温泉設備高効率化改修促進の手引き

環境省

１．背景と目的

温泉は地域固有の熱源であり高いポテンシャルを秘めているものの、熱源である温泉を供給するための設備が老朽化し、そのポテンシャルを十分発揮できているとは言えない温泉地も多くあります。

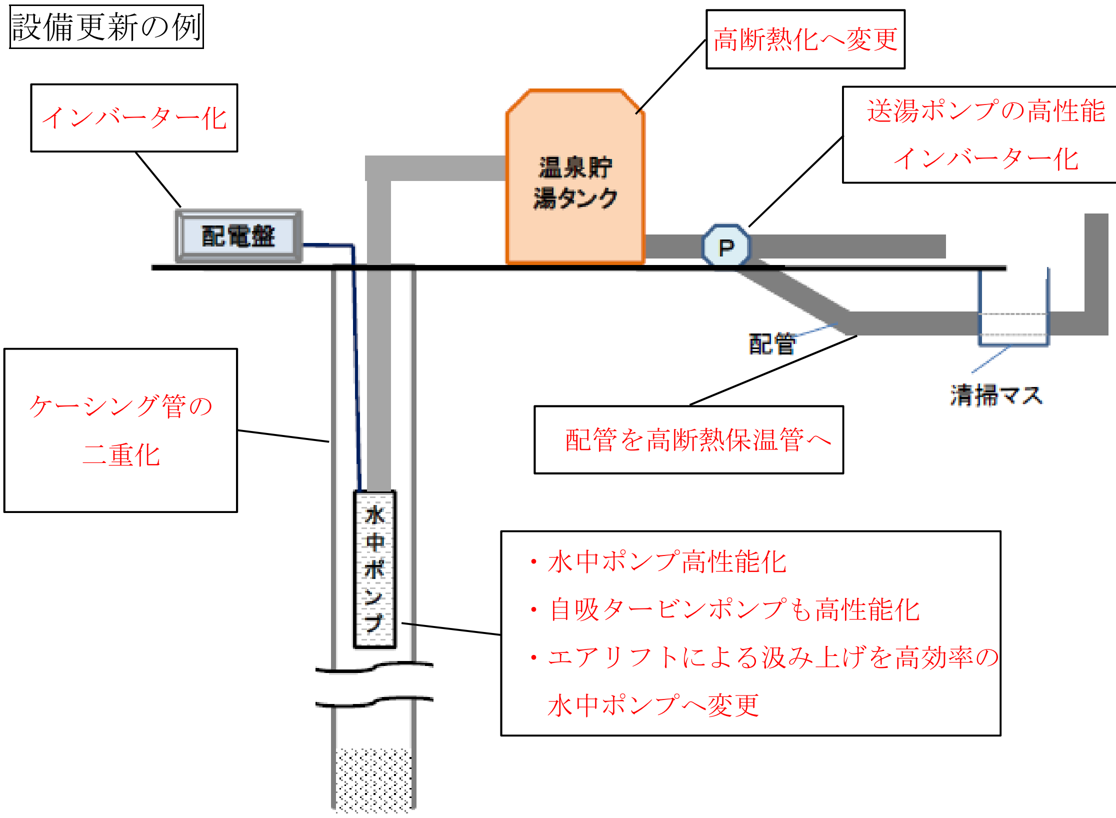
特に温泉の集中管理は資源保護及び温暖化対策の観点から多くの温泉地で導入されている仕組みですが、その多くが導入から 30～40 年が経過し更新が必要となってきております。更新が必要な設備を使い続けることは、漏湯や故障につながり、円滑な温泉の利用に影響が生じるリスクがあります。また、配管等の保温効果が十分でないと、利用施設において改めて加温するなど非効率な運用となってしまいます。

高断熱配管など高効率な設備に改修を行い温泉熱の有効活用等を図ることで、燃料・電気使用量が削減され、省エネ・コスト削減につながり、更には温泉熱の再エネとしての多段階での活用につながる余地は大きいと考えられます。

そのため、今後更新が進められる温泉供給設備において、より省エネ効果が高い設備への更新を行うことにより、温泉街を中心とした地域全体での省エネ化と再エネ設備導入の促進を図ります。

この手引きは、必要な手順や導入事例等をまとめることにより、温泉供給事業者・自治体の皆様が温泉設備の高効率化改修に係る検討をしやすくなることを目的としています。

設備更新の例

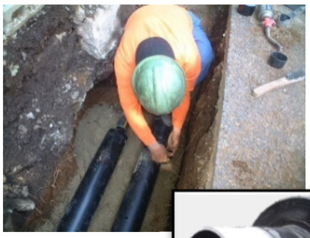


２．温泉設備の高効率改修の導入事例

〇配管・貯湯槽の更新、二重ケーシング管（例）

〇配管や貯湯槽については、保温改修を行い、断熱性を高めることができます。また、腐食等により穿孔したケーシング管を更新することで、断熱性を高めることができます。
〇断熱性を高めることで、利用施設においてボイラー等の使用が抑えられることにより**燃料使用量が削減**されることで、**ＣＯ２削減につながります**。また、必要揚湯量が少なく済むことにより**電気使用量等が削減**されることで**ＣＯ２削減につながります**。

〇配管
断熱性の高い保温管へ更新します。



保温管

〇貯湯槽
・保温改修を行い、断熱性を高めます。
・断熱性の高い貯湯槽へ更新します。

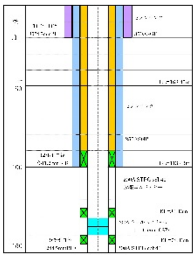
保温加工

写真：富士化工(株)、新那須温泉供給(株)

〇二重ケーシング管
・更新して浸水を防ぐことで揚湯温度を高めます※。

ケーシング管挿入状況

ケーシングプログラム



※　工事内容によっては、温泉法上の増掘に当たり許可が必要な場合がありますので、都道府県担当者に確認が必要です。

＜配管設備の更新事例（事例：新那須温泉供給株式会社）＞

新那須温泉では集中管理を行っており、エリア別に温泉を供給しています。

また、温泉供給設備（温度・流量等）のモニタリングを逐一行っています。モニタリングの状況より、配管引湯距離約 7,000 m出発温度が 63℃で流量が 230 L /min だったのに対し、湯量は変わらないものの到着温度が 49℃と温度降下が非常に高い状況が確認されました。

温度の低下は、管保温材の老朽化によるものと思われたため、利用施設側での灯油代の負担を少なくするために供給管自身の温度低下を防ぐ、配管の改修を計画しました。配管全長 42,000 m を改修する計画を順次行っており、現在も改修中です。

改修工事を行った結果、到着温度が 49℃だったのに対して 58℃と 9℃の上昇が確認されました。

放熱量算出式と温室効果ガス総排出量算定方法ガイドラインより、燃料使用量及び CO2 排出量の算出を行うと以下の計算式となります。

放熱量算出式 放熱量（kcal/h）＝（出発流量×出発温度）－（到着流量×到着温度）×60（分）

～改修前～

出発温度 63℃, 到着温度 49℃, 出発流量 230 L/min, 到着流量 230 L/min

放熱量＝｛(230×63)－(230×49)｝×60＝193,200 kcal/h

～改修後～

出発温度 63℃, 到着温度 58℃, 出発流量 230 L/min, 到着流量 230 L/min

放熱量＝｛(230×63)－(230×58)｝×60＝69,000 kcal/h

～改修前後の差～

193,200－69,000＝124,200 kcal/h 改修前放熱量

温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン算出式				
二酸化炭素排出量	＝放熱量	×燃料使用量	×炭素排出係数	×44/12
(kg-CO2)	(kcal/h)	(MJ)	(kg-C/MJ)	(kg-CO2/kg-C)

これを新那須温泉の事例に当てはめると以下のとおりとなります。

灯油換算の場合：

二酸化炭素排出量＝124,200（kcal/h）×24（時間）×0.00419(kcal→MJ)×
0.0185(kg-C/MJ)×44/12(kg-CO2/kg-C)×365 日
≒309ｔ-CO2/年

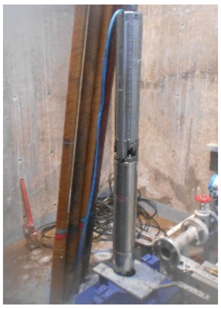
結果、配管改修を行ったことで約 124,101L/年の灯油削減、約 309ｔ-CO2/年のＣＯ２削減となりました。

2．温泉設備の高効率改修の導入事例

○ポンプ、自動制御装置の更新（例）

○ポンプ、自動制御装置については、省エネ型の設備に更新したり、インバーターを追加して制御方式を変更したりすることで、<u>省エネ効果を高めて**電気使用量が削減され、ＣＯ２削減につながります**</u>。

○ポンプ
・最新の省エネ型配湯ポンプを導入し、電気使用量の削減を行います。
・源泉ポンプをエアリフトポンプから水中ポンプに更新することで泉温の低下を防ぎ、断熱性を高められます。更に、燃料使用型コンプレッサーを使用の場合、燃料の削減にもつながります※。



※　工事内容によっては、温泉法上の動力の装置に当たり許可が必要な場合がありますので、都道府県担当者に確認が必要です。

○制御盤
インバーターを追加して制御方式を変更することで省エネ化を行います。

省エネ化

制御盤にインバーターを追加することでポンプモータの回転数を制御して不必要に送っている温泉の量を調整することで電気量の削減＝省エネ化を図ることができます。

＜自動制御装置の更新事例（事例：神奈川県湯河原温泉）＞

平成 21 年度に温泉経営計画調査・施設拡張計画業務委託を行い、

I.　制御各機器の劣化等により、不動作・不具合を起こす可能性が高い。

II. 制御各機器に生産中止された機器を含んでいる。

III. 将来に向けたエネルギー削減・施設計画としてポンプの動力の省力化。

の指摘を受け、制御盤改修及びインバーター（以下 INV）方式による省力化を検討し、導入することとしました。

平成 23 年度、宮上サービランスから制御盤の改修及び INV 化への工事を 5 年に渡り、5 カ所の工事事業を実施し、完了しました。

INV 化工事を行った電気使用量の比較を下記に記します。

INV 工事電気量比較表

名　称	工事前 使用量（年度平均）	工事後 使用量（年度平均）	差　引	削減率
土肥S	24,254	18,609	5,645	23%
宮上S	11,829	8,750	3,079	26%
権現山SC	12,381	10,027	2,354	19%
中継P場	8,845	4,402	4,443	50%
奥湯河原S	7,032	3,944	3,088	43%
合　計	64,341	45,732	18,609	28%

※単位：kWh/月

湯河原温泉で動力制御盤を INV 方式へ変更を行った結果、5 つの配湯所の合計で 18,609kWh/月の電力量軽減となりました。

温室効果ガス総排出量算定方法ガイドラインより他人から供給された電気の使用に伴う CO2 の排出を採用し、算出を行うと以下の計算式となります。

温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン算出式

二酸化炭素排出量（kg-CO2）　＝1 年間の電気使用量（kwh）　×電気 1kW 当たりの二酸化炭素の排出係数（kg-CO2/kWh）

これを湯河原温泉の事例に当てはめると以下のとおりとなります。

二酸化炭素排出量＝18,609（kWh）×12（カ月）×0.000512(t-CO2/kWh)

※排出係数は環境省：電気事業者別排出係数一覧の代替値を使用

結果、制御盤改修を行ったことで約 114.3t-CO2/年の削減となりました。

また、なお、事業費が 1 箇所当り、約 1,500 万円～約 2,500 万円、年間電気使用料金の減少が 1 箇所当り、約 50 万円～約 120 万円となりました。

３．設備更新計画作成の手順

設備更新計画作成の手順をフローにまとめると下記が想定されます。

Ⅰ　現状調査（自己分析）

温泉供給設備の維持管理には、まずは毎日の日常点検・おおむね１か月ごとの定期点検が大切です。日常・定期点検で大きな問題が見られなくても、設備導入・改修から 5 年・10 年とある程度年数が経過した際は、自己分析を行い、設備導入・改修時と比べて温度が大きく低下しているなど設備の劣化が心配される場合には評価検証作業に移行します。また、耐用年数が近づいている設備がある場合や配管ルート・利用状況が実態と合っていない場合など評価検証を経ずに事業計画作成を検討する場合も考えられます。

・設備更新計画作成に当たって必要な情報とその収集方法

設備更新計画作成に当たり、必要な情報として大きくまとめると下記の条項が考えられます。

（１）源泉について

- 源泉の数、位置
  集湯・配管ルートが現状に適しているかを確認するため、源泉がどこにどのくらいあるかを把握します。
- 保有設備、竣工・改修年
  更新が必要な設備がないか確認するため、どの設備が竣工・改修してからどのくらい年数が経過しているか確認します。
- 揚湯方法
  揚湯方法が効率的か確認するため、ポンプの種類等を確認します。
- 温度、揚湯量
  設備全体の温度や湯量を検討する上で、源泉において何度でどのくらい湧出量があるか確認します。
- 揚湯ポンプの吐出圧力・吐出量
  現在の吐出圧力と吐出量を把握してポンプの性能曲線に合わせることでポンプの劣化状況を確認することができます。

（２）供給設備について

- 配管ルート（距離）
  配管ルートが現状に適しているかを確認するため、どこを配管が通っているかを把握します。
- 保有設備、竣工・改修年
  更新が必要な設備がないか確認するため、どの設備が竣工してからどのくらい年数が経過しているか確認します。
- 配管口径、出発（温度・流量・圧力）、到着（温度・流量・圧力）、放流先（温度・流量）
  設備全体の温度や湯量を検討する上で、各地点において配管の口径、温度、流量・圧力があるか確認します。また、流量が増えても圧力が上がらない場合、漏湯等が懸念されます。
- ポンプの吐出圧力・吐出量
  現在の吐出圧力と吐出量を把握してポンプの性能曲線に合わせることでポンプの劣化状況が解ります。
- 貯湯槽容量、貯湯槽数
  貯湯槽の容量、数が現状に適しているかを確認するため、貯湯槽容量、貯湯槽数を把握します。

（３）利用状況について

- 利用施設数、利用施設位置
  配管ルート・配湯量が現状に適しているかを確認するため、利用施設数、利用施設位置を把握します。
- 利用施設における温度、湯量、加温状況
  設備全体の温度や湯量を検討する上で、利用施設における温度、流量、加温状況を確認します。
- 受給者の利用状況（ピーク時の量など）
  配管ルート・配湯量が現状に適しているかを確認するため、利用施設において、実際にどのくらい温泉が利用されているかを把握します。

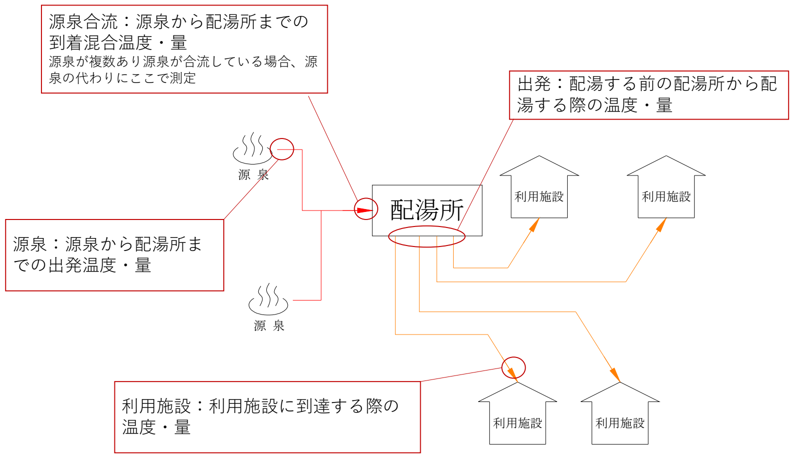
（４）収集方法（温度、量、吐出圧力・吐出量）

- 収集方法としては流量計等の計測機器による情報収集。
- ロガーにて自動記録を行っている所はログより過去のデータを収集。
- 日報・月報等管理台帳のみの場合はそこより収集。
- 記録を行ってない場合は計画段階で計測機器を設置。

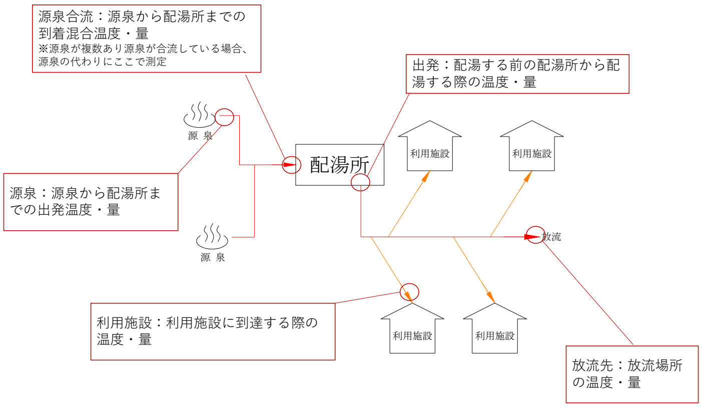
３．設備更新計画作成の手順
Ⅰ　現状調査（自己分析）

- 流量計等の数値の検証、流量計等の機器がない場合は、実測によって測定します。

たこ足方式の場合



魚骨足方式の場合



循環方式の場合

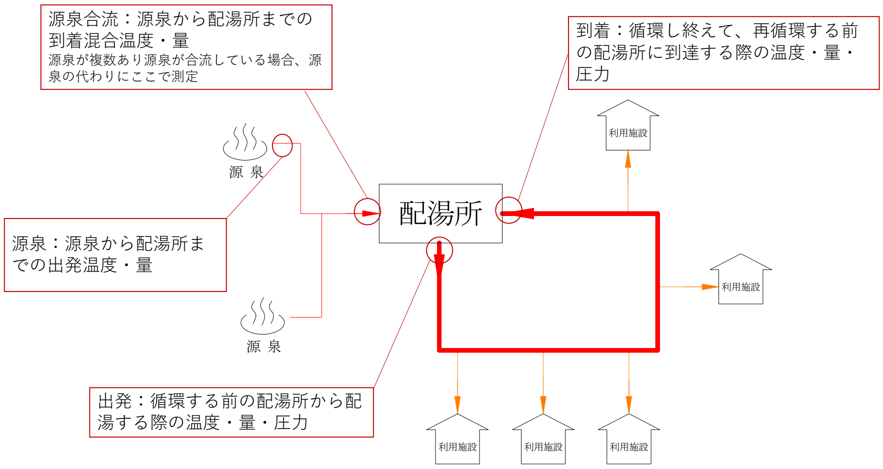


図１　各設備の計測位置

・測定方法例と注意点

データの収集に必要な測定方法例と注意点をいくつか紹介します。

（１）温度

●　源泉・各設備

温度測定はメーカー温度検定書付ポータブル温度センサー若しくは白金測温抵抗体型温度センサーにて測定します。

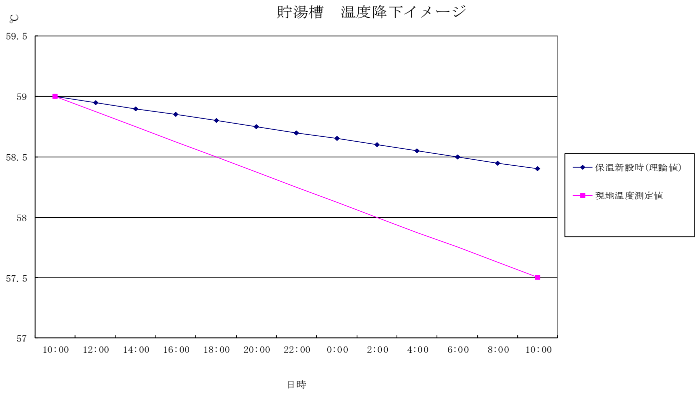
温度の測定方法

①温泉の湧出口等に温度計もしくはセンサーをあてます。

②数値が安定したところで目盛り、もしくは表示を読み取ります。

●　貯湯槽

正・副２台設置している場合など、流入・流出を締め切ることができる場合は、温泉の流れが無いようにし、可能な限り（例えば２４時間）放置し、温度の降下試験を行います。温度測定はメーカー温度検定書付温度センサーにて計測します。



（２）流量

流量とは，定常的に安定して長時間採取している量のことであり、この量を測定します。

●　流量計

電磁流量計、超音波流量計、積算型流量計等の様々な原理の流量計が用いられています。使用する流量計の選定に当たっては、温泉の特性によっては、使用が困難なものがあるため、注意を要します。温泉スケールの多い温泉では内面に沈着物等が付着しますので機器選定やメンテナンスに注意が必要です。ガスを多量に含む温泉では、ガス分離後の配管に流量計を取り付ける必要があります。また、実測を行い、計器の正常性が定期的に確認できるよう測定口を設けます。

３．設備更新計画作成の手順

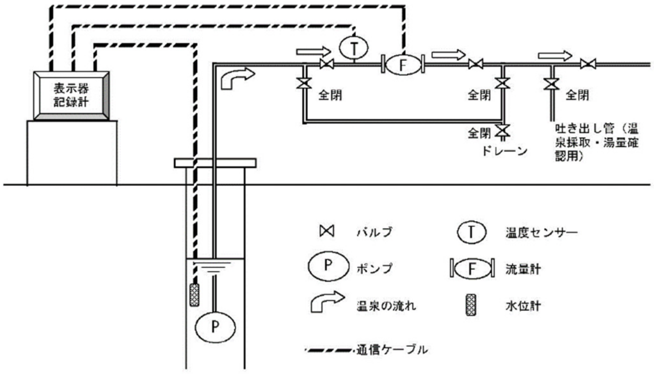
Ⅰ　現状調査（自己分析）

電磁流量計

面積式流量計

超音波流量計

バケツ等での測定



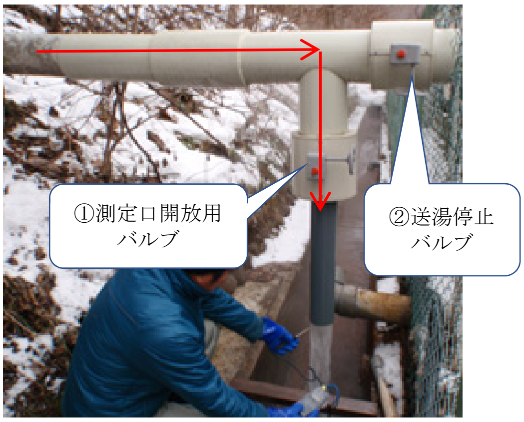


図２　温泉の採取、湧出量確認のための配管構造の一例（環境省 2014）

● 容積法

流量の測定においては、最も正確であり基本であるのは容積法です。この方法では、容量既知の容器（計量バケツ等）を用いて、満水になるまでの時間をストップウォッチで計って毎分あたりの量に換算を行います。下記の計算式で１分あたりの湧出量を求めます。

容積法算出式
流量（L/分）＝容器容量(L)×60÷満水になるまでの秒数

測定に当たっては、全量が排出できるよう配管を加工し、必要なバルブ等を設ける必要があります。なお、バケツに表示された容量と実際の容量が異

なる場合がありますので測定容器の容量は、あらかじめ正確に計量しておきます。

流量（容積法）の測定方法
①容器で温泉を全量受けとります。
②満水もしくは目盛までの秒数をストップウォッチで数回測定します。
③平均秒数から、毎分あたりの量を計算します。

（３）圧力

圧力とは、温泉を必要な位置まで送る力のことであり、この圧力を測定します。圧力計は実測することが不能なので機器を設置することが必要となります。

● 圧力計

圧力計はブルドン管ゲージ圧力計、ダイヤフラム式圧力計が用いられています。使用する圧力計の選定にあたって、温泉の特性（温度や成分等）によっては、交換頻度が多くなるものがあるため、機器の材質選定の際は製品メーカーと要相談の上、設置します。ただし温泉専用のものは存在しないので製品の対応寿命や交換時期はある程度の経験が必要と思われます。

ブルドン管ゲージ圧力計

写真：伊豆長岡温泉

ダイヤフラム式圧力計

写真：日親電機㈱

（４）ポンプの吐出圧力・吐出量、ポンプの性能曲線

運転中のポンプの吐出量・吐出圧力について、2）の流量計・3）の圧力計の数値をポンプの吐出バルブを操作して３点以上測り、下図の通り、メーカーのポンプ性能曲線に数値を書き込んで今のポンプ能力を把握します。

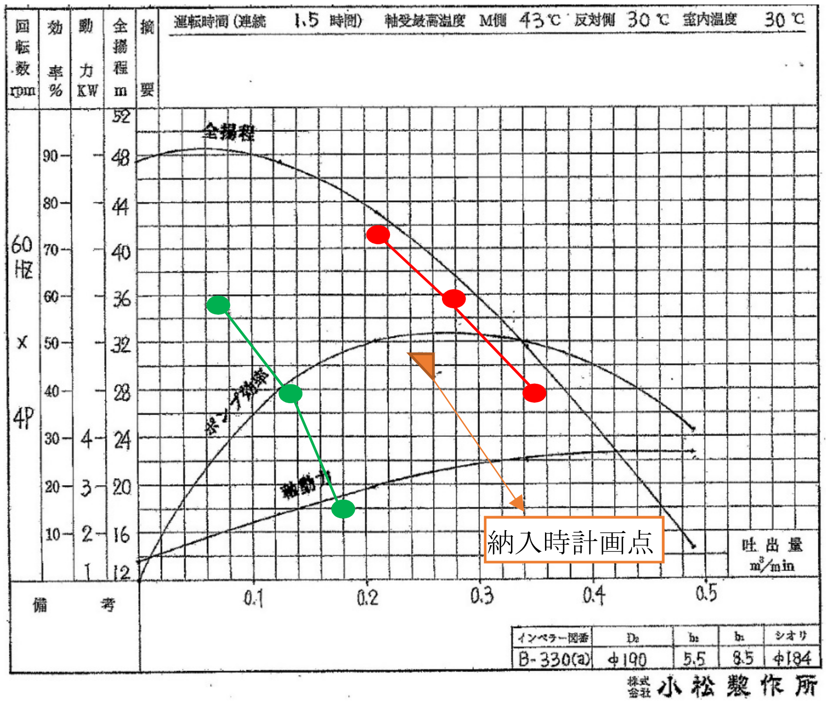
ポンプの締切運転による計測はポンプ自身が破損する恐れがあるのでポンプ・バルブ操作についてはメーカーと相談の上作業を行ってください。

圧力計の老朽化が見られる場合は圧力計の交換が必要です。

３．設備更新計画作成の手順
Ｉ　現状調査（自己分析）

ポンプがインバーター制御による運転の場合、運転周波数（Hz）を最大値（東日本 50Hz、西日本 60Hz）に固定して計測します。

バルブ操作により、ポンプの吐出量・吐出圧力が変わるので配管内のスケールが剥離し、温泉が濁ったり、利用施設に詰まったりする可能性がありますので計測事前に利用施設側に通知が必要です。



図の●事例の場合、計測点が全揚程に近づいているので INV 制御に変えることで省エネ化が期待されます。

図の●事例の場合、計測点が納入時より下回っているのでポンプ交換やオーバーホールが必要となります。

図　ポンプ性能曲線：㈱小松製作所

＜測定実施時の注意事項＞

（１）高温泉への対応

長めのセンサーを用いる、厚手のゴム手袋を用いる、長靴を着用し防水をする等、やけどしないよう安全対策を行ってから測定を行って下さい。

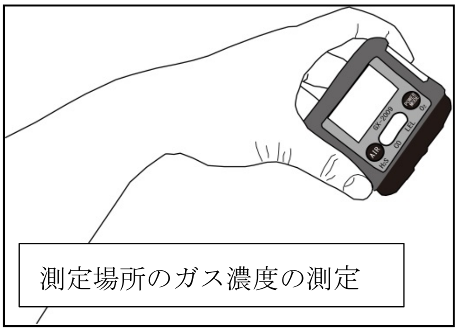
（２）ガス対策

分析書や可燃性ガスの検査結果を参考にガスを含む温泉では、危険性があるという自覚を持つ必要があります（含二酸化炭素泉、硫黄泉、採取許可申請井戸、多量の温泉付随ガス、噴気を発生する源泉は特に注意して下さい。）。

（３）周囲の状況（その他）

測定場所の安全性を確保し、適正な場所を選んで下さい。

・足場の確保、ヘルメット等の着用
・火気厳禁
・野生動物の有無、進入防止対策等



測定場所のガス濃度の測定

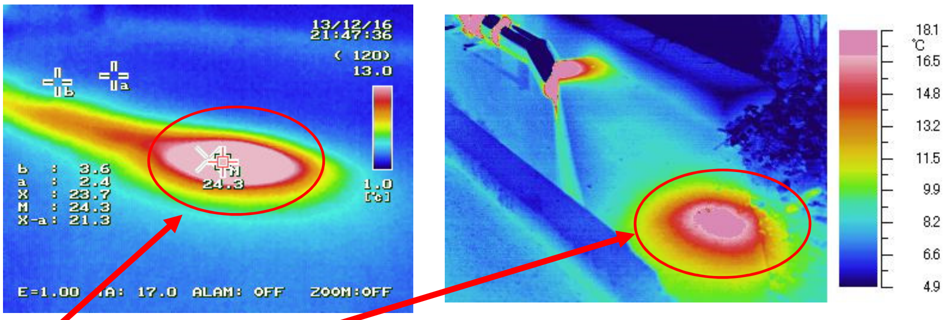
＜路線放熱量診断の紹介＞

配管路線を赤外線熱画像装置（ハンディサーモ）にて冬季の夜間～明け方に計測する事で配管の漏湯・保温材の劣化状況が確認できます。

赤外線熱画像装置（ハンディサーモ）

画像：日本アビオニクス㈱

計測状況



配管路線の異常が見られる場所は
赤く表示されます
地表面の温度差が大きい冬場の夜間～
明け方に計測します。

計測後状況整理

異常が確認された場所を図面に標記して
後日掘削などを行い、配管状況の確認を
します。

Ⅱ　評価検証

Ｉ現状調査（自己分析）で得られた情報を踏まえ、詳細な設備の劣化度の把握を行う必要がある場合、設備の評価検証を行います。設備診断などの専門業者へ依頼することが考えられますが、その際に参考となるように、ここでは、設備の劣化度合いの評価方法を例示します。

なお、設備導入・改修からかなりの年数が経ち、毎年部分的に改修を進めているケースなど改修予定が明らかな場合は、本事項は省略することも考えられます。

・設備の劣化度合いの評価方法

（１）配管・貯湯槽の劣化検査

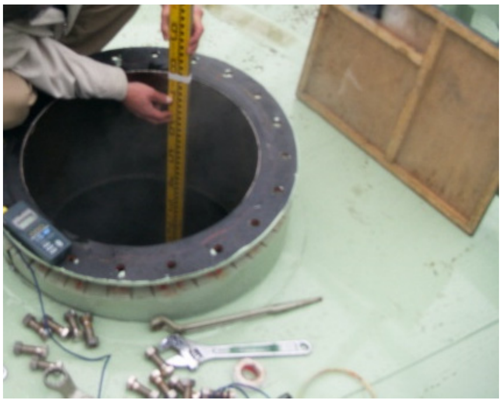
- 配管を切断、切断後の管材をクリープ試験
  切断後の配管をメーカーに送り、水圧試験・バーコル硬度測定・外観検査を行い、配管の劣化状況を検査します。
  切断後の配管に水圧を負荷し、漏水が発生するかを測定できます。試験を行うことで管・継手の劣化状況を把握することができます。
  バーコル硬度計により、管の内・外面を測定し、管の硬度を把握することができます。
- FRP 製貯湯槽湯払い後のバーコル硬度計による硬度検査等
  FRP 製貯湯槽のお湯を抜き、その後バーコル硬度計によって FRP の硬度を測定します。その数値により、貯湯槽の劣化状況を把握することができます。
- 流入・流出締め切りによる漏水検査
  貯湯槽の流入・流出バルブを締め切り（例 24 時間締め切り)、貯湯槽に付属してある水位計を締め切り前と後と比較し、漏水検査を行います。
- 鋼鉄製貯湯槽湯払い後の溶接部のバキューム検査、PT(penetrant inspection)検査
  鋼鉄製貯湯槽のお湯を抜き、その後溶接継目にバキュームテスターをセットし、負圧にし、気泡の有無で洩れ状況を確認します(真空漏洩検査)。
  お湯を抜き、その後溶接面に検査用の浸透液を塗布します。材質に沿った浸透時間経過後にセットし、負圧にし、気泡の有無で洩れ状況を確認します（PT 検査)。

イメージ

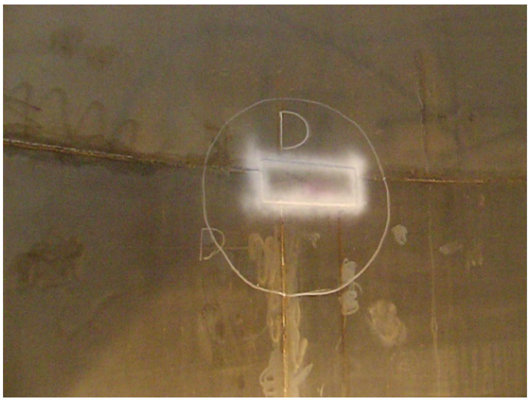
配管クリープ試験状況

バーコル硬度計検査状況

貯湯槽漏水試験状況



PT 検査状況



（２）配管・貯湯槽保温材の吸水率検査

- 保温材取り外し後の保温材吸水率検査
  保温材の一部を取り出し、保温材の重量を図り、保温材の吸水状況を確認します。

イメージ

保温材取り外し状況

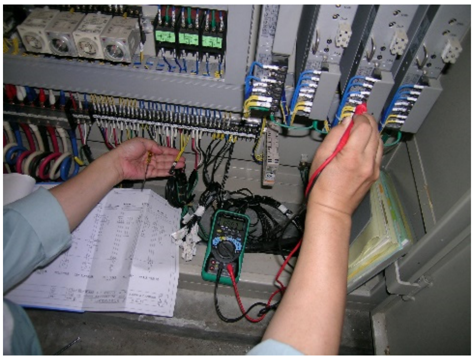
保温材重量測定状況

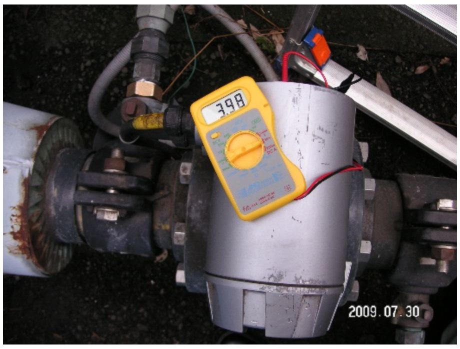
（３）制御盤・電気設備の絶縁抵抗検査

- 制御盤電源を落とした後の絶縁抵抗計による絶縁抵抗検査
  テスターを用いて機器の抵抗値を測定します。抵抗値を測定することにより、絶縁不良を検出します。
- 模擬信号出力にて電気設備の表示検査、もしくは動作状況検査
  モーター・流量計より模擬信号を出力し、制御盤・ロガー等に正常に通信が行われているかを確認します。

イメージ

絶縁抵抗検査状況





（４）井戸・陸上ポンプの性能検査

- 電圧・電流値計測
  電圧・電流値を測定し、正常値と比較し、機器の性能を確認します。

イメージ

電圧・電流計測状況

＜評価検証事例（事例：静岡県伊豆長岡温泉）＞

伊豆長岡温泉では、昭和 53 年に集中管理施設の整備を行い、約 35 年が経過したことから、平成 24 年度に配管の評価検証を行った。経年劣化を調査する方法としては、直接型調査を実施した。

調査の結果、改修の必要性が認められたので、順次配管の改修を開始した。

● 検体採取数と採取場所の選定

経年劣化の対象となる温泉配管の採取数とその採取場所は、配湯管路において使用条件が厳しい場所を選定した。今回の選定条件は配湯本管路に源泉の高温泉が注入されている箇所の下流側を選定基準とし、検体数は 50A、65A、75A、100A のソケット部と分湯栓の５検体を２地区から採取した。

● 経年劣化調査手順

① 掘削・既設管採取・・・既設配湯管を採取するために掘削作業を行った。既設管は、接続部（テーパーソケット）を含む両側約１ｍとする全長約２ｍ程度を検体として切断した。

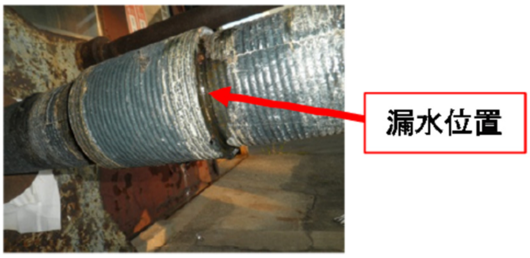
② 保温吸水率検査・・・既設管保温筒の劣化調査として「保温材吸水率測定」を行った。吸水率を測定することで熱伝導率の低下度が判明し、保温性能及び継続使用の可否を判断する。保温筒は、約 10 cmに切出した保温筒の重量測定により乾燥状態との比較を行った。

③ 配管の劣化検査・・・配管は保温材を取外した状態で、メーカーへ搬送し検査を行った。検査内容は、バーコル硬度測定・腐食肉厚測定・外観観察・接合部（ソケット部）の水圧試験を行った。

④ 配湯管復旧、埋戻・復旧・・・配管の復旧を行い、道路復旧仕様に基づき、埋戻復旧及び舗装を行った。

● 調査結果

１）保温材は全て吸水していて、保温保持力が失われていた。
２）配管は、腐食や硬度などの測定結果で特に問題は見当たらなかった。
３）漏湯の可能性が大きいのはソケット部であることが分かった。
４）分岐サドルの腐食劣化が著しく他箇所でも腐食漏湯が進んでいる可能性が大きいことが分かった。



水圧試験（ソケット部）

外部観察（分岐サドル）

● 調査費用

伊豆長岡温泉で経年劣化調査を行うには、国土交通省の積算基準等に準じて積算したところおおよそ 500 万円かかる（調査費用は検査を行う場所・検体数・配管を取り除く作業時間等により変動する)。

・源泉の実態調査と改修

（１）源泉井戸の調査

昭和 40～50 年に掘削された井戸は経年劣化でケーシング管の錆び付きや腐食・穿孔やスケール詰まりにストレーナーの閉塞の可能性が考えられます。

井戸の能力低下は大別すると２つに分かれます。

（A）泉温が低下し、湧出量は安定か増加している場合

ケーシング管接合部分の腐食による穿孔による浸水が考えられます。

（B）泉温の低下し、湧出量も減少している場合

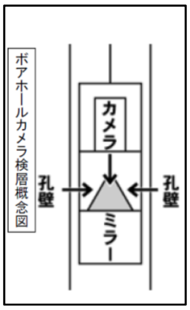
ストレーナー部分の錆び付きやスケール付着によりケーシング管が閉塞し、管内への温泉流入量の減少が考えられます。

井戸の能力低下の調査方法は主に３つあり、自然湧出であれば湧出口を開けるだけで観測・調査を行うことが可能ですが、動力揚湯の場合は井戸に設置してあるポンプ等の動力装置を引き上げた後に調査を行います。

（Ⅰ）ボアホールカメラ観測

井戸孔内の状態をカメラで連続的に撮影し、画像により観察する検層法です。

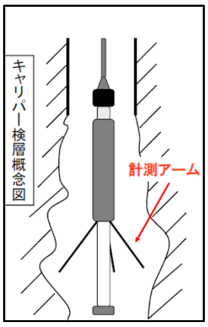
ケーシング管内では、破損・スケールの付着・ストレーナー部分の目詰まり等の確認が目視でできます。裸孔内では、地質の状況・亀裂や破砕帯の確認が目視でできます。



（Ⅱ）キャリパー検層

井戸内の孔径を連続的に測定する検層法です。孔底まで下ろしたゾンデのアームの開きの変化で孔径を測定します。

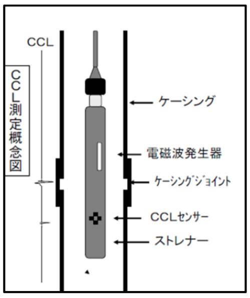
ケーシング管内では、管の変形・破損・スケールの付着状況が確認できます。裸孔内では、亀裂や破砕部の開き具合や孔壁崩壊等の確認ができます。



（Ⅲ）ＣＣＬ（ケーシング管継ぎ目箇所）検層

CCL（casing collar locator）検層は、電磁波の２磁場の変化を測定する検層法です。

ケーシング管内では、ケーシング継目・破損箇所・ストレーナー位置を確認することができます。裸孔内では孔壁崩壊箇所の位置を確認することができます。

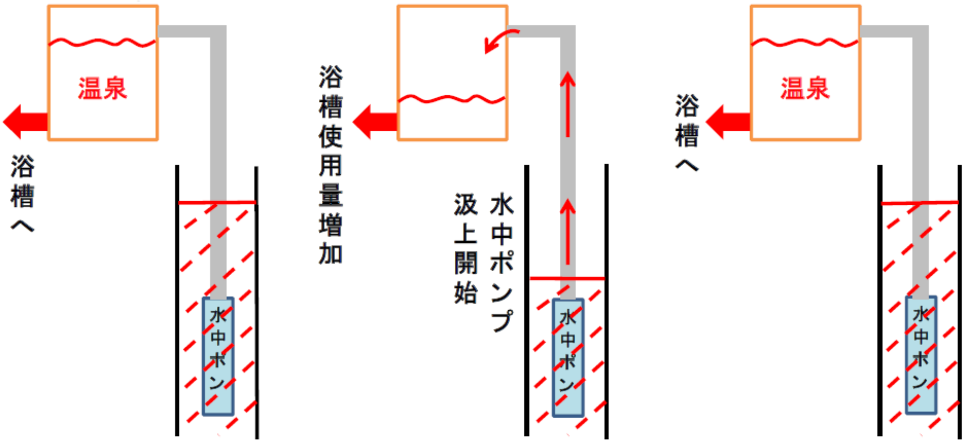


（２）源泉井戸の改修等

原因（A）のケーシング管接合部分の腐食による穿孔による浸水やケーシング管接合部の不備の場合、二重ケーシング管の改修を行います。

一般的に揚湯ポンプは地上にある貯湯槽の水位を基準として汲み上げている場合が多くあります。

これは電力量が多くかかる他に井戸内で常に水位が上下する弊害を持っています。

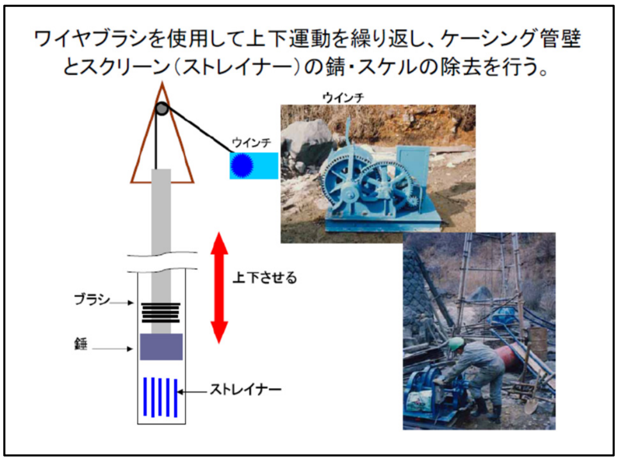


これを繰り返し行うと静水位と動水位の間のケーシング管が酸化による錆やスケール固着の原因となります。また、穿孔の殆どがこの区間で起こりやすく、浸水により、泉温の低下を招きます。

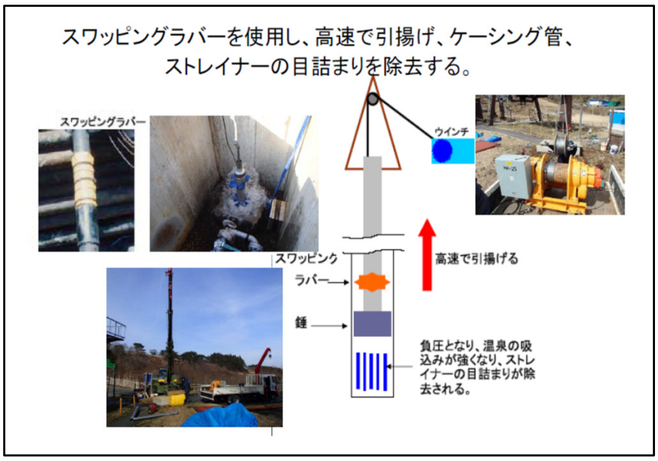
原因（B）ストレーナー部分の錆付きやスケール付着の場合、井戸の浚渫工事を行います。

＜参考：井戸の浚渫工事＞

１・ブラッシング工法

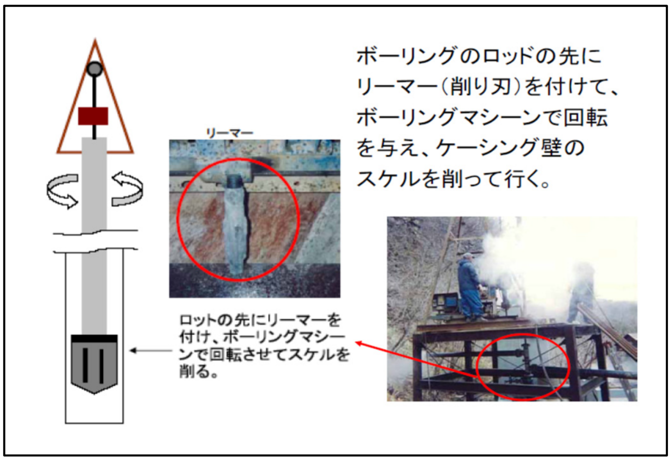


２・サービング工法



３・エアリフト工法

４・リーマー工法



Ⅲ　事業計画作成

評価検証で行った機器の劣化度が進んでいるものから順番を付け、更新計画を作成します。ここでは、事業計画策定に当たって、記載すべきと思われる項目や考慮すべき点を例示します。事業計画策定に当たっては、改修が必要な設備を取り扱っている設備メーカーや温泉設備設計業者など専門家に相談して、作成します。

・設備更新計画作成に当たって記載すべきと思われる項目の例示

計画に記載すべき項目として下記の通りが考えられます。

- 工事名（改修を行う名称）・工事内容

  配管工事や制御盤工事など、大まかな工事内容を検討します。導入する設備の検討に加え、基本的に温泉利用施設は営業中なので、温泉供給になるべく

影響を与えない形での施工方法の検討や、導入から長い年月が経過している場合も想定されることから、効率的な配管ルートの検討なども検討します。

- 工事を行う年度
  １年で終わらないような大がかりな工事の場合、何年に何をやるかスケジュールを立てて計画を作成する必要があります。
- 概算工事金額
  工事ごとの費用の見積もりを行います。複数年にわたる工事の場合は、年度ごとの見積もりも計算します。
- 省エネ効果算定
  改修工事によって、どの程度、燃料代や電気代の削減が見込めるか。また、それによりどのくらいＣＯ２削減効果が見込めるか検討します。
- 事業性・資金調達の検討
  何年で投資回収できるか、資金調達方法はどうするかを検討します。

改修スケジュール（イメージ）

名　称		平成30年	平成31年	平成32年	平成33年	平成34年	平成35年
工事名	配湯管改修						
	第1地区（100m／年）	1,500,000			1,700,000		
	第2地区（200m／年）		2,500,000	3,000,000		2,200,000	
	ポンプ修理（配管別）	1,575,000			1,100,000 ※メンテナンス		
	電機制御盤改修工事 制御盤改修 計測機器設置 ※監視設備・電線等別		40,000,000				
	貯湯槽改修工事 付帯設備（保温板金）			47,000,000			
設計名称	配管設計	5,000,000					
	電機工事設計	3,000,000					
	貯湯槽工事設計		2,800,000				
	総合診断	4,000,000					4,000,000
事業費計		15,075,000	45,300,000	50,000,000	2,800,000	2,200,000	4,000,000

・設備更新計画作成に当たって考慮すべき点の例示

（１）配管ルート・施工方法の検討

- 温泉の供給を行いながらの施工となるので効率的な配管ルートの設定や施工方法の検討が必要となります。
- 布設場所が公道や河川の場合は道路管理者・河川管理者により施工方法が変わるので計画段階で詳細な協議が必要となります。
- また、他の公共物（上下水道・電線・ＮＴＴ線等）を考慮した布設替えが必要となるので、注意します。
- ケーシング管の交換や揚湯方式の変更については、温泉法上の許可が必要となる場合があるので、都道府県担当者に確認するなど、注意が必要です。

（２）供給量・供給温度の見直し

- 設備の整備時点と比べ、現在は利用施設が休止している場合や新たに利用の希望がある場合があるので、休止・新規利用の再調査を行うことも考えられます。

（３）貯湯槽規模の検討

- 過去の使用量や（２）の結果を踏まえて、貯湯槽の規模・位置・数は再考することも考えられます。

（４）配管・配管布設機器の検討

- 泉質や保温効果を考慮して機器材質等を検討します。
- 管材や布設機器については鋼製の物が多く、泉質によっては使用出来なかったりするので場合によってはテストピースを設置後、劣化状況を確認することも大切です。
- スケールが付きやすい泉質はスケールの固着により、温泉が流れにくくなり、それに伴い、温度や流量が下がる可能性があります。管路中に清掃ますやドレーンバルブを設け、スケールが貯まらない様定期的に清掃することが大切です。

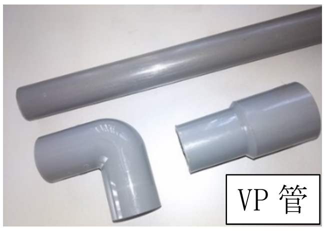
- 塩化物泉等食塩系の泉質について鋼材を利用している継手やバルブについてはグレードの高い継手やバルブの選択若しくは定期的な交換が必要となります。

＜配管の検討＞

温泉引湯管は大別すると熱可塑性樹脂管と熱硬化性樹脂管に分けることができます。

①熱可塑性樹脂管の利点と欠点

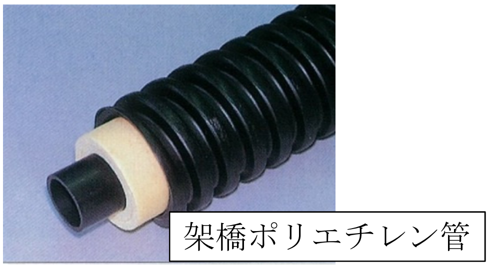
熱可塑性樹脂管とは、熱により軟化する性質の樹脂を用いた管であり、本来は温泉には不向きであると言われてきました。その理由は、熱と土圧により管が変形しジョイント部分からの漏湯が起きるためです。代表的な管は、ＶＰ（塩化ビニル厚肉）管、ＨＴ（耐熱性塩化ビニル）管、ポリプロピレン（ＰＰ）管、ポリエチレン管、架橋ポリエチレン管が挙げられます。



VP 管

HT 管

PP 管



＜利点として考えられるもの＞

a)　架橋ポリエチレン管は管径により異なるものの、いずれも長尺であり、接合箇所が少ないため、施工時間が短縮できます。また、ジョイント代が少なくて済みます。

b)　可曲性が高く、ベント管の使用が最小となります。

c)　地震等による小規模な地殻変動にも追従できます。

d)　粗度係数（管内面のツルツル度）が低く、スケールの付着がし難い。

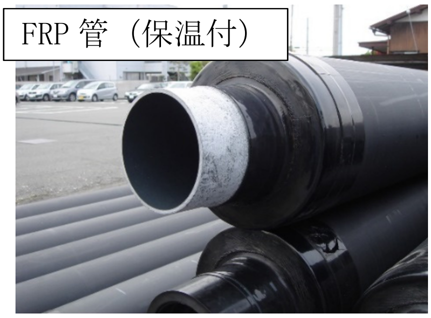
e)　耐摩耗性が高く、流速を上げた設計が可能です。

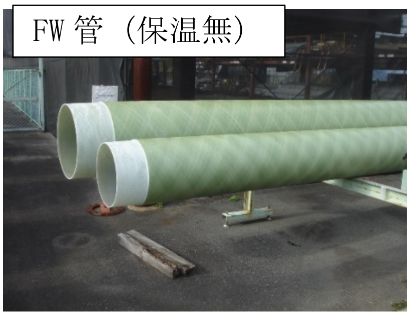
＜欠点として考えられるもの＞

a)　長尺である為、気温の低い時の延管（丸みを取り管を伸ばす）作業に時間を要します。

b）　長尺管の為、分岐が難しい。
c）　ＪＩＳ規格とＤＩＮ規格の管材があり、ＤＩＮ規格の管を既設管と接合することが難しい。
d）　継手が金属性の場合、泉質によっては利用が困難。
e）　急激な曲がりが多い市街地等では継手部が多くなり、管の利点が少なくなります。
f）短距離の購入が比較的困難。

②熱硬化性樹脂管の利点と欠点
熱硬化性樹脂管とは、熱を加えることにより硬化する性質の樹脂を使用した管です。代表的な管としては、ＦＲＰ(強化プラスチック管）やＦＷ(強化プラスチック複合)管等があります。

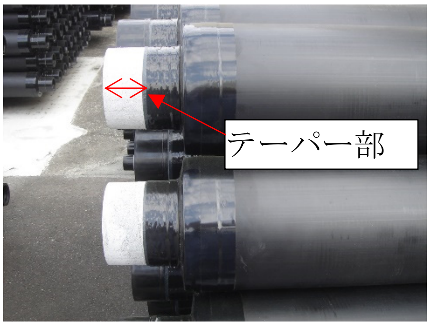
FRP 管（保温付）


FW 管（保温無）


＜利点として考えられるもの＞
a）　高温でも耐圧性に優れ、熱伸縮も少なく接合部分からの漏湯が少ない。
b）　短尺で分岐継手も豊富なため、供給エリア内での配管に優位性があります。
c）　フレキシブルジョイントがあり、比較的補修が容易です。

＜欠点として考えられるもの＞
a）　短尺で接合箇所が多くなり配管に時間を要します。

b)　管種によっては、接合部分にテーパー加工が必要となり配管に時間を要します。



c)　管種によっては、ベント部分等にガラステープを樹脂で含浸補強の必要性があります。

d)　可曲性が低く、ベント管の多用が必要となります。

e)　地震等による地殻変動に対しての追従性が乏しい。

f)　耐摩耗性は熱可塑性に比して高くなく、流速を速く設計すると管に摩耗が生じます。

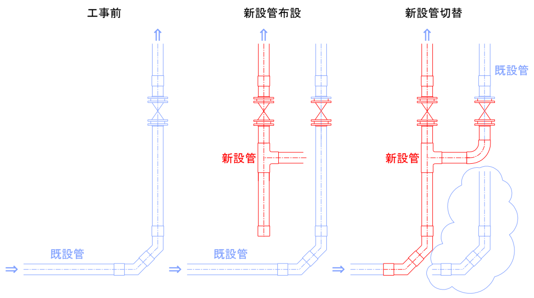
以上、熱可塑性樹脂管と熱硬化性樹脂管の利点と欠点を羅列しましたが、高断熱効果には大きな差はなく、例えば源泉から供給地まで、あるいは源泉から利用施設までは熱可塑性の長尺管を、供給地内や施設内においては分岐等に優位な熱硬化性の短尺管を使用するなどが考えられます。

（５）優先順位の検討

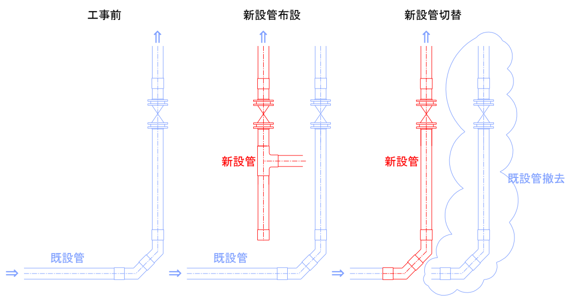
- 設備全体のどこから改修工事を行うのか、優先順位をつけて年間工事スケジュールを作成します。優先順位の付け方は、例えば評価検証の結果、劣化の度合いが大きかったものから行うこと、放熱量が多く改修による効果が大きいと予想されるところから行うこと、配湯の要となる第１配湯所から行うこと、全体に影響の少ない末端に近い箇所から行うことなどが想定されますが、いずれも温泉供給を一時的に止めるなど、関係者への影響が大きいため、地域の関係者で話し合って合意形成を行う必要があります。

<配管施工イメージ例>

・既設管利用可能更新

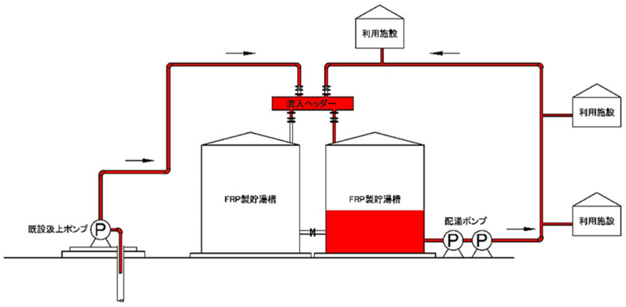


・既設管利用不能更新

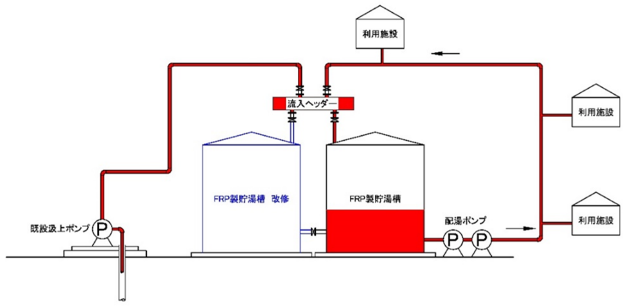


＜貯湯槽施工イメージ＞

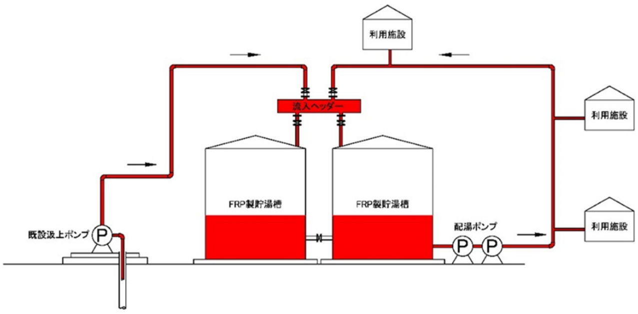
改修１：バルブの操作により貯湯槽の流入・出を片側だけにする。



改修２：保温材を改修する。



改修 ３：配管の切替を行い、保温材試験後、通常運転へまたはもう片側の貯湯槽の改修へ。



（６）ＣＯ２削減効果の算出・測定方法例

ＣＯ２削減効果の試算に当たっては、設備メーカーやメンテナンス事業者、温泉設備設計業者、省エネルギー診断事業者等外部の専門家に試算を依頼するか、環境省で公表しているツールを活用して試算を行うことが考えられます。以下では、実際のＣＯ２削減効果の算出・測定方法例を紹介します。

- 配管

（加温等の燃料使用量が明確な場合）

改修前の燃料使用量と改修後の燃料使用量の差からＣＯ２削減効果を算出します。

（加温等の燃料使用量が明確でない場合）

ＣＯ２削減効果の測定方法として、改修前と後の施設の出発（流量・温度）、循環方式であれば到着（流量・温度）、魚骨・たこ足配湯方式であれば利用施設（流量・温度）、放流先（流量・温度）を計測します。

量の測定は原則、流量計（電磁・面積式・超音波）の計測値により行いますが、可能な限りバケツ等での実測測定により流量計が異常値を示していないか確認します。流量計がない場合は、バケツ等での実測測定によります。※流量計の機器はメーカーの検定書付の物とします。

温度測定はメーカー温度検定書付ポータブル温度センサーもしくは白金測温抵抗体型温度センサーにて測定します。

・循環方式の場合：出発（量・温度）から到着（量・温度）を差し引き給湯地域全体放熱量（下記給湯地域全体放熱量算出式）の改修前と改修後の差を算出後『温室効果ガス総排出量算定方法 ガイドライン』の計算式によりＣＯ２削減量を算出。
・魚骨・たこ足方式の場合：出発（量・温度）から利用施設（量・温度）と放流先（量・温度）を差し引き給湯地域全体放熱量（下記給湯地域全体放熱量算出式）の改修前と改修後の差を算出後『温室効果ガス総排出量算定方法 ガイドライン』の計算式によりＣＯ２削減量を算出。

・給湯地域全体放熱量算出式
放熱量（kcal/h）＝（出発流量×出発温度）－（到着流量×到着温度）×60（分）
・ＣＯ２排出削減量
排出量（kg-CO2）＝燃料使用量（MJ）×炭素排出係数（kg-C/MJ）×44/12（kg-CO2/kg-C）

（計算例）利用施設において、ＬＰＧを用いてお湯を加温しているケース。

～改修前～
出発温度 45℃,到着温度 39℃,出発流量 500 L/min,到着流量 300 L/min
放熱量＝｛(500×45)－(300×39)｝×60＝648,000 kcal/h

～改修後～
出発温度 45℃,到着温度 42℃,出発流量 500 L/min,到着流量 300 L/min
放熱量＝｛(500×45)－(300×42)｝×60＝594,000 kcal/h

～改修前後の差～
648,000－594,000＝54,000 kcal/h×24 時間×0.00419(kcal→MJ)×0.0161(kg-C/MJ)×44/12(kg-CO2/kg-C)
＝<u>321 kg-CO2/日</u>

● 貯湯槽

（加温等の燃料使用量が明確な場合）

　改修前の燃料使用量と改修後の燃料使用量の差からＣＯ２削減効果を算出します。

（加温等の燃料使用量が明確でない場合）

　ＣＯ２削減効果の測定方法として、貯湯槽を流入・流出を締切り、温度をメーカー温度検定書付温度センサーにて計測します。貯湯量は備え付けのメーカーの検定書付水位計等で測定（水位計で測定不能の場合は槽上部より水面を図り、貯湯量を図る）します。その後、温泉の流れが無いようにして可能な限り放置し（例えば２４時間）、温度の降下試験を行います。試験後に再び温度と貯湯量を計測します。改修後の貯湯槽も同様にデータを取り、改修前と改修後のその差を算出後、『温室効果ガス総排出量算定方法 ガイドライン』の計算式によりＣＯ２削減量を算出します。

・貯湯槽放熱量算出式　　　　　　※試験を 24 時間行うこととする。

放熱量（kcal/h）＝{（検査開始温度-試験 24 時間後温度）×（検査開始貯湯量-試験 24 時間後貯湯量）}×60（分）

・ＣＯ２排出削減量

排出量（kg-CO2）＝燃料使用量（MJ）×炭素排出係数（kg-C/MJ）×44/12（kg-CO2/kg-C）

（計算例）利用施設において、灯油を用いてお湯を加温しているケース。

貯湯槽温度降下試験を 24 時間行うものとし、貯湯量は 24 時間後も変化がないものとする。

～改修前～

検査開始温度 45℃，試験 24 時間後温度 40℃，

検査開始（試験 24 時間後）貯湯量 2,000 L

放熱量＝(45-40)×2,000×60=600,000 kcal/h

～改修後～

検査開始温度 45℃試験 24 時間後温度 42℃，

検査開始（試験 24 時間後）貯湯量 2,000 L

放熱量＝(45-42)×2,000×60=360,000 kcal/h

～改修前後の差からＣＯ２削減効果を算出～

600,000－360,000＝240,000 kcal/h×24 時間×0.00419(kcal→MJ)×0.0185(kg-C/MJ)×44/12(kg-CO2/kg-C)

＝1,637 kg-CO2/日

● ポンプ・制御盤

施設改修前と改修後の電気メータ等計測計器を設置し、電気量を計測し、その差を算出します。または、施設改修前と改修後の電力会社からの請求書により電気使用量の差を算出します。算出後、『温室効果ガス総排出量算定方法 ガイドライン』の計算式によりＣＯ２削減量を算出します。

ＣＯ２排出削減量 排出量（kg-CO2）＝電気使用量（kWh）×排出係数（kg-CO2/kWh）

（計算例）排出係数は環境省：電気事業者別排出係数一覧の代替値を使用。

～改修前～　　　　　　　　～改修後～

消費電力量 264 kWh/日　　消費電力量 164 kWh/日

消費電力量＝(264－164)×0.512＝51 kg-co2/日

● 二重ケーシング管

計算の考え方は、配管の場合を参考にしてください。

● 揚湯方法変更による高効率化

古い井戸はエアリフトポンプ方式を利用しています。エアリフトの揚湯効率は水中ポンプの 50%未満であり且つ高圧の冷却空気を使用することでの泉温の低下や、コンプレッサーの動力に燃料を軽油やガソリンに頼っている場合、二酸化炭素の排出へと繋がります。泉質（特に pH）泉温に問題が無ければ他のポンプへの変更をすることで高効率化が見込めます。ただし動力の変更が伴う場合は、都道府県の許可が必要となる場合がありますので近くの窓口への確認が必要となります。

泉温の改善により、加温等の燃料使用量が削減される場合のＣＯ２削減効果は、配管やケーシング管と同様に計算します。ポンプの高効率化による電気使用量が削減される場合のＣＯ２削減効果は、ポンプ・制御盤と同様に計算します。また、コンプレッサーを使用しなくなることによるＣＯ２削減効果は、改修前の燃料使用量と改修後の燃料使用量の差から『温室効果ガス総排出量算定方法 ガイドライン』により算出します。

・ＣＯ２排出削減量 排出量（kg-CO2）＝燃料使用量（MJ）×炭素排出係数（kg-C/MJ）×44/12（kg-CO2/kg-C）

（計算例）・泉温の改善：利用施設において、ＬＰＧを用いてお湯を加温。

～改修前～

出発温度 45℃,到着温度 39℃,出発流量 500 L/min,到着流量 300 L/min

放熱量＝｛(500×45)－(300×39)｝×60＝648,000 kcal/h

～改修後～
出発温度 45℃,到着温度 42℃,出発流量 500 L/min,到着流量 300 L/min
放熱量＝｛(500×45)－(300×42)｝×60＝594,000 kcal/h
～改修前後の差～
648,000－594,000＝54,000 kcal/h×24 時間×0.00419(kcal→MJ)×
0.0161(kg-C/MJ)×44/12(kg-CO2/kg-C)
＝321 kg-CO2/日

・ポンプ効率化：排出係数は環境省：電気事業者別排出係数一覧の代替値を使用。

～改修前～　　　～改修後～
消費電力量 264 kWh/日　　消費電力量 164 kWh/日
消費電力量＝(264－164)×0.512＝51 kg-co2/日

・燃料削減：コンプレッサーでは軽油を使用（潤滑油は考慮しない）。

・燃料使用量 燃料使用量（MJ）＝燃料使用量（kg,L,Nm^3,m^3）×単位発熱量 （MJ/ kg,L,Nm^3,m^3） ・ＣＯ２排出削減量 排出量（kg-CO2）＝燃料使用量（MJ）×炭素排出係数（kg-C/MJ）×44/12（kg-CO2/kg-C）

～改修前～
軽油使用量 2.0L/日
燃料使用量（MJ）＝2.0L/日×37.7（MJ/L）＝75.4MJ/日
～改修後～
改修後はコンプレッサーを使用しないので燃料使用量は 0 となる。
～改修前後の差～
75.4MJ/日×0.0187(kg-C/MJ)×44/12(kg-CO2/kg-C)＝5.17kg-CO2/日

・合計ＣＯ２排出削減量＝321kg-CO2/日＋51kg-CO2/日＋5.17kg-CO2/日＝377.17kg-CO2/日

温泉設備の高効率改修には、環境省の補助金が活用できます。
詳細は、こちらをご覧ください。
https://www.env.go.jp/nature/onsen/spa/spa_utilizing.html

この手引きに関するお問い合わせは

2019 年 3 月作成

環境省

温泉地保護利用推進室

〒100-8975 東京都千代田区霞が関 1-2-2 Tel.03-3581-3351（代）

環境省ホームページ http://www.env.go.jp/

環境省 温泉の保護と利用 http://www.env.go.jp/nature/onsen/index.html

リサイクル適正の表示：印刷用の紙にリサイクルできます。
この印刷物は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準に従い、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料［Aランク］のみを用いて作成しています。

古紙パルプ配合率 70％ 白色度 70％