

伊方発電所第 3 号機
海水電解装置の電解液注入配管からの水漏れについて

平成 3 0 年 1 月
四国電力株式会社

1. 件名

伊方発電所第3号機 海水電解装置の電解液注入配管からの水漏れについて

2. 事象発生の日時

平成29年5月2日 10時08分頃

3. 事象発生の設備

3号機 海水電解装置

4. 事象発生時の運転状況

3号機 通常運転中

5. 事象発生の状況

5月2日10時08分頃、伊方発電所3号機の海水淡水化装置建屋（管理区域外）にて、海水電解装置*1の電解液注入ライン配管から、次亜塩素酸ソーダ*2（塩素）を含む海水が漏れいしていることを運転員が確認した。そのため、当該電解液注入ラインを隔離し、同日10時10分に漏れいは停止した。

なお、漏れいした水の推定量は最大4m³で、全て建屋内の排水槽に回収されており、総合排水処理装置*3で処理した。

その後、当該配管を確認した結果、貫通穴（1箇所）があることを確認したため、5月8日11時24分、塩化ビニール配管にて応急復旧し、通水状態で漏れいのないことを確認した。

また、6月29日10時30分、新品配管に取り替えて復旧するとともに、通水状態で漏れいのないことを確認し、通常状態に復旧した。

なお、本事象によるプラントへの影響および周辺環境への放射能の影響はなかった。

（添付資料－1）

*1 海水電解装置

海水を電気分解して次亜塩素酸ソーダ（塩素）を発生させる装置

*2 次亜塩素酸ソーダ

海水システムの配管等に海水中の微生物が付着するのを防止するために、注入している薬品

*3 総合排水処理装置

発電所の管理区域外（タービン建屋、純水装置、総合事務所等）から排出される一般排水を浄化する設備

6. 事象の時系列

5月2日

10時08分頃 運転員が3号機海水淡水化装置建屋内で、海水電解装置電解液注入ライン配管からの漏れいを確認

10時10分 当該電解液注入ラインを隔離し、漏れいが停止

13時40分 海水電解装置を停止

（仮設配管にて応急復旧するため）

5月8日

11時24分 塩化ビニール配管にて応急復旧し、当該配管に通水し、漏えいがないことを確認

6月29日

10時30分 当該配管を新品に取り替えて通水し、漏えいのないことを確認し、通常状態に復旧

7. 調査結果

当該配管からの漏えい原因について、以下の調査を行い要因の検討を実施した。

(1) 配管仕様

当該配管(外径 約43mm、肉厚約3.5mm)の材質は、炭素鋼であり配管内面にゴムライニング*4 (計画厚さ4mm) が施工されている。

*4 ゴムライニング

水分や腐食性物質を含有する環境中に金属がさらされると、腐食が発生する。このため(炭素鋼)配管(内面)にゴムを接着させて金属を保護するもの

(2) 配管状況調査

a. 配管外表面観察

漏えい箇所に貫通穴(1箇所、直径 約2mm)が認められた。その他に腐食等の異常は認められなかった。

(添付資料-2 1.)

b. 配管内表面観察

貫通穴を確認した付近の配管を切り出し、内部を確認した結果、配管内面のゴムライニングが剥離しており、配管底部(地側)が減肉、腐食していることを確認した。

また、貫通穴を確認した上流の配管分岐部(T形管継手)付近に、茶褐色の固形物が付着していることを確認した。茶褐色の固形物をE PMA*5分析したところ、鉄、カルシウムを主成分とするスケール*6であることが判明した。分析結果からスケールは、海水電解処理の過程で海水中に含まれるカルシウムイオンにより生成したものと炭素鋼配管の腐食により発生したものと推察される。

(添付資料-2 2.)

*5 E PMA (電子線マイクロアナライザ)

電子線を対象物に照射することにより発生する特性X線の波長と強度から構成元素を分析する装置

*6 スケール

水等に含まれるカルシウムやマグネシウムなどの化合物が設備に付着したもの

(3) 設置状況の調査

当該配管の近傍に設置してある、配管支持構造物は適正に設置されていた。

また、当該配管の近傍に設置してある、電解液注入ポンプ運転時の振動値に異常はなかった。

(4) 使用状況の調査

当該配管は、平成6年12月より次亜塩素酸ソーダを軸受冷却水用海水管へ連続的に注入するため通水していた。

なお、プラントの点検等で軸受冷却水用海水管に海水の通水を停止している時には、通水していなかった。

また、当該箇所は他の電解液注入ラインに比べ、配管口径および次亜塩素酸ソーダ（塩素）を含む海水の注入流量から、配管内流速が速い状態であった。

(添付資料-3)

(5) 保守状況の調査

a. 巡視点検

当該配管は、保修員による目視点検を1回/週の頻度で実施しており、至近では平成29年4月27日に実施し、漏えい等は確認されていなかった。

b. 当該配管の保全

海水電解装置の電解槽廻りの全ての配管および電解液注入ライン配管の代表箇所（配管内でエロージョン*7が発生すると考えられる、配管曲がり部および配管分岐部のうち16箇所）については、1回/12ヶ月の頻度にて配管内部の目視点検および配管内面のゴムライニング厚さ測定を実施し、設備の劣化状況を確認している。

なお、当該箇所は配管分岐部ではあるが、分岐至近で閉止フランジにより流れがない状態であったため、代表箇所には選定していなかった。

当該配管については、代表箇所の状況を踏まえ、適切な保全を実施することとしており、代表箇所において健全性が確認されていたことから、平成6年12月に設置して以降、配管の取り替えは実施していなかった。

(添付資料-4)

*7 エロージョン

固体材料（配管内面ライニング）が流体（次亜塩素酸ソーダを含む海水）からの動的な機械作用（偏流）を受けて、材料表面（配管内面ライニング他）から物質（配管ライニング材他）が除去されていく現象

(6) 類似箇所の調査

本設備で次亜塩素酸ソーダを含む海水を注入している配管の内部状況について調査（12箇所）した結果、貫通穴を確認した上流の配管分岐部と類似構造（T形管継手）の箇所（当該箇所以外の全2箇所のうち1箇所）にて、配管内面ライニングの厚さが、配管取り替え計画基準厚さ（ライニング計画厚さの二分の一）を超えて減肉していることを確認した。

なお、上記以外の箇所については、配管内面ライニングの減肉が確認できるものの、配管取り替え計画基準厚さを超えるものではなかった。

また、配管内面への付着物等も認められなかった。

(添付資料-4,5)

8. 推定原因

調査結果から、当該箇所は他の電解液注入ラインに比べ配管内流速が速い状態であったことから、貫通穴を確認した上流の配管分岐部付近で流れの乱れが生じ、海水電解処理の過程で海水中に含まれるカルシウムイオンにより生成したスケールが同部に付着し、スケール付着により更に流れが乱れたことにより偏流が大きくなったと推察される。

次亜塩素酸ソーダを含む海水の偏流によりエロージョンが発生し、配管内面ライニングの減肉および剥離が発生した結果、炭素鋼配管が配管内の次亜塩素酸ソーダを含む海水により腐食して貫通穴となり漏えいに至ったものと推定される。

(添付資料－6)

9. 対策

(1) 配管分岐部（T形管継手）の箇所は、当初、配管内の洗浄を実施する目的で設置していたが、その後、配管内の洗浄手順を見直したことにより同箇所を使用していないことから、当該配管をエロージョンが発生する恐れのない直管（分岐管のないもの）に変更し、新品に取り替えた。

(2) 上記（1）と同様に配管分岐部（T形管継手）と類似構造の箇所（2箇所）は、エロージョンが発生する恐れのない直管（分岐管のないもの）に変更し取り替えた。

(3) 当該箇所および配管分岐部（T形管継手）と類似構造の箇所以外に、海水電解装置電解液注入配管の配管内面ライニングに減肉を確認したことから、定期的に配管内部の目視点検および配管内面のゴムライニング厚さ測定を実施していない箇所について念のため、今後2年を目処に内部流体によるエロージョンに対し耐性が高い、ポリエチレン粉体ライニング管*⁸に取り替えを実施する。（対象配管長 約135m）

なお、伊方1,2号機の海水電解装置電解液注入ライン配管は、ゴムライニングに比べ、内部流体によるエロージョンに対し耐性が高い、塩化ビニールライニング管*⁹であるため配管の取り替えの必要はないと考えるが、念のため今後は、1回/24ヶ月の頻度にて電解液注入ライン配管の代表箇所にて行っていた配管内部の目視点検時に、ライニング厚さの測定を行い劣化状況の確認を行うこととし、作業要領書を改正する。

(添付資料－7)

* 8 ポリエチレン粉体ライニング管

配管内面に耐久性、耐薬品性に優れたポリエチレンを施工した管

* 9 塩化ビニールライニング管

配管内面に耐久性、耐薬品性に優れた塩化ビニールを施工した管

(4) 上記（3）のポリエチレン粉体ライニング管に取り替えが完了するまでの間、1回/12ヶ月の頻度にて配管内部の目視点検および配管内面のゴムライニング厚さ測定を実施する箇所を16箇所から22箇所に変更し、設備の劣化状況の確認を行うこととし、作業要領書を改正する。なお、ポリエチレン粉体ライニング管に取り替え完了

後の点検頻度及び点検箇所については、今後の点検結果を踏まえて決定する。

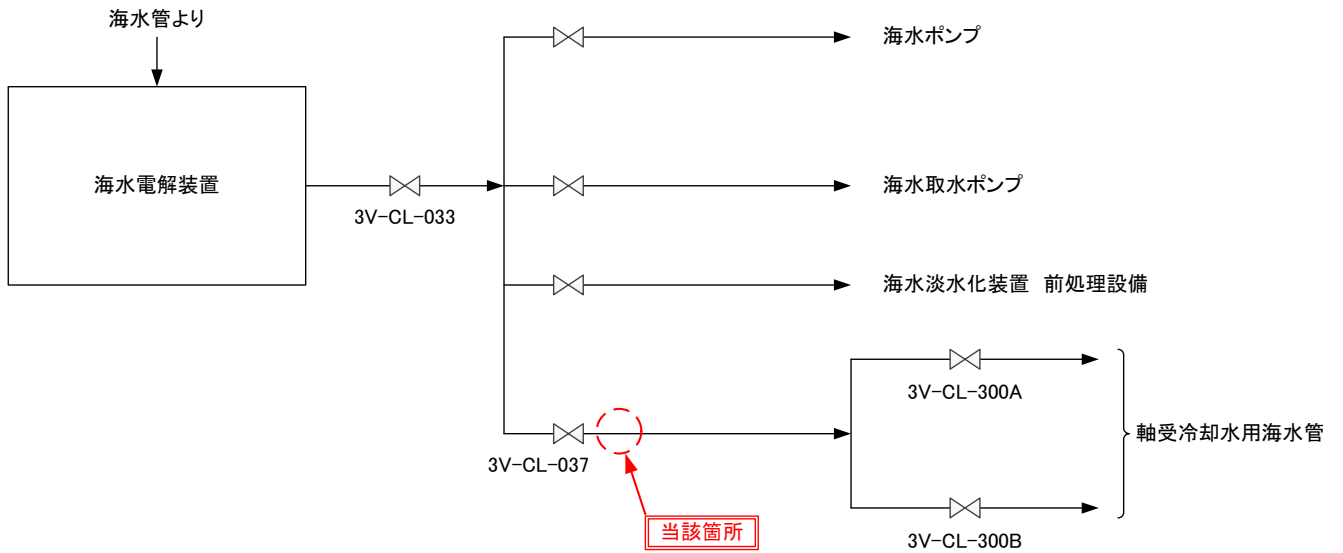
(添付資料－8)

以 上

添 付 資 料

- 添付資料－ 1 伊方発電所 3 号機 海水電解装置概略系統図
- 添付資料－ 2 配管状況調査結果
- 添付資料－ 3 電解液注入ライン配管注入流量
- 添付資料－ 4 海水電解装置 保全系統および調査箇所
- 添付資料－ 5 類似箇所の調査結果
- 添付資料－ 6 損傷推定メカニズム
- 添付資料－ 7 対策箇所
- 添付資料－ 8 電解液注入ライン配管 保全箇所

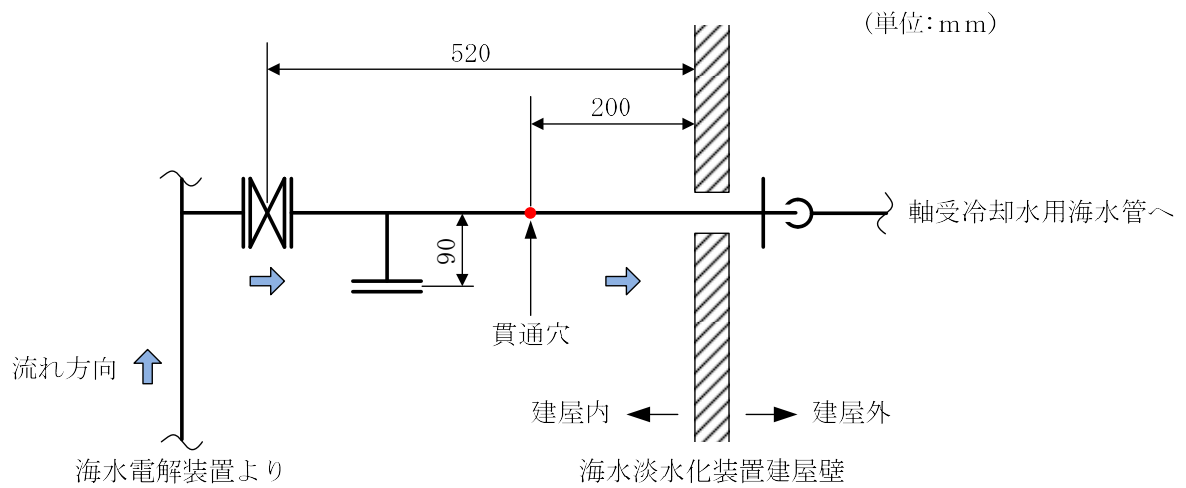
伊方発電所 3号機 海水電解装置概略系統図



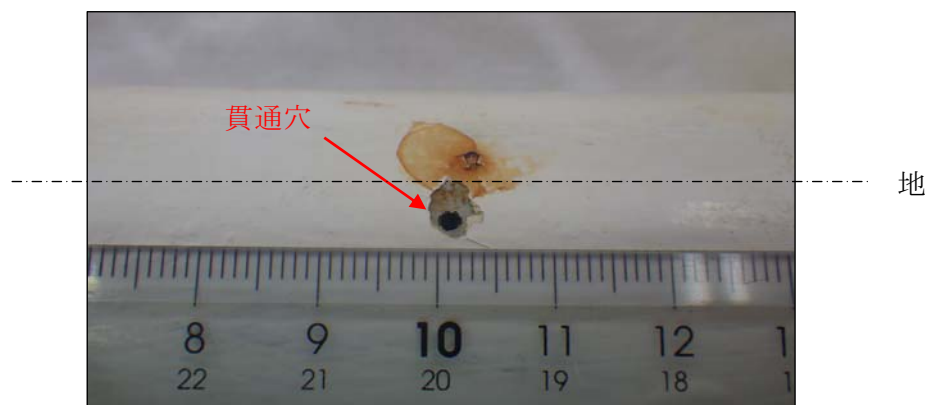
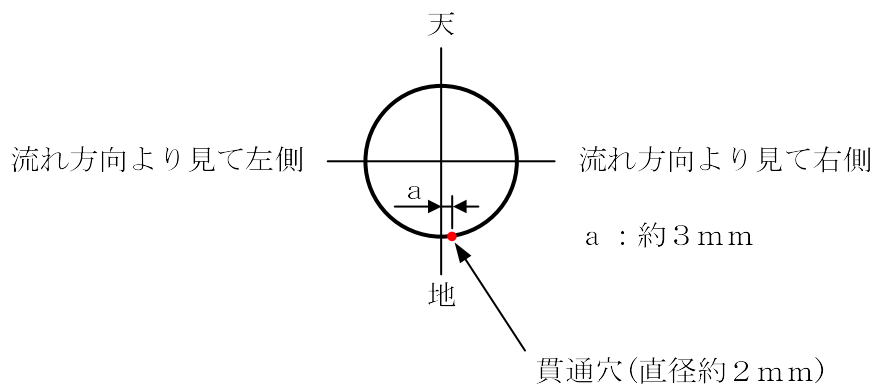
配管状況調査結果

1. 配管外表面

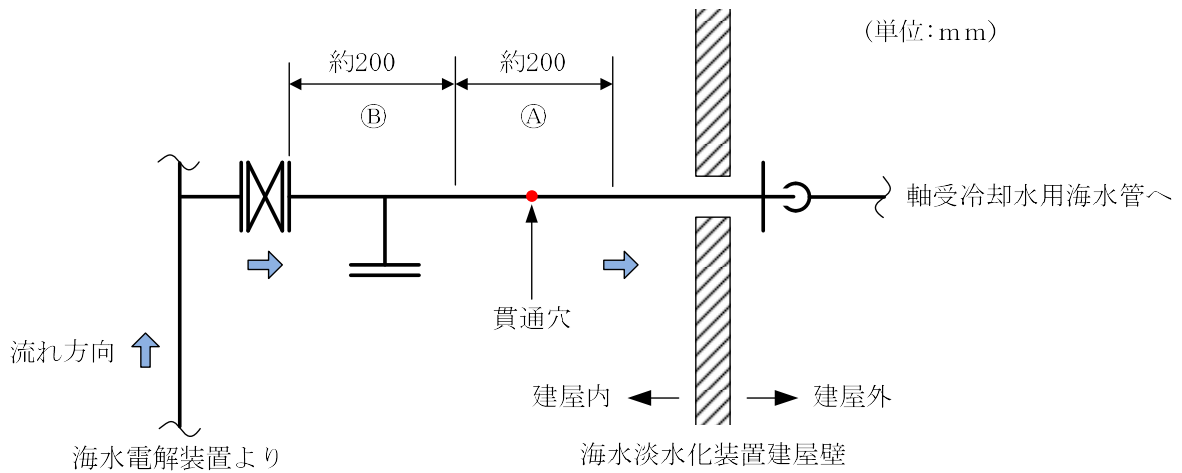
a. 貫通穴位置 (平面)



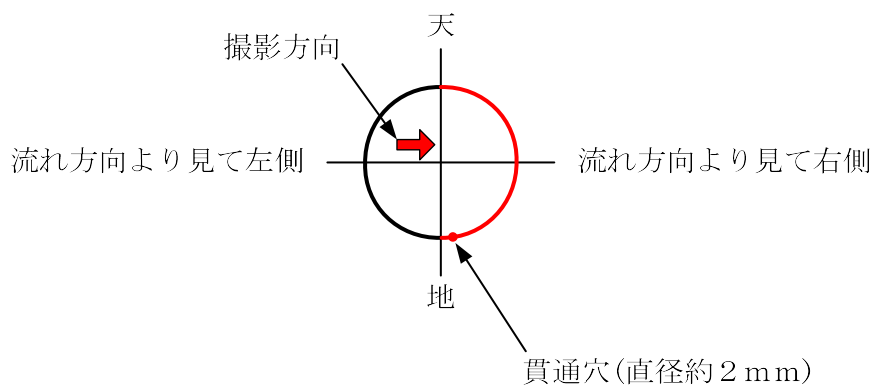
b. 貫通穴位置 (配管断面)



2. 配管内表面

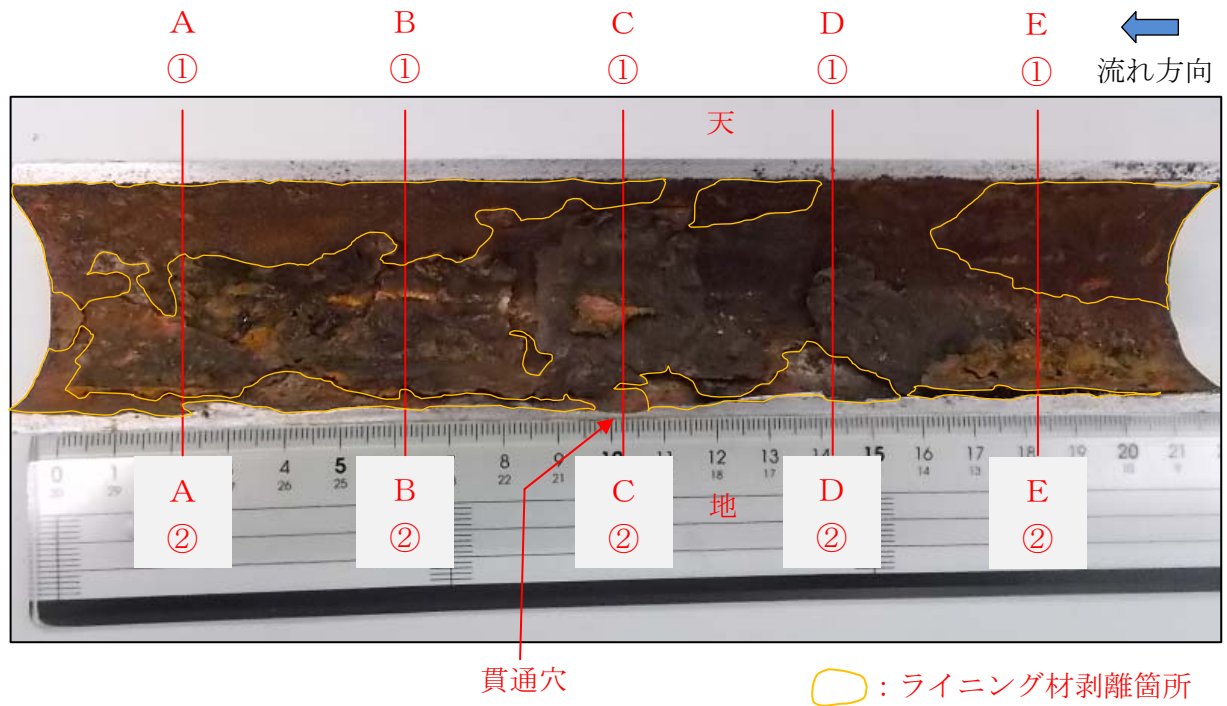


a. ①部配管内表面



流れ方向から見て右側配管内表面

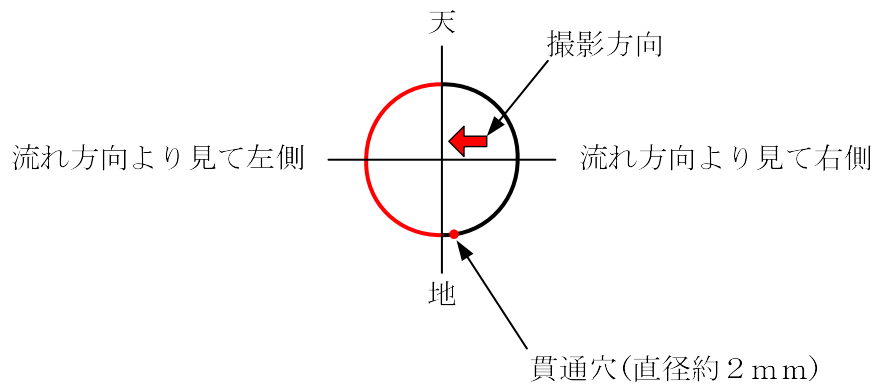
a. ①部配管内表面
ゴムライニングおよび配管厚さ



測定箇所		A(80) *1		B(40) *1		C(0) *1		D(-40) *1		E(-80) *1	
		①	②	①	②	①	②	①	②	①	②
厚さ (mm)	ライニング *3	—*2	—*2	—*2	—*2	—*2	—*2	0.8	—*2	—*2	—*2
	配管 *4	3.6	2.7	3.9	2.7	3.6	0.9	3.5	2.5	3.7	3.4

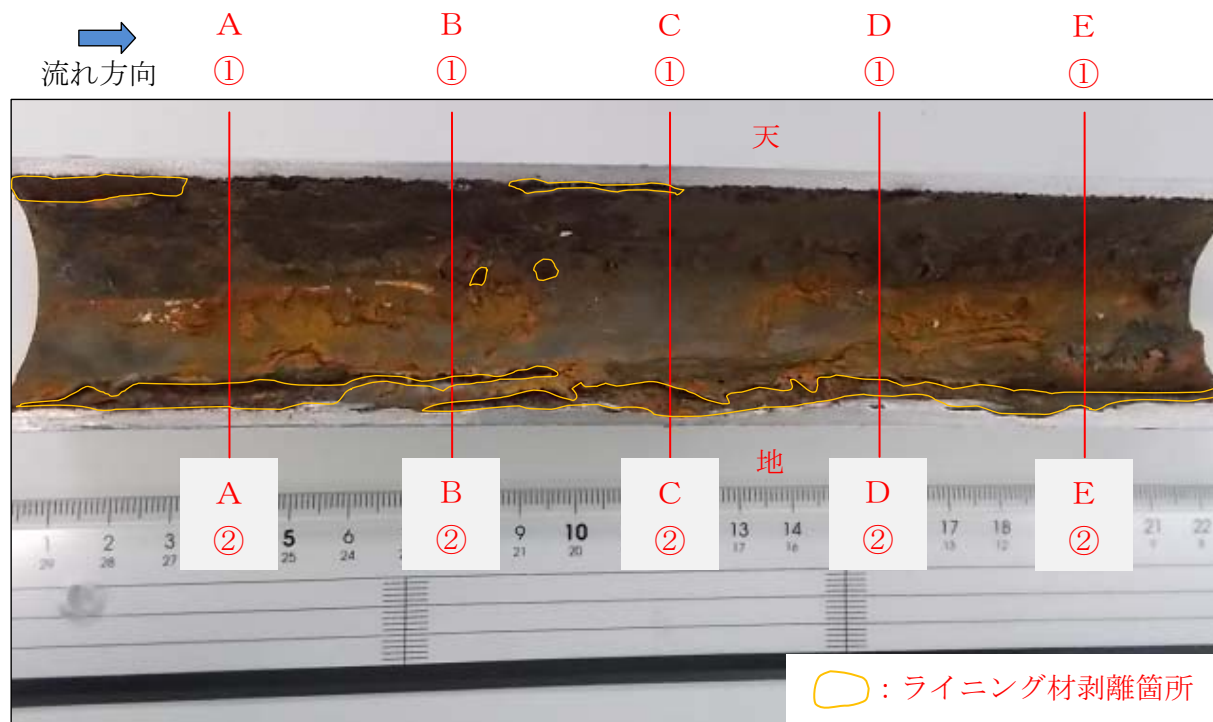
- * 1 ()内の数値は、貫通穴箇所(C)からの距離 (単位：mm)
流れ方向下流は、”+”、上流は、”-”と表示
- * 2 ライニングはなく(または剥離)、配管の地金が確認できる状態
- * 3 ゴムライニング計画厚さ：4 mm
- * 4 配管計画厚さ：3.5 mm

a. ㊤部配管内表面



流れ方向から見て左側配管内表面

a. ④部配管内表面
ゴムライニングおよび配管厚さ

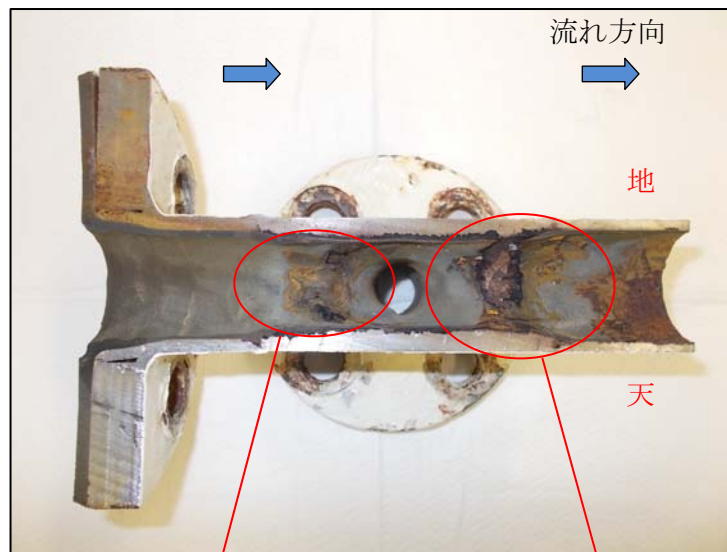
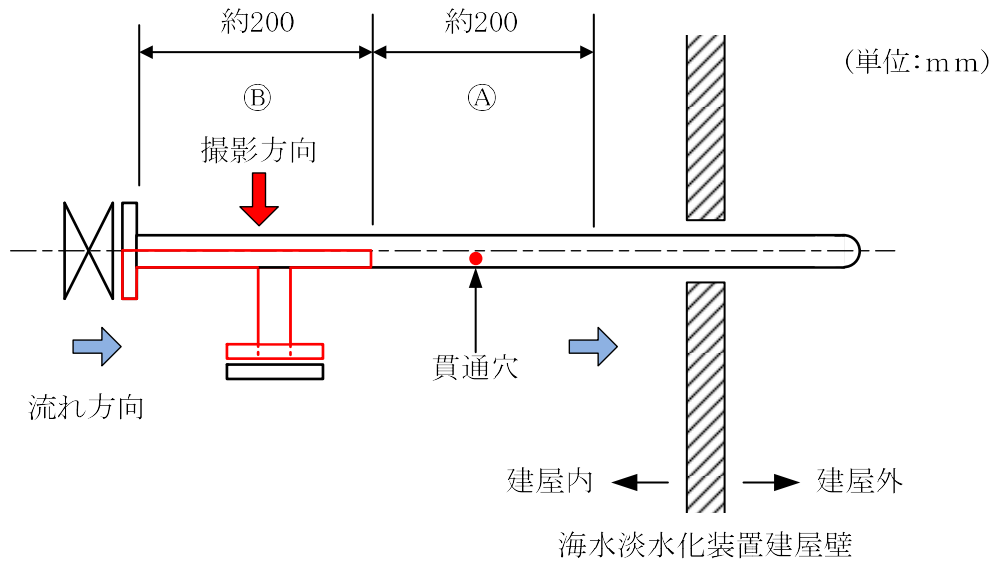


測定箇所		A(-80) *1		B(-40) *1		C(0) *1		D(40) *1		E(80) *1	
		①	②	①	②	①	②	①	②	①	②
厚さ (mm)	ライニング *3	1.1	—*2	0.7	—*2	—*2	—*2	0.5	—*2	0.5	—*2
	配管 *4	3.4	3.0	3.6	2.5	3.9	1.3	3.6	3.1	3.8	2.8

- * 1 ()内の数値は、貫通穴箇所(C)からの距離 (単位：mm)
流れ方向下流は、「+」、上流は、「-」と表示
- * 2 ライニングはなく(または剥離)、配管の地金が確認できる状態
- * 3 ゴムライニング計画厚さ：4 mm
- * 4 配管計画厚さ：3.5 mm

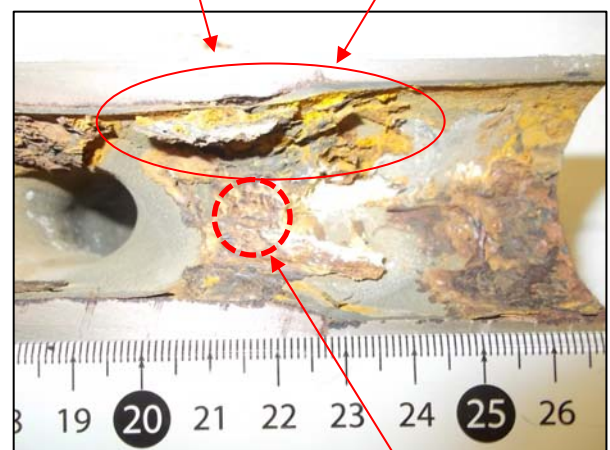
b. ㊸部配管内表面

(a) 固形付着物



茶褐色の固形物

茶褐色の固形物

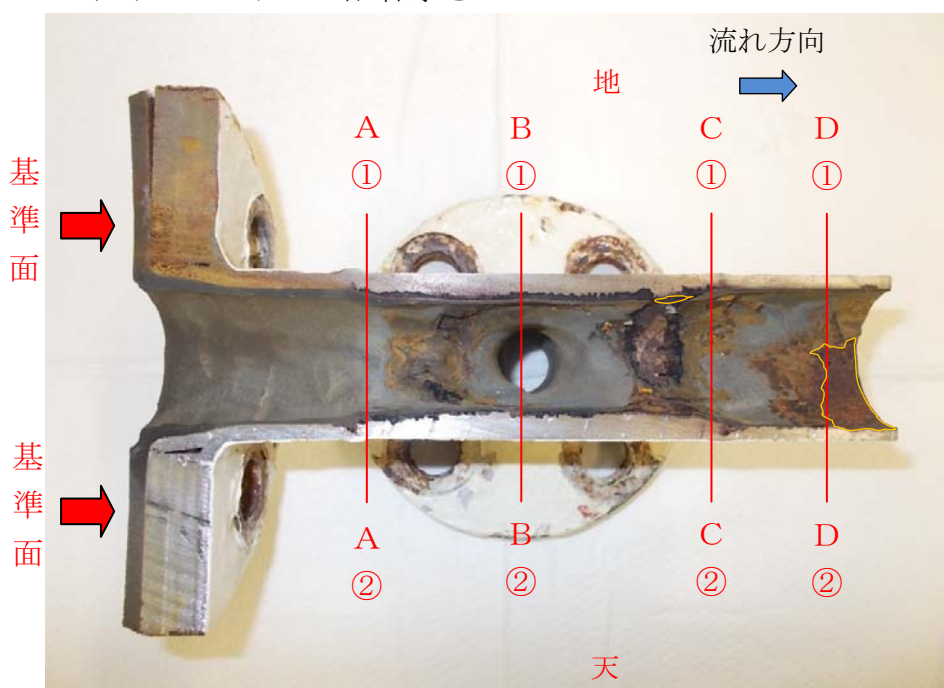


付着物組成
調査箇所

付着物組成 (E PMA定性分析結果)

元素	C	O	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ca	Mn	Fe
wt%	2	39	<1	2	<1	<1	<1	1	2	7	4	42

(b) ゴムライニングおよび配管厚さ



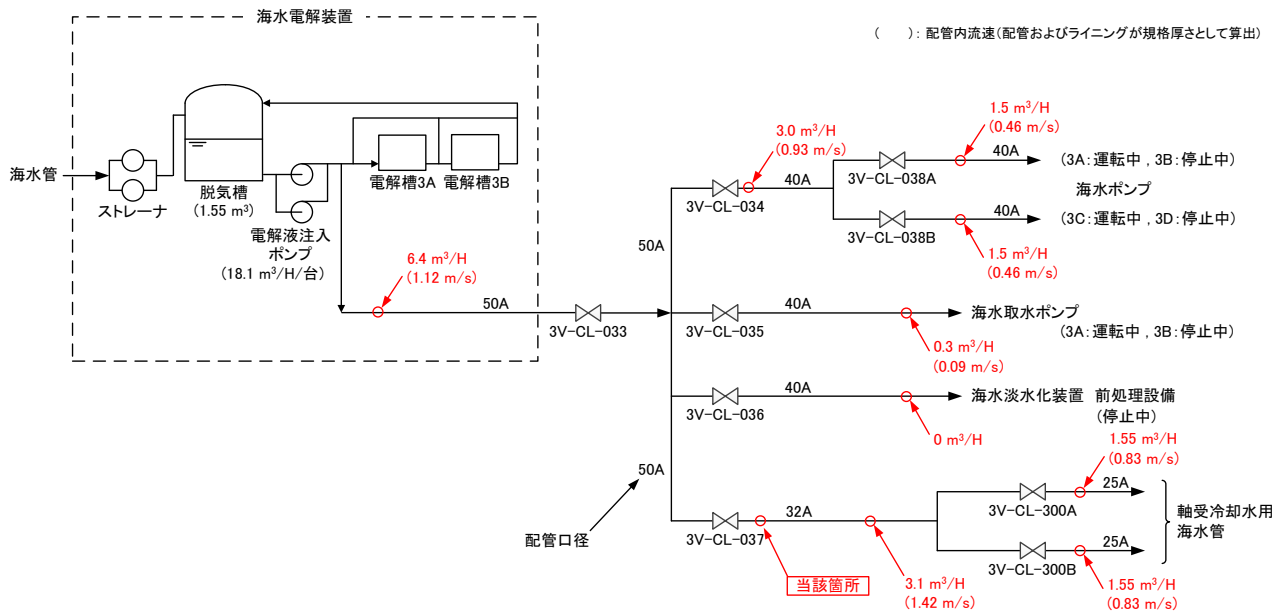
○ : ライニング材剥離箇所

測定箇所		A(60) *1		B(100) *1		C(150) *1		D(180) *1	
		①	②	①	②	①	②	①	②
厚さ (mm)	ライニング*3	2.8	2.7	1.0	1.4	2.2	1.7	*6 0.8	—*2
	配管*4	6.3	6.0	7.0	7.2	4.2	5.0	*5 2.9	3.6

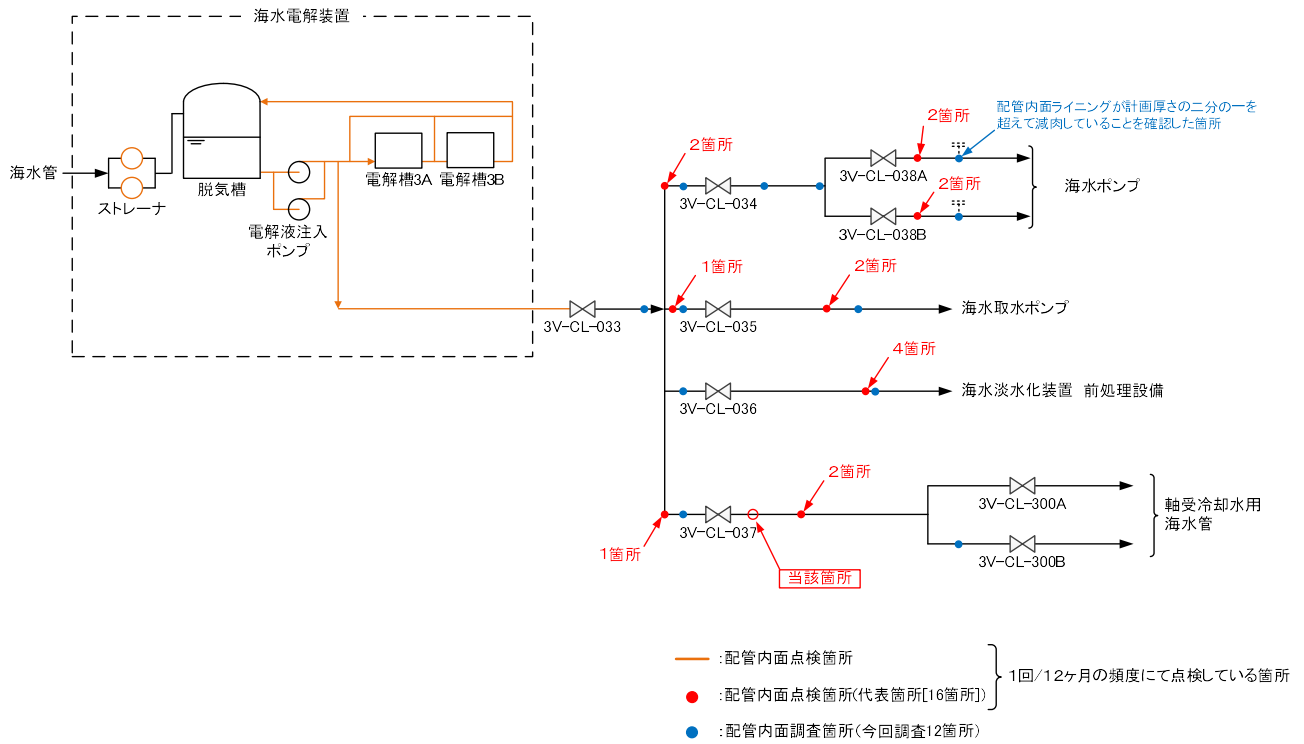
- * 1 ()内の数値は、基準面からの距離 (単位 : mm)
- * 2 ライニングはなく、配管の地金が確認できる状態
- * 3 ゴムライニング計画厚さ : 4 mm
- * 4 配管計画厚さ : 3.5 mm
- * 5 次亜塩素酸ソーダを含む海水により腐食し減肉
- * 6 ライニング材は残存しているが、配管から浮いた状態

電解液注入ライン配管注入流量

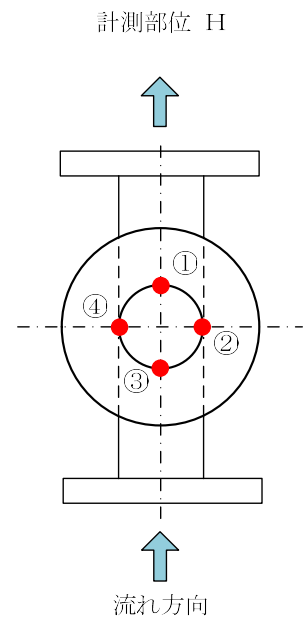
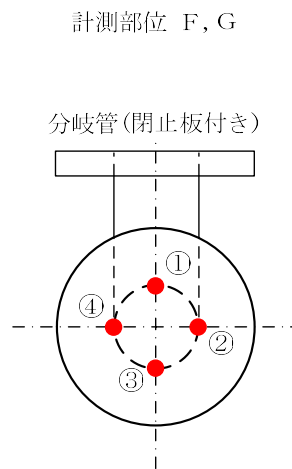
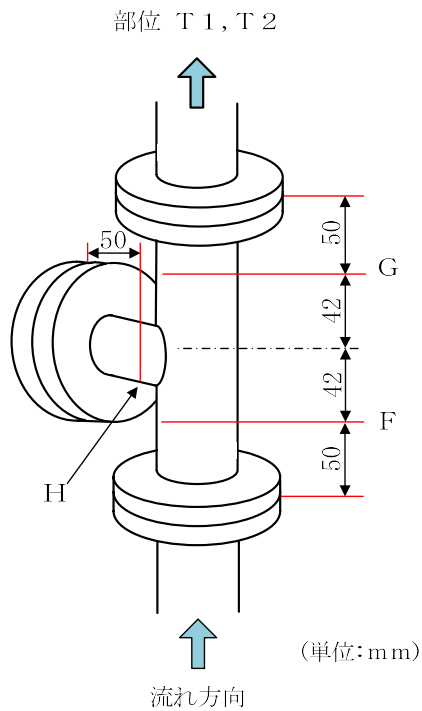
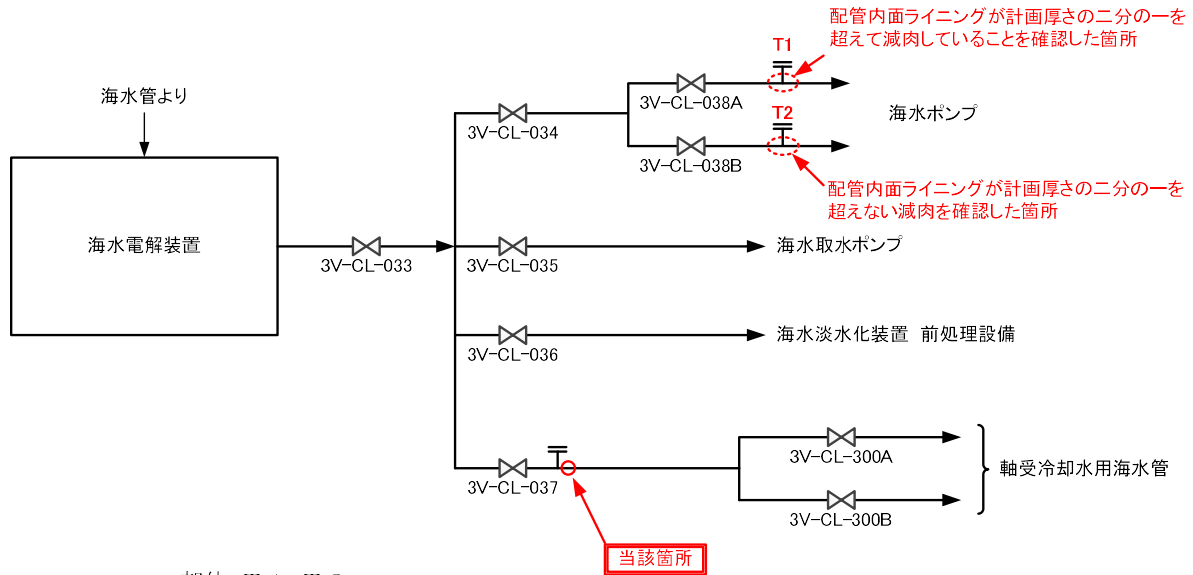
事象発生当時の注入流量



海水電解装置 保全系統および調査箇所



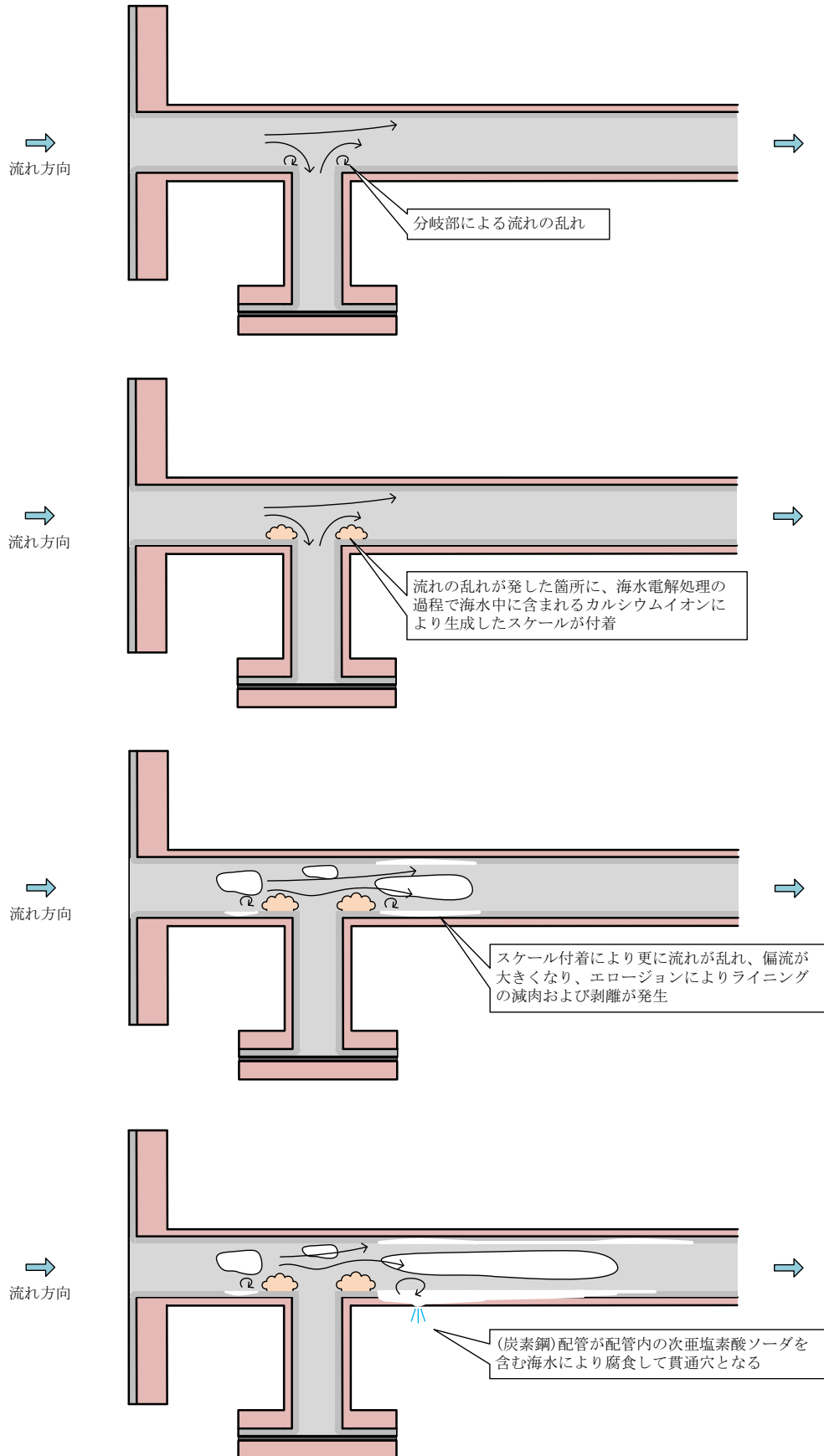
類似箇所の調査結果



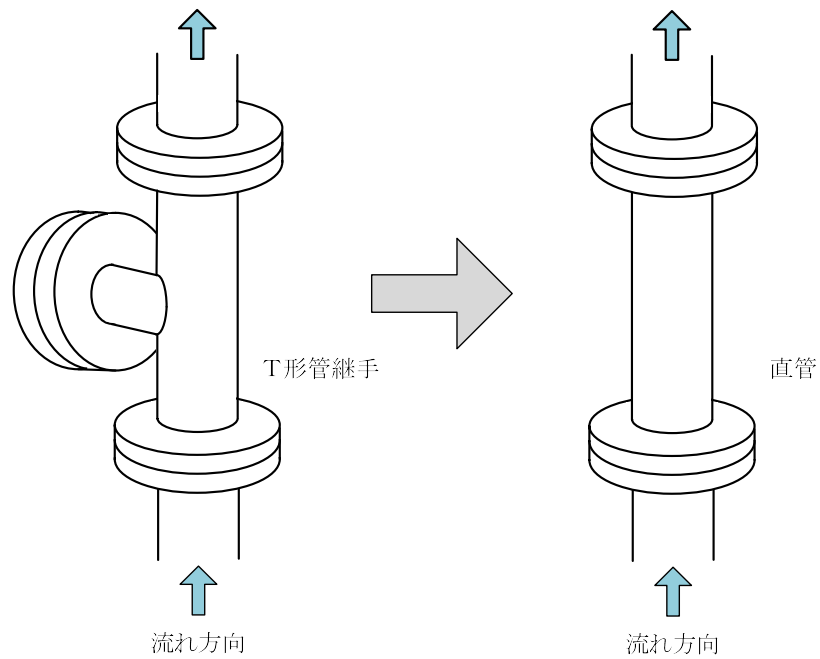
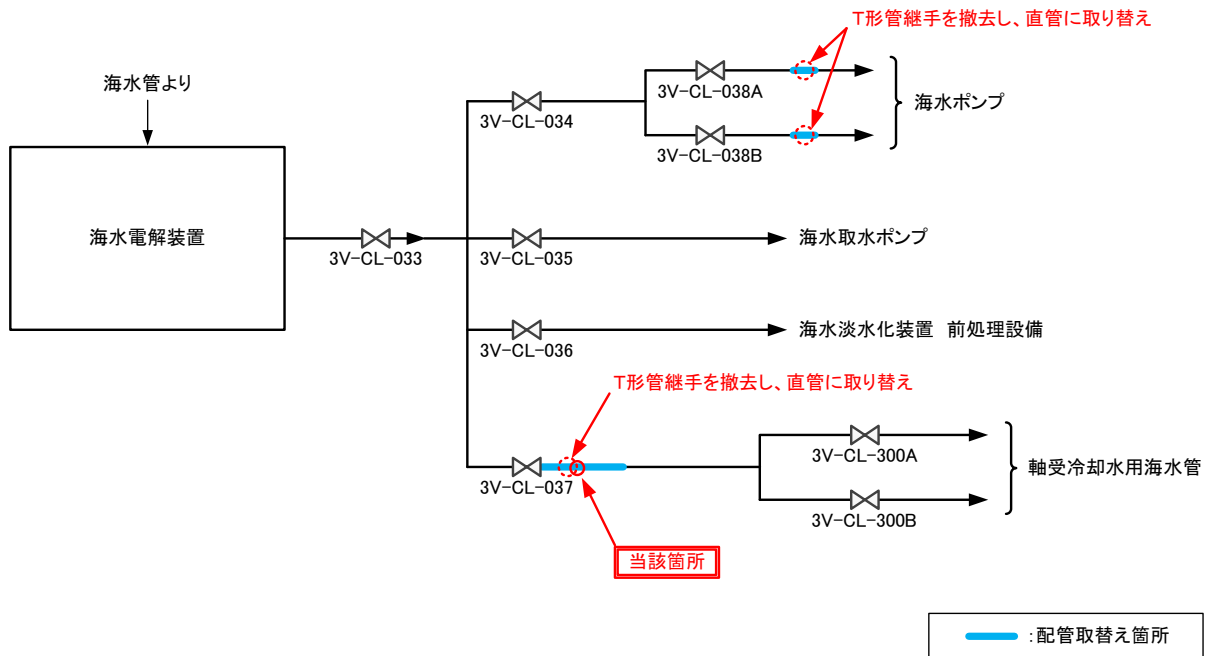
測定箇所		F				G				H			
		①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④
ライニング厚さ (mm)	T1	1.2	1.3	1.3	1.1	1.1	1.4	1.5	1.1	1.6	2.3	2.4	1.7
	T2	2.8	2.8	2.8	2.6	2.6	2.8	2.4	2.4	3.8	2.6	2.8	2.8

ゴムライニング計画厚さ：4 mm

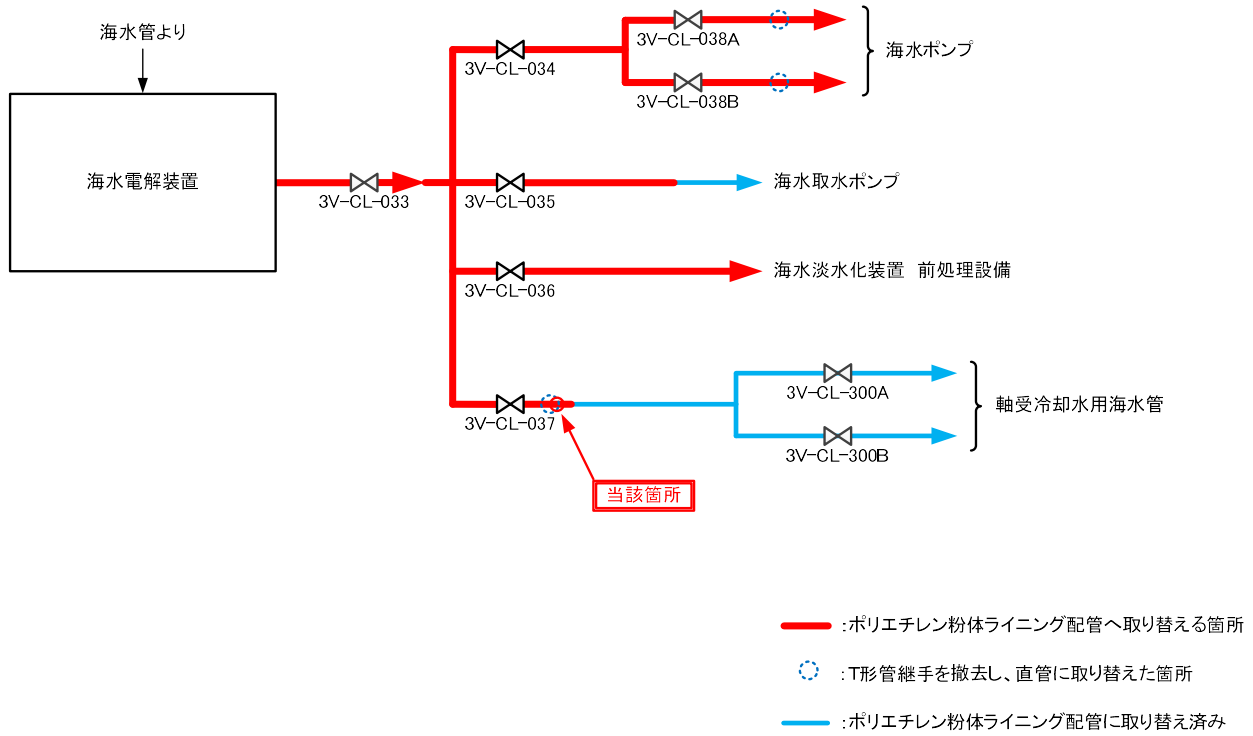
損傷推定メカニズム



対策箇所（管継手変更箇所）



対策箇所（配管取り替え範囲系統図）



電解液注入ライン配管 保全箇所

