平成16年７月27日
原子力安全対策課
（１６－４４）
＜17時資料配付＞

# 大飯発電所１号機の原子炉起動と調整運転の開始について
# （第１９回定期検査）

このことについて、関西電力株式会社から下記のとおり連絡を受けた。

記

大飯発電所１号機（加圧水型軽水炉；定格電気出力１１７．５万kW）は、平成16年６月４日から第１９回定期検査を実施していたが、平成16年７月28日に原子炉を起動し、同日、臨界となる予定である。

その後は諸試験を実施し、７月下旬（７月29日頃）に定期検査の最終段階である調整運転を開始し、８月下旬には経済産業省の最終検査を受けて営業運転を再開する予定である。

## １．主要工事等

(1) １次冷却材ポンプ供用期間中検査等　**（図－１参照）**

１次冷却材ポンプの供用期間中検査として、４台あるポンプのうち、Ｂポンプについて、主フランジボルト、締め付け部等耐圧部の健全性を確認するとともに、分解検査としてインペラ等の内部部品について点検を行い、異常の無いことを確認した。

## ２．保全対策について

(1) 原子炉容器管台溶接部等の応力腐食割れに係る点検　**(図－２参照)**

国内外ＰＷＲプラントにおいて、６００系ニッケル基合金を用いた１次冷却材系統の溶接部で応力腐食割れが発生した事象に鑑み、溶接箇所に６００系ニッケル基合金が使用されている原子炉容器冷却材入口管台および原子炉容器底部の炉内計装筒管台等について、外観目視点検を行い、漏えいの無いことを確認した。また、Ｃ－蒸気発生器冷却材出入口管台については、超音波探傷検査を実施し、異常の無いことを確認した。

(2) 高サイクル熱疲労割れに係る点検　**（図－３参照）**

国内ＰＷＲプラントにおいて、再生熱交換器の胴側出口配管部で、高温水と低温水の混合により発生する温度ゆらぎを主要因とする高サイクル熱疲労割れが発生した事例に鑑み、同様の熱疲労割れが発生する可能性のある余熱除去ポンプ入口ミニマムフローライン接続部など７箇所について、超音波探傷検査を実施した結果、１箇所で有意な信号指示が認められた。

なお、当該部の配管板厚については、計算上必要な厚さが確保されていたが、念のため、当該部を同寸法、同材料の配管に取替えた。

３．蒸気発生器伝熱管の渦流探傷検査結果

蒸気発生器４台のうち、Ｂ、Ｄ－蒸気発生器伝熱管全数（ＢおよびＤ各3,382本×２台）について、渦流探傷検査(ＥＣＴ)を実施した結果、異常は認められなかった。

４．定期検査中に確認された異常事象

(1) 燃料取替用水タンクの変形　**（図－４参照）**

・６月９日から10日にかけて、燃料取出準備作業として原子炉キャビティの水張り作業を行ったところ、燃料取替用水タンクが高さ約９ｍ～13.5ｍの範囲でほぼ全周にわたり内側に変形し、一部で変形に伴う損傷（開口）も確認された。

・原因調査の結果、タンク水位の上昇を伴うキャビティ水抜き作業時にのみ取付けるべき仮設ダクトホースの取付けや空気抜き穴の目張りがなされた状態で、キャビティ水張り作業が行われていた。さらに作業中にこのダクトホースが閉塞したためタンクへの空気の流れが悪くなり、タンク水位低下に伴いタンク内の圧力が低下し、タンクが外の圧力（大気圧）に耐えられず変形したものと推定された。

・対策として、キャビティ水張り作業時は、ダクトホース等を取付けないことを工事仕様書等に明確に記載するとともに、当該タンクの変形した範囲を、同仕様の胴板に取替えた。

・県は、本トラブルについては、作業管理に係る基本的な問題を含んでいることから、安全上重要な機器に対する仮設作業等の手順等に問題がないかどうか確認を行うよう県内３事業者に対して申し入れを行った。

**[平成16年６月10日、23日　記者発表済み]**

本日、県は、この申し入れについて、関西電力株式会社より報告を受けた。

県としては、報告内容を確認するとともに、今後、新たな仮設作業を実施するにあたっては、その都度、作業内容や要領書等を十分に評価し、慎重に作業を行うよう要請した。

[報告の概要] **（別紙参照）**

・現在、定期検査を実施している大飯発電所１、３号機を対象に、安全上重要な機器に対する仮設作業を抽出(35件)し、作業要領書等の記載内容を確認した結果、タンク変形事象の原因となった「仮設ダクト布設作業」に加えて、新たに１件（「仮設遮へい布設作業」）についても、作業要領書の記載内容が不十分であることが確認された。このため、当該作業の要領書等に作業上の注意事項を盛り込むなど、記載内容の適正化を図る。

・機器の改造や仮設作業を行う際、作業により既設の機器が影響を受けるかどうかについて事前に評価を行っているが、評価を行うかどうかの判断基準が明確ではなく、仮設ダクト布設などの仮設作業では十分な評価が行われていない場合があった。このため、仮設作業についても確実に評価されるよう仕組みを改善する。

(2) ２次系主給水配管曲がり部の減肉 **（図－５参照）**

・２次系配管の電力自主点検として、７月１日から５日にかけて主給水隔離弁から蒸気発生器までの主給水配管の超音波による厚さ測定を実施した結果、４系統ある配管のうち、３系統（Ａ～Ｃ）の主給水隔離弁下流の配管曲がり部で、部分的な減肉により、法律に基づき国に報告する対象となる厚さ（約15.7㎜）に至っていることが確認された。

・当該部（３箇所）を切断し詳細調査を実施した結果、原因は、当該配管曲がり部の上流にある主給水隔離弁を水が通過する際に生じる水流の乱れにより、曲がり部でその乱れが更に大きくなることでエロージョン・コロージョンが発生し、徐々に減肉が進展したものと推定された。

・対策として、当該部（３箇所）を同寸法・同材料の配管に取替えた。また、当該部を含め、主給水系統の同型弁および配管曲がり部等の減肉傾向の監視を強化し、点検指針に反映することとした。なお、従来自主点検であった配管肉厚測定を定期事業者検査とし、今定期検査から適用した。

・今回、過去の肉厚測定データが点検指針に反映されていなかったことを踏まえ、今後、蓄積されたデータを再整理し、点検指針の見直しを検討するとともに、点検調査を実施する協力会社を変更する場合などに、データが確実に引き継がれることを社内規則に定め、定期的に監査を実施することとした。

**[平成16年７月５日、16日　記者発表済み]**

・今回、保守管理上の問題点が明らかになったことを踏まえ、保守管理に係るシステム全般について、点検を行い、必要な対策を講じることとした。

(3) 燃料取替用水タンクからの水のにじみ　　**（図－６参照）**

・燃料取替用水タンクの変形範囲の取替を終了し、７月12日18時05分からキャビティ水により水張りを開始し、７月14日２時40分に満水（タンク水位：１００%）とした後、タンク外観等の点検を行っていたところ、７月14日６時頃、タンク戻りライン配管サポートあて板をタンク胴部に溶接している付近（再利用部）から、にじみ程度の漏れがあることを発見した。

・詳細点検結果、割れはタンク表面が未塗装状態の間（昭和49年～56年）に付着した海塩粒子が原因で発生した塩素型応力腐食割れであると推定された。なお、割れは、タンク全体を塗装した後（昭和56年以降）も進展し、貫通に至ったと考えられ、塗装皮膜により内部の水が漏洩することはなかったが、今回タンクの補修の際、配管サポートをプラズマ切断した際の熱影響により、塗装皮膜が消失したため、内部の水がにじみ出たと推定された。

・対策として、当該部位は切削し割れを除去した後、溶接補修を行った。また、主要溶接部以外の点検で割れが確認された部位についても、切削により割れを除去し、溶接補修を実施した。

・なお、次回の第20回定検において、製作時より塗装を施したタンクに取替える予定である。

**[平成16年７月14日、16日　記者発表済み]**

・塗装皮膜への影響調査により、塗装皮膜の消失は、サポートをプラズマ切断した際の熱影響に加え、塗装皮膜の経年劣化やサポートを溶接した際の熱影響も関係すると推定された。

・また、今後、海塩粒子による応力腐食割れ等の経年劣化に係る点検を実施する場合は、主要溶接部だけでなく、形状的に海塩粒子が付着する可能性がある部位についても点検範囲とすることとした。

５．燃料集合体の取替え

燃料集合体全数１９３体のうち、89体（うち68体は新燃料集合体）を取替えた。また、燃料集合体の外観検査（31体）を実施した結果、異常は認められなかった。

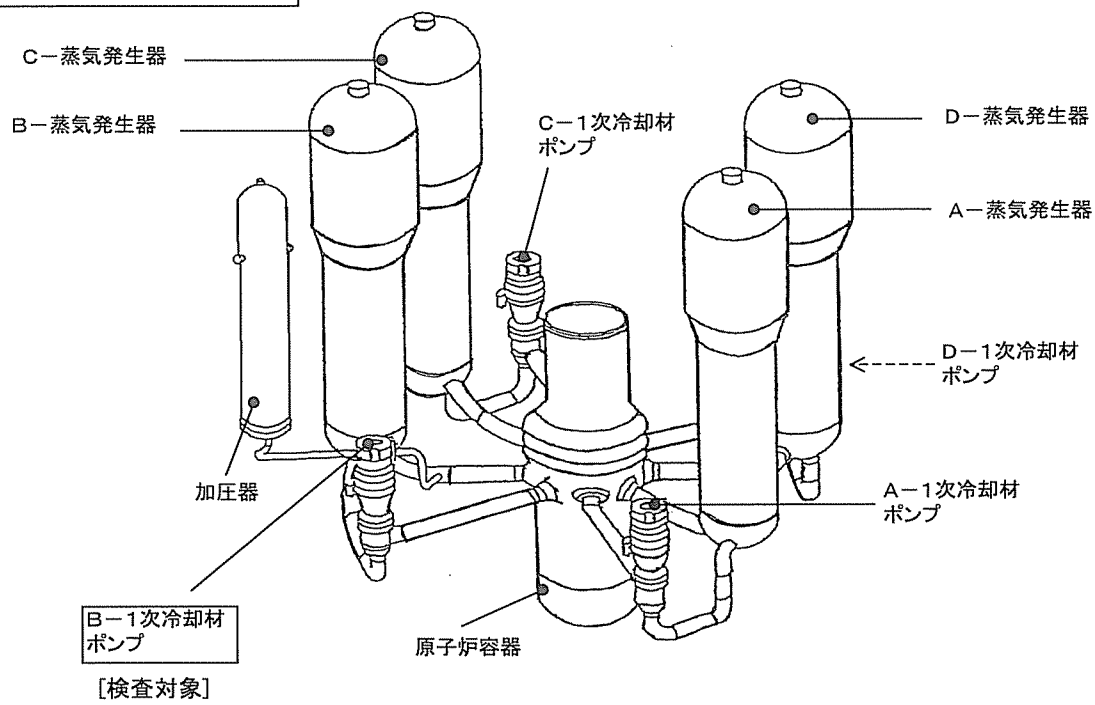
６．次回定期検査の予定

平成17年　夏頃

問い合わせ先（担当：宮 川）
内線2353・直通0776(20)0314

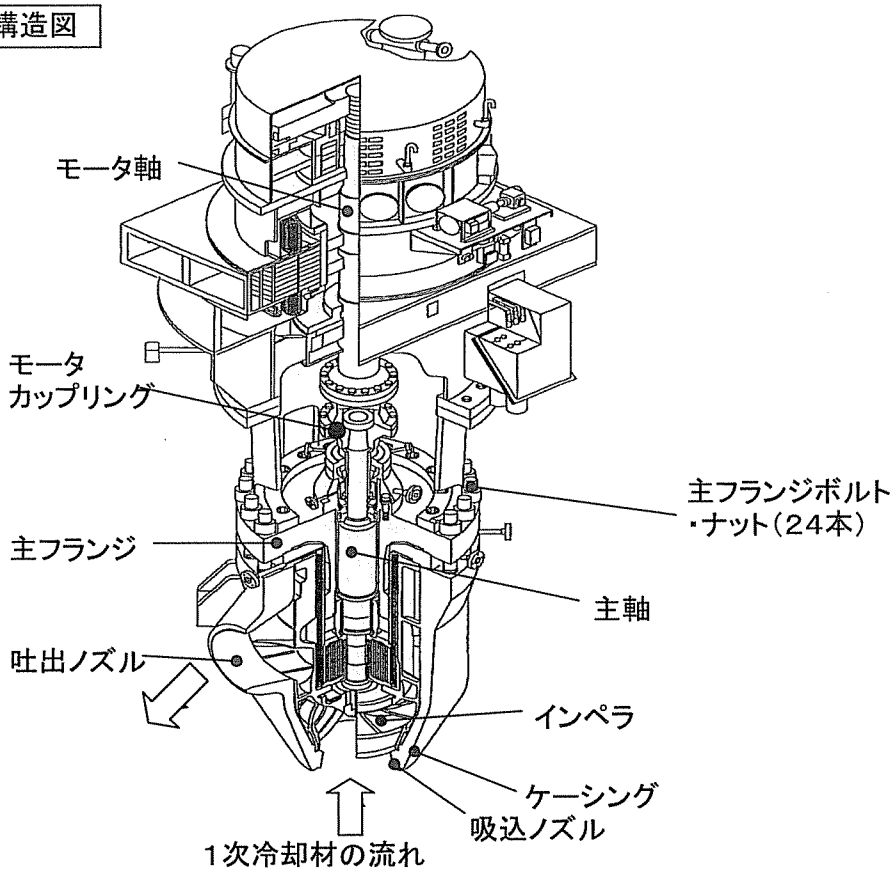
# 図－1　1次冷却材ポンプ供用期間中検査概要図

## 1次冷却系統設備概要図




[検査対象]

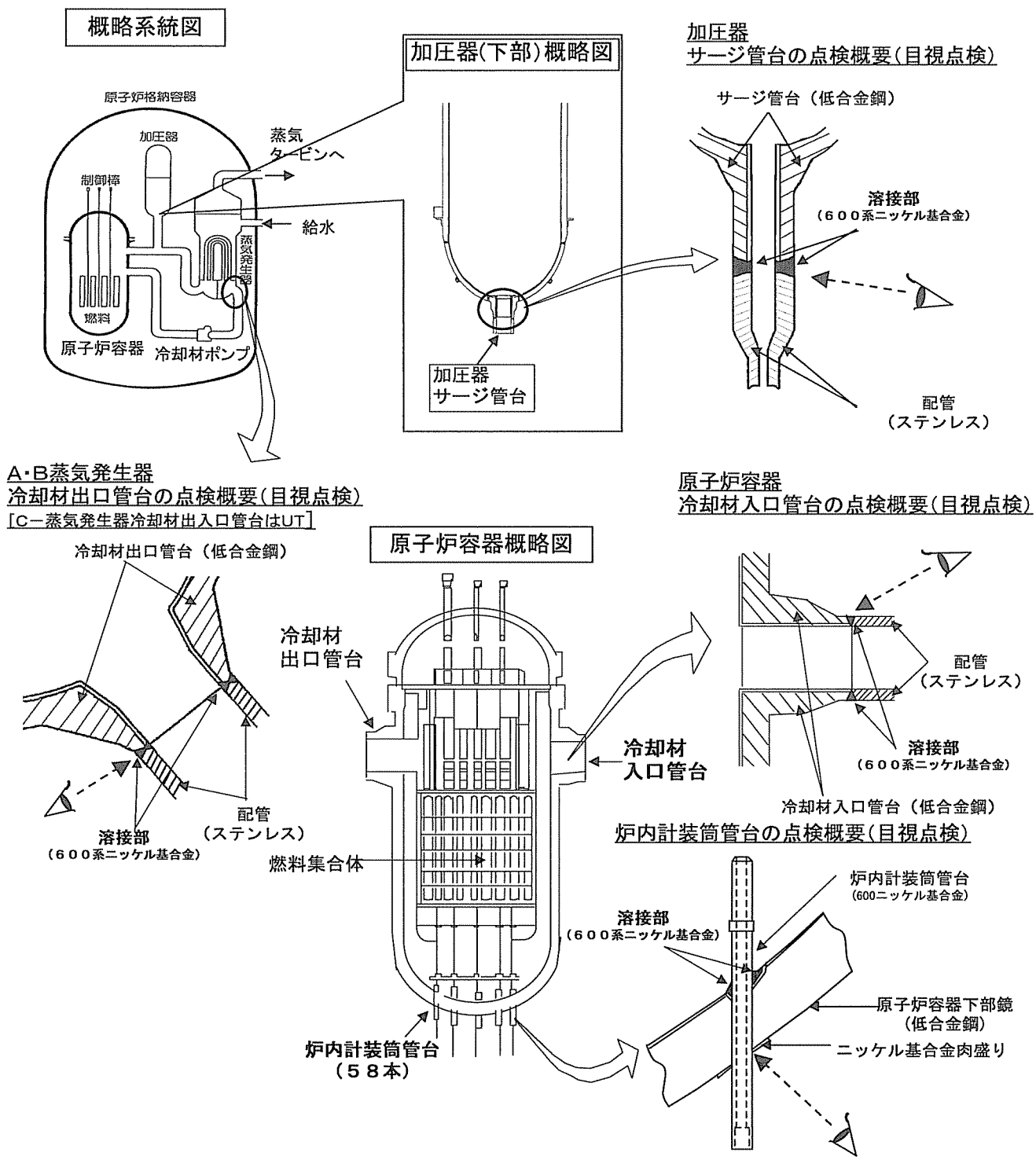
## 1次冷却材ポンプ構造図



# 図－2　原子炉容器管台溶接部等の応力腐食割れに係る点検概要図

## 点検概要

国内外PWRプラントにおいて、600系ニッケル基合金を用いた1次冷却材系統の溶接部で応力腐食割れが発生した事例に鑑み、溶接箇所に600系ニッケル基合金が使用されている原子炉容器冷却材入口管台、原子炉容器底部の炉内計装筒管台、AおよびB－蒸気発生器冷却材出口管台、加圧器サージ管台について、外観目視点検を実施するとともにC－蒸気発生器冷却材出入口管台については、超音波探傷検査(UT)を実施し、異常がないことを確認した。



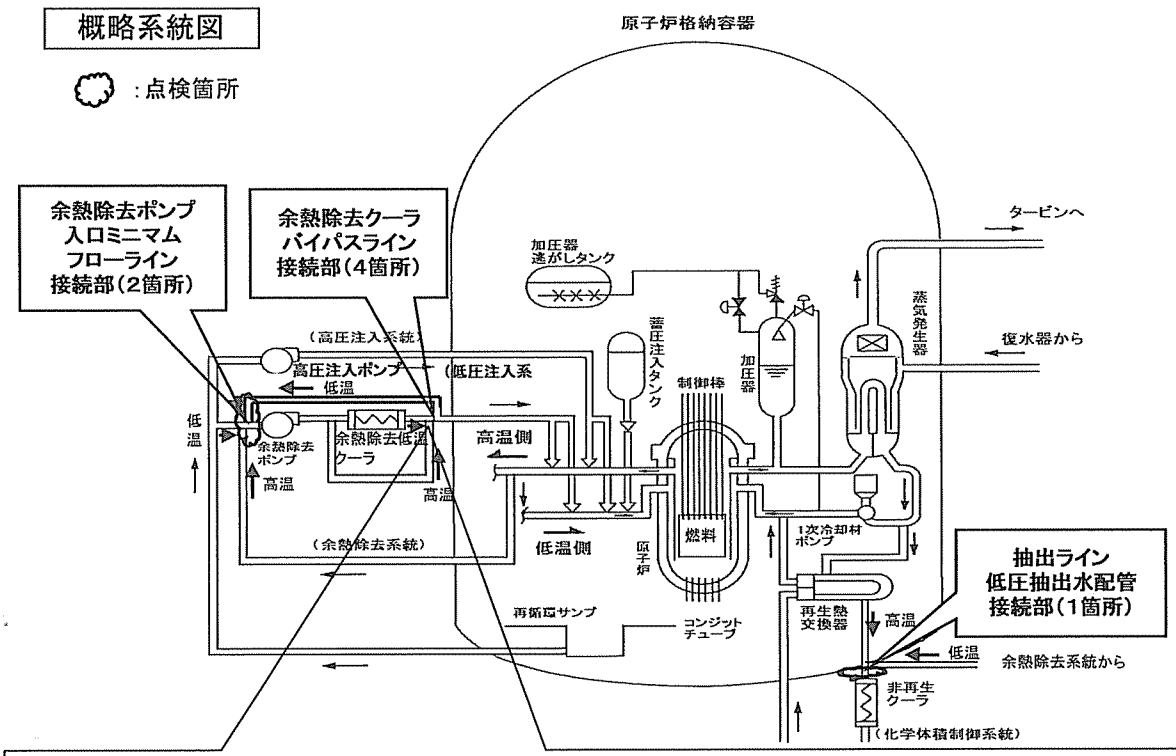
# 図－3　高サイクル熱疲労割れに係る点検概要図

## 点検概要

国内PWRプラントにおいて、再生熱交換器の胴側出口配管部で、高温水と低温水の混合により発生する温度ゆらぎを主な要因とする高サイクル熱疲労割れが発生した事例に鑑み、同様の熱疲労割れが発生する可能性のある余熱除去ポンプ入口ミニマムフローライン接続部など対象箇所7箇所について、超音波探傷検査を実施した結果、1箇所に有意な信号指示（計算上必要厚さを確保）が認められたことから、念のため同寸法、同材料の配管に取り替えた。

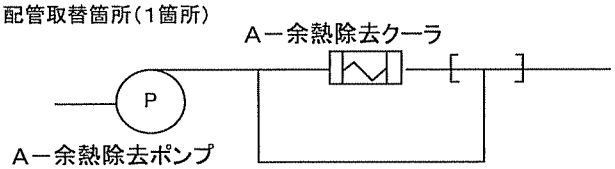
※大飯1号機の再生熱交換器は、内筒がない等、本体の型式が異なり温度ゆらぎは発生しない構造である。

## 概略系統図



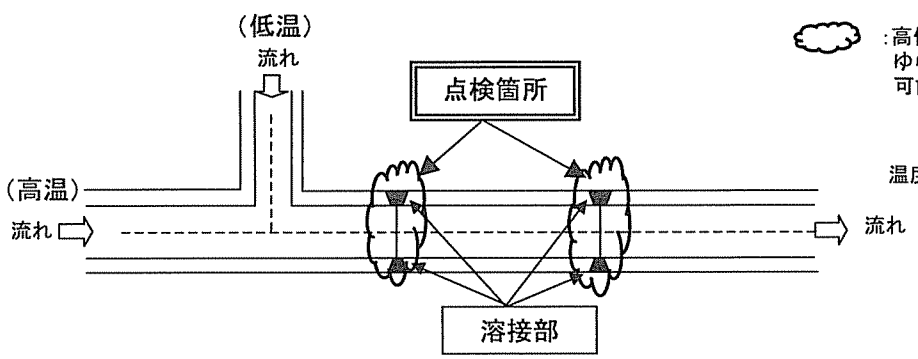

## 配管取替箇所概要図

[ ]内：配管取替箇所（1箇所）




| | |
|---|---|
| 取替長さ(m) | 約1．5 |
| 配管厚さ(mm) | 8．2 |
| 配管外径(mm) | 219．1 |
| 内　圧(MPa) | 4．1 |
| 材　質 | SUS304TP |

## 配管点検範囲（例）



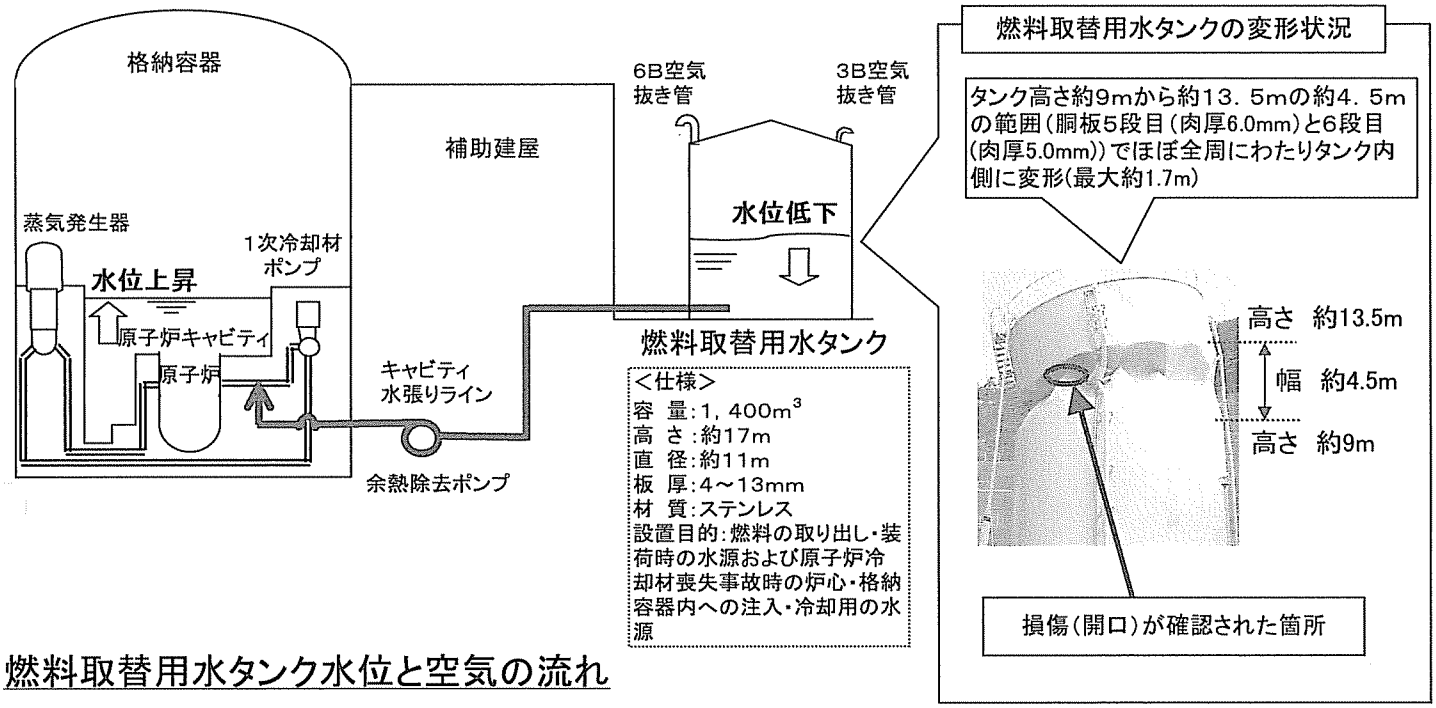

：高低温の内部流体が合流することによる温度ゆらぎが生じ、熱疲労による割れが発生する可能性のある箇所

温度ゆらぎ：高温水と低温水が混合する境界面等において、局部的に温度が変動する現象

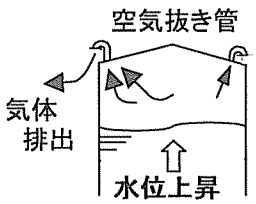
図4－1

# 図－4　燃料取替用水タンク変形の調査結果について

## 燃料取替用水タンク水抜き系統概要

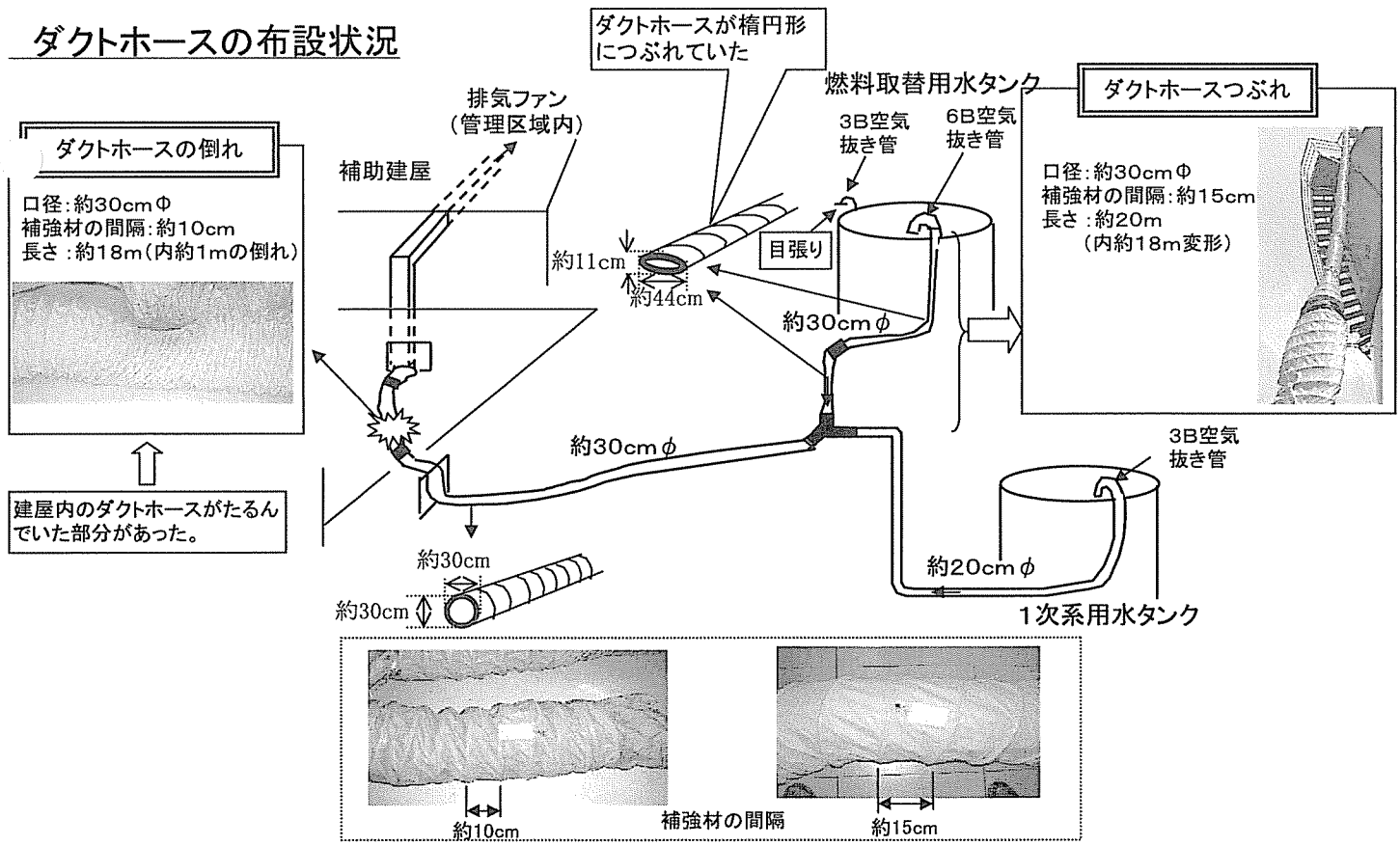



## 燃料取替用水タンク水位と空気の流れ



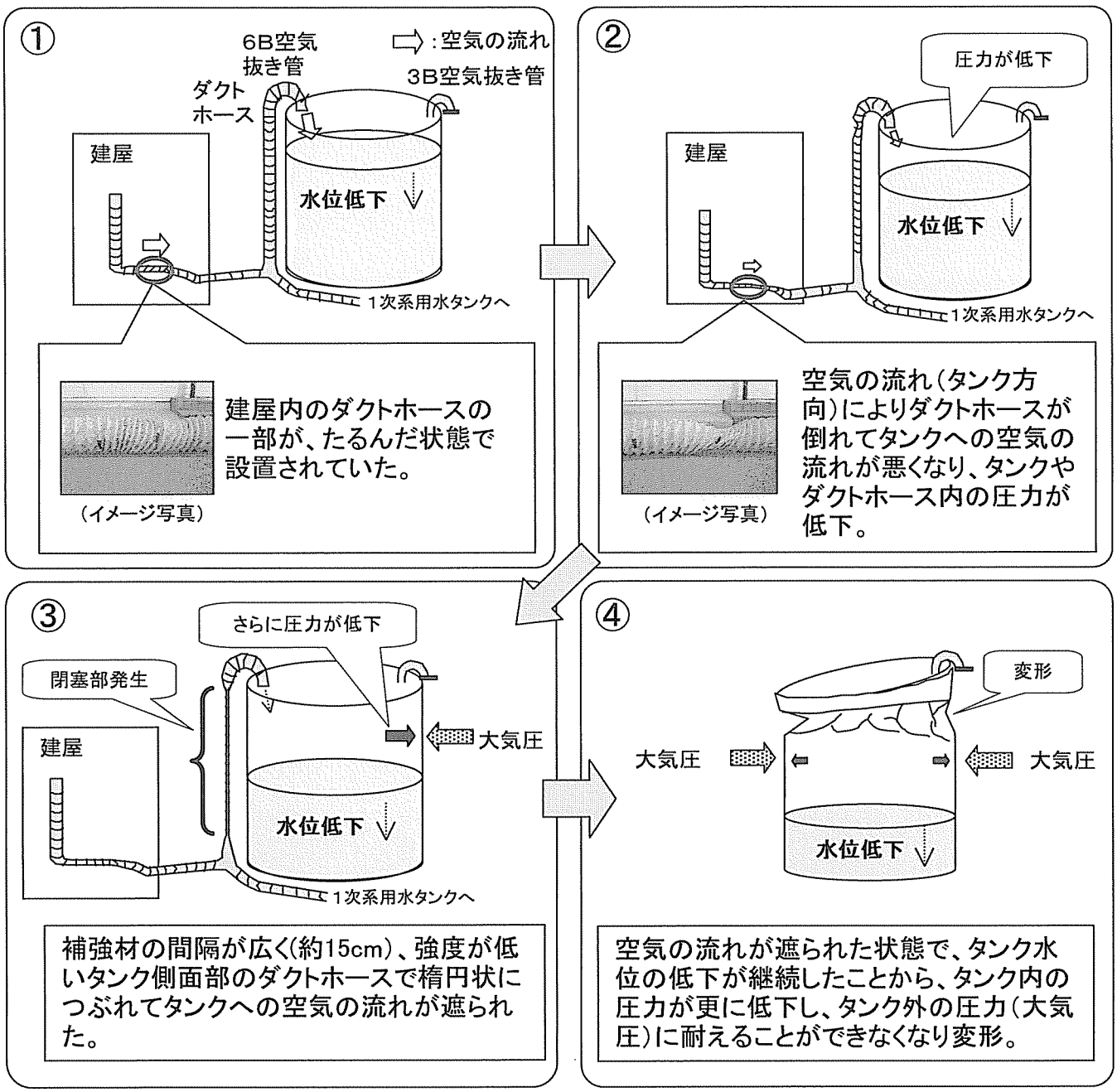

水位上昇時に微量な放射性ガスがタンク上部の空気抜き管から外部に放出する可能性があるため、下記のようなダクトホースを布設し、管理区域で排気していた。

## ダクトホースの布設状況

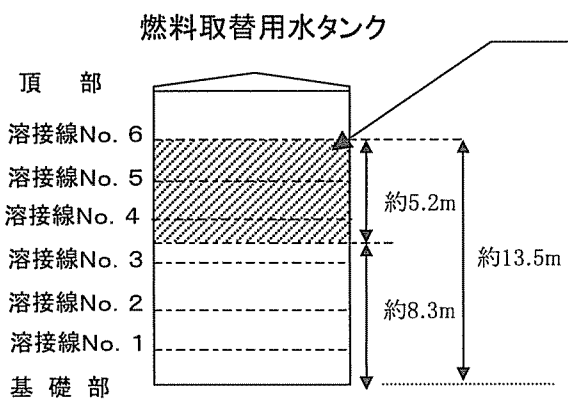


## 推定メカニズム

図4－2




## 対　策

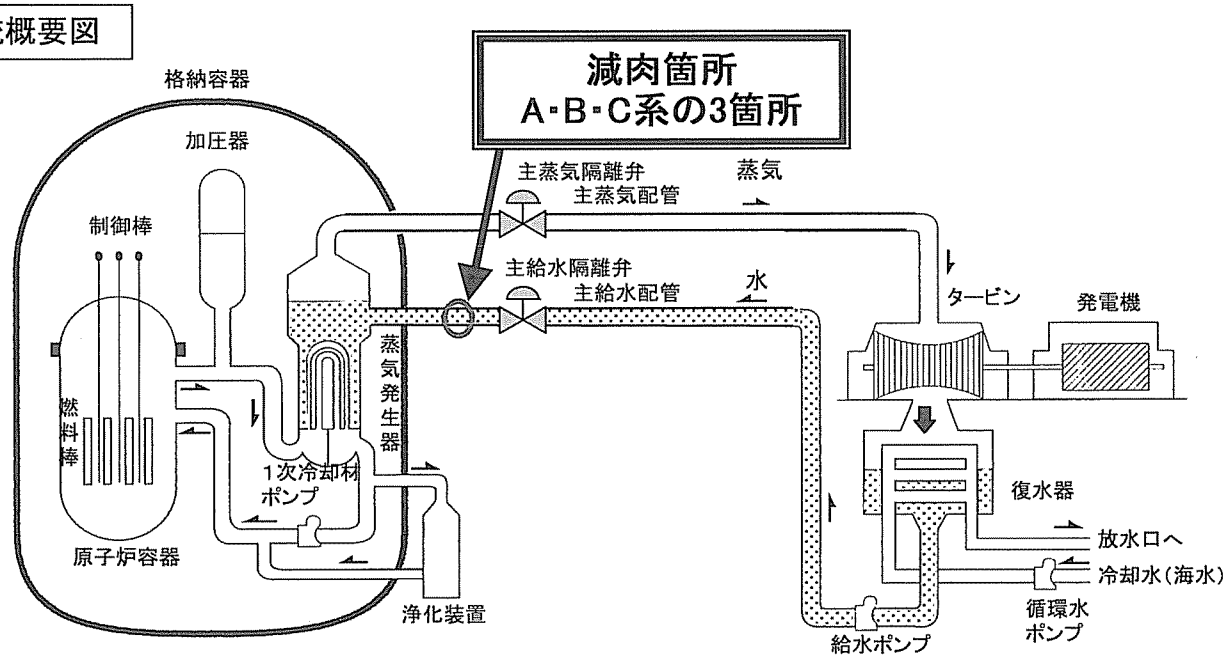



変形した範囲を同仕様の胴板に取り替えた。

6B空気抜き管への仮設ダクトホースの取り付けと、3B空気抜き管の目張りは、タンク水位上昇時のみとする運用を、放射線管理に関する発電所内規則および当該工事の工事仕様書等に明確に記載する。

# 図－5　2次系主給水配管曲がり部の減肉の調査結果について

## 系統概要図



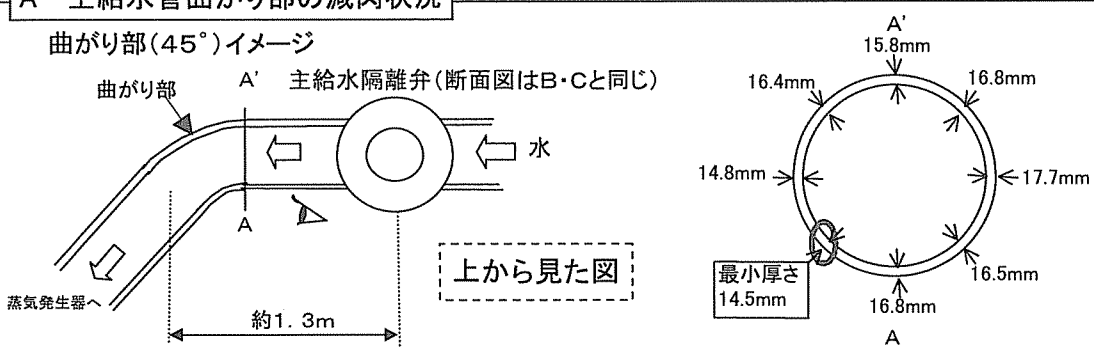

## 測定結果

| 配管形状 | 国への報告対象厚さ | 実測最小値 |
|---|---|---|
| A-主給水管曲がり部(45°) | 15.7mm | 14.5mm |
| B-主給水管曲がり部(90°) | | 12.1mm |
| C-主給水管曲がり部(90°) | | 13.9mm |
| D-主給水管曲がり部(90°) | | 20.0mm |

## 配管仕様

外　　径：約410mm
厚　　さ：約21mm
最高内圧：約8MPa
最高温度：約230℃
材　　質：炭素鋼鋼管
流　　量：約1,700t/h・ループ

## A－主給水管曲がり部の減肉状況




## B・C－主給水管曲がり部の減肉状況

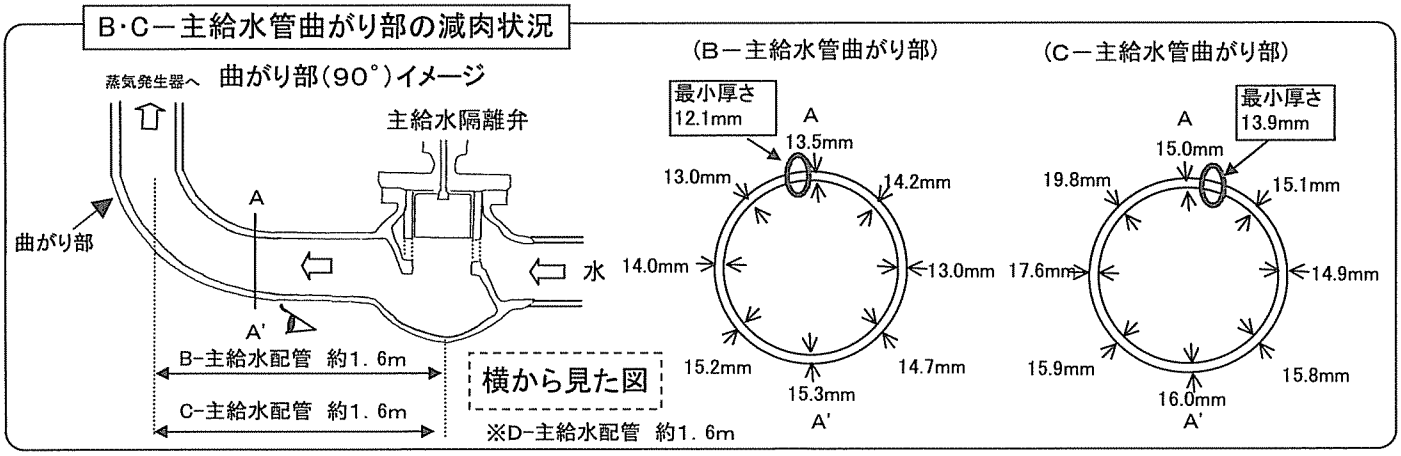
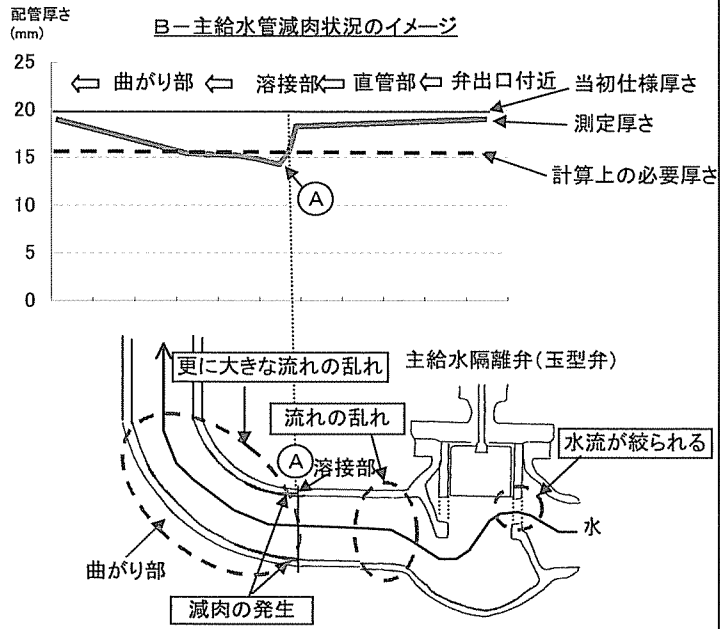


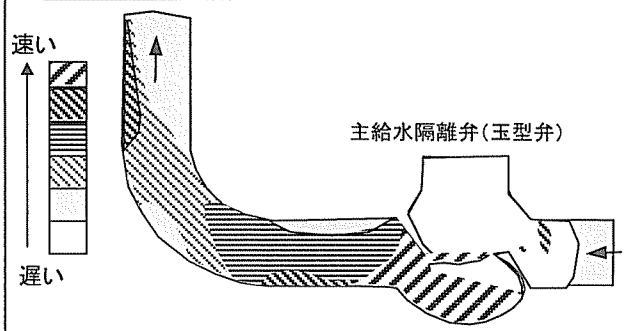
図5－2

## 減肉発生メカニズム




主給水隔離弁を水が通過する際に、水流に乱れが生じ、、配管曲がり部において更に流れが大きく乱れたことによりエロージョンが発生し、除々に減肉が進展したものと推定

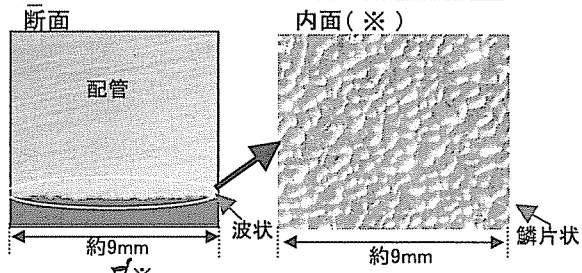
## 流況解析




主給水隔離弁下流部で流れに乱れが生じ、エロージョンを起こす可能性があることが確認された

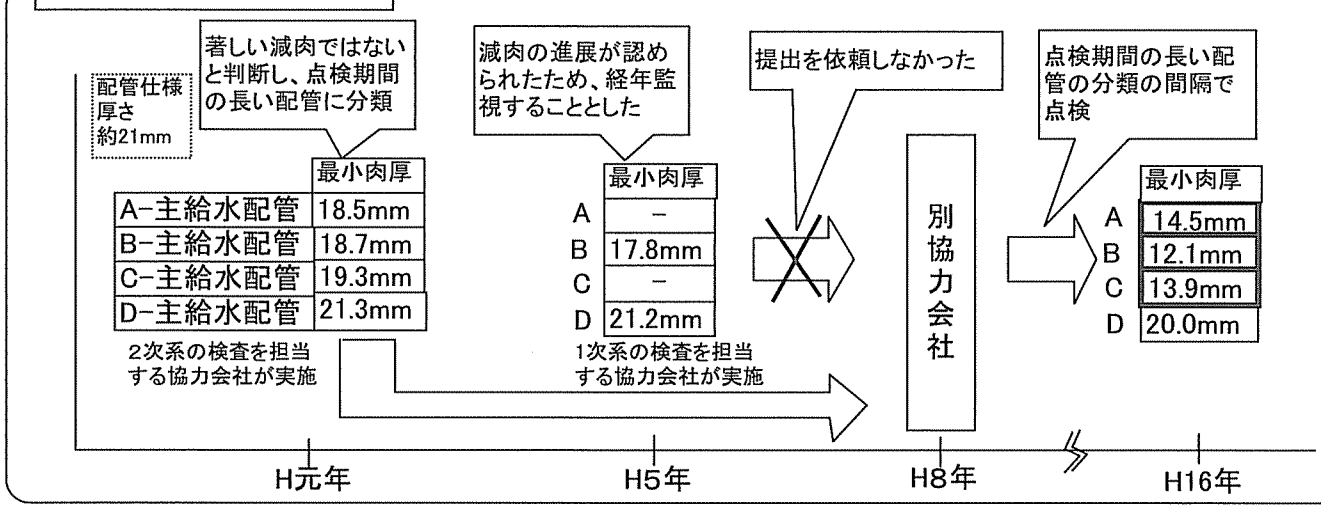
## 拡大観察（Ⓐ 部）

(例)B－主給水管曲がり部切断面の拡大観察結果




エロージョン特有の鱗片状模様を呈し減肉していた。

## 過去の点検履歴



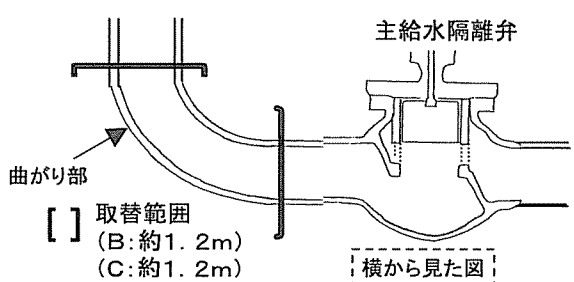

| | 最小肉厚 |
|---|---|
| A－主給水配管 | 18.5mm |
| B－主給水配管 | 18.7mm |
| C－主給水配管 | 19.3mm |
| D－主給水配管 | 21.3mm |

| | 最小肉厚 |
|---|---|
| A | － |
| B | 17.8mm |
| C | － |
| D | 21.2mm |

| | 最小肉厚 |
|---|---|
| A | 14.5mm |
| B | 12.1mm |
| C | 13.9mm |
| D | 20.0mm |

## 対　策

(例)B･C－主給水管曲がり部（90°）の取替



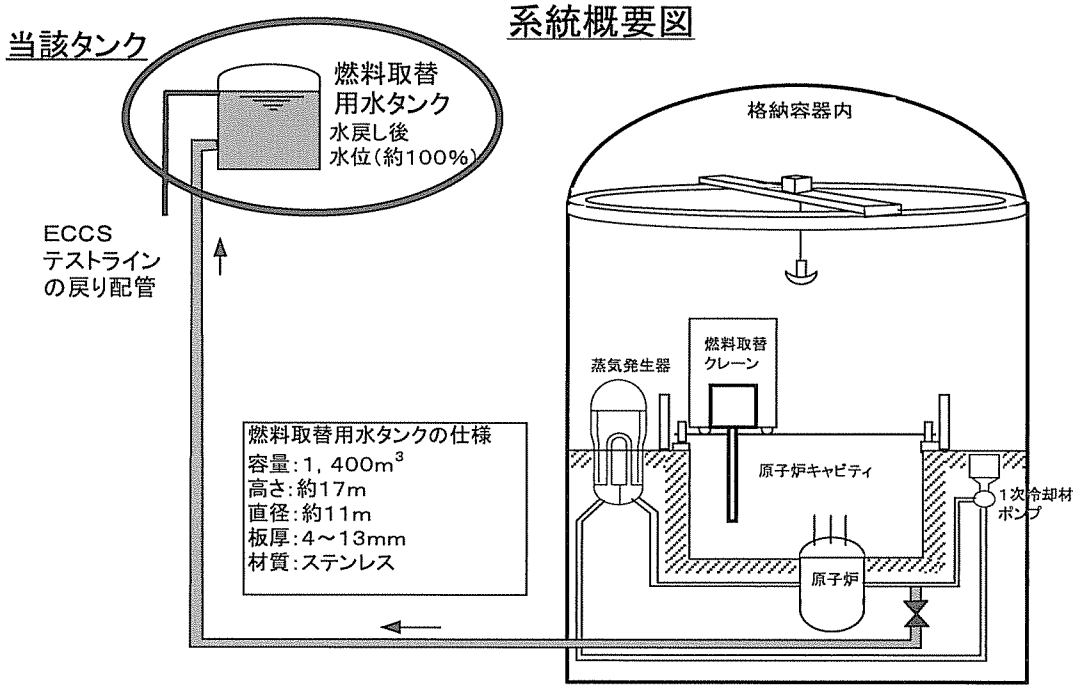

○当該系統(A～D)を含め、主給水隔離弁と同型式の弁を有する系統について、弁の下流側曲がり部などの減肉傾向の監視を強化することとし、点検指針に反映する。

○協力会社を変更した際にデータの提出を依頼しなかったことを踏まえ、記録データの確実な引き継ぎを行うことを関西電力の規則に定め、定期的に監査する。

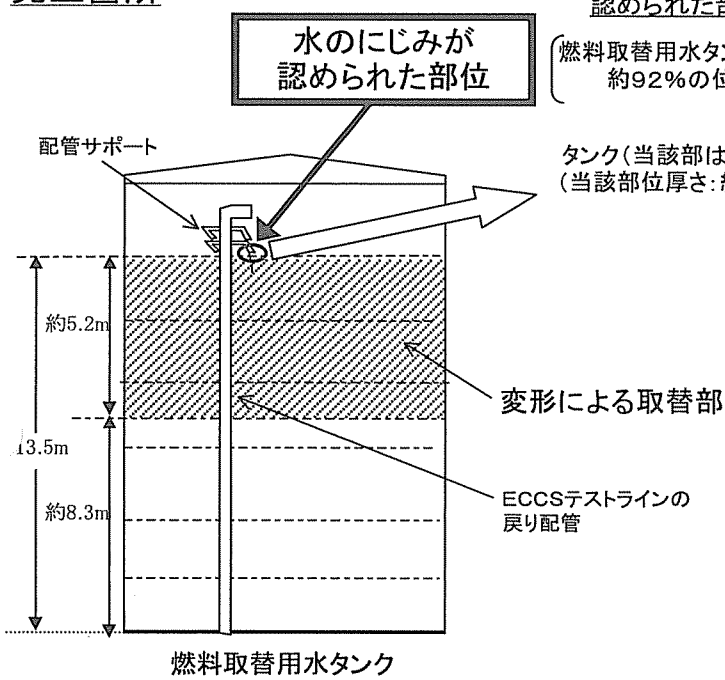
図6－1

# 図－6　燃料取替用水タンクからの水のにじみの調査結果について

## 系統概要図



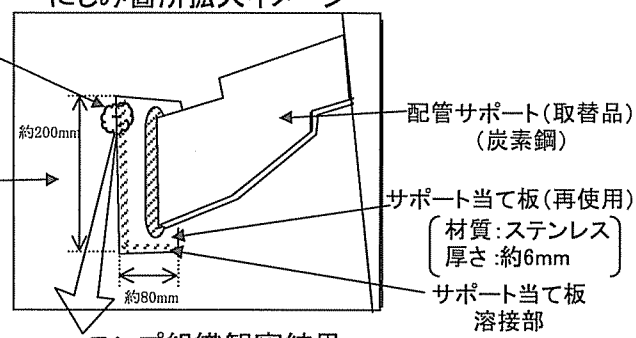

## 発生箇所



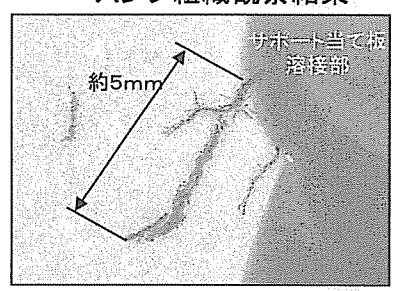

水のにじみが認められた部位
（燃料取替用水タンク水位 約92%の位置）

タンク（当該部は再使用）
（当該部位厚さ：約5mm）

## にじみ箇所拡大イメージ




## スンプ組織観察結果




割れの形態は、粒内割れであった

## 推定メカニズム

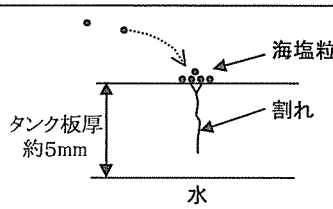
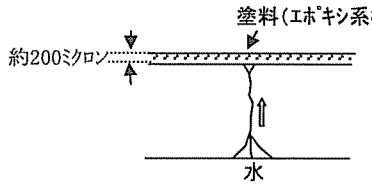
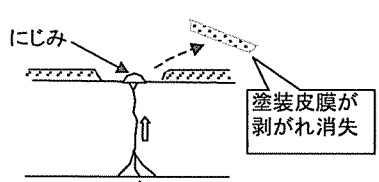
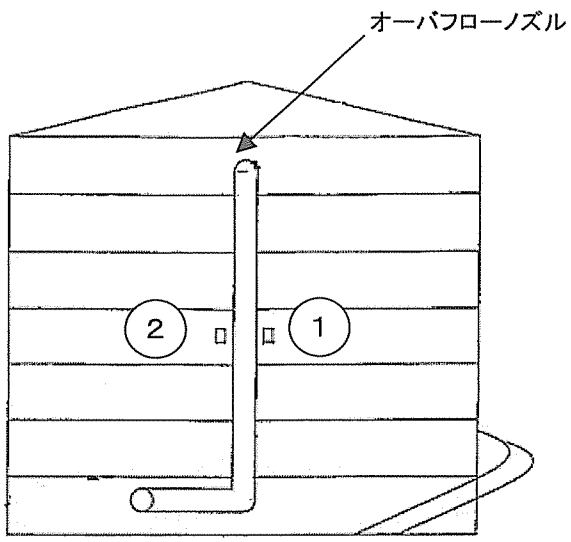
| S49 ～ S56 | S56～ H16. 7 | 今　回 |
|---|---|---|
|  |  |  |
| タンクが未塗装であったことから、海塩粒子が付着し、塩素型応力腐食割れが発生 | S56にタンクの塗装を行い、海塩粒子の新たな付着は防止されたが、割れは進展し貫通した。貫通後は、塗装皮膜により水が漏えいすることはなかった | 配管サポートを切断、溶接した際、当該部の塗装の経年劣化が進んでいた状態に熱の影響が付加されることにより、塗装皮膜が剥がれ消失し、タンク内部の水がにじんだ |

図6－2

# 主要溶接部以外の点検結果

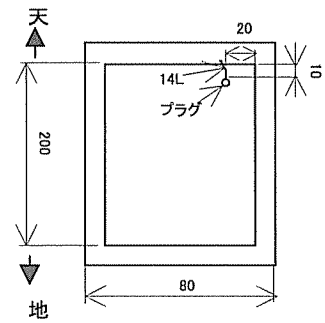
タンクに向かって正面より見た状態



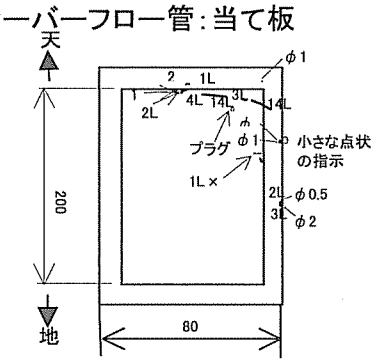

90° 側より

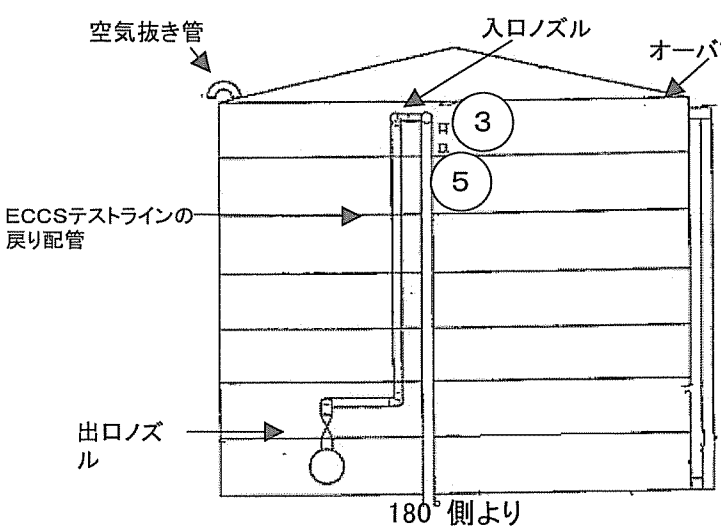
① オーバーフロー管：当て板

（単位:mm）



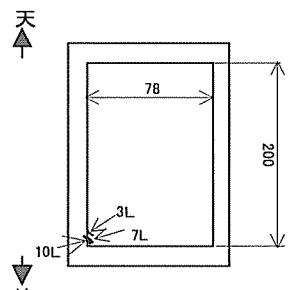

② オーバーフロー管：当て板



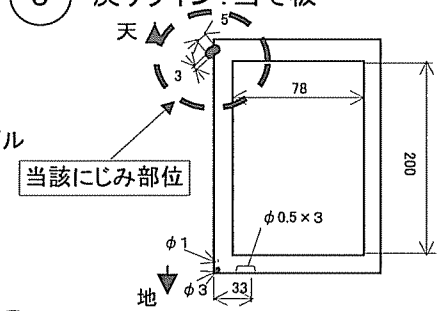



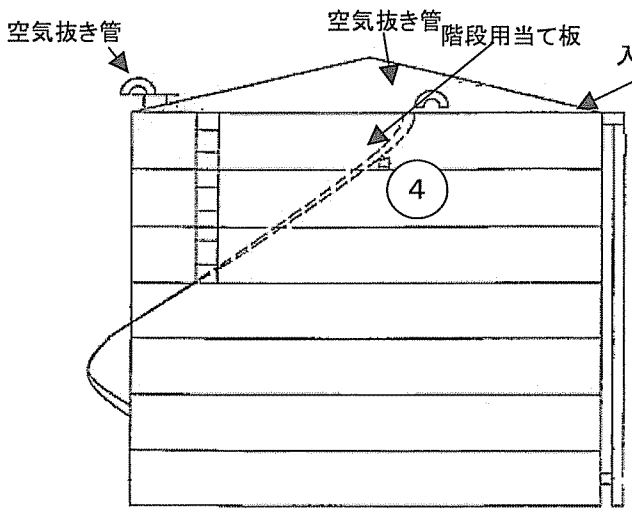

180° 側より

③ 戻りライン：当て板



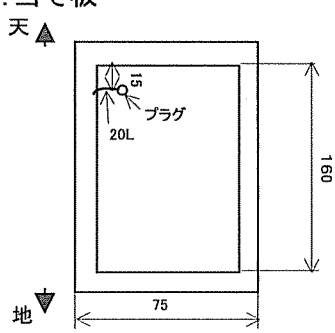

⑤ 戻りライン：当て板




270° 側より

④ 階段用：当て板



別　紙

平成16年7月27日
関西電力㈱

# 大飯１号機燃料取替用水タンク変形事象に伴う仮設作業手順の妥当性調査結果について

## １．背景

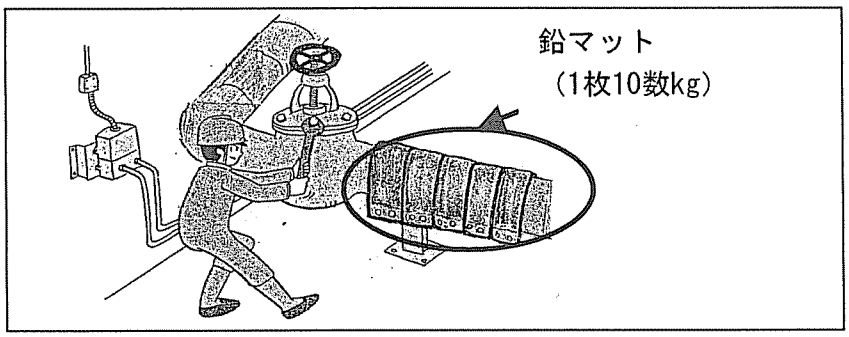
平成１６年６月１０日に発生した大飯発電所１号機の燃料取替用水タンクの変形事象を受け、現在定期検査を実施している大飯発電所１，３号機について、安全上重要な機器※１に対する仮設作業等の内容や手順に問題がないかどうかについて調査した。

※１：安全上重要な機器；通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に作動を要求されるものであって、その故障により、炉心冷却が損なわれる可能性の高い設備

## ２．調査結果

（１）大飯発電所１，３号機の安全上重要な機器に対する仮設作業を抽出（３５件）し、その中で当該機器に影響を及ぼす可能性のある仮設作業を伴う工事を特定し、作業要領書等の記載内容を確認した。その結果、タンク変形事象の原因となった仮設ダクト布設作業に加えて、新たに１件の「仮設遮へい布設作業」※２の作業要領書等の記載が不十分であることを確認した。

※２「仮設遮へい布設作業」
管理区域内の作業では作業員の被ばく低減の観点から線量の高い配管を遮へいするために鉛マットで覆っている。




「仮設遮へい布設作業」では、そのマットの重さによって機器を損傷させる可能性があるが、作業要領書等を調査した結果、記載内容にその旨の注意事項が抜けていることを確認した。対応として要領書等に注意事項を盛り込むなど記載内容の適正化を図ることとした。

（２）当社では機器の改造工事や仮設作業を行うにあたっては、事前に当該機器に影響を及ぼすことがないか等の安全上の影響評価を実施することとしているが、評価を行うかどうかの判断基準が明確でないことから、今回のような仮設作業では、十分な評価が行なわれていない場合があった。そのため、こうした仮設ダクト布設作業などの仮設作業についても確実に評価されるように仕組みを改善する。

## ３．その他

大飯発電所１，３号機の当該タンクを含む全てのタンクについて、タンクベントラインの閉塞可能性について調査した結果、対象となるタンクは大飯１号機の燃料取替用水タンク及び１次系用水タンクのみであった。

以　上

＜参考資料＞

大飯発電所１号機の第１９回定期検査に関する補足説明資料

・原子炉起動　：　７月28日（　８時頃　）

・臨界　　：　７月28日（ 16時頃*）

・調整運転開始：　７月29日頃

・営業運転再開：　８月下旬

*）臨界については、定期検査の進捗状況により、時間が前後する可能性がある。