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

岐阜県関市

「板取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 5
2. 調査対象地域 7
3. 調査の実施 8
3.1. 地域協議会 8
3.2. 川上（原料供給） 8
3.3. 川中（燃料製造） 8
3.4. 川下（エネルギー利用） 9
4. 調査の結果 10
4.1. 地域協議会 10
4.1.1. 協議会の設置 10
4.1.2. 協議会の運営 11
4.1.3. サプライチェーン 12
4.1.4. 現地視察の実施 13
4.2. 川上（原料供給） 14
4.2.1. 資源賦存量 14
4.2.2. 利用可能量 22
4.2.3. 乾燥試験 24
4.3. 川中（燃料製造） 27
4.3.1. 燃料製造場所 27
4.3.2. ストックヤード機能 28
4.3.3. 燃料製造コスト 30
4.4. 川下（エネルギー利用） 39
4.4.1. エネルギー利用施設 39
4.4.2. エネルギー利用状況 41
4.4.3. 熱需要シミュレーション 42
4.4.4. 薪ボイラー導入の事業性試算 45
4.4.5. 準乾燥チップボイラー導入の事業性試算 48
4.4.6. 設置場所の検討 53
4.4.7. 配置等設計図面 54
4.4.8. システムフローの検討 57

4.4.9.　その他の熱需要施設 61
5.　地域還元効果の把握 70
5.1.　地域経済効果 70
5.1.1.　ＬM3 の算出 71
5.1.2.　雇用創出効果 74
5.2.　CO_2 排出量削減量 75
6.　総括 76

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、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。

岐阜県関市板取地域は、昨年度に引き続き、調査対象地域として採択されました。

板取地域で「地域内エコシステム」の構築を目的とした、Ｆ/Ｓ調査及び協議会の運営を実施しました。

本報告書は、岐阜県関市「板取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（図 1-1）です。

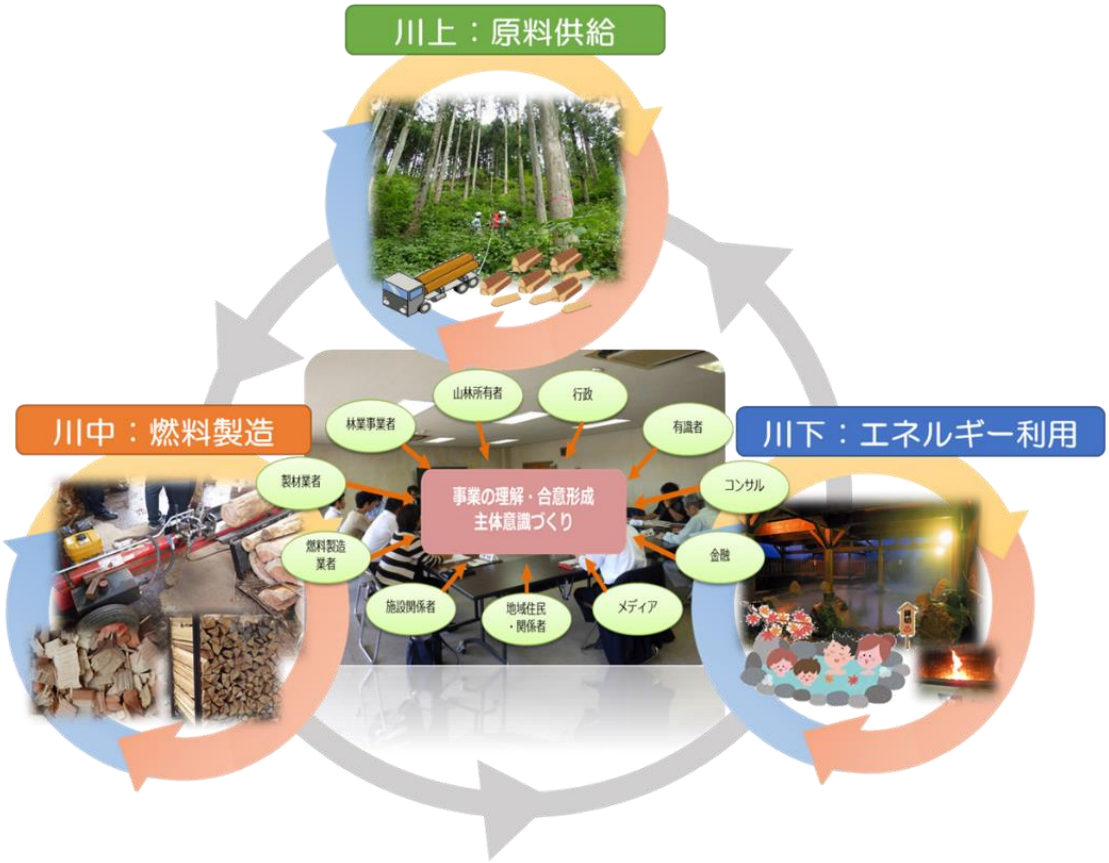


図 1-1　地域内エコシステムのイメージ

2.調査対象地域

調査対象地域は、図 2-1 に示した岐阜県関市の板取地域（旧板取村）になります。平成 17 年に関市に合併し、関市板取になりました。

板取地域は、Ｖ字型をなす市域の北西部に位置し、福井県に接する地域です。板取地域の人口は、1,124 人（平成 31 年 2 月 1 日現在）で、面積は 18,714ha、そのうち森林面積は、17,920ha となり森林率はおよそ 96%にのぼります。

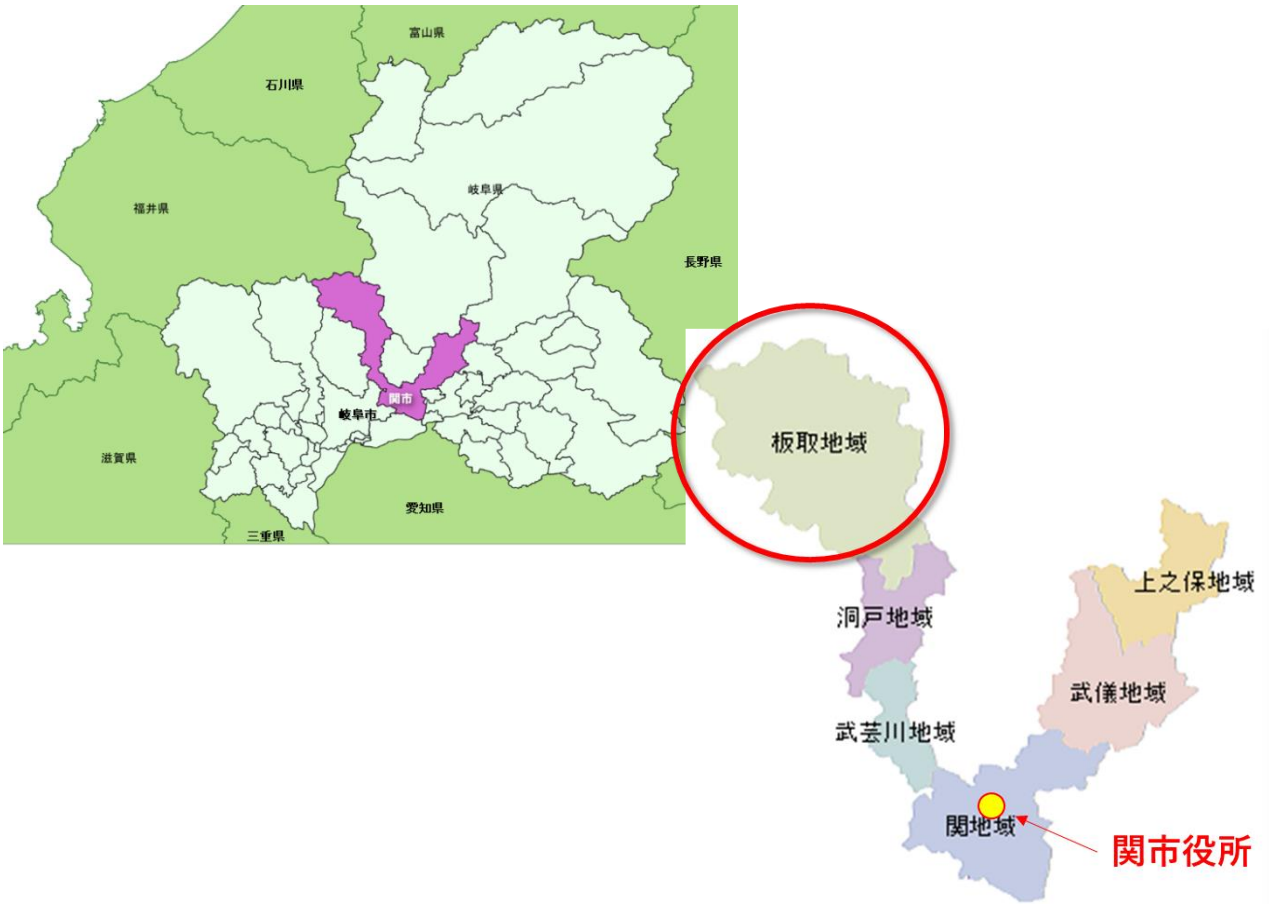


図 2-1　対象地域の位置図

3.調査の実施

「地域内エコシステム」の構築を目的とした実現可能性調査（Ｆ/Ｓ調査）を実施しました。調査は、川上（原料供給）、川中（燃料製造）、川下（エネルギー利用）に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、地域が主体となって事業計画を策定することができるよう「**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

板取地域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）

板取地域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。

3.3. 川中（燃料製造）

板取地域に原木の集積場及び燃料製造場所がないことから、「（仮称）板取集積センター」を設置する場合の検討を行いました。

また、新規で薪を製造する場合、新規でチップを製造する場合、チップを委託で製造する場合の３パターンについて製造コストを試算しました。

3.4. 川下（エネルギー利用）

エネルギー利用先の候補として、日帰り温泉施設である板取川温泉を対象として、木質ボイラー導入に関する経済性の試算を行いました。

また、民間の宿泊温泉施設である神明温泉湯元すぎ嶋についても、導入に関する経済性の試算を行いました。

4.調査の結果

4.1. 地域協議会

4.1.1. 協議会の設置

板取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以下のとおりです。

表 4-1 協議会メンバー

区分		所属先
検討委員	委員長	板取ふれあいのまちづくり推進委員会
		中濃森林組合
		有限会社フォレスト板取
		木の駅 IN いたどりがわ
		株式会社板取川観光
		関市産業経済部長
		関市農林課長
		関市観光課長
		関市板取事務所長
オブザーバー		岐阜県県産材流通課
		岐阜県中濃農林事務所
事務局		関市農林課
		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 30 日、平成 30 年 11 月 9 日、平成 31 年 1 月 16 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、板取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 30 日 議題： ・事業の内容について ・事業スケジュールについて ・調査項目について	
【第 2 回協議会】 開催日：平成 30 年 11 月 9 日 議題： ・調査の中間報告について ・現地視察の結果について	
【第 3 回協議会】 開催日：平成 31 年 1 月 16 日 議題： ・調査の結果について	

4.1.3. サプライチェーン

板取地域内エコシステムのサプライチェーンを図 4-1 に示しました。板取地域の森林から伐採されたＣ・Ｄ材を原料として、（仮称）板取集積センターに集積したのち、燃料（薪又はチップ）製造を行います。なお、チップの場合は、チップ製造設備を導入しても、チップ製造量が少ないため採算が合わないことから、民間のチップ工場に持ち込んでチップ製造を外部委託します。

板取川温泉に木質ボイラーを導入して、製造した薪又はチップを燃料として使用し、温泉の熱源として利用するものです。

図 4-1　板取地域内エコシステムのサプライチェーン

4.1.4. 現地視察の実施

協議会メンバーで現地視察を行いました。木質ボイラーや建屋を見て、具体的なイメージを共有するとともに、木質バイオマスのメリット・デメリットについて、実際に運用している実施主体の方から話を聞きました。

視察先は、関市に隣接する郡上市にある「明宝温泉湯星館」で行いました。湯星館は、平成 26 年に木質ボイラー（チップボイラー及び薪ボイラー）を導入した日帰り温浴施設です。施設の年間利用者数は、およそ 9 万人であり、今回導入を検討している板取川温泉とほぼ同じ利用客数です。

視察する前は、薪ボイラーについて、薪をくべる手間が非常にたいへんなものだと想定されましたが、実際に視察した湯星館では、薪をくべるのは 1～2 時間に数本であり、またメンテナンスも比較的簡単であるという説明を受け、視察後は薪ボイラーも候補として検討するようになりました。

図 4-2　ボイラー導入背景等の説明

図 4-3　薪製造に関する説明

図 4-4　薪ボイラーの説明

図 4-5　チップボイラーの説明

4.2. 川上（原料供給）

4.2.1. 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。

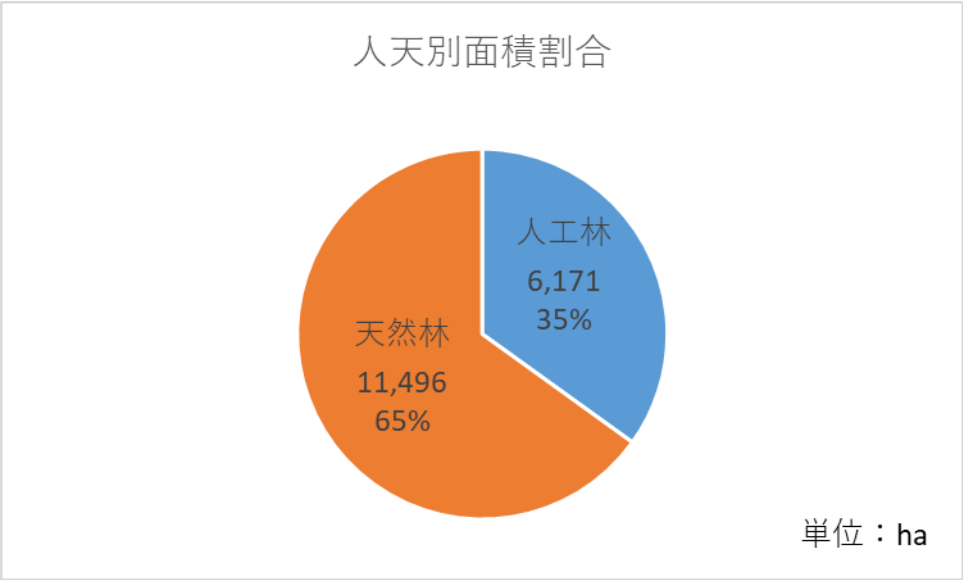
（1）既存資料調査

板取地域の森林面積は 17,920ha で、森林率はおよそ 96%になります。

地域の森林所有形態としては、国有林はなく、すべて民有林になります。民有林のうち、およそ 7 割が個人所有の森林になります。

人天別面積としては、図 4-6 に示したとおり、人工林が 35%、天然林が 65%で、天然林の面積が半数以上を占めます。一方蓄積を見ると、人工林が 53%、天然林が 47%で、人工林の蓄積が、天然林をやや上回っています。

面積と蓄積から、ha 当たりの蓄積を計算すると、人工林でおよそ 330 ㎥/ha、天然林でおよそ 155 ㎥/ha であることが推測できます。



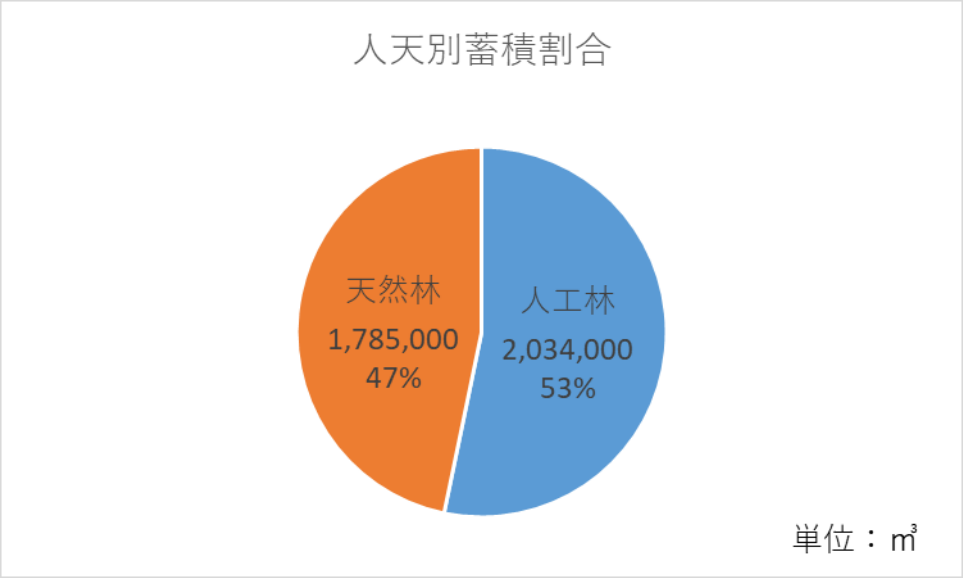


図 4-6　人天別の面積と蓄積

出典：岐阜県森林・林業統計書平成 28 年度版

人工林の齢級構成は図 4-7 に示したとおり、10 齢級（46～50 年生）が最も多く 1,065ha で全体面積のおよそ 17%を占めています。また、10 齢級以上の高齢級が占める面積割合はおよそ 68%となり、およそ 7 割が高齢級の森林ということになります。

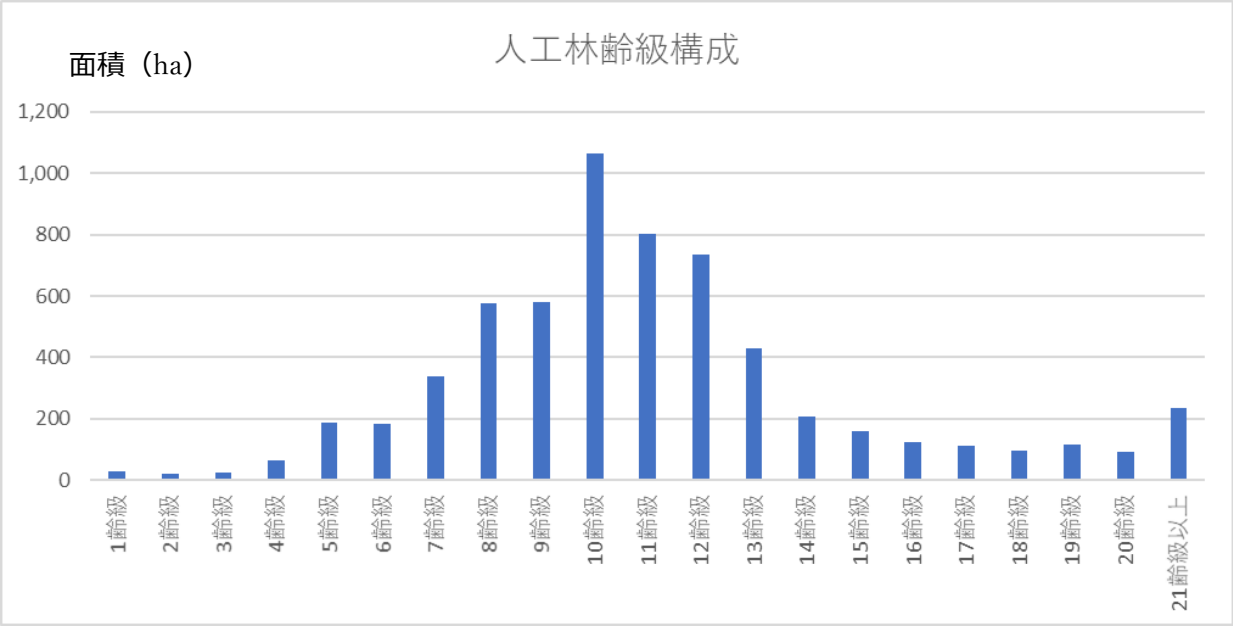


図 4-7　人工林における齢級構成

（2）現地調査

板取地域における立木材積を調べるため、現地調査を行いました。現地調査を実施した箇所は、昨年度 3 箇所、今年度 3 箇所の計 6 箇所でプロット調査を行いました。

プロット調査は、0.1ha の円形プロットを設置し、その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。

プロット調査で得られたデータに基づき材積を算出しました。材積は、1 本ごとに立木材積を算出し、プロット内の立木すべてを合計して算出しました。

プロット調査実施箇所を図 4-8 に示し、現地調査の結果を

表 4-3～表 4-5 に示しました。

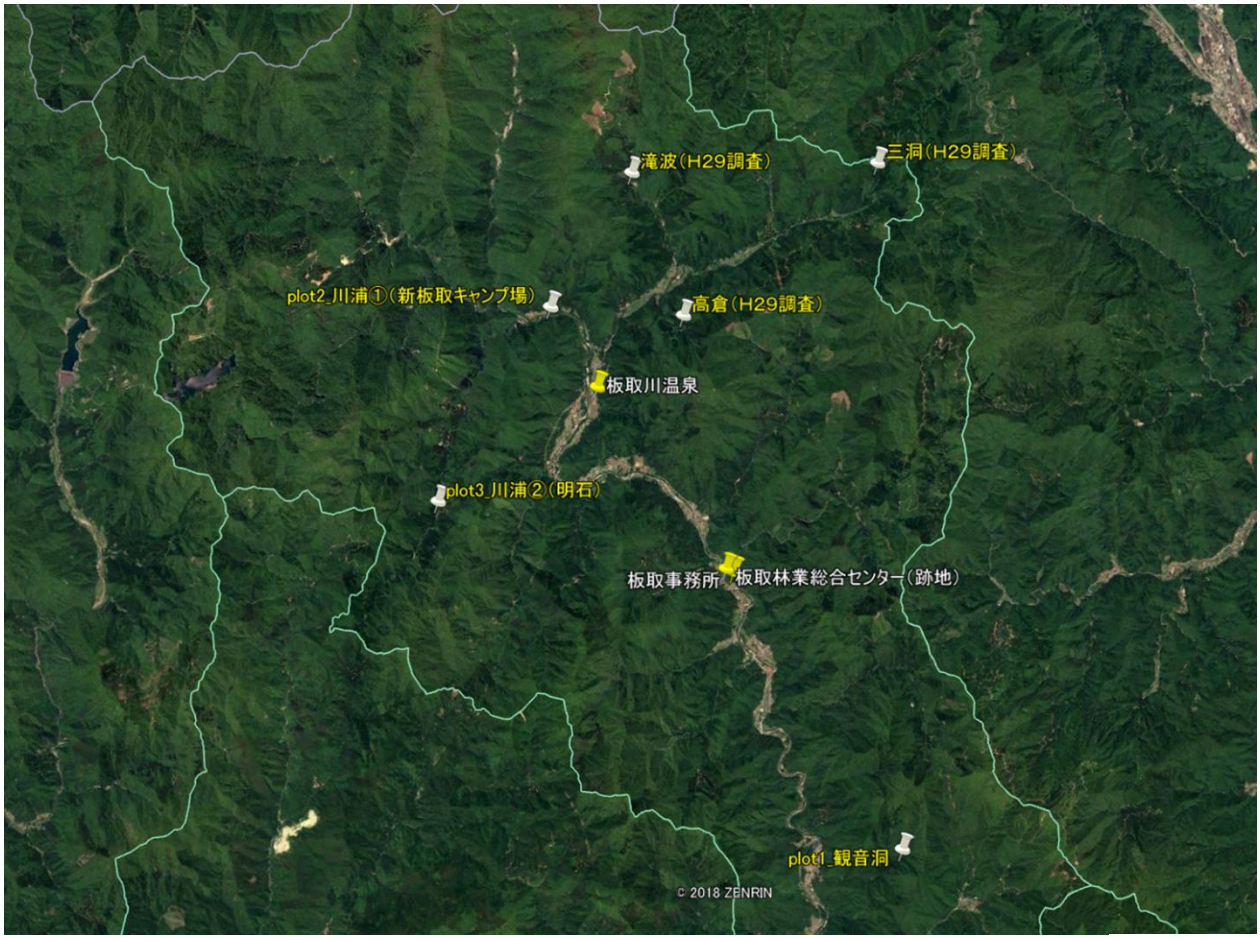


図 4-8 プロット調査実施箇所

©google

表 4-3　現地調査の結果（PLOT1）

Plot1　観音洞（白谷）

調査年月日	2018 年 11 月 1 日
調査面積	0.1ha
樹種	ヒノキ
林齢	40 年生
立木本数	150 本
斜面傾斜	36.2°
斜面方位	ＮＷ
立木材積	293.6 ㎥/ha
施業履歴	2006 年・2014 年間伐

表 4-4　現地調査の結果（PLOT2）

Plot2　川浦①（新板取キャンプ場）

調査年月日	2018 年 11 月 1 日
調査面積	0.1ha
樹種	スギ
林齢	43 年生
立木本数	65 本
斜面傾斜	31.6°
斜面方位	N
立木材積	613.1 ㎥/ha
施業履歴	2005 年・2017 年間伐

表 4-5　現地調査の結果（PLOT3）

Plot3　川浦②（明石）	
調査年月日	2018 年 11 月 1 日
調査面積	0.1ha
樹種	スギ
林齢	53 年生
立木本数	54 本
斜面傾斜	20.0°
斜面方位	E
立木材積	899.2 ㎥/ha
施業履歴	2014 年間伐

現地調査の結果を表 4-6 にとりまとめました。ha 当たりの立木材積は、ヒノキ 40 年生でおよそ **290 ㎥**、スギ 40～53 年生でおよそ **500～900 ㎥**ありました。

立木材積を元に ha 当たりの **C 材発生量を算出した結果**、**ヒノキでおよそ 75 t 、スギでおよそ 128～230 t （平均 163 t ）**（水分 50%）という結果になりました。

表 4-6　現地調査結果一覧

調査年度	**平成 30 年度**			**平成 29 年度**		
調査箇所	Plot1 観音洞（白谷）	Plot2 川浦①（キャンプ場）	Plot3 川浦②（明石）	高倉	滝波	三洞
樹種	ヒノキ	スギ	スギ	スギ	スギ	スギ
林齢※1	40 年生	43 年生	53 年生	52 年生	52 年生	40 年生
立木材積（㎥/ha）	293.6	613.1	899.2	667.9	520.7	500.5
C 材発生量（ t /ha）※2	74.9	156.3	229.2	170.3	132.8	127.6

※1　調査時の林齢とした。

※2　計算により算出した。式は、立木材積×0.85（幹材積係数）×0.3（幹材積の 30%）として算出した。
　　1 ㎥＝1 t として算出した。

4.2.2. 利用可能量

原料の供給に関して、森林組合、林業事業体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、原料供給におけるＣ材の利用可能量は、およそ **1,420 ㎥/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

- 管轄地域は関市（旧武儀郡の板取、洞戸、武儀、上之保）及び美濃市である。
- 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、プロセッサー1 台そのほかは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 1,200 ㎥で、瑞穂市のバイオマスエナジ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）林業事業体

- 管轄地域は板取地域である。
- 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、そのほかは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 ㎥で、瑞穂市のバイオマスエナジ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のは森林組合と同様だが、さらに現在よりも多くＣ材を出すことも可能であると考えている。

（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 ㎥を出荷している。
- 1 ㎥で 5,000 円分の地域通貨券と交換している。

➢　木の駅で集めた材は、下呂市の金山チップセンターに販売している。

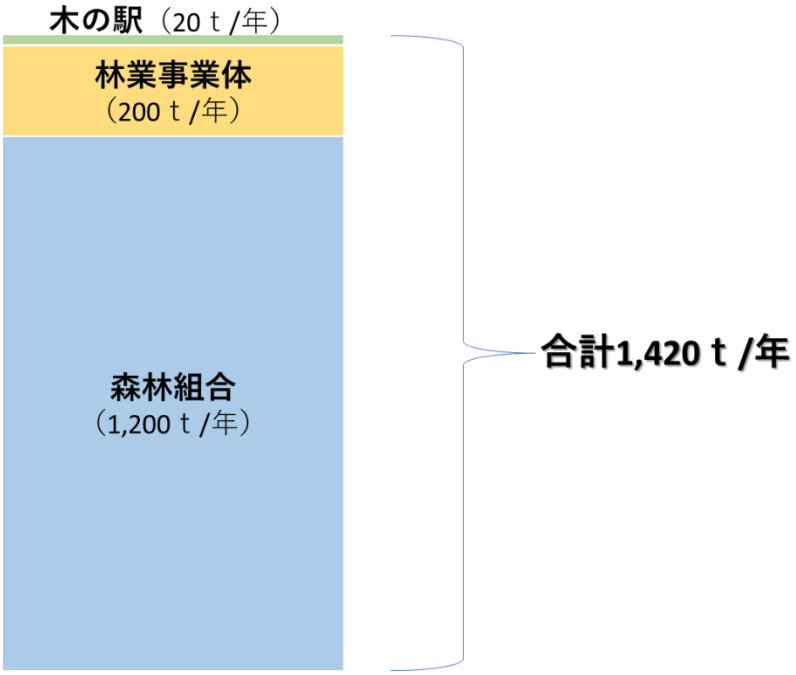


図 4-9　C 材利用可能量の内訳

4.2.3.　　乾燥試験

（1）乾燥試験の目的

板取地域の材を対象として、伐採後の水分が天然乾燥でどのように変化するかを調査しました。

（2）乾燥試験の方法

2018 年 10 月 1 日に伐採した材を林業総合センター跡地（砂利敷き）に図 4-10 左側のように並べて、天然乾燥を行いました。計測は、10 月、12 月、3 月の計 3 回にわたって、重量計測を行いました。

計測を行った材は、スギ 2m材、広葉樹 2m材、スギ 50 c m材です。

図 4-10　木材の乾燥試験の状況（左：天然乾燥の状況、右：重量計測の状況）

（3）乾燥試験の結果

原料木の重量変化は、表 4-7 に示したとおりです。スギ 2m材でおよそ 6～9%、広葉樹 2m材でおよそ 3～6%、スギ 50 ㎝材でおよそ 15～31%それぞれ重量が軽くなりました。

長材であるスギ 2m材は、減少率が 1 割未満でしたが、短材であるスギ 50 ㎝材の減少率は約 2～3 割で、短材の減少率の方が大きい結果になりました。

表 4-7　原料木の重量変化

（単位：kg）

		10月3日 ①	12月10日 ②	3月11日 ③	③－①	減少率 (%)
スギ2m材	スギ_№2	55.60	52.95	51.75	-3.85	6.9
	スギ_№3	44.30	40.75	40.40	-3.90	8.8
	スギ_№4	38.40	36.36	36.30	-2.10	5.5
	スギ_№6	66.20	62.40	61.60	-4.60	6.9
広葉樹2m材	広葉樹_№1	30.75	29.65	29.05	-1.70	5.5
	広葉樹_№7	105.35	103.10	101.75	-3.60	3.4
スギ50cm材	スギ_№8	10.55	9.00	7.30	-3.25	30.8
	スギ_№9	11.30	9.30	8.80	-2.50	22.1
	スギ_№10	9.40	8.25	7.90	-1.50	16
	スギ_№11	14.00	12.30	11.80	-2.20	15.7
	スギ_№12	11.60	10.25	9.90	-1.70	14.7

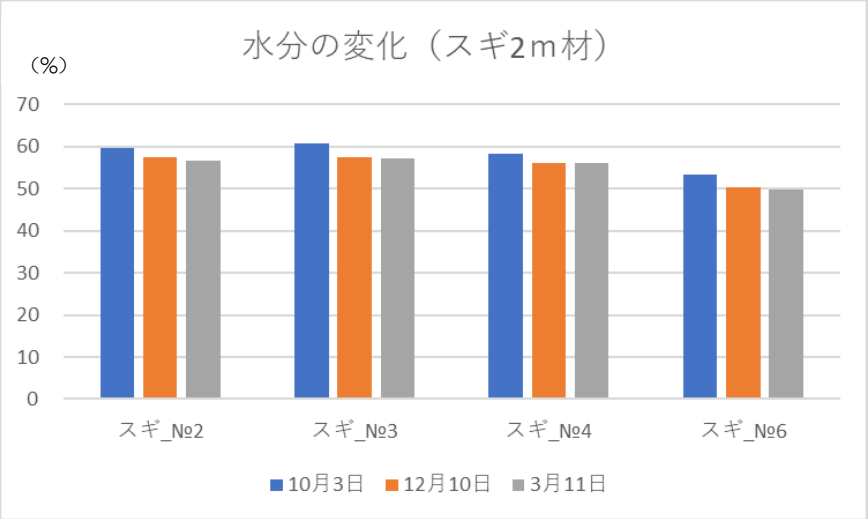
原料木の水分量の変化を図 4-11 に示しました。水分量は、それぞれの原料木の体積から絶乾重量（※）を算出し、その数値をもとに水分の割合の変化を算出しました。

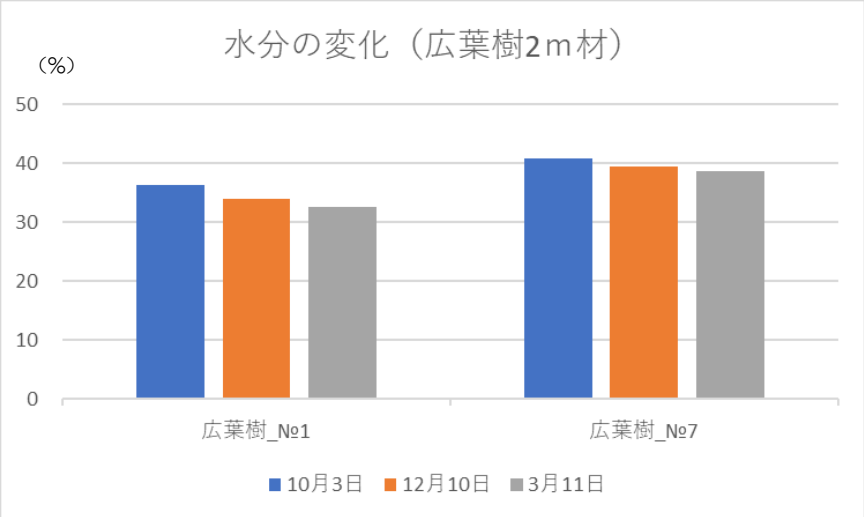
水分変化は、2m材で平均 58%だったものが 55%、広葉樹 2m材で平均 39%だったものが 36%、スギ 50 ㎝材で平均 61%だったものが 51%にそれぞれ減少しました。

最も水分変化が大きかったのは、スギ 50 ㎝材_№8 で、16%の水分が減少しましたが、全体的には 5 カ月経っても水分 50%台という結果でした。

このことから、10 月から 3 月までの 5 カ月間では十分な乾燥が進まないことが分かりました。

※絶乾重量の算出に用いた絶乾比重は、スギ 0.34、広葉樹_№1（ヤマザクラ）0.56、広葉樹_№7（ホオノキ）0.44 とした。





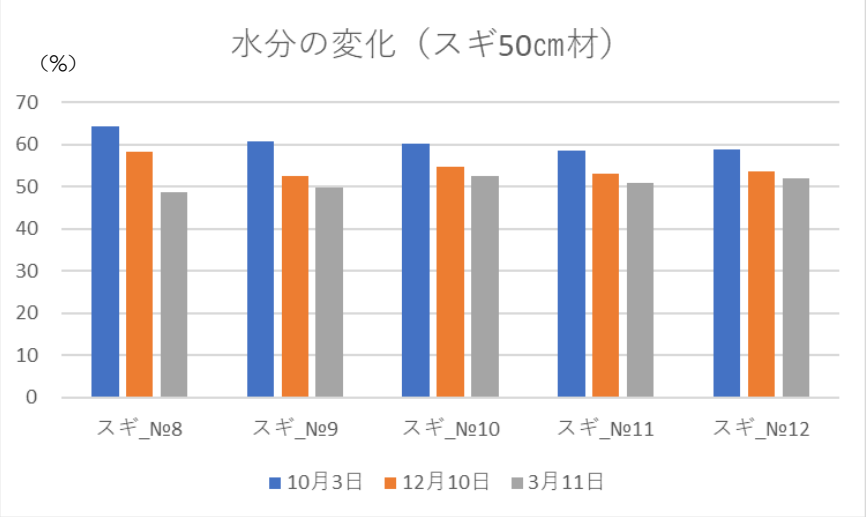


図 4-11　原料木の水分量変化

4.3. 川中（燃料製造）

4.3.1. 燃料製造場所

板取地域内において、燃料製造場所の検討を行いました。昨年度は、燃料製造場所の候補として板取川温泉に隣接した土地で検討しましたが、詳細な調査を進めていった結果、土地所有者が複数いるため、高額な借地料が発生するとともに、市の方針として、市有地を活用したいという意向から、別の場所（市有地）で検討を行いました。

その結果、燃料製造場所として、図 4-12 に示した**板取林業総合センター跡地**（黄色い線で囲まれた範囲）が候補になりました。

この場所を**（仮称）板取集積センターと位置づけ**、燃料製造を行う想定で、ストックヤード機能及び燃料製造機能のそれぞれについて検討を行いました。

図 4-12　板取林業総合センター跡地

4.3.2. ストックヤード機能

板取地域の森林から伐採した原木を保管しておく、ストックヤード機能に関する観点で検討を行いました。

（1）面積

板取林業総合センター跡地の土地面積は、0.175ha（1,751 ㎡）になります。

（2）整備に要する費用

ストックヤードの整備に要するイニシャルコストは、表 4-8 に示したとおりで、およそ 2,410 万円と試算しました。

単位：円

表 4-8 ストックヤードの整備におけるイニシャルコスト

機器名称	機器購入費	備考
トラックスケール	5,100,000	積雪仕様想定
グラップル（0.45 ㎥）	13,500,000	0.45 ㎥を想定
管理小屋	1,000,000	10 ㎡を想定
薪割倉庫	4,500,000	30 ㎡を想定
合計	**24,100,000**	

※現状は砂利敷きのため、原木保管に大きな問題はないと判断し舗装は含まないこととした。

図 4-13 （仮称）板取集積センターの地面状況

（3）機器等の配置案

（仮称）板取集積センター内の機器類等の配置案を、図 4-14 のとおり作成しました。

図 4-14　機器類配置案（薪製造を行う想定）

※この他に隣接する保育園跡地もストックヤードとして使用できる可能性がある。原木保管場所と薪製造所を分けるなど、用途によっての使い分けも考えられる。

4.3.3. 燃料製造コスト

（1）燃料製造パターンの整理

燃料製造については、図 4-15 に示したとおり、**新規で薪製造を行う場合**、**新規でチップ製造を行う場合**及び**チップ製造を委託する場合**の 3 パターンで検討を行いました。

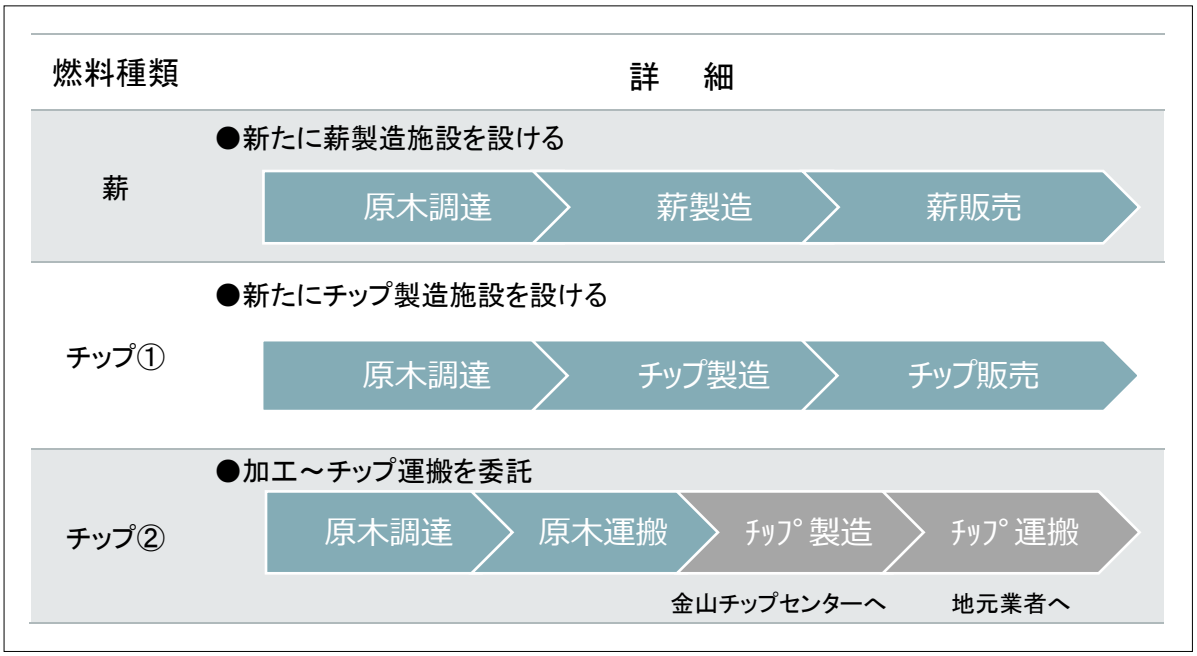


図 4-15　燃料製造手法検討パターン

（2）薪製造のイニシャルコスト

薪の製造設備を導入するのに必要なイニシャルコストは、表 4-9 のとおりで、およそ 965 万円と試算しました。

表 4-9　薪製造におけるイニシャルコスト

機器名称	単価	数量	金額
チェーンソー	100,000 円/台	2 台	200,000 円
薪割機	1,500,000 円/台	1 台	1,500,000 円
薪ラック	20,000 円/台	35 台	700,000 円
フォークリフト	1,600,000 円/台	2 台	3,200,000 円
2ｔトラック	4,000,000 円/台	1 台	4,000,000 円
ハンドリフト	50,000 円	1 台	50,000 円
合計			**9,650,000 円**

（3）新規チップ製造のイニシャルコスト

新規にチップの製造設備を導入するのに必要なイニシャルコストは、表 4-10 のとおりで、およそ 3,980 万円と試算しました。

表 4-10　新規チップ製造におけるイニシャルコスト

機器名称	単価	数量	金額
チッパー・トラクタ	20,000,000 円/台	1 台	20,000,000 円
ホイールローダー	12,000,000 円/台	1 台	12,000,000 円
ダンプ	4,000,000 円/台	1 台	4,000,000 円
チップサイロ・工事費	3,800,000 円/台	1 式	3,800,000 円
合計			**39,800,000 円**

（4）チップ製造委託のイニシャルコスト

新たにチップ製造工場を設置することなく、既にあるチップ工場（下呂市にある株式会社金山チップセンター）に原木を搬入して、チップ製造を委託で実施する場合のイニシャルコストは表 4-11 のとおりになります。

板取地域の原木をチップセンターに運搬するトラック調達費用として、およそ 700 万円と試算しました。

表 4-11　チップ加工委託におけるイニシャルコスト

機器名称	単価	数量	金額
4ｔトラック	7,000,000 円/台	1 台	7,000,000 円
合計			7,000,000 円

（5）ランニングコスト試算の前提条件

木質ボイラー導入後のランニングコスト試算を行うに当たって、前提条件を整理しました。試算の前提条件は、表 4-12 のとおりです。

ランニングコストの試算においては、減価償却費は含まない試算としました。また、その他の経費として、ヤードの除雪が必要になることが考えられることから、除雪委託費を計上しました。

表 4-12　試算の前提条件（薪・チップ共通）

薪比重	1.0	t /㎥	水分 50%、地域内取引数値
温泉営業日数	318	日	
1 日の木質燃料消費量	**1.7**	**生 t /日**	水分 50%
原木買取単価	7,000	円/ t	
重機等の燃料単価	110	円/ L	
除雪委託費	600,000	円/年	

【薪製造の前提条件】

新たに薪製造施設を整備する場合、コストの試算前提条件は、表 4-13 のとおりです。

表 4-13　薪製造におけるランニングコスト試算前提条件

薪製造能力	3	㎥/人日	原木材積換算
薪製造量（最大）	1,200	生 t /年	3 t /日×200 日/年×2 名
	857	t /年	乾燥薪
必要作業人工	158	人日/年	原木材積÷製造能力
必要稼働日数	89	日/年	2 名作業の場合
作業員日当	8,000	円/人日	
必要ラック数	35	台	2 週間分、1 ラック 1 ㎥の場合

【チップ製造の前提条件】

新たにチップ製造施設を整備する場合、コストの試算前提条件は、表 4-14 のとおりです。

表 4-14　新規チップ製造におけるランニングコスト試算前提条件

チップ比重	0.42	t /㎥	水分 50%
チップ製造能力	40	㎥/h	
チップ製造量（最大）	12,096	生 t/年	1 日 6 h 、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	78	h/年	稼働率 60%、チップ製造歩留り 0.9
必要稼働日数	13	日/年	6 時間稼働
作業員日当	15,000	円/人日	
1 日当たりチップ製造量	129	㎥/日	
チップ製造量	292	t	水分 30%、ボイラー出力 300 k W
	409	t	水分 50%
	1,636	層積㎥	409 t ÷かさ密度 0.25 t /㎥
チップ運搬回数	1,091	回/年	1,636 ㎥÷2 t ダンプ 1.5 ㎥

【チップ製造委託の前提条件】

チップ製造の工程のうち、チップ加工及びチップ運搬を外部に委託する場合、コストの試算前提条件は、表 4-15 のとおりです。

表 4-15　チップ製造委託におけるランニングコスト試算前提条件

チップ製造量	292	t	W.B.30%　ボイラ出力 300 k W
	409	t	水分 50%
	1,636	層積㎥	409 t ÷かさ密度 0.25 t /㎥
チップ加工委託費	2,200	円/生 t	
チップ運搬委託費	20,000	円/車	
チップ積載量	9.0	t /車	
チップ運搬回数	33	回	292 t ÷9 t
原木運搬回数	49	日	292 t ÷3 t ÷2 回
原木運搬日給	15,000	円/人日	
原木運搬燃料費	2,420	円/日	

（6）薪製造のランニングコスト

薪製造におけるランニングコストを整理しました。ランニングコストは、表 4-16 のとおりで、年間およそ 589 万円と試算しました。

また、薪の製造コストは、**1 t 当たり 17,408 円（17.4 円/kg）**でした（減価償却は含めない）。

表 4-16　薪製造におけるランニングコスト

薪製造量①	946	㎥	原木材積換算
	473	t	水分 50%
	338	**t**	水分 30% ボイラ出力 340 k W
減価償却費	0	千円/年	
原材料費②	3,311	千円/年	7 千円/ t ×473 t
維持管理費③	483	千円/年	機械購入費の 5%
人件費④	1,264	千円/年	
燃料費⑤	226	千円/年	機械燃料費
除雪委託費⑥	600	千円/年	
コスト合計⑦	5,884	千円/年	②+③+④+⑤+⑥
薪生産コスト（水分 30%）	**17,408**	**円/ t**	⑦÷①

燃料製造は、製造量を多くすることで単価を下げることが可能なため、薪製造量を増加させた場合のコストの推移について図 4-16 に示しました。

重油価格 70 円/L の時、これに相当する薪の単価は 18 円/kg です。施設側ではこの価格以下で薪燃料を調達できれば、重油ではなく薪を使用するメリットがあるということになります。燃料供給を行う事業者においては、重油燃料の市場単価を考慮することも重要な視点になります。

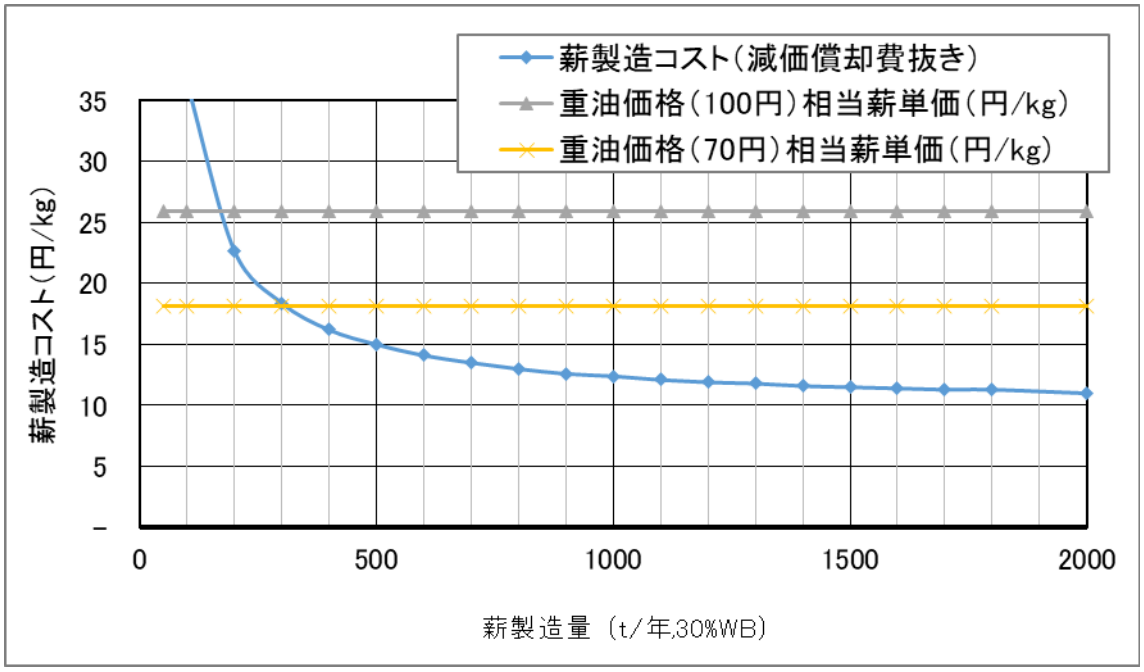


図 4-16　製造量とコストの推移（薪）

（7）新規チップ製造のランニングコスト

新規にチップの製造施設を整備する場合のランニングコストを整理しました。ランニングコストは、表 4-17 のとおりで、年間およそ 631 万円と試算しました。

また、チップの製造コストは、**1 t 当たり 21,613 円（21.6 円/kg）**でした（減価償却は含めない）。

表 4-17　チップ製造におけるランニングコスト

チップ製造量①	292	t	水分 30%
減価償却費	0	千円/年	
原材料費②	2,863	千円/年	
維持管理費③	1,990	千円/年	機器購入費の 5%
人件費④	195	千円/年	
燃料費⑤	663	千円/年	機械燃料費
除雪委託費⑥	600	千円/年	
コスト合計⑦	6,311	千円/年	②+③+④+⑤+⑥
チップ生産コスト（水分 30%）	21,613	円/ t	⑦÷①

チップ製造においても、製造量が多い方がコストを下げることが可能なため、チップ製造量を増加させた場合のコストの推移について図 4-17 に示しました。

重油価格 70 円/L の時、これに相当するチップ単価は 18 円/kgです。施設側ではこの価格以下でチップ燃料を調達できれば、重油ではなくチップを使用するメリットがあるということになります。燃料供給を行う事業者においては、重油燃料の市場単価を考慮することも重要な視点になります。

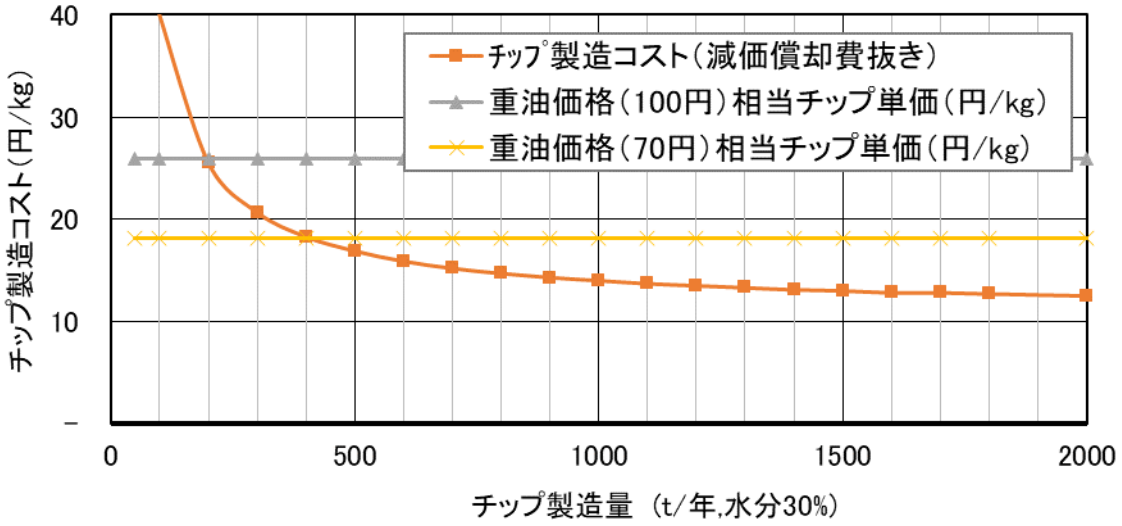


図 4-17　製造量とコストの推移（チップを自ら製造）

（8）チップ製造委託のランニングコスト

チップ製造の工程のうち、チップ加工及びチップ運搬を委託する場合のコストを整理しました。ランニングコストは、表 4-18 のとおりで、年間およそ 623 万円と試算しました。

また、チップの調達コストは、**1 t 当たり 21,322 円（21.3 円/kg）**でした（減価償却は含めない）。

表 4-18　チップ製造委託におけるランニングコスト

チップ製造量①	292	t	水分 30%
減価償却費	0	千円/年	
原材料費②	2,862	千円/年	
維持管理費③	350	千円/年	機器購入費の 5%
人件費④	735	千円/年	原木運搬人件費
燃料費⑤	119	千円/年	機械燃料費
除雪委託費⑥	600	千円/年	
チップ製造委託費⑦	900	千円/年	2,200 円/ t ×409 t
チップ運搬委託費⑧	660	千円/年	20,000 円/車×33 車
コスト合計⑨	6,226	千円/年	②+③+④+⑤+⑥+⑦+⑧
チップ生産コスト（水分 30%）	21,322	円/ t	⑨÷①

次にチップ製造量を増加させた場合のコストの推移を図 4-18 に示しました。重油価格 70 円/L の時、これに相当するチップの単価は 18 円/kgですが、製造委託を行う場合は、調達量を増やしてもコストは大幅に下がらないということになります。

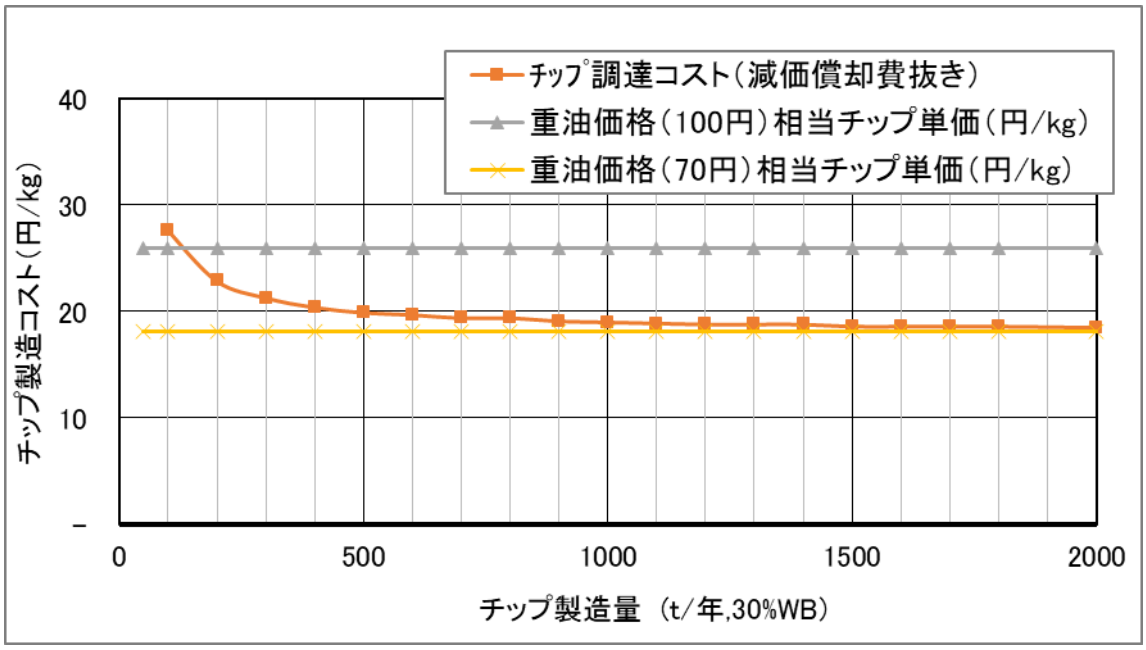


図 4-18　調達量とコストの推移（チップ製造委託）

（9）燃料製造のまとめ

燃料製造に関して 3 つのパターンでコスト試算を行った結果を表 4-19 に示しました。イニシャルコストが最も安くなるのはチップ製造委託を行う場合の 700 万円でした。

また、ランニングコストが最も安くなるのは、薪製造を行う場合の 588 万円でした。

いずれのパターンも水分 30%の燃料を活用する試算の結果ですが、最も低コストで燃料調達できるのは薪製造を行う場合の 17.4 円/kg となりました。

表 4-19　燃料製造に関する検討結果のまとめ

	薪製造	チップ製造	チップ製造委託
イニシャルコスト	965 万円	3,980 万円	700 万円
ランニングコスト	588 万円	631 万円	623 万円
燃料調達コスト	17.4 円/kg	21.6 円/kg	21.3 円/kg

※燃料は水分 30%を想定

4.4. 川下（エネルギー利用）

4.4.1. エネルギー利用施設

エネルギー利用施設として、板取川温泉バーデェハウス（以降、「板取川温泉」という。）を候補として検討を行いました。また、別の施設での利用先候補として、神明温泉湯元すぎ嶋についても検討を行いました。

なお、板取川温泉については、実際の木質ボイラー導入を想定した設計も行いました。

（1）板取川温泉の施設概要

板取川温泉の概要について表 4-20 に示しました。平成 6 年に開業した板取地域内の温泉施設であり、年間 9 万人の利用者が訪れています。近隣にキャンプ場やバンガローがあるため夏期の利用者が多いのが特徴です。

図 4-19　板取川温泉

表 4-20　板取川温泉の施設概要

施設名称	板取川温泉　バーデェハウス
住所	関市板取 4175-9
営業時間	10:00～21:00（12～3 月は 20:00 まで） 休館日：水曜日、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
施設形態	日帰り温泉入浴施設
年間利用者数	9 万 5 千人（H26～H29 平均）
施設沿革	平成 6 年営業開始、平成 9 年露天風呂新設

ボイラー設備は、内湯用ボイラーが 2 台、露天風呂用ボイラーが 2 台設置されており、いずれも A 重油を燃料として使用しています。施設は 25 年ほど経過しているため、設備は一部老朽化しているものの、現在使用しているボイラーは一度更新を行っています。

図 4-20　ボイラーの外観（左：内湯用ボイラー、右：露天風呂用ボイラー）

表 4-21　板取川温泉の設備概要

既存ボイラー及び用途	①　349ｋW×2 台、蓄熱タンク　3ｔ×1 台【内湯加温、給湯】 ②　558ｋW×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】
年間燃料使用量	約 186,000L（平成 24 年～平成 28 年平均）
浴槽容量	内湯 21 ㎥、露天風呂 32 ㎥
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

4.4.2. エネルギー利用状況

（1）化石燃料使用量

板取川温泉における年間のＡ重油使用量について、平成 27 年度から平成 29 年度までの月別年間使用量を表 4-22 に示しました。使用量は、３ヶ年を平均すると年間およそ 18 万Ｌになります。

表 4-22　Ａ重油使用量

単位：L

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	計
H27	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	-	28,000	-	28,000	14,000	14,000	28,000	182,000
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	182,000
H29	28,000	14,000	14,000	-	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	28,000	14,000	14,000	182,000
平均	**18,667**	**14,000**	**14,000**	**14,000**	**14,000**	**14,000**	**18,667**	**14,000**	**18,667**	**18,667**	**18,667**	**18,667**	**182,000**

（2）月別入湯者数

板取川温泉の月別入湯者数は、表 4-23 に示したとおりです。平成 26 年から平成 29 年までの４年間の年間入湯者数の平均は約 95,000 人でした。

月別の特徴としては、夏期に入湯者が多く、冬期が少ない傾向があります。これは、付近にキャンプ場が多くあることから、夏期のキャンプ場利用者による温泉利用が多いためです。

表 4-23　入湯者数

単位：人口

	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29
4月	7,954	6,925	7,379	6,984	7,024	5,696	5,391	6,850	5,587
5月	13,209	12,162	9,796	9,363	9,440	9,392	10,194	11,247	9,699
6月	11,123	8,698	7,988	8,569	8,676	8,560	7,746	11,101	8,399
7月	11,961	11,997	12,623	11,630	11,753	9,537	9,722	14,319	11,818
8月	24,171	23,249	21,262	21,889	22,376	17,510	20,484	22,207	18,854
9月	14,718	11,430	9,138	11,022	9,757	9,927	10,581	9,816	8,155
10月	8,975	8,179	7,931	7,634	6,529	5,576	7,888	8,654	6,070
11月	8,152	7,524	6,917	7,141	6,276	6,859	7,782	7,210	5,806
12月	4,287	4,233	4,117	3,684	4,014	2,522	4,195	3,575	2,948
1月	5,692	4,889	6,186	5,223	5,435	3,332	5,495	4,342	4,135
2月	4,999	4,622	4,215	4,103	3,619	2,980	4,238	3,403	3,090
3月	6,397	5,540	5,576	5,603	4,720	3,118	5,291	4,580	4,452
合計	**121,638**	**109,448**	**103,128**	**102,845**	**99,619**	**85,009**	**99,007**	**107,304**	**89,013**

4.4.3. 熱需要シミュレーション

（1）試算前提条件

熱需要シミュレーション試算の前提条件を表 4-24 及び表 4-25 に示しました。導入するボイラーの出力規模は、昨年度 300ｋW を想定して試算を行いましたが、今年度はメーカーと現場確認及び協議を重ねた結果、薪ボイラーは 340ｋW、チップボイラーは 300ｋW としました。

また、既設重油ボイラー4 台のうち、内湯用に設置してある 2 基を撤去し、露天風呂用の重油ボイラー2 台をバックアップとして稼働させる想定としました。

イニシャルコストは、建屋・配管工事費を含めた概算見積もりをメーカーより取得し、この金額をもってイニシャルコストとしました。

重油価格は、直近の単価変動に合わせて 85 円/Ｌとして試算を行いました（昨年度は 72 円/Ｌで試算）。

表 4-24 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	湯漏れ想定分を除外※
ボイラー導入補助率	50	%	導入半額補助を想定
減価償却年数	13	年	ボイラー耐用年数
固定資産税	公共施設のため除外。計算する場合は 1.4%で試算。		
維持管理費	2	%	対設備費
ばい煙測定費	100,000	円/年	
イニシャルコスト	メーカー見積もりによる		
ボイラー導入規模	薪 340ｋW、準乾燥チップ 300ｋW		

※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程度と試算される。しかし、現在温泉では年間 18 万Ｌ程度のＡ重油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と考えられる。施設ヒアリングでは、配管老朽化によりお湯漏れが生じており、1 時間当たり 10 分程度は浴槽への温水補給を行っているとのことであった。これを考慮し、「本来温泉で必要な量」はＡ重油 12 万Ｌ分として試算を行った（昨年度報告書に掲載済み）。

表 4-25　燃料の仕様及びボイラー効率条件

	A重油	薪	準乾燥チップ	
発熱量	2,022	3,071	3,071	kcal/L・kg
	37.1	12.9	12.9	MJ/L・kg
前提の水分	–	30	30	%
燃料単価	85	17.4	21.3	円/ L ・kg
ボイラー効率	85	80	90	%

（2）熱負荷パターン

板取川温泉における熱需要シミュレーションを行いました。熱需要は、運用パターン（湯交換の有無）及び 1 日の利用者数（平日・土日祝）によって分けたのち、季節別（夏期、冬期）も考慮して全 6 パターンでそれぞれ 1 日の需要変動グラフを作成しました。

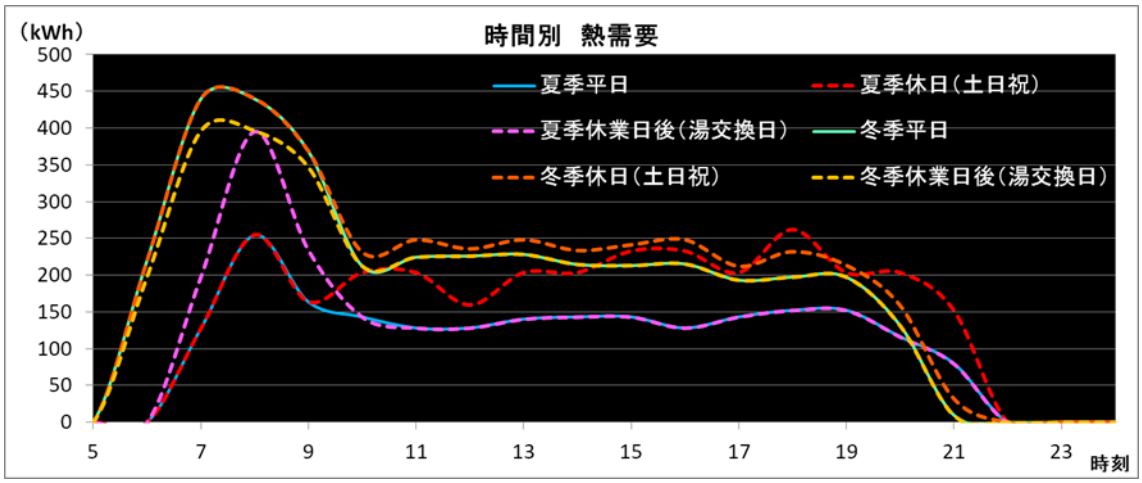


図 4-21　季節別時間別の熱需要

板取川温泉の熱需要の特徴としては、以下の点が挙げられます。

- **最も需要が大きい時間帯は、冬季の朝方になります（400～450ｋW）**

  ⇒平日に温泉の「昇温」を行う時間帯。冬期は、前日の営業終了時から朝までの時間で湯が冷えてしまうため、朝の昇温に必要な熱需要が大きくなります。湯張りを行う場合は 32℃の源泉を昇温しますが、源泉よりも温度が低下するため、湯張りを行う土日祝よりも需要のピークは高くなっています。

- **冬期日中は、概ね 200～250ｋWで推移しています。**
- **夏期日中は、平日は 150ｋW、土日祝は 150～250ｋWまで幅があります。**

  ⇒夏期では、平日と比べ土日・祝日の利用者が多くなります。そのため、平日の需要と土日・祝日の需要では、後者の方が相対的に多くなります。時間帯別では、夕方から夜にかけて利用者が増える傾向にあり、シャワー等の給湯需要により需要が高くなります。

4.4.4. 薪ボイラー導入の事業性試算

（1）イニシャルコスト

薪ボイラー（170ｋWのボイラー2 基）を設置した場合のイニシャルコストを試算しました。薪ボイラーのイニシャルコストは、建屋設置工事を含めておよそ 6,200 万円でした。また、ボイラー1ｋW当たりの導入事業費は、およそ 18 万円になりました。

機器設備としては、ボイラーのほかに蓄熱槽（10ｔ）、熱交換機、膨張タンク、電気制御盤等を設置します。

建屋設備としては、ボイラー建屋（45 ㎡）と薪ラックを保管する建屋（屋根のみ、壁なし、17 ㎡）のそれぞれを建設することを想定しています。

また、薪ボイラー建屋は、既存機械室に近い場所に設置するものとし、新設するボイラーから既存の露天風呂地下の重油ボイラーまで接続する熱供給配管は、往復 100m程度を想定しました。

表 4-26 薪ボイラー導入におけるイニシャルコスト（概算工事費）

項目	金額	単位	備考
建築工事費	10,000	千円	ボイラー室 45 ㎡、ラック置き場 17 ㎡
機械設備工事費	44,194	千円	
ボイラー機器費	17,294	千円	ボイラー、煙突等（据付調整費含）
その他機器費	14,650	千円	蓄熱槽 10ｔ、ポンプ 5 基、その他
配管・保温工事費	12,250	千円	既存機械室との距離 100m
電気設備工事費	200	千円	
直接工事費	54,394	千円	税抜
間接工事費	7,789	千円	税抜
合計工事費	**62,183**	**千円**	**税抜**
導入規模	**340ｋW**		**170ｋW×2 基**
ｋW単価	183 千円/ｋW		合計工事費÷導入規模
既設撤去・改修工事費	1,000	千円	内湯ボイラー2 基撤去想定

（2）ランニングコスト

薪ボイラー導入時のランニングコストについて検討を行いました。試算の結果を表4-27 に示しました。

340ｋWの薪ボイラーを導入した場合、温泉の熱需要の 96%を薪で代替することになり、年間 980 万円の重油代が削減されます。ランニングコストがこの削減額以下であれば、年間収支がプラスとなるため、薪ボイラー導入のメリットがあります。

ランニングコストの内訳について、「減価償却費」は、イニシャルコストに半額補助がある場合はイニシャルコストの残り半額をボイラー耐用年数（13 年）で償却する場合の費用であり、全額補助がある場合はゼロとなります。その他の費用では、「バイオマス調達費」として**年間に必要な薪燃料 338 t** 分の購入費、ボイラー等設備の「維持管理費」及び「ばい煙測定費」等の費用が発生します。

このほか、現状では薪ボイラーへの薪を投入する作業は、温泉スタッフにより行うと想定し、「人件費」なしとしています。薪ボイラーは、自動運転を行うチップボイラーと異なり、朝の着火作業や、2～3 時間おきに薪ボイラーへ薪を投入する等の作業が発生します。ただし、作業時間自体は短いため、薪ボイラーの運転人員を新たに雇用する必要はなく、受付や掃除などの施設管理と並行して、薪ボイラーの運転を行っている施設が多くあります。

以上の経費について、薪製造にかかるコスト 17.4 円/kgを温泉での燃料購入単価として試算を行ったのち、ボイラー導入時に補助金を活用することも想定し、イニシャルコストの負担を半額とした場合（1/2 補助あり）と、負担がなく資本費を検討しない場合で、ランニングコストを比較しました。

表 4-27　薪ボイラー導入ランニングコスト及び投資回収年数

薪調達コスト	17.4 円/kgのとき

			1/2補助あり	資本費検討なし
ボイラー導入規模		kW	340kW	340kW
化石燃料代替率		%	96%	96%
バイオマス燃料消費量		t/年	338	338
化石燃料使用量		L/年	4,701	4,701
【費用】				
資本費	減価償却費	千円/年	2,392	0
	固定資産税（平均）	千円/年	31	0
ランニングコスト	燃料調達費	千円/年	5,881	5,881
	人件費	千円/年	0	0
	維持管理費	千円/年	621	621
	ばい煙測定費	千円/年	100	100
費用合計①		**千円/年**	**9,025**	**6,602**
【削減額】				
ランニングコスト	化石燃料削減量	L/年	115,299	115,299
	化石燃料削減額	千円/年	9,800	9,800
削減額合計②		**千円/年**	**9,800**	**9,800**

年間収支②－①	**千円/年**	**775**	**3,198**

バイオマス燃料採算分岐点	円/kg	19.8	26.9

投資回収年数	年	9.7	-

試算の結果、イニシャルコストに半額補助がある場合の**年間収支はおよそ 78 万円のプラス**で、**投資回収年数は 9.7 年**でした。

一方、資本費を考慮しない場合は、**年間収支がおよそ 320 万円のプラス**になるという結果でした。バイオマス燃料の採算分岐点は 26.9 円/kgであり、資本費を負担しない場合は、薪を 26.9 円/kg以下で調達できれば、温泉側で木質ボイラーを導入するメリットがあるということになります。

4.4.5. 準乾燥チップボイラー導入の事業性試算

（1）イニシャルコスト

準乾燥チップボイラー（150ｋWのボイラー2 基）を設置した場合のイニシャルコストを試算しました。準乾燥チップボイラーのイニシャルコストは、建屋設置工事を含めておよそ 8,000 万円でした。また、ボイラー1ｋW当たりの導入事業費は、およそ 27 万円になりました。

機器設備としては、ボイラーのほかに蓄熱槽（10ｔ）、熱交換機、膨張タンク、電気制御盤等を設置します。

建屋設備としては、地下式のチップサイロを含めた建屋（120 ㎡）を建設することを想定しています。

また、チップボイラー建屋は、既存機械室に近い場所に設置するものとし、新設するボイラーから既存の露天風呂地下の重油ボイラーまで接続する熱供給配管は、往復 100m程度を想定しました。

表 4-28 準乾燥チップボイラー導入におけるイニシャルコスト（概算工事費）

項目	金額	単位	備考
建築工事費	16,000	千円	ボイラー室 59.4 ㎡、サイロ 60 ㎡
機械設備工事費	52,539	千円	
ボイラー機器費	25,179	千円	ボイラー、煙突等（据付調整費含）
その他機器費	14,610	千円	蓄熱槽 10ｔ、ポンプ 5 基、その他
配管・保温工事費	12,750	千円	既存機械室との距離 100m
電気設備工事費	1,700	千円	
直接工事費	70,239	千円	税抜
間接工事費	10,173	千円	税抜
合計工事費	**80,412**	**千円**	**税抜**
導入規模	**300ｋW**		**150ｋW×2 基**
ｋW単価	268 千円/ｋW		合計工事費÷導入規模
既設撤去・改修工事費	1,000	千円	内湯ボイラー2 基撤去想定

（2）ランニングコスト

準乾燥チップボイラー導入時のランニングコストについて検討を行いました。試算の結果を表 4-29 に示しました。

300ｋWの準乾燥チップボイラーを導入した場合、温泉の熱需要の 94%をチップで代替することとなり、年間 960 万円の化石燃料代が削減されます。ランニングコストがこの削減以下であれば、年間収支がプラスとなるため、チップボイラー導入のメリットがあります。

ランニングコストの内訳は、薪ボイラーと同様の考え方となります。チップボイラーは薪ボイラーよりも効率が良い試算条件としているため、**年間に必要な燃料は 292 t** と薪ボイラーよりも消費量は少なくなります。

以上の経費について、チップ製造委託にかかるコスト 21.3 円/kgを、温泉での燃料購入単価として試算を行ったのち、ボイラー導入時に補助金を活用することも想定し、イニシャルコストの負担を半額とした場合（1/2 補助あり）と、負担がなく資本費を検討しない場合で、ランニングコストを比較しました。

表 4-29　チップボイラー導入ランニングコスト及び投資回収年数

チップ調達コスト	21.3 円/kgのとき

			1/2補助あり	資本費検討なし
ボイラー導入規模		kW	300kW	300kW
化石燃料代替率		%	94%	94%
バイオマス燃料消費量		t/年	292	292
化石燃料使用量		L/年	6,913	6,913
【費用】				
資本費	減価償却費	千円/年	3,093	0
	固定資産税（平均）	千円/年	40	0
ランニングコスト	燃料調達費	千円/年	6,220	6,220
	人件費	千円/年	0	0
	維持管理費	千円/年	746	746
	ばい煙測定費	千円/年	100	100
費用合計①		**千円/年**	**10,199**	**7,066**
【削減額】				
ランニングコスト	化石燃料削減量	L/年	113,087	113,087
	化石燃料削減額	千円/年	9,612	9,612
削減額合計②		**千円/年**	**9,612**	**9,612**

年間収支②－①	**千円/年**	**-587**	**2,546**

バイオマス燃料採算分岐点	円/kg	19.4	30.0

投資回収年数	年	15.8	-

試算の結果、イニシャルコストに半額補助がある場合の**年間収支はマイナス 59 万円**でした。

一方、資本費を考慮しない場合は、**年間収支がおよそ 255 万円のプラス**になるという結果でした。バイオマス燃料の採算分岐点は 30.0 円/kgであり、温泉が資本費を負担しない場合は、チップを 30.0 円/kg以下で調達できれば、温泉側で木質ボイラーを導入するメリットがあるということになります。

【事業性試算結果のまとめ】

板取川温泉に薪ボイラー又は準乾燥チップボイラーを導入することを想定し、事業性試算を行った結果を整理しました。

➢ **採算分岐点**

燃料製造コスト及びボイラー利用側での採算分岐点を表 4-30 及び表 4-31 に整理しました。事業化の際には、これらをどの組み合わせで行うかが重要なポイントになります。

表 4-30　ボイラー採算分岐点

	減価償却費負担	ボイラー採算分岐点
薪ボイラー利用	1/2	19.8 円/kg
	なし	26.9 円/kg
チップボイラー利用	1/2	19.4 円/kg
	なし	30.0 円/kg

※燃料は水分 30%を想定

表 4-31　燃料製造コスト比較（板取川温泉での必要量）

	減価償却費負担	製造量	製造コスト
薪新規製造	1/2	338 t	20.3 円/kg
	なし		17.4 円/kg
チップ新規製造	1/2	292 t	33.8 円/kg
	なし		21.6 円/kg
チップ製造委託	1/2		24.3 円/kg
	なし		21.3 円/kg

※燃料は水分 30%を想定

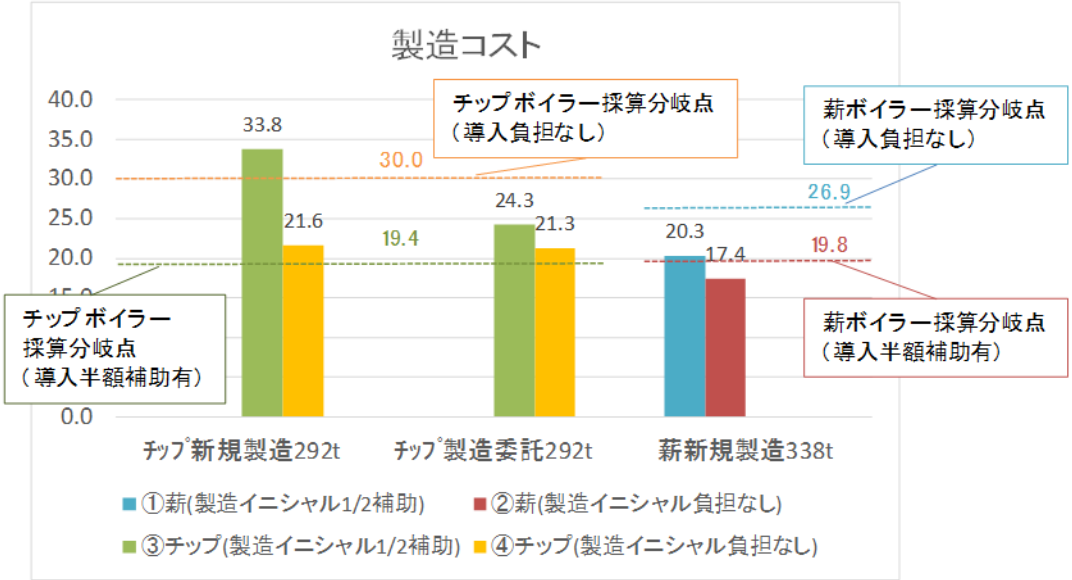


図 4-22　燃料製造コスト（棒グラフ）とボイラー採算分岐点（点線）

- **イニシャルコスト**

イニシャルコストは、薪ボイラーがおよそ 6,200 万円、準乾燥チップボイラーがおよそ 8,000 万円という試算結果になりました。

- **ランニングコスト：減価償却費を含まない場合の結果**

減価償却費を含まないランニングコストの年間収支は、薪ボイラーでおよそ 320 万円、チップボイラーでおよそ 255 万円の黒字になるという試算結果になりました。

- **ランニングコスト：減価償却費（半額補助あり）を含む場合の結果**

イニシャルコストに半額補助がある場合で、減価償却費を含む場合のランニングコストの年間収支は、薪ボイラーでおよそ 78 万円の黒字、チップボイラーでおよそ 59 万円の赤字になるという試算結果になりました。

チップボイラーで黒字にするためには、チップ製造コストを温泉側のチップ燃料採算分岐点である 19.4 円/kg未満に抑える必要があります。そのためには、「燃料製造コストに減価償却費と除雪委託費を含めずコストを抑える」、又は「減価償却費の負担なしで、かつ 400 t 以上を製造する」ことが対策として考えられます。

4.4.6. 設置場所の検討

木質ボイラーを設置する場所の検討を行いました。木質ボイラーの設置場所は、図 4-23 の赤枠に示した露天風呂に隣接する場所を候補地としました。

図 4-23　木質ボイラー設置場所

図 4-24　建屋設置候補地

4.4.7. 配置等設計図面

（1）建屋の配置

木質ボイラー（チップボイラー）を設置する場合の建屋配置及び配管ルートを図 4-25 に示しました。既存の露天風呂建屋と、木質ボイラー設置候補地の間には道路があるため、この部分の熱供給配管は地下にU字溝で埋設する等が必要となります。

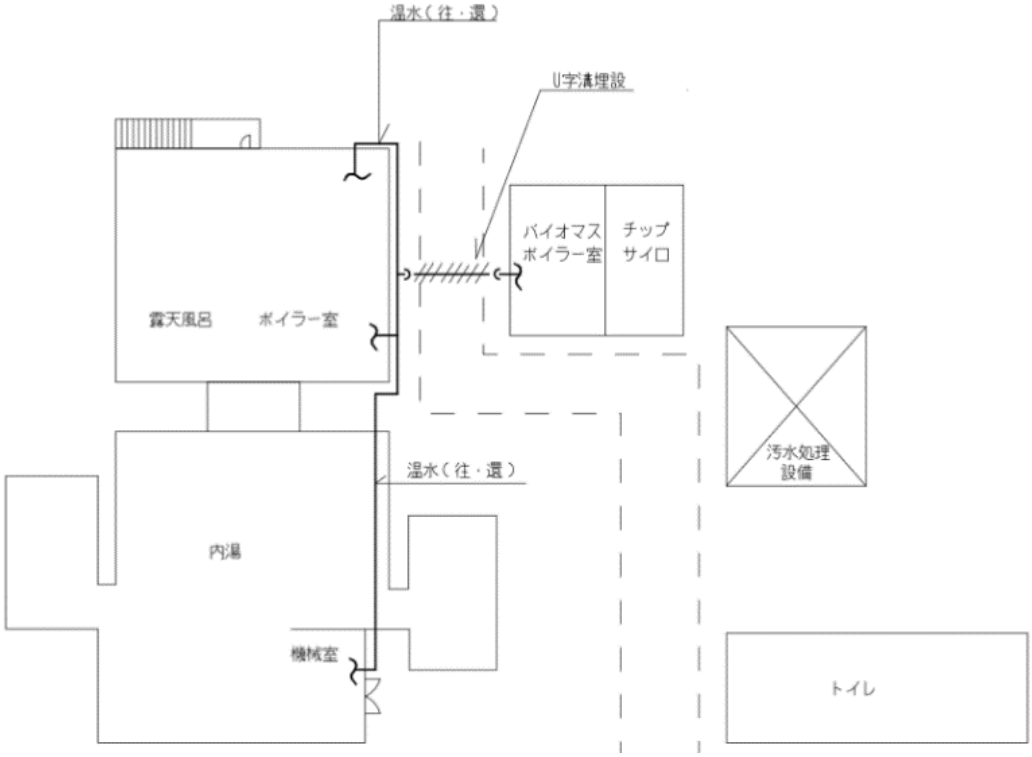


図 4-25　建屋配置及び配管ルート案

図 4-26　露天建屋とボイラー室設置候補地間の道路

（2）薪ボイラー設備配置

薪ボイラーの設備について、建屋内の配置案を図 4-27 に示しました。設備としては、薪ボイラー2 台、熱交換機 1 台、蓄熱タンク 1 台、その他必要な付帯設備になります。

薪ラックの保管場所は、屋根を設けておくことで雨や雪を防ぐことができますが、必要に応じて壁を取り付けることも考えられます。

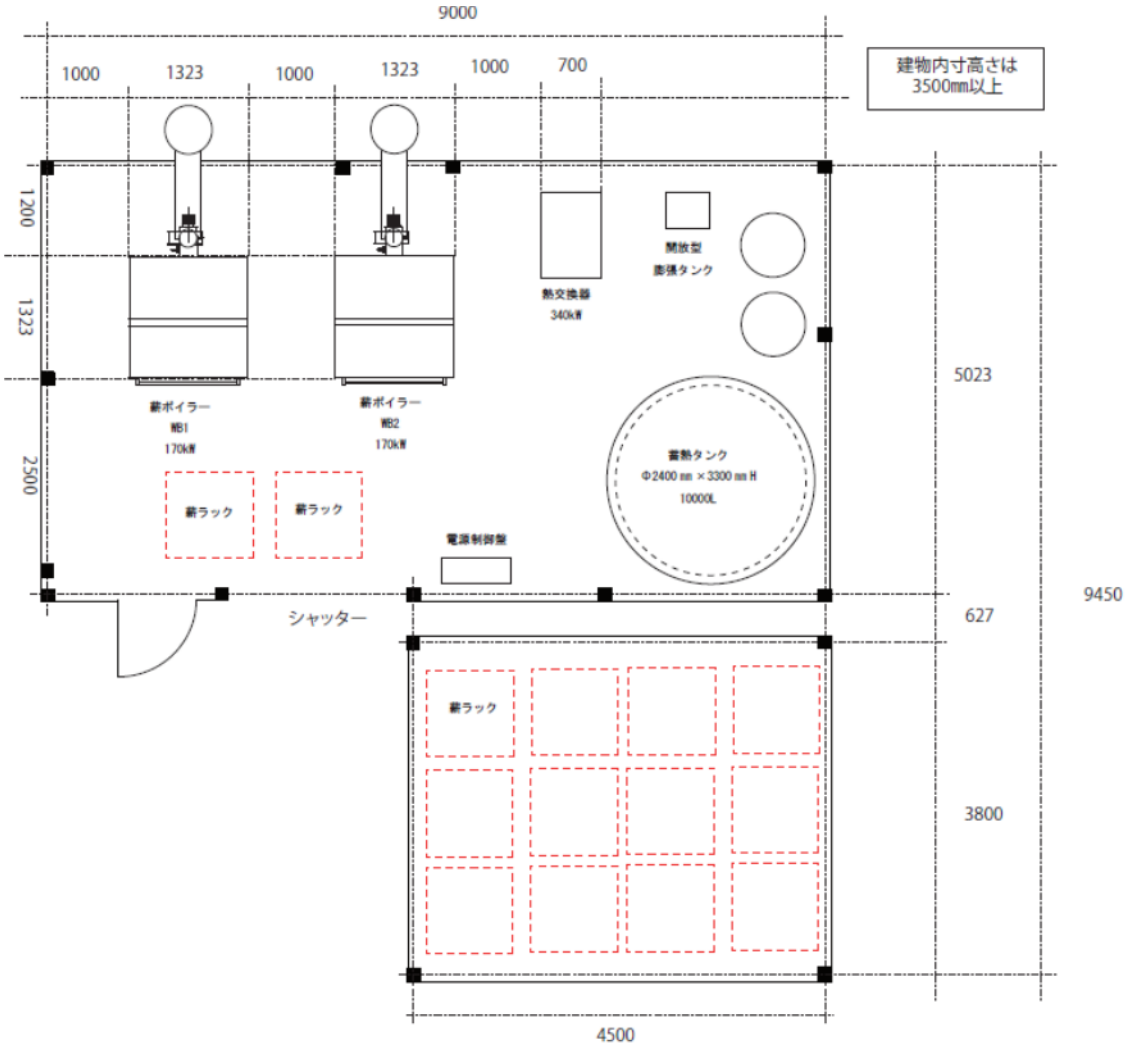


図 4-27　薪ボイラー設備配置案

（3）チップボイラー設備配置

チップボイラーの設備について、建屋内の配置案を図 4-28 に示しました。設備としては、チップボイラー2 台、熱交換機 1 台、蓄熱タンク 1 台、チップサイロ、その他必要な付帯設備、さらにチップサイロを設置します。これらの設備は、チップの供給を簡易にする観点から、地下に設置することが適切と考えられます。

サイロを地下式にしておくことで、燃料を運搬するダンプからサイロへの投入が効率的に行うことができます。サイロとチップボイラーなどの設備と床位置は同じ高さにしておき、サイロから 15 度程度の勾配を付けてチップボイラーへスクリューでチップを供給する仕組みです。

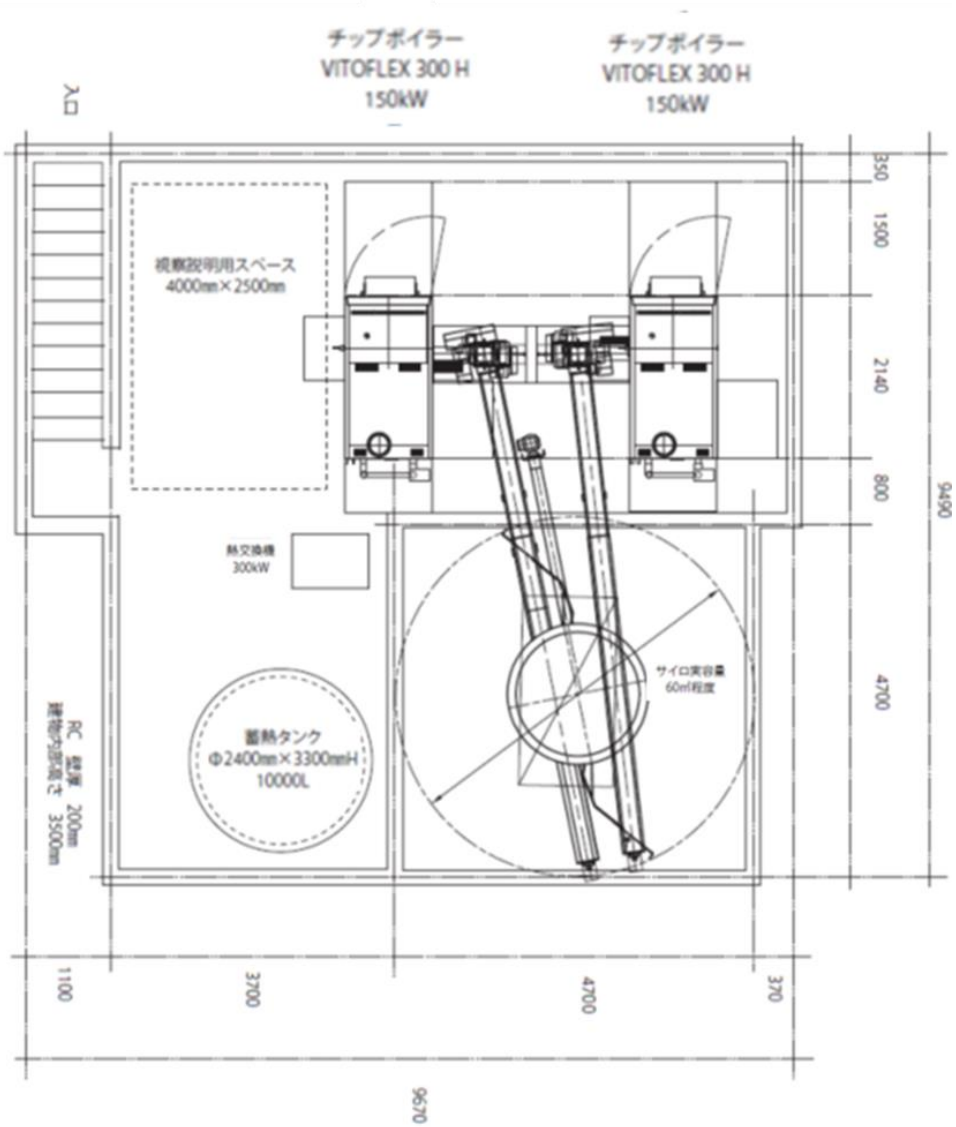


図 4-28　チップボイラー設備配置案

4.4.8. システムフローの検討

（1）現状の設備フロー

熱供給のフローについて検討を行いました。現状の設備フローについて整理したものを図 4-29 及び図 4-31 に示しました。内湯、露天風呂は、それぞれの系統で熱供給を行っています。

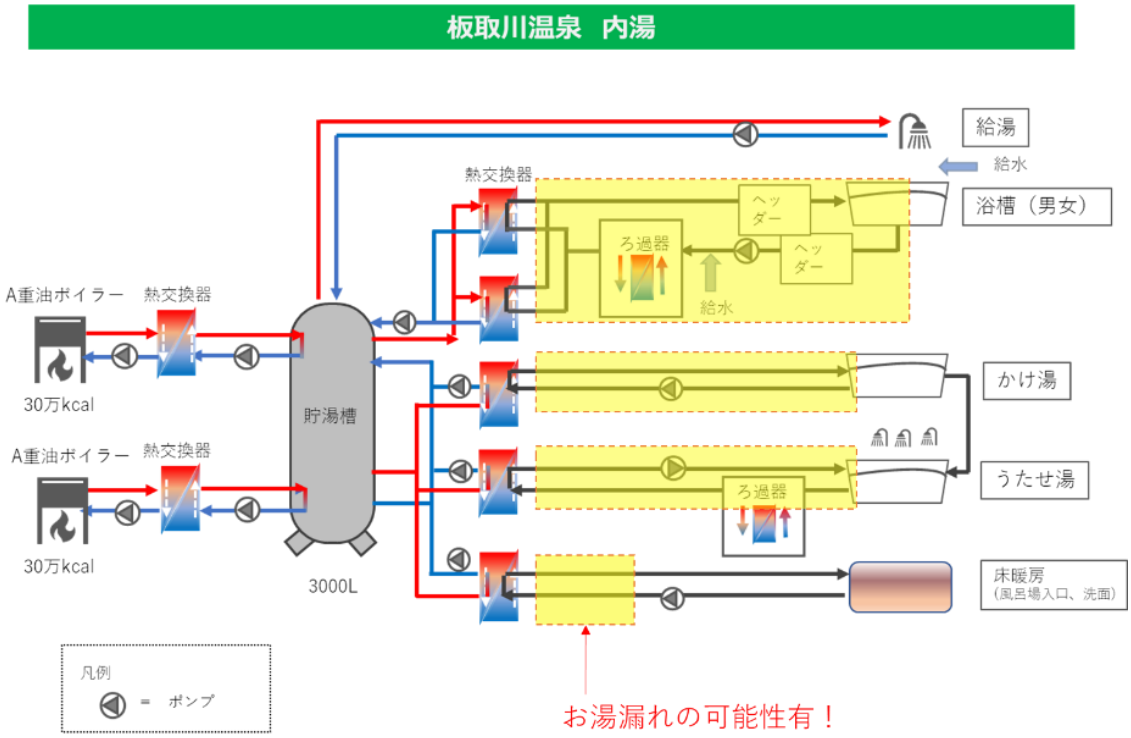


図 4-29　現状の設備フロー（内湯）

内湯のシステムでは、配管からお湯が漏れている状況が確認されました。施設の定休日などに配管の状況確認を行い、対応について検討する必要があります。

図 4-30　お湯漏れ箇所の写真

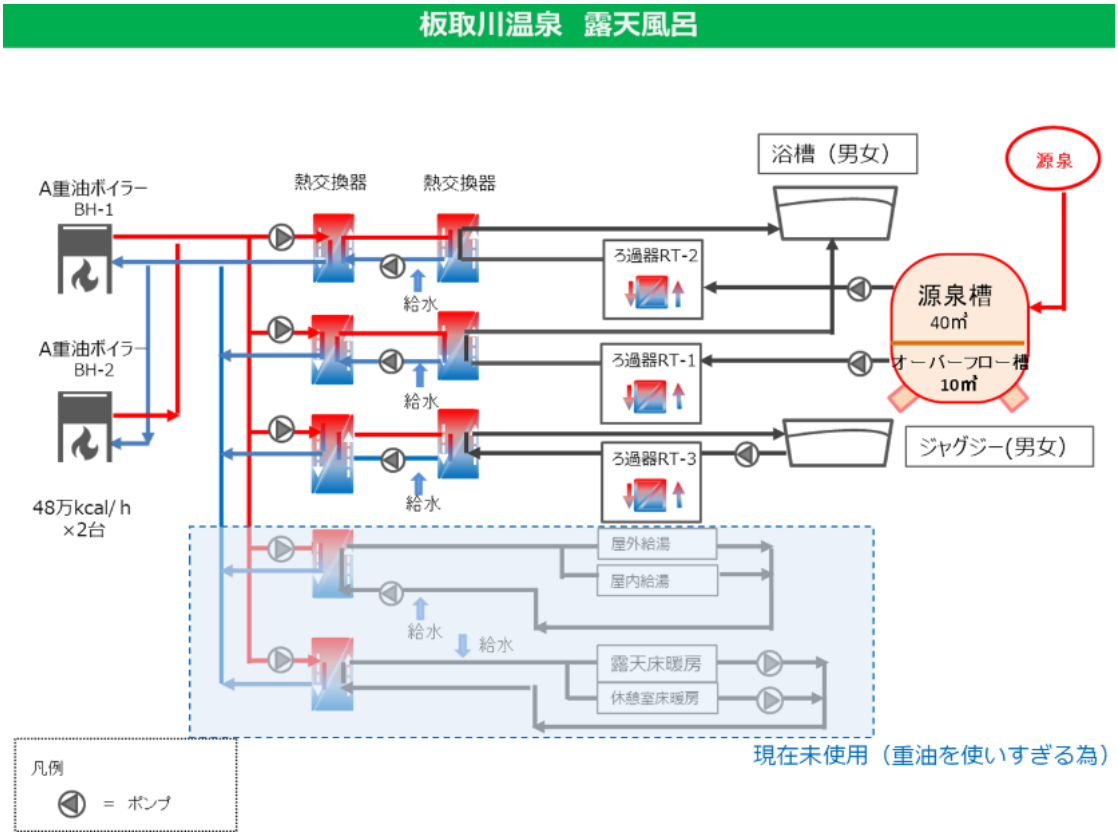


図 4-31　現状の設備フロー（露天）

露天風呂用のボイラー2 台は、直接配管で接続されお湯のやり取りを行っている状態（ヘッダー方式）になっています。また、ボイラーから浴槽までの間に熱交換機が二重に取り付けられているため、2 台あるボイラーのうち、1 台だけを取り外すことができない構造です。木質ボイラー導入時には、配管接続及び既存設備の改修も同時に検討する必要があります。

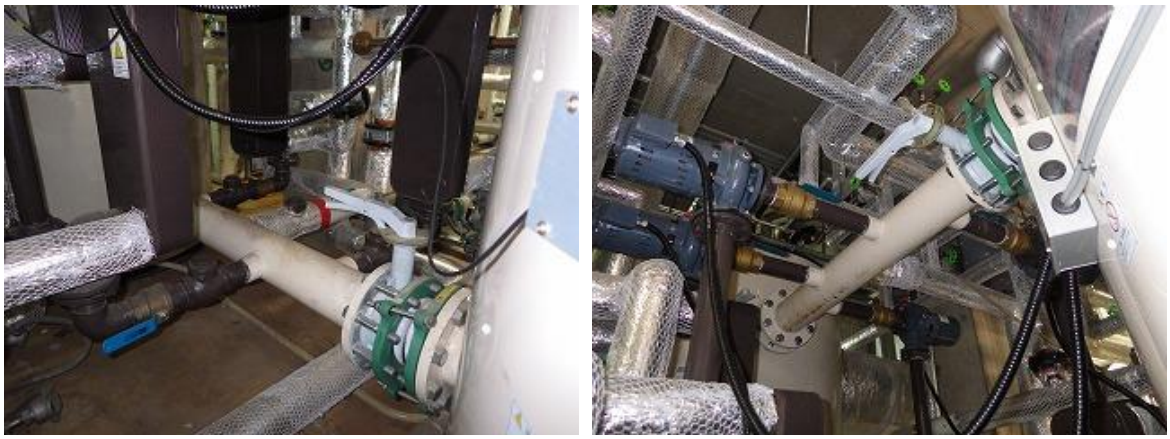


図 4-32　ヘッダー部分（左：下部ヘッダー、右：上部ヘッダー）

（2）木質ボイラーを設置した場合の熱供給フロー

木質ボイラーから既存システムへの熱供給フローについて、図 4-33 に示しました。熱供給の方法は様々な案が考えられますが、本案では、以下の考え方に基づいてフローを検討しました。

- **内湯・露天それぞれに重油ボイラー及び熱供給管が配備されているため、木質ボイラーからの熱供給配管は内湯・露天それぞれに接続する。**
- **ただし、内湯用のボイラーは撤去し、バックアップは露天風呂のボイラーを使用する。このため、木質ボイラーからの熱供給は、内湯では新設する熱交換機を介して既設の貯湯槽へ接続し、露天では新設する熱交換機を介して重油ボイラーのヘッダー部分へ新たな配管を接続する。**

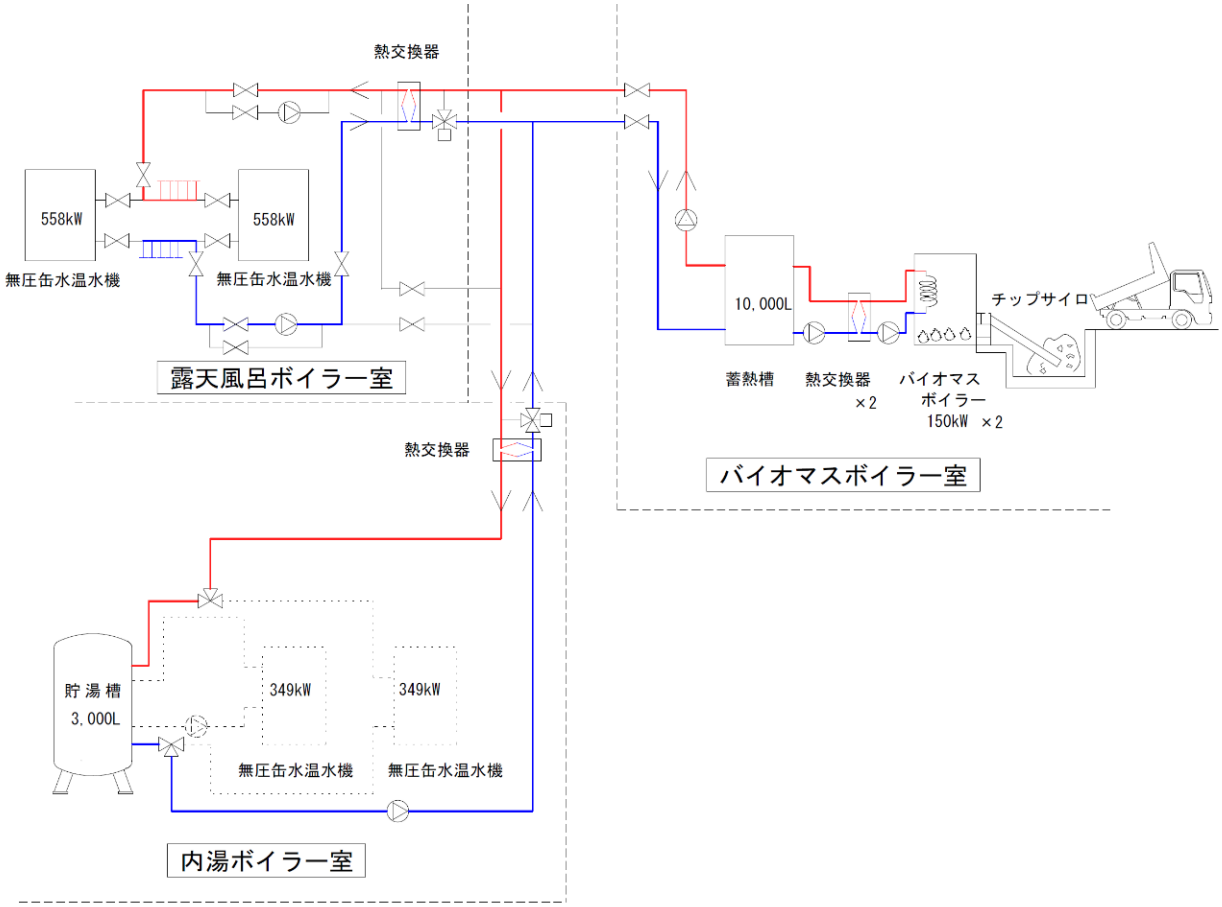


図 4-33　熱供給フロー図（通常時）

次にバックアップを行う場合の熱供給フローを図 4-34 に示しました。木質ボイラーからの熱供給が不足した場合、バックアップ時は露天用の重油ボイラーから露天・内湯の両方への熱供給を行います。この間、木質ボイラーシステムにおいては、貯湯槽の温度が上昇するまでボイラーの熱を貯湯槽へ送り続け、十分に蓄熱ができた段階で再度バイオマスへ切り替えるというシステムになります。

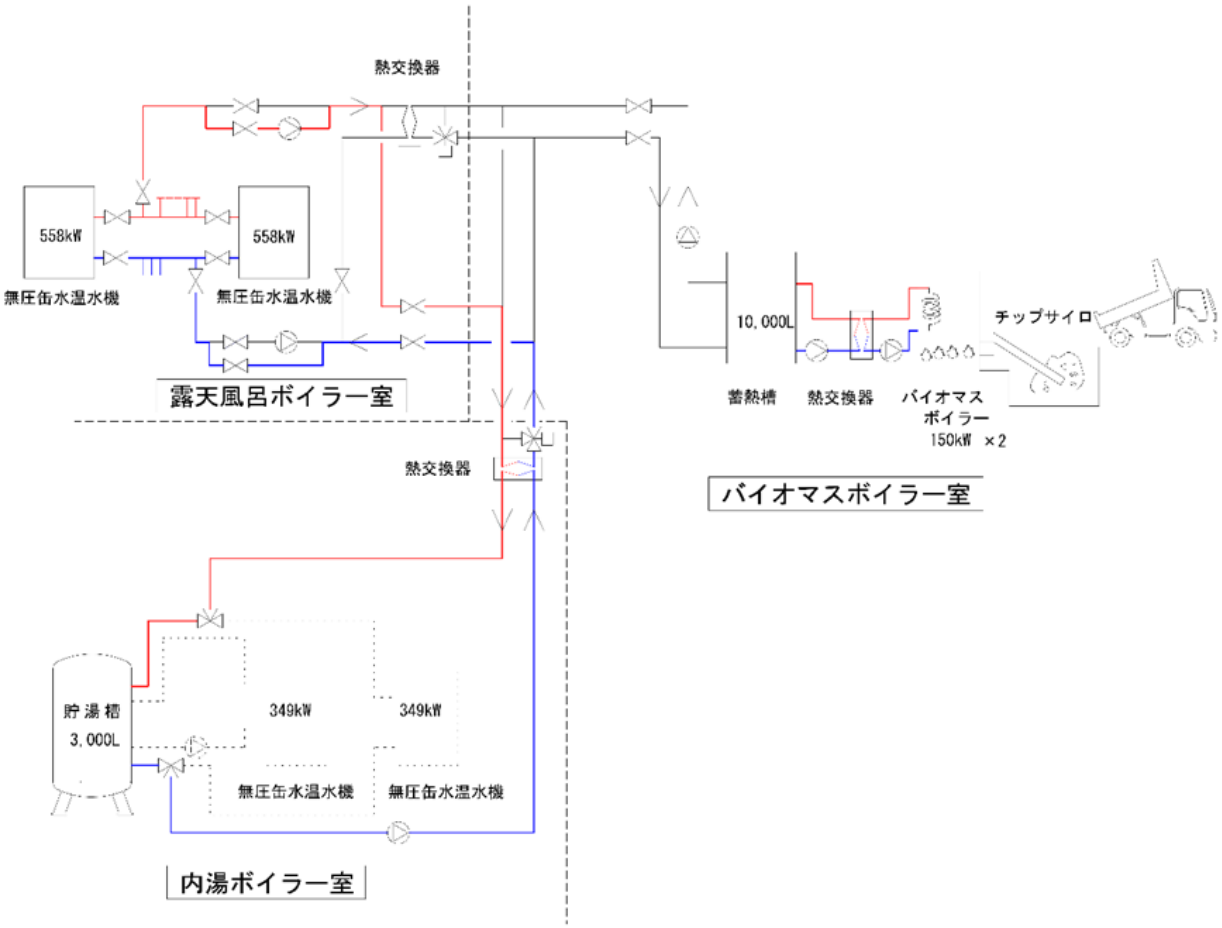


図 4-34　熱供給フロー図（バックアップ時）

4.4.9. その他の熱需要施設

板取地域にある民間の宿泊温泉施設**「神明温泉 湯元 すぎ嶋（以降、「すぎ嶋」という。）」**を候補として、木質ボイラー導入についての検討を行いました。

（1）施設概要

すぎ嶋の概要について表 4-32 に示しました。当施設は板取地域の北部に位置する民間の温泉宿泊施設で、「日本秘湯を守る会」にも所属しています。利用者の約 9 割が宿泊客となります。

図 4-35 神明温泉 湯元すぎ嶋

表 4-32 施設概要

施設名称	神明温泉 湯元すぎ嶋
住所	関市板取 4838
営業時間	日帰り 11:00～15:00 宿泊 チェックイン 15:00～チェックアウト 10:00
施設形態	宿泊温泉入浴施設

ボイラー設備としては、平成 29 年から新たに導入したガスボイラー2 台をメインで使用しています。また、それ以前から活用している灯油ボイラーも設置しており、バックアップとして活用しています。

図 4-36　ボイラー外観（左：ガスボイラー、右：灯油ボイラー）

表 4-33　設備概要

化石燃料使用量・金額	LPG　約 44,000 ㎥（実績に基づく、一部想定を含む） 単価：225 円～330 円/㎥（過去実績に基づく）
既存ボイラー仕様・用途	233 k W×3 台（LPG 焚き 2 台、灯油焚き 1 台）
浴槽容量	内湯：合計 9.6 ㎥ 露天：合計 4.0 ㎥ 貸切露天：合計 3.0 ㎥
浴槽温度	内湯：夏期 41℃、冬期 42℃ 露天：夏期 41℃、冬期 41℃
源泉温度	32℃
上水温度	15℃（給湯利用）
その他	利用は LPG ボイラーが主で、灯油ボイラーはほとんど使用しない。

（2）試算前提条件

試算の前提条件を表 4-34 及び表 4-35 に示しました。ボイラー導入補助率については、民間の場合、1/3 であることが多いため、33%として試算を行いました。

表 4-34　燃料の仕様及び想定ボイラー効率

燃料種類	ＬＰＧ	薪	準乾燥チップ	
発熱量	102.6	12.8	12.8	MJ/㎥・kg
前提の水分	–	30	30	%
燃料単価	330	17.0	18.5	円/㎥・kg
ボイラー効率	86	80	90	%

表 4-35　導入シミュレーション前提条件

年間燃料消費量	44,000	㎥/年	一部想定
ボイラー導入補助率	33	%	民間向け補助想定
減価償却年数	13	年	ボイラー耐用年数
固定資産税	1.4	%	
維持管理費	2	%	対設備費
ばい煙測定費	100,000	円/年	

イニシャルコストは、設備規模を決定したうえで、板取川温泉の導入費用概算等を参考に算出しました。

（3）熱利用状況

すぎ嶋における熱需要シミュレーションを行いました。熱需要は、運用パターン（湯交換の有無）によって（※）に分けたのち、季節別（夏期、冬期）も考慮して全 6 パターンでそれぞれ 1 日の時間別熱需要を図 4-37 のとおり作成しました。

※時間別・時期別熱需要パターンを、宿泊客の朝風呂使用後に湯抜きする定休日（水曜・湯抜き日）、朝の時間帯に湯張りする定休日翌日（木曜・湯張り日）、それ以外の日（通常・昇温日）の 3 パターンに分類した。

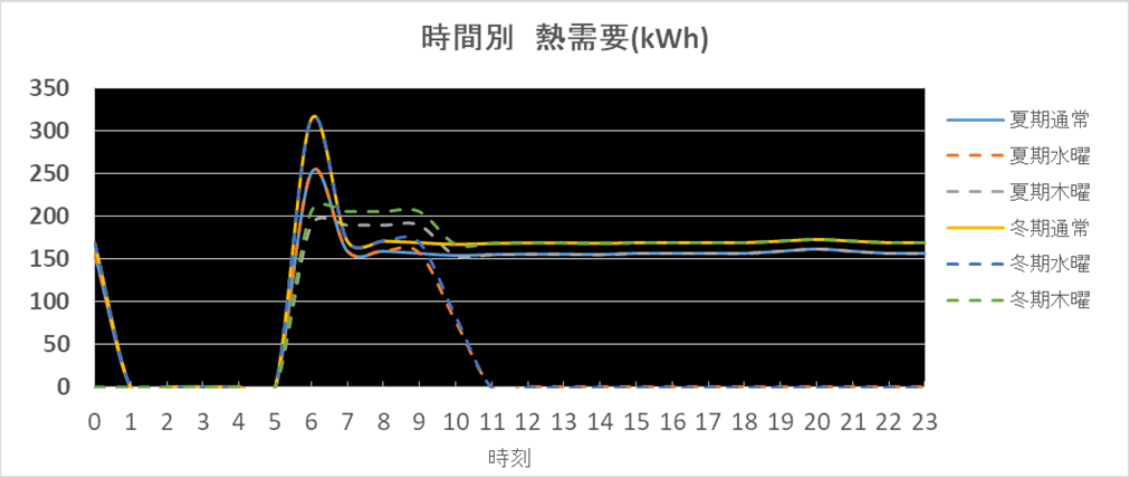


図 4-37　時間別熱需要

すぎ嶋の熱需要の特徴としては、以下の点が挙げられます。

- **最も需要が大きい時間帯は、冬期・通常（昇温日）の朝方になります（300ｋW前後）。**

  ⇒朝に温泉の昇温を行うための需要が大きくなります。夜半から朝にかけての浴槽温度低下（夏期で最大 5℃、冬期で最大 7℃）を、朝の短時間で加温すると想定したためです。「冬期・木曜日（湯張り日）」では、昇温日よりも温度差が大きくなります（源泉温度 32℃→浴槽 41～42℃）が数時間かけて加温すると想定しています。

- **日中は、夏期・冬期いずれもおおむね 150ｋW～200ｋWで推移します。**
- **水曜日は定休日のため、湯抜きをしており日中の需要がありません。**

（4）試算結果

薪ボイラー、準乾燥チップボイラー、生チップボイラーの 3 パターンに分けて、それぞれの設備を導入する場合のイニシャルコストとランニングコストを検討しました。

① 薪ボイラーを導入する場合

【イニシャルコスト】

薪ボイラーを導入する場合、イニシャルコストは建屋を含めておよそ 5,000 万円と考えられます。ボイラー1ｋW当たりの導入事業費は、29 万円となりました。

表 4-36　薪ボイラー規模及びイニシャルコスト

薪ボイラー出力	**170**	**ｋW**
薪ボイラー導入台数	1	台
薪ボイラーイニシャルコスト概算	5,000	万円
ｋW当たり単価	294,118	円/ｋW

【ランニングコスト】

薪ボイラー導入の試算結果について、表 4-37 に示しました。薪ボイラーの年間必要経費が、ＬＰＧ燃料削減額よりも少なければ、年間収支はプラスになります。したがって、ＬＰＧ単価を変動条件として、ＬＰＧ燃料削減額を試算し、年間収支をシミュレーションしました。

なお、薪ボイラー利用においては、薪投入作業が発生しますが、今回の試算では、薪投入に関する人件費は計上していません。現状のスタッフで対応することを想定しました。新たに雇用者を増やすなどの対応を行う場合は、支出コストが増加することにも留意が必要です。

表 4-37　薪ボイラー導入時の試算結果

LPG単価		**円/㎥**	**225**	**250**	**300**	**330**
バイオマス燃料消費量		t /年	255	255	255	255
化石燃料使用量		㎥/年	12,700	12,700	12,700	12,700
【費用】						
資本費	減価償却費	千円/年	2,564	2,564	2,564	2,564
	固定資産税（平均）	千円/年	700	700	700	700
ランニングコスト	バイオマス調達費	千円/年	4,443	4,443	4,443	4,443
	人件費	千円/年	0	0	0	0
	維持管理費	千円/年	1,000	1,000	1,000	1,000
	ばい煙測定費	千円/年	100	100	100	100
費用合計①		**千円/年**	**8,807**	**8,807**	**8,807**	**8,807**
【削減額】						
ランニングコスト	化石燃料削減量	㎥/年	29,634	29,634	29,634	29,634
	化石燃料削減額	千円/年	6,668	7,408	8,890	9,779
削減額合計②		**千円/年**	**6,668**	**7,408**	**8,890**	**9,779**
【まとめ】						
年間収支②－①		**千円/年**	**-2,140**	**-1,399**	**83**	**972**
バイオマス燃料採算分岐点※1		円/kg	9	11.9	17.7	21.2
年間収支（減価償却除く）③		千円/年	425	1,165	2,647	3,536
投資回収年数※2		千円/年	79	29	13	9

※1　バイオマス燃料採算分岐点：減価償却費をランニングコストに含む場合、ランニングコスト合計（費用）が削減額と同額となる（収支がプラスになる）バイオマス燃料単価

※2　投資回収年数：薪ボイラーのイニシャルコスト 5,000 万円÷③（減価償却費を除く年間収支）

試算の結果、**薪ボイラーの場合は LPG 単価が 300 円/㎥であれば、年間収支は 8 万円のプラスになり、13 年で投資回収が可能となりました。**ＬＰＧ単価が 300 円/㎥より低下した場合、投資回収年数は法定耐用年数 13 年を上回ることになります。バイオマス燃料採算分岐点は 17.7 円/kg となりました。

② 準乾燥チップボイラーを導入する場合

【イニシャルコスト】

準乾燥チップボイラーを導入する場合として、150ｋＷのボイラー1基を設置する想定で試算を行いました。イニシャルコストは建屋を含めておよそ6,000万円と考えられます。ボイラー1ｋＷ当たりの導入事業費は40万円となりました。

表 4-38　準乾燥チップボイラー規模及びイニシャルコスト

チップボイラー出力	**150**	**ｋＷ**
チップボイラー導入台数	1	台
チップボイラーイニシャルコスト概算	6,000	万円
ｋＷ当たり単価	400,000	円/ｋＷ

【ランニングコスト】

準乾燥チップボイラー導入の試算結果について、表 4-39に示しました。準乾燥チップボイラーの年間必要経費が、ＬＰＧ燃料削減額よりも少なければ、年間収支はプラスになります。したがって、ＬＰＧ単価を変動条件として、ＬＰＧ燃料削減額を試算し、年間収支をシミュレーションしました。

なお、チップボイラー利用においては、燃料供給を自動で行うため、人件費は計上していません。

表 4-39　準乾燥チップボイラー導入時の試算結果

LPG単価		**円/㎥**	**225**	**250**	**310**	**330**
バイオマス燃料消費量		t /年	289	289	289	289
化石燃料使用量		㎥/年	4,657	4,657	4,657	4,657
【費用】						
資本費	減価償却費	千円/年	3,077	3,077	3,077	3,077
	固定資産税（平均）	千円/年	840	840	840	840
ランニングコスト	バイオマス調達費	千円/年	6,147	6,147	6,147	6,147
	人件費	千円/年	0	0	0	0
	維持管理費	千円/年	1,200	1,200	1,200	1,200
	ばい煙測定費	千円/年	100	100	100	100
費用合計①		**千円/年**	**11,364**	**11,364**	**11,364**	**11,364**
【削減額】						
ランニングコスト	化石燃料削減量	㎥/年	37,677	37,677	37,677	37,677
	化石燃料削減額	千円/年	8,477	9,419	11,680	12,433
削減額合計②		**千円/年**	**8,477**	**9,419**	**11,680**	**12,433**
【まとめ】						
年間収支②－①		**千円/年**	**-2,886**	**-1,944**	**316**	**1,070**
バイオマス燃料採算分岐点※1		円/kg	11.3	14.6	22.4	25.0
年間収支（減価償却除く）③		千円/年	191	1,132	3,393	4,147
投資回収年数※2		千円/年	210	35	12	10

※1　バイオマス燃料採算分岐点：減価償却費をランニングコストに含む場合、ランニングコスト合計（費用）が削減額と同額となる（収支がプラスになる）バイオマス燃料単価

※2　投資回収年数：薪ボイラーのイニシャルコスト 6,000 万円÷③（減価償却費を除く年間収支）

試算の結果、**準乾燥チップボイラーの場合は LPG 単価が 310 円/㎥であれば、年間収支はおよそ 32 万円のプラスになり、12 年で投資回収が可能となりました。**バイオマス燃料採算分岐点は 22.4 円/kgとなりました。

（5）木質ボイラー設置場所の検討

木質ボイラー設備の設置場所について検討を行いました。既存機械室周辺で有望な選択肢を検討し、図 4-38 に示した 2 案に絞りました。既存建屋との距離をはじめ総合的に考慮して設置案①が最適であると考えられます。

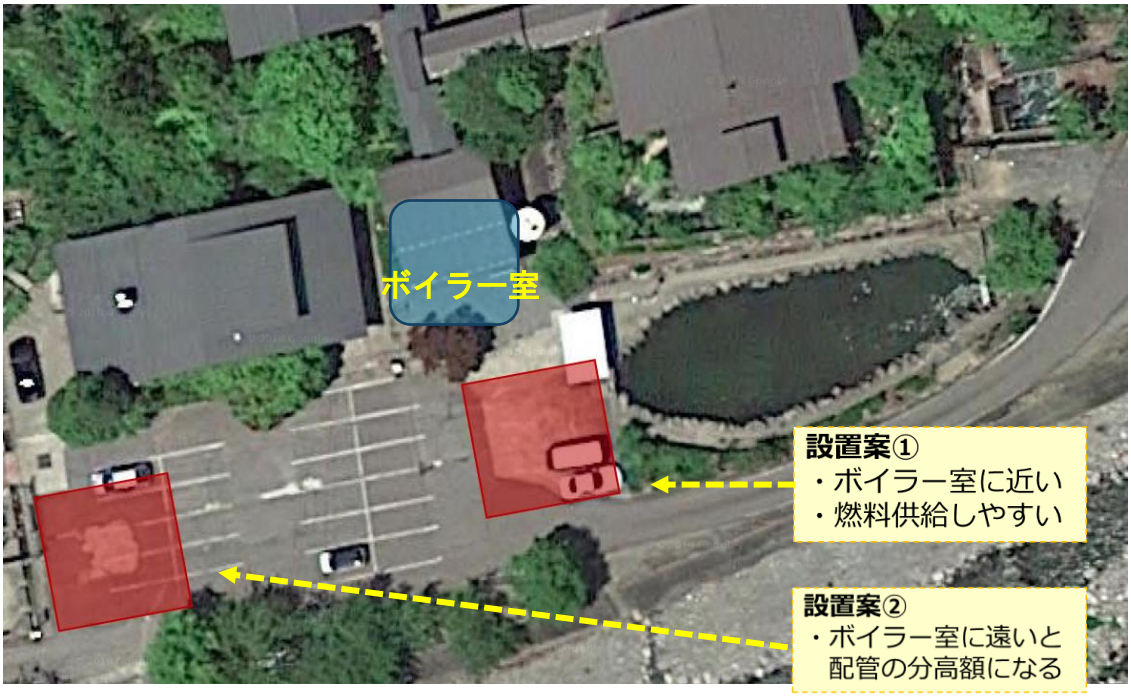


図 4-38　木質ボイラー設置場所の配置案

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ました。

5.1. 地域経済効果

現在、板取川温泉で使用している A 重油を木質バイオマスで代替した場合の地域内循環効果（LM3）を試算しました。

また、雇用創出効果についても検討を行いました。

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）

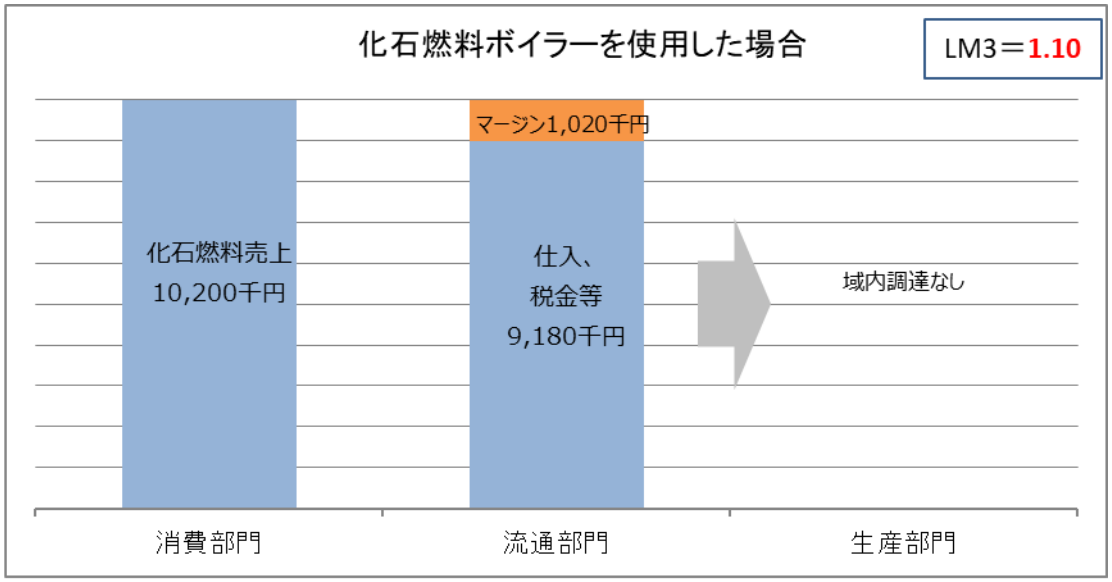
5.1.1.　　ＬＭ3 の算出

LM3 を試算しました。試算は、板取川温泉に薪ボイラー又はチップボイラーを導入することを想定したものです。燃料利用部門、燃料製造部門、生産（素材生産）部門の 3 部門での必要経費を、地域外から購入するものなのか、地域内で調達するものなのかに分け、総合的に見て地域内への還元度を表しました。

板取川温泉に薪ボイラーを導入し、地域内で薪を製造する仕組みをスタートした場合の **LM3 は 2.17** でした（図 5-1）。化石燃料ボイラーの場合は、地域内に循環するのはマージン分の 102 万円だけですが、薪ボイラーの場合は、消費部門で 659 万円、流通部門で 528 万円（マージン、人件費、原木仕入）、生産部門で 246 万円（人件費、立木仕入）が地域内で循環します。

一方、板取川温泉にチップボイラーを導入し、地域内の原木を活用して金山チップセンターに製造委託したチップを燃料として利用する場合の **LM3 は 2.03** でした（図 5-2）。この場合も化石燃料ボイラーの場合は、地域内に循環するのはマージン分の 102 万円だけですが、チップボイラーの場合は、消費部門で 628 万円、流通部門で 431 万円（マージン、人件費、原木仕入）、生産部門で 213 万円（人件費、立木仕入）が地域内で循環します。

チップボイラーと薪ボイラーの場合を比較すると、自前で薪を製造し、薪ボイラーを導入した場合のほうが、地域内循環効果が高くなることが分かりました。



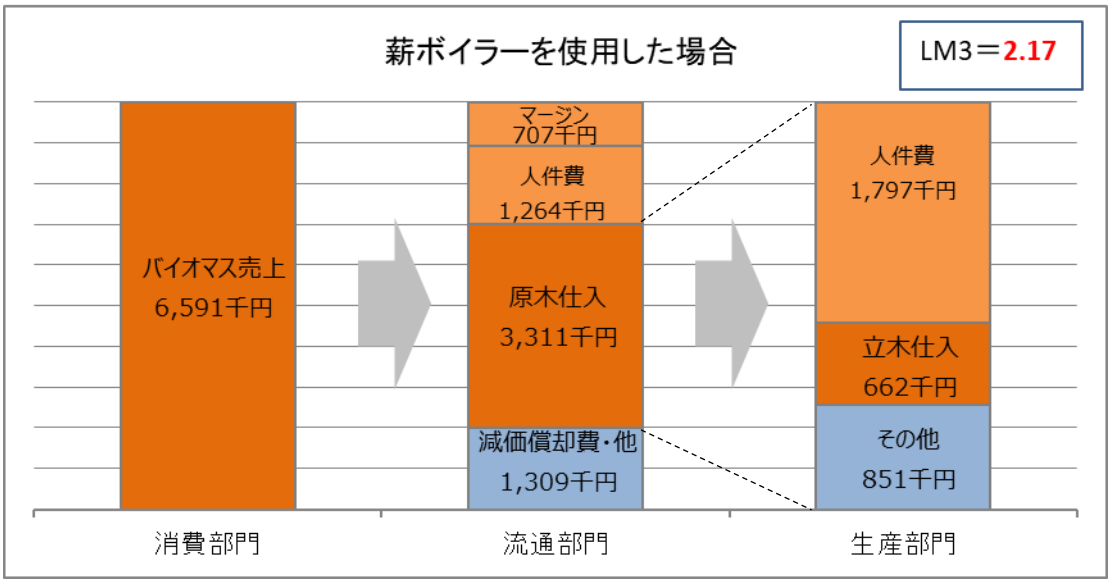


図 5-1　化石燃料と木質バイオマス（薪）による地域内循環効果（ＬＭ3）の比較

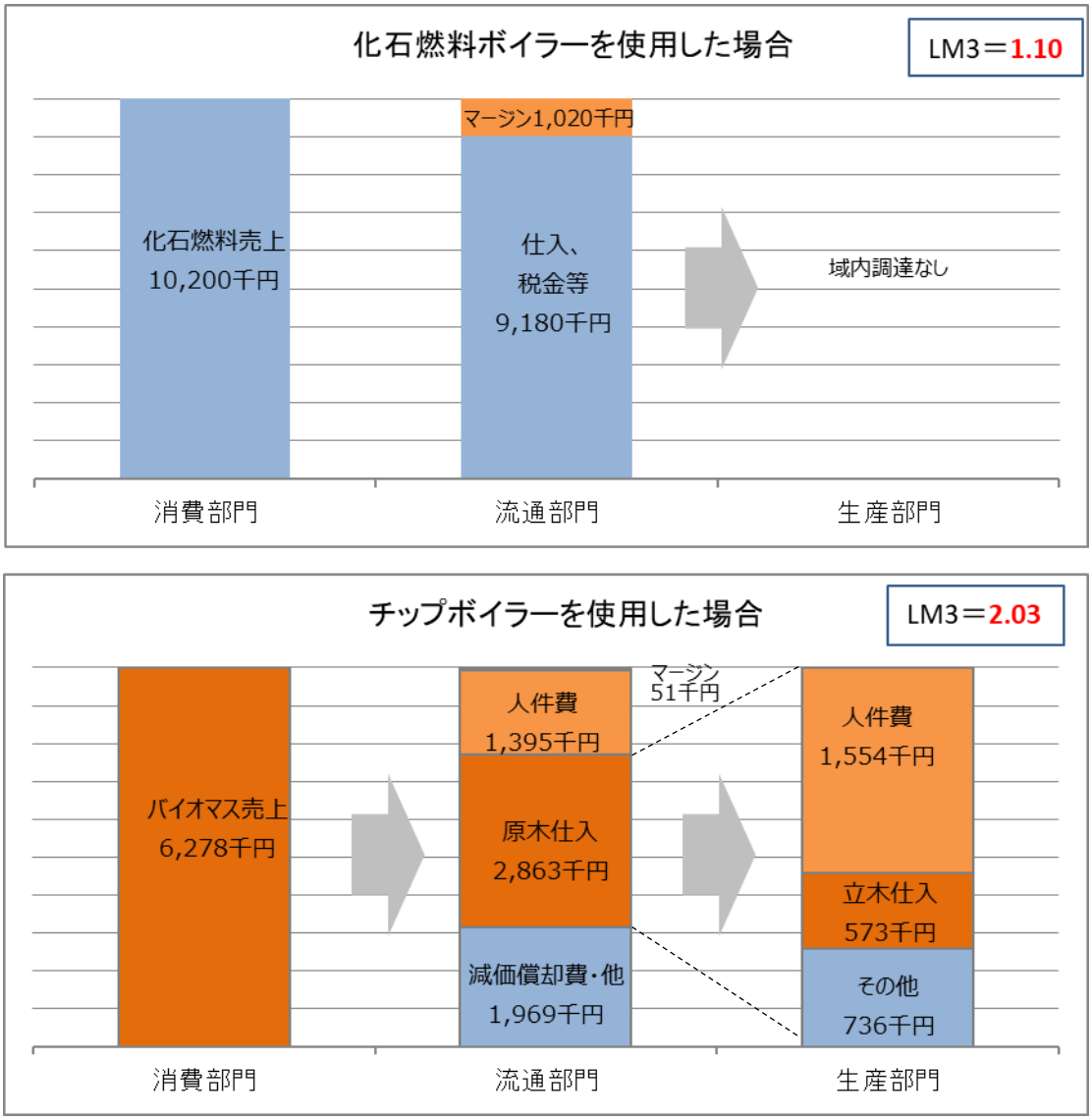


図 5-2　化石燃料と木質バイオマス（チップ）による地域内循環効果（ＬＭ3）の比較

5.1.2. 雇用創出効果

板取地域において地域内エコシステム構築による雇用創出効果について試算しました（表 5-1）。燃料製造段階では、燃料の製造・調達における作業員の労働人工を試算し、エネルギー利用段階では、木質ボイラーの運転作業及び各種メンテナンスに係る人工を試算しました。

この結果、雇用創出効果として作業人工数が最も多いのは、薪製造を行う場合で 158 人日という試算結果になりました。

メンテナンス作業は、通常ボイラーメーカーや代理店による出張メンテナンスとなる場合が多いのですが、地域内で内製化することにより、コスト削減につながります。板取川温泉の場合も、ボイラー導入初期は、メーカーに定期メンテナンスを依頼し、最適な運転方法等レクチャーを受けながら運転ノウハウを学ぶことが良いと考えられます。将来的には、まちづくり委員会等の地域団体がメンテナンスを担っていくことが望ましいと考えられます。このような取り組みによって、地域内に雇用が生まれ、さらなる地域内経済循環の促進につながります。

表 5-1 雇用創出効果

作業種	想定する製造量（t /年）	雇用延べ日数
薪製造	338	158 人日
チップ新規製造	292	13 人日
チップ製造委託（原木運搬）	292	49 人日
薪投入・メンテナンス※	–	（1,400 時間）

※メーカーヒアリングに基づく概算

5.2. CO_2 排出量削減量

板取川温泉に木質ボイラーを導入した場合のＣＯ$_2$削減効果について試算を行いました（表 5-2）。

薪ボイラーを導入した場合、A 重油が 11 万５千Ｌ/年削減されるという試算結果になりました。**CO_2 削減量は年間で 312t-CO_2** となります。

一方、チップボイラーを導入した場合は、A 重油が 11 万３千Ｌ/年削減されるという試算結果となりました。**CO_2 削減量は年間で 306t-CO_2** となります。

薪ボイラー又はチップボイラーのどちらを導入しても、年間でおよそ 300ｔ-CO_2 以上のＣＯ$_2$排出量が削減できます。

表 5-2　CO_2 削減効果

	燃料	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）
薪ボイラー	A 重油	115,299	2.71	312
チップボイラー	A 重油	113,087	2.71	306

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 40～53 年生の森林で、1ha 当たり平均およそ 163ｔ（水分 50%）と算出されました。
- Ｃ材の利用可能量は、現状で年間 1,420ｔ（水分 50%）でした。これは板取川温泉における使用想定量 473ｔ（水分 50%）の約 3 倍に相当します。

【川中】

新規で薪製造を行う場合、新規でチップ製造を行う場合及びチップを製造委託する場合の 3 パターンで検討を行いました。

- 燃料調達コストが最も低コストだったのは、新規で薪製造を行う場合の 17.4 円/kg（水分 30%）でした。
- 新規でチップ製造を行う場合は 21.6 円/kg（水分 30%）、チップを製造委託する場合は 21.3 円/kg（水分 30%）でした。

【川下】

板取川温泉への木質ボイラー導入に向けた試算を行いました。

- 薪ボイラーを導入する場合、イニシャルコストは、およそ 6,200 万円でした。ランニングコストは、およそ 660 万円という試算結果でした。重油燃料削減額 980 万円と比較すると、およそ 320 万円削減されることが分かりました。
- チップボイラーを導入する場合、イニシャルコストは、およそ 8,000 万円でした。ランニングコストは、およそ 710 万円という試算結果でした。重油燃料削減額 960 万円と比較すると、およそ 250 万円削減されることが分かりました。

【地域内循環効果】

- 板取川温泉へ木質ボイラーを導入する場合、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。
- 板取地域内エコシステムが構築された場合、重油ボイラーを使用する場合に比べて、地域内で循環する金額が大きくなることが分かりました。

【今後に向けた取り組み】

- 協議会において、今後も継続して議論を行うことが必要と考えられます。具体的には、木質ボイラー導入に向けたスケジュールの策定、（仮称）板取集積センターの整備、木質ボイラー導入における低コスト化に向けた工夫等を行っていくことがスムーズな事業の実施につながります。

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

岐阜県関市

「板取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