

伊方発電所第 2 号機
余熱除去系統配管のひびについて

平成 1 6 年 7 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ひびについて

2. 事象発生の日時

平成16年 5月20日 9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17回定期検査中（平成16年4月21日より）

5. 事象の概要

伊方発電所第2号機第17回定期検査において、余熱除去系統の配管取替工事で、再使用する余熱除去系第二入口弁（2-8701B）の出入口接続配管の健全性を確認するため、液体浸透探傷検査（以下、「PT」という）を実施したところ、5月20日9時30分頃に1箇所には有意な指示を確認した。

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）外観およびPT結果

- ・ 有意な指示が認められた箇所は2-8701B出口側配管であり、溶接線から約80mm離れた位置であった。
- ・ 配管外表面には、内部流体の析出物やテープ等の付着物は認められなかった。
- ・ PTを実施した結果、巾約30mm、長さ約50mmの範囲に、最大長さ6mmの線状指示と多数の点状の指示（最大で直径約1.5mm）が認められた。また、指示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。

（添付資料 - 2）

（2）破面等調査

ひびの状況を破面観察等により詳細調査を実施した結果、以下のことが確認された。

- ・ 配管内面からのPTの結果、有意な指示は認められなかった
- ・ ひび部の破面観察の結果、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 - 3）

- ・ 断面ミクロ観察及び破面観察の結果、ひびの深さは最大のもので配管外表面から2.7mmのところまで進展していたが、計算上必要厚さの4.26mm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、ひびの形態は粒内割れであり、枝分かれし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た。

（添付資料 - 4）

- ・ひび部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、分析したひびの起点部、中央部、先端部に塩素が認められた。

(添付資料 - 5)

以上からひびの原因は塩化物応力腐食割れと推定される。

(3) 運転状況の調査

余熱除去系統は、原子炉起動・停止操作時及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。

(4) 保修状況の調査

今回ひびが発見された箇所は平成 1 3 年の第 1 5 回定期検査において付着物調査を実施しているが、テープ (テープ跡) は発見されていない。

P T で有意な指示が認められた箇所に付着物は認められなかったが、P T 指示が認められた範囲がほぼ長方形であり、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、これまでの保修においてテープを完全に除去した可能性について調査した結果、以下のことが判明した。

- ・これまでも事例があるが、2号機建設当時は塩化ビニールテープを配管識別用として使用しており、当該部にテープを貼り付けた可能性がある
- ・当該部は保温が施工されており、保温を外してテープを完全に除去するのは、定期検査時の配管の供用期間中検査 (以下、「 I S I 」という) が考えられる
- ・当該部近傍の溶接線は、I S I として計画的に P T を実施しているが、その際には P T を行う溶接線の前後約 3 c m について、前処理作業として表面磨きを行うとともに、前後約 2 0 c m 程度の範囲については入念な付着物等の除去及び洗浄液による洗浄を行っており、テープが洗浄範囲内にあれば、間違いなく除去される
- ・当該部は I S I 対象の溶接線から約 8 c m と近接しており、P T 作業の洗浄範囲に含まれている
- ・当該溶接線は、平成 8 年の第 1 1 回定検時に I S I として P T 作業を実施している

以上から、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、平成 8 年の第 1 1 回定期検査時の I S I に伴う P T 作業の際、テープを完全に除去したものと考えられる。

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た粒内割れが認められ、破面には塩素の付着が認められたこと
- ・ P T 指示範囲は長方形でテープが貼り付けられていたような形状であり、建設中に配管識別用として塩化ビニールテープを貼り付けられたと考えられること
- ・ 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

から建設中に配管識別用として貼り付けられた塩化ビニールテープが、その後の原子炉起動・停止に伴う高温水の通水により熱分解し、塩化物応力腐食割れが発生したものと推定される。

なお、第15回定期検査（平成13年）からは、1号機充てん配管の漏えい事象を受けて、テープ類を完全に除去しP Tを実施することを徹底するとともに、付着物調査を行ってきたが、それ以前の第11回定期検査（平成8年）のI S IでのP T作業の際に、当該部位のテープを完全に除去してしまったため、付着物調査時にはその痕跡を発見できなかったものと推定される。

8．類似事象の調査

I S I 作業のように付着物を完全に除去する可能性のある作業について調査を実施した結果、配管取替工事が抽出された。

すなわち、配管取替工事においても既設配管と新設配管の溶接部ではI S Iと同様にP T作業を行うため、既設配管の付着物を除去する可能性がある。

その他の作業において付着物を発見しテープを取り外したとしても、以下のとおりI S I作業のように付着物を完全に除去することはないので、これまで実施してきた付着物調査で発見可能である。

- ・ テープが高温になると配管表面にこげた状態で付着するため、簡単な手入れや洗浄では完全に除去できない
- ・ テープを単に取り外しただけでは糊の成分が残留し、経時的に変色して付着物が残る

9．伊方2号機で実施する対策

（1）ひび割れの認められた当該部位について、配管を取替えた。

（2）今回の事象及びこれまでに発生した塩化ビニールテープによる塩化物応力腐食割れ事象の調査結果に基づき、

- ・ 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があり、かつ、
- ・ テープ類を完全に除去したままで健全性を確認していない可能性がある箇所を抽出し、全数について配管の調査・点検を行った。

（添付資料 - 6）

今回抽出された 296 箇所（溶接部数）全数について P T を実施した結果、異常は認められなかった。

（添付資料 - 7）

- （ 3 ）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については、現在計画的に点検中のものと併せ、次々回定検終了までに、（ 2 ）項と同様の点検又は配管の取替を実施することとする。

なお、今回定検にて格納容器スプレイ系統の 23 箇所（溶接部数）について P T を実施し、異常の無いことを確認した。

（添付資料 - 7）

10．伊方 1，3 号機の対策

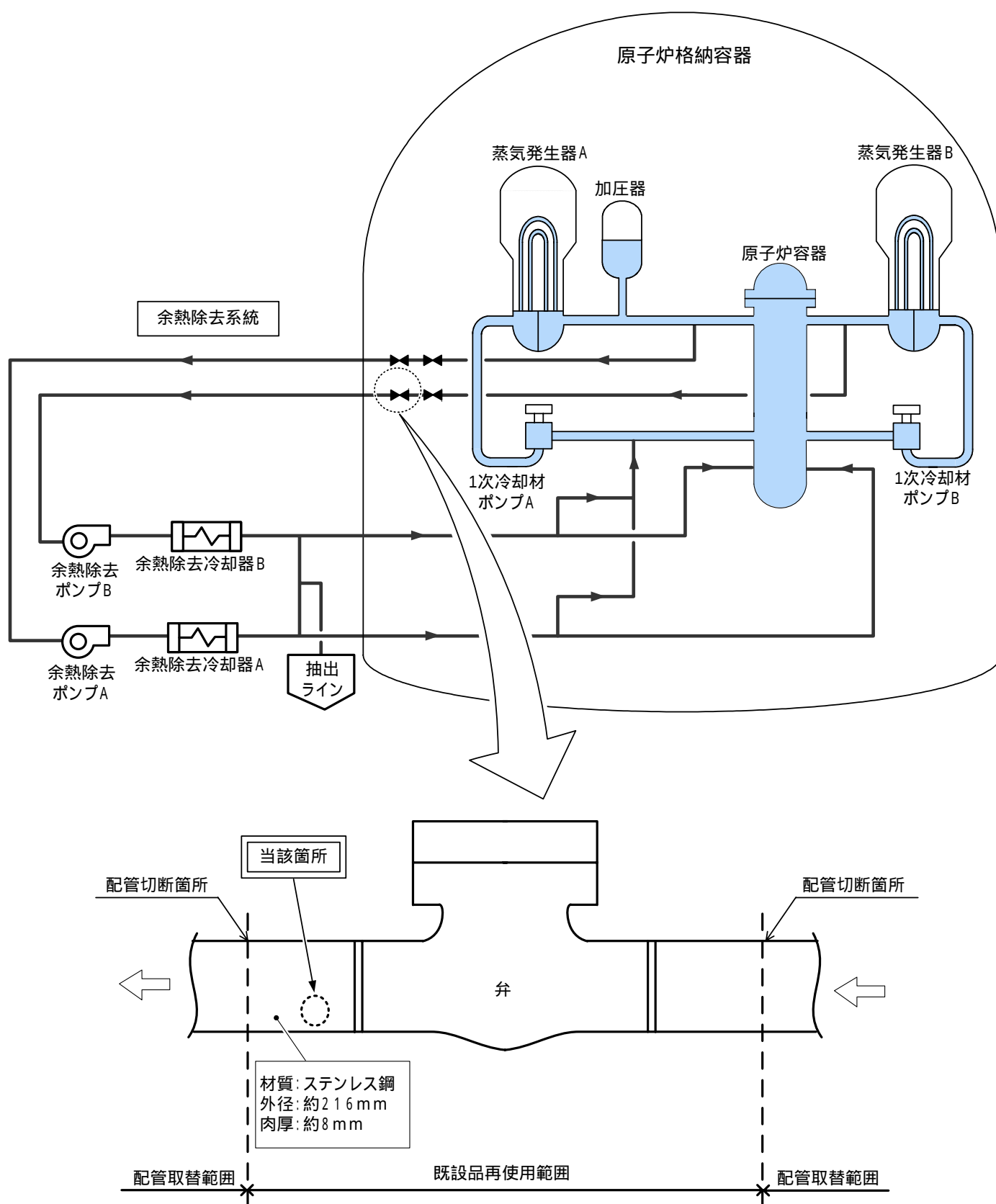
1，3 号機についても、現在計画的に点検中のものと併せ、次々回定検終了までに、2 号機と同様の点検又は配管の取替を実施することとする。

以 上

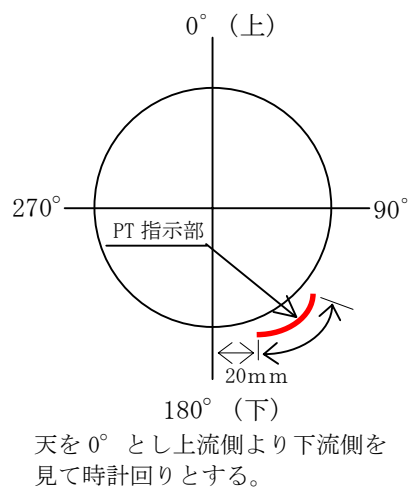
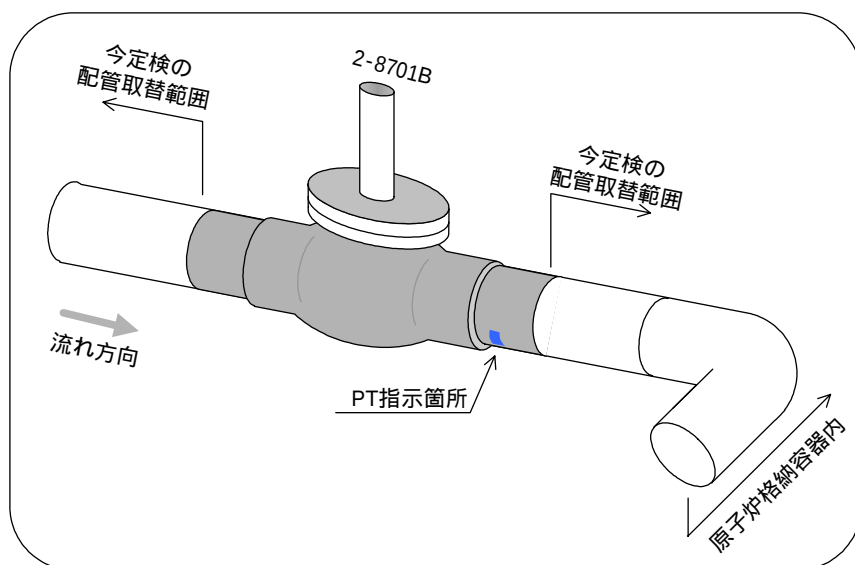
添 付 資 料

添付資料 - 1	伊方発電所 2 号機余熱除去系統概略図
添付資料 - 2	配管外表面の液体浸透探傷検査結果
添付資料 - 3	破面観察結果
添付資料 - 4 (1 / 2)	ひびの深さ調査結果
添付資料 - 4 (2 / 2)	ひびの深さ調査結果
添付資料 - 5	電子線マイクロアナライザ (E P M A) 分析画像 (き裂先端部)
添付資料 - 6 (1 / 2)	点検範囲の考え方
添付資料 - 6 (2 / 2)	水平展開フロー
添付資料 - 7	今回定検 (2 - 1 7) での調査・点検結果

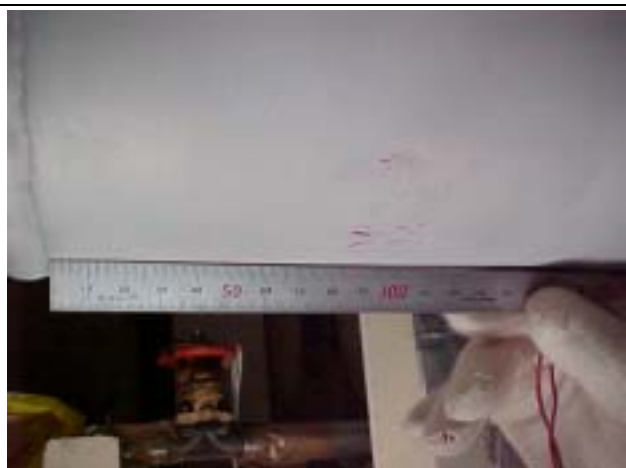
伊方発電所2号機余熱除去系統概略図



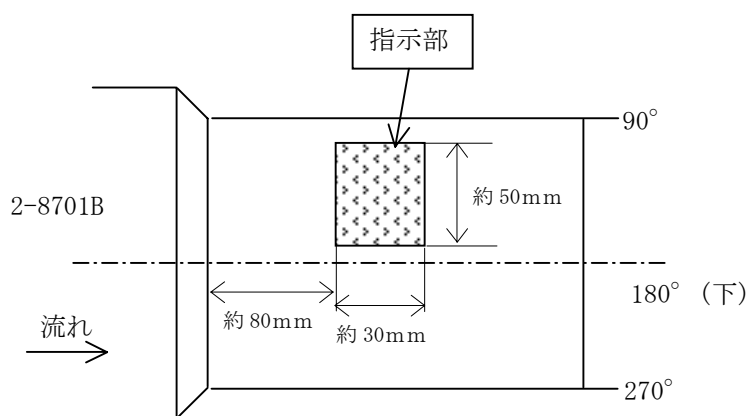
配管外表面の液体浸透探傷検査結果



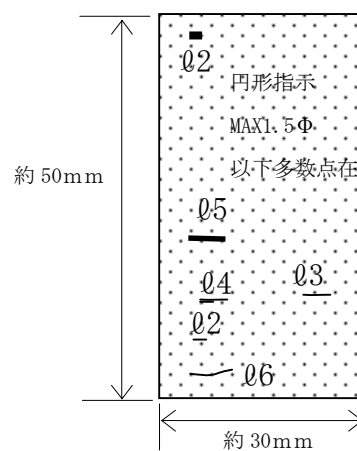
P T 指示観察状況



指示部拡大

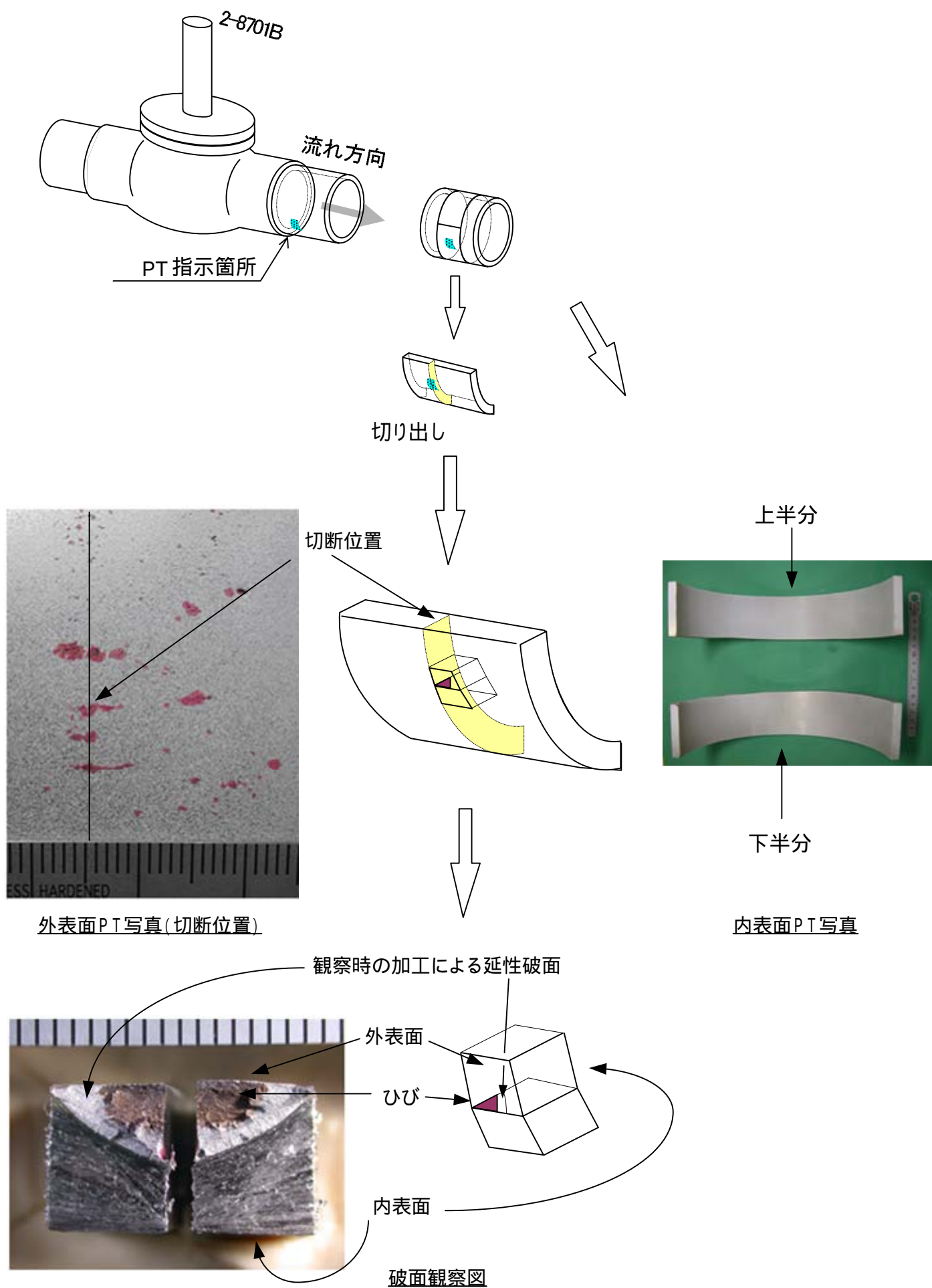


天を 0° とし上流側より下流側を見て時計回りとする。

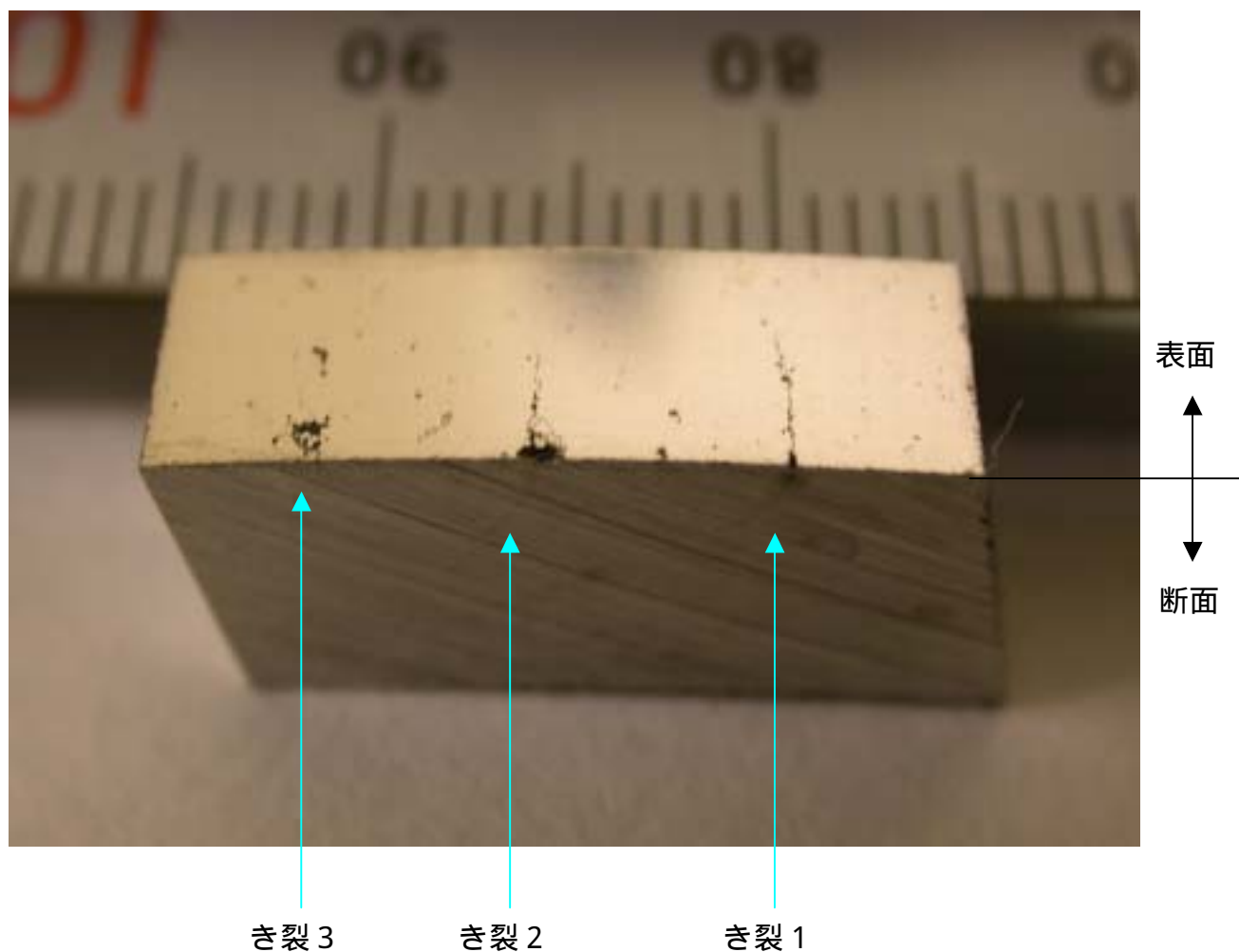


主な指示模様

破面観察結果



ひびの深さ調査結果



配管仕様

材質：ステンレス鋼 (S U S 3 0 4 T P)

外径：2 1 6 . 3 mm

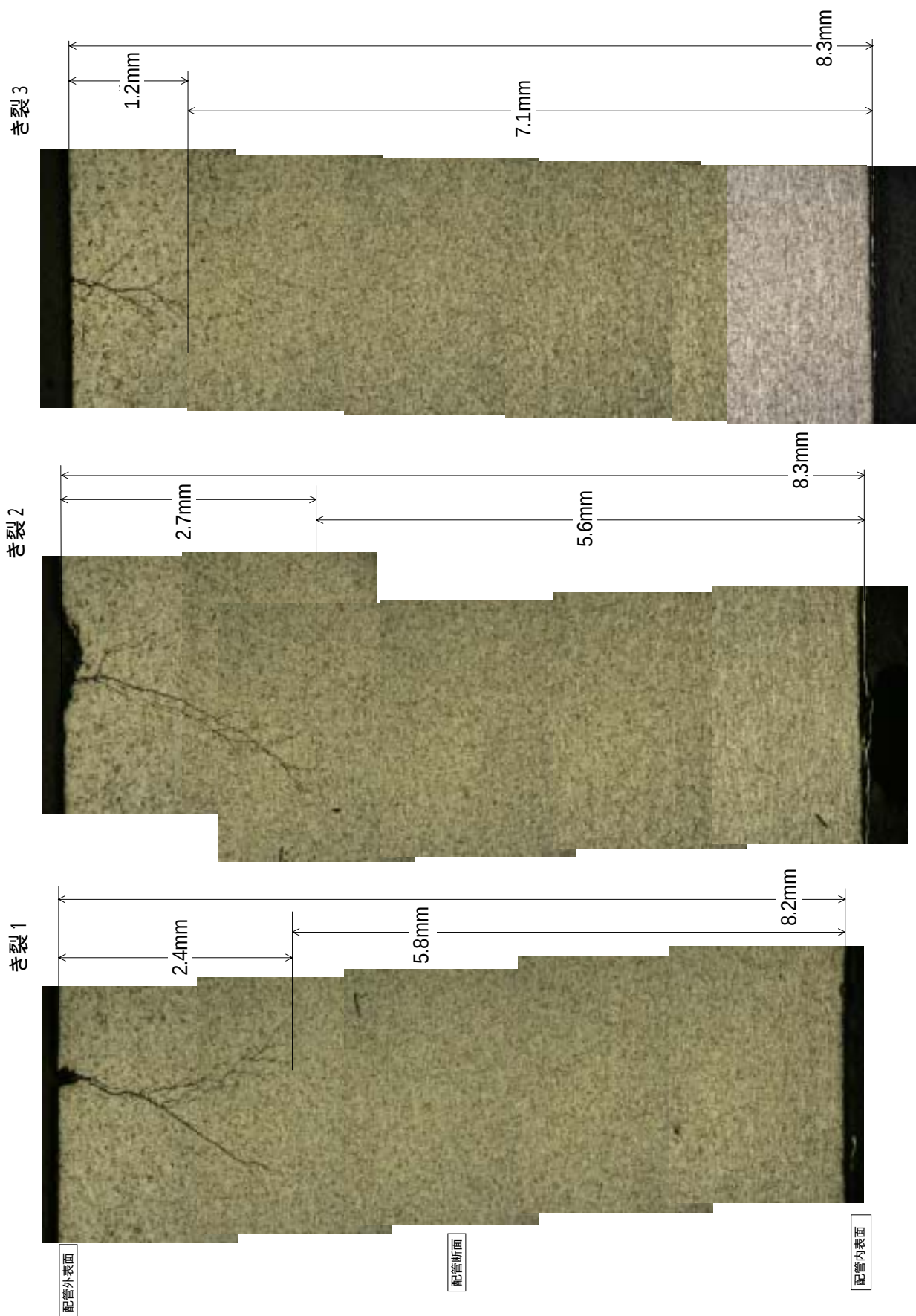
内径：1 9 9 . 9 mm

肉厚：8 . 2 mm

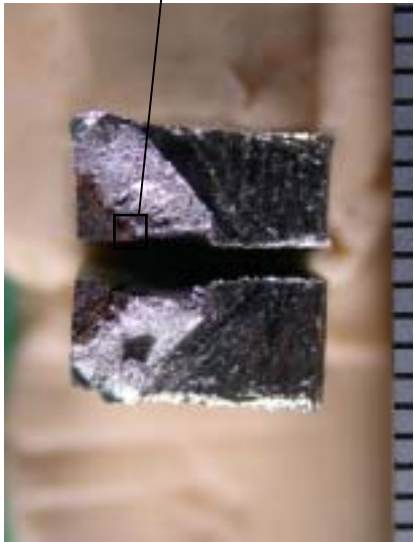
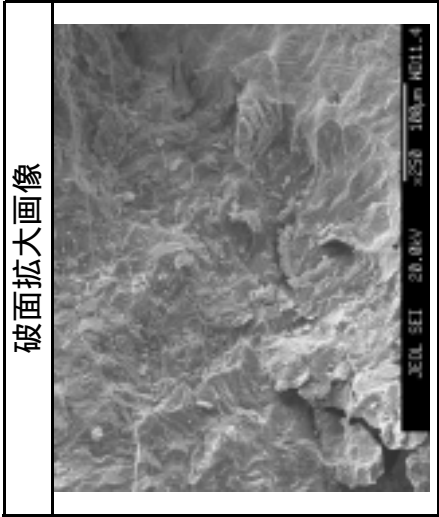
計算上必要厚さ：4 . 2 6 mm

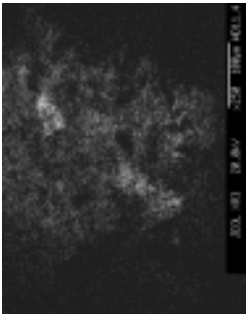
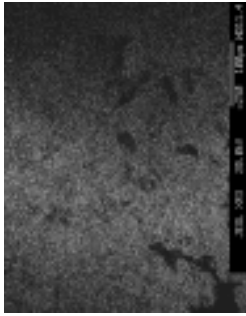
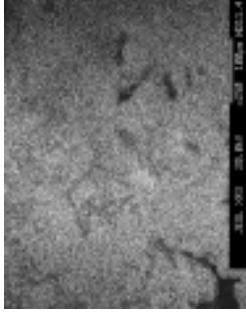
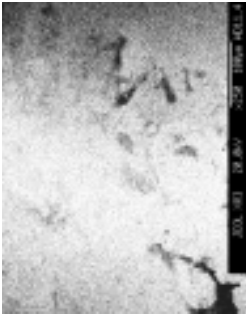
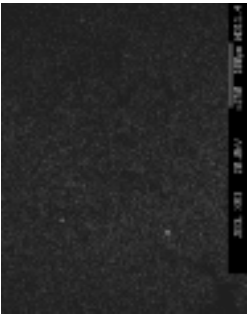
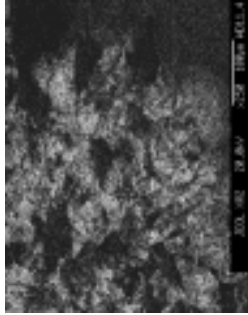
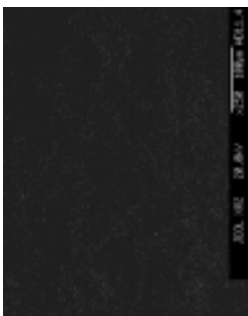
き裂部位	き裂部の残留厚さ (mm)	備考
き裂 1	5 . 8	添付資料 - 4 (2 / 4)
き裂 2	5 . 6	添付資料 - 4 (3 / 4)
き裂 3	7 . 1	添付資料 - 4 (4 / 4)

ひびの深さ調査結果



電子線マイクロアナライザ(EPMA)分析画像 (き裂先端部)



		Na	Cl	Ni	Cr	Fe
	検出されず					
	Ca					

点 検 範 囲 の 考 え 方

1 . 調 査 ・ 点 検 の 範 囲

今回の事象及びこれまでに発生した塩化ビニールテープによる塩化物応力腐食割れ事象の調査結果に基づき、

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がある系統

- ・ 100 ～ 250 で加熱されるライン及び250 以上で短時間
(累計300時間以内) 加熱されるライン (系統区分： A)
- ・ 高温配管に接続され、高温流体が流入する可能性があるライン
(系統区分： B)

塩化物応力腐食割れ発生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 (系統区分： C)

のうち、テープ類を完全に除去したままで健全性を確認していない可能性がある箇所について配管の調査・点検を行う。

具体的には , の範囲の系統のうち、1号機充てん配管の漏えい事象を受けてテープ類を完全に除去し、PTを実施することを徹底した平成13年より前の定期検査(初回～第14回定検)でISIを行っている箇所及び配管取替を行っている箇所を対象とする。

「添付資料 - 6 (2 / 2) 参照」

2 . 調 査 ・ 点 検 の 方 法

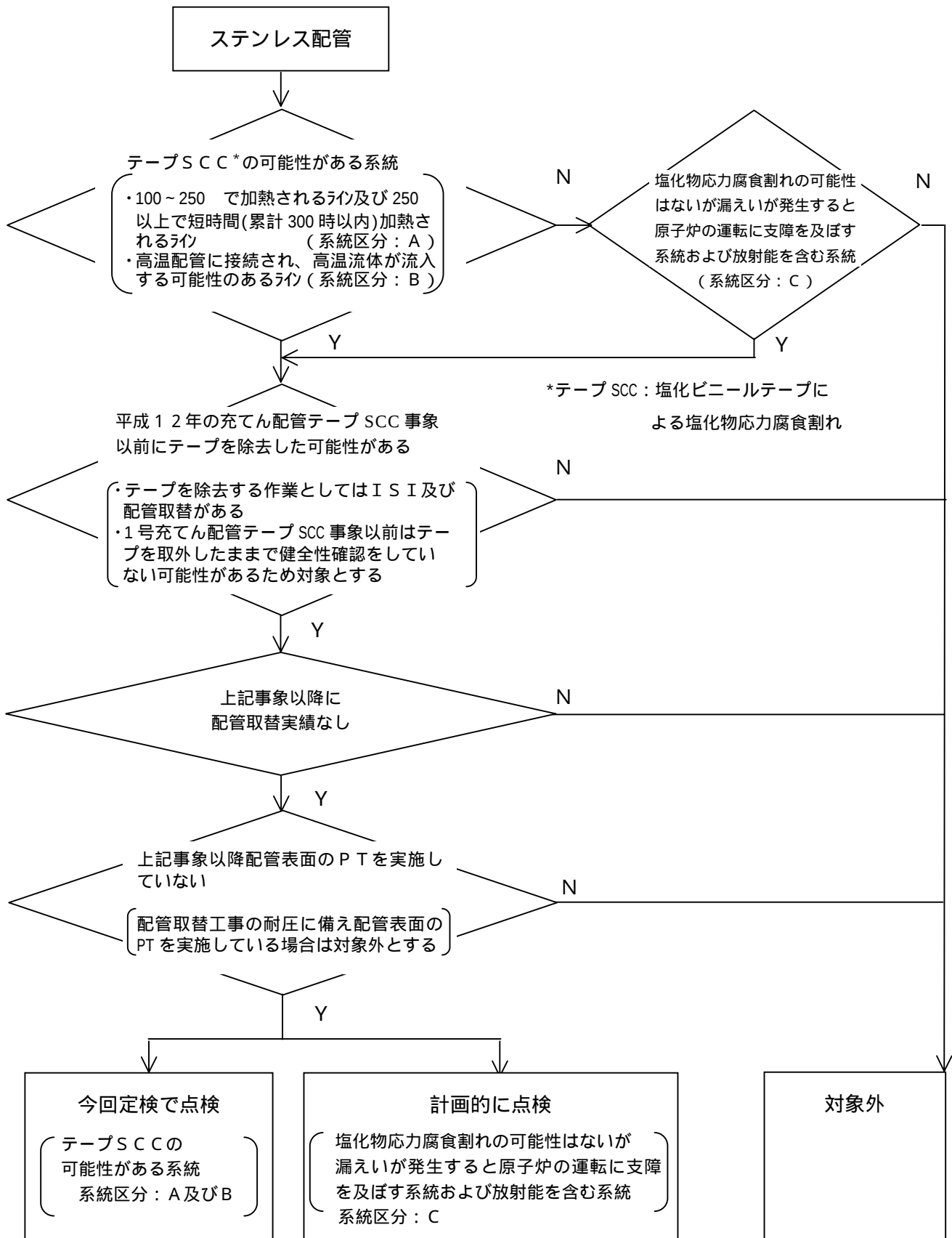
以上の対象箇所について次の方法により点検を行う。

定期検査時のISIはPT又は超音波探傷検査(UT)を実施しており、検査対象箇所は溶接線前後に約20cm程度の範囲について付着物の除去及び洗浄を行うことから、安全側に余裕を見て溶接線前後それぞれ約50cmの範囲について、テープ跡等の付着物の有無を点検するとともに配管外表面全面のPTを実施する。

ただし、溶接線の片側が弁の場合、その弁本体は配管のようになめらかではなく、もし、テープを取外したとしてもテープ跡を完全に除去することはできず目視で確認できるため、弁側は弁本体部を除いた範囲についてPTを実施する。

また、配管取替範囲のうち既設配管との取り合い部についてはISI同様の作業を行うことから同様の点検を行う。

水平展開フロー



今回定検（ 2 - 1 7 ）での調査・点検結果

調査・点検対象系統	点検完了 範 囲	系統区分 1	対象箇所数 (溶接部の数) 2		有意な P T 指示数 4
余熱除去ライン	全範囲	A	191	296	0
余剰抽出ライン	全範囲	A	4		0
安全注入テストライン	全範囲	B	14		0
ほう酸注入ライン	全範囲	B	54		0
加圧器安全弁・逃がしライン	全範囲	B	33		0
格納容器スプレイポンプミニマム フローライン 3	全範囲	C	23		0
合 計		-	319		

1：系統区分

A：100～250 で加熱されるライン及び250 以上で
短時間（累計300時間以内）加熱されるライン

B：高温配管に接続され、高温流体が流入する可能性があるライン

C：塩化物応力腐食割れ発生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

2：H13年より前にテープを除去した可能性がある箇所

3：今後、計画的に点検する範囲のうち今回実施した範囲（系統区分：C）

4：PT：液体浸透探傷検査