

伊方発電所第 2 号機
洗浄排水蒸発装置ドレン配管貫通穴の
確認について

平成 2 9 年 1 0 月
四国電力株式会社

1. 件名

伊方発電所第2号機 洗浄排水蒸発装置ドレン配管貫通穴の確認について

2. 事象発生の日時

平成29年5月15日 8時54分（確認）

3. 事象発生の設備

洗浄排水蒸発装置ドレン配管

4. 事象発生時の運転状況

2号機 第23回定期検査中

5. 事象の概要

定期検査中の伊方発電所第2号機の原子炉補助建家（管理区域）において、巡視点検中の運転員が、洗浄排水蒸発装置^{*1}のドレン配管に付着物があることを確認したことから、保修員が現地確認をしたところ、5月15日8時54分に当該配管に貫通穴があることを確認した。

5月16日、当該部近傍の配管サポート部の配管を切り出して外観確認したところ、更に貫通穴2個を確認した。

また、当該ドレン配管からの排水が流れ込む可能性のある配管を調査したところ、当該ドレン配管への合流配管の3系統6箇所に着着物があることを確認し、この付着物を取り除いたところ、ごく微小の貫通部があることを確認した。

このため、付着物が確認された配管の取替を行い、9月7日に通水確認を実施し、漏えいがないことを確認後、通常状態に復旧した。

なお、貫通部1箇所の付着物において微量の放射エネルギー（3Bq（Co-60））を検出し、その他の箇所は検出限界未満であり、本事象によるプラントへの影響および環境への放射能の影響はなかった。

（添付資料－1、2）

*1：洗浄排水蒸発装置

放射線管理区域内の使用済作業服の洗濯排水等を蒸発濃縮し、減容する装置

6. 事象の時系列

5月15日

8時54分

保修員が洗浄排水蒸発装置のドレン配管に貫通穴1個を確認

5月16日

当該部近傍の配管サポート部の配管を切り出して確認したところ貫通穴2個を確認

5月16日～6月1日

当該ドレン配管および当該ドレン配管への合流配管について、外観目視または水張り漏えい試験により確認したところ、当該ドレン配管への合流配管の3系統にごく微小の貫通部（6箇所）がある

	ことを確認
8月21日～9月6日	付着物が確認された箇所の配管取替を実施
9月7日	通水確認を実施し、漏えいのないことを確認し、通常状態に復旧

7. 調査結果

(1) 貫通が確認された箇所の詳細調査

a. 内表面目視調査

貫通が確認された箇所の配管を長手方向に切断し、内表面目視確認を実施した結果、内表面には茶色の付着物が付いており、配管の底部（地側）を中心に付着物が堆積していることを確認した。付着物を除去したところ、堆積が確認された箇所に多数の孔食*²が認められた。

(添付資料－3)

*2：孔食

主に塩化物イオンにより金属材料の表面に生じる局所的な腐食

b. 金属調査（断面ミクロ観察）

断面ミクロ観察を実施した結果、内表面には孔食によるへこみが生じており、穴の径は内表面が大きく、外表面にいくほど小さく狭まっていく様相で、配管内部に応力腐食割れ等によるひび割れは認められなかった。

以上のことから、孔食が配管内表面から外表面に向かって進展し貫通に至ったものと推定される。

(添付資料－4)

c. 付着物調査

配管内表面の付着物の成分を電子線マイクロアナライザ（E P M A）*³にて分析した結果、炭素（C）、酸素（O）、カルシウム（C a）、硫黄（S）、鉄（F e）、塩素（C l）等の元素が検出されており、付着物の成分は洗浄排水蒸発装置の廃液に含まれる塵埃、保温材、洗剤、金属酸化物および汗の成分等と推定される。

*3：電子線マイクロアナライザ（E P M A）

電子線を試料に照射し、発生する各元素特有のX線（特性X線）を検出することで、試料を構成する元素の種類等を分析する装置

d. 配管素材の調査

貫通が確認された箇所の配管の材質はS U S 3 0 4材である。

- ・貫通が確認された箇所の配管の硬さ測定（ビッカース硬さ）*⁴の結果、約170で、J I S規格のS U S 3 0 4材の標準的な値（約200以下）であり、異常は認められなかった。

- ・母材の金属成分分析を実施した結果、J I S規格のS U S 3 0 4材の化学成分を満足しており、特異な成分は認められなかった。

* 4 : ビッカース硬さ (HV) 測定

正四角錐ダイヤモンド圧子を用い、試験片の表面にくぼみをつけたとき、くぼみの対角線の長さを測り表面積を求め、荷重をこの表面積で割った単位面積当たりの荷重をもって硬さとする試験

(2) 保守状況調査

貫通が確認された箇所配管について、設置以降、取替実績が無いことを確認した。また、配管の点検としては、日常巡視点検において漏えい等のないことを確認している。

(3) 運転状況調査

- ・ 洗浄排水蒸発装置ドレン配管は、洗浄排水蒸発装置から廃液貯蔵タンクへ廃液を排水する目的で設置されており、洗浄排水蒸発装置により洗濯排水を濃縮した廃液が排水される。
- ・ 洗浄排水蒸発装置では管理区域内で使用した作業服を洗濯した水を蒸発処理するため、廃液中には不純物*⁵や汗の成分である塩素が含まれており、これらが当該配管の底部を中心に堆積したものと考えられる。
- ・ 洗浄排水蒸発装置からドレン配管への廃液の排水は概ね1年に1回程度であり、至近では平成28年5月17日に排水を実施していた。また、排水後の洗浄操作は実施していなかった。

* 5 : 不純物

作業服に付着していた塵埃、保温材等の固体

8. 推定原因

洗浄排水蒸発装置ドレン配管について、不純物および塩素を含む廃液が間欠的に排水されており、排水停止時は、配管内の廃液の水分蒸発に伴い、水平配管の底部および溶接部に不純物が堆積する。

このとき、不純物、塩素等が存在する環境となることから、配管内表面と不純物の隙間で隙間腐食*⁶が発生し、隙間腐食を起点として、配管内面から外面に孔食が進行し、貫通に至ったものと推定される。

また、洗浄排水蒸発装置ドレン配管への合流配管について、洗浄排水蒸発装置ドレン配管に水平方向から合流している範囲では、洗浄排水蒸発装置からの廃液が流入し、不純物が堆積する状態となり、同様に貫通に至ったものと推定される。

(添付資料-5)

* 6 : 隙間腐食

金属間又は金属と他の材料との間に隙間が存在する場合、隙間の内外において電気化学的な腐食が生じる現象

9. 他系統・他号機の調査

推定原因より、同様に不純物、塩素等を内包し、配管内部に残留する廃液が乾燥を繰り返す配管として、洗濯廃液のドレン配管および移送配管*⁷が抽出され、以下のとおり異常がないことおよび同様の事象発生の可能性がないことを確認し

た。なお、1号機は、2号機洗浄排水蒸発装置を1、2号機共用として使用しているため、該当箇所はない。

*7：移送配管

- ・2号機洗浄排水蒸発装置から廃液をアスファルト固化装置*に移送するための配管
 - ・3号機洗浄排水処理装置から廃液をセメント固化装置*に移送するための配管
- ※：洗濯排水等の廃液をアスファルトまたはセメントと混ぜて固化する装置

(1) 2号機

洗浄排水蒸発装置廃液の移送配管について、外観目視による調査を行った結果、漏えい跡等の異常がないことを確認した。

また、移送配管に水平配管部はあるが、廃液移送後に不純物が堆積しないよう洗浄操作を実施する運用としていることを確認した。

(2) 3号機

洗浄排水処理装置廃液のドレン配管および移送配管について、外観目視による調査を行った結果、漏えい跡等の異常がないことを確認した。

また、ドレン配管および移送配管の一部について、内表面の目視確認を実施した結果、孔食の原因となる付着物の堆積は認められなかった。3号機では、堆積物除去装置*⁸により不純物が除去され、廃液に不純物を含有していないことが要因である。

*8：堆積物除去装置

洗浄排水処理装置の上流に設置され不純物を除去する装置

10. 対策

(1) 洗浄排水蒸発装置ドレン配管および合流配管の貫通が確認された箇所について、配管取替を実施した。

また、付着物の堆積が確認された洗浄排水蒸発装置ドレン配管および合流配管について、念のため取替を実施した（床埋設部を除く）。床に埋設され目視が困難な範囲については、水張り漏えい試験により異常がないことを確認している。
(添付資料－6)

(2) 付着物の堆積防止対策として、洗浄排水蒸発装置ドレン配管および合流配管について、洗浄排水蒸発装置廃液の排水後に、脱塩水により配管内に残る不純物を含む廃液を洗い流す洗浄操作を新たに追加し、操作手順書に反映する。
また、洗浄操作が困難な箇所（蒸気発生器ブローダウンタンクドレン配管）については、不純物を含む廃液が流入しないように配管ルートを変更した。

(添付資料－7)

1 1. その他

最初に付着物（貫通穴）を確認した洗浄排水蒸発装置ドレン配管の設置場所である冷却材貯蔵タンク室は、巡視点検を行う床面（E L. 約2 8 m）がグレーチングであることから、これまではグレーチング上からタンク室床面（E L. 約2 1 m）を懐中電灯で照らして、タンクの漏れや変形がないこと等を確認し、通常と異なる状況に気付けば、安全帯を装着し梯子を使ってタンク室床面まで下りて確認していた。

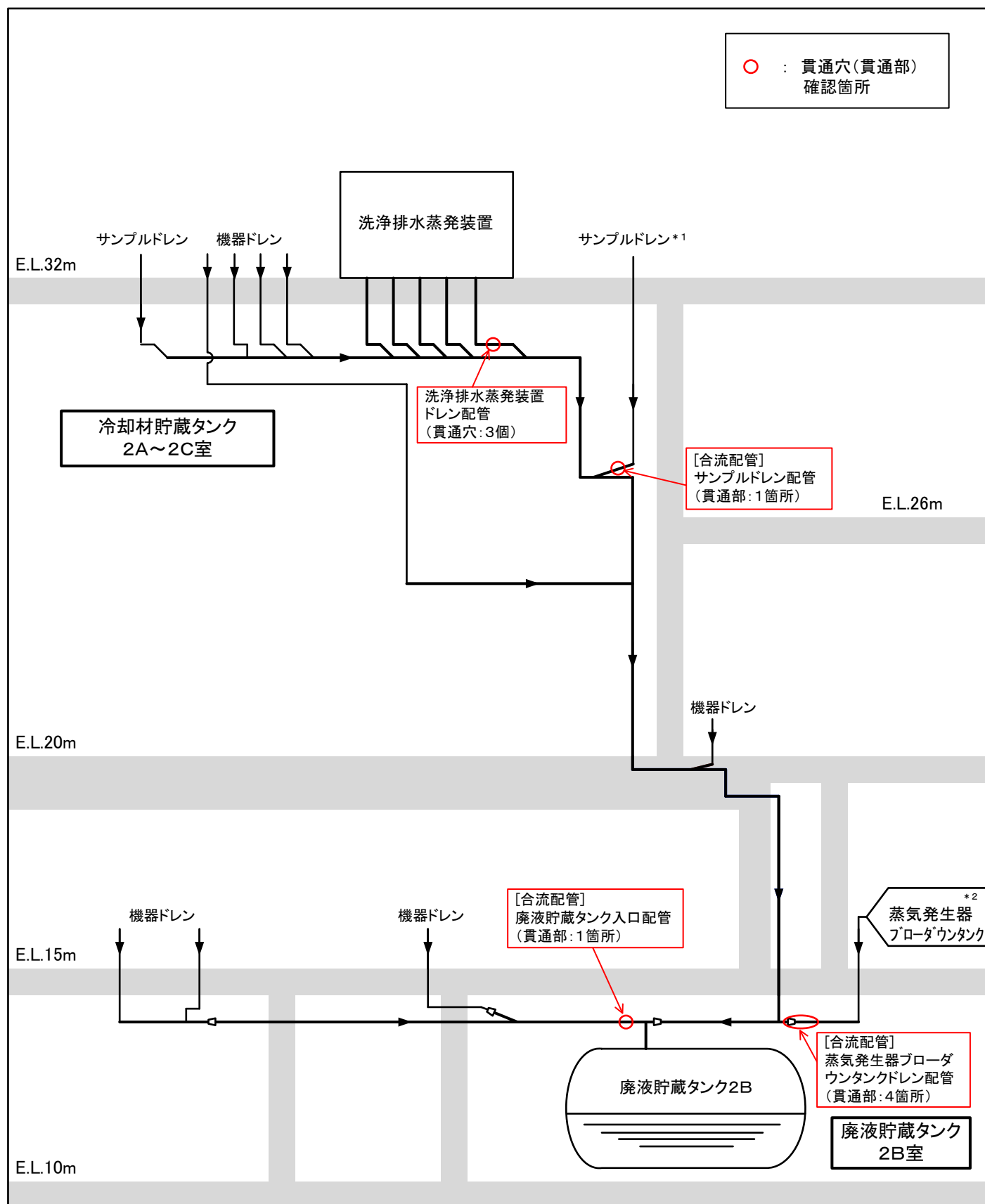
今回の事象ではタンク室床面に漏えい跡を確認したことから、今後は、今回のような配管から滴下するような微小な漏えいにおいても、早期に発見できるよう、定期的にタンク室床面まで下りて確認することとした。

以 上

添 付 資 料

- 添付資料－ 1 洗浄排水蒸発装置ドレン配管概略図
- 添付資料－ 2 外観目視調査結果
- 添付資料－ 3 内表面目視調査結果
- 添付資料－ 4 金属調査結果（断面ミクロ観察）
- 添付資料－ 5 漏えいまでの推定メカニズム
- 添付資料－ 6 洗浄排水蒸発装置ドレン配管取替範囲図
- 添付資料－ 7 蒸気発生器ブローダウンタンクドレン配管ルート変更図

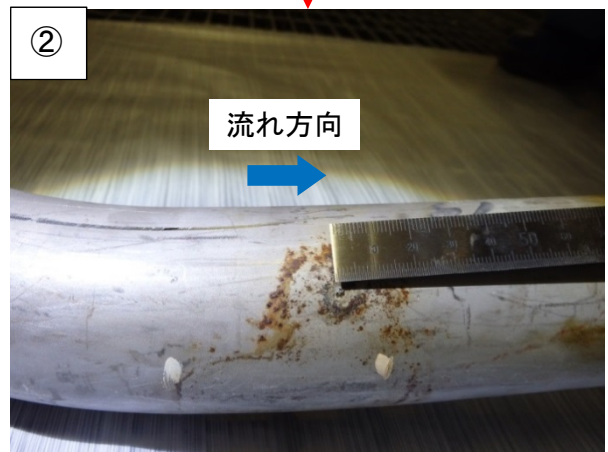
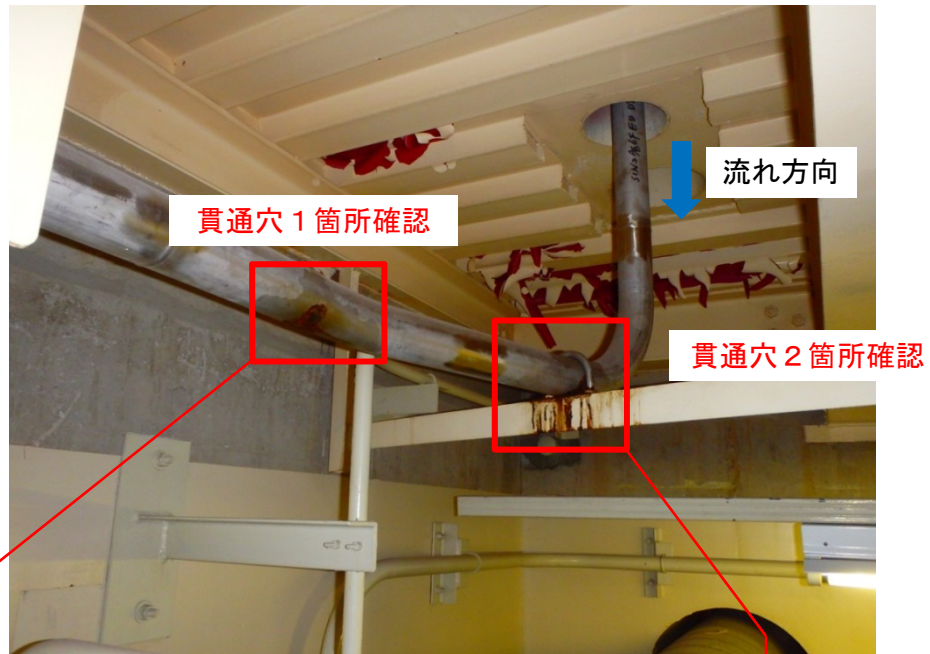
洗浄排水蒸発装置 ドレン配管概略図



- * 1 : サンプルドレン
管理区域内の系統水をサンプリングする際に発生する排水
- * 2 : 蒸気発生器ブローダウンタンク
プラント運転中、蒸気発生器2次側水(放射性物質を含まない)のサンプリング排水を受け入れるタンクで、受け入れた水は海水系統を介して放水口に排水される。

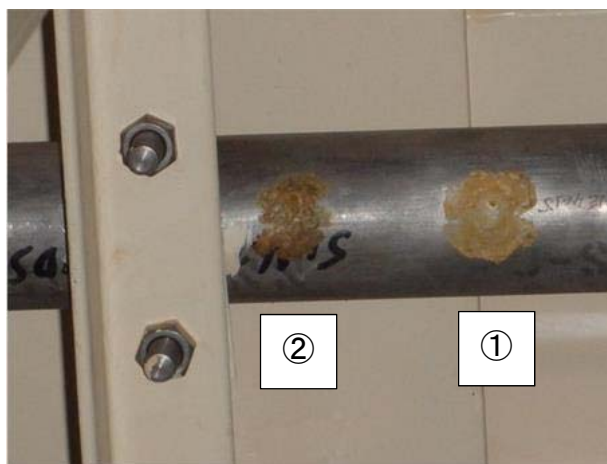
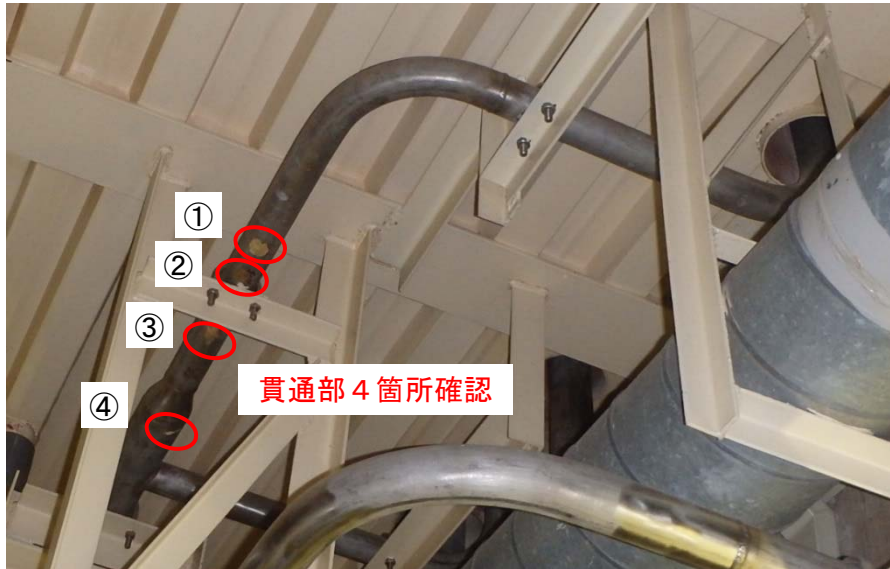
外観目視調査結果

1. 洗浄排水蒸発装置ドレン配管



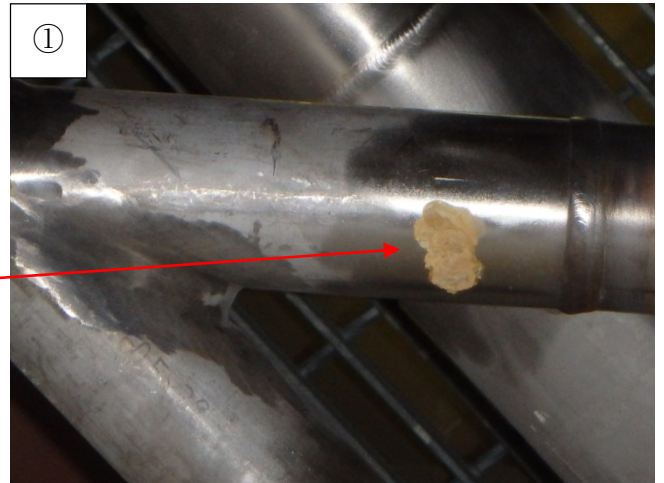
外観目視調査結果

2. 蒸気発生器ブローダウンタンクドレン配管

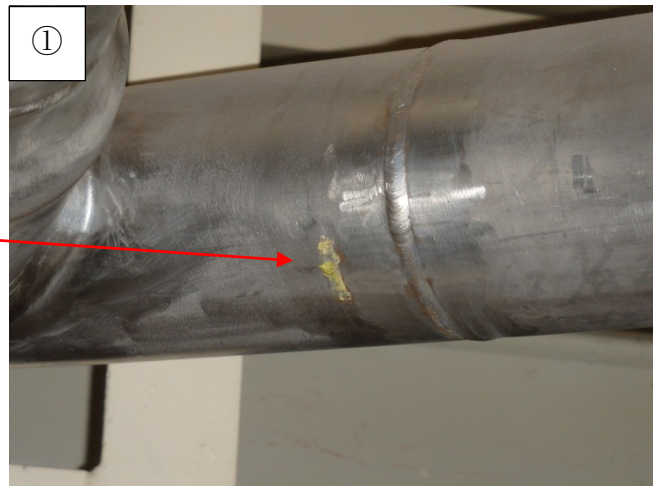


外観目視調査結果

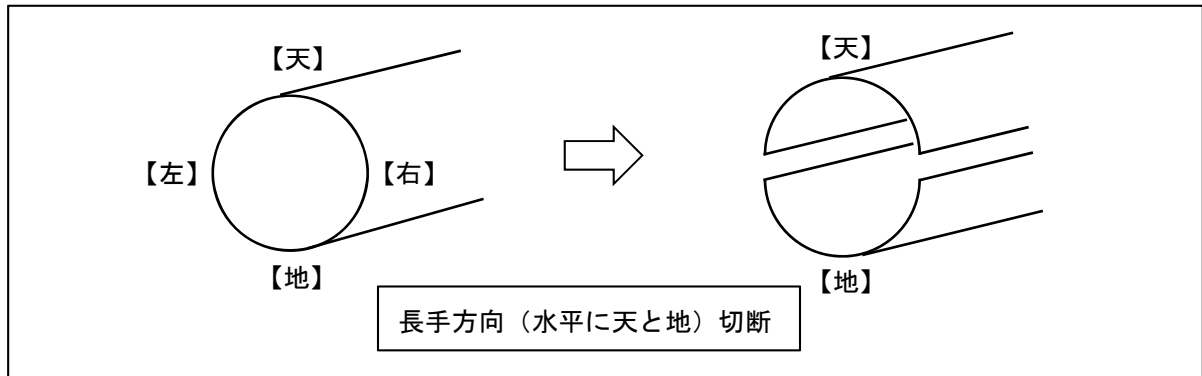
3. サンプルドレン配管



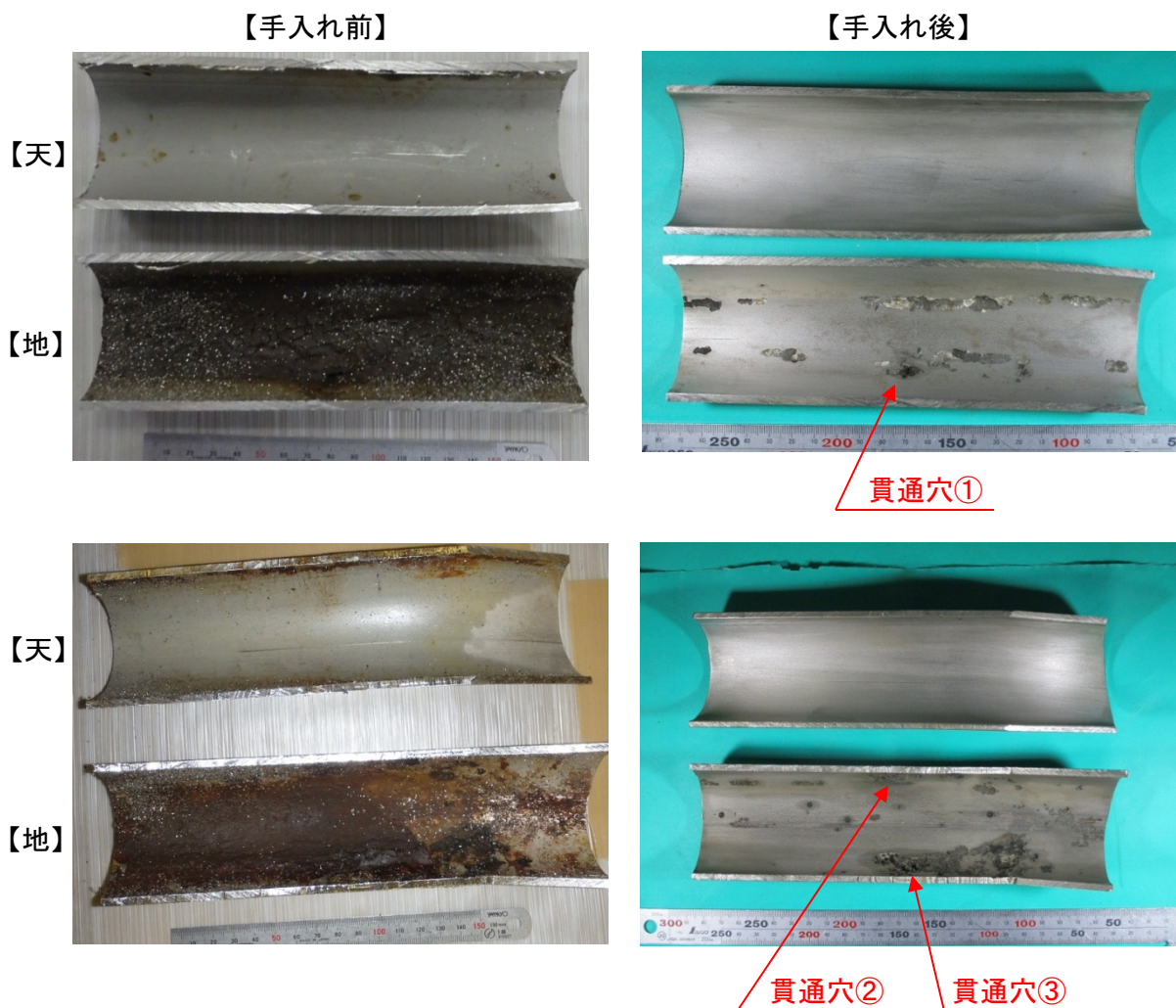
4. 廃液貯蔵タンク入口配管



内表面目視調査結果



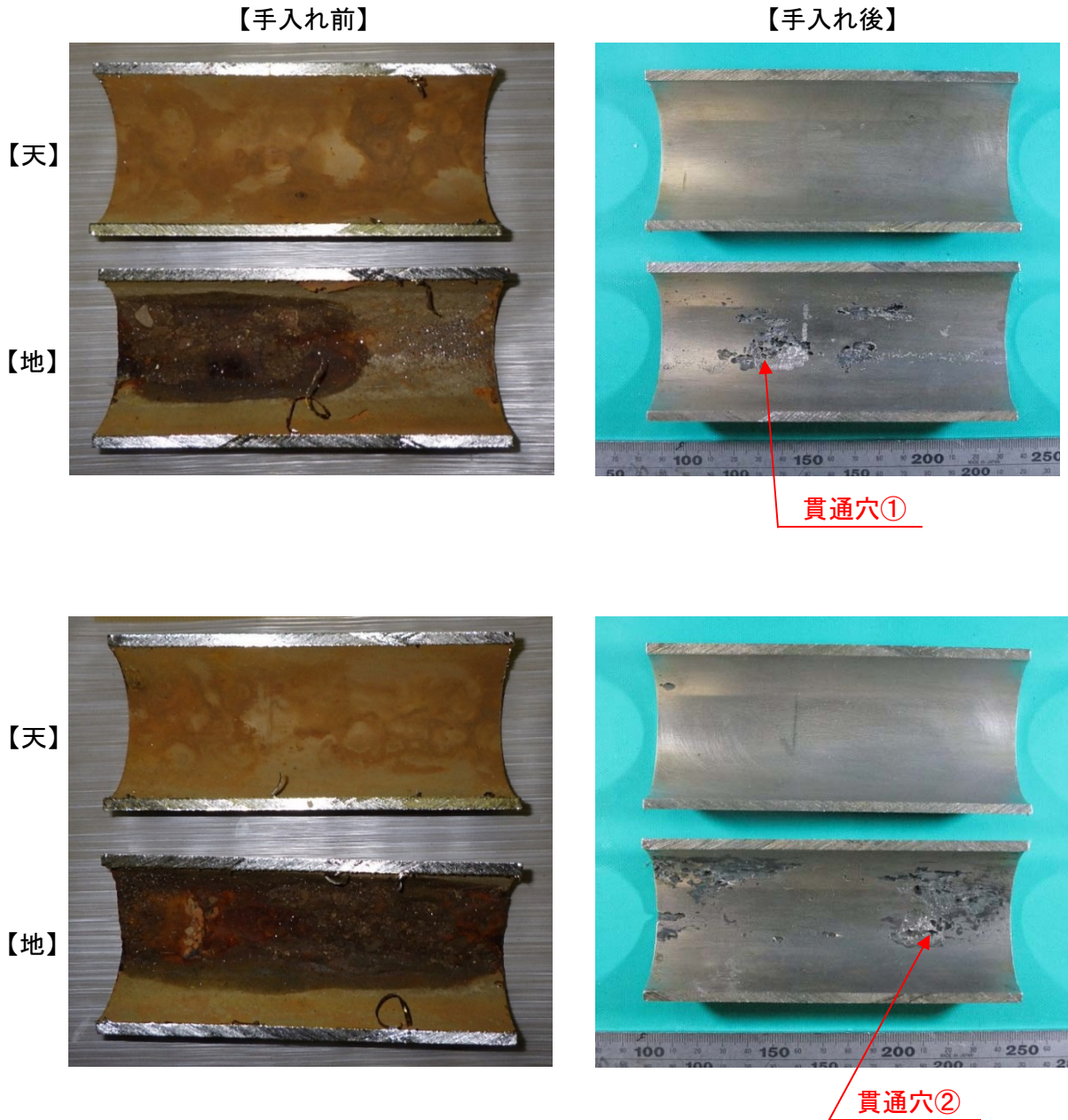
1. 洗浄排水蒸発装置ドレン配管



- ・茶色の付着物が地側に堆積
- ・付着物の堆積箇所に孔食を確認

内表面目視調査結果

2. 蒸気発生器ブローダウンタンクドレン配管 (1/2)



- ・ 茶色の付着物が全面に付着し、地側に堆積
- ・ 付着物の堆積箇所に孔食を確認

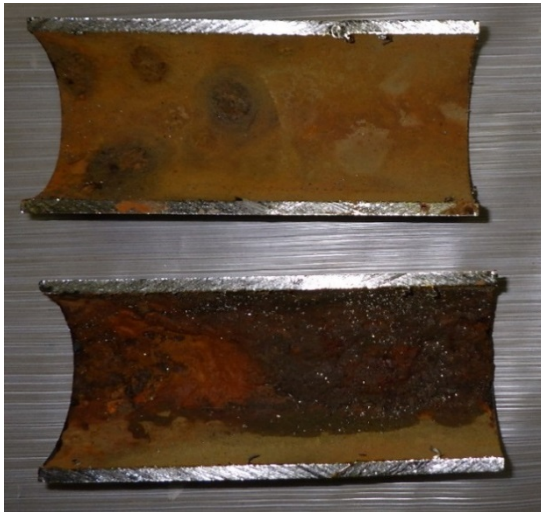
内表面目視調査結果

2. 蒸気発生器ブローダウンタンクドレン配管 (2/2)

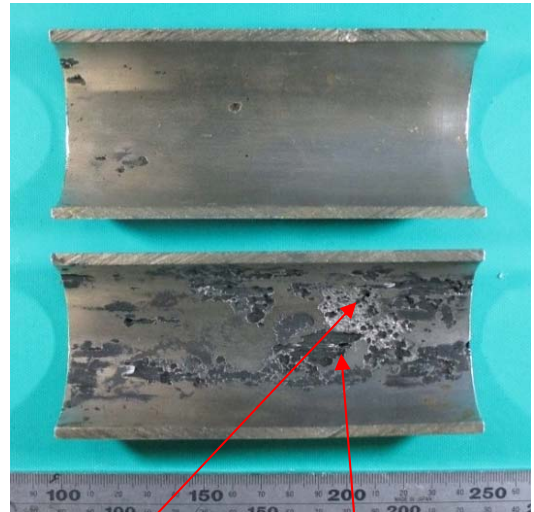
【手入れ前】

【手入れ後】

【天】



【地】



貫通穴③-1

貫通穴③-2

【天】



【地】

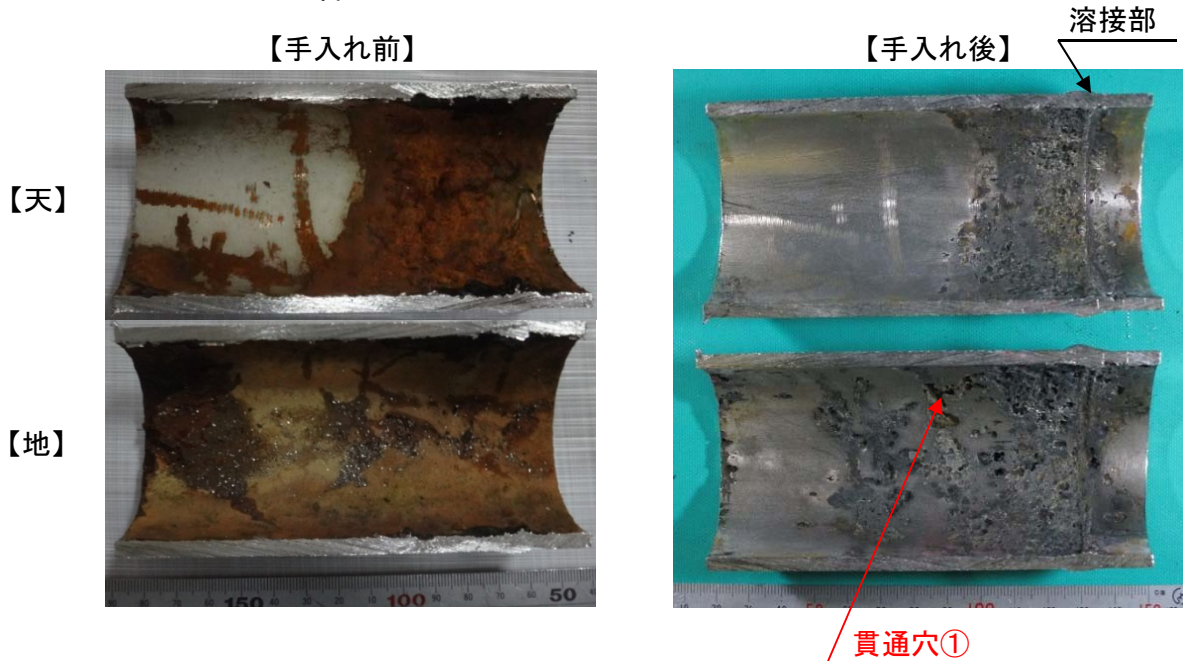


貫通穴④-1, 2

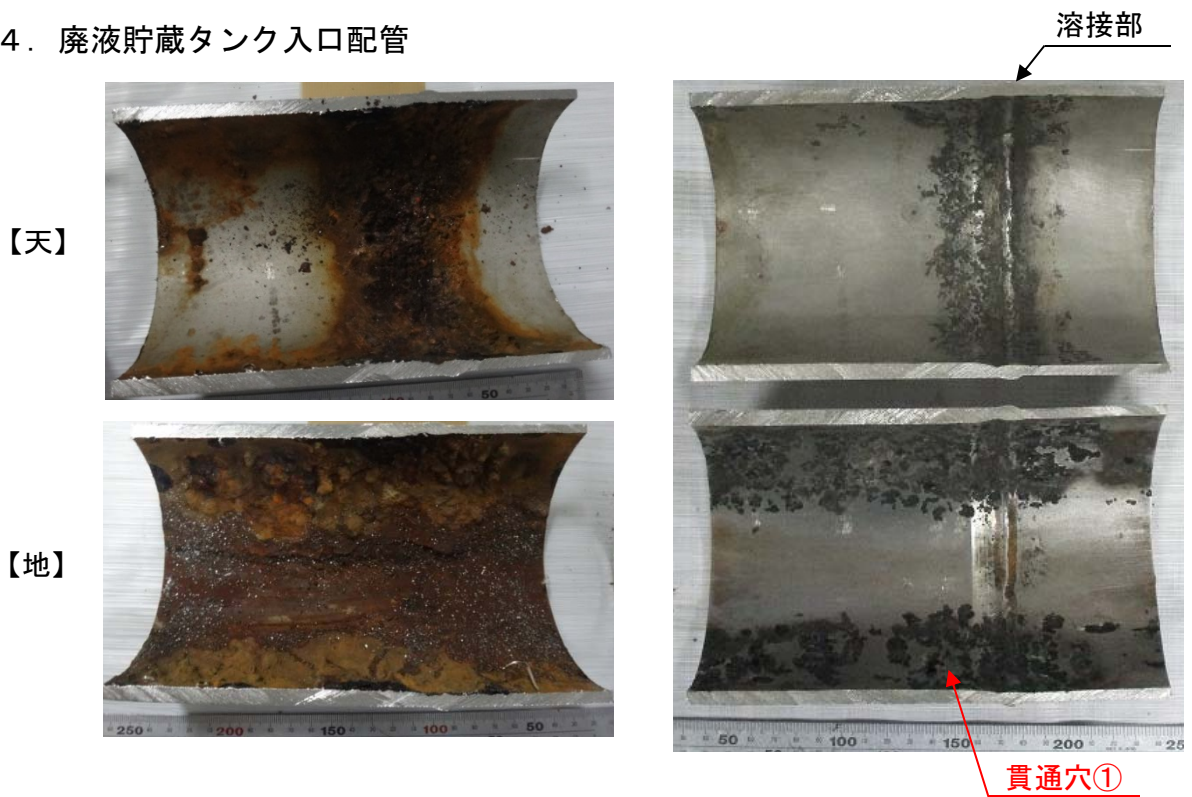
- ・ 茶色の付着物が全面に付着し、地側および溶接部近傍に堆積
- ・ 付着物の堆積箇所に孔食を確認

内表面目視調査結果

3. サンプルドレン配管



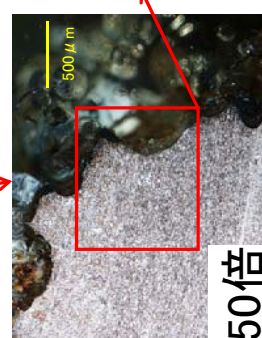
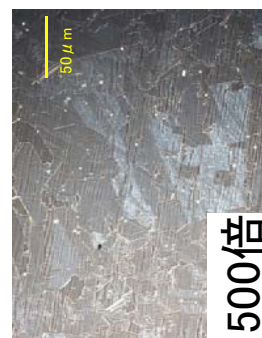
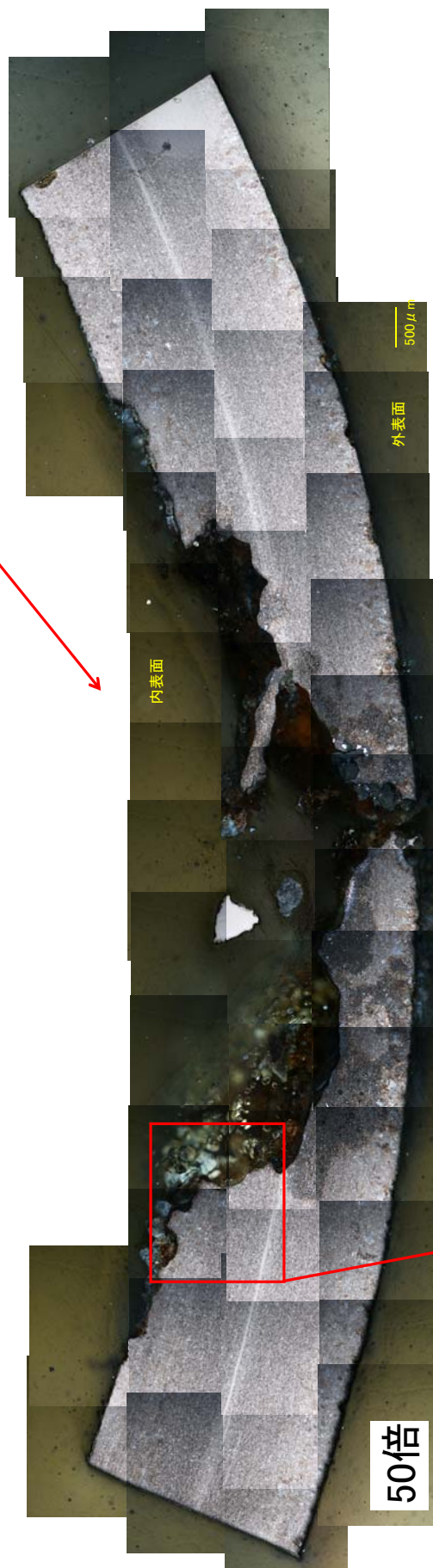
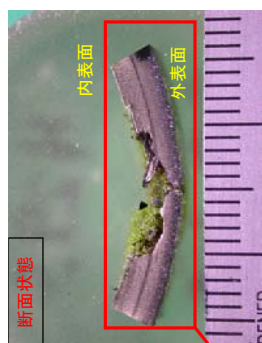
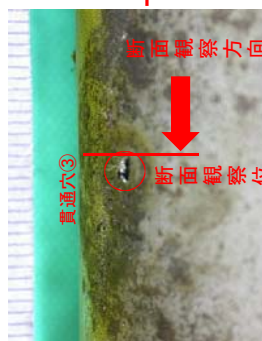
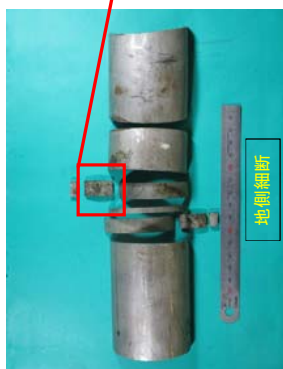
4. 廃液貯蔵タンク入口配管



- ・ 茶色の付着物が地側および溶接部近傍に堆積
- ・ 付着物の堆積箇所に孔食を確認

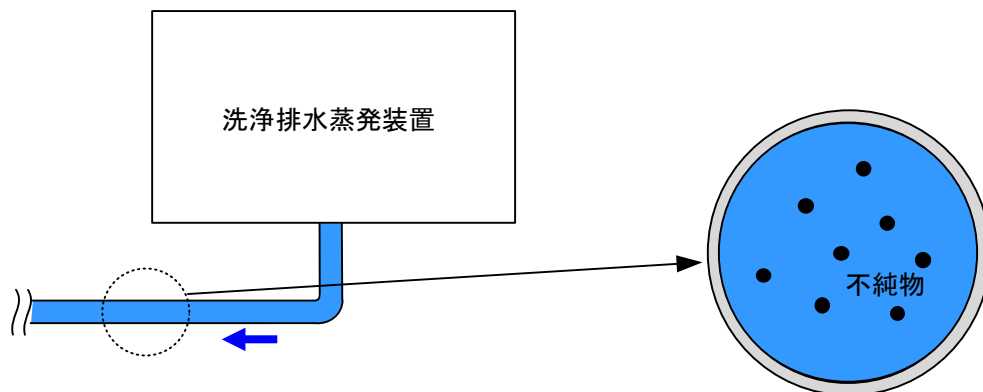
金属調査結果 (断面ミクシク観察)

(洗浄排水蒸発装置ドレン配管貫通穴の例)

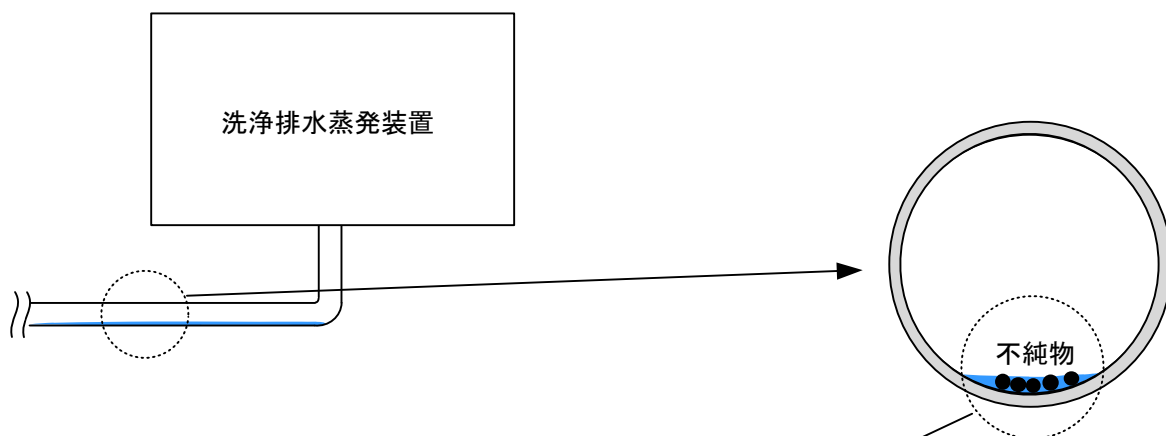


漏えいまでの推定メカニズム

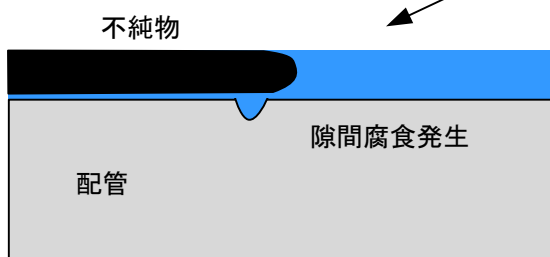
- (1) 洗浄排水蒸発装置からの排水
不純物、塩素等が含まれる廃液を排水



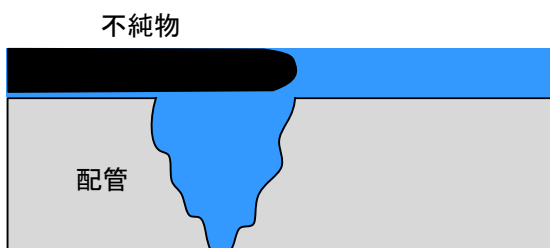
- (2) 排水停止時
水平配管内の廃液の水分蒸発に伴い、不純物が配管の底部(地側)を中心に堆積



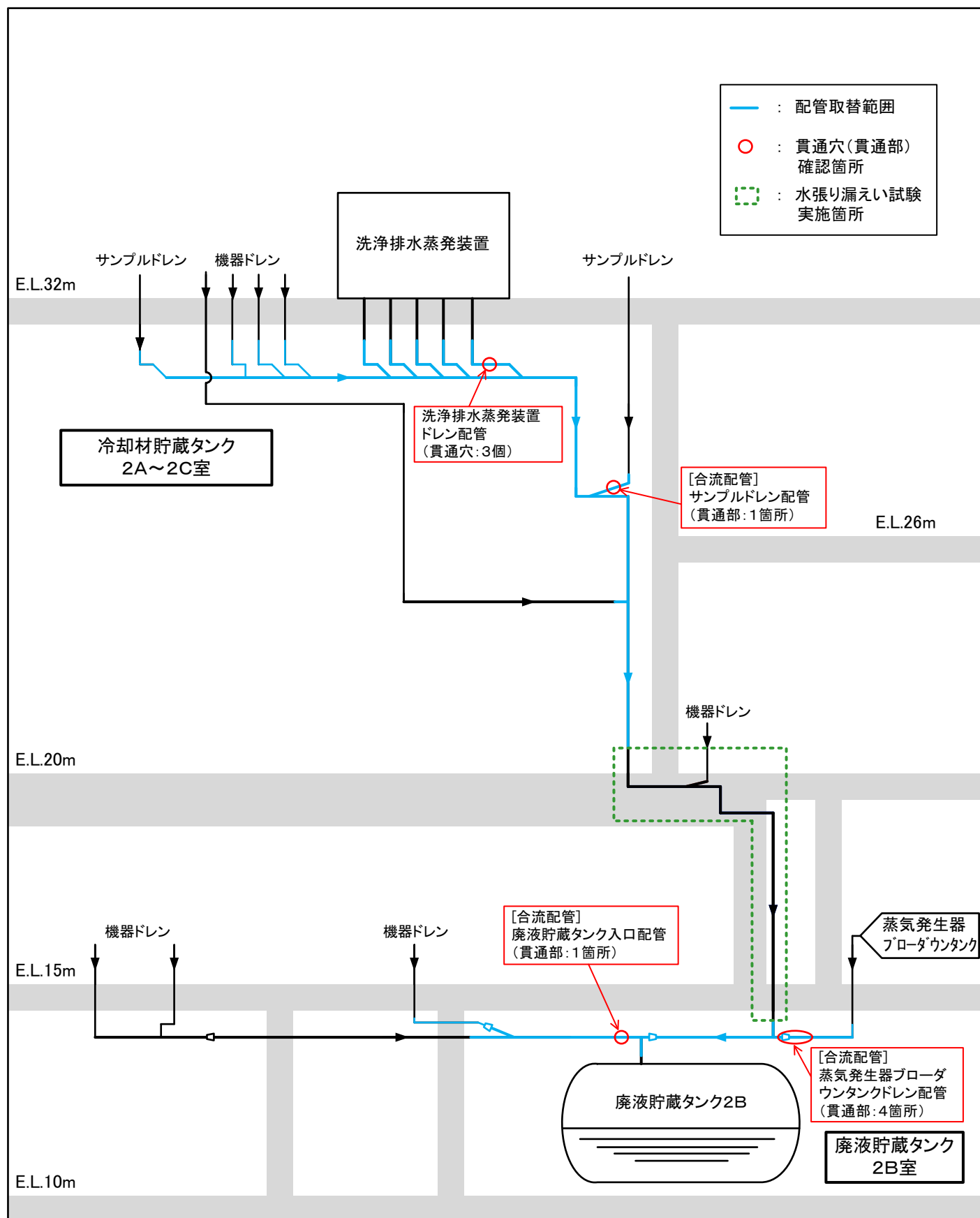
- (3) 隙間腐食発生
堆積した不純物と配管の隙間で隙間腐食(孔食)が発生



- (4) 孔食の進展
孔食が進展して貫通に至った。



洗浄排水蒸発装置 ドレン配管取替範囲図



蒸気発生器ブローダウンタンクドレン配管ルート変更図

