

管理区域への工業用水(非放射性)の流入について (原因と対策)

1. 概要

廃止措置中の新型転換炉原型炉ふげん(以下「ふげん」という。)において、令和2年6月6日(土)3時14分、中央制御室(非管理区域)に「屋外ポンプ制御盤異常」の一括警報が、屋外現場盤に「B原子炉建屋廻り水位高」警報がそれぞれ発報し、当直員が屋外の現場を確認したところ、屋外の工業用水(雑用水)の配管のフランジ部(V151-518付近)からの漏えいを確認した。このため、当該配管の上流側の弁(V151-510)を閉めたところ、漏えいが停止した。

その後、同日4時22分、中央制御室に「液体廃棄物処理系故障」の一括警報が、廃棄物処理制御室(管理区域)に「床ドレン収集タンク^{*1}水位高」の警報がそれぞれ発報したため、屋外で発生した水を床ドレン収集タンクに受け入れることができるよう、床ドレン収集タンクの水を別の受入タンク^{*1}(床ドレンサンプルタンク、B廃液中和タンク)へ手動で移送した。また、床ドレン収集タンクへの流入に関する現場確認のため、移送作業中に当直員が管理区域を巡視したところ、6時11分、原子炉補助建屋地下2階(管理区域)の通路に水溜りがあることを発見した。

水溜りは、屋外において漏えいした工業用水が、屋外の配管ピット^{*2}を介して管理区域の建屋内に流入したものであることが確認され(詳細は、5.に記載)、流入場所を確認した結果、9時35分、流入が止まっていることを確認した。

管理区域の建屋内への漏えい量は、当初においては漏えい範囲から約2m³と推定したが、漏えい範囲を特定して流入した水の拭き取り及び回収を行った結果、最終的には約4.4m³と推定した。

なお、今回の事象に伴う負傷者はなく、また、放射線モニタの指示に異常はなく、環境への影響はなかった。

※1：廃棄物処理室(管理区域)内のタンク

※2：各配管が集合しているピット

(添付資料-1～4参照)

2. 時系列

6月5日(金)

9:30～10:30 当直による原子炉補助建屋(管理区域)巡視異常なし

13:40～15:30 当直による屋外巡視異常なし

6月6日(土)

3:14 屋外ポンプ制御盤異常(B原子炉建屋廻り水位高)警報

～ 3:35頃 当直員が流入箇所を調査したところ、純水装置の廃液処理装置付近で水が漏えいしていることを確認

～ 4:05頃 当直員により屋外の純水装置用の工業用水の配管フランジ部

- (V151-518付近)から漏えいしていることを確認し、系統の影響範囲、隔離箇所を調査
- 4:09 当直員が漏えい箇所の隔離のために当該配管の上流側の弁(V151-510)を閉めたところ、漏えいが停止
- 4:22 液体廃棄物処理系故障(床ドレン収集タンク水位高)警報
⇒屋外で漏えいした水がスタックトンネルサンプ経由で流入したものと考えられたことから、受入容量を確保するため、床ドレン収集タンクの水を別の受入タンクに移送する操作を実施
- (4:28～ 6:00 床ドレンサンプルタンクへ移送)
(6:00～ 7:08 B廃液中和タンクへ移送)
- 6:11 原子炉補助建屋地下2階床面に水溜まりを発見
- 6:55 水溜まり水をGMサーベイメータで測定した結果、汚染無し
- 9:14 拭き取り前に、Ge測定装置で測定した結果、検出限界値未満
- 9:22～(15:00) 流入箇所の詳細調査、ふき取り、回収等実施
- 9:35 配管通路内で流入の継続が見られないこと、配管ピット内に水溜りが無いことを確認

3. 配管及び配管ピットの点検状況

(1)漏えいが確認された配管の状況

目視で確認した結果、フランジの根元の配管が破損していることを確認した。当該配管に関する直近の点検状況等を以下に示す。

- ①定期点検(一般点検 1回/年)：令和元年9月26日(外観点検 異常無し)
- ②交換実績なし

(2)配管ピットと配管通路間の状況

配管ピット(屋外)と原子炉補助建屋地下中2階配管通路(建屋内)の間には、配管貫通部と点検口^{※3}があり、配管貫通部については、過去の他プラントにおける雨水浸入事案の水平展開にて自主的に外観点検で密閉構造であることを確認していたが、点検口は点検対象としていなかった。

事象発生時に点検口について確認し、点検口の扉に関しては壁に付けられたドアについて外観に異常がなく開閉できることを、配管敷設用予備口に関しては床面から高さ約55cmの位置にある蓋と開口部の間に隙間があることをそれぞれ確認した。

※3：上側の点検口の扉に関しては、鍵管理され、人の出入が可能。下側の点検口は、配管敷設用予備口であり、床面から開口部が約55cm出しており、蓋で閉鎖。

(3)配管ピット内の排水状況

配管ピット内の底部には、排水口があり、1回/3年に通水確認しており、直近では、2017年度に0.1m³/6分で排水できることを確認している。

4. 配管ピットと配管通路間の配管貫通部等の点検結果及び処置

(1) 点検結果

工業用水が流入したと考えられる点検口2箇所(配管敷設用予備口と扉)と、他の流入の可能性のある配管ピットと配管通路間の配管貫通部の13箇所についてスモークテスターを用いてシール性の点検を実施した。

その結果、点検口の2箇所では配管通路(管理区域)へのスモークの吸込みと、それ以外の配管貫通部の3箇所では少量の吸込みを確認した。

この他、配管通路(管理区域)側から配管ピット側の外壁の隙間の有無を確認したところ、隙間等は確認されず、また、配管ピット以外で雨水、漏えい等により流入の可能性のある配管貫通部、開口部等について調査し外観点検した結果、流入の可能性のある箇所は確認されなかった。

底部にある排水口は、付近に落ち葉等の堆積物を確認したものの、排水口に詰まり等が確認されなかった。また、事象発生時日、大量の工業用水が配管ピットに流入して、排水口からスタックトンネルサンプへ排水され、スタックトンネルサンプポンプにより、管理区域の廃棄物処理設備のタンクへ約3.5時間で約40m³移送されていることから、排水口の排水状況は健全であったと推定した。

(2) 処置の実施

流入の可能性が確認された点検口の扉、配管貫通部等については、コーキング材により応急措置を実施した。

配管敷設用予備口の蓋については、蓋と開口部の接触面にゴムパッキンを施工しボンドにより接着後、コーキング材により応急処置を実施した。

また、念のため、底部については、落ち葉等によりつまりを防止するため、清掃し、落ち葉等を除去した。

(添付資料-5、6参照)

5. 管理区域の建屋内への流入経路、施設への影響

(1) 管理区域の建屋内への流入経路

管理区域の建屋内への流入経路等については、現場調査結果、工業用水のタンクの使用量、管理区域におけるタンクへの流入量、点検結果等から、以下と推定した。

6月6日(土)の0時半から1時半頃、工業用水の配管のフランジ部が破損し、当該箇所から工業用水が漏えいし、漏えい箇所を閉弁した4時9分までの漏えい量は、約170m³と推定^{※4}した。

配管のフランジ部の破損により漏えいした水は、次の箇所に飛散し流入した。

※4：工業用水(雑用水)タンクの使用量、漏えいした配管の破損面積、配管水頭圧、流量係数等から算出した結果

① 屋外配管ピット^{※5}(非管理区域)に流入(約100m³以上)

- ・流入した水は、屋外配管ピット内の堰に留まり、留まりきれない水が、B原子炉建屋廻りの排水ピットと配管ピットに流れ込んだ。

※5：建屋廻りのグレーチング下の配管設置場所

- ・屋外配管ピット内に堰に留まった水は、底部の排水孔の地面に浸透し、

地下の暗渠配管を介してB原子炉建屋廻りの排水ピットに湧水として流入し、B原子炉建屋廻りの排水ピットの蓋上部に流れた水は、蓋の隙間等より排水ピットへ流入した。

(排水ピットに流入した水は、ポンプの起動時間から約60m³以上と推定)

- ・B原子炉建屋廻りの排水ピットの蓋上部を流れ、配管ピットに流入した。(管理区域の廃棄物処理設備のタンクへの排水量が約40m³、管理区域内での拭き取り量等が約4.4m³であり、計約44.4 m³と推定)

②付近の海水ピットに流入し放水槽へ排水し、地面にも浸透

(飛散した量は、①以外の量)

①のとおり、B原子炉建屋廻りの排水ピットに流入した水が多かったため、排水ポンプの容量(約13.2m³/h)を超え水位が上昇し、3時14分に「B原子炉建屋廻り水位高」の警報を発報した。

また、配管ピットに流入した水が配管ピット底部の排水口からスタックトンネルサンプに排水され、スタックトンネルサンプのポンプで床ドレン収集タンクに連続で自動排水され、4時22分に「床ドレン収集タンク水位高」の警報を発報した。

一方、配管ピットに流入した水が大量であったため、配管ピット底部の排水口より排水しきれず、点検口の扉の下付近(配管ピット底部より高さ約1.1mに濡れ跡有、配管敷設用予備口の蓋付近。)まで水位が上昇し、点検口の扉と配管敷設用予備口の蓋と開口部の隙間、配管貫通部のシール性が低下した箇所等から管理区域の原子炉補助建屋地下中2階の配管通路に流入し広がったものと推定した。

さらに、原子炉補助建屋地下中2階の配管通路床面の配管貫通孔の堰の塗装のひび割れ箇所、床面塗装の剥離箇所から工業用水が床面のコンクリートに浸透し、下階の原子炉補助建屋地下2階及びタービン建屋地下2階に滴り、水の流入範囲が広がったと推定した。

(添付資料-7、8参照)

(2)破損した配管フランジ部の隔離による施設への影響

今回の事象が確認された際、漏えい箇所を停止するため、工業用水(雑用水)の元弁の2弁(V151-510、V151-518)を閉(隔離)にしており、これによる設備の影響について整理した。

隔離により、以下の設備が使用不可となったが、原子力安全に影響を及ぼすものはなかった。

(添付資料-2参照)

系統又は機器	目的、当時の状況	代替手段の有無
純水装置A-排水ポンプ(封水用)	中和槽の廃液(非放射性)を放水槽に排水するためのポンプで、グラウンド部への封水に使用。事象発生時、ポンプは停止中。	無:中和槽の排水が不可。使用頻度は少なく、一ヶ月以上使用できない状態であっても影響無し。
純水装置薬品稀釈用	中和槽排水に必要となるpH調整用の硫酸の稀釈用に使用。	無:中和槽の排水が不可。使用頻度は少なく、一ヶ月

	事象発生時、希釈無し。	月以上使用できない状態であっても影響無し。
硫酸第一鉄注入装置	原子炉補機冷却熱交換器の海水側の冷却管の腐食を防止するための保護皮膜形成を目的として1回/週で注入。 工業用水(雑用水)は、硫酸第一鉄の希釈用として使用。 事象発生時、注入無し。	有:注入頻度は1回/週であり、また、タンクへの工業用水(雑用水)手動投入が可能であることから影響無し。
海水電解装置	海水を電気分解し、次亜塩素酸塩を発生させ、取水口先端に注入することで海洋生物が取水管路に付着、成長、繁殖することを防止するために設置。 工業用水(雑用水)は、当該装置の脱気筒上部に発生する泡を消すためのシャワー水として使用。 事象発生時、同設備を停止。	有: 別ラインの工業用水(雑用水)配管に仮設の配管を敷設することで対応可能であり、影響無し。 なお、海水電解装置はこれまでも三か月程度の停止実績があり、一ヶ月以上使用できない状態であっても影響無し。
補助ボイラブローダウン	ボイラー用給水タンクの水温が高い場合に同タンクの水を工業用水(雑用水)で冷却しながらブローする行為。 事象発生時、未実施。	無:ボイラーの使用を制限して、給水タンクの温度を監視しながら運転継続
手動式ウエットブラスト除染装置	解体撤去物の除染のために研磨する装置。 工業用水(雑用水)は、研磨剤の噴射用の供給水に使用。 事象発生時、装置停止中。	有:純水系を主系統としており、工業用水(雑用水)系は予備

(3)管理区域の建屋内への流入による施設への影響

今回の工業用水(雑用水)配管からの漏えいにより、原子炉補助建屋地下2階(中間地下2階を含む)及びタービン建屋地下2階の一部に漏えいが広がり、その範囲に設置されている供用中の機器について影響を整理した。

今回の漏えい範囲において、供用中の機器(休止保管機器を含む)は、以下のものがあつたが、原子力安全に影響を及ぼすものはなかった。

(添付資料-4参照)

機器名称	目的、当時の状況	代替手段の有無
非常用G1-C/C (A-復水移送ポンプ)	廃棄物処理設備への洗浄水、使用済燃料貯蔵プールの補給水の使用時に起動。常時使用は行われていない。 上階から僅かな滴下が認められたことから、応急的に養生を実施。(C/Cに異常無し)	有:B-復水移送ポンプ(非常用G2-C/C)
照明	建屋内の照度を確保するため照明点灯中。 原子炉補助建屋地下中2階の配管通路からの滴下を考慮し、一時的にタービン建屋地	有:懐中電灯による代替が可能

	下2階の照明を部分消灯(その後影響のないことを確認し消灯を解除した)。	
エリアモニタ	原子炉補助建屋地下2階には2台のエリアモニタが設置、そのうち漏えい範囲のエリアモニタは休止保管中で、漏えい範囲から離れたところに設置されているエリアモニタ(1)にて監視中。	不要:原子炉補助建屋地下2階エリアモニタ(1)により監視中

6. 原因調査

(1) 配管フランジの破損

当該漏えい箇所を取り外し、目視にて詳細調査を実施したところ、当該配管はライニング鋼管であり、フランジ部が長期間の使用（屋外での環境下）により外面腐食が発生し、腐食箇所及び内面のライニング管が雑用水の圧力に耐えきれず破損に至ったと推定した。

また、今回、破損が確認された屋外の工業用水(雑用水)の配管フランジ部については、1年に1回の一般点検において外観の状態を点検していたものの破損に至ったのは、設置場所がグレーチングの下であり詳細に確認できない箇所であり、一般点検は担当者一人での点検で点検箇所を見落としした可能性が否定できないこと、担当者が外観点検における錆の状態から異常の有無を判断するのに十分な知識が不足していたことが原因と推定した。

(添付資料-9 参照)

(2) 原子炉補助建屋（中間地下2階 配管通路、地下2階）への流入

①配管通路への流入

「ふげん」においては、他プラントで発生した不具合等について水平展開を図っており、過去の他プラントにおける雨水浸入事案の水平展開として、当該エリア（配管通路）の屋外から屋内に貫通している配管貫通部の外観点検を実施し、密閉構造であることを確認していたが、配管貫通部のみに着目し行われ、また、配管貫通部のシール性の機能まで確認しておらず、他の流入の観点での調査が不足していた。

このため、これら箇所から工業用水が流入したものであるが、配管貫通部の3箇所はスモークテスターで少量の吸込みであり、目視で隙間が確認されなかったことから、配管通路への工業用水の流入の大半は点検口の扉と配管敷設用予備口の隙間から流入したと考えられ、特に配管敷設用予備口の蓋の隙間から流入したと推定した。

(添付資料-5 参照)

②地下2階への滴下

管理区域の建屋内における床面については、1年/回点検して塗装不良の箇所の補修塗装を実施し、原子炉補助建屋地下中2階の配管通路に敷設している配管等については、一般点検を実施する系統毎に点検を実施しているが、配管貫通孔及び床面の塗装状態は、点検対象としていなかった。

このため、配管通路の床面の配管貫通孔の堰の塗装のひび割れ箇所、床面塗装の剥離箇所から、流入した工業用水が浸透し下階に滴下したと推定した。

7. 対策及び水平展開等

(1) 破損した配管フランジ部の交換

破損した配管フランジ部については、6月9日に交換を実施し、停止していた工業用水の供給を再開した。

(2) その他配管等の点検結果

液体を内包する供用中設備のうち、機器、配管、弁等の腐食状況等について、令和2年6月18日から7月10日にかけて緊急点検を実施した。実施は、腐食の発生しやすい環境下にある設備等を優先に順次点検を実施した。

点検の結果、緊急性を要する配管や弁の交換はなかったが、緊急性を要しないものの、錆等により腐食が見られ、補修等が必要と判断した箇所を6箇所確認した。補修等が必要と判断したものは、全て屋外の地下階のピット内のものであった。

該当箇所については、今後、計画書を策定し、錆等の腐食箇所の除去等を行い、肉厚測定等の点検を定期的に継続していく予定である。

(添付資料-11参照)

(3) 屋外配管等の外観点検方法の改善

屋外配管等の一般点検においては、二人以上の複数人で点検を実施するとともに、錆等を確認した場合には、錆の状態をカメラにより記録し、死角になる箇所については、ファイバースコープ等による確認を取り入れるなど、点検方法を充実させ、その結果を点検の報告書に添付し課内に報告するよう「設備点検要領書作成マニュアル(設備担当の課内要領)」を改訂し、明文化する。

また、今回の事例を踏まえ、一般点検を実施する職員(協力会社従業員含む)等に対して、腐食等による不具合事例の教育を実施(新規設備担当者は都度実施)し、外観点検に関する知識を充足する。

(4) 点検口の扉、配管敷設用予備口等の措置

配管ピットから配管通路に工業用水が流入した点検口の扉は、建設当時、現場の移動の際等で使用していたが、運開後から現在に至るまで使用した実績がなく、また、配管敷設用予備口も、建設時に配管を敷設するために設けられていたもので使用せず現在に至っており、今後も新たな配管を敷設する予定が無いことから、閉止板を設置し密閉性を確保する。

配管ピット内の配管貫通部については、シール性を確保するため、補修を行うとともに、一般点検時にスモークテスト等でシール性の健全性を確認するよう「設備点検要領書作成マニュアル(設備担当の課内要領)」に追加するとともに、配管ピット以外で雨水、漏えい等により流入の可能性のある配管貫通部、開口部等について調査し外観点検した箇所についても、スモークテスト等によりシール性の健全性を確認する。

また、今回の事象では、配管ピットに流入した工業用水は、正常に廃棄物処理設備に移送されているものの、当該ピット内に落葉等を確認したことから、配管ピット内の清掃を1年に1回実施するよう、「設備点検要領書作成マニ

マニュアル（設備担当の課内要領）」に追加する。

(5) 配管通路床面の点検方法改善

建屋点検に配管通路を追加し点検を実施し、塗装不良等を確認した場合には、補修塗装を実施するよう「設備点検要領書作成マニュアル（設備担当の課内要領）」に追加する。

(6) 他プラントの事故事例における水平展開の視点の改善

他プラントの事故事例における水平展開の調査は、施設・設備の機器の影響に加えて、水漏れ・火災・被ばくに関しては、幅広い視野（観点）で調査を指示するよう「不適合管理手順書(所内要領)」を改訂する。

8. 添付資料

添付資料-1：構内配置及び事象関係図

添付資料-2：工業用水(雑用水)設備の系統概略図

添付資料-3：工業用水(雑用水)配管の漏えい箇所

添付資料-4：漏えい範囲及び機器配置図

添付資料-5：配管ピット内の調査及び処置状況

添付資料-6：配管ピット内底部の清掃状況

添付資料-7：管理区域の建屋内への流入経路

添付資料-8：工業用水(雑用水)配管からの漏えい概略図

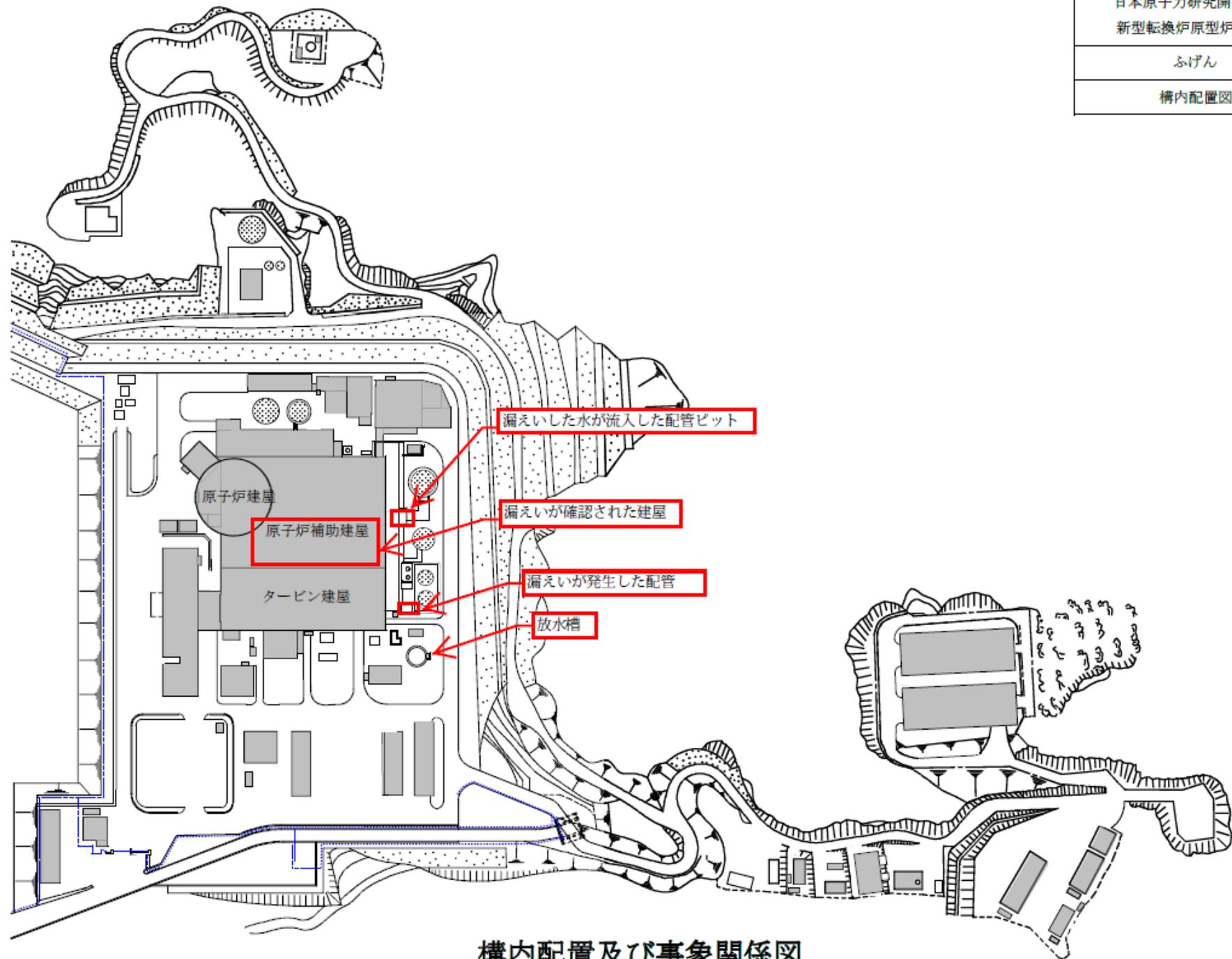
添付資料-9：工業用水(雑用水)配管の漏えい箇所の観察状況

添付資料-10：配管通路内床面及び貫通口堰等の状況

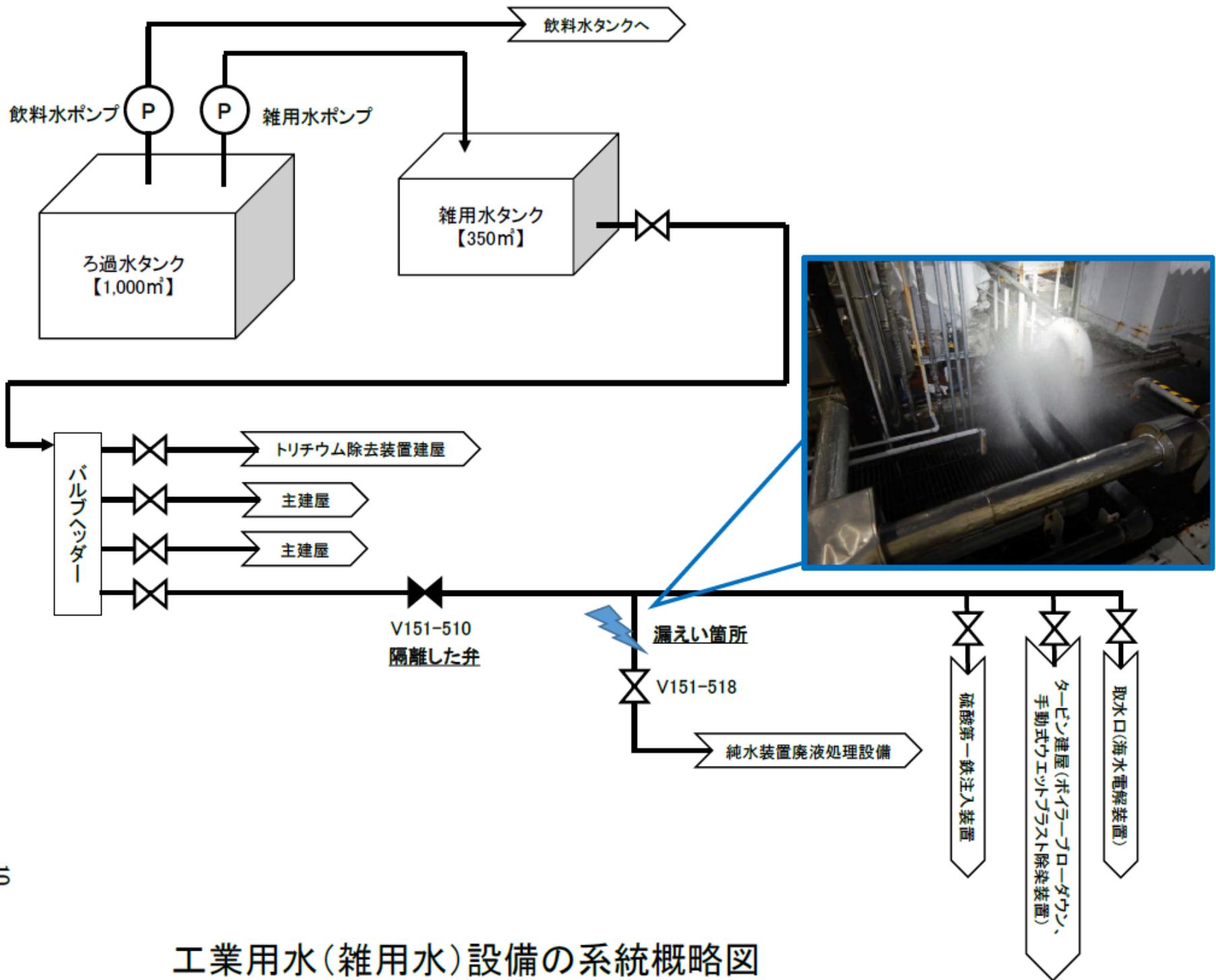
添付資料-11：管理区域への工業用水流入に伴う緊急設備点検順位フロー図

添付資料-12：管理区域への工業用水の流入対応に伴う全体工程表

以 上



構内配置及び事象関係図



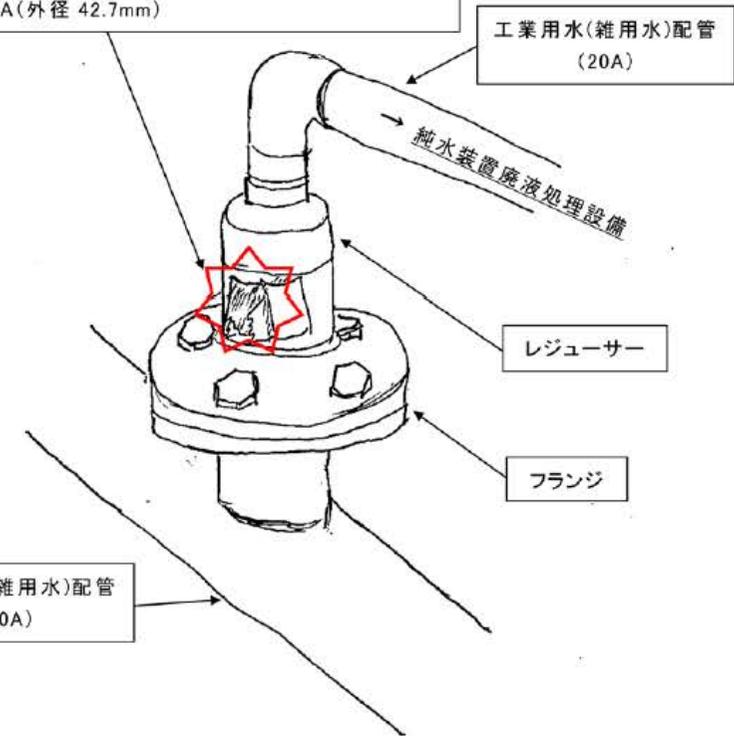
工業用水(雑用水)設備の系統概略図



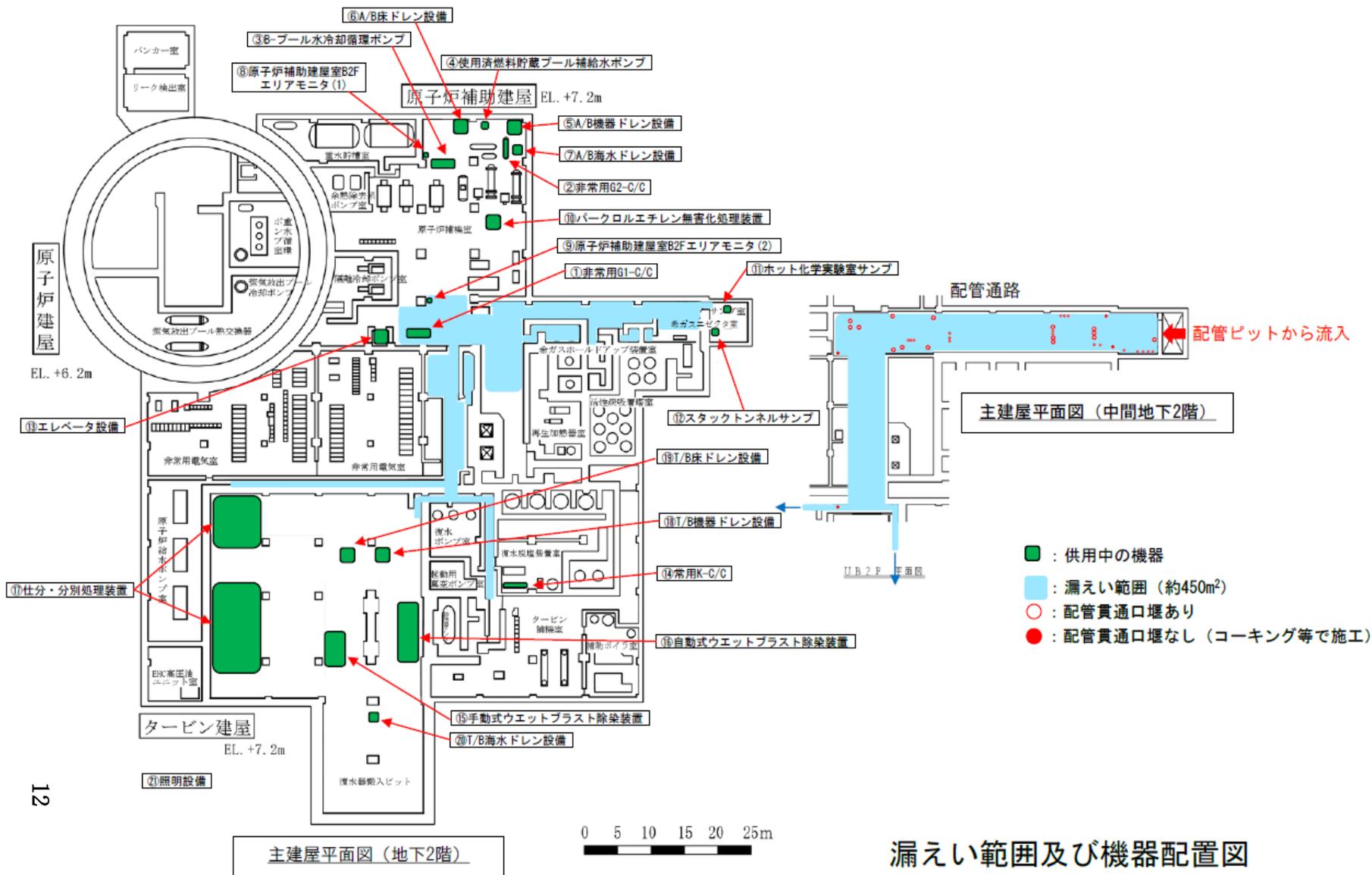
漏えい箇所

工業用水(雑用水)配管(80A)の母管からフランジを介して、分岐配管(20A)にサイズを変更するための単管(32A)の部分

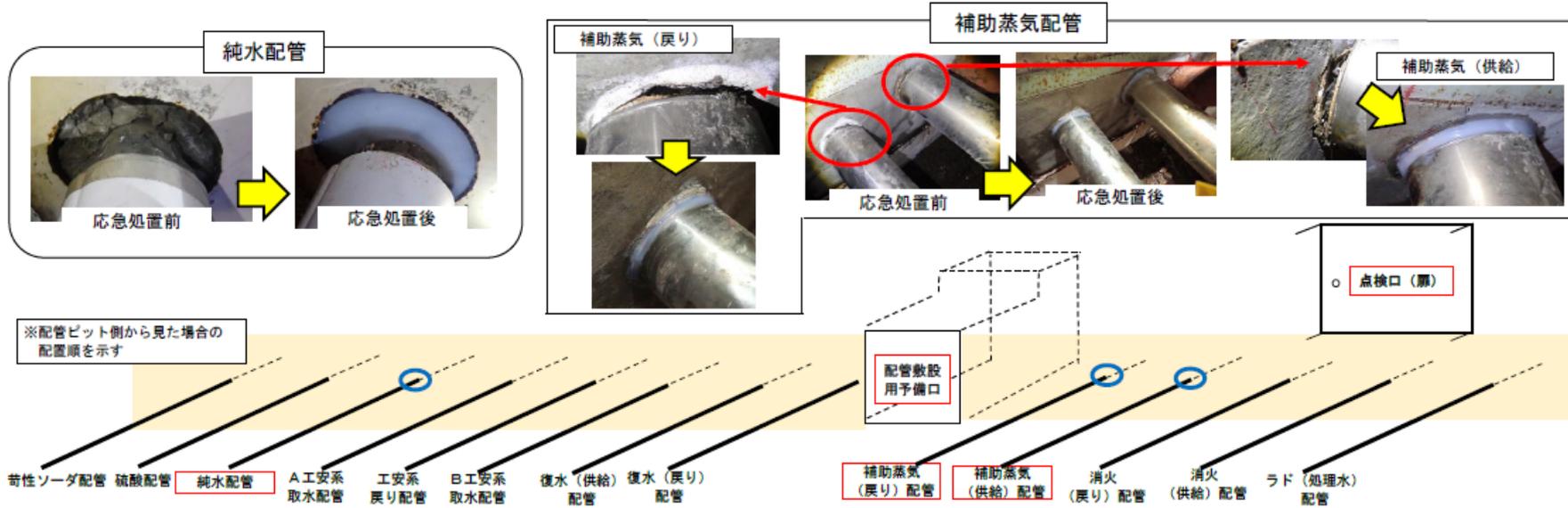
- 材質:ライニング鋼管
- 耐圧:JIS10K
- サイズ:32A(外径 42.7mm)



工業用水(雑用水)配管の漏えい箇所



漏えい範囲及び機器配置図



	対象箇所	外観点検結果	空気吸引
1	苛性ソーダ配管	良	無
2	硫酸配管	良	無
3	純水配管	否	有(少)
4	A工安系取水配管	良	無
5	工安系戻り配管	良	無
6	B工安系取水配管	良	無
7	復水(供給)配管	良	無
8	復水(戻り)配管	良	無
9	配管敷設用予備口	否	有
10	補助蒸気(戻り)配管	良	有(少)
11	補助蒸気(供給)配管	良	有(少)
12	消火(戻り)配管	良	無
13	消火(供給)配管	良	無
14	ラド(処理水)配管	良	無
15	点検口(扉)	良	有(少)



核物質防護上、写真は掲載せず(扉の溜等をコーキング)

配管ピット内の調査及び処置状況

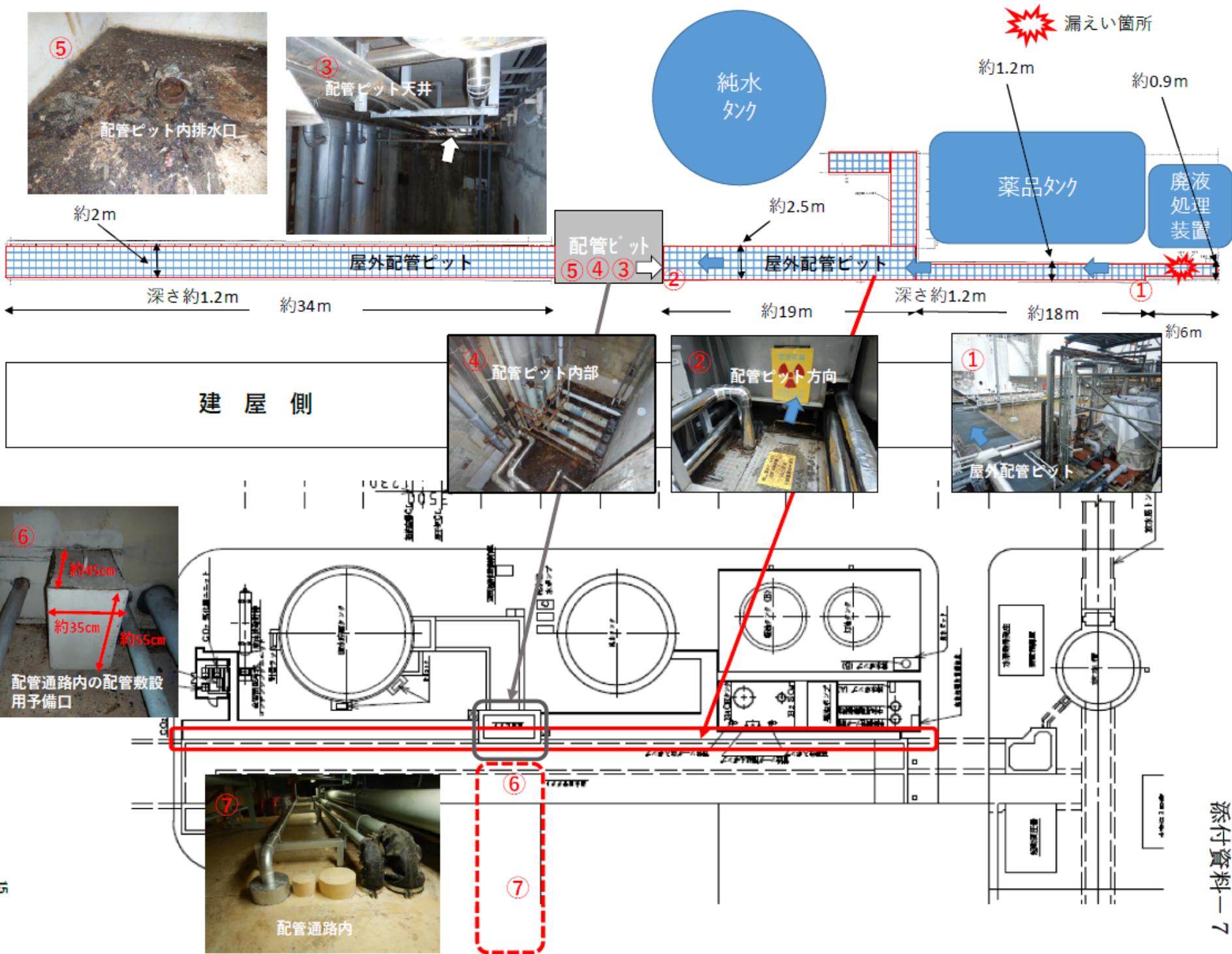
【清掃前】



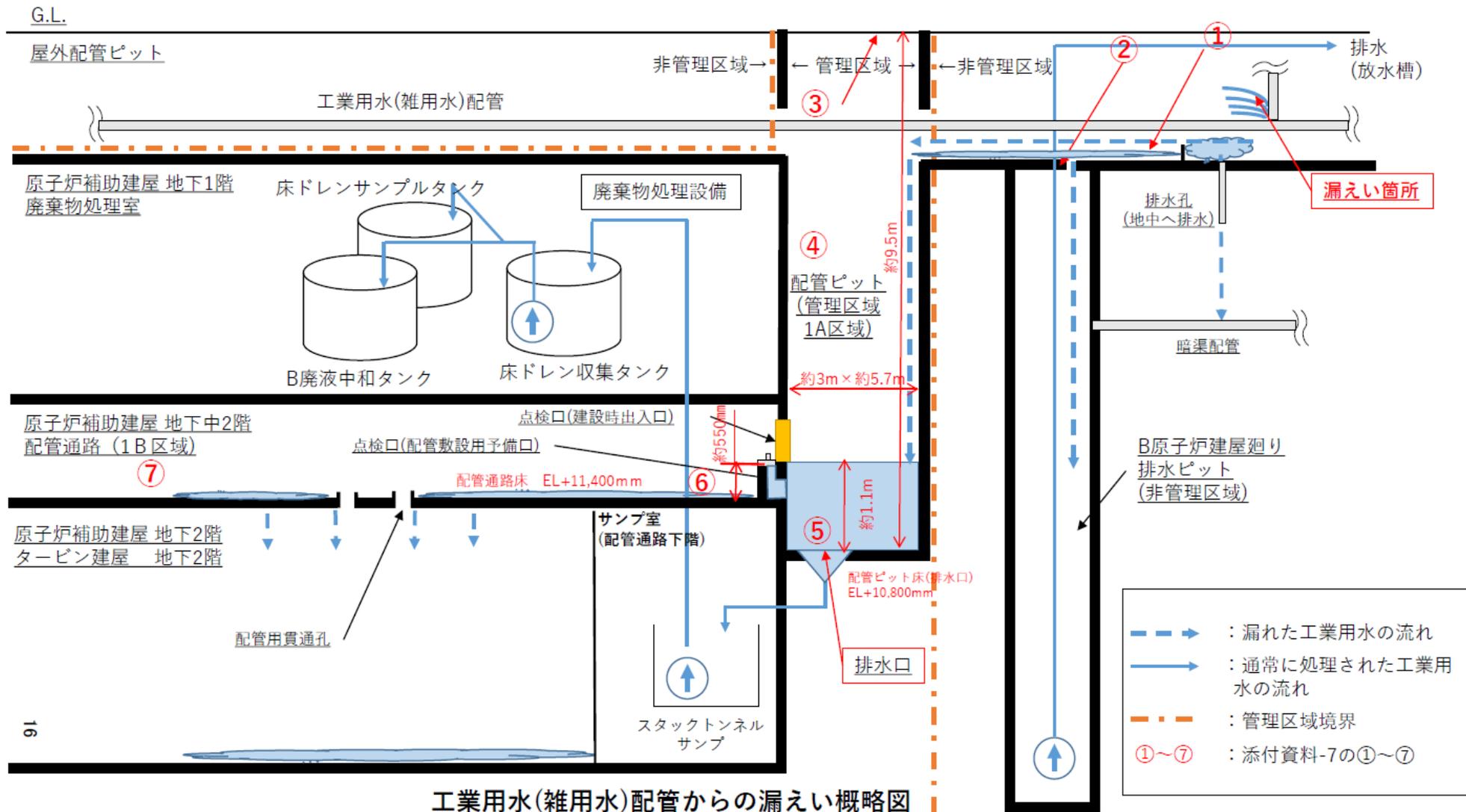
【清掃後】



配管ピット内底部の清掃状況



添付資料一七





当該箇所取り外し時



ねじ込み部が錆びにより取り外すことができなかったため、切断にて取り外し

【当該箇所の観察状況】

◎材質について、発生時はSGP(炭素鋼)と判断していたが、当該配管をと外したところ、ライニング鋼管であることが判明



当該箇所の観察の結果、破損に至った原因は以下のとおりと推定した。

鋼管部分が雨水等による影響により外部腐食が進行し、鋼管の肉厚が薄くなり、雑用水の圧力に耐え切れず、破損に至った。

床面の状況



塗装剥がれ



貫通口堰の状況



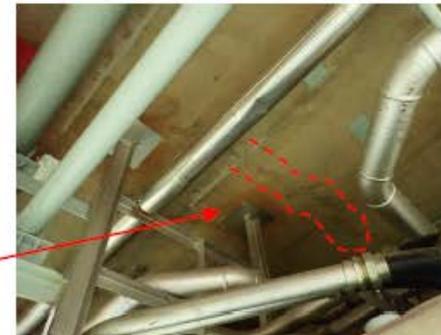
貫通口堰周りの塗装ひび割れ



階下天井の状況



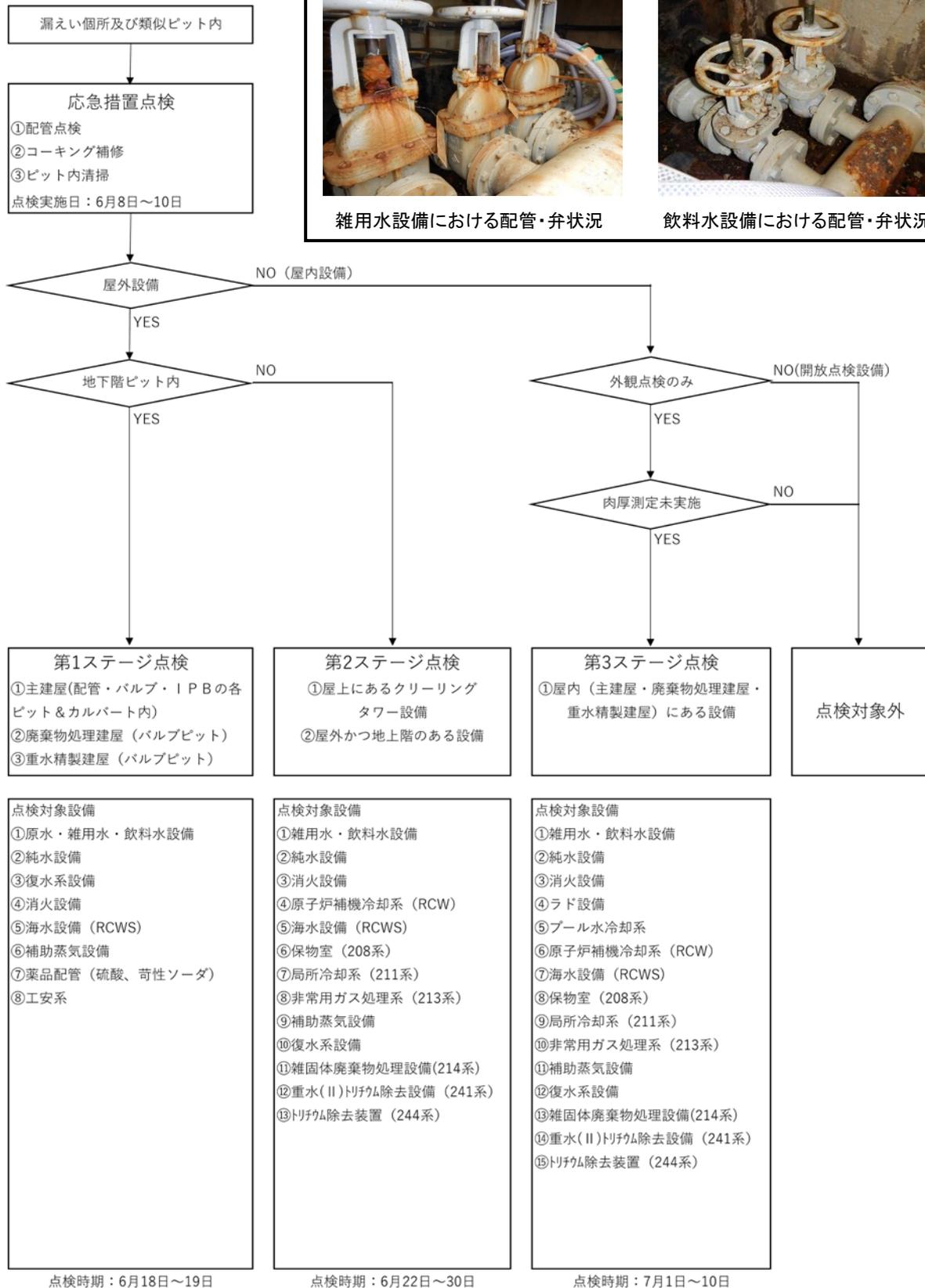
水漏れ跡あり



配管通路内床面及び貫通口堰等の状況

管理区域への工業用水流入に伴う緊急設備点検の順位フロー図

点検結果の例(地下階ピット内)



管理区域への工業用水の流入対応に伴う全体工程表

項目	年度・月	2020年度															
		6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月						
		▲6/6 事象発生															
1	復旧処置 (配管フランジ部交換、原因調査)	■															
2	応急処置 (流入箇所調査、点検口応急処置等)	■															
3	緊急点検 (第1ステージ～第3ステージ)		■	■													
4	是正処置	原因究明・要因分析		■	■												
		対策立案		■	■												
		・屋外配管の点検方法改善				□	□	□	□								
		・管理区域への流入防止対策															
	(外注予定: 契約手続き、材料調達、工事等)																
	・配管通路の点検方法改善				□	□	□	□									
	・配管ピットの点検方法改善				□	□	□	□									
	・他プラント事故・故障調査内容の検討改善																
類似発生 不適防止の	・配管貫通口等のシール性健全性確認																□
	・緊急点検結果に伴う補修等の計画																□
備考		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #0070C0; margin-right: 5px;"></div> :実績 </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 5px;"> <div style="width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> :計画 </div>															
		別途計画書を作成し実施する															