結果を表5-6に示しました。

これらの材の発生状況や調達の可能性について、協議会に参加する地元関係者へ聞き取りを行った結果、「間伐材」及び「林地残材」の調達が有望という結果でした。このことから、集積場へ収集される材は、C材及びD材が中心となると考えられました。

C材は、薪・チップのどちらでも加工しやすく、燃料用の材として適しています。一方、D材のうち、タンコ口は径が大きい場合、チップ用の機械に投入できない可能性があるため、事前にチェーンソーやフォーククローで割って小さくするといったような手間が発生する可能性があります。また、枝葉は焚き付けとしてそのまま燃やすか、チップに加工して利用することが考えられます。

表 5-6 調達可能性のある材と燃料用加工の適性

材の種類	間伐材	林地残材	切捨て間伐材	製材端材	支障木	剪定枝
イメージ 図						
材の状態	現在搬出しているC材	搬出しない枝葉,タンコ口等 D材	コストがかかり搬出できない材	背板等	危険木等	枝等
発生箇所	施業地	施業地	施業地	製材工場	住宅地、道路	住宅地、道路
発生状況	あり	あり	あり	なし	あり	あり
調達可能性	◎	◎	×	×	△	△
薪加工適性	◎	◎	◎	○	○	△ 焚き付け用
チップ加工適性	◎	△	◎	◎	△	○

5.2.2. 利用可能量

燃料供給に関して、森林組合、フォレスト板取及び木の駅の関係者に聞き取りによる調査を行いました。

聞き取り調査の結果から、燃料供給における C 材利用可能量は、およそ 1,420 m³/年であることが分かりました。詳細は次のとおりです。

(1) 森林組合

- 作業班は 7 班体制（24 名）で、うち 4 班が林産、3 班が造林及び間伐班である。
- 所有機械は、グラップル 4 台、スイングヤーダ 1 台及びフォワーダ 2 台で、そのほか必要に応じてリースしている。
- 伐倒及び造材はチェーンソーを使用しているが、近いうちにプロセッサを導入する予定である。
- 板取地域から搬出される C 材は年間約 1,200 m³で、瑞穂市のバイオマスエネルギー東海に出荷している。
- 板取地域に集積場ができれば、運賃コストが削減され、その分が森林所有者に還元できると考えている。

(2) フォレスト板取

- 作業班は 1 班体制（4 名）で、素材生産だけでなく、造林保育作業も行っている。
- 所有機械は、ウインチ付きグラップル 1 台及びフォワーダ 1 台で、そのほか必要に応じてリースしている。
- 板取地域から搬出される C 材は年間約 200 m³で、瑞穂市のバイオマスエネルギー東海に出荷している。
- C 材の価格は森林組合と同じである。
- 板取地域に集積場ができれば、運賃のコスト削減になるとともに、現在よりも多く C 材を出すことも可能である。

(3) 木の駅

- 平成 26 年度から板取地域で木の駅プロジェクトを実施している。会員数は 25 名で、事業者も含まれる。
- チップ材用として年間 10~20 m³を出している。
- 木の駅で集積した材は、下呂市の金山チップセンターに販売される。

5.3. 川中（燃料製造）

5.3.1. 燃料製造場所

燃料製造場所の候補地として、板取川温泉に隣接した土地が挙げられました。この土地は元々、板取川上流域ダム建設の計画調査時に発生した土砂を埋め立てた土地で、現在は草地となっています。板取川温泉からのアクセスも良いため（直線距離で約 250m）、原木の集積や燃料製造の拠点施設として考えた場合、立地・環境等は好条件な土地です。

本調査では、この土地を「(仮称) 板取集積センター」と呼称することとしました。

表 5-7 (仮称) 板取集積センターの概要



(写真奥側が板取川温泉で手前の草場が(仮称)板取集積センター予定地)

土地面積	約 1 ha
土地所有者	計 6 名
地表面状況	舗装なし、砂利敷き
既存設備（水道、電気）	隣接する施設で水道及び電気設備を利用している
周辺道路状況	県道及び板取川温泉入口の 2 方向から進入可能
周辺環境	<ul style="list-style-type: none"> ・ 民家からは一定の距離がある。 ・ 川に面しており、対岸にはキャンプ場やコテージがある。 ・ 板取川温泉まで直線距離で約 250m

(仮称)板取集積センターを整備する場所は、今後の協議会等で議論の上、決定していくこととなります。

板取地域には、当該候補地以外にも同様の経緯による土砂運搬地等もあり、これらの場所を利用することも考えられます。ただし、1 ha 以下の少面積の土地が多いため、「原木ストック機能」と「燃料製造機能」のどちらも同じ場所に整備することが出来ない可能性があり、その場合は、別々の場所となり、原木の運搬などにコストがかかってしまうことも考えられます。仮に当該候補地に整備する場合、全所有者の同意を得たうえで、土地の整備方法やコストを検討することが必要となります。

ストックヤードを整備する際の検討事項は次のとおりです。

- ・ トラック、ダンプ等の原木・燃料運搬車の侵入経路の検討、及び道路地耐力等の調査の実施
- ・ チップ製造を行う場合、騒音の調査を行い、必要であれば製造施設に囲いを設ける等の対策の検討。
- ・ 施設の配置、舗装等の有無について検討
- ・ 整備コストの試算、整備方法(資本等)の検討



写真 5-1 (仮称)板取集積センター候補地 (左) と進入路 (右)



写真 5-2 (仮称)板取集積センターの地面状況 (左) と川側の堤防道路 (右)

5.3.2. スtockヤード機能

(1) Stockヤードとしての必要面積

調達する原木材積は 1,000 m³を目標にすると、この原木を保管するためには、1,000 m²以上あることが望ましいといえます。

候補地の面積は 10,000 m²なので、Stockヤードとして十分な面積があります。

表 5-8 原木材積及び必要面積

原木材積	1,000 m ³	目標値
必要面積	1,000 m ²	機械移動範囲を含む
候補地面積	10,000 m ²	

また、薪やチップの製造設備を設けることを考慮し、薪製造を行う場合、チップ製造を自ら行う場合、チップ製造を外部委託した場合の3パターンで、整備する設備ごとの面積を検討しました。車両等の取り回し面積を含んだとしても、温泉で必要な原木量であれば現在の候補地面積で十分足りると考えられます。

① 薪製造を行う場合

薪製造を行う場合の必要面積を表 5-9 に示しました。

表 5-9 薪製造を行う場合の必要面積

原木Stockヤード	1,000 m ²	1年分
トラックスケール	75 m ²	
管理棟	100 m ²	
機械保管庫	75 m ²	必要機器サイズの1.5倍
製造スペース	40 m ²	
乾燥スペース	430 m ²	薪半年分
合計	1,720 m²	

② チップ製造を自ら行う場合（チップ貯蔵量1週間分）

チップ製造を行う場合でチップ貯蔵量1週間分の必要面積を表 5-10 に示しました。

表 5-10 チップ製造を自ら行う場合の必要面積

原木Stockヤード	1,000 m ²	1年分
トラックスケール	75 m ²	
管理棟	100 m ²	
機械保管庫	86.3 m ²	必要機器サイズの1.5倍
製造スペース	14 m ²	チップパーサイズの3倍
乾燥スペース	14 m ²	チップ1週間分
合計	1,289 m²	

③ チップ製造を外部委託する場合（チップ貯蔵量半年分）

チップ製造を行う場合でチップ貯蔵量半年分の必要面積を表 5-11 に示しました。

表 5-11 チップ製造を外部委託する場合の必要面積

原木ストックヤード	1,000 m ²	1 年分
トラックスケール	75 m ²	
管理棟	100 m ²	
機械保管庫	52.5 m ²	必要機器サイズの 1.5 倍
製造スペース	67.5 m ²	
乾燥スペース	269 m ²	チップ半年分
合計	1,564 m²	

(2) 運営コスト

ストックヤードを運営する場合のコストを整理しました。

初期投資としては、地面の舗装を除き、機器及び建屋建築費についてのみ検討した結果、およそ 2,150 万円となりました。

表 5-12 スtockヤード整備におけるイニシャルコスト

名称	購入費(千円)
トラックスケール	1,500
グラップル	10,000
建屋(機械保管庫)・工事費	10,000
合計	21,500

5.3.3. 燃料製造システムの検討

現在、板取川温泉で使用している A 重油燃料は、**年間 186,000L** (直近 3 カ年の平均値) であり、単純に木質燃料に換算すると年間 873t (W.B.50%) ($\approx 873 \text{ m}^3$) となります。⁵

板取川温泉で必要な熱エネルギーを木質バイオマスで代替する場合、毎年 873t の原木を収集し、かつ燃料に加工する必要があります。

製造する燃料は、薪及びチップが考えられます。ペレットについては、近隣の高山市で製造している事業者もあり、そこからの調達も考えられますが、地域材を循環させるという地域内エコシステム構築事業の趣旨から、地元で製造可能な燃料として薪及びチップを検討することとしました。薪を製造する場合、チップを製造する場合のそれぞれで製造コストを検討しました。

表 5-13 燃料の種類

	薪	準乾燥チップ [°]		生チップ [°]
		切削チップ	破碎チップ	切削チップ
イメージ				
形状	50 cm～1m	1～2 cm角 方形	1～5 cm長 繊維方向に細長い形	1～2 cm角 方形
水分	W.B.30%程度	W.B.30%程度	W.B.30%程度	W.B.50%程度
熱量	3,058Kcal/kg 12.8MJ/kg	3,058Kcal/kg 12.8MJ/kg	3,058Kcal/kg 12.8MJ/kg	2,007Kcal/kg 8.4MJ/kg
製造方法	原木を薪の長さに玉切りのち、薪割り機で小割りにする。	切削型のチップパーでチップ化する。	破碎型のチップパーでチップ化する。	切削型のチップパーでチップ化する。
ボイラー側の要件	薪ボイラーで利用が可能。	小型チップボイラーで利用が可能。	大型の破碎チップ対応のボイラーで利用が可能。	燃焼時に水分を蒸発させるため、ストーカ式などの構造を持つ大型のボイラーが望ましい。

⁴ 板取地域では、1t=1 m³の換算で原木が流通している。

⁵ 原木量(t/年)の試算方法：A 重油使用量 180,000(L/年)×A 重油低位発熱量 37.1(MJ/L)×A 重油ボイラー効率 85%÷木質バイオマスボイラー効率 80%÷W.B.50%の木材の低位発熱量 8.4(MJ/kg)÷1000

5.3.4. 試算の前提条件

(1) 薪及びチップ共通の条件

必要な燃料量の製造にかかるコストを検討するにあたって、試算に用いた前提条件のうち、薪及びチップ共通の事項について整理した結果を表 5-14 に示しました。

表 5-14 試算の前提条件（薪・チップ共通）

	A 重油 低位発熱量	8,863 kcal/L	
		37.1 MJ/L	
発熱量	木材（準乾燥）低位発熱量	3,058 kcal/kg	水分 30%
		12.8 MJ/kg	（含水率 43%）を想定
	木材(生) 低位発熱量	2,007 kcal/kg	水分 50%
		8.4 MJ/kg	（含水率 100%）を想定
比重	木材(生)	0.77 t/m ³	W.B.50%
温泉営業日数		318 日	
1 日の木質燃料消費量		1.7 生 t/日	W.B.50%
原木買取単価		7,000 円/t	
作業員日額		8,000 円/日	
重機等の燃料単価		110 円/L	

(2) 原木及び製造する燃料の条件

薪の製造コストは、製造する量によって変化します。

今回は、板取川温泉へ熱供給する場合に必要な量を基本とし、**536t**(W.B.50%)を製造する場合の製造コストを算出しました（前述の A 重油からの単純換算では、必要となる木質燃料量として 873t という想定でしたが、施設の現況調査を行ったところ、配管の老朽化等による漏水が明らかとなりました。したがって、実質的に必要な燃料は当初想定よりも少ない 536t 程度と考えられます）。

このとき、薪の層積は 1,546 m³となり、1m の高さに平積みをする場合、1,546 m³の面積が必要となります。また、この薪を製造するのに必要な原木材積は 773 m³となります。

表 5-15 薪必要量と必要原木材積

薪必要量(温泉)	536 生 t/年	
薪層積	1,546 m ³	必要原木材積×層積換算係数 2
必要原木材積	773 m ³	材積換算係数 0.77t/m ³ 、薪製造歩留り 0.9

(3) 薪の保管について

薪の保管方法は、平積み、棚積み、ラック保管の3種類があります。

平積みの場合には1m程度、棚積みでは1.5m程度、ラック保管では1~2m程度(ラックの大きさは $1 \times 1 \times 1 = 1 \text{ m}^3$)が一般的です。

平積みでは、ラック等の道具が必要ないため、イニシャルコストは最小になります。ラックで2段積みをすることができれば、半分程度の面積で済むという計算になります。

また、平積みでは、薪同士の間隔を50cm~1m程度空けると乾燥が進みやすくなります。ラック積みでは、フォークリフトを使って移動させるため、フォークリフトが作業できるようなスペースを設ける必要があります。

さらに、平積みの場合、地表面が土である場合、保管している間に下側の薪が腐る恐れがあるため、舗装をするか、栈のようなものを作っておくことが望ましいです。

5.3.5. 薪を製造する場合

薪を製造する場合の工程及び必要な機器を図 5-4 に示しました。



図 5-4 製造の流れ及び必要な機器設備

(1) イニシャルコスト

薪を製造するのに必要な機械類の**初期投資額は、およそ 854 万円**と試算されました。

なお、トラックスケール、グラップル及び機械保管庫は、原木ストックヤードの初期投資、薪ボイラーは、燃料利用の初期投資として見込むこととし、薪製造における初期投資額には含めていません。

表 5-16 薪製造イニシャルコスト

名称	購入費(千円)	備考
チェーンソー	200	2 台
薪割り機	1,500	
薪ラック	1,189	薪保管用
フォークリフト	1,600	ラック運搬用
2 トントラック	4,000	ラック搬送用
ハンドリフト	50	ラック移動用
合計	8,539	

(2) ランニングコスト

ランニングコストとしては、減価償却費、原材料費、維持管理費、人件費及び燃料費です。それぞれの試算に用いた前提条件を表 5-17 に示しました。

表 5-17 薪製造ランニングコスト試算前提条件

薪比重	0.77	t/m ³	W.B.50%
薪製造能力	3	m ³ /人日	※一般的な値を採用※原木材積換算
薪製造量 (最大)	924	生 t/年	1日 6h、200 日/年、2 名作業
	660	t/年	※乾燥薪
必要作業人工	258	人日/年	※原木材積÷製造能力
必要稼働日数	129	日/年	※2 名作業の場合
必要ラック数	59	台	※2 週間分、1 ラック 1 m ³ の場合

(3) 製造コスト試算結果

薪の製造コストを試算した結果を表 5-18 に示しました。機器購入費に半額補助がある場合も検討しました。

表 5-18 製造量別のコスト試算結果

薪製造量	773	m ³	※原木材積換算
	352	t	W.B.30%
減価償却費	1,831	千円/年	
原材料費	3,750	千円/年	
維持管理費	427	千円/年	※機器購入費の 5%とした
人件費	2,062	千円/年	
燃料費	179	千円/年	※機械燃料費
コスト合計(固定費なし)	5,991	千円/年	
コスト合計(補助有)	7,333	千円/年	※機器購入費に半額補助がある場合
コスト合計(補助無し)	8,249	千円/年	
薪生産コスト(固定費なし)	17,020	円/t	
薪生産コスト(補助有)	20,857	円/t	
薪生産コスト(補助無し)	23,460	円/t	

以上の結果から薪の製造コストは、固定費(減価償却費及び維持管理費)を考えない場合 17.0 円/kg、半額補助がある場合 20.9 円/kg、補助がない場合 23.5 円/kg と試算されました。

(4) 薪製造コストの低減について

薪の製造コストは、製造量を増加させることで低減することが可能です。板取地域内に板取川温泉と同じ規模の施設が複数あり、製造量が増加した場合は、表 5-19 及び図 5-5 に示すように製造コストを下げていくことも可能となります。

表 5-19 薪製造を行う場合のコストシュミレーション結果

	1施設	2施設	3施設	4施設	5施設	
製造量(t/年)	352	703	1,055	1,406	1,758	t/年
原木生t	536	984	1,477	1,969	2,461	生t
薪層積(m ³)	1,546	2,841	4,262	5,682	7,103	m ³
原木必要量(m ³)	773	1,421	2,131	2,841	3,552	m ³
作業人工(人日)	258	474	710	947	1184	人日
作業日数	129	237	356	474	592	日
減価償却費	1,831	1,831	1,831	1,831	1,831	千円/年
原材料費	3,750	6,891	10,337	13,783	17,229	千円/年
維持管理費	427	427	427	427	427	千円/年
人件費	2,062	3,788	5,682	7,577	9,471	千円/年
燃料費	179	328	493	657	821	千円/年
コスト合計(半額補助有)	7,333	12,351	17,855	23,359	28,862	千円/年
コスト合計(補助無し)	8,249	13,266	18,771	24,274	29,777	千円/年
薪生産コスト(半額補助有)	20,857	17,563	16,928	16,609	16,417	円/t
薪生産コスト(補助無し)	23,460	18,865	17,795	17,260	16,938	円/t

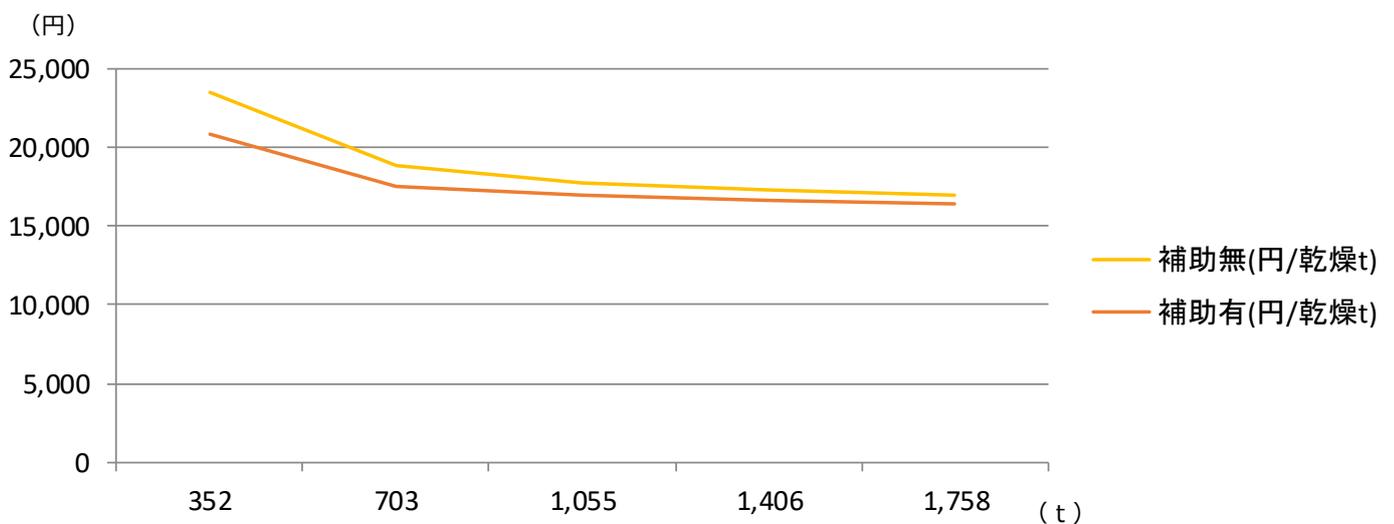


図 5-5 薪製造量による製造コストの変動

5.3.6. チップを製造する場合

チップを製造する場合、地域にチップパーを導入して、チップを製造する新規製造だけでなく、近隣でチップパーを所有する事業者から移動式チップパーをレンタルする方法や、既存のチップ製造業者からチップを購入する方法も含めて以下の5つのパターンで検討しました。

チップの製造を行う場合の検討パターン（購入も含む）

- 新規製造（切削、移動式チップパー）：チップパーを新規に購入して、切削チップを製造する。
- 委託製造（切削、移動式チップパー）：チップパーをレンタルして、切削チップを製造する。
- 委託製造（破碎、移動式チップパー）：チップパーをレンタルして、破碎チップを製造する。
- 委託製造（切削、固定式チップパー）：チップ製造会社に原木を持ち込み、切削チップを製造する。
- チップ購入（切削、固定式チップパー）：チップ製造会社から、切削チップ（生チップ）を購入する。

（1）原木及び製造する燃料の条件

薪の製造コストの試算と同様、板取川温泉へ熱供給する場合に必要な量を基本とし、536t (W.B.50%の状態)を製造する場合の製造コストを算出しました。

このとき、チップの層積は 2,143 m³です。また、このチップを製造するのに必要な原木材積は 773 m³です。

表 5-20 チップ製造量と必要原木材積

チップ製造量	536	生 t/年	
チップ層積	2,143	m ³	必要原木生重量÷層積換算係数 0.25
必要原木材積	773	m ³	材積換算係数 0.77t/m ³ 、薪製造歩留り 0.9

(2) 新規製造（切削、移動式チップパー）

新規でチップ製造を行う場合の検討を行いました。新規でチップを製造する場合の工程及び必要な機器を図 5-6 に示しました。

必要燃料量を考慮し、移動式の小型チップパーを採用することとしました。移動式の小型チップパーは、様々な機種がありますが、本調査では、小型ボイラー用の燃料に適した切削チップを製造できる機種を選定しました。このチップパーはトラクタ等の外部動力を活用して稼働させる機構となっているタイプで、フィンランドの機械メーカーFARMI 社製であり、国内では山梨県で導入されています。



図 5-6 新規製造（切削、移動式チップパー）の流れ及び必要な機器設備

① イニシャルコスト

イニシャルコストは、チップ製造及び運搬に必要な重機、チップ保管用のサイロとし、**初期投資額は、およそ 4,300 万円**と試算されました。

なお、トラックスケール、グラップル及び機械保管庫は原木ストックヤードの初期投資に見込むこととし、チップ製造における初期投資額には含めていません。

表 5-21 チップ製造イニシャルコスト

名称	購入費(千円)	備考
チップパー、トラクタ	20,000	
ホイールローダー	12,000	機会及び装置・総合工費用
ダンプ	4,000	
チップサイロ・工事費	7,000	屋根、3面壁、コンクリ敷設
合計	43,000	

② ランニングコスト

ランニングコストの内訳は、減価償却費、原材料費、維持管理費、人件費及び燃料費になります。それぞれの試算に用いた前提条件を表 5-22 に示しました。

表 5-22 ランニングコスト試算前提条件

チップ比重	0.42 t/m ³	W.B.50%
チップ製造能力	40 m ³ /h	
チップ製造量 (最大)	12,096 生 t/年	1日6h、200日/年、稼働率60%の場合
	8,640 t/年	※乾燥チップ
必要稼働時間	60 h/年	稼働率60%、チップ製造歩留り0.9
必要稼働日数	10 日/年	6時間稼働
1日あたりチップ製造量	129 m ³ /日	
チップ運搬回数	857 回/年	

③ 製造コスト試算結果

チップの製造コストの試算結果を表 5-23 に示しました。製造コストは、機器購入費に半額補助がある場合についても検討しました。

表 5-23 製造量別のコスト試算結果

チップ製造量	2,143 m ³	
	352 t	W.B.30%
減価償却費	7,200 千円/年	
原材料費	3,750 千円/年	
維持管理費	2,150 千円/年	※機器購入費の5%とした
人件費	257 千円/年	
燃料費	441 千円/年	※機械燃料費
コスト合計(固定費なし)	4,448 千円/年	
コスト合計(補助有)	10,198 千円/年	
コスト合計(補助無し)	13,798 千円/年	
チップ生産コスト(固定費なし)	12,636 円/t	
チップ生産コスト(補助有)	28,972 円/t	
チップ生産コスト(補助無し)	39,199 円/t	

以上の結果から新規製造(切削、移動式チップパー)の場合のチップ製造コストは、固定費(減価償却費及び維持管理費)を考えない場合 12.6 円/kg、半額補助がある場合 29.0 円/kg、補助がない場合は 39.2 円/kg と試算されました。

(3) 委託製造（切削、移動式チップパー）

近隣のチップ製造業者に、委託製造を行う場合について検討しました。県内では、高山市にある「笠原木材」が、大型の移動式切削チップパーを所有し、チップ製造を行っています。同社に板取地域でチップ製造を行ってもらうことを想定し、製造コストの試算を行いました。チップを委託製造する場合の工程及び必要な機器を図 5-7 に示しました。

笠原木材に対し、板取川温泉で必要な数量（生チップ状態で 500t）を製造する場合について、板取地域までの出張回数及び 1 回あたりの金額についてヒアリングを行いました。

同社が所有するチップパーは、オーストリア製の比較的大型のチップパーであり、仕様上 1 時間あたりの最大製造量は 130 m³ですが、同社の製造実績から検討した結果、板取川温泉で必要な燃料を製造する場合、年間 10 日程度稼動すれば十分製造できることが分かりました。また、高山市は同じ県内ですが、板取地域まで距離があるため、出張回数は年間 2 回になるという回答を得ました。

したがって、同社に製造を委託する場合、（仮称）板取集積センターに半年分のチップを保管するためのサイロを設ける必要があります。



図 5-7 委託製造（切削、移動式チップパー）の流れ及び必要な機器設備

① イニシャルコスト

イニシャルコストは、チップ製造及び運搬に必要な重機、チップ保管用のサイロとし、**初期投資額は、およそ 9,800 万円**と試算されました。チップサイロは、半年分のチップを保管するため、面積 450 m²程度が必要なことから、チップサイロ・工事費が高くなりました。その結果、新規製造の倍以上と試算されました。

なお、トラックスケール、グラブプル及び機械保管庫については、原木ストックヤードの初期投資に見込むこととし、チップ製造における初期投資額には含めていません。

表 5-24 チップ製造イニシャルコスト

名称	購入費(千円)	備考
ホイールローダー	12,000	機会及び装置・総合工事用
ダンプ	4,000	
チップサイロ・工事費	82,000	屋根、3面壁、コンクリート敷設、冬季半年分を保管(450 m ²)
合計	98,000	

② ランニングコスト

ランニングコストの内訳は、減価償却費、原材料費、維持管理費、人件費及び燃料費になります。それぞれの試算に用いた前提条件を表 5-25 に示しました。

表 5-25 ランニングコスト試算前提条件

チップ比重	0.42 t/m ³	W.B.50%
チップ製造能力	199.9 m ³ /日	※ヒアリングをもとに設定
必要稼働日数	10.7 日/年	必要チップ量÷製造能力/日

③ 製造コスト試算結果

チップの製造コストの試算結果を表 5-26 に示しました。製造コストは、機器購入費に半額補助がある場合も検討しました。

表 5-26 製造量別のコスト試算結果

チップ製造量	2,143 m ³	
	352 t	W.B.30%
減価償却費	5,343 千円/年	
原材料費	3,750 千円/年	
維持管理費	4,900 千円/年	※機器購入費の 5%とした
人件費	86 千円/年	※製造時監督者
燃料費	2,499 千円/年	※機械燃料費
コスト合計(固定費なし)	6,335 千円/年	
コスト合計(補助有)	13,907 千円/年	
コスト合計(補助無し)	16,578 千円/年	
チップ生産コスト(固定費なし)	17,997 円/t	
チップ生産コスト(補助有)	39,509 円/t	
チップ生産コスト(補助無し)	47,096 円/t	

以上の結果から委託製造（切削、移動式チップパー）の場合のチップ製造コストは、固定費（減価償却費及び維持管理費）を考えない場合 18.0 円/kg、半額補助がある場合 39.5 円/kg、補助がない場合 47.1 円/kg と試算されました。

(4) 委託製造（破碎、移動式チップパー）

近隣のチップ製造業者に、委託製造を行う場合について検討しました。関市上之保地域の「山友木材」が、移動式破碎チップパーを所有しています。同社に板取地域でのチップ製造を行ってもらうことを想定し、製造コストの試算を行いました。チップを委託で製造する場合の工程及び必要な機器を図 5-8 に示しました。

山友木材に対し、板取川温泉で必要な数量（生チップ状態で 500t）を製造する場合について、板取地域までの出張回数及び 1 回あたりの金額についてヒアリングを行いました。

同社が使用する機械は、国産の破碎チップパーで、仕様上 1 時間あたりの製造量は 120 m³ で、同社の製造実績から検討した結果、板取川温泉で必要な燃料を製造する場合、年間 23 日程度稼働すれば製造できることが分かりました。また、出張回数は年間 5 回という回答を得ました。

したがって、同社に製造委託をする場合、（仮称）板取集積センターに数ヶ月分のチップを保管するためのサイロを設ける必要があります。

また、同社の所有するチップパーは、ハンマーで木材をチップ化する破碎チップパーであるため、切削チップではなく、破碎チップが製造されます。

破碎チップは、形状が一律でないことから、小型ボイラーでは燃料供給のためのスクリュウ等でチップが詰まる可能性があり、安定稼働ができない恐れがあります。通常、破碎チップは、燃料供給の機構がプッシャー式（ボイラーに燃料を押し込む方式）の比較的大型のボイラーで使用されます。

板取川温泉で利用する木質バイオマスボイラーは、小型が適していると想定されることから、同社の機器で製造される燃料を使う場合は、燃料の品質とボイラーへの適性を十分検討する必要があります。



図 5-8 委託製造（破碎、移動式チップパー）の流れ及び必要な機器設備

① イニシャルコスト

イニシャルコストは、チップ製造及び運搬に必要な重機、チップ保管用のサイロで、**初期投資額は、およそ 5,700 万円**と試算されました。

チップサイロは、数ヶ月分のチップを保管するため、面積 230 m²程度が必要なことから、チップサイロ・工事費が高くなりました。その結果、新規製造よりも高い結果となりました。

なお、トラックスケール、グラブプル及び機械保管庫については、原木ストックヤードの初期投資に見込むこととし、チップ製造における初期投資額には含めていません。

表 5-27 チップ製造イニシャルコスト

名称	購入費(千円)	備考
ホイールローダー	12,000	機会及び装置・総合工事事用
ダンプ	4,000	
チップサイロ・工事費	41,000	屋根、3面壁、コンクリ敷設 冬季3ヶ月分保管(230 m ²)
合計	57,000	

② ランニングコスト

ランニングコストは、減価償却費、原材料費、維持管理費、人件費及び燃料費になります。それぞれの試算に用いた前提条件を表 5-28 に示しました。

表 5-28 ランニングコスト試算前提条件

チップ比重	0.42 t/m ³	W.B.50%
チップ製造能力	96 m ³ /日	※ヒアリングをもとに設定
必要稼働日数	22.3 日/年	必要チップ量÷製造能力/日

③ 製造コスト試算結果

チップの製造コストの試算結果を表 5-29 に示しました。製造コストは、機器購入費に半額補助がある場合も検討しました。

表 5-29 製造量別のコスト試算結果

チップ製造量	2,143 m ³ 352 t	W.B.30%
減価償却費	4,171 千円/年	
原材料費	3,750 千円/年	
維持管理費	2,850 千円/年	※機器購入費の 5%とした
人件費	179 千円/年	※製造時監督者
燃料費	3,672 千円/年	※機械燃料費
コスト合計(固定費なし)	7,601 千円/年	
コスト合計(補助有)	12,537 千円/年	
コスト合計(補助無し)	14,662 千円/年	
チップ生産コスト(固定費なし)	21,594 円/t	
チップ生産コスト(補助有)	35,616 円/t	
チップ生産コスト(補助無し)	41,653 円/t	

以上の結果から委託製造（破碎、移動式チップパー）の場合のチップ製造コストは、固定費（減価償却費及び維持管理費）を考えない場合 21.6 円/kg、半額補助がある場合 35.6 円/kg、補助がない場合 41.7 円/kg と試算されました。

(5) 委託製造（切削、固定式チップパー）

近隣のチップ製造業者に、委託製造を行う場合について検討しました。板取地域から東に約 50km 離れた下呂市に金山チップセンターのチップ工場があります。このチップセンターは、固定式のチップパーを所有し、様々な原木の受け入れており、製紙用チップからリサイクルチップまで幅広くチップ製造事業を行っています。

板取地域からは、郡上市を経由して車で1時間程度で、このチップセンターへ原木を持ち込み、チップ加工を委託することを想定して、チップ調達コストの試算を行いました。



図 5-9 金山チップセンター全景(HP より転載)

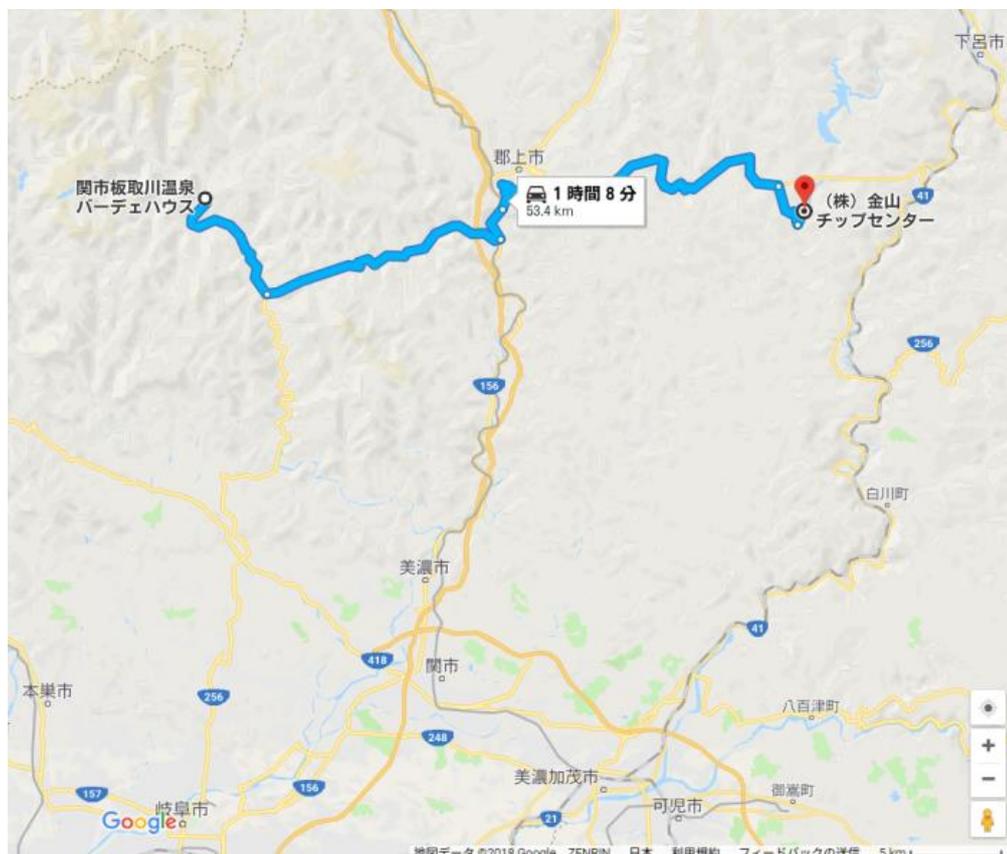


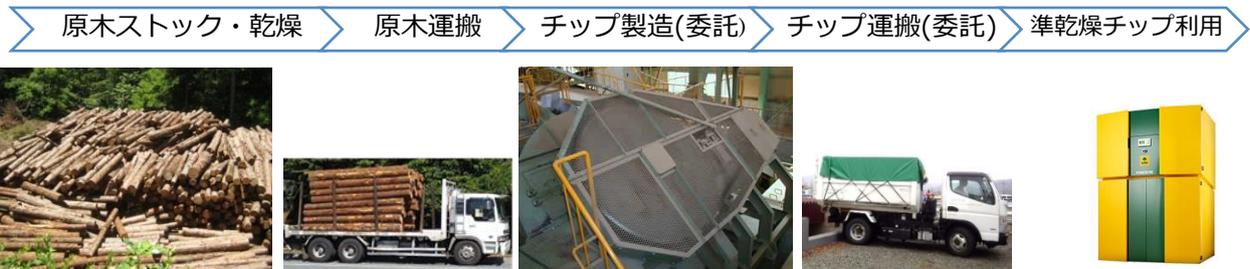
図 5-10 金山チップセンターの位置

あらかじめ（仮称）板取集積センターで原木を乾燥させたうえで、金山チップセンターへ原木を持ち込んでチップ加工を行ってもらうスキームを検討しました。チップを委託で製造する場合の工程及び必要な機器を図 5-11 に示しました。

金山チップセンターは、チップ配送を請け負っていることから、板取地域でチップ運搬用ダンプを用意する必要はありませんが、板取地域から金山チップセンターに原木を持ち込むための原木輸送用トラックが必要になります。

金山チップセンターから配送されるチップは、あらかじめ乾燥させた原木から製造されるので、配送後の乾燥（チップヤードでの切り替えし等による水分調整）は不要と考え、チップボイラーに併設するサイロに直接投入することを想定しました。

ただし、チップ運送業者が 50 m³の容積を持つ車両で、チップを運搬しているため、サイロはこの容積以上の大きさが必要となります。



<必要設備>

- ・トラックスケール ●原木輸送用トラック ・ボイラー（50 m³以上のサイロ併設）
- ・グラップル

図 5-11 委託製造（切削、固定式チップパー）の流れ及び必要な機器設備

① イニシャルコスト

イニシャルコストは、原木輸送に必要なトラックのみで、**初期投資額は、およそ 470 万円**と試算されました。

なお、トラックスケール、グラップル及び機械保管庫については、原木ストックヤードの初期投資に見込むこととし、チップ製造における初期投資額には含めていません。

表 5-30 試算条件

名称	購入費(千円)	備考
トラック	4,700	積み替えコンテナ含む
合計	4,700	

② ランニングコスト

ランニングコストは、減価償却費、原材料費、維持管理費、人件費、燃料費及びチップ調達費（製造委託費及び配送委託費）になります。それぞれの試算に用いた前提条件を表 5-31 に示しました。

表 5-31 ランニングコスト試算前提条件

チップ比重	0.42 t/m ³	W.B.50%
チップ製造委託費	2,300 円/生 t	※金山チップセンターヒアリングによる
チップ配送委託費	20,000 円/台	※50 m ³
原木運搬量	5 m ³ /回	※4t 車
原木運搬時間	1.5 h/片道	
原木運搬回数	155 回/年	(仮称) 板取集積センターから金山チップセンターまでの運搬

③ 製造コスト試算結果

チップの製造コストの試算結果を表 5-32 に示しました。製造コストは、機器購入費に半額補助がある場合も検討しました。

表 5-32 製造量別のコスト試算結果

チップ製造量	2,143 m ³ 352 t	W.B.30%
減価償却費	1,175 千円/年	
原材料費	3,750 千円/年	
維持管理費	235 千円/年	※機器購入費の 5%としました
人件費	464 千円/年	※原木輸送
燃料費	187 千円/年	※機械燃料費
チップ調達費	2,092 千円/年	※チップ製造委託費+配送費
コスト合計(固定費なし)	6,493 千円/年	
コスト合計(補助有)	7,316 千円/年	
コスト合計(補助無し)	7,903 千円/年	
チップ生産コスト(固定費なし)	18,446 円/t	
チップ生産コスト(補助有)	20,784 円/t	
チップ生産コスト(補助無し)	22,452 円/t	

以上の結果から原木持込みによる委託製造（切削、固定式チップパー）の場合のチップ製造コストは、固定費(減価償却費及び維持管理費)を考えない場合 18.4 円/kg、半額補助がある場合 20.8 円/kg、補助がない場合 22.5 円/kg と試算されました。

(6) チップ購入

前述の(2)～(5)は、板取地域に集積した原木を加工してチップを製造する仕組みでしたが、チップ(切削、生チップ)自体を購入して使用する場合の検討も行いました。

下呂市にある金山チップセンターは、県内で調達した原木をチップ化しており、これらのチップを購入することが可能です。金山チップセンターからのチップ購入単価は、表 5-33 に示したとおり 12.7 円/kg です。

チップを購入する場合は、イニシャルコストが不要なので、チップボイラーに併設するサイロ容量を 50 m³以上設けておけば良いことになります。

ただし、この場合の留意点としては、燃料として水分量の多い生チップを使用することになるので、水分の多い生チップに対応した木質バイオマスボイラーを導入する必要があります。

表 5-33 チップ購入単価(金山チップセンターから購入する場合)

切削チップ(針葉樹、生チップ)
12.7 円/kg

5.3.7. 燃料供給コストのまとめ

薪及びチップの製造（購入含む）について、それぞれのコストをまとめました。

最初に 5 つのパターンで検討したチップ製造コストについて整理したのち、薪及びチップの製造コストについてまとめました。

（1）チップ製造コスト

チップ製造について、チップの種類及び製造方法別に製造コストを整理したものを表 5-34 に示しました。その結果、金山チップセンターからチップを購入する方法が最も安くなりました。ただし、この場合は生チップになります。

準乾燥チップで、チップ製造コスト（変動費+固定費）が最も安くなったのは、金山チップセンターに原木を持込んでチップに加工してもらう方式の 22.5 円/kg でした。

表 5-34 チップ調達コストの検討結果

	新規製造	委託製造			購入
項目番号	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
製造事業者	板取地域	笠原木材	山友木材	金山チップセンター	
チップの種類	切削チップ		破碎チップ	切削チップ	切削チップ (生チップ)
チップ製造量	352 t				
イニシャルコスト (千円)	43,000	98,000	57,000	4,700	-
チップ調達コスト (円/kg) (変動費のみ)	12.6	18.0	21.6	18.4	12.7
チップ調達コスト (円/kg) (変動費+固定費)	39.2	47.1	41.7	22.5	12.7

(2) 薪及びチップの製造コスト

燃料製造に関する検討の結果、薪及びチップに関する燃料製造方式は、表 5-35 に示した 3 タイプのいずれかが良いと考えられました。

表 5-35 有望な燃料調達方法

	川 上	川 中	川 下
薪	原木調達乾燥	<ul style="list-style-type: none"> ○ 薪製造施設の新設により製造 ○ 固定費を含まない薪製造コストは、およそ 17.0 円/kg ○ 固定費を含む場合の薪製造コストは、およそ 23.5 円/kg 	薪ボイラーの導入が必要
準乾燥チップ	原木調達乾燥	<ul style="list-style-type: none"> ○ 金山チップセンターに乾燥原木を持ち込みチップ加工及び運搬を委託 ○ 固定費を含まない準乾燥チップの製造コストは、およそ 18.4 円/kg ○ 固定費を含む場合の製造コストは、およそ 22.5 円/kg 	準乾燥チップボイラーの導入が必要
生チップ	原木調達	<ul style="list-style-type: none"> ○ 金山チップセンターから生チップを購入 ○ 生チップの調達コストは、およそ 12.7 円/kg(板取地域への運搬含む) 	生チップボイラーの導入が必要

5.4. 川下（エネルギー利用）

5.4.1. エネルギー利用施設

エネルギー利用施設の候補として板取川温泉を対象として検討を行いました。

板取川温泉の施設概要を表 5-36 に、設備概要を表 5-37 に示しました。板取川温泉は関市の施設で、指定管理によって運営が行われています。現在の指定管理者である板取川観光は、地元の事業者で平成 22 年から運営を行っています。

近隣のキャンプ場の利用客等により、冬期よりも夏期の利用者が多いのが特徴の日帰り温泉入浴施設です。

表 5-36 板取川温泉の施設概要



住所	関市板取 4175-9
営業時間	10:00～21:00(12～3月は 20:00 まで) 休館：水曜、12/31～1/1、8月最終水曜日 ボイラー運転時間：夏期 7:30～20:30、冬期 6:30～19:30
年間入湯者数	9万7千人(H26～H28 平均)
施設沿革	平成 6 年営業開始、平成 9 年露天風呂新設
その他	日帰り温泉入浴施設

表 5-37 板取川温泉の設備概要

板取川温泉の設備概要	
既存ボイラー及び用途	①349kW×2台、蓄熱タンク 3t × 1台【内湯加温、給湯】 ②558kW×2台、蓄熱タンク 30t × 1台【露天風呂加温、給湯、床暖房、ロードヒーティング】
燃料及び単価	A重油 72 円/L (H24~28 平均)
年間燃料使用量	約 186,000 L (H26~H28 平均)
浴槽容量	内湯 21 m ³ 、露天風呂 32 m ³
加温前温度	上水 12~24℃ (給湯用)、源泉 32.6℃ (湯張用)
加温後温度	40~41℃に設定

5.4.2. エネルギー利用状況

(1) A 重油使用量

板取川温泉では、温泉の加温のため A 重油ボイラーが 4 基導入されています。年間の A 重油使用量について、平成 26 年度から平成 28 年度までの使用量を表 5-38 に示しました。

表 5-38 過去 3 年間の板取川温泉における A 重油使用量

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
H26	14,000	14,000	14,000	-	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	-	14,000	14,000
H27	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	-	28,000	-	28,000	14,000	14,000	28,000
H28	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	28,000	14,000
平均	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	18,667	14,000	18,667	14,000	18,667	18,667

(2) 月別入湯者数

板取川温泉の月別入湯者数を表 5-39 に示しました。平成 26 年から平成 28 年までの 3 年間の年間入湯者数の平均は、約 9 万 7 千人でした。

板取川温泉の特徴として、夏期に入湯者が多く、冬期が少ない傾向にあります。これは、付近にキャンプ場やコテージが整備されており、夏期はキャンプ場等の利用者による温泉利用が多いためです。

表 5-39 月別入湯者数

	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H26~28 平均
4月	7,954	6,925	7,379	6,984	7,024	5,696	5,391	6,850	5,979
5月	13,209	12,162	9,796	9,363	9,440	9,392	10,194	11,247	10,278
6月	11,123	8,698	7,988	8,569	8,676	8,560	7,746	11,101	9,136
7月	11,961	11,997	12,623	11,630	11,753	9,537	9,722	14,319	11,193
8月	24,171	23,249	21,262	21,889	22,376	17,510	20,484	22,207	20,067
9月	14,718	11,430	9,138	11,022	9,757	9,927	10,581	9,816	10,108
10月	8,975	8,179	7,931	7,634	6,529	5,576	7,888	8,654	7,373
11月	8,152	7,524	6,917	7,141	6,276	6,859	7,782	7,210	7,284
12月	4,287	4,233	4,117	3,684	4,014	2,522	4,195	3,575	3,431
1月	5,692	4,889	6,186	5,223	5,435	3,332	5,495	4,342	4,390
2月	4,999	4,622	4,215	4,103	3,619	2,980	4,238	3,403	3,540
3月	6,397	5,540	5,576	5,603	4,720	3,118	5,291	4,580	4,330
合計	121,638	109,448	103,128	102,845	99,619	85,009	99,007	107,304	97,107

(3) ボイラー運用状況

板取川温泉のボイラー運用状況について、温泉管理者へヒアリングを行った内容を整理しました。

- ロードヒーティングシステムは 2 つあり、ひとつは、内風呂洗い場のシャワーや蛇口から出る排出湯や内風呂浴槽からあふれ出る湯をロードヒーティング用として利用する（内風呂内の排水を直接排水せずにロードヒーティング部分を通して排水される仕組み）。11 月から 3 月まで運用している。
- もう一つは、ヤウゼハウスと食堂前の駐車場（7 m×20 m）で、こちらはほとんど使用していない（路面が凍結しお客様が転倒する可能性がある場合のみ運用する）。
- ロードヒーティングの範囲は、温泉正面玄関前から公衆トイレまでの範囲で、①温泉福祉駐車場から公衆トイレまで②温泉正面入り口③車いす用スロープに別れており、面積はおおむね① 2 m×15 m② 5 m×25 m③ 1 m×7 m。
- 暖房時期については、10 月下旬頃から 4 月頃である。冷暖房については、特に決まりはなく必要に応じて運転する。
- 立ち上げ時の温度について、内外風呂は、夏期が約 35℃で冬期が約 27℃、源泉槽の中の温度も同様である。上水の温度は、夏期が 24℃で、冬期が 12℃である。
- 重油の使用量は、H25～26 頃に年間にタンクローリー 16～17 回程度搬入していたが、ボイラーの運用（点火時間や温度）を見直したことによって削減された。現在は 14 回程度である。なお、タンクローリーは 14,000L/台である。
- 年間の利用者数については、年々減少傾向であるが、昨年度は「モネの池」効果もあり、大幅に増加したが、こんな年はほとんどない。
- 湯を販売するのは、10t タンクで週 1 回である。源泉槽が少なくなって困ることはない。源泉は 2 つ、それぞれに貯水槽がある。32.6℃の方を多めに使っている。
- 床暖房は受付、脱衣所、温泉部分で使用している。休憩所にはない。
- 源泉は、温泉入り口の時計のモニュメント付近の地下 300m から汲み上げている。
- 飲料水用タンク近くの方の源泉は、地下 1,000m から汲み上げている。
- 源泉は時計のモニュメントの後ろの 40t 地下タンクに入り、内湯ボイラーには配管からそのまま供給する。露天風呂には露天風呂地下の源泉タンクに一度溜めてから供給する。露天源泉タンクは 28.8～29.2℃（当日実測値）。
- 内湯は、1 時間に 10 分程度の間隔で源泉補給を行っている。受付係の者が、手動でスイッチを操作している。そうしなければ、内湯の水位が 10～20cm 程度下がってしまう（お湯漏れがあるため）。
- 打たせ湯は 3 か所パイプがある。約 10 秒で桶（洗面器）が満杯になる水量がある。

5.4.3. 熱需要シミュレーション

(1) 試算前提条件

試算の前提条件を表 5-40 に示しました。現在の浴槽容量や加温状況から検討した結果、温泉の熱需要をまかなうために必要な A 重油燃料は 12 万 L 程度と試算されました。しかし、現在、温泉では年間約 18 万 L を使用していることから、約 6 万 L 程度は、必要以上に消費している可能性が高いと考えられました。

温泉施設の関係者によるヒアリングでは、配管の老朽化によりお湯漏れが生じており、1 時間あたり 10 分程度は浴槽への温水補給を行っているとのことでした。これを考慮し、「温泉で本来必要な熱量」は A 重油 12 万 L 分として試算を行いました。

表 5-40 熱需要シミュレーション前提条件

年間燃料使用量（実績）	186,000	L/年
年間燃料必要量（推計値）	120,000	L/年
ボイラー導入補助率	50	%
減価償却年数	13	年
固定資産税	1.4	%
維持管理費	2	%
ばい煙測定費	100,000	円/年

表 5-41 燃料の仕様及び想定ボイラー効率

区分		A 重油	薪	準乾燥チップ	生チップ
発熱量	(kcal/L・kg)	2,022	3,071	3,071	2,022
	(MJ/L・kg)	37.1	12.9	12.9	8.5
前提の含水率	(%)	—	30	30	50
燃料単価	(円/L・kg)	72	17.0	18.5	12.7
ボイラー効率	(%)	85	80	90	90

(2) 熱負荷パターン予測及び最適規模の選定

前頁までの各種条件にもとづき、温泉の時間別熱負荷パターンのシミュレーション結果を図 5-12 に示しました。最も負荷が大きい時間帯は、朝の立ち上げから温泉営業開始までの時間帯で、浴槽の加温が主な熱需要になります。

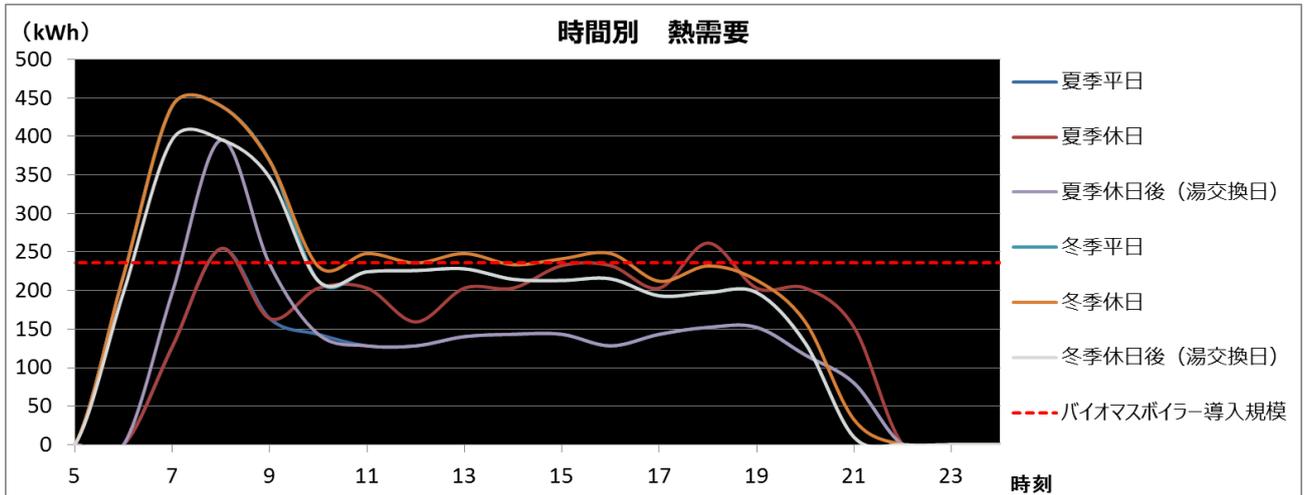


図 5-12 季節別時間別の熱需要

木質バイオマスボイラーの導入規模を検討した結果、**236kW** の木質バイオマスボイラーが最適という結果になりました。

236kW の熱量を供給できる木質バイオマスボイラーを導入することにより、現在のA重油ボイラーでまかなっている熱量のおよそ9割を代替できると試算されました。

5.4.4. 薪ボイラーの事業性及び運用条件

薪ボイラーの特徴を示したのち、温泉に薪ボイラー導入を行う場合の事業性及び運用条件を整理しました。

(1) 薪ボイラーの特徴

薪ボイラーは国産・海外産と様々な機種があり、以下の特徴があります。

- 50 cm～1m の薪を利用します。
- 燃料投入には人手が必要です。
- チップボイラーやペレットボイラーと比べ1台あたりの出力（能力）が小さく、数十～数百kW のラインナップがあります。
- 燃焼制御のため、蓄熱タンク設置 or 複数台ボイラーを設置するケースが多く見られます。

(2) 薪ボイラーの機種選定

本調査では、岐阜県に国内代理店がある、欧州のメーカー「Viessman」社製のボイラーをモデルとして事業性試算を行いました。

表 5-42 薪ボイラー機種別仕様

機種名	Pyromat ECO	TAY-1200	CBW-300～500
ボイラメーカー	VISSMANN社 (オーストリア, 代理店:森の仲間たち)	アーク社	タケザワ社
ボイラ出力	35～170kW	最大75kW	300～500kW
ボイラ効率	90%以上	81～89%	86.0%
ボイラ概観 (画像)			
寸法 (mm×mm×Hmm)	幅1,324×奥行1,353×高さ1,490 (100kWの場合)	幅910×奥行1,738×高さ1,808	幅1,350×奥行2,960×高さ2,100 (400kWの場合)
ボイラ伝熱面積 (㎡)	不明	6.9	不明
運転重量 (kg)	1,690	1,000	2,400
本体価格 (標準)、単位=千円	本体のみ1050万円	本体のみ480万円。	本体のみ800万円。
対応可能な燃料条件	水分率	30%	40%
	形状	1m長さまで可能	1m長さまで可能
	灰分量	-	-

(3) 導入コスト

Viessman 社製薪ボイラーのラインナップのうち、170kW 及び 120kW の計 2 基を設置する場合を想定して、事業費を算出した結果、**設置工事費は、およそ 8,400 万円**と試算されました。

表 5-43 薪ボイラー導入事業費の概算

◆板取川温泉・薪ボイラー導入工事費（概算）

項目	金額	単位	備考
建築工事費	11,000	千円	
基礎・躯体工事費	6,000	千円	ボイラー室51㎡
外装・内装工事費	4,000	千円	準耐火構造
外構・給排水工事ほか	2,000	千円	舗装工事・緑化工事含む
機械設備工事費	51,000	千円	
ボイラー機器費	26,000	千円	ボイラー、煙突等（据付調整費含）
その他機器費	8,000	千円	蓄熱槽9t、ポンプ3基
配管・保温工事費	16,000	千円	既存機械室との距離100m
既設撤去・改修工事費	1,000	千円	
電気設備工事費	8,000	千円	

直接工事費	70,000	千円	税抜
間接工事費	14,000	千円	税抜（直接工事費の20%）
合計工事費	84,000	千円	税抜

総建屋面積：51 ㎡、kW 単価：284 千円/kW

※) ボイラー等の機器輸送費は見積もり対象外

※) 急傾斜地の造成、既存設備の撤去改造工事は見積もり対象外

(4) 事業性の検討結果

薪ボイラーの導入における事業性の検討結果を表 5-44 に示しました。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を除して収支計算を行いました。

公共施設であることも鑑み、減価償却費は半額または全額補助が適用されるとして2つのパターンの結果を示しました。

薪燃料の単価は、燃料製造で検討した試算結果を用いて、17.0 円/kg として試算を行いました。

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、薪単価 17.0 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が高くなってしまい、年間収支は赤字となりました。薪単価が 10 円/kg 以下であれば黒字になると試算されました。

一方、イニシャルコストに全額補助が見込める場合、薪単価 17.0 円/kg でも年間収支は黒字になると試算されました。

薪ボイラーを導入する場合、減価償却費を考えなければ、年間収支は約 100 万円の黒字になることが分かりました。

表 5-44 事業性試算結果

			1/2補助あり	資本費検討なし
バイオマス燃料消費量		t/年	325	325
化石燃料使用量		L/年	8,471	8,471
《費用》				
資本費	減価償却費	千円/年	3,269	0
	固定資産税(平均)	千円/年	43	0
ランニングコスト	バイオマス調達費	千円/年	5,531	5,531
	人件費	千円/年	0	0
	維持管理費	千円/年	1,360	1,360
	ばい煙測定費	千円/年	100	100
費用合計①		千円/年	10,302	6,991
《削減額》				
ランニングコスト	化石燃料削減量	L/年	111,529	111,529
	化石燃料削減費	千円/年	8,030	8,030
削減額合計：②		千円/年	8,030	8,030
年間収支(薪)：②-①		千円/年	-2,272	1,039
CO2排出削減量		t-CO2	302	302
森林整備面積		ha	15	15
バイオマス燃料採算分岐点		円/kg	10.0	20.2

5.4.5. チップボイラーの事業性及び運用条件

(1) チップボイラーの特徴

チップボイラーも薪ボイラーと同様、国産・海外製と様々な機種があります。チップボイラーの特徴は以下のとおりです。

- ボイラーの大きさは、小型から大型まで多くのラインナップがあります。
- 小型ボイラー（概ね 300kW 未満）になるほど燃焼制御が精密になるため、品質の高いチップが求められます。
- 大型ボイラー（概ね 300kW 以上）は、比較的燃料の水分や形状を問わず、樹皮等も燃焼させることが可能です。
- 切削の準乾燥チップが入手できれば、小型ボイラーが利用できます。
- 複数台のボイラーを設置することで燃焼制御を行い、効率的な運用をすることが可能になります（夏季は1台稼働、冬季は2台稼働等）。
- 遠隔監視システムが標準装備されているタイプが多く、エラーメッセージ等をメールで受信することが可能です。

(2) チップボイラーの機種選定

準乾燥チップボイラーは、欧州屈指のメーカーで、国内でも小型タイプの導入実績を急速に伸ばしている「KWB」社製のボイラーをモデルとして、生チップボイラーは「シュミット」社製のボイラーをモデルとして、それぞれ事業性試算を行いました。

表 5-45 チップボイラーの機種別の仕様

機種名	UTSR-180	Multifire 120	Powerfire 300	
ボイラメーカー	シュミット社 (スイス, 国内取扱い: 榊巴商会)	KWB (オーストリア, 国内取扱い: 榊WBエナジー)		
ボイラ出力	180kW	120kW	300kW	
ボイラ効率	80%	94.4%	92.9%	
ボイラ概観(画像)				
寸法(mm×mm×Hmm)	幅1150×奥行3000×高さ2600mm	2,340×1,350×1,670	2,150×1,650×2,240	
ボイラ伝熱面積(m ²)	13m ²	5.66	10.65	
運転重量(kg)	5,660	1,229	2,868	
本体価格(標準)、単位=千円	3500万円 (燃料搬送装置、全自動制御盤等 を含んだ価格)	本体のみ540万円。	本体のみ1,300万円。 周辺機器含むと2,250万円 ボイラー設置・ボイラー室配管含め一括 工事可能・推奨。	
対応可能なチップ条件	水分率	50%(湿潤基準)	40	
	形状	80×20×10mm	P16B,P45A	
	灰分量	2.0%	約25g/h(絶乾)	約64g/h(絶乾)

(3) 準乾燥チップボイラー

① 導入コスト

KWB 社製チップボイラーのラインナップのうち、300kW のボイラーを1基設置する場合の事業費を算出した結果、**設置工事費は、およそ1億400万円**と試算されました。

表 5-46 チップボイラー導入事業費の概算

項目	金額	単位	備考
建築工事費	26,000	千円	
基礎・躯体工事費	21,000	千円	ボイラー室76㎡・うちサイロ39㎡
外装・内装工事費	3,000	千円	準耐火構造
外構・給排水工事ほか	2,000	千円	舗装工事・緑化工事含む
機械設備工事費	52,000	千円	
ボイラー機器費	27,000	千円	ボイラー、煙突等（据付調整費含）
その他機器費	8,000	千円	蓄熱槽9t、ポンプ3基
配管・保温工事費	16,000	千円	既存機械室との距離100m
既設撤去・改修工事費	1,000	千円	
電気設備工事費	9,000	千円	
直接工事費	87,000	千円	税抜
間接工事費	17,000	千円	税抜（直接工事費の20%）
合計工事費	104,000	千円	税抜

総建屋面積：97㎡、kW 単価：353千円/kW

※) ボイラー等の機器輸送費は見積もり対象外

※) 急傾斜地の造成、既存設備の撤去改造工事は見積もり対象外

② 事業性の検討結果

チップ単価が 18.4 円/kg の場合、準乾燥チップボイラーの導入に半額補助がある場合でも収支は赤字であり、減価償却費を考えなければ年間収支は約 94 万円の黒字と試算されました。

表 5-47 準乾燥チップボイラー事業性試算結果

		1/2補助あり		資本費検討なし	
バイオマス燃料消費量		t/年	292	292	
化石燃料使用量		L/年	7,466	7,466	
《費用》					
資本費	減価償却費	千円/年	4,000	0	
	固定資産税(平均)	千円/年	52	0	
ランニングコスト	バイオマス調達費	千円/年	5,398	5,398	
	人件費	千円/年	0	0	
	維持管理費	千円/年	1,664	1,664	
	ばい煙測定費	千円/年	100	100	
費用合計①		千円/年	11,215	7,162	
《削減額》					
ランニングコスト	化石燃料削減量	L/年	112,534	112,534	
	化石燃料削減費	千円/年	8,102	8,102	
削減額合計：②		千円/年	8,102	8,102	
年間収支（チップ）：②-①		千円/年	-3,112	940	
CO2排出削減量		t-CO2	305	305	
森林整備面積		ha	13	13	
バイオマス燃料採算分岐点		円/kg	7.8	21.7	

(4) 生チップボイラー

① 導入コスト

シュミット社製チップボイラーのラインナップのうち、300kW のボイラー 1 基を設置する場合の事業費を算出した結果、設置工事費は、およそ 1 億 3,300 万円と試算されました。

表 5-48 生チップボイラーの導入工事費概算

◆板取川温泉・チップボイラー導入工事費（概算）

項目	金額	単位	備考
建築工事費	28,000	千円	
基礎・躯体工事費	22,000	千円	ボイラー室76㎡・うちサイロ39㎡
外装・内装工事費	4,000	千円	準耐火構造
外構・給排水工事ほか	2,000	千円	舗装工事・緑化工事含む
機械設備工事費	74,000	千円	
ボイラー機器費	48,000	千円	ボイラー、煙突等（据付調整費含）
その他機器費	8,000	千円	蓄熱槽9t、ポンプ3基
配管・保温工事費	17,000	千円	既存機械室との距離100m
既設撤去・改修工事費	1,000	千円	
電気設備工事費	9,000	千円	
直接工事費	111,000	千円	税抜
間接工事費	22,000	千円	税抜（直接工事費の20%）
合計工事費	133,000	千円	税抜

総建屋面積：108 ㎡、kW 単価：451 千円/kW

※) ボイラー等の機器輸送費は見積もり対象外

※) 急傾斜地の造成、既存設備の撤去改造工事は見積もり対象外

② 事業性の検討結果

チップ単価が 12.7 円/kg の場合、生チップボイラーの導入に半額補助がある場合でも収支は赤字になり、減価償却費を考えなければ年間収支は約 25 万円の黒字と試算されました。

表 5-49 生チップボイラーの事業性試算結果

			1/2補助あり	資本費検討なし
バイオマス燃料消費量		t/年	443	443
化石燃料使用量		L/年	7,466	7,466
《費用》				
資本費	減価償却費	千円/年	5,115	0
	固定資産税(平均)	千円/年	67	0
ランニングコスト	バイオマス調達費	千円/年	5,628	5,628
	人件費	千円/年	0	0
	維持管理費	千円/年	2,128	2,128
	ばい煙測定費	千円/年	100	100
費用合計①		千円/年	13,038	7,856
《削減額》				
ランニングコスト	化石燃料削減量	L/年	112,534	112,534
	化石燃料削減費	千円/年	8,102	8,102
削減額合計：②		千円/年	8,102	8,102
年間収支（チップ）：②-①		千円/年	-4,935	247
CO2排出削減量		t-CO2	305	305
森林整備面積		ha	20.1	20
バイオマス燃料採算分岐点		円/kg	1.6	13.3

5.4.6. 化石燃料単価が変動した場合の経済性

化石燃料単価が変動した場合の経済性について検討を行った結果を図 5-13 に示しました。重油単価が現在の 72 円/L (平成 24 年度から平成 28 年度の平均値) から 90~100 円/L に上昇した場合、薪ボイラー、準乾燥チップボイラー及び生チップボイラーそれぞれ年間収支は以下ようになります。

化石燃料単価の上昇によりボイラー導入時の収支改善が期待されます。ただし、この収支計算は減価償却費を考慮していません。

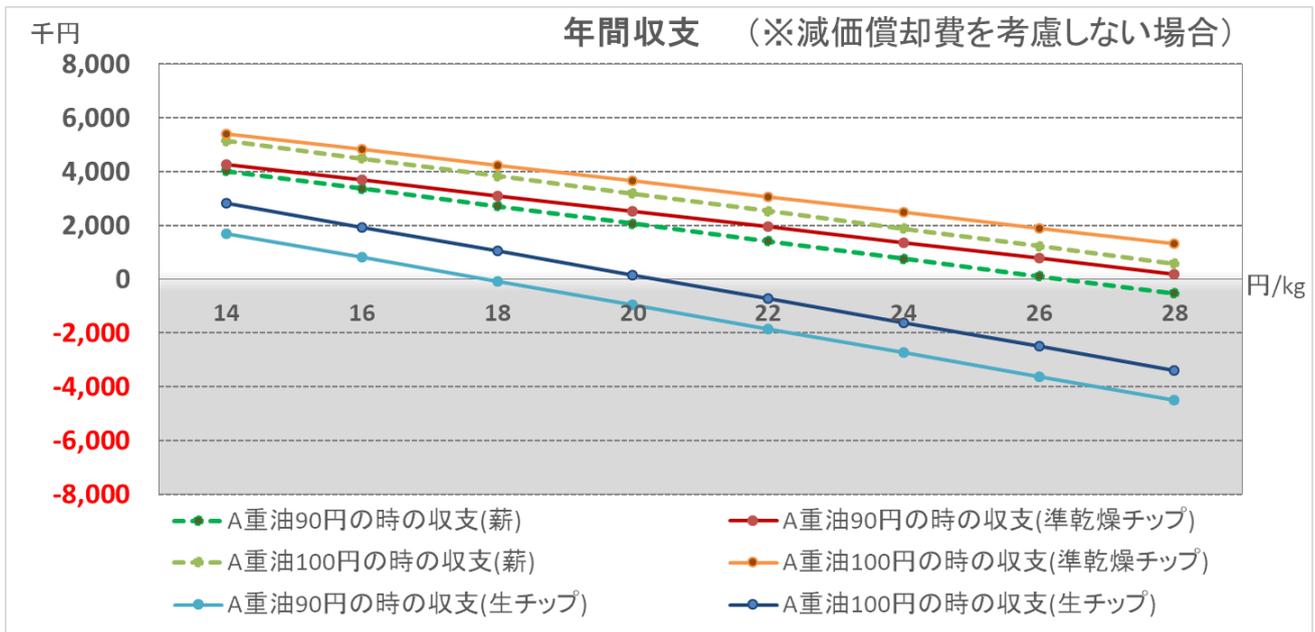


図 5-13 化石燃料単価が上昇した場合の経済性

【年間収支がプラスとなる木質バイオマス燃料単価】

● A 重油単価⇒90 円/L に変動した場合

- ・ 薪単価が 26.4 円/kg 以下
- ・ 準乾燥チップ単価が 28.7 円/kg 以下
- ・ 生チップ単価が 17.8 円/kg 以下

● A 重油単価⇒100 円/L に変動した場合

- ・ 薪単価が 29.8 円/kg 以下
- ・ 準乾燥チップ単価が 32.5 円/kg 以下
- ・ 生チップ単価が 20.4 円/kg 以下

5.4.7. 木質バイオマス熱電併給システムの検討

木質バイオマスを利用した発電設備に関する検討を行いました。発電設備には、蒸気タービン発電、ガス化発電、バイナリー発電などの技術が実用化されています。このうち、蒸気タービン発電は数千 kW 以上の大規模な発電所で用いられる技術なので、今回は、ガス化発電技術やバイナリー発電技術を対象として検討を行いました。

温泉で利用する電力及び熱の需要量を最大限代替するとともに、事業性を確保するシステムとして試算を行いました。

(1) 検討する設備

国内で導入実績のある 3 種類の方式について検討しました。検討した発電設備と特徴を表 5-50 に示しました。

①のガス化発電は、ユニット 1 基で熱電併給を実施でき、エネルギー効率の高い設備ですが、事業コストが高く、固定価格買取制度 (FIT) による売電を行わない場合、収益性が低くなってしまう点が課題です。

②のバイナリー発電は、低温水を利用して発電する設備であり、余剰熱を利用する目的で地熱や工場等で利用されています。

③のスターリングエンジンは、外部の熱 (温水・蒸気) を利用した小規模な発電機であり、ボイラーや煙突などから余剰熱を利用するといった方法で用いられています。

②および③は、機器自身は発電を行うのみであり熱源が必要な為、木質バイオマスボイラーを併設する想定で検討を行いました。

表 5-50 検討した発電設備と特徴

①木質ガス化発電	②バイナリー発電	③スターリングエンジンによる発電
		
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 小型の木質バイオマス発電設備 (40 kW) ➤ 熱も利用可能 (80℃～温水、100 kW) ➤ 電気・熱ともに利用できるので高効率(78%) ➤ 燃料の品質安定が重要 (水分 15%、形状) ➤ 売電なしでは収益性低い 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 70℃～90℃の温水を利用して発電(20 kW) ➤ 発生する 30℃～40℃の温水も利用可能 ➤ ボイラーで温水供給する場合、450 kW 以上が目安 ➤ 熱源を新たに設置する場合、エネルギー効率は低い ➤ 地熱利用で有効、事例多数 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 10 kW 程度 ➤ ボイラー等の熱を一部利用して発電する外燃機関 ➤ 廃熱の利用も可能 ➤ 災害時の非常用電力として有効

それぞれの技術について、フロー図をもとに以下に整理します。

① ガス化発電設備

ガス化発電の技術について概要を整理しました。ガス化発電の技術は、木質燃料を熱分解することによって、一酸化炭素や水素などの可燃性ガスを取りだし、ガスエンジンを用いて発電を行う仕組みです。このとき、高温の可燃性ガスを水で冷却するため、70～80℃の温水が発生します。発電した電力と温水の両方を利用する「コジェネレーションシステム」となるためエネルギー効率は70～80%となり、発電のみ行う場合よりも高いエネルギー利用効率を達成できる点が大きな特徴です。

また、運転に必要な資格は電気主任技術者であることや、オペレーターの常駐が不要である点も、小規模な利用者にはメリットとなります。1基あたりの出力は小さいですが、コンパクトな構造であるため、複数台並べて設置して事業性を確保する手法が一般的です。

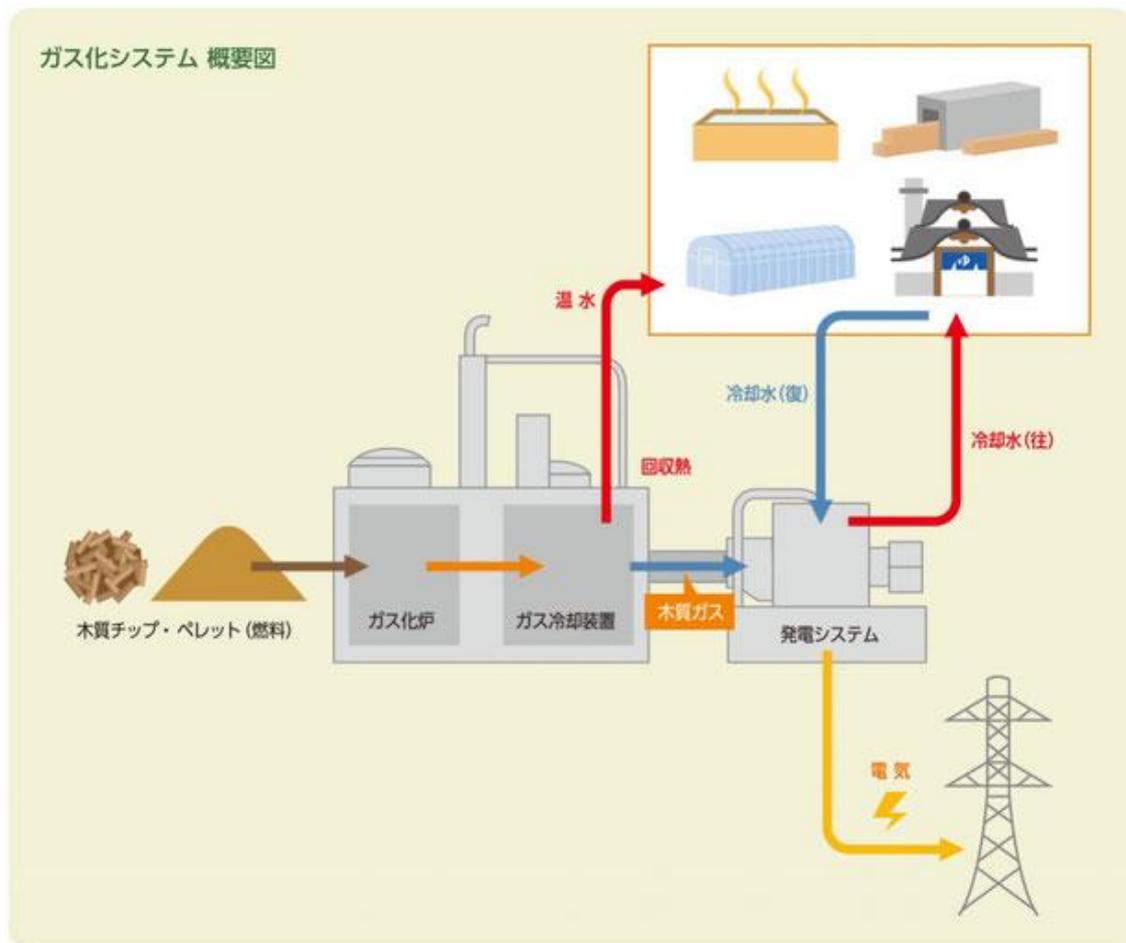


図 5-14 ガス化システム概要図

(出典：一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会 HP)

今回検討したモデルは、フィンランドのメーカー「Volter 社」のガス化発電機「Volter40 Indoor」です。国内代理店として「VolterJapan 株式会社」が平成 28 年に設立され、本社のある北秋田市では第一号機が道の駅に導入されています。当該施設では足湯を設置して熱供給を行い、電力は固定価格買取制度（FIT）を活用し売電を行っています。



(出典：VolterJapan 株式会社 HP)

図 5-15 機器外観および内部構造

表 5-51 機器仕様

メーカー	Volter
モデル	Volter40 Indoor
出力(発電/熱供給)	40kW/100kW
年間最大稼働時間	7,800 時間 (325 日)
機器重量	4,500 kg
機器寸法	長さ：4,820mm、高さ：2,500mm、幅：1,270mm
設置必要面積	長さ：6,823mm、高さ：3,500mm、幅：3,674mm
電気出力範囲	30%～100%
熱媒体温度	入口：35～55℃、出口：70～80℃
燃料	木質チップ

(出典：VolterJapan 株式会社 HP)

ガス化発電では、ガス生成時に発生する「タール」がエンジン部に入ったりガス化炉を閉塞させるなどトラブルの原因となること、また、細かいダストが灰となって炉内に溜まるといったことが課題として挙げられます。このような課題をクリアするためには燃料の品質を安定させることが非常に重要です。例えば Volter 社のガス化発電装置を用いる場合には、下表のように燃料の仕様が明確に定められています。

表 5-52 燃料の規格

	サイズ	16～50mm	> 80%
		30～50mm	> 60%
		50～63mm	≤ 9%
		3.2mm	≤ 1%
	形状	切削チップ	
水分	15%推奨、最大 18%		

(出典：VolterJapan 株式会社 HP)

ガス化発電を行う際には、このように燃料の品質を一定にすることが求められます。燃料の水分が高いほど、タールが発生しやすくなってしまうため、水分管理は非常に重要なポイントとなります。したがって、燃料チップは人工的に乾燥をすることが望ましく、乾燥機の導入が必要となるなど、コストがかかることが事業化において課題となります。

② バイナリー発電機

バイナリー発電機は、外部から低温度の熱エネルギーを供給し、沸点の低い媒体を蒸発させてタービン発電機を回して発電する装置です。工場排水など、100℃未満の温水を利用できることが特徴です。

低温度の温水や蒸気が熱源となり、蒸発器内で低沸点の作動媒体を蒸発させ、その蒸気を用いてタービン発電機を動かす仕組みです。蒸発した作動媒体は、凝縮器内で冷却されて液化し、再び蒸発器へ入って循環する仕組みです。このように、「熱源系統」と「媒体系統」の2つ (binary) の熱のサイクルがあるため、バイナリー発電と呼ばれます。



図 5-16 バイナリー発電の概念

(出典：株式会社 IHI 回転機械エンジニアリング HP)

今回検討したのは「株式会社 IHI 回転機械エンジニアリング」の小型バイナリー発電装置です。



(出典：株式会社 IHI 回転機械エンジニアリング HP)

図 5-17 機器外観および発電イメージ

表 5-53 機器仕様

メーカー	株式会社 IHI 回転機械エンジニアリング
モデル	小型バイナリー発電装置 HR シリーズ
出力(発電)	20kW (温水:95℃-28m ³ /h 冷却水:30℃-40m ³ /h の場合)
機器重量	約 1,900 kg (運転時約 2,060kg)
機器寸法	長さ:1,360mm、高さ:1,600mm、幅:2,050mm

(出典：株式会社 IHI 回転機械エンジニアリング HP)

これは発電のみを行う装置であるため、熱源として木質バイオマスボイラーを併設することを想定しました。バイナリー発電機で電気を、木質バイオマスボイラーで温泉と発電機にそれぞれ熱を供給するシステムとして検討を行いました。

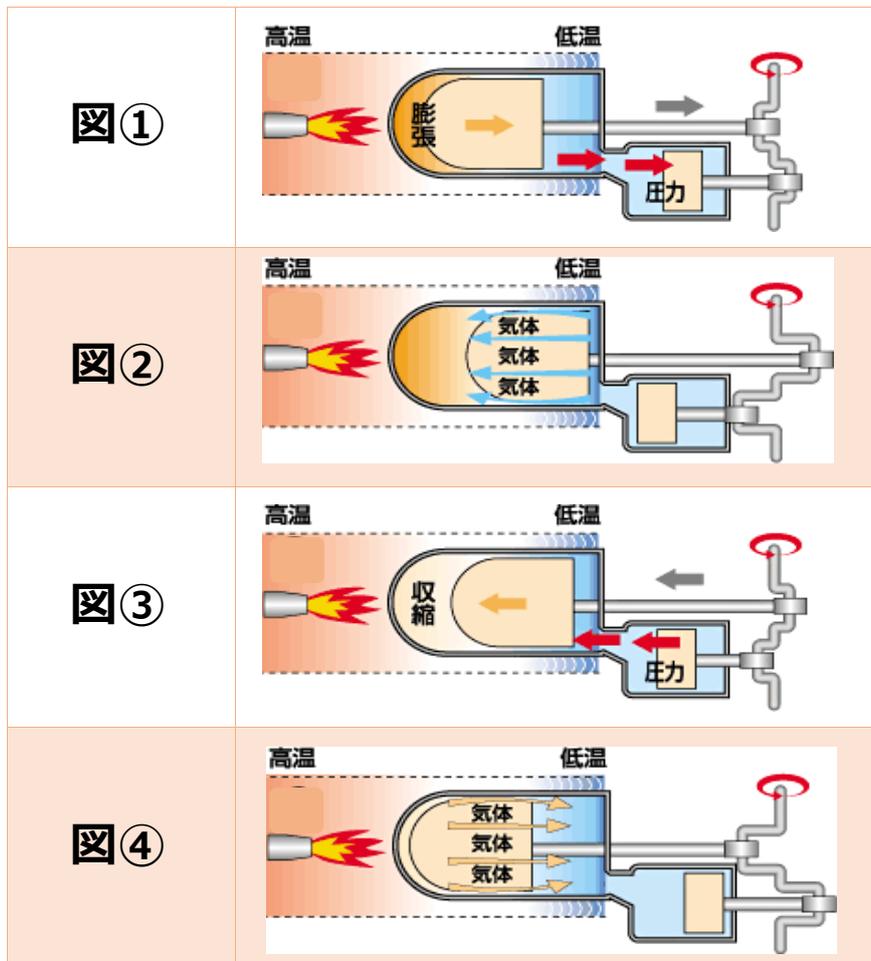
③ スターリングエンジン

スターリングエンジンは、シリンダー内のピストンが作動することによって発電を行う装置であり、熱源を外部にもつ外燃機関となります。

シリンダー外部に高温層と低温層を設け、高温層で熱がシリンダーに伝わることで内部の気体が膨張し、圧力がかかってピストンが押されます（下図①）。

ピストンはディスプレーサーという温度差によって作動するピストンと、圧力によって作動するパワーピストンの2つがあります。外部に仕事をするパワーピストンが最大まで動いたところでシリンダー内の圧力が下がるため、低温の気体が高温部に移動して（下図②）気体が収縮します（下図③）。

ピストンが戻り、高温部で気体が熱せられることによってふたたびシリンダー内の圧力が上がり（下図④）、運動が繰り返されるという仕組みです。



(出典：株式会社プロマテリアル HP)

図 5-18 スターリングエンジンによる発電の概念

スターリングエンジン作動のための熱源として、木質バイオマスボイラーを利用したシステムを検討しました。今回検討したシステムは、生チップボイラーの燃焼室に熱媒熱交換器を組み込んだ特殊仕様であり、株式会社トモエテクノが福島県で導入しているシステムです。

チップボイラーは生チップを燃焼させる燃焼炉と、その上部に 3 パスの熱交換部を持つ標準的な仕様のものを使用し、その燃焼炉から熱交換部への燃焼ガス経路に熱媒熱交換器を挿入して、スターリングエンジンの熱源としています。

熱交換器から、ボイラーの熱の一部を利用して熱媒油を加熱し、冷却水を流して温度差を設けることによってスターリングエンジンを駆動させます。低温度差型スターリングエンジンを用い、バイオマス燃焼炉で加温された 300℃の熱媒油がシリンダー内部のヘリウム等の気体を膨張させ、15℃程度の冷却水により圧縮されることによってピストンが駆動し発電します。

スターリングエンジンは 10kW 以上の場合、技術者等の規制が設けられるため、規制緩和を受けられる 10kW 未満 (9.9kW) の発電として検討しました。

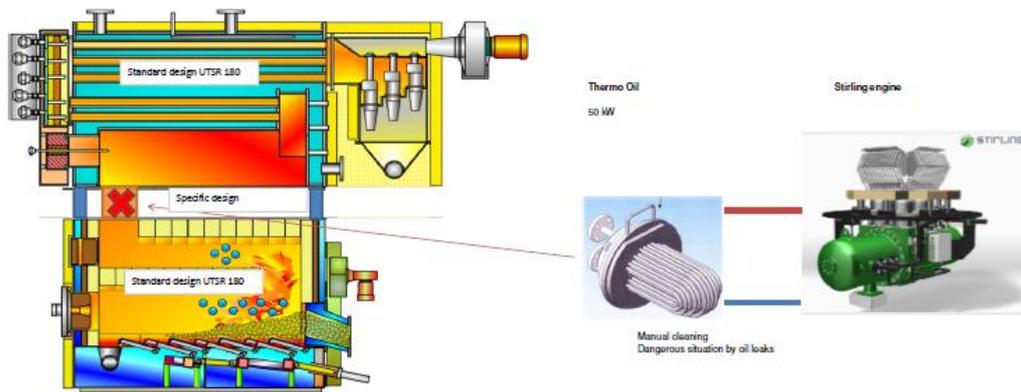


図 5-19 機器外観および発電イメージ

(出典：トモエテクノ提供資料)

表 5-54 機器仕様

メーカー	株式会社トモエテクノ
機器	熱媒油加熱構造付き生チップボイラー
出力(発電)	10kW (ボイラーは 450kW)

また、このシステムでは蓄電池や 10kW 程度のディーゼルエンジンを組み合わせることによって、停電時など非常時でも自立でシステムを起動することが可能となり、一度動き始めれば、スターリングエンジンによる電力だけでシステム全体の運転を継続することが可能です。ただし、この場合は電気系統の設備にコストがかかることなどが課題となります。

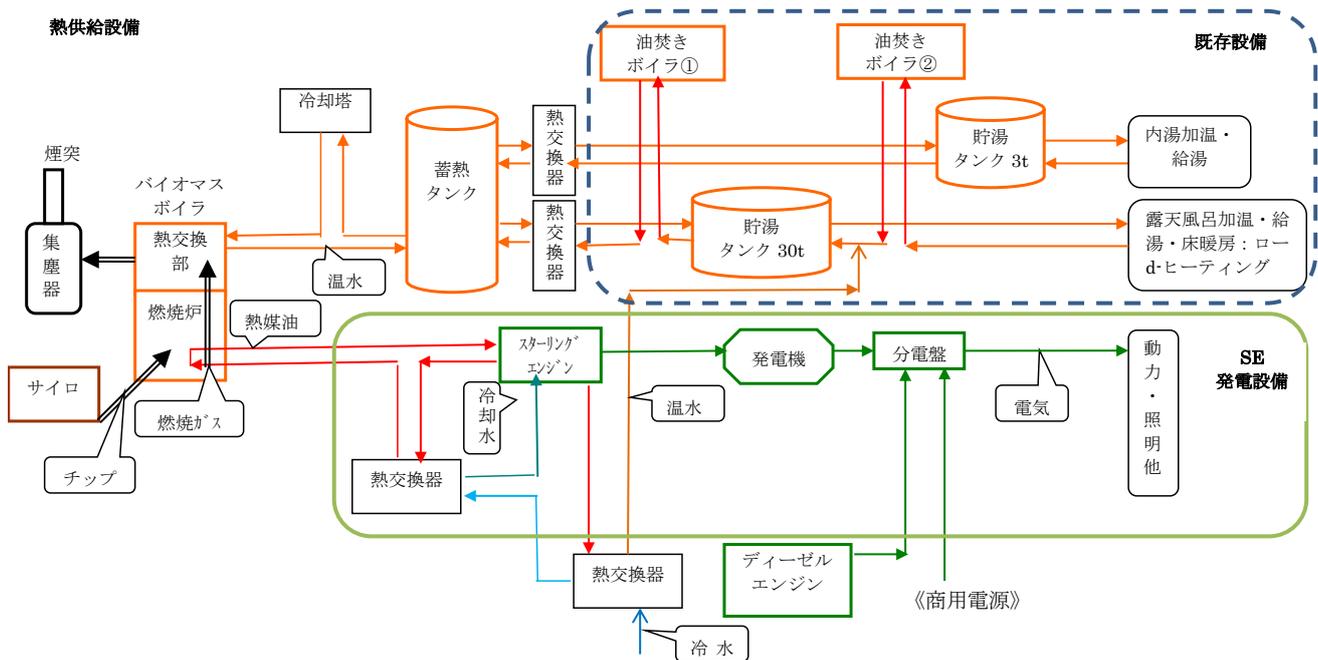


図 5-20 小規模防災用コジェネを実現する分散型システム・フロー図

(2) 熱電併給システムの検討結果

木質バイオマスを用いた熱電併給システムの検討結果をまとめました。ただし、電気は固定価格買取制度 (FIT) を利用せずに、温泉施設で自家消費した場合の収支を計算しました。

検討の結果、3方式とも、電力料削減 (ガス化の場合は+化石燃料削減) メリットよりも発電のために必要な燃料等の費用が上回り、ランニングでの収支が赤字になりました。

FIT 制度を利用した売電 (40 円/kWh を適用) を想定すると、ガス化発電は収支 (減価償却費を除く) が僅かに黒字となりますが、20 年間での投資回収には及びません。

ガス化発電装置は、品質の安定したチップを燃料として使用するため、燃料チップの品質の確保が課題となります。チップ形状については製造時にスクリーンを設ける等の対応によって最適なチップ形状を確保しなければならず、また、チップの水分は 15% と低いため、調整のためには乾燥機を導入することが望ましいです。ガス化発電 (FIT 利用) の収支を改善するには、例えば 1 日 24 時間稼働に延ばし、チップ調達価格を 10 円/kg (水分 50% 時) に下げると、約 5 百万円/年の利益が出るため、20 年以内での投資回収の可能性が出てきます。また、利用する燃料の原材料を、安価な製材端材等にするなどの工夫によって収支が改善します。

バイナリー発電やスターリングエンジン発電は、一般的には廃熱などが余っており、ほとんど費用をかけずに調達できる熱がある場合において有効であり、発電のために燃料を有償で投入する必要があると利益を生むことは難しくなります。

表 5-55 検討結果のまとめ

	①ガス化発電	②バイナリー発電	③スターリングエンジンによる発電
イメージ図		<p>ボイラーから熱供給</p> 	<p>ボイラーから熱供給</p> 
出力 ※電力は送電端	電気：36kW 熱：100kW	電気：13kW 熱：別途ボイラーから	電気：9.9kW 熱：別途ボイラーから
燃料種別	乾燥チップ	生チップ	生チップ
初期投資額	90 百万円/基 (チップ乾燥機含む)	40 百万円/基 (ボイラー除く)	49 百万円/基 (ボイラー除く)
年間収支 ※減価償却費を含まない	-2,524 千円 (発電+熱利用)	-12,668 千円 (発電部分のみ)	-1,200 千円 (発電部分のみ)
燃料使用量 (発電分)	約 200t/年 (水分 15%)	約 1,049t/年 (水分 50%)	約 149t/年 (水分 50%)
備考	熱 100kW のうち、50kW はチップ乾燥に用いる	冷却側の排温水(30℃)は利用不可と仮定	ボイラーに本体を組み込む方式の特殊仕様

【共通設定】

運転時間 15h×330 日、チップ単価 13 円/kg(水分 50%時)、電力単価 15 円/kWh、熱供給単価 7.5 円/kWh、重油単価 70 円/L

5.4.8. 導入設備

ボイラー導入検討及び発電システムの導入検討の結果をふまえ、板取地域で導入していく木質バイオマス設備を選定しました。選定においては、以下のポイントを重視しました。

<導入設備の選定ポイント>

- 事業性が確保できる
- 安定稼動の実績がある
- 確実に地域内エコシステムの構築が可能となる

板取地域においては、木質バイオマスエネルギーの利用は初の試みであるため、まずは「地域内エコシステム」を構築することを重視し、事業面、設備面でも実績のある木質バイオマスボイラーを導入することとしました。

木質バイオマスを利用した発電設備の導入は事業性を確保することが困難であるという結果となったため、現状では導入は見送ることとした。ただ、板取地域は山に囲まれており災害時に孤立する可能性が高い地域であることを考えると、将来的に何らかの地域自立型のエネルギー供給システムを構築することは、今後の重要な検討課題であると言えます。

5.4.9. 配置・運用検討

木質バイオマスボイラー導入事業においては、設備をどこに配置するかという点も重要な要素になります。

既存設備から近い箇所に設置することができれば、配管敷設費用を抑えることができ、また、運用面でも施設スタッフの負担を少なくすることができます。

一方で施設周辺では車両の進入が限られる可能性があります。具体的な配置については、これらの要件のほか、土地の状況や建築に関わる法令の確認も必要となるため、導入設備が決定した段階で、十分な検討が必要です。

6. 地域還元効果等の把握

事業性だけでなく、地域における経済効果や地球温暖化対策の観点として、地域経済効果やCO2 排出量についての検討を行いました。

6.1.1. 地域経済効果

関市板取地域において、地域経済効果を検討した結果を図 5-21 に示しました。

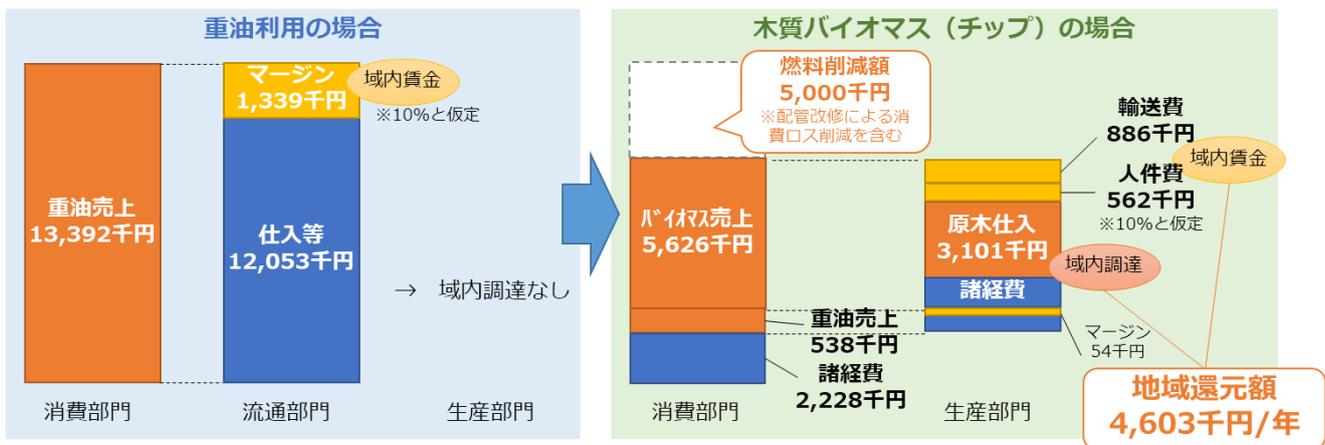


図 5-21 地域経済効果の比較（重油利用の場合と木質バイオマス利用の場合）

板取川温泉での A 重油を木質バイオマス（チップボイラーと仮定）で代替した場合の地域経済効果を試算しました。これまで A 重油の購入により海外へ流出し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、現在の漏水なども考慮し、木質バイオマスボイラー導入に伴い老朽化した配管を改修した場合、これによる燃料削減効果だけでも約 500 万円/年が削減できると見込まれます。

木質バイオマス燃料費の内訳では、原木仕入れ代金、人件費、輸送費、諸経費などが考えられますが、ほとんどは地域雇用となるため、地域内に約 460 万円/年が還元されることになります。

当面は市外からのチップ購入を想定すると、還元効果は県内の周辺地域に分散されますが、将来的には市内でのチップ製造に移管し市内への還元効果を高めることを目指していくのが望ましいと考えられます。

6.1.2. CO2 排出削減量

板取川温泉に木質バイオマスボイラーを導入した場合、A 重油が 111,529L/年削減されると試算されました。これにより、A 重油を使用することによって発生していた CO2 が削減されると考えられるため、CO2 削減量は 302t-CO2/年となります（A 重油 CO2 排出量：2.71kgCO2/L）。

平成 29 年度新たな木材需要創出プロジェクトのうち地域内エコシステムの構築事業

岐阜県関市
「板取地域内エコシステム」の構築に向けた
実現可能性調査報告書

平成 30 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

TEL03-3261-5281 (代表) FAX03-3261-5393

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

TEL042-578-5130 FAX042-578-5131