

原子力発第05223号
平成18年 1月 6日

愛媛県知事
加戸守行 殿

四国電力株式会社
取締役社長 常盤 百樹

伊方発電所 エタノールアミン排水処理装置ガス希釈ファン
の不具合他2件に係る報告書の提出について

平成17年11月に発生しました伊方発電所 エタノールアミン排水処理装置
ガス希釈ファンの不具合他2件につきまして、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2号機
余熱除去系統配管の傷について

平成18年1月
四国電力株式会社

1. 件名

伊方発電所第2号機 余熱除去系統配管の傷について

2. 事象発生の日時

平成17年11月10日 14時30分(確認)

3. 事象発生の設備

原子炉冷却系統設備 余熱除去設備 配管
(余熱除去系統原子炉容器入口ライン配管)

4. 事象発生時の運転状況

第18回定期検査中(平成17年9月5日より)

5. 事象発生の状況

伊方発電所第2号機(定格電気出力566MW)は、第18回定期検査中のところ、余熱除去系統の配管取替工事のため余熱除去系統原子炉容器入口ライン配管の支持構造物(以下、「サポート」という。)を取り外した際、サポートに覆われた範囲の配管外表面にさび状の付着物が確認された。

このため、当該配管のさび状の付着物を除去し、浸透探傷検査(以下、「PT」という。)を実施した結果、平成17年11月10日14時30分頃、配管に傷(最大長さ約12mm)を確認した。

確認された傷は、幅約100mm、長さ約110mmの範囲で、最大長さ約12mmの線状指示のほか、多数の指示が認められた。

また、傷が認められた範囲は、ほぼ長方形であり、テープが貼り付けられていたような形状であった。

なお、本事象による周辺環境への放射能の影響はなかった。

(添付資料 - 1、2、3)

6. 状況調査

確認された傷について、外観点検、表面調査(P T、スンプ観察)、塩化物量測定等により傷の形態を調査した。

(1) 外観点検

配管外表面の外観点検を行った結果、以下を確認した。

- ・ 傷は、サポートに覆われた範囲の配管の外表面で確認された。なお、傷が確認された箇所には、さび状の付着物は認められたが、明確なテープ跡は認められなかった。
- ・ 配管外表面に、内部流体の析出物は認められず、漏えいはなかった。

(2) 表面調査

a . P T

スンプ観察のため表面を手入れした後、スンプ観察に先立ちP Tを実施した結果、最大長さ約12mmの線状指示等の指示が認められた。

その他の指示については、表面の手入れにより消滅した。

(添付資料 - 4)

b . スンプ観察

最大の線状指示(約12mm)についてスンプ観察を実施した結果、傷の形態は樹枝状であり、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た。また、外表面にピットが認められた。

(添付資料 - 5)

7 . 支持構造物調査

傷は、サポートに覆われた範囲の配管の外表面にあったことから、サポートの状況調査を実施した結果、以下を確認した。

- ・当該サポートは鋼材を門型に組合せ、配管の半径方向の移動を拘束する形状(以下、「門型サポート」という。)であり、配管とサポートの間は非常に狭隘であった
- ・配管と接触する面にはステンレス製のライナを取り付けており、傷のあった配管上半部と接触する面に取り付けられていたライナについてP Tを実施した結果、指示は認められなかった。

8 . 金属調査

確認された傷について当該部を切り出し、傷の形態および深さ等の金属調査を実施し、以下を確認した。

(1) 超音波探傷検査

金属調査に際し、予め傷の程度を把握するため、配管外表面から超音波探傷検査を実施した結果、最大深さ2.2mm相当の欠陥信号を検出した。

(2) 内面P T結果

配管内表面のP Tの結果、指示は認められなかった。

(3) 断面ミクロ観察結果

断面ミクロ観察の結果、ひび割れの形態は粒内割れであり、樹枝状の微小な枝分かれが認められ、塩化物応力腐食割れの特徴を示していた。

また、ひび割れの深さは最大3.1mmであり、配管の残厚さは14.6mmであった。

(添付資料 - 6)

(4) 破面マクロ観察

破面マクロ観察の結果、ひび割れの破面の色調は配管外表面側ほど濃い褐色であり、ひび割れが外表面で発生し進展したものと推定される。

また、破面の色調の変化から、ひび割れの深さは約 3 . 0 mm と推定される。
(添付資料 - 6)

(5) 破面 S E M (電子顕微鏡) 観察

破面の S E M による拡大観察の結果、塩化物応力腐食割れ特有の羽毛状破面が認められた。

(添付資料 - 6)

(6) 破面 E P M A (電子線マイクロアナライザー) 分析

E P M A による破面分析を行った結果、破面に塩素が認められた。

(添付資料 - 6)

以上から、ひび割れの原因は塩化物応力腐食割れと推定される。

また、配管の残厚さは計算上必要厚さ (1 2 . 9 1 mm) を満足しており、強度上問題となるものではないと評価された。

9 . 製造履歴等調査

当該配管の製造履歴、運転履歴および点検履歴等を調査した。

(1) 製造履歴調査

当該配管の材料証明書を調査した結果、問題ないことを確認した。

(2) 運転履歴調査

運転記録により、温度、圧力が設計条件内で運転されていることを確認した。

また、当該配管にはプラント起動時に余熱除去系統水 (約 1 0 0 ~ 約 1 5 0) が流入する。このため、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 の領域まで温度が上昇する可能性がある。

(3) 点検履歴等調査

a . 供用期間中検査

- ・ 定期検査における供用期間中検査 (以下、「 I S I 」という。) において、漏えい検査を実施しており問題はなかった。
- ・ 当該部のサポートについても、 I S I において外観点検を実施しており問題はなかった。

b . 配管付着物調査

当該部については、第15回定期検査（平成13年）時に付着物調査を実施しており、テープ等の付着物が確認されたとの記録はなかった。

しかし、聞き取り調査の結果、当該部はテープ等の付着物がないことの確認はしたものの、門型サポート部は配管とサポートの間が非常に狭隘であることから、さび等の付着物については十分に確認できていなかった可能性がある。

c . テープの貼付・除去に関する調査

今回傷が認められた範囲は、ほぼ長方形であり、テープが貼り付けられていたような形状であったことから、これまでのテープの使用状況およびテープが除去される可能性について調査した結果、以下を確認した。

- ・ 2号機建設時には配管識別等で塩化ビニールテープを使用しており、当該部についても配管識別等でテープを貼り付けた可能性がある
- ・ 当該部は保温が取り付けられていることから、保温の取り外し、取り付けを行う作業の調査を行った結果、第10回定期検査（平成7年）に保温を取り外してサポートの点検を実施していることが確認された

以上のことから、建設中にテープが配管識別用として貼り付けられ、その後、サポート点検の際にテープが剥がれた可能性がある。

10 . これまでに実施した配管付着物調査方法の評価

これまで実施してきた付着物調査では、高放射線エリア、埋設部等の接近不可能な配管を除き、対象配管の全表面についてテープおよびテープを貼り付けていた痕跡（糊跡、熱分解跡、さび）の有無を確認し、それらを除去した上で浸透探傷検査により健全性を確認している。

テープおよびその痕跡の調査において、直視困難な壁貫通スリーブ内などの狭隘部、暗所については、反射鏡、点検用照明等を使用し、見落としのないように注意している。

また、配管表面の目視点検の妨げとなる保温材、加温用電気ヒータ線、サポートおよびその取付部材、配管に直接巻き付けた系統表示板などの付属品については、目視点検が可能となるよう、原則、取り外して点検を行っている。

今回、取り外しのできない門型サポートに囲まれた部位で塩化ビニールテープに起因するさびおよび塩化物応力腐食割れが確認されたことから、点検時に取り外しを行っていない付属品に覆われた部位の点検方法の妥当性について評価した。

取り外しを行っていない付属品として、加温用電気ヒータ線、Uボルトおよび当該門型サポートのように取り外し不可能な溶接構造のサポートがある。加温用電気ヒータ線やUボルトについては、径が小さく、線接触であるため、取り外しを行わない状態で十分に点検が可能であることを確認した。また、取り外しのできない溶接構造のサポートのうち、2方向拘束のサポートについても、非拘束方向から十分点検が可能であることを確認した。

一方、当該門型サポートのように4方向拘束となっているサポートについて

は、配管とサポートの隙間が狭隘であり、さらに弁や曲管に挟まれた当該門型サポートのような場合には、従来の点検方法では不十分な可能性があることが判明した。
(添付資料 - 7)

1.1 . 推定原因

本事象は、

- ・傷表面には、ひび割れとともにピットが認められ、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た
- ・傷の破面に塩素が認められた
- ・傷が認められた範囲はほぼ長方形であり、テープが貼り付けられていたような形状であった
- ・2号機建設当時は配管識別等で塩化ビニールテープを使用しており、当該部についても配管識別等でテープを貼り付けた可能性がある
- ・プラント起動時に余熱除去系統水(約100 ~ 約150)が流入し、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100 ~ 250 の領域まで温度が上昇する可能性がある

ことから、建設当時に当該配管に貼り付けられた塩化ビニールテープが、その後のプラント起動時に当該配管に流入した高温水により熱分解し、塩化物応力腐食割れが発生したものと推定される。

また、過去に実施した配管付着物調査で確認できなかった原因は、取り外しのできない門型サポートに囲まれた狭隘部であって、さらに前後が弁、曲管であるため直視が特に困難であったこと、既にテープそのものが剥落し、厚みのない痕跡(さび)のみとなってしまうためと推定される。

1.2 . 対 策

(1) 傷の認められた当該部位について、配管を取り替える。

また、余熱除去系統配管工事に関連して同様に門型サポートからの取替を行った3箇所について、浸透探傷検査を実施し、異常のないことを確認した。

(2) 今回、既に付着物調査を終了した配管に塩化ビニールテープに起因したと推定されるさびおよび塩化物応力腐食割れが確認されたことから、これまでに付着物調査を終了した配管のうち、付属品の取り外しができないために確認が十分でない可能性のある箇所として、当該サポートと同じ構造である門型サポートに囲まれた狭隘部(11箇所)を抽出し、再度、さび等の付着物の有無について詳細な点検を行い、異常のないことを確認した。

(3) 1, 3号機についても、現在計画的に点検中のものと併せ、次回定期検査時に2号機と同様の点検を実施する。

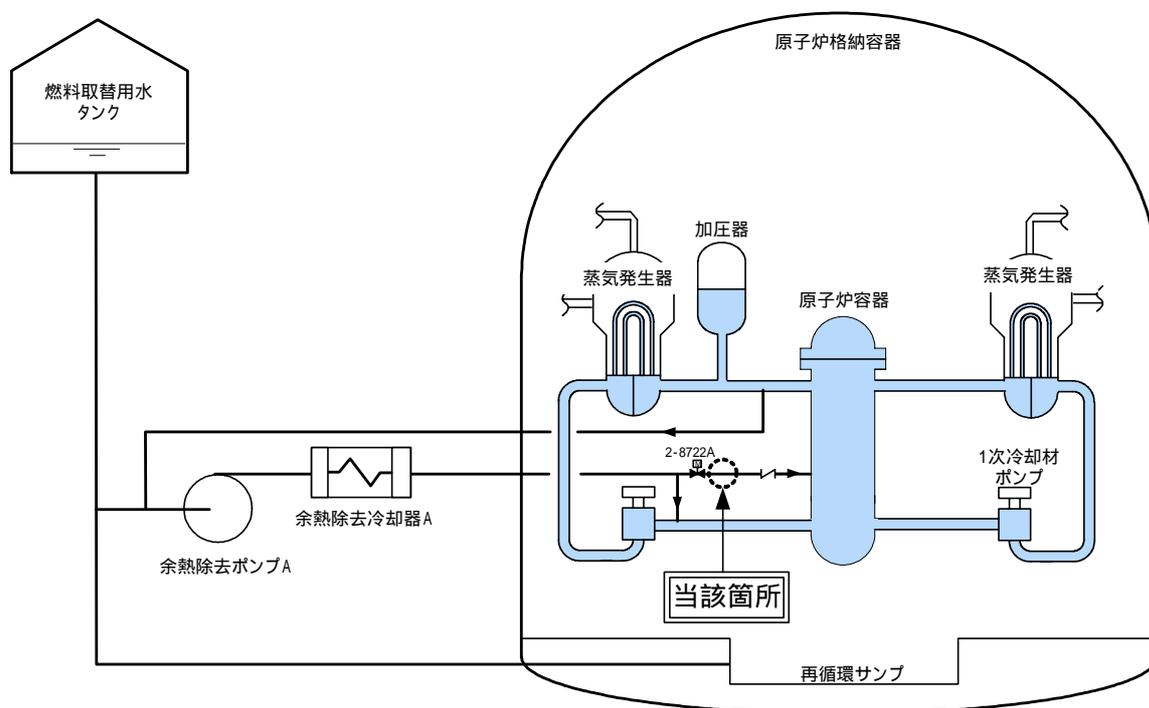
(4) 今後の付着物調査にさらに万全を期すため、従来、作業要領書読み合わせ時に教育として実施していた狭隘部点検時の注意事項を作業要領書に明記した。

以 上

添 付 資 料

- 添付資料 - 1 余熱除去系統原子炉容器入口ライン概略系統図・状況図
- 添付資料 - 2 外観点検結果
- 添付資料 - 3 浸透探傷検査（ P T ）結果
- 添付資料 - 4 浸透探傷検査（ P T ）結果（スンプ観察のための手入れ後）
- 添付資料 - 5 スンプ観察結果
- 添付資料 - 6 金属調査結果
- 添付資料 - 7 これまでに実施した配管付着物調査方法の評価

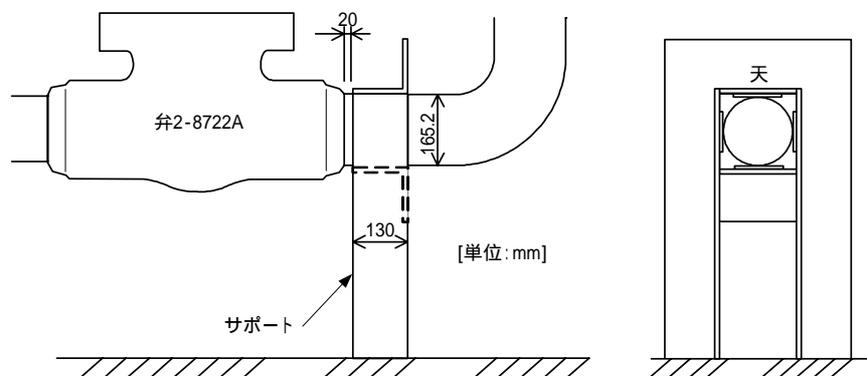
余熱除去系統原子炉容器入口ライン概略系統図・状況図



最高使用圧力	17.16MPa
最高使用温度	200
材 料	SUS304TP
外 径	165.2mm
厚 さ	18.2mm

L型鋼	寸法	L130 × 130mm
	材料	SS41
ライナ	寸法	130 × 130mm 厚さ 0.8mm
	材料	SUS304

外観点検結果



上側



横側

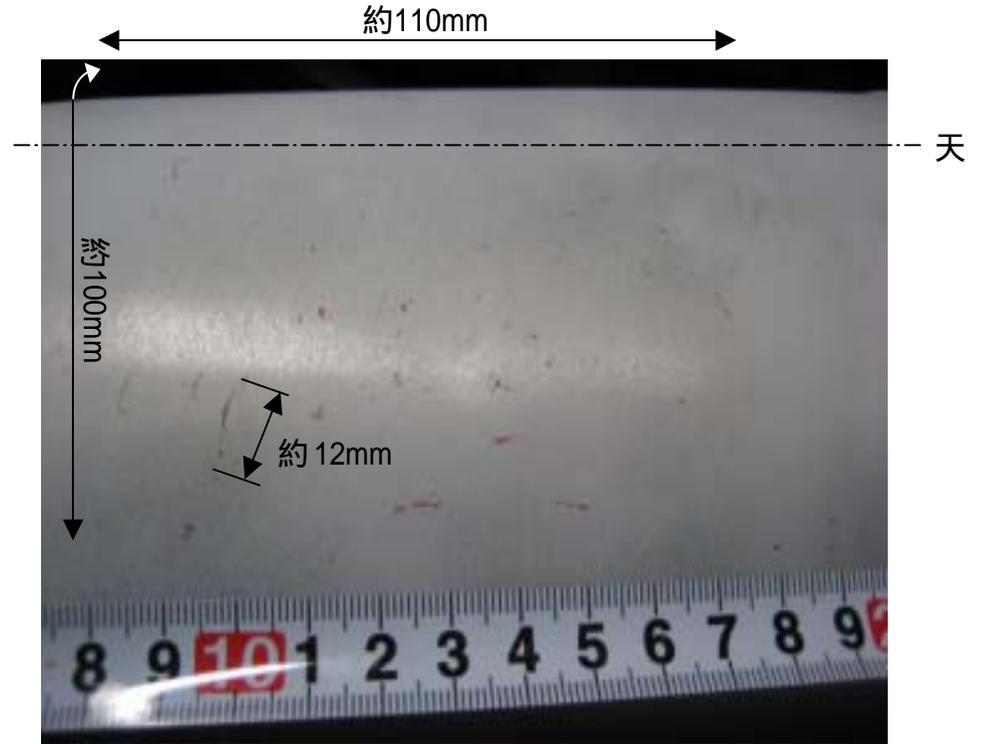
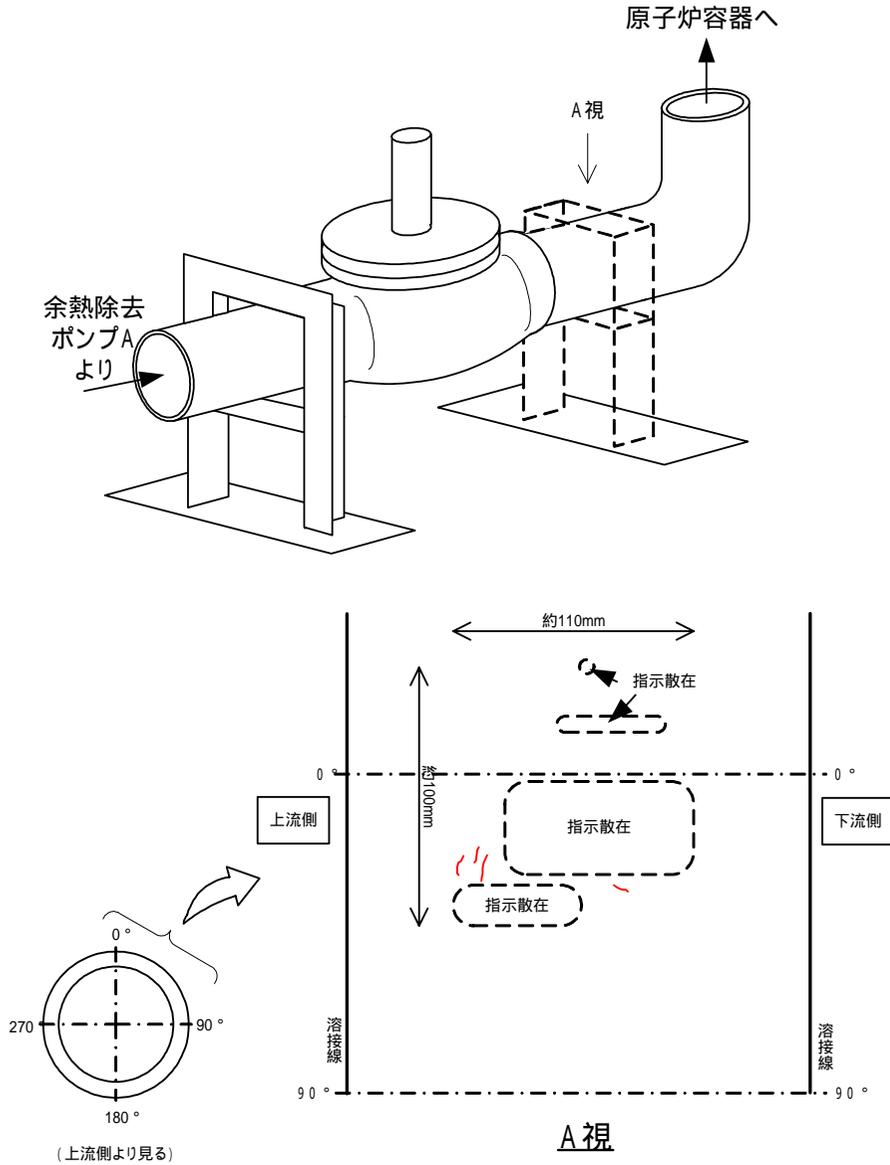


下側

写真中のサポートは、施工中の取替品
(仮組状態)

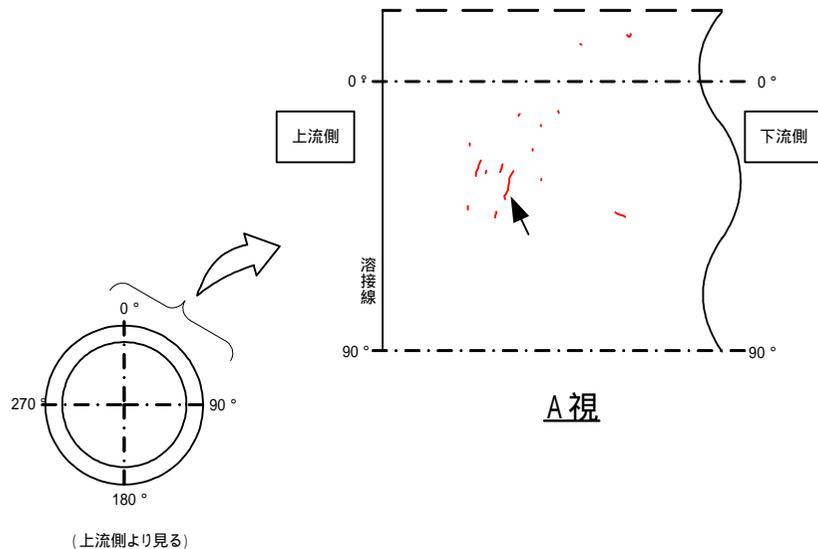
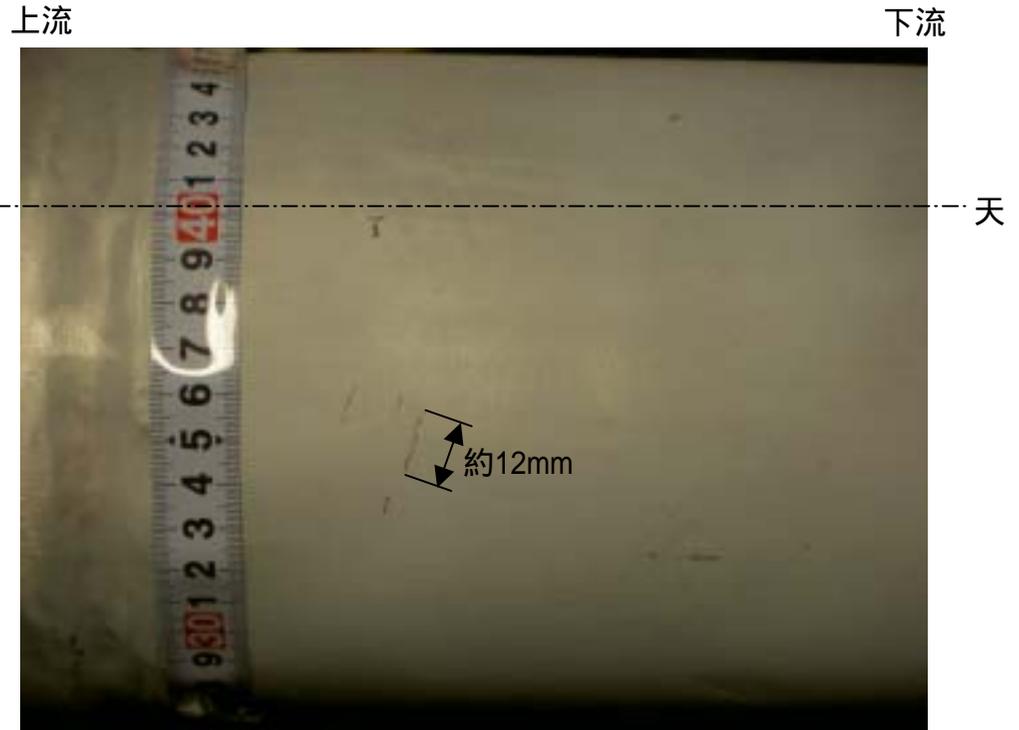
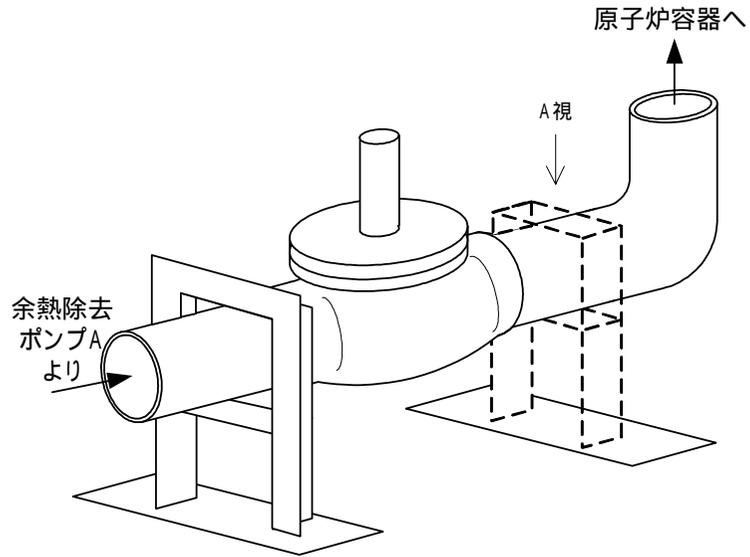
サポートに覆われていた範囲の配管の外表面にさび状の付着物が確認された。
内部流体の析出物は認められなかった。

浸透探傷検査 (PT) 結果



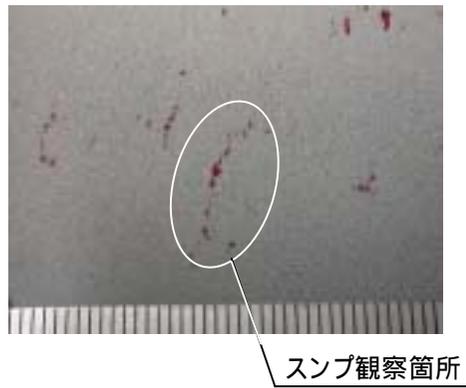
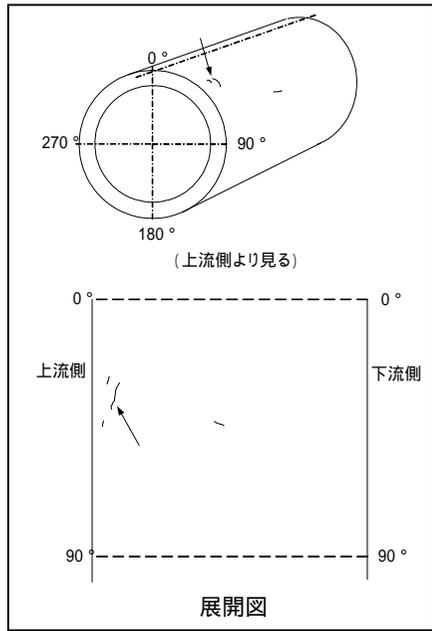
浸透探傷検査の結果、幅約100mm、長さ約110mmの範囲で、最大約12mmの線状指示のほか、多数の指示が認められた。

浸透探傷検査 (PT) 結果 (スンプ観察のための手入れ後)

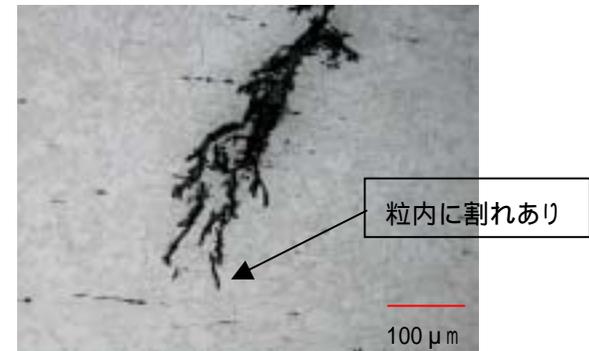
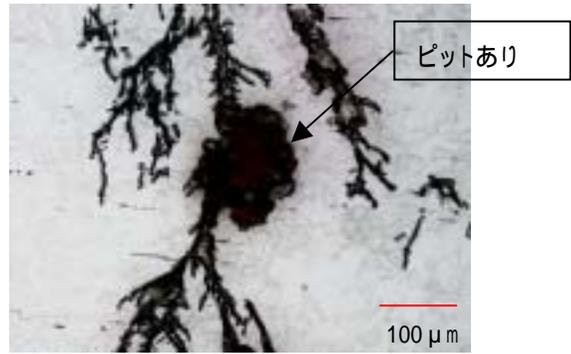
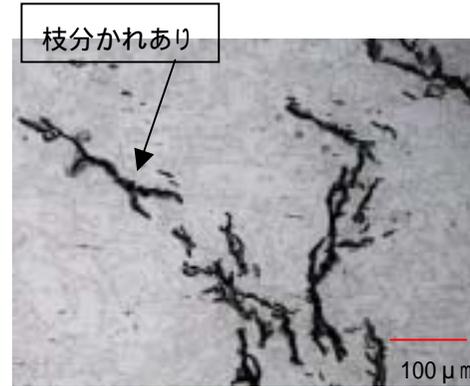
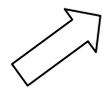


スンプ観察位置確認のための浸透探傷検査の結果、最大約12mmの線状指示などが認められた。なお、その他の指示の多くは、手入れにより消滅した。

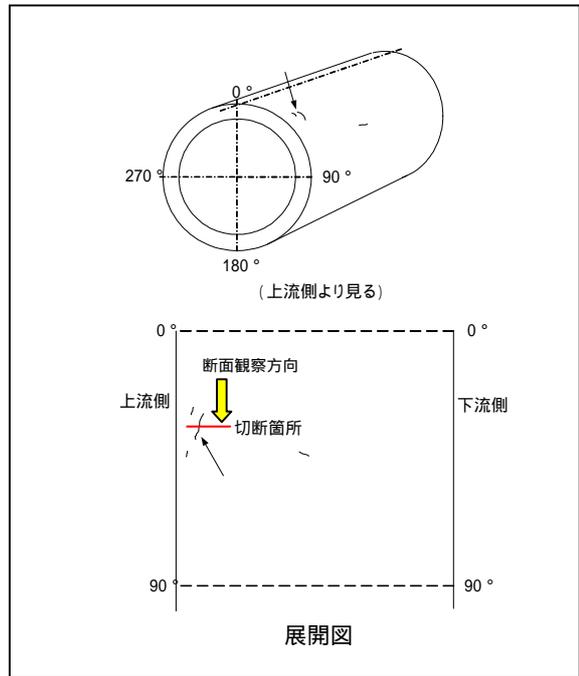
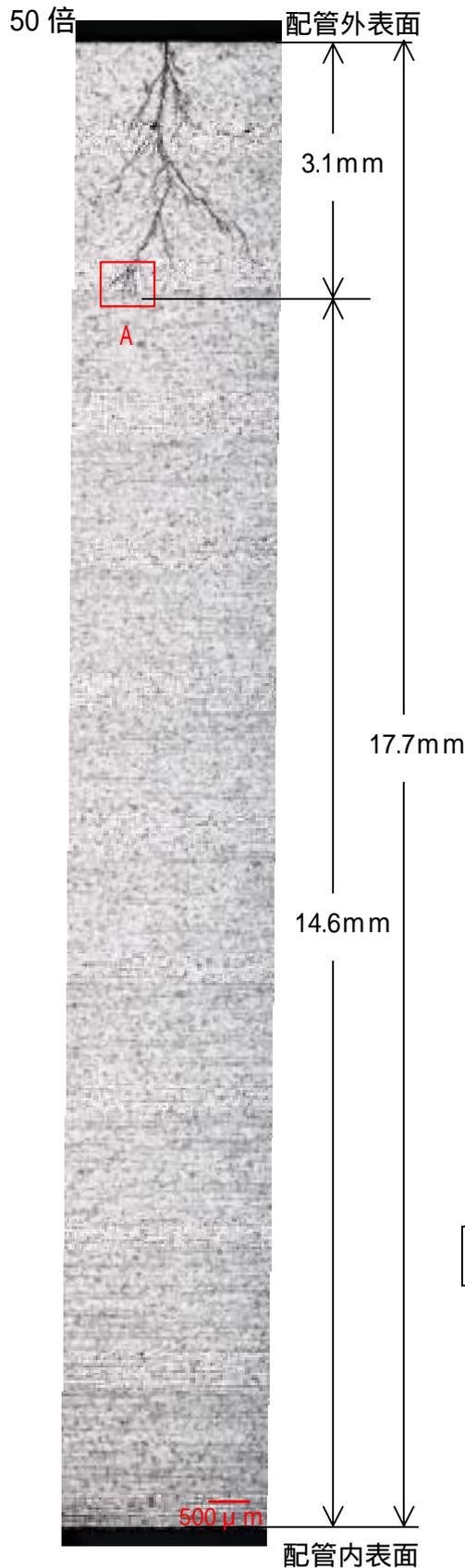
スンプ観察結果



傷の形態は樹枝状であり、枝分かれした粒内割れが認められた。
また、外表面にピットが認められた。

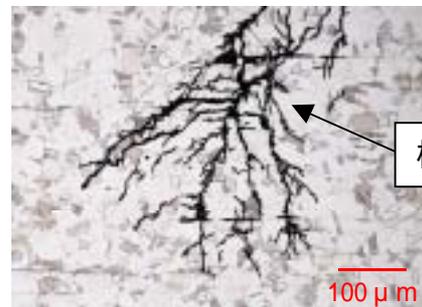


金属調査結果 (ひび割れ 断面ミクロ観察)

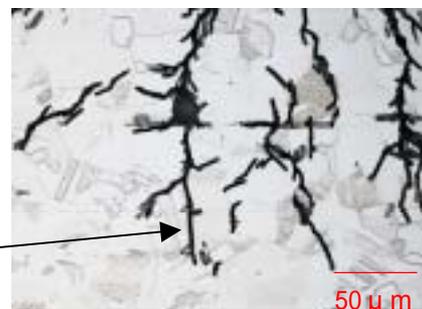


A部拡大

200倍

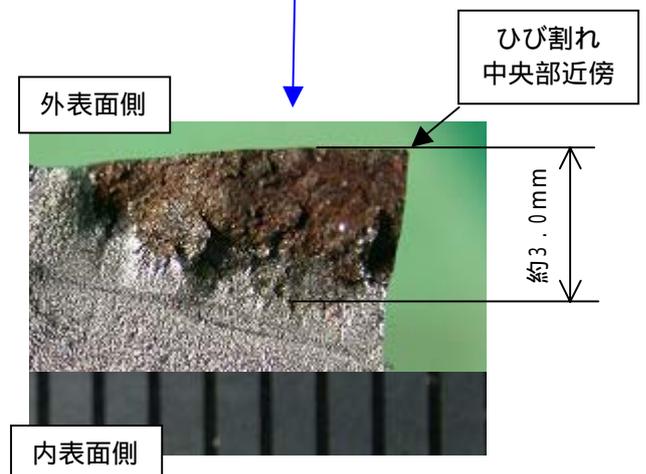
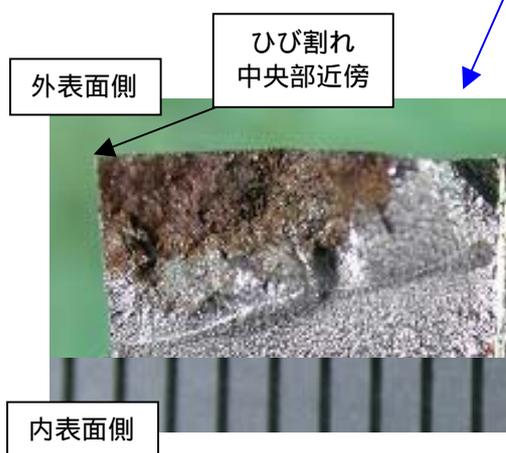
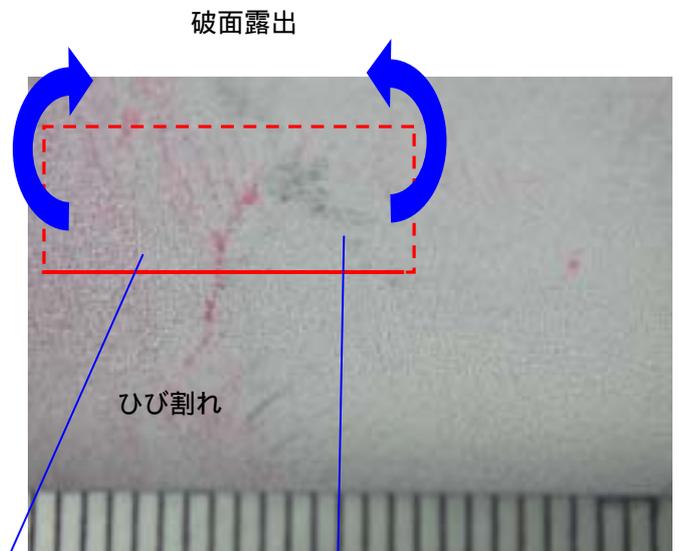
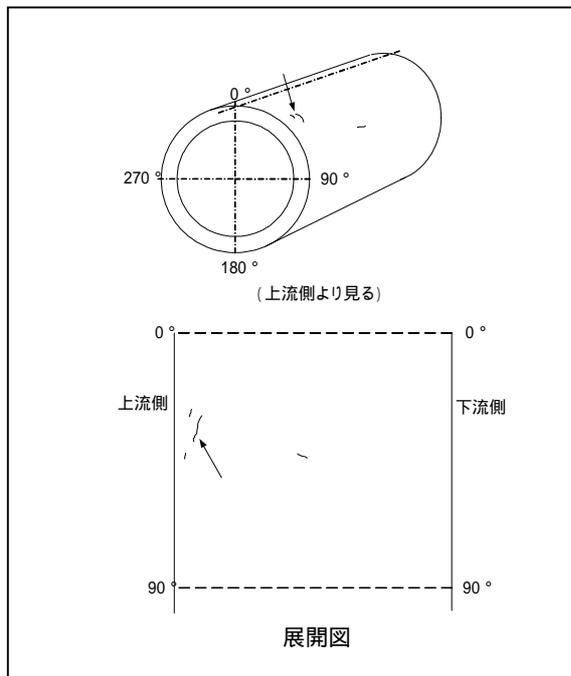


500倍



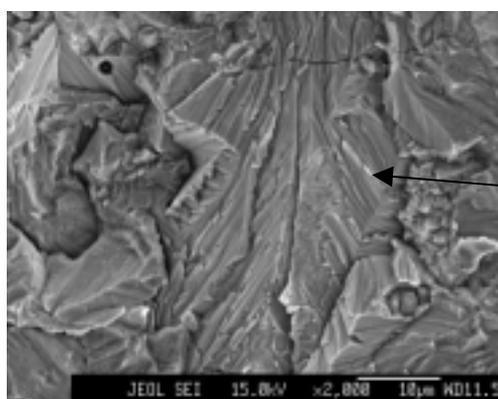
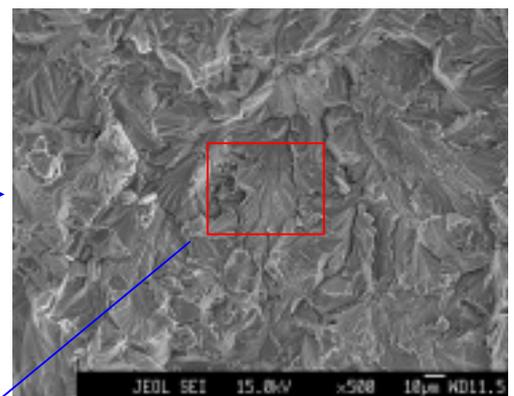
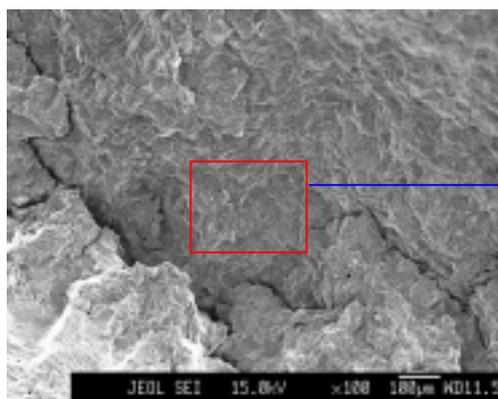
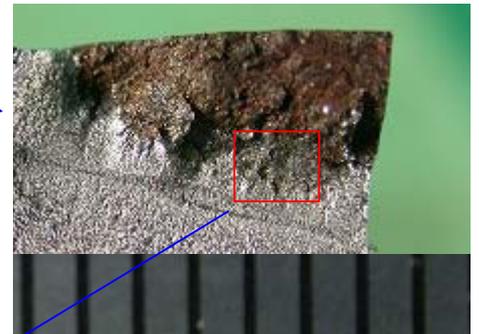
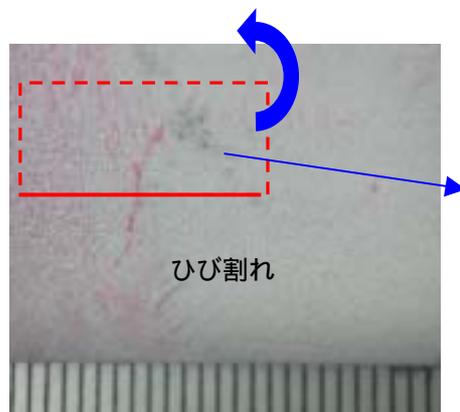
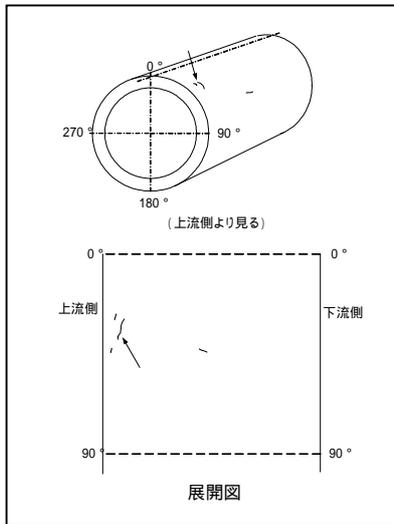
- ・ ひび割れの深さは最大3.1mm、配管の残厚さは14.6mmであり、計算上必要厚さ12.91mmを満足している。
- ・ ひび割れの形態は粒内割れであり、枝分かれた微小な分岐が多く認められ、塩化物応力腐食割れの特徴を示している。

金属調査結果 (ひび割れ 破面マクロ観察)



破面の色調は、配管外表面側ほど濃い褐色であり、ひび割れが外表面で発生し、進展したものと推定される。

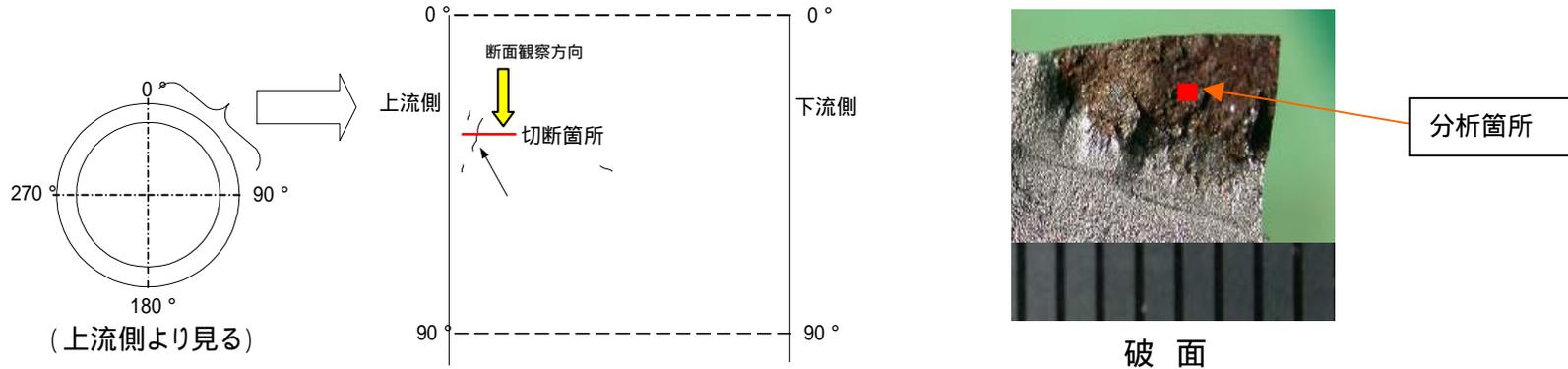
金属調査結果 (ひび割れ 破面SEM観察)



羽毛状破面あり

塩化物応力腐食割れに特有の羽毛状破面が認められた。

金属調査結果(ひび割れ 破面EPMA分析)



EPMA分析画像			
Fe	Cr	Ni	Cl
C	O	Si	Mn

・破面に、塩素の付着が認められた。

これまでに実施した配管付着物調査方法の評価

配管付属品の種類		代表例	当該部の配管点検方法	評価	備考
保温材			取り外して点検		
加温用 電気ヒータ線			取り付けられた状態 で点検		旧タイプは取り 外して点検
系統表示板			取り外して点検		
配管サ ポート	Uボルト		取り付けられた状態 で点検		
	ボルト締め サポート クランプ		取り外して点検		
	溶接構造 スライド サポート (2方向拘束)		取り外し不可能な ため、非拘束方向 から点検		
	溶接構造 スライド サポート (4方向拘束)		取り外し不可能な ため、隙間を覗き 込むように点検		当該サポート

;十分に確認ができる
;十分な確認ができない可能性がある