

原子力発第03153号
平成15年11月7日

愛媛県知事
加戸守行 殿

四国電力株式会社
取締役社長 大西 淳

伊方発電所雑固体焼却設備袋詰装置油圧ユニットからの
オイル漏れ他2件にかかる報告書の提出について

平成15年9月に発生しました伊方発電所雑固体焼却設備袋詰装置油圧ユニットからのオイル漏れ他1件、平成15年8月22日に発生しました伊方発電所第2号機補助蒸気配管からの漏えいにつきまして、その後の調査結果がまとまりましたので、安全協定第10条第4項及び安全協定第11条第2項に基づき、別添のとおり報告いたします。

今後とも伊方発電所の安全・安定運転に取り組んでまいりますので、ご指導賜りますようお願い申し上げます。

以上

伊方発電所第3号機
余熱除去系統配管のひびについて

平成15年11月
四国電力株式会社

1. 件名

伊方発電所第3号機 余熱除去系統配管のひびについて

2. 事象発生の日時

平成15年 9月24日 10時30分頃(確認)

3. 事象発生の設備

余熱除去設備 余熱除去系統配管

4. 事象発生時の運転状況

第7回定期検査中(平成15年 9月19日より)

5. 事象の概要

伊方発電所第3号機第7回定期検査にて、平成12年10月13日に伊方1号機で発生した充てん配管耐圧検査中の漏えい事象に係るトラブルの対応として配管の付着物調査を実施していたところ、余熱除去系統配管4箇所にてテープとみられる付着物を発見した。

当該箇所の液体浸透探傷検査(以下、「PT」という)を実施したところ、9月24日10時30分頃に1箇所に有意な指示を確認した。その後、上記以外で確認された同系統配管のテープ付着箇所3箇所についてPTを実施した結果、1箇所にて微小な点状指示を確認した。

なお、本事象による環境への放射能の影響はなかった。(添付資料-1)

6. 調査結果

(1) 表面拡大観察および研削手入れ

有意な指示を確認した1箇所()については、表面拡大観察の結果、枝分かれした割れが認められており、切断して詳細調査を実施することとした。また、点状指示を確認した1箇所()については、研削手入れの結果、点状指示は消えた。

(添付資料-2)

(2) ひびの詳細調査

有意な指示を確認した 1 箇所について、ひびの状況を調査した結果、以下のことが確認された。

- ・ 配管内面からの P T の結果、有意な指示は認められなかった。
(添付資料 - 3)
- ・ 断面ミクロ観察および破面観察の結果、ひびの深さは最大のもので配管内表面から 6 . 1 mm のところまで進展していたが、計算上の必要厚さの 5 . 4 mm は満足しており、強度上問題となるものではなかった。また、母材のひびの形態は粒内割れであり、樹枝状の微小な分岐が多く認められ、塩化物応力腐食割れの特徴を示していた。
(添付資料 - 4 , 5)
- ・ ひびの深さが最大であった箇所の破面観察の結果、ひびの破面は外表面側ほど濃い褐色であり、外表面で発生し進展したものと推定された。
(添付資料 - 5)
- ・ ひびの深さが最大であった箇所の電子線マイクロアナライザ (E P M A) による破面分析の結果、ひびの先端部に塩素が認められた。
(添付資料 - 6)

(3) 付着物調査

有意な指示を確認した 1 箇所および微小な点状指示を確認した 1 箇所の配管表面の付着物について調査した結果、以下のことが確認された。

- ・ 付着物の外観は黒色であり、成分分析の結果、炭素と塩素が主成分であったことから、塩化ビニールテープが熱分解したものと推定された。
- ・ 有意な指示が確認された箇所およびその近傍の配管表面について、スミヤ法による付着塩分量を測定した結果、付着物除去後の配管表面は 1 1 0 m g / m²、近傍の配管表面は 3 m g / m² 程度であった。
(添付資料 - 7)

(4) 運転状況の調査

余熱除去系統は、原子炉起動・停止操作時および原子炉停止中に常温 (約 3 0) ~ 約 1 8 0 の範囲で使用することから、塩化ビニールテープから塩素イオンが熱分解・残留する可能性のある 1 0 0 ~ 2 5 0 の領域に該当する。

(5) 塩化ビニールテープ残留要因の調査

当該配管については、建設時の平成5年4月に耐圧・漏えい検査を実施しており、この時に配管表面を確認していることから、配管施工後検査までは、配管表面に付着物はなく、適切に管理できていたものと考えられる。

建設時の指針では、耐圧・漏えい検査終了後にはステンレス配管表面に塩分が付着することを防止するため塩素を含まないポリエチレンシートで養生することになっており、これを固定するために塩化ビニールテープを使用したものと推定される。ポリエチレンシートの養生については、保温施工時に保温施工業者が取り外し、配管表面の清掃状態を確認した後、保温を施工することとなっていたが、当該箇所の塩化ビニールテープの付着に気付かず、取り外し忘れたものと推定される。当該配管は建設時以降、保温を取り外して点検した実績はない。

なお、建設時保温を施工する予定のない配管については、当該区画の工事完成時にポリエチレンシート養生を取り外すこととなっていた。

7. 推定原因

本事象は、

- ・ ひびには、塩化物応力腐食割れの特徴である枝分かれした粒内割れが認められ、破面にも塩素の付着が認められたこと
- ・ 付着物は塩化ビニールテープと推定されたこと
- ・ 当該配管には、原子炉起動/停止操作時に高温水が流れること

から、建設時の当該配管の耐圧・漏えい検査終了後、配管養生に使用した塩化ビニールテープを、保温施工時に取り外すのを忘れ、これが高温水により熱分解し、酸性塩化物環境下に近い状態で塩化物応力腐食割れが発生したものと推定される。

8. 対策

- (1) 有意な指示を確認した1箇所および微小な点状指示を確認した1箇所について、配管を取替えた。
- (2) 今回の事象は、平成12年10月に発生した「伊方1号機充てん配管耐圧検査中の漏えい」事象における塩化ビニールテープによるステンレス配管の塩化物応力腐食割れの水平展開として調査を実施し、発見したものである。
調査は、第5回～第7回定期検査にかけて、内部流体温度が
- ・ 100～250 で加熱されるライン
 - ・ 250 以上で短時間（累計300時間以内）加熱されるライン
- について実施し、今回で調査は完了した。
調査の結果、今回の塩化ビニールテープ付着4箇所を除き、197箇所塩化ビニールテープ以外の付着物が認められたが、PTの結果、それらすべての箇所異常の無いことを確認した。（添付資料-8）
- (3) なお、平成15年6月に発生した「伊方1号機安全注入系統テストライン配管のひび」事象の水平展開として調査を実施している
- ・ 通常は常温であるが高温配管に接続され、高温流体が流入する可能性のある範囲のステンレス配管
 - ・ 常温であり、かつ高温流体が流入する可能性がないため塩化ビニールテープによる塩化物応力腐食割れの可能性はないが、漏えいが発生すると原子炉の運転に支障を及ぼす系統及び放射能を含む系統でこれまで未点検の全ての範囲のステンレス配管
- について、3号機は本定期検査および今後2回の定期検査で計画的に点検する。
- (4) 現在、ステンレス配管工事において、耐圧・漏えい検査後のポリエチレンシート養生は実施していない。また、平成12年3月以降の一連のステンレス鋼塩化物応力腐食割れを契機に、平成13年3月より、テープ素材に塩素を含む塩化ビニールテープなどはステンレス鋼製品への使用を禁止とし、その旨ステンレス鋼製品を扱う作業要領書に反映し、作業の都度作業関係者に周知・徹底している。

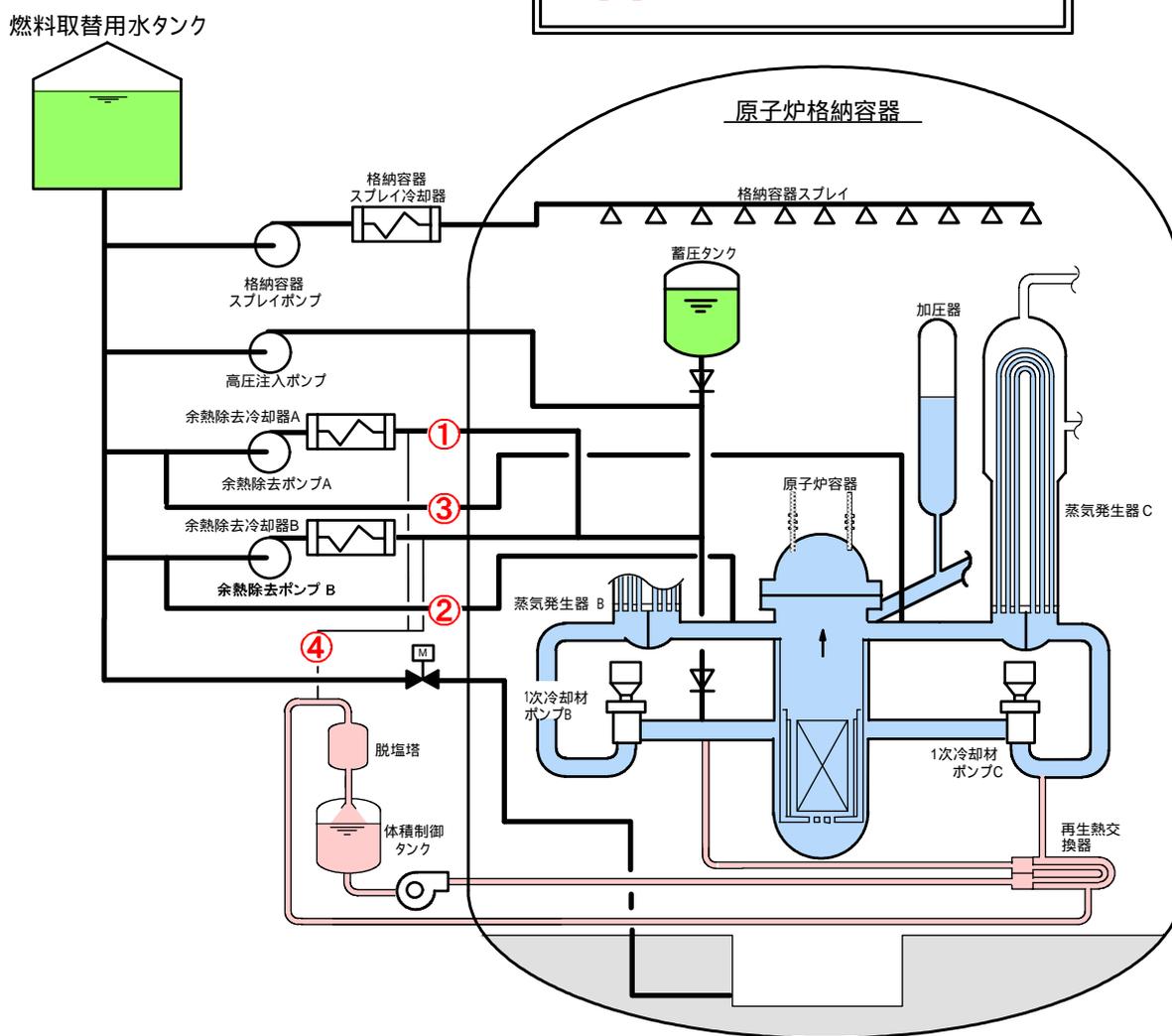
以上

添 付 資 料

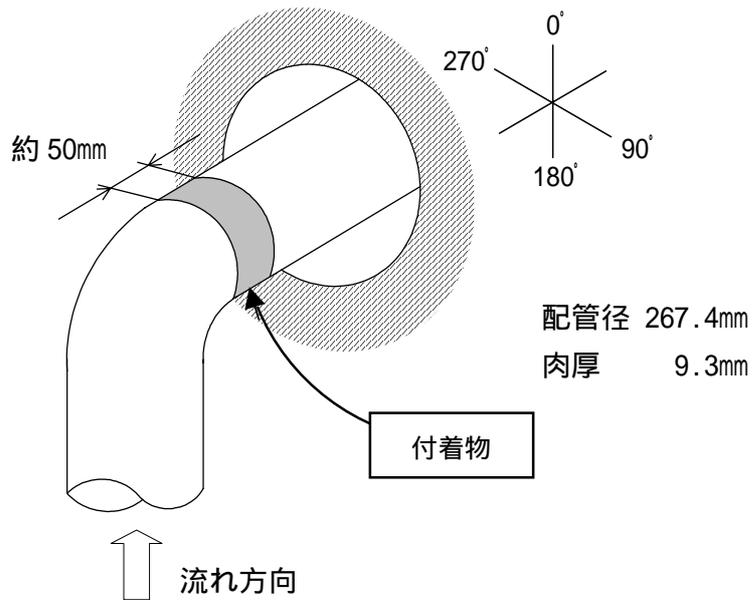
- 添付資料 - 1 伊方発電所第3号機 全体系統図
- 添付資料 - 2 外表面 P T 結果および表面拡大観察結果
- 添付資料 - 3 配管内表面および外表面 P T 結果
- 添付資料 - 4 ひびの深さ調査結果（断面ミクロ観察）
- 添付資料 - 5 破面観察結果（断面ミクロ観察ひび最大箇所）
- 添付資料 - 6 破面分析結果（E P M A）
- 添付資料 - 7 付着物の成分分析結果・付着塩分量測定結果
- 添付資料 - 8 伊方1号機充てん配管耐圧検査中の漏えい事象に係る配管付着物調査結果

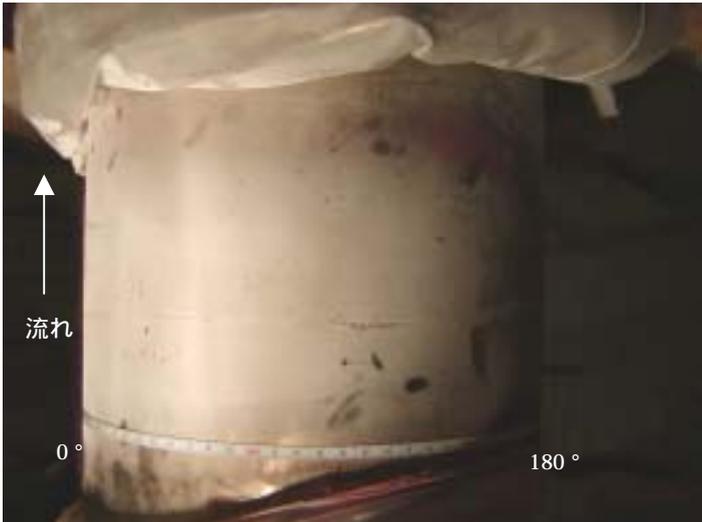
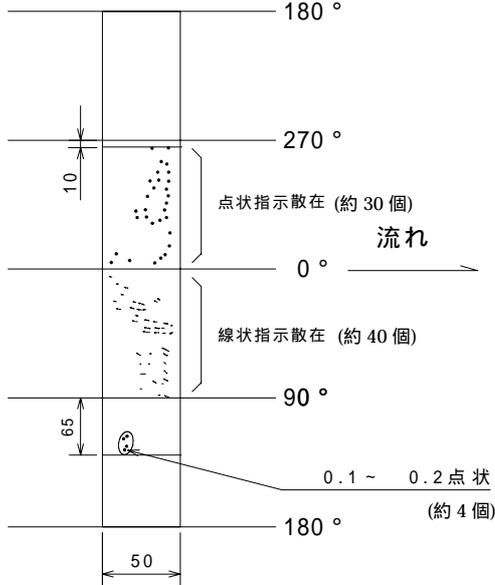
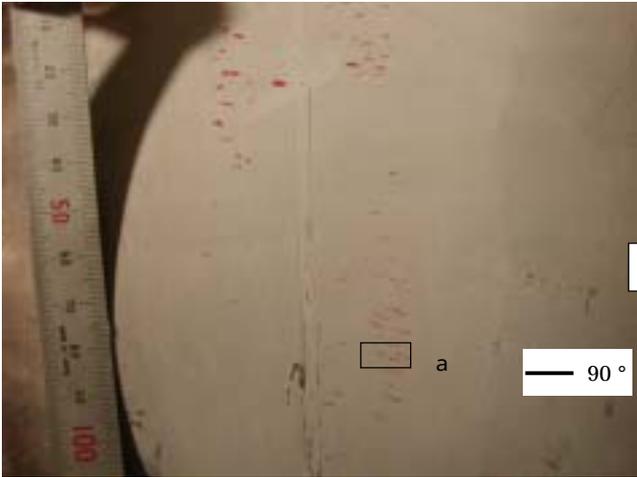
伊方発電所第3号機 全体系統図

塩化ビニールテープ付着箇所
 ① 有意な指示あり(配管取替)
 ② 点状指示あり(配管取替)
 ③④ 指示無し

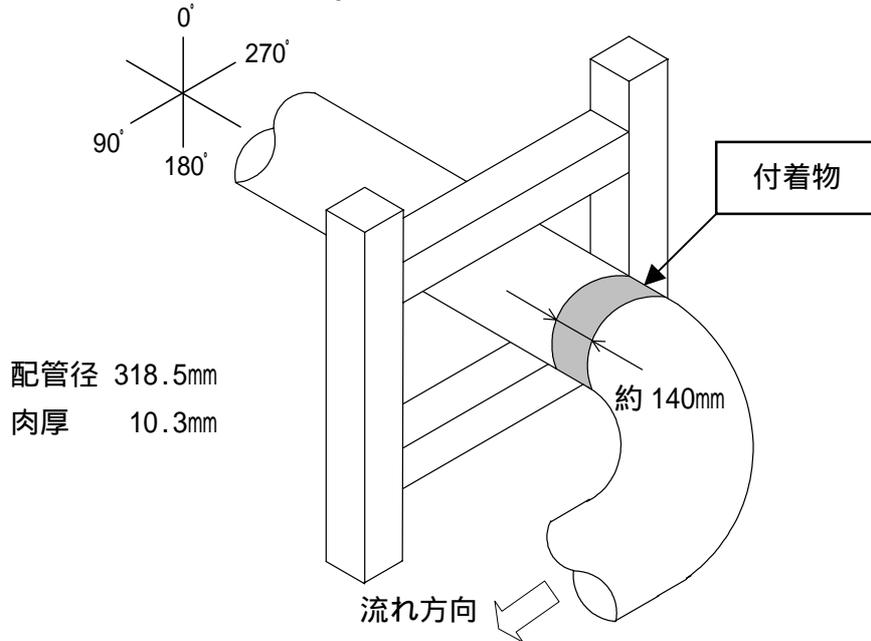


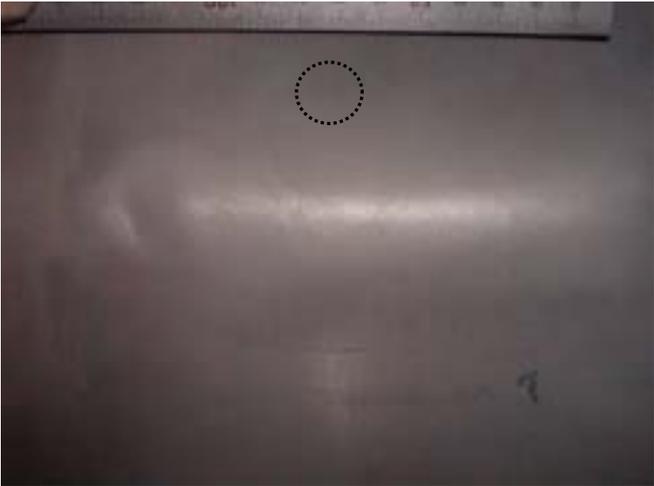
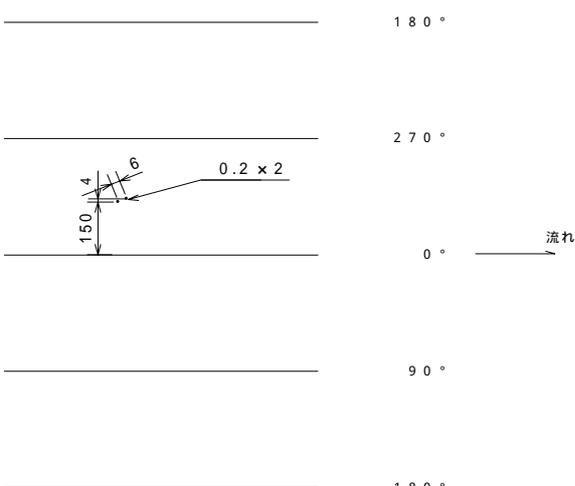
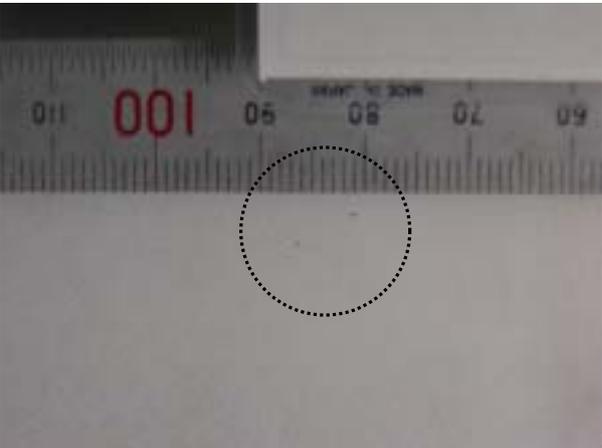
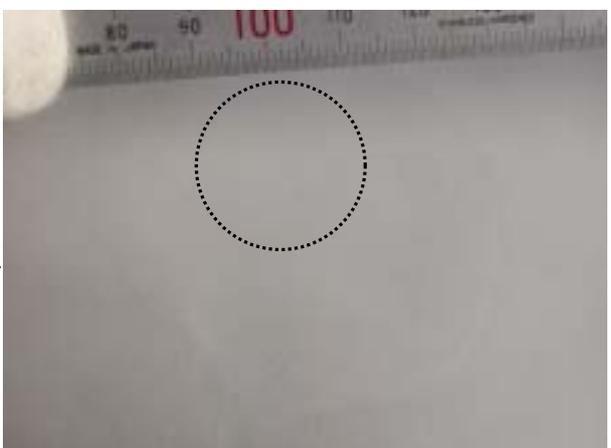
外表面 P T 結果および表面拡大観察結果 (余熱除去ポンプ 3 A 出口配管)



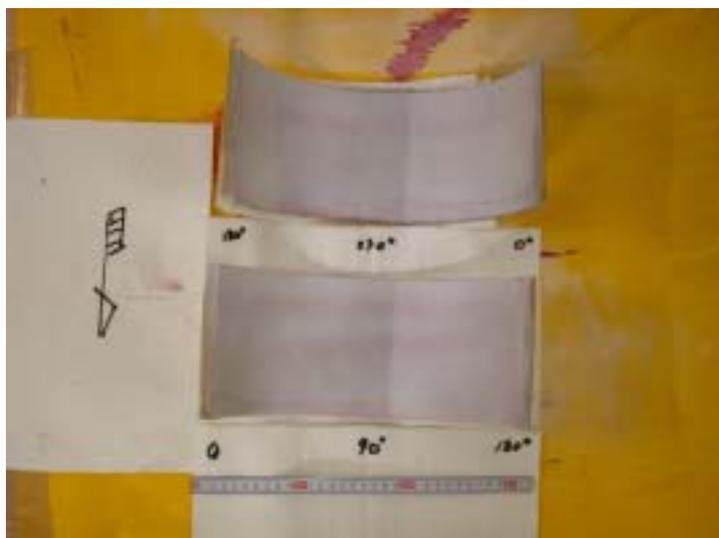
P T 状況	指示状況
 <p>↑ 流れ</p> <p>0° 180°</p> <p>P T 結果 (0° ~ 180°)</p>	 <p>180°</p> <p>270°</p> <p>10</p> <p>点状指示散在 (約 30 個)</p> <p>流れ</p> <p>0°</p> <p>線状指示散在 (約 40 個)</p> <p>90°</p> <p>65</p> <p>0.1 ~ 0.2 点状 (約 4 個)</p> <p>180°</p> <p>50</p>
<p>流れ →</p>  <p>a</p> <p>90°</p> <p>P T 結果 (90° 付近)</p>	<p>1mm</p>  <p>a 部</p> <p>表面拡大観察結果</p>

外表面 P T 結果 (余熱除去ポンプ 3 B 入口配管)



P T 状況	指示状況
 <p>P T 結果 (研削前)</p>	 <p>180°</p> <p>270°</p> <p>0°</p> <p>90°</p> <p>180°</p> <p>流れ</p>
<p>流れ →</p>  <p>P T 結果 (研削前 : 点状指示有り)</p>	<p>流れ →</p>  <p>P T 結果 (研削後 : 指示無し)</p>

配管内表面および外表面 P T 結果
(余熱除去ポンプ 3 A 出口配管)



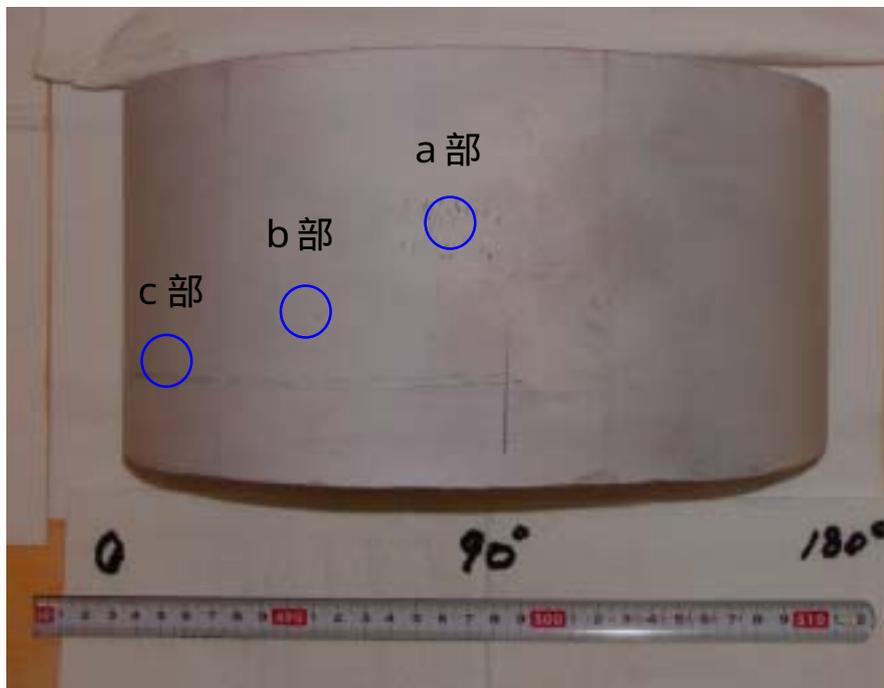
配管内表面



配管外表面



ひびの深さ調査結果（断面ミクロ観察）



配管仕様

材質：ステンレス鋼（SUS304TP）

外径：267.4 mm

内径：248.8 mm

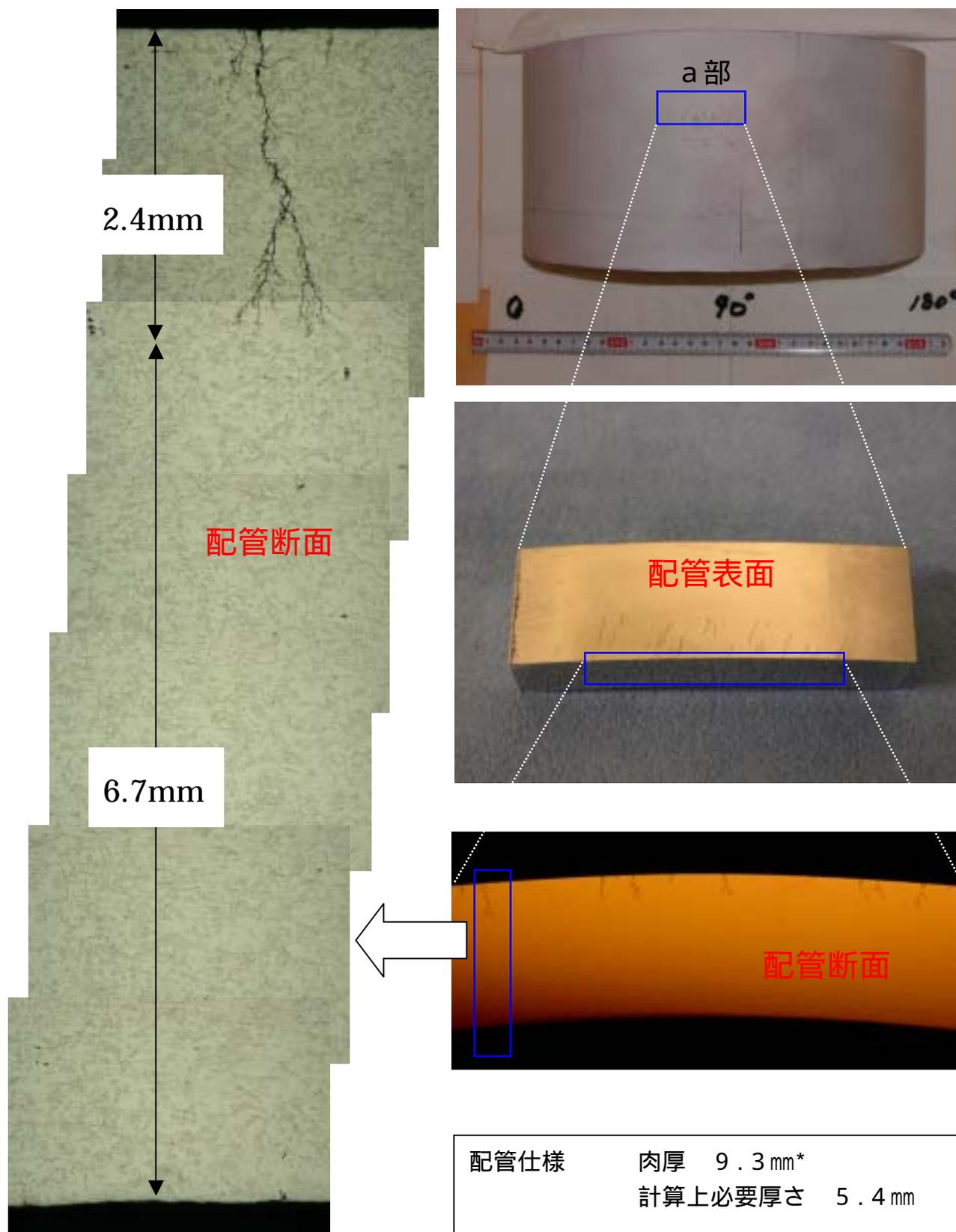
肉厚： 9.3 mm

計算上必要厚さ：5.4 mm

P T 指示箇所	初期の厚さ (mm)	ひび部の残留厚さ (mm)	備考
a	Min 9.3	6.7 (6.1*)	(2 / 4)
b		8.3	(3 / 4)
c		6.9	(4 / 4)

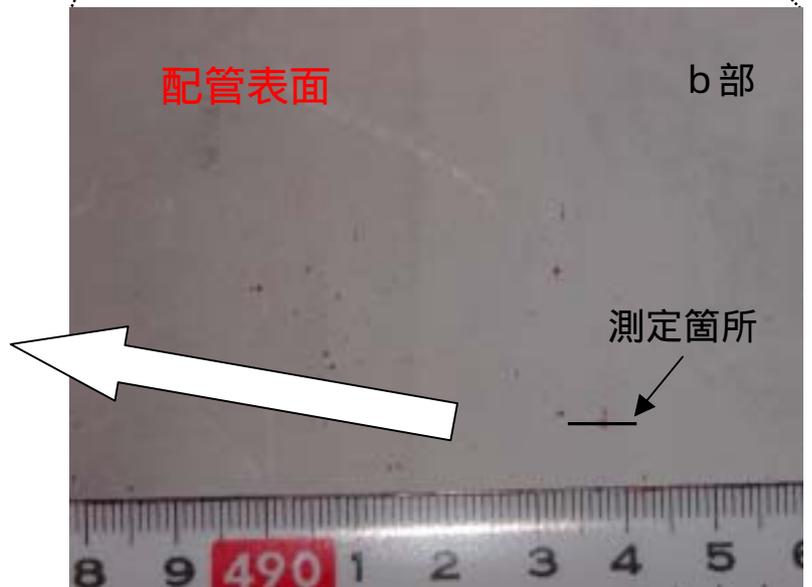
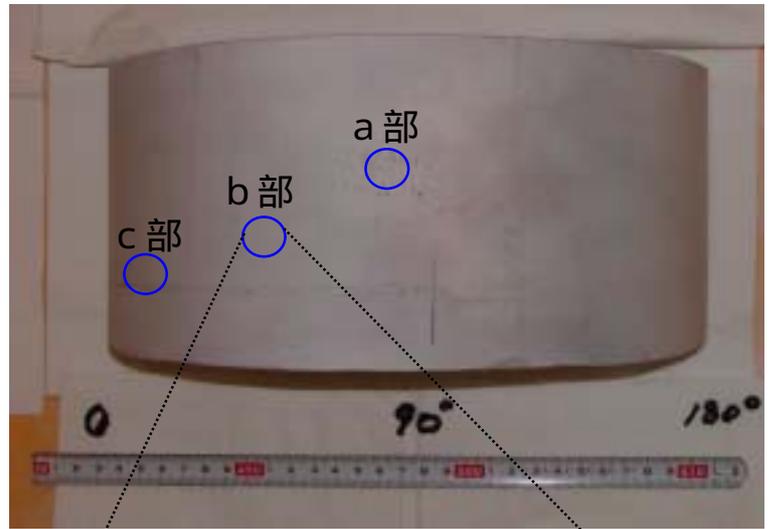
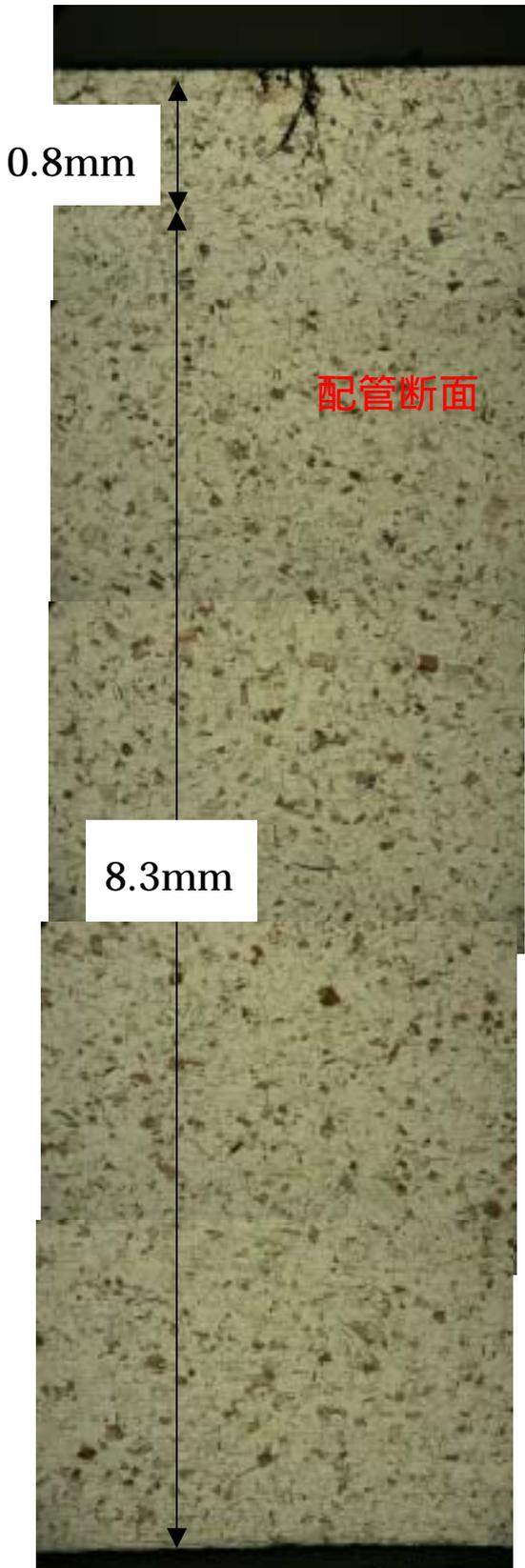
*破面観察の値

ひびの深さ調査結果 (断面ミクロ観察) その1



* 検査のため配管表面を手入れし 0.2mm 肉厚減少

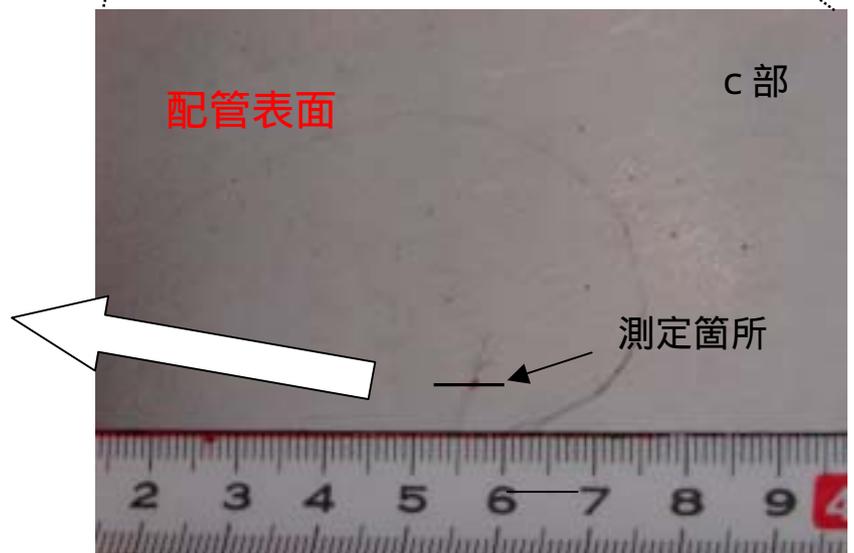
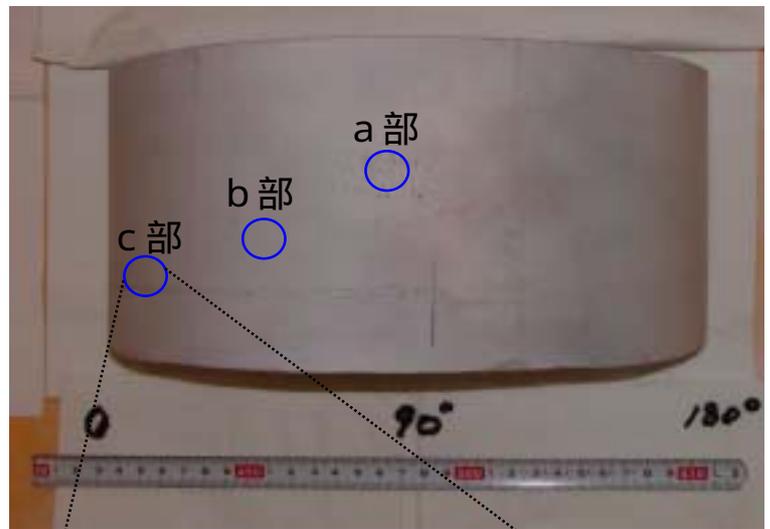
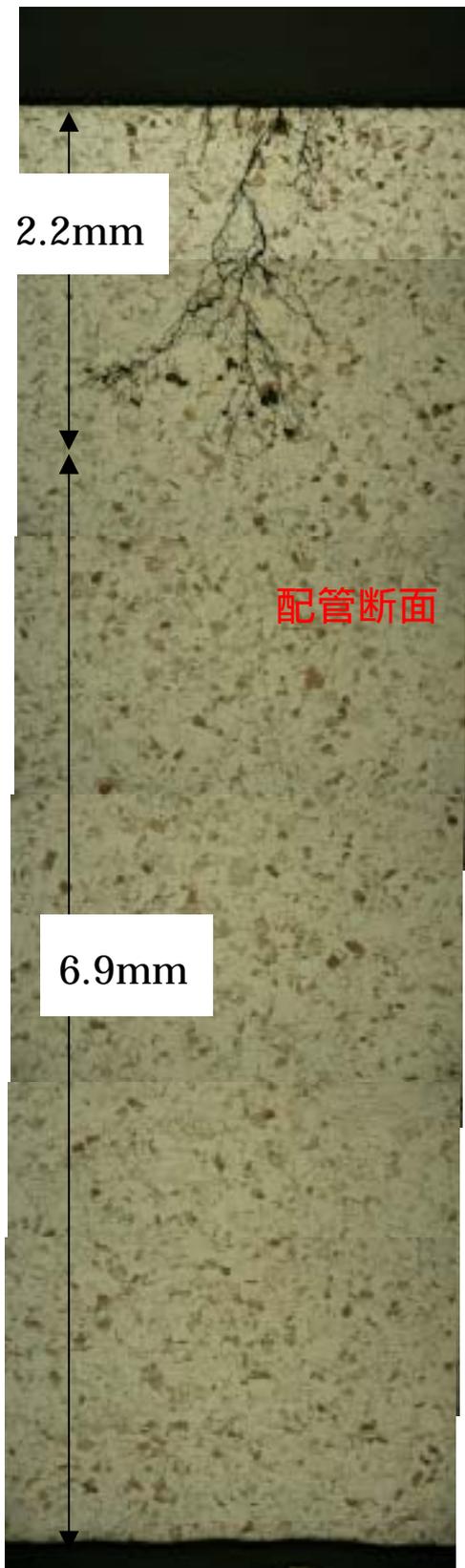
ひびの深さ調査結果 (断面ミクロ観察) その2



配管仕様	肉厚	9.3mm*
	計算上必要厚さ	5.4mm

* 検査のため配管表面を手入れし 0.2mm 肉厚減少

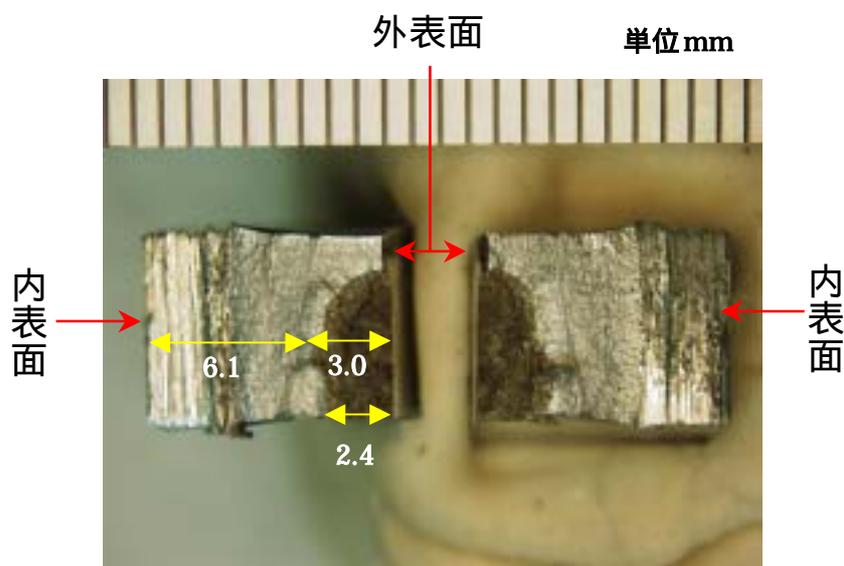
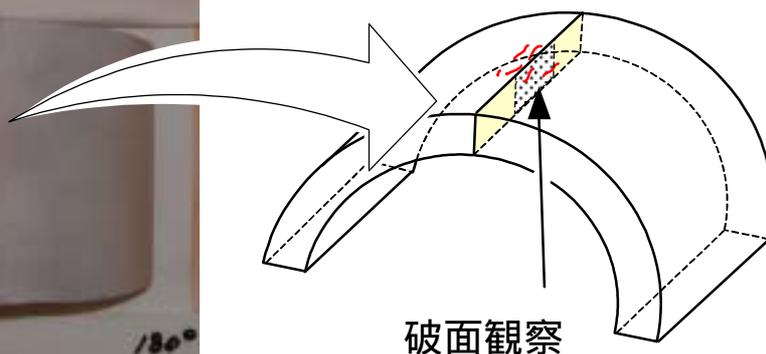
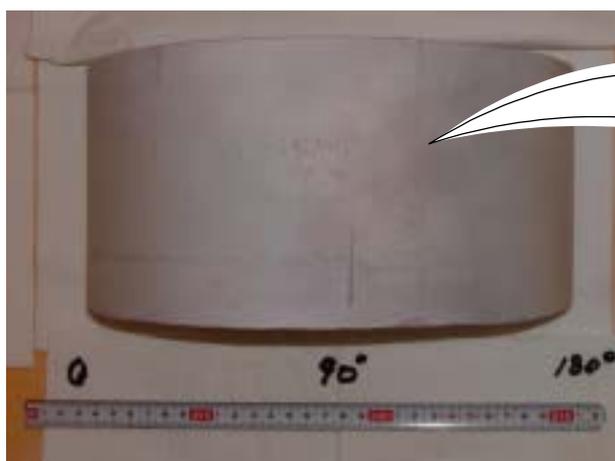
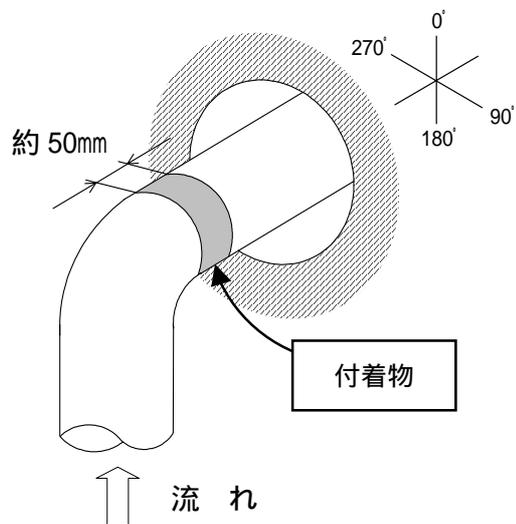
ひびの深さ調査結果（断面ミクロ観察）その3



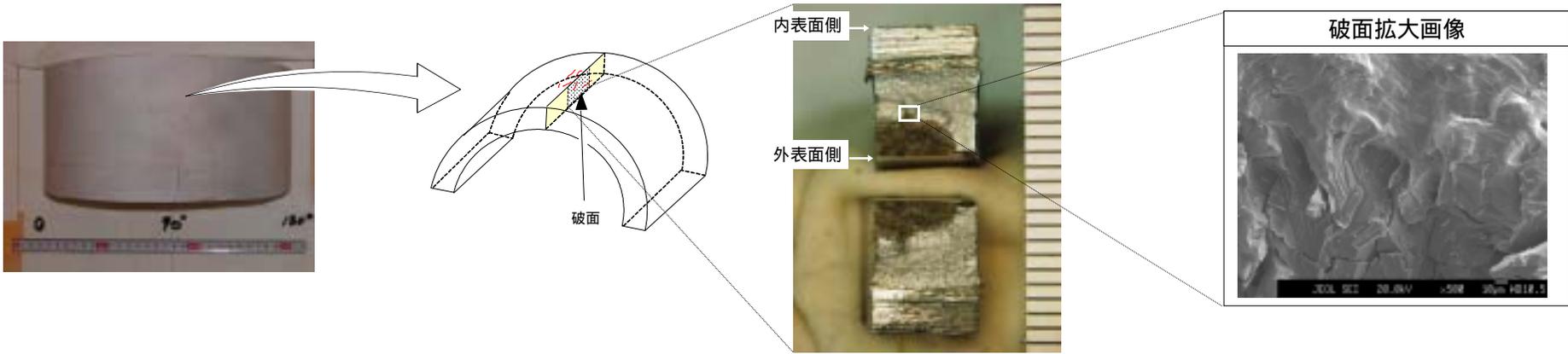
配管仕様	肉厚	9.3mm*
	計算上必要厚さ	5.4mm

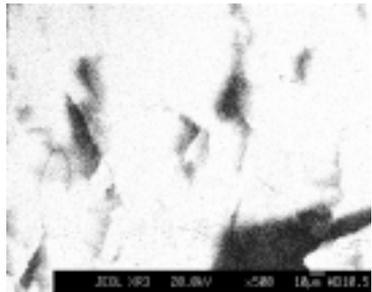
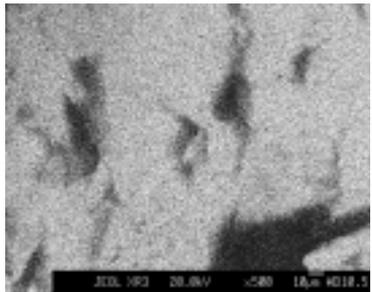
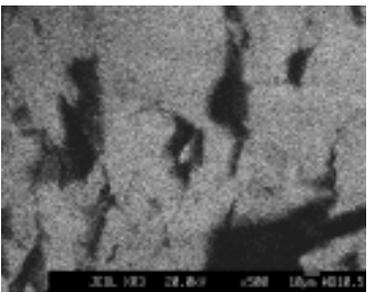
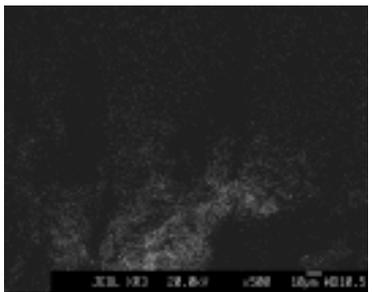
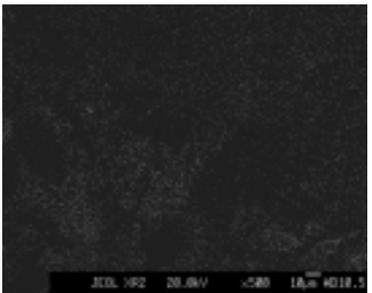
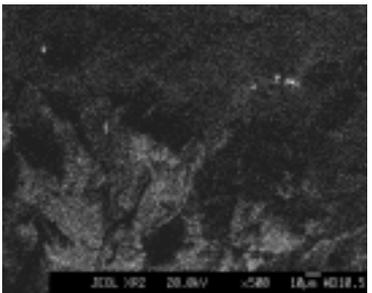
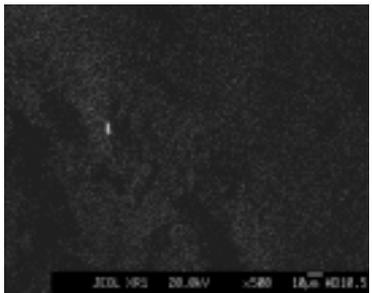
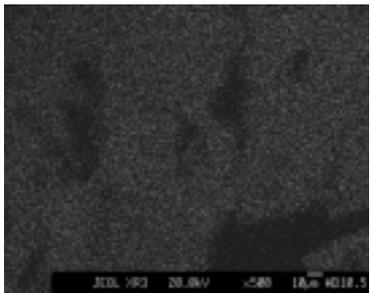
* 検査のため配管表面を手入れし0.2mm肉厚減少

破面観察結果（断面ミクロ観察ひび最大箇所）



破面観察図



E P M A 分析 画 像			
Fe	Cr	Ni	Cl
			
C	O	Si	Mn
			

付着物の成分分析結果

	含有率 (%)	
	余熱除去ポンプ3 A 出口配管	余熱除去ポンプ3 B 入口配管
炭素	6.4	5.5
酸素	9	2.3
塩素	1.5	6
鉄	-	-
チタン	5	2
鉛	5	3
マグネシウム	< 1	< 1
ケイ素	< 1	1
硫黄	< 1	< 1
カルシウム	< 1	9
クロム	-	-
ニッケル	-	-
アルミニウム	< 1	< 1
リン	-	-
ナトリウム	< 1	1
カリウム	< 1	< 1

(測定器：電子線マイクロアナライザ)

付着塩分量測定結果

No	採取場所	付着塩分量 (mg/m ²)
	余熱除去ポンプ3 A 出口配管表面 (付着物除去後)	110
	" (近傍配管)	3
	余熱除去ポンプ3 B 入口配管表面 (付着物除去後)	73
	" (近傍配管)	1

1号機充てん配管耐圧検査中の漏えい事象に係る配管付着物調査結果

調査対象系統	内部流体 温度区分 1	点検完了 範囲	付着物・付着跡数		有意なPT 指示の数 2	調査実施 定期検査
			塩化ビニ ル ³	その他		
1次冷却系統		全範囲	0	3	0	3 - 5
化学体積制御系統	,	全範囲	0	5	0	3 - 5
			0	4	0	3 - 6
安全注入系統		全範囲	0	0	0	3 - 5
			0	1	0	3 - 6
余熱除去系統		全範囲	0	17	0	3 - 5
			0	12	0	3 - 6
			4	67	1	3 - 7
試料採取系統		全範囲	0	0	0	3 - 5
			0	1	0	3 - 6
			0	6	0	3 - 7
2次系		全範囲	0	11	0	3 - 5
			0	4	0	3 - 6
			0	66	0	3 - 7
合 計			4	197	1	-

- 内部流体温度区分
: 100 ~ 250
: 250 異常の短期使用実績 (累計300時間以内) 有り
- 研削手入れによりPT指示の消滅した箇所を除く
- 有意なPT指示のあった1箇所および点状指示のあった1箇所の計2箇所について配管取替を実施