

令和元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

岐阜県下呂市小坂地域
「地域内エコシステム」構築事業
調査報告書

※本報告書は地域の非公表データ等を含んでいるため、
web 閲覧用として一部内容を伏せてあります。

令和2年3月

(一社) 日本森林技術協会
(株) 森のエネルギー研究所

目次

1. 背景と目的	1
1.1 事業の背景	1
1.2 事業の目的	1
1.3 調査対象地域	3
2. 実施の内容	6
3. 実施項目	7
3.1 協議会の設置・運営	7
3.1.1 協議会の設置	7
3.1.2 協議会の運営	8
3.2 下呂市小坂「地域内エコシステム」のサプライチェーン	12
3.3 川上の実現可能性調査	14
3.3.1 森林資源の木質バイオマス賦存量と利用可能量	15
3.3.2 聞き取り調査結果	20
3.4 川中の実現可能性調査	21
3.4.1 既存の燃料製造事業に係る調査	22
3.4.2 小括	23
3.5 川下の実現可能性調査	24
3.5.1 対象施設への乾燥チップボイラー導入検討	24
3.5.2 詳細な設備導入費用の算出	32
3.5.3 小括	41
4. 総括	42

1. 背景と目的

1.1 事業の背景

平成 24 年 7 月の再生可能エネルギー電気の固定価格買取制度の運用開始以降、大規模な木質バイオマス発電施設の増加に伴い、燃料材の利用が拡大しています。一方で、燃料の輸入が増加するとともに、間伐材・林地残材を利用する場合でも、流通・製造コストがかさむなどの課題がみられるようになりました。

このため、森林資源をエネルギーとして地域内で持続的に活用するための担い手確保から発電・熱利用に至るまでの「地域内エコシステム」の構築に向けた取り組みを進めることが必要となってきました。

1.2 事業の目的

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（以下、本事業という）は、林野庁の補助事業で平成 29 年度（2017 年度）より実施されています。

本事業は、「地域内エコシステム」の全国的な普及を目指すことを目的とし、実現可能性調査（以下、F/S 調査）を実施しました。

本報告書は、岐阜県下呂市小坂地域「地域内エコシステム」構築事業の調査報告書として作成したものです。

「地域内エコシステム」とは

～木質バイオマスエネルギーの導入を通じた、地域の人々が主体の地域活性化事業～

集落や市町村レベルで小規模な木質バイオマスエネルギーの熱利用または熱電併給によって、森林資源を地域内で持続的に活用する仕組みです。これにより山村地域等の活性化を実現していきます。

「地域内エコシステム」の考え方

- 集落が主たる対象（市町村レベル）
- 地域の関係者から成る協議会が主体
- 地域への還元利益を最大限確保
- 効率の高いエネルギー利用（熱利用または熱電併給）
- FIT（固定価格買取制度）事業は想定しない



図 1-1 「地域内エコシステム」構築のイメージ

1.3 調査対象地域

(1) 対象地域の概要

本事業では、岐阜県下呂市を調査対象地域としました（図 1-2）。また、下呂市内でも木質バイオマスボイラーの導入を検討している「巖立峡ひめしゃがの湯（以下、ひめしゃがの湯）」のある小坂地域を中心に、地域内エコシステムの構築に向けて、F/S 調査を行いました。

岐阜県下呂市は、岐阜県北部の山間部の飛騨地方に位置しており、日本三名泉の下呂温泉で名が知れています。下呂市の人口は 32,576 人で、総面積は 85,121ha、そのうち森林面積は 78,277ha と約 92%を山林が占めています。

下呂市から小坂地域（下呂市小坂町：旧益田郡小坂町）に着目すると、人口 2,984 人、総面積は 24,750ha、森林面積は 24,082ha と約 97%を山林が占めており、霊峰御嶽山（標高 3,067m）の西麓にあります。江戸時代の天領地であった頃は、木材の町として栄えた地域で国有林が多く、岐阜森林管理署が所在している特徴があります。観光資源としては、御嶽山麓から清らかな水と急峻な地形から多くの滝が形成され、「小坂の滝めぐり」というガイドツアーなどが岐阜の宝もの第一号に認定されていること。湯屋温泉、下島温泉、濁河温泉があり、総称して「飛騨小坂温泉郷」という温泉郷があること。小坂地域は飛騨川流域にあたるため水源涵養保安林は中京圏の水源の役割を持ち、飛騨木曽川国定公園や御嶽山県立自然公園等に指定されていることなど、豊富な観光資源と多くの観光客が訪れる地域です。

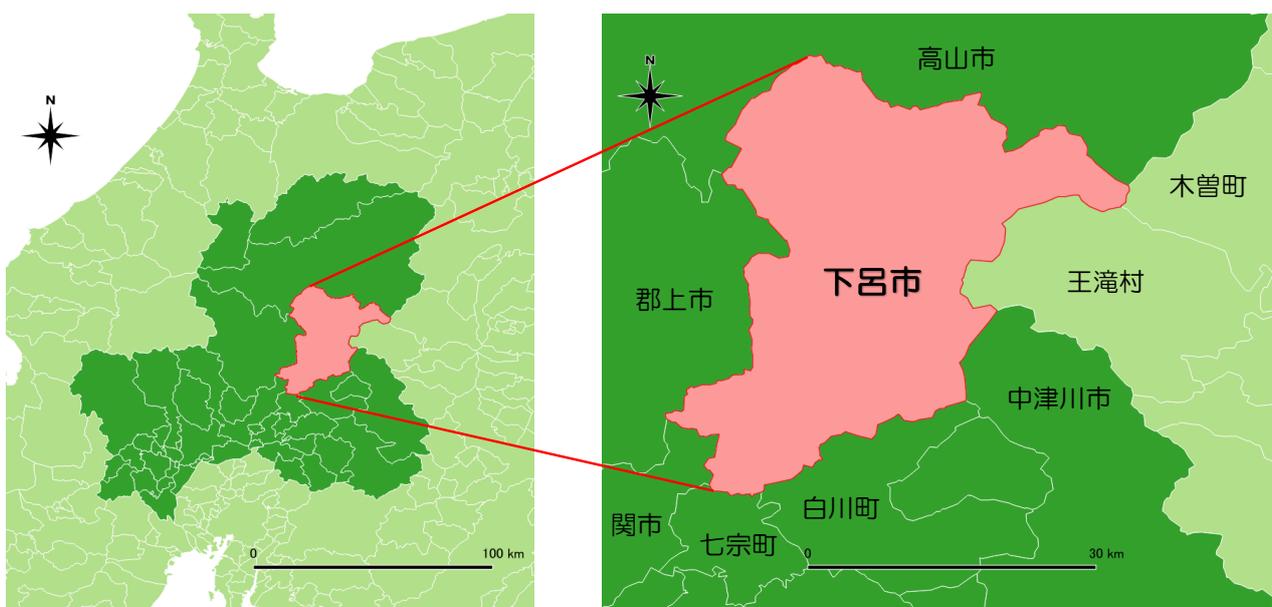


図 1-2 岐阜県下呂市の位置

(2) 本事業の位置づけ（背景）・目的

【本事業へ応募した背景】

近年、公共の温泉施設を所有する他地域において、温泉という資源があったとしても経営的な側面より運用を休止せざるを得ない状況等が起り、運営存続のために譲渡民営化（民間へ払い下げ）するケースが増えています。下呂市においても、合併した旧市町村が所有する公共の温泉施設を譲渡民営化する施策を推進しています。本事業で調査対象としたひめしゃがの湯も譲渡民営化の方向となり、ひめしゃがの湯を小坂地域に残したいと考えた複数の地元経営者が有志で会社（株式会社ひめしゃがの湯）を設立し、市内で1番目の民営化として平成31年4月から運営を開始しています。

ひめしゃがの湯は珍しい天然炭酸泉の入浴施設であり、また飲むことができる温泉として地域内外の交流拠点となっており、年間約10万人が訪れ、売り上げは1億円に上がる小坂地域にとって重要な集客施設であり、雇用の場という位置づけにあります。この地域を維持していくためには、ひめしゃがの湯が地域活性化の場として持続可能な運営を行っていくことが望まれています。温泉の特徴は、源泉温度が24度と低く、空気に触れると石化する泉質で配管を循環する構造にできないため、常に灯油ボイラーを使用し、加温してかけ流して営業しています。このことから、燃料の価格変動が経営を大きく左右します。譲渡民営化の協議をした際に、運営主体の切り替えによるコスト削減と併せて、化石燃料のコスト削減の方策も検討することになり、その方策として近隣地域の高山市の温泉施設では、準乾燥チップボイラーの導入によるコスト削減に成功しているという先進事例を視察しました。視察したことにより、ひめしゃがの湯でも同様に準乾燥チップボイラーを導入することで、化石燃料のコスト削減ができる可能性が高いと考え、また、経済的な自立拠点・地域内外の交流拠点となるモデルを確立できれば、「下呂温泉」の地域活性化につながると期待しています。

下呂市の施策においても、第二次下呂市地球温暖化対策実行計画（区域施策編）を平成30年3月に策定しており、その中の「A.再生可能エネルギーの利用促進」として、「(1)木質バイオマスエネルギーの利用推進」を挙げており、下呂市小坂振興事務所ではひめしゃがの湯の持続的な運営について継続的に協議を行い、民間企業を支援していく体制も築き上げ、行政と民間が連携して小坂地域の活性化のために議論をしています。

【本事業の目的】

本事業では、ひめしゃがの湯の持続可能な運営と小坂地域の活性化を目指していくために、①準乾燥チップボイラーの導入に向けて設備導入等の経済性試算を明確にすること。②森林資源を活用するだけでなく、地域内外の交流を深め、関係者間の合意形成を行い、サプライチェーンを構築することを目的とし、F/S調査を行い、協議しました。

【下呂市小坂地域の「地域内エコシステム」を構築した場合のイメージ】

本事業において、下呂市小坂地域が「地域内エコシステム」を構築した場合のイメージは、図 1-3 のとおりです。

下呂市小坂地域また近隣地域からの原料供給を行うことを目指し、小坂地域での燃料製造（燃料用チップ）と供給を行うことを想定しています。現状では、木質バイオマスエネルギー向けの燃料製造に関わるノウハウを蓄積していないことから、先進的に木質バイオマスに取り組む近隣地域と連携しながら、燃料用チップの製造および供給、木質バイオマスボイラーの運用ノウハウを学ぶことを想定しています。そして、経済的な自立拠点・地域内外の交流拠点となるモデルとなるようひめしゃがの湯に木質バイオマスボイラーを導入し、持続可能な運営を目指します。ひめしゃがの湯のモデルが確立できれば、他施設への木質バイオマスエネルギーの導入意欲を高め、将来的に「下呂温泉」における木質バイオマスエネルギーの利活用の普及・波及につながると考えています。

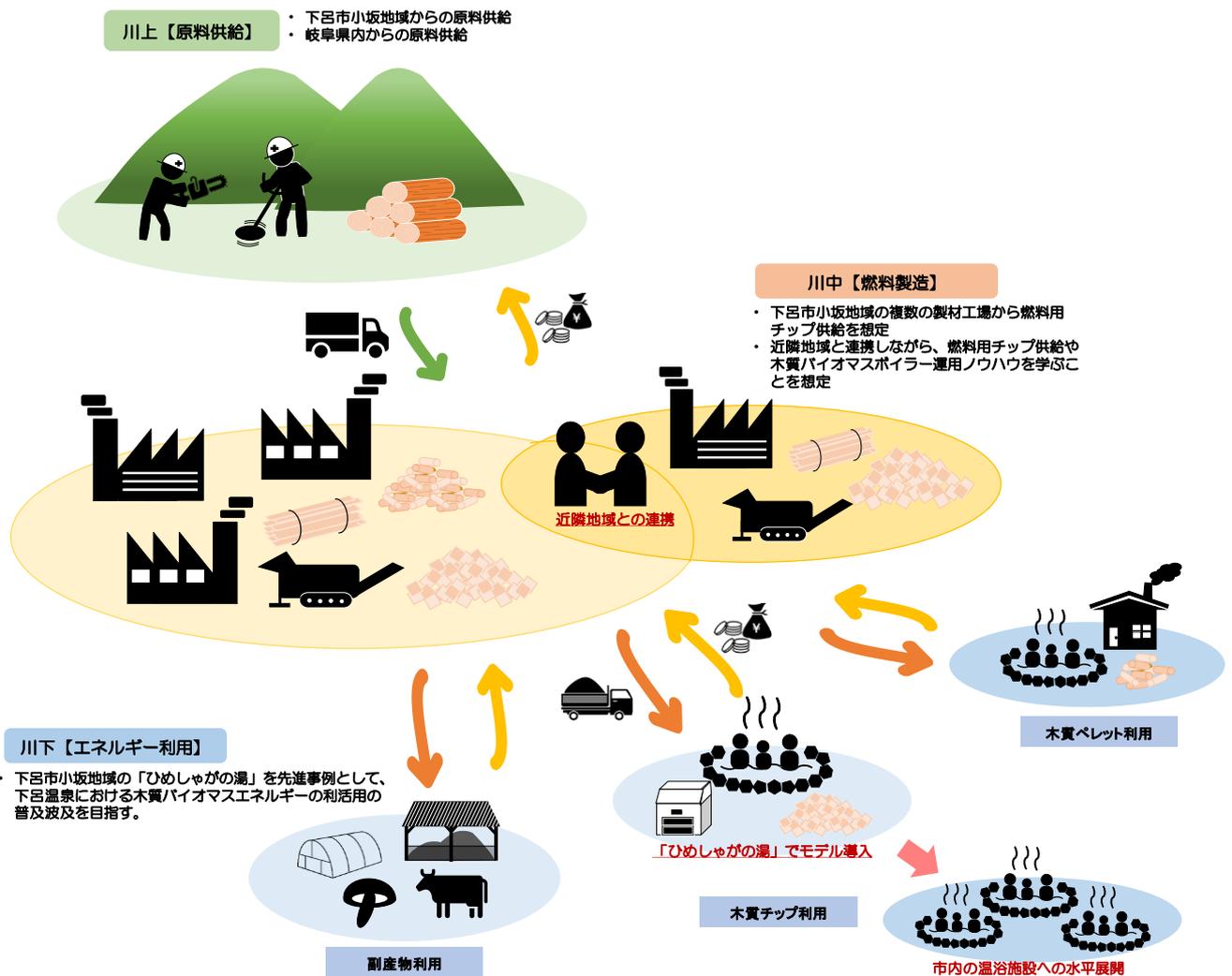


図 1-3 下呂市小坂地域の「地域内エコシステム」のイメージ

2. 実施の内容

本事業の実施内容は以下の5つであり、岐阜県下呂市小坂地域の「地域内エコシステム」の構築に向けて、F/S調査等を行いました。

(1) 地域協議会の設置・運営

地域また近隣地域の関係者と連携し、地域が主体となって事業計画を策定するための「**下呂市小坂地域協議会（以下、協議会）**」を設置し、運営しました。協議会は、計2回開催し、協議内容はサプライチェーンやF/S調査結果等について、話し合いました。

(2) 下呂市小坂「地域内エコシステム」のサプライチェーン

下呂市小坂地域における地域内エコシステムの構築に向けて、原料供給、燃料製造、エネルギー利用を一貫した持続的かつ安定した体制が築けるよう協議会の中で整理しました。

(3) 川上の実現可能性調査

下呂市の森林資源量について、既存資料調査と聞き取り調査により、資源賦存量を把握しました。

(4) 川中の実現可能性調査

下呂市小坂地域で検討している木質バイオマスボイラーは準乾燥チップボイラーであり、利用する燃料は木質チップです。下呂市小坂地域また近隣地域における燃料製造に関わる状況や燃料の品質等について聞き取り調査を行い、安定した燃料供給体制を整理しました。

(5) 川下の実現可能性調査

本事業では、ひめしゃがの湯における準乾燥チップボイラーの導入の可能性を検討しました。ひめしゃがの湯でのエネルギー利用状況を聞き取り調査し、また、事業費の低コスト化を目指して専門家に意見等をもらいました。

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、「水分〇〇%」と表記します。

3. 実施項目

3.1 協議会の設置・運営

3.1.1 協議会の設置

下呂市小坂地域が主体となって、事業計画を策定また持続的な事業創出を目指していくため、「地域づくり・人づくり」に重点を置いて、地域また近隣地域の関係者で構成される協議会を設置しました。

協議会のメンバーは、表 3-1 のとおりです。

表 3-1 下呂市小坂地域協議会のメンバー

区分	所属先	
委員	森林組合	代表理事組合長
	▼ 燃料製造事業者（4社）	
	A社	市外事業者
	B社	市内事業者
	C社	〃
	D社	〃
	中部森林管理局 岐阜森林管理署	
	岐阜県下呂農林事務所 下呂市役所 農林部 林務課	
事務局	株式会社ひめしゃがの湯	申請者
	下呂市小坂振興事務所	申請支援
	一般社団法人日本森林技術協会	
	株式会社森のエネルギー研究所	

3.1.2 協議会の運営

(1) 協議会の実施

下呂市小坂地域協議会は、令和元年（2019年）11月8日、令和2年（2020年）1月31日の計2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。

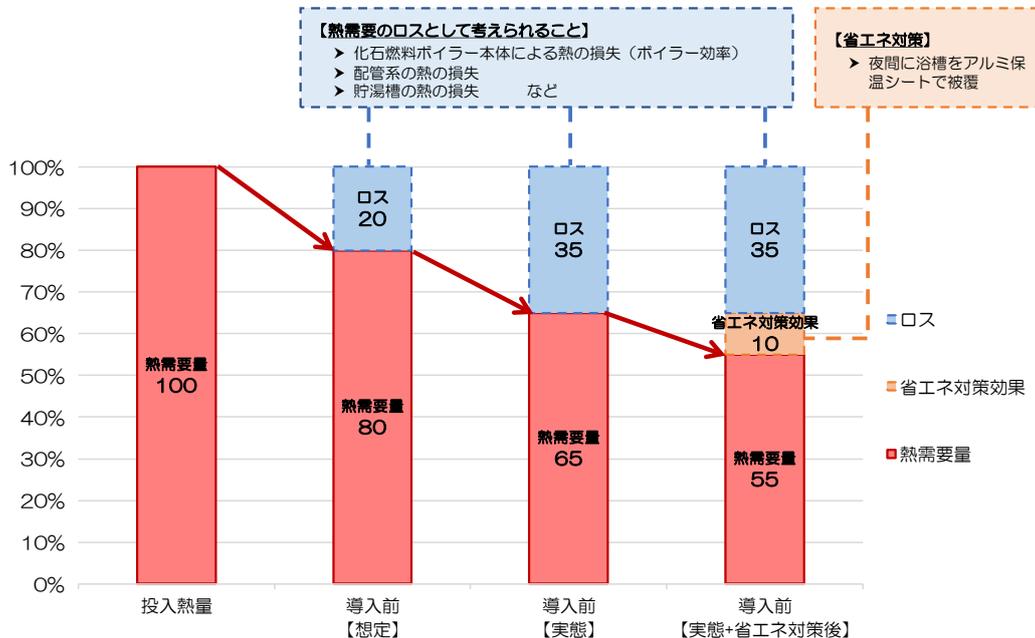
協議会の実施結果は、表3-2のとおりです。

表3-2 下呂市小坂地域協議会の実施結果

協議会の実施結果	実施状況
<p>▼ 第1回協議会</p> <p>開催日：令和元年（2019年）11月8日</p> <p>議題：事業趣旨の説明</p> <p>F/S調査の進捗状況の報告</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 聞き取り調査結果 ➤ 燃料の安定供給について ➤ ボイラー導入検討の中間報告 	
<p>▼ 第2回協議会</p> <p>開催日：令和2年（2020年）1月31日</p> <p>議題：F/S調査結果の報告</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ サプライチェーンについて ➤ ボイラー導入検討の結果 ➤ 今後に向けた検討 	

(2) 協議会メンバーからの情報提供～ボイラー導入調査時の留意事項～

協議会のメンバーである A 社に聞き取り調査を行った際に、木質バイオマスボイラーを導入検討する際の留意事項 (図 3-1) について、情報提供と助言がありました。



注：図中の数値は、聞き取り調査結果よりイメージで示しています。

図 3-1 木質バイオマスボイラー導入調査時の留意 (熱ロスについて)

留意事項は図 3-1 より、A 社が燃料製造・供給を行う高山市の温泉施設の事業計画を立てた時の想定では、既存設備 (化石燃料ボイラー) の熱効率を 80%としていました (図 3-1：導入前【想定】)。しかし、実態は想定よりも大きな熱ロスが発生 (熱需要は約 65%程度) していました (図 3-1：導入前【実態】)。また、省エネ対策として夜間に浴槽をアルミ保温シートで被覆したことから熱ロスを防ぐことができ、熱利用システム全体としてチップボイラー導入前に使用していた燃料消費量に対して、実際に必要とする熱効率は約 55%前後でよい結果となりました (図 3-1：導入前【実態+省エネ対策後】)。

高山市の温泉施設では、80%効率の出力を満たす準乾燥チップボイラーを 4 台 (約 400 kW) 導入しましたが、前述の結果より準乾燥チップボイラー導入前の投入熱量に対し、約 55%の熱需要を満たす準乾燥チップボイラーは 3 台 (約 300kW) で済むことがわかり、イニシャルコスト (総事業費) の削減ができた可能性がありました。また、A 社の場合は、温泉施設の熱供給事業者として売熱して代金を受け取る仕組みにしているため、事業計画を立てた時の熱供給による収入が当初の想定よりも減少してしまい収益への影響もあるという情報提供がありました。

これらのことから、木質バイオマスボイラーの導入に向けては、設備導入が高額となるため熱ロスや省エネ等の調査や対策に留意し、効率的なボイラーの活用と適正な導入規模を見極めることが重要だと助言をもらいました。

また、準乾燥チップボイラーの運用の仕組みにもよりますが、燃料（乾燥チップ）の取引形態（表 3-3）にも留意していく必要があると情報提供がありました。

表 3-3 燃料の取引形態（例）

乾燥させる価値 ↓ 高	◎ <u>重量取引（生重量：〇〇〇円/t）</u>
	◆ 含まれる水分量が多いほど高価格になる。
	◎ <u>条件付き取引（水分〇%以下であれば固定価格買取）</u>
	◆ 水分管理がある程度必要になる。
	◎ <u>絶乾重量取引</u>
◆ 絶乾重量をベースに価格を取り決め、水分に応じた取引になる。	
◎ <u>発熱量取引①（発熱量取引）</u>	
◆ 水分に応じた発熱量ごとの価格の取り決め。	
◎ <u>発熱量取引②（発熱量取引+αの価値を上乗せして取引）</u>	
◆ 水分に応じた発熱量ごとの価格の取り決め+ α （ボイラー効率など）	

表 3-3 の補足として、木質バイオマスボイラーの安定的な運用をしていく上では、燃料（薪、チップ）の水分管理が重要となります。小坂地域では燃料としてチップを検討していますが、チップの水分が低いほど発熱量、着火性、燃焼性に優れており、燃料としての価値が高いです。

また、チップの水分が低いと、下記の4つのメリットがあるといえます。

- ボイラー効率が向上することにより、燃料（チップ）の使用量の減少が見込める（＝ランニングコストを抑えることが可能になる）。
- 木質バイオマスボイラーの負荷が軽減できる。
- 環境性の向上が見込める（排気中に含まれるばいじん等排出物の発生量や煙の発生を抑える）。
- 発酵やカビの発生を防ぎ、チップ自体の保管性がよくなる。

本事業では、燃料の取引形態をどのようにしていくかは検討しませんでした。しかし、今後はボイラーの適切な運用を考慮した取引形態を検討する必要があり、また、地域の森林資源の持続的な活用が見込めるような価格決定をすることが重要で、課題といえます。

【燃料製造・供給を行う A 社の取り組み】

A 社は、岐阜県高山市に所在しています。高山市は「自然エネルギー利用日本一の都市を目指す」というビジョンを掲げています。ビジョンの実践に向けて立ち上げた、熱供給ビジネスのパイロット事業（ESCO 事業）に A 社は手を挙げて、市と連携しながら民間熱供給事業を実施しています。

1.3 の（2）で記載した高山市の温泉施設の熱供給事業者として事業を実施しています。地域の実情も踏まえた事業計画を立てながら、自社工場の製材工程で出る端材をチップ加工して、燃料として供給し、熱供給（売熱）しています（図 3-2）。



図 3-2 高山市の取り組み（ESCO 事業を行う温泉施設について）

本事業では、近隣地域で先進的に木質バイオマスボイラーを導入し、事業展開を進めている A 社にも協議会メンバーとなってもらいました。小坂地域でのボイラー導入に関わる意見や助言等をもらい、地域内エコシステムの構築に向けて、小坂地域を越えた地域内外で持続的かつ安定した連携（広域連携）の定着を目指しています。

3.2 下呂市小坂「地域内エコシステム」のサプライチェーン

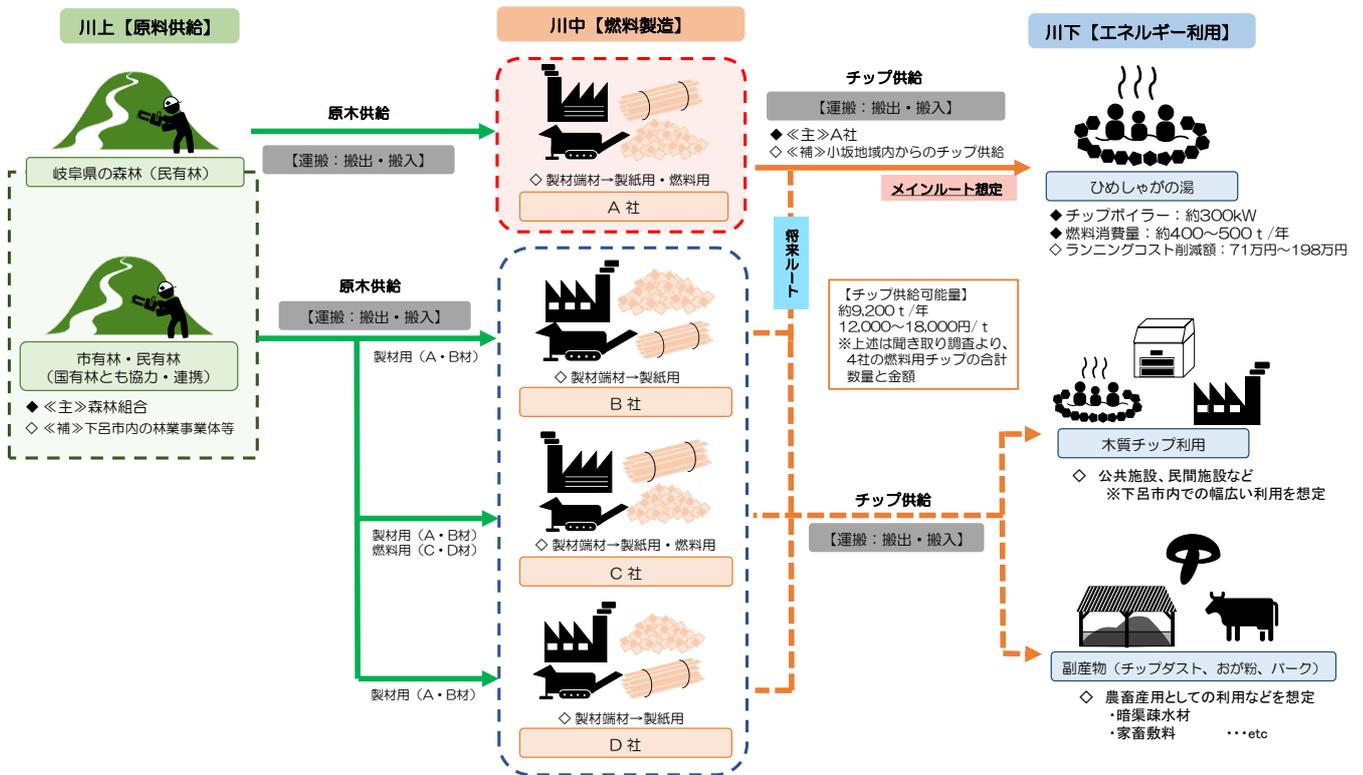
下呂市小坂地域における原料供給、燃料製造、エネルギー利用を一貫した持続的かつ安定した体制について、協議会の中で整理した実施主体のサプライチェーンを図 3-3 に示しました。

川上の原料供給は、森林組合を主体にしなが、補助的に下呂市内にいる林業事業者等にも協力を得ながら小坂地域からの原料供給（林地残材、切捨間伐材等）を目指し、燃料製造を行う A 社、B 社、C 社、D 社の各社へ原料供給ができる体制づくりを検討しています。現状では、4 社の製材端材チップの利用を想定しており、各社の製材用材（A～B 材）の入手先によるため、実質的には岐阜県内からの原料供給がメインとなります。

川中の燃料製造は、A 社を主体に燃料用の製材端材チップを供給することを計画しています。小坂地域にある企業ではありませんが、A 社は近隣の高山市に所在しており、3.1.2 (2) でも述べたとおり、既に準乾燥チップボイラーの運用と燃料供給を実施しています。そのため、ボイラー運用のノウハウやボイラーに適したチップ製造と供給をすることが可能です。先進事例を有する A 社からフォローアップしてもらうことで、早期の安定したボイラー運用のノウハウの蓄積と近隣地域との連携を図ることにつながります。

小坂地域内の 3 社は製紙用の製材端材チップを生産していますが、燃料用としても利用することが可能でした。しかし、3 社ともチップの品質として形状はよいものの、水分が高く生チップであり、安定したボイラー運用を考えると準乾燥チップを使用することがよく、現状では準乾燥チップを生産している A 社を主体とした燃料製造と供給を行うという結論になりました。しかし、小坂地域にある製材端材チップを小坂地域で利用していく流れをつくり、資源の地域内循環を目指すという構想もあるため、将来的にボイラー利用が可能な製材端材チップの生産ができる方策を検討していきます。

川下のエネルギー利用は、ひめしゃがの湯に準乾燥チップボイラーを導入することを計画しています。小坂地域の先進事例としてボイラーの導入を行い、温泉施設の経営改善モデルの構築を目指します。身近な施設での成功事例をみせることで、他施設への導入への意欲を高め、また意識づくりを実践していき、将来的には「下呂温泉」における木質バイオマスエネルギーの利活用の普及・波及を目的としています。



注 1：記載の数値は聞き取り調査結果より（記載の数量等で実際に供給できるわけではない）。

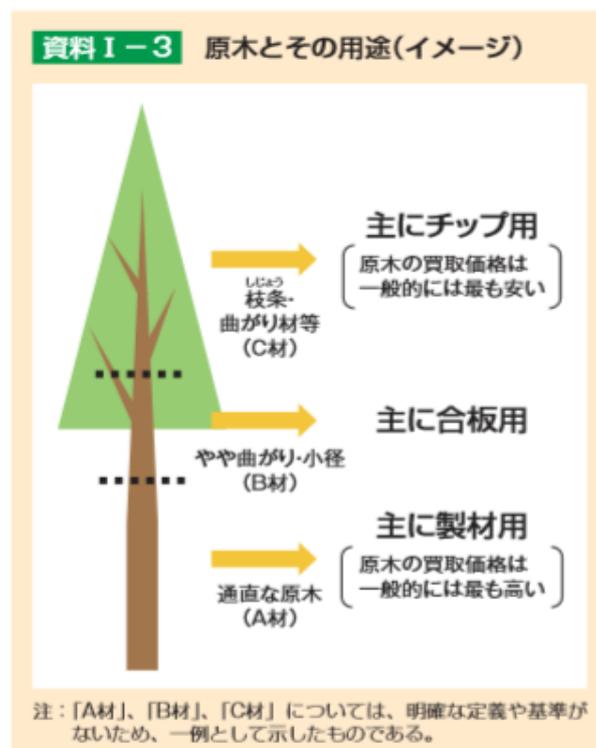
注 2：チップの数量と価格は、4社のチップ製造量の合算値と聞き取りにより得られた価格を示している。

図 3-3 下呂市小坂地域のサプライチェーン

3.3 川上の実現可能性調査

下呂市における森林資源の木質バイオマス賦存量と木質バイオマス利用可能量について、既存資料調査と聞き取り調査により、収集可能な燃料用材の調達可能性を整理しました。

なお、木質バイオマス賦存量は、地域が有する森林の総蓄積ではなく、カスケード利用の原則に従い、主にチップ用（製紙用、燃料用）として利用されるC材について、木質バイオマス賦存量として取り扱いました（図 3-4）。また、木質バイオマス利用可能量は、路網が整備されていない奥山等の資源を除く、林道沿線等の実際に利用が可能な資源から推計したものをC材相当量としました。



出典：林野庁：「平成 26 年度森林林業白書」,農林統計協会, (2014.10.1) ,P10

図 3-4 原木用途のイメージ

3.3.1 森林資源の木質バイオマス賦存量と利用可能量

(1) 木質バイオマス賦存量の整理

木質バイオマス賦存量は、森林資源量を整理したのち、民有林の人工林を対象にC材発生量の推計を行いました。整理する上での前提条件として、C材発生量は伐採による歩留（枝条および根株を含む立木材積から林地残材分[※]を引いたもの）を85%（0.85）、C材発生率を30%（0.3）[※]と仮定して計算しました。[※]の出典は下記に示します。

➤ 林地残材分

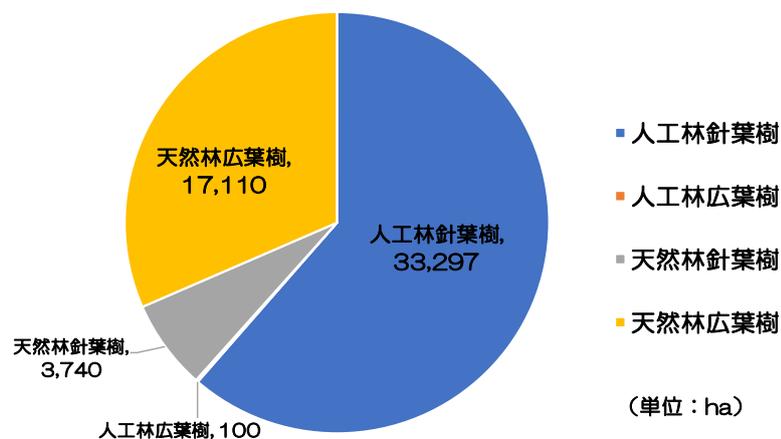
出典：（財）林業科学技術振興所：「林地残材の収集・搬送に関する事前評価」,
（1985）

➤ C材発生率30%

出典：森林組合等の聞き取り調査結果より

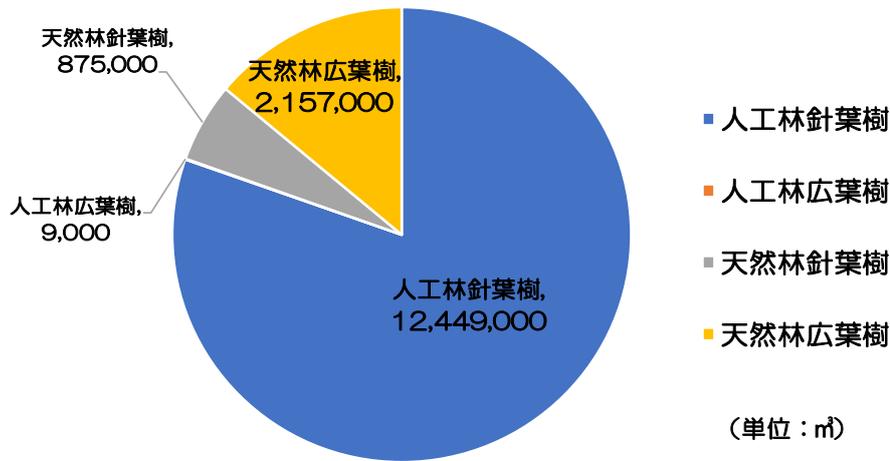
下呂市の賦存量を推計するために森林資源量を整理すると、森林面積は図3-5、森林蓄積は図3-6のようになりました。人工林針葉樹の面積が約60%を占め、蓄積では人工林針葉樹が約80%を占めていました。人工林針葉樹の蓄積量は、約12,449,000m³でした。

また、人工林針葉樹の樹種別蓄積を図3-7、人工林齢級別面積を図3-8に示しました。スギとヒノキがそれぞれ約50%を占めており、ヒノキの割合が若干高い傾向でした。齢級構成は11齢級が最も多いという結果になりました。



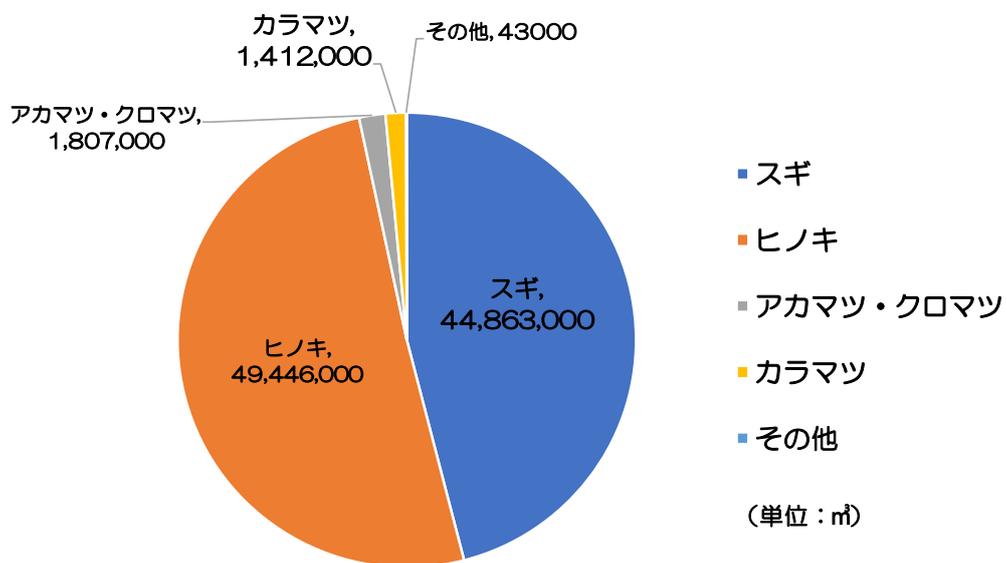
出典：平成29年度岐阜県森林・林業統計書より

図3-5 岐阜県下呂市の森林面積



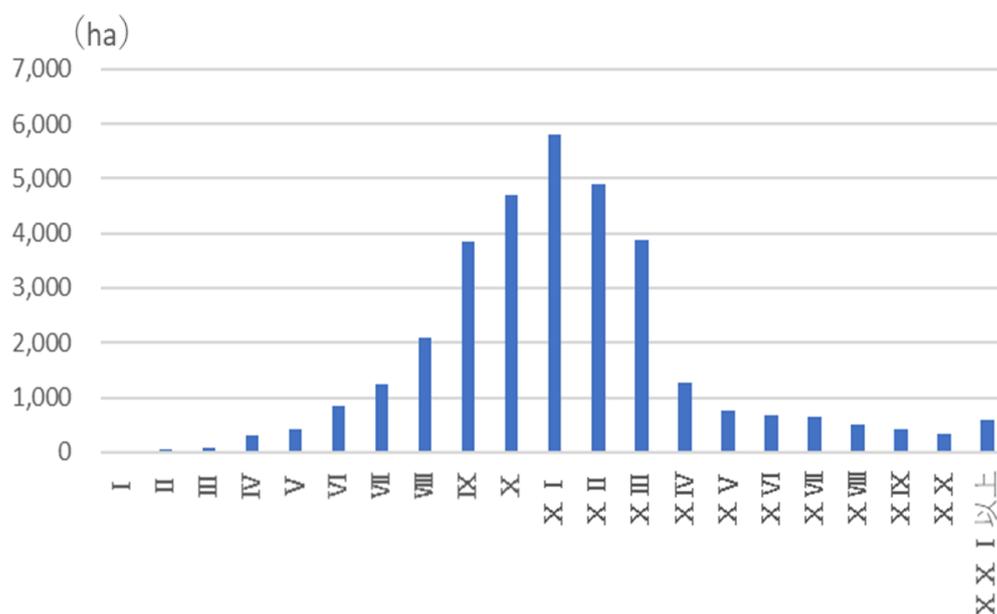
出典：平成 29 年度岐阜県森林・林業統計書より

図 3-6 岐阜県下呂市の森林蓄積



出典：平成 29 年度岐阜県森林・林業統計書より

図 3-7 岐阜県下呂市の人工林針葉樹の樹種別蓄積



出典：平成 29 年度岐阜県森林・林業統計書より

図 3-8 岐阜県下呂市の民有林人工林年齢級別面積

これまでの資源量の整理結果より、下呂市の木質バイオマス賦存量の推計をすると
3,174,495m³という結果になりました。下記に推計した式を示します。

➤ **木質バイオマス賦存量の推計**

【人工林針葉樹蓄積 (m³) × 伐採歩留：85% (0.85) × C材割合：30% (0.3)】

$$12,449,000 \text{ m}^3 \times 0.85 \times 0.3 = 3,174,495 \text{ m}^3$$

(2) 木質バイオマス利用可能量の整理

3.3.1 (1) で整理した木質バイオマス賦存量は、下呂市における潜在的な資源量を表したもので、奥山地域で道路がなく、搬出することが困難な地域の資源も含んだ数値です。現実的に利用が可能な資源量として、木質バイオマス利用可能量を推計しました。推計方法は、林道延長から推計したものと、成長量から推計したもの 2 通りで整理しました。

整理する上での前提条件として、林道周辺（片側 25m）を集荷可能量[※]として、林道周辺面積を民有林面積で按分し、林道周辺蓄積を算出しました。林道周辺蓄積をもとに木質バイオマス賦存量の C 材量の推計と同様の考え方で C 材相当量を推計しました。

また、持続的な資源の利用という観点から、連年成長量に応じた利用可能量は ha あたりの成長量を算出し、森林面積に乗じて算出しました。なお、連年成長量に応じた利用可能量は C 材を含むすべての蓄積となります。※の出典は下記に示します。

➤ 林道周辺（片側 25m）を集荷可能量

出典：独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構：「バイオマス賦存量及び利用可能量の全国市町村推計とマッピングに関する調査」, (2010)

【林道延長から推計した利用可能量】

1 つ目の整理である林道延長から推計した利用可能量は、表 3-3 のとおりです。

民有林内の林道周辺を利用可能な林分として、面積を按分し、利用可能な蓄積量を算出しました。さらに、利用可能な蓄積量に対して、伐採歩留を 85%、C 材発生率を 30%として推計した結果、下呂市の利用可能な C 材量は 190,783m³ という結果になりました。

表 3-3 下呂市の林道延長から推計した利用可能量

項目	数値
林道延長	523,937 m
林道周辺面積	2,620 ha
民有林面積	54,247 ha
利用可能面積割合	0.0483
民有林蓄積	15,490,000 m ³
利用可能蓄積	748,167 m ³
利用可能 C 材量	190,783 m ³

出典：平成 29 年度岐阜県森林・林業統計書より

【連年成長量から推計した利用可能量】

2つ目の整理である成長量から推計した利用可能量は、表 3-4 のとおりです。

民有林内の人工林針葉樹の成長量を利用可能量として算出しました。下呂市では、年間で 176,474m³ が成長していることから、これらの成長分を資源として利用することで、森林資源が枯渇することなく、持続的に利用が可能であるといえます。

表 3-4 下呂市の連年成長量に応じた蓄積量

項目	平成 28 年度	平成 29 年度
面積	33,297 ha	33,297 ha
蓄積	12,274,000 m ³	12,449,000 m ³
ha あたり蓄積	368.6 m ³ /ha	373.9 m ³ /ha
ha あたり成長量	5.3 m ³ /ha	
平成 28～29 年成長量に応じた蓄積	176,474 m ³	

注：表中の成長量は、C材を含むすべての蓄積量である。

出典 1：平成 28 年度岐阜県森林・林業統計書より

出典 2：平成 29 年度岐阜県森林・林業統計書より

3.3.2 聞き取り調査結果

協議会メンバーであり、原料供給の実施主体として想定している森林組合に、令和元年（2019年）10月4日に原料供給等に関わる聞き取り調査を行いました。

調査の結果より、小坂地域の森林は民有林が約8,000haあり、そのうち森林組合が施業しているものは人工林の約4,300haです。ヒノキがメインで植栽されており、スギは半分以下という状況にあります。森林組合は、民有林の施業を主体に行い、年間2,000～3,000 m³を生産しており、生産余力もあると述べていました。また、素材生産量のうち約30%（300～600 m³）が燃料用材として生産されています。

詳細の聞き取り調査結果は、次のとおりです。

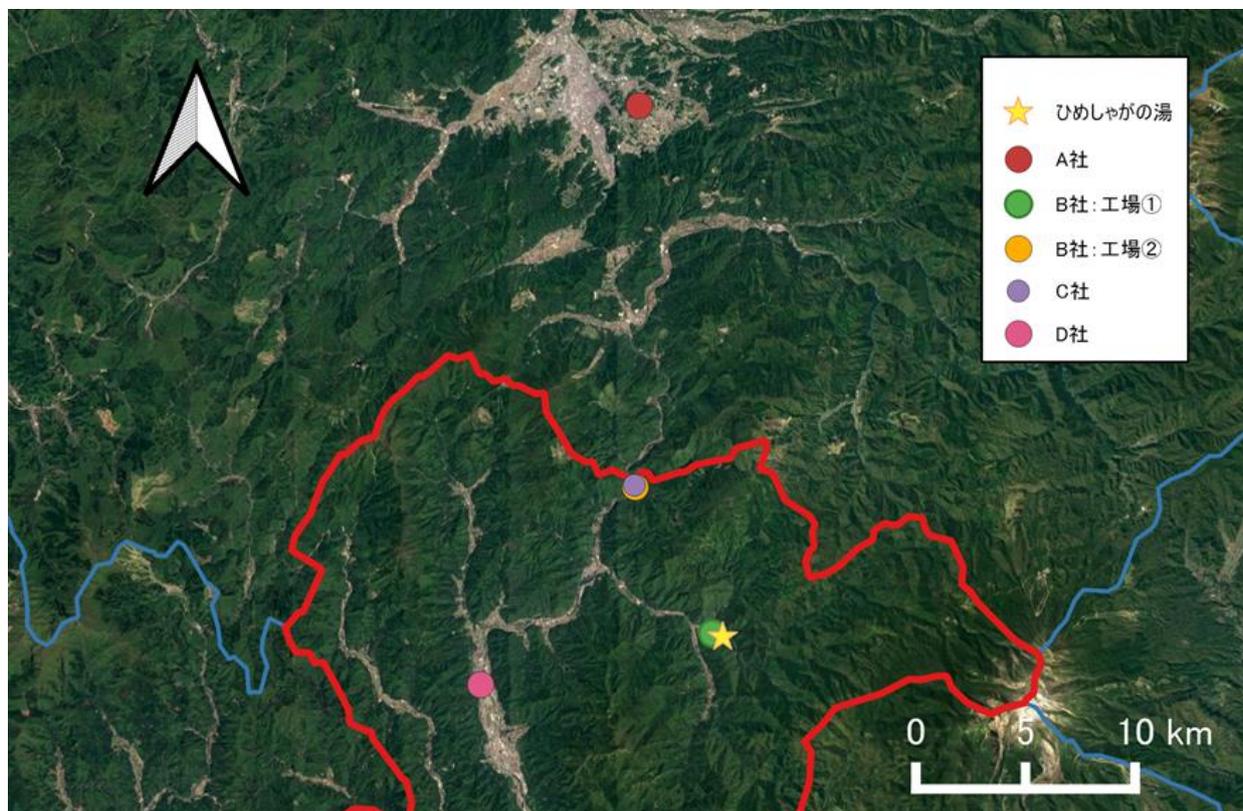
【森林組合の聞き取り調査結果】

- 森林組合の従業員数は、現場作業員4名（ベテラン2名、新人2名）と繁忙期に2名（事務作業員）の計6名である。
- 民有林が8,000haあり、そのうち、施業しているのは人工林の4,300haである。
- 造林を主体にしているため、手入れをするための主伐を行っている。
- 素材生産量は2,000～3,000 m³/年で、このうち、30%（300～600 m³）が燃料用材として生産されている。
- 国有林については、民間企業が主体に施業をしている。
- 林道50m範囲での伐採を行い、それ以上の場合は切り捨てている。
- A材はスギ12,000円/m³、ヒノキ16,000円/m³で取り引きされる。ただし、虫が入っておらず、根曲がりしていないものに限る。
- C材は、運賃込みで6,000～6,500円/m³である。

3.4 川中の実現可能性調査

下呂市小坂地域で検討している燃料は木質チップです。下呂市内や近隣地域における燃料製造状況および燃料の品質、供給可能量について聞き取り調査を行い、安定した燃料供給体制を把握しました。

聞き取り調査を行った燃料製造事業者は4社あり、ひめしゃがの湯からの所在地の関係は図3-9のとおりです。4社とも協議会のメンバーであり、下呂市内の事業者はB社、C社、D社の3社で、市外の事業者はA社の1社です。



- 補足 1 : ひめしゃがの湯 - A社まで約 24.5 km
- 補足 2 : ひめしゃがの湯 - B社 : 工場①まで約 800m
- 補足 3 : ひめしゃがの湯 - B社 : 工場② (燃料製造) まで約 8.1 km
- 補足 4 : ひめしゃがの湯 - C社まで約 8.1 km
- 補足 5 : ひめしゃがの湯 - D社まで約 11 km

図 3-9 燃料製造事業者の所在地

3.4.1 既存の燃料製造事業に係る調査

(1) 聞き取り内容の整理

協議会メンバーであり、既に燃料製造を行う事業者4社に聞き取り調査を行い、現在の燃料製造状況および燃料の品質、供給可能量の把握を行いました。表3-5は聞き取り内容を整理した結果です。4社の製造しているチップの形状は主に切削チップでした。燃料供給に対する余力と意向は事業者によって条件はあるものの、小坂地域で供給することにおいては前向きな回答が得られました。また、各社の製造しているチップの品質と価格（抜粋）を表3-6にまとめました。

本事業で候補とする準乾燥チップボイラーの条件を考慮した場合、燃料の品質として水分30%（上限40%）が求められています。そのため、チップの品質として条件に適しているといえるのはNo1の水分20.3%、12円/kgを製造できる事業者といえます。

表 3-5 燃料製造事業者への聞き取り内容の整理

No.	事業者名	チップ形状	燃料供給に対する余力・意向
1	A社	切削	あり
2	B社	切削	あり
3	C社	切削 破碎	<ul style="list-style-type: none"> ・ チッパー稼働率に余力あり ・ 製造量の増加をするための原料は不足している ・ 販売契約のため原料とチップの余剰はない。しかし、地域内に供給ができ、運賃の削減が可能なら燃料供給の調整は可能である
4	D社	切削	<ul style="list-style-type: none"> ・ 運賃の削減のため市内に供給先があれば供給したい

表 3-6 燃料製造事業の製造しているチップの品質と価格（抜粋）

No.	形状	水分 (%)	単価 (円/kg)
1	切削	20.3~50.3	12~15円/kg
2	切削（皮付き）	36.4	11円/kg（市内：9円/kg）
4	切削（皮なし）	50~	19円/kg（市内：16円/kg）
5	バーク	40.5~54.0	運賃程度

また、4社に聞き取り調査を行い、共通して得られた内容を下記に示します。

【燃料製造事業者（4社）の聞き取り調査結果：共通して得られた内容】

- ひめしゃがの湯への燃料供給に対して、前向きな回答が得られた。
⇒ただし、燃料の品質や価格、供給可能量が各事業者で異なるため、実際に供給する場合は検討が必要になると思う。
- 下呂市内で製造しているチップの水分は高めである。
⇒基本的に原木の乾燥は行っていない。
⇒製材端材をチップ化した後の乾燥も行っていない。
- ひめしゃがの湯への燃料運搬は想定していない。
⇒実際に、ひめしゃがの湯へ木質バイオマスボイラーを導入した場合、燃料の運搬を誰が担うかは協議が必要である。

（2）調査結果を基にした燃料の安定収集計画の作成

3.4.1（1）より、ひめしゃがの湯への安定した燃料の収集計画を検討しました。

選定理由は3.5.2（1）で述べますが、本事業で候補としている木質バイオマスボイラーは準乾燥チップボイラーであり、このボイラーの燃料受け入れ条件は表3-7のとおりです。

なお、ボイラーの性能を保つため、使用するチップの性状は可能な限り均一化することが望ましいと考えます。

表3-7 今回検討対象とした準乾燥チップボイラーにおける燃料の要求品質（参考）

項目	燃料の受け入れ条件
水分	平均 30%、上限 40%
形状	10 cm以内の切削チップ ※細かい形状のチップが混ざる場合は、割合を抑える。

3.4.2 小括

これまでの調査結果より、準乾燥チップボイラーの条件に最も適合するチップを検討した場合、3.4.1（1）の「表3-6 地域内で製造されているチップの品質価格（抜粋）」で示したとおり、No1のチップの中でも水分20.3%、12円/kgが燃料の品質および価格面で最も適していると考えられるため、このチップの条件を基準に準乾燥チップボイラーの導入に向けた検討を行うこととしました。

3.5 川下の実現可能性調査

下呂市小坂地域では「巖立峡ひめしゃがの湯」における準乾燥チップボイラーの導入に向けた検討を行いました。ひめしゃがの湯でのエネルギー利用状況を聞き取り調査し、また、持続的な運営を目指して事業費の低コスト化等について、専門家に意見・助言をもらいながら検討を行いました。

ひめしゃがの湯を導入検討の対象としたのは、小坂地域の先進事例となって温泉施設の経営改善モデルの構築をするためです。身近な施設での成功事例をみることで、他施設への導入への意欲を高め、将来的に「下呂温泉」における木質バイオマスエネルギーの利活用の普及・波及を目的としています。

3.5.1 対象施設への乾燥チップボイラー導入検討

(1) 施設概要および設備概要

下呂市小坂地域にあるひめしゃがの湯は元々公共施設でしたが、地元経営者が作った民間企業へ払い下げされ、平成31年（2019年）4月より民間企業による運営が行われています。年間約8万人が訪れる温浴施設で地域の中で重要な集客施設であり、また、温泉の特徴としては全国でも珍しい高濃度天然炭酸泉の泉質を持っています。図3-10にひめしゃがの湯の外観とお風呂、表3-8に概要等を示しました。

ひめしゃがの湯の運営の課題として、高騰する化石燃料の価格により経営を圧迫してしまうため、燃料費が化石燃料と比較して安くなる木質バイオマスボイラーを導入した場合の経済性試算を行いました。



図 3-10 ひめしゃがの湯 外観およびお風呂（写真：ひめしゃがの湯 HP より）

表 3-8 ひめしゃがの湯の概要および設備概要

項 目		概 要
施設概要	施設名称	巖立峡 ひめしゃがの湯
	所在地	岐阜県下呂市小坂町落合 1 6 5 6
	事業内容	日帰り温浴施設
	営業時間	10:30~21:30
	入浴者数	79,696 人 (H29 年度実績)
設備概要	既存ボイラー	温水ボイラー
	出力	698kW (349×2 台)
	用途	給湯、昇温、暖房
	燃料および単価	灯油 72 円/L
	年間燃料使用量	186,100L (H29 年度実績)
	浴槽数	男湯：内湯 1 露天 1 女湯：内湯 2 露天 1
	上水温度	夏季：22℃ 冬季：9℃
	浴槽温度	内湯：40℃ 露天：43℃
	泉質	炭酸泉

(2) 現地調査および聞き取り調査

現地調査および聞き取り調査により、以下のことがわかりました。

- ひめしゃがの湯は既存ボイラーを導入してから 20 年が経過し、設備の更新時期を迎えている。
- 源泉温度は 24℃と低く、泉質は全国でも珍しい炭酸泉である。源泉温度が低いため、温水ボイラーで昇温を行っている。
- 炭酸泉の炭酸が保てる温度が 38℃までとされているため、加温も 38℃に設定している。
- 新設するボイラーの設置場所候補として、既存ボイラー室の向かい側の敷地が候補となっている。この場所は私有地となるが、地権者との合意形成も取れている。
- カーボウォーマーという炭酸を残す機器を 2 基導入している。

(3) 設備設置場所およびチップのストックヤードの検討

準乾燥チップボイラーおよびチップサイロの設置場所は、既存ボイラー室の向かい側にある土地を候補としています（図 3-11）。

検討している場所に設備を設置する場合は、新設したボイラー室から既存ボイラー室へ配管を接続します。道路を横断する配管は、埋設タイプか架空タイプになりますが、設置コストとしては安価になるため今回は架空配管としました。



図 3-11 既存ボイラーと新設ボイラー室の位置

(4) 熱需要パターンの把握

ひめしゃがの湯では年間 18 万 L 以上の灯油使用量があり、暖房と昇温、給湯に使用されています。燃料使用は通年で、特に冬期は夏期の約 2 倍近い熱需要があります（図 3-12）。

1 日の熱需要を見ると、お昼前後に需要が最も多いですが、これは、ひめしゃがの湯で食事ができるため、正午に合わせた入浴客が多いと考えられます（図 3-13）。

また、ヒアリング調査より、湯交換日はボイラーが 12 時から 16 時まで稼働となるため、その内湯張りの時間約 2 時間程度に熱を多く使用していると考えられます（表 3-9）。

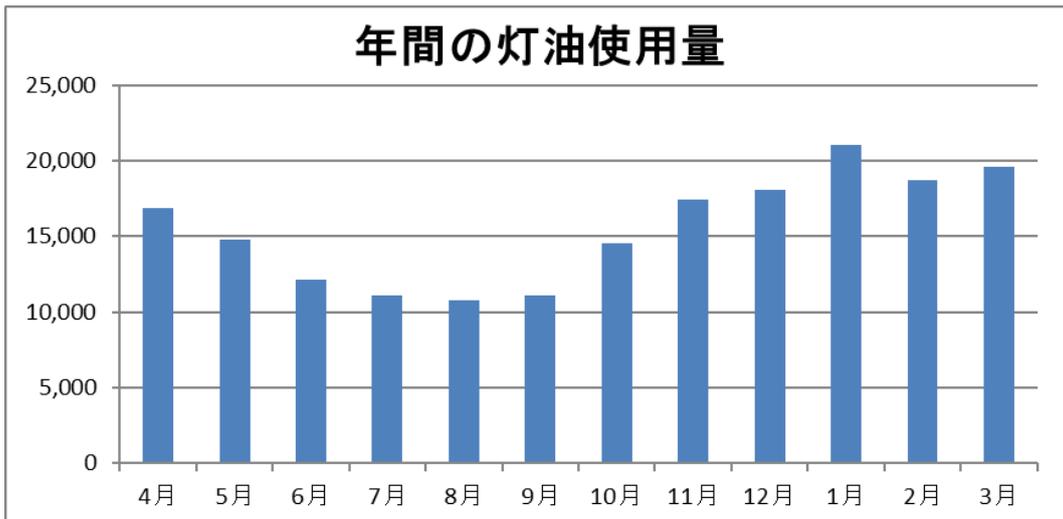


図 3-12 ひめしゃがの湯における年間の灯油使用量

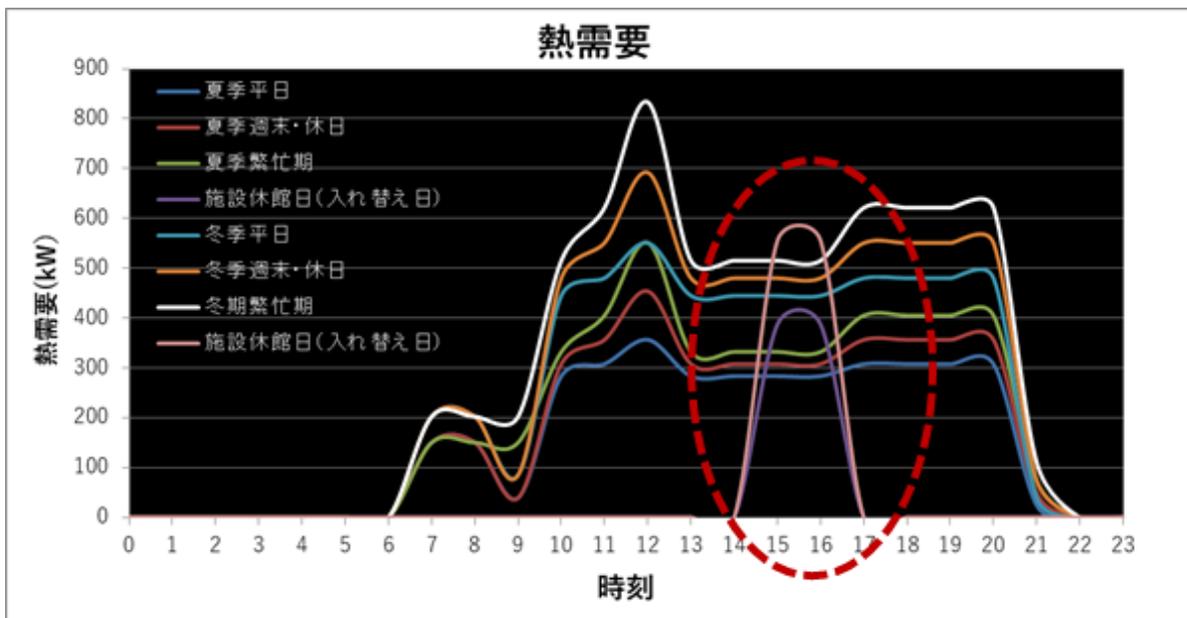


図 3-13 ひめしゃがの湯における時間別熱需要パターン

表 3-9 ひめしゃがの湯運営状況

時刻	0	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
夏季冬期 平日・休日 (毎週水定休)	営業時間																			
	ボイラーON	〰	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
	内湯保温・加温		←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
	露天保温・加温		←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
	湯交換							←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←

(5) 設備導入試算

設備導入試算の条件は、3.4 で整理した聞き取り調査より、本事業で入手が可能なチップの価格 12 円/kg、15 円/kg の場合で試算しました。また、チップの水分は、近隣地域内で入手可能となる水分 30%を基準とし、試算を行いました。

設備導入試算の条件を以下に示します。

【設備導入試算の条件・考え方】

➤ 試算条件

チップ価格：水分 30%、12 円/kg

水分 30%、15 円/kg

➤ ボイラー効率

既存ボイラー：89%（メーカーの一般カタログ値）

チップボイラー：80%（一般値）

➤ 費用

補助率：50%（想定）

維持管理費：対象設備費の 2%

固定資産税：1.4%（平均値）

法定耐用年数：13 年

表 3-10 はチップ価格 12 円/kg、チップの水分 30%の場合の試算結果です。表 3-10 より 405kW が最適規模となり、この場合の収支は 275 千円/年で経済効果は見込める結果となりました。なお、採算分岐点となるチップの価格は 12.5 円/kg のため、これ以上のチップ価格となる場合は経済効果が出ないこととなります。

また、表 3-11 は参考としてチップ価格 15 円/kg、チップの水分 30%の場合の試算結果です。表 3-11 より年間収支が最も良いのは 300kW となりますが、この場合はマイナス 1,098 千円/年となります。

表 3-10 チップ価格 12 円/kg・チップの水分 30%の場合の試算結果

ケース			ケース1			
チップ価格		円/kg	12			
既存ボイラー効率		%	89	89	89	89
導入規模	割合 対既存ボイラ	%	39	43	58	64
	化石燃料代替率	%	69	75	90	95
	出力	MJ/h	972	1,080	1,458	1,620
		kcal/h	232,000	258,000	348,000	387,000
kW		270	300	405	450	
バイオマスボイラーによる エネルギー供給量		MJ/年	3,984,891	4,341,546	5,177,787	5,465,808
		Mcal/年	951,946	1,037,147	1,236,916	1,306,721
		kWh/年	1,106,914	1,205,985	1,438,274	1,518,280
事業費	補助なし	千円	80,198	84,603	100,019	106,626
	補助あり	千円	40,099	42,302	50,010	53,313
バイオマス燃料消費量		t/年	389	424	506	534
化石燃料使用量		L/年	57,828	46,347	19,429	10,158
《費用》						
資本費	減価償却費	千円/年	2,259	2,383	2,818	3,004
	固定資産税(平均)	千円/年	593	626	740	788
ランニングコスト	バイオマス調達費	千円/年	4,670	5,088	6,068	6,405
	人件費	千円/年	0	0	0	0
	維持管理費	千円/年	1,604	1,692	2,000	2,133
	ばい煙測定費	千円/年	100	100	100	100
費用合計:①		千円/年	9,226	9,888	11,725	12,431
《削減額》						
ランニングコスト	化石燃料削減量	L/年	128,272	139,753	166,671	175,942
	化石燃料削減額	千円/年	9,236	10,062	12,000	12,668
削減費用合計:②		千円/年	9,236	10,062	12,000	12,668
《まとめ》						
年間収支		千円/年	10	174	275	237
CO2排出削減量		t-CO2	319	348	415	438
バイオマス調達費採算分岐点		円/kg	12.0	12.4	12.5	12.4
投資回収年数	補助あり	年	18	17	17	17

表 3-11 チップ価格 15 円/kg・チップの水分 30%の場合の試算結果

ケース			ケース2			
チップ価格		円/kg	15			
既存ボイラー効率		%	89	89	89	89
導入規模	割合 対既存ボイラ	%	39	43	58	64
	化石燃料代替率	%	69	75	90	95
	出力	MJ/h	972	1080	1458	1620
		kcal/h	232,000	258,000	348,000	387,000
		kW	270	300	405	450
バイオマスボイラーによる エネルギー供給量		MJ/年	3,984,891	4,341,546	5,177,787	5,465,808
		Mcal/年	951,946	1,037,147	1,236,916	1,305,721
		kWh/年	1,106,914	1,205,985	1,438,274	1,518,280
事業費	補助なし	千円	80,198	84,603	100,019	106,626
	補助あり	千円	40,099	42,302	50,010	53,313
バイオマス燃料消費量		t/年	389	424	506	534
化石燃料使用量		L/年	57,828	46,347	19,429	10,158
《費用》						
資本費	減価償却費	千円/年	2,259	2,383	2,818	3,004
	固定資産税(平均)	千円/年	593	626	740	788
ランニングコスト	バイオマス調達費	千円/年	5,837	6,360	7,585	8,007
	人件費	千円/年	0	0	0	0
	維持管理費	千円/年	1,604	1,692	2,000	2,133
	ばい煙測定費	千円/年	100	100	100	100
費用合計:①		千円/年	10,393	11,160	13,242	14,032
《削減額》						
ランニングコスト	化石燃料削減量	L/年	128,272	139,753	166,671	175,942
	化石燃料削減額	千円/年	9,236	10,062	12,000	12,668
削減費用合計:②		千円/年	9,236	10,062	12,000	12,668
《まとめ》						
年間収支		千円/年	-1,158	-1,098	-1,242	-1,364
CO2排出削減量		t-CO2	319	348	415	438
バイオマス調達費採算分岐点		円/kg	12.0	12.4	12.5	12.4
投資回収年数	補助あり	年	37	33	32	33

(6) 最適規模の選定

3.5.1 (5) の試算結果より、チップボイラーの最適出力規模はチップ価格 12 円/kg、チップの水分 30%の条件の場合で考慮し、405kW となりました。

しかし、この場合、事業費は1億円を超える結果となります。このため、事業費の低コスト化を考慮し、仮に出力を 300kW に下げた場合でも、事業費は約 8 千万円となり、経済効果も 174 千円/年と収支はプラスになるため、事業費の低コスト化を優先し、チップボイラーの導入検討規模は 300kW に設定しました。

表 3-12 チップ価格 12 円/kg・チップの水分 30%の場合の試算結果 (再掲)
出力 300kW との比較

ケース			ケース1			
チップ価格		円/kg	12			
既存ボイラー効率		%	89	89	89	89
導入規模	割合 対既存ボイラ	%	39	43	58	64
	化石燃料代替率	%	69	75	90	95
	出力	MJ/h	972	1,080	1,458	1,620
		kcal/h	232,000	258,000	348,000	387,000
		kW	270	300	405	450
バイオマスボイラーによるエネルギー供給量		MJ/年	3,984,891	4,341,546	5,177,787	5,465,808
		Mcal/年	951,946	1,037,147	1,236,916	1,306,721
		kWh/年	1,106,914	1,205,985	1,438,274	1,518,280
事業費	補助なし	千円	80,198	84,603	100,019	106,626
	補助あり	千円	40,099	42,302	50,010	53,313
バイオマス燃料消費量		t/年	389	424	506	534
化石燃料使用量		L/年	57,828	46,347	19,429	10,158
《費用》						
資本費	減価償却費	千円/年	2,259	2,383	2,818	3,004
	固定資産税(平均)	千円/年	593	626	740	788
ランニングコスト	バイオマス調達費	千円/年	4,670	5,088	6,068	6,405
	人件費	千円/年	0	0	0	0
	維持管理費	千円/年	1,604	1,692	2,000	2,133
	ばい煙測定費	千円/年	100	100	100	100
費用合計:①		千円/年	9,226	9,888	11,725	12,431
《削減額》						
ランニングコスト	化石燃料削減量	L/年	128,272	139,753	166,671	175,942
	化石燃料削減額	千円/年	9,236	10,062	12,000	12,668
削減費用合計:②		千円/年	9,236	10,062	12,000	12,668
《まとめ》						
年間収支		千円/年	10	174	275	237
CO2排出削減量		t-CO2	319	348	415	438
バイオマス調達費採算分岐点		円/kg	12.0	12.4	12.5	12.4
投資回収年数	補助あり	年	18	17	17	17

3.5.2 詳細な設備導入費用の算出

チップボイラーの出力規模は前項において 300kW としましたが、これまでの試算は概算値であるため、この試算結果を基にして、さらに詳細な設備導入費用を算出しました。

詳細な設備導入費を算出するための検討内容は以下のとおりです。

【詳細な設備導入費用の検討内容】

- 木質バイオマス設備の選定
- 木質バイオマス設備の導入コスト
- 設備導入コスト圧縮方法の検討
- 詳細な事業費の算出
- フロー図、平面図作成
- コスト圧縮した場合の設備導入試算
- 今後の検討事項について

(1) 木質バイオマス設備の選定

ひめしゃがの湯に導入する木質バイオマス設備の候補として、本事業で入手可能なチップの品質に対応できる設備を考慮し、国内でも導入実績が多い ETA 社、KWB 社、VIESSMANN 社、シュミット社（巴商会）、オヤマダエンジニアリング社の計 5 メーカーで比較を行いました（表 3-13）。

表 3-13 木質バイオマス設備メーカーの比較表

仕様	準乾燥チップボイラー			生チップボイラー	
	ETA	KWB	VIESSMANN (フィースマン)	シュミット (巴商会)	オヤマダ エンジニアリング
イメージ 画像					
出力	350kW	300kW	300kW (150kW×2台)	300kW	350kW
ボイラー 効率	92%	91.8%	95.1%以上	80%	80%以上
燃料水分	40%	45% (上限)	上限40%	50%以下 生チップ対応	50% 生チップ対応
寸法 (mm)	1,300×2,000 ×2,000	2,150×1,650 ×2,240	2,140×1,962 ×1,918 (1台あたり)	2,600×2,950 ×1,250	1,500×4,600 ×3,580

また、木質バイオマス設備の選定にあたり、4点（①設備導入費用、②木質バイオマスボイラーの効率、③メンテナンス体制、④設備導入後のフォロー体制）が重要な観点と考慮して検討しました。

【①設備導入費用】

生チップボイラーは準乾燥チップボイラーと比較して、水分の高いチップも使用できますが、その反面、機器の構造が準乾燥チップボイラーよりも複雑になるため価格も高額になると想定されます。事業費の低コスト化を考慮すると、本事業では準乾燥チップボイラーを選択することにしました。

【②木質バイオマスボイラーの効率】

準乾燥チップボイラーで比較をした場合、表 3-13 の 3 メーカーの中で一番ボイラー効率が高い機器は VISSMANN 社製のボイラーでした。ボイラー効率が高いほど、燃料であるチップの使用量（＝燃料費）の抑制ができるため、ランニングコストの低減が期待できます。

【③メンテナンス体制】

木質バイオマスボイラーの導入後、約 1 年間に 1 回程度の定期的なメンテナンスが必要となります。表 3-13 のメーカーは、ETA 社は徳島県、KWB 社は東京都、VISSMANN 社は岐阜県、シュミット社（巴商会社）は東京都（複数支社あり）、オヤマダエンジニアリング社は岩手県（東北に支社あり）に所在しています。現場での対応が必要となるメンテナンスを考えたとき、岐阜県内に事業所が VISSMANN 社は何かあった時に早期の対応が見込めることと、費用（旅費）の面で優位だといえます。また、岐阜県高山市の温泉施設でも同機種の導入実績もあります。

【④設備導入後のフォロー体制】

③とも関連しますが、導入後の安定稼働のための調整や迅速なトラブルへの対応体制が近隣地域にあることは重要であり、VISSMANN 社は③と④の観点が整っています。

ボイラー以外での燃料製造・供給に関わるフォロー体制では、高山市の温泉施設で同機種のボイラー運用および準乾燥チップ製造・搬入を行う熱供給事業者（協議会メンバー：A 社）より、ボイラー運用のノウハウや準乾燥チップの購入等のフォロー体制が構築できつつあります。

以上のことから、4点の観点を総合的に評価すると、VISSMANN 社の準乾燥チップボイラーが適していると考え、本事業では同社のボイラーを選定することとしました。

(2) 木質バイオマス設備の導入コスト

3.5.1 (6) 最適規模の選定より、ひめしゃがの湯に導入するチップボイラーは300kWを最適規模としましたが、VIESSMANN社製のチップボイラーのラインナップは135kWと150kWとなるため、150kW 2台で検討することとしました。

上述のボイラー2台の場合の事業費は、ボイラー取扱い業者の見積りより5,200万円となり、その事業費をもとに3.5.1 (5) で示した条件を用いて試算しました。

【設備導入試算の条件・考え方】 (再掲)

➤ 試算条件

チップ価格：水分30%、12円/kg

水分30%、15円/kg (参考)

➤ ボイラー効率

既存ボイラー：89% (メーカーの一般カタログ値)

チップボイラー：80% (一般値)

➤ 費用

補助率：50% (想定)

維持管理費：対象設備費の2%

固定資産税：1.4% (平均値)

法定耐用年数：13年

試算結果は表3-14のとおりです。補助を活用した場合で検討すると、チップ価格12円/kg、チップの水分30%の場合は、年間収支は1,985千円の黒字となり、投資回収は8年となります。

また、参考として、チップ価格15円/kg、チップの水分30%の場合では、年間収支は713千円の黒字となり、投資回収13年となります。

表 3-14 詳細な設備導入試算の試算結果

ケース			ケース1	ケース2
チップ価格		円/kg	12	15
既存ボイラー効率		%	89	89
導入規模	割合 対既存ボイラ	%	43	43
	化石燃料代替率	%	75	75
	出力	MJ/h	1,080	1,080
		Kcal/h	258,000	258,000
kW		300	300	
バイオマスボイラーによる エネルギー供給量		MJ/年	4,341,546	4,341,546
		Mcal/年	1,037,147	1,037,147
		kWh/年	1,205,985	1,205,985
事業費	補助なし	千円	52,000	52,000
	補助あり	千円	27,000	27,000
バイオマス燃料消費量		t/年	424	424
化石燃料使用量		L/年	46,347	46,347

《費用》

資本費	減価償却費	千円/年	1,465	1,465
	固定資産税(平均)	千円/年	385	385
ランニングコスト	バイオマス調達費	千円/年	5,088	6,360
	人件費	千円/年	0	0
	維持管理費	千円/年	1,040	1,040
	ばい煙測定費	千円/年	100	100
費用合計:①		千円/年	8,077	9,349

《削減額》

ランニングコスト	化石燃料削減量	L/年	139,753	139,753
	化石燃料削減額	千円/年	10,062	10,062
削減費用合計:②		千円/年	10,062	10,062

《まとめ》

年間収支	千円/年	1,985	713
CO2排出削減量	t-CO2	348	348

バイオマス調達費採算分岐点	円/kg	16.7	16.7
---------------	------	------	------

投資回収年数	補助あり	年	8	13
--------	------	---	---	----

(3) 設備導入コスト圧縮方法の検討

事業費の低コスト化に向けて、設備導入コスト圧縮方法を検討しました。圧縮方法は、ボイラー室の建屋をプレハブなどの簡易なものを活用し、コストを低減することが考えられます。そのほかには、分離発注などを行い、建築や設備などを地域の事業者へ依頼することや、ボイラーと蓄熱槽を組合せて、導入するチップボイラーの規模を下げるなどが考えられます。ここでは、建屋を簡易なものとして設備を導入した場合で低コスト化の検討を行いました。

検討当初の建屋は新設機械室・地下式サイロの組合せでしたが、建屋を簡素化し、プレハブ倉庫・地上式サイロ・垂直搬送装置の組合せとすることで、簡素化した分のコストが圧縮可能と考えられました（図 3-14）。



図 3-14 垂直搬送装置のイメージ

(4) 詳細な事業費の算出

検討当初の建屋構造の場合の費用は、新設機械室・地下式サイロの組合せにより 1,390 万円となりましたが、建屋を簡素化し、プレハブ倉庫・地上式サイロ・垂直搬送装置の組合せにすることにより費用は 950 万円となり、440 万円のコストダウンが可能となりました（表 3-15）。

建屋をコストダウンした場合の事業費の内訳は表 3-16 となります。

表 3-15 建屋構造の方式による費用と結論

検討当初の構造		建屋を簡素化した場合
方式	新設機械室+地下式サイロ	プレハブ倉庫+地上式サイロ（RC造）
費用	1,390 万円	950 万円
結論	建屋を簡素化することで、440 万円コストダウン	

表 3-16 低コスト化前後の事業費

	低コスト化前の事業費	低コスト化後の事業費
設備工事費	3,810 万円	3,810 万円
建築工事費	1,390 万円	950 万円
総額	5,200 万円	4,760 万円

(5) フロー図、平面図作成

チップボイラーから既存のシステムへの熱供給システムフローは以下の考えに基づき、図3-15のとおりとしました。

- 熱交換器内蔵型蓄熱槽を採用することで、これまで必要とされてきたポンプが不要となり、電気代を少なく運用することが可能と考えられる。また熱ロスも低減されると考えられる。
- チップボイラー2台は蓄熱槽の温度を感知して動作するよう自動で制御される。また、チップボイラーのみでの運転時に蓄熱槽の温度が設定温度より低下するとバックアップ用の既存灯油ボイラーも稼働するよう自動制御を行う。
- チップ搬送装置は搬送の確度が高くなるほどチップの詰まりが発生しやすい。そういった意味では垂直搬送装置は詰まりのリスクが高いが欧州での採用事例も多くあり、事業費の低コスト化の観点から検討した（ただし、垂直搬送装置はチップ運搬車からチップを受けるホッパー部の容量が少ないため、その投入に時間を要する。そのため、チップ供給事業者との事前の協議および合意が必要と考えられる）。

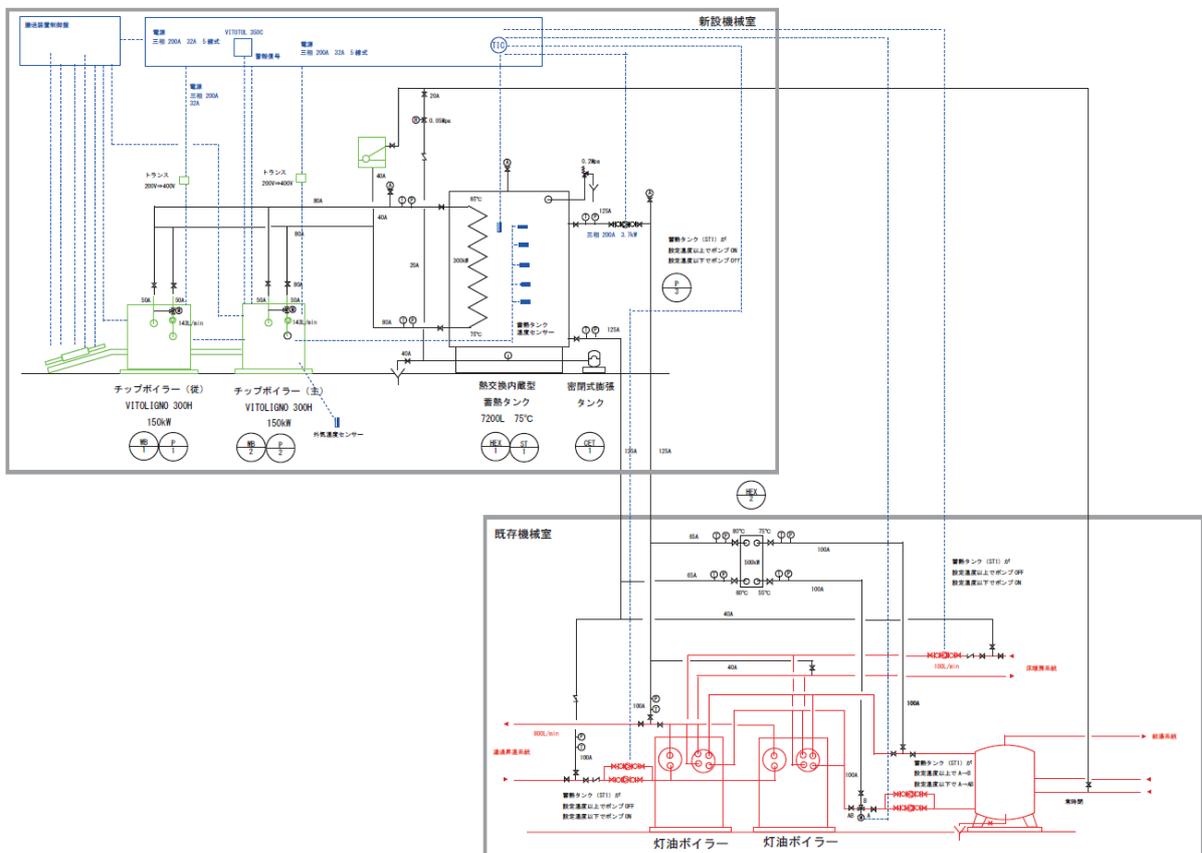


図 3-15 ひめしゃがの湯 木質バイオマスボイラーと既存熱供給システムの接続イメージ

検討した設備の設置方法は、図 3-16 に示します。

チップサイロの貯留可能量は 24m³で、1日の平均チップ使用量は 1.35t/日（6.75m³/日）のため、3.6日分の保管量となり、チップの配送頻度は1週間に2回程度となります。

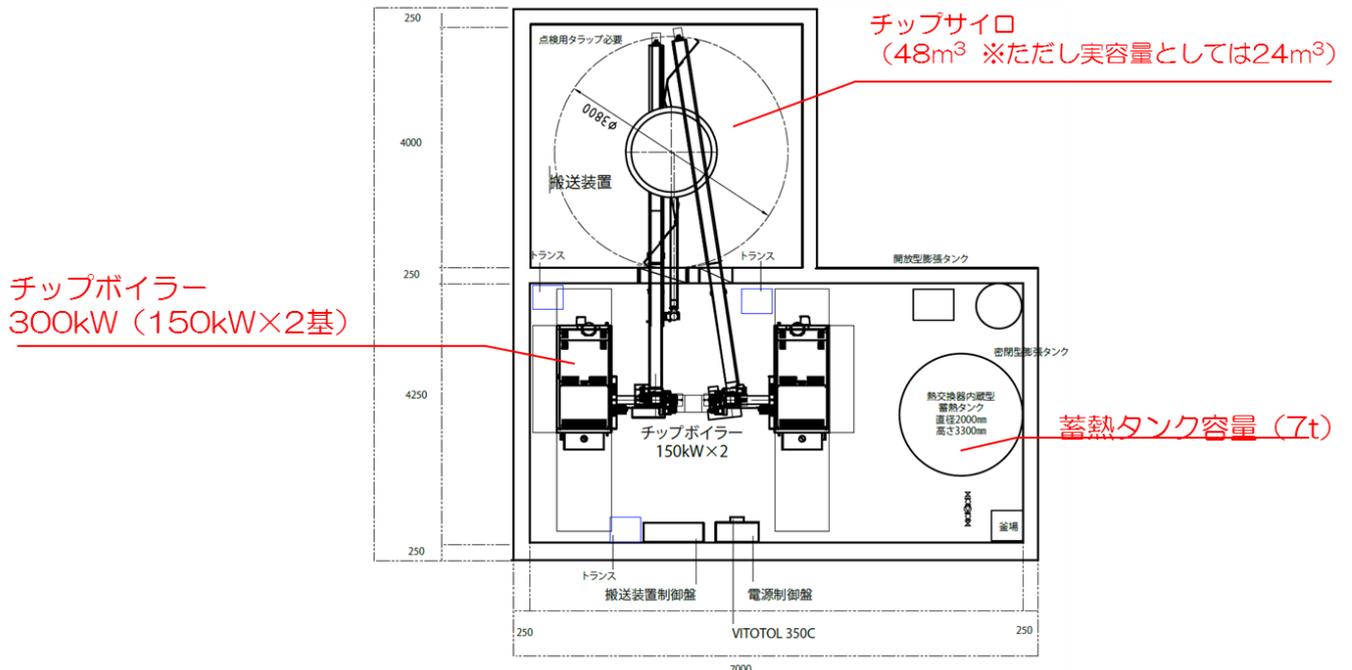


図 3-16 新設ボイラー室内配置図

(6) コスト圧縮した場合の設備導入試算

これまでの結果より、設備コストを圧縮した場合の設備導入試算結果は表 3-17 のとおりです。チップ価格 12 円/kg、チップの水分 30%の場合、年間収支は 2,229 千円/年、投資回収年数は 7 年となり、経済効果が見込まれます。

また、参考として、チップ価格 15 円/kg、チップの水分 30%の場合でも、年間収支は 958 千円/年、投資回収年数は 10 年となり、経済効果は見込まれる結果となりました。

表 3-17 低コスト化後の設備導入試算の結果

ケース			ケース1	ケース2
チップ価格		円/kg	12	15
既存ボイラー効率		%	89	89
導入規模	割合 対既存ボイラ	%	43	43
	化石燃料代替率	%	75	75
	出力	MJ/h	1,080	1,080
		Kcal/h	258,000	258,000
	kW	300	300	
バイオマスボイラーによる エネルギー供給量		MJ/年	4,341,546	4,341,546
		Mcal/年	1,037,147	1,037,147
		kWh/年	1,205,985	1,205,985
事業費	補助なし	千円	47,600	47,600
	補助あり	千円	22,600	22,600
バイオマス燃料消費量		t/年	424	424
化石燃料使用量		L/年	46,347	46,347

《費用》

資本費	減価償却費	千円/年	1,341	1,341
	固定資産税(平均)	千円/年	352	352
ランニングコスト	バイオマス調達費	千円/年	5,088	6,360
	人件費	千円/年	0	0
	維持管理費	千円/年	952	952
	ばい煙測定費	千円/年	100	100
費用合計:①		千円/年	7,833	9,105

《削減額》

ランニングコスト	化石燃料削減量	L/年	139,753	139,753
	化石燃料削減額	千円/年	10,062	10,062
削減費用合計:②		千円/年	10,062	10,062

《まとめ》

年間収支	千円/年	2,229	958
CO2排出削減量	t-CO2	348	348

バイオマス調達費採算分岐点	円/kg	17.3	17.3
---------------	------	------	------

投資回収年数	補助あり	年	7	10
--------	------	---	---	----

(7) ランニングコストの削減額の比較

3.5.2 (2) と (6) で試算した結果から、ランニングコストの削減額について整理し、比較したものを図 3-17 に示します。

低コスト化前の設備導入試算では、ケース 1 のチップ価格 12 円/kg、チップの水分 30% の場合で 198 万円/年のランニングコストの削減ができ、ケース 2 のチップ価格 15 円/kg、チップの水分 30% の場合で 71 万円/年のランニングコストの削減が期待できます。また、低コスト化後の設備導入試算では、ケース 1 のチップ価格 12 円/kg、チップの水分 30% の場合で 222 万円、ケース 2 のチップ価格 15 円/kg、チップの水分 30% 場合で 95 万円のランニングコストの削減が期待できます。

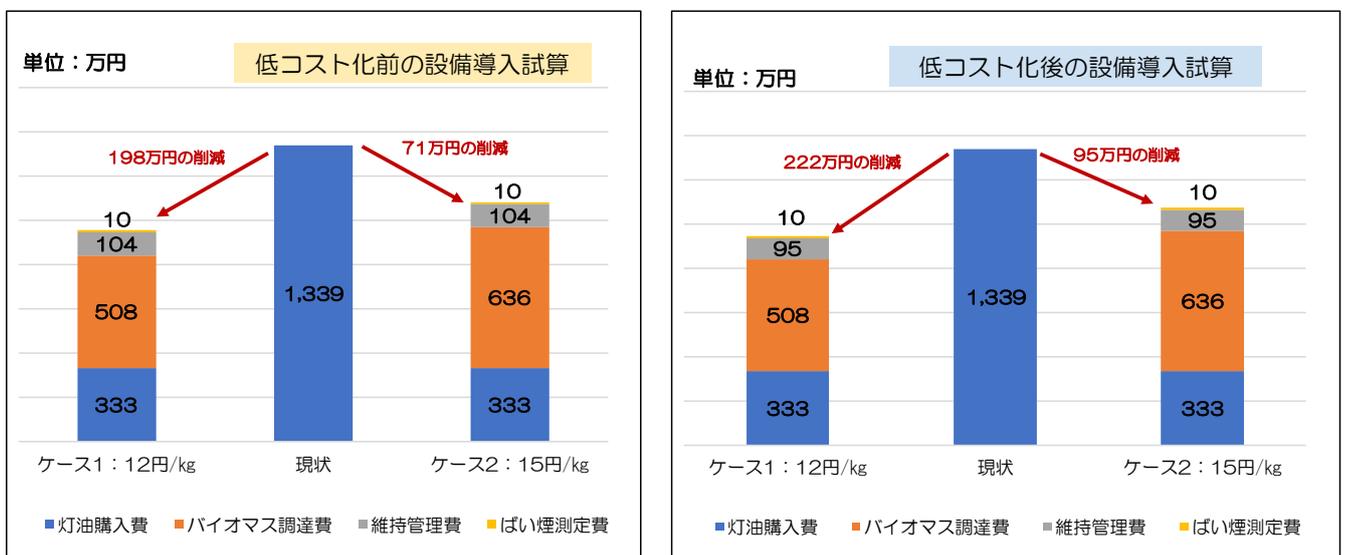


図 3-17 ランニングコストの比較 (チップ価格 12 円/kg と 15 円/kg の場合の比較)

3.5.3 小括

これまでの設備導入費用の検討から、化石燃料の既存ボイラーから準乾燥チップボイラーに設備を置き換えた場合、ランニングコストはバイオマス燃料費・維持管理費・ばい煙測定費併せて考えると約 800 万円であり、現在の燃料費が約 1,300 万円よりも 500 万円ほどランニングコストを削減できます。

また、事業費の投資回収は 7 年での回収が見込める結果となり、木質バイオマス設備を導入する効果は高いと考えます。

今後、準乾燥チップボイラーの導入の実現に向けて、さらに検討する必要があるのは、各種法規制への適合、受変電設備容量の確認等により詳細内容を決定していくことです。

4. 総括

(1) 実現可能性調査のまとめ

下呂市小坂地域における実現可能性調査の結果を、川上の原料供給、川中の燃料製造、川下のエネルギー利用で整理します。

【川上：原木供給】

木質バイオマス賦存量と利用可能量について、既存資料と聞き取り調査を行いました。調査結果より、木質バイオマスとして利用可能な森林資源は豊富にあることがわかりました。

- 木質バイオマス賦存量を推計すると、3,174,495 m³ある結果になりました。
- 木質バイオマス利用可能量を推計すると、林道延長からの場合は190,783 m³あり、連年成長量からの場合は176,474 m³ある結果になりました。
- 聞き取り調査より、実施主体として想定している森林組合では年間2,000~3,000 m³を素材生産しており、生産余力もあると述べていました。また、素材生産量のうち約30% (300~600 m³) が燃料用材として生産されています。

【川中：燃料製造】

既に燃料製造を行う小坂地域内外の事業者4社に聞き取り調査を行いました。

- 4社の製造しているチップの形状は主に切削チップで、燃料供給に対する余力と意向は事業者により条件は異なりますが、小坂地域内での供給に前向きでした。
- 本事業で候補とした準乾燥チップボイラーの燃料受け入れ条件を考慮した場合、水分30% (上限40%) が求められています。4社の中で条件を満たし、また価格面でも適したチップ (水分20%、12円/kg) があったため、適合したチップを基準に設備導入試算を行いました。

【川下：エネルギー利用】

「巖立峡ひめしゃがの湯」へ準乾燥チップボイラーの設備導入試算を行い、併せて、持続的な運営を目指して事業費の低コスト化等も検討しました。試算条件は本事業で入手可能なチップ価格12円/kg、水分30%を基準とした場合、ボイラーの最適規模は300kWです。

- 低コスト化前の導入試算では、事業費は約5,200万円 (補助あり：約2,700万円) でした。ランニングコストは約807万円となり、化石燃料使用時と比較した場合の燃料削減額は198万円/年となります。

- 低コスト化後の導入試算では、事業費は約 4,760 万円（補助あり：約 2,260 万円）でした。ランニングコストは約 783 万円となり、化石燃料使用時と比較した場合の燃料削減額は 222 万円/年となります。

(2) 今後の展開・課題

実現可能性調査結果を受けて、今後、下呂市小坂地域で検討できることを整理します。

今回の導入の検討より、川中の燃料製造は A 社を主体に燃料用の製材端材チップを供給する計画を立てています。3.1.2 (2) や 3.2 で述べましたが、A 社は小坂地域にある企業ではありませんが、導入検討した準乾燥チップボイラーに適した燃料を生産していることや、ボイラー運用に関するノウハウを有しており、また小坂地域と近隣地域との連携を目指していくには、A 社に燃料供給およびボイラー導入前後のフォローアップを受けることは適切だと考えられます。しかし、近隣地域の燃料に頼らずとも小坂地域内でも製材端材チップは生産されており、燃料用として利用することは可能でした。しかし、本事業で導入検討した準乾燥チップボイラーの燃料受け入れ条件（燃料の要求品質）に合わず、今回のひめしゃがの湯への燃料供給は見送りました。

今回は燃料供給を見送りましたが、今後、小坂地域の資源を地域内で循環して利用する構想もあるため、下記に小坂地域内で製造されている製材端材チップの活用方法を示します。なお、活用方法の検討は、①ひめしゃがの湯へのチップ供給を継続して検討する場合と②ひめしゃがの湯以外へ新規にチップ供給を検討する場合の 2 通りあります。

【①ひめしゃがの湯へのチップ供給（燃料用）を継続して検討する場合】

- **中長期計画を立てる（川上～川中、川中の場合：表 3-18）**

川上～川中：原木乾燥（天日干し）させることで、良質な燃料用チップの製造を目指す。

- 新規設備：原木乾燥させるための中間土場を設置検討
- 相談事項：各燃料製造事業者のもつ土場にて、乾燥可能な場所を間借り

川中：燃料用チップの乾燥（チップの状態で行う）

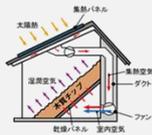
- 天日干し：土場でチップを広げて、乾燥させる
- 透湿シート：製造したチップにシートをかけて、水分を蒸発させる
- ソーラードライシステムやコンテナ乾燥（実証段階）等、様々な手法はある。

➤ チップを人力により、攪拌する

現在、入手可能なチップを木質バイオマスボイラーの品質規格等の燃料受け入れ条件に沿うように水分調整を行う（チップブレンド）。

上記の2つが検討できますが、初期投資や維持管理費、人件費等のコストは必要に応じてかかるため、どのような体制（原料供給、燃料製造・供給）にしていくかは協議することが重要です。

表 3-18 丸太・チップの乾燥方式の特徴と費用

段階	川上～川中	川中		
原料	丸太	チップ化後		
方法	天然乾燥	攪拌	攪拌+ 太陽熱による乾燥	強制乾燥
外観			<p>↓ 攪拌はホイールローダー等による</p>   <p>↓ 攪拌は自動</p> 	  <p>※ 未利用熱を使用可能な場合には燃料代不要のためメリット有</p>
工程	屋外に静置し、自然の成り行きに任せて乾かす	ホイールローダーによる定期的な攪拌	太陽光からの熱を温風に変え乾燥熱源とする/ 堆肥化施設を転用	灯油バーナーや未利用熱等の熱源からの熱で強制的に乾燥する
コスト	ヤードの舗装費 (凡そ1万円/m2程度)	建屋、ホイールローダー、人件費 (数百万円～)	ソーラードライシステム 堆肥化施設、電気代 (約2,000万円～)	熱源（ボイラー等）、乾燥機、 燃料代 (数百万円～2億円)
	低			高

【②ひめしゃがの湯以外へ新規にチップ供給（燃料用）を検討する場合】

➤ 新たな熱需要先（チップ供給販路）を発掘し、チップ供給を目指す

川下：ひめしゃがの湯以外へ新規エネルギー利用先を調査する。

- 下呂温泉の各施設や新規で木質バイオマスボイラーに興味をもつ民間施設等に対して、聞き取り調査やアンケートを実施する。

川下：入手可能な製材端材チップで、利用可能な木質バイオマスボイラー（生チップ）を想定し、導入検討を行う。

以上の2通りの活用方法を記載しましたが別の選択を行うこともできます。いずれにしても、ひめしゃがの湯のみならず、新たなエネルギー利用先を発掘し、木質バイオマスエネルギーの利活用や木質バイオマスボイラーの普及促進をしていくことで、地域内外の森林資源の利活用促進につながっていきます。今後は、ひめしゃがの湯を先進事例として、下呂市小坂地域の新たな資源をどのように利活用していくかを検討し、温泉施設の経営改善モデルとして下呂温泉ならびに近隣地域への普及啓発を目指していきます。

令和元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

岐阜県下呂市小坂地域
「地域内エコシステム」構築事業
調査報告書

令和2年3月

一般社団法人 日本森林技術協会

〒102-0085 東京都千代田区六番町7番地

TEL 03-3261-5281（代表） FAX 03-3261-3840

株式会社 森のエネルギー研究所

〒205-0001 東京都羽村市小作台1-4-21KTD キョーワビル小作台3F

TEL 042-578-5130 FAX 042-578-5131