

伊方発電所第3号機
復水器内の復水導電率上昇について

平成20年11月
四国電力株式会社

1. 件名

伊方発電所第3号機
復水器内の復水導電率上昇について

2. 事象発生の日時

平成20年 9月 6日 22時08分

3. 事象発生の設備

伊方3号機復水器ホットウェル3A

4. 事象発生時の運転状況

出力降下中（発電機出力503MW）

5. 事象発生の状況

伊方発電所第3号機（定格電気出力890MW）は、第11回定検に伴う出力降下中のところ、9月6日22時08分、2次系の水質異常を示す信号が発信したため、現地を確認した結果、復水器ホットウェル*3Aの導電率が高いこと、また、その後の復水器ホットウェル3Aの水質の分析によりナトリウムおよび塩素が有意に検出されたことから、細管からの微量な海水漏えいと推定されるため、第11回定検にて、漏えい細管を特定するための調査を実施した。

調査の結果、復水器水室3A上部の外周細管1本の上面に微少な貫通穴が3箇所認められたため、当該細管に施栓を行い、11月04日10時00分、海水の漏えいがないことを確認した。

なお、本事象により混入した海水は、復水脱塩装置にて除去されるため、運転および停止操作上問題はなく、また、周辺環境への放射能の影響はなかった。
(添付資料-1、2)

*復水器ホットウェル

タービンで使用した蒸気を復水器内で冷却凝縮した水（復水）の水溜め

6. 事象の時系列

9月 6日

20時29分

3号機第11回定検に伴う出力降下開始

22時08分

出力降下中のところ、2次系の水質異常を示す信号が発信

22時15分

復水器ホットウェル3Aの水質の分析によりナトリウム及び塩素が有意に検出された

9月 7日

0時20分

送電停止により3号機第11回定期検査開始

9月 9日

復水器水室3A点検作業開始

10月 8日

漏えい管施栓作業実施

10月13日 施栓実施箇所の漏えい検査を実施し、漏えいのないことを確認

11月04日

10時00分 海水の漏えいがないことを確認

7. 調査結果

プラント運転中に実施した、検塩装置の導電率検出点の切替操作により、復水器水室3A上部の細管からの漏えいと判断し、3号機第11回定検において復水器水室3A上部の細管について、以下の調査を実施した。

(1) 運転状況の調査

復水器の運転パラメータ（圧力、温度、流量等）を調査した結果、水質以外には問題のないことを確認した。

(2) 材料調査

細管の材料（チタン）について、材料証明書を確認した結果、所定の材料が使用されていること、および規格値を満足しており問題のないことを確認した。

(3) 外観目視点検

上部の外周細管について外観目視点検を実施した結果、細管1本「A-A-68-1」（以下、「当該管」という。）の上面に、3箇所の円形状の錆の付着が認められた。また、錆の中および錆の廻りに無数の小さな点状の孔が約170mmの範囲で認められた。その他は、特に異常は認められなかった。

（添付資料-3）

(4) リークテスト

上部細管全数について、真空引きによるリークテストを実施した結果、当該管にのみ、真空度の降下が認められた。

(5) 渦流探傷検査（ECT）

上部細管全数について、通常ECT（三元式ECT）および高感度ECT（多重周波数ECT）を実施した結果、高感度ECTにて、当該管に貫通を示す信号が認められた。また、高感度ECTの出力波形から、外面の方が開口が大きいすり鉢状の貫通穴であることが確認された。ただし、通常ECTでは、有意な信号は検出されなかった。なお、その他の細管については、施栓基準（深さ55%以上）を超える信号は検出されなかった。

（添付資料-4）

(6) 加圧テスト

当該管について、細管内を空気にて0.05MPaに加圧し、無数の小さな点状の孔に発泡試験材を吹きかけた結果、錆びが認められた3箇所とも、空気の漏れが確認された。

(添付資料-5)

(7) 細管内面点検

当該管について、ファイバースコープを挿入し、細管内面の調査を実施した結果、傷等の異常は認められなかった。

(8) 点検履歴調査

復水器細管のECTの頻度は、現在は1回/8定検であり、復水器水室3Aの至近のECTは、第4回定検(平成11年11月~平成12年2月)にて細管全数について通常ECTを、第7回定検(平成15年9月~12月)にて外周細管について通常ECTを実施していた。これまでの通常ECTの結果、特に有意な信号は検出されていなかった。

(9) 他の水室の健全性確認

復水器水室3A下部の外周細管および復水器水室3B、3C、3D各上下部の外周細管については、外観目視点検および高感度ECTを実施し問題のないことを確認した。

8. 推定原因

当該管外面の外観目視点検の結果、無数の小さな点状の孔が認められたことおよび細管内面には傷等の異常は認められないことから、外面から小さな点状に減肉が徐々に進行し、貫通に至ったものと推定される。

無数の小さな点状の孔が発生した原因は、当該箇所は流速の速い管束外周部に配置されていること、また、当該箇所周辺の復水器胴側壁には多くのブロー管台およびドレン管台がありドレン等の流入により湿分の雰囲気が高いことから、タービン排気蒸気流等によるドロップレットエロージョン*によるものと推定される。

*ドロップレットエロージョン

タービン排気蒸気等の凝縮水や酸化鉄等の硬質粒が、高速な気体とともに細管等に衝突することにより、細管表面を浸食する現象をいう。

(添付資料-6、7)

9. 1、2号機の状況

1、2号機の細管は主に黄銅管（一部チタン管あり）で構成されており、毎定検、細管全数の通常E C Tを実施し、施栓基準を超えた細管については、施栓を実施している。また、30年以上の運転においてドロップレットエロージョンによる漏えいは発生していない。

10. 対 策

- (1) 当該管については、施栓を実施し、施栓を行った箇所について漏えい検査により漏えいがないことを確認した。
- (2) 復水器外周細管の高感度E C Tについては、当面は1回／2定検で実施することとする。

以 上

添 付 資 料

添付資料－ 1 伊方 3 号機 復水器まわり概略系統図

添付資料－ 2 復水器水室 3 A 漏えい箇所位置図

添付資料－ 3 外観目視点検結果

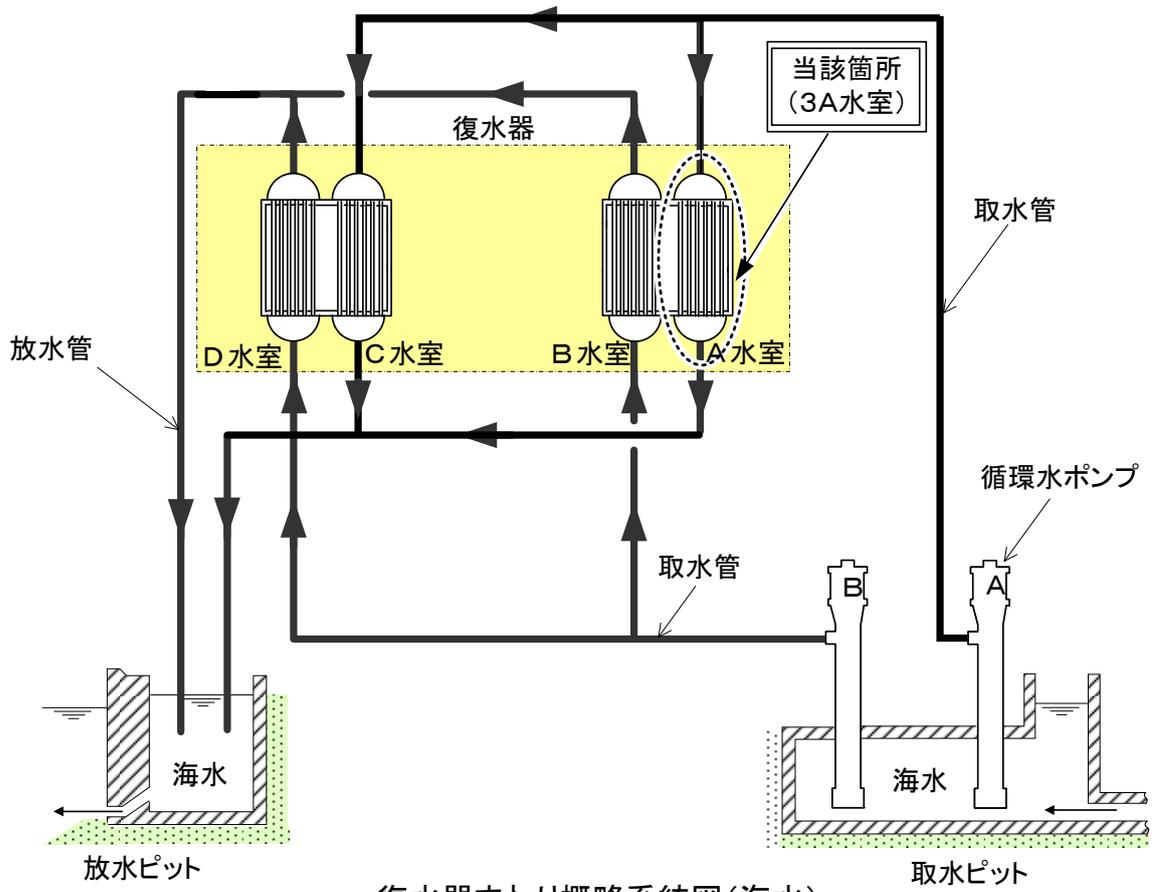
添付資料－ 4 漏えい細管の高感度 E C T 結果

添付資料－ 5 加圧テスト結果

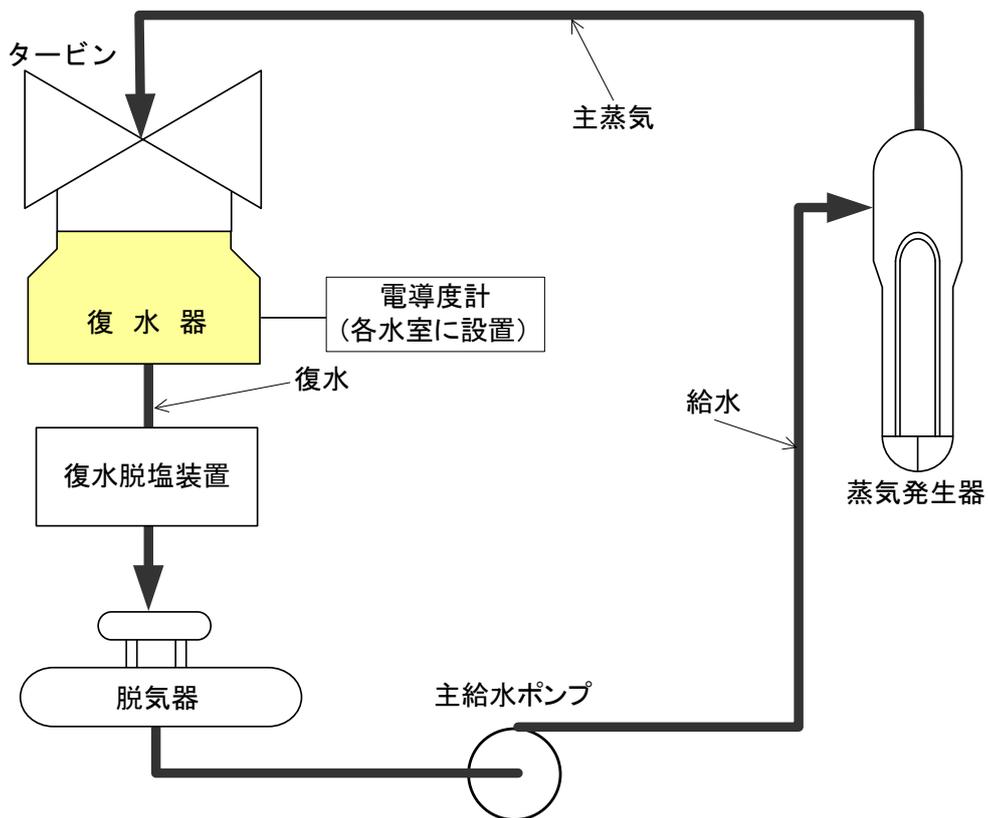
添付資料－ 6 復水器器内蒸気およびドレン流れ概要図

添付資料－ 7 チタン管ドロップレットエロージョンの推定メカニズム

伊方3号機 復水器まわり概略系統図

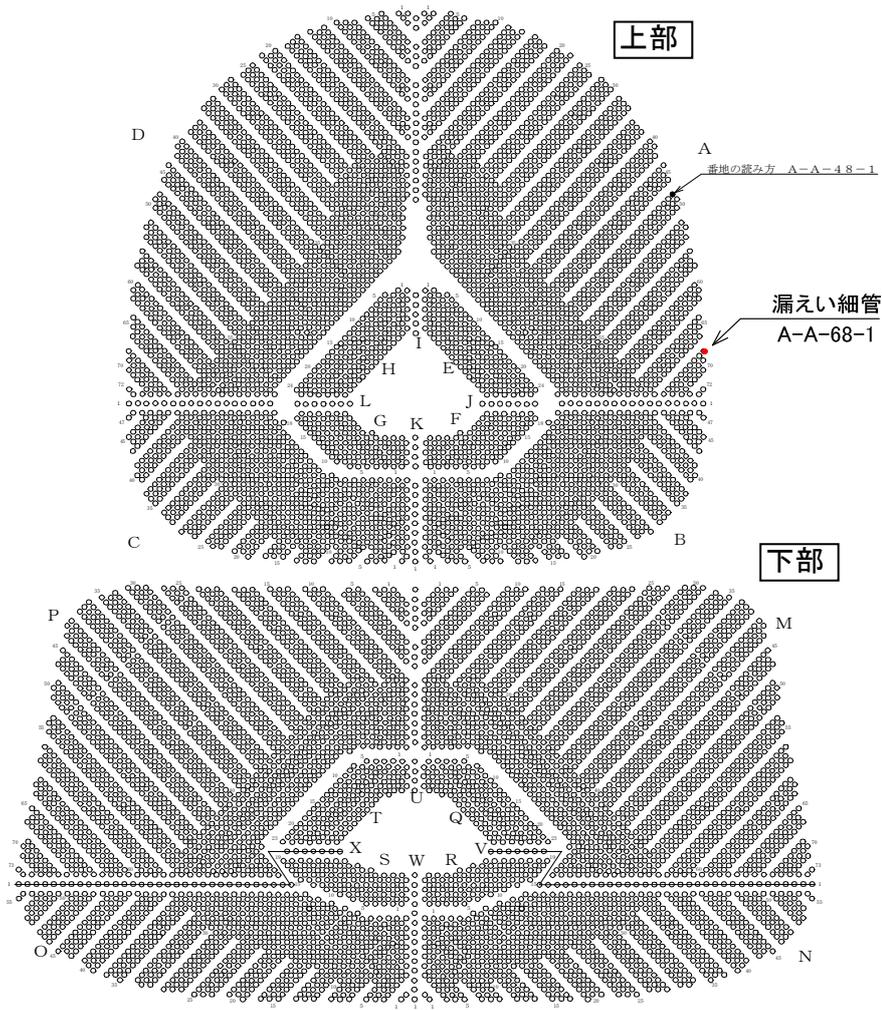


復水器まわり概略系統図(海水)

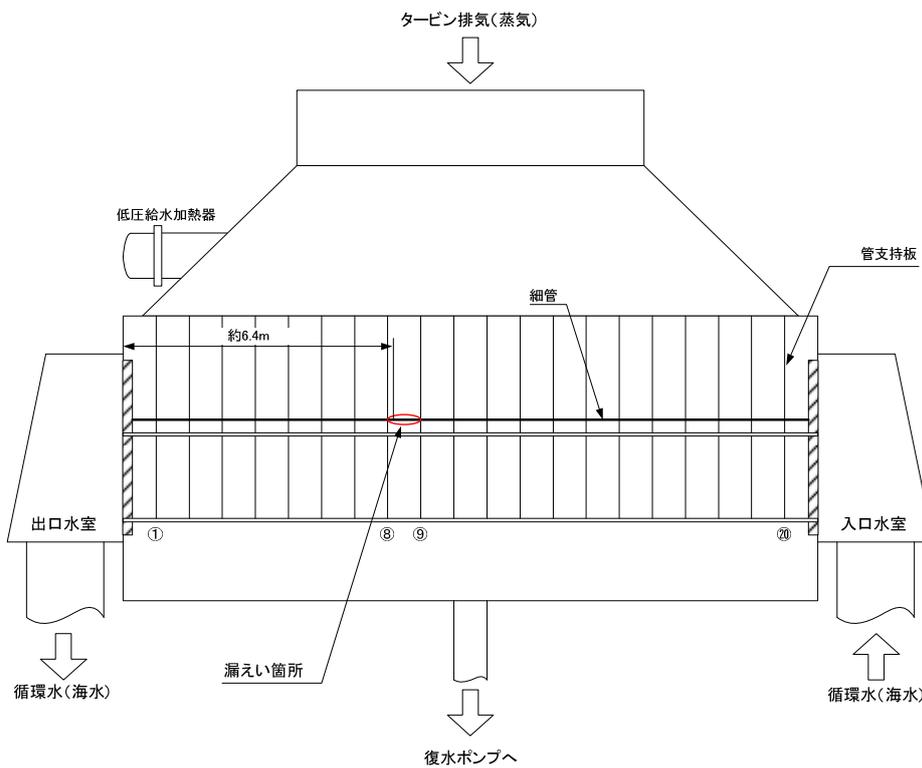


2次系概略系統図(純水)

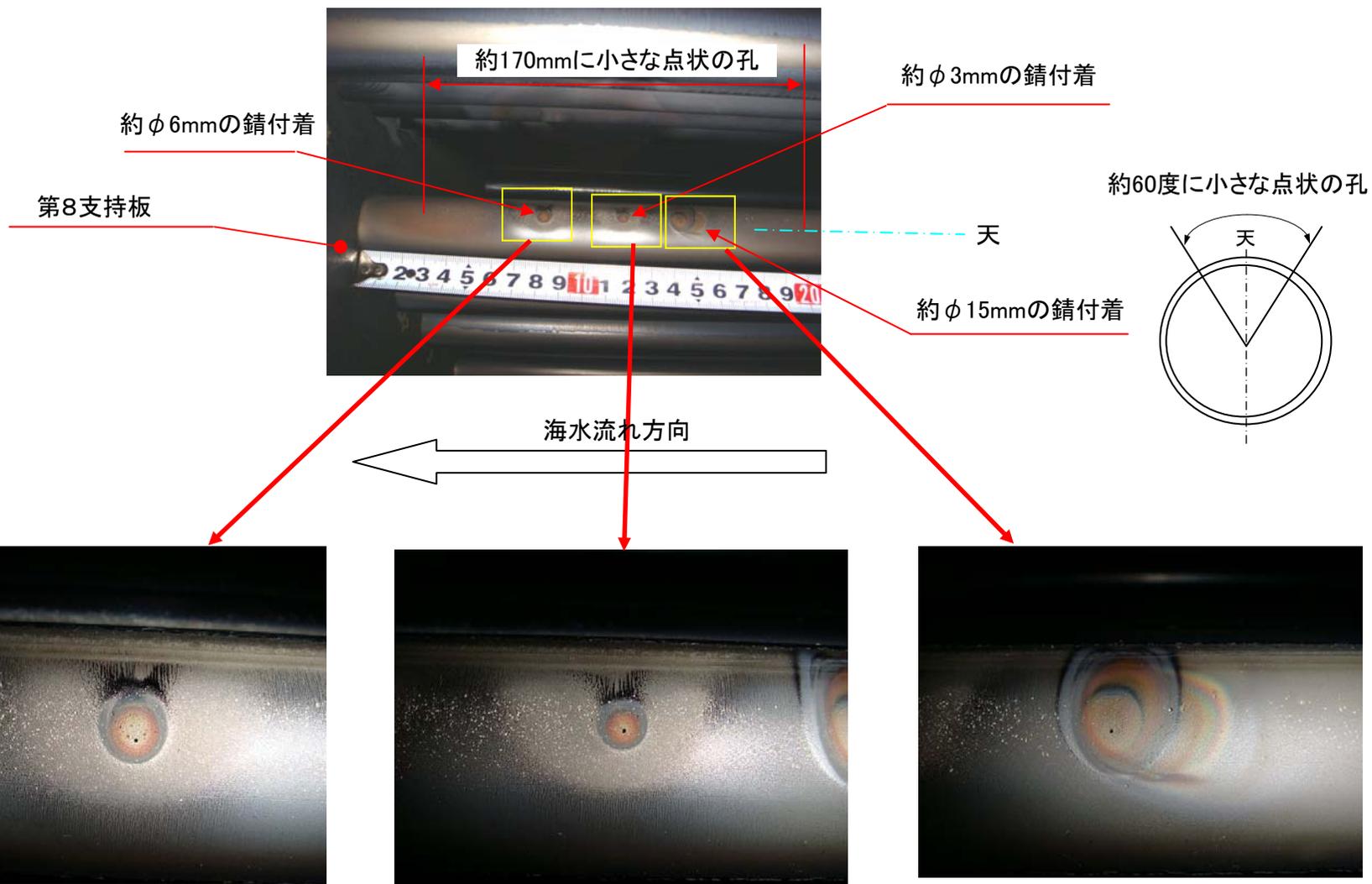
復水器水室3A漏えい箇所位置図



細管仕様	
外径	31.75 mm
厚さ	0.5 mm
	0.7 mm(外周部)
長さ	16,540 mm
本数	上部 4,938 本
	下部 5,414 本
材質	チタン



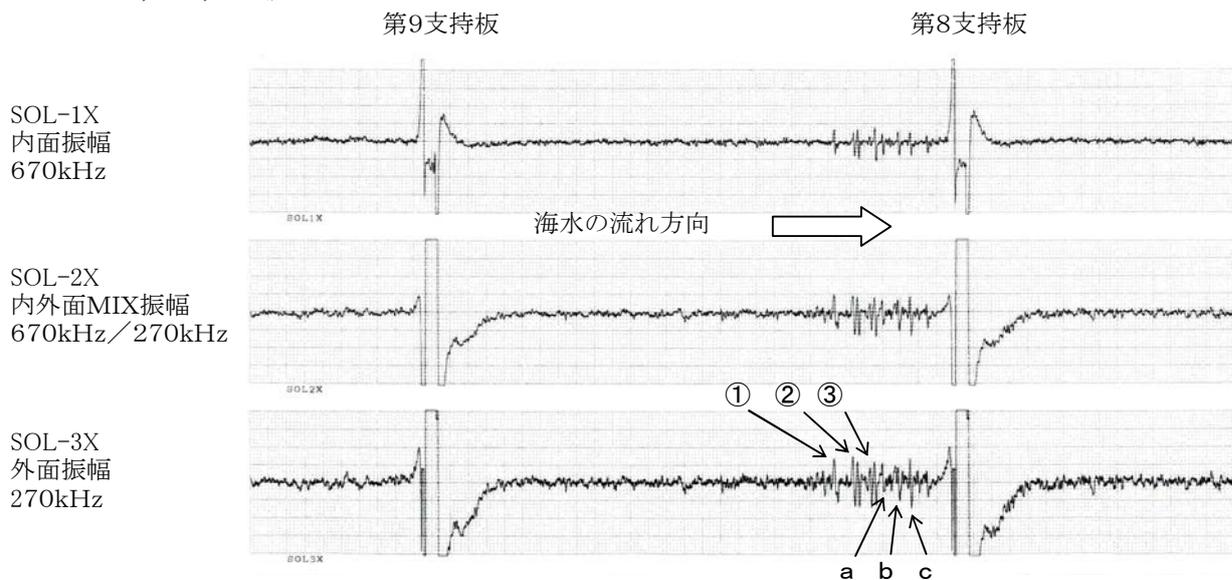
外観目視点検結果



漏えい細管の高感度ECT結果

・対象細管 : A-A-68-1

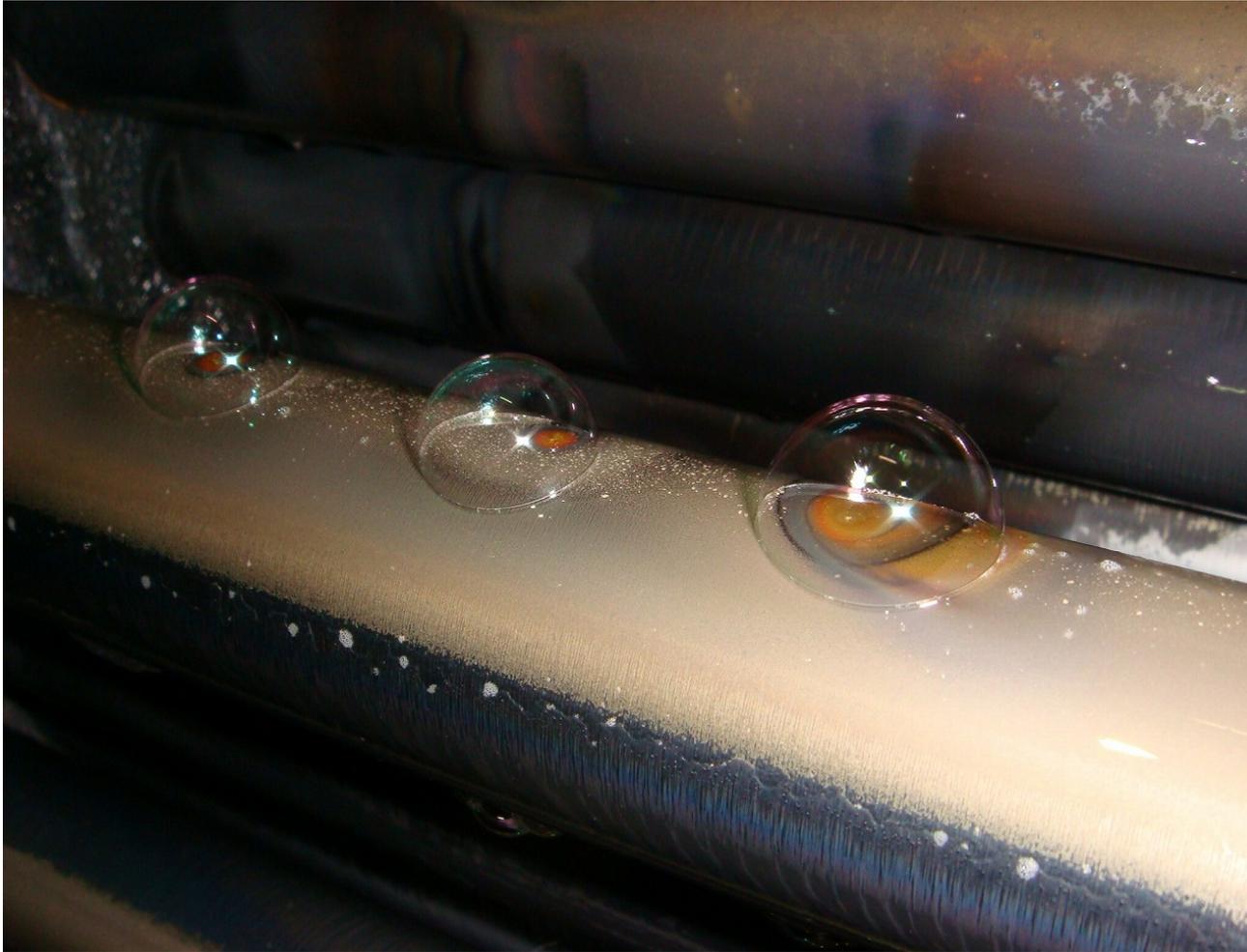
・SOL-1X, 2X, 3X波形



・測定結果の評価

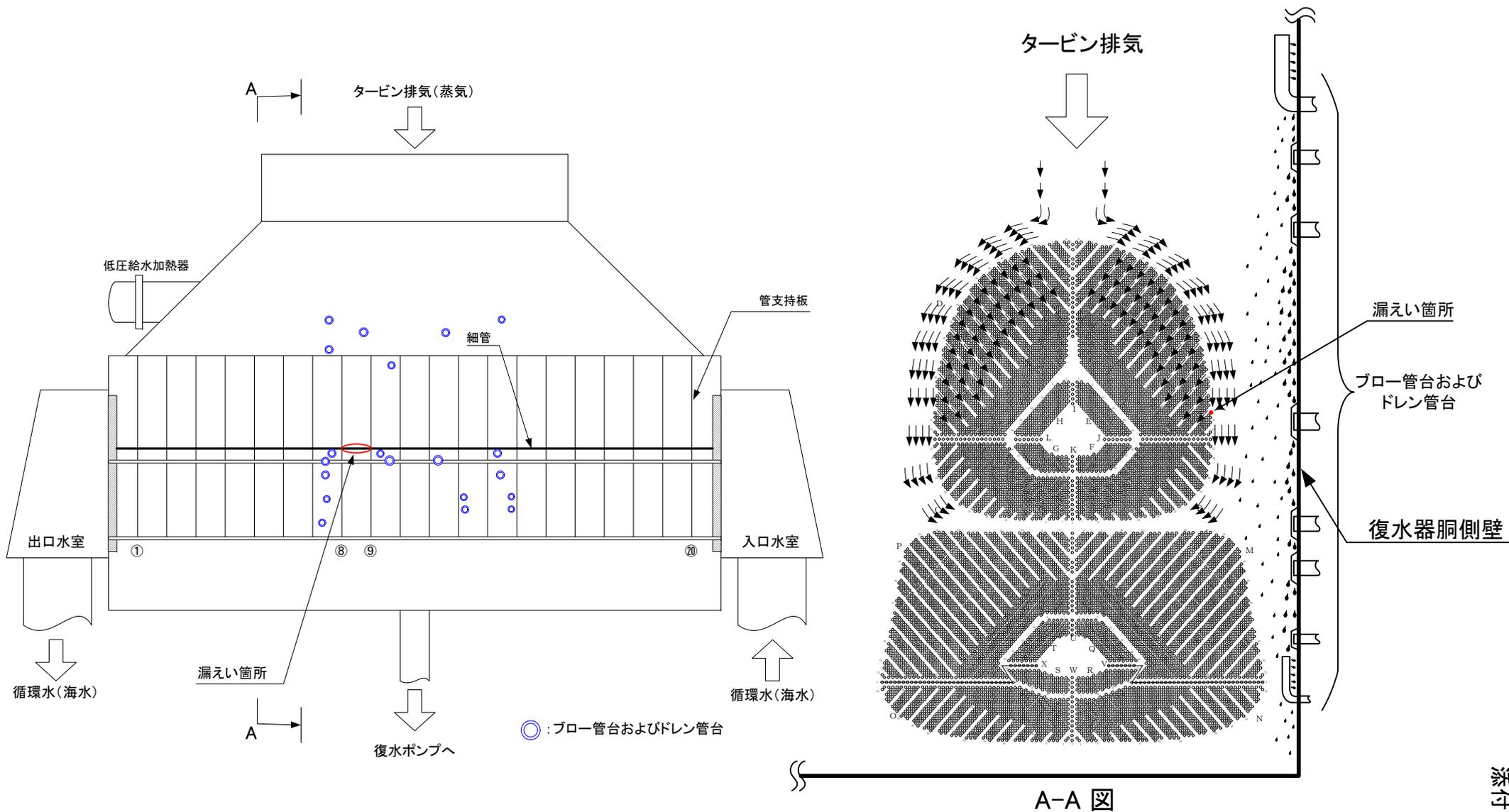
きずNo.	評価結果
①②③	振幅の大きさ及び位相解析の結果より、外面の方が大きいすり鉢状の貫通穴と推定される。
a	振幅の大きさ及び位相解析の結果より、減肉率55%程度の外面きずであるが、貫通はしていないと推定される。
b	振幅の大きさ及び位相解析の結果より、減肉率45%程度の外面きずであるが、貫通はしていないと推定される。
c	振幅の大きさ及び位相解析の結果より、減肉率75%程度の外面きずであるが、貫通はしていないと推定される。

加圧テスト結果



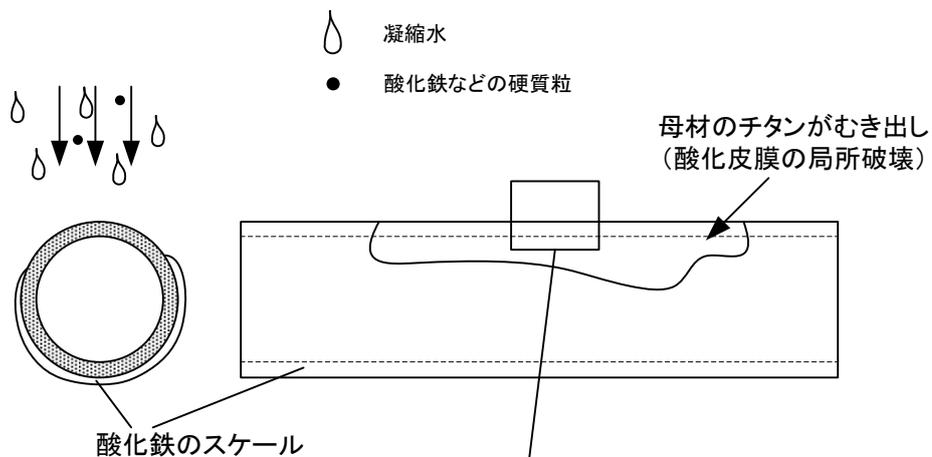
細管内を空気にて0.05MPaに加圧し、無数の小さな点状の孔箇所を発泡試験材を吹きかけたところ、錆が認められた3箇所とも空気の漏れが確認された。

復水器器内蒸気およびドレン流れ概要図

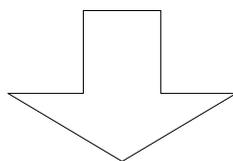
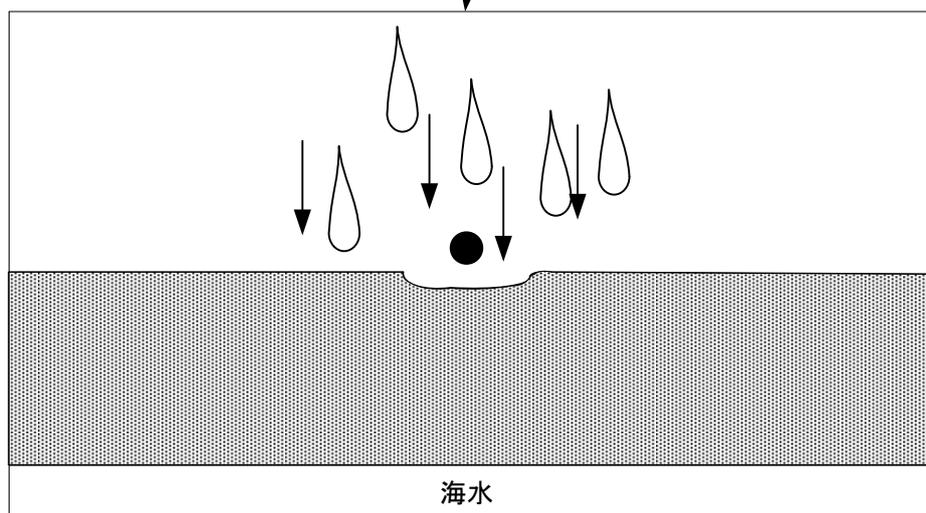


チタン管ドロップレットエロージョンの推定メカニズム

(1) 凝縮水および酸化鉄など、硬質粒の落下



(2) 繰返し衝突によるくぼみの生成



(3) 孔の成長

