

令和2年度

名水はだの富士見の湯熱供給施設調査検討会

最終報告

令和3年（2021年）2月

秦野市名水はだの富士見の湯熱供給施設調査検討会

#### ◆秦野市名水はだの富士見の湯熱供給施設調査検討会の設置について

名水はだの富士見の湯は、秦野市伊勢原市環境衛生組合のごみ処理施設である、はだのクリーンセンターの余熱利用施設として、平成29年10月に開業した。両施設は、高温水配管により接続されているが、この高温水配管が劣化する等の不具合が発生した。

この調査検討会は、富士見の湯における不具合の再発防止のため、熱供給施設で発生した不具合の原因究明の調査を行うとともに、熱供給施設の適正な整備及び維持管理について意見又は助言を求めるための組織として設置する。

#### ◆会議開催日程（全7回）

開催日	内容
令和2年8月18日（火）	第1回調査検討会 ・名水はだの富士見の湯の概要 ・熱供給施設（高温水配管）不具合発生の概要 ・検討事項抽出 ・関係者の聞き取りについて
令和2年8月31日（月）	第2回調査検討会 （現地視察） ・高温水管漏水原因調査の結果について ・検討事項一覧 ・関係者の聞き取り報告 ・名水はだの富士見の湯熱供給施設調査検討会 報告書作成について
令和2年9月18日（金）	第3回調査検討会 ・名水はだの富士見の湯熱供給施設調査検討会 中間報告について
令和2年10月16日（金）	第4回調査検討会 ・名水はだの富士見の湯熱供給施設調査検討会 中間報告書について ・最終報告に向けた検討事項について

開催日	内容
令和2年10月30日（金）	第5回調査検討会 ・最終報告に向けた検討事項について ・次期改修工事について
令和2年11月	中間報告
令和2年11月24日（火）	第6回調査検討会 ・名水はだの富士見の湯熱供給施設調査検討会 最終報告について ・次期改修工事について
令和2年12月22日（火）	第7回調査検討会 ・名水はだの富士見の湯熱供給施設調査検討会 最終報告について ・次期改修工事について
令和3年2月	最終報告

◆事務局

秦野市環境産業部観光振興課

秦野市都市部公共建築課

## 目 次

<b>1 名水はだの富士見の湯の概要</b>	
(1) 施設概要	1
(2) 余熱利用の仕組み	2
(3) 名水はだの富士見の湯開業までの経過	3
<b>2 高温水配管不具合発生の概要</b>	
(1) 経過	4
(2) 高温水配管について	8
<b>3 令和2年度原因調査工事で明らかになった事象</b>	
(1) 工事概要	9
(2) 明らかになった事象	10
<b>4 事象について調査検討した事項</b>	
ア ボックスカルバート貫通部に空隙が見られたことに関する考察	12
イ 高温水配管の外皮に多数亀裂があったことに関する考察	14
ウ 保温材が収縮・欠損し、黒く変色していたことに関する考察	18
エ 高温水配管付近を通る給水管（水道管）が変形し、 破損していたことに関する考察	19
オ 高温水配管の主管にピンホールが発生していたことに関する考察	21
<b>5 不具合発生のプロセスの考察</b>	28
<b>6 関係者及び時系列の整理</b>	
(1) 関係者の整理	33
(2) 設計委託から調査検討会設置までの流れ	34
<b>7 人為的な問題点について調査検討した事項</b>	
(1) 設計委託	35
(2) 仕様変更手続き	36
(3) 仕様変更後の機械設備工事	39

(4) 初期不具合	41
<b>8 人為的な原因の整理</b>	
(1) 仕様変更の承認	42
(2) 施工	42
(3) 連携体制	42
<b>9 次期熱供給施設改修工事</b>	
(1) 土中埋設部及びボックスカルバート内の配管	44
(2) 土中埋設部及びボックスカルバート内の現場溶接	44
(3) 富士見の湯地下ピット内の配管	45
<b>10 再発防止に向けた提言</b>	
(1) 技術的な原因についての提言	46
(2) 人為的な原因についての提言	46
<b>◆名水はだの富士見の湯熱供給施設調査検討会総括</b>	<b>47</b>
<b>◆秦野市名水はだの富士見の湯熱供給施設調査検討会名簿</b>	<b>48</b>
<b>◆参考資料</b>	<b>49</b>
・ 秦野市名水はだの富士見の湯熱供給施設調査検討会設置要綱	51
・ 次期熱供給施設改修工事において推奨する管材について	53
・ 秦野市伊勢原市環境衛生組合はだのクリーンセンターから 秦野市利便施設への熱供給に関する協定書	61
・ 名水はだの富士見の湯熱供給施設調査検討会最終報告にかかる用語集	67



# 1 名水はだの富士見の湯の概要

## (1) 施設概要

名水はだの富士見の湯（以下「富士見の湯」という。）は、秦野市伊勢原市環境衛生組合のごみ処理施設である、はだのクリーンセンター（以下「クリーンセンター」という。）で発生した余熱を利用する温浴施設として、平成29年10月に開業した。

施設の所管は秦野市観光振興課であり、指定管理者制度を利用して、民間事業者が管理業務を行っている。



図 1-1 富士見の湯の位置



図 1-2 両施設の写真

所在地：秦野市曾屋4553番地の1

施設規模：【敷地面積】4841.09㎡ 【延べ面積】1398.91㎡

## (2) 余熱利用の仕組み

富士見の湯とクリーンセンターは市道63号線を挟んで隣接していて、クリーンセンターの余熱で105～130℃、約1MPaの湯（スケール防止の薬剤を加えてpH13以上としたもの。以下「高アルカリ水」という。）を作り、この高アルカリ水をクリーンセンター敷地内の土中、市道63号線の地下に配管を保護するため設置したボックスカルバート（p.9後記図3-3）内、及び富士見の湯敷地内の土中に敷設した高温水配管を通り、富士見の湯へ移送している。

移送された高アルカリ水は富士見の湯の貯湯槽内にある熱交換器を通して、地下水（井水）または水道水を沸かした後、約80℃以上程度となり、再び高温水配管を通り、クリーンセンターに戻される。戻された高アルカリ水は、再びクリーンセンターの余熱で105～130℃に加熱され、富士見の湯に移送される循環システムとなっている。

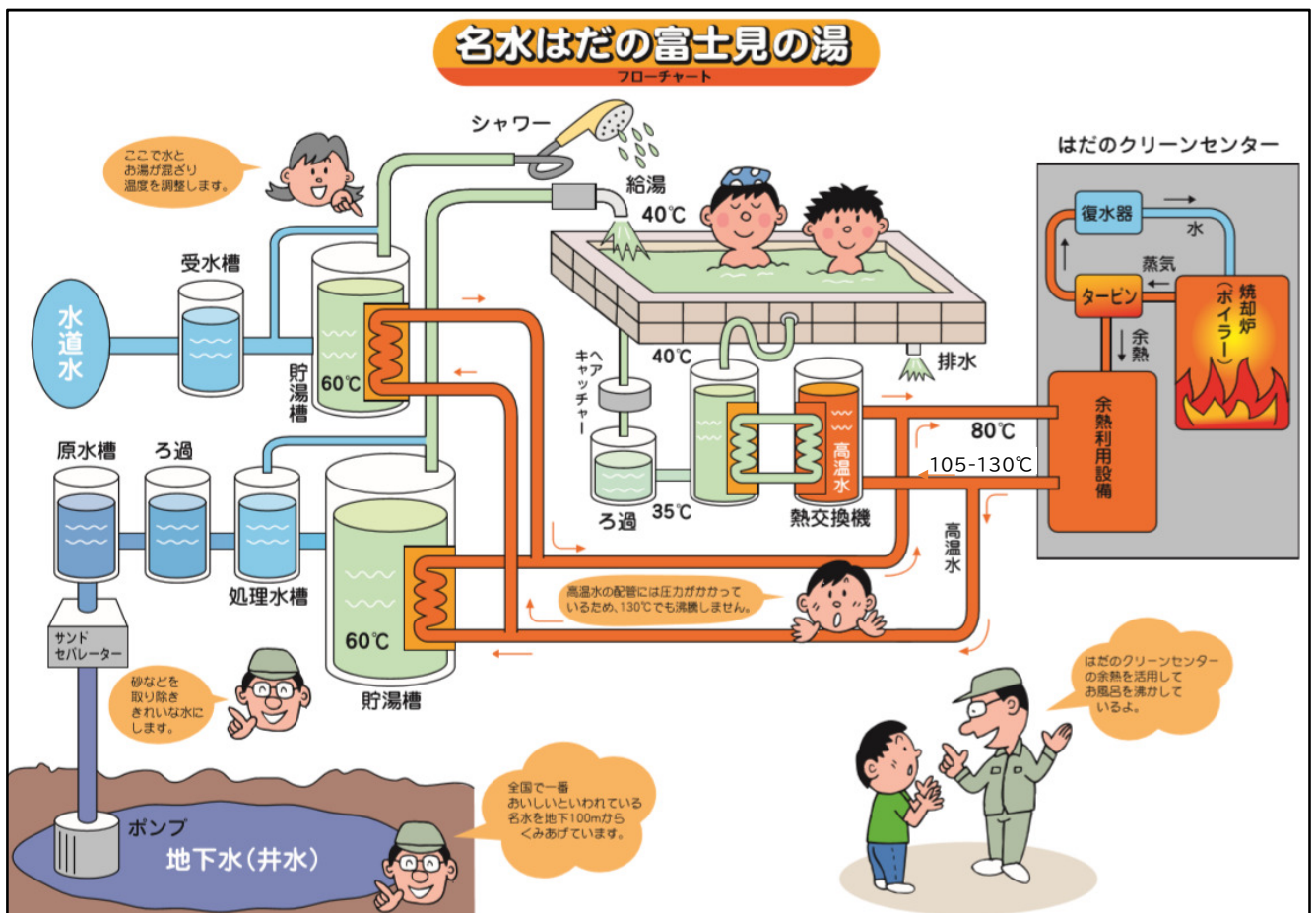


図 1-3 富士見の湯余熱利用のフローチャート



### (3) 名水はだの富士見の湯開業までの経過

と き	内 容
平成 23 年 7 月	秦野市、秦野市伊勢原市環境衛生組合及び御門自治会の 3 者で「クリーンセンターの建設及び管理運営に関する協定書」を締結
平成 23 年 11 月	地元 13 自治会を中心に「クリーンセンター建設に伴う利便施設検討委員会」を設置
平成 25 年 1 月	クリーンセンター 竣工
平成 25 年 3 月	クリーンセンター建設に伴う利便施設検討委員会が「クリーンセンター建設に伴う利便施設整備基本構想」を市長に提出
平成 25 年 5 月	「秦野市利便施設整備庁内検討委員会」を設置 ※クリーンセンターの余熱を利用する施設及びその周辺 の環境整備について検討を開始
平成 26 年 3 月	「はだのクリーンセンター建設に伴う利便施設周辺の土地 利用方針」を作成
平成 26 年 7 月 ～平成 27 年 3 月	クリーンセンター建設に伴う利便施設新築工事 基本計画・基本設計
平成 27 年 6 月 ～平成 28 年 3 月	クリーンセンター建設に伴う利便施設新築工事 設計委託
平成 28 年 6 月	クリーンセンター建設に伴う利便施設新築工事・着手 ●建築・電気設備工事（平成 29 年 7 月まで） ●機械設備工事（平成 29 年 9 月 28 日まで【検査完了日】） ※高温水配管は機械設備工事に含まれる ●外構工事（平成 29 年 8 月まで） ※ボックスカルバートは外構工事に含まれる ●工事監理（平成 29 年 10 月まで）
平成 29 年 9 月	「秦野市伊勢原市環境衛生組合はだのクリーンセンター から秦野市利便施設への熱供給に関する協定書」を締結
平成 29 年 10 月	富士見の湯 開業

## 2 高温水配管不具合発生の概要

### (1) 経過

次のとおり、不具合発生の経過を示す。クリーンセンターと富士見の湯を接続する高温水システムにおいて、ボックスカルバート内に水が貯留していたことから原因調査工事で明らかとなった事象を、本報告書では、以下、「本不具合」という。

#### ア オープンから令和元年度まで

と き	内 容
平成 30 年 7 月 9 日	<p>夕立後、マンホール周辺の雨水等が乾き蒸気が発生。</p> <p>施設所管課が確認、設備施行業者及び秦野市伊勢原市環境衛生組合（以下、「二市組合」という。）担当者に架電するが不在だった。</p> <p>施設所管課から二市組合の別担当者に依頼し、高温水システムの高アルカリ水の漏れ等の有無を確認したが、異常はなし。</p> <p>施設所管課から工事主管課に電話で状況を説明。高温水システムに異常がなければ、ボックスカルバート内の温度が上昇し、マンホールが熱くなる可能性もあるとの説明があった。この時点では、施設所管課、工事主管課ともに、高温水システムの異常との認識に至らなかったため、マンホールを開けて内部を確認する等の対応はしなかった。</p>
8 月 1 日	<p>ボックスカルバートから出る塩ビの排気口が黒く変色し変形していると、富士見の湯館長から連絡が入った。</p> <p>施設所管課、工事主管課、二市組合が対応し、排気口を開け、中から蒸気が出ていることを確認した。</p> <p>高温水システムを停止し、マンホール内を確認したところ、大量の水が溜まっていた。（水位 約 30 cm）</p> <p>カルバート内の温度を下げ、溜まった水の水温を下</p>

	<p>げるよう試みるも、水温は70℃程度までしか下がらなかった。水中ポンプでの水抜き作業をするため翌日に延期した。</p>
8月2日	<p>二市組合の水中ポンプと、送風機、酸素濃度測定器を使用し、水抜き作業をした。その時の水温は約55℃だった。</p> <p>全ての水を抜き、安全を確保した上で、工事主管課がボックスカルバート内を確認したところ、ボックスカルバートの継ぎ目（クリーンセンター側）において、シーリングが剥がれ落ちていた。</p>
10月1日	<p>工事主管課がボックスカルバート内に水が溜まっていることを確認した。（水位 約70cm）</p> <p>上下水道局の水中ポンプを使用し、高温水システムを稼働させたまま、排水作業を行った。この時点で水の流入経路は確定できていない。</p>
10月3日	<p>工事主管課がボックスカルバート内に水が溜まっていることを確認した。（水位 約45cm）</p> <p>10月1日同様に水中ポンプを使用し、排水作業を行った。この時点でも水の流入経路は確定できていない。</p>
10月17日	<p>※はだのクリーンセンターがボイラー点検のため、高温水システムを停止する期間にボックスカルバート内を確認。（停止期間は6月と10月）</p> <p>ボックスカルバート配管貫通部（富士見の湯側）から水の流入があり、後日（10月23日）、止水材で水の流入の防止策を図った。</p> <p>令和元年5月まで水の流入は止まっていた。</p> <p><b>【水の流入の点検頻度】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 12月末までは週1回</li> <li>・ 1月から3月は月1回</li> </ul> <p><b>【排水作業の頻度】</b></p> <p>水流入が最大でもボックスカルバート底面から2cm程度であったため、排水作業はしていない。</p>

<p>令和元年4月以降は、天候不順になることを考慮し、工事主管課が週1回の頻度で点検、また、雨が降った際にも点検し、増水を確認次第、排水作業を行った。(月1回程度の頻度)</p>	
令和元年5月24日	<p>工事主管課がボックスカルバート内に水が溜まっていることを確認し、(水位 約50cm) 排水作業を実施した。</p>
6月19日	<p>再度、止水材で水の流入防止を図るが、解決できず。排気口から水蒸気が噴出し、マンホールが高温になっていた。</p>
7月18日	<p>施設所管課、工事主管課、当時施工等に関わった市の担当者等で今後の方針について検討した。</p>
10月	<p>ボックスカルバート内に、水の流入を確認した。止水材による水の流入は解決できなかった。</p>
11月	<p>ボックスカルバート内に流入する水を排水する設備の設置及び原因調査工事の予算計上を決めた。</p>
11月13日	<p>クリーンセンター側・高温水配管の影響により乾いた路面状態を確認した。(図2-1)</p>
11月25日	<p>富士見の湯側・乾いた路面及び排気口から蒸気が上がっている状態を確認した。(図2-2)</p>



図 2-1 高温水配管の影響により乾いた路面状態 (クリーンセンター敷地内)



図 2-2 排気口から蒸気が上がっている状態（富士見の湯敷地内）

イ 令和 2 年度

と き	内 容
令和 2 年 4 月 27 日	ボックスカルバート内に水が流入する原因調査、及び流入水の排水設備並びにボックスカルバート内の換気設備工事（以下「令和 2 年度原因調査工事」という。）を開始した。（同年 8 月 1 7 日まで）
5 月 11 日	富士見の湯側ピット内で高アルカリ水が漏水していることを確認。
5 月 27 日	高温水配管を加圧し、主管にピンホールを確認した。
6 月 10 日	クリーンセンター敷地内の土中において、高温水配管に近傍する埋設給水管の亀裂を確認。漏水が見られた。
7 月 13 日	ボックスカルバート内において、pH が基準値以上の高アルカリ水が溜まっていることを確認した。
7 月 14 日	主管に生じたピンホールの調査（以下「高温水管漏水原因調査」という。）を分析機関へ依頼した。
8 月 11 日	秦野市名水はだの富士見の湯熱供給施設調査検討会設置
8 月 20 日	高温水管漏水原因調査 速報
8 月 28 日	高温水管漏水原因調査 報告書受領



## (2) 高温水配管について

高温・高圧用に設計されたステンレスフレキシブル管で、可撓性があり、軽量である。また現場溶接箇所が少なくなることから施工性がよいことがメリットとして挙げられる。

構造については、外側から以下のとおりとなっている。

- ア 波付低密度ポリエチレンパイプ（以下「外皮」という。）
- イ エキスパンドメタル
- ウ 硬質ウレタンフォーム（PIR）（以下「保温材」という。）
- エ 波付鋼管（ステンレス管・SUS304）（以下「主管」という。）

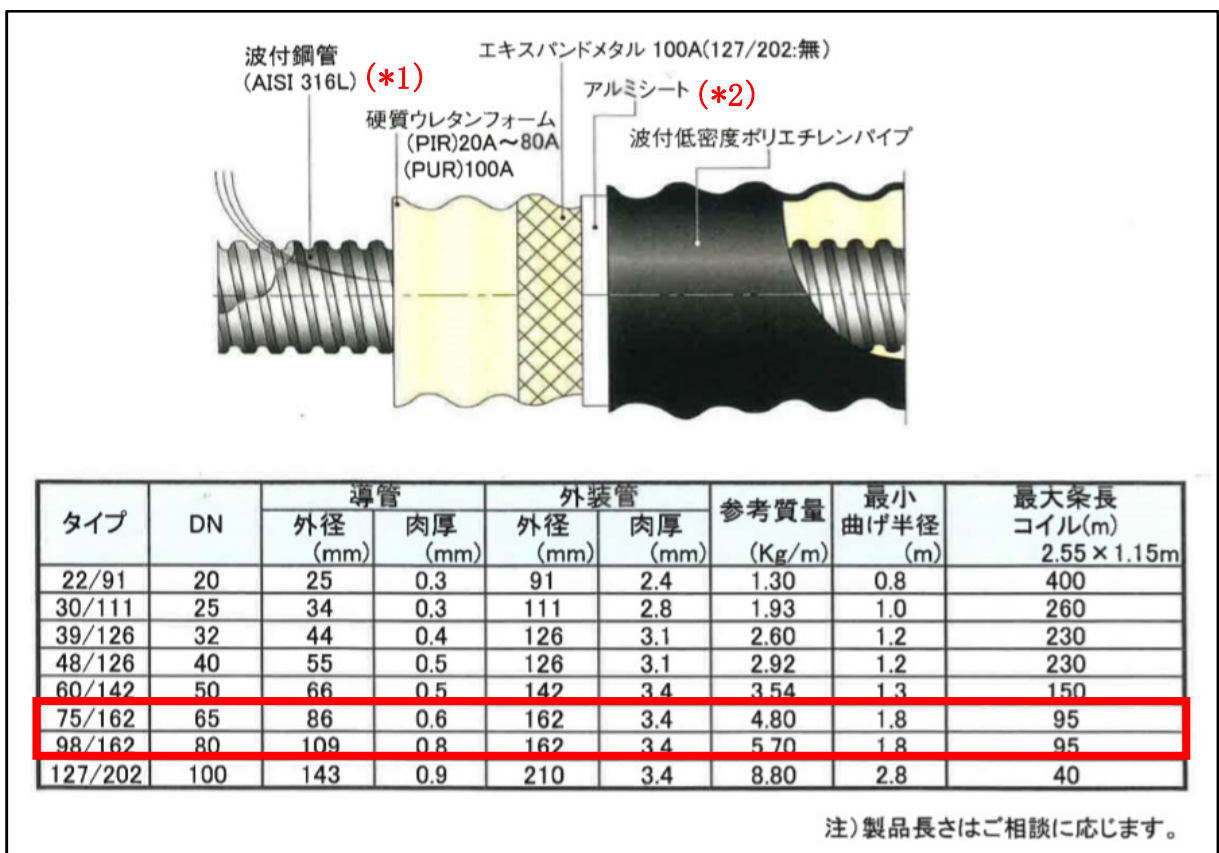


図 2-3 富士見の湯の高温水配管を納品した材料メーカーのカタログ

(\*1) 波付鋼管の材質は「A I S I 3 1 6 L」ではなく「S U S 3 0 4」であることを材料メーカーに確認した。

(\*2) 本調査検討会の分析において、アルミ成分が検出されなかったことから、アルミシートは含まれていないと推測する。

しかし、アルミシートの有無が、本不具合に直接的な影響を与えたかについては不明である。

<高温水配管の最高使用可能温度及び圧力>

最高使用可能温度 160℃ 最高使用可能圧力 2.5MPa

\*カタログ値による。

<高アルカリ水の最高使用温度及び圧力>

最高使用温度 130℃ 最高使用圧力 1.0MPa

### 3 令和2年度原因調査工事で明らかになった事象

#### (1) 工事概要

本不具合にかかる原因調査のため、富士見の湯とクリーンセンターそれぞれの敷地を掘削し、土中に埋設されている管材の状況及び周辺の状況調査を行った。(点線四角部分が調査範囲)

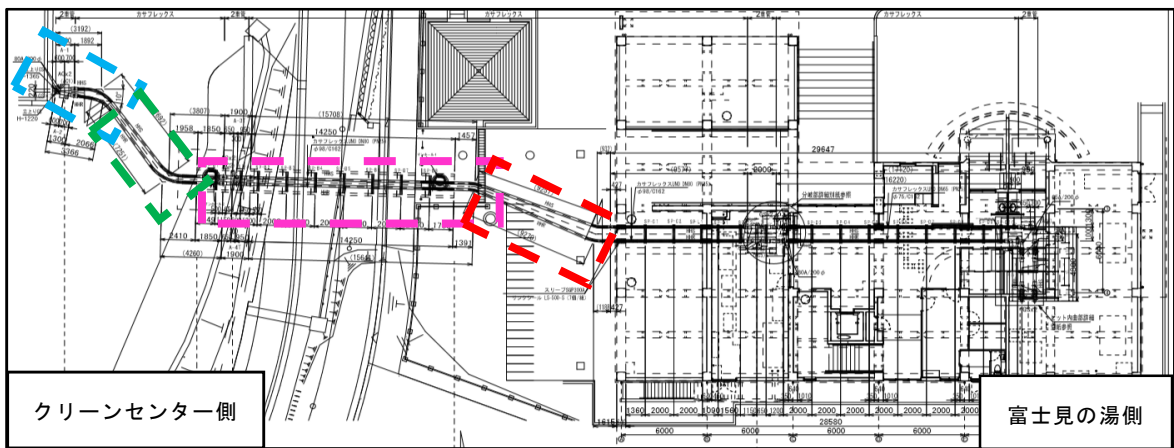


図 3-1 配管平面図

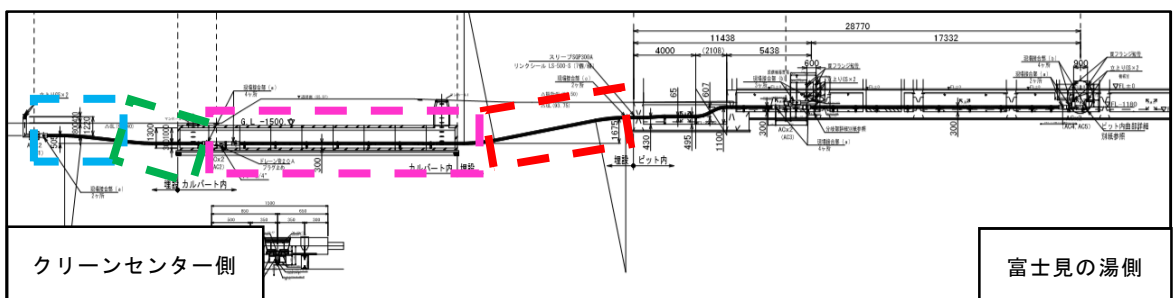


図 3-2 配管断面図

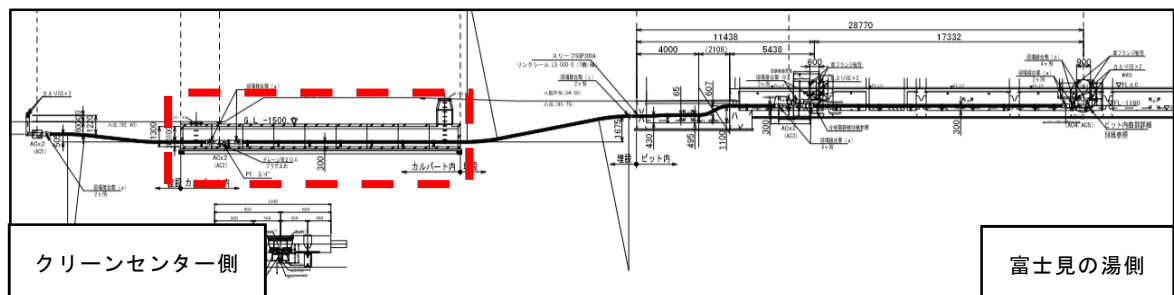


図 3-3 ボックスカルバート位置図

(2) 明らかになった事象

ア ボックスカルバート貫通部に空隙が見られた（後記図 3-9㉗）



図 3-4 ボックスカルバート貫通部分

イ 高温水配管の外皮に多数亀裂があった（後記図 3-9㉘）



図 3-5 高温水配管外皮の亀裂

ウ 保温材が収縮・欠損し、黒く変色していた（後記図 3-9㉙）



図 3-6 高温水配管の保温材の状況



エ 高温水配管付近を通る給水管（水道管）が変形し、破損していた  
（後記図 3-9㊦）



図 3-7 給水管の変形、破損

オ 高温水配管の主管にピンホールが発生していた（後記図 3-9㊦）

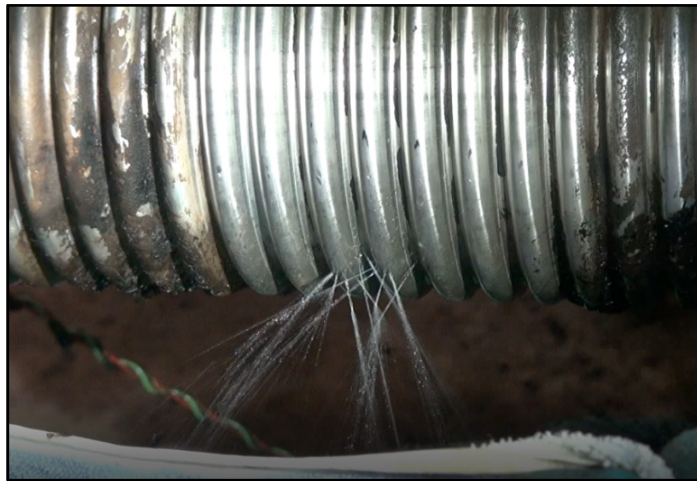


図 3-8 高アルカリ水漏水状況（富士見の湯ピット内）

※令和 2 年度原因調査工事で明らかになった事象の発生場所

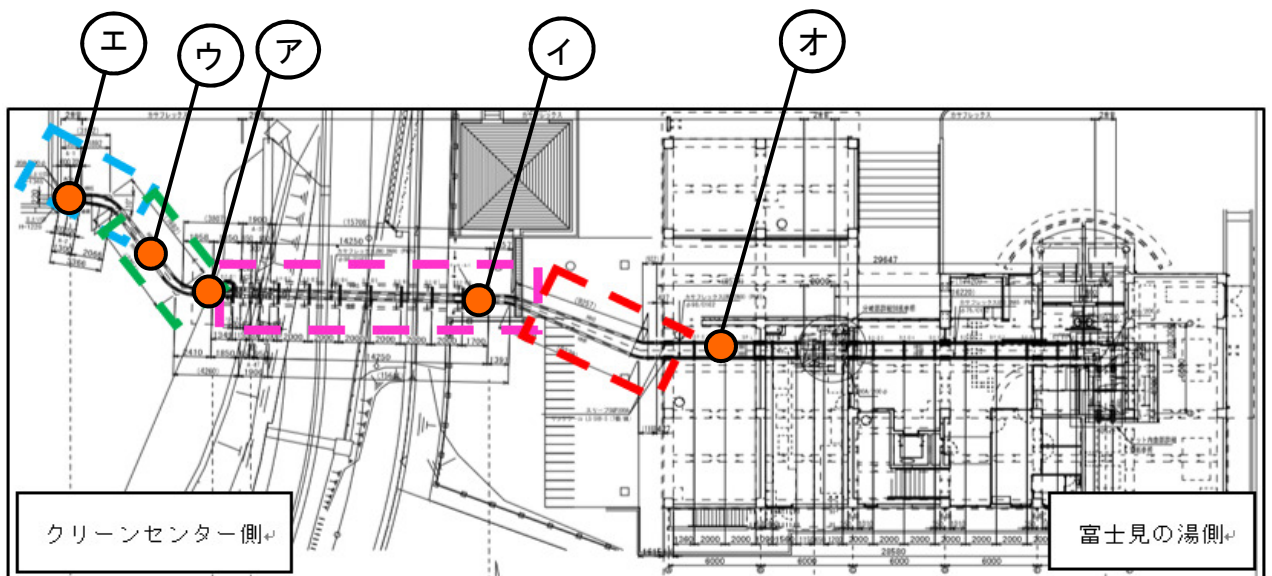


図 3-9 令和 2 年度原因調査工事で明らかになった事象の発生場所 平面図

#### 4 事象について調査検討した事項

##### ア ボックスカルバート貫通部に空隙が見られたことに関する考察

###### (7) 保温材の収縮・欠損によるもの

ボックスカルバート貫通部の施工は、高温水配管との貫通部の空隙に合成ゴム製のメカニカルシールを挿入し、貫通孔の内側と外側はエポキシ樹脂により止水していた。

土中配管部分の溶接箇所は、最外周を熱収縮チューブで覆って施工されている。現場接続部フロー図は、熱収縮チューブを重ねる際に、約50mmのラップしろを確保する必要があると記載されているが（p.14後記図4-2）、溶接箇所のカバーを完全に覆っていない部分（以下「ラップしろ欠損部」という。）があったことが確認されており、その部分から高温水配管内部の保温材内に水が流入したことが考えられる。

配管内部に水が流入することによって、配管内部の保温材は、加水分解により、保温材内に存在する微細な独立発泡セルが破壊され、収縮・欠損したと推測される。

さらに、流入した水は、高温の高アルカリ水が流れる主管に接することにより、瞬時に100℃以上に加熱され、過熱水蒸気となり、高温水配管の外皮を急激に膨張させたと考えられる。

そして、保温材の収縮・欠損後、配管内部に流入した水が過熱水蒸気となって外皮を急激に膨張させた結果、ボックスカルバート貫通部の空隙を塞いでいたメカニカルシール及びエポキシ樹脂による止水材が外皮の膨張及びその後の収縮に追従することができず、高温水配管から剥離し、保温材が欠損した高温水配管とボックスカルバート貫通部に空隙が生じたものとする。

###### (イ) 高温水配管の熱収縮と熱膨張によるもの

高温水配管を流れる高アルカリ水は、クリーンセンターから富士見の湯へ送る温度（往き）が105～130℃、富士見の湯からクリーンセンターへ戻る温度（戻り）が約80℃以上で流れているが、富士見の湯閉館時等は熱交換器を通して湯を沸かす必要がないため、戻りも105～130℃の高アルカリ水が流れている。

また、高温水システム循環の停止時（点検等）には、さらに高アルカリ水の温度が外気温度程度まで下がるものと推測する。

これらの温度差により、高温水配管は熱収縮と熱膨張を繰り返したと考えられ、ボックスカルバート貫通部の止水材が、この熱収縮と熱膨張に追従できずに、高温水配管から剥離し、空隙が生じた可能性について検討したが、熱膨張係数による計算をしたところ、長手方向及び直径方向における熱収縮及び熱膨張はわずかであったと考えられる。

このことから、ボックスカルバート貫通部の空隙の発生は、まず、配管内部に水が流入、保温材が収縮・欠損し、その後、空隙が生じた可能性が高いと推測する。

#### ※高温水システム循環における高アルカリ水の温度

	通常運転時	富士見の湯閉館時	高アルカリ水循環停止時
往き	105～130℃	105～130℃	外気温まで下がるものと推測
戻り	80℃以上	105～130℃	



図 4-1 貫通部と高温水配管の空隙  
(クリーンセンターボックスカルバート外側)

## イ 高温水配管の外皮に多数亀裂があったことに関する考察

次のとおり、外皮に亀裂が入った要因、及び外皮の亀裂と保温材への水の流入の関連について考察した。

### (ア) 土中埋設部分の溶接箇所からの水の流入によるもの

「4-ア(ア) 保温材の収縮・欠損によるもの」において述べたとおり、ラップしろ欠損部より水が流入したものと推測する。(図 4-3)

また、現場接続部フロー図に記載されたとおりに、一枚ずつガスバーナーであぶり、ラップしろを50mm確保することは難しく、ラップしろ確保のためには、始めにラップ部分からあぶらなければならないと考える。(図 4-2)

令和2年度原因調査工事で確認した際もラップしろ欠損部が見受けられる。(図 4-5)

これらの事象から、まずラップしろ欠損部から水が保温材に流入し、主管に水が接することにより、瞬時に100℃以上に加熱され、過熱水蒸気となり、保温材の加水分解が進んだと推測する。次に、この加水分解により、保温材内に存在する微細な独立発泡セルが破壊され、保温材が収縮し、保温材中の水分とも相まって保温機能を失い、外皮が耐熱温度以上となり、亀裂が発生したものと推測する。

さらに、流入した水が高温の主管に触れた結果、膨大な体積の過熱水蒸気が発生、主管と外皮の間に充満し、高圧となり、亀裂が進んだものと推測する。

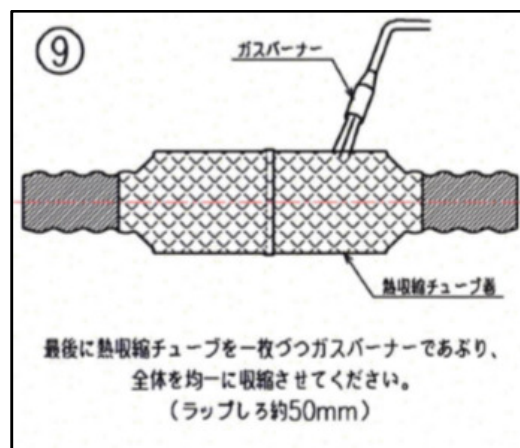


図 4-2 元請け施工業者が示す現場接続部フロー図  
(施工要領書から一部抜粋)



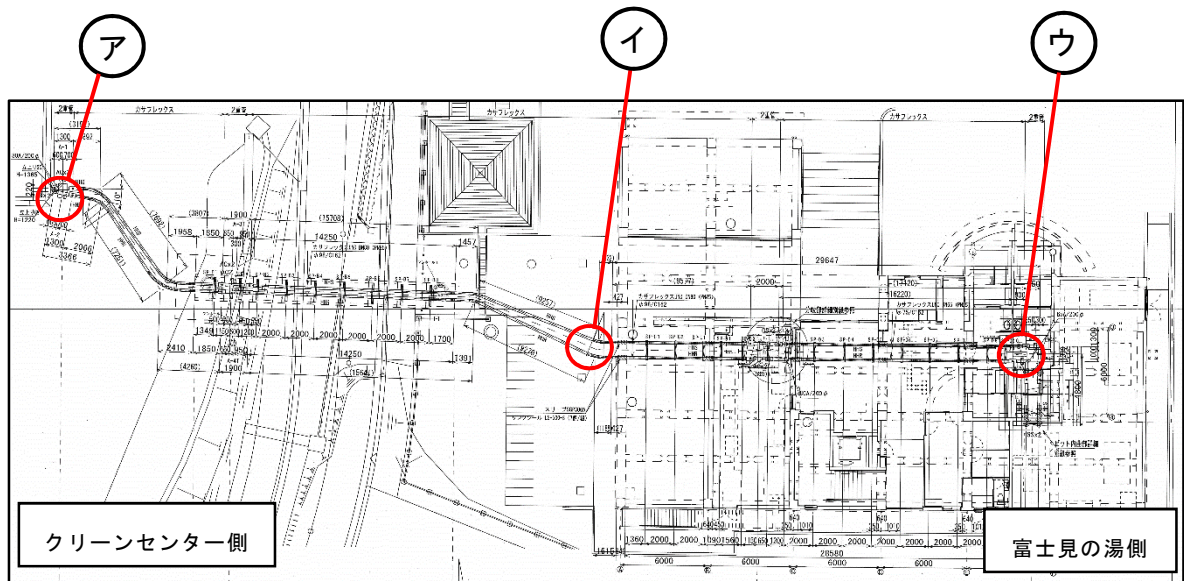


図 4-3 溶接箇所のラップしろ欠損部が確認された箇所

なお、ボックスカルバート内の溶接箇所は高温水配管の劣化状況が酷く、ラップしろが確保されていたかどうか確認することができなかった。



図 4-4

図 4-5

富士見の湯側土中埋設部分の溶接箇所（同一箇所）【図 4-3 イ部分】

図 4-4：クリーンセンター建設に伴う便利施設新築工事・施工中

図 4-5：令和 2 年度原因調査工事・掘削確認後

※中央の白い部分はガラスクロステープ

(イ) ボックスカルバート内のアンカープレートの熱によるもの

図 4-6 に示すアンカープレートは、高温水配管（プレファブ二重管箇所）における主管の熱による膨張、収縮の固定点として、ボックスカルバート内に設置されており、高アルカリ水が流れる主管に近接しているため、高温状態になっていた。

ボックスカルバート内に流入した水が、高温状態となったアンカープレートに触れ、外皮の耐熱温度である 70℃以上となり、外皮が損傷した可能性が推測される。損傷した外皮から高温水配管内部へ水が流入し、前述した、加水分解による保温材の体積収縮や保温材中の水分による保温機能の低下もしくは過熱水蒸気による主管と外皮の間の圧力上昇により、さらに外皮の亀裂が発生し、水が流入した可能性がある」と推測する。

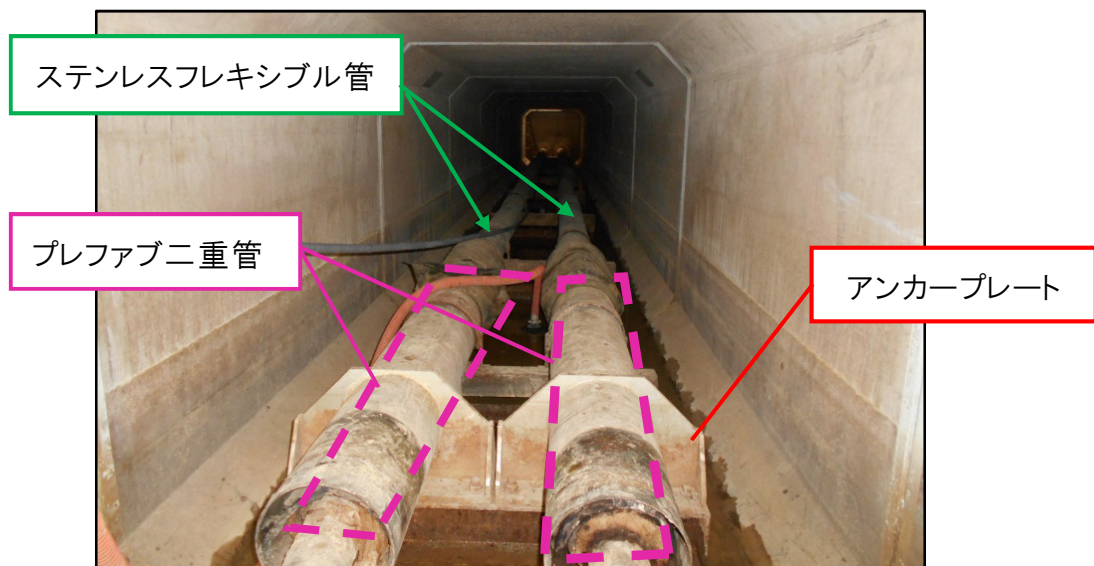


図 4-6 ボックスカルバート内のアンカープレート

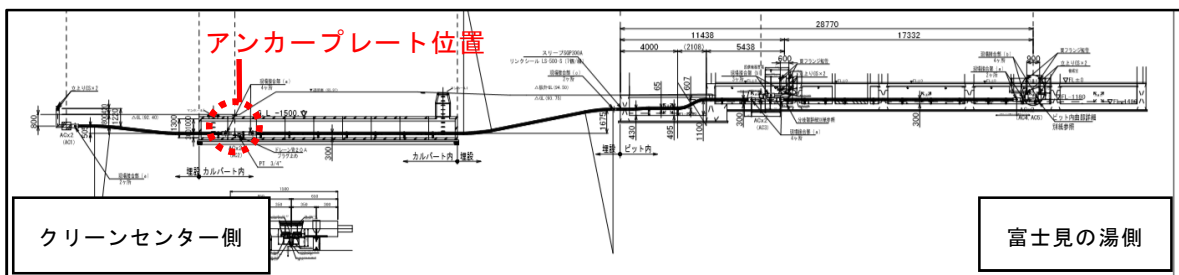


図 4-6\_2 ボックスカルバート内のアンカープレート位置

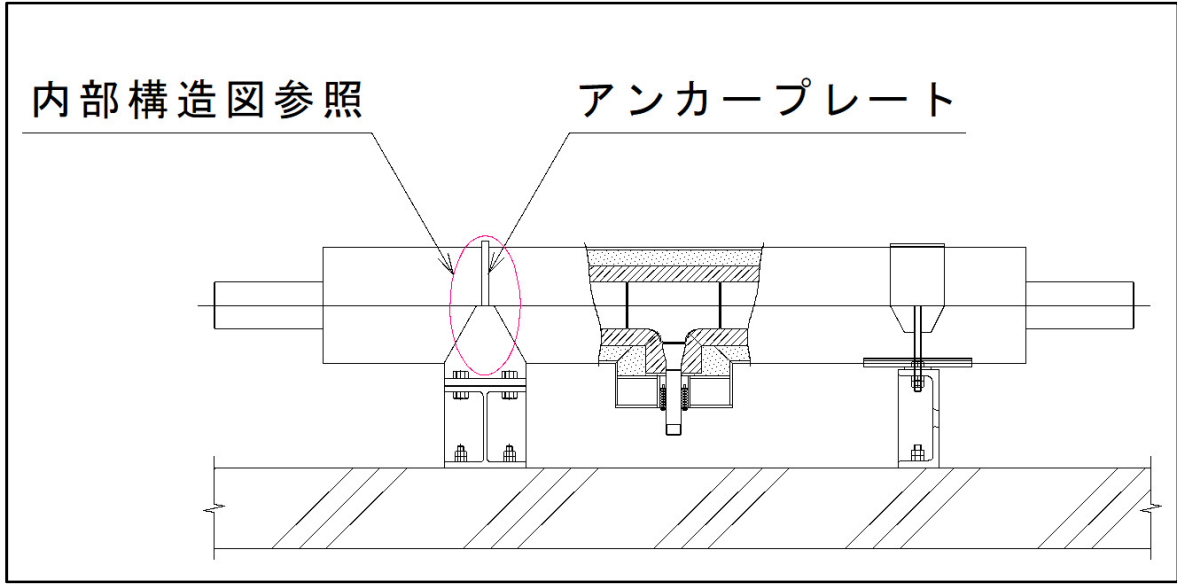


図 4-7 アンカープレート外観図

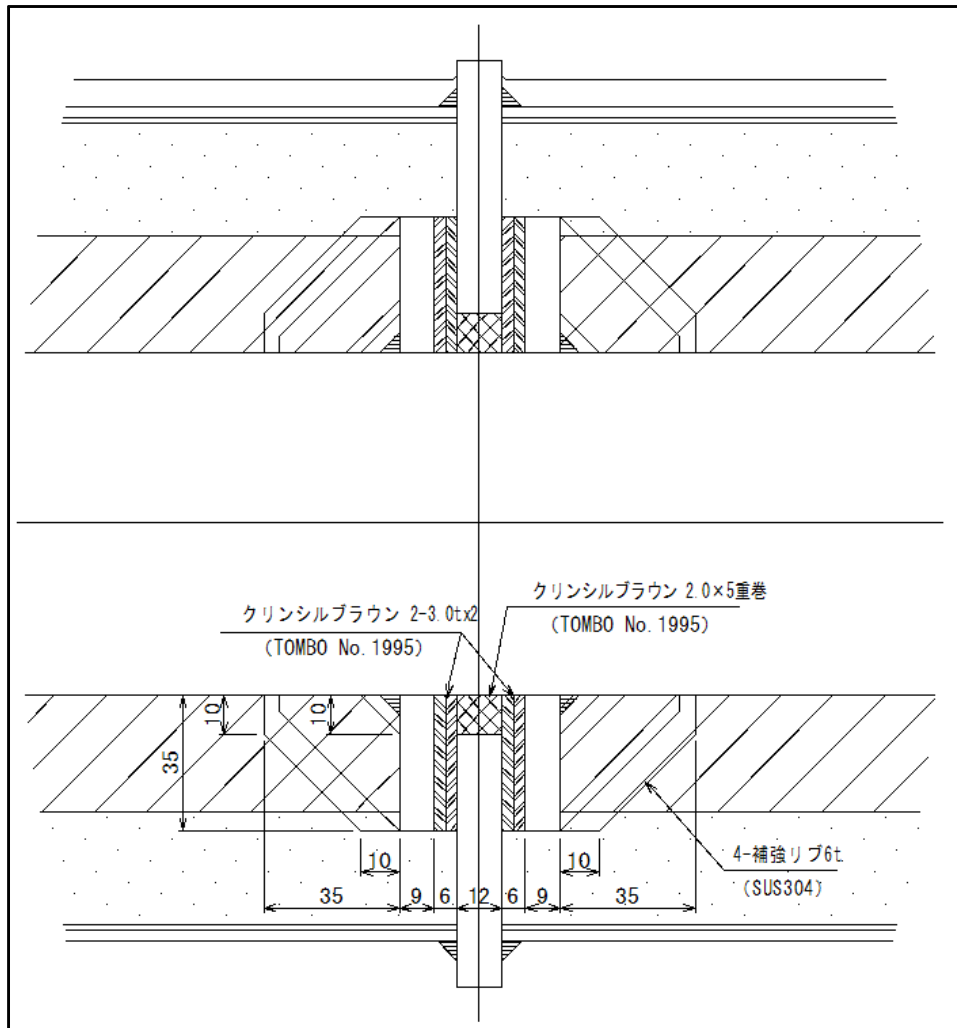


図 4-8 アンカープレート内部構造図

## ウ 保温材が収縮・欠損し、黒く変色していたことに関する考察

### (ア) 収縮・欠損していたことについて

前述したラップしろ欠損部（図 4-4、4-5）から、高温水配管内部の保温材に流入した水が瞬時に沸騰し、100℃以上に加熱され、過熱水蒸気となり、保温材の加水分解が進んだ。

さらに、保温材内に存在する微細な独立発泡セルが破壊され、結果として、保温材が収縮・欠損したものと推測する。

欠損については、流入した水が高温の主管に触れた結果、膨大な体積となった過熱水蒸気が発生し、主管と外皮の間に充満し、高圧となった。その過熱水蒸気の圧力により、加水分解し脆くなった保温材が流出したと推測する。

### (イ) 黒く変色したことについて

高温水配管内に水が流入したことにより、エキスパンドメタルに錆が発生していることを確認した。この錆が流入した水に移行し、保温材全体が黒く変色した。なお、元素分析の結果、この黒色部の主成分は、鉄の化合物であることを確認しており、エキスパンドメタルによるものであると考えられる。



図 4-9 高温水配管保温材劣化の状態



## エ 高温水配管付近を通る給水管（水道管）が変形し、破損していたことに関する考察

クリーンセンター敷地内において、高温水配管付近を通る給水管（耐衝撃性硬質ポリ塩化ビニル管：H I V P）が、保温材が収縮・欠損した高温水配管による熱や蒸気で耐熱温度約50℃（J I S K 6741による規格）を超えて晒されたことで変形・破損し、漏水したものと推測する。（令和元年6月頃と推定）

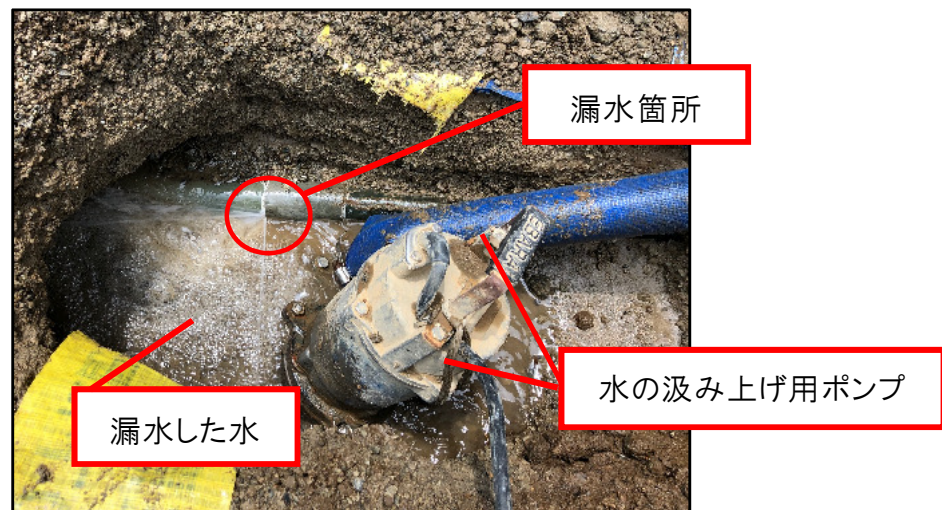


図 4-10 給水管の漏水（クリーンセンター敷地内）



図 4-11 給水管と高温水配管（クリーンセンター敷地内）

【p. 15 図 4-3 ア部分】



図 4-12 ボックスカルパート内に水道水が流入

## オ 高温水配管の主管にピンホールが発生していたことに関する考察

高アルカリ水が漏水したステンレス管の孔食部分について、外観観察及び断面マクロ観察・ミクロ観察を行った。

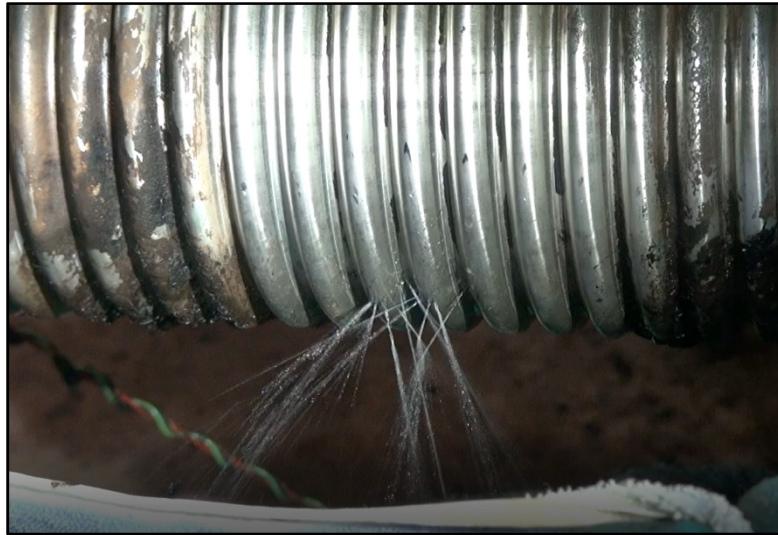


図 4-13 高アルカリ水漏水状況（富士見の湯ピット内）【往管】

※主管部分の付着物は、ワイヤーブラシで除去した。

### (ア) 外観観察等の結果

#### 外観観察

配管外面側は、網目状に割れが発生し、多数の孔食が確認された。代表部分を半割切断後、配管内面側を観察した結果、内面側に割れは確認されるが、外面側と比較して割れの数が少ないことや、孔食等の腐食による明確な痕跡が確認されないことから、外面側を起点とする割れが貫通しているものと考えられる。



主管外側



主管内側

図 4-14 外観観察拡大図



### 断面マクロ観察・ミクロ観察

当該配管には、多数の貫通に至る割れがあるが、外面側には、多数の孔食が確認され、内面側には、孔食や腐食減肉の明確な痕跡は確認されなかった。

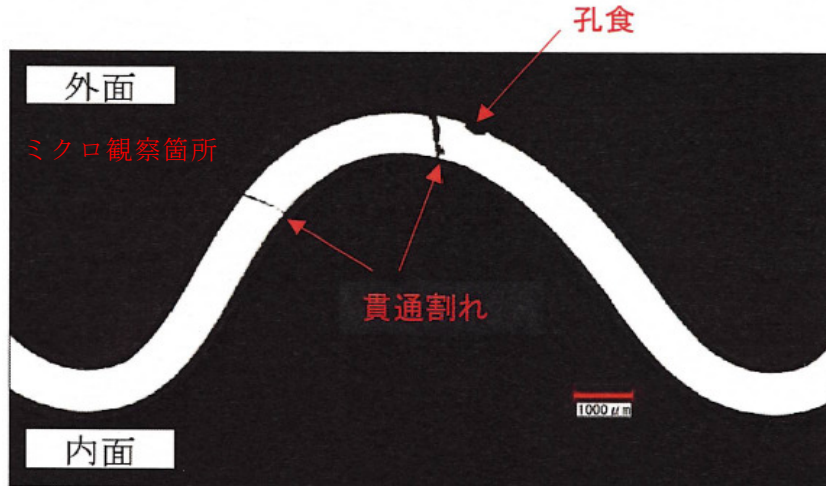


図 4-15 断面拡大図

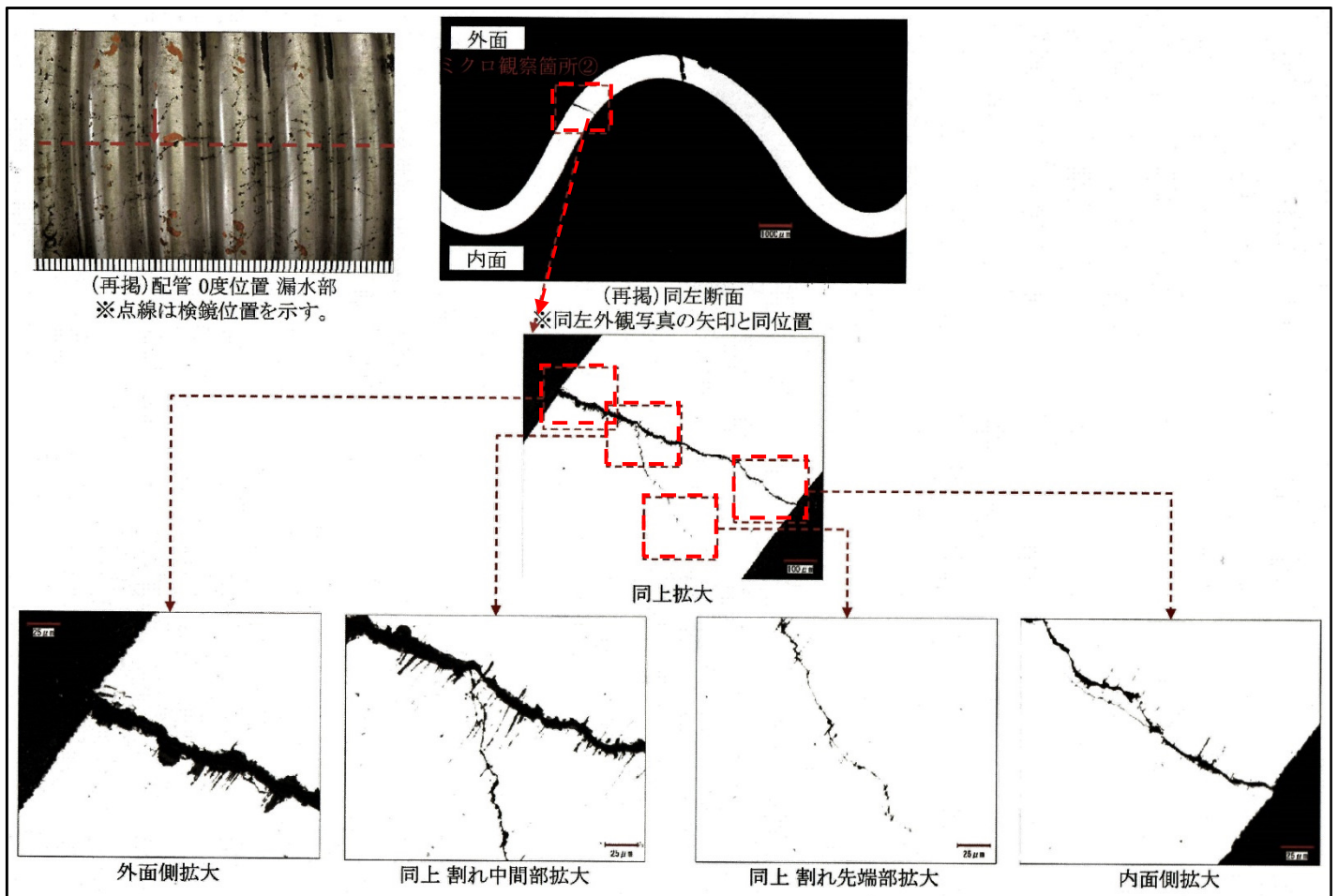


図 4-16 断面マクロ観察結果

また、金属組織はオーステナイト組織を呈しており、組織的な異常は確認されなかった。割れは部分的に分岐を伴ってオーステナイト粒内を貫通しており、割れの進展様相から、外面を起点とした応力腐食割れ（\*1）である可能性が高いと推測され、これにより高アルカリ水が漏水に至ったと考える。

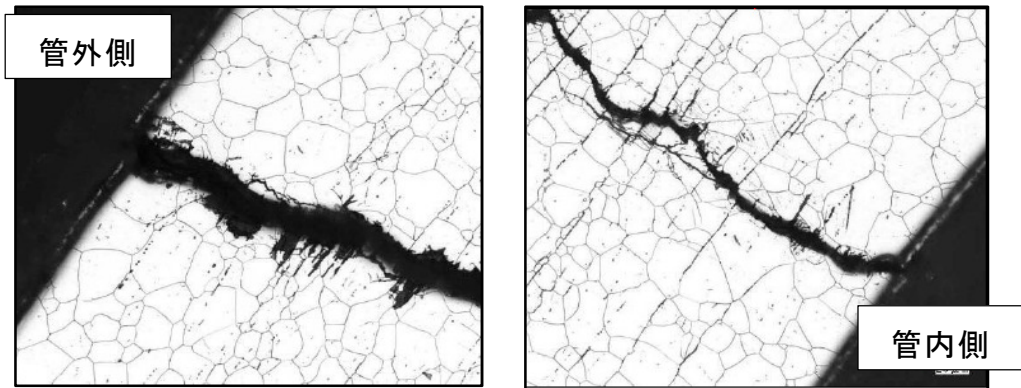
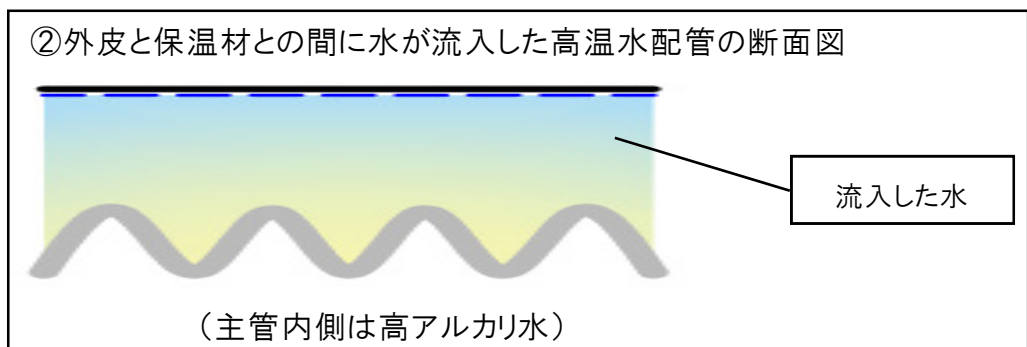
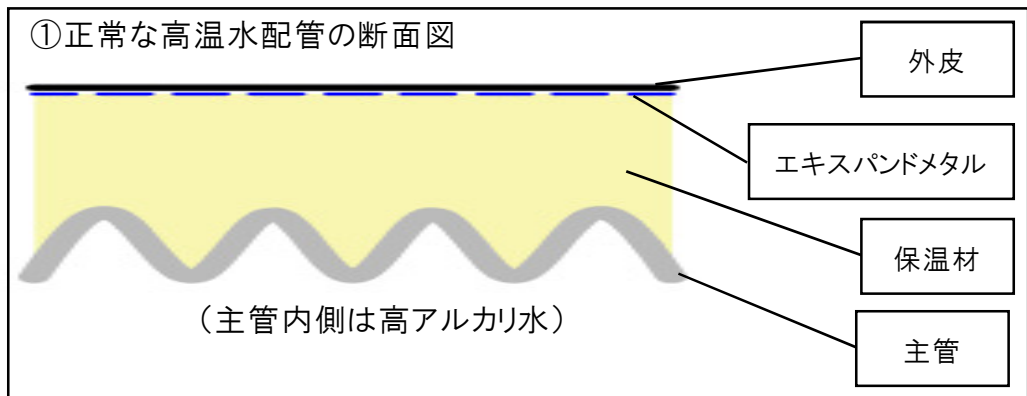


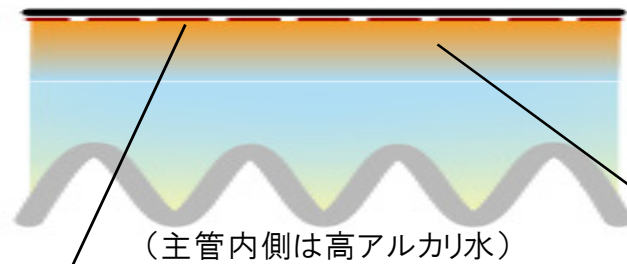
図 4-17 断面マイクロ観察結果（拡大）

(イ) 応力腐食割れが発生した要因の考察

- a ラップしろ欠損部から高温水配管内へ流入した水がエキスパンドメタルを腐食し、錆が発生。錆が含まれた水が主管からの熱と共に保温材を加水分解・損傷し、これらが主管外表面に固着した。



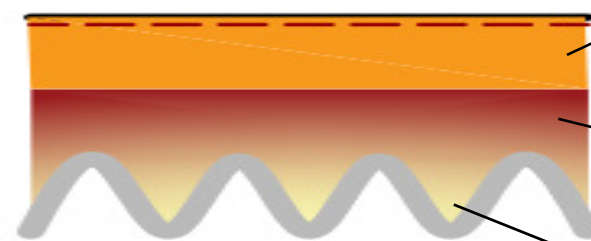
③エキスパンドメタルに錆が発生し、錆が混入した水が保温材へ浸潤



エキスパンドメタルが腐食し、錆が生成

錆が混入した水

④錆が混入した水が保温材へ浸潤すると共に、主管からの熱が水を加熱して保温材の加水分解が始まる。保温材の分解により保温材内部の気泡が破壊され、収縮した。



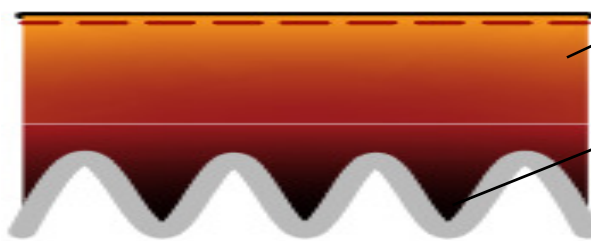
錆が混入した水

加水分解して  
収縮した保温材

残留した保温材

(主管内側は高アルカリ水)

⑤主管からの熱は錆が混入した水を加熱して、保温材の加水分解が促進された。分解された保温材が流出・喪失して保温材が薄くなり・保温の機能がなくなった。

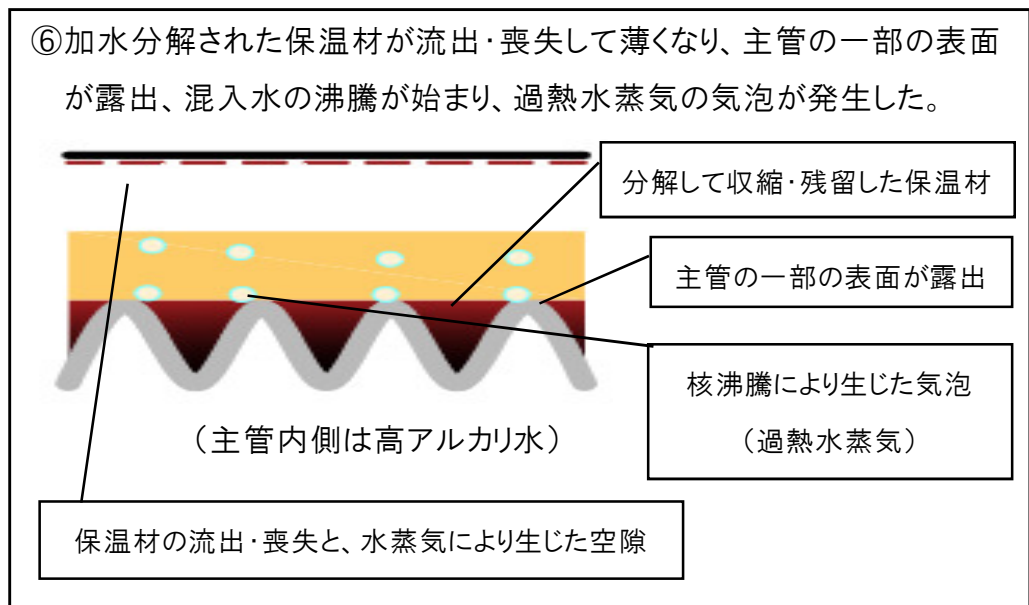


錆が混入した水

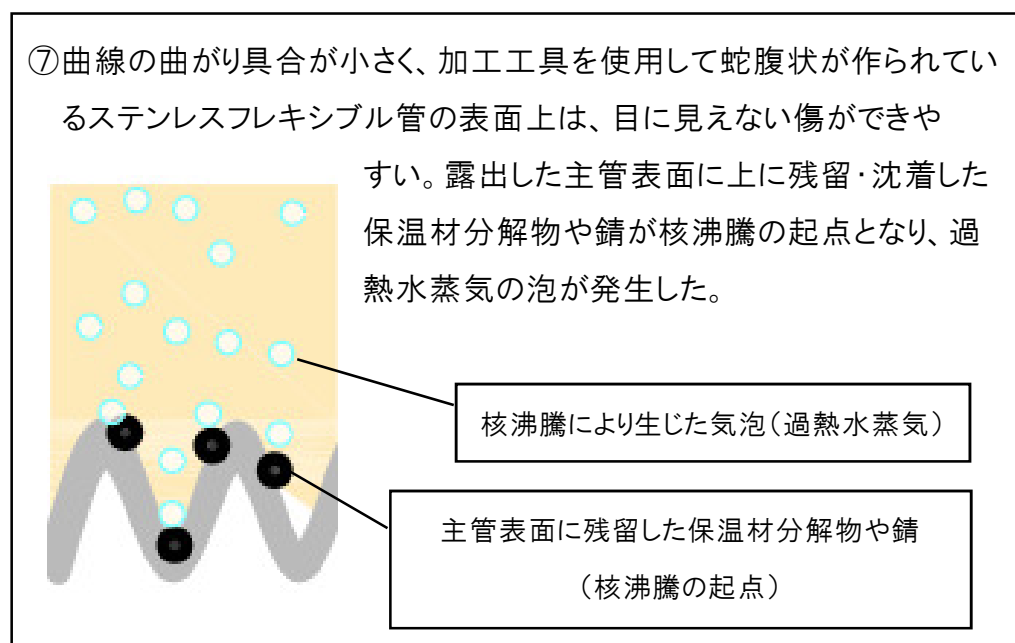
分解して収縮  
・残留した保温材

(主管内側は高アルカリ水)

- b 主管外表面に流入した水が、錆や保温材分解物が析出した表面で瞬時に沸騰する際、核沸騰 (\*2) が生じ、この部分で水に濡れている状態と沸騰して水蒸気になっている状態が繰り返し生じた。  
(ここが腐食の起点になると考えられる。)

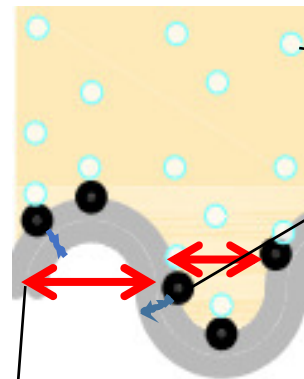


- c 流入した水には前述したとおり、錆の成分（酸化鉄や水酸化鉄）が含まれている上、元素分析結果より保温材には触媒であるカリウムが含まれていることが判明しており、核沸騰点において錆やカリウム化合物（カリウム塩等）が脱水により（水のみが水蒸気となるため）濃縮した。



- d 主管外表面の核沸騰点において、流入した水に含まれる錆やカリウム化合物の濃化に起因して主管の腐食が始まり、温度変化による繰り返し熱応力やポンプ圧送による繰り返し圧力変動等、繰り返し荷重が腐食点（孔食・エッチピット部分）に作用し、疲労による破壊（クラック）が進展した。

⑧主管外表面における金属疲労→応力腐食割れ生成のメカニズム



核沸騰により生じた気泡(過熱水蒸気)

亀裂の進展

繰り返し応力が作用

主管表面に残留した保温材分解物や錆は、核沸騰の起点のみならず、疲労破壊や応力腐食割れの起点ともなる。

核沸騰の起点＝気泡が生じる部分は乾燥と湿潤を繰り返し、水中の不純物を濃縮した。

高アルカリ水のポンプによる脈動(圧力変動)等により、主管長手方向に繰り返し伸縮が生じ、その結果、主管に繰り返し応力が働き、金属疲労の原因となった。

主管の長手方向の繰り返し伸縮により、主管表面の残留物部分に応力集中が起こり、疲労破壊の起点となった。疲労亀裂部に錆が混入した水が流入・濃縮して、応力腐食割れが進んだ。

最終的に金属疲労→応力腐食割れによる亀裂が進展し、主管の破壊に至り、高アルカリ水が流出した。

- e 錆やカリウム化合物が含まれた流入水がクラックの起点（エッチピット）に流入して腐食が進行した。

- f 以降(d)と(e)が繰り返されることで応力腐食割れが進行し、最終的にクラックが連通して主管の破壊に至ったために、主管内部を流れていた高アルカリ水が漏出した。



(\*1) 応力腐食割れ(Stress corrosion cracking ; SCC)発生のメカニズム

今回の主管破壊に至る要因として、①高温水配管内へ水が流入、②流入した水がさまざまな要因（エキスパンドメタルの腐食反応や主管に触れた際に水蒸気が生成する等）により保温材(主管部分は PIR, 溶接仕上げ施工部分は PUR)が損傷・喪失し、③ほぼ露出した主管外表面から応力腐食割れにより破壊に至った、という3つのプロセスが想定できる。

応力腐食割れとは、力学的な問題と材料・化学的な問題に大別でき、これらが複合して比較的短期間で破壊に至るプロセスである。

発生のメカニズムとしては、主管内部を流れる熱媒体を圧送する送水ポンプの圧力変動や温度変化により生じる熱応力変化等、主管に繰り返し荷重が加わっていることが第1の要因である。材料に繰り返し荷重が作用すると、材料表面の弱い箇所（表面の傷や錆等）に応力が集中し、そこが疲労破壊の起点となり得る。疲労破壊とは、破壊の起点（一般には細かな傷（以下「クラック」という。）に繰り返し荷重が作用し応力が集中すると、クラックが徐々に開き・進展し、破壊に至る現象である。

この徐々に開き・進展するクラックの隙間へ金属を腐食しやすいような化学物質（液体）が流入すると金属を腐食しながら、さらに毛細管現象によりクラック先端まで流入し、単純な疲労破壊と比べて加速されたように破壊に至る。これが応力腐食割れである。

(\*2) 核沸騰

伝熱面（主管外表面）に細かな傷や凹凸（例えば分解した保温材や錆の付着）があると、そこから水が沸騰し泡が発生すること。

## 5 不具合発生のプロセスの考察

不具合発生の主たる原因は、(1)ラップしろ欠損部から水が高温水配管内部に流入、配管内部の保温材が収縮・欠損・変色し、外皮の損傷が進行し、ボックスカルバート貫通部に空隙が生じたというプロセスを考察し、保温材を水に晒したことにより、保温機能が確保できなくなってしまったことから、高温水システム全体に不具合が生じたと考える。

さらに、(2)保温機能を失った高温水配管は、近傍に敷設されている給水管を耐熱温度以上に晒したことで、変形・漏水させたものと推測する。

また、高温水配管の主管にピンホールが発生したプロセスは、「4-オ 高温水配管の主管にピンホールが発生していたことに関する考察」で示したとおりだが、(3)ピンホール発生箇所は、高温水配管が下方に撓んでいる近傍であり、主管下方部に引張応力が作用したことから、応力腐食割れに至ったと推測する。

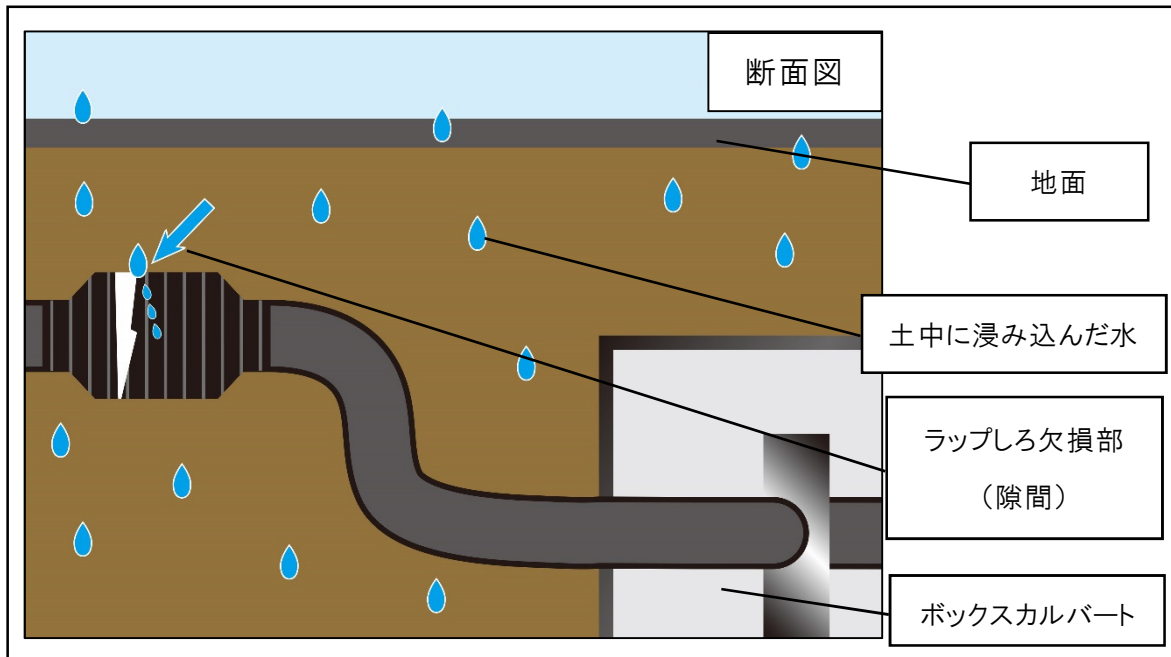
なお、富士見の湯側の道路表面は浸透性アスファルト舗装であること、また浸透トレンチがあることから、水の流入、保温材の収縮・欠損や外皮の損傷等が他の場所よりも早く進行したと考えられ、ピンホール発生の事象についても、富士見の湯側が先行して起きた事象と推測する。

### (1) ラップしろ欠損部から水が高温水配管内部に流入、配管内部の保温材が収縮・欠損・変色し、外皮の損傷が進行し、ボックスカルバート貫通部に空隙が生じた

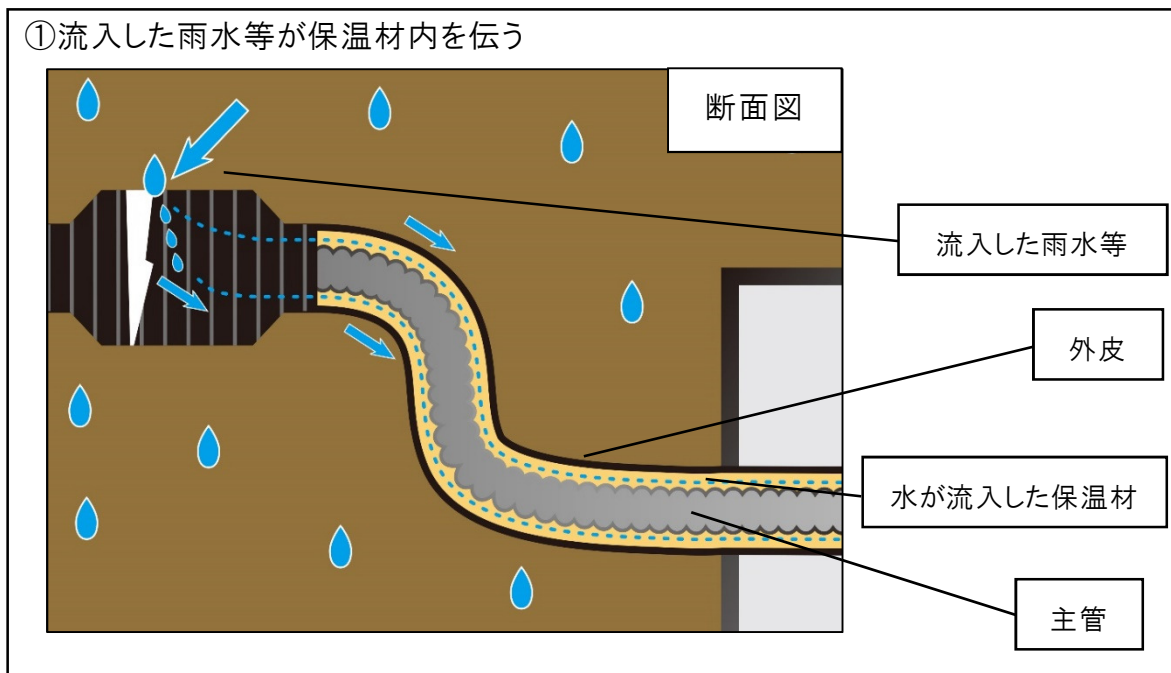
以下の図説は富士見の湯側（図 4-3 イ部分）を具体例として示したものであるが、クリーンセンター側（図 4-3 ア部分）でも同様の事象が発生したと推測する。

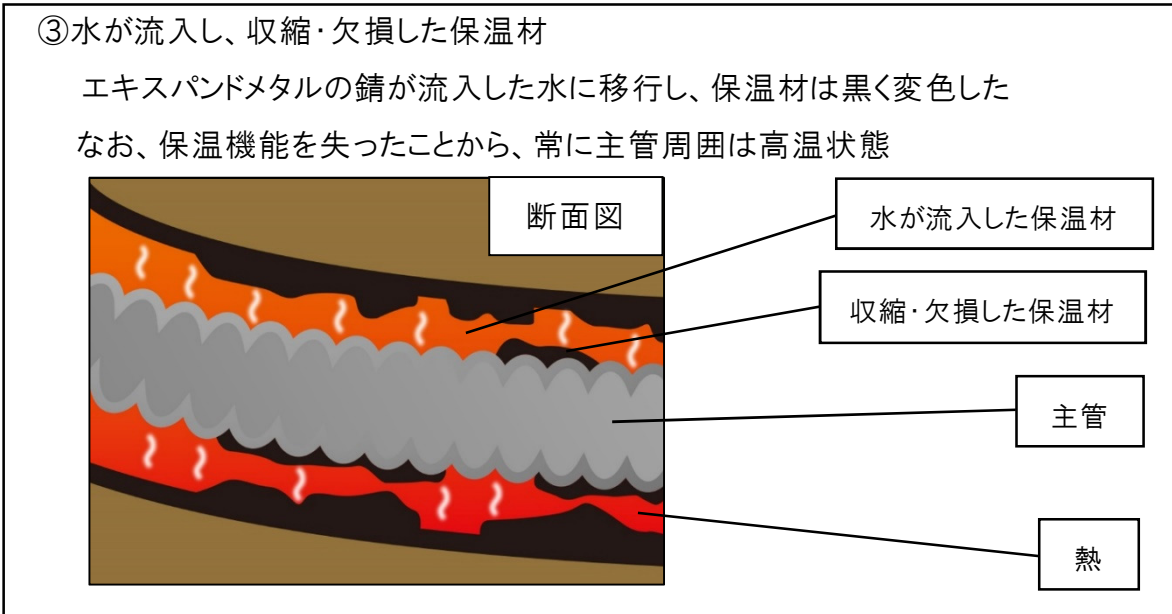
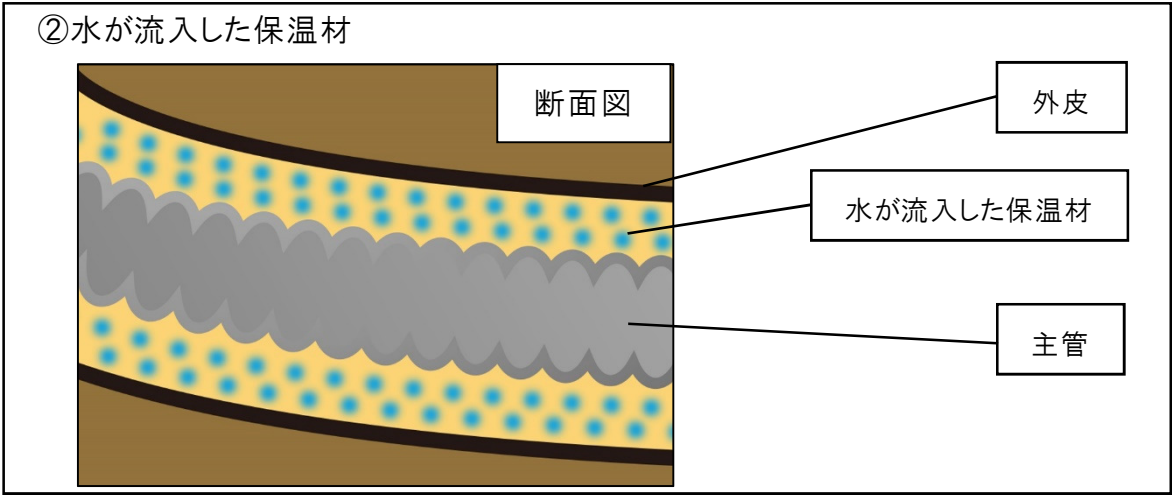
ア 土中に浸み込んだ雨水等が、高温水配管土中埋設部分のラップしろ欠損部から保温材内に流入した。

なお、富士見の湯側の地面は、浸透性アスファルトとなっていることから、土中への浸透性が高く、クリーンセンター側は、植栽帯となっている箇所から雨水等が流入した可能性がある。

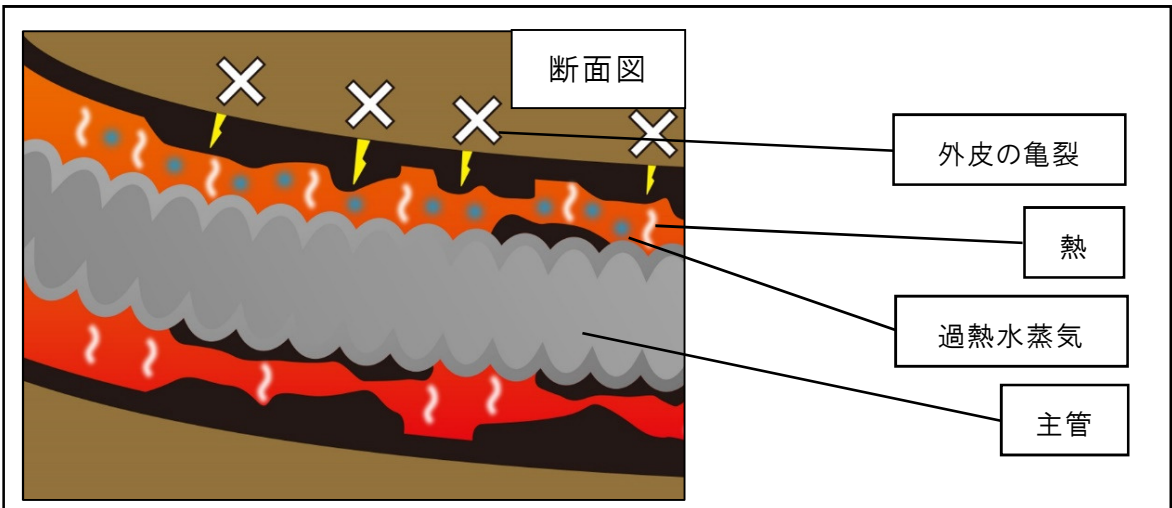


イ 高温水配管内に流入した水は、保温材内を主管に沿って浸透することで、保温材を劣化させ、保温材は保温機能を失った。さらに、高温状態の主管に水が触れることで瞬時に加温され、保温材の加水分解が進み、保温機能を失った。

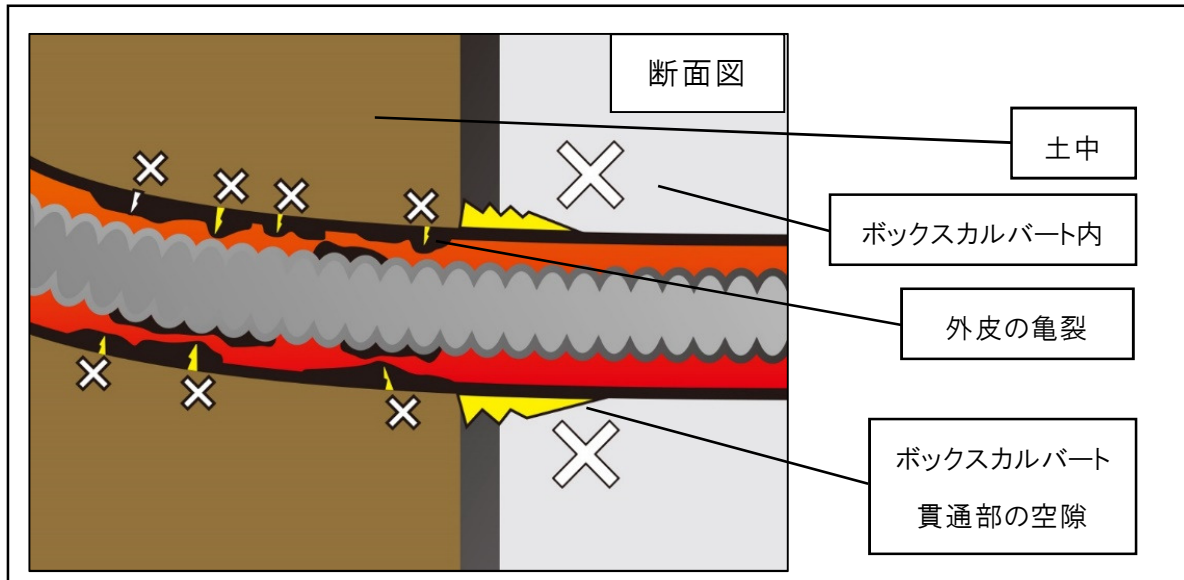




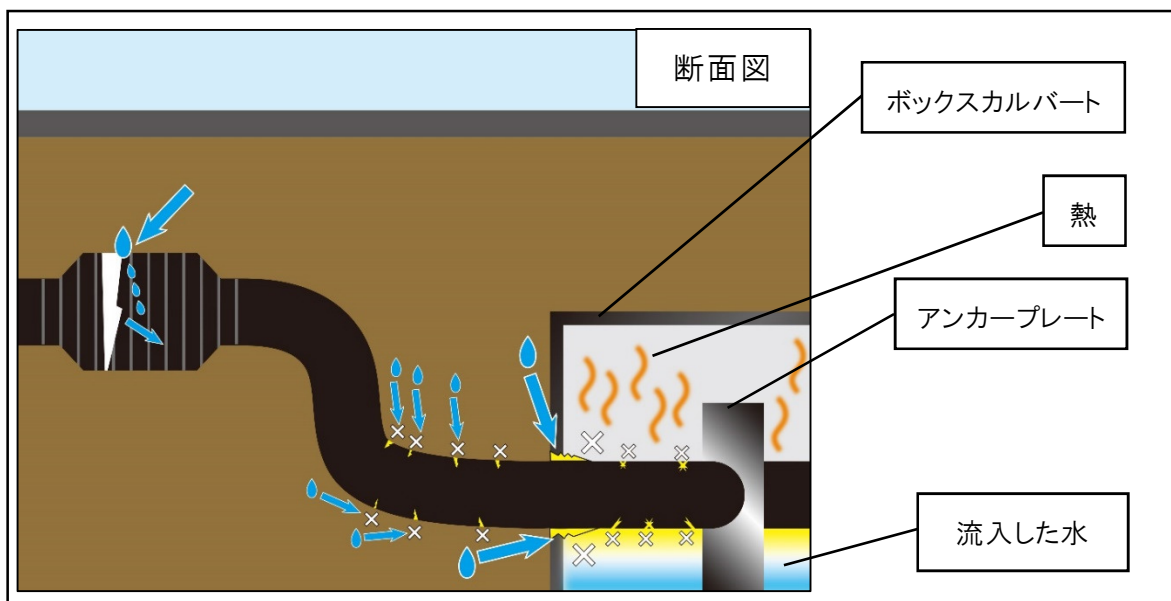
ウ 外皮は耐熱温度以上となり亀裂が発生し、さらに亀裂部分から流入した水が、高温の主管に触れた結果、膨大な体積となった過熱水蒸気が発生、主管と外皮との間に充満し、高圧となった。その過熱水蒸気の圧力により、加水分解し脆くなった保温材が流出した。



エ 保温材が収縮・欠損し、高温水配管の内部に流入した水が過熱水蒸気となって外皮を急激に膨張させた結果、ボックスカルバート貫通部の空隙を塞いでいたメカニカルシール及びエポキシ樹脂による止水材が外皮の膨張、その後の収縮に追従することができず、ボックスカルバート貫通部に空隙を生じさせた。

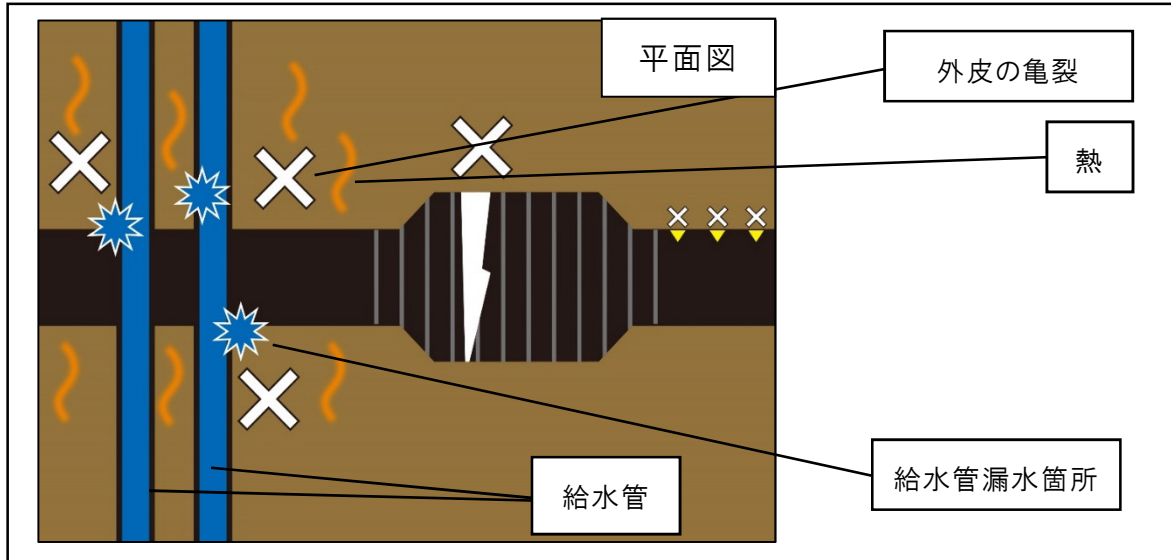


オ ラップしろ欠損部、外皮亀裂部分及びボックスカルバート貫通部に生じた空隙から水が流入する経路ができたことで、ボックスカルバート内に水が貯留し、熱を持ったアンカープレートに触れ、沸騰した水は、外皮の耐熱温度以上となり、さらに外皮を損傷させた。

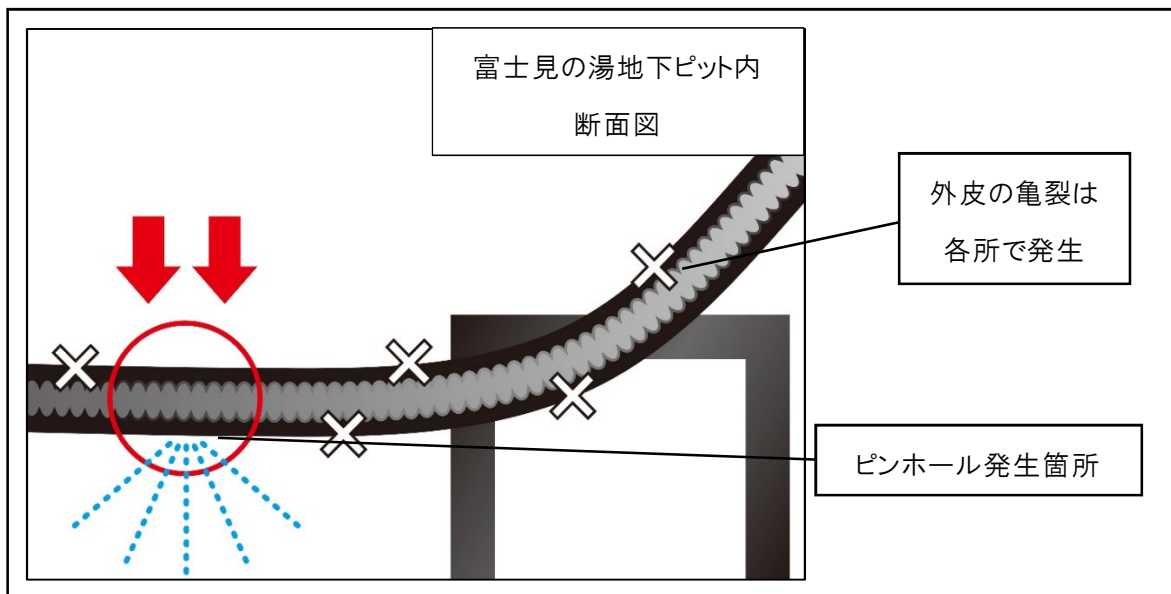


(2) 保温機能を失った高温水配管は、近傍に敷設されている給水管を耐熱温度以上に晒したことで、変形・漏水させた (p.11 図3-9 エ部分)

給水管からの漏水により、亀裂や隙間が生じていた外皮から、さらに水が流入し、ボックスカルバート内に水が貯留した。

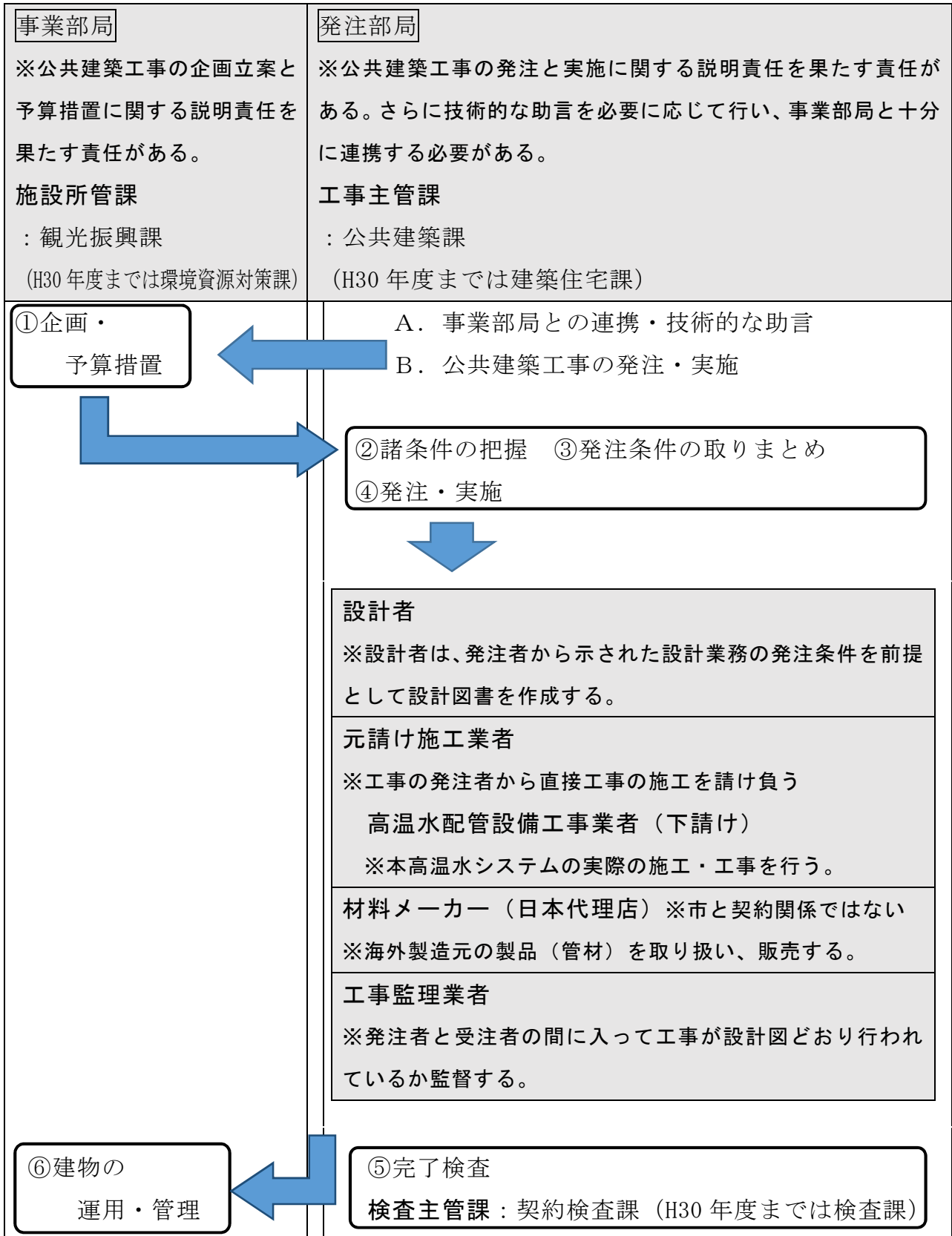


(3) ピンホール発生箇所は、高温水配管が下方に撓んでいる近傍であり、主管下方部に引張応力が作用したことから、応力腐食割れに至った (p.11 図3-9 オ部分)



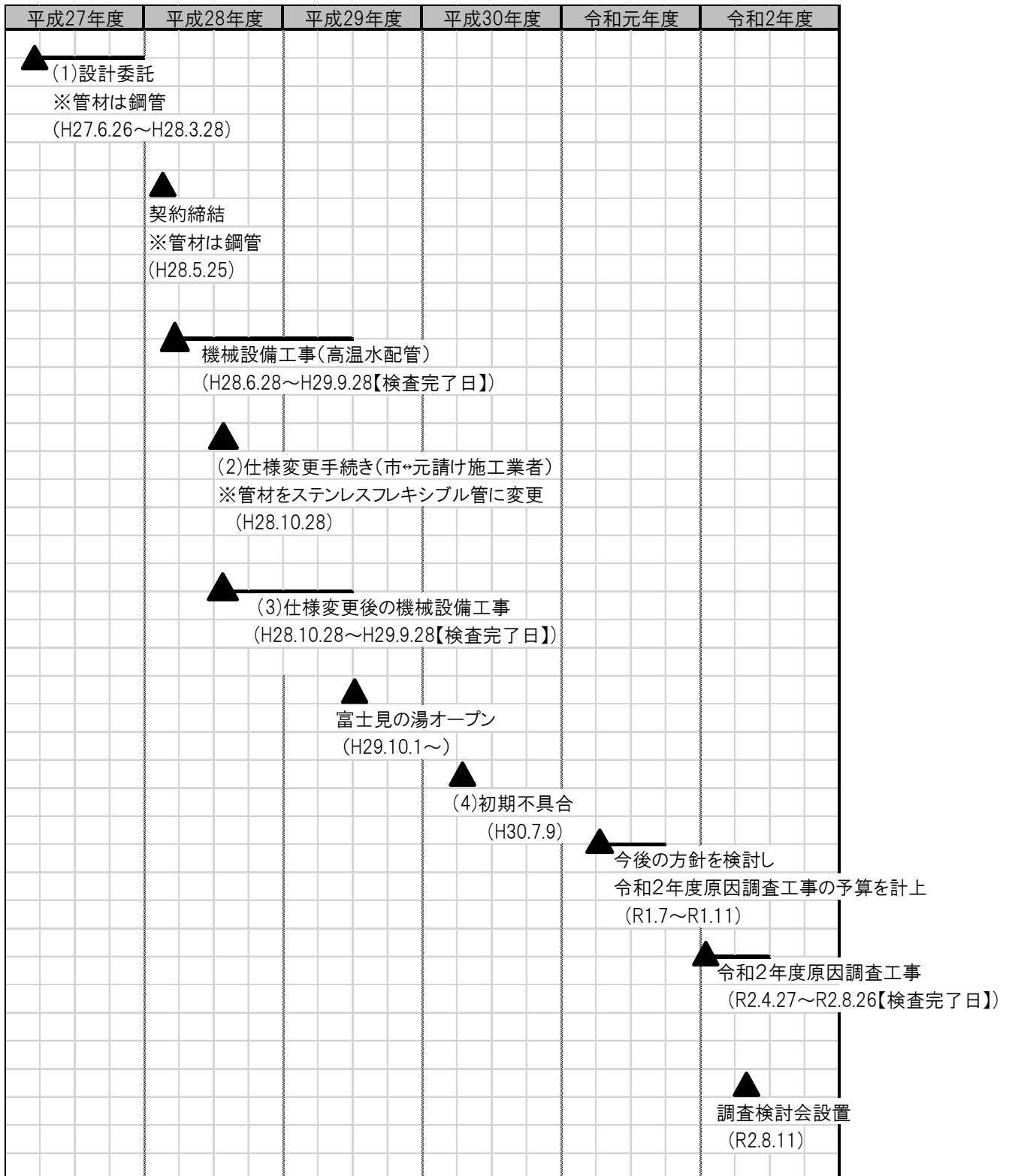
## 6 関係者及び時系列の整理

### (1) 関係者の整理



※国土交通省「公共建築工事の発注者の役割解説書（第二版）」に基づき作成

## (2) 設計委託から調査検討会設置までの流れ





## 7 人為的な問題点について調査検討した事項

不具合発生に至るまでの手続きや対応を考察し、建築工事や施設管理の改善につなげるため、設計委託から初期不具合発生まで人為的な観点から問題点について調査検討した。

### (1) 設計委託 ※関係者（工事主管課、設計者）

ボックスカルバートの設計においては、ボックスカルバート内に雨水等が流入しないものとして排水機能を設けない仕様としていた。

また、雨水等の流入の弱点となる可能性がある土中埋設部の接合配管部付近に雨水等を集める浸透トレンチを設置していた。

当初の設計段階における高温水配管の管材は鋼管であり、配管接合部の溶接やボックスカルバートの配管貫通部の止水処理を適切に施工すれば、当該接合部や貫通部から配管内やボックスカルバート内に水が流入することは考えられないため、雨水等を集める浸透トレンチを配管接合部付近に配置する設計をしたことに問題があったとはいえないと考える。

## (2) 仕様変更手続き

※関係者（工事主管課、元請け施工業者、材料メーカー、工事監理業者、  
検査主管課）

### ア 仕様変更の提案について

契約締結時、元請け施工業者は、鋼管による施工を条件に工事請負契約を締結したが、搬入経路や現場溶接のスペースが十分に確保できないこと等から、使用する部材を鋼管からステンレスフレキシブル管に変更することを提案した。

提案を受けた工事主管課は、「秦野市工事等の監理監督及び検査規程」等に則り、元請け施工業者と協議し、工事現場における施工性等を考慮したうえで、部材の仕様変更を承認した。

一方で、提案時には、元請け施工業者から仕様変更にかかる工事打合せ簿とともに、高温用保温二重管比較表、設計図面及びステンレスフレキシブル管のカタログが工事主管課に提示されたが、本調査検討会の調査では、カタログに記載されたアルミシートの有無や、主管の材質が実際の管材と異なっていると思われ、情報の正確性が担保されていなかった。

高温用保温二重管比較表において、鋼管よりもステンレスフレキシブル管の方を適切と推奨する情報が不足していたが、工事主管課は不明確な部分や十分な根拠が示されていない部分については、元請け施工業者に対し、十分な説明や資料の提出を求めるべきであった。

加えて、元請け施工業者は、管材の提案時、または提案後速やかに、工事主管課へ海外製造元が公表している詳細な注意や指示の情報を提供すべきであった。

秦野市工事等の監理監督及び検査規程（昭和 60 年 3 月 30 日訓令甲第 3 号）

※機械工事設備締結時時点・平成 27 年 4 月 1 日改定

（監督員の責務）

第 9 条 監督員は、工事等主管課長の命を受け、工事等の適正な施工を確保するため、関係法令及び契約書、工程表、設計書、仕様書、図面その他関係書類に基づいて必要な指揮監督及び指示を行い、かつ、工事等の進捗を図らなければならない。

監督員は、工事等の施工状況を監理監督し、必要に応じて工事等主管課長に工事等の進捗状況を報告しなければならない。

### イ ステンレスフレキシブル管の仕様について

元請け施工業者から提示されたカタログに掲載された管材と、本工事で敷設したステンレスフレキシブル管は、アルミシートの有無等から、その仕様が異なっていると推測され、また、海外製造元の取扱説明書には、ステンレスフレキシブル管の溶接部における水濡れは厳禁であるとの情報が記載されている。

同様に、仕様変更の際に、元請け施工業者より提出された施工要領書には、配管接合部の保温材において、PUR というポリウレタン系樹脂を使用することと記載されているが、海外製造元の取扱説明書には、PUR の使用最高温度は 130℃であり、130℃を超える条件で使用する場合は、海外製造元へ相談するよう記載されている。

しかし、これらのステンレスフレキシブル管にかかる使用条件は書面において、工事主管課へ情報提供されておらず、当調査検討会事務局が行った、当時の工事主管課関係者の聞き取りにおいても、それらの情報は提示されていなかったことが明らかになり、仕様変更の際に、元請け施工業者から工事主管課へ製品に関する説明や情報提供が、十分にされていなかった。

## ウ 管材の検討について

鋼管からステンレスフレキシブル管への仕様変更にあたり、工事主管課は、管材による性能の違いや実績等を踏まえ、変更の必要性を精査するべきであった。

当調査検討会事務局により、当時の工事主管課の関係者複数人に聞き取りを行ったところ、関係者によって、仕様変更前後の管材に係る比較内容等が異なっており、比較に関する書類も不足する等、仕様変更に至った経過が不透明であるうえ、仕様変更にかかる施設所管課への情報共有も図られていなかった。

## エ 関係課間の連携体制について

本工事の鋼管からステンレスフレキシブル管への変更は「仕様変更」としてなされており、重要だと思われる部材の変更に対して、工事主管課の単独で、設計図面を変更し、「変更契約」を行わないと判断した。

金額の変更、工期の延長等が生じる「変更契約」であれば、施設所管課や契約主管課の合議が必要であるが、「仕様変更」としてなされたことにより、変更が生じた設計図書が、検査主管課に送付された時期は、検査依頼時であった。

本不具合は、庁内の関係課間で情報共有していれば防げていたとの断定はできず、膨大な検査書類から、当該箇所を抽出して、施工箇所を指摘することは困難であると考えるが、検査主管課の検査員は、検査関係書類を熟知したうえで、完成検査を行わなければならない。(秦野市工事等の監理監督及び検査規程第19条)

そのため、工事主管課からは、肝要となる施工箇所である仕様変更となった高温水配管について、特に、特殊な工事・工法等、通常携わらない内容の検査においては、情報提供が必要であったと考える。

秦野市工事等の監理監督及び検査規程(昭和60年3月30日訓令甲第3号)

※機械工事設備締結時時点・平成27年4月1日改定

(検査員の責務)

第19条 検査員は、あらかじめ契約書、設計書、仕様書、図面、工程表その他検査に必要な書類(以下「検査関係書類」という。)を熟知し、厳正な態度により綿密かつ公正に検査を行わなければならない。

### (3) 仕様変更後の機械設備工事

※関係者（工事主管課、検査主管課、元請け施工業者、高温水配管設備  
工事業者、材料メーカー、工事監理業者）

#### ア 施工、工事監理及び監督について

(ア) 元請け施工業者は、ステンレスフレキシブル管の接合（溶接）施工に関する現場接続部フロー図に則った施工を行う必要があるが、溶接箇所施工写真を確認するとラップしろが確保されていない、ラップしろに隙間があった等、施工要領書に則った施工がされていないと見受けられる。

不具合の状況や調査結果からは、施工要領書に則らない不十分な施工が行われたことにより、富士見の湯稼働後にラップしろの隙間に外部から水が流入したと考えられる。

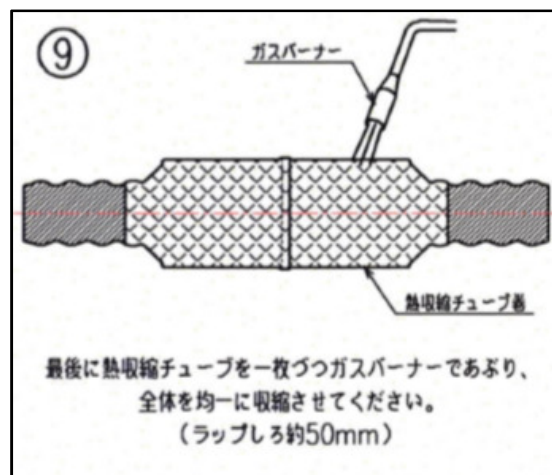


図 7-1 元請け施工業者が示す現場接続部フロー図  
(施工要領書から一部抜粋) (p. 14 図 4-2 と同じ図)





図 7-2 富士見の湯側土中埋設部分の溶接箇所

ラップしろが確保されていない状態

(クリーンセンター建設に伴う利便施設新築工事・施工中)

(p. 15 図 4-4 と同じ写真)

- (イ) 工事監理業者には、工事が設計図書や施工要領書とおりに施工されているか等を確認する責務があるが、施工要領書とおりの施工が行われていなかったと思われることについて、特段の指摘をしていなかった。
- (ウ) 工事主管課の監督員は、設計図書や施工要領書等の関係書類に基づき、必要な指揮監督や工事等の進捗を図らなければならないが、施工要領書とおりの施工が行われていなかったと思われることについて、特段の指摘をしていなかった。

## イ 検査体制について

検査員は限られた短い時間の中で、設計図書の内容を把握し、工事主管課の監督員、工事監理業者や施工業者とのヒアリングを通じて重点的に検査すべき事項を決定する等、膨大な情報を把握したうえで検査を行う必要がある。

しかし、「7(2)エ 関係課間の連携体制について」で示したとおり、仕様変更については、工事主管課と検査主管課において、情報が共有されておらず、「7(3)ア 施工、工事監理及び監督について」で示したス

テンレスフレキシブル管の接合（溶接）施工箇所の完了検査において、検査主管課の検査員は施工要領書とおりの施工が行われていなかったと思われることについて、特段の指摘をしていなかった。

#### **(4) 初期不具合**

※関係者（施設所管課、工事主管課、元請け施工業者）

平成30年7月に、ボックスカルバートのマンホール付近から蒸気が発生し、マンホールが熱くなっていた際に、関係者間において、大きな不具合につながる異常が発生したとの共通認識に至らず、水流入の可能性に考えが及ばなかったため、ボックスカルバート内を確認しなかった。

また、施設が完成して、1年に満たない時期に不具合が発生したにもかかわらず、関係課の危機管理意識の共有や、法的責任にかかる可能性の考慮が十分ではなかった。

## 8 人為的な原因の整理

### (1) 仕様変更の承認

元請け施工業者から提案された管材の仕様変更（鋼管からステンレスフレキシブル管）を工事主管課において検討するにあたり、公共建築工事標準仕様書に高温水配管の用途として記載されている当初設計の鋼管をステンレスフレキシブル管に部材変更することから、慎重な判断が必要であったが、仕様変更をする必要性を含め検討が不十分であり、仕様変更の承認にあたっては、管材による性能の違い、比較や実績の調査等、精査が不足していたことが推測される。

また、元請け施工業者から提示された提案時の資料や施工要領書には、実績が少ない管材を提案する根拠となる情報が不足しており、海外製造元の取扱説明書に記載された水濡れ等に関連する情報を始め、使用にあたっての注意事項が書面において提示されておらず、管材の提案時における元請け施工業者からの説明が十分でなかったと考えられる。

### (2) 施工

元請け施工業者は、自らが提案したステンレスフレキシブル管の接合（溶接）施工において、ラップしろを確保しておらず、施工要領書に則った施工をしていなかったと思われる。

また、不十分と思われる施工に対して、工事監理業務、監督業務及び検査業務において、特段の指摘をしていなかった。ラップしろが確保されなかったことが、ステンレスフレキシブル管の保温材内に水が流入した大きな要因であったと考える。

### (3) 連携体制

本工事には、さまざまな関係課が携わったが、鋼管からステンレスフレキシブル管の採用について、設計図の大幅な変更があったにもかかわらず、工事打合せ簿において、工事主管課単独で判断し、検査主管課への変更後の設計図の送付が検査依頼時であったこと、また、施設所管課にも情報が共有がされていなかったことについて、連携体制が十分でなかったと考えられる。

本不具合において、情報の共有が図られていれば防げるものであったとの断定は難しいが、工事にかかる定例会等において、関係課が一同に共通

認識を持つことが必要であった。

また、完成して1年未満に初期不具合が発生した時点で、関係者間において大きな不具合につながる異常が発生したという危機管理意識の共有や、関係業者の法的責任にかかる可能性の考慮が十分でなく、迅速な対応が図れなかったと考えられる。

## 9 次期熱供給施設改修工事

本不具合の主要因として、保温材を水に晒してしまい保温機能を失ってしまったことが挙げられる。このことからいえるようにいかなる保温材を用いても、その断熱機能や保温機能を十分に発揮するためには、湿気や水を避けなくてはならない。次期熱供給設備改修工事の設計においては、この点に十分注意し、配管の保温材への水の流入を防ぐための最適な配管部材や施工方法の選定を行うことが重要であると考ええる。

### (1) 土中埋設部及びボックスカルバート内の配管

土中埋設部やボックスカルバート内は、保温材が水に晒される可能性が高く、これらの場所には水密性の高い配管材料が必要であると考ええる。一般的に高温水の土中埋設用配管としては、プレファブ二重保温管と呼ばれる配管材料がある。プレファブ二重保温管は高温水が流れるサービス管と呼ばれる鋼管とその周囲の保温材を、ケーシングと呼ばれる鋼管で保護する二重管の構造となっており、高い水密性が期待される。

これらのことから次期改修工事における土中埋設部やボックスカルバート内等、保温材が水に晒される可能性が高い場所においては、水密性が高く、土中埋設用の高温水配管として実績があるプレファブ二重保温管の使用を推奨する。

参考資料2としてプレファブ二重保温管の構造や実績について掲載する。

### (2) 土中埋設部及びボックスカルバート内の現場溶接

今回フレキシブル管内の保温材に水が流入した要因の一つとして、土中埋設部にある現場溶接の最外周を覆っている熱収縮チューブのラップしろが現場接続部フロー図とおりに施工されていなかったことと推測している。前述で推奨したプレファブ二重保温管の現場溶接では一般的に、サービス管を現場にて溶接した後、保温材を取り付け、更に継手用鋼製カラーと呼ばれるカバーを被せ、ケーシングと溶接する方法が採用されている。このような汎用的な施工方法を用いることにより、現場溶接における信頼性が確保されることが考えられる。

参考資料2としてプレファブ二重保温管における現場溶接箇所の施工要領を掲載する。



また、プレファブ二重保温管のサービス管における現場溶接の品質確認方法としては、X線による放射線検査（R T）や浸透探傷検査（P T）が多く採用されており、次期改修工事においても同様の品質確認が必要だと考える。

### **(3) 富士見の湯地下ピット内の配管**

富士見の湯の地下ピット内は、土中埋設部と比較して、水に晒される危険性が少ないので、作業スペース等施工方法まで考慮した配管材料の選定が必要であると考ええる。

また、地下ピット内は湿度が高いため、換気等の設備も付加する必要があると考ええる。

参考資料 2 として地下ピット内配管のイメージ図を掲載する。

## 10 再発防止に向けた提言

### (1) 技術的な原因についての提言

調査検討した事項を通じて、本不具合の主たる原因は、ラップしろ欠損部から高温水配管内部に水が流入し、保温材を水に晒したことにより、保温材が収縮・欠損して、保温機能を確保できなくなってしまったことに起因すると考えられ、配管内を流れる高アルカリ水が、本ステンレスフレキシブル管に性質上、影響を与えたとは考えにくい。

さらに、本ステンレスフレキシブル管は、福岡県内の温浴施設において土中埋設で使用している実績があり、正しい施工や適切な環境での使用により、十分に機能する管材であると考えられる。

本不具合により発生した事象については、対策を講じた改修方法を検討する必要があるが、個々の事象のみに着目するのではなく、土中やボックスカルバート内に敷設する等の条件に適した高温水配管を選定し、十分に性能を発揮できるようにする等、高温水システムの全体像を考慮したうえで、改修方法を考案すべきである。

また、定期的な点検とモニタリングの体制を継続的に実施し、不具合発生時において、関係者間の共通認識を再度確認し、初期対応の方法を明確にする必要がある。

### (2) 人為的な原因についての提言

本工事において、元請け施工業者は工事主管課に対して、ステンレスフレキシブル管の海外製造元が公表している詳細な注意や指示の情報を書面において提示しなかった。そのため、工事主管課においても、仕様変更の必要性を含めた検討を始め、管材による性能の違い、比較や実績の調査等、精査が不足していたことが推測される。

また、元請け施工業者は、施工要領書に則った施工が十分でなかったと考えられるが、工事監理、監督及び検査のそれぞれの立場において、この施工に対して、特段の指摘をしていなかったことについては、設計図面の変更を行った場合の関係者の連携体制が十分でなかったと考えられる。

公共建築工事における、本件のような不具合を防ぐためには、金額的な変更の有無にかかわらず、変更内容により、関係者が情報を共有できる仕組みを構築する必要がある。

関係者ひとりひとりの危機管理意識と当事者意識の不足が要因となった

ことから、異変に対する判断や迅速な初期対応が可能になるよう、関係部局間が共通認識を持つことが必要であると考えられる。

公共建築工事においては、施設完成後の維持管理についても、関係者間の継続的な連携を図り、定期的な点検やモニタリングが可能な体制を構築したうえで、不具合が発生しないよう努めるべきである。

#### ◆名水はだの富士見の湯熱供給施設調査検討会総括

本調査検討会の設置目的は、富士見の湯熱供給施設における不具合の再発防止と適切な復旧工法の選定のため、原因究明の調査検討を行うとともに、客観的な意見や助言を通じて、熱供給施設の適正な整備及び維持管理に活用されるよう、提言にまとめることにある。

調査検討によって抽出された不具合は、技術的な原因と人為的な原因に大きく分けられるが、いずれにおいても、原因はひとつに限定されることなく、複数の事象が複雑に関連したことで発生したものであると考察する。

技術的な原因については、予見できなかった個々の事象について対策を講じた次期改修工事に取り組み、定期的な点検とモニタリング体制の継続的な見直しに努める必要があると考える。

また、人為的な原因を無くすため、施工、工事監理、監督及び検査段階、それぞれの箇所における危機管理の意識を徹底する必要があると考える。

提言の根拠となる具体的内容は報告本文で指摘したとおりであるが、これらの提言を十分に尊重され、今後の施策に着実に反映されるよう強く求めたい。

本調査検討会では、さまざまな関係者が携わる工事の設計、施工及び検査体制において、多くの課題が明らかとなる一方で、限られた人員や予算の中、施設の早期復旧に向けて、努力されていることは、私たち調査検討会の構成員にとっても、光明を見出した思いであり、こうしたさまざまな人々の思いの結集である今回の調査検討の結果を、名水はだの富士見の湯熱供給施設の整備、維持管理及び不具合の再発防止という限られた範囲に終わらせるのではなく、幅広い分野において共有し、活用されることを願っている。

◆秦野市名水はだの富士見の湯熱供給施設調査検討会名簿（五十音順）

No.	氏 名	所 属
1	浅 香 隆	東海大学工学部応用化学科 教授
2	宇佐美 満規子	田中・宇佐美・石井法律事務所 弁護士
3	浪 貝 洋 正	神奈川県平塚土木事務所 計画建築部長
4	宮 沢 靖 幸	東海大学工学部材料科学科 教授

**◆参考資料**

**参考資料 1 秦野市名水はだの富士見の湯熱供給施設調査検討会設置要綱**

**参考資料 2 次期熱供給施設改修工事において推奨する管材について**

**参考資料 3 秦野市伊勢原市環境衛生組合はだのクリーンセンターから  
秦野市利便施設への熱供給に関する協定書**

**参考資料 4 名水はだの富士見の湯熱供給施設調査検討会最終報告にかかる  
用語集**





**◆秦野市名水はだの富士見の湯熱供給施設調査検討会設置要綱**

(令和 2 年 8 月 11 日施行)

(趣旨)

第 1 条 この要綱は、名水はだの富士見の湯(以下「富士見の湯」という。)における不具合の再発防止のため、熱供給施設で発生した不具合の原因究明の調査を行うとともに、熱供給施設の適正な整備及び維持管理について意見又は助言を求めるため、名水はだの富士見の湯熱供給施設調査検討会(以下「検討会」という。)を設置し、その組織、運営等について必要な事項を定める。(意見又は助言を求める事項)

第 2 条 検討会において意見又は助言を求める事項は、次に掲げるとおりとする。

- (1) 熱供給施設における不具合の調査に関する事項
  - (2) 熱供給施設の適正な整備及び維持管理の評価に関する事項
  - (3) その他熱供給施設における不具合の再発防止に関する事項
- (検討会の構成員)

第 3 条 検討会の構成員(以下「構成員」という。)は、4 名以内とし、学識経験者その他市長が必要と認める者により組織する。

(会議)

第 4 条 検討会の会議(以下「会議」という。)は、市長が招集する。

- 2 会議は、必要に応じて座長を置くことができる。
- 3 座長を置いたときは、座長が会議の議長となる。
- 4 会議は、構成員の 2 名以上の出席がなければ開くことができない。
- 5 検討会は、必要があると認めるときは、会議への構成員以外の者の出席を求め、意見若しくは説明を聴き、又は必要な資料の提出を求めることができる。

(会議の非公開)

第 5 条 会議は、原則として非公開とし、要旨を公開する。

(報告)

第 6 条 検討会は、会議における意見又は助言を市長に報告する。

(報償の支給)

第 7 条 構成員が会議に出席するときは、予算の範囲内で報償を支給することができる。ただし、構成員が国又は地方公共団体の一般職の職員であるときは、報償を支給しない。

(庶務)

第 8 条 検討会の庶務は、観光振興課において処理する。

2 会議における意見又は助言は、観光振興課において記録し、文書化する。

(補則)

第 9 条 この要綱に定めるもののほか、検討会の運営について必要な事項は、会議に諮って定める。

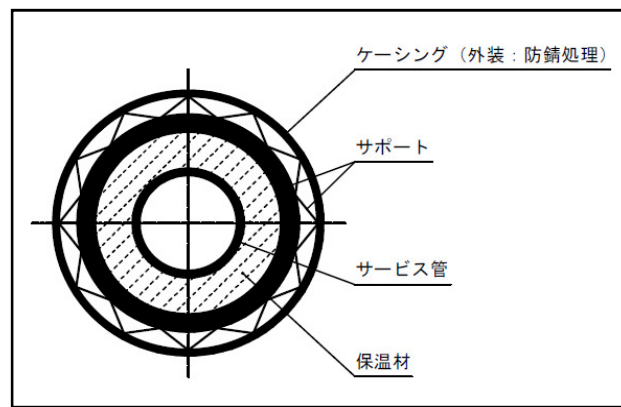
附 則

この要綱は、令和 2 年 8 月 11 日から施行する。

**◆次期熱供給施設改修工事において推奨する管材について****1 プレファブ二重保温管****(1) 構造**

一般的なプレファブ二重保温管の構造を参考図 1 に示す。管の中心に高温水が流れるサービス管と呼ばれる鋼管があり、その周囲に保温材を施す。更に中空部分があり、その外周をケーシングと呼ばれる鋼管で保護する。また、ケーシングには防錆処理を施し、耐腐食性を向上させている。

このように保温材を鋼管で保護しており、高い水密性が確保されている。

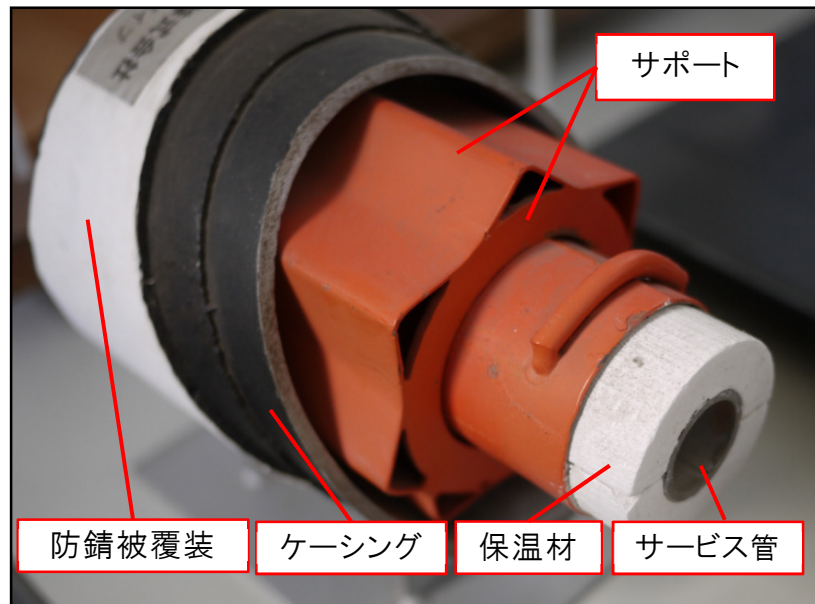


参考図 1 プレファブ二重保温管の構造

## (2) 中空部の構造

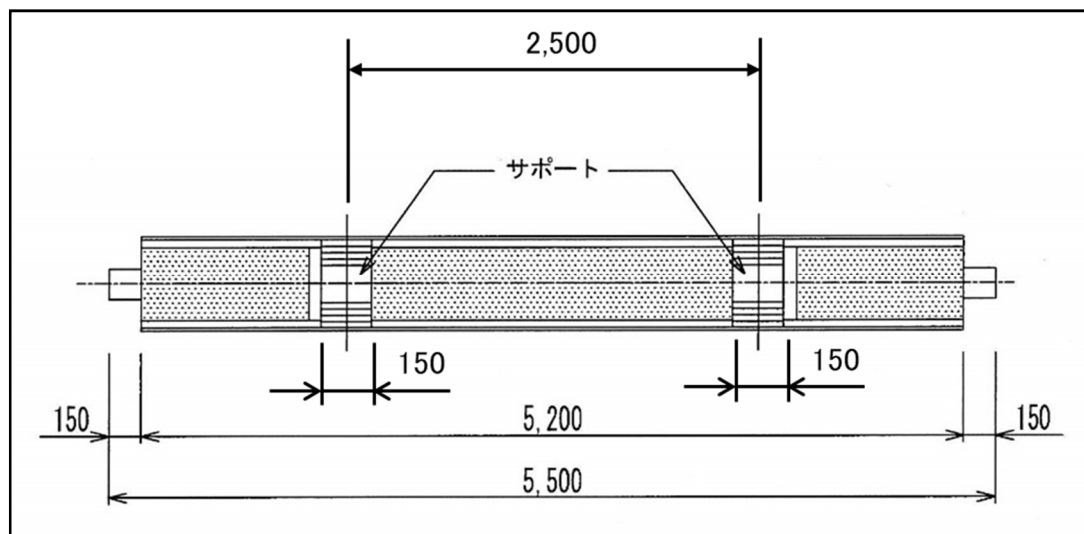
配管内の適度な間隔にサポートと呼ばれる中空を形成するための部品が組み込まれている。中空部の構造がわかる模型の写真を参考図 2 に、またサポートの配置例を参考図 3 に示す。

配管内の中空部分は管内の結露を抑制することや、結露した際の結露水の排出のために設けられている。



参考図 2 プレファブ二重保温管サポートの模型

サポートの寸法は約 15 cm で、配管内に約 2 ~ 2.5 m 間隔程度で配置されている。



参考図 3 サポートの配置例 (配管長 5.5 m の場合)

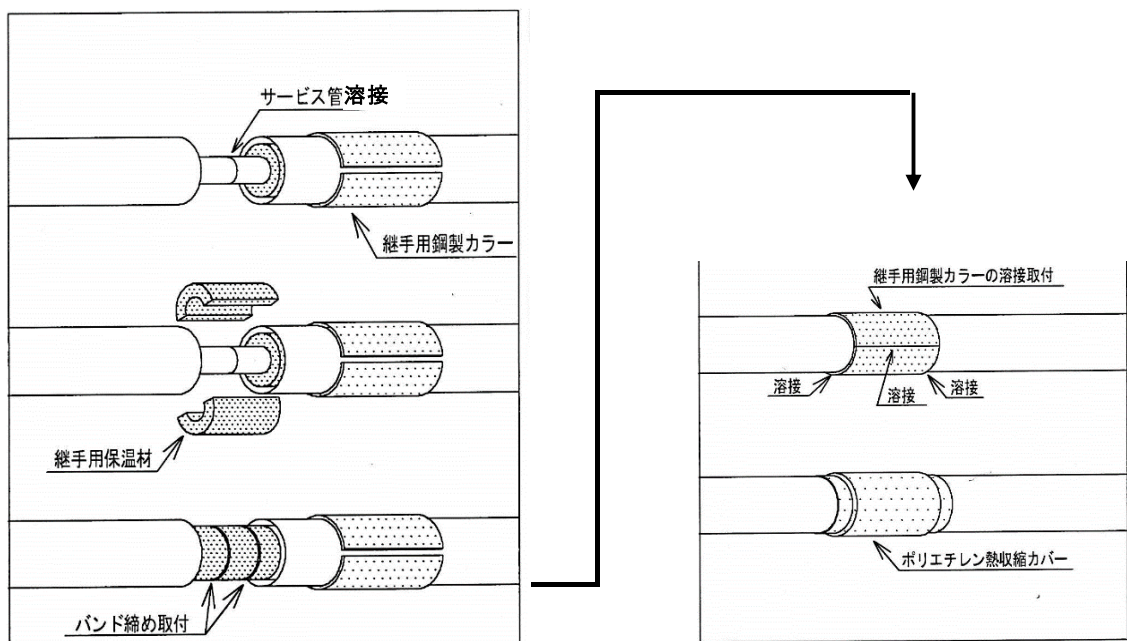


### (3) 現場溶接

現場溶接の施工手順について説明する。

- ① サービス管同士を溶接する。
- ② 現場継手用保温材を溶接されたサービス管に被せ、バンドで締め固定する。
- ③ 継手用鋼製カラーをさらに②の外周に被せ、継手用鋼製カラーとケーシングを溶接する。
- ④ 継手用鋼製カラーの外周に防錆処理としてポリエチレン熱収縮カバーを被せる。

このように継手用鋼製カラーとケーシングを溶接にて接合することで、高い水密性を保つと考える。参考図4に現場溶接の施工要領を示す。

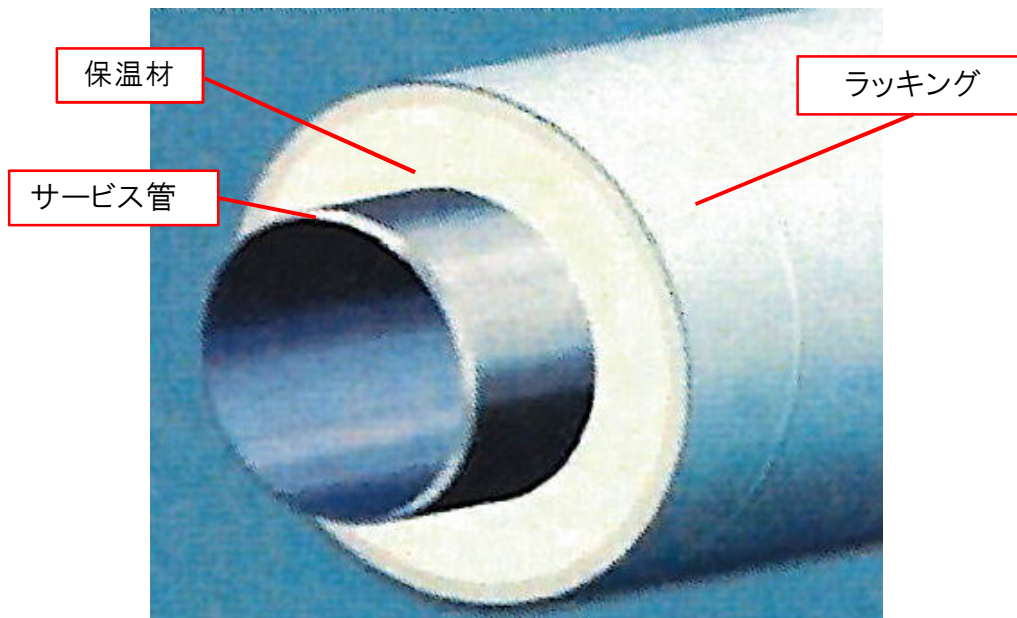


参考図4 プレファブ二重保温管の現場溶接施工要領

## 2 富士見の湯地下ピット内の配管

富士見の湯の地下ピット内は、高温水が流れる鋼管に保温材を巻き、バンドで固定して、ラッキングで保護する構造が多数使用されている。

参考図 5 に地下ピット内の配管イメージ図を示す。



参考図 5 地下ピット内配管のイメージ図

### 3 プレファブ二重保温管の実績

#### (1) 県内のごみ焼却施設における余熱供給施設について

県内のごみ焼却施設の余熱を供給している施設は、はだのクリーンセンターを除いて、12施設あり、そのうち熱媒を150℃から180℃の蒸気で供給している施設が10施設、温水（100℃以下）で供給している施設が2施設であり、高温水（100℃超）で供給している施設は無かった。

蒸気で供給している10施設のうち、土中埋設で配管を敷設している施設が7施設であり、更にそのうちプレファブ二重保温管を使用した施設は2施設であった。

県内のごみ焼却施設における余熱供給施設数 12施設				
熱媒の種類		配管敷設方法	配管の種類	施設数
蒸気	150℃～180℃	土中埋設 トラフ	プレファブ二重保温管	2施設
		土中埋設 ピット	鋼管単管	1施設
		土中埋設 露出	鋼管単管	4施設
		ボックスカルバート	鋼管単管	1施設
		露出	鋼管単管	1施設
			鋼管単管	1施設
高温水	100℃超			
温水	100℃以下	土中埋設	銅パイプ	1施設
		土中埋設 ピット	銅パイプ	1施設

\* はだのクリーンセンターは含んでいない

参考表 1 県内のごみ焼却施設における余熱供給施設数内訳

## (2) プレファブ二重保温管メーカーの納入実績

あるプレファブ二重保温管メーカーにおける、平成21年1月から令和2年2月までのプレファブ二重保温管の納入実績について、聞き取ったデータをまとめた。

蒸気・高温水用のプレファブ二重保温管を納入した施設（プレファブ二重保温管にて蒸気等の熱媒を受け取り、空調等の熱源として利用している施設）数は全国で92施設であった。その内訳は防衛省関係施設が51施設、米軍が6施設、民間企業が22施設、地方公共団体等が13施設であった。地方公共団体等のうち、使用されている熱媒で分類すると蒸気が4施設、高温水が5施設、不明が3施設であった。高温水を使用していた事例のうちごみ焼却施設の余熱を利用しているものが、4施設であった。参考表2に4施設の熱媒等の詳細を掲載する。どの施設も本市に近い高温水を使用している。

施設	高温水の性質			配管敷設方法	配管敷設工事年
	温度(℃)	圧力(MPa)	pH		
A	120	0.4	8.2	土中 ビット	2015
B	120～130	0.7～0.8	8～9	土中 ビット	2018
C	120～130	0.9	10～11	土中	2012
D	120～130	0.9	10～11	土中 ビット	2019
富士見の湯	130	1.0	13	土中 ボックス カルバート ビット	2017

参考表2 プレファブ二重保温管を使用している施設における高温水の性質等

### (3) プレファブ二重保温管の実績について（まとめ）

県内でごみ焼却施設の余熱をプレファブ二重保温管にて供給している施設は、熱媒として高温水を利用しているものはなかったが、蒸気を利用しているものが2施設あった。

また、プレファブ二重保温管メーカーの納入実績によれば、地方公共団体等において、プレファブ二重保温管で高温水を受け取り、空調等の熱源として利用している施設は4施設あり、プレファブ二重保温管は、蒸気及び高温水を熱媒とする土中埋設配管として、実績のある配管材料であることが分かった。



秦野市伊勢原市環境衛生組合はだのクリーンセンターから秦野市  
 利便施設への熱供給に関する協定書

秦野市伊勢原市環境衛生組合（以下「甲」という。）と秦野市（以下「乙」という。）は、秦野市伊勢原市環境衛生組合はだのクリーンセンター（以下「甲の施設」という。）から秦野市利便施設（以下「乙の施設」という。）に余熱（以下「熱」という。）を供給することについて、次のとおり協定を締結するものとする。

（供給）

第1条 甲は、甲の施設から発生する熱を甲の施設の運営に支障のない範囲で、乙の施設に供給する。

（熱供給方式）

第2条 熱の供給は、甲が甲の施設から高温水を送水し、乙が乙の施設で高温水から熱を吸収する方式とする。この場合における高温水の送水方式は、乙の施設で高温水を抽出することができない方式とする。

（高温水の温度及び送水圧力）

第3条 甲は、高温水の圧力の設定に当たって、乙の施設の機器の最高使用圧力が、1.4メガパスカルを超えない範囲で設定する。

2 甲の施設の測定点での高温水の温度及び送水管内圧力の標準値は、次のとおりとする。

区 分	ケージ圧力（メガパスカル）	温度（℃）
送り	0.9～1.1	105～130
戻り	0.45～0.67	80以上

3 甲及び乙は、それぞれ施設内に測定器を設置し、前項により定めた温度及び圧力を監視し、記録する。

（熱供給量）

第4条 熱供給量は、最大4ギガジュール／時以内とする。

（使用負荷の安定化）

第5条 乙は、使用熱量の急変を避け、高温水の温度及び圧力等の急激な変動を起こさないよう、常に安定した運転に努めるものとする。

（送水の制限又は中止）

第6条 甲は、次の各号のいずれかに該当する場合は、乙の施設に対して高温水の送水を制限し、又は中止することができる。



- (1) 火災その他不可抗力により、高温水の送水ができなくなったとき。
- (2) 甲の施設の定期点検等で高温水の送水ができなくなったとき及び蒸気発生量が不足したとき。
- (3) 乙の施設において、施設の改善、補修、点検等を行うため、一定期間高温水を使用しないとき。
- (4) 乙の施設において、甲の施設に影響を与えるような故障等が発生したとき。
- (5) その他保安上必要なとき。

(相互の連絡業務)

第7条 甲及び乙は、前条各号のいずれかに該当する場合は、事前に又は速やかに相手方に連絡するものとする。

(送水時間)

第8条 高温水の送水時間は、第6条に該当する場合を除き、通年終日とする。

(熱供給料金)

第9条 熱の供給に係る費用は、無償とする。

(施設への立入り)

第10条 甲及び乙は、この協定の実施に関して、必要な調査を行うため相互に担当者立会いのうえ、施設内に立ち入ることができる。

(施設の維持管理区分)

第11条 甲及び乙の施設管理区分は、別紙図面に定めるとおりとし、甲及び乙は、それぞれの設備の維持管理にあつては、誠意と責任をもって当たるものとする。

2 甲及び乙は、保安上又は維持管理上、必要と認めたときは、それぞれの維持管理する施設について、適切な処置を講じるよう要請することができる。

3 甲及び乙は、前項による要請があつたときは、誠意をもって速やかに対処するものとする。

(操作申合せ内容等)

第12条 甲の施設及び乙の施設の運用上必要な運転操作及び熱供給等に関する申合せ内容等については、別途甲乙協議のうえ定める。

(前協定の効力)

第13条 平成28年3月29日付けで甲乙間において締結された秦野市伊勢原市環境衛生組合はだのクリーンセンターから秦野市利便施設への熱供給に関する協定書は、本協定の締結をもってその効力を失うものとする。

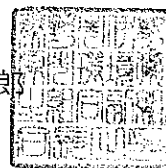
(疑義の決定)

第14条 この協定に定めのない事項又は協定の条項に疑義が生じたときは、甲乙協議のうえ決定する。

この協定締結を証するため、本協定書2通を作成し、甲乙記名押印のうえ、それぞれ各1通を保有する。

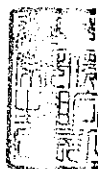
平成29年9月14日

甲 秦野市曾屋4624番地  
秦野市伊勢原市環境衛生組合  
組合長臨時代理人 副組合長 高山 松太郎

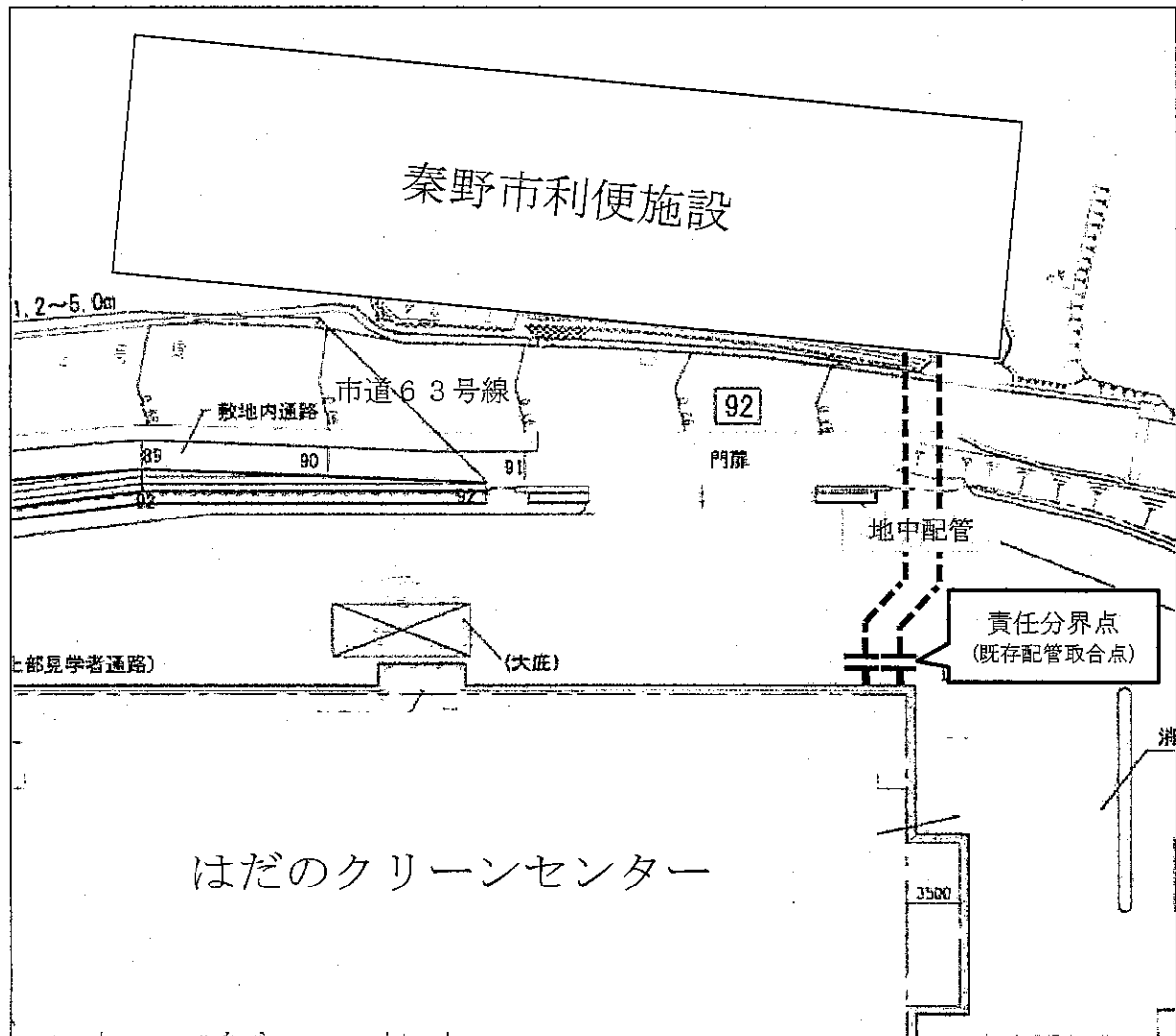


乙 秦野市桜町一丁目3番2号  
秦野市長 古谷 義幸





施設管理区分





## ◆名水はだの富士見の湯熱供給施設調査検討会最終報告にかかる用語集

ページ	用語	説明
目次	ボックスカルバート	下水や雨水を流す管路のこと。道路下に埋設されるほか、地下道や貯留槽としても使用される。 本工事においては、市道の地下に敷設する高温水配管を保護するために設けたもの。
目次	ピンホール	針で突いた程度の小さい穴のこと。
p. 2	1 M P a (メガパスカル)	パスカルは圧力や応力の単位であり、 1 m <sup>2</sup> (平方メートル) あたり 1 0 0 万 N (ニュートン) の力 (または約 1 0 0 k g f (キログラム重) の荷重) が作用している。(約 1 0 気圧の圧力に相当)
p. 2	スケール	水に含まれるカルシウム等が析出し、設備や配管内に付着したもの。
p. 5	シーリング	構造物の防水性や気密性を保持するため、継ぎ目や隙間を埋めること。
p. 7	ピット	電気配線や給排水設備の配管等のメンテナンスのために設けられた空間こと。
p. 8	フレキシブル管	曲げたり、撓みを持たせたりすることが出来る性質の管材のこと。
p. 8	エキスパンドメタル	炭素鋼でできた金網 (メッシュ)。ここでは保温材で包まれたステンレスフレキシブル管の強度向上のために利用されている。

ページ	用語	説明
p. 8	P I R	Poly-Isocyanurate-Resin ; ポリイソシアヌレート系樹脂。硬質ウレタン発泡断熱材の一種であり、PURよりも熱安定性が高い。
p. 8	P U R	Poly-Urethane-Resin ; ポリウレタン系樹脂。微細な泡が多数含まれる発泡体（フォーム）として、断熱材に利用する。
p. 8	A I S I 3 1 6 L	アメリカ規格のステンレス鋼のこと。 （S U S 3 1 6 と同義） 耐食性を向上させたステンレス鋼材。
p. 8	S U S 3 0 4	日本産業規格のステンレス鋼のこと。 クロムとニッケルを成分に含むオーステナイト系ステンレスの代表格、最もよく使われる。
p. 12	メカニカルシール	配管貫通部の止水に用いるメカニカル型止水具のこと。弾性材をボルト等で閉め込むことで防水効果を発揮する機械的な仕組み。
p. 12	ラップしろ	溶接後、発泡保温剤を充填した部分を保護するための熱収縮チューブの重ね合わせ幅のこと。
p. 12	加水分解	反応物が水に反応して、別の物質に分解されること。
p. 16	プレファブ（二重管）	予め工場で作製され、工場生産された管材のこと。
p. 16	アンカープレート	鋼製のプレートのこと。本工事においては、高温水配管における主管の収縮・膨張の固定点として設置している。
p. 21	孔食	金属に発生する腐食のこと。



ページ	用語	説明
p. 21	マクロ観察	肉眼または低倍率の拡大鏡を使って観察を行うこと。(倍率は20倍程度)
p. 21	ミクロ観察	肉眼では識別できない微細組織を観察すること。(倍率1,000倍程度まで)
p. 23	オーステナイト組織	1種以上の元素を含む $\gamma$ (ガンマ) 鉄固溶体のことで、鋼を高温(通常900℃程度)に加熱したときに得られる組織。柔らかくて、成形性と耐食性に優れる。
p. 25	触媒	化学反応の速度を速める物質で、自身は反応の前後で変化しないもの。
p. 26	エッチピット	金属表面に凹(えくぼ)状に生じた腐食箇所のこと。
p. 56	ラッキング	配管の保温材を更に保護する薄い金属のこと。

