

原子力発第02088号
平成14年11月8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

伊方発電所第1号機充てんポンプパッキンリーク水戻り
配管からの漏えい他4件にかかる報告書の提出について

平成14年9月2日に発生しました伊方発電所第1号機充てんポンプパッキンリーク水戻り配管からの漏えい他4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1号機

充てんポンプパッキンリーク水戻り配管からの漏えいについて

平成14年11月
四国電力株式会社

1. 件名

伊方発電所第1号機

充てんポンプパッキンリーク水戻り配管からの漏えいについて

2. 事象発生の日時

平成14年9月2日 15時15分頃(確認)

3. 事象発生の設備

充てんポンプ1Cパッキンリーク水戻り配管

4. 事象発生時の運転状況

通常運転中(出力573MW)

5. 事象の概要

伊方発電所第1号機は、通常運転中(出力573MW)のところ、平成14年9月2日15時15分頃、充てんポンプ1Cのパッキンリーク水戻り配管よりわずかな漏えい(5秒間に1滴程度)があることを運転員が発見した。

このため、予備の充てんポンプ1Aを起動し、同1Cを停止するとともに当該配管の隔離を実施し、漏えいが発生した部分の配管を継手を使用せず配管を曲げ加工とし、直管部にて突き合わせ溶接を施した新配管に取替えて通常状態に復帰した。

なお、本事象によるプラントの運転への影響及び周辺環境への放射能の影響はなかった。
(添付資料-1)

6. 事象の時系列

9月2日

15時15分頃 充てんポンプ1Cのパッキンリーク水戻り配管よりわずかな漏えいを確認

16時22分 充てんポンプ1A起動

16時44分 充てんポンプ1C停止

18時00分 充てんポンプ1C隔離完了

20時08分 漏えい停止確認

9月6日

9時00分 漏えい部配管の取替作業開始

12時35分 配管溶接作業完了

14時30分 液体浸透探傷検査終了

15時27分 耐圧検査終了

9月7日

13時30分 通水確認完了・通常状態に復帰

7. 調査結果

配管漏えいの原因を究明するため、以下の調査を実施した。

(1) 当該配管の状況調査

a. 配管取替時の調査

当該配管を取替える際、ポンプ側の取合フランジと、当該配管のフランジとの面ずれを計測した結果、面上下方向、水平方向とも約6.5mmあった。

b. 配管漏えい部の詳細調査

(a) 外観目視観察

漏えい箇所近傍の外表面、内表面について外観目視観察を行った結果、ともに腐食等の異常は認められず、また、割れ等の開口部は肉眼では確認できなかった。

(b) 液体浸透探傷検査

液体浸透探傷検査を実施した結果、外表面では溶接部に長さ約5mmの範囲内に複数の指示が確認された。
(添付資料 - 2)

(c) 破面のマクロ観察

管継手および配管を切断し、破面のマクロ観察を実施した結果、破面は比較的平坦な扇状の形をしており、溶接部の内表面側より外表面の方が狭く、内表面側で円周方向長さ約20mm、外表面側で円周方向長さ約10mmの範囲に渡っていた。また、溶接ルート部には、わずかな(深さ約0.1mm)溶け込み不足の存在が確認された。
(添付資料 - 3)

(d) 走査型電子顕微鏡による破面観察

破面を走査型電子顕微鏡を用いて観察した結果、破面のなめらかな部分の随所に縞模様が観察されたが、明確なストライエーションは認められなかった。
(添付資料 - 4)

(e) 材料調査

破面の電子線マイクロアナライザ分析の結果、破面に存在する主要な元素は、通常、溶接金属中に含まれるFe, Cr, Ni, C, O, Si, Sであり、また、Ni(ニッケル)は約9%、Cr(クロム)は約15%含まれており、異常は認められなかった。

(f) 断面のミクロ観察

破断面近傍の溶接部の縦断面のミクロ組織を観察した結果、熱影響部において結晶粒の粗大化は認められなかった。また、配管母材の金属組織はオーステナイトであり、異常な組織は認められなかった。
(添付資料 - 5)

(g) 硬さ測定

溶接部近辺の母材、熱影響部、溶接金属部の硬さをビッカース硬度計によって測定した結果、最大HV180～最小HV146であり、特に異常な硬化は認められなかった。

c . 当該配管の振動調査

(a) 当該部における振動測定 (充てんポンプ 1 C 停止前に実施)

当該部における振動測定の結果、上下方向に最大106 μm の振動変位が測定され、上下方向振動の卓越周波数は40Hzであった。

(b) 固有振動数の測定

タッピング試験を実施した結果、当該配管の固有振動数は38.5Hzであった。充てんポンプ運転による脈動の振動周波数が9Hz以下であることを考慮すると、共振のおそれはないと考えられる。

(c) 当該部における発生応力および応力繰り返し数の推定

振動変位測定結果より算定した繰り返し応力に配管の内圧、自重および面ずれによる平均応力を考慮すると当該部においては、約187MPaの応力振幅が発生していたものと推定される。

一方、当該部における応力繰り返し数は、当該配管を設置してから漏えいに至るまでの充てんポンプ 1 C の運転時間と、上下方向振動の卓越周波数から 10^9 回以上であったものと推定される。

発電用原子力設備に関する構造等の技術基準の設計疲れ線図によれば、応力繰り返し数 10^9 回における疲労強度下限値は約190MPaであり、当該部における発生応力は疲労強度下限値にほぼ達していたものと推定される。

(d) 他系統の振動測定

充てんポンプ 1 A、1 B のパッキンリーク水戻り配管について、充てんポンプ 1 C の当該箇所と同位置の振動変位を測定した結果、最大33 μm (1 A)、44 μm (1 B) であった。これに充てんポンプ 1 C の当該配管と同程度の内圧、自重及び面ずれがあったと仮定し、応力振幅を算定した結果は、約58MPa (1 A)、54MPa (1 B) であり、当該配管材料の疲労限より小さく十分な疲労強度を有することを確認した。

(2) 当該配管設置に関する調査

当該配管は、充てんポンプパッキンの信頼性向上対策の一環として、従来ドレンされていた充てんポンプ軸封部の一次パッキンより漏えいする系統水を、再び充てんポンプの吸込側に戻すことにより、ドレン発生量の低減、および二

次パッキンにかかる圧力の軽減を目的に第17回定検（平成10年1月～6月）において設置した。なお、設置時には、溶接部の非破壊検査（液体浸透探傷検査）は実施していたが、振動測定は実施していなかった。

（3）ポンプ運転状態の調査

充てんポンプは、3台中1台を2か月毎に順次切り替えながら連続運転しており、漏えい発見時は、充てんポンプ1Cが運転中であり、充てんポンプ1A、1Bは待機中であった。

8．推定原因

本事象の原因は、ポンプ運転に伴い、配管振動により発生した繰り返し応力が当該部に加わり、疲労による割れが生じ、漏えいに至ったものと推定される。

9．対 策

（1）当該配管を新品に取替えた。新配管は、ソケット溶接部をより疲労強度に優れた曲げ管に変更するとともに、念のため振動測定を実施し、振動が十分小さいことを確認した。

（2）充てんポンプ1A、1Bのパッキンリーク水戻り配管に関しても振動測定を実施し、振動変位が小さく、疲労強度に対して十分余裕があることを確認した。

以 上

用語解説

1．溶接ルート

溶接部の断面において溶接部の底と部材面とが交わる点。

2．ストライエーション

電子顕微鏡による破面観察において、疲労破壊の特徴的な破面として認められる繰り返し応力のサイクル毎に形成された縞模様。

3．電子線マイクロアナライザ

非常に細く絞った電子線を試料に照射し、分析エリアから発生する各元素に特有なX線（特性X線）を検出することで、試料の微量分析（元素同定、定量分析および化学物特定など）を行う装置。

4．ビッカース硬さ

正四角錐ダイヤモンド圧子を用い、試験片の表面にくぼみをつけたとき、くぼみの対角線の長さを測り表面積を求め、荷重をこの表面積で割った単位面積当たりの荷重をもって硬さとする試験。

添 付 資 料

添付資料 - 1 . 伊方発電所第 1 号機 充てんポンプ周り概略図

添付資料 - 2 . 液体浸透探傷検査結果

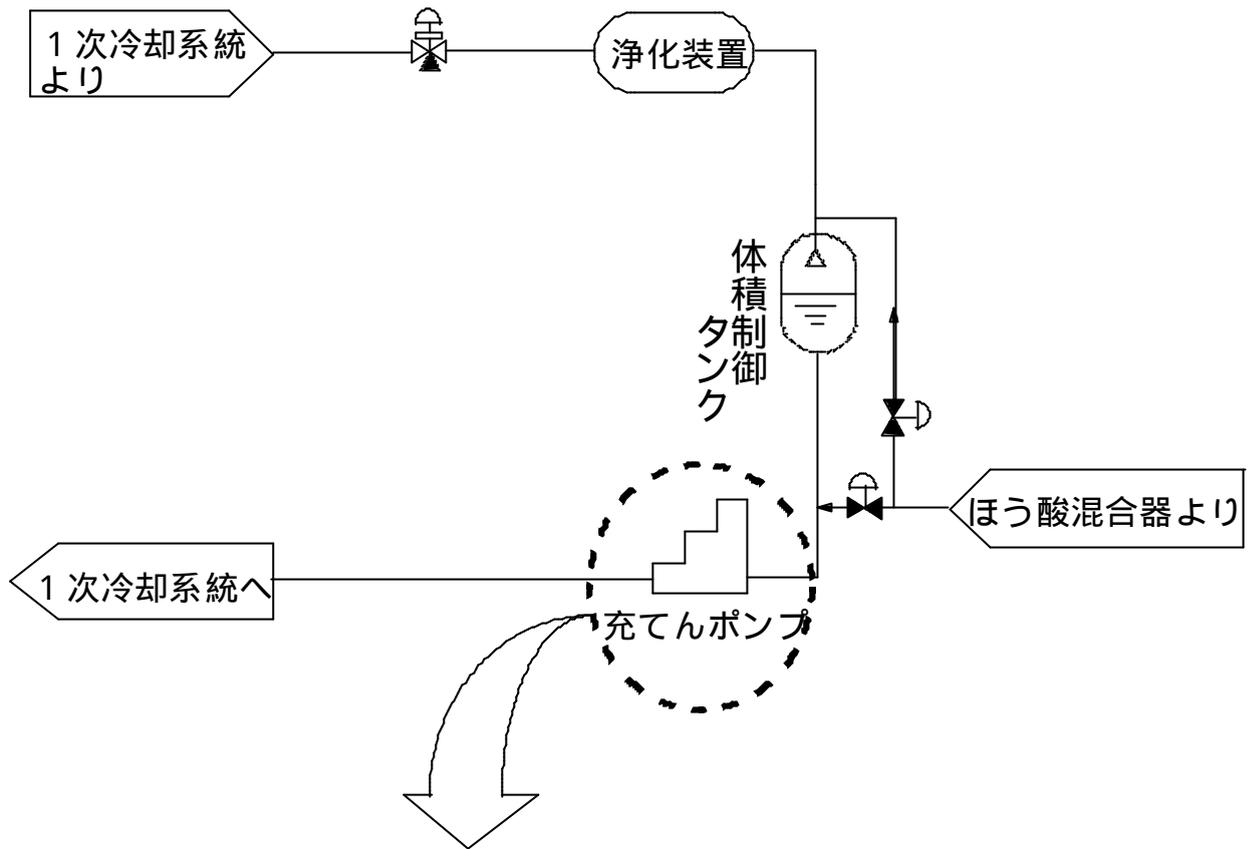
添付資料 - 3 . 破面のマクロ観察結果

添付資料 - 4 . 走査型電子顕微鏡による破面観察結果

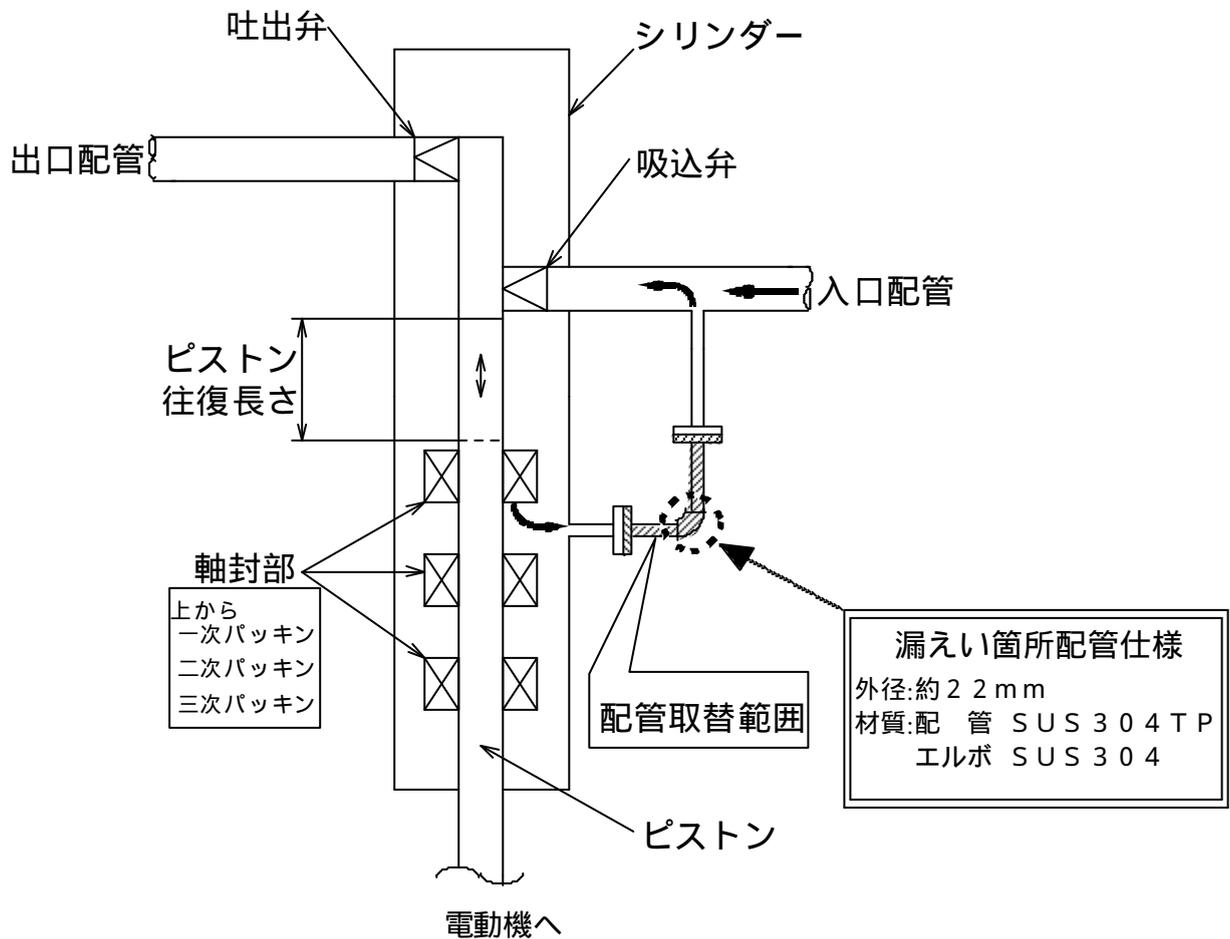
添付資料 - 5 . 断面のミクロ観察結果

伊方1号機 充てんポンプ廻り概略図

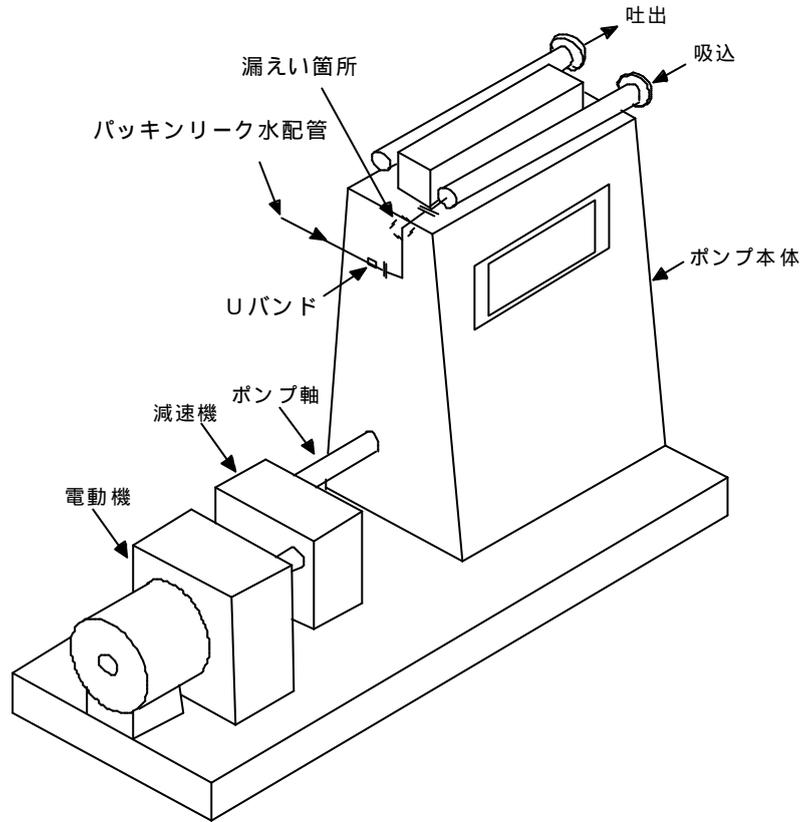
充てんポンプ廻り概略系統図



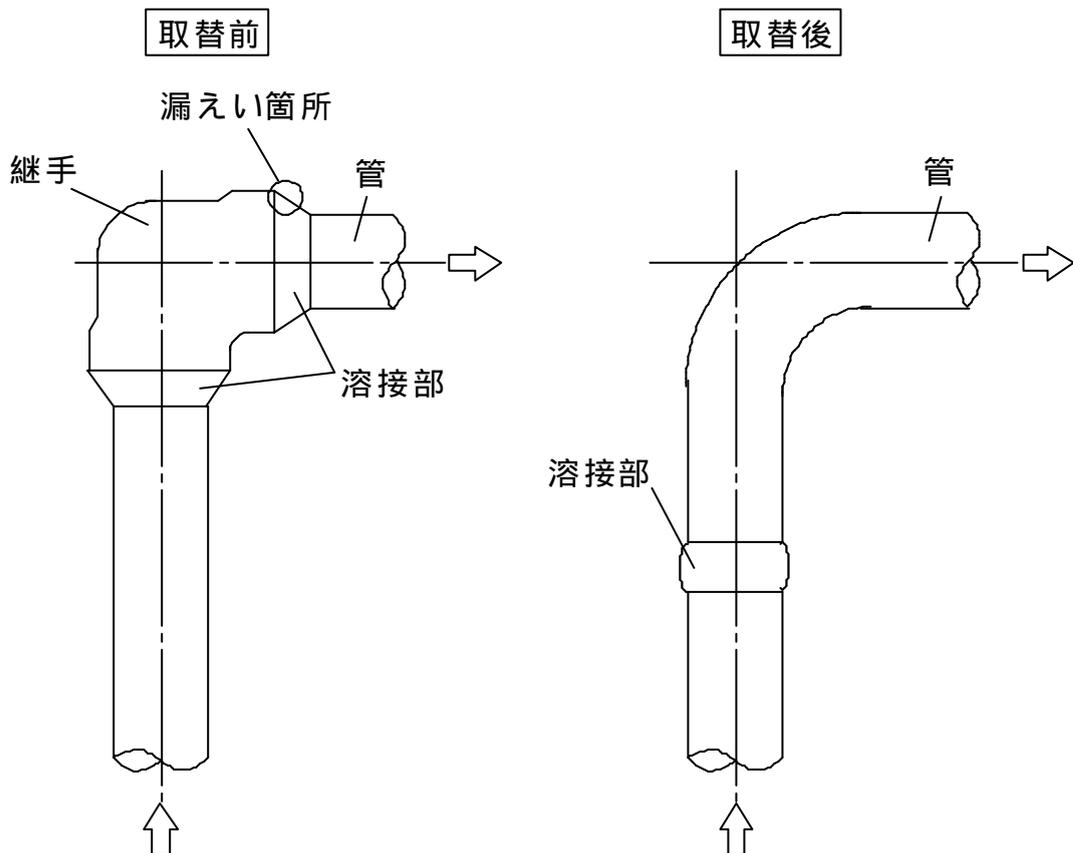
充てんポンプパッキンリーク水戻り配管概略図



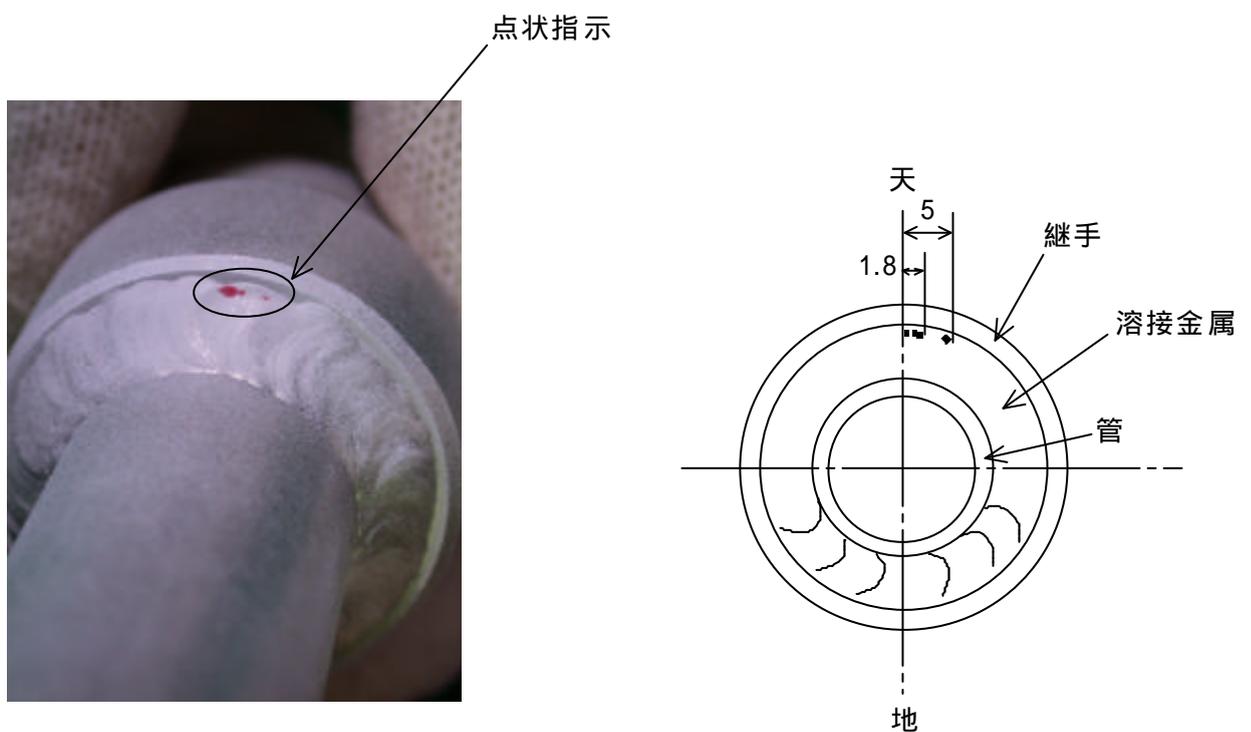
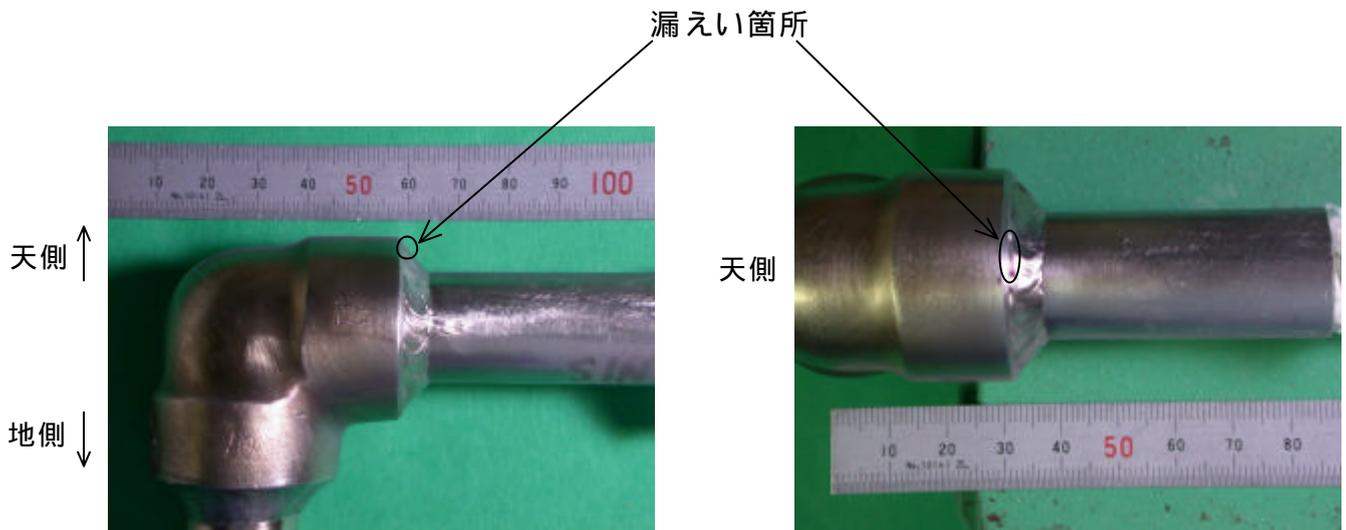
充てんポンプ 1 C 外形図



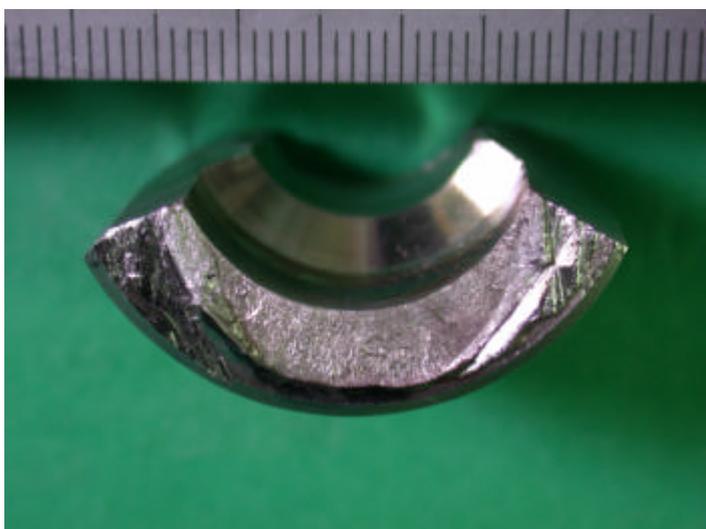
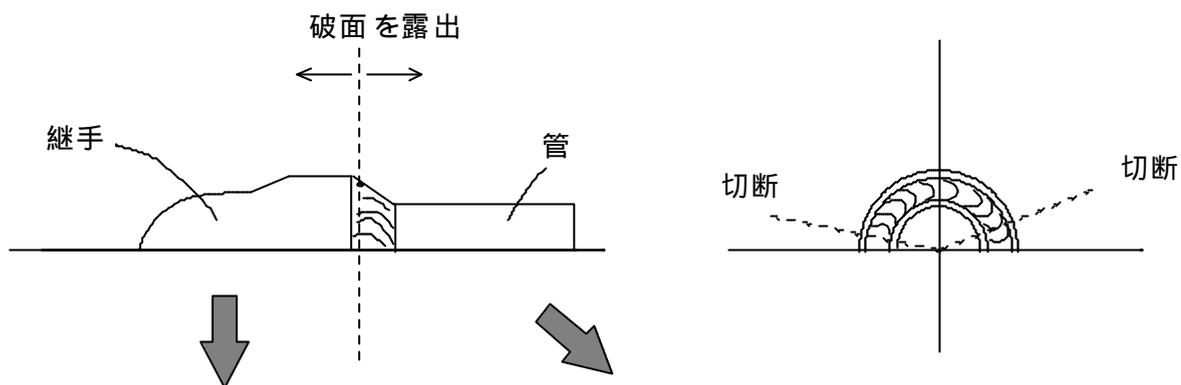
取替配管概略図



液体浸透探傷検査結果



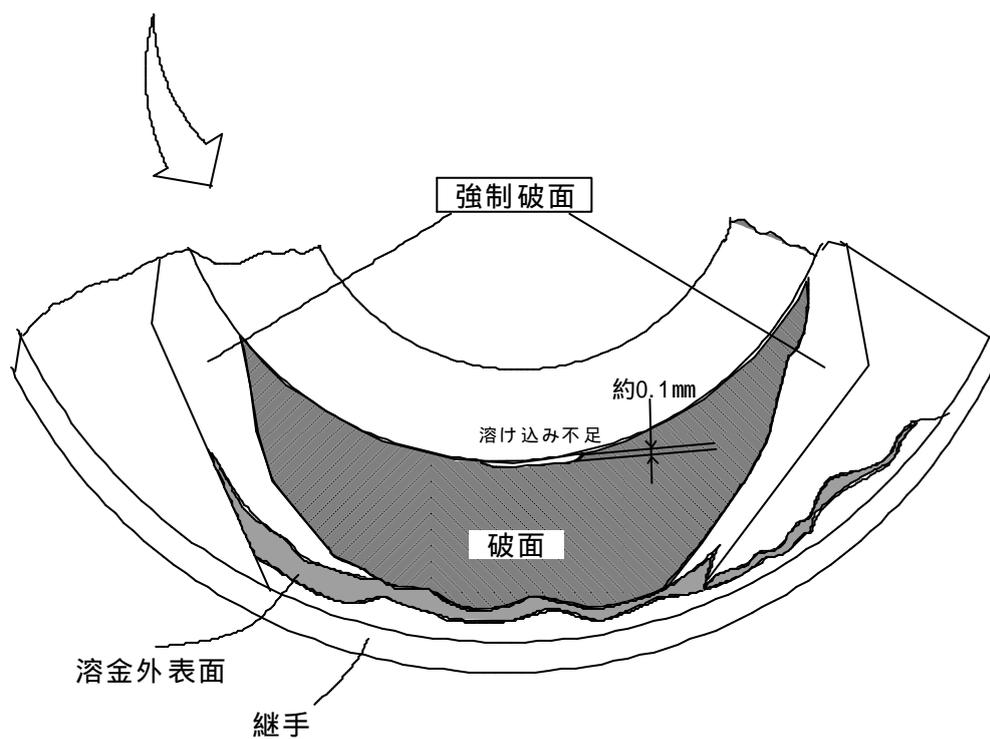
破面のマクロ観察結果



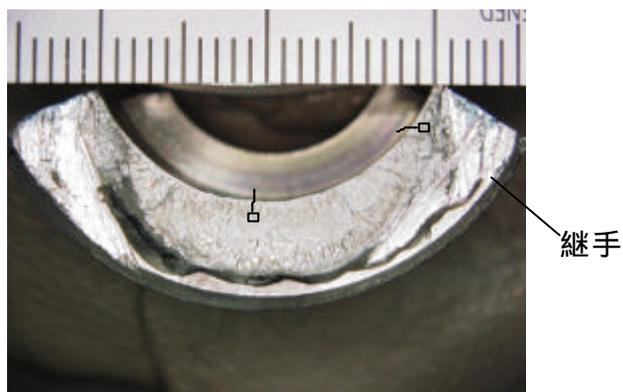
破面 (継手側)



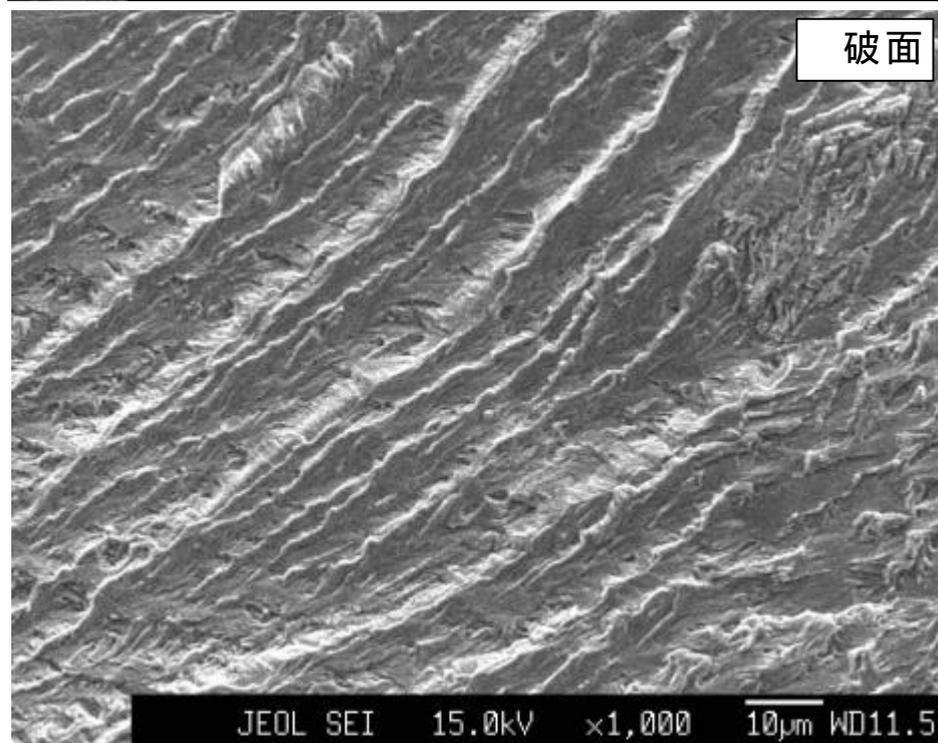
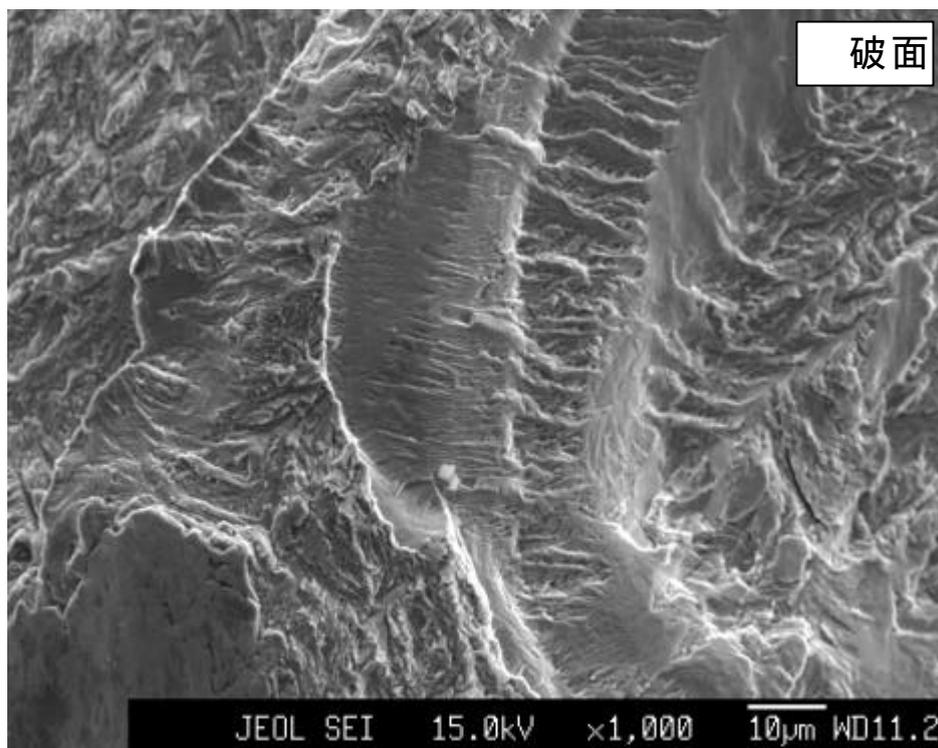
破面 (管側)



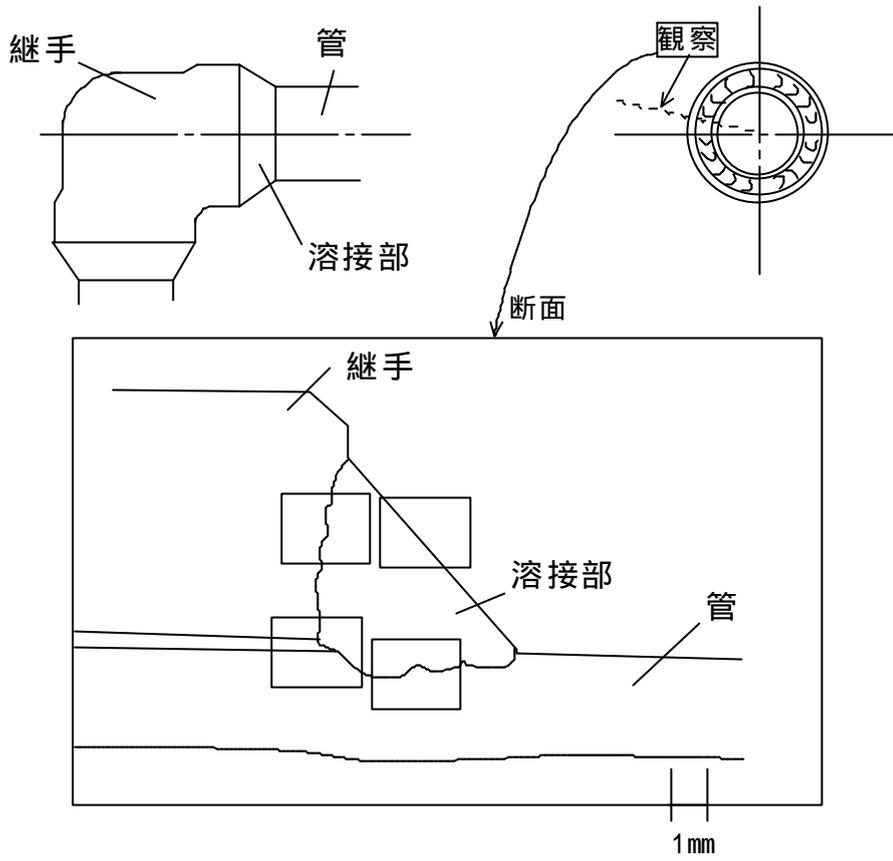
走査型電子顕微鏡による破面観察結果



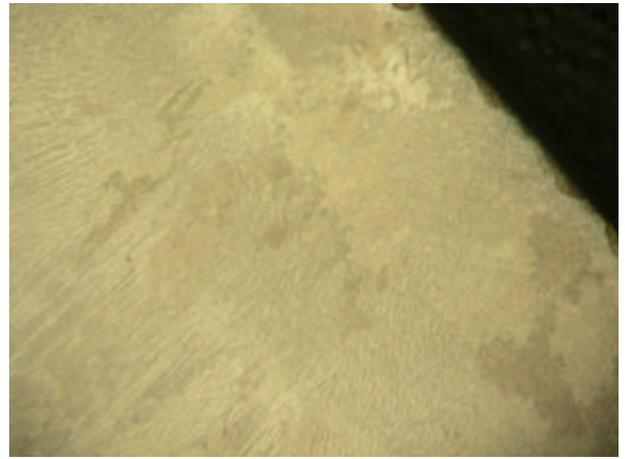
破面観察位置



断面のミクロ観察結果



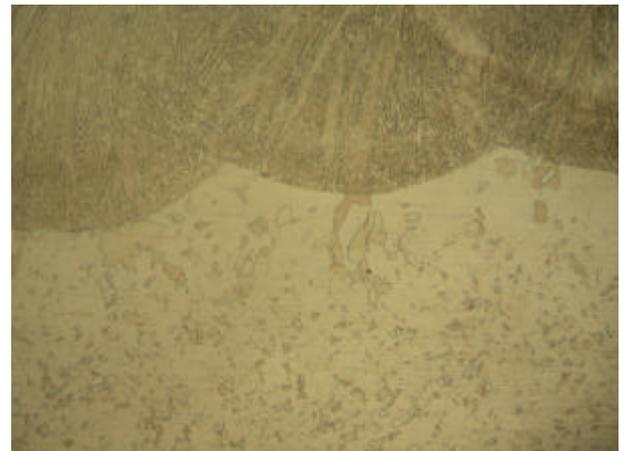
1mm



1mm



1mm



1mm