

温泉熱の有効活用について

1. 温泉熱利用の概要
2. 温泉熱利用ガイドラインの紹介
3. 温泉熱利用を考える時のポイント

1. 温泉熱利用の概要

温泉熱利用の特徴と効果

- 高温温泉を浴用に使うために水を足したり、わざわざ冷まして温度を下げたりしているにも関わらず、シャワーのお湯を作るため化石燃料を使って水を沸かしている
- 昔から温泉を配って地域で活用しているが、実際の使用量に見合った配湯温度や流量に見直されず当時のまま運用している
- 入浴に使った後の温泉をそのまま捨てている など

「温泉熱」を十分に活かできていない可能性が高い

- 活かされていない温泉熱を使って、温水生成、温泉昇温、温泉で発電した電気による照明、温泉の放熱を活かした食品製造など、温泉熱はアイデア次第でさまざまな用途に利用することが可能。
- 国民共有の大切な資源である「温泉」のもつ熱を有効活用することで、さまざまな効果が期待される。

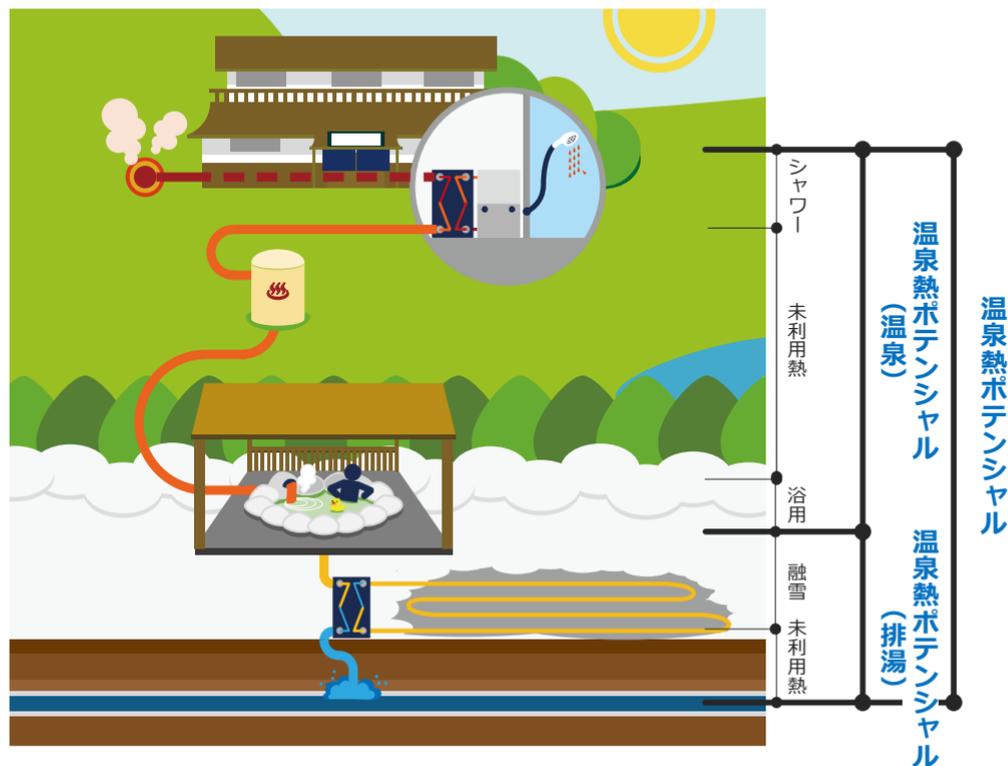


温泉熱利用により期待される効果

温泉熱ポテンシャル

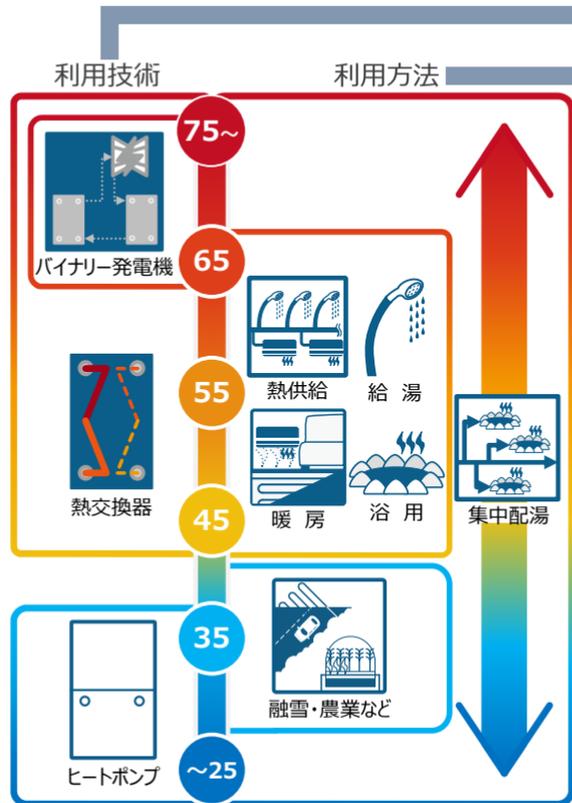
■ 温泉熱ポテンシャルの概要

- 温泉が保有している熱量を「温泉熱ポテンシャル」という
- これらの熱から浴用などの必要熱量を除いた熱量が「未利用熱量 = 活用可能な熱量」となる
- 温泉熱ポテンシャルは主に流量と温度差で決まるため、**温泉流量が多い**、また、**温度差が大きい**ほど、その熱量は大きくなる



温泉熱利用技術

- 使用する温泉の温度帯によって異なる温泉熱利用技術や温泉熱利用方法を提示

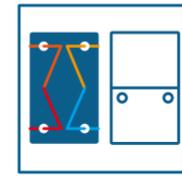


温泉熱として利用後、温泉温度に応じて二次利用、三次利用と多段階に活用

■ 紹介されている温泉熱利用技術



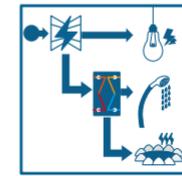
バイナリー発電



熱交換器・ヒートポンプ



温泉付随可燃性天然ガスコージェネレーション



カスケード利用 (多段階利用)

温泉に付随する可燃性天然ガスを燃料として利用

■ 利用方法について説明されている内容

利用方法	利用イメージ※1	具体的な導入事例※2
温水供給 (シャワーなど)		あかん遊久の里 鶴雅 定山溪 鶴雅リゾートスパ 森の詞 洞爺湖温泉 しみずの湯 B&Bバンシオン箱根 熱川バナナワニ園 雲仙地獄 など

この他にも、食品の発酵や製造、木材の乾燥などへ活用可能

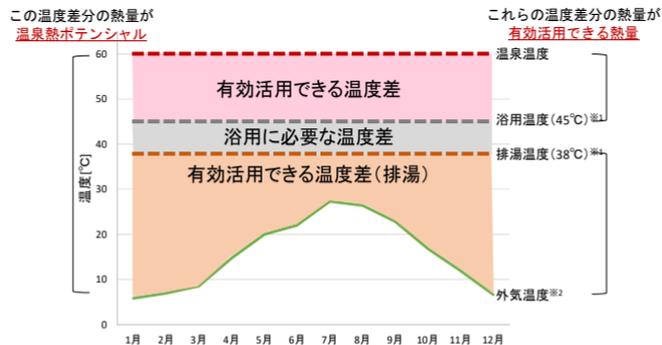
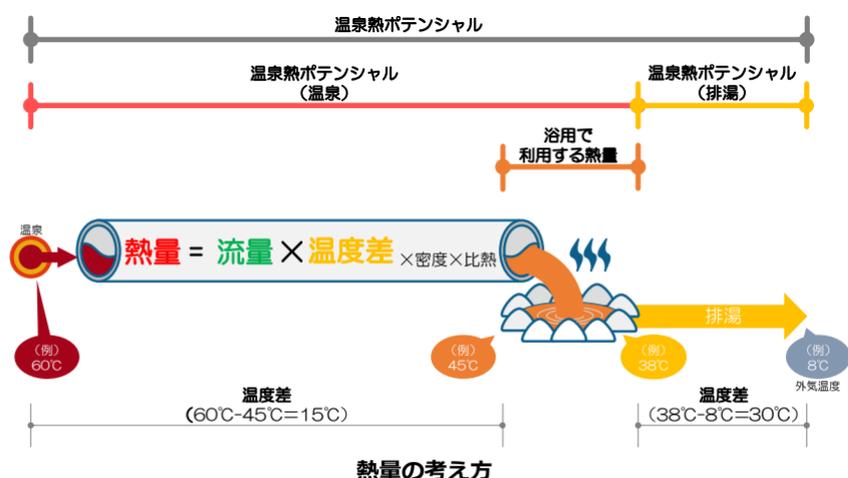
温度別 温泉熱利用方法のイメージ

※1：利用する温泉の温度帯によっては、ヒートポンプは不要 ※2：導入事例は、平成29年度温泉熱等の有効活用等検討委託業務における事例調査結果をもとに記入

温泉熱ポテンシャル

■ 温泉熱ポテンシャルの考え方（算出方法）

- 熱量とは、移動する熱の流れを数値化したものであり、主に流量と温度差により決まる。そのため流量が多いほど、また、温度差が大きいほど熱量は大きくなる。
- 浴用利用前にヒートポンプを使って温泉熱を利用する場合、温泉温度と浴用温度の差が有効活用できる温度差となる（下図のピンク部分）。また、浴用利用後の排湯を使う場合は、排湯温度と外気温度の差が有効活用できる熱エネルギーとなる（下図のオレンジ部分）。
- 60℃の温泉が150L/minで湧出している場合、有効可能な熱量（下図のピンク部分の温度差）は約157kWとなり、この熱量をボイラーでつくと約1,600万円分※3の重油代が必要となる
- 温泉熱ポテンシャルは温度差が大きいほど高くなることから、寒冷地や冬期の利用がより効果大きい。また、温泉温度が高い場合には、さらなる温泉熱ポテンシャルが見込まれる。



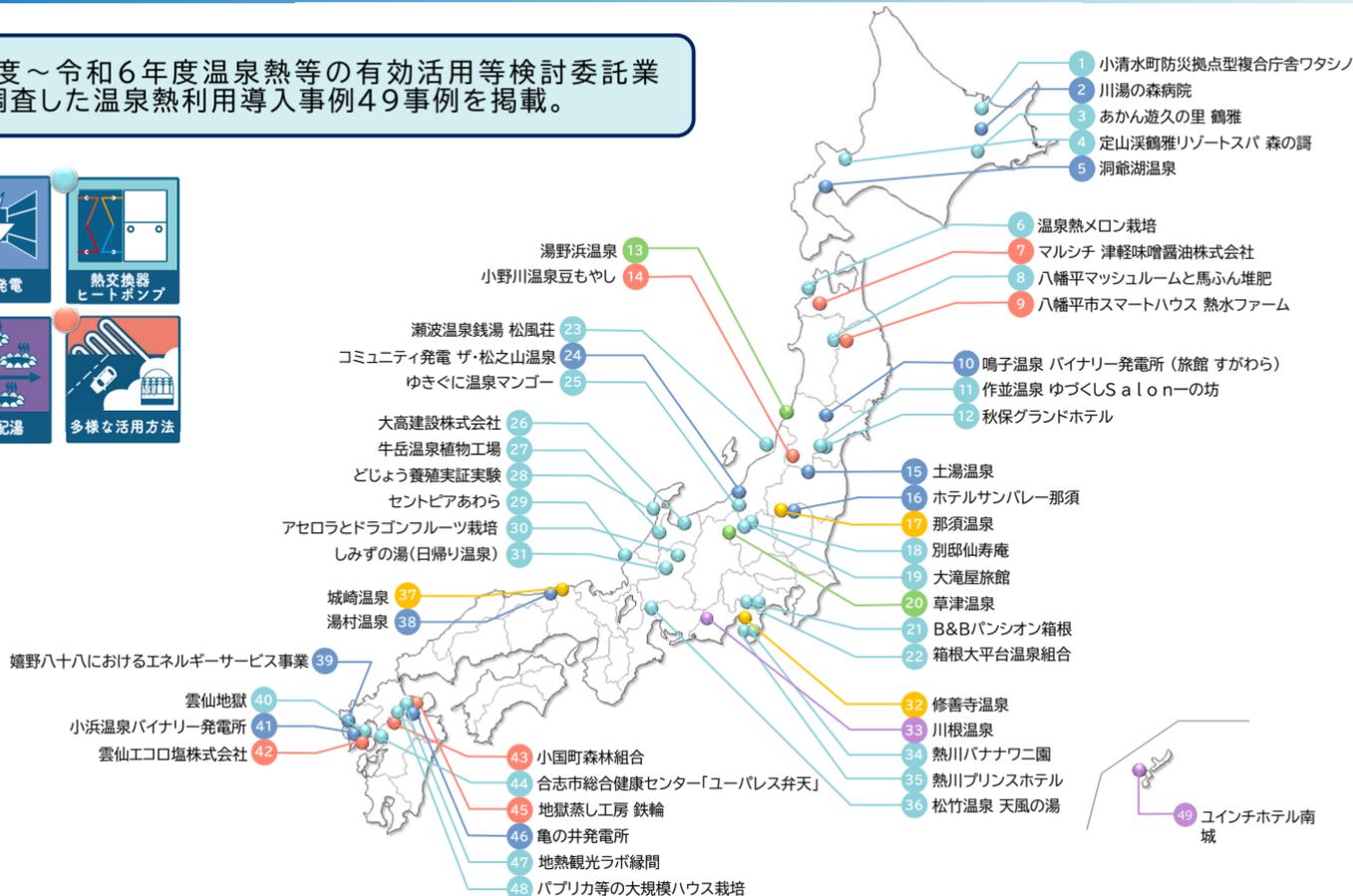
温泉熱ポテンシャル

(※1：浴用温度を45℃、排湯温度を38℃と仮定、
※2：北関東の外気温度を想定)

※3：ボイラー効率0.8、ボイラー運転時間8,760h/年、重油発熱量39.1MJ/L、A重油単価102円/L、比熱=4.2[kJ/kg・K]、密度1,000kg/mとした場合の試算値

温泉熱利用の導入事例

「平成29年度～令和6年度温泉熱等の有効活用等検討委託業務」にて調査した温泉熱利用導入事例49事例を掲載。



※原則、都道府県ごとに緯度順(緯度が同じ場合は経度順)で表記しています。また、複数の方法で温泉熱利用を行っている事例に関しては、主に行われている温泉熱利用方法の事例として分類しています。

集中配湯

配管を通して、温泉や、温泉を活用して作った温水を、周辺施設に配ることで、温泉資源を有効に活用した魅力的な街づくりができます。



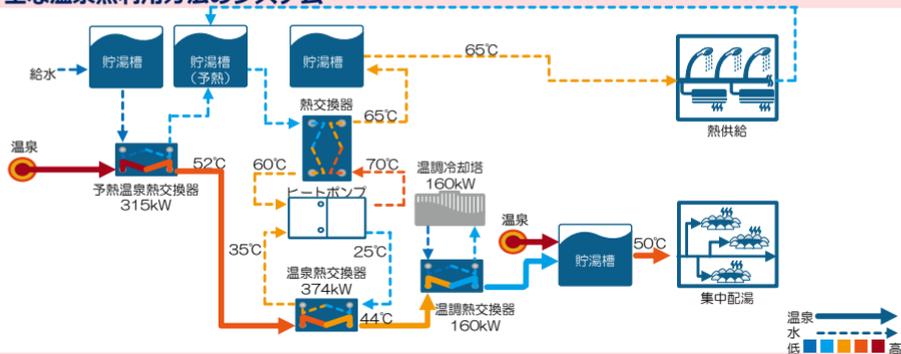
概要

温泉の集中管理により周辺施設へ温泉供給を実施している。
また、その温泉（60℃程度）を熱源としてヒートポンプを用いて温水を作り、周辺旅館等に温泉の配湯とあわせて温水の供給を行うとともに、各施設の温泉量制御による浴槽加温、熱源機器の高効率化等も同時に実施することで、省エネルギー化を実現している。

所在地	山形県鶴岡市
泉質	塩化物泉
温泉温度	65℃
利用温度	65℃
利用温泉	既存温泉
総事業費	11億5,000万円（一部補助金あり）

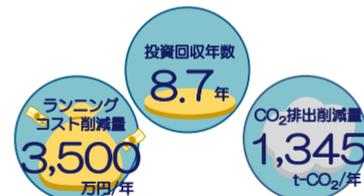


主な温泉熱利用方法のシステム



主な効果

- ・コスト削減
- ・CO₂排出量削減



※ランニングコスト削減効果、CO₂排出量削減効果、投資回収年数はヒアリング先による推定値（重油、灯油等使用量削減による効果）

合志市総合健康センター「ユーパレス弁天」



事例集
(R6改訂版)
P.38参照

温泉熱の給湯利用

熱交換器を使って、温泉熱（浴用利用の余剰分）で上水をあたため、給湯に活用しています。



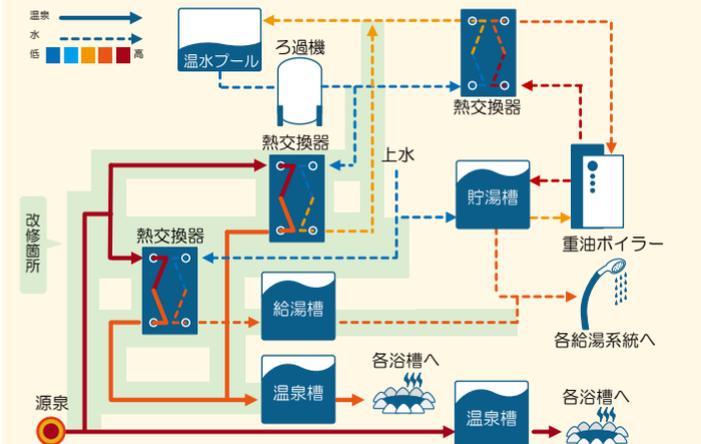
概要

64℃の源泉を熱交換し、シャワーの給湯及びプールの昇温に利用している。かつては浴用利用のために高温源泉に加水をする一方で、シャワーの給湯やプールの昇温に大量のA重油を使用していた。ボイラーの故障をきっかけにエネルギーコストの見直しの必要があることが分かり、温泉熱利用の検討を始めた。近隣事例の情報収集や導入先への視察等積極的な調査を行うことで、温泉熱についての知識を拡充するとともに、不安の払拭にもつながり事業実現となった。

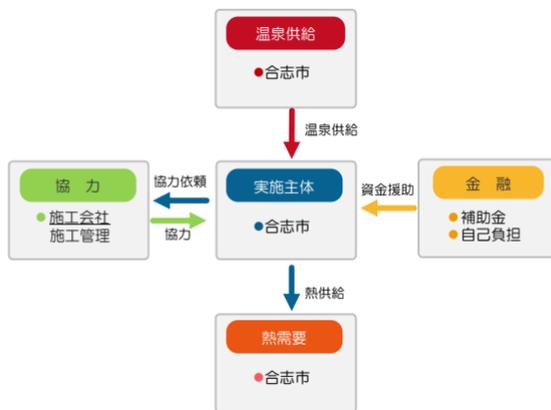
事業者名	合志市
所在地	熊本県合志市
泉質	ナトリウム-塩化物・炭酸水素塩泉
温泉温度	68℃
熱利用温度	64℃
事業開始	2021年
総事業費	79,600千円



主な温泉熱利用方法のシステム



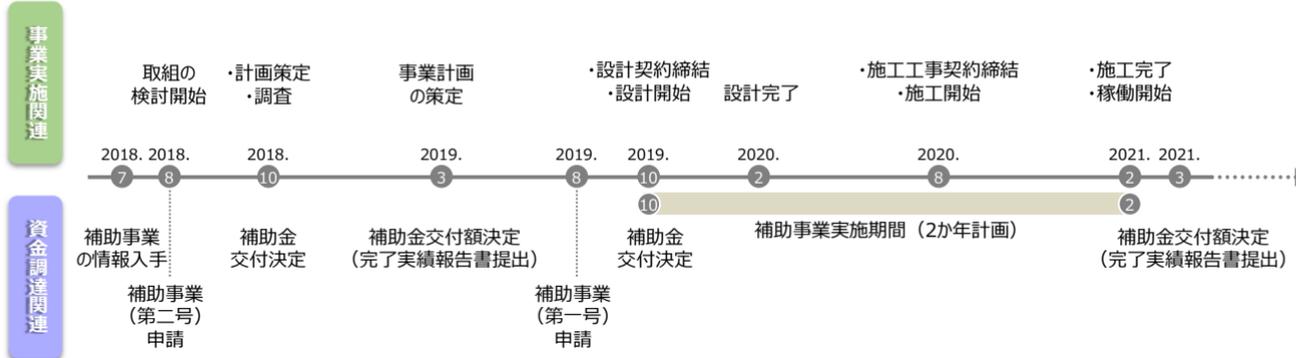
実施体制



合志市総合健康センター「ユーパレス弁天」

事例集
(R6改訂版)
P.38参照

事業検討の流れ

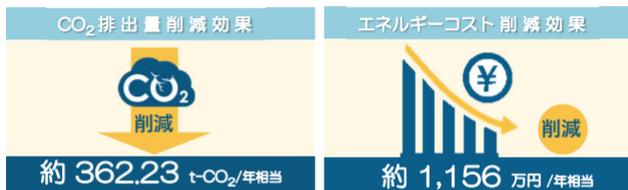


事業実施の際の課題と解決策

課題発生時期	課題	解決策
設備導入時	<ul style="list-style-type: none"> 市単独の予算での実施、設備工事だけの施設休止が困難であった 温泉成分に金属が含まれていた 	<ul style="list-style-type: none"> 補助金を活用し、他の大規模工事のタイミングに合わせた 専門家からの意見を参考にした（現在はメーカーに相談しながら管理している）
補助金利用検討時	<ul style="list-style-type: none"> 施設の運営状況に応じた設備フローの決定に苦労した 	<ul style="list-style-type: none"> 設計事業者との綿密な打ち合わせにより運用状況の把握を行った
補助金申請時	<ul style="list-style-type: none"> 提出書類が多かった 容易に準備できない提出書類があった 	— (特になし)
補助金採択後(事業実施中)	<ul style="list-style-type: none"> 指定管理者と市との意識の違い（計測する上で削減効果を意識するかどうか） 	— (特になし)

主な効果

- 市のCO₂削減アクションの一つとなっている



今後のビジョン

- 温泉熱利用割合の増加
- 県内における導入の先導的な役割として、温泉熱の自立的普及促進に向けた横展開を図る

作並温泉 ゆづくしSalon一の坊



事例集
(R6改訂版)
P.23参照

温泉熱の給湯利用

熱交換器を使って、温泉熱（浴利用の余剰分）で上水をあたため、給湯に活用しています。



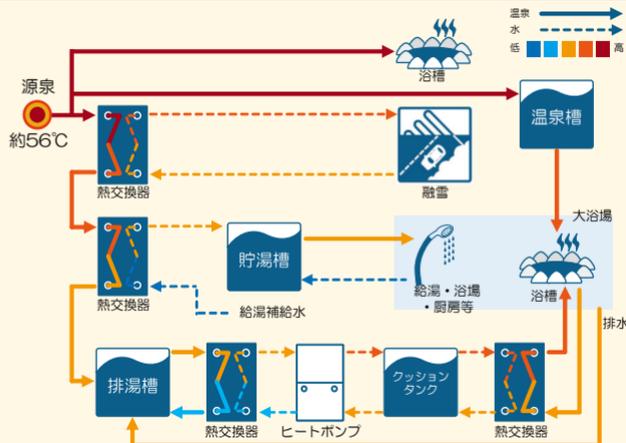
概要

56℃の源泉を熱交換し客室・浴場・厨房等の給湯の昇温に、浴場（浴槽、シャワー等）の排湯熱を循環浴槽の保温に利用している。融雪回路はヒートポンプ採熱温度を低下させるための源泉減温機能としての役割がある。光熱費削減検討の結果、効果が高いと判明した排湯熱利用を事業化。先に取り組んだグループ会社で重油使用量が大幅に削減されたことから、本事業へ横展開することとなった。

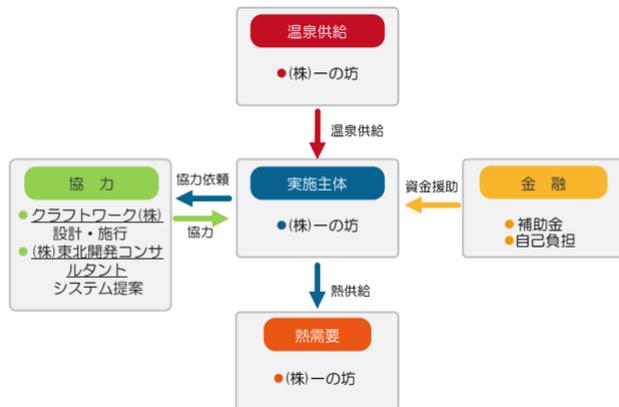
事業者名	(株)一の坊
所在地	宮城県仙台市
泉質	塩化物泉
温泉温度	56℃
熱利用温度	56℃
稼働開始	2021年
総事業費	34,000千円



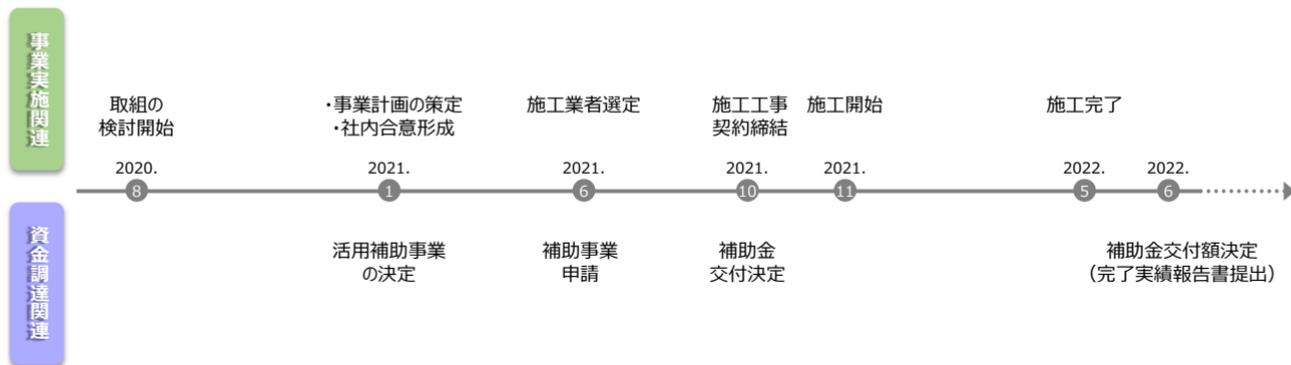
主な温泉熱利用方法のシステム



実施体制



事業検討の流れ

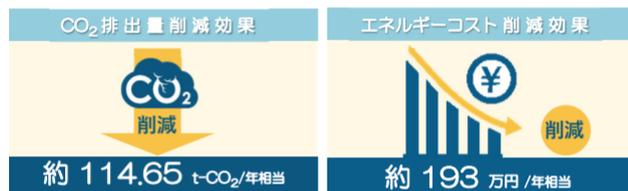


事業実施の際の課題と解決策

課題発生時期	課題	解決策
設備導入時	・目標投資回収年数(6年)を実現するための初期費用の低減	・環境省、県の補助金活用
補助金利用検討時	— (特になし)	— (特になし)
補助金申請時	・提出書類が多かった	— (特になし)
補助金採択後(事業実施中)	— (特になし)	— (特になし)
事業実施後(導入後)	・異物混入によるポンプ停止 ・源泉槽の熱不足	・検討中

主な効果

- ・情報発信や取材などによる、全国の旅館や事業者への普及



※: CO₂排出量削減効果とエネルギーコスト削減効果は補助事業実績報告書に基づく。

今後のビジョン

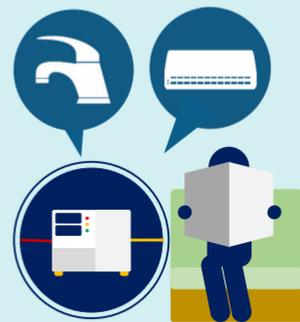
- ・グループ会社のだいこんの花・松島一の坊への展開

オリオンモトブ リゾート&スパ



給湯利用 空調利用（冷房）

水熱源ヒートポンプの熱源水の特長として温泉を利用することで、冷房や暖房へ活用できます。



概要

環境共生リゾートの創生を目指し、2014年に開業。リゾートホテルとしての快適性を保ち、太陽熱、温泉熱、地下水、クールビット、デシカント空調、ヒートポンプなど、沖縄が故の環境に配慮した先進的な「水と空気のトータルエネルギーシステム」を構築。低温の温泉（約25℃）を揚湯し、昇温して浴用利用している。この温泉排湯から熱回収を行い、水熱源ヒートポンプの熱源として利用し、温水を作っている。生成した温水は、給湯やデシカント空調のローター再生用の熱源の一部を賄っている。

所在地	沖縄県国頭郡本部町
泉質	塩化物泉
温泉温度	約25℃ ※季節による
利用温度	35℃（温泉排湯温度）
利用温泉	新規温泉
総事業費	約110億（一部補助金あり）※温泉熱利用以外含む

主な効果

- ・コスト削減
- ・CO₂排出量削減



※計画段階における同規模（約240室）のリゾートホテルと比較した場合の試算値

※温泉熱利用に限らずシステム全体での効果試算値

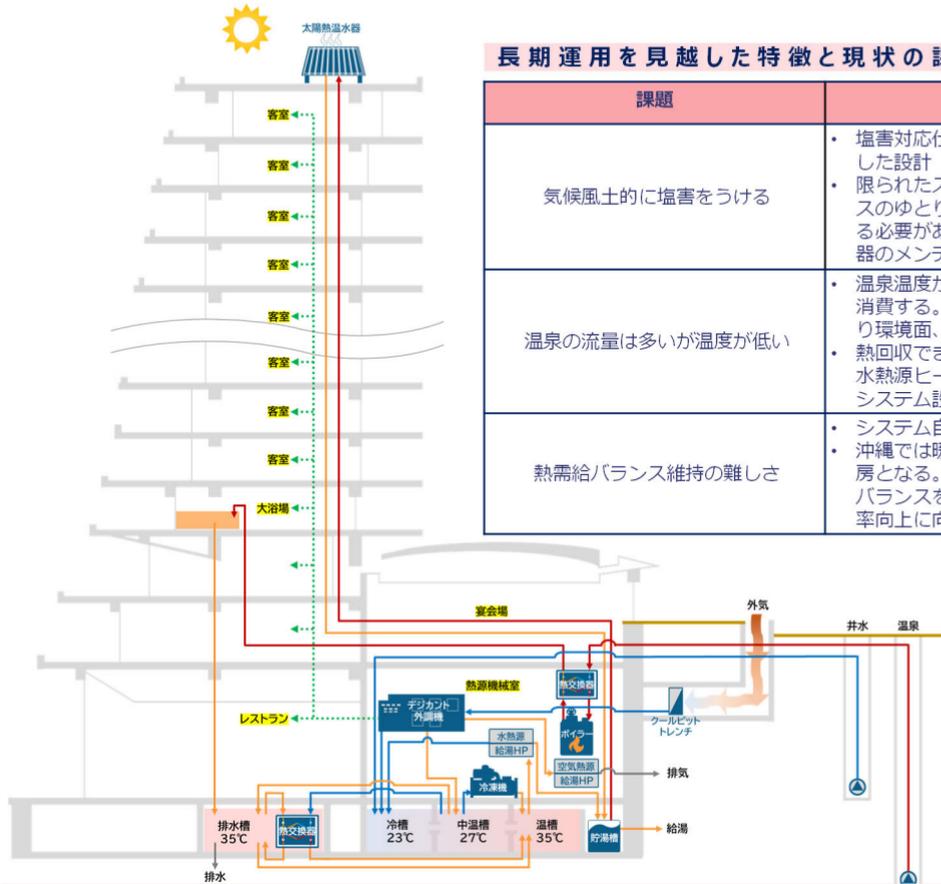
事業実施の際の課題と解決策

課題発生時期	課題	解決策
設備導入時	・複雑なシステムがうまく稼働するか	・設計事務所、施工会社等関係者との綿密な打ち合わせによる理解促進
補助金利用検討時	・当時の課題は不明	・当時の解決策不明
事業実施後（導入後）	・メンテナンス ・冬場の温泉排湯からの熱回収温度不足によるシステム全体の効率低下	・メーカー等とも協力した定期的なメンテナンスの実施（部品交換等含む） ・検討中



オリオンモトブ リゾート&スパ

主な温泉熱利用方法のシステム



長期運用を見越した特徴と現状の課題

課題	解決策
気候風土的に塩害をうける	<ul style="list-style-type: none"> 塩害対応仕様にするとともに、機械室内の設置を基本とした設計 限られたスペースでの機械室であるため、メンテスペースのゆとりはあまりとれる余裕がないため、故障は避ける必要がある。そのため、メーカー等とも協力した各機器のメンテナンスはきちんと実施
温泉の流量は多いが温度が低い	<ul style="list-style-type: none"> 温泉温度が低いため昇温が必要となりエネルギーは多く消費する。排湯の熱利用が行えるとエネルギーロスは減り環境面、経済面で効果的 熱回収できる温度は中温体22~27℃程度となるため、水熱源ヒートポンプの熱源として使うことを前提としたシステム設計をされている
熱需給バランス維持の難しさ	<ul style="list-style-type: none"> システム自体は中央監視装置により管理している 沖縄では暖房はほぼ不要であるため、熱需要は給湯と冷房となる。外気温変化、お客の入数などにより、熱需給バランスを保つことが難しい。また、温泉排湯の熱回収率向上に向け、対策を検討中

注1) 夏場の温泉熱の動きにフォーカスした設備システムを中心に簡略化して記載しています。

注2) 掲載しているシステム図では、記載していませんが、デシカントをはじめ、ボイラーによる温泉昇温など、季節や気温などの要因により機器の動きに違い生じるものもあります。

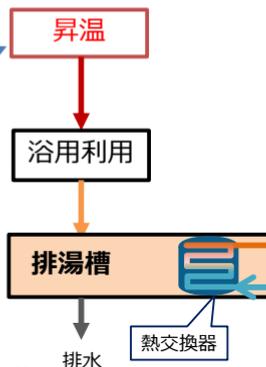
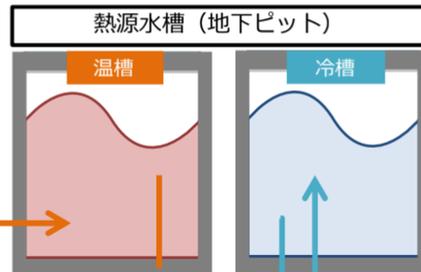
オリオンモトブ リゾート & スパ

※温泉熱にフォーカスした流れのみ示しています

設備写真 (温泉貯留槽)



設備写真 (各温度帯の水槽)



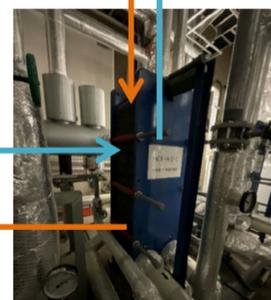
設備写真 (デシカント外調機)



設備写真 (ヒートポンプ)



設備写真 (各槽と各熱源水との熱交換器)



シャワー等



ローター乾燥熱源

高温貯湯槽

～温泉熱利用の効果と特徴～

- 温泉は豊富にあるが利用しきれていない。
- 中低温でも採熱できる。（排湯も利用可能）
- 化石燃料の使用量を削減させ地球温暖化対策や省エネに貢献
- 環境教育への活用
- 地域・経済の活性化 など



期待できそうなのはわかったけど、どうすれば・・・？



「ガイドライン」と「パンフレット」をまずはみましょう

2. 温泉熱利用ガイドライン

ガイドラインの目的と構成

- 温泉熱利用を適切に行うためには、取組実施者が温泉熱利用について理解されたうえで検討を進めることが重要
 - 温泉熱利用の**導入効果の理解**を深めるとともに、**導入検討の円滑化に役立つ情報**を提供する
 - 温泉を利用している方や温泉熱に興味・関心のある方を対象とする

第1章：温泉熱利用の概要

温泉熱利用概要、本ガイドラインで解説する内容、ガイドライン対象利用者について説明

第2章：温泉熱利用技術・方法について

温泉熱を利用した熱利用技術と利用方法について説明

第3章：温泉熱利用導入検討手法について

「温泉熱の効果的な導入モデル（温泉発電、温水供給（個別）、熱供給、集中配湯）」を提示
また、これらの温泉熱利用を実施するための導入手順や検討内容、**合意形成構築の重要性**等を説明

第4章：温泉熱利用事例紹介

温泉不随可燃性天然ガスコージェネレーション、温泉発電、熱交換器・ヒートポンプ、熱供給、集中配湯、多様な活用事例として、温泉熱を活用した6つの実事例を紹介

第5章：温泉熱利用を検討するうえでのポイント

温泉熱利用の導入検討を進めるうえで生じる**課題と想定される対策例**を、調査・検討、設計、施工、運用の4つの検討段階別に提示

別添1：事例集

当該業務で昨年度までに実施した事例調査結果を基に、温泉熱利用先進導入事例を掲載した事例まとめ「温泉熱利用事例集」

別添2：パンフレット

ガイドラインの内容を簡略化・容易化したパンフレット「温泉熱の有効活用にむけて」

別添3：温泉熱利用検討ツール

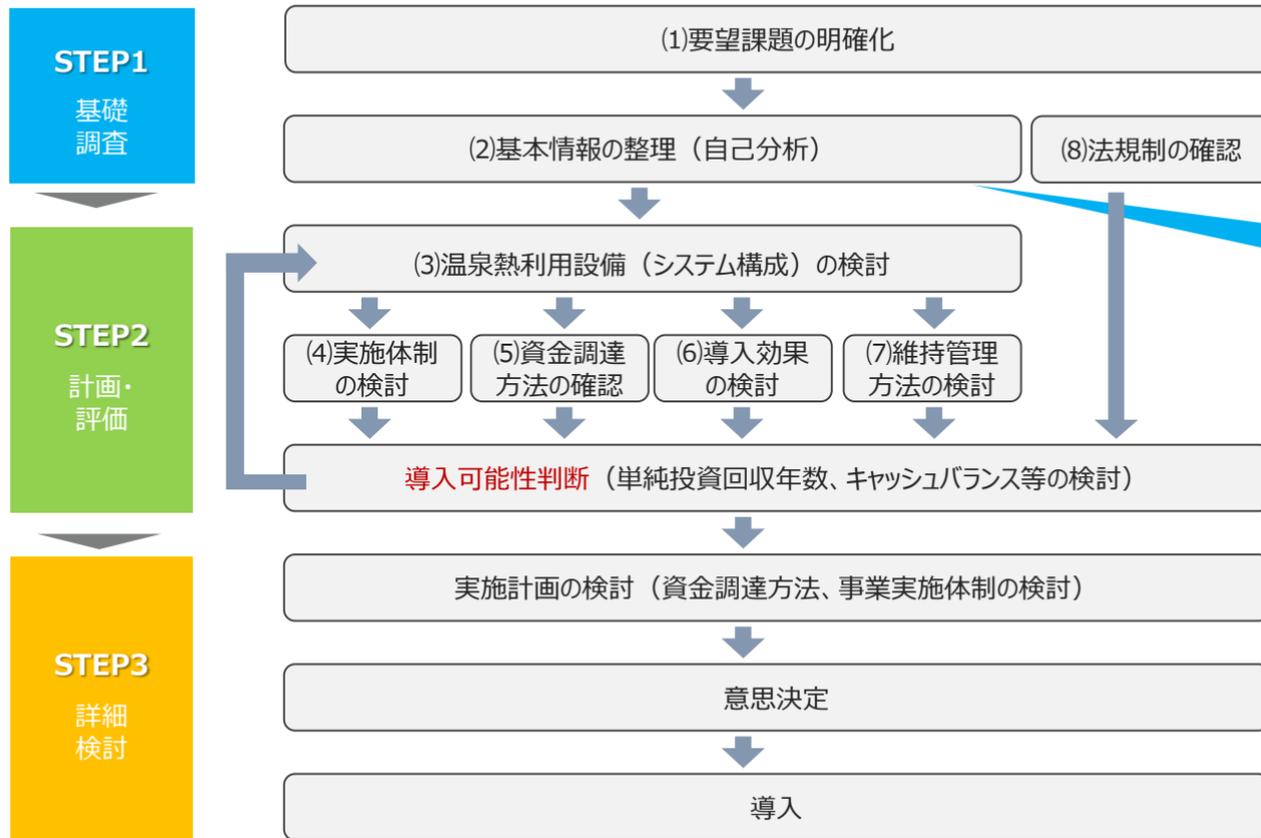
現状把握や今後の検討方針整理のための「自己分析ツール」

別添4：参考資料（ケーススタディ）

ガイドライン本編「3. 温泉熱利用導入検討手法について」にて説明されている温泉熱利用導入のための検討手順や方法に従い、試算したケーススタディ（検討事例）を紹介

第3章：温泉熱利用 導入検討手法について

- 温泉熱利用を導入する際の検討手順と、各手順での検討内容を提示

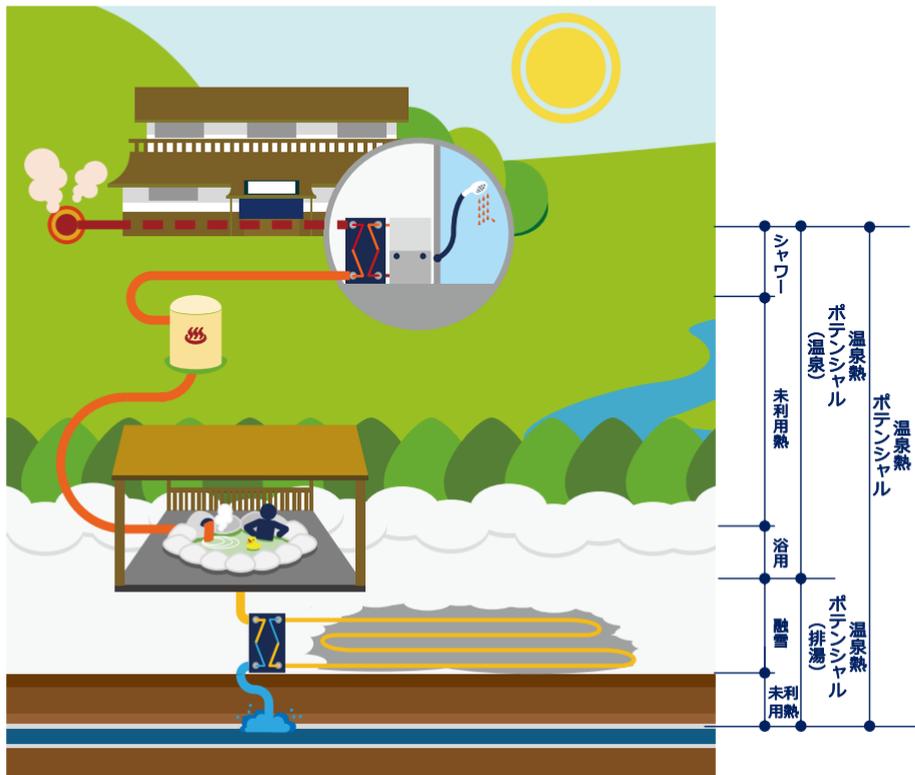


温泉熱利用導入検討手順

第3章：温泉熱利用 導入検討手法について

STEP1 - (2) 基本情報の整理

- 導入可能な温泉熱利用技術の検証に向け、施設や使用する温泉に関する基本情報の整理方法を提示



■掲載している基本情報の整理方法

- 現状システムの把握方法
- 熱需要量の把握方法
- 実施体制・維持管理方法検討のための情報収集方法
- 温泉熱の有効利用率の把握方法

温泉熱利用率の試算例



排湯熱利用率の試算例



現在の熱利用率とまだ使える熱量がどれだけあるかを確認することで、円滑な検討が可能に。

ガイドラインには、詳細な試算方法を記載。
また、自己分析ツールを使って実際に試算することも可能。

*放熱ロスは、温泉熱ポテンシャルに対する10%と仮定

第5章：温泉熱利用を考える時のポイント-1

- 温泉熱利用の導入検討を進める際に生じる課題は、調査・検討、設計、施工運用など、検討段階によって異なる。想定される課題と対策例を示す。なお、全段階を通じて、定期的なメンテナンスの実施を念頭に置くことが重要である。

温泉熱利用に係る課題と対策例

段階	想定される課題	対策例
調査 検討	<ul style="list-style-type: none"> ・熱利用予定温泉の温度、流量、温泉熱ポテンシャルを把握していない ・現状ある課題や、技術導入による効果を把握していない(コスト削減、CO2削減、副次的効果など) ・温泉成分が与える影響を把握していない(スケールの付着率など) ・熱需要量の実態を把握していない 	<ul style="list-style-type: none"> ◆十分な現場調査等による現状把握と検討 ・モニタリング等により、中長期的な温泉温度・流量データを取得・確認する ・使用している機器で使う温泉量ではなく、実際に必要な温泉量を把握しておく ・温泉熱利用導入後もモニタリングを継続して行うことで、温泉熱利用による影響状況を確認する ・温泉温度・流量データと「自己分析ツール」なども活用し、温泉熱ポテンシャルや期待される削減効果の試算を行う ・十分な現場調査と検討により、現状みえていない課題までクリアしておく
	<ul style="list-style-type: none"> ・加水しないと必要な温泉量を賄うことができない 	<ul style="list-style-type: none"> ◆十分な現場調査等による現状把握と検討 ・元々加水により温泉温度を下げている施設で、温泉熱利用による温泉温度の適温化を図る場合、加水量が減り、温泉量が減ったように見える。つまり、浴用利用前の段階で熱をとることで湯温が下がることから、加水していた分の温泉量は減る。そのため、その可能性を理解しておく ・モニタリング等により、安定した供給がされているか、また、加水をしなくとも必要湯量を確保できるかを確認する
	<ul style="list-style-type: none"> ・温泉熱利用導入に必要な費用が足りない可能性がある 	<ul style="list-style-type: none"> ◆資金調達方法の把握 ・自己資金だけでなく使用可能な補助金の要件等を確認し、そもそも活用可能かを事前に把握しておく ・環境省主催のセミナーや補助事業申請代行業務を行っているコンサルティング会社・出入りのメーカー業者などに相談し、補助金の最新情報を収集・検討する
	<ul style="list-style-type: none"> ・新たな機器を設置できるか把握できていない 	<ul style="list-style-type: none"> ◆適切な設置スペースの把握 ・機器の設置スペース(機械室内や屋外等の余剰スペース)の目星をつけておく
	<ul style="list-style-type: none"> ・補助金利用による工期への影響 	<ul style="list-style-type: none"> ◆補助金活用方法の把握 ・補助金を活用した場合、施工完了期限が生じる。そのため、長納期品については、メーカーや代理店に納期を逐一確認しながら影響範囲を把握したうえで工事を進める
	<ul style="list-style-type: none"> ・年間の稼働期間が短いと採算性が低下する 	<ul style="list-style-type: none"> ◆費用対効果の検討 ・補助事業の活用や能力に影響のない範囲での機器容量の縮小等インシヤルコスト低減に向けた検討を図るとともに、費用対効果の高い運転方法・時間等を検討する

第5章：温泉熱利用を考える時のポイント-2

温泉熱利用に係る課題と対策例

段階	想定される課題	対策例
設計	<ul style="list-style-type: none"> ・熱源のバックアップ（補助熱源）の検討が必要 ・温泉スケール付着等による故障 	<ul style="list-style-type: none"> ◆バックアップ（非常時の運転方法等）の考慮 ・メンテナンス方法を考慮した機器を選定する ・故障時や清掃時の営業形態を事前に検討する ・故障時や清掃時でも継続して営業するために必要なバックアップを考慮する
施工・運用	積雪、温泉成分・塩害等による腐食、高温環境が機器に与える影響	<ul style="list-style-type: none"> ◆適切な設置スペース（広さ、設置場所）の把握 ・積雪の多い地域や海沿い地域に設置する場合は、設置場所を検討する（屋内設置など） ・設置場所が高温となる場合は、十分な換気経路を確保する ・精密機器については、空気中の温泉成分（硫黄など）による腐食や温度・湿度による影響を受けやすいため、設置場所や設置方法に配慮する ・適切な設置場所の検討だけでなく、メンテナンスに対応できる十分な設置スペースを確保する
	熱源を変更することで、生じる影響を把握できていない（ボイラークラヒートポンプなど）	<ul style="list-style-type: none"> ◆適切な設置スペース（広さ）の把握 ・現状よりも広い設置面積が必要な場合があるため、十分な設置スペースを確保する ◆その他 ・化石燃料から電気由来の熱源に変更した場合、現状よりも大きな電気容量が必要となるため、契約電力の見直し検討を行う
	<ul style="list-style-type: none"> ・旅館営業への影響（休業、営業時間短縮、浴槽利用時間への配慮等） ・騒音対策の必要性 ・設備工事にとまらぬ、停電や断水への対策の必要性 ・機器故障による旅館営業への影響 	<ul style="list-style-type: none"> ◆影響範囲の把握 ・施主・施工業者で密に情報を共有し、休業やメンテナンスのタイミングなど、対象施設の営業に支障のない施工計画を進める ・休業となる場合は、旅行者者に影響が生じる場合もあるため留意する ◆定期的なメンテナンスの実施 ・故障してからの対応では機器の交換に時間を要する場合もあるため、故障しないよう定期的なメンテナンス等により万全を期す ・泉質によっては、分解洗浄等、自分で手入れすることでメンテナンス費用の抑制を図る ・機器によっては、定期点検の義務があるため留意する ・メンテナンス費用を組み込んだ年間予算計画を立てる

別添4：ケーススタディ

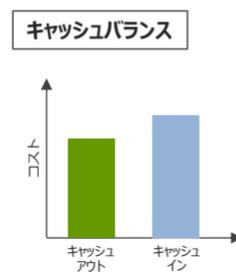
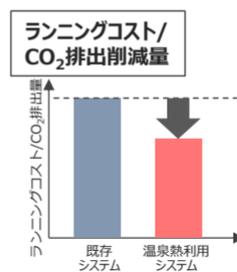
- ・ 実在する温泉地を対象に行った温泉熱利用システム導入のための実現可能性調査結果を提示

■ ケーススタディ事例一覧

No.	対象地	温泉熱利用モデル
1	A温泉	バイナリー発電モデル
2	上山田ホテル	温水供給(個別)モデル
3	B旅館	温水供給(個別)モデル
4	C温泉	熱供給モデル
5	D温泉	集中配湯モデル

■ ケーススタディ掲載項目

- (1) 温泉熱利用を取り組もうと考えた**背景と目的**
- (2) 対象建物・温泉の**概要**
- (3) **システム構成**の検討
- (4) **実施体制**の検討
- (5) **資金調達方法**の検討
- (6) **導入効果**の検討（環境効果、経済効果、事業性評価）
- (7) **維持管理方法**の検討
- (8) **法規制**の確認
- (9) ケーススタディを通じて抽出された**課題とその解決方法（案）**
- (10) **温泉熱利用率**（温泉熱利用率・排湯利用率）



別添 4 : ケーススタディ (試算事例紹介-1)

上山田ホテルにおける温水供給 (個別) 事例 試算結果抜粋

※ 詳細は、ガイドラインP.46~94を
ご参照ください

■ 背景・目的

- 120年の歴史をもつ温泉地だが、**観光客数・観光消費額ともに減少傾向**にあり、東日本大震災以降、枯渇性資源のさらなる重要性がクローズアップされる中、**経費削減**が重要な経営課題のひとつとなっている
- 試行的に温泉排湯の有効利用を行っているが、**全面的な利活用**には至っていない→温泉排湯の熱回収を行い、**燃料経費削減・CO2排出量の削減**を図る

■ 施設概要

所在地：長野県千曲市

用途：宿泊施設 (客室数：40室、収容可能人数：239人)

■ システム構成 (温泉温度・流量等情報は図中参照)

